ISSN 1346－7328
国総研資料第52号
平 成 14 年 9 月

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of
National Institute for Land and Infrastructure Management

No.52 September 2002

平成13年度
道路事業調査費等年度報告

Annual Report of Road-related Research
in FY 2001

国土交通省　国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management,
Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Japan

国土技術政策総合研究所資料
第52号　2002年9月

Technical Note of NILIM
No. 52　September 2002

平成13年度
道路事業調査費等年度報告

Annual Report of Road-related Research
in FY 2001

概要

本報告書は、国土技術政策総合研究所において平成13年度に実施した道路事業調査費、街路交通調査費、地方整備局等依頼経費（道路関係）に関する調査・研究の結果をとりまとめたものである。

キーワード：道路事業調査費、街路交通調査費、地方整備局等依頼経費、年度報告、平成13年度

Synopsis

This report contains the results of the road-related research carried out by NILIM in FY 2001.

Key Words：Road-related Research, Annual Report, 2001

まえがき

国土技術政策総合研究所で実施している道路関係調査研究には、「道路事業調査費（新交通軸調査、試験調査、事業評価調査、ＩＴＳ調査）」および「街路交通調査費」による試験研究があり、さらに各地方整備局等からの依頼により実施する調査試験（地方整備局等依頼経費）がある。

道路局と旧土木研究所（現国土技術政策総合研究所および独立行政法人土木研究所の前身）は、平成１０年１１月に「新道路技術五箇年計画」を策定し、平成１０年度から平成１４年度までの五箇年における道路技術に係わる研究開発の方向性を明確にした上で、重点的に取り組むテーマとして次の１３テーマを掲げている。

1. 大気汚染・騒音・振動の発生源・沿道環境対策技術
2. 自然環境の保全・修復技術
3. 情報提供と運転補助により事故防止を図る走行支援道路システム（ＡＨＳ）の開発
4. 地域性を考慮した地震動の評価及び次世代耐震設計技術
5. 岩盤・斜面のリスクマネジメント技術
6. 車両の大型化に対応した橋梁・舗装技術及びトンネル断面拡大技術
7. 都市間・都市内輸送の連携を強化した物流システムの開発
8. 交通需要マネジメント（ＴＤＭ）施策の具体化技術
9. 未利用エネルギーの活用による環境に優しい雪寒対策技術
10. 舗装・橋梁の長寿命化とライフサイクルコスト（ＬＣＣ）を最小にするためのマネジメント技術
11. 地域特性を生かした効率的な道路計画・設計技術
12. 地域の連携と交流を促進する新交通軸形成技術
13. 道路施策を評価するシステムの開発

以上の１３テーマ以外であっても将来の道路技術の研究開発のシーズとなるような基礎的あるいは先導的な課題については、計画的な研究開発が必要であることから次の分野に位置づけてその研究を推進している。

14. 基礎的・先導的研究開発の推進

平成１３年度の道路事業調査費の報告に際しては、上記１４テーマで横断的に試験研究課題の整理を行い、重点テーマ別の報告とした（但し、重点テーマ３．についてはＩＴＳ調査のところで報告）。道路事業調査費のＩＴＳ調査、街路交通調査費、地方整備局等依頼経費については、予算費目毎に報告している。

平成１４年９月

道路研究部長　　中村　俊行

高度情報化研究センター長　　山田　晴利

目　　次

街路交通調査費

地方整備局等依頼経費（道路関係）

東北地方整備局

関東地方整備局

北陸地方整備局

中部地方整備局

九州地方整備局

北海道開発局

沖縄総合事務局

道 路 事 業 調 査 費

浮遊粒子状物質等の予測手法の拡充に関する調査

Research for an expansion of a prevention method about the Suspended Particulate Matter and so on near roadside

（研究期間　平成１１～１４年度）

環境研究部　道路環境研究室　室　長　並河　良治
Environment Department　Road Environment Division　Head　Yoshiharu　NAMIKAWA
研究官　松下　雅行
Researcher　Masayuki　MATSUSHITA
研究官　大城　温
Researcher　Nodoka　OSHIRO

The Fine Particulate Matter near roadside was investigated for expansion of the prediction method of the Suspended Particulate Matter. The clear relation was not able to be found out between the traffic volume of the road and the Fine Particulate Matter concentration of impact by traffic without the direction and velocity of the wind.

［研究目的及び経緯］

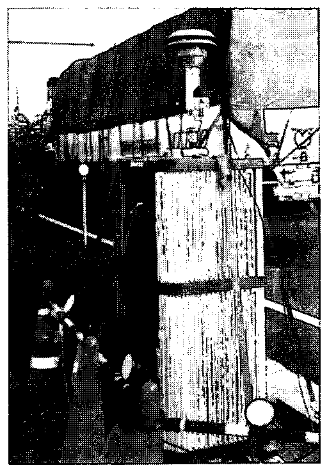
道路に関係する浮遊粒子状物質（ＳＰＭ）の予測手法については、自動車からの排気管一次粒子を対象としたものを平成１２年１０月に刊行された「道路環境影響評価の技術手法（その１）（土木研究所資料第3742号；建設省土木研究所）」の中でとりまとめている。しかし、ＳＰＭのうち、燃焼などの人為的活動に起因して発生するものが多いと言われている微小粒子への関心が特に高く、その測定方法、実態把握、予測手法の確立が必要であると考える。これまでのところ、測定方法については、平成１２年９月に環境庁(現　環境省）から「大気中微小粒子状物質（PM2.5）質量濃度測定方法暫定マニュアル;環境庁大気保全局企画課」（以下、「暫定マニュアル」と称す）が出されており、その中に複数の測定方法が示されているが、沿道での実態については、まだまだ知見が蓄積されていない。

そこで、沿道における微小粒子状物質の知見を蓄積するため、平成１３年度に郊外部において歩車道境界及び対象道路から150～200m程度離れたところをバックグラウンドとした２地点で微小粒子状物質の測定を実施し、同時に交通量と風向風速も調査した。

［研究内容］

①実測調査の概要

平成１３年度に実施した調査は、関東・中部・近畿の各地域に存する平面構造４車線で、日交通量が５万台前後の一般国道沿道で実施した。測定にあたっては、「暫定マニュアル」に示された測定方法のうち、短時間での測定が可能である自動測定機による方法のひとつであるＴＥＯＭを適用し、歩車道境界とバックグラウンド(ＢＧ)の２箇所での測定を平成１４年の１月から３月の間に７日間連続で行い、同時に大型車・小型車別に交通量調査を、また地上10m高さでの風向風速を測定した。



写真－１　TEOM 外観

②実測データの整理

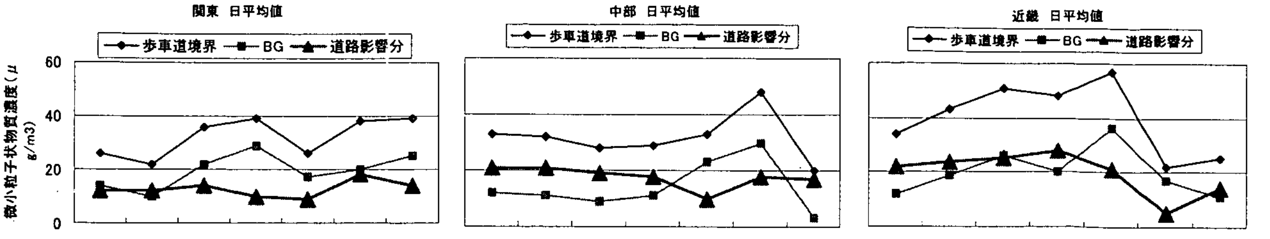
微小粒子状物質濃度、交通量及び風向風速の実測データは１時間値を最小単位として得られており、日平均値（風向の場合は、最多頻度風向）も合わせて整理した。また、歩車道境界で得られた微小粒子状物質濃度から、ＢＧ濃度を差し引いたものを、対象道路の影響分と捉えた。

［研究成果］

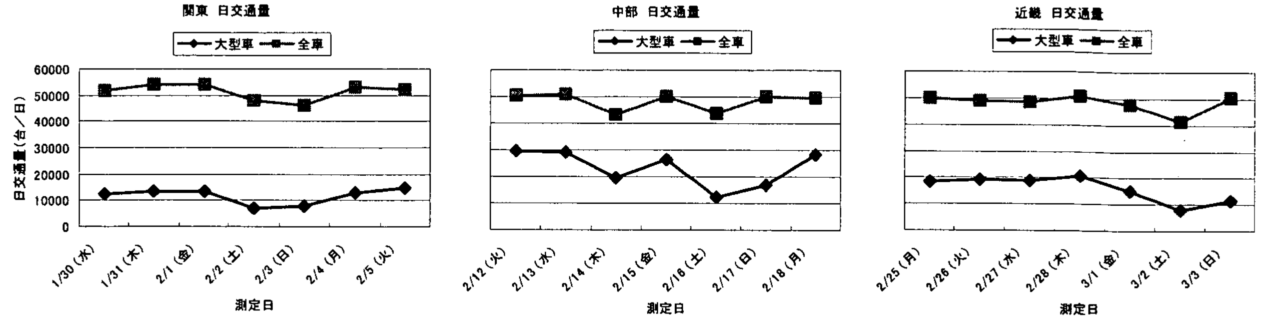
①日平均値の推移

関東・中部・近畿それぞれで得られた微小粒子状物質濃度の実測値について、歩車道境界、ＢＧ及び道路影響分の日平均値の推移を**図－１**に、また同時期の日交通量の推移を**図－２**にそれぞれ示す。

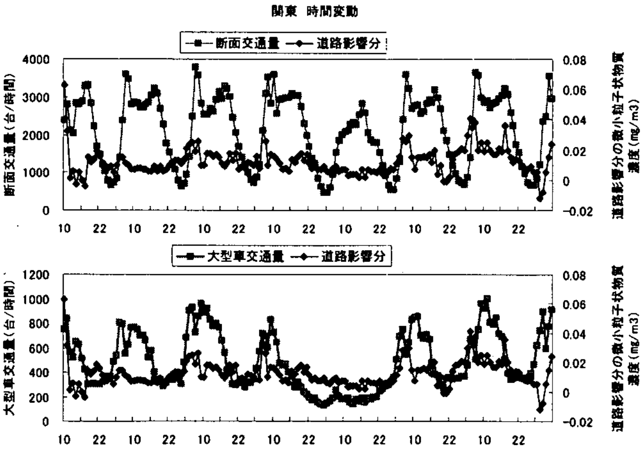
図－１から、歩車道境界及びＢＧでの微小粒子状物質濃度は、ほぼ同様な推移を示していることがわかる。その差分を道路影響分として考えると、激しい変動は



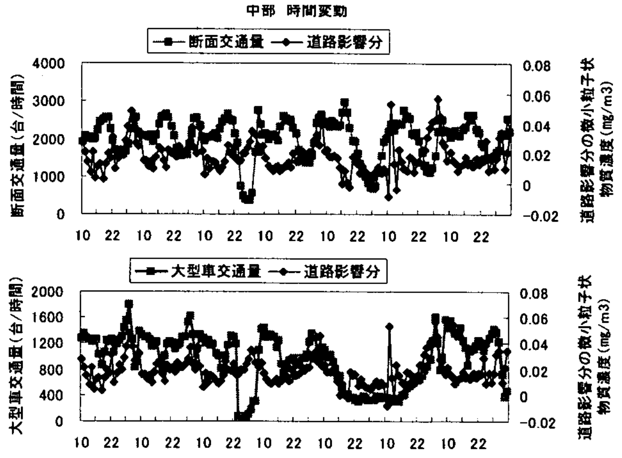
図－1 微小粒子状物質濃度の日平均値(μg/m3)の推移(関東・中部・近畿)



図－2 日交通量の推移 (関東・中部・近畿)



図－3 交通量と道路影響分の微小粒子状物質濃度の時間変動(関東)



図－4 交通量と道路影響分の微小粒子状物質濃度の時間変動(中部)

見られず比較的安定しているが、**図－2**の日交通量と比較すると、類似の推移傾向が伺える。

歩車道境界における実測値の値そのものについては、BGの濃度も含まれるため、交通量の日変動との直接的な相関は明確ではなかった。

②１時間値の推移

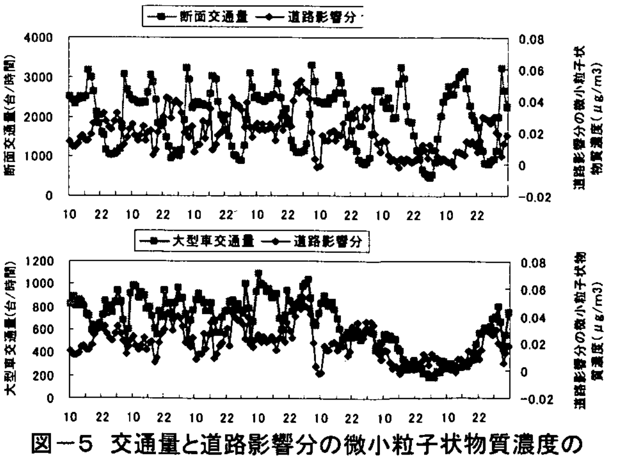
道路影響分の微小粒子状物質濃度と交通量(全車及び大型のみ)の１時間値の推移(時間変動)の関東、中部及び近畿のケースをそれぞれ**図－3、4**及び**5**に示す。

これらの図からは、交通量と道路影響分の微小粒子状物質濃度の間には、明確な関係は得られなかった。

実測結果からは、歩車道境界での測定値であっても、測定値と交通量の間は直接的な相関ではなく、風向・風速も加味する必要があると見られた。

[成果の活用]

今後とも、データの蓄積を図り、さらに検討を進め



図－5 交通量と道路影響分の微小粒子状物質濃度の時間変動(近畿)

ることとしたい。

光触媒を用いたＮＯ$_x$低減材料の適用に関する試験調査

Study on application of photo catalyst to remove NO_x from air on roadside

（研究期間　平成 13 年度）

環境研究部道路環境研究室　室　長　並河良治
研究官　松下雅行
研究官　大城　温

Head, Road Environment Division, Environment Department　Yoshiharu Namikawa
Researcher　Masayuki Matsushita
Researcher　Nodoka Oshiro

This study is focused on photo catalyst that is expected to applicability to air purification on roadside. We collected the examples of investigation on the air purification effect of photo catalyst in the field test construction implemented by regional development bureaus and local governments.

［研究目的及び経緯］

光触媒は、光のエネルギーのみで大気中の窒素酸化物や硫黄酸化物等を酸化して除去する働きを持つため、ランニングコストの低い沿道大気浄化技術として期待されている。本調査は、沿道における大気汚染の低減を目的として、光触媒による大気浄化の効果を調査するものである。道路環境研究室では光触媒による大気浄化試験の事例調査を行い、効果を確認すること及び光触媒の沿道大気浄化への適用性を明らかにすることを目的として研究を実施している。13年度は、光触媒の大気浄化性能に関する研究及び光触媒の試験施工結果を調査し、道路及び付属施設への適用可能性の検討を行った。

［研究内容］

光触媒の大気浄化効果に関する調査を行っている地方整備局や地方自治体の事例を収集し、その大気浄化効果を調査した。また、大気浄化効果に関する研究の現状についても調査を行った。さらに、現在試験施工が実施されている土壌による大気浄化技術及び吸着剤を用いた大気浄化技術との比較及び現在の課題について調査し整理した。

［研究成果］

1．事例研究

①近畿地方整備局大阪国道工事事務所による事例

近畿地方整備局管内では、大阪府が泉大津市の府道大阪臨海線で光触媒塗装の遮音壁の試験施工を実施しており（写真-1）、国土交通省でも平成11年度より、大阪市西淀川区内の国道43号の高架部壁高欄、遮音壁及びガードレール、平面部遮音壁の計12300㎡に数種類の光触媒塗料を塗布して、大気浄化効果の計測と効果の持続性の調査を行っている（写真-2）。

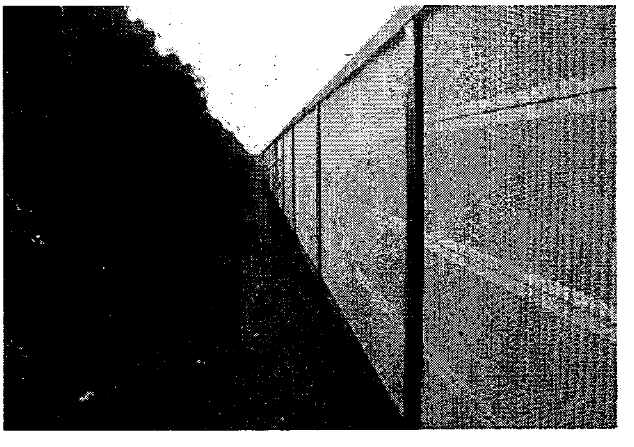


写真-1　府道大阪臨海線助松公園前（大阪府泉大津市）
光触媒を含んだ塗装を工場で焼き付けた事例

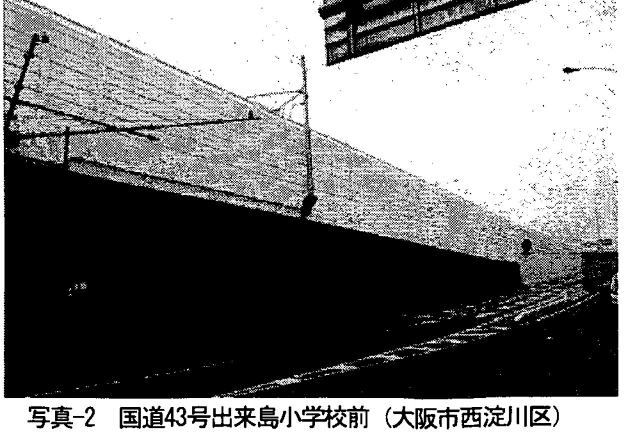


写真-2　国道43号出来島小学校前（大阪市西淀川区）
光触媒を含んだ塗料を高架道路の側面に塗布した事例

②中部地方整備局中部技術事務所による事例

中部地方整備局管内では、平成11年度から国道302号の名古屋市守山区内喜多山地区でアルミ遮音板及び透光板の遮音壁に光触媒を塗布して大気浄化試験を行った（写真-3）。

2．大気浄化の効果

大阪府が行った実験によれば、光触媒はNO_x濃度1ppm時にNO_2換算で6mg/h/m^{2}の除去能力がある。このことから、理想的条件下では、高さ5mの遮音壁、幅20mの道路の路面と遮音壁に光触媒を塗った場合、60km/h走行時で最大で１時間あたり小型車540台分の除去能力があると推計される。ただし、現在までの施工例は比較的小規模であるため、沿道NO_x濃度の低減に至った例はない。また、光が当たる条件、雨水により流される頻度や塗料の劣化等により、沿道における実際のNO_x除去能力は理想的条件と比較してかなり低くなると考えられる。

①の国道43号の事例では、当該道路で排出されるNO_xの約0.3%程度、大型車に換算して１日あたり約60台分の除去量という結果が得られている。

写真-3　国道302号喜多山地区（名古屋市守山区）
透光型の遮音壁に光触媒を塗布した例

②の国道302号の事例では、試験施工でNO_x除去効果の高かった塗装を高さ3mの遮音壁全体に上下線ともに適用した場合でも、当該道路（併設の東名阪自動車道を含む）から排出されるNO_x総量の約0.28%の浄化効果であると試算された。

また、他に実用に向けた試験が実施されている土壌や吸着剤を用いた大気浄化技術と比較すると、自然のエネルギーだけで浄化できる利点はあるが、浄化効果を大きくするには、さらなる開発が必要である（表-1）。

3．光触媒の大気浄化効率向上のための研究

独立行政法人産業技術総合研究所を始め、塗料メーカーや建材メーカー等により技術開発が進められており、紫外線ではなく可視光線で大気浄化が可能な光触媒も開発されている。また、浄化効率の良い触媒の開発や、浄化効果の測定方法の開発などが進められている。しかし、光触媒の大気浄化効果を飛躍的に高める技術開発には時間が必要と考えられる。

[成果の発表]

平成13年度の１日土研において光触媒の大気浄化効果について発表した。

[成果の活用]

現状の光触媒の浄化能力では、自動車から排出されるNO_xのごく一部を浄化するにすぎないため、当面は防汚性を重視して、メンテナンス頻度の低減や美感の向上の観点から、光触媒を遮音壁やガードレールなどに使用し、プラスアルファとして大気浄化効果を期待するのが適当だと考えられる。

したがって、現状では環境基準を超過するような大気汚染の激しい場所における大気浄化としては、別の手段を考えるか、組み合わせて用いる必要があると考えられる。

表-1　光触媒及び他の浄化技術の概要

主な技術	光触媒	土壌	吸着剤
技術の概要	二酸化チタンの光触媒反応により、大気中のNO_xを酸化除去するもの	沿道の汚染空気を吸引し土壌層に通気させ、土壌層通過中に汚染物質を除去するもの	トンネル換気ガスからNO_xを吸着剤により常温で吸着・除去するもの
技術の特徴	● 光触媒機能を持つ二酸化チタンを建材や塗料を沿道外壁等に用いることにより、光の紫外線エネルギーだけで沿道のNO_x除去	● 土壌がフィルターの役目を果たし大気汚染物質を除去 ● NO_xだけでなくSPMやCO、SO_2、ベンゼンなども除去	● NOからNO_2に酸化させる工程不要 ● 吸着剤により捕捉された高濃度NOxをアンモニアの還元作用により水と窒素ガスにし無害化
対策効果	NO_x除去量:0.006g/h/m^2 (NO_x濃度1ppm時, NO_2換算) ※大阪府調査による	NO_x除去量:0.04g/h/m^2 (NO_x濃度1ppm時, NO_2換算) ※大阪府調査による	NO_x除去量:314.3g/h (NO_x濃度1ppm時, NO_2換算, 処理風量160,000Nm^3/h, 装置容積:約3500m^3)
課題	● 単位面積あたり浄化性能の低さ ● 浄化性能の持続性 ● 耐久性 ● 雨水流出物	● 単位面積当たりの処理量向上 ● 適切な土壌水分と植栽管理	● 省スペース・省エネルギー・コスト縮減 ● 安全性の確認 ● 耐久性向上 ● 維持管理費の軽減

環境アセスメント技術に関する調査

Research for an implementation of the Environmental Impact Assessment

（研究期間　平成 10～13 年度）

環境研究部　道路環境研究室　室　長　並河　良治
Environment Department　Road Environment Division　Head　Yoshiharu NAMIKAWA
研究官　松下　雅行
Researcher　Masayuki MATSUSHITA
研究官　大城　温
Researcher　Nodoka OSHIRO

In the environmental impact assessment for a project of road construction and reconstruction, the item concerning road runoff is not an item which should be carried out in an environmental impact assessment standardly. However, the impact of road runoff may be unable to be disregarded. In this research, we proposed about technical method of assessing it in case it can't be disregarded.

［研究目的及び経緯］

路面排水は、これまでの調査結果で概ね濃度が低かったことから、道路事業の環境影響評価における標準項目とはなっていない。しかし、平成 11～12 年度に実施した路面排水実態調査結果からの試算では、長い道路区間からの路面排水による汚濁物質流出量が、小規模なパーキングエリアと同程度あるいはそれ以上となる場合もみられた。

路面排水が排水域の水質に与える環境影響が大きくなるおそれがある場合（雨天時の総負荷量に対して、路面排水による負荷量の寄与が大きい場合）には、路面排水に係る環境影響を標準外項目として予測・評価する必要があると考えられる。

本研究は、路面排水による環境影響が発生するおそれがあると判断された場合に実施する、路面排水に係る環境影響評価手法（案）の提案を行うことを目的とする。

［研究内容］

環境影響評価に対応させて、事業特性及び地域特性の把握、項目の追加並びに調査、予測及び評価の手法について、技術手法としての必要事項について現地調査結果等を利用して検討した。環境影響評価を実施する際の環境要素は、水の濁り及び水の汚れを提案する。排水基準が指定されている項目のうち、人の健康に係る有害物質（重金属類及び有機塩素化合物）を取り上げないのは、植村ら（1999）によると、それらは鉛及びカドミウムを除いて検出されておらず、鉛及びカドミウムについても参考値である排水基準をはるかに下回っているため、これらの物質は排水域の環境基準を超過するおそれはないと考えられるためである。

［研究成果］

1．項目の追加

路面排水に係る水の濁り及び水の汚れについては、平成 11～12 年度の実態調査結果等から、影響が相当程度となることはないと想定されることから、項目追加の要件となる事業特性及び地域特性を明確にすることが必要であると考えられる。路面排水に係る水の濁り及び水の汚れについて、提案する項目追加の要件は、表－1に示すとおりである。対象道路実施区域の位置、雨水排水の排水方法、水象・水質・地形及び地質の状況等から、路面排水が特定の流域又は水域に集中して排出され、かつ、利水地点や貴重な自然等の保全対象がある公共用水域へ路面排水を排出する場合に、標準外項目として追加することが適切であると考えられる。

表－1　項目追加の要件

事業特性	路面排水が特定の流域又は水域に集中的に排出
地域特性	法令等により指定されている公共用水域※又は利水地点や貴重な自然等の保全対象がある公共用水域に排出する場合

※国又は地方公共団体による環境の保全を目的とした法令等により指定されている公共用水域

2．調査の手法

道路事業の環境影響評価では、休憩所の供用に係る水の濁りに係る調査手法について、既存の文献その他の資料による情報の収集及び当該情報を整理することとしており、文献がない場合又は不備な場合に現地調査で情報を補うとされている。路面排水についても、既存の文献その他の資料による情報の収集及び当該情報の整理は必要であるが、知見が不足しているのが現

状である。また、平成12年度に検討した路面排水による負荷量予測モデルのパラメータの算出には、現地調査結果が必要であることから、事業で計画されている道路と類似性の高い道路で調査を実施し、調査結果について整理及び解析することが必要であると考えられる。したがって、路面排水における調査の基本的手法は、「文献その他の資料及び事業で計画されている道路と類似性の高い道路における調査による情報の収集並びに当該情報の整理及び解析」と提案する。

類似性については、①道路構造等による路面堆積物の拡散のしやすさ（路面清掃を含む）、②道路周辺の土地利用、③気象要素、④交通量等から判断することが適当であると推測される。対象道路実施区域の位置、幅員構成・車線数、気象の状況、土地利用の状況等から類似性の判定を行い、類似性の高い道路での調査を実施することが必要であると考えられる。

3．予測の手法

予測の基本的手法は、山本ら（2001）に示す予測モデルを使用して計算することが適切であると考えられる。予測モデルは、汚濁物質流出量が汚濁物質堆積量及び雨水流出量に比例するとした式1と、汚濁物質堆積量と汚濁物質流出量とのマスバランスが保たれるとした式2に従うものとし、S_0を先行晴天時間から算出することで、年間の降水量（アメダスデータ）から個別に算定した各降雨の負荷量を集計し、年間負荷流出量が予測できる。

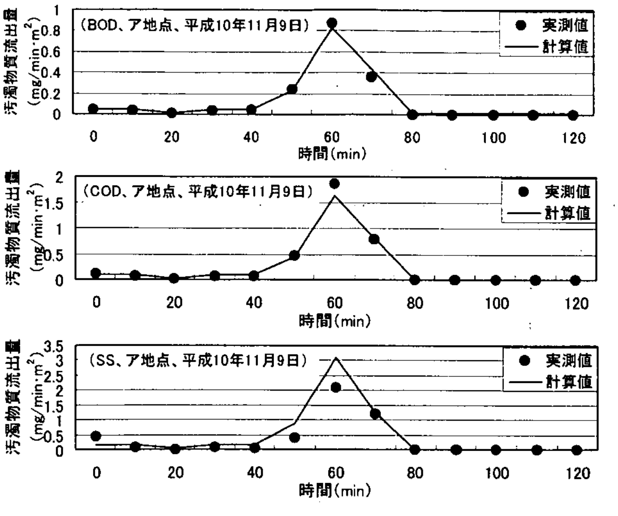
$$L_t = k \cdot S_t \cdot Q_t \quad \cdots\cdots \text{式1}$$

$$S_t = S_o - \int L_t \, dt \quad \cdots\cdots \text{式2}$$

L_t：汚濁物質流出量（mg/m²・min）
k　：汚濁物質流出係数（1/mm）
S_t：汚濁物質堆積量（mg/m²）
　（$S_t > 0$）
S_o：初期汚濁物質堆積量（mg/m²）
Q_t：雨水流出量

（添え字 t は雨水流出時間を示す。）

平成11～12年度調査結果を類似道路での現地調査結果と想定して、負荷量の予測モデルを作成し、平成10年度調査地点における予測を行い、予測値と実測値を比較することで、予測モデルの検証を行った。すなわち、平成11～12年度調査のA地点の調査結果から予測モデルのパラメータを算出し、平成10年度調査のア地点（平成10年度調査　I地点）の負荷量について予測を行った。A地点とア地点では、拡散しやすさ、交通量が類似しており、道路面以外の負荷発生源による寄与が大きいことも類似している。予測値と実測値の比較を図－1に示す。類似性の高い道路での現地調査結果からパラメータを算出した予測モデルによると、再現性がよい予測値が得られた。一方、類似性が高くない道路での現地調査結果からパラメータを算出した予測モデルによると、予測値と実測値の乖離がみられた。



図－1　負荷量実測値と計算値の比較

4．評価の手法

評価は、回避又は低減に係る評価が適切であると考えられる。保全対策の効果を予測モデルに組み込み、その保全措置の有無による負荷量の削減効果を比較することで定量的に評価できる。

一方、基準又は目標との整合性による評価は、路面排水を対象とした規制基準が存在しないため実施しないものとする。環境基準による評価は、環境基準が通常の状態で設定されている値であり、雨水が大量に流入している状態での評価基準としては適切ではない。また、路面排水は排水基準で規制される対象ではない。

［成果の発表］

- 植村ら（1999），第23回日本道路会議一般論文集（A），84-87
- 山本ら（2001），第38回環境工学研究フォーラム講演集，106-108

［成果の活用］

本研究で提案した路面排水に係る環境影響評価手法について、学識経験者等の意見を踏まえ、必要に応じて道路事業における環境影響評価の技術手法としてとりまとめる。

大気汚染等の低減技術の評価に関する調査

Study on evaluation of technology for reducing air pollutant and greenhouse gas

（研究期間　平成12～14年度）

環境研究部道路環境研究室　室　長　並河良治
研究官　松下雅行
研究官　大城　温

Head, Road Environment Division, Environment Department　Yoshiharu Namikawa
Researcher　Masayuki Matsushita
Researcher　Nodoka Oshiro

The purpose of this study is to estimate the effect of air pollutant emission reduction by transportation demand management and hardware measures on roads for improving urban air quality. The amount of NOx emission near an intersection was estimated with traffic observation and traffic simulation. And, the effect of the NOx emission reduction by changing structure of an intersection into an overpass was estimated.

［研究目的及び経緯］

本調査は、都市の大気環境の改善に向けたＴＤＭ・道路改良などの施策による大気汚染削減効果の推計手法を確立することを目的としている。本調査では、特に既存の静的なアプローチの限界を踏まえ、動的な交通需要や交通現象の変化を扱え、なおかつ速度変動の要素を考慮した新たな排出量推計のアプローチの提案及び確立を目指している。そのため、従来の平均走行速度で与えられる大気汚染物質排出量では、交差点や踏切等の加減速が繰り返される箇所において、施策効果の推計精度が低くなるため、走行の質を考慮した排出量を与えることが必要である。

13年度は、12年度までの成果及び課題を踏まえ、交通シミュレーションモデル(SOUND)を用いた排出量の推計手法の検討を行うとともに、その精度の検証を行い、併せてモデルを用いた交通施策の排出量削減効果の検討を行った。

［研究内容］

１．交差点周辺の交通観測及び排出量因子の補正項設定

SOUNDはマクロシミュレーションモデルであるため、微細な車両軌跡の再現性は確保されない。従って、実際の車両軌跡とSOUNDの結果を比較検討して、SOUNDの結果を実際の車両軌跡に合わせて補正する必要がある。そこで、本調査では、ビデオ撮影により交差点周辺の車両軌跡を観測し、それらの解析から走行特性を明らかにすることによりSOUNDの結果を排出量推計モデルのインプットにするための排出量補正項の検討を行った。

ビデオによる観測は、青山通り青山１丁目交差点において、隣接する高層ビル11階よりビデオ４台を用いた撮影を行った。撮影した画像から、車両のトラッキング、射影変換、平滑化、複数画像間の軌跡のつなぎ合わせを行い、対象交差点前後の400m区間でサイクル毎に全車両の走行軌跡をデータ化した。車両の走行軌跡の例を図-1に示す。

これらのデータを用いて、車両の発進時及び停止時の走行軌跡を取り出して、12年度に提案した排出量モデルで用いられている排出量影響因子と停止位置からの距離を分析し、停止位置との関係で補正値を設定した。

２．シミュレーションモデルへの実装及び精度の検証

１．の解析結果を踏まえ、SOUNDへの実装方法について検討を行った。実装手順は以下の通りである。

①OD交通量、信号パラメータ（スプリット、オフセット、サイクル長等）、リンク容量（飽和交通流率）等、必要な入力値を設定し、SOUNDを実行する。

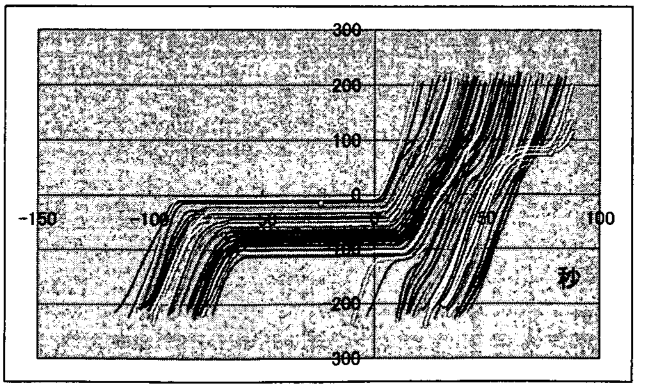


図-1　取得された車両の走行軌跡の例

②①により得られたSOUNDの結果より、各車両の対象エリアへの流入時刻、流出時刻、信号による停止位置、停止位置への到着時刻及び出発時刻を得る。

③各車両毎に、停止位置を基準として、1．で設定された補正値に基づき、距離帯別の影響因子の値を算出する。

④②で推定した値をすべての車両について合算し、距離帯別に影響因子の値を算出する。

⑤各影響因子の値を排出量推計モデル（以下の式）に代入し、距離帯別の排出量を推計する。

上記に手順によりシミュレーションにより、車両軌跡が観測された交通状況下における排出量の推計を行い、実測の軌跡より推定した排出量との比較を行った（図-2,3,4）。

3．交差点の立体化によるNOx排出量低減効果の推計

走行の質を考慮したNOx排出量推計の適用例として、信号交差点の立体交差化による交差点前後のNOx排出量の低減効果を推計し、本調査で開発したNOx排出量予測手法の有効性の確認を行った。立体交差化前の排出量の推計には、シミュレーションの結果を用い、立体交差化後については従来の平均走行速度によりNOx排出量を一律に与えるものとした（図-5）。

[研究成果]

図-2の結果から、精度的には改善の余地があるものの、従来の平均走行速度による一律の排出係数を与えた場合と比較すれば、交差点前後における排出量の変動がある程度再現された。しかし、全体的な排出量の増減傾向は再現されているが、実際の走行軌跡から求めた排出量では交差点通過直後の排出量が最も高くなっているが、シミュレーション結果では交差点より手前にピークがある。

この結果を排出量変動の要因別に分けて分析した結果が、図-3,4である。この結果によれば、区間内の自動車が存在する時間による要因と速度による要因については、実測とシミュレーションの違いは小さいが、加速による要因については違いが大きい。このことにより、実測の走行軌跡から算出した加速要因の排出量のばらつきが大きくなるため、SOUNDによる加減速の再現性を向上させる必要があると考えられる。

交差点立体化の前後におけるNOx排出量（図-5）については、今回の推計では減速時の排出量の減少と加速時の増加で相殺されて、大きな削減効果が現れなかった。今回与えた平均走行速度による一律の排出量では、交差点部のような加減速も含まれているため、単路部ではもう少し低くなると考えられ、削減効果がやや過小評価になっている可能性がある。

[成果の活用]

今後、より推計精度を高めることにより、交差点周辺など速度変動の大きい地点において、走行の質を考慮したNOx排出量の推計が可能になる。その結果、既存の平均走行速度式を用いた推計手法と比較して、局所的な大気汚染対策効果の推計精度の向上が図られることにより、効果的な大気汚染対策の立案が可能になる。

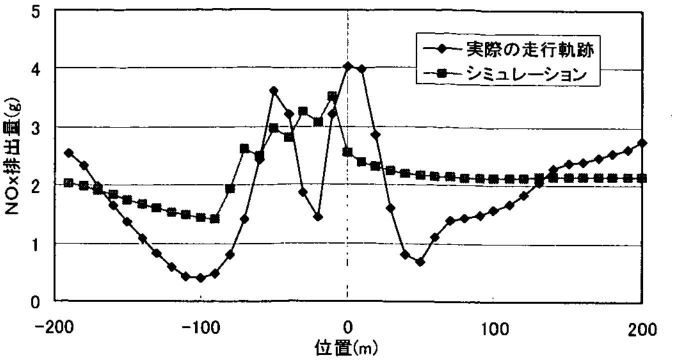


図-2　交差点前後における位置別NOx排出量の推計結果

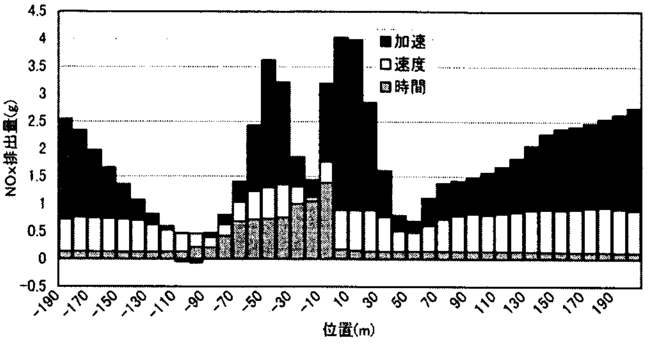


図-3　要因別距離帯別排出量（実測の走行軌跡より算出）

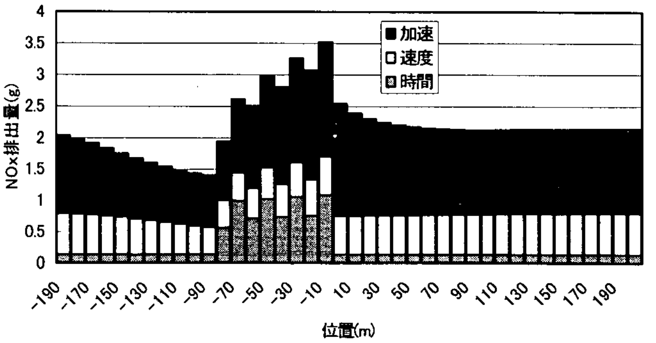


図-4　要因別距離帯別排出量（シミュレーションより算出）

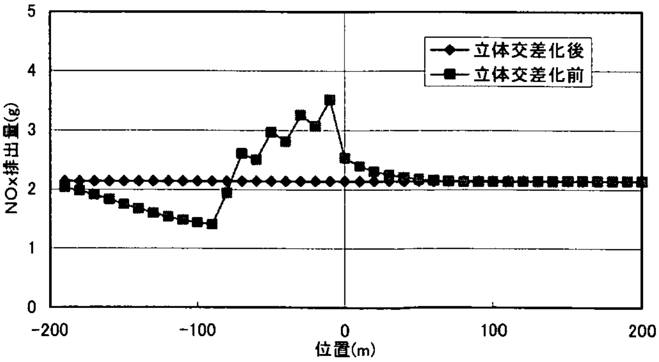


図-5　交差点立体化前後のNOx排出量変化の推計結果

低騒音舗装の機能性向上に関する試験調査

Research on improvement of performance of low noise pavement

（研究期間　平成 8～14 年度）

環境研究部 道路環境研究室　室　　長　並河 良治
主任研究官　上坂 克巳
研　究　員　小柴　剛
Environment Department Road Environment Division Head Yoshiharu Namikawa
Senior Researcher Katsumi Uesaka
Research Engineer Takeshi Koshiba

We have researched on Porous Elastic Road Surface (PERS), which has an excellent noise reduction effect compared to a conventional pavement. We performed some experiments to make mechanism of noise reduction effect of PERS clear. We got the following three results. (1) If radial vibration of tire is less, tire/road noise is less. (2) Roughness of road cause to radial vibration of tire. (3) If surface of PERS is rougher than double layer asphalt pavement, noise reduction effect of PERS is less by about 3dB than that of double layer asphalt pavement.

[研究目的及び経緯]

現在最も普及している低騒音舗装に排水性舗装（以下、一層式）がある。しかし、一層式の施工直後の減音効果は 3dB 程度であり、騒音対策として十分とは言い難い。そのため、減音効果が一層式よりも 7dB 程度大きい多孔質弾性舗装（以下、多孔質）の実用化が望まれている。国総研では、安全性の観点から、減音効果を低下させずに湿潤時滑り摩擦係数を高めた多孔質の開発を平成 8 年から行なっている。本年度は、多孔質の減音効果の低下防止を目的として乗用車の減音メカニズムの解明を行なった。

[試験方法]

国土技術政策総合研究所の試験走路に敷設されている表-1 に示す各種舗装で以下の測定を行なった。なお、表中の二層式は一層式よりも表面を滑らかにした排水性舗装であり、一層式よりも 5dB 程度大きい減音効果を有している。

(1) 乗用試験車のピークレベル測定

表-1 各種舗装の仕様

	一層式 (13mmtop)	二層式(5mmtop) 上層	二層式(5mmtop) 下層	多孔質A	多孔質B
舗装厚さ(cm)	5	1.5	3.5	3	3
空隙率(%)	20	23	23	35	27

50km/h で惰性走行する乗用試験車のピークレベル測定を行なった。マイクは車両走行中心線から側方 7.5m、高さ 1.2m の位置に設置した。試験車のタイヤはラジアルリブタイヤ (185/70R14) で、市販されているタイヤである。

(2) タイヤ半径方向の最大振動速度の測定

50km/h で惰性走行する乗用試験車（スムースタイヤ装着）のタイヤトレッド部におけるタイヤ半径方向の最大振動速度（以下 p-p 値）の測定を行なった。振動速度はスムースタイヤのトレッド内部に加速度計を設置し、測定された加速度データを積分することにより算出した。スムースタイヤの使用は、トレッドパターンのラグ成分によって発生するタイヤ振動を除去するためである。スムースタイヤを使用することによって路面凹凸に起因するタイヤ振動を正確に測定することができる。

(3)路面凹凸測定と CS 硬度測定

レーザープロフィルメータを用いて各種舗装の路面凹凸を測定した。測定位置は、前述のパワーレベル測定時に乗用試験車のタイヤが接地する位置とした。測定は車両走行方向に 0.5mm ピッチで 1000mm 測定し、ISO13473-1 に準拠して MPD 値を算出した。この MPD 値が大きいほど路面は粗くなる。また、CS 硬度計を用いて各種舗装の弾性を測定した。CS 硬度の値が小さいほど路面は柔らかくなる。

[試験結果]

各種低騒音舗装の減音効果（密粒舗装と各種低騒音舗装のピークレベルの差）を図－1に示す。減音効果の大きい順番は、多孔質 A、二層式、多孔質 B、一層式となった。一般的に多孔質の減音効果は弾性によるタイヤ振動の軽減と高い空隙率により、二層式よりも大きくなると考えられる。しかし、本結果では多孔質 B の減音効果が二層式よりも 2.7dB 小さくなっている。この原因を調べるために、ピークレベルの周波数分析を行なった。その結果を図-2 に示す。舗装内部に空隙のある低騒音舗装の場合、スペクトルのピークは 500～630Hz にある。これは、エアポンピング音（1kHz 以上）の発生が空隙によって抑制され、相対的に 500～630Hz の音が大きくなったためである。また、減音効果が大きい舗装ほど、この 500～630Hz のレベルが小さい。次に、500～630Hz の音はタイヤ振動によって発生する音が卓越すると考えられていることから、各種舗装の p-p 値と 630Hz のレベルの関係を調べた。その結果を図-3に示す。すると、p-p 値が大きいほど 630Hz のレベルが大きくなった。また、今回、

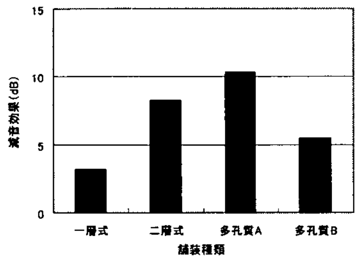


図-1 各種舗装の減音効果

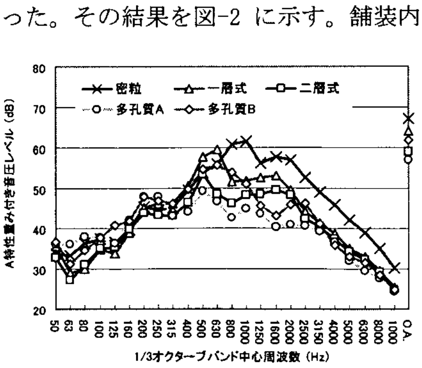


図-2 ピークレベルのスペクトル

図には示してはいないが、530Hz のレベルでも同様の関係が確認されている。そのため、低騒音舗装の減音効果の差は、タイヤの半径方向の振動が原因と考えられる。次にタイヤの半径方向の振動が生じる原因を調べた。p-p 値と MPD 値の関係、それから p-p 値と CS 硬度の関係を図－4と図－5に示す。すると、MPD 値と p-p 値との間には、MPD 値が大きくなるほど p-p 値も大きくなるという明確な関係が見られるものの、p-p 値と CS 硬度との間には、明確な関係が見られなかった。そのため、タイヤの半径方向の振動は主に路面凹凸の粗さが原因であり、路面の硬度との関係は弱いと考えられる。したがって、弾性のある多孔質でも路面凹凸が二層式よりも粗くなると、減音効果は二層式より小さくなることが分かった。ただし、多孔質の弾性を評価する指標として、CS 硬度が不適切であった可能性もあるため、動的弾性試験を行ない、多孔質の弾性と減音効果との関係を詳細に調べる必要がある。

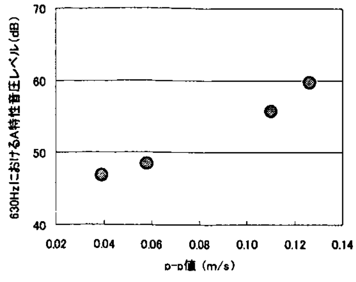


図-3 p-p 値と音圧レベルの関係

[研究成果]

①タイヤ半径方向の振動の大きい低騒音舗装ほど減音効果が小さいこと、②タイヤ半径方向の振動は硬度との関係は弱く、路面が粗いほど大きくなる傾向があること、③多孔質弾性舗装でも路面凹凸が二層式排水性舗装よりも粗くなると、減音効果は二層式排水性舗装より小さくなることが分かった。

[成果の活用]

減音効果の高い多孔質弾性舗装の基本仕様（案）を作成するとともに、多孔質弾性舗装の普及に役立てる。

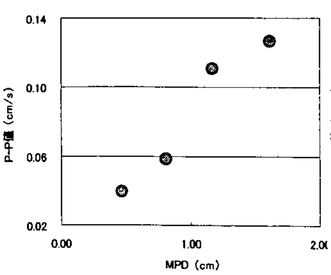


図-4 p-p 値と MPD 値の関係

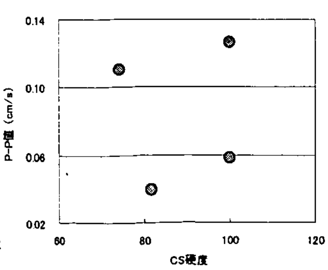


図-5 p-p 値と CS 硬度の関係

騒音対策新技術の予測・評価に関する調査

Research on Calculation and Evaluation Method of New Technology for Traffic Noise Reduction

（研究期間　平成 11～14 年度）

環境研究部道路環境研究室　室長　並河　良治
主任研究官　上坂　克巳
研究官　木村　健治

Environment Department Road Environment Division　Head　Yoshiharu Namikawa
Senior Researcher　Katsumi Uesaka
Researcher　Kenji Kimura

Noise reduction techniques such as new type noise barriers, effective absorption panel, and active noise control technique were developed in recent years. But the estimation methods of noise reduction effect with these new techniques are not developed enough. In this study we developed an estimation method of new type noise barrier.

［研究目的及び経緯］

新道路技術五箇年計画等で騒音対策技術（新型遮音壁，高性能吸音板，アクティブノイズコントロール技術等）の開発が進んだが，それらによる減音効果の予測・評価手法は確立していない。また平面・高架併設道路等の道路特殊部における騒音予測手法も，同様の状況となっており，環境アセスメントの実施に際して課題を残している。

このため本研究では，環境アセスメント等において広く活用できるようにすることを目的として，これらの新技術の効果を適切に計測・評価する方法や，簡易式，模型実験，数値シミュレーションの一手法である境界要素法を用いて予測・評価する方法を開発することとしている。

平成 13 年度は，これらの騒音対策新技術のうち，新型遮音壁の予測・評価に関する検討を重点的に行った。この検討では，現在開発されている新型遮音壁について騒音低減効果の比較，特徴の整理を行った。また，アクティブソフトエッジ（ASE）遮音壁の騒音低減効果の実測結果から，この効果を予測するための回帰式と回折チャートを作成した。

［研究内容］

1. 現在開発されている新型遮音壁の減音効果

以下に示す７種類の既存の新型遮音壁について騒音低減効果の比較を行った。

①ASE 遮音壁
②トナカイ型遮音壁

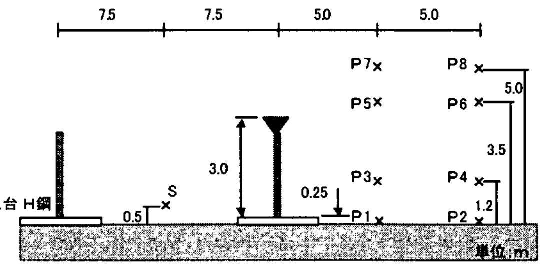


図１　フィールド音響試験の配置図

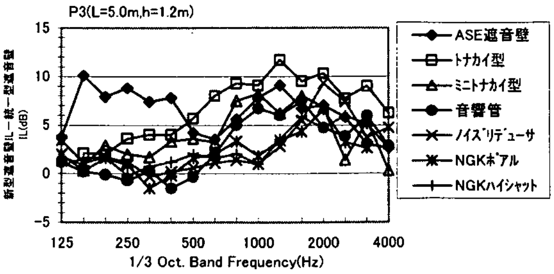


図２　周波数毎の減音効果

③ミニトナカイ型遮音壁
④音響管ソフトエッジ遮音壁
⑤ノイズリデューサーを用いた遮音壁
⑥NGK ポアル消音円筒を用いた遮音壁
⑦NGK ハイシャット HSK を用いた遮音壁

1.1 周波数毎の減音効果の比較

①～⑦の新型遮音壁は，フィールド音響試験（平成四年度建設省告示第 1324 号による建設技術評価制度で用いられたフィールド音響試験）により，図１に示す８点（P1～P8）で 125Hz～4kHz（1/3 オクターブバンド）での減音効果が測定されている。ここで減音効果は

遮音壁の先端に新型遮音壁を設置した場合としない場合(高さはいずれも3m)の，各受音点での音圧レベルの差で表される。これについて高さ1.2m(建物の1階に相当)で遮音壁から5mの地点の受音点であるP3について,各遮音壁の減音効果を比較したものを図2に示す。

これによると125～400Hzの周波数ではASE遮音壁の減音効果が大きく現れており，他の遮音壁では統一型と同程度か2～3dB程度の減音効果があるにすぎない。これはASE遮音壁の，入射音に対して波長が逆の音を発生させて音を低減させる効果により，125～400Hzの周波数の音を大きく低減するためと思われる。

また，500Hz以上の周波数帯域ではトナカイ型遮音壁の減音効果が最も大きくなっている。これはトナカイ型遮音壁が，音を多重に回折させる効果により音を大きく低減するためと思われる。

1.2 舗装種別毎での減音効果の比較

次に，密粒舗装，排水性舗装，二層式排水性舗装（以降，二層式とする）での自動車騒音のスペクトルを与えたときのオーバーオール値での減音効果（A特性で補正）を求めた。ここで比較的回折角度の大きい受音点であるP1～P4での減音効果を算術平均した結果を表1に示す。これによると，密粒舗装と排水性舗装の条件では，トナカイ型遮音壁，ASE遮音壁の順に減音効果が大きく，二層式の条件ではASE遮音壁，トナカイ型遮音壁の順に減音効果が大きい。

2. 簡易な予測式の検討

比較的大きな減音効果を有するASE遮音壁について，簡易な予測式の検討を行った。この簡易予測式は前川チャートの数式表現値を参考に1式の関数式を想定し，ASE遮音壁の回折行路差(δ)，周波数(f)，減音効果(ΔL_d)についての測定データから次式に示す係数a及びbを回帰分析により求めた。ただし、ASE遮音壁の先端部は約60cmの厚みがあり､回折行路差δはこれと等価な薄い障壁に置き換えて求めた。なお，図1の受音点には回折行路差が負の場合（音源から受音点が直接見通せる）条件は含まれていないため，フレネル数Nが正の場合のみについて計算式を求めた。この結果，2式に示す回折補正量計算式が得られた。

$$\Delta L_d = \begin{cases} a\log_{10} N + b & for \quad N>1 \\ b+\dfrac{a}{\sinh^{-1}(1)}\sinh^{-1}\left(N^{0.485}\right) & for \quad 0<N\leq 1 \end{cases} \quad \Lambda\ \Lambda\ \Lambda\ (1)$$

ここで，$N=2\delta/\lambda=2f\delta/c$　（λ：波長，c：音速）

$$\Delta L_d = \begin{cases} 12.2\log_{10} N + 16.8 & for \quad N>1 \\ 6.3+\dfrac{10.5}{\sinh^{-1}(1)}\sinh^{-1}\left(N^{0.485}\right) & for \quad 0<N\leq 1 \end{cases} \quad \Lambda\Lambda\Lambda\ (2)$$

また，この式をもとに回折行路差をパラメータとし道路交通騒音スペクトルを考慮したオーバーオール値での回折補正量計算式を求めた。この結果得られた回折補正量計算式を3～5式に，また，これをもとに作成した回折チャートを図3に示す。

表1　減音効果の比較

名称	減音効果（P1～P4の算術平均値）(dB)		
	密粒	排水性	二層式
①ASE遮音壁	5.4	4.7	4.2
②トナカイ型遮音壁	6.7	5.0	4.0
③ミニトナカイ型遮音壁	3.1	2.4	2.0
④音響管ソフトエッジ遮音壁	3.6	1.9	1.1
⑤ﾉｲｽﾞﾘﾃﾞｭｰｻｰを用いた遮音壁	2.1	1.4	1.2
⑥NGK ﾎﾟｱﾙ消音円筒を用いた遮音壁	2.2	1.6	1.4
⑦NGK ﾊｲｼｬｯﾄ HSK を用いた遮音壁	2.1	1.6	1.6

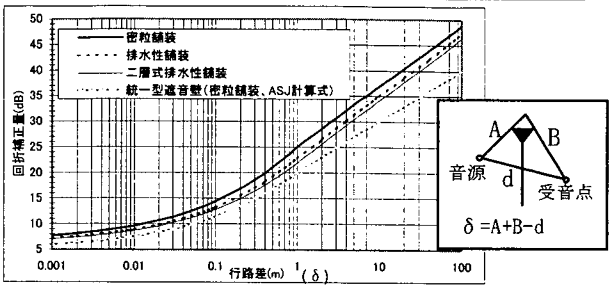


図3　ASE遮音壁の回折チャート

（密粒舗装の場合）

$$\Delta L_d = \begin{cases} 11.9\log_{10}\delta + 25.0 & for \quad \delta>1 \\ 6.5+\dfrac{18.5}{\ln\left(1+\sqrt{2}\right)}\sinh^{-1}\left(\delta^{0.414}\right) & for \quad 0<\delta\leq 1 \end{cases} \quad \Lambda\ \Lambda\ \Lambda\ (3)$$

（排水性舗装の場合）

$$\Delta L_d = \begin{cases} 12.2\log_{10}\delta + 22.8 & for \quad \delta>1 \\ 6.1+\dfrac{16.7}{\ln\left(1+\sqrt{2}\right)}\sinh^{-1}\left(\delta^{0.414}\right) & for \quad 0<\delta\leq 1 \end{cases} \quad \Lambda\ \Lambda\ \Lambda\ (4)$$

（二層式排水性舗装の場合）

$$\Delta L_d = \begin{cases} 12.2\log_{10}\delta + 21.9 & for \quad \delta>1 \\ 6.0+\dfrac{15.9}{\ln\left(1+\sqrt{2}\right)}\sinh^{-1}\left(\delta^{0.414}\right) & for \quad 0<\delta\leq 1 \end{cases} \quad \Lambda\ \Lambda\ \Lambda\ (5)$$

[研究成果]

既存の新型遮音壁の騒音低減効果を比較するとともに，ASE遮音壁について簡易な騒音低減効果の予測式を回帰的に求め，回折チャートを作成した。

[成果の発表]

本成果は今後，音響関連の学会において発表する予定である。

[成果の活用]

本成果は，新型遮音壁の騒音低減効果の予測式を作成するマニュアルの基礎資料として活用する予定である。なお今回の調査結果は,あくまでも建設技術評価制度の評価結果等に基づくものであり斜入射を考慮していない。今後は，現場に設置された新型遮音壁の実測データを収集し，この結果から予測式やチャートを作成していく必要がある。

道路事業における生態系の調査、評価手法の高度化

Study on methods for adequate survey and efficient evaluation of ecosystems

（研究期間　平成 12～14 年度）

環境研究部　緑化生態研究室
Environment Department
Landscape and Ecology Division

室長　藤原宣夫
Head　Nobuo Fujiwara
主任研究官　石坂健彦
Senior Researcher　Takehiko Ishizaka
招聘研究員　百瀬　浩
Visiting Researcher　Hiroshi Momose

In the natural environmental impact assessment, it has been a subject to ensure more efficiently influence prediction and evaluation to ecosystems. We aim at developing the techniques of grasping ecosystems more exactly, and the technique of evaluating habitats quantitatively in this research.

［研究目的及び経緯］

環境影響評価法における環境影響評価では、「生態系」が評価項目として追加された。建設省令においても基本的方法は示されたが、今後、具体的な予測・評価の方法を確立することや、生物・生態系に関する知見を蓄積し、より定量的に予測・評価を行うなど、さらに、効率化や高度化を図るべき課題も少なからず残されている。本研究は、生態系への影響予測・評価の効率化・高度化を図るため、生態系を構成する生物の生息空間に着目し、その相対的重要度を定量的に評価する手法を開発することを目的とする。

［研究内容］

環境影響評価においては、生態系を類型化し、単位としてとらえ、その単位ごとに、予測・評価を行うとされている。その際､生態系を端的に把握するために、注目すべき種の選定を行う必要がある。13 年度は栃木県宇都宮東部地域（約 4 km×10 km）を事例として、鳥類のラインセンサスによる生息状況と相観植生との対応関係を把握し、注目すべき種の選定に資する方法を検討した。

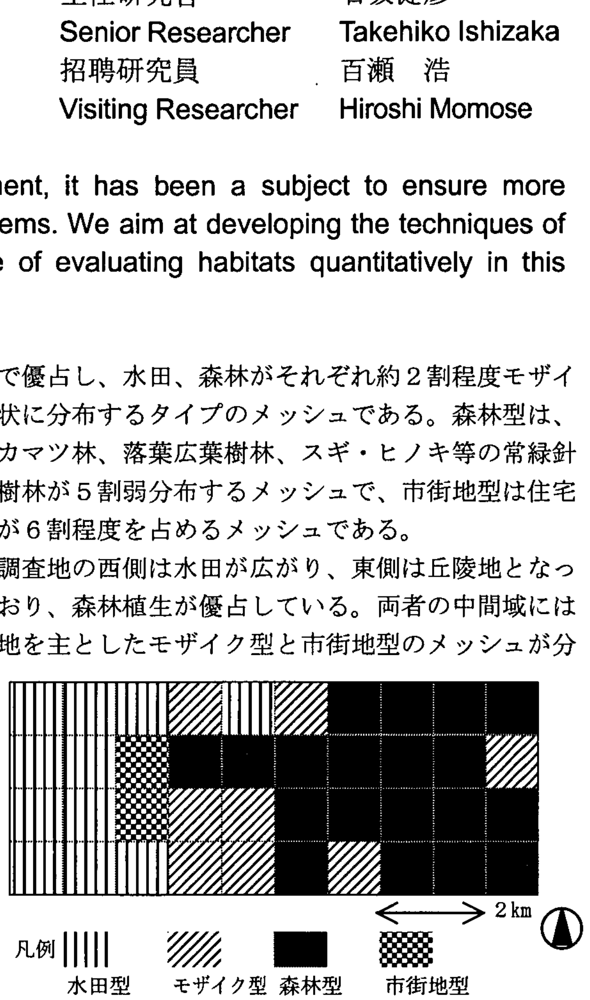
鳥類のラインセンサスは､平成 12 年の繁殖期に実施した。生息環境のベースとして、自然環境情報 GIS に時点修正等を加えた植生図データを用いた。

［研究成果］

1．調査地の概要

図－1 に対象域の植生概要を示す。この図は、3 次メッシュ（約 1 km× 1 km）をその植生構成比により類型化したものである。水田型はメッシュ内の 7 割程度が水田であるメッシュ。モザイク型は、畑地が 3 割程度で優占し、水田、森林がそれぞれ約 2 割程度モザイク状に分布するタイプのメッシュである。森林型は、アカマツ林、落葉広葉樹林、スギ・ヒノキ等の常緑針葉樹林が 5 割弱分布するメッシュで、市街地型は住宅地が 6 割程度を占めるメッシュである。

調査地の西側は水田が広がり、東側は丘陵地となっており、森林植生が優占している。両者の中間域には畑地を主としたモザイク型と市街地型のメッシュが分



図－1　対象地域の植生概要（約 1 km× 1 kmのメッシュ内の植生の構成比により類型化したもの）

布する。都市近郊の農業を産業基盤とする地域の典型的な植生分布を示している。

鳥類センサスでは、10 目 54 種が確認された。

2．生息環境と鳥相の関係解析

先の 1 km× 1 kmの植生のメッシュにおける出現鳥種をクロス表に整理したところ、森林型メッシュにカルガモなどの明らかな水鳥が少なからず出現するなど、両者の関係を解析するにはスケールが過大とされた。

そこで解析は、3 次メッシュ（約 1 km× 1 km）を 400 のメッシュに細分した 50m×50mのメッシュを基本

とし、メッシュの中心に存する植生の凡例をもって、メッシュの代表植生とした。

また、鳥類の出現は偶然性が高いため、解析対象メッシュは、4種以上が出現するメッシュとし、3種以下の出現記録メッシュについては、解析対象外とした。

また、解析対象のメッシュ群において、2以下のメッシュで記録された鳥種については、同じく偶然性の観点から解析対象外とした。

解析対象のメッシュは33メッシュ、解析対象種は3目14種となった。解析対象メッシュの代表植生と、当該メッシュ群における鳥類の出現状況を表－1に示す。なお、凡例のうち、森林系はアカマツ林、スギ・ヒノキ・サワラ植林、落葉広葉樹二次林を、草地系は草地、畑を統合したものである。

表－1 メッシュの植生タイプ毎の鳥類の出現状況

タイプ別メッシュ数 / 鳥種	森林系	草地系	水田	住宅地	計
	15	7	5	6	33
シジュウカラ	9(60.0)	3(42.9)	0(0.0)	3(50.0)	15(45.5)
ウグイス	7(46.7)	3(42.9)	0(0.0)	1(16.7)	11(33.3)
コゲラ	5(33.3)	1(14.3)	0(0.0)	0(0.0)	6(18.2)
メジロ	3(20.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	3(9.1)
ホオジロ	10(66.7)	4(57.1)	2(40.0)	1(16.7)	17(51.5)
カワラヒワ	4(26.7)	2(28.6)	1(20.0)	0(0.0)	7(21.2)
コジュケイ	1(6.7)	0(0.0)	0(0.0)	2(33.3)	3(9.1)
ヒバリ	0(0.0)	1(14.3)	2(40.0)	0(0.0)	3(9.1)
ハシボソガラス	2(13.3)	1(14.3)	2(40.0)	2(33.3)	7(21.2)
ツバメ	1(6.7)	1(14.3)	0(0.0)	1(16.7)	3(9.1)
スズメ	2(13.3)	5(71.4)	3(60.0)	6(100.0)	16(48.5)
キジバト	1(6.7)	1(14.3)	3(0.0)	2(33.3)	7(21.2)
ヒヨドリ	8(53.3)	2(28.6)	2(40.0)	3(50.0)	15(45.5)
ハシブトガラス	1(6.7)	2(28.6)	1(20.0)	2(33.3)	6(18.2)
出現メッシュ計	54	26	16	23	119

※シジュウカラー森林系の「9(60.0)」の「9」は、森林系メッシュ「15」のうち、9メッシュにシジュウカラの生息が確認されたことを示す。また、「60.0」は、9/15すなわち、当該代表植生メッシュの60.0%にシジュウカラが確認されたことを示す。

次に、鳥種の出現メッシュの植生タイプとの結びつきの強さを判定するために特化度を算出した。

本報において特化度は、以下の如く算出した。

$$
\text{特化度}=\frac{\text{ある植生タイプにおけるある鳥種の出現メッシュ数}}{\text{ある植生タイプにおける個々の鳥種の出現メッシュ数の合計}}\div\frac{\text{ある鳥種の出現メッシュ数の合計}}{\text{個々の鳥種の出現メッシュ数の合計}}
$$

例として、森林系メッシュにおけるシジュウカラの特化度は、

$$
\begin{aligned}
\text{特化度} &= \frac{9}{54} \div \frac{15}{119} \\
&= 0.1667 \div 0.1261 \\
&= 1.322
\end{aligned}
$$

となる。

個々の植生タイプ毎、鳥種毎に特化度を算出した結果を表－2に示す。

特化度は、1以上の値をとる場合に結びつきが強いとされる。すなわち、森林系のメッシュに対しては、シジュウカラ、ウグイス、コゲラ、メジロ、ホオジロなどの関連が特に高く、草地系のメッシュとは、ウグイス、ホオジロ、カワラヒワ、ヒバリ、ツバメ、スズメなどが、水田メッシュとは、カワラヒワ、ヒバリ、ハシボソガラス、スズメなどとの結びつきが強い。また、住宅地とは、シジュウカラ、コジュケイ、ハシボソガラス、ツバメ、スズメ、キジバト、ヒヨドリ、ハシブトガラスが強く結びついていることがわかる。

表－2 メッシュの植生タイプと出現鳥類の特化度

植生 / 鳥種	森林系	草地系	水田	住宅地
シジュウカラ	**1.322**	0.915	0.000	**1.035**
ウグイス	**1.402**	**1.248**	0.000	0.470
コゲラ	**1.836**	0.763	0.000	0.000
メジロ	**2.204**	0.000	0.000	0.000
ホオジロ	**1.296**	**1.077**	0.875	0.304
カワラヒワ	**1.259**	**1.308**	**1.063**	0.000
コジュケイ	0.735	0.000	0.000	**3.449**
ヒバリ	0.000	**1.526**	**4.958**	0.000
ハシボソガラス	0.630	0.654	**2.125**	**1.478**
ツバメ	0.735	**1.526**	0.000	**1.725**
スズメ	0.275	**1.430**	**1.395**	**1.940**
キジバト	0.315	0.654	**3.188**	**1.478**
ヒヨドリ	**1.175**	0.610	0.992	**1.035**
ハシブトガラス	0.367	**1.526**	**1.240**	**1.725**

特化度1以上の値については太字で示す。

3．生息基盤情報と生息種の関係整理の必要性

表－2の植生と出現種の結びつきは、一般的に知られているそれらの鳥類種の生息環境に照らし合わせてみて妥当なものと考えられる。

環境影響評価の生態系の評価においては、その生態系を端的に現す注目すべき種を選定して、事業の影響を予測することとされている。注目種の選定には客観性が要求されることから、このように種と生息環境の関係を具体的に説明できるようにデータを整理することは重要である。本報で示した植生と出現鳥種の関係を特化度で整理する方法は、勿論、植生をメッシュの中央のそれで代表していることなどによる誤差はあるが、典型性の注目すべき種を抽出する際には、ひとつの有効な方法と考えられる。

本報では、50m×50mメッシュを基本とした生息環境と鳥類の関係から、典型性の生態系の注目すべき種の抽出手法等を検討したが、既往生息基盤情報を用いる場合には、精度の点から適正スケール等の検討も必要である。また、事業の影響予測、評価等の定量的実施を可能とするために、注目すべき種に選定される可能性の高い種を中心に、その必要最小生息空間面積などの知見も今後収集する必要がある。

道路による動物の生息域への影響低減技術の調査研究

Study on methods for monitoring rare raptors

研究期間：平 10 ～平 14 年

環境研究部緑化生態研究室	室長	藤原宣夫
Environment Department	Head	Nobuo Fujiwara
Landscape and Ecology Division	主任研究官	石坂健彦
	Senior Researcher	Takehiko Ishizaka
	招聘研究員	百瀬浩
	Visiting Researcher	Hiroshi Momose

Natal dispersal of five young Nothern Goshawks (*Accipiter gentilis*) were monitored by radio telemetry method and by monitoring their signal from receivers connected to data loggers placed near the nest. Young birds spent the first 20 days after fledging close to the nest, 20 to 30 days within 500m of the nest. The birds then gradually expanded their homeranges, and after about 40 days from fledging they either moved several kirometers away from the nest or dissapeared from the study area.

［研究目的及び経緯］

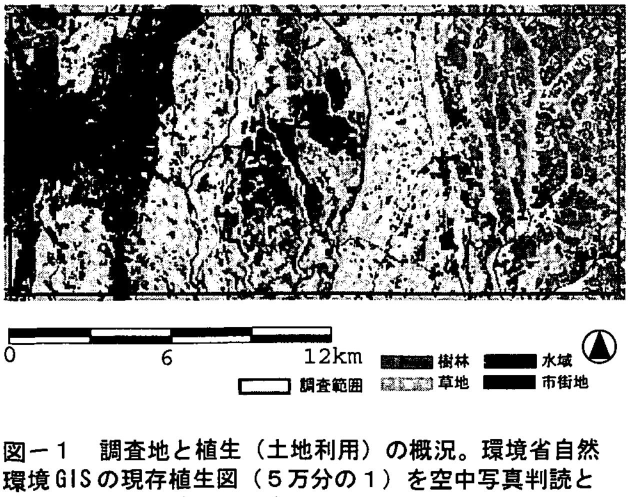
本研究は、オオタカを始めとする希少猛禽類の生態を調査して生息環境条件、行動圏の広さや行動圏内の環境利用を明らかにし、希少猛禽類の調査・保全手法や事業実施に際しての保全手法検討に役立つ資料を得ようとするものである。

［研究内容］

平成 13 年度は、幼鳥の分散過程を調べるために、オオタカ幼鳥に発信機を装着して、電波テレメトリー法による追跡を行った。

調査地と調査方法

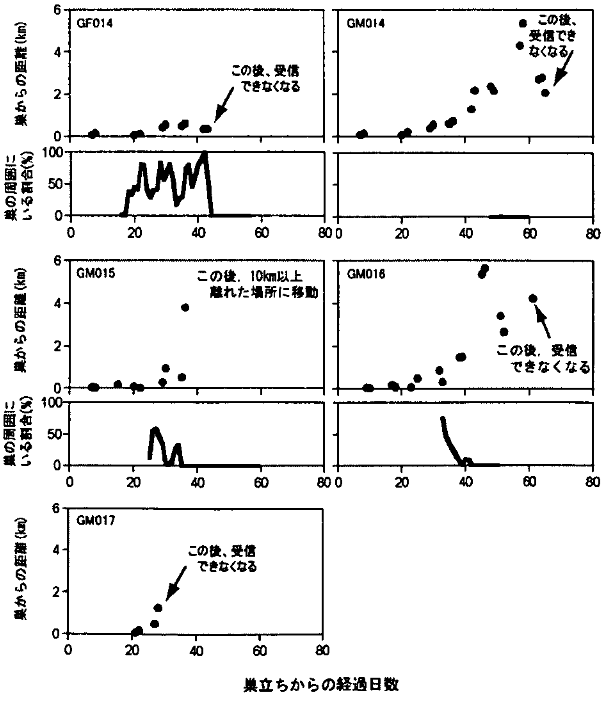
調査を行ったのは、栃木県宇都宮市から芳賀郡にかけての 11 × 24km の地域である（図－1）。ここで、2001 年 7 月 3 ～ 19 日に、4 カ所の巣で巣立ち直後のオオタカ幼鳥 5 羽を捕獲した（表－1）。



図－1　調査地と植生（土地利用）の概況。環境省自然環境 GIS の現存植生図（5 万分の 1）を空中写真判読と現地踏査により修正したもの。

表－1　捕獲したオオタカ幼鳥。計測単位は mm 及び g

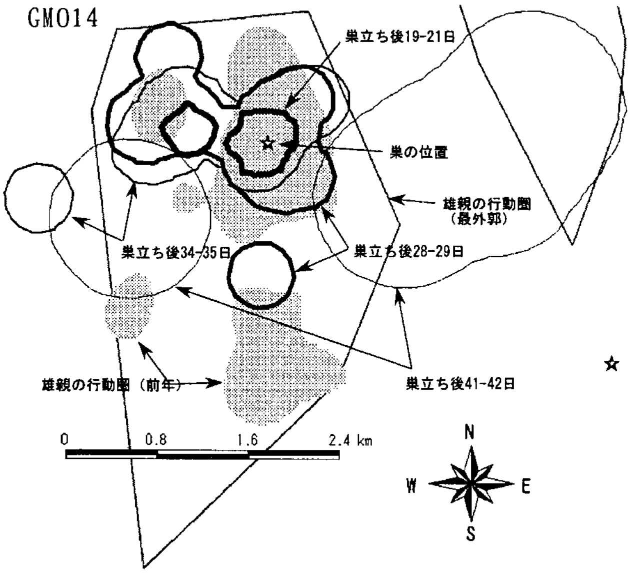
捕獲日時	2001/7/11 11:00	7/13 10:30	7/17 17:30	7/18 8:30	7/18 11:30
捕獲(巣)場所	多田羅	多田羅	宿延生	宿延生	観音山
個体番号	GF014	GM014	GM015	GM016	GM017
性　別	雌	雄	雄	雄	雄
全　長	5, 360	4, 750		4, 930	4, 820
翼開長	9, 900	8, 750		8, 400	8, 640
体　重	1, 120	650	700	670	725
巣立ち時期	6/28-29	6/28-29	6/25-26	6/25-26	7/5-6
主に巣の周囲で行動した日数	43	36-41	34	40	23-26
巣立ち後調査地に滞在した日数	46-47	66-70	69-73	62-65	29-33



図－2　オオタカ幼鳥 5 羽の出生地からの分散過程

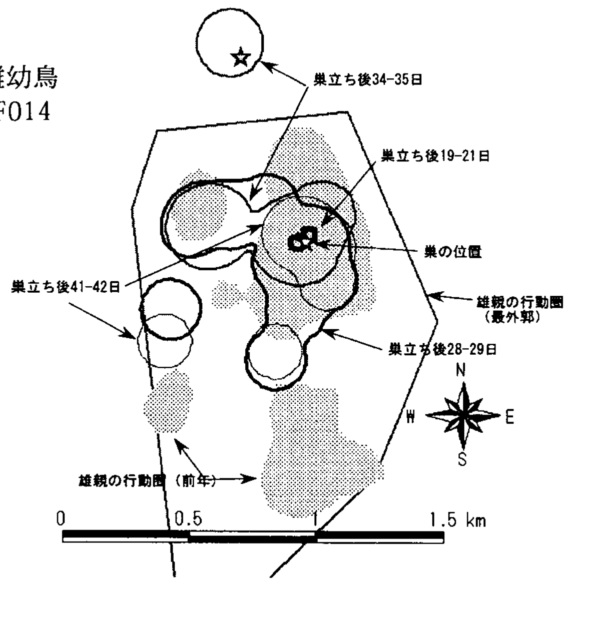
捕獲には、箱罠を使用した。捕獲した幼鳥には11.5 gのハーネス式の発信機（電池寿命約94日）を装着し、放鳥した。これらの個体を、アンテナと受信機を持った調査員が追跡した他、巣の近傍にデータロガーを設置して、巣の周囲100～250 m以内の地域における在・不在を連続的に記録した。

雄幼鳥
GM014



図－３　巣立ち後の日齢別に示したオオタカ雄幼鳥１個体の行動圏。行動圏はKernel法（確率密度分布）95%の区域で示した。図中の雄親の行動圏は前年度にテレメトリー法で調査した成鳥雄の行動圏を図示したもの。

雌幼鳥
GF014



図－４　巣立ち後の日齢別に示したオオタカ雌幼鳥１個体の行動圏。他の説明は図－４参照。

結果

オオタカ幼鳥の出生地からの分散過程

図２は、縦軸に５羽の幼鳥の巣からの距離と巣の周囲での滞在率を、横軸に巣立ち後の日数をプロットしたものである。オオタカ幼鳥は、個体差はあるものの巣立ち後約20日頃までは巣からあまり離れず、その後30日頃までは巣の付近500 m以内の範囲で生活し、その後徐々に行動圏を広げて、巣立ち後40日前後で親の行動圏から大きく離れるようになった。その際、個体により調査地からいなくなってしまうものと、巣から数km～10km離れた調査地内の別の場所に移動する個体があった。

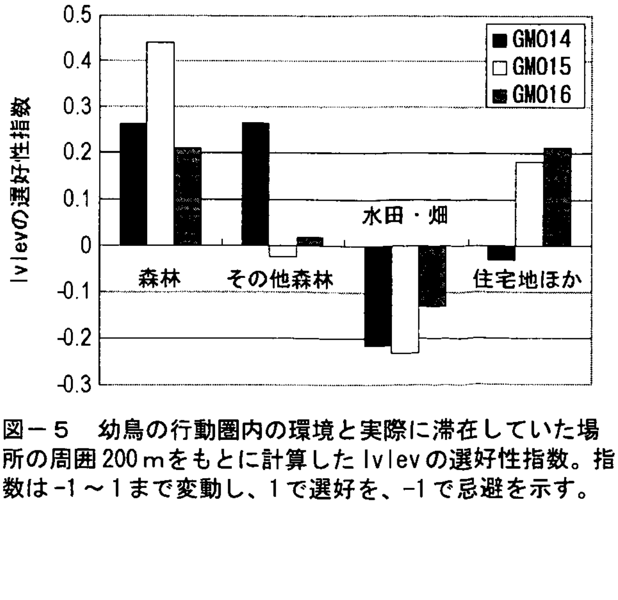
オオタカ幼鳥の環境利用

図３と４に、雄と雌の幼鳥各１個体の行動圏を日齢別に示した。幼鳥は、環境をくまなく一様に利用するというよりは、むしろ特定の地域に固執するような行動圏利用を示した。幼鳥が好んで滞在した地域の植生（土地利用）が何であったかを示すために、データの多い３個体について選好性指数を計算したところ、森林・住宅地に対して正の選好を、水田・畑に対して忌避を示した（図－５）。住宅地に対する選好性は、屋敷林を利用することが多かったためと考えられる（屋敷林は植生図上では「住宅地ほか」に分類される）。

本調査の結果から、オオタカ幼鳥は巣立ち後１ヶ月程の期間を、巣周辺の森林環境を主に利用しながら過ごし、その後、巣立ち後40日前後で本格的な出生地からの分散のための移動を開始することが確かめられた。

[成果の発表]

2001年10月6日、京都市左京区の京都大学において開催された日本鳥学会大会で、「オオタカ *Accipiter gentilis* の生息に影響する環境要因」と題し口頭発表を行った。



図－５　幼鳥の行動圏内の環境と実際に滞在していた場所の周囲200 mをもとに計算したIvlevの選好性指数。指数は-1～1まで変動し、1で選好を、-1で忌避を示す。

道路による動物の生息域への影響低減技術の調査研究

Research on Mitigation Measures for Defragmentation of Habitats by Road Construction

（研究期間　平成１０～１４年度）

環境研究部　道路環境研究室
Environment Department, Road Environment Division

室長　並河　良治
Head　Yoshiharu NAMIKAWA
主任研究官　角湯　克典
Senior Researcher　Katsunori KADOYU
研究官　川上篤史
Researcher　Atsushi KAWAKAMI

In order to install effective animal passages, it is necessary to clarify the structure and the position of passages crossing roads. In this research, we took photographs of animals passed by with automatic cameras set beside the passage under the road in use. Consequently, each species prefers crossing facilities of different types.

［研究目的及び経緯］

道路が動物の生息域を分断すると、そこに生息していた地域個体群は隔離されることになり、将来的に絶滅する危険性がある。そのため、動物のための道路横断施設の設置が必要になるが、分断防止効果の高い動物用の道路横断施設の構造や設置位置等が明らかになっていないのが現状である。

そこで本研究では、動物用道路横断施設の適切な構造や設置位置等を明らかにすることを目的として、哺乳類の道路横断実態を把握する。

［研究内容］

人間の通行や水路として利用されている既存の道路横断施設（図１）を日常的に利用している動物種および利用頻度を自動撮影システムにより調査した。この自動撮影システムは、撮影機器（一眼レフカメラ）、センサー、電源等から構成されており、動物への影響ができるだけ小さくなるように赤外撮影を行った。また、今回の撮影は中型哺乳類を対象としたため、センサーの設置高を 17 ～ 20cm とした。イタチのように背が低い動物は撮影できない場合もあるものの、テンやタヌキ程度の大きさは撮影できることを確認している[1)]。

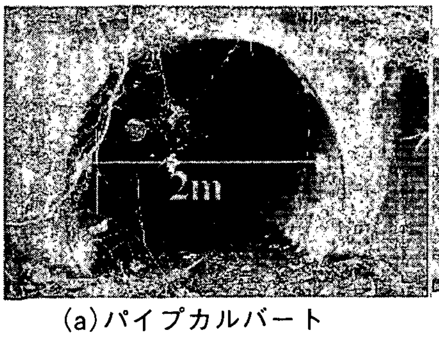
調査対象路線は、全国的にロードキルが多いことから周辺に生息する動物が多いと考えられる宮崎県内の高速道路とし、河川に挟まれた里山的環境の約２ｋｍを調査区間とした。その調査区間内にある道路横断施設（ボックスカルバート（以下、ＢＣ）６箇所、パイプカルバート（以下、ＰＣ）２箇所、オーバーブリッジ（以下、ＯＶ）２箇所）を自動撮影調査地として選定した（表１）。

また、撮影は日没前（17 時）から日の出後（7 時）までの夜間１４時間程度を基本として行い、平成１４年２月１日から３月２１日まで行った。

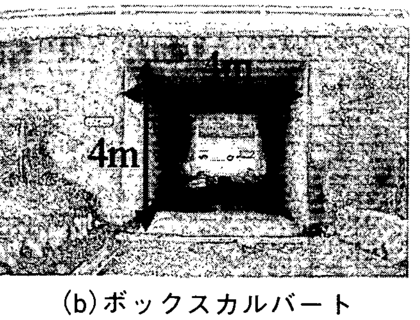
［研究成果］

動物の横断施設利用状況

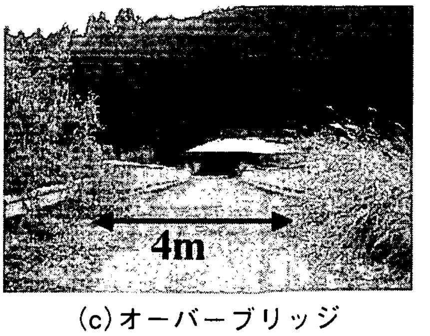
道路横断施設での自動撮影の結果、野生動物の



(a)パイプカルバート



(b)ボックスカルバート



(c)オーバーブリッジ

図１　道路横断施設の構造

表１　調査対象地

調査箇所	構造	南側	北側
bc1	W400*H450*L2952	樹林	樹林
pc1	D200*L4150	樹林	樹林
bc2	W300*H300*L2950	畑地	畑地
ov1	W450*L3750	樹林	畑地
bc3	W400*H400*L2450	畑地	畑地
bc4	W300*H300*L4520	畑地	畑地
bc5	W450*H450*L2670	畑地	畑地
pc2	D200*L4485	樹林	畑地
ov2	W400*L4076	樹林	樹林
bc6	W300*H300*L2440	樹林	住宅

W:幅、H:高さ、D:直径、L:長さ（cm）

ノウサギ、タヌキ、キツネ、テン、イタチ、アナグマの６種[注1]とネコ、イヌ等の合計 1117 個体が撮影された。ネコが全体の 79%を占める 874 個体であったが、野生動物ではキツネ 55 個体（8%）、ノウサギ 50 個体（4%）、タヌキ 38 個体（3%）等が確認された（図２）。野生動物を調査区間全体（約２km）での１日あたり通過数を算出すると（図３）、キツネが最も多く 2.11 個体、ついでノウサギ(1.13 個体)、タヌキ(0.90 個体)、となり、特にキツネはデータ上毎日２回はいずれかの横断施設を利用していることとなった[注2]。

②道路横断施設の構造別利用状況

道路横断施設の構造別に１日あたりの動物の通過数を整理した（図４）。その結果、動物種によっては施設の違いによって通過数に差がある。特にノウサギ、キツネはＢＣやＯＶでは利用が見られたが、ＰＣでは見られなかった。これらのことから、ノウサギやキツネは開放的構造をもった横断施設であれば、分断防止効果が高い可能性があるということがいえる。一方、タヌキ、テン、イタチについては差が大きく出るところもあったが、いずれの構造も利用していた。

しかし、これら利用動物の利用数の差は、構造によるものだけでなく周辺環境の影響や季節的な行動特性の違いによる影響も大きいと考えられることから、今後これら構造以外の要因による解析も必要である。

[成果の活用]

動物用道路横断施設を設置する際に、保全目標とする種に適した横断施設の参考となる。

参考資料・注

１）川上篤史、角湯克典、並河良治：自動撮影による動物の道路横断施設の利用状況調査方法，日本道路会議一般論文集(ポスターセッション)，pp.14-15，2001

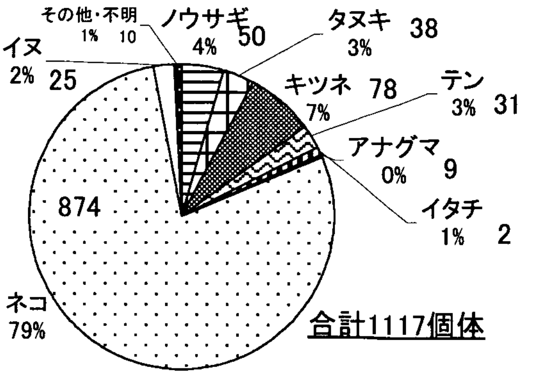


図２　動物種別横断施設利用状況

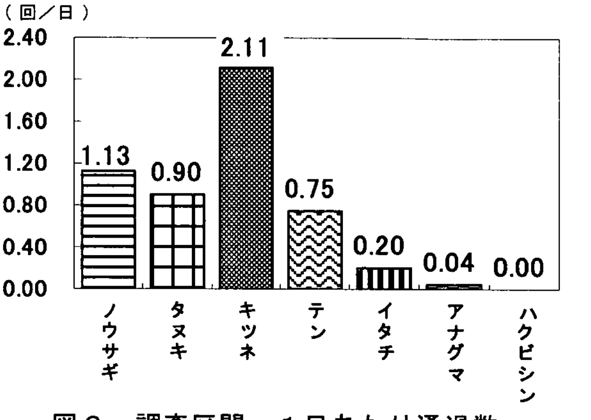


図３　調査区間・１日あたり通過数

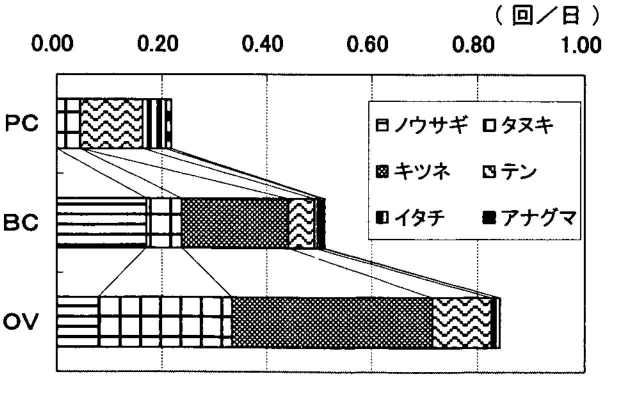


図４　構造別の１日あたり平均通過数

注１：今回の調査では、秋季に同様の調査によって確認されていたハクビシンの利用がなかった。

注２：横断施設の利用動物個体数のカウントは、撮影時間が５分以内に同一種が撮影された場合、明らかに他個体であると判明したとき以外は除外した。

のり面の自然復元手法に関する試験調査

Researches for woods restoration methods on roadside slopes

（研究期間　平成 9～13 年度）

環境研究部　緑化生態研究室
Environment Department
Landscape and Ecology Division

室長　藤原宣夫
Head　Nobuo Fujiwara
主任研究官　石坂健彦
Senior Researcher　Takehiko Ishizaka
研究官　飯塚康雄
Researcher　Yasuo Iizuka

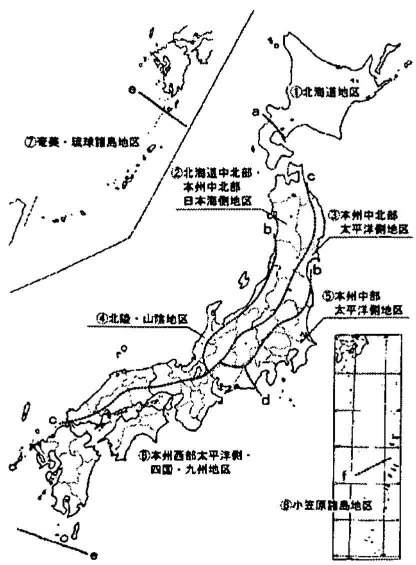
There are strong demands for revegetation of woods on face of slopes, caused by public construction. Several techniques to introduce wood species to slopes have been developed, but there must be an aiming vegetation in practice. We have investigated to determine aiming vegetations according to regional plant community distribution characteristics.

［研究目的及び経緯］

建設事業等によりやむを得ず出現したのり面は、できる限り自然復元を図ることが求められる。そのために自然復元を目的とする各種工法が開発されてきており、本研究では播種工と苗木植栽工のふたつに大別して、各種工法の施工後の状況を把握することや、播種工において重要な基礎資料となる木本種子の発芽特性等の把握実験等を実施してきた。一方、のり面緑化においては、復元目標とする植生をどのように定めるかということも議論となる点のひとつである。その復元目標となる植生は、『道路土工　のり面工・斜面安定工指針、1999、（社）日本道路協会』では、施工地の周辺環境や管理上の条件等を考慮して設定するとされている。これは、周辺の植生やその構成種を参考に施工地に相応しい目標植生及び樹種を定めることを意味するが、人為程度や微地形条件等により事業地周辺に多様な植生が分布する場合には、それらのうちのどの植生を目標植生とすべきかを設定することは必ずしも簡単ではない。このため当所導入すべき植物種が定まらず、必要な植物種の種子や苗等の確保が計画的にできないため、施工直前の時点で調達可能な種を用いて緑化する場合も少なからずある。しかし、植生の分布は気候要因等により規定されるため、規定要因を基にエリア区分し、そのエリアを代表する植生やその構成種を類型化する事ができる。これにより、その地域で基本となる種をあらかじめ抽出しておき、これらの種の種子等をストックすることにより、地域に即した緑化を計画的に進めることが可能となる。本研究では特に播種工に主眼をおいて、日本の植生帯を地域区分し、のり面目標植生及び使用樹種の抽出、設定の基礎資料を作成した。本稿では、この概要を述べる。

表－1　植生帯エリア区分のための設定境界線

境界線	区分基準
a	自然分布から見た北海道南部、渡島半島基部におけるブナの北限線
b	気候的植生区分に基づく、本州における寒さの指数－10 での冷温帯と暖温帯の境界線
c	東北～中国地方を貫き、日本海－太平洋の植生を分ける最深積雪量 50 cmの限界線（ミヤコザサ線）
d	静岡－糸魚川構造線に由来し、固有フロラの多いフォッサマグナ地区の西縁部境界線の設定による太平洋側関東地区とそれ以西の植生・フロラ（襲速紀要素）区分線
e	屋久島・種子島と奄美諸島の間、トカラ列島に東西に引かれた生物境界線（渡瀬線）
f	伊豆諸島より古い時期に本土と離れ、亜熱帯等で固有なフロラと植生を有する小笠原諸島を区分するための、伊豆諸島と小笠原諸島との間の境界線



図－2　植生帯のエリア区分

表－２　エリア毎の目標植生と導入植生

(エリア⑤本州中部太平洋側地区の例)

目標植生	立地区分	導入植生
暖温帯（シイ帯）：イズセンリョウースダジイ群団	沿岸部（10 kmまで）	(常緑亜高木林)【マサキートベラ群集】(夏緑広葉樹林)【クサギーアカメガシワ群団】(夏緑広葉樹林)【オニシバリーコナラ群集】
暖温帯（カシ帯）アカガシーシラカシ群団	内陸部：平野部から山地下部（海抜 20m～900m）	(夏緑広葉樹林)【クサギーアカメガシワ群団】(夏緑広葉樹林)【イヌシデーコナラ群団】(常緑針葉樹林)【ヤマツツジーアカマツ群集】
冷温帯：スズタケーブナ群団	山地下部から中部（海抜 550m～1200m）	(夏緑広葉樹林)【ヨグソミネバリーアカシデ群落】(常緑針葉樹林)【ヤマツツジーアカマツ群集】
	山地中部から上部（海抜 800m～1500m）	(夏緑広葉樹林)【レンゲツツジーシラカンバ群集】(夏緑広葉樹林)【クリーミズナラ群集】
亜寒帯：オオシラビソ群団	山地上部海抜 1500m～	(夏緑広葉樹林)【オオシラビソ群団】

［研究内容］

①植生帯エリアの区分

植生の分布は一般に温度と乾湿度により規定され、日本ではほぼ全域が湿潤多雨な気候帯下にあることから、温度要因の寄与が特に大きい。吉良（1949）はこれに着目して、温量指数を提案した。日本の気候帯、極相としての植生帯と温量指数はよく対応することが知られている。

本研究では、さらにブナ林の分布、積雪量、地理的条件等のフロラ地区的特性を加味して植生帯のエリア区分を行った。区分にあたっての設定境界条件は表－１のとおりである。この結果、日本の植生帯エリアは図－１の如く整理された。

②植生帯エリア区分毎の目標植生と導入植生の設定

植生帯エリア毎に、宮脇（1994）の潜在自然植生図・現存植生図を基礎に目標となりうる植生を抽出した。また、目標植生は一般に自然終局群落であるので、その植生を当初から育成することは難しいと考えられるので、終局群落の遷移系列上の遷移前段階に位置する群落を選定し、導入植生とした。本州中部太平洋側地区の抽出結果を表－２に示す。

③導入種の抽出

次に、導入植生の構成種からのり面に使用可能な樹種を抽出した。抽出の条件としては、①乾性系の立地に生育特性がある種、②種子の扱いが容易な種、③有刺植物、つる植物などのり面の維持管理上好ましくない種を除く、④近縁交雑等により生態系攪乱を招く可能性の高い種を除く。等を挙げた。本州中北部暖温帯カシ林域の抽出結果を表－３に示す。

表－３　導入植生に対応した導入候補樹種

(エリア⑤本州中部太平洋側地区カシ帯の例)

目標植生	導入植生	導入候補樹種	
		高木種	低木種
暖温帯（カシ帯）アカガシーシラカシ群団	夏緑広葉樹林【クサギーアカメガシワ群団】	アカメガシワ、ヤマハゼ、ネムノキ	クサギ、ヌルデ、ヒサカキ
	夏緑広葉樹林【イヌシデーコナラ群団】	コナラ、エゴノキ、イヌシデ、アカシデ、エノキ	ヒサカキ、ヤマコウバシ、ゴンズイ
	常緑針葉樹林【ヤマツツジーアカマツ群集】	アカマツ、リョウブ、コナラ、ヤマハンノキ	ヤマツツジ、ネジキ、ナツハゼ、ヤマウルシ
	林縁性低木－つる植物群落【ボタンヅルーモミジイチゴ群団】		キブシ、コゴメウツギ、ニワトコ、イボタノキ、ウツギ、ボタンヅル、ヒメコウゾ
	先駆性低木林【タニウツギーヤシャブシオーダー】		ウツギ、キブシ

表－４　導入候補樹種の特性整理項目

生育型	果実・種子特性	その他
常落・広針	多肉果、堅果等	導入可能エリア
高木、低木	採取適期、果熟期等	その他特記事項
	種子精選法	
	保存方法	
	保存限界	
	播種適期	
	発芽タイプ	
	発芽率、覆土厚等	
	単位当重量	

目標植生、導入植生の設定及び導入種の抽出作業を小笠原諸島地区を除く７つのエリアで行い、導入可能と考えられる樹種の特性を整理した。整理項目については、表－４に示した。なお、小笠原諸島地区については実際的な応用に供する導入植生、樹種に関する十分な知見が得られなかったことから、検討を留保した。

［研究成果］

本研究では、播種工に有用と考えられる木本種について、表－４の項目に基づきエリア毎に特性等が整理された。のり面工の実施に際しては、当該エリアの標準的な目標植生及び導入植生を確認の上、導入樹種として高木、低木種それぞれ２～３種づつを選定することになる。この方法により、植物分布上妥当性をもった樹種選択が可能となった。

［成果の発表］

本課題については、各種工法の特徴と分類、種子の発芽特性の試験結果等を含め、本報で概説した目標植生や導入すべき樹種の選定方法等の成果を「のり面樹林化指針(案)」等にとりまとめる予定である。

［成果の活用］

本研究の成果としては、のり面の目標植生という概念が、広く浸透する事が期待される。従来は、調達の容易性や生育の早さ等に主眼がおかれがちであったが、適切な樹種を導入することにより、地域に適合した自然復元を図ることが可能になると期待される。

危機管理技術研究センター地震防災研究室

Research Center for Disaster Risk Management　Earthquake Disaster Prevention Division

地震ハザードマップの作成手法の開発に関する調査

Study on Probabilistic Seismic Hazard Analyses Based on Historical Earthquake Records, Active Faults and Inter-plate Earthquakes

（研究期間　平成 10～14 年度）

研究官　　中尾　吉宏
Researcher　Yoshihiro Nakao

Probabilistic seismic hazard maps are applied to incorporate regional seismicity into seismic design for various civil infrastructures. In the present study a procedure for probabilistic seismic hazard analyses based on historical earthquake records, active faults and inter-plate earthquakes is developed.

[研究目的及び経緯]

我が国では、過去千数百年程度の地震記録が整理されており、それらの記録に基づいて作成された地震ハザードマップが、耐震設計基準における地域性を考慮した設計地震動の設定に活用されている。しかし、活断層に起因する地震の発生間隔が数百年から数千年以上であることを考慮すれば、十分に長い期間の地震記録が地震ハザードマップの作成に用いられてきたとは言えない。また、過去の地震記録を考慮した地震危険度解析では、様々なマグニチュードの地震がランダムな位置及び時間に発生することが想定されるが、活断層やプレート境界では、固有のマグニチュードの地震が固有の場所及び発生間隔で発生するとされている。

本研究は、このような過去の地震の記録期間に関する実状や、活断層及びプレート境界における地震の発生特性を踏まえ、過去の地震記録とともに、近年、蓄積されつつある活断層及びプレート境界地震の情報を考慮した合理的なハザードマップ作成手法を開発することを目的としている。

13 年度は、過去の地震記録とともに、活断層やプレート境界で発生する地震の発生履歴及びマグニチュードを考慮できる地震危険度解析手法を開発し、全国を対象とした地震ハザードマップの試算を行った。

[研究内容]

本研究では、活断層において、固有の発生間隔及び固有のマグニチュードで繰り返し発生する地震については、活断層を考慮した地震危険度解析で危険度評価を行い、プレート境界の特定の位置において、固有の発生間隔及び固有のマグニチュードで繰り返し発生する地震については、プレート境界地震を考慮した地震危険度解析で危険度評価を行う。また、地震の発生位置、マグニチュード、発生間隔を特定できない地震については、過去の地震記録を考慮した地震危険度解析において危険度評価を行う。地震危険度の評価では、はじめに、過去の地震記録、活断層及びプレート境界地震のそれぞれを考慮した解析を行う。次に、過去の地震記録を用いた解析において考慮するランダムな位置で発生する地震と、活断層及びプレート境界で発生する地震は、それぞれが独立に発生するものとして、過去の地震記録、活断層及びプレート境界地震を考慮した解析結果を組み合わせることにより、それらを同時に考慮した地震ハザードマップの試算を行う。

1．過去の地震記録を考慮した地震危険度解析

我が国周辺の地震地体構造等に基づき、地震の発生状況が一様とみなすことが可能な地域ごとにバックグラウンドゾーンを設定し、過去の地震記録を用いてバックグラウンドゾーン内の年平均地震発生確率やマグニチュードの分布特性を評価した。地震動強度の推定には、地震の規模、距離等から最大加速度を推定する距離減衰式を用い、平均値回りのばらつき（$\pm 2\sigma$、σは標準偏差）を考慮した。

2．活断層を考慮した地震危険度解析

地震危険度解析では、長さ 10km 以上の活断層を考慮することとした。活断層の平均活動間隔やマグニチュードは、活断層に関する最近の調査結果を参考に設定したが、調査結果のない活断層については、活断層の

長さ等のパラメータを用いて平均活動間隔やマグニチュードを推定した。活断層の地震発生確率の算定では、最新活動時期が特定されている場合は活動間隔が Brownian Passage Time 分布に従うものとし、最新活動時期が未特定の場合は地震の発生がポアソン過程に従うものとした。また、地震動強度は１．と同じ距離減衰式により推定し、平均値回りに±２σのばらつきを考慮した。距離減衰式の距離の指標としては、活断層と試算地点の最短距離を用いた。

３．プレート境界地震を考慮した地震危険度解析

プレート境界地震としては、図-1 に示す地震を考慮した。詳細は、**[成果の発表]** に示した①の検討会資料に譲るが、プレート境界地震の平均発生間隔、最新発生時期及びマグニチュードは、過去の地震を参考に仮定した。地震の発生確率は、仮定した地震の発生間隔及び最新発生時期を用いて、地震の発生間隔が Brownian Passage Time 分布に従うものとして評価した。また、プレート境界地震の断層の幾何的な条件は、過去の地震を参考に、図-1 のように仮定した。関東地震及び十勝沖南地震の断層の幾何的な条件及びマグニチュードについては、過去の地震の発生パターンを想定し、いずれのパターンが発生するかという確率は均等として地震危険度の評価を行った。地震動強度は１．と同じ距離減衰式により推定し、平均値回りに±２σのばらつきを考慮した。距離減衰式の距離の指標には断層面と試算地点の最短距離を用い、プレート境界地震の断層面が複数ある場合には、複数の断層面と試算地点の最短距離の中で最も小さい最短距離を距離の指標として用いることとした。

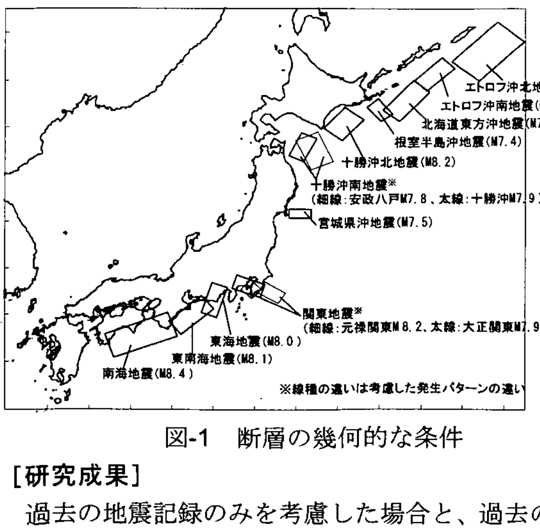
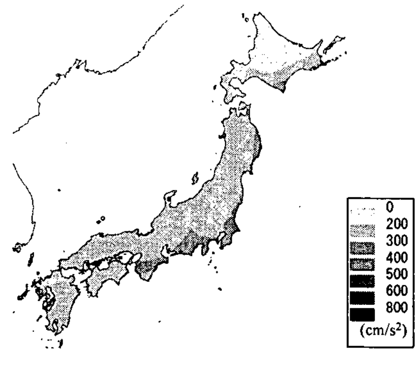


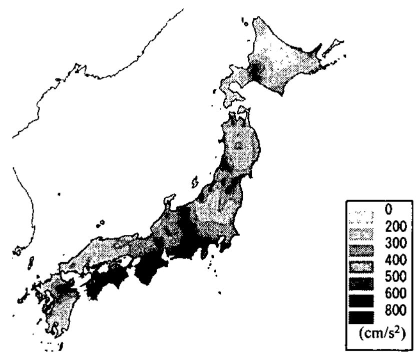
図-1　断層の幾何的な条件

[研究成果]

過去の地震記録のみを考慮した場合と、過去の地震記録、活断層及びプレート境界地震を同時に考慮した場合について、2002 年 1 月 1 日より 100 年間の超過確率が 5%となる最大加速度の試算結果を、それぞれ、図-2(a)及び(b)に示す。これらの図の比較から、活断層を別途考慮した地震危険度解析を行うことにより、糸魚川―静岡構造線活断層系等の地震の発生確率が比較的高い活断層が支配的な影響を及ぼす結果が得られている。また、活断層の分布密度が高い中部地方や近畿地方においては、地震発生確率が高い活断層を中心に比較的広い範囲で活断層の影響が認められる。さらに、プレート境界地震を考慮した地震危険度解析を行うことにより、北海道東部、四国地方、紀伊半島南部及び中部地方南部において、プレート境界地震の支配的な影響が認められるようになっている。上記以外の地域では、過去の地震記録を考慮した解析結果が支配的となっている。



(a)過去の地震記録のみ考慮



(b)過去の地震記録、活断層及びプレート境界地震を考慮

図-2　最大加速度の地震ハザードマップの試算結果

[成果の発表]

①レベル２地震動の設定手法に関する技術検討会（第６回、７回）②Tamura and Nakao: Seismic Hazard Map Based on Active Faults and Past Earthquakes, Thirty-third Joint Meeting U.S.-Japan Panel on Wind and Seismic Effects, UJNR, 2001

[成果の活用]

本研究により開発される地震ハザードマップ作成手法は、耐震設計や防災計画における地域性の考慮に活用されることが期待される。

危機管理技術研究センター地震防災研究室

Research Center for Disaster Risk Management　Earthquake Disaster Prevention Division

マルチヒンジ構造物の設計地震動の設定手法に関する試験調査

Study on Seismic Design Ground Motions for Highway Bridges with Multi Plastic Hinges

（研究期間　平成 13～17 年度）

研究官/ Researcher　中尾　吉宏/ Yoshihiro Nakao
研究員/ Research Engineer 松本　俊輔/ Shunsuke Matsumoto

It is rational to allow predetermined allowable ductility for highway bridges against extremely strong ground motions. The present study explores the effects of ground motion characteristics on nonlinear behavior of highway bridges with multi plastic hinges in order to develop a procedure for setting up seismic design ground motions for ductile structures.

［研究目的及び経緯］

兵庫県南部地震において生じたような非常に強い地震動に対しても、道路橋等の構造物の安全性を確保するためには、構造物の塑性化を考慮した耐震設計を行う必要がある。本研究は、免震支承を採用した橋など、複数箇所に塑性化が生じる可能性のあるマルチヒンジ構造物の非線形応答に影響を及ぼす地震動特性を明らかにし、そのような地震動特性を考慮した設計地震動の設定手法を開発することにより、マルチヒンジ構造物の耐震設計の合理化に資することを目的とするものである。13 年度は、プレート境界型地震及び内陸直下型地震による地震動の工学的特性を考慮して作成した種々の模擬地震動を用いて免震支承を採用した橋を対象とする非線形動的解析を行い、地震動の工学的特性がマルチヒンジ構造物の塑性化に及ぼす影響について検討した。

［研究内容］

本研究では、はじめに、地震動の振幅特性及び位相特性を種々変更し、プレート境界型地震及び内陸直下型地震による地震動の工学的特性を反映した模擬地震動を作成した。次に、橋脚のみが塑性化する橋と、免震支承を採用することにより支承と橋脚の双方が塑性化することを許容した免震橋とを対象に、作成した模擬地震動を入力地震動とする非線形動的解析を行った。非線形動的解析の結果に基づき、プレート境界型地震及び内陸直下型地震の地震動特性が、免震支承の採用による地震力の低減効果に及ぼす影響について検討した。免震支承を採用することによる地震力の低減効果は、橋脚のみが塑性化する橋と免震橋の橋脚が同一の応答塑性率で非線形応答する場合について、２つの橋の橋脚の所要降伏水平震度を比較することにより評価することとした。

１．模擬地震動の作成

プレート境界型地震及び内陸直下型地震により得られた既往の強震記録の位相特性の統計的な性質に基づき､位相特性を変化させた地震動を種々作成した上で、振幅特性を振動数領域で調整し、道路橋示方書に規定されるタイプⅠ及びタイプⅡの地震動の標準加速度応答スペクトルに適合した模擬地震動を作成した。模擬地震動は、プレート境界型地震及び内陸直下型地震のそれぞれについて､地盤種別ごとに９波形を作成した。

２．非線形動的解析

免震橋は、支承及び橋脚を、それぞれ、上バネ及び下バネとする２質点系弾塑性型せん断バネモデルによってモデル化した。橋脚のみが塑性化する橋については、橋脚をせん断バネとする１質点系弾塑性型せん断バネモデルによってモデル化した。非線形動的解析では、２質点系及び１質点系の双方について、橋脚の降伏耐力を変更した解析を繰り返し行うことにより、橋脚の応答塑性率 μ が $\mu=2$ 又は４となる場合の橋脚の所要降伏水平震度を算定した。免震支承を採用することによる地震力の低減効果は、初期固有周期が等しい１質点系と２質点系の橋脚の所要降伏水平震度を比較することにより評価した。２質点系の初期固有周期は、上バネの下バネに対する剛性比を 0.2 又は 0.4 に固定したそれぞれのケースについて、上バネと下バネの剛性の組み合わせを変更することにより、１次モードの初期固有周期が１質点系の初期固有周期と同一となる

ように調整して設定した。橋脚の非線形履歴モデルとしては、１質点系及び２質点系の双方について、修正武田モデルを仮定し、免震支承についてはバイリニアモデルを仮定した。また、２質点系の減衰には、初期剛性比例型のレーリー減衰を用いることとし、２質点系の１次モードの減衰定数と１質点系の減衰定数は共に５％とした。

［研究成果］

プレート境界型地震及び内陸直下型地震の地震動特性を考慮して種々作成した模擬地震動を入力地震動とする非線形動的解析の結果として、入力地震動としてはＩ種地盤の模擬地震動 9 波形を用い、２質点系としては上バネと下バネの剛性比が 0.2 となる系を用いた場合の例を図-1 に示す。同図は、２質点系と１質点系の橋脚が同一の応答塑性率 $\mu=2$ 又は 4 で非線形応答する場合における、橋脚の所要降伏水平震度の比 r(=１質点系の所要降伏水平震度/２質点系の所要降伏水平震度)を、模擬地震動９波形を用いて算定した結果の平均値を示している。ここで、２質点系の橋脚の応答塑性率 μ_{2p} と、式（1）により算定される２質点系の全体系としての応答塑性率 μ_{2s} との関係を表-1 に示す。

$$\mu_{2s}=\delta_u^{max}/\delta_u^{Py}=\delta_u^{max}/(\delta_p^{Py}+\delta_b^{Py}) \qquad (1)$$

ここに、μ_{2s}：２質点系の全体系の応答塑性率、δ_u^{max}：２質点系の上部質点の最大応答変位、δ_u^{Py}：下バネが降伏したときに桁に生じる変位、δ_p^{Py}：下バネの降伏変位、δ_b^{Py}：下バネの降伏耐力に相当する力が上部質点に作用したときに上部質点に生じる変位

μ_{2p} 及び μ_{2s} は作成した模擬地震動ごとに算定することができるが、同表には、上バネと下バネの剛性比が 0.2 となる２質点系を対象に、μ_{2p} 及び μ_{2s} をＩ種地盤の模擬地震動９波形を用いて算定した結果の平均値を表している。表-1 から、μ_{2s} は μ_{2p} に比べて小さいため、１質点系と所要降伏水平震度の比較を行った２質点系は、全体系としては、１質点系よりも小さい応答塑性率を持つことが認められる。応答塑性率が小さくなると、一般に、履歴エネルギ吸収も小さくなり、所要降伏水平震度が大きくなるため、図-1 では、２質点系の所要降伏水平震度が１質点系に比べて大きくなっている固有周期帯も認められる。図-1 から、固有周期１秒程度を中心とする固有周期帯の橋に免震支承を採用することによる地震力の低減効果は、プレート境界型地震に比べ、内陸直下型地震による地震動に対してより大きくなることが認められる。また、図-2 に示したように、固有周期１秒程度よりも長い周期帯の免震橋については、内陸直下型地震及びプレート境界型地震の双方に対して、免震支承の履歴エネルギ吸収の分担率が減少しており、そのような傾向はプレート境界型地震に比べて内陸直下型地震で強い。このため、図-1 では、免震支承の採用による地震力の低減効果は、固有周期 1 秒程度以上の周期帯で内陸直下型地震及びプレート境界型地震の双方に対して小さくなること、更に、そのような傾向は内陸直下型地震に対してより強いことが認められた。

［成果の発表］

①中尾、村越、田村、吉田：構造物の塑性化を考慮した設計地震動の設定、第 1 回日本地震工学研究発表会・討論会、2001 年 11 月、②吉田、田村、中尾：地震動特性を考慮した非線形応答の推定とその応用、第 5 回地震時保有耐力法に基づく橋梁の耐震設計に関するシンポジウム、2002 年 1 月、③中尾、田村、吉田：構造物の塑性化を考慮した設計地震動、土木技術資料、2001 年 12 月

［成果の活用］

本研究により開発されるマルチヒンジ構造物の設計地震動の設定手法は、道路橋示方書における設計地震動の設定に反映されることが期待される。

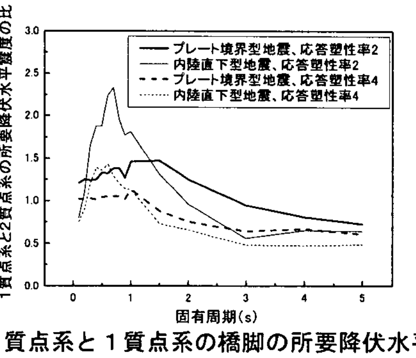


図-1　２質点系と１質点系の橋脚の所要降伏水平震度（Ｉ種地盤における地震動入力の例）

表-1　２質点系の橋脚と全体系の応答塑性率

橋脚の応答塑性率 μ_{2p}	全体系の応答塑性率 μ_{2s}
2	0.93
4	1.22

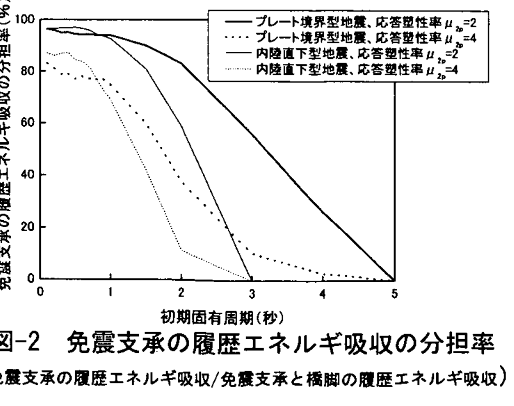


図-2　免震支承の履歴エネルギ吸収の分担率

（免震支承の履歴エネルギ吸収/免震支承と橋脚の履歴エネルギ吸収）

道路研究部橋梁研究室
Road Department　Bridge Division

地震力を受ける鋼製部材の耐震性に関する調査
Study on seismic performance of steel bridge menbers

（研究期間　平成 10 ～ 13 年度）

室長　中谷昌一　主任研究官　玉越隆史　研究官　川端淳
Head Shoichi Nakatani　Senior Researcher　Takashi Tamakoshi　Researcher Sunao Kawabata
研究官　中洲啓太　研究員　石尾真理
Researcher Keita Nakasu　Research Engineer Mari Ishio

The purpose of this study is to propose a new seismic design method of steel bridge menbers using nonlinear dynamic analysis. In this study, practical moment-curveture relationships were established based on cyclic loading test of steel piers.

［研究目的及び経緯］

平成７年１月に発生した兵庫県南部地震における道路橋の倒壊などの被害を受け、平成８年11月に道路橋示方書・同解説（以下、道示という）が改訂され、鋼製橋脚についても鋼材の降伏以降の変形性能を考慮した設計法が導入された。そして、コンクリートを充填しない鋼製橋脚については、非線形動的解析による耐震性の照査が行われることになった。しかしながら、道示に示された動的解析に用いる非線形履歴モデルは、単柱形式の鋼製橋脚以外の構造には適用しづらいという問題を有していた。

一方、最近のコンピュータの発達はめざましく、橋梁全体系での非線形動的解析が広く行われるようになっている。また、橋全体の耐震性を考慮することは、橋をより合理的に設計する上で有効である。

こうした背景を踏まえ、本研究では、橋梁全体系での非線形動的解析による鋼製部材の耐震性照査手法に関する検討および提案を行った。

［研究内容および成果］

１．許容変位の設定について

鋼製部材の許容変位は、同等の構造諸元を有する供試体を用いた繰返し載荷実験で、「最大水平力となるときの変位を目安に設定する」こととした。これは、水平力が最大となる変位以内であれば、補剛板の局部座屈の影響が少なく、安定した履歴特性が得られること、また、弾塑性挙動を考慮した詳細な解析により、実現象を精度よく再現できることが理由である。

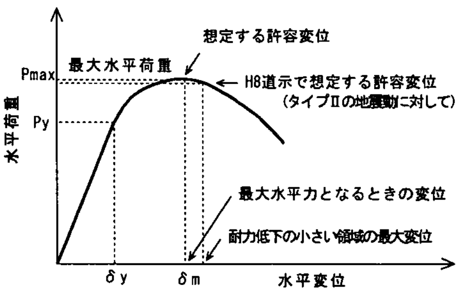


図-1　許容変位の考え方

２．非線形履歴特性のモデル化手法に関する検討

非線形動的解析に用いる非線形履歴モデルとして、平成８年の道示では、Ｐ－δ（荷重－変位）関係に基づくモデルが示されていたが、ここでは、より複雑な構造特性を反映できるＭ－φ（モーメント－曲率）およびσ－ε（応力－ひずみ）関係に基づくモデルについて検討した。

また、ここでは、モデルの汎用性や解の安定性を

考慮し、M－ϕ関係に基づく非線形履歴モデルについて、実験結果に基づいた設定例を示すことにした。

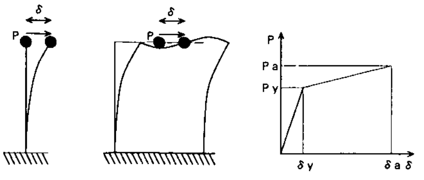


図-2　P－δ関係

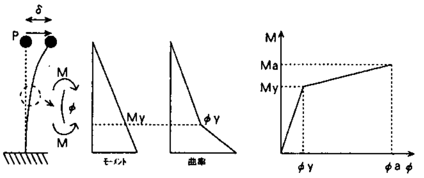


図-3　M－ϕ関係

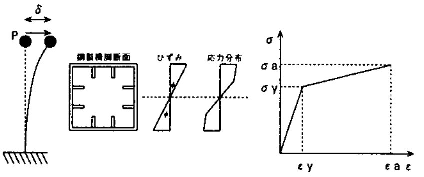


図-4　σ－ε関係

3．実験結果に基づく非線形履歴モデルの設定

実務設計においては、非線形履歴モデルが鋼製部材の構造諸元より求められると便利である。ここでは、土木研究所等で行われた繰返し載荷実験結果を基にして、非線形履歴モデルの設定を行った。図-4にM－ϕ関係に基づく復元力モデルの設定手順の概略を、図-5に非線形履歴モデルの設定例を示す。また、非線形履歴モデルを設定する上で必要となる許容ひずみε_aと鋼製橋脚の構造諸元との関係は以下の通りである。

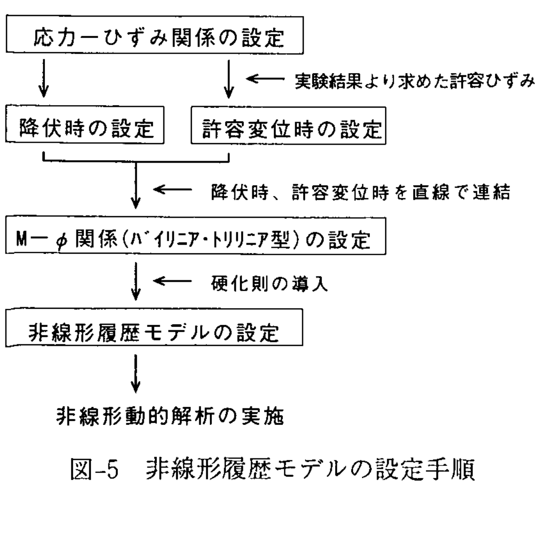


図-5　非線形履歴モデルの設定手順

・コンクリートを充填した鋼製部材の場合

　矩形断面：　$\varepsilon_a/\varepsilon_y=20-25R_F$

　円形断面：　$\varepsilon_a/\varepsilon_y=20-140R_t$

・コンクリートを充填しない鋼製部材の場合

　矩形断面：　$\varepsilon_a/\varepsilon_y=7$

　円形断面：　$\varepsilon_a/\varepsilon_y=5$

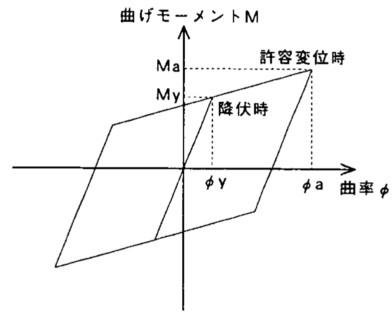


図-5　非線形履歴モデル（コンクリートを充填した場合）

4．より複雑な構造への適用

鋼製ラーメン橋脚および鋼アーチ橋を対象として、提案した照査手法を適用した耐震性照査例を作成した。

［成果の発表］

・中洲、西川、小野、野中：実験結果に基づく矩形断面鋼製橋脚のファイバーモデルを用いた復元力モデル設定手法に関する一検討、土木学会第55回年次学術講演概要集2000.9

・西川、村越、小野、高橋：実験結果に基づく鋼製橋脚の非線形動的解析モデル設定法、土木技術資料、1999.10

・中谷、中洲、西川、村越、小野、高橋：鋼製橋脚の新しい耐震設計法、土木技術資料、2002.2

・中洲、西川、小野、続石：実験結果に基づくコンクリートを充填した矩形断面鋼製橋脚のM－ϕ関係に関する一検討、土木学会第56回年次学術講演概要集2001.10

・深谷、小野、沈、村越、西川：矩形断面鋼製橋脚の正負交番載荷実験を基にした曲げ－曲率関係の検討

［成果の活用］

成果の一部は、平成13年12月の道路橋示方書・同解説　耐震設計編に反映された。これにより、非線形動的解析を用いた耐震性照査を設計実務で広く実施することが可能となる。

危機管理技術研究センター地震防災研究室

Research Center for Disaster Risk Management　Earthquake Disaster Prevention Division

大規模地震を考慮した地中構造物の耐震設計法に関する試験調査

Study on Seismic Design Method for Underground Structures Against Large-scale Earthquakes

（研究期間　平成 10～13 年度）

研究官／Researcher　中尾　吉宏／Yoshihiro Nakao

研究員／Research Associate 松本　俊輔／Shunsuke Matsumoto

There are many unresolved points in ground motion amplification within soil deposits exposed to extremely strong ground motions. In the present study, based on ground motion amplification in the 1995 Kobe Earthquake, seismic design ground motions for underground structures are proposed.

［研究目的及び経緯］

地中地震動の分布特性は、従来、観測記録が限定されていたこともあり、十分に明らかにされておらず、特に、兵庫県南部地震で生じたような非常に強い地震動が生じた場合の地震動の分布特性については未解明の部分が多い。また、立地条件の制約、施工技術の進歩等により、従来に比べ深い位置に地中構造物が設置されるようになってきており、工学的基盤以深の地震動特性についても把握することが必要となってきている。本研究では、地中構造物の耐震設計の高度化・合理化を図るために、非常に強い地震動が生じた場合の地中地震動の分布特性及び工学的基盤以深の地震動特性について検討することを目的とする。１３年度は、平成７年兵庫県南部地震により生じた地中地震動の特性を考慮して、工学的な基盤面における設計用の速度応答スペクトルを暫定提案するとともに、その速度応答スペクトルに合致した設計用の動的解析用波形を作成した。

［研究内容］

１．工学的な基盤面における暫定的な設計用の速度応答スペクトルの算定

平成７年兵庫県南部地震により観測された加速度強震記録に基づいて工学的な基盤面における地震動の速度応答スペクトルを算出し、それらに基づいて設計用の速度応答スペクトルを暫定的に提案した。工学的な基盤としては、せん断波速度 Vs=300 (m/s) 程度以上の地層を用いた。対象とした強震記録は、神戸海洋気象台、猪名川、JR 鷹取駅、葺合の計４地点で観測された地表面記録及び東神戸大橋の地中記録である。地表面で得られた４記録については、一次元重複反射理論による地震応答解析によりそれぞれの地点における工学的な基盤面まで地震動を引き戻した。その際には、地盤のせん断ひずみレベルが地震応答解析手法の適用範囲内であることを確認した。東神戸大橋における地中記録は、GL-33m の Vs=280 (m/s) の土層中で得られたものであるため、工学的な基盤における記録と見なすこととした。工学的な基盤面まで引き戻した地震動及び工学的基盤において観測された強震記録の速度応答スペクトルはばらつきを有するため、工学的に速度応答スペクトル値が一定と見なすことが可能な 0.8～5 (sec) の固有周期帯における速度応答スペクトル値について確率分布への当てはめを行った。確率分布としては速度応答スペクトル値の分布がよく当てはまる対数正規分布を用いることとし、暫定的に非超過確率が 70%となる速度応答スペクトル値を 0.8～5 (sec) の固有周期帯における設計用の速度応答スペクトル値として算定した。

２．動的解析用波形の作成

JR 鷹取記録の NS 成分及び EW 成分を工学的な基盤面まで引き戻して算出した地震動及び東神戸大橋における地中記録 N78E 成分が設計用の速度応答スペクトルに近い特性を有するように、振動数領域で振幅調整した。ここで、設計用の速度応答スペクトルに近い特性を有するようにしたのは、0.05～10 (sec) の固有周期帯である。

［研究成果］

工学的な基盤面における設計用の速度応答スペクトルは、工学的な基盤以浅の表層地盤を固有周期 T 及び

減衰定数ｈの１質点系にモデル化し、地震時に当該１質点系に生じる最大速度応答として設定されるものである。兵庫県南部地震で地盤に生じたせん断ひずみの深さ方向分布は、地震応答解析により図-1のように得られており、同図のせん断ひずみレベルに対する地盤の減衰定数は 15%程度であるため、設計用の速度応答スペクトルの減衰定数ｈはh=15%とすることととした。図-2 に、兵庫県南部地震による強震記録に基づいて算出した工学的な基盤面における減衰定数 h=15%の速度応答スペクトルと、それらに基づいて暫定的に設定した設計用の速度応答スペクトルを示す。

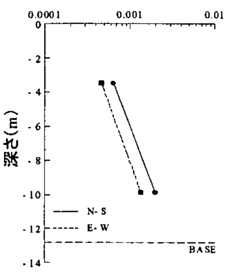
また、JR 鷹取記録の NS 成分及び EW 成分を工学的な基盤面まで引き戻して算出した地震動及び東神戸大橋における地中記録 N78E 成分を、図-2 に示した暫定的な設計用の速度応答スペクトルに近い特性を有するよう振動数領域で振幅調整した動的解析用波形を図-3に示す。ここで作成した動的解析用波形は、工学的な基盤における上昇波と下降波の和に相当するものである。

［成果の発表］

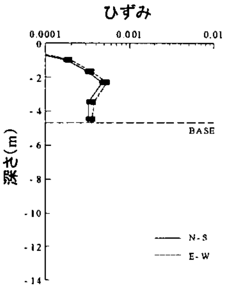
工学的基盤面における設計地震動の暫定提案、東京外環自動車道（掘割構造）耐震設計基準検討委員会

［成果の活用］

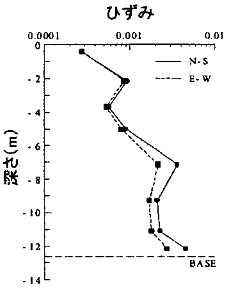
本研究により暫定提案された速度応答スペクトル及び動的解析用波形は、共同溝設計指針等の地中構造物の耐震設計基準に反映されることが期待される。



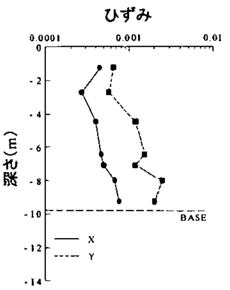
（ａ）神戸海洋気象台



（ｂ）猪名川



（ｃ）JR 鷹取駅



（ｄ）葺合

図-1　地盤のひずみ分布

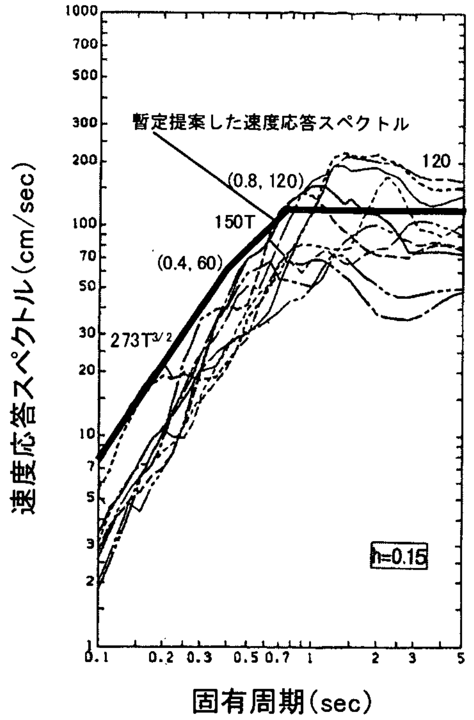
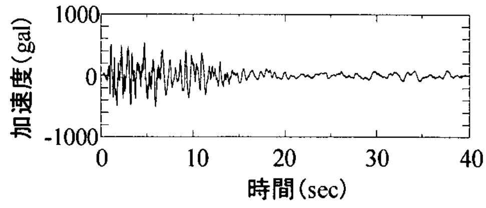
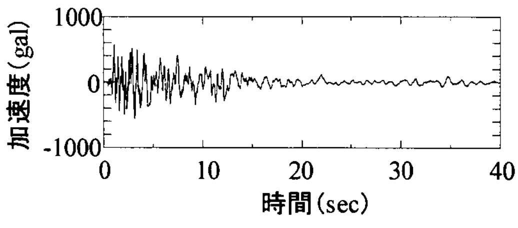


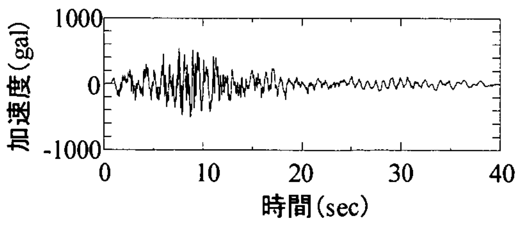
図-2　設定した速度応答スペクトル



（ａ）JR 鷹取記録 NS 成分



（ｂ）JR 鷹取記録 EW 成分



（ｃ）東神戸大橋地中記録 N78E 成分

図-3　動的解析用波形

危機管理技術研究センター地震防災研究室
Earthquake Disaster Prevention Division, Research Center for Disaster Risk Management

道路網の合理的な地震時リスク評価技術の開発
Development of A Risk Assessment Tool for Road Network at an Earthquake

（研究期間　平成 12～14 年度）

主任研究官　真田　晃宏
Senior Researcher　Akihiro SANADA

It is effective to estimate the damage situation on infrastructure for executing pre-earthquake countermeasure and the suitable and rapid management after an earthquake. This is the reason why it is necessary to develop the relationship among seismic ground motion, damage level and probability of its occurrence. Therefore, It is executed to develop fragility curves for each seismic design code version.

［研究目的及び経緯］

震前の防災計画の立案や、地震直後における適切かつ迅速な対応を図る上で、想定又は実地震動に対する構造物・施設等の被害状況の推定を行うことは施設管理者に有用な情報を与えるが、推定に当たっては、地震動に対する構造物の被害程度やその発生の危険性を評価しておくことが必要となる。

被害程度やその発生確率は、地震動の大きさだけでなく、構造物の形式、寸法、設計に適用した基準など様々な要因によって異なる。例えば、道路橋の場合、その耐震基準である道路橋示方書（以下道示と言う）は逐次改訂されており、適用基準により、地震動に対する耐震性能は異なってくる。本研究は、過去の地震において道路通行障害を引き起こす要因となった道路施設、占用施設、沿道施設を対象として、地震動と被害程度及びその発生確率の関係（被害関数）を調査するものである。今回は、動的解析により、RC 橋脚を対象として適用基準別の耐震性の違いを分析した。

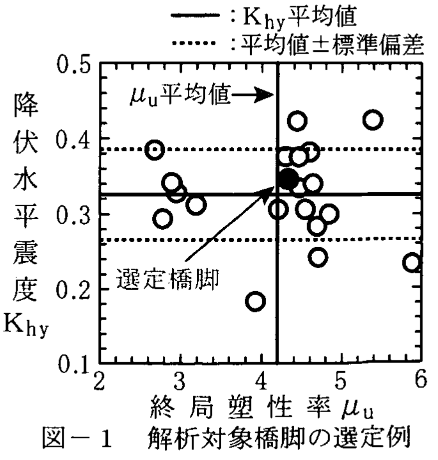
［研究内容］

RC 橋脚を対象として、動的解析により適用基準別に耐震性能の相互比較を行った。

(1)橋脚の選定

まず、適用基準別（５分類：昭和 55 年より前、昭和 55 年、平成２年、平成７年復旧仕様、平成８年）に、RC 橋脚の試設計データ（昭和 55 年以降の道示）、又は実橋脚データ（昭和 55 年より前の道示）を収集し、その耐震性能を比較した。ここで、昭和 55 年より前の基準を適用したデータについては、浦河沖地震、釧路沖地震、北海道東方沖地震及び兵庫県南部地震の際に被災した橋脚データを、また、昭和 55 年以降の基準を適用したデータについては､各基準毎に橋脚高さ、設計水平震度、柱形状等をパラメトリックに変化させて試設計したものを用いた。

これらのデータを、適用基準別、固有周期帯別（４区分:0.3 秒～0.4 秒以降 0.1 秒ピッチで 0.6～0.7 秒まで）の計 20 分類し、それぞれの区分の中で、終局塑性率及び降伏水平震度が平均的な橋脚を動的解析の対象として選定することとした。図−1 に、例として、固有周期 0.6～0.7 秒で昭和 55 年道示に基づく橋脚の降伏水平震度及び終局塑性率と選定した橋脚を示す。



図－１　解析対象橋脚の選定例
(固有周期 0.6～0.7 秒)

(2)動的解析モデル

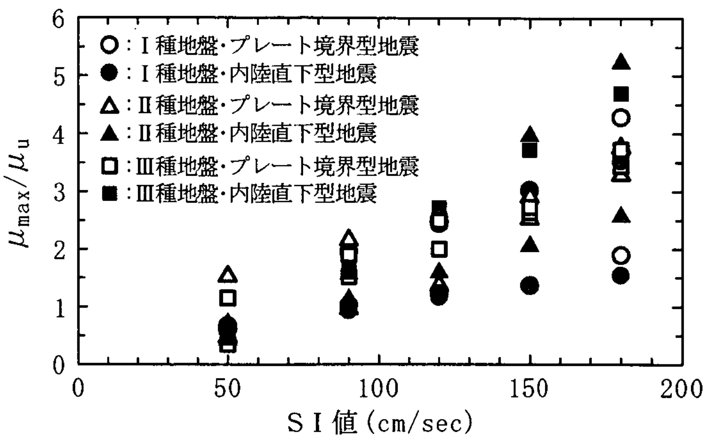
動的解析に当たっては RC 橋脚を１自由度非線形せん断バネ振動系に置き換えた。非線形履歴復元力モデルには、ひび割れの影響を無視し、剛性低下についてはこれを考慮できる武田モデルを用いた。また、減衰定数は 5%を基本とした。

(3)入力地震動

動的解析に用いる入力地震動としては、我が国の地盤上で得られた 197 組 394 成分の水平成分強震記録[2]にその後発生した最大加速度 300gal 以上の地震から得られた強震記録を、地震動タイプ（プレート境界型、内陸直下型）、及び地盤種別により６分類し、各区分において SI 値の大きい波形で、加速度応答スペクトルの特性の異なる波形（各ケースにつき２波形を基本）を選定した。今回の解析に用いた波形を表－1 に示す。これら 11 波の SI 値が 50、90、120、150 及び 180cm/sec となるように振幅調整を行い入力地震動とした。

表－1　解析で使用した観測地震波

地盤種別	タイプ	地震名・観測所名	SI値 (cm/sec)	地表面最大加速度 (gal)
I	プレート境界型	釧路沖地震・釧路気象台	76.21	922
II	プレート境界型	北海道東方沖地震・温根沼大橋	53.52	392
III	プレート境界型	日本海中部地震・津軽大橋	43.69	275
I	プレート境界型	標準加速度波形 I － I －2	61.98	324
II	プレート境界型	標準加速度波形 I － II －2	90.03	382
III	プレート境界型	標準加速度波形 I － III －1	109.21	431
I	内陸直下型	兵庫県南部地震・神戸海洋気象台	112.65	814
I	内陸直下型	鳥取県西部地震・江府	47.81	726
II	内陸直下型	兵庫県南部地震・大阪ガス葺合供給所	148.19	804
II	内陸直下型	芸予地震・大野	38.56	441
III	内陸直下型	兵庫県南部地震・東神戸大橋	75.80	324

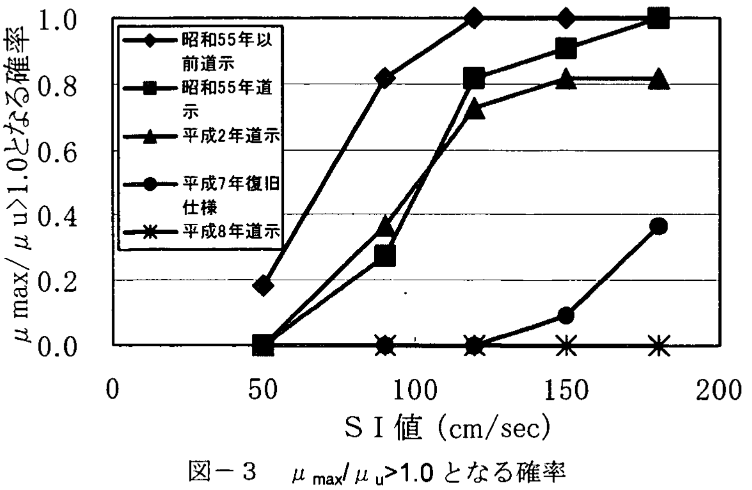


図－２　基準別　SI 値－μ_{max}/μ_u

［研究成果］

以下、固有周期 0.6～0.7 秒の RC 橋脚に対する動的解析結果について述べる。

図－２は、基準別に SI 値と μ_{max}/μ_u（ここで、μ_u：終局塑性率、μ_{max}：最大応答塑性率）の関係を示したものである。SI 値が大きくなるに従い全体的に μ_{max}/μ_u の値が大きくなる傾向にある。図－３は、各 SI 値に対して、$\mu_{max}/\mu_u>1.0$ となる確率を基準別に示したものである。適用基準の年代が古くなるに従い μ_{max}/μ_u が 1.0 を超える確率が高くなる傾向がわかる。また、平成８年道示適用の橋脚については 1.0 を超えるケースは見られなかった。



図－３　$\mu_{max}/\mu_u>1.0$ となる確率

［成果の発表］

土木学会平成 14 年度全国大会第 57 回年次学術講演会（投稿中）

［成果の活用］

今後、本研究成果を適用道路橋示方書別等の被害関数の検討に活用する予定であり、さらに、被害関数については、被害想定やリスクマネジメント計画策定に用いられる予定である。

【参考文献】

1)日本道路協会：道路橋示方書・同解説　V耐震設計編,2002.3

2)川島,相沢,高橋：最大地震動及び地震応答スペクトルの距離減衰式,土木研究所報告第 166 号,1985

道路研究部橋梁研究室
Road department　Bridge division

車両の大型化が橋梁に及ぼす影響に関する調査

Study on dynamic interacton between heavy vehicles and bridge

（研究期間　平成12～14年度）

室長　中谷昌一　主任研究官　玉越隆史　研究官　川端淳
Head Shoichi Nakatani　Senior Researcher　Takashi Tamakoshi　Researcher Sunao Kawabata
研究官　中洲啓太　研究員　石尾真理
Researcher Keita Nakasu　Research Engineer Mari Ishio

The purpose of this study is to investigate dynamic effect on bridges coursed by large-sized trailers. Experimental study was carried out for several types of trailers changing suspension type. Experimental result reveal that air suspension reduce dynamic effect on bridge relative to conventional types of suspension.

［研究目的および経緯］

国際物流ネットワークにおいて、ＩＳＯトレーラなどの国際標準化が進められつつあり、我が国においても車両の大型化に対する要請が強まっている。一方、安易な車両の大型化は橋梁の耐久性に重大な影響を及ぼすことが懸念される。本研究では、道路橋資産の活用と保全の両立を果たすために、車両の大型化が橋梁に及ぼす影響について、車両と橋梁の両面から検討を行っている。

13年度は、サスペンション特性の異なるＩＳＯ規格コンテナ輸送用トレーラを対象として実車走行試験等を行い、サスペンション特性の違いが橋梁に及ぼす影響について調査した。

［研究内容および成果］

１．試験車両

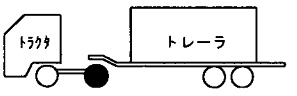
試験車両は、表-1に示す駆動軸（トラクタ後軸）のサスペンション形式および軸重等をパラメータとした５種類のＩＳＯ規格コンテナ輸送用トレーラとした。図-1に試験車両の概略を示す。

２．試験方法

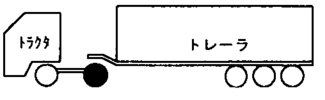
車両が橋梁各部に及ぼす動的影響については、国土技術政策総合研究所構内の試験橋梁（図-2に示す鋼単純鈑桁・支間30m）において実車走行試験を行

表-1　試験車両の種類

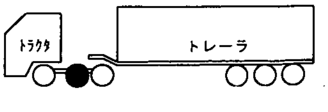
車両	トラクタ			トレーラ		積載
番号	軸数	ｻｽﾍﾟﾝｼｮﾝ	軸重	軸数	ｻｽﾍﾟﾝｼｮﾝ	条件
1	2	ﾘｰﾌｻｽ	10t	2	ﾘｰﾌｻｽ	24t
2	2	ﾘｰﾌｻｽ	11.5t	3	ﾘｰﾌｻｽ	30.48t ﾌﾙ
3	2	ｴｱｻｽ	11.5t	3	ﾘｰﾌｻｽ	30.48t ﾌﾙ
4	2	ﾘｰﾌｻｽ	10t	3	ﾘｰﾌｻｽ	約 30t
5	3	ﾘｰﾌｻｽ	10t 以下	3	ﾘｰﾌｻｽ	30.48t ﾌﾙ



(a) 車両１



(b) 車両２～４



(c) 車両５

図-1　試験車両（●駆動軸）

い、主げたおよび床版に及ぼす影響をひずみゲージ等を用いて計測した。表-2に測定の項目および位置を示す。

なお、床版については、影響線形状が鋭く、計測位置直近を車輪が通過するときにだけ大きく応答する（図-4参照）ため、車両としての振動の影響が顕著に表れる主げたと同様の評価は困難である。そのため、床版に対する影響は、車両走行中に車輪が路面に及ぼす動的な荷重を測定することにより評価した（図-3参照）。

表-2　試験橋梁の測定項目および位置

測定項目	計器	取付位置	方向
主げた下ﾌﾗﾝｼﾞのたわみ	変位計	支間中央	鉛直
主げた下ﾌﾗﾝｼﾞのひずみ	ひずみｹﾞｰｼﾞ	支間中央	橋軸
床版下面のひずみ	ひずみｹﾞｰｼﾞ	入口･支間中央	橋軸直角･橋軸

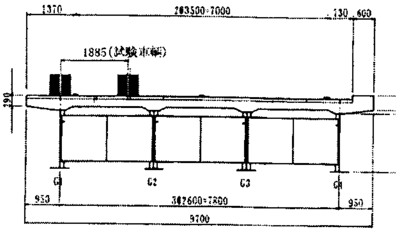


図-2　試験橋梁の断面図

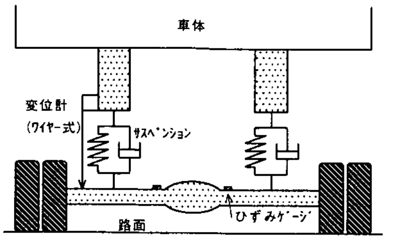


図-3　車両側における計測方法

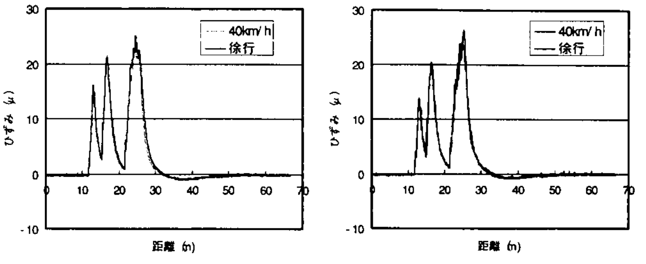
3．試験結果

（1）主げたに及ぼす動的影響

図-5に試験橋梁を車両が通過する時の主げたのたわみを示す。主げたの応答には、車両としての振動に伴う動的変動の影響が顕著に表れている。

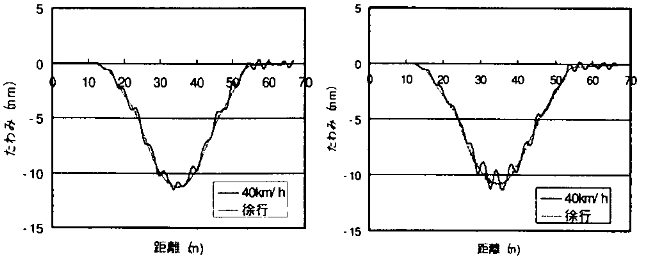
（2）床版に及ぼす動的影響

図-6に、試験橋梁を通過するときの動的軸重を示す。これより、エアサス軸はリーフサス軸に対し、動的軸重の変動振幅が小さくなる傾向がみられ、床版に対する動的影響を低減できると考えられる。特に、伸縮装置付近を通過するときの低減効果は顕著である。



(a)ﾘｰﾌｻｽ（車両 2）　(b)ｴｱｻｽ（車両 3）

図-4　床版下面のひずみ応答（橋軸直角方向）



(a)ﾘｰﾌｻｽ（車両 2）　(b)ｴｱｻｽ（車両 3）

図-5　主げたのたわみ（支間中央）

［成果の発表］

・中谷、玉越、中洲、石尾：大型トレーラが橋梁に及ぼす動的影響に関する調査、第57回土木学会年次学術講演会概要集、2002.9

［成果の活用］

ここでは、サスペンション形式の異なるＩＳＯ規格コンテナ輸送用トレーラが橋梁に及ぼす動的影響を調査し、エアサス搭載車の中には、リースサス搭載車に対し、橋梁に及ぼす動的影響を低減するものがあることを確認した。今後は、軸重の増加が橋梁に及ぼす動的影響について、多様な条件下（一般道路、模擬段差）で収集した動的軸重のデータを分析し、大型化可能な車両側の条件を明らかにする。

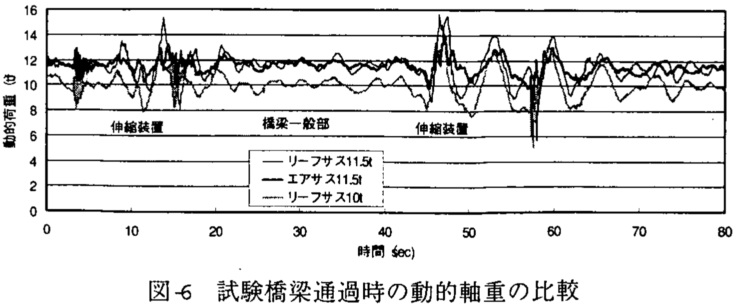


図-6　試験橋梁通過時の動的軸重の比較

物流交通の効率化・円滑化に関する調査

Study on Increasing the Efficiency of Freight Transport

（研究期間　平成 10～14 年度）

道路研究部道路研究室　研究官　小林　賢太郎
Road Department Traffic Engineering Division　Researcher　Kentaro Kobayashi
主任研究官　河野　辰男
Senior Researcher　Tatsuo Kouno
室長　瀬尾　卓也
Head　Takuya Seo

Focusing on the main logistics platforms in metropolitan area such as The Port of Tokyo, The Tsukiji Market: Tokyo Metropolitan Central Wholesale Market, and so on. Traffic Engineering Div. analyzed the present state of freight traffic departing and arriving there. As the result, it was confirmed that utilizing wide area logistics terminals and optimizing their locations make fright traffic flow efficient.

［研究目的及び経緯］

我が国の物流は、輸送の小口化や多頻度化、ジャストインタイム等の高度・多様な輸送サービスの進展に伴い、貨物自動車による輸送への依存度が極めて高くなっている。貨物自動車による輸送は、交通渋滞の激化・環境の悪化・交通事故の多発等の交通問題を発生させるとともに、エネルギー問題や運転手の高齢化・労働環境の悪化等の労働問題も深刻化させている。これらの問題や課題を解決するため、各種交通機関との効率的・円滑な連携によるマルチモーダル輸送が推進されようとしているが、貨物自動車による輸送が有する利便性・経済性は他の交通機関より卓越しており、顕著な改善が見られない状況である。

このような背景から本課題では、物流交通の現状を踏まえて、その効率化・円滑化に有効な取り組み・方策を明らかにすることを目的としている。

［研究内容］

平成 13 年度は、物流交通の特性や物流交通による問題箇所を抽出するとともに、首都圏の主要な物流施設である東京港や築地市場などの物流施設に着目した物流交通の現状を分析し、特に道路管理者が取り組むべき物流交通対策として、特定の広域物流拠点整備の課題やその展開方策などについて検討を行った。

1．東京港発着の貨物車交通現況

検討対象データーは、平成 11 年度道路交通センサス（オーナーマスター：平日）を使用し、「東京港」として、同センサス C ゾーンにおける図１の網掛けに発着するゾーンを設定し、ここに発着する車両を東京港に関連する交通と仮定した。

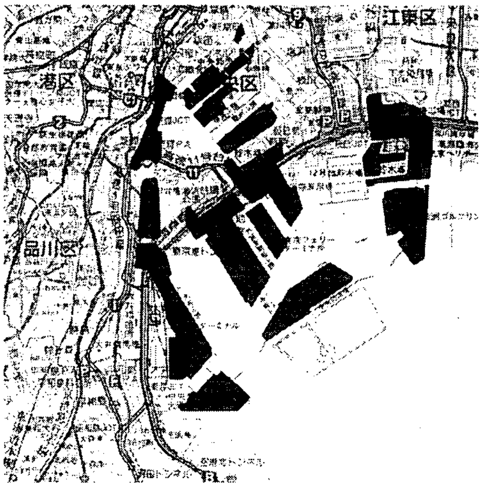


図１　東京港湾発着ＯＤとしたゾーン

その結果、東京港発・着交通の貨物交通の平均積載率は、車種別の特徴が明らかになり、全体ではそれぞれ 47%、48%であった（図２）。これには入荷（あるいは出荷）のみという商慣習を考慮し、空車（空車率：着交通 47%、発交通 46%）を除いて計算している。

これは、積載品目（センサスデータにより分析）により実情は異なるが、配送システムの効率化や共同配送による積載率の向上の余地があり、貨物車交通を削減できる可能性があることを示している。

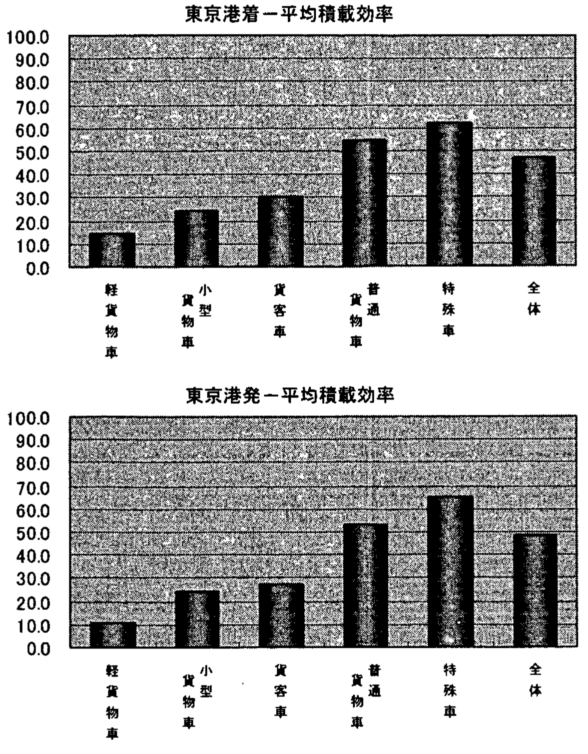


図２　東京港湾発着の平均積載率

２．地方港湾の活用による都市圏の交通の削減

現在、重点的に整備が進められている空港・港湾へのアクセス道路は、連結される空港・港湾へのアクセス時間の短縮や定時性の向上という整備効果は当然であるが、他に次のような効果が考えられる。

例えば、東京港に発生集中する貨物が、アクセス道路の整備により利便性が向上した地方部の港へ転換され、首都圏の通過貨物交通が削減するといった効果である（図３）。

この効果を評価する指標としては、東京港に発着する貨物交通が地方港利用へ転換する前後のトリップ削減数や総走行台キロ削減量が考えられる。

以下、試算した結果を示す。

１）東京港発着貨物交通に対し、片側ＯＤが東京以外である各ゾーン内に港湾がある場合は、その港湾を利用するものとし、港湾がない場合でも近隣に港湾がある場合はその港湾を利用するものとして、東京港に発着する貨物交通を振り分けた。（故に、片側ＯＤが都内や群馬、埼玉であるものなどは振り分けない。）

２）各 OD における走行距離は、東京以外の都市については府県庁所在地、都内に関しては、各区・市役所までの主要なルートを設定しその距離を計測した。

その結果、東京港発着の貨物交通を母数として、振り分け後のトリップの減少は、トリップ数で 18.5%、首都圏（１都３県）内の総走行台キロにおいて、20.6% 削減することが分かった。

今回の試算は、条件に合致する OD が全て他港湾へ転換するものと仮定した。しかし、港湾利用が転換しない要因として、アクセス道路未整備以外に、地方港では海運に必要な貨物量が集まらないことや、臨海ゾーンでの加工施設や配送センターを経由しなければならない流通形態などの影響もあるため、より詳細な検討が必要と考える。

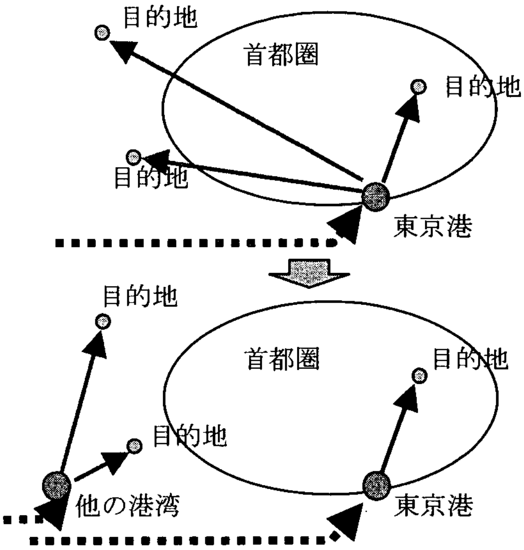


図３　利用港湾の転換

[研究成果]

東京港のほかに、築地市場や公共トラックターミナルの事例も検討した結果、広域的な物流拠点の有効活用や適切配置により、物流交通が効率・整流化することが確認された。

また、これにあわせて広域物流拠点の公共的な役割やその計画策定にあたり留意すべき事項をとりまとめた。

［成果の発表］

①第 24 回土木計画学研究発表会スペシャルセッション「都市圏物流のモデル化・政策・評価」、2001. 11

②第 24 回日本道路会議：一般論文集(A)、2001. 10

［成果の活用］

現在、道路交通の４割を占める物流交通に対して、有効な対策が見出されていないことや、道路交通担当部局において、物流交通対策の実施体制が整っていない状況である。

今後、広域物流拠点の計画策定にあたり留意すべき事項やその整備効果についての検討成果を、他の物流交通対策メニューとともに、道路管理に携わる実務者に活用可能な「物流交通対策ガイドライン」（仮称）として、取りまとめる予定である。

有効性・受容性の高いTDM手法の開発と導入促進に関する調査

Study on Development and Promotion of Effective and Acceptable TDM Methods

（研究期間　平成 11～14 年度）

道路研究部道路研究室
Traffic Engineering Div., Road Dept.

室長　瀬尾卓也
Head　Takuya Seo
主任研究官　河野辰男
Senior researcher　Tatsuo Kono
研究官　田中良寛
Researcher　Yoshihiro Tanaka

This study was performed to develop the effective and acceptable method and technologies to support TDM (Transportation Demand Management), and at the same time, to clarify methods of creating means of introducing the method and problems that must be overcome to do so.

［研究目的及び経緯］

本課題は、自動車利用の適正化策である交通需要マネジメント（ＴＤＭ）の有効かつ受容性の高い手法の開発やＴＤＭ施策を支援する技術の開発を行うとともに、導入に向けた仕組み作りの方法や各種ＴＤＭ手法の有効性･問題点を明らかにしようとするものである。平成 13 年度は、「国土交通省社会実験支援制度」の下、神奈川県藤沢市において小型電気自動車を用いた車両共同利用（エコ・P&R システム）の社会実験を実施し、その本格導入に向けた問題点や課題を探った。

［研究内容］

（１）実験の概要

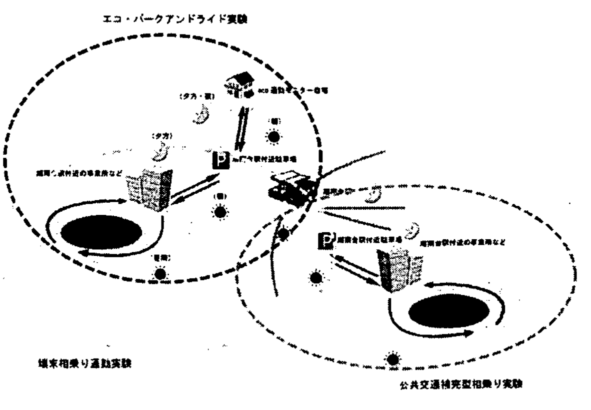
実験を実施した神奈川県藤沢市の北部地域は、大規模な工業団地、大学等をはじめとする各種機能の集積や宅地化が進んでおり、湘南台駅には従来からの小田急線に加え平成 11 年には相鉄線、横浜市営地下鉄線が延伸して拠点性が高まっている。

藤沢北部地域における実験では、平成 12 年度までの海老名市における①一般市民モニタによるアクセス通勤（自宅⇔自宅最寄り駅）利用、②事業所モニタによる日中業務利用、の成立可能性の検証に引き続き、③事業所従業員によるイグレス通勤（勤務先最寄り駅⇔勤務先）利用、④イグレス利用に併せた相乗り通勤利用の成立可能性について検証を行った。

本稿では、うちイグレス型エコ・P&R を導入した場合の利用選択確率等の推計結果を報告する。

表－１　平成 13 年度エコ・Ｐ＆Ｒ社会実験の概要

項目	内容
実験実施主体	エコ･パークアンドライド推進協議会 （構成：藤沢市、神奈川県、国土交通省）
実験期間	平成13年10月3日～平成14年3月15日 （相乗りは平成13年12月3日～）
使用車両台数	電気自動車15台、ガソリン車3台（相乗り専用）
受け渡し駐車場	2カ所 ･湘南台駅地下駐車場（営業時間 7:00～23:30） ･湘南台文化センター駐車場（営業時間 6:30～20:00）
モニタ数	アクセス通勤（自宅⇔自宅最寄り駅）利用　市民モニタ：12名 イグレス通勤（勤務先最寄り駅⇔勤務先）利用　従業員モニタ：18名 日中業務利用　事業所モニタ：6事業所
モニタ負担金	なし（充電器の電気料金のみ実費負担）
検討組織	エコ･パークアンドライド研究委員会 （委員長：中村文彦横浜国立大学助教授、委員：学識経験者、国土交通省国土技術政策総合研究所、同横浜国道工事事務所、同関東運輸局、神奈川県関連部局、神奈川県警察本部、藤沢市関連部局）
主な実験テーマ	1）イグレス利用の成立可能性の検証 2）カーシェアリングと相乗りを複合実施した場合の成立可能性の検証 3）終バス後の公共交通補完型相乗りの成立可能性の検証 4）カーシェアリング実施効果の把握･評価



図－１　エコ・Ｐ＆Ｒ概略図

（2）イグレス利用の推計モデル

エコ・P&R システムのイグレス利用の各種推計のため、事業所従業員アンケート（配布:680, 回収:260）の結果をもとに利用選択モデルを作成し、このシステムを導入した場合の利用選択確率等を推計した。

モデルにはサービスレベルとして利用選択への影響が大きいと想定される①利用料金、②受け渡し駐車場の位置、③車両の貸出返却時間の３項目を設定条件として考慮することとした（表－２）。

表－２　イグレス利用の利用水準の設定条件

設定項目	水準1	水準2	水準3
利用料金（月額）	0.8万円	1.5万円	2.0万円
受け渡し駐車場（徒歩時間）	2分以内	3～5分程度	5～8分程度
車両の貸出返却時間	朝:3時～8時半 夕:17時～3時	朝:6時～8時半 夕:17時～24時	朝:7時半～8時半 夕:18時～20時

選択利用モデルには、自動車通勤者を対象に提示された条件下での利用転換意向を推定する非集計二項ロジットモデルを適用した。

【推計モデルの概要】

パラメータの推定は自動車通勤選択時の効用関数の係数をゼロとして基準化して推定。よって Uc=0

エコ・P&R 利用時の効用関数

$$U_E = \sum_{i=1}^{n} \alpha_i X_i$$

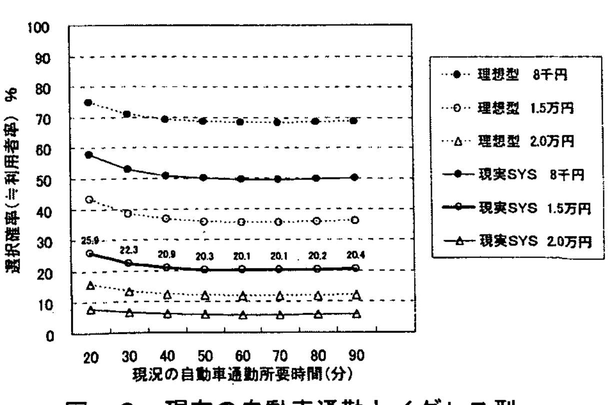
エコ・P&R 利用選択確率

$$P = \frac{\exp(Ue)}{\exp(Uc) + \exp(Ue)} = \frac{\exp(Ue)}{1 + \exp(Ue)}$$

（3）利用選択確率の推計

通勤先最寄り駅からバスで 15 分程度の事業所への通勤者対象で想定。対象者の現況自動車通勤時間と、システム利用の月あたり料金の２項目を変動させた場合の利用選択確率について図－２に示す。

【共通条件　現況のイグレス所要時間（バスなど）　：15分】
理想型　　P：駅前　　利用時間　24時間
現実ＳＹＳ　P：徒歩５分、利用時間　7時半～８時半、17～20時



図－２　現在の自動車通勤とイグレス型エコ・P&R 利用率との関係

なお、システムの固定条件としては、「理想型」と「現実型」の２種を想定している。

理想型で 0.8 万円/月の提供であれば 70%以上の確率で利用が見込まれるが、現実型のシステムでバス料金との競合を避けることも考慮した料金設定の 1.5 万円/月の場合では概ね 20%程度の選択確率であり、利用可能性は非常に低いことが示された。

（4）転換トリップの推計

ＰＴ調査から見込まれる北部地域に集中する自動車通勤トリップ数は約 2.5 万トリップであり、月額 0.8 万円の提供では約 70%の転換が見込まれるが、成立可能性を考慮した現実型では約 26%の転換で、トリップ長では約 13%の削減が推計された。

表－３　藤沢北部地域への着自動車トリップ転換量

		単位	理想型と現実型の中間型	現実型
システムの利用条件	利用料金（月額）		0.8万円	1.5万円
	受け渡し駐車場（徒歩時間）		5分程度	5分程度
	車両の貸出返却時間		朝:6時～8時半 夕:17時～24時	朝:7時半～8時半 夕:18時～20時
自動車交通量	北部地域 着 自動車OD	台/日/片道	24,816	24,816
	マストラODと同じODペアでの台数	台/日/片道	6,198	6,198
	推計された転換量	台/日/片道	4,330	1,625
	転換による交通量削減率（マストラ重複ベース）	%	69.9	26.2
移動時間からの推定トリップ長	北部地域 着 自動車全OD	台キロ/日/片道	339,603	339,603
	マストラODと同じODペアでの総トリップ距離	台キロ/日/片道	77,042	77,042
	転換前のトリップ距離（転換見込み車の計）	台キロ/日/片道	51,477	17,878
	転換後のトリップ距離（転換見込み車の計）	台キロ/日/片道	21,650	8,123
	転換車による削減トリップ長	台キロ/日/片道	29,828	9,755
	転換によるトリップ長削減率（マストラ重複ベース）	%	38.7	12.7

［研究成果］

①エコ・P&R のイグレス利用は低額の提供であれば需要が見込まれるが、バスとの競合を避けることも考慮した料金設定では、利用可能性が低いことがわかった。

②自動車通勤からエコ・P&R への転換により、一定のトリップ削減効果が推計された。

［成果の発表］

エコ・パークアンドライド研究委員会報告書, エコ・パークアンドライド推進協議会, 2000. 5, 2001. 3, 2002. 5

［成果の活用］

自動車共同利用システムを広範囲に導入した際の効果・影響を定量的に分析・評価するとともに、システムの社会的受容性を整理し、総合交通体系における自動車共同利用の位置づけ等についてさらに研究を進める予定である。

自転車利用空間の整備手法に関する試験調査

Research on the method of space improvement for cycle use in road

（研究期間　平成 12～14 年度）

道路研究部道路研究室　室 長　瀬尾　卓也
Road Department, Traffic Engineering Division, Head　Takuya Seo
研究官　田宮　佳代子
Researcher　Kayoko Tamiya

It is necessary for the planning of cycle network to be performed accounting for services provided in the light of the purposes of cycle use and the characteristics of cycle traffic. Concepts of the level of service for cycle traffic are studied based on past researches and documents, and indices which are appropriate to clarify and evaluate the effects of the improvement of cycle use are examined.

［研究目的及び経緯］

わが国では、自転車はすでに広く普及し、日常生活における交通手段として利用されている。近年では、環境への負荷が小さい交通手段としても、その重要性が強く認識されている。しかし、特に都市内では、歩行者や自動車と独立した自転車走行空間の整備が不足しており、自転車の利用環境は必ずしも充分とはいえないのが現状である。自転車交通を都市交通体系における主要な交通モードとして明確に位置づけたうえでの自転車走行環境の整備は、喫緊の課題となっている。

自転車走行空間のネットワーク計画及び走行空間の設計にあたっては、自転車の利用目的や交通特性等をふまえ、利用者の視点にたった自転車交通のサービス水準を考慮することが必要と考えられるが、自転車交通のサービス水準に着目した体系的な既往研究の知見は、多くは得られていない。このような状況をふまえ、平成 13 年度は、自転車交通のサービス水準の検討にあたって必要となる基礎情報を得るために、既往の国内及び海外の研究事例や文献をベースにして、自転車交通のサービス水準の考え方や、自転車走行環境の改善効果の把握・評価に適する評価指標を整理した。

［研究内容］

(1)海外における自転車交通のサービス水準に関する検討の系譜

表-1 に示した海外の既往研究事例やガイドライン等から、自転車交通のサービス水準に関する検討の系譜やサービス水準の概念、用いられている指標等を把握した。なお、これらの文献の中には、サービス水準の開発経緯がまとめられている研究論文と、実際のサービス水準を取り扱ったもの（ガイドライン）、個々のサービス水準の開発内容などを記述したもの等がある。

表-1　調査に用いた海外研究事例

研究論文			
USA	Development of Bicycle Compatibility Index: A level of service concept, Final Report	FHWA-RD-98-072	FHWA(1998)
USA	Evaluating Suitability of Roadways for Bicycle Use: Towards a Level-of Service Standard.	Transportation Research Record-1438 pp.9-16	Epperson, B(1994)
UK	Cyclists' assessments of road and traffic conditions: The development of cyclability index	TRL Report-490	N Guthrie, D G Davices and G Gardner(2001)
ガイドライン			
USA	The Bicycle Compatibility Index: A Level of service concept, Implementation Manual	FHWA-RD-98-095	FHWA(1998)
USA	Highway Capacity Manual		TRB(2000)
UK	Guidelines for Cycle Audit and Cycle Review		IHT(1998)
UK	Cycle-Friendly Infrastructure -Guidelines for Planning and Design		IHT(1996)
指標開発			
USA	Real-Time Human Perceptions. Towards a Bicycle Level of Service	Transportation Research Record-1578	Landies, BW, VR Vattikuti and MT Brannick(1997)
USA	Bicycle and Pedestrian Level-of-Service Performance Measures and Standards for Congestion Management Systems	Transportation Research Record-1538	Linda B. Dixon(1996)
教科書類			
USA	Bicycle Transportation. A Handbook for Cycling Transportation Engineers, 2nd edition	Forester, J	MIT Press(1994)

(2)自転車交通の評価の考え方と評価指標等の整理

サービス水準を表す指標の基礎的検討として、自転車交通流の交通状況評価に関する既往の国内研究事例を参考にして、交通特性や交通実態の計測・評価に関する指標として有用と判断されるものを抽出した。これと海外における自転車交通のサービス水準の考え方を参考にして、自転車走行空間のレベルや対象路線を想定したうえで、自転車交通の評価指標や評価の視

点の整理を行った。

[研究成果]

(1)海外における自転車交通のサービス水準に関する検討の系譜

自動車交通を対象とした「交通容量」に対する余裕度を表すサービス水準（Level of Service）はHCMにおいて1965年に示されているが、自転車交通に対する指標開発に関連した研究は1970～80年代から開始されている。図-1は、自転車交通のサービス水準に関する検討の系譜を示したものである。

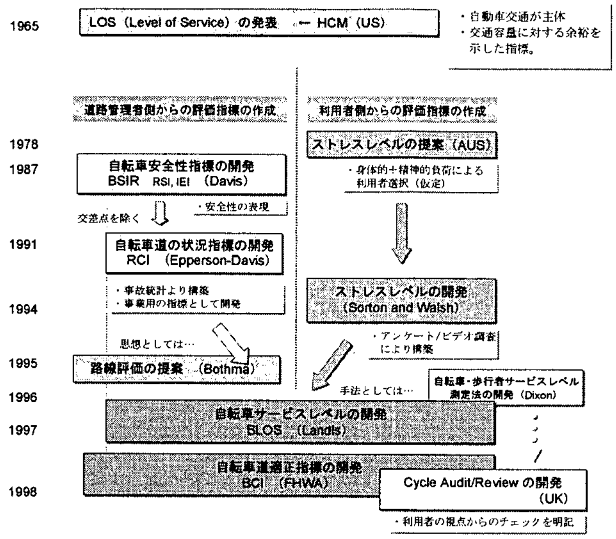


図-1　自転車交通のサービス水準に関する検討の系譜

自転車交通の評価指標は、道路管理者側からと利用者側からの2つの観点から、指標作成が試みられている。具体的には、道路管理者側からの指標としては、自転車の「安全性」に着目した指標開発、利用者側からの指標としては、自転車利用者が感じる「ストレス」に着目した指標の開発が行われている。これらをもとに、既存の自転車道を対象にした改善の必要性等の確認や、新設道路の計画時の設計条件として用いたりすることが可能な指標として、自転車道適正指標(BCI)が米国FHWAにより開発されている。この指標は、アンケート調査による利用者評価をもとに、ビデオ調査等に基づいて計測される道路・交通状況指標や沿道状況指標を変数とした重回帰式で作成されている。

一方英国では、自転車利用の面から現状のルートの多面的な評価を行うCycle Review（自転車環境評価）の内容が1998年に発表されている。この中で提案されているサービスレベル評価シートは、自転車利用に影響を与えると考えられる要因ごとに評価項目がスコアの形で示され、これを用いて自転車交通のサービスレベルを算出することになっている。

このように、海外においては、重回帰式を用いて道路・交通、沿道状況をまとめたものや、スコアの形で自転車走行空間を評価できるような体系が構築されており、その内容もできる限り現場で使いやすいものとして工夫されているようである。海外では自転車を車両と明確に位置づけており、海外での考え方をそのまま日本に適用することは出来ないが、評価指標の設定にあたっての参考情報になるのではないかと思われる。

(2)自転車交通の評価の考え方と評価指標等の整理

自転車走行空間の環境評価指標、例えば①自転車関連施策の改善効果の測定（事前/事後評価）、②現況の診断に用いる指標の構築にあたっては、自転車の通行場所や運用形態にかかわらず自転車交通の実態を取り扱うことができる共通の指標を設定しておくと都合がよいと考えられる。このことを考慮し、自転車交通の評価対象として表-2のような想定を行い、これに基づいて評価指標とそれを構成する指標の考え方を整理した。結果の一例を表-3に示す。

表-2　自転車交通の評価対象

対象路線	交差点を含む1km程度の路線	
路線の種類	通勤・通学路線	日常利用路線
個人属性	コミューター（通勤・通学）	コミュニティ（買い物等）
指標構築の着眼点（評価単位等）	利用者1台（1人）あたりのストレスレベルに着目し、構築	

表-3　評価指標と構成指標の例

評価指標	評価の視点	構成指標の例
走行快適性	路面状態 走行障害物、環境性 運動負荷	凹凸、滑りやすさ、勾配
走行安全性	共有交通（併走交通） 交差交通	密度（ニアミス、回避行動等） 交差点（右左折交通、巻き込み）
自由度	—	沿道アクセス頻度
速達性	—	実勢速度

評価指標としては「走行快適性（走りやすさ）」「走行安定性（他者との関係）」「走行自由度（走行位置・方向の選択の自由度）」「速達性（早く便利に到達可能か）」の4つに分類した。今後、評価対象の設定や各々の評価指標に該当する「交通状況指標」「道路構造指標」「挙動指標」をリストアップするとともに、これらの指標計測方法に関連して、既往研究からの整理もしくは実験による数値把握方法の検討が必要である。

[成果の活用]

今後、実際に利用する現場での利便性も考慮しつつ、我が国に適した自転車交通のサービス水準や利用環境整備の具体のアウトカム指標について検討する必要がある。

交通調査の効率化に関する調査

Investigation on the efficiency for road traffic surveys

（研究期間　平成10～15年度）

道路研究部道路研究室　室　長　瀬尾　卓也
Road Department, Traffic Engineering Division, Head　Takuya Seo
研究官　田宮　佳代子
Researcher　Kayoko Tamiya

The Road Traffic Census conducted by Road Bureau, MLIT, is the only nationwide vehicle traffic survey in Japan, however the problem is that these data are obtained by surveys done achieved every five years. This study develops a new method to obtain vehicle traffic data using IT such as probing cars, and examines some traffic performance indexes using probing car data.

［研究目的及び経緯］

国土交通省では、道路交通センサス（全国道路・街路交通情勢調査）において、道路計画や交通管理・運用に不可欠な交通データの収集を実施している。しかし、現行の調査体系は数十年来その枠組みが変わっておらず、データ収集・処理等も基本的に人手に頼っているため、調査に要する時間や調査費用等に課題があり、従来の調査手法を改善するとともに、新たな交通調査体系を構築することが必要となっている。特に、情報技術の活用によって現行の交通調査手法を改善することが近年可能な状況にあり、道路研究室では平成12年度から東京都内において、カーナビゲーションシステムを車両に搭載して走行データの収集を行う交通調査（プローブカー調査）を試行している。

平成13年度は、新たな交通状況の評価指標の開発を目的として、従来の調査手法では得られなかったプローブカーの詳細な走行履歴データ（位置情報、通過速度等）を活用し、①プローブカーの走行履歴データと交通量常時観測データを用いた都市内一般道路のQ（交通量）-V（速度）特性の把握、②プローブカーの地点速度データを用いた加減速のパターンによる区間特性の把握と運転快適性･安全性評価への適用可能性、に関する検討を行った。

［研究内容］

平成13年度は、プローブカーから得られる走行データを解析することによって得られる道路交通に関する様々な評価指標のうち、①都市内一般道路のQ-V特性の把握、②加減速パターンによる区間特性の把握と運転快適性・安全性評価への適用可能性、に関する検討を行った。なお、本課題ではプローブカーを「道路交通状況をモニタリングするサンプルとして計測機器を搭載して道路を走行し、走行速度情報や位置情報等を収集する車両」と定義している。

(1)　プローブカーによる走行データの収集

プローブカーの走行データを計測・収集するために、メモリーカード等の外部記録装置に一定期間の出力データを記録・蓄積できるように市販のカーナビに改良を加えた機器を車内に設置し、データ収集を実施している。車両の各時刻における走行速度（地点速度）、位置情報（緯度・経度）等が1秒ごとにメモリーカードに記録されており、そのカードを定期的に回収することにより、走行位置及び走行時間情報等のデータを収集している。

プローブカーとして選定した調査車両は、東京都品川区を拠点とするタクシー20台である。また、平成13年度の研究では、平成12年5月から平成13年12月までの20ヶ月間に収集されたデータを分析の対象としている。東京都千代田区を中心とする20km四方を通過したプローブカーのデータについては、デジタル道路地図(DRM)を利用して、プローブカーの走行履歴データに経路属性に関する情報を付加したデータ（マスターデータ）を作成したが、その他の地域については経路属性情報を付加する前の走行履歴データを用いて分析を行っている。

(2)　Q-V特性の評価地点及び解析区間の選定

交通量については、交通量変動が把握できる地点として、国土交通省道路局が実施している交通量常時観測調査（常観）の5分間交通量データを用い、常観地

点を含む区間を解析の対象とした。平成 13 年 1 月から 10 月までの 10 ヶ月間の走行履歴データをもとにして、東京都特別区内、川崎市内及び横浜市内の常観地点のうち図-1 に示したプローブカーの通行回数が多い 10 ヶ所の常観地点を選定した。プローブカーがこれらの常観地点を通過した時間帯及びその前後 5 分間の 15 分間交通量を 4 倍して、時間交通量を算出した。

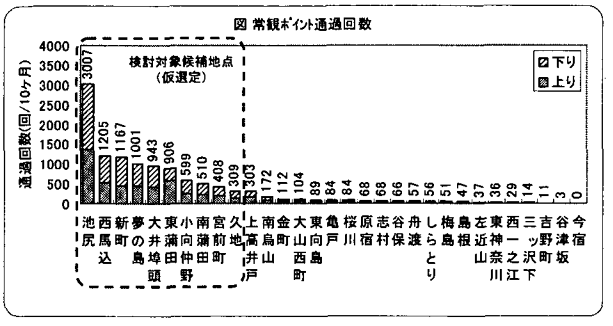


図-1　プローブカーの通過回数

一方、区間速度は、検討区間の起終点通過時間の差と区間延長から算出した。

Q-V 特性の解析区間は下記①～④の 4 種類を設定し、上記の方法で算出した常観地点での観測交通量を各検討区間の代表交通量として設定した。

①常観地点を含む近接信号交差点間

②補助幹線道路間

③センサス調査区間（概ね主要幹線道路間）

④センサス調査区間以上の延長を持ち、かつ道路状況が一定となる区間

(3)　加減速の指標化に関する検討

プローブカーから 1 秒ごとに得られる地点速度を用いて、車両の加減速の指標化を行った。下記の①～③の指標に着目して、走行履歴データ（マスターデータ）から指標値を算出し、運転快適性や安全性の評価指標としての有用性を検討した。

①加減速量：

区間を走行した時の速度変化（加減速量）の総和であり、時刻 t_i におけるプローブカーの地点速度 V_i と区間延長 l を用いて、以下の式で定義した。加減速量が小さいほど、アクセルやブレーキなどの運転操作が少なく、運転快適性が高いと想定される。

$$加減速量= \int \left| V_{i+1} - V_i \right| / (t_{i+1} - t_i) dt / l$$

②アクセレレーションノイズ（a_t^2）：

単位時間に計測された加減速度の分散を示すもので、速度変化が小さく比較的安定した走行に対しては低い値を示す。区間走行所要時間 T におけるアクセレレーションノイズは、時刻 t における加減速度 $a(t)$ と T 時間内における平均加減速度 $\dot{a}$ を用いて、以下の式で表される。

$$a_t^2 = 1/T \cdot \int_0^T [a(t) - \dot{a}]^2 dt$$

③急減速（急ブレーキ）：

本調査では、時刻 t_i におけるプローブカーの地点速度 V_i を用いて次式により急減速発生地点を抽出した。急減速の発生回数が多いほど、交通事故による危険度の高い箇所と想定される。

$$(V_{i+1} - V_i) / (t_{i+1} - t_i) \leq -\alpha$$

なお、単位時間当たりの速度低下量 α は、プローブカーの速度低下分布や AHS（走行支援システム）の前方障害物衝突防止支援サービスの構築に際して急ブレーキに相当すると考えられた値（$5\mathrm{m/s^2} \fallingdotseq 18\mathrm{km/h/}$秒）を考慮して $\alpha = 20\mathrm{km/h/}$秒とした。

マスターデータの作成範囲（東京都千代田区を中心とする 20km 四方のエリア）に含まれる道路のうち、直轄国道を対象として、①②の指標を算出するとともに、これらの指標と道路交通状況の相関を整理した。評価単位区間はセンサス調査区間として方向別に集計し、加減速量は区間旅行速度 20km/h 以上となる領域を対象として算出した。

また、③の指標により急減速が頻繁に起こっている地点を抽出し、道路交通状況との関連性を検討するとともに、急減速発生地点と交通事故発生地点との比較を試みた。事故に関連する指標として、事故率及び事故密度に着目し、これらの指標を方向別に集計した。

事故率＝事故件数÷（$l \times q \times 3$ ヶ年）

事故密度＝事故件数÷l

l：区間延長[km]，q：年間交通量（方向別）

なお、交通事故データは、平成 8 年～平成 10 年の 3 ヶ年分の交通事故統合データを用いた。対象とした事故類型は、加減速による影響が考えられる車両相互事故と車両単独事故とし、人対車両事故及び列車事故は除いた。

［研究成果］

(1)　Q-V 特性の評価

図-2 は、一般国道 15 号の東蒲田を例として、自由流域を対象として分析した Q-V 相関の一例を示している。区間延長が長くなると回帰直線の相関係数が高くなり、速度変動が平均化されて Q-V データのばらつきが小さくなっている。一方、区間延長がセンサス区間よりも長くなると、相関係数は高くなるがデータ数は少なくなり、交通量データの区間の代表性が失われることになる。

なお、分析対象とした 10 ヶ所の常観地点すべてに共通して、交通量が増加すると速度が低下するというある一定の傾向を把握することができた。また、道路交通センサス調査区間程度の延長で比較的安定した Q-V 相関が得られることが明らかになった。

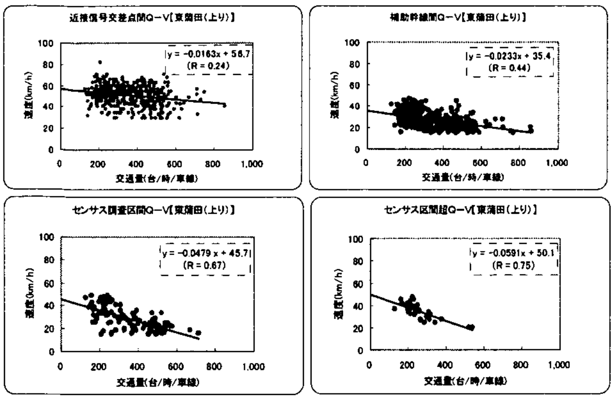


図-2 Q-V 相関の例（一般国道 15 号：東蒲田）

次に、センサス調査区間の Q-V 相関を用いて、Q-V 相関に与える影響要因の整理を行った。

Q-V 相関から推定される自由速度（Q-V 相関式の切片値）は、概ね規制速度に近い値を示していた。また、図-3 に示すように、信号交差点密度が高くなると、交通量増減による速度変動（Q-V 相関式の傾き）が大きくなる傾向がみられた。

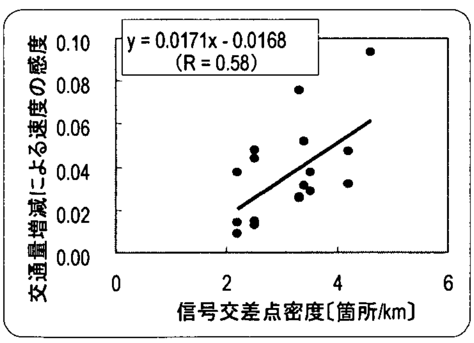


図-3 信号交差点密度と交通量増減による速度の感度

なお、Q-V 特性に影響を与えると想定される要因には、幅員、沿道状況、青時間比、路上駐車車両や路線バスの有無、信号交差点の存在等が考えられる。例えば、路上駐車の多い常観地点と路上駐車がほとんどない常観地点の Q-V 相関を比較すると、路上駐車がほとんどない検討対象地点におけるセンサス調査区間の Q-V 特性は、常観地点を含む近接交差点間の Q-V 特性に類似して速度データが幅広く分布していた。しかし、対象地点やデータの制約により、道路交通状況との関係を統計的に把握したり因果関係を特定することはできなかった。

(2) 加減速指標による交通状況評価

a) 加減速量及びアクセレレーションノイズ

区間速度 20km/h 以上のサンプルを対象にして、加減速量及びアクセレレーションノイズを算出した結果を図-4 に示す。両者とも、最頻値を中心に分布しており、路線の特性を表す評価指標として設定できる可能性がある。ただし、本調査での分析では、算出された指標値がどの程度の運転快適性を表現しているのかということまで評価することはできていない。

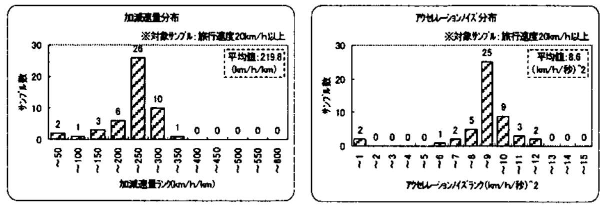


図-4 加減速指標の算出結果

一方、加減速量と道路交通状況との相関を整理し、運転快適性に影響の大きい要因について検討した。図-5 は、加減速量と信号交差点密度、バス停留所密度、路上駐車台数及び車線幅員との関係をそれぞれ示している。加減速量は信号交差点密度との相関が大きくなっており、信号交差点密度が高いと速度変化が大きくなりドライバーの運転快適性が低下することが推察される。また、道路構造の影響要因のひとつと考えられる車線幅員と比較すると、交通流の阻害要因となる路上駐車台数やバス停留所密度との相関が高くなっており、加減速量への影響が大きいことが図-5 から推察される。ただ、アクセレレーションノイズについても同様の分析を行ったが、各種要因との相関関係を把握するまでには至らなかった。

これらの結果より、加減速指標を用いれば、運転快適性という視点から路線特性を評価できる可能性があることがわかる。

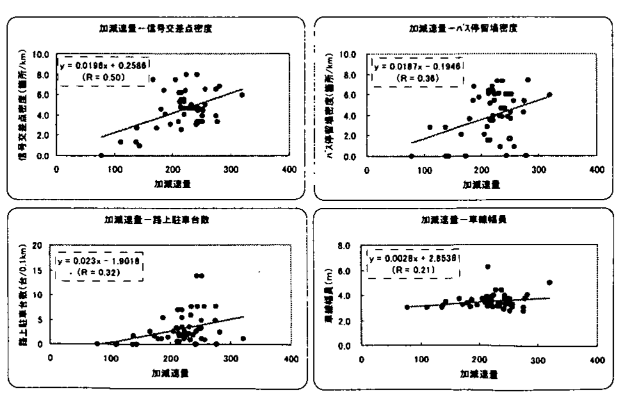


図-5 加減速量と道路交通状況との相関

一方、交通事故（全事故率）との関連性についても把握を試みたが、図-6 に示すように、加減速指標との相関を見いだすことはできなかった。本調査で取り扱った交通事故統合データは人身事故のみを対象として

おり、物損事故は含まれていない。追突事故には死傷を伴う人身事故とともに物損事故も多いと考えられるため、本調査で扱った交通事故がすべての交通事故パターンについて評価できていないという問題点もある。

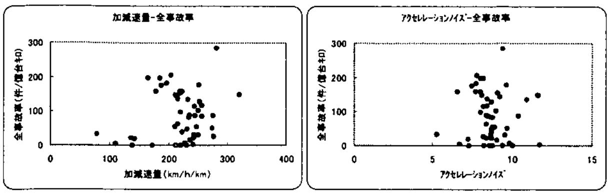


図-6　加減速指標と事故率との相関

b)　急減速

1 秒あたり 20km/h 以上の速度低下が発生した箇所を急減速地点として抽出した結果を図-7 に示す。1 秒あたり 20km/h の低下が認められた急減速地点は 375 箇所、25km/h の低下が認められた急減速地点は 208 箇所抽出された。急減速地点は、ボトルネック箇所や首都高速との合流部で多発している傾向が読みとれる。なお、速度データの異常値を取り除くため、速度低下が 40km/h 以上となるサンプルは抽出の対象としていない。

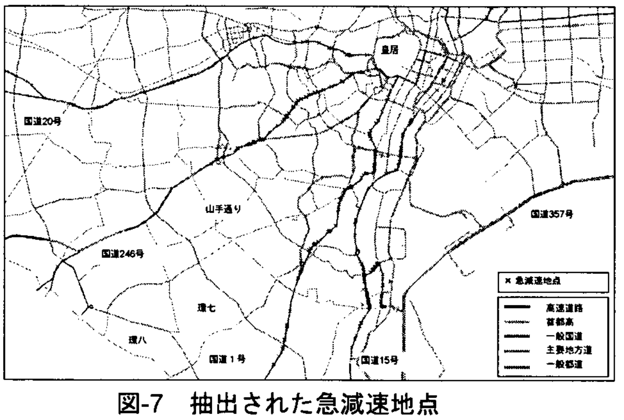


図-7　抽出された急減速地点

分析の対象とした範囲内の直轄国道においては、以下の 3 地点が急減速多発地点としてあげられた。図-8 は、一般国道 1 号（戸越）における急減速発生地点の分布を示している。

①戸越（一般国道 1 号）
②三田（一般国道 1 号）
③青物横丁（一般国道 15 号）

これらの地点を例にとると、急減速が多発する要因には以下の項目を想定することができる。

・合流部などでの輻輳による影響（地点①）
・慢性的な渋滞が発生している箇所の直前（地点②③の下流側交差点は、第 3 次渋滞対策プログラムにおける主要渋滞ポイントに位置づけられている）
・路上駐車や路線バスなどによる交通流の擾乱（地点①～③に共通して路上駐車車両が多い。また、地点②にはバス停がある。）

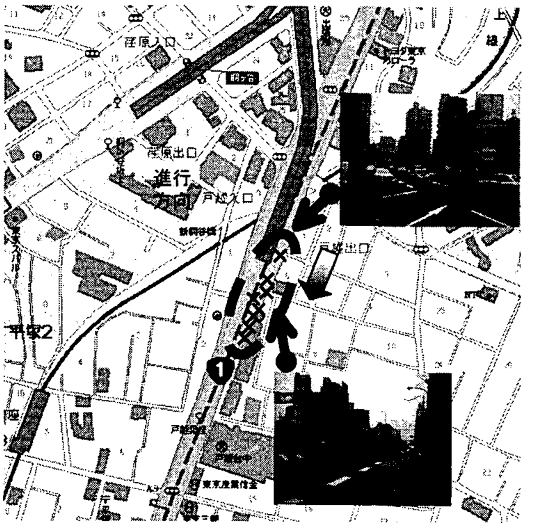


図-8　急減速多発地点（戸越：一般国道 1 号）

ただし、本調査において抽出された急減速多発地点の該当箇所は、この 3 箇所のみであった。予想よりも該当地点が少ないのは、一般ドライバーと比較して運転技術や経路認知度の高いタクシードライバーの走行履歴データを用いているため、一般ドライバーと比較すると少なく評価されている可能性が高いことが考えられる。

なお、急減速地点と交通事故との関係については、交差点及び DRM リンクをベースに事故率を算出し、特に事故率の高い箇所（150 件／億台キロ以上と設定、事故類型は追突事故）を取りあげて、急減速地点との関係整理を試みた。その結果、事故多発地点と急減速多発地点が一致する箇所もみられたものの、詳細な状況把握までは至らなかった。

［成果の発表］

田宮佳代子，瀬尾卓也：プローブカーデータを活用した都市内一般道路の Q-V 特性について，第 25 回土木計画学研究発表会春大会

［成果の活用］

今後、データの蓄積を図り、Q-V 相関のバラツキに与える種々の影響要因を分析し、中断のある交通流である一般道路の交通特性を把握することが必要である。また、13 年度は Q-V 特性と加減速に着目してプローブカーデータから道路交通の特性を指標化することを試みたが、得られたデータを活用して、道路交通の円滑性･安全性等を表現する道路パフォーマンス指標や、施策効果の評価等をわかりやすく表現するための指標を開発していく必要がある。

冬期路面管理水準策定に関する試験調査

Research on the Winter Road Management Standards

（研究期間　平成 13～14 年度）

総合技術政策研究センター・建設経済研究室　室　長　岩田　司
Research Center for Land and Construction Management, Socio-Economic Research Division　Head　Tsukasa IWATA
主任研究官　木村　恭一
Senior Researcher　Kyoichi KIMURA

道路研究部・道路空間高度化研究室　室　長　森　望
Road Department, Advanced Road Design and Safety Division　Head　Nozomu MORI

In this research, in order to establish a winter road management standard, indices for effective winter road management and there levels were studied.

[研究目的及び経緯]

冬期の路面管理については，除雪や防滑処理を行うことにより、物流や、通勤・通学などの地域社会・経済活動の骨格をなす交通を確保するとともに、路面凍結などにより多発する交通事故の対応など、安全面としても重要な役割を担うものである。しかし、その対策費用については、平成５年度「スパイクタイヤの全面禁止」に伴い、増大の一途をたどっており、今般の財政事情を考慮すると、適正な投資及び管理水準の検討が必要とされる。

当研究においては、冬期における路面管理の水準を示す指標を検討するとともに、雪寒事業のより効率的な執行を図るために整備効果計測手法の検討を行うものである。

[研究内容]

現地観測データに基づき、冬期交通特性を把握、冬期路面管理における指標の検討と、管理水準について、現況解析と交通状況を再現したモデル式を構築し検討を行うこととする。なお、指標の選定にあたっては、以下を基本に行う。

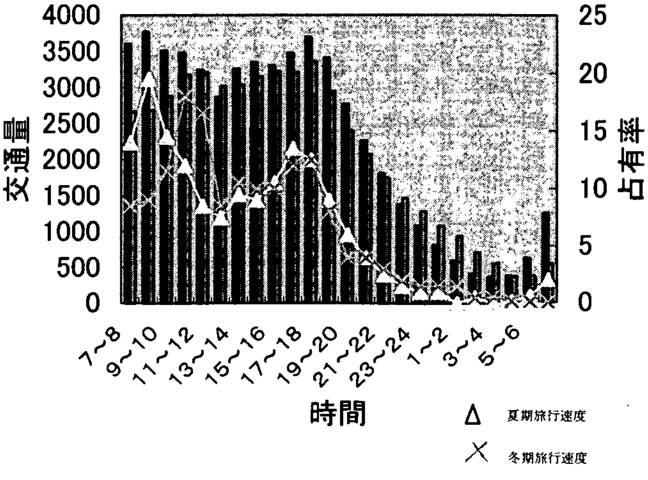
・管理水準及び指標については、常に一定水準を確保するため、常時計測できる指標とする。
・指標の選定にあたっては、道路利用者が理解しやすい指標を選定する。

1．冬期路面管理における指標の選定

指標の選定については、東北地方整備局の交通量常時観測地点における冬期と夏期の交通比較に基づき検討を行う。（図—１参照）

冬期の交通量は、夏期と比較し交通量が減少する。交通工学的関係で考えれば、交通量の低下に伴い混雑度が低減し、走行速度は改善される。しかし、冬期の場合、逆に走行速度は低下し、慢性的な渋滞を引き起こしている。これは、冬期における積雪や路面凍結が、交通容量及び走行速度に影響を与えているものと考えられる。

本検討における冬期路面管理の指標として、冬



図—１　冬期・夏期交通量と旅行速度の変化

期の路面状況が、交通容量に影響を与え走行速度を低下させていることに着目し、走行速度を指標として選定する。また、走行速度の指標化については、交通量常時観測地点において、つねに計測でき、かつ利用者にとっても走行しながら把握できる数値データとしての優位性も考慮している。

2．現地観測データによる解析

・一般国道１７号新潟県湯沢町観測データ（平成１２年１２月～平成１３年３月　交通量、気象、路面状況（４区分：乾燥、湿潤、凍結、積雪））

（１）一次解析

走行速度と、その変化要因について、単純解析を実施。「路面状況と平均走行速度」「路面積雪深と平均走行速度」「路面温度と平均走行速度」の関係について解析を実施した。結果として、路面状況、路面積雪深により走行速度が大きく低下していた。

（２）二次解析（クロス解析）

一次解析の着目点をさらにクロスで解析し、走行速度の変化要因を探る。路面状況、路面積雪深、道路幅員、路面温度、平均交通量、平均走行速度を使用し、クロス解析を実施。結果として、路面積雪深３ｃｍ付近に速度の変化点が存在した。また、路面状況と有効幅員のクロス解析において、積雪の増加、有効幅員の減少に伴い、走行速度は低下する傾向が判明。これらの変化要因をモデル式として構築し、管理水準の検討を実施する。

3．管理水準の検討

（１）　モデル式の構築

現地解析結果に基づき、冬期における交通容量の低下について路面状況、路面積雪深を説明変数とし、冬期のパフォーマンス関数としてＢＰＲ関数を使用し、モデル式を構築する。

路面積雪深を説明変数とするモデルを構築

$\alpha = 0.48$
$\beta = 2.28$

$$t = t_0 \left\{ 1 + \alpha \left(\frac{q}{c} \right)^{\beta} \right\}$$

冬期車線減少を考慮

t:旅行時間

t_0:該当リンクの自由旅行時間(ゼロフィー時)

q:リンク交通量

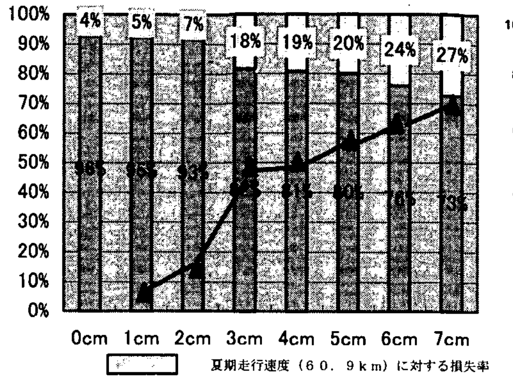
c:時間交通容量

α、β:パラメータ(土木学会「交通需要マニュアル(案)」)

＊t_0の算定（冬期の走行速度の変化要因を考慮）

$t_0 = \alpha + \beta 1 \cdot hsnow + \beta 2 \cdot Troad + \beta 3 \cdot Dh$（ｔ０：自由旅行時間、ｈｓｎｏｗ：路面積雪深、Ｔｒｏａｄ：路面温度、Ｄｈ：路面積雪深 3cm 以上ﾀﾞﾐ―）

[研究成果]



図―２　速度低下と損失額

モデル式使用し、路面積雪深における走行速度の変化を再現すると、路面積雪深２ｃｍ～３ｃｍの間で大きく走行速度は変化しており、夏期の走行速度の６０．９ｋｍ／ｈに対し、路面積雪深３ｃｍで約２割の速度低下が発生する。また、これに伴う走行時間による損失額も、２ｃｍの約2.5倍の結果となった。(図―２参照)

また、車線幅員の確保については、道路構造令に規定されている冬期路肩W＝0.5mを確保し交通容量を算定、走行速度を試算すると、ほぼ同程度の結果となった。以上より、管理水準としては、

アウトカム指標として

・走行速度　　V＝夏期速度の９０～８０％を提供

アウトプット指標として

・路面積雪深　２ｃｍ～３ｃｍ

・車道幅員　　W＝車道幅+冬期路肩 0.5m以上

管理水準の検討については、まだデータ数も少なく、また走行速度にもっとも影響があると考えられる凍結路面のデータがないため、今後これらデータの収集と伴に、様々な要因を考慮し継続的な検討を実施していく必要がある。

[成果の発表]

平成１４年度　土木学会発表予定。

[成果の活用]

・　冬期道路管理マニュアルへの反映

・　冬期都市圏における交通解析等への反映

道路研究部橋梁研究室
Road Department Bridge Division

コンクリート橋のミニマムメンテナンスに関する試験調査

Study of Minimum-Maintenance concrete bridge

（研究期間　平成11～13年度）

室長　中谷　昌一　Head Shoichi Nakatani
主任研究官　玉越　隆史　Senior Researcher Takashi Tamakoshi
研究官　内田　賢一　Researcher Ken-ichi Uchida
研究官　廣松　新　Researcher Arata Hiromatsu
研究員　池田　明寛　Research Engineer Akihiro Ikeda

In order to keep the service level of road network, it is important to reduce Life-Cycle-Cost of highway bridges, Bridge Division have already proposed Minimum-Maintenanace (MM) Bridge that aims longest life-span with minimum maintananace. But, as for concrete bridge, MM bridge had not been proposed. Authors carried out analysis of damage reasons, and proposed the concept of MM concrete bridges and the caluculating methods of LCC.

［研究目的及び経緯］

我が国の道路橋ストックは膨大な量に達しており、将来の架替えおよび維持管理コストの負担抑制が大きな課題である。したがって、今後は長寿命かつ低維持管理の橋梁建設による、ライフサイクルコスト（LCC）の最小化が求められている。これに対応して橋梁研究室では、「原因が明らかな耐久性喪失要因に対して技術的・経済的に可能な対策を施した橋。最小限の維持管理行為を前提とする」として工学的永久橋を定義し、これを実現した橋としてミニマムメンテナンス（以下MM）橋を提案した。しかし、MMコンクリート橋に関しては、具体的な内容の提案までは至っておらず、また、LCCによる経済評価の手法についても十分に確立されてはいない。

本研究は、MMコンクリート橋の具体的な姿を提示すること、及びLCC算出手法を確立すること目的に、MM橋に求められる条件の整理およびLCC評価項目の整理とLCC試算を実施したものである。

［研究内容］

1．MMコンクリート橋の提案

(1)コンセプトおよび基本方針の整理

MM橋のコンセプトは「最小限の維持管理による最大限の長寿命化」であり、これは橋の種類や材料を問わず共通である。しかし、耐久性の観点からコンクリート橋と鋼橋を比較した場合、鋼橋では部材に損傷が発生しても、その部材を交換することで橋としての耐久性を維持できるのに対し、コンクリート橋本体は、鋼材とコンクリートが一体化した構造であるため、部材の交換では橋としての耐久性を維持できず、また、劣化損傷が進行した場合、状態を完全に回復することが困難かつ不経済であるという特徴がある。したがってMMコンクリート橋の実現には、基本的に損傷を発生させないこと、損傷が発生した場合でもその程度を軽微なものに抑えることが重要と考え、それを実現させるために、設計、施工、維持管理の各段階において、以下の４点をMMコンクリート橋の基本方針とした。

・設計段階

　想定される劣化要因に対応する適切な要素技術を導入

　耐久性確保、維持管理の観点で配慮した細部構造の採用

・施工段階

　高度な技術的判断に基づく施工および施工管理の実施

・維持管理段階

　維持管理計画の策定とそれに基づく適切な維持管理の実施

(2)基本方針の具体化

上記の基本方針を具体化するために、要素技術、細部構造、高度な技術的判断に基づく施工の具体的な内容に関して検討した。

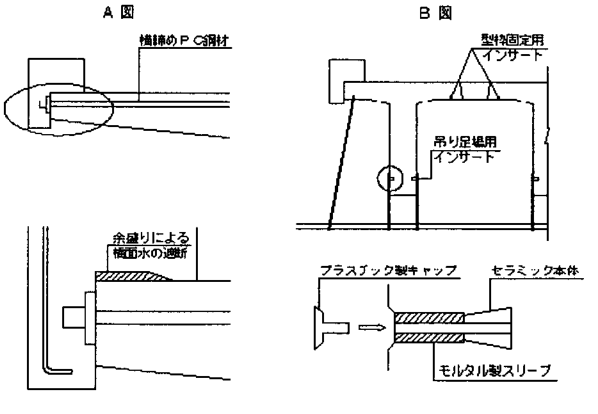
1)劣化要因に対応する適切な要素技術

一般にコンクリート橋の劣化要因としては、塩害、中性化、アルカリ骨材反応、凍結融解、疲労などがある。なかでも塩害は損傷事例も多く、耐久性に及ぼす影響が大きい。さらに、近年、凍結防止剤の及ぼす影響についても問題視されている。したがって塩害が懸念される架橋環境下では、設計段階で必要かつ十分な対策が必要である。

2)細部構造

コンクリート橋では、細部構造の配慮不足から損傷が発生したと考えられる事例がある。したがって、MM橋に耐久性確保、維持管理の観点で配慮した細部構造が求められる。

図－１のＡ図は、地覆と桁の打継ぎ部において余盛によって橋面水を遮断した例である。横断勾配によっては、橋面排水にさらされる部分であるため、打継ぎ処理が不十分な箇所が水みちとなり、横締めＰＣ鋼材の腐食につながる可能性がある。Ｂ図は、供用開始後の点検補修の容易さをを考慮して、あらかじめ足場用のインサートを設置した例である。



図－１　耐久性を考慮した細部構造例

3)高度な技術的判断に基づく施工および施工管理

コンクリート橋は鋼橋と比較して、施工の良否が耐久性に及ぼす影響が大きいといわれており、施工および施工管理の充実がMMコンクリート橋には必要である。ただし、いたずらに施工管理を厳しくし、費用をかけるのではなく、高度な技術的判断に基づく合理的な施工が要求される。一例として、高性能AE減水剤を用いてコンクリートの流動性を高め、充填不良を起きにくくするなどの配慮が考えられる。

(3)具体的な仕様の例

表－１に、塩害が懸念される架橋環境下での具体的な仕様例を示す。塩害対策として最外縁の鋼材を腐食させないことが重要であるが、最も重要な部材であるＰＣ鋼材の保護に配慮して、ＰＥシースや塗装鋼材を用い、多重防食を図ることも、設計で想定していない状況への対策として考えられる。

実際にコンクリート橋の仕様を選定する場合は、架橋環境や維持管理の条件等を十分に勘案した上で選定することが重要である。

表－１　MMコンクリート橋の仕様の具体例

種別	目的	細目
要素技術	・塩化物拡散の遅延化	・かぶり厚増 ・水セメント比の低減
	・塩化物を近づけない	・コンクリート塗装 ・ＰＥシースの使用
	・錆びない鋼材	・塗装鋼材 ・ＦＲＰ等の新素材の採用
施工の対処	・充填不良の防止	・高性能ＡＥ減水剤、流動化剤の活用 ・高流動コンクリートの採用 ・透明型枠の採用
	・かぶりの確保	・適切なスペーサ配置 ・加工鉄筋の全数検査 ・鉄筋のプレハブ化
	・施工環境の改善	・上屋の設置
細部への配慮	・水処理	・地覆内止水構造 ・桁端部防水処理
	・維持管理への配慮	・足場アンカー設置

2．LCCによる経済評価

MMコンクリート橋の実現のためには、橋梁の耐久性を適切に評価できる指標が必要である。近年では、LCCによる経済評価が一般的になりつつある。LCCは、初期建設費、維持管理費、架替え費の合計により算出される。LCCを評価する際には、初期建設費は比較的精度良く求めることができるが、維持管理費と架替え費は、あくまで将来予測であり、概算値しか算出できないことに留意する必要がある。

要素技術の効果を、LCCに定量的に反映させることは、データが不十分なこともあり、現時点では困難である。現時点での要素技術の評価手法としては、リスクによる評価が考えられる。例えば、普通鉄筋に変えて塗装鉄筋を採用した場合、一般のかぶりによる対策に加えて、それとは異なるメカニズムでの防食手法をとるため、環境条件や施工の影響によるリスクが低減すると考えられる。このリスクの低下と、初期建設コストの増大を考慮して、総合的に耐久性評価を行うことが望ましいと考えられる。

[成果の発表]

○西川他：ミニマムメンテナンスPCの開発に関する共同研究報告書，（Ｉ）土木研究所共同研究報告書第273号,2001.3

○河野他：ミニマムメンテナンスPC橋の開発に関する共同研究報告書（Ⅱ），土木研究所共同研究報告書第258号,2000.12

○河野他：ミニマムメンテナンスPC橋の開発に関する共同研究報告書（Ⅲ），土木研究所共同研究報告書第270号,2001.3

道路研究部橋梁研究室
Road Department　Bridge Division

耐久性確保を目指したPC橋の品質保証に関する試験調査

Experiment and research about guarantee of quality in prestressed concrete bridges for securing a durability

（研究期間　平成 13 ～ 15 年度）

室長　中谷　昌一　Head　Shoichi Nakatani
研究官　内田　賢一　Researcher　Ken-ichi Uchida
研究官　廣松　新　Researcher　Arata Hiromatsu
研究員　池田　明寛　Research Engineer　Akihiro Ikeda

In construction of PC(prestressed concrete)bridges, in order to secure durability intended in design, paying attention to regulations of administration about quality, accuracy and others in construction, this research is conducted for clarifying about possible subject and level to administrate and for examining what should be improved in the present regulations.

［研究目的及び経緯］

コンクリートは、経済性・施工性・耐久性の面から建設材料としての評価は高く、多くの土木構造物・建築構造物に広く使用されており、現在、道路橋ストックにおけるコンクリート橋の占める割合は約６０％（RC 橋は約２０％、PC 橋は約４０％）に達している。しかし、近年コンクリート構造物の早期劣化（塩害、中性化、アルカリ骨材反応等）による損傷事例の報告がある。この原因として、複合劣化、または鉄筋移動によるかぶり不足等、これに加えて PC 構造物ではプレストレス不足・グラウト充填不足によるひび割れというような施工に起因するものがあるのではないかとも考えられている。このようなことから、コンクリート構造物の耐久性の確保を図るためにより確実な施工と、それを実現するための施工管理が求められている。

そこで、本研究では、ＰＣ橋の建設において、設計で意図した耐久性を確保することを目的に、施工における品質および精度などの管理規定に着目し、現状の施工管理で、管理可能な事項と水準をあきらかにし、管理規定の改善点の検討を行うものである。

［研究内容］

図１に、本研究の研究フロー図を示す。過去の耐久性低下事例の整理と、現行の施工管理規定の整理を並行して行い、耐久性確保に必要な施工管理規定の検討を行うものである。

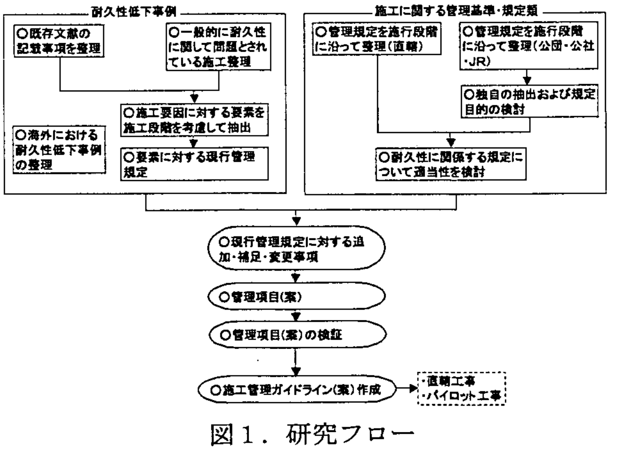


図１．研究フロー

１．13 年度の研究内容

今年度は、図１に示すように「損傷事例の整理」の観点から施工に起因すると考えられる耐久性低下事例についての調査・整理、および「品質管理規定の整理」の観点から土木工事共通仕様書をはじめ道路橋示方書、コンクリート標準示方書等の各基準類の管理項目に関して、耐久性確保の観点からその目的・意図と内容について整理を行った。

（１）耐久性低下事例の整理

１）「耐久性低下事例の整理」の作成手順

文献調査の対象として、全 41 の関連資料の中から、耐久性低下事例が具体的に記述されている 5 文献を

選び出し、特に施工に起因すると思われる耐久性低下事例を抽出した。抽出した 48 の事例は事例毎に、「耐久性低下事例調査シート」としてまとめた（表1に「耐久性低下事例調査シート」の様式を示す。）。

表１．耐久性低下事例調査シートの様式

耐久性低下事例調査シート	分類番号:
1. 構造物	構造物んの情報として種類形式、竣工年、補修年、立地条件及び変状部位に関する項目。
2. 耐久性低下の状況	耐久性劣化の状況・状態の概要を述べる。
3. 耐久性低下の要因	文献内で耐久性低下の原因として述べられているものを「要因」として転記する。
4. 写真/図面	耐久性劣化の状態を視覚的に捉えるための項目。
5. 対応策の概要	耐久性確保・向上のための補修・補強の概要を記述する。
6. 耐久性劣化の遠因	文献内での記述以外に、耐久性を損なうと一般的に考えられることを「要素」として記述する。
7. 参考文献	調査した文献情報を記入する。

2）耐久性低下事例一覧表

「耐久性低下事例調査シート」に基づき、①耐久性劣化の状況、②部位、③要因、④管理規定項目及び⑤要素に着目し、キーワードを抽出した。さらにそれらのキーワードを縦の項目に、調査シートの 48 の分類番号を横の目に取って星取表形式に表し、キーワードの出現回数が度数として表現できるように、「耐久性低下事例一覧表」にまとめた（表２にその一部抜粋したものを示す。）。

表２．耐久性低下事例一覧表（一部抜粋）

耐久性劣化事例一覧表 調査事例件数　48件					
分類番号		合計	1－1	1－2	…
耐久性劣化の状況	ひび割れ	34	○	○	
	滞水	1			
	汚損	1			
	…	…			
部位	地覆・高欄	4			
	床版	29	○	○	
	…	…			
要因	乾燥収縮	6	○		
	沈下	2		○	
	…	…			
…	…	…	…	…	…

3）海外事例調査

２００１年にベルギーで行われた fib ワークショップの成果として出版された「Durability of post-tensioning tendons」（英文）を抄訳し、各国のグラウト問題が比較できるように一覧表を作成した。施工に関する耐久性低下事例、耐久性低下の原因・状況及び耐久性低下に対する対応策に関して各国の実態を比較した。

（２）施工に関する管理基準・規定類の整理

①国土交通省ならびに国土交通省以外の４公団（日本道路公団、首都高速道路公団、阪神高速道路公団、本州四国連絡橋公団）・３公社（名古屋高速道路公社、広島高速道路公社、福岡北九州高速道路公社）・ＪＲ６社（北海道、東日本、東海、西日本、四国、九州）の各管理基準を施工段階に沿って整理を行った（表３に整理を行った基準類を示す。また、表４に整理表の様式を示す。）。

表３．整理の対象となった各基準類

機関		基準類
国土交通省		土木工事共通仕様書(H13)、道路橋示方書(H14)、コンクリート橋施工便覧(H10)
土木学会		コンクリート標準示方書[施工編]（H8、H11、H14
公団	日本道路公団	土木工事共通仕様書(H13.4)、コンクリート施工管理要領(H11.7)、構造物施工管理要領
	首都高速道路公団	土木工事共通仕様書(H12.4)、土木材料共通仕様書(H9.4)、保全(土木編)共通仕様書(H12.10)、建築工事共通仕様書(H12.4)
	阪神高速道路公団	土木工事共通仕様書(H12.10)
	本州四国連絡橋公	土木工事共通仕様書(H12.11)
公社	名古屋高速道路公	土木工事共通仕様書(H11.10)
	広島高速道路公社	土木工事共通仕様書(H13.4)
	福岡北九州高速道	土木工事共通仕様書(H9.5)
JR	北海道	土木工事標準示方書(H11)
	東日本	土木工事標準示方書(H13.5)
	東海	土木工事標準示方書(H13.7)
	西日本	土木工事標準示方書(H8.3)、品質管理マニュアル(H13.6)
	四国	土木工事標準示方書(H10.11)
	九州	土木工事標準示方書(S62.4)

表４．整理表の様式

管理規定項目				土木工事共通仕様書		…	一般的管理状況	一般的検査状況	目的	懸念項目	備考
				規定	記載項	…					
コンクリート工	運搬		規定								
			検査方法								
			検査頻度								
			…								

②①で整理したものに対し、それぞれ独自で規定したと思われるものを抽出ならびに、その規定項目の目的についての検討を行った。

③②より耐久性に関係する規定についてその適当性について検討を行った。

2．14 年度以降の予定

（１）現行管理規定に対する追加・補足・変更事項

前年度に整理を行った現行管理規定に対して追加・補足・変更すべき事項等を「耐久性に対する重要度」「費用対効果」「労力対効果」「現実性」等の観点から検討する。

（２）管理項目（案）の作成および検証

（１）を踏まえ、現行管理規定に対する「管理項目（案）を作成する。また、調査・実験等により管理項目（案）の検証を行う。

（３）施工管理ガイドライン（案）の作成

[参考文献]

○土木学会 324 委員会：
Durability of post-tensioning tendons

地域特性を活かした道路計画手法に関する調査

Investigation on Road Planning Methods putting to Practical Use of Regional Characteristics

（研究期間　平成 12～14 年度）

道路研究部　道路研究室　室長　瀬尾　卓也

Road Department Traffic Engineering Division Head Takuya Seo

研究官　池原　圭一　中野　清人

Researcher Keiichi Ikehara Kiyoto Nakano

Many mismatches of traffic demands and road functions are normally found in urban roads networks of Japan. For example, plenty of access traffic use a road which should be specifically used by through traffic. This study compares Japan with Europe concerning their concept of road planning and actual traffic densities, and extracts issues and present conditions on functional classifications.

［研究目的及び経緯］

我が国の都市内における道路網は、整備量が諸外国に比べ十分でないことや「通過交通の利用に特化すべきだが、沿道アクセス交通が多く混在」、「歩行者などや生活交通の利用に特化すべきだが、通過交通が多い」など道路機能のﾐｽﾏｯﾁが良く見られる。このﾐｽﾏｯﾁの要因としては「機能分類の道路の配置や整備量のﾊﾞﾗﾝｽが悪い」、「道路区間が使われ方(利用実態)に即した構造形態ではない」などが考えられている。一方、欧米では都市道路網における機能分類に関して整備量の理論値やﾊﾞﾗﾝｽなど我が国に無い考え方を持っており、これらを我が国に適用した場合、快適でﾊﾞﾗﾝｽのとれた道路の機能を満足する計画手法を導く可能性がある。

このような背景から、本研究は、日本と欧米諸国の都市を対象として、道路計画の考え方や利用実態を比較し、日本の道路網に関する機能分類上の現状と問題点を抽出し、道路網計画手法の改善点などについて提案するものである。

［研究内容］

1．調査内容

ﾄﾞｲﾂ、ｲｷﾞﾘｽ、ｱﾒﾘｶ、日本を対象として、道路管理者に対するﾋｱﾘﾝｸﾞ、以下の基準・既往文献の調査、ｲﾝﾀｰﾈｯﾄによる道路整備量・交通量の調査を行った。

- ﾄﾞｲﾂ：RAS-N、EAE、EAHV
- ｲｷﾞﾘｽ：Design Manual for Roads and Bridge
- ｱﾒﾘｶ：Functional Classification Guidelines, SUCP(Street Use Classification Policy)
- 日本：道路構造令の解説と運用、都市計画道路整備ﾌﾟﾛｸﾞﾗﾑ策定ﾏﾆｭｱﾙ

2．計画手法の相違

ﾄﾞｲﾂの道路の階層化・機能分類を表-1 に示す。道路がｱｸｾｽ制限、接続・地域内開発・滞在の機能と接続機能により、階層化されていることが判る。表-2 は表-1 中の道路の特徴が記され、道路の機能と受け持つべき

表-1　ﾄﾞｲﾂの道路の階層化・機能分類(RAS-N)

種類別グループ ＼ 接続機能段階		市街地外	市街地内			
		出入り制限有		出入り制限無		
		接続			地域内開発	滞在
		A	B	C	D	E
広域道路接続	I	A I	B I			
地域を越えた／地域道路接続	II	A II	B II	C II		
地方自治体間の道路接続	III	A III	B III	C III	D III	
地域内開発を行なう道路接続	IV	A IV	B IV	C IV	D IV	E IV
下位の道路接続	V	A V	－	－	D V	E V
小路接続	VI	A VI	－	－		E VI

凡例　太線：EAE、二重線：EAHV，－：一般には存在しない

（黒）：問題有　（濃い網掛け）：特に問題有　（薄い網掛け）：該当せず

表-2　道路ｶﾃｺﾞﾘｰに基づく道路区間の表現

道路ｶﾃｺﾞﾘｰ		道路の特徴
A	A I	長距離道路
	A II	近隣地方間／地方内道路
	A III	地方自治体内
	A IV	地域開発道路
	A V	末端道路
	A VI	小道路
B	B II	拡張の余地がある高速道路
	B III	拡張の余地がある基幹道路
	B IV	拡張の余地がある主要道路
C	C III	拡張の余地がある基幹道路
	C IV	拡張の余地がある主要道路
D	D IV	準主要道路
	D V	地域道路
E	E V	地域小道路
	E VI	

交通の特徴が明確に示されている。ｱﾒﾘｶにおいても、同様に交通分担機能、ﾓﾋﾞﾘﾃｨ/ｱｸｾｼﾋﾞﾘﾃｨを考慮して機能分類が行われている。これらは、日本では具体に示されているものではない。欧米諸国と日本とが大きく異なる点である。

3．道路整備量、交通量の比較

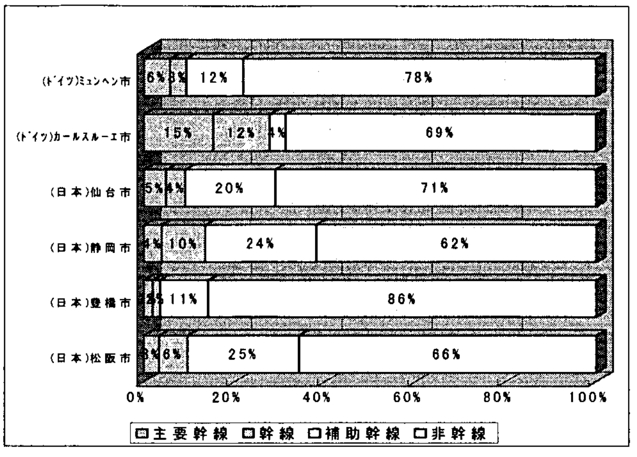


図-1　機能分類別延長構成比の比較

機能分類別延長構成比の比較を図-1に示す。入手できたﾃﾞｰﾀの制約から以下の条件として集計した。

・高速道路等の高規格は主要幹線に含めた。

・ﾄﾞｲﾂは機能分類されてない道路を非幹線とした。

・日本は機能分類されてない道路は、幹線市町村道を補助幹線、幹線以外の市町村道を非幹線、国道を主要幹線、主要地方道を幹線、一般県道を補助幹線とした。

全体的に日本の4都市は、主要幹線の割合が全て5%以下となっており、ﾄﾞｲﾂの2都市に比べ低い値を示す。ｶｰﾙｽﾙｰｴは主要幹線と幹線を併せた合計が最も高く、非幹線は比較的低くなっている。豊橋は主要幹線・幹線道路の合計が最も低く、非幹線が最も高くなっている。

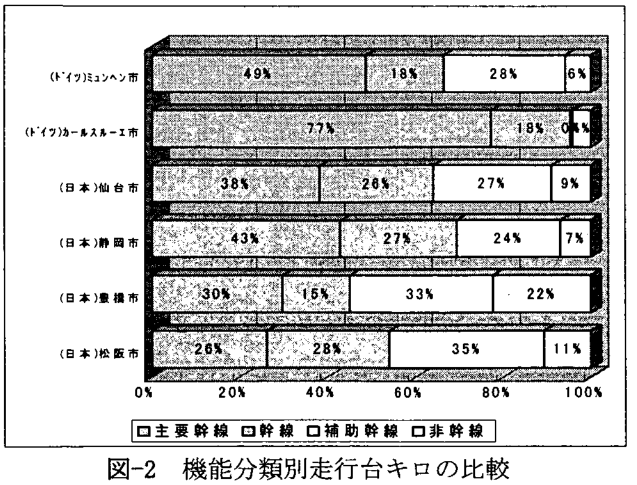


図-2　機能分類別走行台キロの比較

機能分類別走行台ｷﾛ比較を図-2に示す。不明な交通量は補助幹線4,000台/日、非幹線500台/日とした。

全体的にﾄﾞｲﾂの都市は主要幹線の割合が日本の都市に比べ高く、補助幹線と非幹線を併せた合計が日本に比べ低くなっている。特にｶｰﾙｽﾙｰｴでは顕著な傾向を示し、豊橋、松阪は逆の傾向を示す。ﾄﾞｲﾂは延長比率の高い主要幹線により、全体として大量の交通量を受け持ち、結果として補助幹線・非幹線の交通量が低減されている。日本では補助幹線・非幹線に負荷が掛かっていることが伺える。

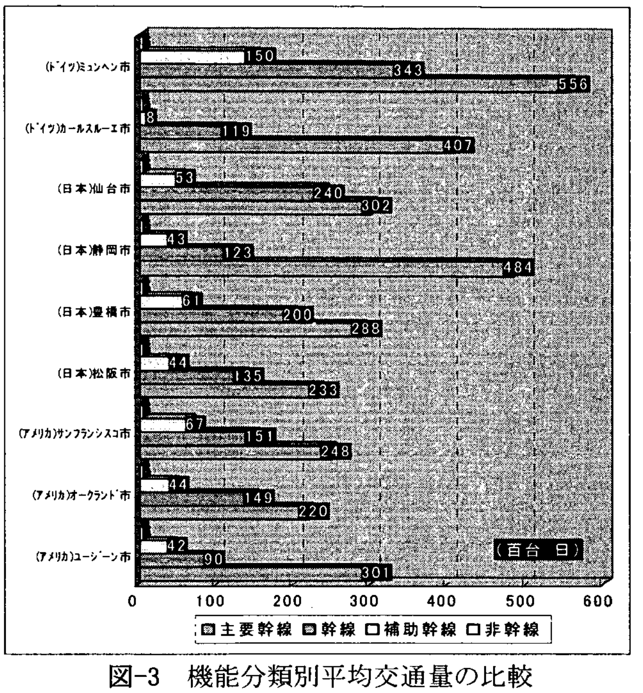


図-3　機能分類別平均交通量の比較

機能分類別平均交通量の比較を図-3に示す。ドイツでは、主要幹線が大量の交通を効率よく処理していることが伺える。静岡市は主要幹線の交通量が多く、大量の交通を効率よく処理しているが、仙台では主要幹線と幹線の差が小さく、比較的幹線の交通量が多いことから、幹線に負荷が生じていることが伺える。

［研究成果］

①欧米の計画手法では、道路の機能と受け持つべき交通の特徴が明確に位置付けられている。

②ﾄﾞｲﾂの都市は日本の都市と比較すると、主要幹線延長の比率が高く多くの交通量を処理し、補助幹線以下の道路の負荷を少なくしている。

今回の調査は入手できたﾃﾞｰﾀに制約があり、ﾃﾞｰﾀの詳細が全て明かな事例が少ないため、上記の結果が一般的に日本との相違と言えるのか検証する必要がある。また、交通の特徴や内訳、環状道路の整備状況・有無などによっても交通量の負担割合は変ってくると思われる。今後、事例を追加し、交通の内訳等詳細な実態を把握するとともに、日本への適用性について具体的な手法を探って行く必要がある。

豊かさに配慮した歩行者利用空間の設計法に関する試験調査

Design method of pedestrian area based on a concept of pleasantness

（研究期間　平成 13～15 年度）

道路研究部　道路空間高度化研究室　　室長　森　望
Road Department　Advanced Road Design and Safety Division　Head　Nozomu Mori
主任研究官　高宮　進
Senior Researcher　Susumu Takamiya

Pedestrian space such as sidewalk has to have the space for passing and/or staying of pedestrians. In recent years, the space where pedestrians can feel pleasantness is also required. In this study, the method of deciding the width of pedestrian space based on these viewpoints is examined.

［研究目的及び経緯］

歩道をはじめとする歩行者空間では、まず歩行者交通の処理や歩行者の滞留のための幅員が必要となる。またそれに加えて近年では、公共財である道路に対して生活の豊かさ等を実感できることが望まれ始めている。豊かさ等に関わる表現としては、賑わいや、落ち着き、広がり、ゆとり、潤い、心地よさなどが考えられ、必要となる場所では、このような着眼点からの歩道等整備も考慮して行くべきである。本研究では、このような着眼点に基づく歩行者空間の幅員決定方法について提案する。

［研究内容］

13 年度は、調査研究の初年度にあたるため、まず豊かさに関わる評価方法を整理するとともに、それを用いた分析を試行した。

1．豊かさ等に関わる評価手法の収集

豊かさ等に関わる評価に際し適用可能な数学的・統計的手法を得るため、豊かさや景観、歩行者空間の価値等の観点から分析を加えた既存の調査結果や研究成果、論文等を収集した。それらの文献から、評価手法とその特徴を簡潔にまとめた（表-1）。

表-1　評価手法と特徴

手法	特徴
因子分析	空間をイメージづける言葉・表現（因子）の探索（→表現軸の解明）。 「因子」と「空間評価値」との関連づけが別途必要。
数量化 I 類 数量化 II 類	「空間構成要素の程度」と「空間評価値」との（直接的）関連づけ。
CVM（仮想市場評価法）	「空間」を「金銭価値」で評価。
AHP（階層分析法）	「空間構成要素」の個別比較により、要素間の重みづけ。 重みづけに従い、「空間構成要素」から「空間評価値」を算定。

これらの分析手法の他では、数量化 I 類、数量化 II 類と同類の分析方法として、近年「コンジョイント分析」も活用されている。コンジョイント分析も、「空間構成要素の程度」と「空間評価値」との直接的関連づけを行うものである。

2．評価の試行

1．で得た評価手法を参考に、歩行者空間に対して豊かさの観点に基づく評価を試行した。ここでは、歩行者空間に関する 9 編のイラストを用い、アンケート調査を実施して分析データを得た（回答者数：91 名）。

表-2　試行した評価手法

手法	調査方法等
因子分析	9 編のイラストを対象。 イラストに対し、各回答者が 23 の形容詞（表-4 の結果欄参照のこと）の観点について 11 段階で評価（そう思う⇔そう思わない）。 アンケート調査結果を因子分析。
コンジョイント分析	9 編のイラストを対象。 イラストに対し、各回答者が豊かさの観点を 11 段階で評価（間隔尺度）。 各回答者が、豊かさの観点から 9 編のイラストを順位づけ（順序尺度）。 間隔尺度、順序尺度の両結果を目的変数として、コンジョイント分析。

また分析手法としては、「因子分析」と「コンジョイント分析」についてその有効性を考察した。表-2 にはそれら調査分析に関わる特記事項を示す。

9 編のイラストは表-3 に示す 3 要素 3 水準を考慮し

て作成した。イラストの一例を図-1 に示す。

表-3　イラストに関する要素と水準

要素	水準
歩道幅員	歩道幅員 3m 歩道幅員 5m 歩道幅員 7m
植樹	なし 植樹帯あり 植樹帯＋並木
ベンチ等	なし ベンチあり ベンチ＋ストリートファニチャー

条件：歩道幅員 5m、植樹帯＋並木、
ベンチ＋ストリートファニチャー

図-1　イラストの例

表-4　因子分析の結果

	第1因子	第2因子	第3因子	第4因子
個性的である	-0.110	0.658	0.480	-0.013
洗練されている	0.322	0.177	0.622	0.265
どこまでも歩きたくなる	0.189	0.516	0.485	0.122
休憩しやすい	0.188	0.194	0.651	0.358
快適である	0.275	0.766	0.222	0.161
開放的である	0.811	0.068	0.318	0.117
広さがある	0.764	0.253	0.211	-0.038
好きである	0.273	0.415	0.569	0.185
楽しい	0.117	0.617	0.451	0.387
親しみを感じる	0.281	0.382	0.415	0.506
明るい	0.444	0.264	0.253	0.602
ゆとりがある	0.492	0.681	0.138	0.194
くつろげる	0.130	0.398	0.548	0.391
落ち着いた	0.405	0.154	0.337	0.561
のびのびした感じがする	0.704	0.110	0.239	0.450
きれいである	0.437	0.325	0.215	0.553
調和している	0.070	0.760	0.096	0.274
うるおいがある	-0.027	0.664	0.282	0.509
歩きやすい	0.767	0.327	0.012	0.227
暖かな感じ	0.119	0.226	0.275	0.698
安全である	0.532	0.151	0.202	0.393
新しい感じ	0.291	0.209	0.510	0.345
すっきりしている	0.727	-0.140	0.077	0.175

因子分析によれば、分析時の固有値の大きさ、累積寄与率等から 4 因子で説明することが好ましいと考察でき、表-4 から、歩行者空間は下記の 4 つの因子とその内容により、道路利用者の表現軸が構成されているものと考えられる。

第 1 因子：開放感、歩きやすさ

第 2 因子：快適、調和

第 3 因子：洗練、くつろぎ

第 4 因子：暖かさ、明るさ

分析結果からこれらの因子と表-3 の 3 要素との関係を概観すれば、定性的に次のようにいえる。

- 第 1 因子（開放感、歩きやすさ）と第 2 因子（快適、調和）は、歩道幅員との関係が強い。
- 第 3 因子（洗練・くつろぎ）と第 4 因子（暖かさ、明るさ）は、植樹やベンチ等の有無との関係が強い。

コンジョイント分析（間隔尺度使用）の結果からは、各要因の効用として図-2 の結果を得た。これによれば、歩道幅員が広いほど、また植樹やベンチ等が存在するほど、豊かさの観点では好ましいということになる。

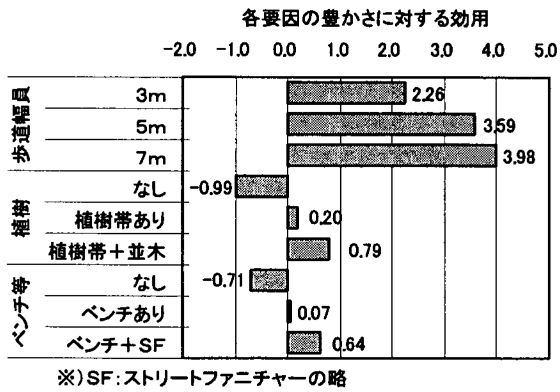


図-2　各要因の効用

［研究成果］

13 年度の調査研究により、次の各点を得た。

① 豊かさ等に関する評価手法として、因子分析、数量化 I 類、AHP（階層分析法）等がある。

② イラストを用いた試行の結果、歩道幅員が広いほど、また植樹やベンチ等が存在するほど、豊かさの点では好ましい。なお本評価に関しては、実際の風景や交通状況、環境（美しさ、清潔さなどを含む）等を材料に取込み、さらなる検討を進めていく必要がある。

［成果の活用］

13 年度に収集・試行した評価手法により、各種データを蓄積しながら、今後は歩行者空間の幅員決定方法へと反映していく。

高齢運転者の特性を踏まえた交差点等の構造・設計に関する試験調査

Research on design of intersections based on the characteristics of elderly drivers

（研究期間　平成 13～15 年度）

道路研究部　道路空間高度化研究室　室長　森　望
Road Department　Advanced Road Design and Safety Division　Head　Nozomu Mori
主任研究官　高宮　進
Senior Researcher　Susumu Takamiya

With the progress of elderly society in Japan, it is forecasted that the number of elderly drivers will increase in the future. Elderly driver has various characteristics for driving. For example, it is difficult for him to drive adequately at intersections and at curve sections. In this study, these characteristics of elderly drivers are analyzed and traffic safety countermeasures for them are examined.

［研究目的及び経緯］

高齢社会の進展に伴い、運転免許を保有する高齢者が増加している。また少子化や核家族化の進行に伴い高齢者のみの世帯が増加しており、生活の足を自らが運転する自動車に頼る高齢者も増えている。このため、今後とも高齢ドライバーが増加していくことが予想される。

高齢ドライバーは、交差点での右折や加速車線を使った合流など、短時間に幾つかの認知・判断・行動を繰り返す作業を苦手とするといわれており、このような交通場面における高齢者自身の問題や、道路・交通環境側での改善点を把握しておくことが重要である。

本研究ではこのような点に鑑み、高齢ドライバーの特徴を考慮しながら、交差点等における交通安全対策を検討し、交通事故の防止や快適な道路交通環境の実現に向けた考察を行う。

［研究内容］

13 年度は、調査研究の初年度にあたるため、次の 2 点の調査・分析を通じて、高齢ドライバーが関わる危険事象やそれらの特徴をまとめた。

①高齢者に参加を募り、「自動車運転時におけるヒヤリ地図」を作成して、高齢ドライバーのヒヤリ事象の発生場所と特徴を把握した。

②高齢者が関わる交通事故について分析し、その特徴を整理した。

1．高齢ドライバーによるヒヤリ地図づくりと、ヒヤリ事象の特徴

ヒヤリ地図は、主に普段から車を利用している高齢者（65 歳以上）を対象とし、詳細な道路地図を見てもらいながら、道路利用時に「ヒヤリ」、「ハッ」とした危険事象の場所と状況を個別に指摘してもらって、その結果を地図上に示すことから作成した。危険事象の詳細は、調査員がヒアリングを重ねることにより得るものとした。高齢者はつくば市在住の方とし、合計で 111 名（男性 92 名、女性 19 名）から危険事象を得た。

危険事象はつくば市内で発生したものを対象とするものとし、表-1 のヒヤリ体験、危険認識の別に、『いつ、どこで、どのようにヒヤリ体験をしたのか』など、できるだけ具体的な回答を得た。

危険事象の収集結果を表-2 に示す。本調査は高齢者に対して直接ヒアリングする形式としたため、1 人あたりの危険事象数は比較的多く、1 人あたり 3.5 箇所の指摘となった。また、危険事象がつくば市内の広範

表-1　危険事象の分類

	具体的内容
ヒヤリ体験	交通事故には至らないものの、一歩間違えれば交通事故になる可能性が高かった体験
危険認識	実際にヒヤリ体験したわけではないが、危険が感じられたり、そのために注意したりしている状況

表-2　危険事象数等

危険事象数		危険事象地点数	
ヒヤリ体験	163	6 人が指摘	1
危険認識	223	5 人が指摘	1
その他	3	4 人が指摘	1
合計	389	3 人が指摘	4
		2 人が指摘	41
		1 人が指摘	280
		合計	328

囲に分布する形となったため、2 人以上の指摘が重なった箇所は 48 箇所と、全危険事象地点（328 箇所）の約 15%で比較的少ない結果となった。

別途実施した「非高齢ドライバーによるヒヤリ地図」との比較結果も勘案しながら、本調査の結果を考察すると次のようになる。

(1) 高齢者の危険事象は、居住地の近くで発生する。

つくば市域を 5 つの地区（桜、豊里、大穂、谷田部、筑波）に分割し、高齢者の居住地区と危険事象地点との関係を見ると、危険事象の概ね 6～7 割が高齢者の居住地区内で発生していた。これは、高齢者の活動範囲が自宅周辺を中心としているためであろうが、それと同時に、高齢者は自宅周辺で危険事象に遭っていることがわかる。

(2) 高齢者の危険事象は、市道などの身近な道路で発生する。

危険事象地点の道路種別をみると、高齢者の危険事象は市道で発生している割合が高い。これは(1)とも関係し、居住地近くの市道で危険事象が発生しているためとも考えられるが、一方で、調査時の高齢者の回答には、「幹線道路は交通量が多いので極力利用していない。昔からあって、よく知っている道路を使っている。」というものもあり、高齢者がよく知っている道路を選択しながら利用しているためとも考えられる。

また、危険事象地点の分布を見ると、旧県道で発生しているケースも多く見られた。道路の新設により主交通は新県道に移るようであるが、高齢者の自動車交通は旧県道を相変わらず利用していることが原因でこのようになったものと考えられる。

本調査研究では、危険事象の指摘が重なった地点での現地調査も実施した。写真-1 は、最も多く指摘が重なった地点の状況である。この道路は村落内を通る旧県道であり、左からの自動車は一時停止の後、この旧県道を横切っている。危険事象は、この左からの交通と旧県道を通行する交通との間の見通しが確保されていないために生じている。新県道は既に開通しているが、この旧県道と左側道路からの自動車交通は未だに多いと感じられ、このような場所での安全対策（見通しの確保や、自動車速度の抑制等）は引き続き実施すべきと考えられる。

写真-1　危険事象箇所の状況

2．高齢ドライバーが関わる交通事故の分析

（財）交通事故総合分析センターが保有する事故データから、高齢者が関わる交通事故（計 106 件）を抽出し、それらの特徴や要因を分析した。要因等のうち主なものを表-3 に示す。

事故の特徴や要因としてまず挙げられるのが、信号無視、一時停止無視、脇見運転などである。これらに対しては、高齢ドライバーの自覚を高めるなど、人的側面での対策を十分に行う必要がある。

それ以外には、見通しの悪い交差点で確認のために車両先端を交差点に進めて事故になった例や、車両等の陰で確認すべきものが隠れていて事故になった例、他車の速度を判断ミスした例などがある（表-3 の網掛け部）。これらは一見、高齢ドライバーの人的要因とも考えられるが、これらの要因を引き起こさないように、道路側でも、十分な確認ができるよう『視界』を確保するなどの処置が必要になってくると考えられる。

表-3　高齢者の事故要因（主要なもの）

	要因等	件数
1	信号無視	10
2	一時停止無視	17
3	脇見運転	7
4	未確認のまま交差点への頭出し	5
5	車両等の陰になる位置の確認不履行	5
6	他車速度に対する判断ミス	11
7	その他確認の不履行、不十分等	21

［研究成果］

13 年度の調査研究より、次の各点を得た。

① ヒヤリ地図の作成において、高齢者が身近な道路で視認性の問題を指摘するケースが多く見られた。

② 事故データからは、高齢者が見通しの悪い交差点を未確認のまま、車両先端を交差点に進めて事故になった例などが見られた。

③ これらから、視認性や視界の改善を行うことが重要であると考察できた。

［成果の活用］

13 年度の調査結果を参考に、14 年度以降は、高齢ドライバーの特徴等を勘案した交通安全対策について検討する。また最終的には、これら知見を集約し、「交通事故対策マニュアル」としてとりまとめる。

道路の機能を考慮した空間再配分と道路構造に関する調査

Road space reallocation and road structure based on new road functions

（研究期間　平成 13～15 年度）

道路研究部　道路空間高度化研究室　室長　森　望
Road Department　Advanced Road Design and Safety Division　Head　Nozomu Mori
主任研究官　高宮　進
Senior Researcher　Susumu Takamiya

In resent years, with improving road network in a region or change of the needs for roads, there are some cases that existing roads must be reconstructed to fit to new arrangement of road functions. Road space reallocation of existing road structure, as this case, will be necessary for road construction and management in future. In this study, road space reallocation based on road functions is examined.

［研究目的及び経緯］

本格的な高齢社会の到来や投資余力の減退が予想されるなど、道路を取巻く社会的環境は変化している。これと同時に、既存道路を有効に活用したいという生活者のニーズや、道路整備後の周辺事情の変化（沿道開発や交通の変化）に応じて道路を改築する必要が生じる場合などがあり、今後の道路整備・管理においても、既存道路空間を活かした道路空間づくりを行っていくことが必要と考えられる。本研究では、道路機能や道路が果たすべき役割を勘案するとともに、望ましい道路機能再配分のあり方やそれに応じた道路構造を検討する。

［研究内容］

13 年度は、道路機能の再配分に関わる海外基準類を収集、分析するとともに、国内外における事例調査を実施した。

1．道路空間再配分の分類

13 年度の各調査に先立ち、道路空間再配分に関して分類し概念を定義づけた。分類は、「課題の所在」と「対応の方法」に着眼して行い、表-1 のように分類結果を得た。

ここでは、バイパス整備により旧道の道路空間を再配分するケース（分類 3）などに加えて、地域コミュニティの活性化などのために、時間を限って道路空間

表-1　道路空間再配分の分類

	分類と内容	具体例
1	**「道路空間に対する、道路利用者や地域住民などからの要望・要求」と「要望等への対応」** （内容）地域コミュニティの場の創出や商店街の活性化、道路環境改善などのために、新たに道路活用の要望・要求が生じ、それに対応するケース	・地域コミュニティや商店街の中心となる道路において、イベント、オープンカフェ等の開催要望。道路空間はそれに対応できるよう改築し、時間を限って歩行者天国化。 ・道路環境改善の要望・必要性から、車道の縮小と、歩道・自転車道・植樹帯の設置・拡幅などの実施。
2	**「道路整備後の経過に伴う道路の使われ方の変化」と「変化に対する是正」** （内容）道路整備後に、沿道開発が起きたり人口流動が生じたりして、整備直後と比べて道路の使われ方が変化したことから、道路の使われ方に対して道路空間を是正するケース	・沿道施設の開発等により歩行者交通が増大。一方で、実体上歩道側 1 車線は路上駐車に使われていたため、歩道側車道を削減して歩道を拡幅。 ・自動車交通の増加に合わせて、道路空間を改築し、車線数を割増し。
3	**「道路ネットワークにおける道路の役割分担の不整合・混乱」と「役割の統合・再配分・分担」** （内容）並行する道路に同一機能の役割を持たせるよりも、道路の役割を統合・分担した方が好ましいケース（ネットワークの観点から道路の役割を統合・分担）	・バイパス整備により旧道の自動車交通が減少したため、旧道では車道の幅員を縮小し、その分歩道を拡幅。 ・現道と旧道とが並行しているものの、歩行者空間が不足しているため、現道は自動車交通を重視し、並行する旧道を歩行者空間化することで役割を分担。

を特別に使用するケース（分類 1）も道路空間再配分とした。

2．海外基準類、報告書類の分析

ドイツやイギリスでは、道路空間を再構築した例や、ショップモビリティ等を通じて道路空間を有効利用した例が報告されている。ここでは、ドイツ、フランス、イギリス、アメリカの4カ国を対象に、関連する技術基準類並びに記述内容について、収集・分析した。

ドイツでは道路空間再構築が盛んであるが、再構築のみを対象とした技術基準類は存在せず、道路の新設・改築の両面に適用できる技術基準類を参考に、それぞれの事業が進められている。例えば、バイパスや高速道路の整備に応じて旧道の果たす役割が変化した場合には、既存の技術基準類に照らして、旧道の機能や果たすべき役割を再考しそれに応じた道路空間となるよう再構築が進められている。

ドイツでは、関連する技術基準類として EAHV93（和訳書名：都市内幹線道路の設計に関する勧告）が参考になる。ここでは、道路ネットワークの位置づけから当該道路が都市内幹線道路に分類された場合に、地域の状況に応じて道路の機能を考慮し、それに応じて必要な道路構造要素が決定される。都市内幹線道路は場所に応じて道路機能も様々に異なるため、道路の横断面構成も場所によって様々となる。

3．事例調査結果

欧州及び国内において、道路空間再配分事例を収集した。以下には、その一例を示す。

<u>○ドイツ・ヘネフ市における事例</u>

<背景・経緯>

ヘネフ市は、ボン市の郊外に位置する人口約3万人の都市であり、その中心市街地を迂回するように4車線のバイパスが整備された。これにより、市街地を通過していた幹線道路の交通量が減少するとともに、この道路が従来持ち合わせていた「自動車交通処理の機能」に代わって、歩行者や自転車の通行、商店街としてのまとまりなどが新たな道路の機能として考えられるようになった。そこで、この3kmの区間について、道路空間の再構築が実施された。

<特徴>

3kmの対象区間では、商業が集中する区間や、旧来の邸宅が並ぶ区間などがあり、それぞれの沿道土地利用や地形、歩行者等のニーズを考慮しながら再構築が行われた。

<具体の対策>

具体の対策の例は、次のようである。

・ 商業地区では中央帯を配し（車道との高低差は設けない）、自動車の速度抑制と歩行者の横断を補助（写真-1）。
・ 旧来の邸宅がある区間では、邸宅の配置を活かし、道路を蛇行させて、自動車の速度抑制に活用。
・ 市街部入口にはロータリーを設置して、これ以降が市街部であることを明示（ゲートとしての効果の確保：写真-2）。

写真-1　歩行者横断を考慮した中央帯

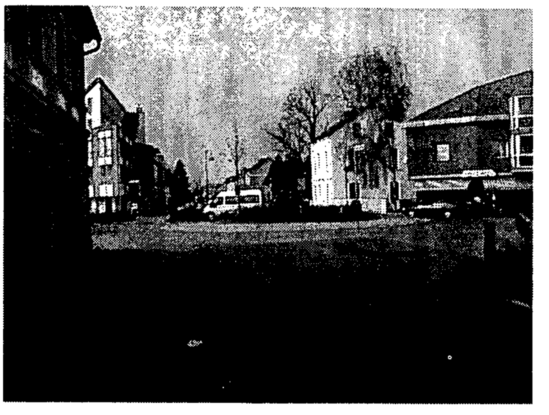


写真-2　市街部入口を明示するロータリー

［研究成果］

13年度の調査研究により、次の各点を得た。

① RAS-N、EAHV93、EAE85/95など、ドイツをはじめとした各国における道路空間計画に関する技術基準類を収集した。これらは、再構築のみを対象とした基準ではないが、道路機能の変化に応じて道路空間を再構築していく考え方が参考になる。

② ヘネフ市、エア・エアケンシュヴィック市、ケルン市、フライブルグ市（以上、ドイツ）、ストラスブール市（フランス）、名古屋市、横浜市などにおける対策事例を収集した。

［成果の活用］

13年度に収集・分析した情報を活用し、14年度以降は、我が国における道路空間再配分の考え方をとりまとめるとともに、手順や具体的対策の例示等を図り、最終的には、「道路空間再配分マニュアル」としてとりまとめる。

交通基盤施設整備事業の評価手法に関する調査

Study of Evaluation Technique of Traffic foundation facility projects

（研究機関　平成 12～14 年度）

道路研究部　道路研究室　主任研究官　高橋敏彦
Traffic Engineering Div., Road Dept.　Senior Researcher　TAKAHASHI Toshihiko
研究官　吉田秀範
Researcher　YOSHIDA Hidenori

Now, all over the country, there is the design or the plan of six strait crossing road projects. Each regional bureau is analyzing the effect to the social economy of this project, and are making cost-benefit analysis in order to judge investment efficiency objectively. Nillim examines the framework and the technique of evaluation, and supports each regional bureau.

[研究目的及び経緯]

現在、全国には６つの海峡横断道路プロジェクトの構想があり、各地方整備局では、当該プロジェクトによる社会経済への影響・効果の分析や投資効率性を客観的に判断するための費用便益分析等の検討が進められている。このため、国総研においては、こうしたプロジェクト評価の枠組みや手法について検討を進めるともに、これらをとりまとめ、各整備局の支援を行うことを目的としている。

[研究内容]

①プロジェクト評価の枠組み、②評価項目、③評価手法といった視点から横断的な整理を行い、その成果を関係地方整備局に配布した。

[研究結果]

1．評価体系と計測手法の概況整理

各海峡横断道路プロジェクトにおける評価は、いずれも「道路利用の変化に伴う直接的影響」(直接効果)と「道路利用の変化を通じて社会経済活動に波及する間接的影響」(間接効果)といった２つの視点から捉えられている。

また、「直接効果」を評価するための効果項目は、直接的な受益者である道路利用者に着目した「道路利用効果」と、沿道及び地域社会への直接的な影響を評価する「環境効果」と「住民生活効果」に分類される。

一方、「間接効果」については、地域計量経済モデルや一般均衡モデルなどにより、地域の生産額や雇用・所得といった地域経済への影響や税収の変化など地域の財政面に与える影響などの「地域経済・財政効果」が定量的に計測されており、各地域の社会及び経済構造の変化を定量的に評価できるモデルの適用が試みられている。

以下に、効果項目別に評価手法の検討の概況を整理した。

(1) 直接効果

【道路利用効果】道路利用効果については、現行の事業評価手法と同様、走行時間短縮、走行費用減少、交通事故減少に関する便益の計測を行っている。また、一部のプロジェクトでは、走行の快適性、定時性の向上に関する便益の評価を試みている。

【環境・住民生活効果】道路利用効果に加え、多くのプロジェクトで、環境改善（NOx,CO_2排出削減）、生活安心感の向上、リダンダンシー向上といった環境・住民生活に関する効果の計測が検討されている。ただし、プロジェクトにより計測項目やその計測手法（ＣＶＭ等を適用）が異なっている。

(2) 間接効果

【経済波及効果】経済波及効果については、各海峡横断道路で地域生産額、雇用・所得、税収等地域経済活動に係わる諸指標の分析が行われている。ただし、経済活動における効果（金銭的外部効果：生産額など）と費用便益分析で適用する便益との区別、資産価値増大効果（地価上昇効果）と利用者便益の重複関係などについて言及していないものが多い。

(3) 交通流動変化の予測手法

交通流動推計（ＯＤ表推計）については、「現在パターンＯＤ表」、現状の交通流動時間が短縮することによる交通行動の変化を見込んだＯＤ表、さらに関連プロジェクトによる誘発交通量を見込んだＯＤ表などを作成し、海峡横断道路の利用台数予測、利用者便益を計測している。

また、一部プロジェクトでは、経済波及効果分析より得られる立地変化や経済活動変化等を交通需要予測に反映させた手法について検討している。

(4) 経済波及効果の分析手法

経済波及効果の分析は、すべての海峡横断プロジェクトで実施されており、いずれの場合も、手法として地域計量経済モデル又は応用一般均衡モデルを適用した検討を行い、地域の経済活動等に与える影響を多面的に捉えようとしている。

[研究の活用]

本調査結果が幅広く活用されるよう、得られた成果を整備局にフィードバックする。

表　各海峡横断道路プロジェクトにおいて取り組まれている評価手法等のとりまとめ

効果項目／評価手法／海プロ名	直接効果								間接効果		
	道路利用効果			環境効果	住民生活効果				地域経済・財政効果		
	交通需要予測モデル（消費者余剰法等）	CVM	定性的記述	交通需要予測モデル	CVM	消費者余剰法	地域計量・一般均衡モデル	定性的記述	地域計量経済モデル	一般均衡モデル	ヘドニックアプローチ
東京湾口	● 走行時間短縮 走行費用減少 交通事故減少	×	−	● (NOx、騒音、CO2)	×	×	×	● (交流機会の増大)	●(土地利用総合モデル) 生産額、雇用者所得、消費、税収 等	×	×
伊勢湾口		● (走行快適性向上)	−		● 緊急施設へのアクセス 地域アイデンティティ	● (リダンダンシー)	●	×	×	● 生産額、世帯数、地代、税収、財・サービス価格 等	×
紀淡海峡		● (定時性向上)	−	● (NOx、CO_2、CO)	● 道路空間利用	● (リダンダンシー)	●	×	● (就業人口、雇用者所得、生産額、消費、地価、税収 等)	●	● (資産価値増)
豊予海峡		×	−	×	×	×	● (リダンダンシー)	● 生活行動変化 交流機会増大	×	● 生産額、雇用者所得、税収、財・サービス価格、労働需要 等	×
関門海峡		×	● 定時性確保	● (NOx、CO_2)	×	×	×	● 通勤・通学流動変化 観光圏域拡大 総合医療体制充 交流機会増大	×	● 生産額、財・サービス価格、労働需要 等	×
島原天草長島		×	−	×	×	×	×	● リダンダンシー向上 通勤・通学流動円滑化 観光圏域拡大 生活行動変化 交流機会拡大	● 生産額、雇用者所得、消費等	×	×

資料：各種報告書等

長大橋梁の橋面構造の合理化に関する調査

Investigation on Rationalization for Surface Structures of Long and Large Bridges

（研究期間　平成 10～13 年度）

道路研究部　道路研究室　　室長　　瀬尾　卓也
Road Department Traffic Engineering Division Head Takuya Seo
研究官　　池原　圭一　中野　清人
Researcher Keiichi Ikehara Kiyoto Nakano

Fukaya bridges, available for vehicles and walkers, were applied open-grating floors in Kanazawa, at first in Japan. We investigated slide frictions on open-gratings with snow, snow situations on open-gratings, and change of snow situations by traffics. In result, slide frictions values were over a value of safety and it was considered that snow-removing work was reduced by applied open-gratings.

［研究目的及び経緯］

海峡横断道路ﾌﾟﾛｼﾞｪｸﾄなどでの建設コストの縮減や強風時の安定性の確保を目的として、超長大橋の走行面にｵｰﾌﾟﾝｸﾞﾚｰﾁﾝｸﾞ（以下OGと呼ぶ。）床版を適用することが検討されている。走行面に適用した際の走行上の安全性については、これまで、国内においてあまり検討が行われていない。

道路研究室では、最適な摩擦係数を確保でき、走行の安全性を確保できるｸﾞﾚｰﾁﾝｸﾞの形状を開発・提案するために本州四国連絡橋公団と共同研究を行ってきた。その結果、最も安全性が高いと考えられるOGが、平成13年3月に北陸整備局金沢工事事務所管内の一般橋梁（深谷橋）の床版に施工された。これは、一般橋梁へ適用した場合に建設コストの縮減や冬期除雪作業の軽減などを検証するなどのために実施されたもので、我が国では初めての試みである。

本報告は、施工後の深谷橋を対象として平成13年度に冬期OG面の路面状況や走行安全性の調査などの追跡調査を実施した結果について報告するものである。

［研究内容］

（１）深谷橋およびｸﾞﾚｰﾁﾝｸﾞの構造

橋長16.3m，幅員5.0mの2橋（亜鉛ﾒｯｷﾀｲﾌﾟと塗装を施したﾀｲﾌﾟ）に架設され、設計活荷重TL-25（Ａ活荷重）、上部工はＨ鋼桁４主桁橋として設計・施工された。OGの形状を写真-1に示す。格子形状は、5cm×10cmの菱形状で上面には切れ込みを入れ摩擦抵抗を高める構造としている。すべり摩擦抵抗は、通常のｱｽﾌｧﾙﾄ路面（以下As面と呼ぶ。）に比して数値は小さいが、道路構造令で制動停止を決める際に使われているの数値は満足している。

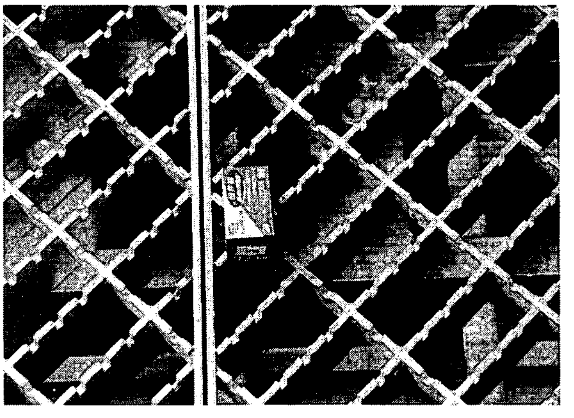


写真-1　ｵｰﾌﾟﾝｸﾞﾚｰﾁﾝｸﾞの形状

（２）積雪状況調査

積雪状況調査は３度実施した。降雪量は例年に比べて少なく、最大で積雪 17cm 程度(OG 面では 12cm 程度)、気温・OG 面温度・As 面温度はほぼ-1～1℃の範囲であり、OG や As 面が凍結する状況には至らなかった。最大積雪時における OG の積雪状況を写真-2 に示す。格子の間隙には積雪がない箇所が目視で約 30%程度見られた。雪質は、比較的水分を多く含んだ密度の高い

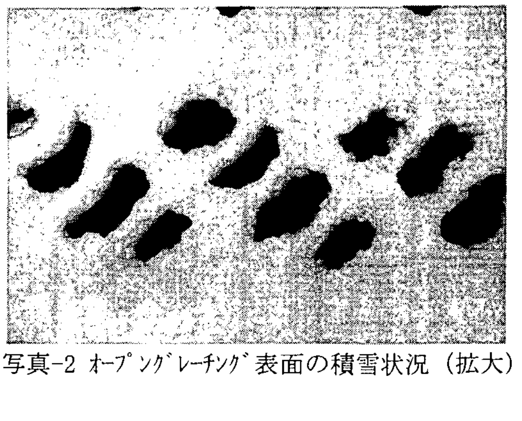


写真-2 ｵｰﾌﾟﾝｸﾞﾚｰﾁﾝｸﾞ表面の積雪状況（拡大）

ものであったため、OG 上に 12cm の積雪が残ったものと考えられる。この積雪の状況は、雪質や風の強さなどによって、影響を受けると推測できる。

車両通行による積雪状況への影響を調べるため、大型車、小型車、原付二輪車を用いて走行実験を行った。写真-3 に走行試験の状況を示す。大型車の 1 回の走行後、雪は OG 面下や格子内に落ち、路面上にはｸﾞﾚｰﾁﾝｸﾞの上面がほぼ露出した状態となった。小型車、原付二輪車では、ｸﾞﾚｰﾁﾝｸﾞ継目部で若干積雪は残るが、それ以外の箇所は大型車とほぼ同様な結果となった。走行試験後の路面状況を写真-4 に示す。OG 面ではｸﾞﾚｰﾁﾝｸﾞ上部が完全に露出しているのに対し、As 面は圧雪となっていた。以上から、今回の雪質と積雪量では車両の通行により、OG 面の積雪は下に落ち、除雪作業がかなり軽減されると考えられる。

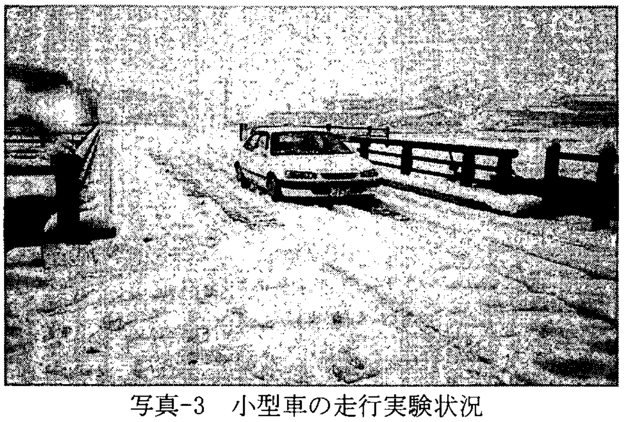


写真-3　小型車の走行実験状況

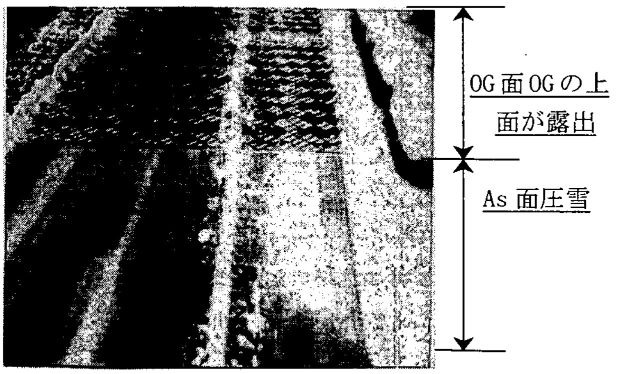


写真-4　走行試験後の状況

（3）すべり摩擦測定

新雪の状態において、OG 面と As 面を 20km/h で連続に数回測定した縦すべり摩擦係数の比較を図-1 に示す。OG 面の測定値は回数毎での変化は少なく、道路構造令に使われている縦すべり摩擦係数（20km/h 時 0.44）より大きな値を示している。一方、As 面は 2 回目までは OG 面と同等であるが、3 回目では 0.44 より小さくなり、4 回目ではついに 0.2 以下で氷・氷盤と同レベルの数値となった。これは 3 回目以降の測定時に As 面ではほぼ圧雪状態になっていたと考えられる。

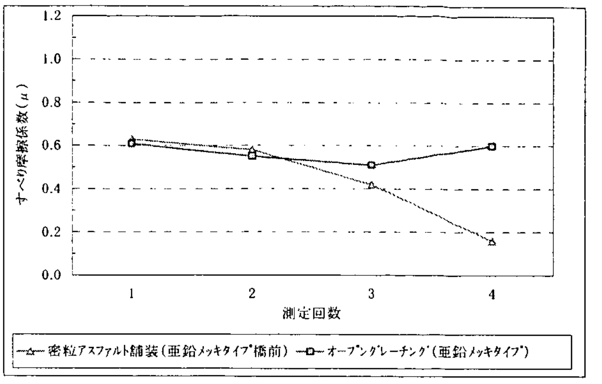


図-1　積雪状態の縦すべり摩擦係数比較

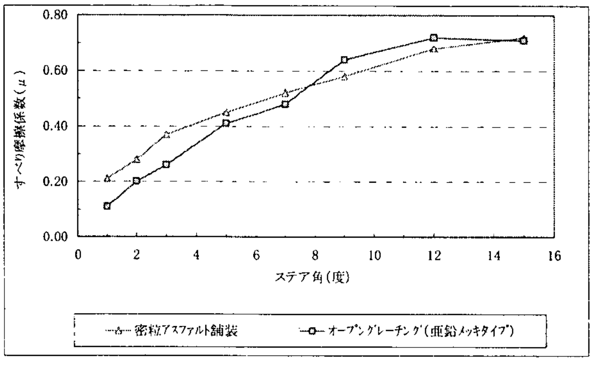


図-2　積雪状態の横すべり摩擦係数比較

縦すべりに注目した場合、積雪時は As 面よりも OG 面の方が車両の走行安全性は高いと言える。横すべり摩擦係数は、図-2 に示すが、縦すべりの測定後に行ったため、積雪深・気温の変化が大きく、値のﾊﾞﾗﾂｷが見られたが、最大横すべり摩擦係数で比較するとほぼ同等程度であった。

［研究成果］

①すべり摩擦係数や走行安全性を確保できるｸﾞﾚｰﾁﾝｸﾞの基本となる構造・形状が明らかになった。

②積雪状況下では縦すべり摩擦係数に着目すると As 面よりも安全性は確保され易い。

③積雪地域では、ｸﾞﾚｰﾁﾝｸﾞは除雪作業の軽減となり、一般橋についても、適応できる可能性が高い。

［成果の発表］

中野，石橋，ｵｰﾌﾟﾝｸﾞﾚｰﾁﾝｸﾞ床版橋の施工について，ゆき，N047, 2002. 4

［成果の活用］

今回調査した状況と類似する地域においては、十分に適応可能と考えられる。しかし、積雪調査は今回初めて実施したものであり、今後さらに効果を十分に確認するために同様の追跡調査を行う必要がある。また、異なる条件下の追跡調査についても行う必要がある。積雪量が多いケースや気温が低く OG 面が氷結するケース、また異なる雪質の条件下では雪積状況やすべり摩擦は変ってくるものと考えられる。

危機管理技術研究センター地震防災研究室

Earthquake Disaster Prevention Division, Research Center for Disaster Risk Management

大規模地震を想定した長大橋梁の耐震設計法の合理化に関する試験調査

Study on Seismic Design Method for Long-span Bridges against Major Earthquakes

（研究期間　平成 10～14 年度）

研究官／Researcher　片岡　正次郎／Shojiro Kataoka
研究員／Researcher Engineer　松本　俊輔／Shunsuke Matsumoto

A procedure for formulating design earthquake motions for long-span bridges has been studied utilizing strong motion simulation methods. A stochastic Green's function method is developed and applied to the simulation. Design earthquake motions for the strait-crossing bridges are proposed based on the simulated earthquake motion.

［研究目的及び経緯］

東京湾口、伊勢湾口等において超長大橋の建設が計画されているが、これらの地域は過去の大地震の震源近傍に位置し、極めて厳しい地震環境下にあるため、大規模地震を想定して設計地震動を設定する必要がある。一方、震源断層の破壊過程をモデル化して強震動を合成する、断層モデルを用いた地震動推定手法が提案されてきており、大規模地震の震源近傍で発生する強震動についてもその有効性が認識されつつある。本課題は、断層モデルを用いた地震動推定手法の実用性を高め、その推定地震動に基づく設計地震動の設定手法を提案することを目的としている。１３年度は、提案している断層モデルを用いた地震動推定手法をさらに高度化し、将来発生する地震を想定した断層モデルの設定手法とともに、その具体的な手順をとりまとめた。また、この提案手法によって推定した地震動に基づいて、東京湾口、伊勢湾口、紀淡海峡において計画されている超長大橋の試設計のための動的応答解析用入力地震動を提案した。

［研究内容］

内陸活断層による地震（内陸地震とよぶ）と海溝などのプレート境界で発生する地震（海溝型地震とよぶ）では、例えば断層面積と地震モーメントの関係など、各断層パラメータ間の関係が異なる。そこで、内陸地震と海溝型地震に分けて、それぞれの地震が将来に発生する場合を想定した断層モデルの設定手法を提案した。

地震動の推定には、比較的必要なデータが少なく任意の地点に適用できる、統計的グリーン関数法を用いる。この手法は、地震記録の統計解析を行うことにより、中小規模の地震による地震動（統計的グリーン関数）を地震規模と震源距離等から推定し、それらを大規模地震の断層モデルに従って重ね合わせることによって大規模地震の地震動を合成するものである。

内陸地震と海溝型地震では、例えば、同じ規模の地震でも地震動の特性が異なることから、本研究ではこれら２種類の地震に分けて統計解析を行うことにより、中小規模の地震による工学的基盤（S 波速度 700m/s 相当）における地震動の推定式を地震の種類別に新たに作成した。それらの推定式から作成した小地震による地震動を合成し、大規模地震による地震動を推定する手法を開発した。

1923 年関東地震の再来を対象として、提案手法を用いて断層モデルを設定した。ただし、破壊開始点とアスペリティ（断層面の中でも特にくい違い量が大きい領域）の位置については事前に想定することが困難なため、断層面内で系統的に設定した。また、設定した断層モデルに基づき、観音崎地点における地震動の試算を行った。1923 年関東地震に対して推定されている断層モデルと観音崎地点の位置を図-1 に示す。

［研究成果］

断層の走向、傾斜角、断層長さ、断層幅は図-1 に示した 1923 年関東地震の断層モデルと同一にしているが、その他のパラメータについては海溝型地震についての平均的な関係式に基づいて設定した。また、図-2 に示す 5 ケースの破壊開始点位置、9 ケースのアスペリティ位置、3 ケースの破壊伝播速度を用い、計 135 ケースの断層モデルを設定した。

これらの断層モデルを用いて地震動の試算を行った結果、得られた地震動の加速度応答スペクトルを図-3に示す。この図には、１０年度に1923年関東地震の際の観音崎地点における地震動を経験的グリーン関数法で試算した結果も示してある。図によると、同じ固有周期で比較すれば、統計的グリーン関数法で試算した結果は5倍程度変動しており、断層モデルの設定が推定地震動に大きな影響を及ぼすことが分かる。また、経験的グリーン関数法で試算した結果は、統計的グリーン関数法で試算した結果の変動幅にほぼ含まれている。

これら２つの手法により試算した結果をもとに、図-3に示すような３つの直線からなる設計用加速度応答スペクトルを暫定案として仮設定した。これは、工学的基盤（S波速度700m/s相当）において定義されたものであり、周期0.1[s]～1.2[s]では2000[cm/s^2]の応答加速度をもっている。

統計的グリーン関数法で試算した地震動から、加速度応答スペクトルが全固有周期においてある程度大きいもの一つを選択し、仮設定した加速度応答スペクトルにフィッティングすることで、動的応答解析用入力地震動の暫定案を提示した。この入力地震動の加速度波形と速度波形を図-4に示すが、最大加速度1100[cm/s^2]、最大速度150[cm/s]の非常に大きな振幅をもっており、継続時間が長く、海溝型巨大地震による地震動の特徴を示していることが分かる。

ここでは東京湾口の例を示したが、伊勢湾口、紀淡海峡についても同様の検討を行い、動的応答解析用入力地震動の暫定案を提示した。

［成果の発表］

K-net 強震記録を用いた加速度応答スペクトルと経時特性の推定式の検討, 第26回地震工学研究発表会講演論文集, pp.397-400, 2001.

想定地震に基づくレベル２地震動の試算, 第26回地震工学研究発表会講演論文集, pp.401-404, 2001.

想定地震に基づくレベル２地震動の設定手法について, 第26回地震工学研究発表会講演論文集, pp.405-408, 2001.

［成果の活用］

本研究で暫定案として提示した動的応答解析用入力地震動は、現在、東京湾口、伊勢湾口、紀淡海峡横断道路等の試設計のための耐震安全性検討に用いられている。

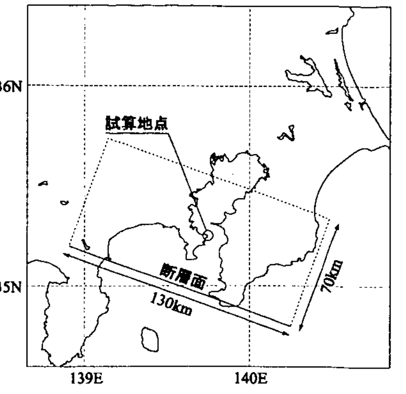


図-1　対象地震の断層面と観音崎の位置

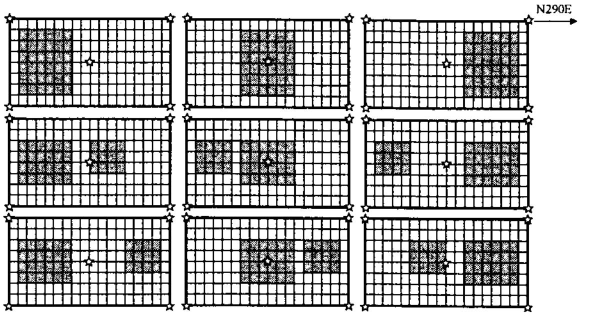


図-2　アスペリティ位置を変更した断層モデル
（☆：破壊開始点）

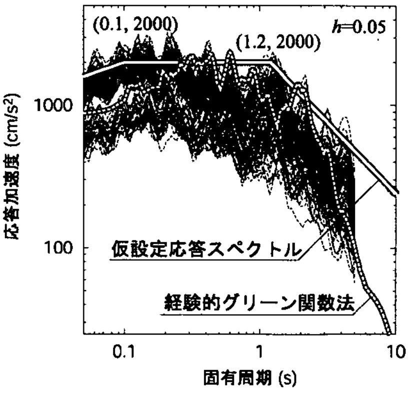


図-3　試算結果とそれをもとに仮設定した動的解析用入力地震動の加速度応答スペクトル

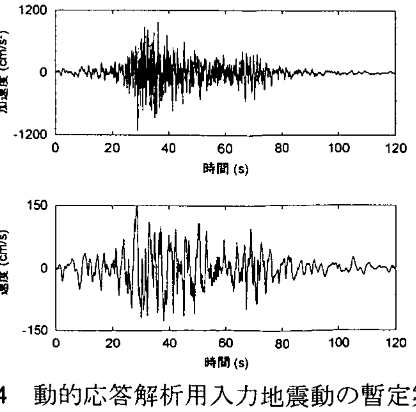


図-4　動的応答解析用入力地震動の暫定案

交通基盤整備の方策の評価に関する研究

Study of Evaluation of Measure to Traffic foundation projects

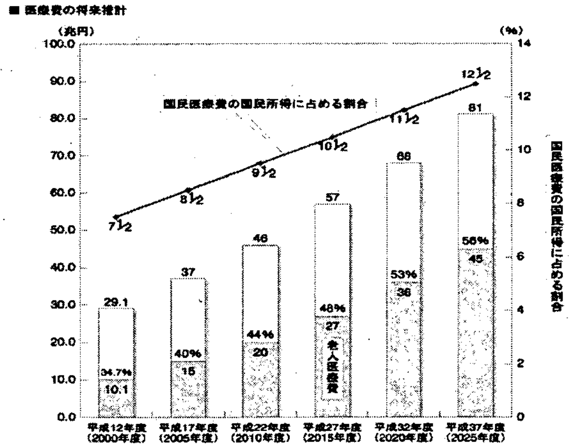
（研究機関　平成 13～15 年度）

道路研究部道路研究室　主任研究官　高橋敏彦
Traffic Engineering Dev., Road Dept.　Senior Researcher TAKAHASHI Toshihiko

The medical expenses in our country are 29 trillion yen as of 2000. Medical treatment and welfare expenses continue increase in the future, and is expected to be 120 trillion yen in 2025. For this reason, it is our important mission to improve efficiency of these fields. In the road policy, we have to perform this through clarifying the relation of medical treatment and welfare, and roads.

[研究目的及び経緯]

我が国の医療費は平成 12 年現在 29 兆円である。介護制度の導入により前年度 31 兆円に比べ 2 兆円減額したものの、介護費用が 4 兆円となり、全体としては 33 兆円と前年より大幅に増加した。厚生労働省によると、医療・福祉費は今後とも増大を続け、平成 37 年には 120 兆円（内医療費 81 兆円）になると見込まれている。このように増大する医療･福祉分野を如何に効率的するかが、我が国の重要な課題である。



（注）1. 平成 12 年度は予算に基づく推計値である。
2. 平成 17 年度以降の推計値は、平成 12 年 10 月に公表された「社会保障の給付と負担の見通し」に用いられた医療費等であり、以下の前提をもとに推計したものである。
① 将来の人口…国立社会保障・人口問題研究所「日本の将来推計人口（平成 9 年 1 月推計）」の中位推計
② 医療費の伸び…制度別 1 人当たり医療費の伸びの平成 2～11 年度の平均。ただし、加入員の年齢構成の変化による増減分（高齢化分）と平成 9 年制度改正による一時的な伸びの減少分を除いたもの（制度平均で 3%程度）。
③ 制度別年齢階級別 1 人当たり医療費…平成 10 年度実績医療費に基づいた推計値
④ 国民所得の伸び率…2010 年まで年率 2.5%、2011 年以降年率 2.0%
このため、医療費の伸び率には、「日本の将来推計人口（平成 9 年 1 月推計）」に基づく人口増減や高齢化の影響が反映されている。

このため、道路政策においても医療費の効率化に役立つ事業を実施することが重要な使命である。そこで、今回は道路と医療の関連を明らかにすることを目的とした。

[研究内容]

道路と医療の関連を、特に時間の観点から捉えることとした。医療を救急医療とそれ以外の通常医療に分け、さらに､救急医療は救急隊と救急病院に分けて検討した。

原単位の算出は、医療の市場を参考にした代替法を用いている。原単位はいずれも患者にとっては現実値であり、健常者の立場から見ると安全安心に対する期待値である。しかし、病気のなるか否かをとわず、我々は税金、保険または治療費の形態で現実に医療費等を負担しており、得られた原単位は現実に負担している数値である。

[研究結果]

1．救急医療

救急医療で時間価値の最も分かりやすいのが救急車である。まさかの時には 1 分 1 秒でも早く着てほしいし、また、そのための整備が進められている。なお、救急隊（救急車）は医療では無いが、患者の立場からは緊急の場合の医療の窓口的存在になっている。

我が国の消防関係の予算は年間 1.9 兆円である。全国には現在 4563 隊の救急隊が存在しており、2.8 万人に 1 隊の割合で活動している。消防職員数、救急隊数は年々増大しており、平成 7 年～12 年の 5 年間で 195 隊増加した。また、救急隊の出動回数は、平成 12 年で 420 万件となっており、国民は平均して 25 年に一度救急隊を利用することになる。

救急隊の役割は、①速やかな現場到着、②救命措置の実施、③速やかな医療機関への搬送である。どの救急隊でも現場についてしまえば②③は変わらないため、救急隊の新規整備効果は①に集約される。従って、調査は現場到着時間に着目することにした。今回は、茨城、神奈川、三重、奈良県の 4 県を調査し、最近救急隊が追加された 9 消防署を対象に行った。

表 1　対象地域の状況

県	消防署	人口(千人)	出動(千回)	救急隊数*						現場到着時間(分)					
	暦年	13	12	8	9	10	11	12	13	8	9	10	11	12	13
神奈川	横須賀市	434	16.0	7	7	7	7	8	8	6.2	6.3	6.3	6.4	6.3	-
	藤沢市	378	14.6	8	8	8	9	9	9	4.5	4.5	4.6	4.4	4.5	4.4
	相模原市	597	20.0	8	10	11	11	11	11	5.1	4.9	5.0	5.1	5.0	5.0
	津久井広域	75	2.5	3	3	4	4	4	4	8.6	8.7	8.4	8.3	8.3	8.2
茨城	鹿島南部	149	3.9	5	5	5	6	6	6	6.4	7.2	7.7	7.4	7.3	7.2
	鹿行広域	127	3.4	6	6	6	6	7	8	8.6	8.6	8.5	8.5	8.0	7.4
奈良	吉野広域	20	0.9	4	3	3	4	4	4	12.8	13.0	14.4	13.3	13.6	-
三重	四日市市	288	8.0	7	7	7	7	8	8	7.1	7.0	7.0	7.0	6.8	6.7
	伊賀北部	89	2.6	4	4	4	4	5	5	6.8	5.8	5.7	5.6	5.4	5.2

*救急隊の整備は毎年4月

9 消防署の 1 隊当たりの年間出動回数は横須賀市が

2000回となっている他は2000回未満となっている。救急隊は、年間出動回数が2500～3000回になるとサービス水準が保てないと言われていることから、新たな救急隊の投入は多くの場合需要への対応ではなく、サービス向上のための整備であることが分かる。

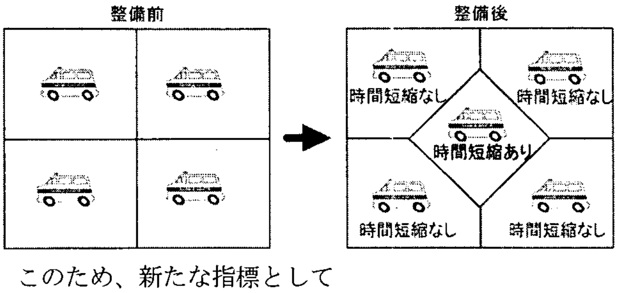
(1)費用の算出

救急隊は通常3人一組24時間体制を敷いている。1年を通してみると1隊には14人程度の人員が必要となる。このため、1組の救急隊を維持するには、年間1.62億円の費用を要する。この結果、我が国の救急隊に要する費用は**7400億円**となり、国民一人当たり約6千円/年の負担となっている。

(2)効果の把握

救急隊が整備された前後の現場到着時間の変化を見てみると、救急隊1隊当たりの投入による時間短縮は0.05分～0.8分（救急隊投入前後各々2年間の平均の差）となっている。開きが大きいのは、ひとつの消防署（人口2～60万人）の中でも、新たな救急隊の投入により便益を受ける圏域は3万人程度であり、その他地域により効果が薄まってしまうからである（図2）。

図2　救急隊整備前後のイメージ



このため、新たな指標として

新規救急隊1隊投入による現場到着時間の総短縮時間

=収容人員×現場到着の短縮時間/新規救急隊投入数

を用い、消防署間を比較できる指標とした。この結果、現着総短縮時間は736～2153分/隊となり、平均で1092人・分/隊となった。

また、健常者を含めた住民ベースの指標で見た場合、

現着可能性総短縮時間=管内人口×現場到着の短縮時間/新規救急隊投入数

9地域の平均は3.8万人・分/隊となる。鹿行広域と吉野広域を除くと、3万人・分/隊付近に集中している。現着可能性総短縮時間は、救急隊1隊当たりの受け持ち人口を用いて表現すると、3.8万人・分=2.8万人×1.5分であるから、**新たな救急隊1隊の投入は、その圏域に住む2.8万人に対し、いつ電話をかけても以前より1.5分早く着てくれる安心感（可能性、サービス向上）を与える**と表現できる。

(3)原単位の算出

以上から患者ベースからみると、一人の患者の現着時間を1分短縮するための費用は、

1.62億円/1092人・分=**15万円/人・分**

また、住民ベースで見ると一人当たり、

1.62億円/年/3.75万人分=**4300円/人・分・年**

となる。救急隊の現着時間を短縮する道路整備は、救急車の整備と同様の効果があることから、道路整備による現着時間の短縮は交通量にかかわり無く、上記原単位を用いることができる。

2．救急医療

救急医療は医療の基本である。我が国では救急医療は、初期、二次、三次の体制をとっている。救急医療施設の利用状況からすると、そのキャパシティーには十分余裕がある。

表2　我が国の救急医療体制

	内容	平成13年整備状況
初期救急医療機関	外来診療によって救急患者の医療を担当する医療機関であり，救急医療に携わることを表明する医療機関とする。在宅当番医および休日夜間急患センターが当たる。	在宅当番医制〔741地区〕 休日夜間救急センター〔508か所〕 休日等歯科診療所〔47か所〕 歯科在宅当番医制〔54地区〕
二次救急医療機関	入院治療を必要とする重症救急患者の医療を担当。病院群輪番制とは、複数の病院が輪番制を組み，当番日の病院が対応。共同利用型病院制とは，医師会立病院等が、地域医師会の協力で運営。	病院群輪番制病院〔394地区〕 共同利用型病院〔15か所〕 小児救急医療支援事業〔240地区〕
三次救急医療機関	複数の診療科領域にわたる重篤な救急患者に対して高度な医療を総合的に提供する（広範囲熱傷，指肢切断等の重症救急患者に対する救急医療を行う機関を高度救命救急センターとした）。	救命救急センター〔158か所〕（うち高度救命救急センター）〔12か所〕

出展：「国民衛生の動向」2001，1995財団法人厚生統計協会「平成13年版厚生労働白書」より作成

(1)費用の算出

救急医療においては、患者はより早く治療を受けるという便益を得る対価として、救急医療機関を整備・維持する費用を負担することとなる。

三次救急医療機関は全国に158箇所あり、その平均病床数は34.2である。これらの施設は本体の大学病院等と併設されている場合が多い。三次救急医療機関の会計は、独立しているものの勤務している者は本体の病院と兼務しているため、実労働に対する費用の計上が実態を適切に反映していない場合がある。このため、費用の算出はモデル的な医療機関を想定し推計することとした。

また、二次救急医療機関は病院群輪番制等が409箇所あるが、現実には600を超える期間が休日夜間に営業していると考えられる。費用算出は三次医療機関と同様に推計することとしたが、平日昼間は通常医療を行っているため除外することとした。この結果、救急医療期間を維持管理するための費用は、

三次救急医療機関=26.7億円/個所・年

二次救急医療機関=3.1億円/個所・年

となった。また、市場の全体規模は、

三次救急=26.7億円/個所・年×158個所=4,200億円/年

二次救急=3.1億円/個所・年×606個所=1,900億円/年

合計で**7,100億円**となり、救急車と同規模の市場である。

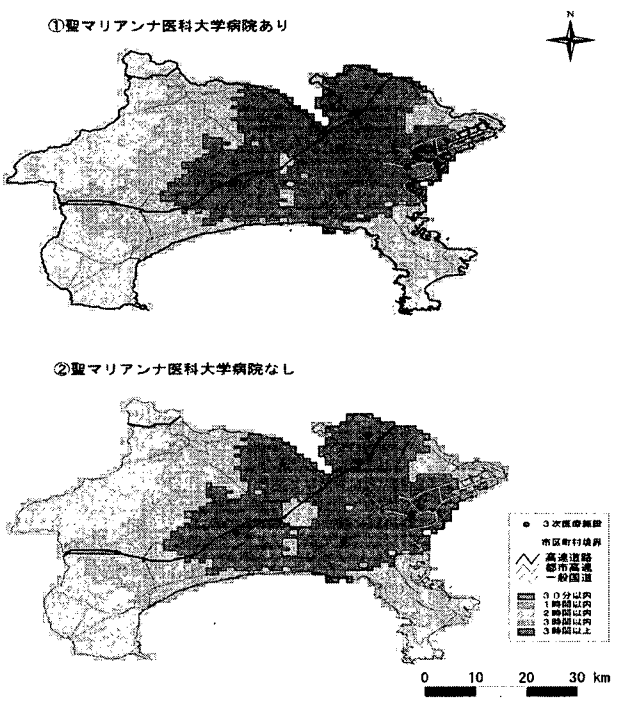
⑵効果の把握

効果の把握は住民の救急医療機関への総アクセス時間を、救急医療機関の有無による変化で把握することとした。これは救急病院には誰もが利用する可能性があるからである。今回、対象とした地域は神奈川県と千葉県の2地域であり、算出は、DRM と国勢調査のメッシュ人口を用いた。この結果、総アクセス時間の変化は以下の通りとなった。

三次救急医療機関=407 万人・分

二次救急医療機関=245 万人・分

図 3　三次救急医療機関（聖マリアンナ医科大学横浜市西部病院有無別の時間圏図の例）



⑶原単位の算出

このことより、三次救急医療機関については、1 人のアクセス時間 1 分を短縮するのに必要な費用は年間 650 円（26.7 億円/407 万人・分）であり、二次救急医療機関については、130 円（3.1 億円/245 万人・分）となる。

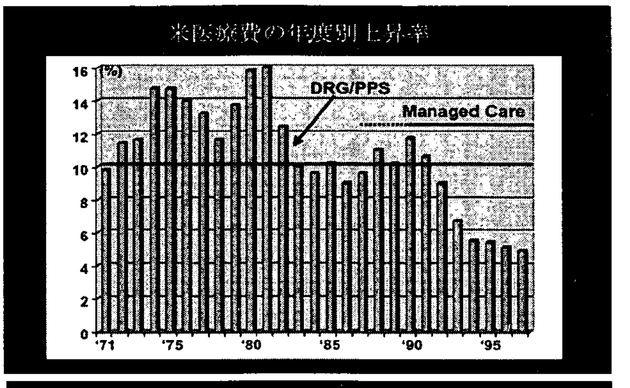
このことから、救急医療機関へのアクセス時間を短縮する道路については、交通量にかかわり無く、上記の原単位を用いることができる。

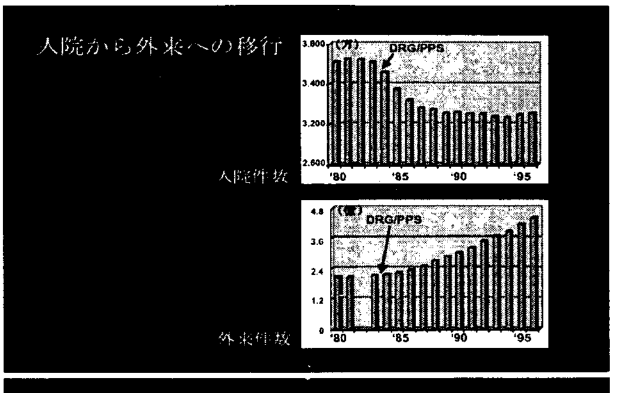
3．通常医療

米国では，医療費の上昇が 1980 年代から大きな問題となり，在院日数短縮、医療費削減が早くから取り組まれていた。医療費の上昇を鈍化させるための対策としていくつか制度が導入されたが、その中でも DRG/PPS（診断群による包括払い）が重要な位置をしめている。この制度が導入された結果、在院日数は短縮し、手術の外来化=日帰り手術が、急激に普及していった。そして、入院患者が減少し外来患者が大幅に増加した（下図）。

このようなことから、医療の効率化のためには DRG/PPS を導入し在院日数を短縮し、日帰り手術を導入する手法があることが分かる。また、これらを推し進めると病院の外来化が進み、結果として外来（通院）環境の確保が今以上に重要になることが予想される。

DRG/PPS は我が国でも導入されつつあり、また、日帰り手術を行う病院も専門病院を含め 100 を超える状況になってきている。最近では、京都大学においても日帰り手術に力を入れはじめ、結果として不必要となった病床枠を返上するという状況も生じている。





手術別平均在院日数

手術	平均在院日数 1982	1987	1992
胆嚢摘出術	10.3	8.0	4.9
鼠径ヘルニア修復術	4.6	2.9	3.3
虫垂摘出術	5.3	4.6	4.7
子宮摘出術	7.6	5.6	4.1
前立腺摘出術	10.4	6.4	5.5

我が国の入院状況は表 3 の通り先進諸外国に比べ突出して長い。これは、医療報酬体系が出来高払い制になっているとの指摘がある。今後 DRG/PPS や日帰り手術が進展することによって、他の先進諸国に近くなっていくことが考えられる。

日帰り手術は，現在，米国では手術件数の 7 割以上，英国でも 4 割程度普及している。分野も非常に多岐にわたり、開頭手術や開胸手術すら対象となっている。今後、

表 3 各国の入院日数の比較

国名	平均入院日数
日本	23.4＊
アメリカ	7.8
イギリス	9.8
ドイツ	14.3
フランス	11.2

資料：財務省ホームページ
＊HP 上は一般病床の平均入院日数 42.5 日を載せているが、老人医療の影響を排除するため、今回は急性期のみの値に変更している

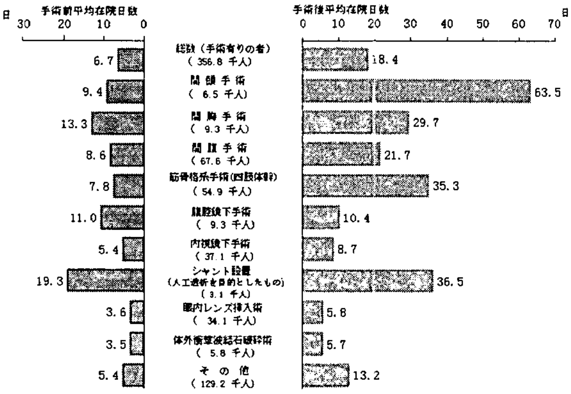
急性期・慢性期の機能分化の進展や DRG/PPS の導入等が行われると、我が国でも本格的な普及が予想される。

表 4 日帰り手術のメリット・デメリット

メリット	低侵襲で，身体への負担が少ない。 麻酔時間が短い（それだけリスクが少ない） 日常生活を犠牲にすることなく，手術が受けられる 入院による生活の制限・ストレスがない 医療費が少ない。
デメリット	適応疾患が限られる。 患者の状態によっては適応できない。 出血等の対処のために，病院から自宅の時間距離に制限がある（病院からの時間距離は30分以内が望ましい） 医療機関に対応体制が必要。

このような観点から、日帰り手術が進展した場合に医療費の効率化がどのように進むか検討した。検討の前提は以下の点である。

図 7 手術名別にみた手術前・手術後平均在院日数



資料：厚生労働省大臣官房統計情報部 平成 11 年患者調査の概況 HP

- 日帰り手術は①内視鏡下手術、②眼内レンズ挿入術、③体外衝撃波結石破砕術、④シャント設置術の 4 種を想定（図○）。
- これらの在院日数の加重平均は 13.4 日
- 日帰り手術後の療養期間は 3～8 日
- 日帰り手術の病院占有日は 1 日
- 入院一日の平均費用は 2.2 万円
- 退院後の所得機会は 1.8 万円/人・日
  （通常 21770 円、短時間労働 6578 円）

以上から医療費削減、所得機会向上を算出すると、患者一人当たりでは、

①医療費削減=2.2 万円/人・日×13.4 日＝**297 千円/人**
②所得機会向上=1.8×(13.4－3～8 日)=平均 **144 千円/人**（**99～190 千円/人**）

となり、合計で 1 治療につき 441 千円の便益が生じる。

今後我が国においても日帰り手術が 80％進展したと考えた場合、医療費削減、所得機会の向上は

①削減=297 千円/人×961 千人/年×0.8=**2280 億円/年**
②所得向上=144×961×0.89*×0.8=**980 億円/年**（*15 歳以上比率）

となる。

さらに、DRG/PPS が進展し、全ての病気の 8 割について日帰り手術と同様の効果が現れると考えると、

①削減=297 千円/人×14.3 百万人/年×0.8=**3.4 兆円/年**
②所得向上=144×14.3×0.89×0.8=**1.5 兆円/年**

また、2025 年では（老人医療を除く医療費伸率=1.9）、

①削減=3.4 兆円/年×1.9=**6.5 兆円**
②所得向上=1.5×1.9=**2.9 兆円**

となる。

日帰り手術については、表 4 のデメリットに示す通り自宅から病院までの時間距離に制限があり、車で 30 分以内が望ましいとされている。これは緊急事態等不測の状況に対応するためであり、公共交通機関での移動は不可(帰宅途中に出血が生じる場合もある)とされている。

日帰り手術を行う病院はアメリカで現在 2400 程度あることを考えると、人口規模から我が国では 1200 程度の整備が必要と考えられる。当面、この半分程度が整備されると考えると 600 病院になるが、これは 2 次救急病院の輪番群と同程度である。従って、地方部においては 2 次生活圏の中心都市と同様な配置になることが考えられる。

今後、道路整備による 2 次生活圏の 30 分圏の拡大は我が国人口の 10％程度であり、これらの者は道路整備があって初めて上記便益を享受できる人たちである。従って、道路整備による医療の効率化は、以下のようになる。

①医療費削減=**0.34 兆円/年（0.65 兆円 2025 年）**
②所得機会向上=**0.15 兆円/年（0.29 兆円 2025 年）**

さらに将来的には日帰り手術のサービスを行う病院が増大することも考えられることから、当面 20 年間の便益を考えることにすると、道路整備による 30 分圏の拡大により約 **7 兆円の便益**が生じることになる。

[研究の活用]

本調査結果が幅広く活用されるよう、費用便益分析マニュアル（案）に本調査の結果を盛り込むための検討を行う。

総合技術政策研究センター　建設経済研究室

Research Center for Land and Construction Management, Socio-Economic Research Division

交通基盤整備の方策の評価に関する研究

A Study on Evaluation Method for Transport Projects

（研究期間　平成 13～15 年度）

室長　岩田　司
Head　Tsukasa IWATA
主任研究官　金子正洋
Senior Researcher　Masahiro KANEKO
主任研究官　小路泰広
Senior Researcher　Yasuhiro SHOJI

Although the system of economic evaluation for transport projects has been improved in recent years, there still are the fields that have to be improved and upgraded to pursue the appropriate project evaluation. In this study we chose following three fields, external economy/diseconomy, risk and uncertainty, and productivity effect, to be focused on. Literature review and actual condition survey have been conducted to collect and systemise the information for future reference use.

［研究目的及び経緯］

費用便益分析をはじめとする公共事業評価の導入が進みつつあるが、評価手法にはまだまだ不十分な面や信頼性に欠ける点が残されており、その改善・高度化に取り組んでいかなければならない。道路事業については、本来は多様な効果をもたらすものであるが、定量的に計測されているのは現時点では時間便益、走行便益、事故減少便益のみであり、その他の項目は定性的な評価にとどまっている。今後は、道路事業の実施にあたってアカウンタビリティを十分に果たすために、分かりやすく、信頼性の高い評価手法を確立していく必要があるが、そのためには多様な効果を定量的に評価する手法を確立することが望まれる。また、事業の評価においては、将来の様々な不確定要因等によって、事前に実施した評価で想定したとおりに事業が進まない事態も多いと考えられるが、このような不確実性に対して、的確な分析を行い、適切に対処していくことが必要となる。そのため、不確実性やリスクを分析するための手法を確立することも必要となってくる。

そこで本研究では、外部経済・不経済、および生産性効果に着目し、それらを定量的に評価する手法について研究を実施している。また、リスクや不確実性を考慮した事業評価手法についての研究を行うものである。

［研究内容］

（1）外部経済・不経済

環境への影響等の外部経済・不経済を貨幣価値で評価する手法として、環境経済評価手法が注目されている。代表的な環境経済評価手法としては CVM（仮想評価法）やヘドニック法等があるが、どのような場合にどの評価手法をどのように適用すれば良いのか等の体系的な整理がなされておらず、調査方法等によって評価結果が大きく変わるなど信頼性が十分でないことから、実際の道路事業の評価においては適用が進んでいない。環境経済評価手法を実用化するためには、適用にあたっての手法選択や留意点を体系的に整理するとともに、これらの評価手法の信頼性を高めるためには、実際の事業に数多く適用し、その評価結果を蓄積し、検証することによって、その改善を図っていくことが不可欠である。

13 年度は、環境経済評価手法に関する理論的基礎や適用事例のレビューを踏まえて、各評価手法の適用性及び手法選択、留意点等について検討し、道路事業における適用性の考察を行った。また、評価を実施し、結果を検証しながら手法の改善を図っていくプロセスの提案を念頭に置き、PDCA マネジメントサイクルの導入・研究事例を調査した。

（2）生産性効果

社会資本の生産性効果に関連して、国内外の既存研究の論文、書籍等を収集し、道路投資の生産性に係る研究の現状及び課題を整理した。

（3）リスクと不確実性

我が国の社会資本整備においては、災害リスク等を対象としたリスクコントロール主体のマネジメントが行われてきたが、一方で事業に関わるその他のリスクについて十分な検討が欠如していたことは否めない。効率的かつ効果的な社会資本整備の実現には、より体系的なリスクマネジメントの実施が不可欠である。

13 年度は、事業に関わる意思決定に際して、不確実性や不可逆性が存在する場合の定量的な分析手法や、意思決定への適切な反映方法について検討を行った。近年注目されている金融工学やリアルオプション分析等、不確実性下での意思決定を扱う最新の理論を踏まえつつ、道路事業評価におけるリスクマネジメントの手法について検討した。

[研究成果]

（1）外部経済・不経済

代表的な４つの環境経済評価手法として、CVM、トラベルコスト法、ヘドニック法、代替法を対象として、適用性や留意点を整理した。

まず、環境の価値を類型化を確認するとともに、環境価値の経済学的基礎を整理した。次に、非市場財の評価手法を、顕示選好法と表明選好法に分類した上で、各手法の位置づけと特徴を整理した。続いて、各手法ごとに、理論的背景、理論面での留意点、評価の手順、適用事例と評価結果、適用上の留意点を整理した。

また、同一の環境価値を異なる手法で計測し比較した結果から、適用性の検討を行うとともに、既存の評価結果から対象とする財の便益評価を行う手法である便益移転について、移転方法や移転可能性について整理した。

以上を踏まえ、道路事業特有の環境影響特性に応じた環境経済評価手法の適用性について整理した。

PDCA マネジメントサイクルについては、研究動向と導入事例を整理した上で、道路事業への導入可能性について検討した。我が国の個別事業では新規採択時評価、再評価、事後評価を行うことを規定しており、再評価については事業を巡る社会経済情勢の変化、事業の投資効果、事業の進捗状況等々を考慮することになっており、体制面では PDCA の概念が備わっていると考えられる。

（2）生産性効果

社会資本の生産性効果に関連する既存研究をレビューした。生産性効果に関連する研究は、1980年代の米国のAschauerから始まり、主として経済学の観点から、マクロ生産関数・費用関数の推計、部門別・地域別の生産関数の推計等の研究が行われている。

ただ、対象部門を道路のみとした研究例は少なく、また、投資額にのみ着目し道路が持つ特性を充分に考慮していない研究がほとんどである。道路の生産性を検討する場合は、経済学的観点に加えて道路の特性に着目することが必要である。

道路の生産性効果に関連する今後の研究課題として、公共投資のうち道路投資に絞った生産関数の検討、投資額に加えて整備量を考慮した生産関数の検討、道路の特性（ネットワークの特性、渋滞・混雑度等）の評価等を抽出した。

（3）リスクと不確実性

リスクマネジメントという観点から道路事業評価における理論と手法の整理を行った。具体的にはリアルオプション理論、事前・事後評価の枠組み、道路構造物の長寿命化と破壊リスクを対象として、ファイナンス工学を適用し，将来起こるであろう施設需要，災害，施設劣化といった多様なリスクを総合的に考慮しながら、施設整備に関する多様な戦略を期待純便益(もしくは期待ライフサイクルコスト)という統一的な視点から経済評価をおこなう手法について提案した。

[成果の発表]

土木学会等に発表予定

[成果の活用]

道路投資評価マニュアルへの反映

道路長期計画策定に際しての基礎資料

道路安全監査手法に関する試験調査

Research on Road Safety Audit

（研究期間　平成 13～15 年度）

道路研究部道路空間高度化研究室　　室長　森　望
Road Department, Advanced Road Design and Safety Division　　Head　Nozomu Mori
研究官　鹿野島　秀行
Researcher Hideyuki Kanoshima

Road safety audit was institutionalized and has been carried out in the United Kingdom since 1990, and introducing some effects on reducing the number of traffic accident. In this research, the methodology of introducing road safety audit into our country is studied through investigation of overseas research in the U.K. and Australia.

[研究目的及び経緯]

近年、事故データに基づく科学的な交通事故分析に基づいた交通安全対策の立案・実施が成果を挙げつつある。しかし交通事故の発生要因の分析は事故発生要因が単一でなく複数の要因が関与していること、また個々の事故が固有の事故発生要因を有していることから、その詳細な分析は必ずしも容易ではない。交通安全向上のアプローチとして、英国では道路安全監査（Road Safety Audit）が制度化、実施されており、効果を挙げている。英国では当初、主に新規供用道路設計時に設計案を、交通安全に精通している第三者が監査しよりよい設計案を実現する目的で導入された。本研究では海外動向の調査等を通じて、道路安全監査を我が国に導入する際の方法論の整理を行うものである。

[研究内容、成果]

1．事例の調査

(1)海外事例

1990 年に英国で制度化された道路安全監査であるが、その有効性が知れ渡るに連れて、主に英連邦各国やその影響の大きい国々（豪州、ニュージーランド、デンマーク、米国、韓国、カナダ、シンガポール、マレーシア、南アフリカ共和国等）で導入され始めている。

ここでは主にマニュアル類の基本的考え方において対極的な立場をとる、英国と豪州の方法について記述する。

●英国

イギリス道路・交通学会(Institute of Highways and Transportation; IHT)が道路安全監査指針(Guidelines for the Safety Audit of Highways)[1]を刊行し、英国交通省（当時：DOT）が実施基準[2]、勧告[3]を刊行している。各州は IHT の指針あるいは独自の基準を採用している。IHT 指針に添付されているチェックリストは5パターンが用意されており、それぞれは非常に簡素なものであるが、各州で用意されているチェックリストは詳細なものとなっている。例えば Northanamptonshire 州のチェックリスト[4]は 14 パターンあり、それぞれが細かいチェックリストになっている。

●豪州

AUSTROADS（オーストラリア各州の道路輸送交通当局がメンバーとなった組織）がマニュアルを作成している[5]。このマニュアルはパートA（道路安全監査の紹介）、パートB（道路安全監査の詳細）、パート C（安全な道路設計のための原則）、パート D（監査のためのチェックリスト）で構成されている。チェックリストは延べ 50 パターン用意されており、それぞれが細かいチェックリストになっている。

(2)海外事例から得られた考察

1)道路安全監査の定義

IHT ガイドラインでは「道路の安全性に変化をもたらす新たな事業において、これをシステマティックにチェックする方法」(Proctor and Belcher, 1993)と定義している。この定義からわかる通り、本来道路安全監査は新規に建設される道路を対象として、できるだけ安全に機能させることを目的としている。また安全性の高い道路であれば、供用後に安全対策をしなくてすむため、道路のライフサイクルコストが削減できるという点も大きなポイントとなっている。

2)道路安全監査の構成

経験豊かなエンジニアや専門家は、どのような道路が安全でどのような道路が危険なのかを経験的に知っている。それらは各人が保有しているものであるが、それらの経験を集大成したものは存在しない。IHT ガイドラインではこれらの知識を"Safety Principles"（安全原則）と呼んでいるが、これこそが道路安全監

査"Road Safety Audit"の本質である。本来であれば安全原則とは個々の設計に関する事故の予測が可能なモデルに基づいたものでなければならないが、これはいまだ開発途上であり、実用的ではない。しかしこの分野の研究は増えており、それらの成果を徐々に安全監査に導入していく方向にあるようである。

また安全原則を実際の現場で活用するためのツールとして、後述のチェックリストが用いられる。本来専門家の頭の中にある知識を迅速に安全な設計に反映させるというのが道路安全監査の趣旨であるから、文書化することはやや矛盾に感じられるが、あくまで忘備録としての利用を前提とし、必ずしもそれに縛られる必要はない。

3)道路安全監査の実施体制

IHT ガイドラインでは安全監査を実施するための6種類の体制を提示しており(表－1)、中でも上3つが推奨されている。

4)監査者の役割

安全監査の結果は最高責任者に報告され、監査実施後の責任の所在を明確化する必要があるとしている。また監査者は監査の各段階において安全に関わる各要素をチェックし、問題点を発見する責任を負っているが、設計や実施手法の変更はその役割ではない。また監査者は理想的には研究成果や統計的現象、交通管理、土木工学に関する知識を有していることが望ましいとされる。

表－1 IHT ガイドラインによる安全監査の実施体制

番号	実施体制(日本語訳)
1	**専門のチームによる監査 →独立した認定組織による意思決定**
2	**事故調査の専門家による監査 →独立した Project Manager による意思決定**
3	**事故調査の専門家による監査 →当初の設計チームによる意思決定**
4	第二の設計チームによる監査 →独立した判定者による意思決定
5	第二の設計チームによる監査 →当初の設計チームによる意思決定
6	設計チーム内の監査と意思決定

5)道路安全監査のスケジュール

安全監査は道路の新設、改築の場合と供用中の道路に対して行う場合で実施スケジュールが異なる。

●道路の新設、改築の場合

表－2にはIHT ガイドラインによる安全監査の実施スケジュールを、表－3には Northamptonshire 州のガイドラインによる安全監査の実施スケジュールを示す。後者は前者を参考に作成されているが、その違いは供用後にモニターをするという観点を付加している点である。

表－2 IHT ガイドラインによる安全監査の実施スケジュール(道路の新設、改築の場合)

段階	監査の対象	備考
1:フィジビリティスタディまたは計画の初期段階	特に都市内における大規模な事業では、路線選定・規格・既存のネットワークへの影響や連続性・交差点の数や形態	交通運用や維持工事では不要
2:計画の概要または概略設計が完了した段階	縦断・平面線形・見通し及び取り付け道路や滞留スペースを含む交差点形状	この後には用地取得が行われるため、計画の変更は制限される。
3:詳細設計の途中または完了した段階で、契約書類が用意される前の段階	交差点の詳細設計、区画線、標識、信号機、道路照明等	小規模な改良の場合、段階2と3を併せて行ってもよい。
4:供用の直前		現場のスタッフや警察官を交えて行う。 新たな道路を実際に運転したり、必要な場合には歩いたり自転車で通行したりすることも必要。夜間の検査も必要。

※大規模な事業では工事中の安全監査が必要な場合もある。

表－3 Northamptonshire 州ガイドラインによる安全監査の実施スケジュール(道路の新設、改築の場合)

段階	監査の対象	備考
1:フィジビリティスタディまたは計画の初期段階	路線選定・規格・既存のネットワークへの影響や連続性・交差点の数や形態	既に完成した設計についての安全面を対象。 設計の再評価や戦略的な問題の評価は含まない。
2:計画の概要または概略設計が完了した段階	縦断・平面線形・見通し及び取り付け道路や滞留スペースを含む交差点形状	用地の必要条件と路線選定はこの段階までになされる必要がある。
3:詳細設計の途中または完了した段階で、契約書類が用意される前の段階	交差点の詳細設計、区画線、標識、信号機、道路照明、臨時の交通管理、歩行者・自転車の挙動等	修正案が出るまでは監査人は関わるべきではない。
4:供用の直前	最初の設計と建設の段階の変更点	
5:供用後の監視	**初期の保全期間(maintenance period)とその後3年間の負傷事故の記録**	**保全期間の最後には事故記録の初期分析を実施すべき。**

●供用中道路の場合

供用中の道路の場合は事故データに基づいて安全問題を特定するところまで行う。先述の通り、IHT ガイドラインでは監査対象である道路の機能に合致せず、ネットワーク構成上でその道路が占める位置に対応していない設計・配置・道路施設の要素を特定することを目的として行われることから、以下のようなスケジュールで実施される。

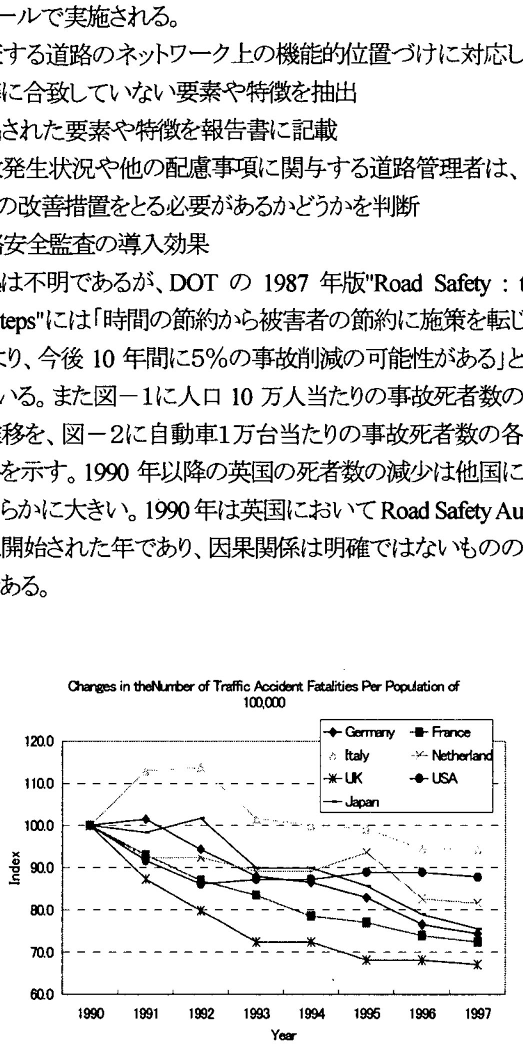
①監査する道路のネットワーク上の機能的位置づけに対応した基準に合致していない要素や特徴を抽出

②抽出された要素や特徴を報告書に記載

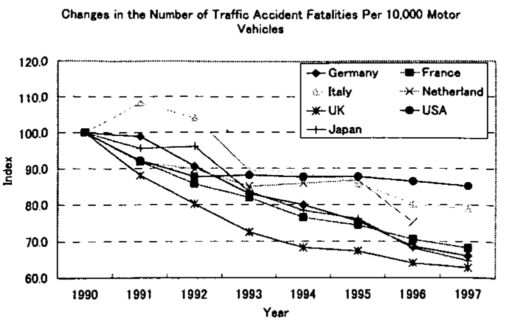
③事故発生状況や他の配慮事項に関与する道路管理者は、何らかの改善措置をとる必要があるかどうかを判断

6)道路安全監査の導入効果

根拠は不明であるが、DOT の 1987 年版"Road Safety : the Next Steps"には「時間の節約から被害者の節約に施策を転じることにより、今後 10 年間に5%の事故削減の可能性がある」と記されている。また図－1に人口 10 万人当たりの事故死者数の各国別推移を、図－2に自動車1万台当たりの事故死者数の各国別推移を示す。1990 年以降の英国の死者数の減少は他国に比べて明らかに大きい。1990 年は英国において Road Safety Audit が導入開始された年であり、因果関係は明確ではないものの示唆的である。



図－1 人口 10 万人当たりの事故死者数の各国別推移（1990 年を 100 とした場合の指数）[6]



図－2 自動車１万台当たりの事故死者数の各国別推移（1990 年を 100 とした場合の指数）[6]

7)英国において発生している課題

瀬尾らは英国交通省(DOT)内で高速道路及び幹線道路の事業を担当する Highways Agency や London 市内での安全監査を担当する London Research Center、その他の地方道路を担当する Hampshire 州政府においてヒアリングを行い、実施面における問題点を整理しているので、以下に紹介する[7]。

●安全監査を行う人材の不足

道路安全監査は事故分析に習熟し、かつ第3者的立場をとれる専門家を選定する必要がある。ところで従来、英国では地方政府のエンジニアが道路設計・事故分析・対策立案を行ってきている一方、政府では公共事業のなるべく多くを民間に実施させる方針を有しているため、実際には経験の浅い民間コンサルタントが安全監査を実施しているのが実状だそうである。

●安全監査官の資格と研修制度

現在のところ交通安全の専門家や監査官の資格・認定制度は存在しないそうである。実際の知識を学ぶに当たり、幾つかの技術者協会や大学では安全に関する基本的事項や法律関係を教えるコースを持っているが、大半はいわゆる"On the Job Training"により行われている。

●訴訟問題

懸念はされているものの、実際に監査に関連した訴訟は起こっていないそうである。これは難しい問題であり結論は出ていないものの、仮に裁判で争われた場合には、安全監査の勧告を元に最終的に決定を行うプロジェクトマネージャーが合理的な判断をしたかどうかが訴訟の焦点になると考えているそうである。

8)わが国独自に発生が予想される課題

●複数の管理者間での調整

日本においては同じ地域であっても道路管理者が複数存在する。例えば交差点を考えてみる。交差点は上位側道路の管理者の管理下にあるのが一般的である。しかし交差点を監査した後に勧告を発する場合、どちらか一方の管理者だけで済むことは少ないと考えられる。外注する場合の費用負担、勧告の権限の影響範囲等といった、複数の管理者間での調整に関わる課題は導入前に整理しておく必要があるだろう。また交通安全事業は警察も関係するため、より複雑な調整が必要となると思われる。

(3)国内事例

京都国道工事事務所では学識経験者、道路管理者、公安委員会をメンバーとした委員会を設置し、管内の事故多発地点緊急対策事業箇所における交通安全対策の立案を行っている。この委員会では学識経験者もメンバーとなった幹事会も設置されており、現地調査も含めて対策の素案作成も行っている点が特徴である。つまり対策立案過程に交通安全に精通した学識経験者が参加しているのであり、まさに道路安全監査の概念に近いものである。

2．交通安全事業における道路安全監査制度導入の検討

今年度は交通安全事業に限定して、道路安全監査を導入する場合の体制についての検討を行った。

事例調査を踏まえて、体制案を検討した結果を表－４に示す。このうち、委託先における設計者と監査者の独立性に疑問が残るという理由で「設計・監査一体Ａ方式」、現状では各課間の人事交流等も盛んであり独立性を保ちづらいという理由でインハウスエンジニア方式を検討から除外した上で、残り３案のメリット、デメリット表－５に整理した。

以上の検討成果を踏まえると、設計･監査分離B方式、すなわち図－3のような体制、進め方が最も適切と考えられる。

[成果の活用]

本成果を活用し、我が国に道路安全監査制度を導入するための具体的な問題点や手続き等について引き続き検討を行う。

[参考文献]

1) The Institute of Highways and Transportation (1996), "Guidelines for the Safety Audit of Highways", November, 1996

2) The Highways Agency, The Scottish Office Industry Department, The Welsh Office Y Swyddfa Gymareig, The Department of the Environment for Northern Ireland (1994), Road Safety Audit HD19/94

3) The Highways Agency, The Scottish Office Industry Department, The Welsh Office Y Swyddfa Gymareig, The Department of the Environment for Northern Ireland (1994), Road Safety Audit HA42/94

4) Northamptonshire Planning and Transportation (1991), Safety Audit Policy

5) Austroads (1993), Road Safety Audit

6) 財団法人交通事故総合分析センター：「交通統計 平成 10 年版」, 1999.4

7) 瀬尾卓也, 山川俊幸, 田中直樹：「"Road Safety Audit"について」, 交通工学 Vol.32, No.2, 1997

表－４　方式の概要

方　式	概　要
設計・監査一体A方式	・設計、監査を連続的に一体で実施 ・委託先は監査メンバーの人選等も請け負う
設計・監査一体B方式	・設計、監査を連続的に一体で実施 ・監査を対策実施者が選定するメンバーで実施 ・対策実施者は、監査者の人選を行うとともに、監査者メンバーとしても参加
設計・監査分離Ａ方式	・設計と監査を独立で実施 ・委託先は監査メンバーの人選等も請け負う
設計・監査分離B方式	・設計と監査を独立で実施 ・監査を対策実施者が選定するメンバーで実施 ・対策実施者は、監査者の人選を行うとともに、監査者メンバーとしても参加
インハウスエンジニア方式 （設計・監査分離）	・交通対策課等が立案した案を、他の部局（隣課、隣工事事務所交通対策課、本局交通対策課等）に監査してもらう。

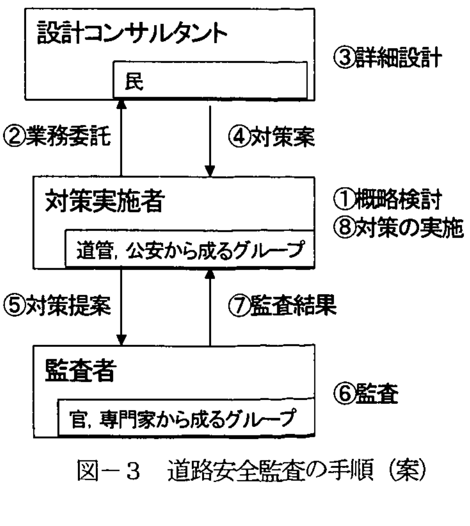
表－５　各方式のメリット、デメリット

評価項目 方　式	日本の現行の行政組織との親和性	学識経験者の参加しやすさ	総合評価
設計・監査一体B方式	×　*1	△　*2	×
設計・監査分離Ａ方式	○	×　*3	△
設計・監査分離B方式	○	○	◎

*1 委員会設置者(官)と被監査者(設計コンサルタント)が異なり、議論の主体が曖昧である。

*2 対策実施者が設置する委員会であるという点で出席はしやすいものの、被監査者は設計コンサルタントであり、現状に照らすと違和感がある。

*3 監査者を設置する組織(対策実施者が委託)が民間の場合:学識経験者の参加が難しいことが考えられる。公益法人の場合:委託できる組織が少ない。



図－３　道路安全監査の手順（案）

個別道路事業の経済性評価に関する調査

Study of Economical Evaluation of Individual Road projects

（研究機関　平成 11～13 年度）
道路研究部道路研究室　主任研究官　高橋敏彦
Traffic Engineering Dev., Road Dept.　Senior Researcher　TAKAHASHI Toshihiko

This study contains research about the evaluation of roads with consideration to the time concept, and the research about evaluation of the city roads. In the former research, we examine the evaluation technique with consideration to project delay. And in the latter research, we develop the new evaluation technique with consideration to pedestrians and bicycles.

[研究目的及び経緯]

本調査は、時間概念を考慮した事業評価の研究と、市内道路の評価に関する研究により成り立っている。

時間概念を考慮した事業評価の研究は、これまで道路事業の費用対効果を評価するに当たり、事業全体を通じてコストの最適化を図る観点から評価することが十分になされていなかったため、社会的経費（特に事業遅延）を考慮して、評価する手法を検討するものである。

また、都市内の道路の評価に関する研究では、現在の事業評価が、バイパスや車線増を伴う道路整備を対象に組み立てられていることから、道路を同一車線のまま幅広する事業については評価上、時間便益、走行便益、事故便益が発生しないことがある。このため、車線数の変化の無い道路事業について、歩行者・自転車を考慮した新たな評価手法を開発することを目的とする。

[研究内容]

(1) 時間概念を考慮した事業評価の研究

① 行政コストの算出

仙台西道路を例に、工事を実施するために必要な、事務所及び本局人件費等の行政コストを算出した。

② 合意形成コストの算出

東京外郭環状道路を例に、地元の合意形成に必要な行政コストと住民側の住民等コストを算出した。

③ 事業遅延の影響の把握

静清バイパスを例に、事業遅延によって生じる事業遅延に伴う費用を算出し、事業評価に与える影響を把握した。

(2) 都市内の道路の評価に関する研究

①道路事業の効果の整理

研究を進めるに当たり、道路のもつ効果を整理した（表１）。なお、環境関連の評価については、現在国総研において別途研究中であることから、今回の検討からは除外した。

表1　都市内道路の機能・影響（直接効果のみ）

都市内道路機能・影響		
交通	トラフィック機能	自動車の通行 歩行者の通行 二輪車の通行 公共交通機関（バス）の通行
	アクセス	沿道の土地, 建物, 施設等への出入 荷物のローディング
環境影響	自動車走行関連	排気ガス（SOx、NOx、SPM） CO2（地球環境への影響） 騒音、振動
	景観形成	植樹帯等 新たな地域景観形成
	都市環境保全	日照、通風等の確保
防災	防災・救急活動支援	避難路、救援路、救護所 消防車通行可能路線
	災害遮断	延焼防止空間、延焼の防止、
空間	都市施担の収容	他交通機関の収容空間 供給処理施設の収容空間 情報インフラの収容空間 その他の施設の収容空間
	コミュニティ活動の場	ｺﾐｭﾆｹｰｼｮﾝ空間(会話, 祭り, ｲﾍﾞﾝﾄ) その他（散歩、ジョギング）
市街地形成	市街地形成	土地利用条件の改善

②新たな評価手法の開発

今回の着目点のひとつである、歩行者・自転車の便益については、歩道の拡幅に伴う歩行者・自転車の時間便益、コミュニケーション便益について検討し、バリアフリー化に対する便益についても検討を行った。また、車道を走行する自転車が自動車に与える影響（危険回避便益解消便益）について検討を行い、歩車道の改良による便益の検討を行った。車道の改良に伴う便益については、車線数が変わらない状況のもので、車両の時間便益、走行便益、事故便益について検討を行った。また、道路の持つ防災機能、市街地形成機能について検討を行った。

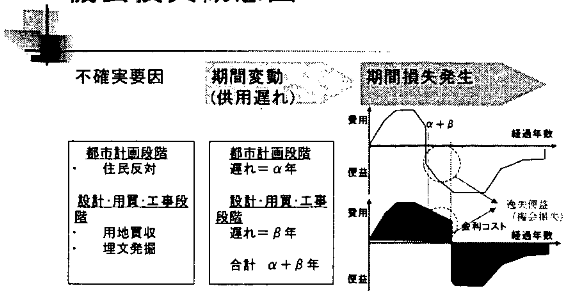
[研究成果]

(1) 時間概念を考慮した事業評価の研究

①時間概念の整理

時間の概念を特に機会損失として図に示す。

機会損失概念図



②行政コストの算出

行政コストは

19 億円(接人費)×1.1(間接費 10%)＝21 億円

と推計され、工事誌に掲載されている事業費、用地買収費等の決算総額 260 億円の 8.1%となった。

③合意形成コストの算出

1969 年から 1994 年までの行政コスト、住民等コストの合計である関連コストは、年別ピークで 0.5 億円であり、合計では、1.7 億円と推計された。

④事業遅延の影響の把握

静清バイパスでは、都市計画決定段階で 11 年、用地買収段階で 4 年の事業遅延が生じ、それに伴い、便益が発生しないことにより 724 億円の事業損失が生じていることが分かった。また、費用便益分析を B/C または B-C で評価すると表 2 のようになる。

以上のとおり、①～③の中では、事業遅延の影響が桁違いに大きく、今後は合意形成、ルート選定、事業採択段階で事業遅延を考慮し評価する必要がある。

表 2　機会損失を考慮した道路の便益評価（単位：億円）

	工事費	文化財費	費用計 (C)	便益 (B)	B-C	B/C
a.早期ケース	3,199	64	3,263	2,676	▲587	0.82
b.実績	2,945	69	3,013	1,702	▲1312	0.57
a-b 機会損失	254	▲5	250	974	724	0.26

(2) 都市内の道路の評価に関する研究

便益を算定した項目を以下に列挙する。

①歩道の改良に伴う便益
- 歩行者等時間便益
- コミュニケーション便益
- バリアフリー便益
- 線形改良等による時間便益
- 危険回避便益解消便益

②車道の改良に伴う便益
- 時間便益
- 走行便益
- 事故便益

③土地の有効利用に関する便益

④防災機能に関する便益

⑤その他の便益
- 駐輪、駐車、荷捌きに関する便益
- 除雪費用に係る便益

⑥医療の便益
- 救急車両に関する便益
- 救急医療に関する便益

(3)ケーススタディー(都市内道路評価関連)

山形県鶴岡市市役所前付近の国道 345 号をケーススタディーとして検討を行った。対象道路は幅員 11m、延長 1.62Km であり、周辺に市役所、病院、税務署等公共機関が多く、交差点の幅員も狭い。また、周辺に高等学校が 3 校あり、歩道幅員が事実上 1m しかないことから、学生が車道を自転車で通行するため渋滞に一層拍車をかけ、混雑時の走行速度は 13km と低下している。一方、当該道路は今後 21m 幅に都市計画変更を予定しているが、車道の車線数は変わらないため、従来の評価手法では便益が生じない問題があった。

このため、今回開発した手法により便益を算出することとした。この結果、費用便益比は 1.69 となった。

今回のケーススタディーで注目すべき点は、車線が増えない道路の改良に伴い発生する便益を算出したこと。また、歩行者・自転車の便益を数値化したこと。日常自動車を利用しなくても、緊急の場合に道路が果たす役割についても、医療や防災の面から数値化したこと。また、その結果、これら自動車の直接便益以外の便益は全体の 32%(33.6/105.4)に当たることが示された。

表 3 新たな手法による都市内道路の費用便益（億円）

便益項目		便益	費用	B/C
a. 歩道の改良の便益	歩行者等時間便益	1.5		
	コミュニケーション便益	7.4		
	バリアフリー便益	1.0		
	危険回避解消便益	9.8		
b. 車道の改良の便益	時間便益	68.4		
	走行便益	1.6		
	事故便益	1.8		
c. 土地の有効利用の便益		3.5		
d. 防災機能の便益		4.4		
e. 医療の便益	救急車両便益	4.5		
	救急医療便益	1.5		
f. 合計		105.4	62.4	1.69
(b 除きの便益計)		(33.6)		(0.54)

[成果の発表]

土木計画学研究・講演集「道路事業における合意形成コストの定量化に関する研究」

建設マネジメント研究論文集 vol.8 2000「道路事業における機会損失を含めたコスト最小化に関する研究」

[研究の活用]

本調査結果が幅広く活用されるよう、費用便益分析マニュアル（案）に本調査の結果を盛り込むための検討を行う。

道路付属施設等の緩衝対策に関する試験調査
Research on Shock Absorbing Measures for Roadside Facilities

（研究期間：平成１１～平１３年度）

道路研究部道路空間高度化研究室
Road Department, Advanced Road Design and Safety Division

室長　森　望
Head　Nozomu Mori
主任研究官　安藤　和彦
Senior Researcher　Kazuhiko Ando
研究員　若月健
Researcher　Takeshi Wakatsuki

Traffic accidents in which vehicles collid at a diverging end/traffic barrier end become more serious than at other roadside facilities. Although some crush cushions were developed in foreign countries for those structures, those cushions are not suitable for Japanese narrow roads in Japan. In this research, new crush cushion structures adapted to the Japanese roads were developed.

［研究目的及び経緯］

道路の分岐部や防護柵端部などの道路沿いの工作物に衝突する事故は、他の事故に比べ重大事故になりやすい。これら工作物の緩衝対策は、主として欧米で施設開発が行われているが、工作物が道路直近に設置されるなど設置スペースに制約があり、対策の実施しにくい我が国の道路状況に適合するものとはなっていない。そこで本研究は、我が国の道路状況に適応する緩衝施設について構造検討を行うとともに、施設の設置に対する要件をとりまとめたものである。

［研究内容］

本研究は、まず必要となる緩衝施設の機能（想定する衝突条件）について整理し、機能を満足する緩衝施設の構造等を検討した。また、検討した緩衝構造について動的シミュレーション解析および衝突実験検証を行い、効果的な構造を把握した。

１．緩衝対策の対象工作物等

工作物衝突について道路管理者が実施すべき対策としては、道路付属施設や道路構造に関連した緩衝対策が考えられる。対象は、標識柱、並木、防護柵端部、分岐部等であり、これらの工作物等に前面衝突し乗員被害が大きくなりやすい。ただし、標識柱や並木などについては、歩道や路側に設置される関係で効果的な緩衝対策を実施しにくい。ここでは、防護柵端部、分岐部などにおける緩衝施設について検討するものとした。

２．衝突条件

通常分岐部などに車両が衝突する場合、小型乗用車では車室にまで変形が及び乗員被害が大きいのに対して、トラックなどの大型車では車体の変形が車体下部に止まり、乗員被害も乗用車などに比べて軽い場合が多い。本調査では防護柵設置基準に準拠し、衝突車両を被害が大きくなりやすい小型乗用車とし、また衝突速度は法定速度を考慮して80km/h、100km/hの２段階を想定した。施設の検討では、まず80km/hでの衝突に対して乗員保護機能を有する施設の検討を行なった後、100km/hでの衝突に適用する構造の検討を行うものとした。

３．緩衝構造

表－１の条件について、対応する緩衝構造の検討を行った。このとき、施設に用いる材料の物性把握や入手の容易性の観点から、これまでの防護柵開発などにより基礎的な物性を把握している鋼製材料を用いるものとし、市販の材料を組み合わせた構造とした。

表－１　衝突条件と機能の評価内容

車両質量	衝突速度	評　価
１トン	80～100km/h	○10ms間の車両重心加速度の最大値 $<196\mathrm{m/s^2}$ ○車室空間が確保されていること ○衝突後車両は正常な姿勢を保持していること ○衝突後車両の跳ね返りが少ないこと

4．機能の検証

機能の検証は、動的衝突シミュレーション及び実車実験により行うものとした。

動的シミュレーション解析に用いたソフトは、車両の衝突実験解析に実績のある ESI 社製の PAM-CRASH である。またシミュレーションでは、実車衝突実験との整合性を高めるため、実験車両のモデル製作、緩衝施設支柱の土中挙動に関するモデルの検討も併せて行った。また実車衝突実験は、国土技術政策総合研究所衝突実験施設を用いて行った。

これらの実験解析における評価条件は表－１に示すとおりである。

5．検討結果

構造検討により 80km/h、100km/h 衝突対応の基本構造を設定し、衝突実験を実施した。その結果、表－２に示す計測結果となった。

表－２　実験結果

実験番号	衝突条件 車両質量	衝突速度	オフセット量	重心加速度 10m移動平均値	車室空間の確保	車両姿勢	車両跳返
1	１トン	80km/h	左側50cm	120m/s2	確保	正常	大
2		100km/h		142m/s2	確保	横転	なし

実験１では、車両の加速度も小さく車室空間も確保されており、乗員の安全確保のためには十分な機能を有していることが確認されたが、跳ね返りがかなり大きくなった。また実験２では、緩衝施設の変形が局部的に大きくなり、車両は衝突後に左側が施設に乗り上げ横転した。このため、前面衝突という実験条件を再現できなかったことから、発生した加速度値は参考値として評価対象から外した。

いずれの実験でも、十分満足する性能が得られなかった原因としては、緩衝施設に組み込まれたガイドレールに変形があったこと、車両と緩衝施設との高さ方向の位置関係に問題があったことが原因として考えられた。そのため、ガイドレールの固定強度を高める、緩衝材の板厚を変える（3.2mm → 1.6mm）等の検討を行いシミュレーションにより再度検討を行った。その結果、車両は円滑に停止し、また加速度も約 170m/s² となり、目標とする 196m/s² を下回った。

［研究成果］

本研究により、最終的に我が国の道路に適した緩衝構造として、乗用車が速度 100km/h 程度で衝突した場合までの乗員被害を、効果的に軽減する構造を開発した。分岐部に設置する構造の例を図－１に示す。

諸外国の緩衝施設は、衝突速度 80km/h では５～７m程度、衝突速度 100km/h であれば 10 ～ 12 m程度の設置延長が必要となるのに対して、本構造は半分程度の設置延長でよいこと、ガードレールなどの部材を用いていることから安価であることが特徴となっている。また、緩衝施設に組み込まれた支柱は、ガイドレールによって移動する方向が決められ、さらに 100km/h 対応型では側面に移動式ガードレールを用いて強化を図っている。

［成果の発表］

本研究の成果は、論文として公表を行った。また開発された構造は、現道において設置されつつある。

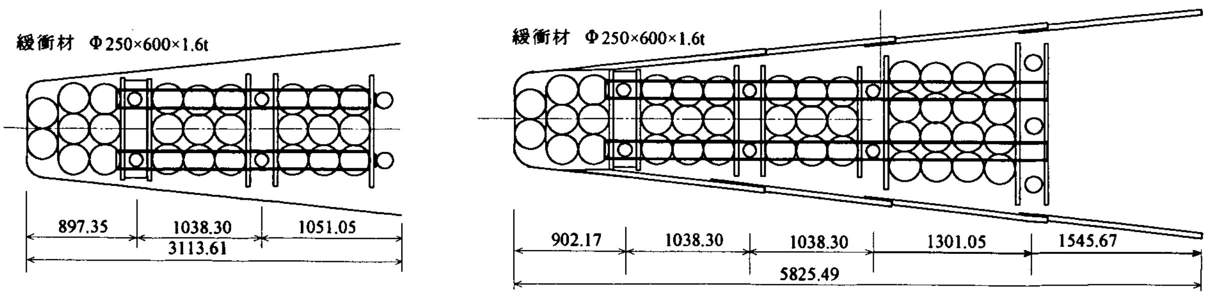
（公表資料）

第 24 回日本道路会議一般論文集、「道路緩衝施設の開発」、2001,10

［成果の活用］

本研究で開発された構造は、まず国道を対象として、分岐部等で危険性の高い区間を抽出し、当該箇所での機能の検証を行う予定である。

将来的には、防護柵端部、分岐部用緩衝施設の代表的な構造として、防護柵設置基準改訂に資することとしている。



衝突速度 80km/h対応　　衝突速度 100km/h対応

図－１　開発した緩衝構造（平面構造）

道路防災マネジメントシステムに関する調査

Study on the Prevention Management System of the Road Disaster

（研究期間　平成 12～14 年度）

道路研究部道路研究室　　主任研究官　水上幹之
Road Department Traffic Engineering Division　　Senior Researcher Motoyuki Minakami

Focusing on the prevention management of the road disaster, it would be important that we would make a systematic approach and its systems. Considering the difficult for the prevision about the disaster, fundamentally, we should make the advanced systems for the prevention management using Information Technology. In this study, first of all, it has been done about the holistic view about the most advanced prevention systems, and road map for the future IT capacity. In conclusion, we will have to make a super high resolution 3-dimentional GIS for the advanced prevention management systems.

［研究目的及び経緯］

道路防災管理は、人命に直接的に関わるので、時々刻々と変化する降雨や積雪あるいは地震やそれらに伴う災害状況に道路網全体の最適性も考慮した上で迅速に対応していく必要がある。即ち、地震や大雨・台風、大雪などによる土砂崩れや斜面崩壊、雪崩、火災による道路寸断等の道路災害時において、最先端のシステム活用で安全な道路を迅速に確保し、災害の復旧に対してより迅速で経済的にも最適な復旧を図る必要がある。このような背景から、本課題では、航空宇宙技術や IT 技術を駆使して、リアルタイムな高度防災システムの検討を行うものである。具体的には、防災点検の知識ベース化、衛星からの高解像データや高々度飛行機・飛行船による道路 DEM（３次元地形データ）の活用、道路空間データ（GIS）に基づく最適迂回路の選択や交通量予測などのシミュレーション技術、GPS による復旧用車両の運行管理等といった個々のシステム検討と全体的な統合システム化で道路防災全体のマネジメント技術の向上を目的とするものである。平成１３年度は、上記目的に従い、高度な道路防災システムを構築していく上で必要な情報通信システム・航空宇宙技術の将来動向調査を行うとともに、高精度ＧＩＳとの連携によりどのようなシステム展開が可能か等について基礎的な検討を行った。

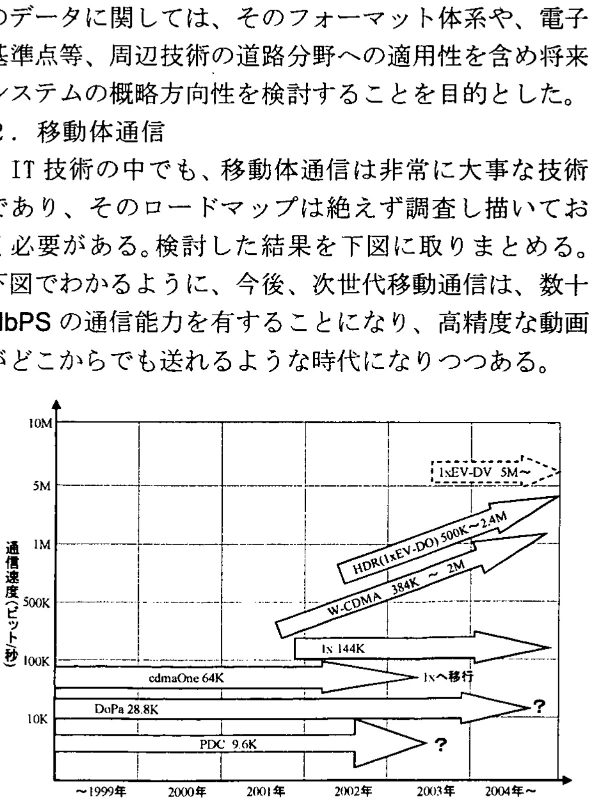
［研究内容］

１．研究プロセス：航空宇宙技術との関わり

航空宇宙技術や上空からのデジタルセンサ、データ取得・保管方法、それらと連携する伝送技術など最先端技術を複合させて、上空からの高精度な空間位置データを作成するための方法を検討することを目的とする。高精度なＧＩＳデータは、今後運用が予定される道路ＧＩＳなどの基盤となる。さらに高精度ＧＩＳを実現させるため、現状の技術体系を明らかにしつつ今後の動向を見極め、道路空間について具体的にどのようなデータ体系にすべきかを検討する。検討した道路空間のデータに関しては、そのフォーマット体系や、電子基準点等、周辺技術の道路分野への適用性を含め将来システムの概略方向性を検討することを目的とした。

２．移動体通信

IT 技術の中でも、移動体通信は非常に大事な技術であり、そのロードマップは絶えず調査し描いておく必要がある。検討した結果を下図に取りまとめる。下図でわかるように、今後、次世代移動通信は、数十 MbPS の通信能力を有することになり、高精度な動画がどこからでも送れるような時代になりつつある。



３．電子基準点とのリンク

国土地理院では、地震予知・火山噴火予知の調査研究のための広域地殻変動監視及び各種測量の基準点として利用するため、全国約25km間隔で約1,000点の電子基準点を既に設置している。電子基準点は、タワー・アンテナ・受信機及び通信用機器で構成されている。タワーは、高さ5mのステンレス製で、上部にＧＰＳ衛星からの電波を受信するアンテナ、内部には受信機と通信用機器が格納されている。基部には、金属標が埋設してあり将来、トータルステーション等を用いる測量にも利用できるようになっている。全国の電子基準点の観測データは、国土地理院（茨城県つくば市）に電話回線を通じて集められる。国土地理院では、全国から集められた観測データの解析処理を行い、電子基準点の相対的な位置の変動を監視している。また、公共測量などで、電子基準点の観測データや関連する情報を必要とするユーザーには、これらを提供する。これらの電子基準点は、高度な測量のためだけでなく、防災システムを構築する際にも基準となり得るものである。現行の電子基準点は、国土測定のモニター用に設置されているが、今後、アクティブな位置情報点としても利活用が期待される。

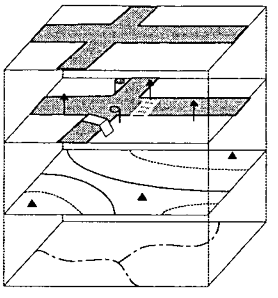
４．デジタルセンサによる道路空間データの把握

現行の航空写真測量は、フィルムによる空撮がベースとなっている。この方式を取ると、デジタル化までに各工程を踏まなければならず、コストや時間がかかる。そこで、空撮のデジタル化が期待されているが、現行では、フィルム並の精度が出せるシステムが開発・構築されていない状況にある。そこで、開発中のデジタルセンサを用いて、精度検証を試みた。結果は、標準偏差で、縦10.9ｃｍ、横11.9ｃｍ、高さ16.4ｃｍと精度的には、従来の写真測量並の精度が一応得られたが、マッピングを実施するシステムの内、ソフトが未完成であることや、空撮を行うヘリコプター経費が飛行機の撮影よりもかかる点が主原因となって、航空写真にかかるコストと同程度もしくは若干高いものとなっているので、今後大幅にコストダウンをする必要があることが判明した。

５．高精度GIS及び道路空間データの検討

高精度GISでは、その基盤となる骨格データの取得に際して、今後、デジタルセンサによる上空からのデータ取得が期待されるところである。

ISO/TC211 及び地理情報標準（第１版）に準拠した道路分野に関する空間データの構成例を、以下に示す。空間データは、各備考欄に記したように、他の地物との関係（位相関係）を持つ必要があるのか、独立して存在しているのかを定義する必要がある。例えば道路区域のように土地利用として定義したものでは、他の区域と位相関係をもつよう表現しなければならない。空間データは、上記のカテゴリに準じて右図に示すように定義される。この際、留意点は以下のとおりである。



①立体交差部

立体交差部は、その土地の管理者が管轄する土地利用として取り扱うこととする（河川と道路の立体交差部は河川区域とする)。

②地上地物の境界共有

道路の車道と歩道や河川の堤防と法面など境界を共有する地物については、位相構造を持つデータとして定義する。③占用物の取扱いマンホール、ポスト等の占用物は管理者に所属するものとする。

［研究成果］

高度な防災マネジメントシステムを構築するには、以下の開発と整備が必要である。

１．高精度、あるいは超高精度な３次元 GIS 及び３次元 DEM を基盤とした道路空間データの整備。
２．１で得られる静的な IT データ基盤を元に、ダイナミックな情報を取り扱うシステムの整備。
３．そのためには、各種センサーと連携した包括的な情報システムの整備と移動体通信を活用したリアルタイムな情報システムの整備が必要。
４．この観点に立つとき、情報量が大きい次世代移動体通信の利活用が期待される。

［成果の発表］

本調査は、基礎検討であるので、特に成果は外部に発表していない。

［成果の活用］

本調査を通じて、道路防災に用いる GIS については、高精度なものが必要である。精度が高ければその分、防災も高度なものとなる。現在の GIS は、２万5000分の１の精度のGISがナビゲーションで基本となっている。高度な防災用の GIS においては、それよりも格段に高い精度が要求される。課題は、高精度な GIS をどのようにして廉価にかつ広範囲に構築したらよいのかという、データ取得方法にあることが、次第に判明してきた。高精度 GIS は、航空宇宙技術や IT 技術を駆使した高度な防災システムの構築は、データの取得方法といった基礎研究がしっかりできていないと駄目だということである。今後、この辺について詳しく検討していき、現行の技術で何がネックとなっているのか調査する予定である。

総合技術政策研究センター建設システム課
Research Center for Land and Construction Management
Construction System Development Division

建設コストの構造分析とコスト縮減効果の評価手法の研究調査

A study of evaluation method about cost reduction effect of construction with constitution analysis of cost

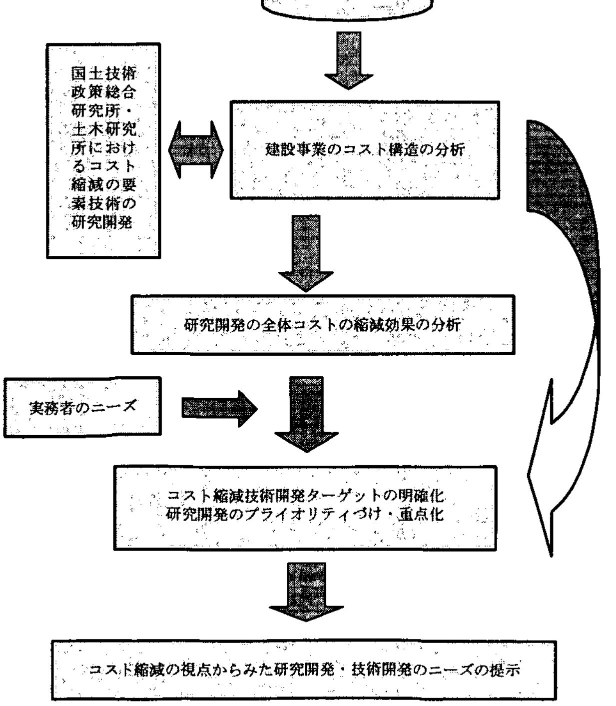
（研究期間：平成 11～平成 13 年度）

主任研究官　神山　守
Senior Researcher　Mamoru Kamiyama
研究官　杉谷　康弘
Researcher　Yasuhiro Sugitani

This study analyzed cost constitution of construction by the database which consisted of the results of estimation, and calculated the effect that a study and development of individual cost reduction technology gave to a whole cost as a test, and investigated a way of study and development of technology of effect from a viewpoint of cost reduction.

[研究目的及び経緯]

本研究では、積算実績データベースを利用して河川事業及び道路事業における建設工事のコスト構造を階層的に明らかにし、コスト縮減に向けた取り組みが効率的に行えるよう支援するとともに、国土技術政策総合研究所及び土木研究所の個々の研究開発が全体コストに与える効果を試算・評価し、コスト縮減の視点からみた効果的な技術・研究開発のあり方について提言を行うものである。平成 13 年度は、積算実績データベースを利用した河川事業及び道路事業における建設工事のコスト構造の分析結果を踏まえ、コスト縮減の視点からみた技術・研究開発ターゲットを明確化するとともにニーズの提示を行った。



図－1　研究全体フロー

[研究内容及び研究成果]

①重点工種の抽出

積算実績データベース（平成１０年度）を利用して河川事業及び道路事業分野から金額シェアの高い工種（レベル３）を重点工種として抽出を行った。

表－１に道路事業分野における金額シェアの高い工種のリストを示す。

表－１　道路事業分野の重点工種（レベル３）

No	重点工種名称	金額（百万円）	件数	金額シェア %	累計シェア %	新技術開発件数	公共機関採用件数
1	ｱｽﾌｧﾙﾄ舗装工	27, 947. 8	7, 785	5. 8	5. 8	14	167
2	RC 躯体工	22, 743. 2	1, 654	4. 7	10. 6	39	631
3	桁製作工	19, 375. 0	490	4. 0	14. 6	0	0
4	掘削工	19, 297. 8	2, 271	4. 0	18. 6	9	38
5	場所打杭工	13, 988. 2	431	2. 9	21. 6	12	654
6	管路工	13, 638. 7	2, 053	2. 8	24. 4	20	1024
7	側溝工	11, 665. 8	4, 839	2. 4	26. 8	25	2312
8	ｼｰﾙﾄﾞ	11, 662. 0	139	2. 4	29. 3	29	160
9	土留・仮締切工	11, 118. 6	2, 419	2. 3	31. 6	12	807
10	躯体工	10, 980. 1	2, 491	2. 3	33. 9	39	631
…	(略)	…	…	…	…		
	合計	479, 532. 4		100. 0			

この抽出結果により、道路事業分野においては、アスファルト舗装工（5. 8%）、ＲＣ躯体工（4. 7%）等の工

種の金額シェアが高く、このような工種に対して、コスト縮減に向けた技術開発を行うことが、道路事業分野全体のコスト縮減に与える効果が高くなると思われる。

②重点工種のコスト構造の分析

積算実績データベースを利用して、抽出した重点工種のコスト構造分析として、各重点工種の細別（レベル４）のシェアを分析するとともに、機械費、労務費、材料費の割合を分析し、各重点工種において特に新技術の開発を行うべき分野の分析を行った。

表－２にアスファルト舗装工におけるコスト構造分析の結果を示す。

表－２　アスファルト舗装工の細別と新技術の関係

重点工種(ﾚﾍﾞﾙ3)	レベル3のシェア(%)	重点工種の細別(レベル4)	レベル4のシェア(%)	新技術分類	新技術開発件数						公共機関採用件数
					工法	機械	材料	製品	システム	官民	
アスファルト舗装工	5.8	表層	40.9	アスファルト舗装工	3	2	5	0	0	民 10	139
		基層	16.2								
		上層路盤	19.8	路盤工	2	0	2	0	0	民 4	28
		下層路盤	10.6								
		その他	12.6								
		計	100.0		5	2	7	0	0	民 14	167
重点工種(レベル3)の機械費、労務費、材料費の割合：機5%、労16%、材79%											

アスファルト舗装工においては、細別（レベル４）でのシェアは、表層（41%）、基層（16%）のシェアが高く、合わせると 57%のシェアを占めており、これらに対するコスト縮減技術開発が、全体コストの縮減に効果的である。

また、機械費、労務費、材料費の割合による分析結果として、材料費（79%）のシェアが非常に高く、アスファルト舗装工においては、特に材料に対するコスト縮減技術を開発することが、効果的であることが分かった。

③新技術開発の情報の抽出

新技術情報提供システム（ＮＥＴＩＳ）等を活用し、各重点工種でのコスト縮減に関する新技術開発の動向を調査した。表－１に各重点工種における新技術開発件数を示す。各重点工種での新技術開発件数は、０～40 件程度であり、平均的には 20 件程度であった。また、新技術の公共機関（国の機関等）における採用件数は、各重点工種ごとに数十件～数千件と非常にばらつきが大きい結果となった。

表－２にアスファルト舗装工における新技術開発の動向を示す。

アスファルト舗装工では、新技術開発件数は 14 件であり、平均的な件数（約 20 件）をやや下回る件数となっている。また、公共機関採用件数は 167 件となっており、他の重点工種における件数や発注実績件数と比較すると非常に少ない件数となっている。したがって、今後のコスト縮減技術に対しては、まだ開発の余地があると思われる。内訳としては表層及び基層の材料に関する新技術開発が比較的多くされている。また、開発の主体としては民間によるものが多い。

④技術開発ニーズの提示

重点工種の抽出及びコスト構造分析の結果をふまえ、各重点工種ごとにコスト縮減の視点からみて重点的に取り組むべき技術・研究開発のニーズを提示した。

アスファルト舗装工における技術・研究開発ニーズの提示結果を表－３に示す。

アスファルト舗装工においては、特に材料費の工事費に占める割合が高いため、今後も表層及び基層の材料に関する新たな技術開発が必要という結果が得られた。

［成果の発表］

・神山守，藤本聡，溝口宏樹，杉谷康弘：建設コストの構造分析を通じたコスト縮減効果の試算　第 19 回建設ﾏﾈｼﾞﾒﾝﾄ問題に関する研究発表・討論会　講演集

［成果の活用］

本研究により得られた重点的に取り組むべき技術開発のニーズに沿って各重点工種においてコスト縮減に向けた技術開発を行い、実際の河川事業、道路事業等における建設工事に適用することにより、各工事においてコスト縮減が図られるとともに、事業全体においてもコスト縮減が図られるものとなる。

表－３　重点的に取り組むべき技術開発ニーズ（道路事業分野におけるアスファルト舗装工での例）

重点工種	事業分野シェア(%)	重点工種に関連する技術開発情報	重点工種の新技術開発に関する現状	技術開発のニーズ
アスファルト舗装工	5.8	開発は民間で行われ、下層路盤・上層路盤(4 件、公共機関実績 28 件)、基層・表層(10 件、公共機関実績 139 件)となっている。	・アスファルト舗装工が道路事業分野の工事費の 5.8%を占め、そのうち表層・基層が約 57%を占めている。 ・アスファルト舗装工の工事費に占める材料費割合は 79%である。 ・アスファルト舗装工の材料に関する新技術開発は 7 件で、そのうち表層・基層の材料に関する開発は、施工時間短縮に関わるものが 3 件で公共機関の採用実績は 20 件、グースアスファルト代替品に関わるものが 1 件で公共機関の採用実績は 4 件、修繕期間延伸に関わるものが 1 件で公共機関の採用実績は 38 件となっている。 ・工法に関する新技術開発は、下層路盤・上層路盤が 2 件、基層 1 件表層・基層 2 件となっている。	材料費の工事費に占める割合が高いため、今後も基層及び表層の材料に関する新たな技術開発は必要である。

新しい道路交通システムに関する調査

Basic Study on the New Road Transportation Systems

（研究期間　平成 12～17 年度）

道路研究部道路研究室　主任研究官　水上幹之
Road Department Traffic Engineering Division　Senior Researcher Motoyuki Minakami

Focusing on the New Road Transportation Systems is the investigating for the new concept road transportation systems. Nowadays road transportation systems have a lot of issues, for example, traffic accidents, traffic jams, and environmental issues. In this year, the core concept design of the new road transportation systems was investigated, and the fundamental speed performance was explored. As the result, it was confirmed that about 200km/h speed in the new road transportation systems would be possible by using the Linear Induction Motors.

［研究目的及び経緯］

新世紀となり、新しいイノベーショナルな交通システムの研究が欧米先進諸国で急速に活発化している。

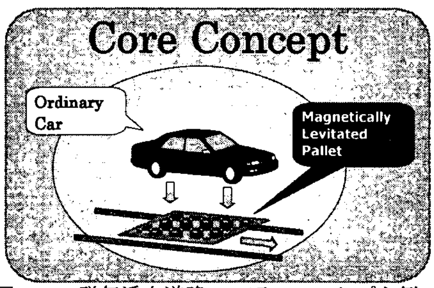
現在の自動車・道路交通システムは、陸上交通の主役であるとともに大変便利なシステムではあるが、反面、交通渋滞や交通事故、環境問題、増大する維持管理コスト、近い将来枯渇が予想される化石燃料といった諸課題を抱えているのも事実である。こうした諸課題を抜本的に解決していくためには、従来の延長線上の研究開発だけでなく、交通の原点に却って、異分野の先端技術開発等も視野に入れながら、グローバルな視野に立ち、コンセプト・レベルからの研究開発を鋭意行っていくことが重要である。

本調査は、こうした背景の下、国際的視野に立って新世紀の地球時代に相応しい革新的道路交通システムの構築を目指すため、法的定義やコンピュータ・グラッフィクスの検討をはじめ、基礎的なフィージビリティの調査研究を行うものである。１３年度は、新次元サービスも含めあらゆる点において革新的道路交通システムとなり得る、パレットタイプの磁気浮上道路交通システムに関して、定義面の国際的検討を行うとともに、人流・物流の両面からその基本的開発シナリオの検討を行った。

［研究内容］

１.コンセプトの検討

自動車交通は、地上の交通システムとして、人流・物流の最も主要な交通機関となっている。他方、環境問題や渋滞・交通事故など、諸問題を抱えていることも事実であり、様々な解決策が求められている。



図―１　磁気浮上道路のコア・コンセプト例

そこで、自動車の個別輸送において、タイヤ走行によらず、磁気浮上走行を実現する道路タイプの磁気浮上交通システムを具体的な新しい道路交通システムとして提案する。

磁気浮上交通は、今まで、鉄道タイプのものが検討されてきているが、磁気浮上技術そのものは、道路タイプにも適用可能である。本論で述べる磁気浮上道路とは、簡潔に言及すると図―１に示すように、パレット等に個々の自動車を搭載し、そのパレット等が、磁気浮上で自動走行するという新しいコンセプトの自動車道路交通システムである。磁気浮上道路は、①超高速走行、②省エネ、③低コスト、④長寿命、⑤低環境負荷など、従来の道路交通とは全く違うパーフォーマンスを有する交通システムとなり得る。

２．基本開発方向性の重要性

革新的な交通システムの開発にあたっては、従来の経験則が通用しない面が多いので、試行錯誤的に進めざるを得ない面がある。交通システムの開発は、社会システムの開発であるので、世論の支持が必要不可欠であるとともに、路線の建設前に、相当期間にわたる

実物大の実験が不可欠となる。しかし、将来、手戻りが生じるような場合であっても、そのリスクが最小限で済むように、各々の開発フェーズにおいて、絶えずフィードバックを掛けながら、段階的に開発していくことが重要である。基本的方向性の検討を行っていれば、全体のスキーム上から照らして、各々の無駄を極力排除することができるばかりでなく、将来のフェーズにおいて、問題が生じた場合であっても、それが、どの段階で、どのような原因によって生じたのか、問題をより鮮明に明確化・特定化できる。

3．プル発想と交通性能について

技術開発には、延長線上のプッシュ型開発と未来からの発想に基づくプル型開発がある。プッシュ型開発とは現状の課題を抽出し、その課題を解決するためにはどのようにしたらよいのかというフローに基づく技術開発である。未来からの発想に基づくプル型開発とは、交通に対する究極的な理想像からの展開による技術開発である。磁気浮上道路は、タイヤ走行ではなく、磁気浮上走行という新しい走行形態であり、未来からのプル発想に基づく技術開発に適している。

4．全体システム/サブシステムについて

さて、機能とコストの間に存在するのが、対象となるサブ・システムである。例えば、速度の項目に関して、主要となるサブシステムは、推進システムである。推進システムは、最も根幹的なサブシステムであるが、目標とする速度によって、構築するシステム構造が変わり、橋梁構造などの主要構造物も変わってくる。パッケージ化された性能と、個々のサブシステムの性能とを明確に分離しておけば、例えばひとつのパッケージ化された交通システムのパブリックアクセプタンスに問題がある場合、個々のサブシステムを組替えることによって、パッケージ化された性能を容易に変え得るので、課題に対応できる。言い換えるならば、個々のサブシステムがサブシステムとして確立している場合、全体システムは、それらの組み合わせによって変幻自在のシステムとなり、その全体としての性能はいかようにも対応できることになる。

5．プル発想による速度目標の検討

プル発想とは、究極の理想からの発想である。従って各目標を設定する場合は究極をまず見出し、何がその究極を阻害する要因となるのか、あるいはどのような対応を行えばその究極の目標が達成し得るのか、システム的な検討を行っていくことになる。速度を例として検討すると、エネルギーなどのコストが余計に掛からないのであれば、速ければ速い方が交通性能としては良い。その意味で、究極の目標速度は光の速度ということになるのだが、地上における究極目標速度は、第1宇宙速度の秒速 7.8km ということになる。これ以上速度を上げると、引力よりも遠心力が勝ってしまい、浮上どころか逆に押さえるエネルギーが必要となる。しかし、この速度を達成するためには、膨大となり兼ねない空気抵抗を減らすべく、真空チューブを用意する必要がある。真空チューブは現行の技術で施工不可能な技術ではないが、コストが掛かると同時に、安全性の面で様々なフェイルセーフ機構が必要となり、その分だけコストとなって跳ね返る。また、自動車もそのままで真空チューブの中には入れられないので、自動車用のカプセルを用意しなければならない。また、カプセルだとそれ相応の空間占有コストとして跳ね返る。真空チューブだと、極超高速まで対応可能なリニア同期モーターが適しているが、リニア同期モーターは基本的には1変電所あたり1車両走行なので、この点について多数の個別輸送に対応できるように新たにシステムを開発することが課題となる。さて、真空チューブを用いないシステムであれば、速度の限界は主に空気抵抗と推進エネルギーとの兼ね合いによって、理想とする目標速度が定められるが、自動車を対象とする場合は、それに加え、フロントウィンドゥの耐空力性能によって規定される可能性が出てくる。凡その自動車の速度メーターで示されている最高速度が 180km/h 程度であること、空気抵抗は速度の 2 乗に比例し増大し 200km/h と 300km/h とでは2倍以上の推力を有する設備投資が必要となること、新幹線の例を見て判るように、210km/h と 300km/h とでは車体の空力デザインを相当違うこと等から、真空チューブを用いない場合は、200km/h 程度がひとつの大きな目標速度ということになる。

[研究成果]

① プル思考法により、パレット式磁気浮上道路の目標速度は、約200km/h程度であることが判明した。

② リニア誘導モーターで十分に対応可能な速度であり、個別輸送にも適し、コスト的にもコイルの施設が不要なのでリニア誘導モーターが選択される。

[成果の発表]

① 水上幹之：第14回 PIARC 世界道路会議 2001.6

② 水上幹之：第8回 APM 国際会議 ASCE 2001.7

③ 水上幹之：土木学会全国大会 2002.9

[成果の活用]

コア・コンセプト、プル発想を基本として、速度の項目について検討を行ったが、他の交通性能項目についても検討を重ね、新しい道路交通システムである磁気浮上道路の開発の基本的な開発方向性を見出していく予定である。

道 路 事 業 調 査 費
（ＩＴＳ調査）

ＩＴＳプラットフォームの標準化に関する調査

Standardization of ITS Platforms

（研究期間　平成 13～17 年度）

高度情報化研究センター高度道路交通システム研究室　室長　川﨑　茂信
Intelligent Transport Systems Division, Research Center for Advanced Information Technology
Head　Shigenobu Kawasaki

The Japanese efforts to initiate and stimulate the study on the international standardization benefit other nations in terms of supranational activities and achievements.　On this basis, the Ministry of Land, Infrastructure, and Transport gives careful consideration to the state of domestic ITS development, and also analyzes selected agendas from other nations for international standardization. By analyzing these agendas, the current state of international standardization can be deduced. Furthermore, the proposed agendas by other countries are reviewed and coordinated into the domestic activities.　In this manner, the Ministry is involved in supporting international standardization activities by domestic industries.

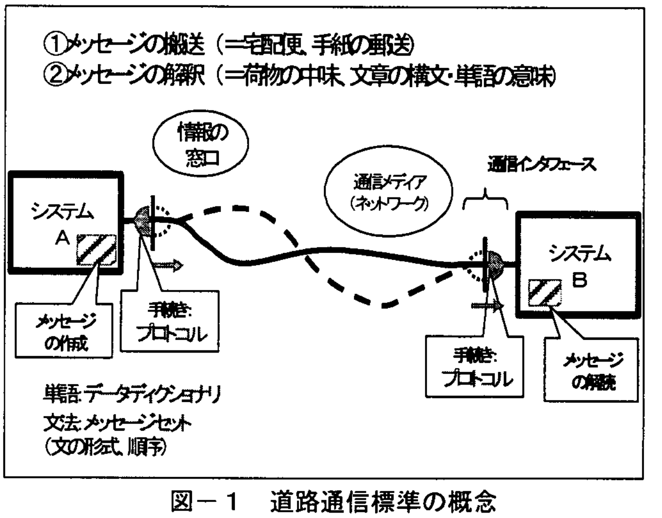
［研究目的及び経緯］

ＩＴＳの実用化に向け、国際的な取引が行われている車両や情報端末は、ＷＴＯの政府調達協定により国際標準への準拠が必須となるため、民間主導で行われている国際標準化活動への積極的な支援が重要となる。日本の技術が十分に反映されなかった場合、国際的な情報交換の阻害（海外システムとの互換性が確保されない）、調達コストの高騰（標準に適合させるための二重の開発コストが必要、海外企業参入の阻害による不適正な競争）、貿易障壁（国際標準と違う仕様による調達）、日本のシステムの海外普及に対する阻害（国際競争力の低下）、といった影響が考えられる。そこで、本調査の目的は、このような不利益を国民に与えないために、常に標準化動向を把握し、国土交通省が推進する施策を国際標準に反映させるための活動支援を行うことである。

１３年度は、標準化動向の把握については、ISO（国際標準化機構）TC204（ＩＴＳ分野の技術委員会）の国際会議、及び国内会議に関連するワーキンググループの審議内容を基に情報を収集した。また、欧州や国内における標準開発機関の動向についても、ワーキンググループでの審議内容を基に情報を収集した。これら収集した情報の分析による標準化動向の把握を基に、対応方針の検討や対応戦略を立案し、関係団体への日本案提案等を行った。

［研究内容］

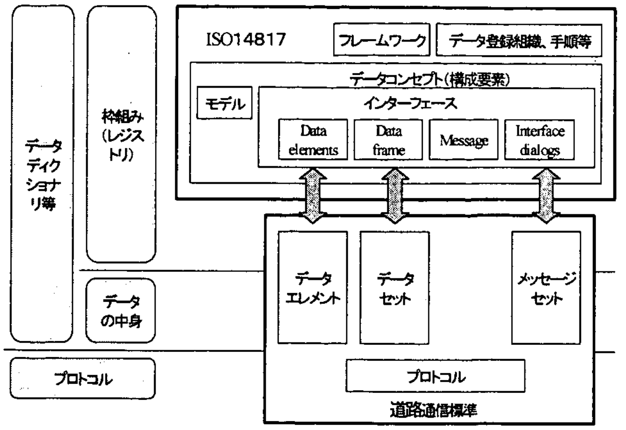
成果の有効事例として、道路通信標準に関する対応について述べる。



図－１　道路通信標準の概念

道路通信標準とは、道路に関する情報を正確に伝えるための約束事を取り決めた、いわば共通言語として、国土交通省が構築し、現在試験導入して実証検討中である。この中で、データディクショナリ（データの定義）、メッセージセット（データの並び方）、プロトコル（データの交換方法）を標準化しており、これによりＩＴＳ全体の相互接続性、相互運用性、互換性を確保できる。この道路通信標準の概念を図－１に示す。

一方、ISO／TC204 のワーキンググループ１（システム機能構成分科会）においても、データ定義等の国際規格（ISO14817）を検討している。そこで、道路通信標準と ISO14817 の対応関係を整理した。ISO14817 との対応関係の概念を図－２に示す。ISO14817 はデータ定義や登録方法の枠組みまでの規定であり、実際



図－２　道路通信標準と ISO14817 の関係図

表－１　データディクショナリの対応関係

道路通信標準		ISO14817
DE名称	クラス名／DE名	○
	DE識別コード	○
データ定義	定義	○
	データ型	○
	データフォーマット	○
	データ表現形式	○
	データ単位	○
登録ステータス	登録ステータス	○
	版数	○
初期設定更新日	初期設定日	○
	最終更新日	○
最終設定者		－
データ初期設定記録	対象サービス、システム	－
	データ定義内容	－
	その他	－
データ品質、機能、作成方法など	時間性能	－
	数値的な精度	－
	データ生成方法	－
	信頼性	－
データ定義変更履歴		－
関連DS		－

表－２　データ品質に係わる対応案

対応案	得失
案１ 道路通信標準のﾃﾞｰﾀ品質属性を14817に提案	①道路通信標準のﾃﾞｰﾀﾃﾞｨｸｼｮﾅﾘと ISO との整合性が高まる。 ②高い精度と信頼性が必要な情報とそうでない情報を明確に記述することができる。 ③ﾃﾞｰﾀ品質属性の必要性について、国際合意が得られる理由を明確化する必要がある。
案２ 現状維持	①道路通信標準ﾃﾞｰﾀﾃﾞｨｸｼｮﾅﾘの特有項目が発生してしまう。 ②国際規格にはﾃﾞｰﾀ品質概念がなくなり、高精度なﾃﾞｰﾀ品質が必要な ITS ｱﾌﾟﾘｹｰｼｮﾝに対応できなくなる可能性がある。

のデータの中身は規定していない。これに対し、道路通信標準は定義方法等の枠組みと、それに基づいた道路管理分野の中身を定義している。次に、道路通信標準と ISO14817 が共に標準化を進めているデータディクショナリ定義に関する対応関係を表－１に示す。ここで重要なのは、ISO14817 では、データ品質が定義されていないことである。なぜならば、ＩＴＳは広範囲なサービスを対象としており、例えば運転支援システムは情報提供システムより高い精度と信頼性が必要など、異なるサービスは異なるデータ品質を必要とするため、データ品質属性はＩＴＳを展開する上で必要不可欠だからである。そこで、ISO14817 への対応案を表－２のように検討した。

結論として、ＩＴＳに対応するためにはデータ品質属性は外せないことから、道路通信標準で定義されているデータ品質を ISO14817 に追加する案１を採用することとした。

提案方法は、平成１４年１月のワーキング１国内分科会にて具体的に提案を行い、５月期限の国際規格案投票時（標準化手続きにおいて、国際規格案が作成される照会段階）に提案内容が盛り込まれるように行動する方針とした。

［研究成果］

ワーキング１国内分科会にて、データ品質を ISO14817 に追加する提案を行い、多くの賛同を得た。これにより、国際規格案にデータ品質が盛り込まれることがほぼ確実となった。この結果、ISO14817 は道路通信標準と整合がとれ、広範囲なサービスを対象とする日本のＩＴＳに対応可能なものとなる。

［成果の発表］

Model Deployment of Road Communication Standards (2001.9：8th ITS World Congress)

道路行政のIT化を支援する共通基盤構築に関する調査

Research for Establishment of a Common Infrastructure Supporting the Introduction of Information Technologies to Road Administration

（研究期間　平成13～17年度）

高度情報化研究センター高度道路交通システム研究室　室長　川﨑茂信
Intelligent Transport Systems Division, Research Center for Advanced Information Technology
Head　Shigenobu Kawasaki

A study was conducted to evaluate the effect of introducing a common infrastructure to aid in the introduction of information technologies to road administration. Studies of road transport safety, efficiency and reduction of the environmental burden were conducted, in addition to a study from a lateral perspective.

［研究目的及び経緯］

現在開発が進められているIT技術は、道路行政施策と連携することにより、20世紀の負の遺産ともいわれている交通渋滞や交通事故、環境問題などといった道路交通問題を解消するとともに、生活面での質的向上、新たな産業や雇用を創出し、国土や地域を活性化させるインフラストラクチャーとして期待されている。

今後は、行政に対する国民の信頼性の向上、政策評価の推進、コスト縮減、既存ストックの有効活用等、道路行政の進め方に対する社会的要請や、多種多様な利用者ニーズに対応すべく質の高い道路行政サービスを迅速・適切かつ効率的に提供していくことが必要である。また、そのためにはIT技術を積極的に活用し、これらの効率的な活用を支援するための共通基盤の構築が不可欠である。

そこで、本調査では、道路行政のIT化を支援する共通基盤の導入効果を評価することを目的として、道路交通の安全性、効率性、環境負荷削減および横断的な視点から検討を行った。

［研究内容および成果］

(1) 道路利用の効率性向上および環境負荷の軽減に関する検討

道路利用の効率性を向上させることを目的とした渋滞対策、需要集中対策ならびに交通流シミュレータによる効果計測等の課題、さらには道路の効率的な利用によってもたらされることが期待される環境負荷の軽減に関する課題について以下の検討を行った。

a. ITS技術の導入に伴うサービス水準向上効果を把握し、適切な事業評価や道路整備水準の計測の実現を目的に、サービス水準の要因を整理・分析し、迅速性、安全性、快適性等の新たなサービス指標を提案するとともに、その適用可能性を確認した。

b. 事業の効果計測や事業評価を適切に行うための交通流シミュレータの汎用的な利用を目的に、ツールの整備、モデルの機能改良要件の抽出およびモデルの適用可能性について検討した結果、交差点における渋滞状況を高精度で再現出来ることが確認された。

c. 交通環境の変化による環境負荷軽減効果を定量的に把握し、適切な事業評価の実現を目的に、交差点における車群の車種別のアイドリングや発進遅れを考慮した排出量算出方法を提案し、モデルの精度および適用可能性を確認した。

(2) 道路交通の安全性の向上

ITS施策導入にともなって期待される道路交通の安全性向上に関する検討を以下のとおり実施した。

a. IT技術を活用することによる交通事故の減少や安全性の向上を適切に評価するための交通事故の直前回避に資するメカニズムの解明、および走行安全性評価モデルの構築を目的に、合流部や交通錯綜部等におけるドライバーの流入判断や車両挙動の分析から交通事故の直前回避に関する基礎的要因を把握し、課題を整理した。

［SIPAの各種道路施策における評価ツールとしての有効性・妥当性の検証］

ここでは、(1) b. に記載するシミュレーションモデルの汎用利用に関する具体的成果について述べる。

(1) 目的

道路線形改良など各種道路施策における事前評価ツ

ールとして、渋滞などの動的現象をビジュアルに表現できる交通流シミュレータに対するニーズは高い。そこで、これまで高速道路を中心に適用性が確認されている交通流シミュレータ SIPA（Smart Infrastructure Performance Analyzer）を用いて、一般道交差点の代表的フィールドでのケーススタディを通し、再現性等の検証を行った。

(2) SIPA の特徴と一般道での適用場面

交通流シミュレータは、交通量と密度の関係式から交通流を制御する「マクロモデル(流体モデル)」と個々の車両挙動を再現し、車両を 1 台毎に制御する「ミクロモデル(離散モデル)」に大別される。SIPA は個々の車両の反応遅れや加減速度など微視的な走行挙動の再現を必要とする ITS 施策の事前評価を目的に開発されたツールであり、「ミクロモデル」に該当するものである。そのため、SIPA はマクロモデルと比べ、個別箇所でのより詳細な交通現象を再現・評価する際に非常に有効なツールといえる。

(3) 一般道における SIPA の適用可能性の検討

図-1、2 に示すフィールドでのケーススタディを通し、一般道における SIPA の適用性について検証を行った。ここで、図-1(検討フィールド 1)は立体交差であり、しかも並行して側道が存在するため、分合流挙動や非常に複雑な交通現象を再現する必要がある。また、図-2(検討フィールド-2)は、交差点が連続しその形状も変則的であり、そのため交差点挙動が非常に複雑なフィールドである。

a. 検討フィールド 1

図-3 に検討フィールド 1(①方向)の現況再現結果を示す。流出入交通量、渋滞長とも、シミュレーション結果が現況の交通状況を精度良く再現しており、シミュレーションの有効性が確認された。

b. 検討フィールド 2

検討フィールド 2(②、③方向)の現況再現結果を図-4 に示す。シミュレーションによる各時間帯別の速度分布は、各方向ともに現地調査による渋滞の傾向と合致しており、シミュレーション結果が精度よく再現していることが確認された。

(4) まとめ

SIPA の一般道への各種道路施策評価ツールとしての有効性、妥当性に関する検証を行い、良好な成果が得られた。

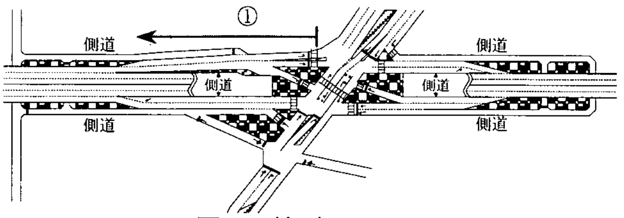


図-1　検討フィールド 1

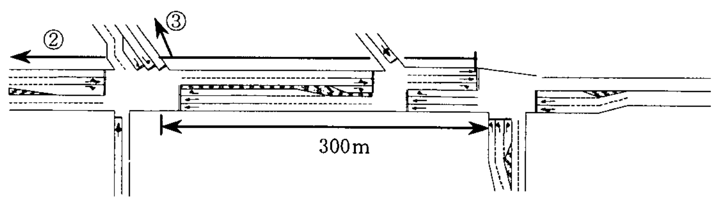


図-2　検討フィールド 2

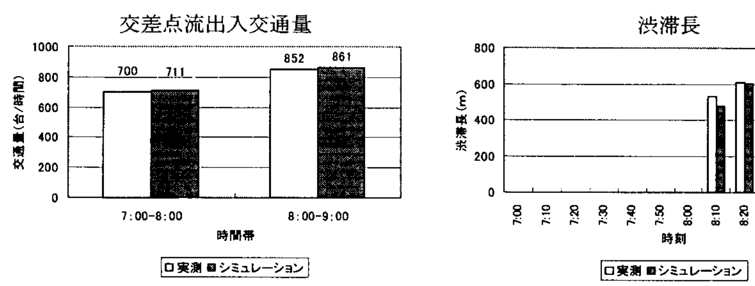
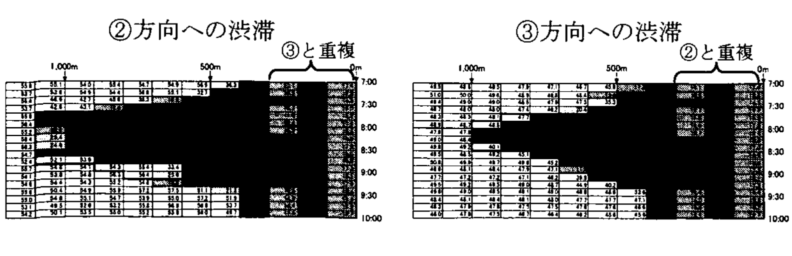


図-3　検討フィールド 1 における現況再現結果(①方向)



注）太線：現地調査における渋滞長（100m 単位）
シミュレーションにおける旅行速度を ■ 0～10km/h、■ 10～20km/h、□ 20～30km/h で示す。

図-4　検討フィールド 2 における現況再現結果

歩行者等支援に関する調査

Research on Supporting System for Pedestrians

（研究期間：平成１１～平１７年度）

道路研究部道路空間高度化研究室　室長　森　望
Road Department, Advanced Road Design and Safety Division　Head　Nozomu Mori
主任研究官　池田　裕二
Senior Researcher　Yuji Ikeda

This study investigates the development of equipment and systems of ITS for Pedestrian to ensure safe walking for disabled and elderly people. As a first step, we surveyed the needs of pedestrians, especially the disabled and elderly who are most likely to face difficulties when moving around. This paper presents the results of surveys on the information services required by disabled and elderly pedestrians, and the contents of ITS for pedestrian that will provide such services.

[研究目的及び経緯]

歩行者の安全で快適な道路利用を図るには、歩行者空間を整備することはもちろんのこと、危険な場所の明示、歩行経路の案内、経路上の現在地の明示など、適切な情報提供による案内誘導が必要である。

そのため、わかりやすく適切な情報提供により、高齢者や障害者が安全に、安心して通行できる快適な歩行空間を提供する歩行者ＩＴＳシステムの実用化に向けて、システムの仕様・性能等の標準仕様作成について必要な資料・データの収集・分析・検討を行った。

[研究の内容]

（１）歩行者のニーズ調査

1)視覚障害者及び下肢障害者の歩行追跡調査

身障者の移動中の情報ニーズを調査するため、視覚障害者及び下肢障害者を被験者とした歩行時の追跡調査を行った。

被験者は、自宅周辺および東京都内の商業地域を目的地として、手引きや後押しをしないで移動する。途中、経路や横断歩道の場所、障害物の有無など、情報を得たいときには、同行する調査員に質問する。この質問内容を分析することにより、視覚障害者・下肢障害者が、移動中にどのような情報を必要としているかを調査した。

また、歩行の様子をビデオで撮影し、分析することにより、歩行者自身が認識していない情報ニーズ（歩行の支障となる地物：車止め等）を観測した。

被験者は、視覚障害者（先天性全盲、後天性全盲、弱視者（視力低下、視野狭窄））、下肢障害者（電動車椅子使用者及び手動車椅子使用者）及び健常者（アイマスク着用及び電動車椅子使用）とし、障害の内容・程度の違いによる情報ニーズの違いを検証した。

この調査の結果、先天性の視覚障害者は後天性の視覚障害者と比較して必要とする注意喚起情報が少ないことや、視覚障害者が、経路案内や注意喚起だけでなく、伝い歩きできるものや、音や臭いによるランドマーク施設に関する情報を必要としていることがわかった。

写真－１　歩行追跡調査実施状況

2)アンケート調査

歩行者 ITS による情報提供機能の妥当性、情報伝達手法、歩行者ＩＴＳの有効性・利用意向等を調査するため、ｱﾝｹｰﾄ調査を行った。

視覚障害者が危険を感じる場面	
・蓋のない溝や池・川があるとき	91%
・工事箇所があるとき	88%
・横断歩道に信号がないとき	79%
車いす使用者が危険を感じる場面	
・階段・段差があるとき	89%
・勾配や坂がきついとき	82%

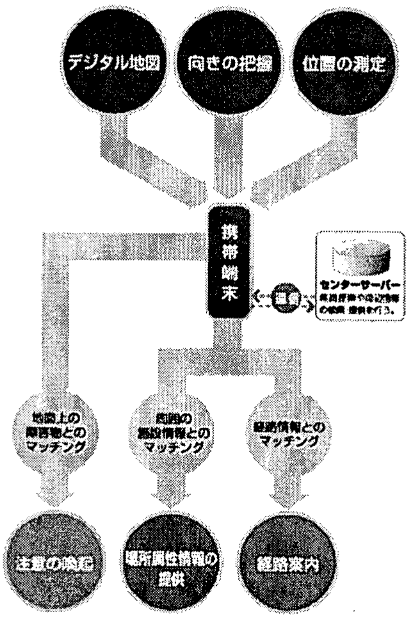
表－１　視覚障害者が危険を感じる状況（ｱﾝｹｰﾄ調査より）

（2）歩行者 ITS のシステムの検討・開発

1)歩行者 ITS のシステム構成の再検討

歩行者 ITS の技術・システムに関する共同研究に参加している民間企業と共同で、各社が開発を進めている歩行者 ITS の機器・システムにおける位置特定機能・通信機能・ソフトウェアの処理能力等が、身障者の歩行時の情報ニーズに対応しているか否かの検討を行った。

検討の結果、歩行者ITSではカーナビと同様に、GISに注意喚起が必要な歩行障害物、経路、公共交通機関機関等の情報を蓄積し、GPS等により利用者の位置とマッチングさせながら、各種の情報提供を行うこととした。



図－1　歩行者ＩＴＳのシステム構成

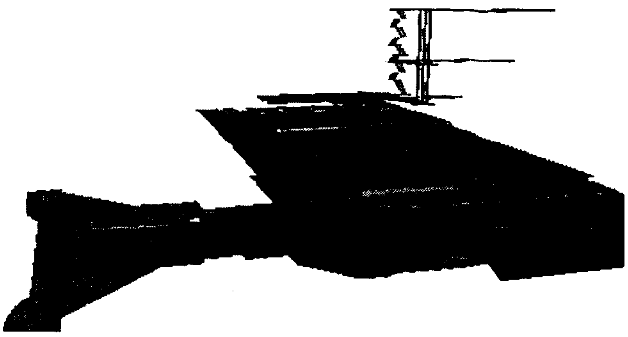
2)位置特定システムの開発

歩行者 ITS は、身障者・高齢者をはじめとする歩行者をサービス対象として考えているため、歩行者の要求に応えうる精度とシームレスな位置特定が必要である。カーナビ等で使われている GPS により位置を特定する場合、位置特定精度が低いことと、ビル街や地下街等では位置特定ができないことから、シームレスでかつ高精度な位置特定手法が必要である。

歩行者 ITS では、位置特定手法として、D-GPS、Pseudolite、無線 LAN、RF-ID タグを用いることとした。

3)デジタル地図の仕様（案）の検討

歩行者の情報ニーズに関する調査結果をもとに、歩行者 ITS のデジタル地図に含まれるべき地物を抽出し、その特性に応じて分類するとともに、各地物について、必要な位置精度及び属性情報につき検討を行い、地物リスト（案）を抽出し、実験用の GIS を作成した。



図－２　実験用に作成したデジタル地図

（3）検証実験の実験及び評価

歩行者 ITS の基本サービスとなる位置特定、周辺の属性情報の提供、経路案内・誘導について、その機能を検証するための実験を行った。

実験では、視覚障害者述べ約 80 名、車いす使用者約 20 名を被験者として、国土技術政策総合研究所ゲート付近から入り口まで(RF-ID タグを用いたシステムでは、６Ｆ研究室前まで）のナビゲーションを行い、システムを利用した歩行の状態を観察するとともに、情報提供サービスの有効性や問題点、改善方策に関するヒアリング調査を行った。

写真－２　検証実験の状況

実験実施後のヒアリング調査では、歩行者 ITS を「利用したい」との回答が多く、歩行者ＩＴＳの実用化への期待が伺える結果となった。

	利用したい	状況によっては利用したい	利用したくない
注意喚起（視覚障害者）	７１	２６	２
周辺情報の提供（視覚障害者）	７６	２２	２
（下肢障害者）	７０	３１	０
経路誘導（視覚障害者）	７４	２５	２
（下肢障害者）	６３	３１	６

表－１　歩行者 ITS の各サービスに関する利用意向（%）

[まとめ]

ﾓﾆﾀｰ実験では、被験者の９０％以上が、歩行者 ITS を「利用したい」と回答しており、歩行者 ITS の情報提供サービスの有効性が確認された。今後は、位置特定技術の改良や GIS 仕様案の作成を行うとともに、費用大綱化の検証や事業実施体制の検討などの実用化にあたってのﾌｨｰｼﾞﾋﾞﾘﾃｨｰ調査を行う必要がある。

ヒューマンインターフェイスに関する調査

Research on the Human Interface for Intelligent Transport Systems

（研究期間　平成 13～17 年度）

高度情報化研究センター高度道路交通システム研究室　室長　川﨑茂信
Intelligent Transport Systems Division, Research Center for Advanced Information Technology
Head　Shigenobu Kawasaki

A study of road infrastructure services by message boards was conducted to identify a suitable interface and confirmed the effectiveness of road infrastructure services. A study was also conducted to ensure the safety and reliability of AHS using an uninterrupted flow model, and target values for system safety and reliability were established.

［研究目的及び経緯］

ITS は、人・車・道路を高度かつ有益な情報を介して結びつけることにより、道路交通における諸課題を解決することを目的としたシステムである。これまで、道路と車とのインターフェイスに関しては、様々な研究が進められてきたのに対して、人間と道路、人間と車のインターフェイス（ヒューマンインターフェイス）、および安全性・信頼性における人・車・道路の役割分担に関しては、十分な研究がなされてこなかったのが現状である。

そこで、平成 13 年度では、人・車・道路の適切なインターフェイスのあり方を明確化し、安全でかつドライバのニーズを反映したシステムを確立することを目的として、道路インフラ（情報板）サービスに関する検討を行い、サービスの有効性について確認した。また、単路系モデルにおける AHS の安全性・信頼性確保に関する検討を行い、システムが具備すべき安全性・信頼性に関する目標値の設定を行った。今後は、道路インフラ（情報板）における表示内容・表示形式に関する標準仕様の作成、道路インフラと車（車載器）の情報提供に関する役割分担に関するガイドライン作成、ITS における人・車・道路インフラの安全性・信頼性に関するガイドラインの作成等を行う予定である。これにより ITS アプリケーションを実現する上で、ヒューマンファクタの見地から見た安全性確保ならびにユーザに受入れやすいサービスの実施が可能となる。

［道路インフラ（情報板）サービスに関する検討］

前方障害物衝突防止支援および出会い頭衝突防止支援サービスを対象とし、情報板による表示をサービス情報としてドライバに提供した場合の受容性について検討を行った。具体的には、情報板の表示方法を「文字のみ」「文字+図形」「図形のみ」とし、さらに前方障害物衝突防止支援の場合には文字に「150m 先」「走行注意」といった補足情報を追加してアンケート調査（複数投票）を行い、情報板の表示として受容性の高いパターンについて検討を行った。その結果、図-1 に示すように両支援サービスとも「文字+図形」、補足情報では「150m 先」という情報が最も評価が高い結果が得られた。この結果に基づき、テストコースで最も評価の高かった情報板表示について実験を実施したところ、前方障害物防止支援では 8 割以上、出会い頭衝突防止支援では全ての被験者が安心感があったと回答した。

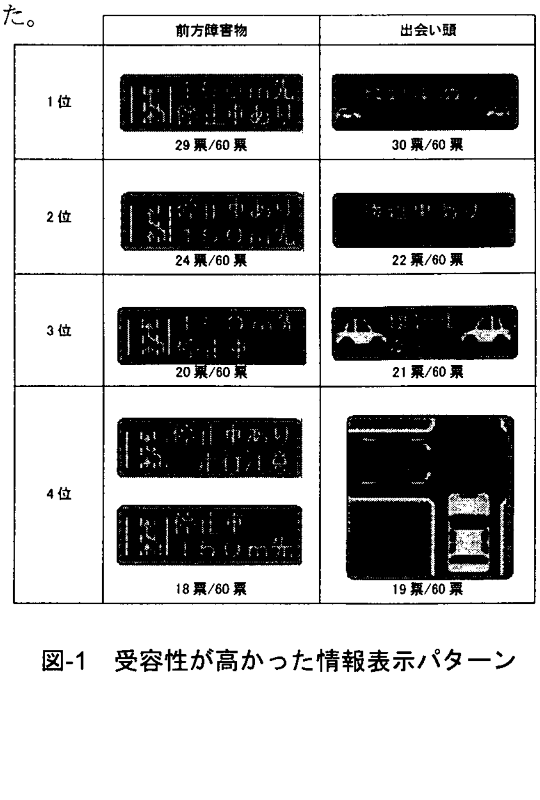


図-1　受容性が高かった情報表示パターン

[システムの安全性・信頼性に関する検討]

AHS は、インフラ側センサ、路側処理設備、路車間通信装置から構成されており、これらが相互に適切に作動して初めてシステムとして成立つものである。これら走行支援システムは、実用化に際して、ニーズ側（利用者側）からは、できるだけ高い安全性を要求される。しかしながら、それを実現するインフラの技術的な視点（センサの未検知など）、または経済的な視点（安全度とコストのトレードオフの問題）を踏まえると 100%の安全性・信頼性は現実的には達成し得ない。そこで、走行支援システムの実用化に向けて現実的な安全性・信頼性の達成目標の設定に関する検討を行い、そこから発生する課題への対応を行った。

まず、単路系のシステムについて安全性・信頼性の目標値について技術、コスト両面から検討を行った。

(1)技術面からの検討

(a)インフラ側センサの未検出例

足柄サービスエリアにおいてセンサ検出状況について実験を行った結果、表-1 の結果が得られた。

表-1 足柄サービスエリア実験でのセンサ未検出事例

	問題となる事象	未検出割合 (1800 台に対して)
1	樹木などの縞模様の影で、車両が検出または追跡できない	1.00%
2	西日がカメラに直接入り検出できない	0.22%
3	薄暮、夜間での照度が不足し、コントラスト不足	1.39%
4	雨によるコントラスト不足、視程の不足	0.78%
5	車両と道路のコントラスト不足	0.02%
	未検出合計	3.41%
	検出率	96.59%

(b)構成機器やシステムの機械的故障

機械的故障が発生する確率が最も高いと考えられる右折衝突防止支援サービスを対象としシステムの故障確率の算出を行った。故障の発生する確率 F(t)は平均故障間隔（MTBF）と経過時間(t)による関数で、F(t)=1-exp(-t/MTBF)で表すことができる。この式より、算出すると F(t)=5.2E-6 といった極めて小さい値が得られた。

(c)電波の遮断（シャドウイング）

シャドウイングの発生確率について、3 車線、アンテナ高さ 8m、平均速度 100km/h の自由流、大型車混入率 80%と仮定した場合のシミュレーションを行った。その結果、第 2 車線のシャドウイング率は 0.12%と算出された。

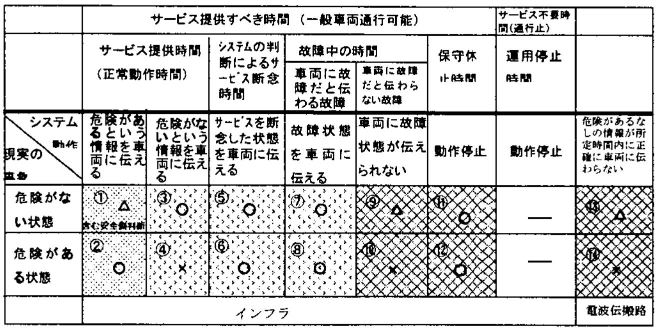
(2)コスト面からの検討

センサのコストと検出率から試算を行うと検出率 99%では 95%の 1.4 倍、99.9%では 2.3 倍のコストがかかる結果が得られた。

上記検討を踏まえ、システムや構成機器の技術レベルの現状、システムコストなどを勘案して、単路系支援サービスの安全性・信頼性の目標値を表-2 のように設定した。

表-2 安全性・信頼性の目標値

	安全度	システム稼働率	サービス稼働率
システム全体	95%以上	99%以上	95%以上
センサ設備	96%以上	99.8%以上	96%以上
路車間通信設備	99.1%以上	99.9%以上	99.1%以上
路側処理設備	99.9%以上	99.8%以上	99.8%以上



○ ；現実の事象が正確に車両に伝わるか、AHSシステムが正確な情報を伝達できないことを車両に伝えられる
△ ；現実の事象に危険はないが、状況を正しく車両に伝えてない
× ；現実の事象に危険があるとき、危険でないと車両に伝わるか、AHSシステムが故障であることが車両に伝えられない

ドライバへの情報の伝え方（車内表示）の例：

A （危険があるので）、 **注意喚起の情報提供** （②）

B （危険があるかもしれないこと、システムが動作していない可能性があるので）、**慎重運転奨励の情報提供**（④、⑥、⑧）

C （通信部分の故障、保守停止中、シャドウイングなどで）、**無表示**（⑩、⑫、⑭）

図-2 走行支援道路システムの動作状態と 3 種類の表示

表-2 において設定した目標値の残り 5%については、システムとしてリスクを背負うことになる。このリスクに対して、ドライバに危険を招くような悪影響を及ぼすことがないように、安全性・信頼性補完対策が必要となる。そこで、図-2 に走行支援システムが動作しうる状態についてまとめ、そのシステムの動作状態に応じて 3 種類の表示を行うことで、リスク軽減対策を提案した。このように本調査では、安全性・信頼性に関する基本的考え方を示すとともに、単路系システムの安全性・信頼性に関する目標値を設定した。さらに、その残るリスクに対する対策案について車両、ドライバを含めた検討を行った。

ＡＨＳシステムの開発・評価に関する調査

Development and Evaluation of Advanced Cruise-Assist Highway Systems (AHS)

（研究期間　平成１３～１７年度）

高度情報化研究センター 高度道路交通システム研究室 室長　川﨑 茂信
Intelligent Transport Systems Division, Research Center for Advanced Information Technology
Head　Shigenobu Kawasaki

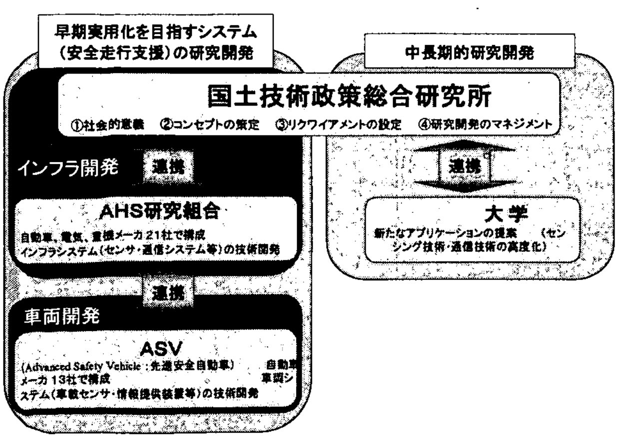
Research on AHS was started in 1998 in cooperation with the AHS Research Association, a private sector entity, for the purpose of improving traffic safety. Based on the joint tests with the ASV, during this fiscal year a system was constructed with the aim of achieving AHS as quickly as possible. In addition, plans for field operation tests were formulated, and some of the tests were implemented. In the future, the system will be evaluated and its feasibility will be determined.

［研究目的及び経緯］

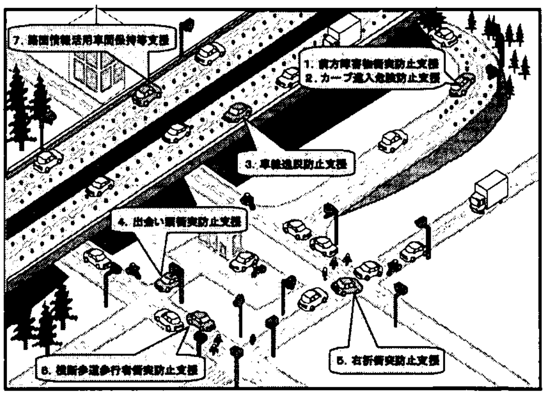
ＩＴ（Information Technology）を活用することよりインフラ（道路）と車両が相互に連携して走行環境（安全性、効率性など）を飛躍的に向上させる走行支援システムが可能になりつつある。

これまでは交通安全対策として、事故の事前・事後の対策に取り組んできた。走行支援システムのうち本研究の目的としては、喫緊の課題である交通事故について、委託研究先であるＡＨＳ研究組合と連携しつつ、直前の対策として事故原因の大半を占めるヒューマンエラーに対応し、安全性を飛躍的に向上すべくＡＨＳについて、開発及び評価を行うものである。

ＡＨＳでは交通事故データの分析により、事故全体に占める割合の高い、７つの基本サービス域を抽出した。これら７つのサービスを具現化するため、センサに代表される要素技術や、それに対応するシステムの構築を行った。



図－１　研究開発体制



図－２　安全走行支援の基本７サービス

１２年度にはこのシステムを使い、公開実験Ｄｅｍｏ２０００を開催し、様々な意見交換が行われた。また、スマートクルーズ２１（２０００年８月～２００１年２月に実施）では、試験走路においてＡＳＶを構成する国内自動車メーカや海外メーカと連携し、大規模な共同実験を実施した。この実験によりシステムの機能が確認された。

［研究内容］

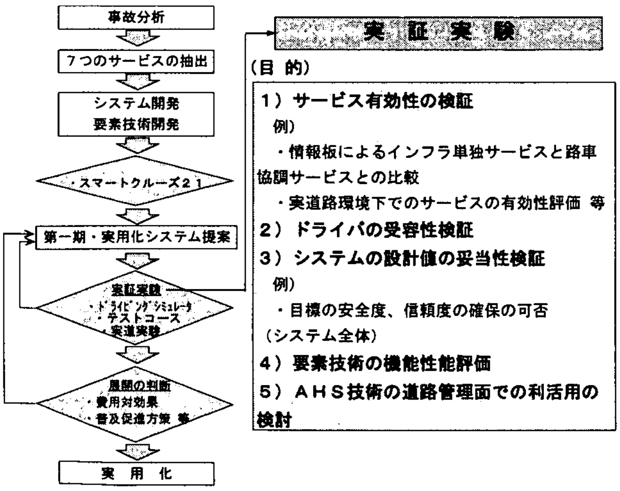
１２年度に実施されたスマートクルーズ２１の共同実験の結果や、現在の技術レベルを踏まえ、本年度の研究内容としては、インフラと車両の役割分担を明確にした。これは、ドライバの目視や車両自律システムによりカバーできる範囲は車両が分担し、ドライバや車両が見えない、あるいは見えにくい範囲はインフラが分担するとしたものである。

ＡＳＶと共同でＡＨＳの早期実用化を目指すため、ＤＳＲＣによるスポット通信を用い、情報提供レベルのシステム構築を行った。また、３つの基本的なフィールド（試験走路、ドライビングシミュレータ、実道）における実証実験の計画を策定すると共に、その中で本年度は試験走路においての実証実験により、サービスの有効性や受容性などの検証を行った。

「サービスの有効性」については、カーブ進入危険防止支援に代表される各サービスが、情報提供により事故軽減等に対し有効であるかどうかを、高速道と一般道における利用を想定し、各走行速度において検証を行い、ネガティブチェックとして、サービスを提供することにより、ネガティブな面がないかについても検証を行った。「ドライバの受容性」については、各サービスを提供し、情報サービスの理解度、提供タイミング、情報量が適切であるかについて、有効性と同様、各走行速度において検証を行った。「設計値の妥当性検証」については、設計値に基づいたスポット通信位置において、ドライバへ情報提供した場合の妥当性等について検証を行った。

これまでの研究においては、技術面を中心に検討を進めてきたが、システムの実用化の判断に当たっては、技術的な視点からの成立性だけでなく、社会的な視点からの検討が必要となるため、セキュリティ機能や、システム導入時の試算便益についても検討を行った。

要素技術については、道路センサを用い東名高速道路の足柄ＳＡにおいて実道実験を実施し、機能の検証を行った。また、道路管理者を交えて、センサを用いた道路管理や道路調査の面から利活用するための手法検討について着手した。



図－３　実用化までの流れと実証実験の目的

［研究成果］

試験走路における実証実験を行い、アンケートや走行データの検証を行った結果、「サービスの有効性」については、ドライバへ情報提供することにより事故や危険な場面の回避、ドライバの精神的、肉体的ストレスの軽減に対して有効であることを確認し、ネガティブチェックとして、ＡＨＳ車が周辺交通に対して悪影響を及ぼさないこと等も確認した。「ドライバの受容性」については、情報サービスの理解度、提供タイミング、情報量について受容性の高いことが確認された。「設計値の妥当性検証」については、各サービスにおける反応時間を確認した。

要素技術については、実道における実証実験結果を踏まえ、道路センサの精度向上に向けた対策についての提案を行った。

［成果の発表］

成果の発表としては、国内外の論文発表と特許出願を実施している。

論文発表のうち国際会議へは、ＩＴＳ世界会議（第８回）へ７編の論文発表、また、ＡＨＳワークショップ（第５回）へ１編の論文発表を行った。日本国内での発表としては、土木技術資料（Ｖｏｌ．４３）へ４編の論文発表、また、道路（７２８号）へ１編の論文発表、日本道路会議（第２４回）へ５編の論文発表、交通工学（Ｖｏｌ．３６）へ１編の論文発表、更に本研究所における技術政策課題への取り組みや動向及び成果報告である国総研アニュアルレポートへの寄稿を行った。

特許について、本年度の国内出願は４２件であり、８年度からの累計は２４０件である。また、国外出願は３件であり、８年度からの累計は１２件である。

［成果の活用］

本研究にて策定した実験計画に基づき、一部実施された試験走路やドライビングシミュレータでの実証実験を踏まえて、１４年度についても継続して実施し、実道における実証実験について新たに実施していく予定である。

１４年度はＡＨＳ研究の最終年度に当たるため、実験により得られた成果を技術資料として取りまとめる予定である。

また、早期の実用化や展開へ向けた取り組みとして、これまでの研究成果を活用し、新たに道路管理へ活用可能な多目的センサの性能検証を実施し、道路行政・道路管理業務のＩＴ化への取り組みに反映する予定である。

道路研究部・橋梁研究室
Road department　Bridge division

橋梁監視システムに関する調査
Study on bridge monitoring system

（研究期間　平成 13 ～ 15 年度）

室長　中谷昌一　　主任研究官　玉越隆史　　研究官　川端淳
Head Shoichi Nakatani　Senior Researcher　Takashi Tamakoshi　Researcher Sunao Kawabata
研究官　中洲啓太　　研究員　石尾真理
Researcher Keita Nakasu　Research Engineer Mari Ishio

The purpose of this study is to propose advandced strength evaluation method of existing bridge based on bridge monitoring date. In order to select a research target, analysis of present and future strength evaluation system such as evaluation indexes, analysis models, monitoring tools were carried out.

［研究目的および経緯］

我が国の道路橋ストックは約14万橋と膨大な数に及んでおり、これらの橋梁を適切に維持管理していくと同時に、大型車両の通行要請に応えるなどの積極的な活用が求められている。こうした状況を踏まえ、情報技術を活用して、橋梁および通行車両を高度で効率的に管理することは重要な課題である。本研究では、モニタリング等により得られた個々の橋梁の健全度に関する情報に基づき、既設橋梁の耐荷力の現状評価を行い、通行可能な特殊車両の重量を算定する手法について検討する。

13年度は、現状の特殊車両通行許可限度重量の算定に関する分析を行い、今後の取り組むべき課題を整理した。また、橋梁研究室が開発を手がけてきた車両重量計測システム（ＷＩＭ）が橋梁モニタリングのツールとして利用できることから、ＷＩＭの適用範囲を拡大するための改良および検証試験を実施した。

［研究内容および成果］

1．特車算定に関する現状分析

個々の橋梁の健全度（損傷の影響、補強の効果）を特車算定に反映させる場合に使用する評価指標、や解析モデル、対象とする構造形式や損傷形態など、その算定のレベルは多岐にわたる。ここでは、今後の研究課題として目指していくべき算定レベルを明確にするため、現状レベル、当面目指すべきレベル、将来の理想的なレベルの３段階に分けて整理した（表-1参照）。

2．計測システムに関する調査

橋梁研究室では、これまで、大型車両の通行実態の傾向を把握し、既設道路橋の活用と保全の両立を図るため、橋梁各部のひずみ応答から車両重量を推定するＷＩＭの開発を手がけてきた。ＷＩＭを橋梁のモニタリングに使用すると、部材の実応力計測と通行車両の重量計測を同時に行うことができるメリットがある。

しかしながら、橋梁研究室が開発してきたＷＩＭは、一車線上に存在する車両のみに着目して、主げたのひずみから車両重量を計算する手法をとっていたため、隣接する車線に車両が存在するとき、精度が著しく低下するという問題があった。今後、ＷＩＭの用途拡大に対応するためには、大型車交通量の

表-1　特車算定に関する検討課題の抽出

算定レベル	現行の算定レベル	当面目指すべき算定レベル	将来的な算定レベル
算定方法	・基本図 基本総重量×補正係数	・個別算定	・個別算定
評価項目	・断面力（曲げモーメント）	・断面力、損傷、補強	・断面力、損傷、補強、疲労
計測方法 (実態把握)	・実施しない	・短期、定期的な橋梁点検、実測（目視、実応力計測）	・常時モニタリング
評価方法	・一本棒モデルによる断面力比較	・代表的な構造形式、損傷形態、補強工法について作成した健全度～耐荷力関係	・力学的メカニズムに基づき、耐荷力、耐久性を評価
構造形式	・考慮できない	・代表的な形式	・（評価可能な）任意の形式
検討課題		↓ ・計測システムの選定に関して、知見が不十分。 ・統計処理、実橋計測、数値解析により、健全度と耐荷力の関係整理が必要	↓ ・計測システムの常時利用に関して未検討。 ・力学的メカニズムに基づいた既設橋の耐荷力、耐久性評価手法の確立が必要。

多い多車線道路での大型車の連行、並走状態においても精度よく計算できることが必要である。

そこで、従来の一車線上の車両だけに着目して計算する方法を改め、すべての車線に存在する車両を考慮して重量計算する方法に改良した。

改良されたＷＩＭの検証試験は、国土技術政策総合研究所構内にある試験橋梁を用いて行った。試験車両の走行条件は、 単独、 完全並走（図-1)、 連行（図-2）の３種類とした。

図-3は試験橋梁走行時の計算結果と計量結果を示したものである。完全並走条件の場合に、20％程度の誤差を生じているが、おおむね良い精度を得ている。

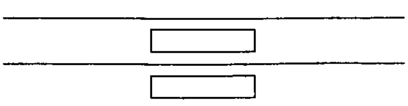


図-1　完全並走条件

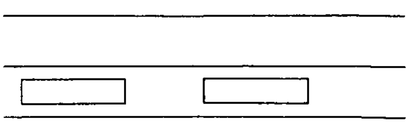


図-2　連行条件

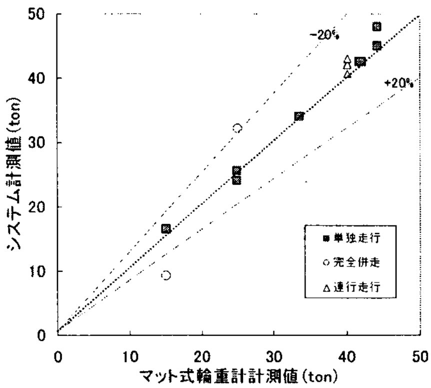


図-3　試験橋梁における車両重量計測結果

［成果の活用］

特車算定の高度化に関して、今後は、健全度（損傷の影響、補強の効果）と耐荷力の関係を既存のデータに基づいた統計処理、代表的な橋梁形式、損傷形態に着目した実橋計測を行うことにより、既設橋の耐荷力の現状評価を行う手法について検討する。

一方、橋梁モニタリングのツールに関しては、ＷＩＭの実用化を図るとともに、ＷＩＭ以外の計測システムの適用性に関する調査を行い、技術的課題の整理を行っていく予定である。

高度情報化研究センター 情報基盤研究室
Research Center for Advanced Information Technology Information Technology Div.

映像ネットワークの構築に関する研究

Research of IP-Multicast Network

（研究期間　平成１３～平成１５年度）

室長　奥谷　正、主任研究官　金藤　康昭、交流研究員：井上　隆義

Head Tadashi Okutani, Senior Researcher Yasuaki Kinto, Interchange Researcher Takayoshi Inoue

We acquired data by doing the examination which aimed at building of IP Multicast Network to realize a system sharing IP Multicast data in the Ministry of Land, Infrastructure and Transport by the experiment, and confirmed that the supposed issues have only sight influence, before IP Multicast Network building.

[研究目的及び経緯]

本研究は光ファイバネットワークを利用した全国規模の映像共有システムについて、構築手法及び問題点について検討を行うと共に、実験によりデータを取得するものである。平成 13 年度は、①画像データの伝送遅延、②ネットワーク障害時における補償動作、③画像エンコーダのマルチベンダー化への対策と画像切替に要する時間について検討を行うと共に、本省、地方整備局、事務所を模した実験システムを構築し、データを取得し、課題の検証を行った。

[研究内容]

(1) 実験システムの基本構成

実験システムは、図-１に示すように L3-SW を本省、地方整備局、事務所に見立てた位置に配置したもので、

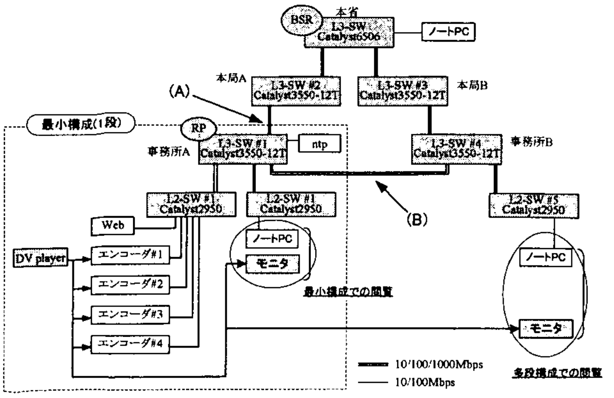


図-1　実証実験システムの構成

表-1　エンコーダの緒元

画像種別	符号化方式	伝送速度	音声	解像度	フレーム	通信方式
ｴﾝｺｰﾀﾞ#1	MPEG2(VBR)	9M(平均6M)	256kbps	720×480	30fps	ﾏﾙﾁｷｬｽﾄ
ｴﾝｺｰﾀﾞ#2	MPEG2(CBR)	1.4M	32kbps	352×480	30fps	ﾏﾙﾁｷｬｽﾄ
ｴﾝｺｰﾀﾞ#3	MPEG4(VBR)	332kbps	32kbps	352×240	15fps	ﾏﾙﾁｷｬｽﾄ
ｴﾝｺｰﾀﾞ#4	MPEG4(VBR)	100kbps	－	352×240	5fps	ﾏﾙﾁｷｬｽﾄ

表１に示す、符号化方式、伝送容量の異なる４種類の映像ストリーミングデータをマルチキャスト配信するものである。

なお、実験内容により、最小構成、迂回路の設定、プラグイン方式の異なるエンコーダの追加を適宜行い、遅延、障害、映像切替動作における各種のデータを取得した。

(2) 実験方法

① 画像データの伝送遅延

この実験はネットワーク上において画像伝送の遅延に大きく影響すると思われる L3 スイッチの多段構成と画像符号化処理による遅延時間を計測するものである。

まず、図-１に示す最小構成（L3 スイッチ１段構成、L2 スイッチ２段構成）において、DV Player からのソース画像と、ネットワーク上の映像データを受信するノート PC の画像を比較し、遅延時間を計測した。

次に、事務所 A－B 間の中継回線(B)がない状態で、スイッチの多段構成（L3 スイッチ５段、L2 スイッチ２段）で最小構成と同じように遅延時間を測定した。

遅延時間の差分がスイッチの多段構成による影響

であり、その他の多くは画像符号化によるものと見なすことが出来る。

② ネットワーク障害時における補償動作

ネットワーク障害がマルチキャスト映像配信に対してどのように影響を与えるかを検証するものである。

図-1において本省への画像は(A)回線を、事務所Bへの映像は(B)回線を通して配信されている。実験では図1の(A)の回線を切断した際の本省、事務所Bでの影響及び迂回路切断切替までの動作を確認した。

これによってネットワーク中で発生する障害が映像配信にどの程度影響するかを把握することが出来る。

③ 画像エンコーダのマルチベンダー化対策

IPネットワークで採用予定のMPEG4ではマルチベンダ化が図られていないため、各社の機器でエンコードされた画像を受信した際にデコーダを自動的に切り替える仕組みが必要である。

このためOS標準のWindows Media Playerにプラグイン方式で各社のデコーダを追加する方式でその切り替えが自動的且つスムーズに行えるかを検証した。

[研究成果]

① 画像データの伝送遅延

最小構成および最大構成において符号化形式、伝送容量の違いにおける伝送遅延測定結果を図-2に示す。多段ネットワークにおける伝送遅延は、映像のエンコードによるものがほとんどであり、L3スイッチの段数による影響はそれに比べ非常に小さい。

このため、実際のネットワークを構築する上でL3スイッチの段数に対して映像遅延への影響は無視できる範囲であるといえる。又エンコードによる遅延も全ての方式で1秒以内であり、大きな問題とはならない範囲である。

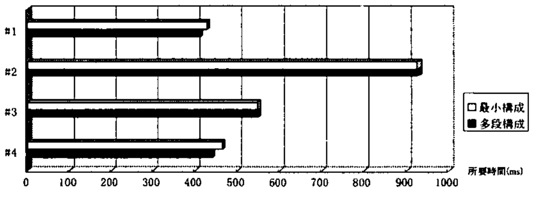


図-2 構成の違いによる伝送遅延時間の比較

② ネットワーク障害時における保証動作

回線の障害発生時／障害復旧時における各PCの動作状況を表2に示す。

事務所Bにおける受信は回線(A)を通過しないため全く影響を受けない。なおこれに加えて、マルチキャストを制御するBSRの電源を切断したが、これに対しても事務所Bでの影響は無かった。

本省においては映像を受信していた経路(A)が切断されるためルートが再構築され、事務所Bを経由する迂回回線で本省への映像配信が再開される。

障害の検出、ルート再構築、映像再生の復帰までの間、約7秒を要した。

結果、ネットワーク障害に関しては適切な迂回路を構築することによって、被害の程度を最小に抑えることが可能であることが判明した。

表-2 エンコーダの表示切替に要する時間

障害発生時	本省PC	障害発生後、映像ストリームが途絶えた。
	事務所B PC	障害発生前後において通信経路は④と変化はみられず、映像も特に変化はみられなかった。
障害復旧時	本省PC	復旧後、約3分半で、映像ストリームの受信が再開した。
	事務所B PC	障害発生前後において通信経路は④と変化はみられず、映像も特に変化はみられなかった。

③ 画像エンコーダのマルチベンダー化対策

プラグイン方式によるデコーダの自動切り替えは各社、それぞれ時間差があるものの10秒以内で切り替えを行うことができた。

各社のデコーダの表示切り替え時間は技術開発により短くなるものと思われるが、現段階においても大きな支障となるものではない。

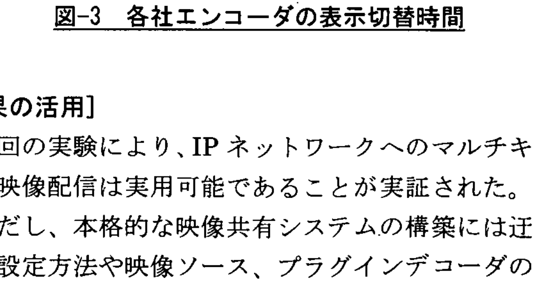


図-3 各社エンコーダの表示切替時間

[成果の活用]

今回の実験により、IPネットワークへのマルチキャスト映像配信は実用可能であることが実証された。

ただし、本格的な映像共有システムの構築には迂回路の設定方法や映像ソース、プラグインデコーダの管理など、更に検討が必要な事項も残されている。

今後は、実際の光ネットワークを用いた実験を行い、システムの構築に向けた仕様等の検討を行う予定である。

高度情報化研究センター情報基盤研究室

Research Center for Advanced Information Technology Information Technology Division

ITS に対応した維持管理機械に関する調査

Study on ITS/GIS application system for winter road maintenance vehicle

（研究期間　平成 10～15 年度）

室長　奥谷　正、研究官　新田 恭士、研究官　下田　一朗
Head, Tadashi Okutani, Researcher Yasushi Nitta, Ichirou Shimoda

To improve the winter road user service level, we have researched the application of GIS and ITS to snow removal works and anti-icing project. In this fiscal year, we have established the specification requirements and basic designs for ITS/GIS application system for snow removal works and anti-icing project. And we developed automatic steering support system for rotary snow removers by using (magnetic and electric) lane markers, GIS alignment data and RTK-GPS.

［研究目的及び経緯］

道路利用者に対するサービスの向上を目指した研究開発の成果である ITS 技術は、道路管理者の維持管理業務においても効果的利用が可能である。特に、冬期の除雪作業においては、作業計画に際し刻々変化する路面状況に関する情報取得に対するニーズが高いこと、熟練オペレータの不足から除雪車操作を支援する技術に対するニーズが高いこと等の理由から、ITS の適用効果が比較的高い分野である。

表1　道路管理者から観た除雪作業支援サービスの必要度

サービス			サービスの必要度（0%～100%）	優先度
ロータリ除雪車	構造物等との接触・衝突に対する情報提供などの運転支援	1.車道逸脱に対する情報提供		B
		2.車道逸脱に対する運転補助		C
		3.歩行者との接触に対する情報提供		B
		4.歩行者との接触に対する運転補助		B
		5.前方障害物との接触に対する情報提供		A
		6.前方障害物との接触に対する運転補助		B
	除雪装置の操作支援	7.前方構造物との接触に対する情報提供		B
		8.前方構造物との接触に対する運転補助		B
		9.投雪操作に対する情報提供		B
プラウ系除雪車	車線逸脱に対する情報提供などの運転支援	1.車道逸脱に対する情報提供		B
		2.車道逸脱に対する運転補助		C
		3.前方一般車両との接触に対する情報提供		B
		4.前方一般車両との接触に対する運転補助		C
		5.歩行者との接触に対する情報提供		B
		6.歩行者との接触に対する運転補助		B
		7.前方障害物との接触に対する情報提供		B
		8.前方障害物との接触に対する運転補助		B
	除雪装置の操作支援	9.前方構造物との接触に対する情報提供		B
		10.前方構造物との接触に対する運転補助		B
	梯団除雪時の車両編成の維持支援	11.梯団除雪に対する情報提供		B
		12.梯団除雪に対する交通信号の制御		B
	プラウ系除雪作業計画立案	13.プラウ系除雪作業計画に係わる路面状況情報収集		B
	プラウ系除雪作業結果の収集	14.プラウ系除雪作業結果情報収集		B
凍結抑制剤散布	車道逸脱に対する情報提供などの支援	1.車道逸脱に対する情報提供		C
		2.車道逸脱に対する運転補助		C
		3.前方一般車両との接触に対する情報提供		B
		4.前方一般車両との接触に対する運転補助		C
		5.歩行者との接触に対する情報提供		B
		6.歩行者との接触に対する運転補助		B
	散布操作の自動化	7.計画箇所への散布における散布装置の操作		A
		8.凍結箇所への散布における散布装置の操作		A
	凍結抑制剤散布計画立案	9.凍結抑制剤散布計画に係る路面状況情報収集		A
	凍結抑制剤散布結果の収集	10.凍結抑制剤散布結果情報収集		B

＜凡例

:1.必要性は高く、優先して取り組むべき　:2.必要性はある　:3.あれば良い程度　:4.必要性は低い

本研究は、道路維持管理分野における ITS 技術の活用方策、適用効果、効果的利用のためのインフラに対する要求事項に関し調査検討を行うものである。

H10 年度の調査により維持管理分野のうち除雪分野への適用効果が高いことが明らかになり、H11 年度および H12 年度は、除雪作業の課題分析などに基づき、ITS の効果的な利用策として 19 のサービスを提案した（表 1）。H13 年度は、提案した除雪作業支援サービスを実道にて実現するため、必要十分な機能・性能・品質要件、実現手段、機器構成について調査検討を実施した。

［研究内容］

H13 年度に実施した研究の内容は、三課題で構成される。第一は、H12 年度提案した除雪作業支援サービスに関する要件定義書の作成。なお、「ロータリ除雪車の操作支援」、「凍結抑制剤散布車の運行支援」については基本設計書を追加作成した。第二は、「除雪作業支援用空間データ製品仕様書（案）」の作成。これは、除雪作業の支援に必要な情報を GIS（地理情報システム）で取扱うためのデータ仕様を定めたものである。第三は、ITS の開発成果であるレーンマーカ（磁気式・電波式）、及び RTK-GPS、GIS を組合せた「ロータリ除雪車操作支援システム」の試作と実証実験の実施である。第三については、土木研究所への委託研究により実施した。以下に各研究方法について述べる。

(1)　要件定義書、基本設計書の検討

H12 に提案した除雪作業支援サービスについて、シ

ステムの「目的」、「利用者」、「目標」、「機能」、「性能」、「品質」、「システム構成に対する要望」を記載した要件定義書を作成した。更にシステムの「適用範囲」、「ユースケースシナリオ」、「システム全体設計」、「機能設計」、「ユーザーインターフェース設計」、「ビュー設計」、「情報交換設計」を記載した基本設計書を作成した。

(2) 除雪作業支援用の GIS データ形式の検討

H12 に提案した除雪作業支援サービス毎に、除雪作業支援に必要な地物リストを整理し、GIS データの運用に必要なデータ定義、データ構造、及び取得基準等を定めた「除雪作業支援用空間データ製品仕様書(案)」を作成した。作成に際し、地物の空間的な特性や時間的な特性の表現方法は、地理情報標準（ISO/TC211）の時空間スキーマとの整合を考慮した。なお、本仕様に基づき作成した空間データをロータリ除雪車の操作支援実験に提供し実用性を確認した。

(3) ロータリ除雪車支援システムの開発と実証実験

熟練技術が要求されるロータリ除雪車の操舵制御を支援するシステムとして、磁気式又は電波式レーンマーカの位置を基に操舵支援を行うレーンマーカ方式と、RTK-GPS により検知した位置から GIS の軌道データを参照する GPS/GIS 方式の２方式のシステムを開発した。開発したシステムを実機に組込み、実際の除雪作業によるシステムの実用性検証を行った。

表2 サブサービスの分類と定義

分類	サブサービス	サブサービス定義
走行情報提供	1.車道逸脱に対する情報提供	・作業中に除雪装置と側方の構造物の接触による事故および除雪車の破損を防止 ・センターラインを越えて対向車線へ逸脱した除雪装置と対向車線を走行中の一般車両との接触事故を防止
	2.前方一般車両との接触に対する情報提供	・前方を走行または停止している一般車両への接触による事故を防止
	3.歩行者との接触に対する情報提供	・歩行者との接触による事故を防止
	4.前方障害物との接触に対する情報提供	・前方障害物への接触による事故および車両の破損を防止
	5.梯団除雪車に対する情報提供	・梯団除雪において、除雪車間の道路延長方向の車間距離が大きくなった場合の先行除雪車の路上待機による渋滞の発生を防止
走行補助	6.車道逸脱に対する運転補助	・作業中に除雪装置と側方の構造物の接触による事故および除雪車の破損を防止 ・センターラインを越えて対向車線へ逸脱した除雪装置と対向車線を走行中の一般車両との接触事故を防止
	7.前方一般車両との接触に対する運転補助	・前方を走行または停止している一般車両への接触による事故を防止
	8.歩行者との接触に対する運転補助	・歩行者との接触による事故を防止
	9.前方障害物との接触に対する運転補助	・前方障害物への接触による事故および除雪車の破損を防止
	10.梯団除雪車に対する交通信号の優先制御	・梯団除雪において、除雪車が赤信号により分断し、先行除雪車の路上待機による渋滞発生を防止
作業情報提供	11.前方構造物との接触に対する情報提供	・除雪装置と前方構造物との接触による事故および除雪装置の破損や除雪車の速度低下を防止
	12.投雪操作に対する情報提供	・投雪禁止区間への投雪を防止
作業補助	13.前方構造物との接触に対する除雪装置の運転補助	・除雪装置と前方構造物との接触による事故および除雪装置の破損や除雪車の速度低下を防止
	14.計画箇所への散布における散布装置の操作補助	・予め設定した散布箇所に対して適正に凍結抑制剤を散布
	15.凍結箇所への散布における散布装置の操作補助	・凍結発生箇所および計画箇所外で凍結が予想される箇所に対して確実に凍結抑制剤を散布
計画支援	16.凍結抑制剤散布計画に係る路面状況情報収集	・凍結抑制剤散布計画の立案を支援
	17.凍結抑制剤散布結果情報収集	・凍結抑制剤散布計画の立案を支援
	18.プラウ系除雪計画に係る路面状況情報収集	・プラウ系除雪作業計画の立案を支援
	19.プラウ系除雪作業結果情報収集	・プラウ系除雪作業計画の立案を支援

［研究成果］

(1) 除雪作業支援システム要件定義書、基本設計書

H12 年度提案した除雪作業支援システムについて、サービス定義、求められる機能・性能の定義、入出力情報の内容・精度・有効範囲、ユースケースシナリオを記載した要件定義書を作成した。

基本設計は、この要件定義書に基づいて、当該システムに必要かつ十分な機能・性能・品質要件を定性的あるいは定量的に定義し、入出力インターフェース、アルゴリズム、システム構成等に着目し作成した。更に基本設計に基づいて、システムの論理モデルについて、コンポーネント単位に機能を分割した。分割にあたっては、再利用性や保守性を考慮しながら論理構成を階層化し、コンポーネントを構成する標準の機器(ハードウェア、ソフトウェア等）を定めた。

(2) 除雪作業支援用の GIS データ製品仕様書（案）

除雪作業を支援するために整備すべき空間データの製品仕様である「除雪作業支援用空間データ製品仕様書（案)」を作成した。

1) 製品仕様書（案）の概要

製品仕様書に規定した除雪作業支援用空間データは、道路基盤データの表現方法と同じ方法を用いている。製品仕様書には、以下の内容を記載した。

- ・引用規定　・用語と略語定義
- ・取得する地物（地物カタログ）
- ・地物の品質要求　・空間スキーマプロファイル
- ・時間スキーマプロファイル
- ・座標による空間参照プロファイル
- ・UML クラス図　・データ交換用 DTD タグ名

ここで、道路基盤データの上に整備される除雪作業支援用空間データは、以下の分類にて構成されている。レーンマーカや各種境界線など除雪車誘導の基本とな

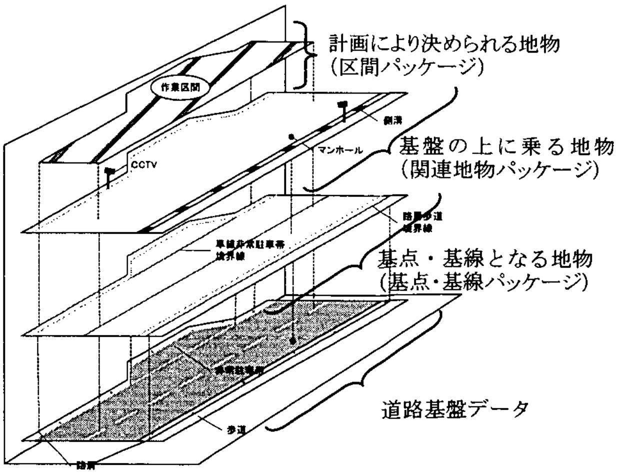


図1 データの構造

る地物は、基点・基線パッケージで定義した。道路基面の上に乗る地物（CCTV や側溝など）は、関連地物パッケージとして定義した。また、除雪計画によって決定される作業範囲等は区間パッケージとして地物定義した。

2) 製品仕様書で定義した地物の概要

製品仕様書では、各サービスが必要とする地物データの構造について UML クラス図により定義した。以下に取得する地物データについて概説する。

①サービス、地物の分類について

除雪作業支援に必要な地物項目を、サービスとの関連性に着目し整理した。除雪作業には「除雪車等の誘導」「危険警告」「投雪禁止（可能）区間情報」「除雪区間情報」、凍結抑制剤散布作業には「除雪車等の誘導」「危険警告」「凍結抑制剤散布区間情報」「情報提供（気象など）」が主に関係している。これらのサービス区分をもとに地物項目を分類した。

②クラス図パッケージ構成

サービス区分を基に分類した地物をパッケージとして整理した。パッケージ間の関係は図２の通りである。除雪作業支援用空間データ（除雪 ITS パッケージ）は、「除雪 ITS 基点基線パッケージ」「除雪 ITS 関連地物パッケージ」「区間パッケージ」の 3 種類から構成され、道路基盤データに依存する。区間パッケージにまとめられた区間地物は、計画等によって不定期に設定されるため「function」が介在する。function が道路基盤データを参照する理由は、道路基盤データで定義された基本面地物を基に区間が設定されるためである。

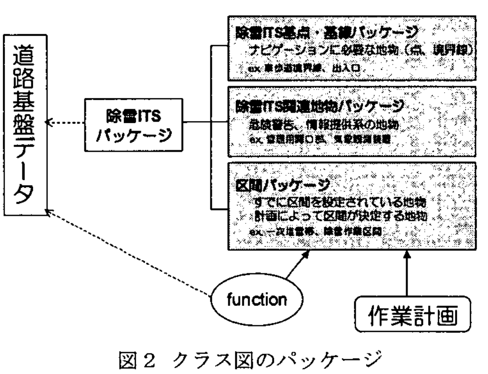


図２ クラス図のパッケージ

a.除雪 ITS 基点基線パッケージ：

レーンマーカや境界線など、除雪 ITS サービスの中でも特に除雪車等の誘導に関係のある地物を定義した。

除雪車、凍結抑制剤散布車を誘導するためには、道路基盤データにおける基本面地物の様な「面」として扱う方法と側方境界など「線」として扱う方法がある。ここでは、オペレータアンケート等の結果を踏まえ作業範囲よりも、障害物との位置関係を重視し設定した。

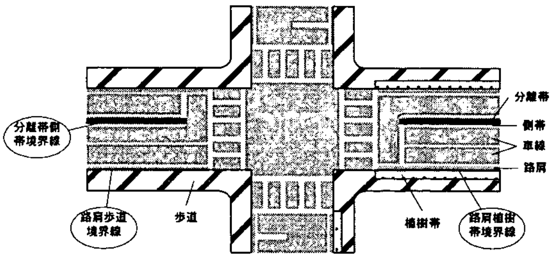


図３ 除雪 ITS 基点基線地物の例

a-1 基点地物

基点地物として定義されている「基点マーカ」を作業開始位置とし、同じく基点地物に定義されている「レーンマーカ」が主に除雪車等の誘導を支援する。

a-2 基線地物

基線地物の「走行軌跡線」は、蓄積された除雪車の走行軌跡データを利用することで除雪車を誘導できる、という考えから定義した。現時点では、厳密な検討が終了していないため、データ格納のためのクラスを用意したのみに留まる。また、道路基盤データの「境界線」を特化する形で定義されている各種境界線は、レーンマーカと同様、除雪車を誘導する基本となる。例えば、走行車線左側に歩道がある場合は「路肩歩道境界線」を認識して走行し、分離帯のある中央側については「分離帯側帯境界線」を端線として走行する。また、非常駐車帯などを堆雪帯として用い作業エリアに含まない場合は、非常駐車帯の車線側の境界線である「車線非常駐車帯境界線」を端線として走行する。

各境界線の主題属性には必要に応じて「縁石の有無」を定義している。これは、除雪装置の側方を縁石に当てながら作業を行っている場合を考慮してのことであり、縁石と関連のある境界線（歩道、分離帯、植樹帯等）に定義した。

b.除雪 ITS 関連地物パッケージ：

管理用開口部や道路情報関連施設など、除雪 ITS サービスの中でも特に危険警告、情報提供に関係のある地物を定義する。地物取得に際して、既に道路基盤データの「道路関連地物」「道路支持地物」に定義されているものを極力活用し、定義のないものについて新たに定義付した。また、道路基盤データで定義されている内容から一部を変更する場合は制約を設けている。

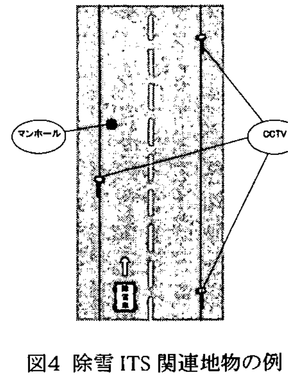


図4 除雪 ITS 関連地物の例

b-1 危険警告に関係する地物

柱、側溝等の道路側方の地物、マンホールや橋梁ジョイント等の道路上の地物は、除雪作業等において注意を必要とする。これら位置をオペレータに認識させることで、接触事故や故障を防ぐことができる。一方で、路面表示のうち「横断歩道」は、上記のような物理的地物について注意喚起をするのではなく、歩行者がいる可能性があるエリアとして定義をした。マンホールや橋梁ジョイントなど、地物に領域がある物は空間属性を GM_Surface とし面で取得する。

b-2 情報提供に関係する地物

気象観測装置や道路情報板などの道路情報関連施設は、道路基盤データで定義されているもののうち除雪作業に関係のあるものを定義している。また、「光ケーブル」と「光ファイバ温度センサ」を追加定義した。道路基盤データでは、架空線を「光ファイバ」として定義しているものの、地中埋設のものについては取扱いがない。ITS では情報関連施設の中でもセンサからの情報が重要であるため地中埋設の光ケーブルも情報定義した。センサ以外の情報提供地物として、「トンネル」、「道路橋」、「車道交差部」、「遮音壁」が挙げられる。トンネル、道路橋は除雪方法、凍結抑制剤散布方法が通常の道路部と異なるため、その位置を除雪車に知らせる必要がある地物である。車道交差部は、他の場所に比べて除雪車を誘導するのが難しいため、そのエリアの出入の際、注意喚起する必要がある地物である。また、「柵・壁」のうち遮音壁は、投雪の際注意する必要があるため含めた。

c.区間パッケージ：

除雪作業区間や投雪禁止区間など、除雪 ITS サービスの中でも区間に関係のある地物を定義した。計画に依存する区間（作業区間）と道路の設計段階で決定されている区間（堆雪帯）を含む。作業計画を通して決定される区間は、道路基盤データから生成される。

c-1 作業区間

作業区間には「除雪作業区間」「凍結抑制剤散布区間」がある。どちらも積雪状況や天候、路面状況により生成される区間が変わる。クラス図には「区間を生成する」という操作により区間が生成されることを示す。実装時にはより厳密に操作を定義する必要があるが、散布区間には、散布量、散布時刻、散布区間状態の 3 つの主題属性が定義した。 散布区間状態は、散布後の路面状況を時間を追って把握することにより、散布計画に利用することを想定して定義した。

c-2 その他の区間

投雪禁止区間は、事前に決められている区間（民家や墓地など）と、作業区間のように不定期に決まる区間がある。後者については例えば、歩道の一部や非常駐車帯など、堆雪可能な場所が計画によって変化することが考えられる。また、一次堆雪帯、二次堆雪帯は道路構造令により設計段階で決められている区間である。堆雪帯情報は、除雪をする際の堆雪可能区間を知るためのものである。

(3) ロータリ除雪車支援システムの開発と実証実験

ITS 技術を適用した除雪機械の自動操舵システムに必要な制御ソフトウエアの検討・作成、実機への装備、機能確認試験を実施した。以下に開発内容を概説する。なお開発システムを搭載したロータリ除雪車の概略図を図 5 に示す。

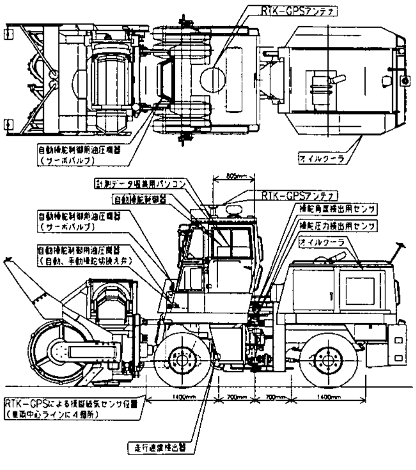


図5 実験用ロータリ除雪車

1) 離散マーカ方式による操舵制御システムの開発

舗装路面の下に軌道線形に沿って不等間隔に埋設された離散式レーンマーカ（磁気式、電波式）を車載センサにより検知することにより、ロータリ除雪車の操舵角を制御する自動操舵制御システムを開発した。以下に開発した制御システムの要点を述べる。また、座標系定義とソフトウエア全体構成を図 6 及び図 7 に示す。

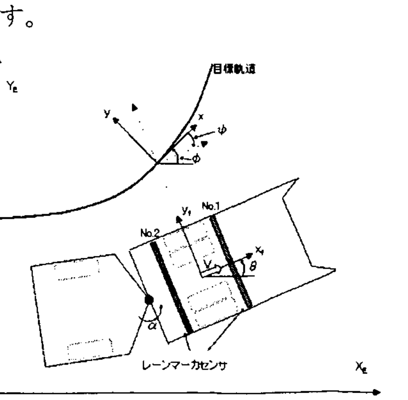
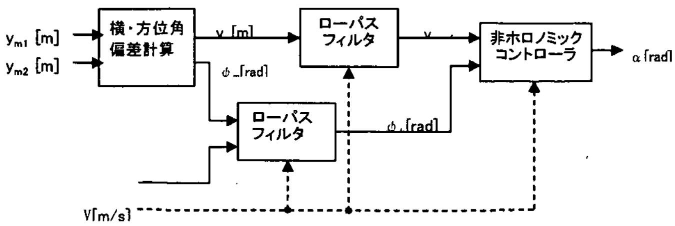


図 6 座標系の定義



y_{m1}　：No. 1 レーンマーカ信号
y_{m2}　：No. 2 レーンマーカ信号
V　：車速
y_m　：横偏差（レーンマーカセンサからの計算値）
ϕ_m　：角度偏差（レーンマーカセンサからの計算値）
y_f　：横偏差（フィルタ処理値）
ϕ_h　：角度偏差（フィルタ処理値）
α　：操舵れ角操作量

図７　ソフトウエア全体構成

①横・方位角偏差の計算

離散マーカ方式の制御においては､前車体車軸の前後に配置されたレーンマーカセンサの信号から、除雪車の目標軌道からのずれ量および角度偏差を計算する。

図８に示すように前車軸中央位置を原点とする前車体固定座標系 $\Sigma f(x_f y_f)$ で計測されるセンサ信号を y_{m1}、y_{m2} としたとき、制御目標位置（オーガ位置）での横および方位角偏差 y_m、ψ_m は（式１）により求めることができる。

$$\phi_m = -\tan^{-1}\{(y_{m1} - y_{m2}) / L_m\}$$
$$y_m = -\{y_{m1} - Lo(y_{m1} - y_{m2}) / L_m\}\cos\phi_m$$

・・・(式1)

Lm：マーカセンサ間の距離[m]

Lo：座標系中心からオーガ位置までの距離[m]

この方式では、敷設マーカ間の距離情報を使用すること無く制御偏差を計算することができる。センサ信号 y_{m1}、y_{m2} はマーカを通過した時に出力する離散信号であるが、マーカを通過したあとは制御装置内で信号を

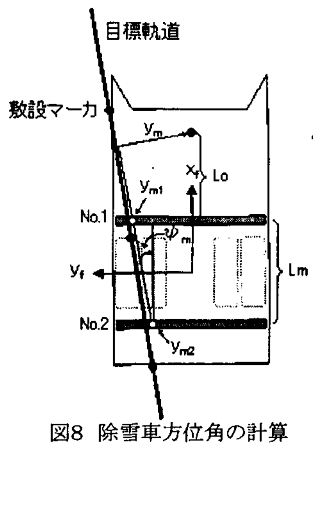


図8 除雪車方位角の計算

ホールドし、次のマーカを検知するまでそのホールド信号を計算に使用する。

②非ホロノミックコントローラ

開発システムでは、横ずれ偏差 y_m、角度偏差 ϕ_m をもとに操舵角指令値 α を計算する。フィードバック制御のブロック線図と制御式を(図９)と(式２)に示す。

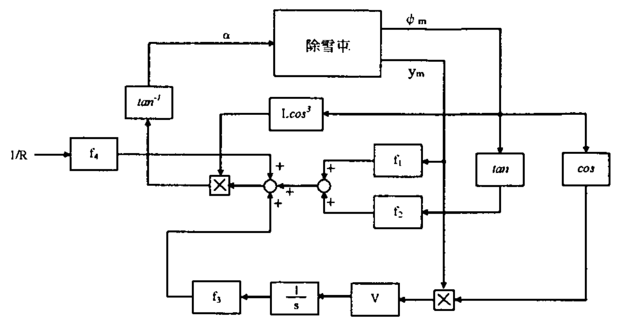


図9 フィードバック制御ブロック図

$$\alpha = \tan^{-1}\left[L\cos^3\psi_m\left\{f_3\int_0 y_m V\cos\psi_m dt + f_1 y_m + f_2\tan\psi_m + f_4\cdot 1/R\right\}\right]$$

・・・(式 2)

α　:ステアリング角指令値[rad]
ym　:横ずれ偏差[m]
ϕ_m　:角度偏差[rad]
V　:走行速度[m/s]
L　:ステアリングセンターピン一車軸間距離[m]
1/R　:軌道曲率。曲率情報未使用の場合はゼロ。
f_1～f_4　:制御ゲイン

2)GPS/GIS 方式による操舵制御システムの開発

あらかじめ GIS に登録した仮想マーカから生成した目標軌道を、車載 RTK-GPS 受信機により計測した自車位置座標と比較し、目標軌道とのずれ量を自動演算し操舵角の修正にフィードバックすることで自動操舵を行うシステムを開発した。

3)実証実験によるシステムの制御性能評価

ロータリ除雪車の自動操舵システムの実用化に向け、GIS データやレーンマーカ等の位置特定技術に対するインフラ側への要求性能要件の確認、今後の課題検討を行った。実験での確認項目は以下のとおりである。

① 直線・カーブ・交差点での操舵性能の確認
② 負荷変動、路面変化、信号欠測時の挙動確認
③ 位置特定技術に対する要求性能の評価
④ その他、安全性、費用、所要時間等の確認

実験評価の結果（表３に電波マーカ方式、磁気マーカ方式、GPS/GIS 方式における縁石からのずれ量を示す)、除雪品質面については離散マーカ及び GPS/GIS 併用方式の実用性に目途を付けた。ただし

実道上作業への適用については、安全機能やメンテナンス体制の検討が必要である。

表3 各制御方式における除雪後の縁石からのずれ量

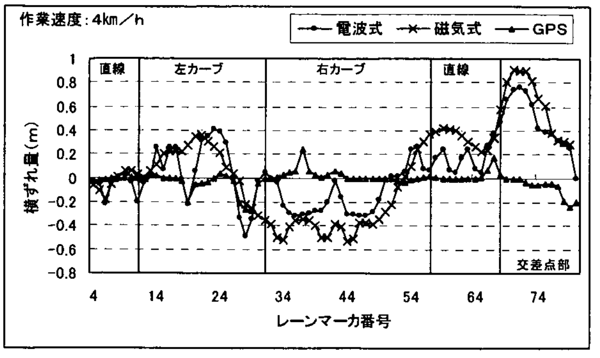


写真1　交差点部を想定した実験状況

［成果の発表］

1) ITS Application in the field of snow removal in Japan; 8th World Congress on Intelligent Transport systems, Sydney Australia 30Sept-4Oct 2001
2) ITSを利用した機械除雪作業の提案；土木技術資料第４３巻第９号

［成果の活用］

本研究の成果は、H15年度より２カ年を目途に実施予定の直轄国道の現場における実道実験に反映される予定である。実道実験においては、システムの適用効果検証や受容性の確認を行うほか、実験インフラとなるITS要素システムやGISデータ、光ネットワークの除雪以外の分野への多目的利用に向けた基礎的な検証も検討されており、適用効果が確認された場合、その後の展開計画に反映させる予定である。

実験内容は、東北地整局においては、「凍結抑制剤散布車の運行支援サービス」、北陸地整局においては、「ロータリ除雪車の操作支援サービス」を現在予定している。

街 路 交 通 調 査 費

中心市街地の活性化と都市交通のあり方に関する調査

Study on Urban Transportation for Revitalization of Central Urban Area

（研究期間　平成 11～13 年度）

道路研究部道路研究室　　室長　瀬尾卓也
Traffic Engineering Div., Road Dept.　　Head　Takuya Seo
主任研究官　河野辰男
Senior researcher Tatsuo Kono
研究官　田中良寛
Researcher　Yoshihiro Tanaka

Car sharing that has attracted interest as a new urban transportation system for central urban areas has been the object of various surveys performed with the participation of members of the public in Kanagawa Prefecture to clarify problems and challenges with this system and to study the feasibility of its introduction.

［研究目的及び経緯］

本研究は、中心市街地における新たな都市交通システムとして注目されている自動車の共同利用（カーシェアリング）について、神奈川県下で実施されたエコ・パークアンドライド社会実験をケーススタディに各種調査を実施したものである。13 年度の実験（平成 13 年 10 月～平成 14 年 3 月）は、昨年度までに実施した実験の結果を踏まえ、①通勤時に自宅と自宅最寄り駅の間で自動車を利用する市民（以下、通勤アクセス利用）と、②日中業務に自動車を利用する事業所（以下、日中業務利用）との間の車両共同利用実験に加え、③通勤時に勤務先最寄り駅と勤務先の間で自動車を利用する従業員（以下、通勤イグレス利用）との間においても共同利用を実施するとともに、通勤イグレス利用に併せて、④相乗り通勤実験（以下、相乗り利用）を実施した。本報告は、自動車共同利用の問題点や課題等の把握並びにシステムそのものの成立可能性を検討し、三カ年の成果をとりまとめて記述したものである。

［研究内容］

１．エコ・パークアンドライド社会実験の実験概要

道路研究室は、カーシェアリングの効果や可能性を検証するため、神奈川県海老名市（平成 11 年度～平成 12 年度）および藤沢市（平成 13 年度）において実施された「エコ・パークアンドライド（以下、エコ・P&R）社会実験」に関東地方整備局、横浜国道工事事務所等とともに参画した。エコ・P&R とは、朝夕の通勤時に鉄道駅まで自動車を利用する市民と、日中の業務に自動車を使う型事業所が、環境に優しい小型電気自動車を共同利用するシステムを示す。エコ・P&R は渋滞緩和とともに、自動車維持費の低減や、駅周辺で駐車場として利用されている土地の高度利用を促すことが期待されている。

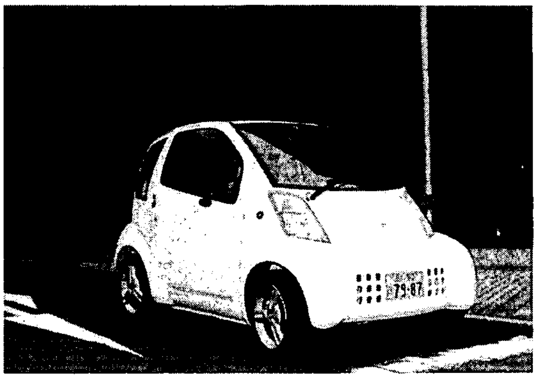


写真１　実験に使用した小電気自動車
最高速度：100km/h、航続距離：115km/1 充電
充電時間：4 時間、乗車定員：2 名（カタログ値）

１．１　海老名実験の概要

１）実験地域の概要

海老名市（人口約 12 万人・面積 26.48km^2）は神奈川県のほぼ中央部に位置しており、奈良時代には国分寺が建立されるなど、古くは相模国の中心地として繁栄した地域である。市の玄関口である海老名駅には小

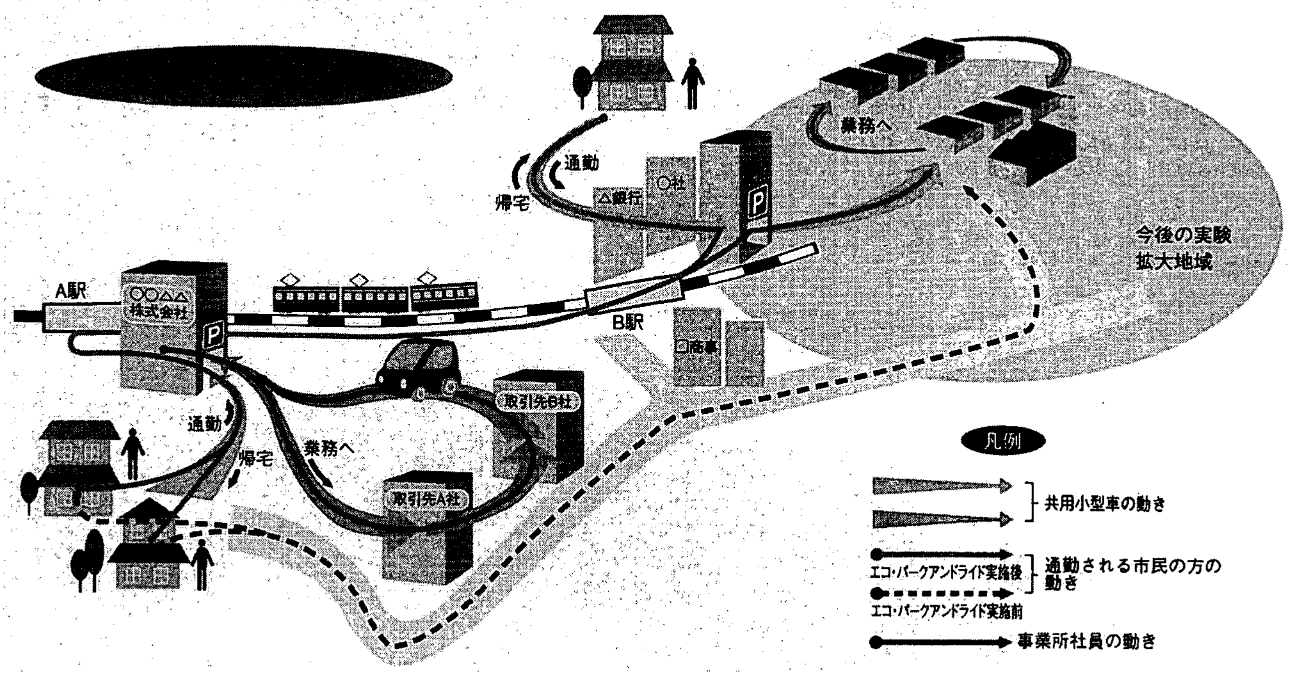


図1　エコ・パークアンドライド（海老名実験）概略図

田急線、相鉄線、JR 相模線の 3 線が乗り入れており、横浜に約 30 分、新宿に約 50 分と交通至便なため、駅周辺には月極駐車場が数多く設置され、鉄道通勤する市民にパークアンドライド（以下 P&R）駐車場として盛んに利用されている。しかしながら、海老名駅周辺は今後市の中心市街地として整備される予定の地域であり、現在多数存在する P&R 駐車場が、将来的に駅周辺の都市機能集積の阻害要因として支障を来すことが懸念されている。

２）実験の概要

海老名実験では、共同利用車両（小型電気自動車 15 台・写真１）を、①平日昼間は事業所モニタが業務に利用し、②平日昼間以外（早朝・夜間・休日等）は市民モニタが通勤や買い物などに利用し、③車両受け渡しを駅前地下駐車場や事業所駐車場で行うとともに、④受け渡し駐車場によって異なる利用条件（駅からの距離、営業時間、鍵の受け渡し方式等）を設定した場合や、⑤有料化を想定した実験協力金の負担により、本格実施に向けた問題点や課題を把握した（図１）。

市民モニタは市広報や駅前で配布したチラシを見て応募した市民の中から、10 名（20～50 歳代、男性 9 名、女性 1 名、海老名駅から 2～5km 圏内に居住）を選定した。その後、転居および病気入院で 2 名がモニタから外れ、平成 12 年度の追加募集で 4 名が加わり、最終的に 12 名（男性 10 名、女性 2 名）となった。市民モニタには利用実態調査への協力や、月 1 回程度開催されるモニタ会議に参加して意見を述べることなどを条件に、IC カードキー（車両のドアロック解除、モーター始動、貸出管理などに必要）や自宅用充電器（深夜電力充電用）を当初は無償で貸与し、平成 13 年 1 月より 3 ヶ月間は実験協力金として 1 万円／月の負担をお願いした。

事業所モニタとして当初は海老名市役所を対象として実験を開始し、段階的に駅周辺民間事業所（7 事業所）の参画を得た。事業所モニタには運転日報の記入をお願いし、運行に関する基礎データ（運行回数、移動距離、稼働時間等）や使い勝手に関する意見を収集するとともに、3 事業所の駐車場には充電器を設置し、市民モニタとの受け渡し駐車場としてもご協力頂き、実験協力金として 1.5 万円/月の負担をお願いした。なお、有料化実験（実験協力金の負担）は、海老名市が「エコ・P&R 推進協議会（海老名市、神奈川県、国土交通省）」を代表して道路運送法第 80 条 2 項により許可を取得して実施した。

１．２　海老名実験の結果

１）利用状況

日中業務利用では、一日平均の利用回数が 1.1 回～3.4 回、一日あたりの延べ利用距離が 9.7km～22.8km、市民の通勤利用では一日平均の利用回数が約 2 回、一日あたりの延べ利用距離は約 15km であった。

２）システムの利用意向

システムの受容性を把握するため、海老名市民（1,000 世帯・回収率 20.2%）および市内・近隣市の事業所従業員（2,500 票・回収率 11.5%）にアンケート調査を実施したところ、概ね半数はエコ・P&R を何

らかの形で利用してみたいとの意向を示していた。利用意向のある回答者に利用する場合に重視する条件を尋ねたところ、「料金が手頃である」ことをあげる回答者が最も多く、次いで「駐車場が近くにあること」を重視する回答が得られた（図２）。

３）利用条件に対する評価

グループインタビューの結果では、駅から500～600ｍ圏の駐車場では利用に抵抗がないとの回答が得られたが、圏内でも駐車場までの人通りが少なく街灯が暗い場合は利用意向が低下した。帰宅時の車両受け渡し駐車場を自由選択制にした場合は、駅に近い駐車場から順に選択された（表１、図３）。

鍵の受渡し方式については、有人方式よりも無人方式（①カードキー方式、②キーボックス方式）が好まれる傾向にあったが、それぞれの方式の評価に大差はなかった。

利用料金に対する評価では、市民モニタは利用料金をバス運賃との比較で判断しており、１万円／月でもやや割高との回答があった。事業所モニタでは、1.5万円／月でやや割高との回答が２社、割安との回答が１社、どちらでもない・未回答が３社であった。実験協力金は実コスト（電気自動車および貸出システムの一ヶ月あたりのリース料：20万円／台）と比較して低額での提供であったが、厳しい評価結果となっている。

１．３　藤沢（湘南台）実験の概要

１）実験地域の概要

藤沢市（人口約38万人・面積69.51km^2）は神奈川県の相模湾沿岸（湘南）に位置しており、中心部は東海道の宿場町や江ノ島詣での拠点として発展するとともに、北部地域においては工業団地、大学をはじめとする各種機能の集積や宅地化が進んでいる。市北部の湘南台駅には従来からの小田急江ノ島線に加え、平成11年には相鉄いずみ野線、横浜市営地下鉄１号線が延伸して拠点性が高まっており、今後とも様々な機能が立地し、交通流動はますます活発になることが想定されている。

２）実験の概要

藤沢実験では、海老名実験とほぼ同様の条件の他、①湘南台駅から少し離れた事業所に従前自動車直行通勤していた従業員が鉄道通勤に転換して、東京・横浜方面へ通勤する市民モニタが駅地下駐車場等に乗り捨てた電気自動車や、ガソリン車（４人乗）を、駅から事業所までの交通手段として利用する（イグレス利用）実験や、②イグレス利用に相乗り（ライドシェアリング）を組み合わせた実験を実施し、問題点や課題等を把握した。

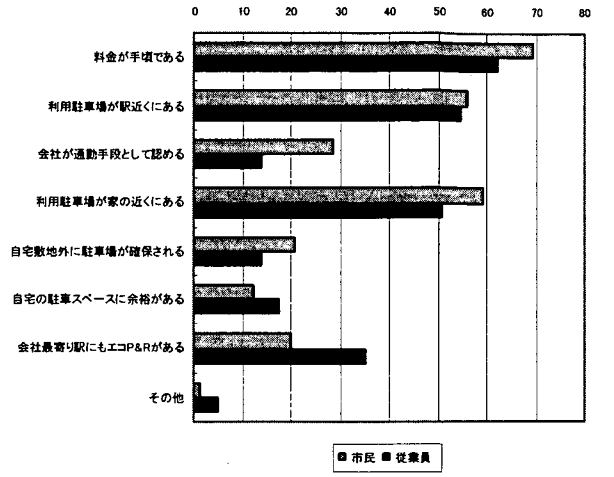


図２　エコ・Ｐ＆Ｒの利用条件

表１　受け渡し駐車場

	駐車場名称	駅からの距離（実測徒歩時間）	信号横断数（最大待時間）	配備車両	鍵の受渡	備考
3分圏駐車場	中央公園	200m（3分）	1回（40秒）	4台	無人①	地下駐車場内はやや人気が少ない
5分圏駐車場	A社	550m（7分半～8分）	1回（40秒）	1台	無人②	経路上は比較的賑やか
	B社	620m（8分～8分半）	3回（40秒×2+α）	1台	有人	
	C社	500m（6分半）	なし	2台	無人②	駅裏で人通りが少なく、街灯が暗い
8分圏駐車場	市役所	850m（10分半～11分）	3回（40秒×3）	4台	無人②	市役所に近づくと街灯がない

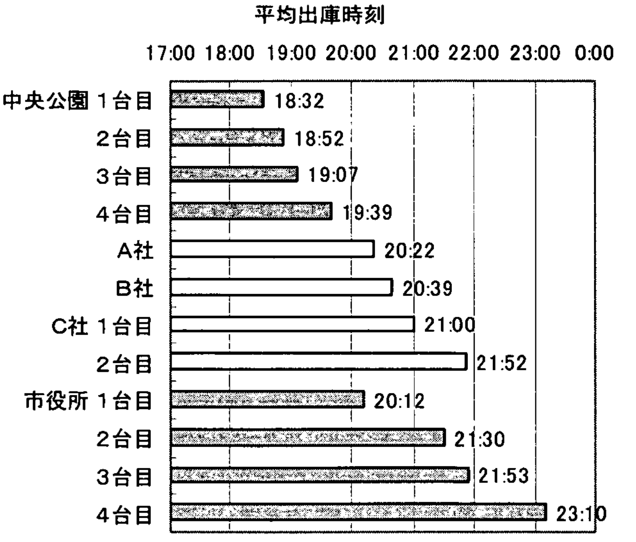


図３　駐車場別平均出庫時間

１．４　藤沢実験の結果

１）利用状況

日中業務利用、市民の通勤利用では海老名実験とほぼ同様な利用傾向であった。イグレス利用では朝の利用開始時刻は概ね７時前から８時台であり、夕方の利用終了時刻は17時前から21時以降までバラツキが見られた。イグレス利用で相乗りが実施されたのは、運行日108日のうち朝82回、夕50回であり、平均乗車人員は朝2.06人、夕1.69人であった。

2）利用条件に対する評価

イグレス利用及び相乗りについて評価をヒアリング等により整理した。相乗りの待ち合わせ方法については各利用者に任せたが、運転者のみ決めておき同乗者は都合が合えば相乗りするパターンと、事前に運転者、同乗者とも決めておく利用行動がほぼ半々であり、集合にかかる時間は0~7分で平均2.6分であった。相乗りのための気遣いについては、運転者はあまり気にせず、同乗者の方がやや気にする傾向がみられた。

利用料金に対する評価は、アクセス利用の評価額が平均13,364円／月で、海老名実験とほぼ同程度の水準であった。イグレス利用の料金に対する評価では、相乗りなしで平均5,667円／月、相乗りありで平均4,692円／月であった。但し、イグレス利用で相乗りありの場合の評価額には大きなバラツキがあり、中央値は2,000円程度であった。イグレス利用は相乗りなし、相乗りありともかなり低額の評価となっている。

利用者の支払い額評価の目安を整理すると、1台あたりの収入として6万円／月程度が見込まれる（表2）。

表2　利用者の支払い額評価の目安

対象者	予想される負担可能額	想定額
アクセス利用通勤市民	駅周辺月極駐車場代が目安	1.5~2万円／月程度
日中利用事業所	リース車両のリース料が目安	4万円／月程度
イグレス利用従業員	バス料金が目安	0.5万円／月程度

1．5　エコ・P&R実験結果のまとめと課題

1）システムの利用可能性

モニタ間の受け渡しには大きな問題はなく、利用意向調査等により市民の約5割に利用可能性があるなど、エコ・P&Rの基本的枠組みの成立可能性が示された。

2）実施効果

今回の実験では交通流に直接影響を与える実験規模ではないため実際の効果は捉えられていないが、モニタの利用継続意向は高く、本格実施した場合には自動車通勤からの転換がある程度見込まれる。交通への影響・効果としては、P&R駅周辺では混雑が発生する可能性もあるが、全体としてみた場合、幹線系道路の交通量減少、車両利用距離の減少等が期待され、環境への効果としては、排出ガスの減少等が期待される。

3）経済性・市場性

モニタの利用料金に対する評価額は、システムを利用したことのない市民に比べて高額の評価であったが、市民モニタは駐車料金やバス定期運賃、事業所モニタはリース車両の料金や使い勝手等との比較によりシステムを評価しており、当該収入による想定システム（電気自動車＋ICカードシステムによる車両管理）の維持は困難である。

本格的な普及のためにはコストダウンとともに、利用者のニーズを汲んだきめ細かい運用形態や、多様な需要を捉える仕組み等についての検討が引き続き必要である。

4）実施時の運用・組織体制・制度

実験協力金の徴収はレンタカー事業の許可を受けて行ったが、カーシェアリングの運用は現行のレンタカー事業と整合しない部分があり、相乗り（ライドシェアリング）等の多様な形態については現行法制度での対応は困難である。

実験は行政組織等で構成する任意団体（エコ・P&R推進協議会）が主体となって実施したが、本格実施における運営主体は民間私企業、NPO、行政など様々な形態が考えられ、制度面の見直しとともにさらに検討が必要である。

［研究成果］

①車両の受け渡しに大きな問題はなく、システムの基本的枠組みの成立性が確認された。

②車両受け渡し場所として利用者に受容されるのは、駅から500～600m程度までであることがわかった。

③相乗り利用は制度面の制約や利用意向の低さあるいは支払い評価額の低さから、成立性が厳しいことがわかった。

［成果の発表］

①エコ・パークアンドライド研究委員会報告書、エコ・パークアンドライド推進協議会、2000. 5、2001. 3、2002. 5

②長谷川金二；第31回都市交通計画全国会議資料、第31回都市交通計画全国会議実行委員会、2002. 5

③国土交通省土木研究所；海老名エコ・パーク＆ライド社会実験、道路No. 704、（社）日本道路協会、2001. 2

［成果の活用］

わが国においても環境・交通諸問題に対する社会的関心の高まりにより、カーシェアリングに関する取り組みが盛んになりつつあるが、自動車メーカ系、レンタカー会社系の計画には、まちづくりの観点や総合交通体系の中での位置づけが不明確であり、純粋な営利を目的とした事業化では、バス利用者からの転換誘発などが懸念される。

今後は、自動車共同利用システムを広範囲に導入した際の効果を定量的に分析・評価するとともに、システムが具備すべき要件を整理し、総合交通体系における自動車共同利用の位置づけ等についてさらに研究を進める予定である。

公共交通の顧客満足向上に関する調査

Study on Improvement for Customer Satisfaction of Public Transport

（研究期間　平成 11～13 年度）

道路研究部道路研究室
Traffic Engineering Div., Road Dept.

室長　瀬尾卓也
Head　Takuya Seo
主任研究官　河野辰男
Senior researcher　Tatsuo Kono
研究官　田中良寛
Researcher　Yoshihiro Tanaka

This study's goals were to propose and verify the effectiveness of measurement methods to develop criteria to assess overall satisfaction with trips based on individuals' sense of the value of time and the value of information, and at the same time, to clarify points to be improved and challenges to be resolved in order to actually apply the criteria to a city.

［研究目的及び経緯］

今後の都市圏の交通計画の策定やその評価にあたっては、ＴＤＭやマルチモーダル、利用者への情報提供といった交通需要管理の積極的な導入の視点が欠かせないが、計画策定や評価のためのシミュレーションモデルの重要なパラメータとなる移動満足度（個人の時間価値、情報価値等を踏まえたトリップに対する総合的な満足度）の評価手法や指標に関しては、現実の種々の状況を反映した十分なものが用意されていない。

本研究は、種々の個人属性や地域特性を反映した、移動満足度に対する統一的な評価尺度を開発することを念頭に置いて、移動満足度の要因を整理して計測手法の提案と有効性の検証を行うとともに、実際の都市に適用した場合の改善点・課題等を明らかにすることを目的としたものである。

［研究内容］

本研究は①既存シミュレーションモデルのレビュー、②移動満足度に関わる指標の概念整理、③移動満足度指標を反映できるシミュレーションモデルの概念整理を平成 12 年度に引き続き実施するとともに、④移動満足度の要因の状況別整理、④計測手法の提案及び有効性の検証、⑤モデル都市への適用課題の整理を実施した。

本稿では、うちＳＰ調査における所要時間信頼性の提示方法の比較実験と、バス停での待ち行動と待ち抵抗についての考察を報告する。

（１）ＳＰ調査における提示方法の比較試験

ＳＰ調査の提示方法の違いによる回答の差を検証するため、ある地点間の所要時間の信頼性の提示方法の比較実験を実施した。

経路1	10日とも30分
経路2	10日のうち8日は20分 10日のうち2日は50分

表現方法･･･ア

	所要時間
経路1	28分～32分　平均30分
経路2	18分～53分　平均26分

表現方法･･･イ

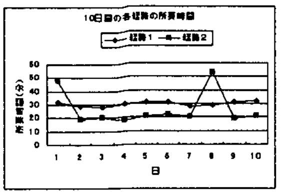
	渋滞しないときの平均所要時間	渋滞の頻度	渋滞時の平均遅れ時間
経路1	30分	（渋滞しない）	
経路2	20分	10日に2回	30分

表現方法･･･ウ

10日間、それぞれの経路の所要時間を測定したら次のようになりました。（単位：分）
それぞれの日で速く行けるほうを赤数字にしています。

	1日	2日	3日	4日	5日	6日	7日	8日	9日	10日
経路1	32	29	28	30	31	31	28	29	31	32
経路2	48	19	20	18	21	22	20	53	19	21

表現方法･･･エ



表現方法･･･オ

図１　所要時間変動の表現方法

表１　各シナリオの設定の概要

	経路1（共通）	経路2 シナリオ1	シナリオ2	シナリオ3
平均(分)	30.1	26.1	26	27.1
最小(分)	28	18	19	18
最大(分)	32	53	48	42
標準偏差(分)	1.5	12.3	9.5	8.4
15%以上遅れ率	0%	20%	30%	50%

表２　経路１／経路２の選択割合

単位:%

	表現方法 ア	イ	ウ	エ	オ	全表現
シナリオ1(4サンプル)	100 / 0	100 / 0	25 / 75	75 / 25	75 / 25	80 / 20
シナリオ2(6サンプル)	50 / 50	83 / 17	67 / 33	17 / 83	50 / 50	53 / 47
シナリオ3(4サンプル)	25 / 75	50 / 50	75 / 25	50 / 50	50 / 50	50 / 50
全シナリオ	57 / 43	79 / 21	79 / 21	29 / 71	57 / 43	60 / 40

表２のように、同じ情報を示す場合においても、提示方法の違いによって情報の受け取られ方に大きな差があることが示された。

（２）バス停でのバス待ち行動の実態

バス利用者のバス待ち行動の実態を把握するため、都内バス停６カ所において観察調査を実施した。その結果、約半数の利用者が待ち時間に何らかの行動をしており、ベンチの利用率自体はそれほど高くないが、ベンチ利用者の方が待ち時間に何らかの行動を起こすことが多い傾向が見られた。

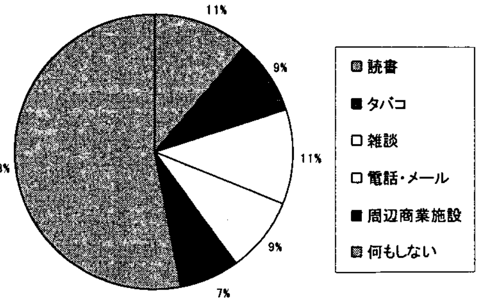


図２　バス停におけるバス待ち時の利用者行動

（３）バス待ち時間と待ち抵抗の関係

バス停でバス待ちをしている利用者にアンケート調査（都内バス停４カ所で配布、回答数 223、郵送回収率 72%）を実施し、バス利用者の待ち抵抗と行動の関係について考察した。

アンケート結果では、待ち時間が多くなるほど待ち抵抗が大きくなる傾向があり、何らかの待ち行動を起こした人は何もしなかった人より待ち抵抗が低くなる傾向が見られた。

バス待ち時間と待ち抵抗の関係を考察するため、オーダープロビットモデルによりバス待ち抵抗と観察調査・アンケート調査で取得した変数を用いて分析した。効用関数及び説明変数は以下のように設定し、効用関数のパラメータ β と閾値 θ は最尤法により求めた。また、待ち抵抗は効用関数Ｖが大きくなるほど増大するように設定した。

$V = \Sigma \beta i X i$　　β：パラメータ　Ｘ：説明変数

表３　オーダープロビットモデル推定結果

説明変数	係数	t値
約束遅れダミー（遅れそう:1　その他:0）	1.1092	4.5071
約束間に合いダミー（間に合いそう:1 その他:0）	0.1235	0.6551
バス乗車時間（分）	0.0253	1.4571
バス利用頻度ダミー（年数回:1　その他:0）	0.3534	0.8413
高齢者・立ち待ち時間（分）	0.2643	7.6858
非高齢者・立ち待ち時間（分）	0.2841	7.3706
高齢者・座り待ち時間（分）	0.1394	4.0252
非高齢者・座り待ち時間（分）	0.2222	5.344
バス遅れ時間（分）	0.1012	1.7123
行動内容ダミー（行動あり:1　なし:0）	-1.0453	-5.6375
コンビニ利用ダミー（利用あり:1　なし:0）	-1.2658	-3.7543
バス停環境ダミー（良好:1　その他:0）	-0.3596	-2.1629
性別ダミー（男性:1 女性:0）	0.1136	0.717

閾値	値	t値
θ1	0.8052	1.6635
θ2	1.9066	3.8601
θ3	3.0914	6.0577
θ4	4.5431	7.9414

初期尤度	-366.95
最終尤度	-240.63
尤度比	0.344
サンプル数	228

立ち待ち時間と座り待ち時間の係数を比較すると、ベンチに座ることがバス待ち抵抗の緩和に寄与するとともに、高齢者においてより大きく抵抗緩和に寄与することがわかる。また、行動内容ダミー、コンビニ利用ダミーの係数が負であることから、待ち時間に何らかの作業を行うことや、コンビニを利用することは待ち抵抗を緩和させる作用があると言える。

［研究成果］

①所要時間信頼性の計測において、提示方法により情報の受け取られ方に差異があることが示された。

②バス待ち抵抗に対するバス乗車時間の影響は小さく、また、ベンチやバス待ち行動・コンビニ利用等によって抵抗が緩和されることが示された。

［成果の活用］

今後は交通需要予測モデルに個人属性を考慮した移動満足度の要因を導入する方法についてさらに研究を進めるとともに、実際の都市に手法を適用して各種評価対象施策と移動満足度要因との関係についてケーススタディを実施する予定である。

※ 本稿は東京大学への委託研究により実施した成果の一部を引用してまとめたものである。

低公害車等の導入が都市交通環境に与える影響に関する調査

Investigation of Influence on urban transport environment by introduction of low-emission vehicles

（研究期間　平成 11～13 年度）

環境研究部道路環境研究室　室　長　並河良治

研究官　松下雅行

研究官　大城　温

Head, Road Environment Division, Environment Department　Yoshiharu Namikawa

Researcher　Masayuki Matsushita

Researcher　Nodoka Oshiro

The purpose of this research is quantitative evaluation of the environmental improvement effect by introduction of low emission vehicles. In 2002, the future CO_2 emission of the automobile origin was estimated with the vehicle kilometers estimated according to the type of automobile. Consequently, the growth of future CO_2 emission was smaller than the estimation in the previous year.

［研究目的及び経緯］

本研究では、低公害車等の導入による環境改善効果の定量的把握、それに基づく望ましい都市交通体系のあり方の提案を目的としている。

11 年度は、低公害車の普及状況（図-1）、専門家による開発・普及等の予測、自動車メーカーの開発動向や将来のエネルギー需給の見通し等から、低公害車の普及シナリオを整理した。また、10 年度までに作成した都市交通部門における CO_2 排出量の予測モデルの改善と、新たな削減施策を本モデルで扱えるように、それらのサブモデルの作成を行った。

12 年度は、省エネ法による燃費改善及び低公害車導入による自動車からの CO_2 排出量の推移の将来予測を行った。その結果、2010 年度末の燃費改善による CO_2 削減効果は、対策なしと比較して約 5.7%と推計された。しかし、これらの効果は自動車走行台キロの伸びで減殺されるため、現在水準より CO_2 排出量を削減するためには、低公害車の導入だけでなく他の施策との組合せが必要であるという結果が得られた。

13 年度は、12 年度に行った推計の精度向上のため、車種別に推計した自動車走行台キロを用いて、将来の自動車起源の CO_2 排出量を推計した結果、従来の試算より CO_2 排出量の伸びが小さいという結果が得られた。

［研究内容］

エネルギーの使用の合理化に関する法律（省エネ法）に基づく通商産業省・運輸省告示により、乗用自動車及び貨

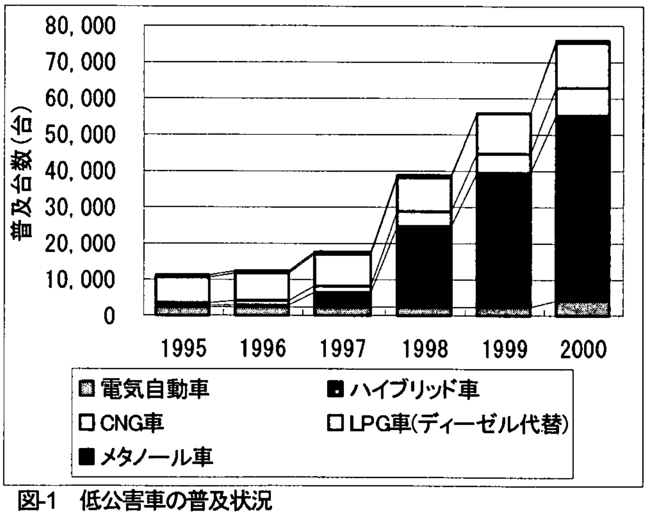


図-1　低公害車の普及状況

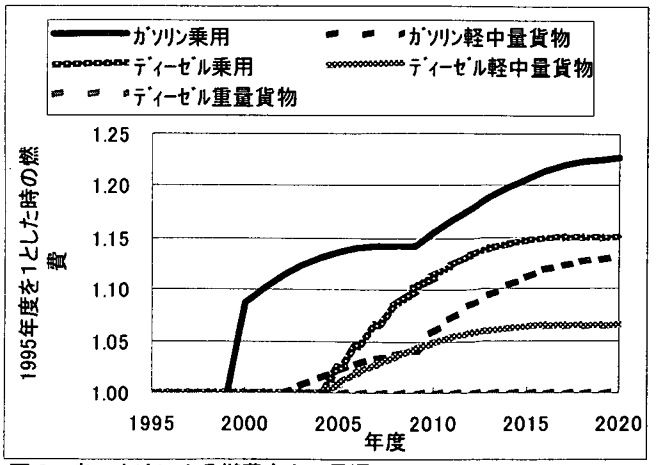


図-2　省エネ法による燃費向上の見通し

物自動車（車両総重量2.5t以下）の基準エネルギー消費効率(km/L)（以下、燃費基準と記述）の将来の目標値が定められている。ここでは、この目標値に従い燃費が改善されるにつれて、国内での自動車による将来の CO_2 排出量が推移していくかを推計した。

省エネ法の燃費基準は新車にのみ適用されるため、年式毎に適用される燃費基準を考慮する必要がある。そこで、小型車・大型車の車種別と車令別に燃費を算出し加重平均することにより、その年度の代表燃費を算出した。代表燃費の削減率の推移を図-2に示す。この算出の結果、小型車については2010年度末に1995年度末と比較して、省エネ法に基づく燃費改善効果が全体で8.7%あると推定された。ただし、車両総重量2.5t超の大型車については省エネ法の燃費基準が設定されていないため、燃費改善効果は見込めないことから、全体の燃費改善効果はさらに小さくなる。

［研究成果］

今後も自動車走行台キロが同様のペースで全車種が一様に伸びると仮定した場合、既存の推計では2010年度の CO_2 排出量は1990年度と比較して43.8%増加するという結果であった[2]。次に、４車種（乗用車・小型貨物車・普通貨物車・バス）別に2000～2020年度の自動車走行台キロを1990～1999年度の10年間のトレンドから推計した。推計の結果、乗用車が大幅に伸びる一方、小型貨物車及びバスの走行台キロは減少すると推計された（図-3）。

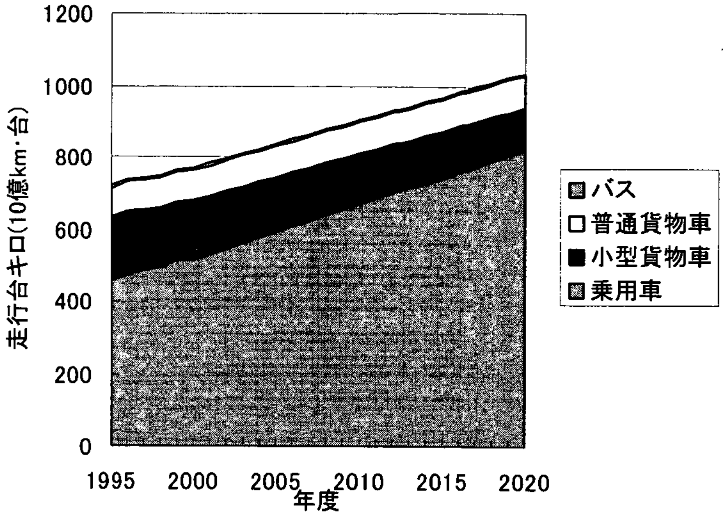


図-3　将来の車種別の自動車走行台キロの推計

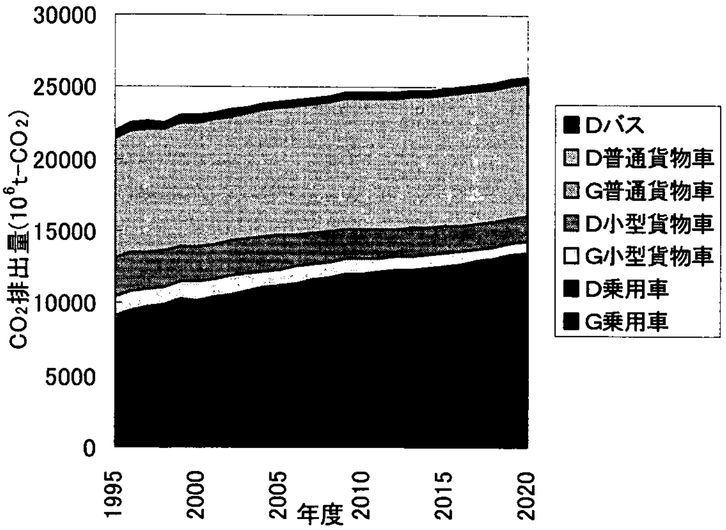


図-4　将来の自動車からの CO_2 排出量の推計

この推計結果を用いて、４車種別の自動車走行台キロを燃料別（ガソリン車・ディーゼル車）の車種構成比に従って配分し、将来の自動車起源の CO_2 排出量を推計した。CO_2 排出係数は、省エネ法の燃費基準のみに従って低減されるものとした。

その結果、2010年度末の CO_2 排出量は1990年度と比較して32.3%増加すると推計された(図-4)。全車種の走行台キロが一様に伸びると仮定した場合（12年度の推計）と比較すると、車種別に将来の走行台キロを推計場合では、乗用車と比較して排出係数の大きい大型車の走行台キロが小さく推計されたために増加率が10%以上小さく推計されたものと考えられる。政府目標では、運輸部門の CO_2 排出量は2010年度末に1990年度比で17%増に抑制する計画であり、今年度の推計でも一層の対策が不可欠であることがわかった。

［成果の発表］

１）大城温, 大西博文:「都市交通から発生する CO_2 排出量の削減施策の効果予測に関する研究」, 土木研究所資料第3760号「第39回土木研究所研究発表会論文集」, pp.13-16, 2000.

２）大城温, 並河良治, 大西博文:「低公害車の導入による二酸化炭素排出量の削減効果の推計」, 日本道路会議一般論文集(A), Vol.24, pp.146-147, 2001.

３）大城温, 並河良治, 大西博文:「都市交通に起因する環境負荷の軽減施策の評価に関する研究」, 土木計画学研究・講演集, Vol.24, 2001.

４）大城温, 並河良治:「将来の自動車起源 CO_2 排出量の見通しに関する基礎的研究」, 土木学会年次学術講演会講演要旨集第４部, Vol.57, 2002（予定）.

［成果の活用］

将来の CO_2 排出量と、交通施策による CO_2 排出量を精度良く推計することにより、効果的な CO_2 排出量削減施策の実施に資するものと考える。

地方整備局等依頼経費

環境アセスメント制度検討調査

Research on the Environmental Assessment System

（研究期間　平成 13 年度）

環境研究部 道路環境研究室
Environment Department　Road Environment Division

室長　並河 良治
Head　Yoshiharu NAMIKAWA
主任研究官　角湯 克典
Senior Researcher　Katsunori KADOYU
研究官　桑原 正明
Researcher　Masaaki KUWABARA

In planning process of road in France, it is the interesting features to perform influence evaluation about a construction beforehand to all traffic investment ("Environment is included in evaluation criteria),and that the legal environmental impact assessment is incorporated into the procedure of public-benefit declaration. These evaluations have large positioning as what performs suitable information offer for a decision-making person and a citizen in decision-making about a construction, and final judgment is left to the decision-making person.

［研究目的及び経緯］

わが国においては、環境影響評価法案採決時に、戦略的環境影響評価の制度化に向けて早急に具体的検討を進めることが付帯的に決議されている。これを受けて、国土技術政策総合研究所においても内外の動向や現状、SEA を制度化するに当たっての課題・考慮事項等について調査・研究を推進している。

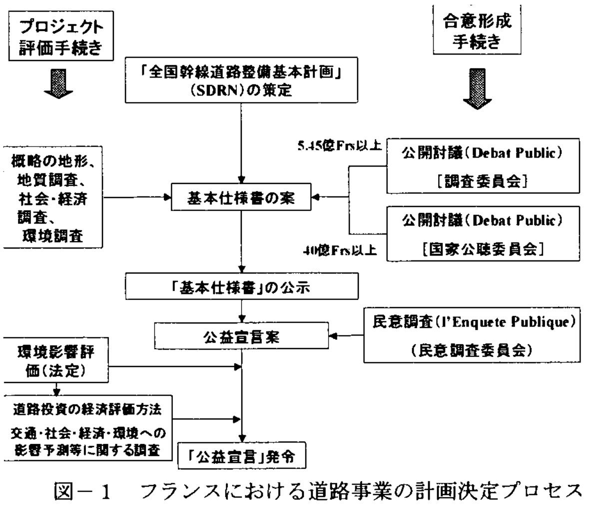
本研究においては、我が国における制度設計・仕組づくりの参考とするため、フランスにおける道路プロジェクトの評価に着目し、環境も含め、どの様な項目（経済性、安全性等）が考慮されているかについて調査した。また法定手続きである環境影響評価手続きが計画決定プロセスのどの段階で実施されているかについてもあわせても合わせて報告する。

［研究内容・研究成果］

1）計画確定までの流れ

フランスの計画決定プロセスは図－1に示すとおり、構想段階で「全国幹線道路整備基本計画」が策定され、概略計画段階で「基本仕様書」の公示により概略の路線選定が行われ、詳細計画段階で道路区域の決定等の「公益宣言」が発令されるという3段階を経て計画が確定している。

概略の路線選定プロセスにおける合意形成手続きについては、広域的な幹線道路の整備を担当する設備省の通達（ビアンコ通達）による場合と Barnier 法（バルニエ法）による場合がある。ビアンコ通達は、事業



図－1　フランスにおける道路事業の計画決定プロセス

費 5.45 億 Frs 以上の事業を対象としているのに対し、バルニエ法は事業費 40 億 Frs 以上の大規模事業を対象としており、適用事例は非常に少なく筆者の調査結果ではこれまでに6件程度であることがわかっている。

2）プロジェクトの評価

「基本仕様書」の公示が行われる前の概略の路線選定において、概略の地形・地質調査、社会・経済調査、環境調査が実施され、複数案の比較により 1km 幅のルート案を決定する。「公益宣言」を発令するための事前調査においては、各代替案の交通・社会・経済・環境への影響予測等に関する評価を実施し、1km 幅の計画区域から約 300m 幅の区域へ絞り込みを行う。

フランスにおいては 1982 年国内交通方針法（LOTI）

評価項目	評価の視点
地域の経済的振興および国土整備	道路整備による雇用創出効果、および交通量増加に伴う地域活性化効果
安全性	道路整備による安全性の向上
利用者にとっての便益	道路整備による走行費、時間の節約、快適性の向上
環境	地域環境に及ぼす影響（大気への影響は地球環境への影響も含む）
例外的に不利な既存状況	下のような不利な既存状況がある場合に、一定の優先的な評価を与える 一渋滞箇所、交通遮断の危険、安全性の面での難所、騒音の激しい地点
他の交通手段への影響	競合交通機関の経営に与える影響
雇用	道路施設の建設、維持・補集、運営に伴って創出・維持される雇用
エネルギー費用	道路整備による総エネルギー収支と利用者にとっての燃料効率
公共部門と受託会社の財務収支	整備主体、運営主体の財務収支
費用便益	上記9つの評価項目について全額換算が可能なものを対象に費用と便益の集計を行う

表－１　道路投資の経済評価方法における評価項目

によりあらゆる交通投資に対して事前に評価を行うことを義務づけている。具体的には「公益宣言」が発令するための事前調査において、表－１に示す 10 項目の評価項目について評価を行い、それらの結果をもとに評価項目別５段階評価（きわめて有利、有利、普通、不利、きわめて不利）を行っている（表－２参照）。

プロジェクト／基準	A	B	C	D	・・・	
地域の経済的振興と国土整備	++	+	--	-		
安全性	++	-	-			
利用者にとっての便益	--	++				
環境		-	+			
: :						

表－２　プロジェクト評価の一例（＋が有利、－が不利）

最終的には意思決定者がこれらの評価結果を総合的に判断して意思決定を行う。以上の評価結果は事前調査結果とともに民意調査の実施時に公表される。民意調査では事業の公共性を証明し「公益宣言」を行うための一連の調査・公聴・協議が実施される。後述する環境影響評価の結果もこの民意調査の中で公表され、「公益宣言」を行うための判断材料となる。

また、1998 年に発出された道路投資の経済評価方法に関する通達、指示によれば道路分野における技術上の進歩にあわせ評価手法も適宜対応させることを規定している。

３）プロジェクト評価における「環境影響」と環境影響評価

「公益宣言」を発令するための事前調査において考慮されている「環境」としては、地域環境に及ぼす影響として「天然資源と生態系（土壌、空気、水、動物、植物）」、「人間活動（都市整備、農業、林業）」、「生活の環境と水準（騒音、景観、人類の財産）」のそれぞれについて評価した上で、それらの結果をもとに５段階評価を行っている。ただし環境の視点からの評価は次第に詳細化していく傾向にあるようである。表－３に自然保護法施行令で規定されている評価対象を示す。

一方、フランスにおいては法定手続きである環境影響評価は 1985 年の EC 指令の発令に先立って、1976 年に自然保全法の中でいち早く制度化された。その後 1983 年の Bouchardeau 法（ブシャールドー法）により図－１の民意調査のプロセスにおいて環境影響評価を実施することや民意調査等住民意見の取り上げ方が細かく規定された。環境影響評価結果は、公益宣言のための民意調査の中で国民に公表され、計画の公益性を社会面、環境面、経済面、行政面、技術面等から総合的に判断する手続きの中に組み込まれている。

自然保護法施行令では、以下のような項目について、直接的、間接的、一時的及び永続的な影響の調査及び予測をすべきとしている。

・動物及び植物
・風景及び景観
・土壌、水、大気、気象、自然環境
・生物学的均衡
・個人の財産及び文化遺産の保護
・近隣の快適さ（騒音、振動、悪臭、光害）
・衛生、安全及び公衆衛生

表－３　環境影響評価の対象となる環境要素

４）まとめ

以上述べたようにフランスの道路事業においては、国内交通方針法（LOTI）によりあらゆる交通投資に対して事前に事業に関する影響評価を行うこと（「環境」もその中の評価項目となっている）、及び法定の環境影響評価が公益宣言の手続きの中に組み込まれていること等が大きな特徴である。これらの評価は事業に関する意思決定にあたって意思決定者及び市民に適切な情報提供を行うものとして位置付けが大きく、最終的な判断は意思決定者に委ねられている

また筆者の調査結果によれば、概略の路線選定プロセスをより民主化するために、事業費 10 億 Frs 以上のプロジェクトについてもバルニエ法の対象とするべく 2002 年３月現在改正手続き中のようである。

［今後の研究予定・成果の活用］

我が国の道路事業における環境等にも配慮した計画決定プロセスの充実、評価システムの充実等に反映していく予定。

道路環境影響評価の技術手法の運用に関する調査

Research on how to use the technical method concerning the Environmental Impact Assessment for road projects

（研究期間　平成１３年度～）

環境研究部	道路環境研究室	室　長	並河　良治
Environment Department	Road Environment Division	Head	Yoshiharu NAMIKAWA
		研究官	松下　雅行
		Researcher	Masayuki MATSUSHITA
		研究官	大城　温
		Researcher	Nodoka OSHIRO

To maintain the technical method concerning the Environmental Impact Assessment for road projects, we have to take a brand-new knowledge and information. In addition, we have to certify everyone of such knowledge and information. For example, we treated the Suspended Particulate Matter near roadside.

［研究目的及び経緯］

平成１１年６月に全面施行された環境影響評価法に基づいて道路事業の環境影響評価を実施する際の参考図書として、平成１２年１０月に刊行された「道路環境影響評価の技術手法（土木研究所資料第 3742～3745 号；建設省土木研究所）」については、引き続き新たな知見を追加等すべく調査研究を進めるとともに、その知見の妥当性を客観的に審議する体制が必要である。そこで大気質については、１０人の学識経験者で構成される「沿道の大気質予測手法検討委員会」を平成１２年度に設置し、平成１３年度には、委員会１回を開催した。当該委員会では、平成１１～１２年度にかけて関東・中部・近畿地方でそれぞれ調査された排気管一次粒子以外の浮遊粒子状物質（Suspended Particulate Matter；ＳＰＭ）に関した実態調査結果について審議した。この排気管一次粒子以外のＳＰＭとしては、二次生成粒子、土壌由来、タイヤ摩耗、路面摩耗由来を想定しており、それらに着目した成分分析を行うために、車道部端より風下方向にかけて、ＳＰＭの成分毎の濃度変化を調査したものである。

［研究内容］

① 調査方法

調査は平面で４車線の一般国道沿道で、風下方向に測定点を配置するために、沿道の土地利用が高度化されていない郊外部にて実施した。

地域によって若干の相違点はあるが、風下側車道部端及びそこから 5，50，100，150～200m程度離れた地点と、風上側に車道部端から 50～100m及び 200m程度離れたそれぞれの地点で、ロウボリウムエアーサンプラー(ＬＶ)とハイボリウムエアーサンプラー(ＨＶ；１２年度のみ)を組み合わせてＳＰＭを補集した。ＬＶは6時間毎に、ＨＶは24時間毎にろ紙を交換し、前者で炭素、イオン成分、鉄及びアルミニウムを、後者でアスファルト及びゴム成分を対象とした連続７日間の測定を行った。

② 分析方法

成分分析は、炭素、イオン成分が二次生成粒子、鉄及びアルミニウムが土壌由来、アスファルトが路面摩耗、ゴム成分がタイヤ摩耗の、それぞれの指標として選定した。

補集したＳＰＭについては、補集時の風向が道路方

表－１　成分分析対象

補集法	対象成分
ＬＶ	有機性炭素(Corg)元素状炭素(Cele)ｱﾝﾓﾆｳﾑｲｵﾝ(NH_4^+)ｶﾙｼｳﾑｲｵﾝ(Ca^{2+})硫酸ｲｵﾝ(SO_4^{2-})硝酸ｲｵﾝ(NO_3^-)塩素ｲｵﾝ(Cl^-)ｶﾘｳﾑｲｵﾝ(K^+)鉄(Fe)ｱﾙﾐﾆｳﾑ(Al)
ＨＶ	ｱｽﾌｧﾙﾄ、ゴム(合成ゴム、天然ゴム)

表－２　調査地点の概要・調査時期

地域	地点	日交通量(台/日)	大型車混入率	調査時期
関東	A	約 5 万	約 25%	H12.1
		約 5.5 万	約 25%	H12.12
中部	B	約 5 万	約 55%	H12.2
	C	約 4 万	約 20%	H12.10
近畿	D	約 5 万	約 40%	H12.2
		約 4.5 万	約 30%	H12.11

※　関東及び近畿は２年とも同じ地点で測定。

向と直角方向に近い時間帯のものをＬＶで８ｹｰｽ､ＨＶで３ｹｰｽずつ抽出し、ＳＰＭの補集重量を測定するとともに、それぞれの成分分析を行った。

成分分析対象を表－１に、調査箇所の概要・調査時期等を表－２にそれぞれ示す。

［研究成果］

平成１１年度及び１２年度の調査結果のうち、各調査地点における、鉄及びアルミニウム(以下、鉄等と称す)のＳＰＭ中の成分濃度変化を図－１に示す。鉄等は、土壌由来のＳＰＭの指標として選定したものである。いずれの年度・調査地点とも、６時間毎のデータを８ケース抽出し、それぞれについて成分分析を実施したが、補集時間と風向の関係で、特に鉄について定量下限を下回るデータが多く見られており、今回はその場合をすべて「０」と仮定して報告した。

また平成１２年度に実施した周辺土壌の成分分析結果を表－３に示す。この結果からも分かるように、周辺土壌中の鉄等の重量比は数パーセントに過ぎず、これらだけを指標として土壌由来のＳＰＭを判断するには、前述の通り補集時間の短さもあり、困難であると言える。さらに、周辺土壌中の鉄等の重量比とＳＰＭの成分分析結果から、土壌由来の排出係数を試算したところ、地域によるばらつきが大きいことが確認された。

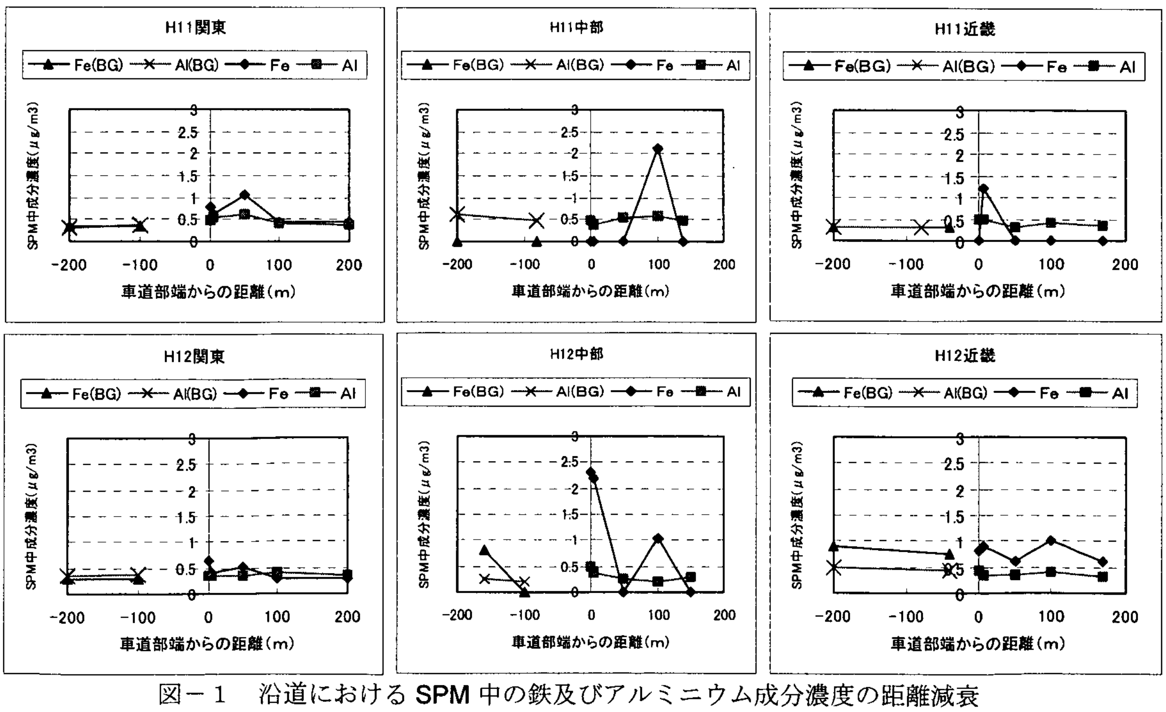
［成果の活用］

土壌由来の指標として選定した鉄等については、補集時間も含め前述のような実測精度に若干の問題があり、別な指標と合わせて追加調査を実施することとした。その指標としては、土壌に多く含まれると言われているけい素を選定するが、けい素の成分分析を実施するためには、通常の石英ろ紙ではなく、別のろ紙を使用する必要があり、２台のＬＶを並べて測定することとする。

また、沿道での土壌、タイヤ・路面摩耗由来のＳＰＭの発生量を把握すべく、けい素、ゴム、アスファルトの成分別鉛直分布と風速の鉛直分布をあわせて把握し、フラックスによる算定を行うこととした。

さらに平成１１年度及び１２年度の調査は、表－２に示したように、１０月から２月にかけてすべて郊外部で実施しており、季節による相違・周辺の土地利用による相違の把握も必要であると考える。

これらの調査の実施により、精度向上を図ることが可能であると考えている。



図－１　沿道における SPM 中の鉄及びアルミニウム成分濃度の距離減衰

表－３　調査地点周辺の土壌の成分分析重量比

調査地点	Corg (%)	Cele (%)	NH_4^+ (%)	Ca^{2+} (%)	K^+ (%)	SO_4^{2-} (%)	NO_3^- (%)	Cl^- (%)	Fe (%)	Al (%)	その他 (%)
A(関東)	1.34	0.89	0.0002	0.0028	0.0083	0.0205	0.0067	0.0052	4.97	6.91	85.85
C(中部)	1.26	0.95	0.0000	0.0060	0.0010	0.0050	0.0020	0.0010	3.22	4.75	89.81
D(近畿)	0.76	0.40	0.0001	0.0048	0.0013	0.0082	0.0050	0.0024	1.99	6.39	90.44
平均	1.12	0.75	0.0001	0.0045	0.0035	0.0112	0.0046	0.0029	3.39	6.02	88.70

道路事業の生態系アセスメントのケーススタディ

Research on Environmental Impact Assessment of Ecosystem for Road Projects

（研究期間　平成１２－１３年度）

環境研究部　道路環境研究室
Environment Department, Road Environment Division

室長　並河　良治
Head　Yoshiharu NAMIKAWA
主任研究官　角湯　克典
Senior Researcher　Katsunori KADOYU
研究官　川上篤史
Researcher　Atsushi KAWAKAMI

In this paper, we performed the case study along with the manual which was published by NILIM, in order to show civil engineers the concrete example of method of investigating and expecting the impact for ecosystem by road construction and to arrange the main points in performing assessment.

[研究目的及び経緯]

1999 年 11 月に環境影響評価法が施行され、道路事業が自然環境に与える影響に対して、調査、予測及び評価すべき環境要素のうち、新たに「生態系」項目が追加された。それを受けて国総研では「道路環境影響評価の技術手法（その４）」（土木研究所資料第 3745 号）（以下、アセスマニュアルという）を作成し、生態系に関する環境影響評価全体の流れおよび検討項目を示した。

本研究では、生態系に関する調査、予測等について事業者によりわかりやすい具体的実施例を示すとともに、方法書等を記載するにあたっての注意すべき要点の整理を行うことを目的として、このアセスマニュアルに従って実際の地域におけるケーススタディを行った。

[研究内容]

生態系のアセスメントの流れは、スコーピング－調査－予測－環境保全措置－評価となるが、これらをメリハリをつけて効率的に実施するためには、まずスコーピング段階で可能な限り情報を収集し、評価の対象とする範囲や地域を特徴づける生態系、調査・予測対象とする生物種・群集等を絞り込む必要がある。

よって、本稿ではこのスコーピング段階でポイントとなる地域を特徴づける生態系の設定方法を取り上げ、その実施例を用いながら説明する。

なお、ケーススタディは、関東地方の典型的な谷戸地形が残る里山的環境を調査対象とした。

[研究成果]

地域を特徴づける生態系の抽出の手順は以下の示すとおりとなる（フロー図１、実施例図２）。

①自然環境類型区分の中で、一つの類型区分がある程度まとまって存在し、概ね均質とみなせる範囲を抽出しておく。ここでは、生態系に対する影響を予測するための空間を抽出することが目的となることから、動物の移動や繁殖などに利用されており、連続していると見なすべき空間（樹林帯や水系など）があれば、一体化した空間としてこの段階で抽出しておく。

調査対象地域においては、まとまった面積を有する類型区分は台地－草地（以下「草地」とよぶ）と谷底平野－水田（以下「水田」と呼ぶ）である（図２-ａ参照）。

②残った部分の中で、類型区分の混入の状況が類似している範囲があれば（例えば水田と小面積の

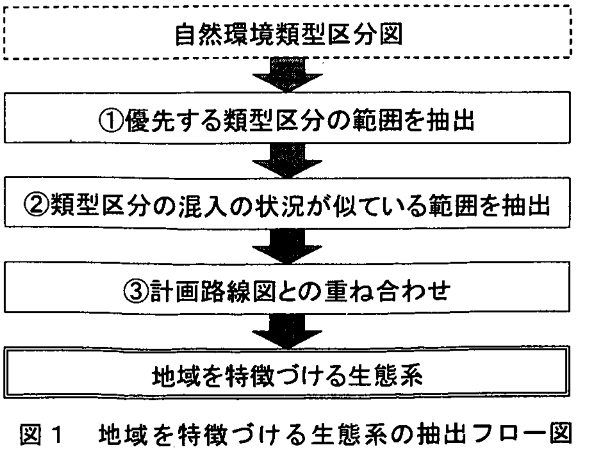
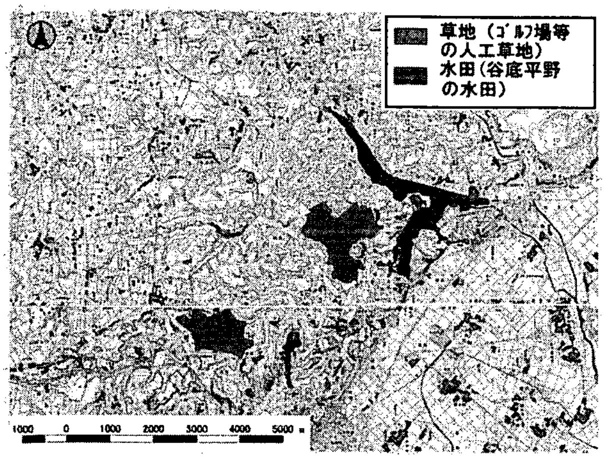
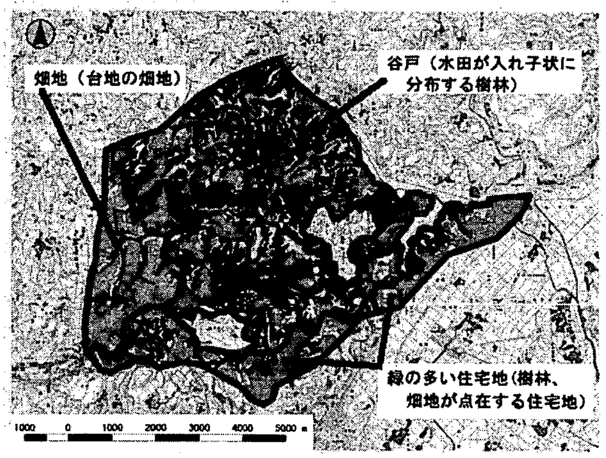


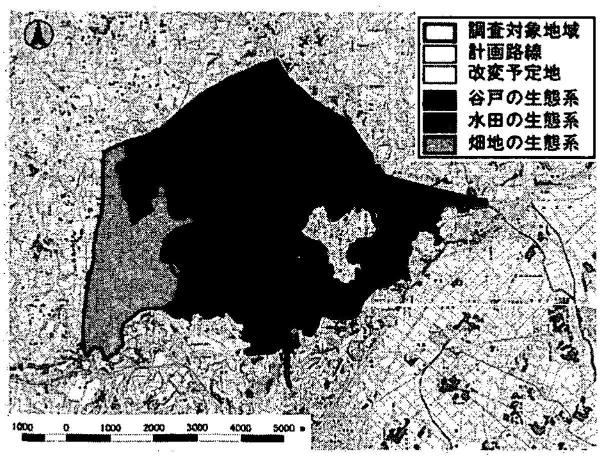
図１　地域を特徴づける生態系の抽出フロー図



（a）まとまった類型区分の抽出



（b）類型区分の混入の状況が類似している範囲の抽出



（c）事業を受ける範囲での設定

図２　地域を特徴づける生態系の抽出（実施例）

樹林が繰り返し現れる空間など）、一体的な空間として抽出する。さらに残った範囲は「その他」として一つにまとめる。

調査対象地域においては、水田と樹林が入り交じって分布する範囲（以下「谷戸」とよぶ）と、台地－畑地とその周辺の細かい類型区分の飛び地を併せた「畑地」、住宅地と近接する樹林や畑地を統合した「緑の多い住宅地」を抽出した（図２-b参照）。

③上記の作業の結果と事業計画路線とを重ね合わせ、事業による影響をうけると見なされる空間的まとまりから「地域を特徴づける生態系」を設定する。この範囲が、調査・予測を行う調査対象範囲の候補となる。なお、明らかに影響を受けない範囲は抽出されない。

調査対象地域においても計画路線図とを重ね合わせ、計画範囲にかからない範囲を除外した。その結果、「水田」、「草地」、「谷戸」、「畑地」、「緑の多い住宅地」の５つの区分のうち、「草地」と「緑の多い住宅地」が除外された（図２-c参照）。

以上のような手順で地域を特徴づける生態系の抽出を行った。地域を特徴づける生態系の抽出は地域によって自然環境の類型区分の分布の状況や生息する種等が異なること等を考慮に入れながら事業者の判断によって設定することとなる。

スコーピング段階では、動植物相に関する情報が十分整備されているとは言えない現状では生態系の構造や機能等を正確に把握する事は難しい。よって、現地での「調査」結果との比較は絶えず行い、場合によっては既存の知見と異なるデータが出てくることも考えられる。このことからも、地域を特徴づける生態系を設定した後、道路事業による生態系への影響を予測するための指標となる注目種・群集の設定については、スコーピング段階では特定の種を絞り込む必要は低く、むしろ同様の生態を有する種を広く整理しておくことがポイントとなる。

[成果の発表]

角湯克典、川上篤史、並河良治：道路事業における生態系の環境影響評価手法の提案，土木技術資料，pp.64-69，44-3，2002

[成果の活用]

今後の道路事業における生態系項目に関するアセスメントの一例として、現場技術者の参考資料となる。

参考資料

上坂、大西、角湯ほか：道路環境影響評価の技術手法(その４)，土木研究所資料第 3745 号，2000

動物用道路横断施設の設置方法に関する研究

Research on Animal Passages crossing Roads

（研究期間　平成１３年度）

環境研究部　道路環境研究室
Environment Department, Road Environment Division

室長　並河　良治
Head　Yoshiharu NAMIKAWA
主任研究官　角湯　克典
Senior Researcher　Katsunori KADOYU
研究官　川上篤史
Researcher　Atsushi KAWAKAMI

In order to install effective animal passages, it is necessary to clarify the structure and the position of passages crossing roads. In this research, we took photographs of animals passed by with automatic cameras set beside the passage under the road in use. Consequently, each species prefers crossing facilities of different types.

[研究目的及び経緯]

道路が動物の生息域を分断すると、そこに生息していた地域個体群は隔離されることになり、将来的に絶滅する危険性がある。そのため、動物のための道路横断施設の設置が必要になるが、分断防止効果の高い動物用の道路横断施設の構造や設置位置等が明らかになっていないのが現状である。

そこで本研究では、動物用道路横断施設の適切な構造や設置位置等を明らかにすることを目的として、哺乳類の道路横断実態を把握する。

[研究内容]

人間の通行や水路として利用されている既存の道路横断施設（ボックスカルバートやパイプカルバート）を日常的に利用している動物種および利用頻度を自動撮影システム（図１）により調査した。この自動撮影システムは、撮影機器（一眼レフカメラ）、センサー、電源等から構成されており、動物への影響ができるだけ小さくなるように赤外撮影を行った。また、今回の撮影は中型哺乳類を対象としたため、センサーの設置高を 17 ～ 20cm とした。イタチのように背が低い動物は撮影できない場合もあるものの、テンやタヌキ程度の大きさは撮影できることを確認している[1]。

調査対象路線は、全国的にロードキルが多いことから周辺に生息する動物が多いと考えられる宮崎県内の高速道路とし、河川に挟まれた里山的環境の約２ｋｍを調査区間とした（図２）。その調査区間内にある道路横断施設（ボックスカルバー

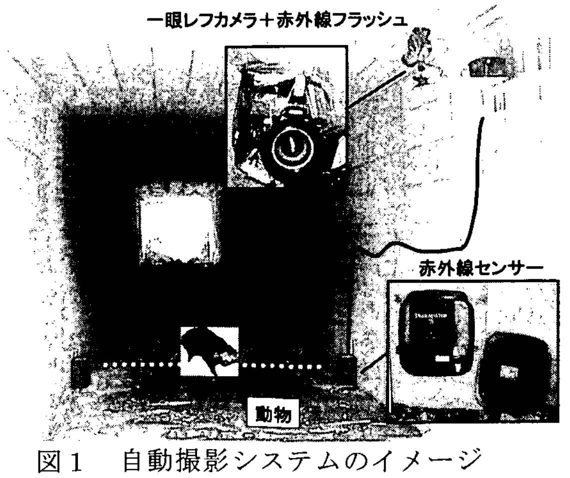


図１　自動撮影システムのイメージ

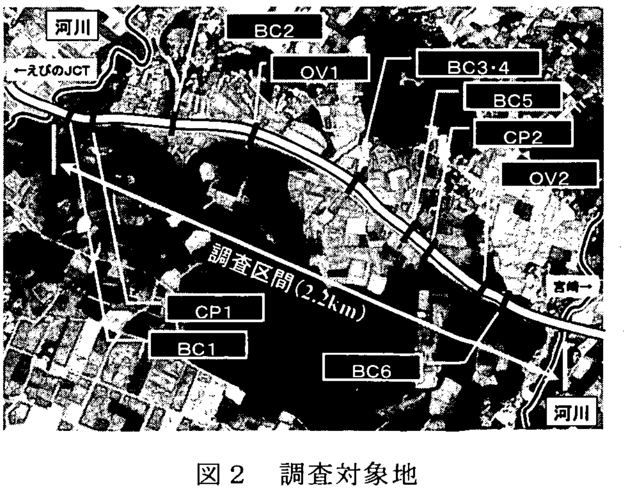


図２　調査対象地

ト（以下、ＢＣ）６箇所、パイプカルバート（以下、ＰＣ）２箇所、オーバーブリッジ（以下、ＯＶ）２箇所）を自動撮影調査地として選定した。

また、撮影は日没前(17 時)から日の出後（７時）までの夜間１４時間程度を基本として行い、平成１３年１０月１２日から１１月２８日まで行った。

[研究成果]

①動物の横断施設利用状況

道路横断施設での自動撮影の結果、野生動物のノウサギ、タヌキ、キツネ、テン、イタチ、アナグマ、ハクビシンの７種とネコ、イヌ等の合計 712 個体が撮影された。ネコが全体の 71%を占める 505 個体であったが、野生動物ではタヌキの 57 個体（８%）、キツネ 55 個体（８%）等が確認された（図３）。野生動物を調査区間全体（約２ｋｍ）での１日あたり通過数を算出すると（図４）、キツネが最も多く 1.72 個体、ついでタヌキ(1.30 個体)、ノウサギ(1.09 個体)となり、これら３種はデータ上は毎日いずれかの横断施設を利用していることとなった[注1]。

②道路横断施設の構造別利用状況

道路横断施設の構造別に１日あたりの動物の通過数を整理した（図５）。その結果、動物種によっては施設の違いによって通過数に差がある。特にノウサギ、キツネはＢＣやＯＶでは利用が見られたが、ＰＣでは見られなかった。これらのことから、ノウサギやキツネは開放的構造をもった横断施設であれば、分断防止効果が高い可能性があるということがいえる。一方、タヌキ、テンについては差が大きく出るところもあったが、いずれの構造も利用していた。また、イタチ、アナグマ、ハクビシンについてはデータが少ないため、構造による利用数に顕著な差は出なかった。

しかし、これら利用動物の利用数の差は、構造によるものだけでなく周辺環境の影響や季節的な行動特性の違いによる影響も大きいと考えられることから、今後これら構造以外の要因による解析も必要である。

[成果の活用]

動物用道路横断施設を設置する際に、保全目標とする種に適した横断施設の参考となる。

参考資料・注

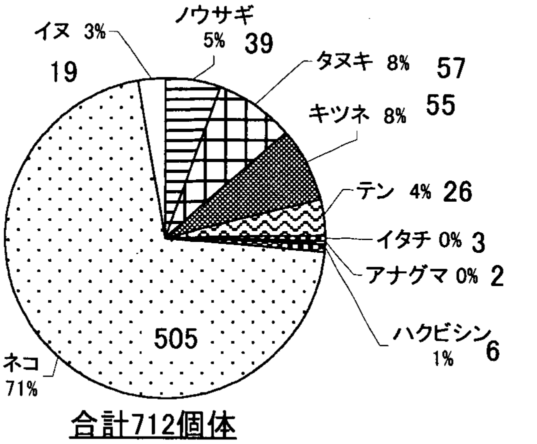


図３　動物種別横断施設利用状況

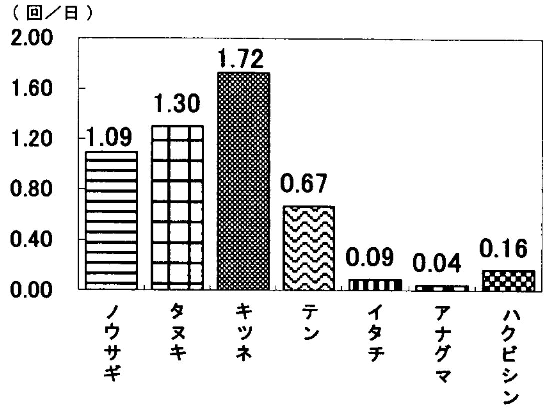


図４　調査区間・１日あたり通過数

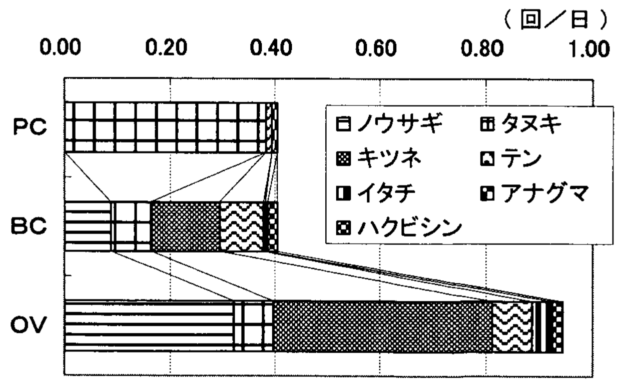


図５　構造別の１日あたり平均通過数

１）川上篤史、角湯克典、並河良治：自動撮影による動物の道路横断施設の利用状況調査方法，日本道路会議一般論文集(ポスターセッション)，pp.14-15，2001

注１：横断施設の利用動物個体数のカウントは、撮影時間が５分以内に同一種が撮影された場合、明らかに他個体であると判明したとき以外は除外した。

自然環境に配慮した道路計画・設計に関する調査

Research on the Road Planning and Design on Road considering Nature Environment

（研究期間　平成 13 年度）

環境研究部 道路環境研究室
Environment Department　Road Environment Division

室長　並河 良治
Head　Yoshiharu NAMIKAWA
主任研究官　角湯 克典
Senior Researcher　Katsunori KADOYU
研究官　桑原 正明
Researcher　Masaaki KUWABARA

In the planning determination process of UK, NATA plays the very important role, and it is utilized also not only as evaluation of a project as a management tool. As evaluation criteria in NATA, five objectives, "environment", "safety", "economy", “accessibility” and "Integration", are taken up. Moreover, in order to realize a better transportation policy, GOMMMS (Guidance on the Methodology for Multi-Modal Studies) is developed as a concept which includes the technique of NATA in March, 2000 as a guideline about the tools of analysis for comparing and evaluating of traffic modes in a local traffic plan etc.

According to that, the evaluation criteria in NATA are also improved.

[研究目的及び経緯]

わが国においては、1999 年より環境影響評価法が全面的に施行されているが、同法案採決時に戦略的環境影響評価（Strategic Environmental Assessment、「SEA」）の制度化に向けて早急に具体的検討を進めることとされており、国土技術政策総合研究所においても内外の動向や現状、SEA を制度化するに当たっての課題等について調査・研究を推進している。

一方、計画、プログラム等を対象とした環境影響評価である SEA については、計画、プログラム等にビルドインされている評価システムの中で取り扱うべきであるという考え方もあり、SEA の制度化に向けては既存の評価システムとの整合性について調査・研究を進めることが必要である。

本研究においては、我が国における制度設計・仕組づくりの参考とするために、イギリスにおける広域的な道路事業の計画決定プロセスの各段階で考慮される様々な事項の内、プロジェクトの評価に着目し、どの様な項目（経済性、安全性等）がプロジェクトの評価で考慮されているか、またその項目の中に環境項目が含まれているか、含まれていれば具体にどのような要素（大気質、騒音等）が考慮されているかについて調査した。また法定手続きである環境影響評価手続きが計画決定プロセスのどの段階で実施されているかについてもあわせても合わせて報告する。

[研究内容・研究成果]

既往の研究より、欧州における広域的な道路事業の計画決定プロセスは、次の３段階－１．政策の方向性やプライオリティを決定する段階（構想段階)、２．概略ルートを設定する段階（概略計画段階)、３．詳細な道路区域を決定する段階（詳細計画段階）－からなることがわかっている [1]。計画決定プロセスが進むに従い計画の熟度が高まり、代替ルート案の比較等を通して道路区域が決定されるが、それまでには様々な事項（プロジェクトの評価結果、ＰＩの結果等）が考慮され最終決定に至る。

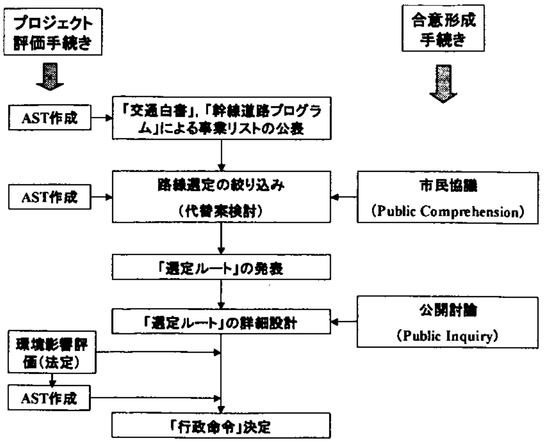
１）計画確定までの流れ

イギリスの計画決定プロセスは図－１に示すとおり、構想段階で「交通白書」，「幹線道路プログラム」による事業リストの公表、概略設計段階で「選定ルート(preferred route)」の発表、詳細設計段階で道路区域の決定等の「行政命令」が発令されるという３段階を経て計画が確定している。

２）プロジェクトの評価

計画確定までのプロジェクトの評価にあたっては総合的な見地からの検討が必要であることから、事業の環境影響、安全性、経済性について客観的な情報をとりまとめ、計画決定プロセスのあらゆる段階で意志決定者等に情報提供する手法としてＮＡＴＡ（New Approach to Appraisal）が開発された。

ＮＡＴＡにおける評価項目としては「環境影響」、



図－1　イギリスにおける道路事業の計画決定プロセス

「安全性」、「経済性」、「アクセス性」、「他の政策との整合性」の５つが取り上げられており、それぞれの項目について情報が収集・分析・評価される。表－1にＮＡＴＡにおける５つの評価項目に対する政府の目標、評価指標を示す。また、ＮＡＴＡではＡＳＴ

	政府の目標	ASTの評価指標
環境影響	人工及び自然の環境を保全し、より一層の向上を図る	騒音、大気質、景観、生態系、文化的遺産、水質、CO_2
安全性	全ての旅行者の安全性を改善する	安全性
経済性	経済的効率性の向上に寄与し、適切な地域の持続的な経済成長を支援する	所要時間及び自動車交通に伴う経済性、事業費、所要時間の正確性(混雑状況)、地域振興
アクセス性	全ての人に日常的な施設へのアクセス性を高める(特に車を用いないもの)	公共交通機関へのアクセス、コミュニティの分断、歩行者等への影響
他の政策との整合性	全ての輸送手段･土地利用計画の統合を促進し、より良い、効率的な交通システムを目指す	総合交通政策との整合性

表－1　NATAにおける評価項目

(Appraisal Summary Table) という１枚のフォーマットに必要な情報を盛り込んで結果をとりまとめている。

表－2にＡＳＴに盛り込まれる情報の分析手法の一例を示す。上述の通りＮＡＴＡは計画決定プロセスのあらゆる段階で用いられているが、ＡＳＴでとりまとめられる情報の精度は計画決定プロセスの段階によって大きく異なる。例えば構想段階での「環境影響」に関する情報は、その道路計画が自然保護地区を通過す

項目		分析手法
環境影響	騒音	・交通量、走行速度、道路配置、道路を見る角度、防音壁、建物からの反射等を考慮し、距離に応じた騒音レベルを数値計算する
	大気質	・モデルを用いたシュミレーション分析を行う
	: :	
安全性		・COBA, URECA, QUADRO等の既存プログラムを用い、事故発生件数の削減数や便益を算出
経済性	所要時間及び自動車交通に伴う経済性	・所要時間は交通モデルにより算出 ・便益はCOBA, URECA, QUADRO等の既存プログラムを用いて算出
	事業費	・土地取得からメンテナンスまでを含む事業費を算出。
	: :	
: :		

表－2　NATAにおける分析手法

るか否かを判断するというレベルであるが、計画が詳細になるに従いその事業が環境にどの様な影響を与えるかということを具体的に調査・分析することとなる。表－2に示した分析手法の一例は計画の熟度が高い段階で用いられるものである。

3）プロジェクト評価における「環境影響」と環境影響評価

ＮＡＴＡにおいて考慮されている「環境影響」としては「騒音」、「大気質」、「景観」、「生態系」、「文化的遺産」、「水質」、「ＣＯ2」の７項目があり、後述する法定手続きである環境影響評価における環境要素とも異なる。

イギリスにおいては法定手続きである環境影響評価は、1985年のＥＣ指令の発令にともない、幹線道路規則等の個別規則を制定することにより導入された。環境影響評価は、図－1に示す計画決定プロセスにおいては「選定ルート」の詳細設計の後の段階で実施される。環境影響評価の環境要素としては「騒音」、「大気質」の他にも「植物相」、「動物相」、「土壌」等が考慮されている。

4）まとめ

以上に述べたようにイギリスの計画決定プロセスにおいてはＮＡＴＡが極めて重要な役割を果たしており、プロジェクトの評価のみならずマネジメントツールとしても活用されている。ＮＡＴＡにおける評価項目としては「環境影響」、「安全性」、「経済性」、「アクセス性」、「他の政策との整合性」の５つが取り上げられている。

また最近においてはよりよい交通政策を実現するために、地域交通計画等において交通モード間の比較・評価を行うための調査・分析手法に関するガイドラインとしてＧＯＭＭＭＳ(Guidance on the Methodology for Multi-Modal Studies)がＮＡＴＡの手法を包括する概念として2000年３月に開発されている。これに伴いＮＡＴＡにおける評価項目も若干見直されている。

[今後の研究予定・成果の活用]

我が国の道路事業における環境等にも配慮した計画決定プロセスの充実、評価システムの充実等に反映していく予定。

高速域の排出係数設定に関する調査

Research on emission factor for a automobile which is driven in high speed

（研究期間　平成１３年度）

環境研究部　道路環境研究室　室　長　並河　良治
Environment Department　Road Environment Division　Head　Yoshiharu NAMIKAWA
研究官　松下　雅行
Researcher　Masayuki MATSUSHITA
研究官　大城　温
Researcher　Nodoka OSHIRO

For an implementation of the Environmental Impact Assessment concerning some expressways that are allowed high-speed driving, emission factor for that are needed. To estimate this emission factor, we researched about a quantity of air pollutant within automobile exhaust gas by using the Chassis Dynamometer.

［研究目的及び経緯］

本調査は、自動車の走行速度が高速に設定される道路事業の環境影響評価において、大気質の予測に用いる大気汚染物質の排出原単位設定を目的として、シャシダイナモ試験装置を使用し、自動車から排出される窒素酸化物、粒子状物質などの大気汚染物質の排出量等を測定した。

現在の大気汚染物質の排出原単位は、平成 9 年度及び平成 10 年度に実施した同様の調査結果から求められており、小型車類で平均走行速度が 110 km/h.、大型車類で 90 km/h.を上限としてそれぞれ設定している [1]。そこで今回の測定結果をこれまでの測定結果と総合して、さらに高い平均走行速度に対応する排出原単位を設定し、第二東海自動車道等の環境影響評価への対応を可能とするものである。

［研究内容］

シャシダイナモ試験とは、シャシダイナモメーターという試験装置上で、自動車に実際の走行状態と同じ負荷をかけて定位置で走行させ、自動車排出ガス中の物質量を測定する試験である。以下に、本調査研究における試験条件を整理する。

① 使用車種及び台数

使用車種は、大気汚染防止法に基づく自動車排出ガス量の許容限度に定められた 12 車種分類のうち、幹線道路での走行比率が小さい二輪車等を除外するなどして、**表－1** に示す 8 車種分類を対象としたが、さらに車種構成割合が低いガソリン重量貨物車については試験を省略した。平成 13 年度に試験を実施した台数を同じく**表－1** に示す。なお各車両は、自動車の販売実績や諸元から候補車を抽出し、最新の排出ガス規制に適合したものを選定した。

② 走行モード等の走行条件

シャシダイナモメーター上で、実際の走行状態を再現する走行モードとして、旧建設省土木研究所が設定した実走行モード(土研モード [2])、一定速度で走行する定速走行モード及び自動車排出ガス規制モード(ディーゼル重量貨物車は D13 モード、その他の車種は 10・15 モード)を用い、各モードとも 4 回測定した。

また、積載条件としては、平均的な状況を想定して、乗用車で２名乗車、貨物車では半積載条件とし、縦断勾配による補正の検討のために、**表－1** に示すいくつかのモードに対して、勾配に起因する負荷を加えたケ

表－1　シャシダイナモ試験の試験条件

車種分類		1)ガソリン乗用車(2台) 2)ガソリン軽量貨物車(1台) 3)ガソリン中量貨物車(1台) 4)ディーゼル乗用車(3台) 5)ディーゼル軽量貨物車(1台) 6)ディーゼル中量貨物車(3台)			7)ガソリン重量貨物車(0台) 8)ディーゼル重量貨物車(4台)		
勾配条件(%)		-2	0	2	-2	0	2
モード名							
規制モード(10・15モード又はD13モード)			●			●	
土研モード(実走行モード)	PES4(30.2)/TES4(30.8)		●			●	
	PEC7(67.6)/TEC7(61.3)		●			●	
	TEC8(72.7)					●	
	PEC9(85.5)/TEC9(83.4)		●			●	
	PEC10(94.9)/TEC10(94.7)	●	●	●	●	●	●
	PEC11(101.6)		●				
定速走行モード	60km/h		●			●	
	100km/h				●	●	●
	120km/h	●	●	●	●	●	●
	140km/h	●	●	●			
	140km/h 以上		●				

※「土研モード」のモード名の後ろにある(　)内の数字は、平均走行速度(単位:km/h.)を示す。
※表中の「●」が、対象となるモードを示す。

ースでも測定した。選定された車の性能と、走行速度及び勾配条件の組合せによっては、目標速度等での調査が実施できなかったケースがあった。

③ 主たる測定項目

シャシダイナモ試験での主な測定項目は、NOx(窒素酸化物)、PM(粒子状物質)、CO(一酸化炭素)、THC(総炭化水素)、CO_2(二酸化炭素)、燃料消費率等である。

[研究成果]

シャシダイナモ試験に供したのは、前述のとおり合計 15 台の車両であるが、各車両毎に、測定物質(NOx、PM 等)毎の排出率(g/km)と平均走行速度との相関を確認した。各車種分類のうち、ﾃﾞｨｰｾﾞﾙの乗用車、中量貨物車、重量貨物車の一例を図-1～6 にそれぞれ示す。

これらの結果から、高速域の排出率は大部分が増加傾向であるが、車種毎、物質毎にその詳細は異なっていた。車両によっては、高速域で高い燃焼温度のためにＰＭの排出率が減少する反面、NOx が増加するケースもあり、排出原単位を設定する際には、他の車両の傾向とあわせて十分吟味していきたい。

[成果の発表]

これらの試験結果は、限られた台数ではあるが、現在走行している自動車を代表するものとして選定した車両から得られたものであり、成果の公表については、一部のメーカーの利益・不利益にならないよう、細心の注意の下で考えていきたい。

[成果の活用]

本調査研究の結果と、平成 9 年度及び 10 年度に実施した同様な調査結果とをあわせ、また将来の排出ガス規制も考慮した上で、既に設定している排出原単位[1]と同様な考え方で、高速域に対応する排出原単位を設定する。排出原単位そのものについては、別な機会に報告したいと考えているが、この排出原単位が設定できれば、第二東海自動車道等の整備に際して実施される環境影響評価における大気質の予測が円滑に進められると期待している。

[参考文献]

1)建設省土木研究所：道路環境影響評価の技術手法(その 1)，土木研究所資料第 3742 号，平成 12 年 10 月

2)小根山裕之、大西博文、山田俊哉、平井洋：自動車の走行特性を反映した排出係数の設定に用いる実走行モードについて，土木計画学研究・講演集，№.22(2), pp.571-574，1999

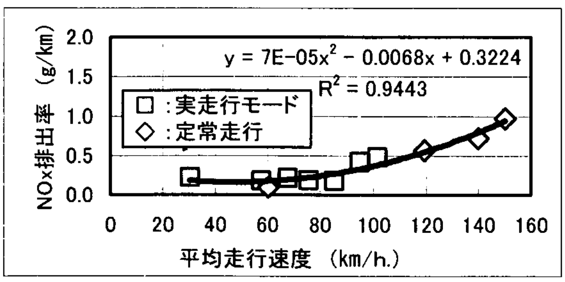


図-1 ディーゼル乗用車(DVN1) NOx排出率

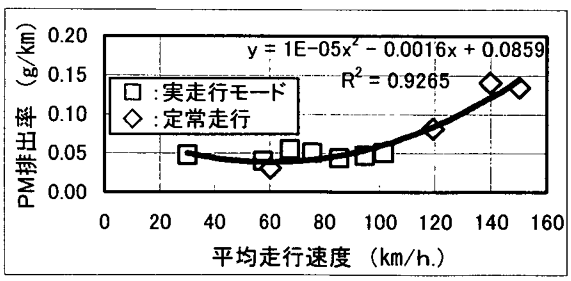


図-2 ディーゼル乗用車(DVN1) PM排出率

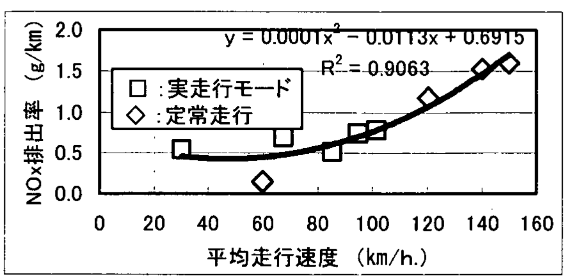


図-3 ディーゼル中量貨物車(DVN6) NOx排出率

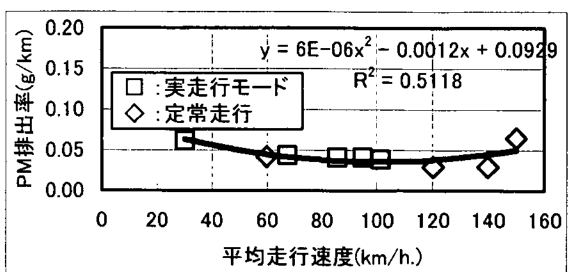


図-4 ディーゼル中量貨物車(DVN6) PM排出率

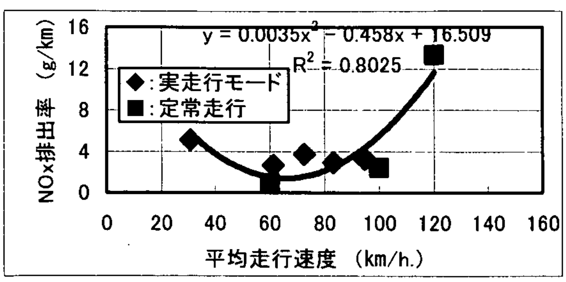


図-5 ディーゼル重量貨物車(DVNB) NOx排出率

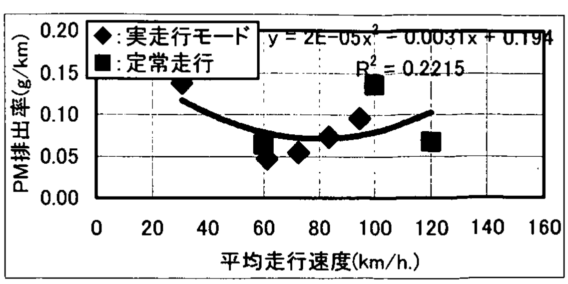


図-6 ディーゼル重量貨物車(DVNB) PM排出率

沿道における浮遊粒子状物質の実態調査

Research on a current status about the Suspended Particulate Matter near roadside

（研究期間　平成１１～１４年度）

環境研究部　道路環境研究室　室　長　並河　良治
Environment Department　Road Environment Division　Head　Yoshiharu NAMIKAWA
研究官　松下　雅行
Researcher　Masayuki MATSUSHITA
研究官　大城　温
Researcher　Nodoka OSHIRO

The survey and ingredient analysis which focused on Silicon as an index of soil were carried out to research on the Suspended Particulate Matter (SPM) near roadside. As a result, the usefulness of the Silicon as the index could be checked, and the contribution from sources of SPM other than automobiles was suggested about iron and aluminum.

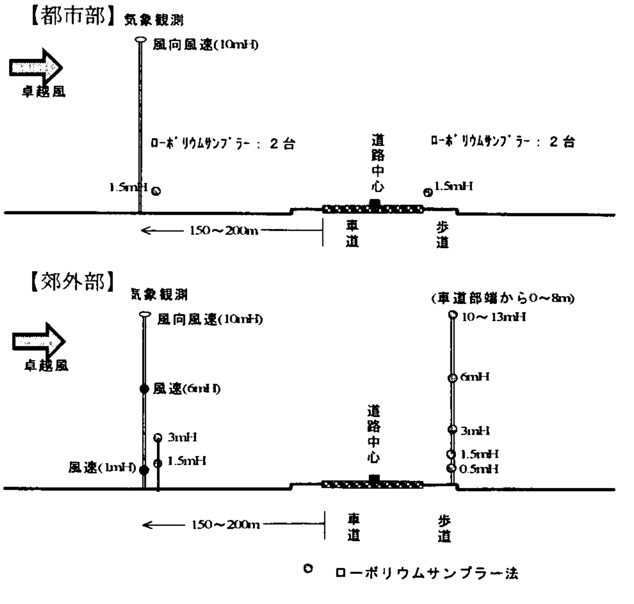
［研究目的及び経緯］

道路に関係する浮遊粒子状物質（Suspended Particulate Matter；SPM）については、自動車からの排気管一次粒子以外にも、二次生成粒子、土壌・タイヤ摩耗等に由来するものが考えられている。そこで平成１１年度から沿道における実態調査結果を蓄積し、排気管一次粒子以外の実態を把握して、SPM の予測手法を充実すべく、検討を重ねてきている。

平成１２年度までは、土壌由来の SPM の指標成分として鉄・アルミニウム(以下、「鉄等」と称す)を用いて検討してきているが、周辺土壌に占める鉄等の含有比率が低いこと、鉄等については土壌以外の他の発生源の可能性も否定できないことなどの問題が明らかになった。そこで平成１３年度の沿道調査では、石英ろ紙とテフロン製のろ紙を併用することで、土壌由来の指標成分として、これまでの鉄等に珪素を加え、タイヤ摩耗の指標としてゴム、路面摩耗の指標としてアスファルト、そして二次生成粒子の指標としての硫酸・硝酸イオンそれぞれを対象とした成分分析を実施した。

［研究内容］

①実測調査の概要　平成１２年度までの沿道実態調査では、実測精度や冬季のかつ郊外部のみのデータである等の不十分な点があり、精度向上を図るため追加調査が必要となった。平成１３年度にはこれまでの郊外部に加え、周辺の土地利用形態が異なる都市部も対象とし、石英ろ紙及びテフロンろ紙をそれぞれ設置した２台のローボリウムエアサンプラー（ＬＶ）で SPM を補集した。補集時間としては２４時間を１単位とし、７日間連続で実測を行った。また、郊外部においては、車道部端で成分別の発生量を把握するため、風速の鉛直分布とともに、成分別鉛直分布も測定した。調査対象と考えた道路は、原則として関東・中部・近畿の各地域に存する平面４車線の一般国道である。測定点の配置の概要と、調査地点の概要・調査時期等を図－１及び表－１に示す。



図－１　測定点の配置の概要

②成分分析の概要　補集した SPM 及び周辺土壌・路面堆積物の成分分析は、前述の成分を含め 15 成分を対象とした。表－２に対象とした成分を示す。これらの成分分析は、それぞれの地域で、実測を行った７日間の中から、風向が道路直角方向に近い３日分を選定して行った。

［研究成果］

表－３に示すように、周辺土壌の成分分析結果から、土壌中の珪素の成分比率は鉄等のそれより １ ｵｰﾀﾞｰ大きい 30％近くを占めており、土壌由来の SPM の指標

表－１　平成１３年度調査地点の概要

地域	地点	日交通量(台/日)	大型車混入率	調査時期
関東	A(都市)	約 4.2 万	約 26%	H14.1～2
	B(郊外)	約 5.1 万	約 23%	
中部	C(都市)	約 4.0 万	約 16%	H14.2
	D(郊外)	約 4.8 万	約 48%	
近畿	E(都市)	約 2.4 万	約 6%	H14.2～3
	F(郊外)	約 4.8 万	約 32%	

表－２　成分分析対象

補集法	対象成分
ＬＶ	有機性炭素(Corg)元素状炭素(Cele)ｱﾝﾓﾆｳﾑｲｵﾝ(NH_4^+)ｶﾙｼｳﾑｲｵﾝ(Ca^{2+})ｶﾘｳﾑｲｵﾝ(K^+)硫酸ｲｵﾝ(SO_4^{2-})硝酸ｲｵﾝ(NO_3^-)塩素ｲｵﾝ(Cl^-)鉄(Fe)ｱﾙﾐﾆｳﾑ(Al)ﾊﾞﾅｼﾞｳﾑ(V)、珪素(Si)、ｱｽﾌｧﾙﾄ、ゴム(合成ゴム、天然ゴム)

成分として珪素の適用可能性が大きいことがわかった。

捕集した SPM の成分分析を行う前に、異なるろ紙(石英、テフロン)で補集した SPM について、ろ紙による特性がないかどうかを検証した。図－２に郊外部で得られたデータでの比較の例を示す。これは、車道部側及びバックグラウンド(BG)側それぞれで地上から 1.5m の高さで補集した SPM の濃度を示している。

異なるろ紙で補集したデータを車道部側・BG 側それぞれで比較してみると、多少のバラツキは見られるものの、石英ろ紙から得られたデータと、テフロンろ紙から得られたデータの間には、際立った傾向は見られない。そこで、異なるろ紙で補集された SPM であっても違いはないものとして、補正等は考慮せずに成分分析結果の検討を行うこととした。

成分分析は３日分を選定して実施したが、道路近傍の成分分析値から BG 分を差し引いたものを対象道路の影響分として考えた。郊外部の BG 濃度については、地上 3m と 1.5m の平均値を用いた。対象道路の影響分のうち、土壌由来の指標として着目した珪素及び鉄等について３日分の平均を取り、**表－４**で比較した。沿道大気中の珪素と鉄等の成分濃度比が土壌のそれと大きく異なっていることから、鉄等については、他の発生源からの寄与が示唆された。

表－４　珪素及び鉄等の沿道大気中の成分濃度

(単位：$\mu g/m^3$)

	関東		中部		近畿	
	都市	郊外	都市	郊外	都市	郊外
珪素	0.01	0.26	0.07	0.14	0.32	0.23
鉄	0.00	0.19	0.23	0.05	0.20	0.08
ｱﾙﾐ	0.03	0.06	0.03	0.02	0.07	0

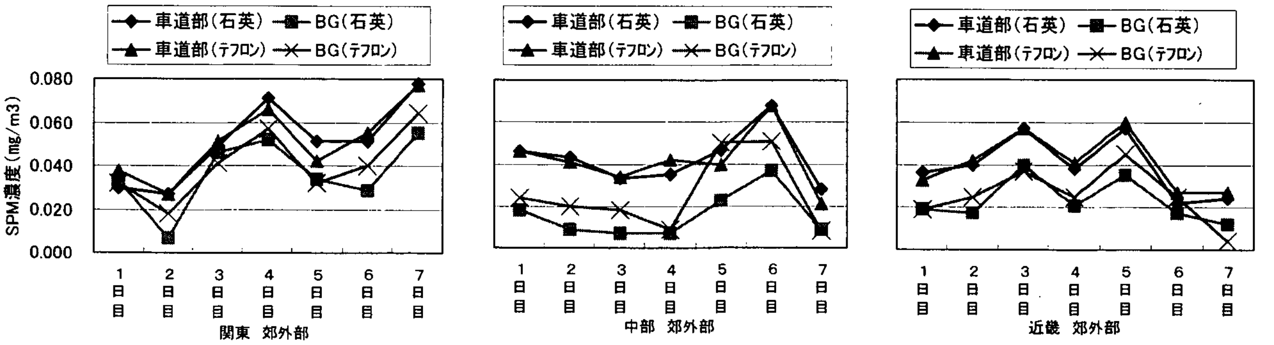
注)対象道路影響分のみを対象とした３日間平均値で、負は０

[成果の発表]

これらの調査結果については、学識経験者で構成される「沿道の大気質予測手法検討委員会」にて、その妥当性を検証した後、順次公表していきたい。

[成果の活用]

平成 11 年度からの沿道実測調査結果に本調査研究の結果を加え、さらに平成 14 年度に実施予定の夏季調査結果も含めて総合的に検討し、自動車の走行による排気管一次粒子以外の土壌・タイヤ等を起源とする SPM の実態を把握して、SPM の予測手法の充実を図りたいと考えている。その結果、より精度の高い沿道の SPM の予測が可能になると考えている。



図－２　ろ紙の種類による SPM 補集濃度の比較（郊外部の例）

表－３　調査地点周辺の土壌の成分分析重量比

調査地点	Corg (%)	Cele (%)	NH_4^+ (%)	Ca^{2+} (%)	K^+ (%)	SO_4^{2-} (%)	NO_3^- (%)	Cl^- (%)	Fe (%)	Al (%)	Si (%)	その他 (%)
A(関東)	1.28	1.22	0.0002	0.0046	0.0043	0.0010	0.0065	0.0005	6.11	7.61	22.7	61.0
B(〃)	1.54	0.95	0.0004	0.0091	0.0033	0.0105	0.0010	0.0021	5.61	7.08	21.3	63.5
C(中部)	0.22	0.23	0.0004	0.0008	0.0016	0.0010	0.0010	0.0006	1.37	4.71	34.1	59.3
D(〃)	0.23	0.15	0.0001	0.0067	0.0021	0.0168	0.0002	0.0016	1.99	5.63	29.4	62.6
E(近畿)	0.64	0.39	0.0007	0.0075	0.0034	0.0034	0.0075	0.0013	2.67	6.06	29.4	60.8
F(〃)	0.89	0.48	0.0001	0.0032	0.0011	0.0091	0.0014	0.0013	2.05	6.04	31.0	59.5
全平均	0.80	0.57	0.0003	0.0053	0.0026	0.0070	0.0029	0.0012	3.30	6.19	28.0	61.2

複雑地形における逆転層の影響を考慮した大気質予測に関する調査

Study on atmospheric quality prediction considering influence of inversion layer on complicated geographical feature

（研究期間　平成 12～13 年度）

環境研究部道路環境研究室　室　長　並河良治
研究官　松下雅行
研究官　大城　温

Head, Road Environment Division, Environment Department　Yoshiharu Namikawa
Researcher　Masayuki Matsushita
Researcher　Nodoka Oshiro

In the bottom of local valley and basin, it is appointed that air pollution may become severe temporarily, while inversion layer is appearing. We conducted meteorological observation and the air diffusion experiment with tracer gas near arterial road in winter when an inversion layer tends to appear.

［研究目的及び経緯］

逆転層の発生はごく普通に起こる現象であり、現在の「道路環境影響評価の技術手法」（以下、「技術手法」と記述）では、一般的な地形におけるその影響は大気汚染の予測式に反映されている。しかし、沿道が谷や盆地などの閉鎖的な地形の場合、逆転層が発生した時に水平方向にも鉛直方向にも拡散しにくくなるため、一時的に大気汚染の影響が大きくなる可能性が指摘されている。ただし、このような地形においても、拡散実験や現地通年観測による測定データ等から、予測に用いるパラメータ等を適切に設定することにより、大気汚染物質濃度の予測は可能である。

本調査では、より汎用的な予測手法の開発を最終目標として、谷と盆地における逆転層の影響を調査した。12 年度は、一般的な谷地形において、長期気象観測及び冬季大気拡散実験を実施した。その結果、逆転層発生時に谷の内部において谷の上流からの風が卓越しており、大気拡散実験時のトレーサーガス濃度と、「技術手法」で採用されているプルームモデルを用いて推計した濃度は、ほぼ一致した。

13 年度は、盆地状地形における逆転層の影響を明らかにするため、冬季の気象観測と大気拡散実験を実施した。

［研究内容］

盆地状の地形を通る平面の幹線国道（片側 1 車線、平日 24 時間交通量 23,364 台）沿道において、強安定が発生しやすい冬季に現地気象観測及び大気拡散実験を実施した。また、これらの結果から拡散幅の推計と大気質濃度の予測を行い、既存の「技術手法」における大気質予測手法との比較を行った。

（1） 気象観測

谷内部の詳細な気象状況を調査するため、道路端と道路端から約35mの地点の２箇所で２ヶ月間の気象観測を実施した（写真-1）。

①観測期間

平成13年12月29日～平成14年2月28日

②観測項目

気温(1.5m×2地点,10m,20m)・風向風速(20m)・乱流統計量(1.5m×2地点,10m)

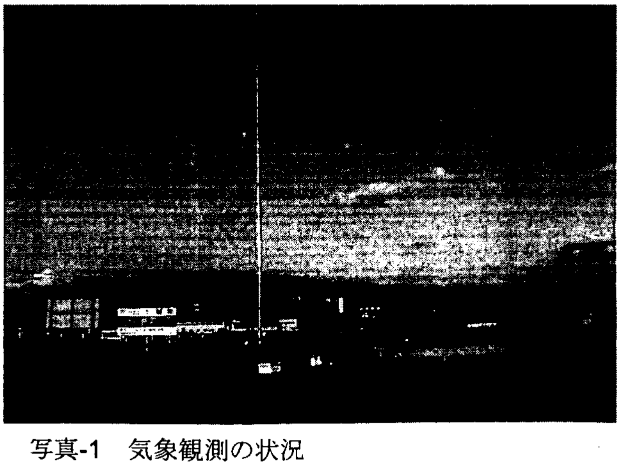


写真-1　気象観測の状況

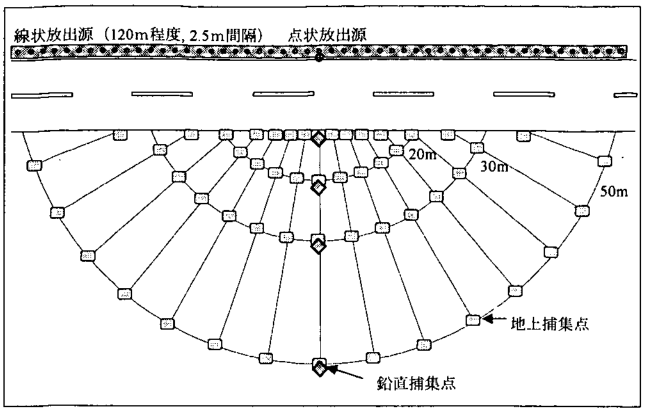


図-1　トレーサー実験の放出源・捕集点配置

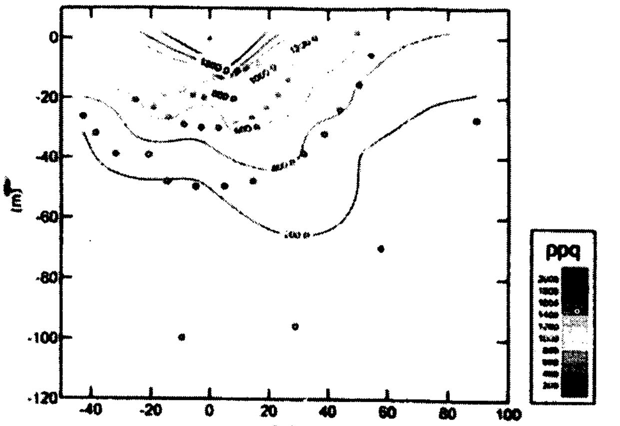


図-2(a)　大気拡散実験における実測濃度

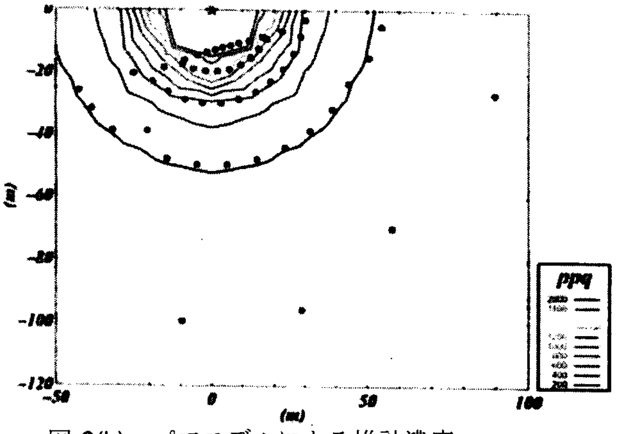


図-2(b)　パフモデルによる推計濃度

（2）　大気拡散実験

大気の強安定時の拡散特性を明らかにするために、複数のトレーサーガスにより線源と点源の２種類の拡散実験を同時に実施した。

①実験日時

平成14年1月31日～2月2日の午前0～6時

②トレーサー放出地点（図-1参照）

線源：全長約120m、2.5m間隔、放出高さ1.0m

(ﾄﾚｰｻｰ:Perfluoro-Methyl Cyclo Pentane)

点源：線源のほぼ中央、放出高さ1.0m

(ﾄﾚｰｻｰ:Perfluoro-Methyl Cyclo Hexane)

③捕集地点

水平方向には道路端及び風下側に半径20,30,50m及び100mの円弧状に配置し、捕集高度は1.5mである。また、鉛直方向には道路直角方向に道路端、風下20m、30m、50mの４地点でそれぞれ高度1.5m、4m、7m、10m、15mの５高度に配置した。

④ＮＯｘ濃度測定

拡散実験期間中は道路端及びバックグラウンドのNOx（NO及びNO_2）濃度を測定した。

⑤交通調査

実験期間中の小型車及び大型車の交通量及び平均車速を１時間単位で測定した。

[研究成果]

①実験時間中の気象状況

実験時間中は大気安定度がＥ～Ｇの間で推移した。また、どの時間帯も風速 1m/s 未満で、風向は北西～西南西が多いものの、卓越する風向が存在しなかった。

②濃度推計

トレーサー実験中の弱風時について、大気拡散実験の点源のトレーサー濃度分布と「道路環境影響評価の技術手法」に示されているパフ式との比較を行った。

その結果、今回対象とした盆地状の地形では、12年度に対象とした谷地形と異なり、卓越する風向が存在しなかったため、大気安定度がＧの場合でも図-2(a),(b)のように、大気拡散実験の実測濃度とパフモデルによる推計濃度の間には大きな分布の違いは見られなかった。ただし、自動車走行風の影響により、やや道路方向に引き延ばされて拡散していた。

また、大気拡散実験結果から求めた鉛直方向及び水平方向の拡散幅については、大気安定度Ｇのような弱風強安定時においても「技術手法」の拡散幅と同程度かむしろ大きかった。このことから、自動車走行風により拡散が促進され、大気安定度の影響は沿道では小さいことが示唆された。

[成果の活用]

今後は、これらの結果を踏まえ、一時的に発生する逆転層が、年平均値及び日平均値の年間98%値に与える影響について、より詳細に検討していく予定である。

排水性舗装の騒音低減効果に関する調査

Research on Noise Reduction Effects of Porous Asphalt Pavement

（研究期間　平成 11～14 年度）

環境研究部 道路環境研究室　室　　長　並河 良治
主任研究官　上坂 克巳
研　究　員　小柴　剛

Environment Department Road Environment Division Head Yoshiharu Namikawa
Senior Researcher Katsumi Uesaka
Research Engineer Takeshi Koshiba

"ASJ Model 1998" has proposed a calculation formula for noise reduction effect of porous asphalt pavement. However, the formula does not express the well-known fact that the effect decreases as time passes. This research has been investigating the change in noise reduction effects of porous asphalt pavement at national highways for three years. It is shown that the accuracy of the formula should be improved by estimating the decrease in the effect by about one dB per year.

［研究目的及び経緯］

排水性舗装による道路交通騒音の低減効果は経時的に低下することが知られている。排水性舗装の減音効果の予測式については日本音響学会が提案する ASJ Model 1998 に示されているが、それは舗装敷設後 1 年以内を対象としたものであり、減音効果の経時変化について考慮されていない。したがって、環境アセスメントにおいて排水性舗装の効果を定量的に見込むことが困難となっている。また、減音効果の経時変化が予測されるならば、排水性舗装の打ち変え時期を判断するためにも有効である。

そこで本調査では，排水性舗装の減音効果の経時変化を考慮した自動車走行騒音のパワーレベル式の構築を目的として分析を行った。

［研究内容］

1．施工後 1 年以内のデータによるパワーレベル式

平成 10 年度から平成 12 年度に、標準的な排水性舗装（空隙率 20%、最大骨材粒径 13mm、舗装厚 50mm）が敷設された直轄国道において、一般単独車（延べ 69 箇所）及び乗用試験車（延べ 62 箇所）のパワーレベル測定を行った。

施工後 1 年以内の排水性舗装における一般単独車（乗用車、小型貨物車）のデータにより得られた排水性舗装のパワーレベル $L_{WA,dr}$ は次式で与えられる。

【乗用車】

$$L_{WA,dr} = 96.5 + 26.5\log(V/60) \qquad (1)$$

【小型貨物車】

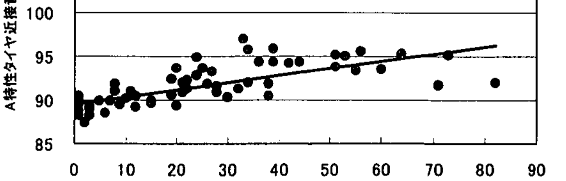
$$L_{WA,dr} = 98.7 + 26.5\log(V/60) \qquad (2)$$

V：平均走行速度[km/h]

ここでは簡単のため、その速度依存性は ASJ Model 1998 と同じとした。今回得られたパワーレベル式と ASJ Model 1998 から導かれるパワーレベル式の差異は 1dB 以下であった。

2．経時変化を考慮したパワーレベル式とその妥当性の検討

50km/h で走行する乗用試験車（排気量 1500cc）のタイヤ近接音の経時変化を図－1 に示す。タイヤ近接音の上昇は 0.082dB／月（約 1dB／年）であった。このことから、乗用車、小型貨物車ともパワーレベルの経時変化（上昇量）が走行速度にかかわらず 0.082dB／月と仮定し、(1)、(2)式は施工後 6 ヶ月目に得られると考えると、経時変化を考慮したパワーレベルは次式



図－1　乗用試験車のタイヤ近接音の経時変化

で与えられる。

【乗用車】

$$L_{WA,dr}=96.5+26.5\log(V/60)+0.082(M\text{-}6) \qquad (3)$$

【小型貨物車】

$$L_{WA,dr}=98.7+26.5\log(V/60)+0.082(M\text{-}6) \qquad (4)$$

M：施工後の経過月数

(1)〜(4)式によるパワーレベル計算値と、実測値とを比較した結果（一般単独車を対象）を図－２、図－３に示す。乗用車、小型貨物車とも経時変化を考慮することにより、パワーレベルの予測精度が向上していることが分かる。

なお、(3)式を ASJ Model 1998 の密粒舗装のパワーレベル式と比べると、乗用車 60km/h 走行時では排水性舗装のパワーレベルは施工 46 ヶ月後に密粒舗装と同等となる。

３．今後の課題

一般道路における排水性舗装のパワーレベルデータの収集は平成 14 年度も継続している。今後、これらのデータや高速道路における測定データを加えて、下記の課題を解決していく必要がある。

(1) 排水性舗装の減音効果の経時変化を速度域にかかわらず一定と仮定していることの妥当性を検討する必要がある。

(2) 乗用試験車を用いた測定結果では、排水性舗装のパワーレベルの上昇はある段階で止まる傾向が見られる。この点に関するパワーレベル式への反映方法を検討する必要がある。

(3) 中型車や大型車走行時に対する排水性舗装の減音効果の経時変化について検討する必要がある。

[研究成果]

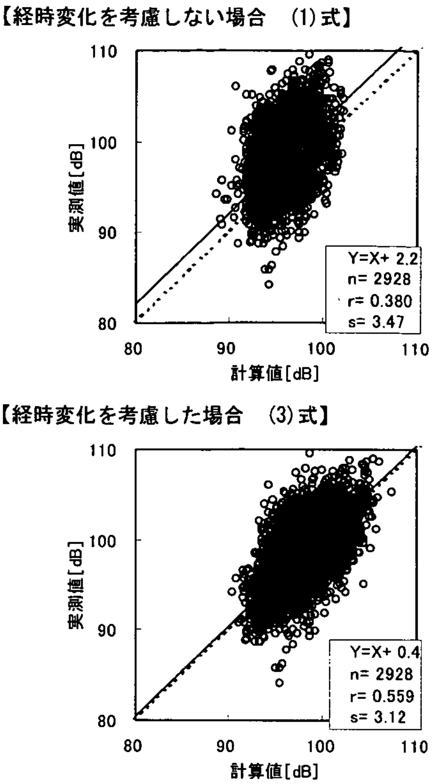
排水性舗装上を走行する乗用車、小型貨物車のパワーレベルは、１年に 1dB 程度上昇すると考えると、パワーレベルの予測精度が向上することが明らかとなった。

[成果の発表]

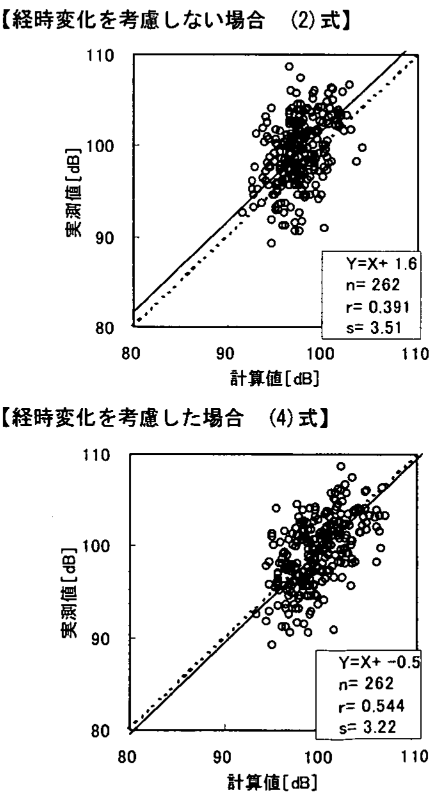
上坂、小柴、並河他：排水性舗装の減音効果の経時変化を考慮した自動車走行騒音のパワーレベル式、日本音響学会講演論文集、pp.793-794（2002.3）

[成果の活用]

本研究の最終成果は、ASJ Model 1998 の改訂時に反映させることを考えている。



図－２　乗用車のパワーレベル計算値と実測値の比較



図－３　小型貨物車のパワーレベル計算値と実測値の比較

路面排水実態の調査

Research on road runoff

（研究期間　平成 11～14 年度）

環境研究部　道路環境研究室　室長　並河　良治
Environment Department　Road Environment Division　Head　Yoshiharu NAMIKAWA
研究官　松下　雅行
Researcher　Masayuki MATSUSHITA
研究官　大城　温
Researcher　Nodoka OSHIRO

The field survey was performed in order to verify reduction of pollution loads by infiltration facilities. Pollution loads from road runoff is reduced 60-80% of all after stored and overflowed through infiltration facilities.

［研究目的及び経緯］

平成 9 年に環境影響評価法が制定され、道路事業における環境影響評価では、水環境分野について、休憩所の供用に係る水の濁り及び休憩所の供用に係る水の汚れを標準項目として予測・評価することとされた。一方、路面排水については、これまでの調査結果[1]で概ね濃度が低かったことから、道路事業の環境影響評価における標準項目とはなっていない。しかし、平成 11～12 年度に実施した路面排水実態調査結果の試算[2]では、長い道路区間からの路面排水による汚濁物質流出量が、小規模なパーキングエリアと同程度あるいはそれ以上となる場合もみられた。また、流出初期の路面排水を地下へ浸透させることで、路面排水による負荷量を大きく削減できるとの結果がモデルにより試算[2]されたが、浸透による負荷量削減効果について現地調査で実証した事例は少ない。

本調査では、実際の降雨に類似した方法で散水を行い、浸透施設流入前後の水質及び流量を観測し、浸透による負荷量削減効果について検証した。

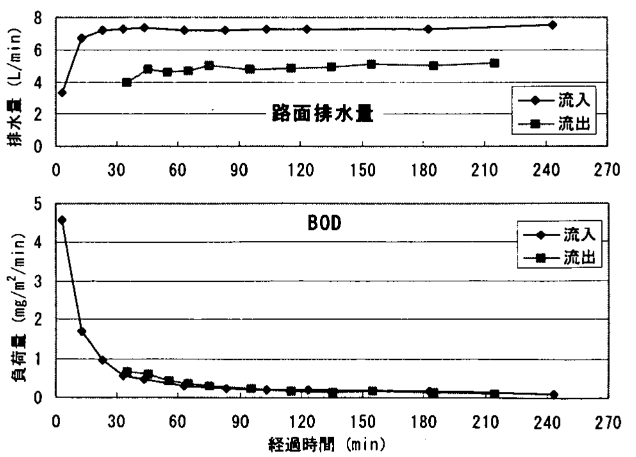
［研究内容］

東京都内の浸透マスを利用して、実際の降雨に類似した方法で降雨強度 10mm/h に相当する散水を行い、所定の時間間隔で浸透マス流入前後において採水し、水質及び流量を計測した。水質分析項目は、生物化学的酸素要求量（ＢＯＤ）、化学的酸素要求量（ＣＯＤ）、浮遊物質量（ＳＳ）とした。調査は 3 地点で行い、1 地点につき間隔を空けて（路面堆積負荷を確保するため実験後３～４日以上間隔を空けて）３回調査を実施した。

［研究成果］

1．浸透マスによる負荷量削減効果の検証

浸透マスへ流入前後の路面排水量及び負荷量（ＢＯＤ）の経時変化を図－１に示す。路面へ散水開始後３分に路面排水が浸透マスへ流入し、散水開始後 35 分には浸透マスから流出していた。また、負荷量は流出初期に著しく高く、時間の経過に伴ってすみやかに減少する傾向がみられ、実態調査で確認されたファーストフラッシュ現象を再現していた。浸透マスから流出する流出負荷量は、浸透により初期の負荷量が大幅に削減され、同時間帯の流入負荷量と同程度の値で推移しており、ＣＯＤ及びＳＳにおいても同様の傾向がみられた。



図－１　浸透マス流入前後の路面排水量と負荷量（ＢＯＤ）の経時変化の一例（平成 14 年 3 月 12 日）

3地点における浸透マスによる路面排水量及び負荷量の削減率を表－1に示す。115～170L/h の浸透能力のある浸透マスでは、路面排水 40.6～49.8%、ＢＯＤ 54.5～66.5%、ＣＯＤ 55.7～73.0%、ＳＳ 63.3～77.6%の負荷量削減効果が確認され、貯留量（浸透マスの容量）や浸透能力が大きいほど負荷量削減効果が大きいことがわかった。

表－1　浸透マスによる削減率

	貯留量 (L)	浸透能力 (L/h)	削減率(%)			
			路面排水	BOD	COD	SS
St.1	141	170	48.3	66.5	73.0	77.6
St.2	141	115	49.8	54.5	55.7	63.3
St.3	106	145	40.6	64.5	58.3	70.8

注1：浸透能及び削減率は、St.3は調査結果（3回）の平均、St.1及びSt.2は流出水が漏洩した調査を除く調査結果（2回）の平均を示す。
2：削減率は下記のように算出した。
削減率＝（流入量－流出量）／流入量（路面排水量及び負荷量とも）

2．浸透による負荷量削減効果の予測モデルへの導入

既往の調査結果から提案[2)]した路面排水負荷量の予測モデルは、負荷量が路面負荷堆積量及び路面排水量に比例するとした式と、路面負荷堆積量と負荷量とのマスバランスが保たれるとした式に従うものとし、路面負荷堆積量を先行晴天時間から算出することで、年間の降水量（アメダスデータ）から個別に算定した各降雨の負荷量を集計し、年間負荷量が予測できるものである。この予測モデルに浸透による負荷量削減効果を導入することで、浸透による環境保全措置を踏まえた定量的な予測が可能となる。

前述のように、ＢＯＤ、ＣＯＤ及びＳＳにおいて、浸透マスから流出する場合、路面からの流入負荷量と浸透マスからの流出負荷量が同時間帯ではほぼ等しい傾向が確認された。したがって、浸透マスによる負荷量削減効果を予測モデルに導入するためには、浸透マスからの流出パターンが予測できればよいと考えられる。

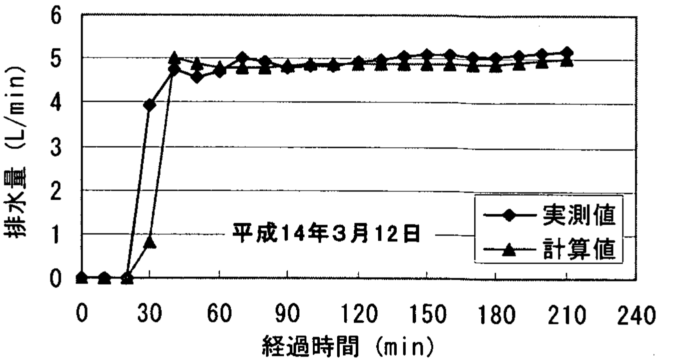
浸透マスからの流出量予測モデルは、浸透マス内の水量は流入量から流出量及び浸透量を減じた水量であるとした式1と、浸透マスの貯留量(V)を上回る水量(S_t)が浸透マス内に存在する場合、S_t-V の累乗に流出量が比例するとした式2に従うものとした。

$$dS/dt = Q_t - q_t - I \quad ・・式1$$

$$q_t = k\ (S_t - V)^m\ (S_t < V のとき\ q_t = 0) \quad ・・式2$$

Q_t：浸透マスへの流入量（L/min）
q_t：浸透マスからの流出量（L/min）
V：浸透マスの貯留量（L）
I：浸透マスの浸透能力（L/min）
S_t：浸透マス内の水量
k、m：定数　（観測結果より $k=m=1$）
（添え字 t は雨水流出時間を示す。）

流出量予測モデルから算出した路面排水流出量の計算値と実測値の比較を図－3に示す。流出量予測モデルから算出した計算値と実測値がほぼ等しく、流出量予測モデルは再現性がよいことが確認された。



図－3　路面排水流出量の実測値と計算値の比較

環境保全措置である浸透による負荷量削減効果を予測モデルへ導入して、路面排水による負荷量を算出した試算例を表－2に示す。試算は平成 11～12 年度に実施した実態調査結果[2)]から算出したパラメータを利用し、集水面積 200m²に貯留量及び浸透能力の異なる浸透マスを設置した場合を仮定した。貯留量 100～200Ｌ、100～200L/h の浸透能力がある浸透マスでは、路面排水 42.0～58.5%、ＢＯＤ 75.3～88.8%、ＣＯＤ 78.2～91.0%、ＳＳ 86.1～96.1%の削減効果が試算された。

表－2　浸透による負荷量削減効果の試算

貯留量 (L)	浸透能力 (L/h)	削減率(%)			
		排水量	BOD	COD	SS
100	100	42.0	75.3	78.2	86.1
200	100	46.7	88.8	91.0	96.1
100	200	58.5	86.3	88.1	92.9

注1：既往の現地調査結果[2)]から得られたパラメータを利用して、予測モデルから1年間の路面排水量及び負荷量の削減率を試算した。
2：集水面積は200m²とした。
3：削減率は表－1と同じように算出した。

[成果の発表]

1）植村ら（1999），第23回日本道路会議一般論文集（A），84-87
2）山本ら（2001），第38回環境工学研究フォーラム講演集，106-108

[成果の活用]

浸透による環境保全措置の効果を負荷量の予測モデルに導入することで、路面排水による負荷量を予測・評価することが可能となった。本研究の成果について、学識経験者等の意見を踏まえ、必要に応じて道路事業における環境影響評価の技術手法としてとりまとめる。

直轄国道沿道の騒音実態の評価手法に関する調査

Research on Evaluation Method of Road Traffic Noise in Areas Facing National Highways

（研究期間　平成 12～14 年度）

環境研究部道路環境研究室　室長　並河　良治
主任研究官　上坂　克巳
研究官　木村　健治

Environment Department Road Environment Division
Head　Yoshiharu Namikawa
Senior Researcher　Katsumi Uesaka
Researcher　Kenji Kimura

At present, Ministry of Land, Infrastructure, and Transport grasps noise situation of national highways by measurement. But it is needed to grasp them by the economical and efficient method. Therefore we cleared the simple calculation method for the road traffic noise that utilize the data of traffic density and large vehicle's mixing rate that are researched in road traffic census.

[研究目的及び経緯]

国土交通省では平成 8 年度以降，全国の直轄国道の道路端における騒音を実測により調査（道路環境センサス）している。しかし今後，経済的かつ効率的に騒音状況を把握するには推計による方法を導入し，実測箇所数を減らしていく必要がある。また，騒音に係る環境基準が平成 10 年 9 月に改定され，騒音の評価は道路端だけでなく沿道に立地する建物群の背後（背後地）も含めて面的に評価（面的評価）することとなったが，この評価には事実上，推計による方法を用いざるを得ない。これらのことから国総研では騒音の推計手法及び面的評価手法を確立するための研究や，面的評価結果をもとに騒音対策の優先順位を明確にするための研究を行っている。

まず，平成 12 年度において建物群の立地密度を用いて建物背後地における騒音レベルを推計する方法をほぼ確立した。平成 13 年度には，道路端の騒音レベルを既存データの活用により推計する方法について検討を行い，平面道路では道路交通センサスで調査されている交通量，大型車混入率のデータを用いて ASJ Model 1998（日本音響学会の提案する騒音予測計算モデル：以下，ASJ Model という）により騒音予測を行うことで，おおむね道路端の騒音レベルを予測できることを示した。

[研究内容]

1. 研究の概要

道路交通騒音の推計には，一般的に ASJ Model が用いられる。この ASJ Model を用いて平面道路の道路端の騒音レベルを推計するには，昼夜間別（昼間 6:00～22:00，夜間 22:00～6:00）の①交通量，②大型車混入率，③車両の平均速度（平均速度が 60km/h 以下では不要），及び④音源から受音点までの距離のデータが必要となる。一方道路交通センサスでは，これと若干異なる時間帯（昼間 7:00～19:00，夜間 19:00～7:00）で①交通量と②大型車混入率が調査されている。

本研究では，道路交通センサスの①交通量と②大型車混入率のデータを用いて簡易に騒音を推計する方法を検討した。推計にあたっては ASJ Model を使用し，道路環境センサスのデータをもとに騒音を推計する方法（表-1，方法 1）と，道路交通センサスのデータ（ただし一部は道路環境センサスのデータ）をもとに騒音を推計する方法（表-1，方法 2・簡易方法）の 2 種類の方法で行った。それらの結果を道路環境センサスの実測値（以下，実測値という）と比較し，方法 2 の簡易方法で方法 1 と同様の結果が得られるかを調べた。

2. 推計に用いるデータ

騒音推計には，平成 11 年度の道路環境センサスと道路交通センサスのデータを用いた。また推計の対象は併設道路のない平面道路とした。なお使用するデータ

表－1　推計方法

方法1	●①交通量，②大型車混入率，③車両の平均速度，④音源から受音点の距離とも全て**道路環境センサスのデータを用いる。** ●①交通量，②大型車混入率，③車両の平均速度は**昼間 6:00～20:00　夜間 20:00～6:00** における測定データを用いる。 ●③車両の平均速度については 60km/h 未満は非定常走行のパワーレベル式を，60km/h 以上は定常走行のパワーレベル式をそれぞれ用いて推計を行う。 ●音源は上下車線にそれぞれ 1 車線ずつ設定（全部で 2 車線） ●車種区分は 4 車種（大型車，中型車，小型車貨物，乗用車）
方法2・簡易方法	**●①交通量，②大型車混入率は道路交通センサスのデータを用いる。**また**④音源から受音点の距離は道路環境センサスのデータを用いる。** ●①交通量，②大型車混入率は**昼間 7:00～19:00　夜間 19:00～7:00** における測定データを用いる。 ●③車両の平均速度は，**全て 60km/h 未満**と仮定し**非定常走行のパワーレベル式**を用いて推計を行う。 （60km/h 未満では，平均速度は騒音レベルに影響しない） ●音源は車線中央に 1 車線のみ設定 ●車種区分は 2 車種（大型車類，小型車類）

を取得する地点の選定は以下の３つの条件を満足する地点とした。

a. 道路環境センサス調査区間の騒音を代表する地点。（この道路環境センサス調査区間は，道路交通センサス調査区間の中で構造や交通条件が等しく騒音レベルがほぼ一定とみなせる区間毎に設定される。）

b. 背後に建物・塀等の反射物が存在せず，また遮音壁・環境施設帯・排水性舗装が存在しない。

c. 道路交通センサス調査区間と 1 対 1 で対応する。

これらの条件を全て満足する 891 地点の両センサスのデータを元に騒音を推計した。

3. 研究結果

3.1　簡易方法による騒音推計

方法 1 により求めた推計値と実測値の比較結果を図-1 に示す。この図を見ると実測値の平均は推計値の平均を昼間は 0.6dB 下回り，夜間は 1.4dB 上回る。また相関計数は昼間 0.84，夜間 0.92 である。

次に方法 2（簡易方法）により求めた推計値と実測値の比較結果を図-2 に示す。この図を見ると実測値の平均は推計値の平均を昼間は 0.7dB 下回り，夜間は 0.4dB 上回る。また相関係数は昼間 0.75，夜間 0.86 である。

この 2 つのグラフの比較から次のことが言える。

a. グラフの点の分布はおおむね似た傾向を示している。

b. 方法 1 の推計値の平均も方法 2 の推計値の平均も，道路環境センサスの実測値の平均とよく一致している。特に夜間では，方法 2 による推計値の平均の方が，方法 1 よりも実測値の平均に近い値となっている。

c. 方法 2 の相関は方法 1 の相関より若干低いが，それでも 0.8 前後の高い相関を示している。

これらより方法 2 を用いても，方法 1 とおおむね同様の結果が得られることがわかる。ただし図-2 の夜間のグラフでは，実測値の分布が 45 度よりも急な傾きになっており，この原因としては車両の平均速度を 60km/h 未満と仮定したことや，両センサスの調査時間帯のずれが原因と考えられる。この原因について調べた。

3.2 車両の平均速度の仮定による影響

道路環境センサスのデータについて，車両の平均速度が 60km/h 未満の非定常走行と仮定して推計した結果を，60km/h 未満は非定常，60km/h 以上は定常として推計した結果と比較した（図-3）。これによると，平均速度が 60km/h 未満と仮定した場合でも，平均で 0.4dB だけ値が小さくなるにすぎず，このことは推計結果にあまり影響を及ぼしていない。これは直轄の一般国道では車両平均速度が 60km/h を大幅に超える地点は少なく，全てのデータを 60km/h 未満としても推計結果への影響は少なかったためと思われる。

3.3 時間帯のずれによる影響

道路交通センサスの夜間の時間帯（19:00～7:00）と，道路環境センサスの夜間の時間帯（22:00～6:00）には，時間のずれが存在する。これによる騒音レベルの違いを見るために，毎時間の測定データが存在する環境センサスのデータを元に 19:00～7:00 の推計値と 22:00～6:00 の推計値をそれぞれ求め比較した（図-4）。

これをみると 19:00～7:00 の推計値は，22:00～6:00 の推計値に比べ平均で 3.3dB 大きくなっており，時間帯のずれは推計結果にやや大きな影響を及ぼしていることがわかる。これは 17:00～22:00 と 6:00～7:00 の毎時間の交通量が 22:00～6:00 の毎時間の交通量よりも多く，また騒音レベルも大きいため，夜間帯全体の騒音レベルを押し上げたためと思われる。

［研究成果］

本研究では，道路交通センサスの交通量と大型車混入率のデータ用い，車両の平均速度を 60km/h 以下と仮定することで，平面道路の騒音を簡易に推計できることを示した。また，両センサスの調査時間帯のずれが推計結果にやや大きな影響を与えることを確認した。

［成果の発表］

本成果は今後音響学会等で発表する予定である。

［成果の活用］

本成果は，全国や特定地域の騒音状況を簡易に把握し，騒音対策の優先順位を決定するためのマニュアルの一部として活用する予定である。

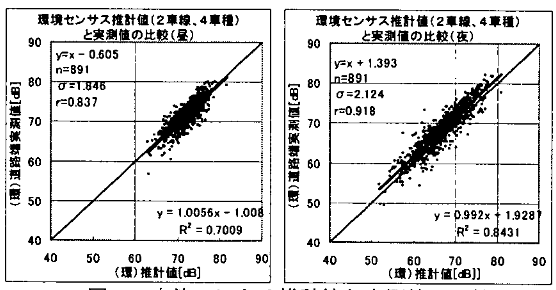


図-1　方法 1 による推計値と実測値の比較

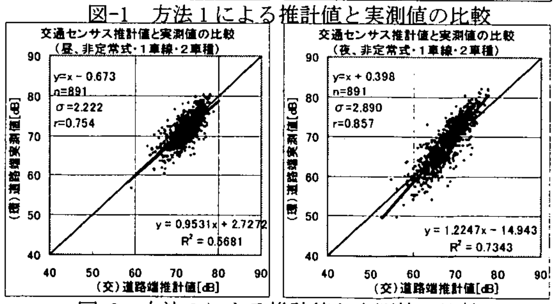


図-2　方法 2 による推計値と実測値の比較

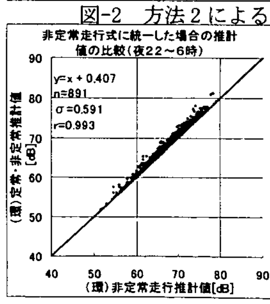


図-3　平均速度の仮定による影響

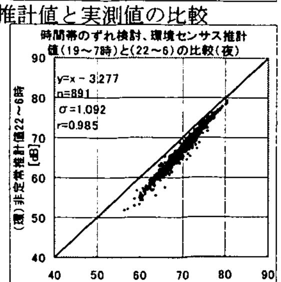


図-4 時間のずれによる影響

国道16号保土ヶ谷バイパスの環境対策に関する調査

Research on environmental countermeasures at Hodogaya bypass of national road 16

（研究期間　平成12～14年度）

環境研究部 道路環境研究室　室　　長　並河 良治
主任研究官　上坂 克巳
研　究　官　木村 健治
研　究　員　小柴　 剛

Environment Department Road Environment Division Head Yoshiharu Namikawa
Senior Researcher Katsumi Uesaka
Researcher Kenji Kimura
Research Engineer Takeshi Koshiba

We have researched on double layer asphalt pavement to improve noise environment around Hodogaya bypass. We made the following two things clear. (1) Noise reduction effect of double layer asphalt pavement is higher by 4dB than that of porous asphalt pavement in case of passenger car but 0dB in case of heavy truck. (2) It is difficult to evaluate noise reduction effect of double layer asphalt pavement by Road Acoustic Checker (RAC) with special tire.

[研究目的及び経緯]

国道16号保土ヶ谷バイパスは日交通量が約15万台の自動車専用道路であり、自動車走行騒音が最大80dB程度に及んでいる。この状況を抜本的に改善するためには、従来の騒音対策より騒音低減効果の大きい新しい対策技術の適用が必要である。国総研では、二層式排水性舗装及び新型遮音壁の保土ヶ谷バイパスの騒音対策への適用性について平成12年度から研究を行なっている。本年度は、①施工直後の二層式排水性舗装における車種別パワーレベルを明らかにすること及び、②舗装の性能規定発注に用いられている路面騒音測定車（RAC車）の特殊タイヤ音を用いた二層式排水性舗装の減音性能評価の有効性を明らかにすることを目的に研究を行なった。

[研究内容]

(1) 二層式排水性舗装の車種別のパワーレベル

1) 測定方法

直轄国道に敷設された施工後1年以内の二層式排水性舗装で一般単独車（先行車及び後続車との距離が50m以上離れていて、他車線にも走行車両が無い状態で定常走行している車両）のパワーレベル測定を行なった。マイクは車の走行車線の中心から側方7.5m、高さ1.2mの位置に設置した。また、走行速度は一般単独車の約30m区間の通過時間を計測し、計算により算出した。

2) 二層式排水性舗装の車種別のパワーレベル

乗用車のパワーレベルと走行速度の関係を図－1に、大型車のときの関係を図－2に示す。図中の点線と鎖線はASJ Model 1998で提案されている密粒舗装と排水性舗装のパワーレベル式である。図中の実線が測定データの回帰式である。乗用車の場合、どの走行速度でも二層式排水性舗装のパワーレベルは、排水性舗装よ

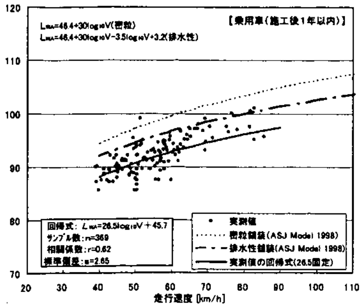


図-1 二層式排水性舗装のパワーレベル式（乗用車）

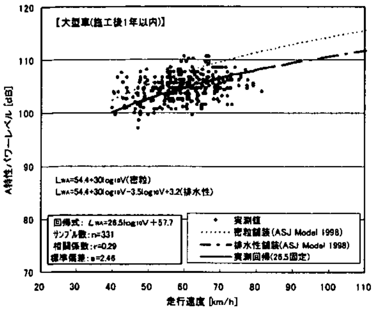


図-2 二層式排水性舗装のパワーレベル式（大型車）

りも4dB程度小さくなった。一方、大型車の場合、二層式排水性舗装と排水性舗装のパワーレベルはほぼ同程度になった。

(2) 特殊タイヤを使用した減音性能評価の有効性

排水性舗装の施工初期の減音性能を評価する際に用いられるRAC車の特殊タイヤ音が二層式排水性舗装でも減音性能を評価できるか検討を行なった。

1)試験方法

国土技術政策総合研究所の試験走路に敷設された表－1に示す舗装で、乗用試験車のパワーレベル測定と特殊タイヤ音測定を行った。パワーレベル測定時のマイクの位置は車両走行中心線から側方7.5m、地上高さ1.2mである。パワーレベルは50km/hで定常走行する乗用試験車のピークレベルを測定し、ピーク法により算出した。特殊タイヤ音は（財）道路保全センターが提案している舗装路面騒音測定要領に準じて測定した。

表－1 各種舗装の仕様

施工場所	舗装種	舗装厚さ (cm)	最大骨材粒径	空隙率 (%)
国総研試験走路	密粒舗装			
	排水性舗装	5	13	20
	二層式排水性舗装	上層 1.5 下層 3.5	上層 5 下層 13	上層 23 下層 23

2) **特殊タイヤを使用した減音性能評価の有効性**

各種舗装の乗用試験車のパワースペクトルと特殊タイヤ音のスペクトルを図－3と図－4に示す。乗用車のパワースペクトルの場合、630Hzで二層式排水性舗装のレベルが排水性舗装よりも4.7dB小さいが、特殊タイヤ音のスペクトルでは、差がほとんど見られない。二層式排水性舗装の減音性能の特徴である路面凹凸の平滑性によるタイヤ振動音の低減は630Hz付近で生じると考えられている。そのため、特殊タイヤ音では、二層式排水性舗装の減音性能を適切に評価することが困難であることが明らかになった。

[研究成果]

①二層式排水性舗装の減音効果は乗用車では排水性舗装より約4dB大きくなるが、大型車では排水性舗装とほぼ同程度である。

②RAC車の特殊タイヤ音では、路面を平滑にして減音効果を得る二層式排水性舗装の減音性能を適切に評価することが困難である。

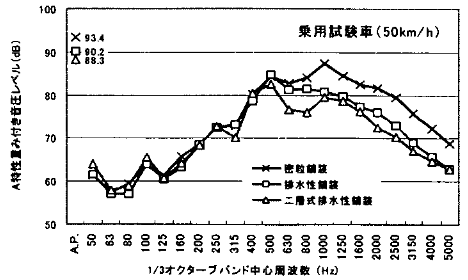
[研究の発表]

小柴剛、上坂克巳、並河良治：低騒音舗装の性能規定発注におけるタイヤ/路面音の評価方法に関する一考察，騒音振動研究会資料，N-2002-3, 2002

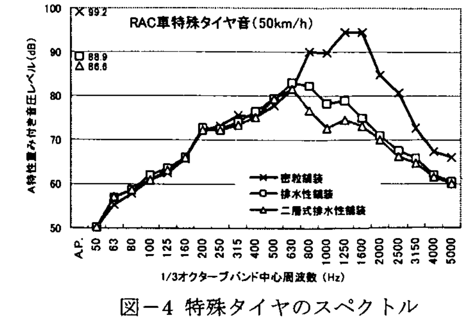
小柴剛、上坂克巳、並河良治：舗装の性能規定発注における低騒音舗装のタイヤ/路面音の評価方法に関する一考察，日本音響学会春季研究発表会講演論文集 p.p793-794, 2002

[研究の活用]

二層式排水性舗装の基本仕様（案）の作成と二層式排水性舗装の普及に役立てる。



図－3 乗用試験車のパワースペクトル



図－4 特殊タイヤのスペクトル

凍結防止剤の影響調査

Research for the Environmental Impact of De-icing Salt

（研究期間　平成 11～14 年度）

環境研究部 道路環境研究室
Environment Department　Road Environment Division

室長　並河 良治
Head　Yoshiharu NAMIKAWA
主任研究官　角湯 克典
Senior Researcher　Katsunori KADOYU
研究官　桑原 正明
Researcher　Masaaki KUWABARA

The application of de-icing salts onto roads is strongly required to keep winter road traffic safe. On the other hand, there is some anxiety over the environmental impact of the de-icing salts.

In order to propose the guideline for apply of de-icing salts onto roads, integrated research of sprayed de-icing salts both on actual road and on an experimental track, was performed. Conclusions are listed below.

1. It became clear that the qualitative influence of wind and traffic conditions which have on de-icing salts being transported.
2. Damaged roadside plants was watched.
3. The amount of de-icing salt in the ground had not reached the threshold of influence on plants.

［研究目的及び経緯］

冬期交通の安全性という観点から道路面への凍結防止剤の散布は必要不可欠であり、その散布量はスパイクタイヤの使用禁止に伴い年々増加している。一方で、凍結防止剤の飛散等による自然環境への影響が懸念されており、交通安全が確保され、かつ自然環境への影響に配慮した凍結防止剤の散布が求められている。

本年度は、凍結防止剤の自然環境への影響予測方法及び対策方法を検討するため、散布された凍結防止剤の路外への飛散・流出状況、及びその凍結防止剤の植物等への影響を、現道及び試験走路における調査結果等よりまとめた。

［研究内容・研究成果］

①凍結防止剤の飛散・流出状況

本研究は、東北・北陸地方整備局管内の現道及び北海道開発土木研究所の苫小牧試験走路において実施された凍結防止剤の飛散状況調査等についてとりまとめを行ったものである。路面に散布された凍結防止剤は、車両の走行によりその多くが路外へ飛散あるいは流出するが、その収支について整理した結果、実験と実地調査結果より、散布された凍結防止剤のうち上下車線合わせて概ね１０％が路外に飛散し、約５０％が道路の側溝等に流出していることがわかった。（表１）

また飛散した凍結防止剤は、その 50%以上が道路端から 5m 以内の地面へ落下し、道路端からの距離が離れるに従って到達量は急激に減少することが分かった。その関数形状は車道部端からの距離の指数($y = ax^b$)で近似させることができる。（図１）このときの係数 a,

表１．北陸の現道調査から求めた飛散・流出バランス

飛散による流出			側溝からの流出		
散布量 (g/m)	飛散量 (g/m)	割合 (%)	散布量 (g/m)	流出量 (g/m)	割合 (%)
14400	871	6.0	10320	5629	54.5

※飛散量は道路片側のみで測定

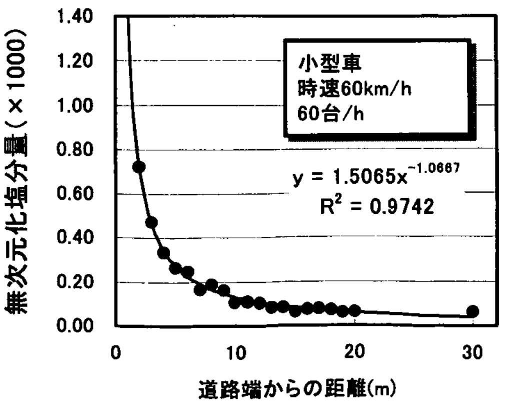


図１．道路端からの距離に伴う減衰と $y = ax^b$ への近似

乗数bは風及び交通条件の影響を受ける。すなわち、風が強いときには遠方まで凍結防止剤が飛散するため、到達量の減少の仕方が緩やかになり(bが大きくなり)、大型車の走行台数が多かったり走行速度が早かったりするなど、交通条件が厳しいときには、それだけ大量の凍結防止剤が巻き上げ・跳ね上げられるため、路外への到達量自体が多くなる（aが大きくなる）。（図2参照）このa,bの近似式を用いて現道に適用した結

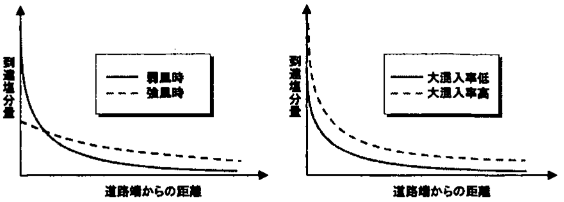


図2．風・交通条件が飛散に
及ぼす影響（イメージ）

果が表2である。また、全体の自動車交通量は異なるものの大型車交通量がほぼ等しい路線aと路線bの塩分到達量が等しいことから、飛散に関しては、小型車よりも大型車の影響が大きいということがいえる。

表2．現道へ適用した際の指数関数の係数a
及び指数bと 交通条件との関係

	散布量 (g/m/日)	平均速度 (km/h)	台数 (台/日)	大型台数 (台/日)	順風平均風速 (m/s)	順風率 (%)	飛散量 (g/m/日)	飛散割合 (%)	係数a	乗数b
路線A	324.5	55~60	7399	3330	0.6	11.9	20.9	6.5	0.1072	-0.8618
路線B	208.7	47~67	14533	3430	4.1	34.9	12.6	6.1	0.0856	-0.7095
路線C	90.72	80or100	15801	4598	0.5	33.9	5.2	5.8	0.0962	-0.8781

②凍結防止剤の植物等への影響

道路走行車両により巻き上げ・跳ね上げられ路外に飛散し植物表面に付着した凍結防止剤は、その一部が体内に吸収されて植物体内に蓄積されていく。そのため、交通条件等の厳しい道路近傍においては葉の先枯れ・変色等、植物に被害が発現すると考えられる。今回は、東北地方整備局管内において実施された、凍結防止剤散布区間道路近傍の植物調査（スギ）について分析を行った。その結果、調査区の生育状況は、対照区と比較すると悪い状態にあることが分かった。（表3）ただ、道路沿道の調査区は、気象・交通条件が厳しく、期間中活力レベルの変化がほとんど見られなかったことから、凍結防止剤の影響によるものかは不明であった。

また、地表面に落下した凍結防止剤は、土壌中に大量に浸透した場合、土壌中のイオンバランスを変化させ、植物の生育状態に影響を与えることが予想される。凍結防止剤が散布されている区間の道路近傍において土壌調査を実施したが、今回のケースでは、凍結防止剤の影響が見られるものの土壌は概ね良好であり、植物体への被害発現が予想されるイオンバランス状態には達していなかった。（表4）

表3．凍結防止剤散布区間の植物活力ランク調査結果

道路端からの距離	0~3m (調査区)	10m (調査区)	35m (対照区)
12月	C	B	A
1月	C	B	A
2月	C	B	A
3月	C	B	A

※活力ランク評価はA~Dの4段階があり、Aが最も良好な活力状態であることを表している。

表4．凍結防止剤散布区間の土壌調査結果

項目	沿道の土壌中の値	緑化基盤整備土壌基準	備考
塩分	最大 0.04%	優：0.05%未満	
PH	最大 8.72	良の範囲 (4.5~8.0)	一時的
EC	最大 180mS/m	不良：100~150	一時的
CEC	最小 9.5meq/100g	良：6~20	

［成果の発表］

角湯克典，大西博文，並河良治：凍結防止剤の飛散状況に関する研究、第24回道路会議一般論文集(A)、pp152-153、2001

桑原正明，並河良治，角湯克典：凍結防止剤の飛散状況に対する風の影響、第24回道路会議一般論文集(A)、pp154-155、2001

［今後の研究予定・成果の活用］

本研究により、風・交通条件が凍結防止剤の飛散に与える定性的な影響が分かった。今後は、影響の大きい大型車の影響を中心に分析を進め、凍結防止剤の飛散メカニズムを明らかにする予定である。

また、室内における植物への凍結防止剤散布実験を分析することにより、凍結防止剤の植物への純粋な影響の抽出・評価を行い、飛散→植物体への付着→吸収→被害発現のメカニズムを明らかにする予定である。

これらのメカニズムをとりまとめ、予測・対策手法を確立することにより、自然環境への影響に配慮した凍結防止剤の散布方法・飛散防止対策の実施への支援・推進が可能となる。

希少猛禽類の把握手法に関する調査

Study on methods for monitoring rare raptors

研究期間：平 10 ～平 14 年

環境研究部緑化生態研究室
Environment Department
Landscape and Ecology Division

室長　藤原宣夫
Head　Nobuo Fujiwara
主任研究官　石坂健彦
Senior Researcher　Takehiko Ishizaka
招聘研究員　百瀬浩
Visiting Researcher　Hiroshi Momose

Natal dispersal of five young Nothern Goshawks (*Accipiter gentilis*) were monitored by radio telemetry method and by monitoring their signal from receivers connected to data loggers placed near the nest. Young birds spent the first 20 days after fledging close to the nest, 20 to 30 days within 500m of the nest. The birds then gradually expanded their homeranges, and after about 40 days from fledging they either moved several kirometers away from the nest or dissapeared from the study area.

［研究目的及び経緯］

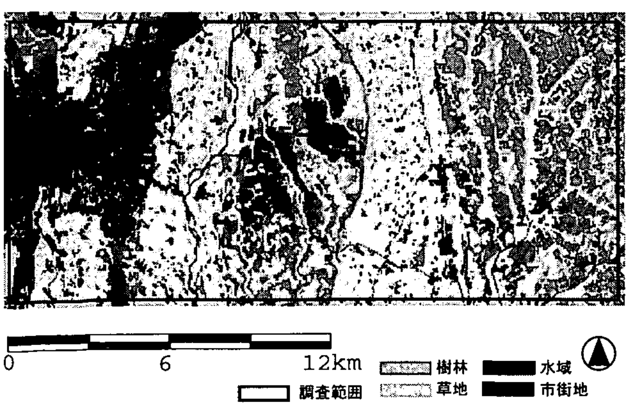
本研究は、オオタカを始めとする希少猛禽類の生態を調査して生息環境条件、行動圏の広さや行動圏内の環境利用を明らかにし、希少猛禽類の調査・保全手法や事業実施に際しての保全手法検討に役立つ資料を得ようとするものである。

［研究内容］

平成 13 年度は、幼鳥の分散過程を調べるために、オオタカ幼鳥に発信機を装着して、電波テレメトリー法による追跡を行った。

調査地と調査方法

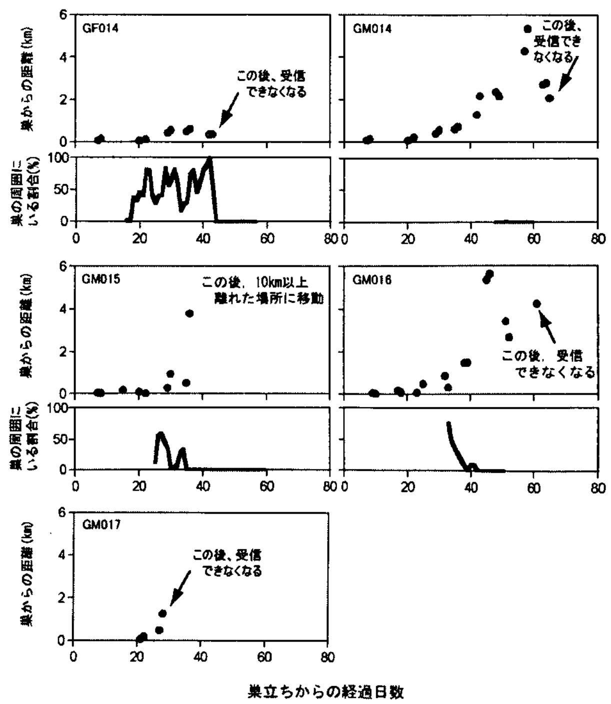
調査を行ったのは、栃木県宇都宮市から芳賀郡にかけての 11 × 24km の地域である（図－1）。ここで、2001 年 7 月 3 ～ 19 日に、4 カ所の巣で巣立ち直後のオオタカ幼鳥 5 羽を捕獲した（表－1）。



図－1　調査地と植生（土地利用）の概況。環境省自然環境 GIS の現存植生図（5 万分の 1）を空中写真判読と現地踏査により修正したもの。

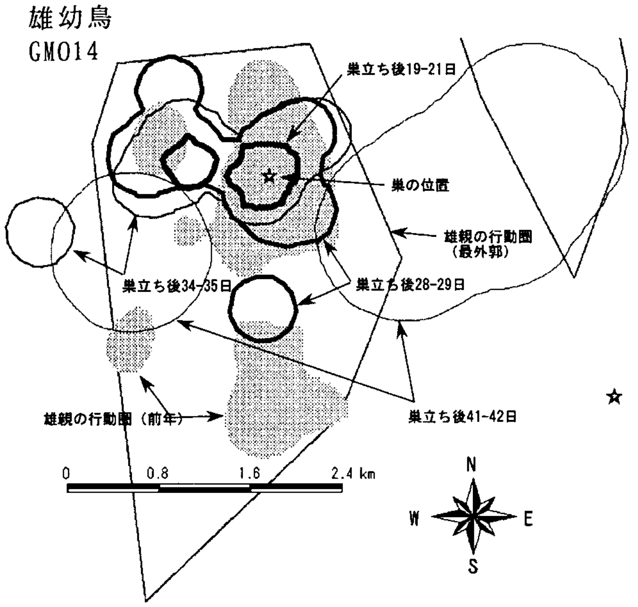
表－1　捕獲したオオタカ幼鳥。計測単位は mm 及び g

捕獲日時	2001/7/11 11:00	7/13 10:30	7/17 17:30	7/18 8:30	7/18 11:30
捕獲(巣)場所	多田羅	多田羅	宿延生	宿延生	観音山
個体番号	GF014	GM014	GM015	GM016	GM017
性　別	雌	雄	雄	雄	雄
全　長	5,360	4,750		4,930	4,820
翼開長	9,900	8,750		8,400	8,640
体　重	1,120	650	700	670	725
巣立ち時期	6/28-29	6/28-29	6/25-26	6/25-26	7/5-6
主に巣の周囲で行動した日数	43	36-41	34	40	23-26
巣立ち後調査地に滞在した日数	46-47	66-70	69-73	62-65	29-33

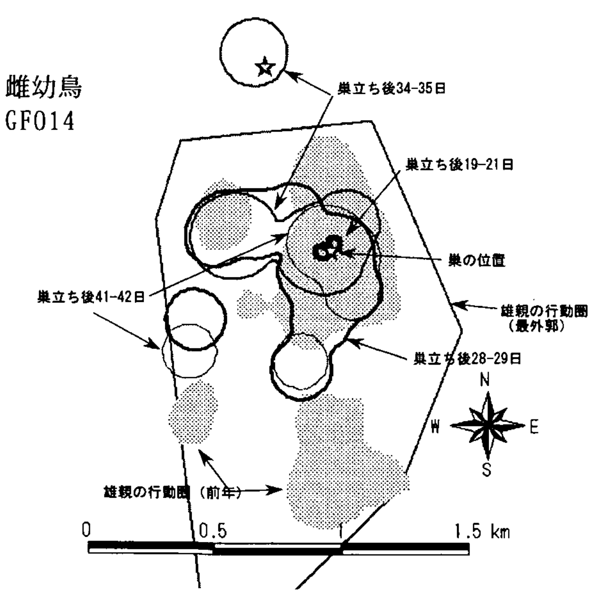


図－2　オオタカ幼鳥 5 羽の出生地からの分散過程

捕獲には、箱罠を使用した。捕獲した幼鳥には11.5 gのハーネス式の発信機（電池寿命約94日）を装着し、放鳥した。これらの個体を、アンテナと受信機を持った調査員が追跡した他、巣の近傍にデータロガーを設置して、巣の周囲100～250 m以内の地域における在・不在を連続的に記録した。



図－３　巣立ち後の日齢別に示したオオタカ雄幼鳥１個体の行動圏。行動圏はKernel 法（確率密度分布）95%の区域で示した。図中の雄親の行動圏は前年度にテレメトリー法で調査した成鳥雄の行動圏を図示したもの。



図－４　巣立ち後の日齢別に示したオオタカ雌幼鳥１個体の行動圏。他の説明は図－４参照。

結果

オオタカ幼鳥の出生地からの分散過程

図２は、縦軸に５羽の幼鳥の巣からの距離と巣の周囲での滞在率を、横軸に巣立ち後の日数をプロットしたものである。オオタカ幼鳥は、個体差はあるものの巣立ち後約20日頃までは巣からあまり離れず、その後30日頃までは巣の付近500 m以内の範囲で生活し、その後徐々に行動圏を広げて、巣立ち後40日前後で親の行動圏から大きく離れるようになった。その際、個体により調査地からいなくなってしまうものと、巣から数km～10km離れた調査地内の別の場所に移動する個体があった。

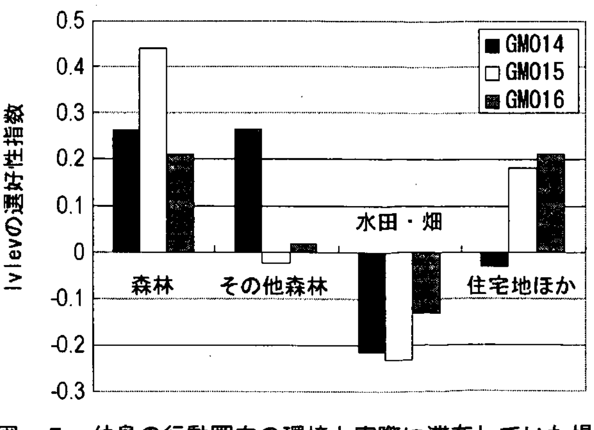
オオタカ幼鳥の環境利用

図３と４に、雄と雌の幼鳥各１個体の行動圏を日齢別に示した。幼鳥は、環境をくまなく一様に利用するというよりは、むしろ特定の地域に固執するような行動圏利用を示した。幼鳥が好んで滞在した地域の植生（土地利用）が何であったかを示すために、データの多い３個体について選好性指数を計算したところ、森林・住宅地に対して正の選好を、水田・畑に対して忌避を示した（図－５）。住宅地に対する選好性は、屋敷林を利用することが多かったためと考えられる（屋敷林は植生図上では「住宅地ほか」に分類される）。

本調査の結果から、オオタカ幼鳥は巣立ち後１ヶ月程の期間を、巣周辺の森林環境を主に利用しながら過ごし、その後、巣立ち後40日前後で本格的な出生地からの分散のための移動を開始することが確かめられた。

[成果の発表]

2001年10月６日、京都市左京区の京都大学において開催された日本鳥学会大会で、「オオタカ *Accipiter gentilis* の生息に影響する環境要因」と題し口頭発表を行った。



図－５　幼鳥の行動圏内の環境と実際に滞在していた場所の周囲200 mをもとに計算したIvlevの選好性指数。指数は-1～1まで変動し、1で選好を、-1で忌避を示す。

道路環境アセスメント効率化のためのGIS導入手法検討

研究期間：平 13 ～ 14 年
担当：緑化生態研究室

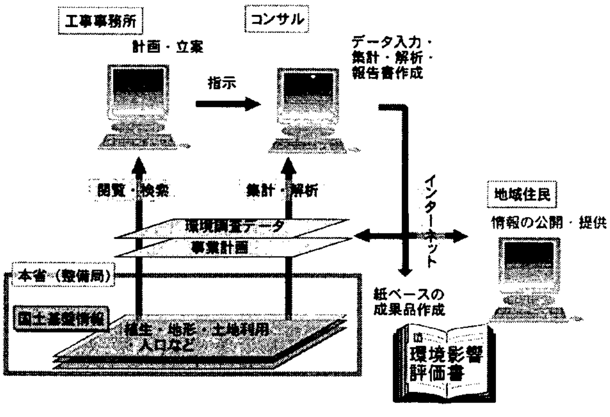
環境研究部・緑化生態研究室　室長　藤原宣夫
Environment Department, Landscape & Ecology Division　Head　Nobuo Fujiwara
研究官　飯塚康雄
Researcher　Yasuo Izuka
招聘研究員　百瀬浩
Senior Visiting Researcher　Hiroshi Momose

We have developped a GIS-based emvironmental impact assessment assist system, whichi will make the process of assessment more efficient and result of impact analysis more reliable. We started to impliment this system in Kyushu region, in collaboration with the Kyushu Regional Bureau, Ministry of Land, Infrastructure and Transport. As the first year, we constructed a GIS database incorporating many geographical data such as environment, land use, infrastructure, elevation and several maps.

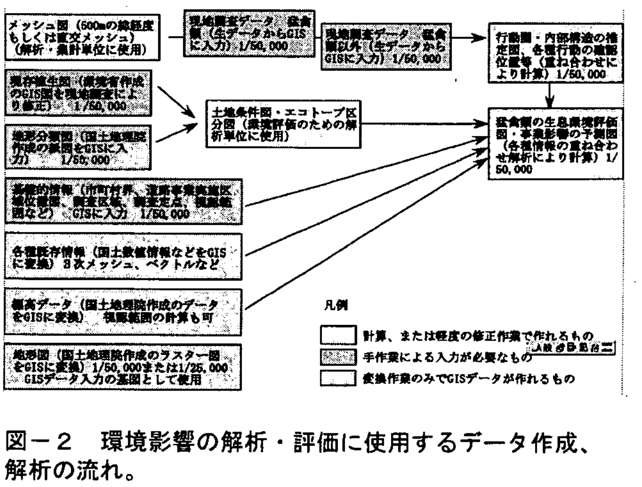
［研究目的及び経緯］

アセス法施行に伴い、道路等の事業地において環境保全への対応が求められている。道路等の各種事業における環境影響評価（アセスメント）は、これまで主として紙ベースの各種調査地図などを用いて行われてきたため、効率が必ずしも良くなかった。まず、共通的な基盤情報が整備されていないために、個別調査の度に地形図、土地利用図、植生図等の基盤情報を受託者が入手して手作業で加工する等の作業を強いられていた。次に、環境影響評価に必要な調査資料の解析においても、手作業であるが故に解析をやり直すたびに膨大な手戻りが生じ、コスト増大や工期の延長を生じていた。そして、貴重な調査結果も、紙の報告書では再活用が難しく、地域の環境保全や国土計画に利用されてこなかった。

国土技術政策総合研究所・緑化生態研究室では、GIS技術を応用して、環境アセスメントを効率化・高度化するための支援システム（生態情報活用システム）を平成11年度から開発してきた。GISとは、Geographical Information System（地理情報システム）の略で、地物の位置や形（地図）と属性（表）を関連付けて管理するシステムであり、空間的解析、レイヤー（異なる地図）の重ね合わせ処理、属性（表）の検索・集計などの機能を持ち、これらの組み合わせにより、色々な解析・処理が可能となる。生態情報活用システムの基本的な考え方は、基盤的な情報を国あるいは地方整備



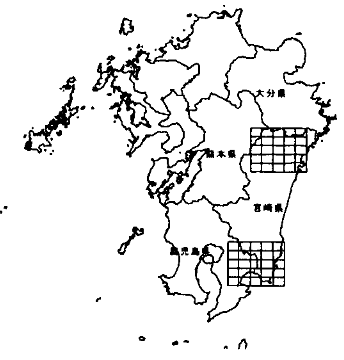
図－1　GISベースの環境アセスメント支援システム活用イメージ。



図－2　環境影響の解析・評価に使用するデータ作成、解析の流れ。

局などが一括してGISデータベースとして整備し、その上に事業計画や環境調査データなどをのせて、アセスメントを進めようというものである（図－1参照）。GIS技術を用いることで、既存データが利用しやすい、インターネット等を通じデータの相互利用が可能、データの管理が容易、空間解析・処理機能が予め備わっている、解析用のソフトが多数利用可能など、様々なメリットが生じる。特に、調査結果をわかりやすく可視化することができ、対話的な意志決定を進めることが可能となると期待される。

本研究業務は、このシステムを実際の事業現場に導入する際の技術的検討を行うもので、九州地方整備局の宮崎、延岡、大隅、熊本の４工事事務所と連携して実施している。



図－３　事例地（２箇所）と周辺の図化範囲。個々の升目は２次メッシュを示す。

［研究内容］

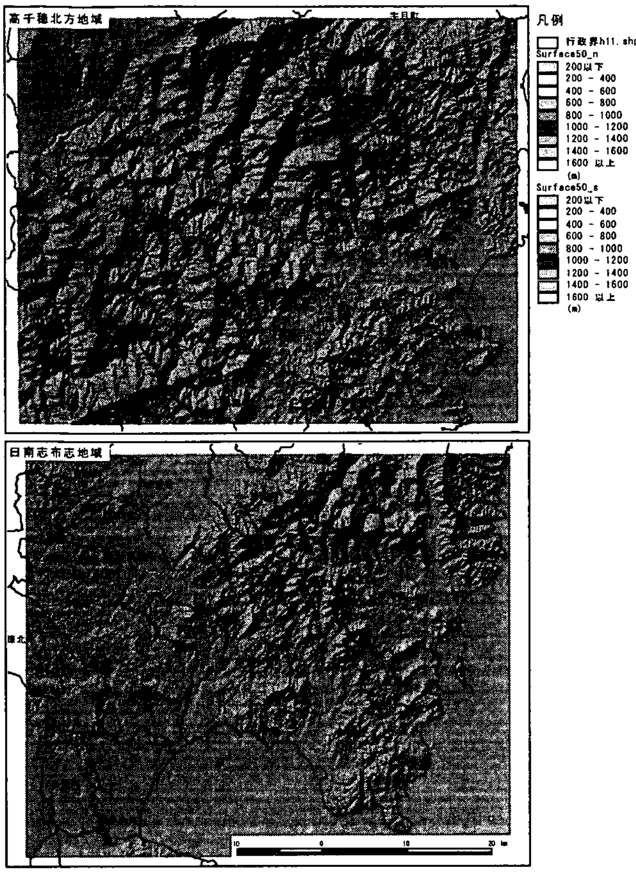
平成13年度は、九州地方整備局管内の高規格幹線道路日南志布志線及び高千穂北方線計画区間を事例地として、事例地とその周辺（図－１参照）の環境ＧＩＳデータとして利用可能なものを収集して、必要な変換整備を行いGISデータベースとして整備した。

整備したデータは、地形図、標高などのデータ、土地利用データ、人口などの各種統計データ、道路、河川などの社会資本に関するデータ、植生などの環境に関するデータ、そして事例地で行われた動植物・生態系に関する環境影響評価のための調査結果の内、猛禽類の生息状況に関するデータなどである。データの一覧を表－２に示した。図－2は、これらの情報を用いて行うデータ作成及び環境解析の手順の例を、希少猛禽類の行動圏評価を例に示したものである。

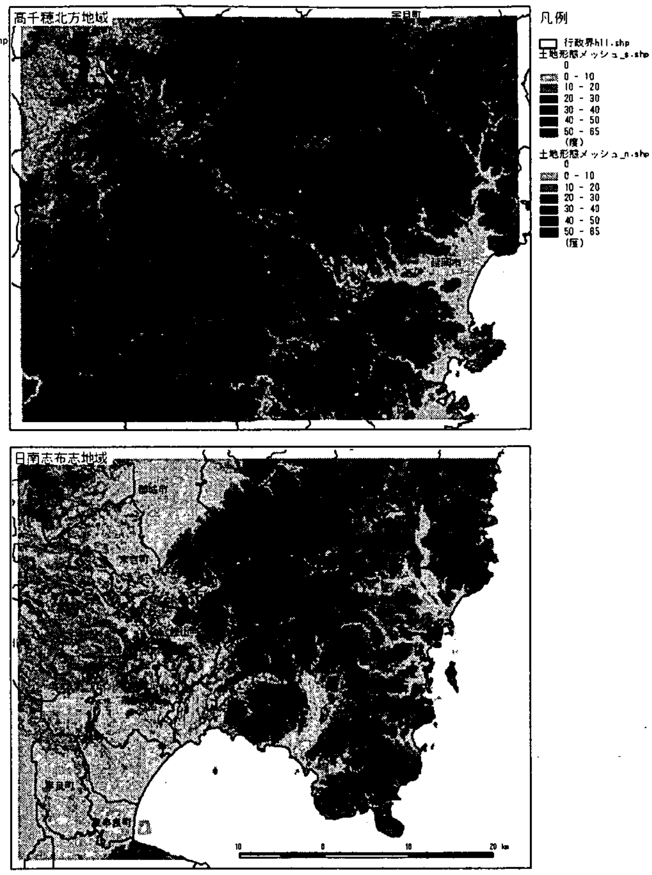
平成14年度は、引き続き、これらの地理情報データと、開発済みの生態情報活用システムを用いて、環境影響に必要な各種解析と図化を行い、実際の環境アセスメントへの適応や運用方法の検討、問題点の抽出とシステムの改良などを実施する予定である。

表－１　構築したGISデータベースのデータレイヤー一覧

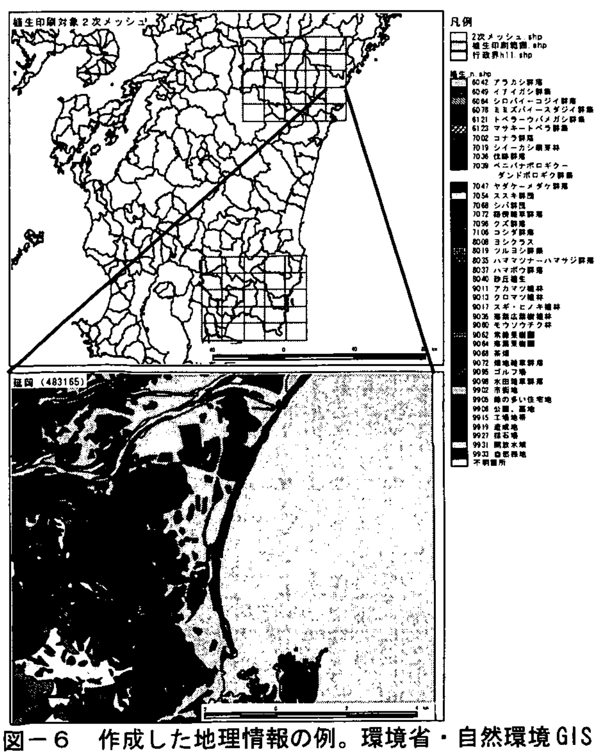
	項目	データ緒元		
		オリジナルデータ名称	精度(縮尺)	整備主体
生物生息基盤	標高	数値地図50mメッシュ(標高)	50mメッシュ	国土交通省国土地理院
	標高	GISMAP Terrain	10mメッシュ	北海道地図(株)
	標高	GISMAP Terrain	10mメッシュ	-
	斜度	GISMAP Terrain	10mメッシュ	-
	傾斜方向	GISMAP Terrain	10mメッシュ	-
	小流域	-	10mメッシュ	-
	中流域	-	10mメッシュ	-
	大流域	-	10mメッシュ	-
	河川	国土数値情報W02-07L	5万分の一	国土交通省
	地形分類図	土地分類基本調査	5万分の一	国土交通省
生物分布	植生	自然環境情報GIS	5万分の一	環境省
	特定植物群落	自然環境情報GIS	5万分の一	環境省
	希少猛禽調査データ	-	-	-
施設	道路	デジタル道路地図データベース1300版	2万5千分の一	(財)日本デジタル道路地図協会
地域指定	自然環境保全地域	自然環境情報GIS	5万分の一	環境省
	鳥獣保護区	自然環境情報GIS	5万分の一	環境省
	世界遺産	自然環境情報GIS	5万分の一	環境省
	行政界	国土数値情報N03-08A	2万5千分の一	国土地理院
その他	人口	地域統計メッシュデータ	3次メッシュ	総務省統計局
	土地利用	国土数値情報L03_03M	100mメッシュ	国土交通省
	気候	国土数値情報	3次メッシュ	国土交通省
	地形図	数値地図25000(地図画像)	2万5千分の一	国土交通省国土地理院
	地形図	数値地図50000(地図画像)	5万分の一	国土交通省国土地理院
	地形図	数値地図200000(地図画像)	20万分の一	国土交通省国土地理院
	地形図	GISMAP 25000R	2万5千分の一	北海道地図(株)
	地形図	GISMAP 25000V	2万5千分の一	北海道地図(株)
	デジタル地図	数値地図2500(空間データ基盤)	2千5百分の一	国土交通省国土地理院



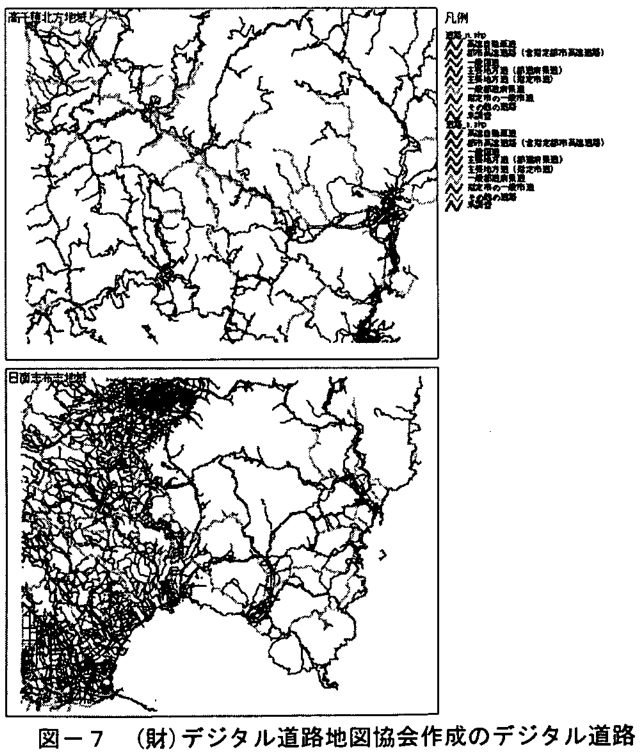
図－4　作成した地理情報の例。国土地理院の数値地図50ｍメッシュ（標高）



図－5　作成した地理情報の例。図－4の標高データから計算した土地の傾斜度



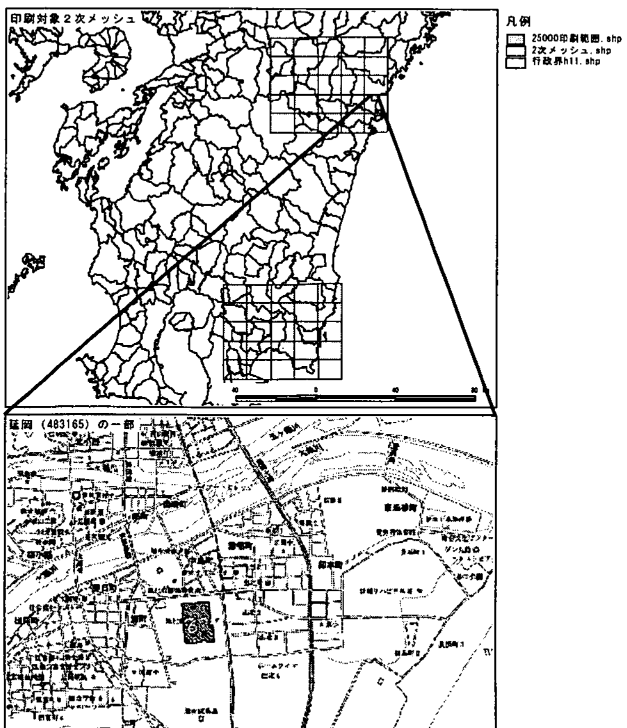
図－6　作成した地理情報の例。環境省・自然環境GISの現存植生図（5万分の1）



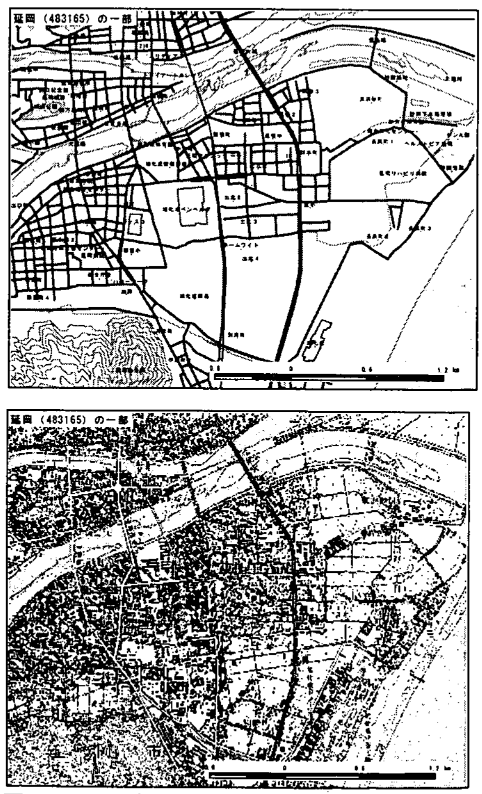
図－7　(財)デジタル道路地図協会作成のデジタル道路地図

図－８　作成した地理情報の例。総務省統計局の平成７年度国勢調査による人口メッシュデータ

図－９　作成した地理情報の例。国土交通省国土数値情報の気候データ（降雨量）



図－10　作成した地理情報の例。北海道地図（株）のGISMAP25000R（ラスターの地図画像）



図－10　作成した地理情報の例。北海道地図（株）のGISMAP25000V（ベクトルの地図画像ー上）と国土地理院の数値地図25000（地図画像ー下）

道路研究部橋梁研究室
Road Department　Bridge Division

橋梁のライフサイクルコスト算定手法に関する調査
Study of the method to caluculate Life-Cycle-Cost of highway brides

（研究期間　平成 13 年度）

室長　中谷　昌一　　主任研究官　玉越　隆史　　研究官　内田　賢一
Head　Shoichi Nakatani　Senior Researcher　Takashi Tamakoshi　Researcher　Ken-ichi Uchida
研究官　廣松　新　　研究員　池田　明寛
Researcher　Arata Hiromatsu　Research Engineer　Akihiro Ikeda

In order to reduce Life-Cycle-Cost (LCC) of highway bridges, it is important to collect the data concerning the durability of highway bridges. Authors carried out the analytical investigation for grasp the durability of bridge members such as expansion joints of highway bridges by the data of existing data-base MICHI (Ministry of Construction Highway Information Date-Base System). The purpose of this study is to seek a principal factor that influence the durability of bridge members.

［研究目的及び経緯］

近年の橋梁分野では、将来の維持管理負担を抑制するために、初期建設コストだけでなく、維持管理費や更新費を含めたライフサイクルコスト(LCC)による経済性評価の考え方が注目されている。橋梁のLCC を考える上では、各要素技術（材料と耐久性に関わる項目）に関し、その耐久性を適切に評価することが重要である。しかし、現状では、橋梁の耐久性に関するデータは、質・量ともに不足しており、耐久性評価を行うためには、これらのデータ整備が急務である。

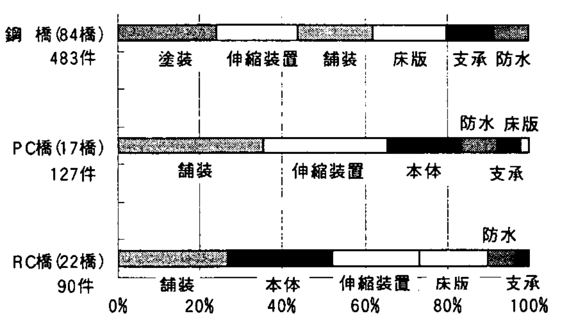
本調査では、各要素技術の耐久性と、それに影響を及ぼす要因を明確にすることを目的に、国土交通省所有の道路橋管理データベース(MICHI)をもとに、要素技術の種類や架橋環境等の要因に着目した分析を行った。

［研究内容］

1．補修・補強件数の分析

MICHI データの分析に先立ち、道路橋の維持管理実態の概要を把握するため、補修・補強件数の割合について分析を行った。分析対象は、平成 12 年度の第 54 回建設省技術研究会で実態調査対象となった 123 橋である。

図－1 に、鋼橋、RC 橋、PC 橋の補修・補強内容の件数比率を示す。いずれの形式でも舗装工、伸縮装置工が大きな割合を占めている。これに、鋼橋では塗装工および床版工を、コンクリート橋では本体補修工を加えると補修・補強件数の 7 割以上を占めることがわかる。この数値はあくまで件数の比率であり、維持管理コストを正確には反映していないものの、舗装、伸縮装置、塗装、床版、コンクリート橋本体の耐久性向上が、道路橋の LCC 縮減には有効であるといえる。



図－1　補修・補強件数比率

2．橋梁の耐久性に関わる諸データの分析

（1）分析の概要

国土交通省所有の道路管理データベース（MICHI）に格納された約 2 万橋分のデータから、補修補強のデータが記録されている項目を抽出し分析を行った。

分析対象とした項目は、1．の結果と、MICHI の記録内容を考慮して、以下の 10 項目とした。

鋼橋の床版、　鋼橋の塗装、　コンクリート橋本

体工、④舗装、⑤橋面防水、⑥鋼製防護柵・高欄、⑦壁高欄、⑧下部構造、⑨支承、⑩伸縮装置

分析は以下の手順で行った。まず、各項目毎に、建設から補修・補強に至るまでの年数（以下、年数）を整理して、その概略値を算出した。次に、要素技術の形式や、架橋環境等の各要因毎に、年数の整理を行い、各要因の違いが年数に与える影響の有無を確認した。その後、影響があると判断した要因に関して、要因を細分化して再度年数の整理を試み、定量的評価の可能性を検討した。なお、架橋環境要因は、大型車交通量、塩害対策区分、凍結抑制剤散布量を基本とした。

（２）分析結果の概要

鋼橋の塗装、伸縮装置については、比較的多くのデータが記録されており、年数の概略値を算出できた。また、環境要因の中には、年数に及ぼす影響が比較的顕著に現れたものもあった。しかし、各要因の影響を定量的に評価できるだけのデータは得られなかった。その他の項目に関しては、データ数が不十分であること、補修・補強の原因が特定できないこと、項目に対する規定の変更があったものは、現行規定の適用事例のデータが極端に減少することなどの理由から、明確な年数の概略値を示すまでは至らなかった。

（３）分析結果の例

分析結果の一例として、比較的十分なデータが得られた伸縮装置に関して述べる。伸縮装置の分類は、道路橋伸縮装置便覧に従った。表－１に型式の分類を示す。

表－１　伸縮装置の形式の分類

分類	型式	備考
突合せ式	埋設目地型式	変位をアスファルト舗装などの変形でとらせる構造
	突合せ先付型式	舗装施工前に設置する突き合せ目地構造
	突合せ後付型式	舗装施工後に設置する突き合せ目地構造
荷重支持式	ゴムジョイント型式	ゴム材と鋼材を組み合せて、輪荷重を床版遊間で支持する構造
	鋼製型式	フェースプレートまたはフィンガープレートを使用した鋼製構造
	特殊型式	その他の支持型式構造

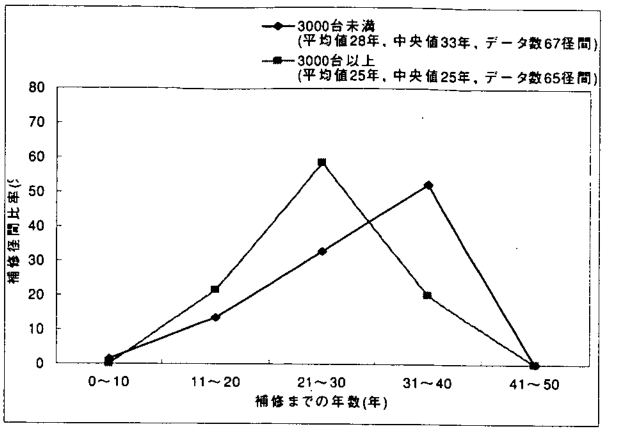
この中から、比較的十分なデータ数が得られた荷重支持式ゴムジョイント型式の分析結果を示す。

1)大型車交通量の多少による影響

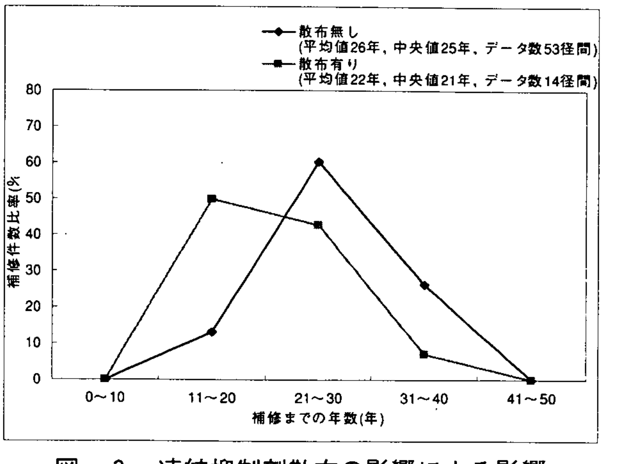
図－２に、24 時間大型車交通量のデータの中央値 3000 台を基準に分類し、補修までの年数（10 年単位）と補修件数の比率の関係を整理した結果を示す。大型車交通量 3000 台未満では、年数のピークが 31 ～ 40 年であるのに対し、3000 台以上では 21 ～ 30 年となり、大型車交通量が増加することで年数が短くなる傾向が見られた。

2)凍結抑制剤散布の有無による影響

図－３に、凍結抑制剤散布の有無を要因として整理した結果を示す。散布有りの場合は年数のピークが 11 ～ 20 年であるのに対し、無しの場合は、21 ～ 30 年となり、凍結防止剤の散布により、補修までの年数が短くなる傾向が確認できた。



図－２　大型車交通量の影響



図－３　凍結抑制剤散布の影響による影響

３．まとめと今後の課題

本調査では、道路橋管理データベース（MICHI）を用いて、道路橋の耐久性に関する分析を行った。その結果、鋼橋塗装などの一部の項目では、各形式（仕様）毎の、補修・補強に至るまでの年数の概略値と、それに影響を及ぼす要因を把握することができた。しかしながら、多くの項目に関しては、十分なデータが得られず、耐久性の定量的評価を行うまでには至らなかった。

今後は、全項目で定量的評価が可能となるようにデータ収集方法の改善を検討する必要がある。また、本調査のような、過去の実績に基づく耐久性の検討手法では、新技術の耐久性評価は不可能である。従って、新技術に関しては、試験による耐久性評価手法の確立や、試験結果を認証するための社会システムに関する検討が必要と考えられる。

高齢社会における安全な道路環境のあり方に関する調査

Safer road traffic environments in the elderly society

（研究期間　平成 13～15 年度）

道路研究部　道路空間高度化研究室　室長　森　望
Road Department　Advanced Road Design and Safety Division　Head　Nozomu Mori
主任研究官　高宮　進
Senior Researcher　Susumu Takamiya

With progressing of elderly society in Japan and spreading of the concept of normalization, improvement considering accessibility of sidewalks and pedestrian spaces is promoted. However, a viewpoint of pedestrian traffic flow and a viewpoint of quality as well as accessibility should be considered, in order to provide desirable pedestrian spaces. In this study, these viewpoints for design of pedestrian spaces are examined.

［研究目的及び経緯］

高齢社会の進展やノーマライゼーションの考え方の浸透に伴い、平成 12 年には交通バリアフリー法が施行され、駅等を中心とした重点整備地区においては、歩道等の改善が進められている。しかし、歩道等を含む歩行者空間の形成の観点からは、バリアフリーのみならず、歩行者交通の流れや、滞留等の質的充実を考慮したうえで、計画を立案し歩行者空間を構成していくことが望ましい。またバリアフリーに加えて、ユニバーサルデザインの考え方も唱えられてきており、この点から歩行者空間において必要とされる対応等を把握しておくことも重要である。本調査研究では、ユニバーサルデザイン等の観点を考慮したうえで、歩行者空間の計画・設計の考え方について提案する。

［研究内容］

歩行者空間の計画・設計の考え方のとりまとめに向け、13 年度は、まず「ユニバーサルデザインの概念」について、既存文献を収集・分析するとともに、「ユニバーサルデザインの観点を考慮した際の、道路空間における留意点」について、とりまとめた。またこの点も踏まえつつ、歩行者空間の計画・設計に向けて、①歩行者空間計画に関わる資料の収集・分析、②歩行者空間計画に関わる基本的考え方のとりまとめ、ケーススタディの作成等を行った。以下では、ユニバーサルデザインの観点からの研究内容、成果について述べる。

1．ユニバーサルデザインの概念

既存文献の収集・分析により、ユニバーサルデザインの概念に関連して、有益な情報を収集することができた。そのうち主なものを表-1 に示す。

近年では、道路空間に対し、バリアフリーに加えて

表-1　ユニバーサルデザイン関連情報

1	米国では、1964 年の公民権法により、「人種、皮膚の色、宗教、出身国、性別を基にした差別」が禁じられた。また 1973 年のリハビリテーション法において、「障害を基にした差別の禁止」が明記された。 これらを背景として、1990 年の ADA 法（障害を持つアメリカ人法）では、各種施設の設備の状況により、結局障害者がその施設を利用しづらい場合は、その施設を「差別的」と位置づけた。
2	ADA 法は、あくまでも差別を禁止した人権法である。ADA 法では、人権の観点を守ることをベースにおいて、建物等に対する技術的規定が定められている。 我が国にも、高齢者・障害者の利用性の観点から、建物に対してハートビル法が適用されてきている。しかし、ハートビル法は技術法であり、「基準に合わせて施設を造ること」が目的となっている。
3	ユニバーサルデザインは、1990 年頃に米国ノースカロライナ州立大学ユニバーサルデザインセンターのロナルド・メイス（Ronald L. Mace）が提唱し始めた考え方で、「年齢や能力に関わりなく、すべての生活者に対して適合するデザイン」を基本概念としている。 ロナルド・メイスは、ユニバーサルデザインの実現に向けて次の 7 原則を記している。 ①誰でも公平に使用できること ②使ううえで自由度が高いこと ③単純で直感的にわかる使用方法であること ④必要な情報がすぐ理解できること ⑤うっかりエラーや危険につながらないこと ⑥無理な姿勢を強いないで楽にできること ⑦接近して使えるような寸法となっていること

ユニバーサルデザインの観点を備えるべきであると唱えられることが多い。その際には、ロナルド・メイスが提唱した基本概念（「ユニバーサルデザインは、すべての人にとって適合する機能的で魅力的なデザインである。」）や7原則（表-1）が紹介され、これらに沿うことがユニバーサルデザインを実現することのように捉えられている感がある。

しかし、米国における経過をみれば（表-1）、米国では、人種や皮膚の色による差別が禁止されることと同じように、障害を基にした差別が禁止されており、また差別を生じさせることがないよう、施設等に対して技術的規定が課されている。ユニバーサルデザインは、米国におけるそのような人権に基づく考え方や運動を背景に置いて提唱された考え方であり、単なる技術的着眼点のみが提唱されたものではないことに留意すべきである。このため、我が国の道路空間に対してユニバーサルデザインの考え方を導入するに際しても、根本では、差別を生じさせないことや誰もが不自由な思いをしなくて済むことを考慮すべきであり、そのうえで、技術的手法としてユニバーサルデザインの基本概念と7原則を参考にすることで対応するのか、それ以外の代替案（周囲の人々の手助けを含むソフト的対策など）を採用するのかを考慮すべきと考える。対策実施に際して、「ユニバーサルデザインの基本概念等に従い、単に技術的要件を満たせばよい」と安易に解釈することは避けるべきと考える。

2．ユニバーサルデザインに基づく、道路空間での留意点

ユニバーサルデザインは、もともと建築物や製品を対象として発想された考え方であり、この対象内では、利用者の年齢や性別、障害の程度などを踏まえた対応が提案される。これに対して道路空間は、利用者の中でさらに歩行者、自転車利用者、自動車利用者などの多様さがあり、表-2のように、これ以外にも様々な特徴が存在する。特に、同一空間内で様々な利用が同時に発生する点（利用の混在性）で、建築物や製品に比べ道路空間は独特である。道路空間に対してユニバーサルデザインの観点を考慮する際には、このような道路の特徴に留意すべきである。

1．では、ユニバーサルデザインは「差別を生じさせないこと」、「誰もが不自由な思いをしなくて済むこと」という観点を根底に持つもので、技術的対応に加えて、利用者側での対応も考慮すべきことを述べた。表-2の特徴とこの点とを合わせて考えれば、ユニバーサルデザインの観点を備えた道路空間の実現要件は、表-3のように整理できる。例えば、歩行者空間においては、「安全性・快適性・使い勝手」の観点から、段差

表-2　道路空間の利用に関わる特徴

項目	内容
利用者の多様性	年齢、性別、障害の有無・程度など 歩行者、自転車利用者、自動車利用者など
利用の随意性	通行、滞留、遊びなど、種々の利用目的
利用の随時性	昼・夜、天候（晴、雨、雪、風など）、気候（暑い、寒い、蒸すなど）
利用の混在性	同一空間内で、様々な利用が同時に発生

表-3　ユニバーサルデザインの実現要件

<table>
<tr><th colspan="3"></th><th>内容</th></tr>
<tr><td rowspan="4">空間側の対応</td><td rowspan="3">一断面での対応</td><td>安全性</td><td>移動が安全であること</td></tr>
<tr><td>快適性</td><td>移動が快適であること</td></tr>
<tr><td>使い勝手</td><td>使い勝手の悪い場所が生じないこと</td></tr>
<tr><td colspan="2">連続性・継続性</td><td>空間が連続的であること
継続的な機能維持がなされること</td></tr>
<tr><td colspan="3">利用者側の対応</td><td>空間の制約の中で、利用者が相互に配慮しながら適切に利用すること</td></tr>
</table>

の解消等バリアフリーの諸対策が考えられる。またこれらは空間的に連続で、かつ一定の機能が継続的に確保されるべきである。そのためには、利用者が相互に配慮しながら適切な道路利用を図るなど、「利用者側の対応」も必要となってくる。利用者側の対応としては、高齢者や障害者、それ以外の歩行者が同時に空間を利用する際に、すれ違いや追越しに制約を感じたり、他人の追越しに危険感等を感じたりすることがないように、利用者側で配慮することなどがあたると考える。

［研究成果］

13年度の調査研究より、次の各点を得た。

① ユニバーサルデザインの基本概念と7原則に加え、それが提唱された背景を把握した。その結果、「差別を生じさせない」ことを理念として、ソフト・ハードの対策を展開すべきと考察した。

② 道路空間でのユニバーサルデザイン実現要件について考察し、安全性・快適性・連続性等を道路空間側で実現するとともに、他人に配慮するなど利用者側での対応も必要であることを述べた。

［成果の活用］

歩行者空間のバリアフリー化は、「問題点の解消」を目指したものでしかない。歩行者空間には、問題点の解消に加え、質的充実や歩行者交通量により空間構造を決定することが必要で、今後は、本研究成果を歩行者空間計画マニュアルとしてとりまとめていく。

交通事故データに基づく安全施設等整備に関する調査

Research on Road Safety Countermeasures based on Traffic Accident Data

（研究期間：平成4年度～）

道路研究部道路空間高度化研究室 室長 森望
Road Department, Advanced Road Design and Safety Division Head Nozomu Mori
研究官 鹿野島 秀行
Researcher Hideyuki Kanoshima

On fiscal 2001 we produced "Hiyari Map" as the way of abstraction of dangerous spots and surveyed the characteristics of spacial distribution. As a consequence of analysis, we realize that it is not little that some of dangerous spots are influenced by road structures.

[研究目的及び経緯]

従来の交通安全対策は事故の多く発生しているところを中心に行われてきた。ところで，我が国では走行台キロ当たりの事故件数は横ばい傾向にあるが，事故件数自体は増加の一途にある。抜本的に事故を減らすためには，走行台キロ当たりの事故件数を大幅に減らすような，従来の方法にとらわれない新しい交通安全対策が求められていると言える。

その解決策の一つとして，実際に事故は発生していないが，潜在的に危険な箇所を把握し，事故が発生する前に対策を実施するというアプローチが考えられる。その一つの方法として，近年高齢者に対する交通安全教育の分野で注目されている「ヒヤリ地図」[1)]の活用が考えられる。ヒヤリ地図とは交通事故直前の「ヒヤリ」，「ハッ」とした経験を歩行者や自動車利用者等の道路利用者に指摘してもらい，それらを地図上に示すものである[2)]。

平成13年度はヒヤリ地図を作成し，ヒヤリ体験の発生要因の特徴についてマクロ的観点，事例的観点から整理した。

[研究内容，研究成果]

1．つくば市の概況

茨城県つくば市は，人口約17万人，面積約260km^2，人口密度約650人/km^2（いずれも平成13年10月現在）である。市域は南北に25.4km，東西に14.9kmと南北に長い形状であり，道路延長は平成10年時点で3,194kmとなっている。鉄道駅がないこと，研究学園都市として整然とした道路網が整備されたことから，自動車社会が浸透している。今回の被験者もほとんどが自動車を常用している。

2．ヒヤリ地図の作成

道路を利用しているときに交通事故になりそうで「ヒヤリ！」や「ハッ！」とした経験や，危険に感じている場所について，『いつ頃，どこで，どのようなヒヤリ体験をしたのか』，あるいは『どこでどのような状況になる可能性があり，どのように注意しているのか』をアンケート方式により調査した。調査対象はつくば市内とし，つくば市役所職員にアンケート票を配布した。これらを回収しつくば市内の地図に地点をプロットし，ヒヤリ体験の内容も書き加えて，ヒヤリ地図を作成した。なお，ヒヤリとした体験とは別に，常に危険を感じている箇所もとらえるため，以下の通り分類し，回答の際に選択してもらった。

ヒヤリ体験：『交通事故には至らないものの，一歩間違えれば交通事故になる可能性が高かった体験』

危険認識：『実際にヒヤリ体験したわけではないが，危険が感じられたり，そのために注意している状況』

なお，以後これらをまとめて「ヒヤリ体験等」と称する。

今回の調査では回答者数123名，ヒヤリ体験等指摘箇所数178箇所，同延べ箇所数250箇所が得られた。上述

のつくば市の概況を反映して，自動車乗車中のヒヤリ体験等が多いことが特徴的であった。

3．ヒヤリ体験等指摘箇所の特徴の把握

(1)マクロ的な整理

各々のヒヤリ体験等をしないためには何を改善すればよいのかをアンケート内で問うた結果，道路に関するものが最も多かった(表－1)。またアンケートのフリーワード欄に書かれた記述からヒヤリ体験等の背後にある要因を整理した(表－2)。これらの結果はヒヤリ体験等が道路と関係していることを裏付ける結果と考えられる。

表－1 指摘されたヒヤリ事象に対する解決策

設問	①自分	②相手	③道路	④規制	⑤その他	無回答	回答数
調査数	110	79	**124**	50	21	20	404
(%)	44.0%	31.6%	**49.6%**	20.0%	8.4%	8.0%	161.6%

(2)複数名指摘箇所の事例

複数名がヒヤリ等を指摘した箇所は，それだけその危険が一般的なものと考えられる。ここではそのうち4名の被験者が指摘した交差点(図－1)について示す。内容はいずれも朝の通学時間帯に多数の自転車が通行，あるいは交差点の信号待ちで滞留する点に起因するヒヤリ体験等に集中している。

ところで，別途平成8年から10年までの事故データベースを調査したところ，この交差点では2件の出会い頭事故が発生しているものの，先に示されたヒヤリ体験等の内容に相当する事故，すなわち自転車が自動車と並走中に発生した事故は存在しなかった。つまりこの交差点は，自転車が自動車と並走中に発生する可能性が高いものの，たまたま発生していない区間，すなわち潜在的危険区間と考えることができる。

図－1 事例交差点の概況

4．まとめ

まだ分析が不十分であるが，現時点でヒヤリ地図を交通安全対策に活用する上での要点をまとめると次の通りとなる。すなわち，現在，一般道路上の交通事故発生地点を正確に把握できる唯一のデータベースである交通事故統合データベースは，データベース化されるまでに多くの時間を要しており，かつ対象も幹線道路に限られている。したがって，

- 市町村道以下の道路における交通安全対策候補箇所を抽出する手段
- 幹線道路における交通安全対策箇所を迅速に抽出する手段
- 幹線道路における潜在的危険箇所を抽出する手段

として，データベースの弱点をヒヤリ地図でカバーすることができよう。

表－2 要因の分類

要因	指摘数
その他視認性の妨害	31
カーブによる視認性の妨害	22
ドライバーの交通安全意識の欠如	20
狭幅員	20
ドライバーの安全不確認	19
樹木による視認性の妨害	14
ドライバーの認識不足	11
交通量の多い無信号交差点	11
直進･右折併用車線	10
変形交差点	10
コメント無し	9
交差点と交差点の近接	8
無理な車線運用	8
狭幅員歩道	6
カーブと勾配による視認性の妨害	5
わかりにくさ	5
自転車の交通安全意識の欠如	5
交通量の多い道路	4
勾配区間と交差点の近接	4
信号現示の改善	4
夜間における暗さ	4
短い付加車線長	3
道路施設による視認性の妨害	3
路面管理	3
その他	2
急カーブ	2
カーブと交差点の近接	1
カーブと出入り口の近接	1
極小交差点	1
交差点と出入り口の近接	1
歩行者の交通安全意識の欠如	1
合計	248

太字は道路交通環境要因

[成果の発表]

- 鹿野島秀行，森望:「バイパス整備による都市圏域の交通事故状況の変化に関する考察 －ネットワークとリンクの各側面に着目して－」，土木技術資料 Vol.43, No.6, p.p.30-35, 2001/06
- Hideyuki KANOSHIMA : " Analysis of the Effect of Traffic Safety Countermeasures onTraffic Accident Black Spots", 9th World Conference On Transport Research, 2001/07

【参考文献】

1) 財団法人国際交通安全学会:『ヒヤリ地図をつくろう ～シルバーによるシルバーのための交通安全～』，1998年3月

2) 若月健:『ヒヤリ地図』，土木技術資料，第43巻第10号，p16，2001年10月

道路利用者の多様化に対応した交通安全施設の高度化
Research on Roadside Facilities for Diverse Road Users

（研究期間：平成１３～平１５年度）

道路研究部道路空間高度化研究室
Road Department, Advanced Road Design and Safety Division

室長　森　望
Head　Nozomu Mori
主任研究官　安藤　和彦
Senior Researcher　Kazuhiko Ando
交流研究員　林　堅太郎
Associated Researcher　Kentaro Hayashi

This research aims at to establish design methods of roadside facilities that diverse road users including elderly drivers and handicapped people are easy to use. As a first step, we cleared visibility of diverse road users, elderly drivers and handicapped people, and grasped the relation between visibility of traffic signs/traffic lighting and visual characteristics of those users.

［研究目的及び経緯］

道路に設置されている案内標識、道路照明、区画線などの交通安全施設は、これまで特に高齢者や身体障害者等を想定した設計がなされていない。しかし、今後高齢運転者や身体障害者の道路利用の機会が増えるものと予想され、これら多様な道路利用者の身体能力に配慮した交通安全施設が必要になってくる。

本研究は、高齢者や身体障害者の特性、交通安全施設の利用傾向を把握するとともに、現在の交通安全施設の問題点を整理し、多様な道路利用者にとって使いやすい施設の設計方法の考え方を確立するものである。

本年度は研究の初年度として、高齢者や身体障害者の視覚特性等を整理した。また、案内標識、歩道照明施設とこれら道路利用者との関係について調査した。

［研究内容］

１．道路標識の設置基準と高齢者特性に関する検討

高齢運転者は、身体機能が非高齢者に比べて急激に低下するといわれている。そこで、高齢運転者の特性把握として、現状における高齢運転者の運転頻度や目的等の運転状況、案内標識の利用状況等について、既往の知見を整理した。さらに、道路標識設置基準[1)]（以下設置基準と略す。）に示されている案内標識の設計方法に組み入れられている運転者特性因子との関連性に着目し、高齢者の心身特性を踏まえた標識設計の妥当性を検討するとともに、設置基準に高齢者特性を考慮した設計方法を導入する場合の課題を整理した。

１．１　高齢運転者の運転状況

道路交通センサス等による道路利用の年齢別構成割合等を参考に、高齢運転者の運転状況を整理した結果、以下のことが判明した。

①高齢者は日常外出する機会が多く、その４割が自家用車を利用している。

②運転目的は、家事買い物、社交娯楽、観光行楽等が多い。

③観光行楽目的でのトリップ長は、非高齢者に比べて短い。

④夜間の利用は少ない。

従って、観光行楽等で未知の道路を利用する可能性は高く、高齢者が利用しやすい案内標識の設置は重要な課題といえる。ただし、高齢者が夜間に視認しやすい標識として、照明付き標識を設置していく必要があるかについては、さらに検討が必要であるといえる。

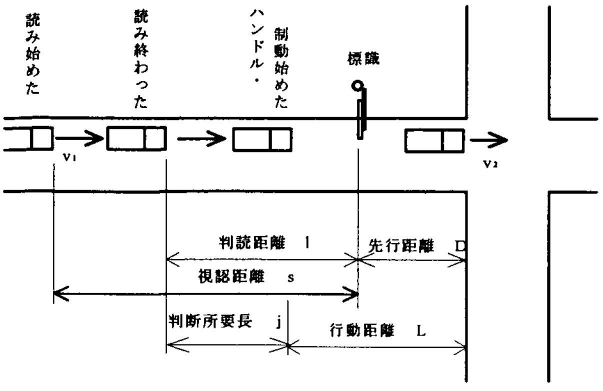
１．２　標識設計における高齢者因子

設置基準によれば、案内標識の文字の大きさ・複雑さ、走行速度、車線数などに応じて交差点から標識までの距離は、（１）式により算出することになっている。なお、標識との位置関係を図－１に示す。

$$L=l+D\text{-}j \geqq (n-1)\cdot L+1/(2\cdot\alpha)\cdot(v_1^2-v_2^2) \quad \cdots(1)$$

ここで、l：判読距離（m）

D：先行距離(m)



図－1　標識設計に用いる因子

j：判断所要長＝$t \cdot v_1$、　t：判断時間(s)
n：車線数
L：車線変更距離(m)
α ：減速度（m/s^2）
v_1：接近速度（m/s）
v_2：最終速度（m/s）

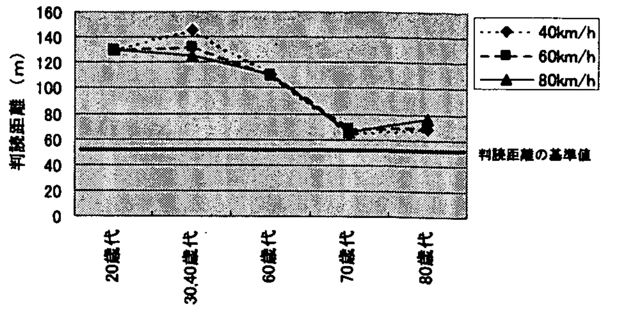
設置位置の設計に用いるこれらの因子の内、運転者の心身特性としては、判断時間、車線変更距離、減速度などが関与し、以下の数値が定められている。

判断時間　　$t = 2.0 \sim 2.5$ 秒
車線変更距離 $L = 120m$
減速度　　　$\alpha = 0.75 \sim 1.5m/s^2$

高齢者の諸特性を調査研究した既往の知見によれば、上記のうち判断時間は、高齢者は非高齢者より 0.2 秒程度長くなるが、全体として 2 秒を下回る[2]こと、また車線変更距離は、高齢者が車線変更を行う時間は 2 秒程度で可能であり、距離に換算すると時速 60km の場合約 35 mで変更できる[3]こと、減速度では、通常の減速を体感する汽車や高速エレベータの場合、1 ～ 2 m/s^2 程度である[4]こと等、基準に示されている運転者因子に関する諸数値は、高齢者にとって特に不適と判断されるものではないことが判明した。

1．3 視認性実験からみた検証

建設省土木研究所（現国土交通省国土技術政策総合研究所）によって、高齢運転者、非高齢運転者を比較した標識視認性実験[5]が行われており、その結果を基準に当てはめ現行設計方法の妥当性を検証した。その結果は図－2に示すとおりであり、判読距離は 70 歳代以上になると急激に低下していることがわかる。ただし判読距離を年齢層別の平均値でみると、いずれの年齢でも基準値を 20 m程度以上上回っている。また



図－2　判読距離の実測値と基準値との関係（平均）

被験者数では、被験者全体としては約 9 割が、70 歳以上でも 8 割以上が基準値を上回る結果となった。従って、現行基準は高齢者に対しても満足できる水準になっているといえる。

2．歩行者用照明に関する検討

近年の交通事故特徴のひとつとして、夜間における高齢歩行者の死亡事故件数が増加傾向にある。また、高齢者や身体障害者等が自立した日常生活や社会生活を営むことができる環境を整備することを目的に通称「交通バリアフリー法」が制定され、多様な道路利用者を考慮した歩道等の整備が求められている。しかし、現在のところこれら多様な道路利用者を想定した歩行者用照明の明るさや設置方法等は明確でなく、適切な歩行者用照明の設置の考え方を確立することが緊急の課題となっている。

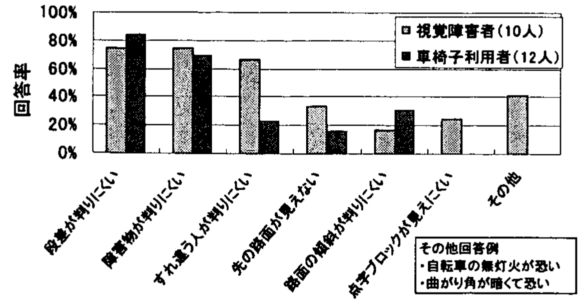
これらを踏まえて、視覚特性や視認位置が健常者とは異なる視覚障害者及び車椅子利用者に対して、夜間時における歩行特性および歩道照明の効果を把握するためヒヤリング調査を行った。さらに、車椅子利用者については、安全・安心に通行できる歩道路面の明るさ（歩道路面照度）を見出すことを目的に視認性実験を行った。

2．1 身障者等の夜間における歩行特性調査

視覚障害者 10 名、車椅子を利用している肢体不自由者 12 名を対象として、日常生活上で夜間に歩道を通行する際の問題点などについてアンケート調査（図－3、4）を行うとともに、その分野の学識経験者 3 名を訪問し、歩行者用照明に関してヒヤリング調査し整理した。

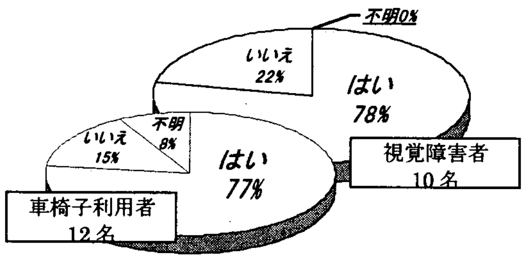
調査結果から、身障者等を考慮した歩行者用照明の要件として以下のことを把握した。

① 視覚障害者は、夜間において、灯具自体の発光部分を視線誘導として利用しながら歩行しており、歩道照明は、連続して等間隔に設置することが望



明かりのない歩道ではどの様な点が不便か？

図－３ アンケート結果（その１）



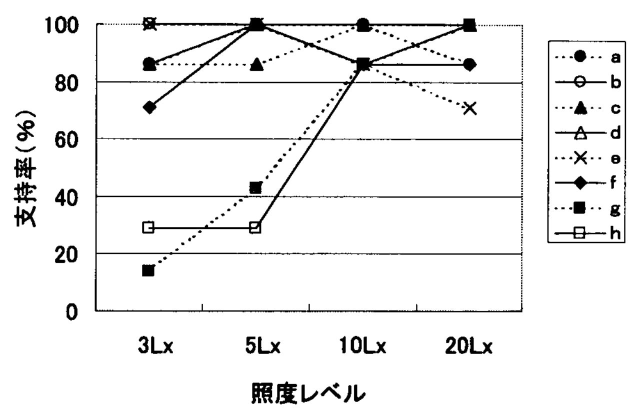
暗い歩道を通行中に他人に認識されず不安を感じるか？

図－４ アンケート結果（その２）

写真－１ 実験風景

表－１　評価項目

a	歩道路面が見えて歩きやすい
b	障害物が認識できる
c	すれ違う歩行者に危険を感じない
d	すれ違う自転車に危険を感じない
e	歩道照明が眩しくない
f	路面に明るさのムラがない
g	すれ違う歩行者の顔が見える
h	すれ違う自転車の顔が見える



図－５ 視認性評価実験結果

ましい。

② 視覚障害者及び車椅子利用者は、段差等につまずいたりすることが多いため、段差等が予め判っている場所には、別途局所的に照明を設置することが望ましい。

③ 歩行者は通常路面を見て通行しており、その視線と照明器具発光部とのなす角度が小さいとグレアを感じやすいため、低位置に照明器具を設置する場合は注意が必要である。

④ 視覚障害者は、照明によってできる影を障害物と誤認する恐れがあることから、歩道路面の明るさにムラのない照明を行う必要がある。

２．２ 視認性評価実験

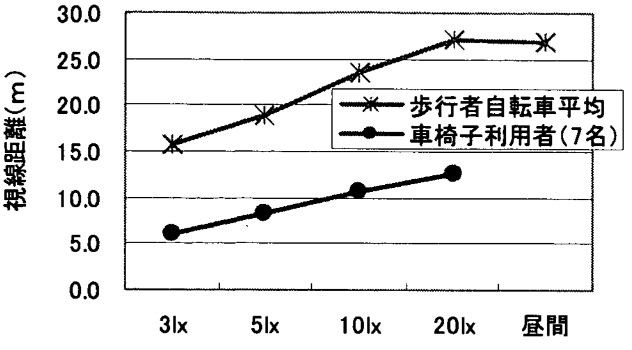
試験走路に仮設した歩道（写真－１）を、JIS Z 9111 道路照明基準 [6]「歩行者に対する歩道照明の基準」に規定されてある照度値（３、５、10、20Lx）に設定した。被験者は７名とし、いずれも実際に肢体不自由者で車椅子を利用している者である。

被験者は各照度に設定された仮設歩道を通過後、表－１に示す項目の評価を行った。また、同時に何ｍ先を見て通行しているか（以下、視線距離という）を回答させた。

図－５に、視認性評価結果を示す。ここで支持率とは、通行のしやすさについて肯定的な回答をした被験者（例えば、路面が見えて歩きやすかった、障害物が認識できたと回答した人）の割合を示している。

図によれば、3Lx、5Lx の低い照度レベルは「すれ違う歩行者・自転車の顔が見える（図－５のｇ、ｈ）」とする評価の支持率が過半数を下回っている。その他の評価項目においては概ね高い支持率を得ている。

次に、照度レベルと視線距離の関係についてみたものを、図－６に示す。



図－6 視線距離と照度レベルの関係

車椅子利用者の視線距離は、照度レベルが高くなるに従って延びており、その距離は5～ 15 mの範囲であった。また、歩行者等の視線距離[7]と比べて車椅子利用者の視線距離は短く、その差は約 10 ～ 15 m程度となっている。

図－5、6からみて、車椅子利用者は照度が低下し路面の明るさが不足すると、足下をよく見ようとする（視線距離が短くなる）傾向が強くなり、このため対向する歩行者や自転車利用者の視認性が低下するという、関連した一連の視認特性が生じるものと考えられる。従って、車椅子利用者が安全に通行するために、比較的広範に見渡しながら移動するためには、10Lx 程度以上が必要であると考えられる。

［研究成果］

1．案内標識

本研究により、現行の設計基準が高齢者に対して満足できる水準であることが判明した。ただし今回の研究から、高齢者が非高齢者に比べ視認能力が低下する傾向にあることは明らかであり、特に高齢者の利用が多い道路などでは、文字の大きさを通常より大きくするなどの配慮も検討する必要があると考えられる。

また設計基準に示されている判断時間や減速度の数値は範囲として示されているので、範囲内の上限の値を設計に用いるなどの対応も検討すべきである。

2．歩行者用照明

本研究により、多様な道路利用者が夜間において、安全・安心に通行するための歩道照明に必要な基礎的要件が把握できた。

中でもヒアリング調査より、路面にムラのない照明をする必要があること、また、視覚障害者は歩道照明施設の発光部を視線誘導として利用しているなど、照明施設の設置方法においても配慮が必要であることが指摘された。また視認性評価実験からは、車椅子利用者においては、路面の明るさに高い照度レベルを要することがわかった。

［成果の発表］

研究の初年度であり、特に発表は行っていない。

［成果の活用］

本研究成果のうち案内標識関するものは、道路標識設置基準改訂に資する予定である。また、歩行者照明については、道路の移動円滑化整備ガイドラインに取り入れられる予定であり、さらに道路照明設置施設基準改訂に資するものと考える。

（参考文献）

1)（社）日本道路協会、「道路標識設置基準・同解説」、1987.1
2) 例えば、David W. Neylor、「Intersection Design Decision/Reaction Time for Older Drivers」、75th Annual Meeting, TRB, 1996.1
3) 宇野・平松、「車線変更時の高齢ドライバの運転特性に関する調査結果」、自動車研究、（財）日本自動車研究所、1996.1
4) 近藤、「人間工学ハンドブック」、コロナ社、1972.4
5) 高宮他、「高齢ドライバーの標識地名判読距離に関する研究」、第 19 回研究発表会論文報告集、（社）交通工学研究会、1999.
6) JIS Z 9111「道路照明基準」、日本規格協会、1988.3
7)「平成 12 年度歩行者用照明の必要照度に関する検討業務報告書」、国土交通省土木研究所、2000.3

総合技術政策研究センター建設システム課
Research Center for Land and Construction Management
Construction System Development Division

設計の標準化及び自動化に関する検討調査
Research of Standardization and Automatization of a Design

（研究期間：平成７年度～）

課　　長　溝口　宏樹
Chief　Hiroki Mizoguchi
技術基準係長　市村　靖光
Researcher　Yasumitsu Ichimura

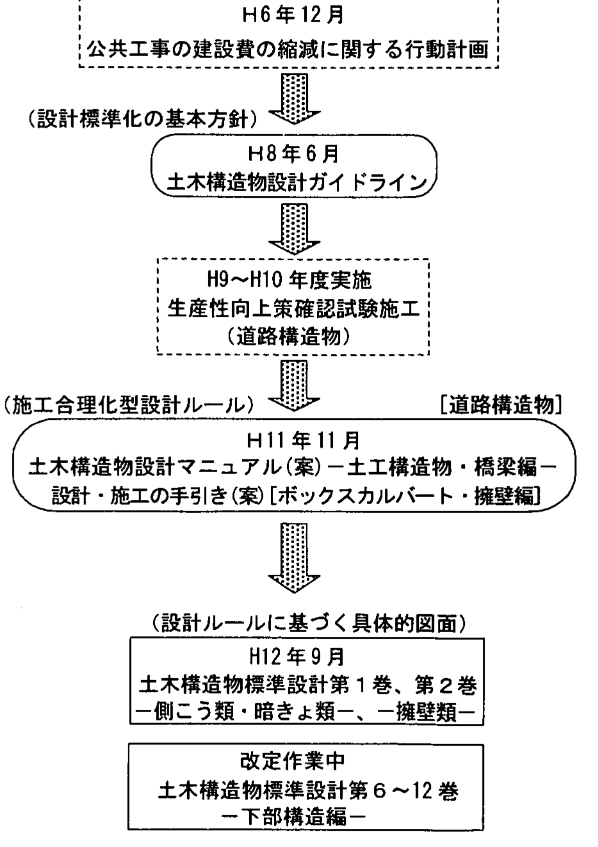
We recently reviewed the design standard, replacing the minimum material concept with the minimum labor concept. It was found that the simplification of structural shape, standardization of materials, and application of precast concrete result in total cost reduction, although more materials are required than before. The new design standard for civil engineering structures was proposed in terms of total cost reduction.

［研究目的及び経緯］

国土交通省では、平成６年度よりコスト縮減施策の一環として、労務費が材料費に比べて相対的に高くなった経済環境等を踏まえ、従前のコンクリートや鉄筋等の使用材料の最小化を重視する設計思想から、施工能率の向上を重視する設計思想への転換（「材料ミニマム」から「労働量ミニマム」）により、総合価格を最小にする設計方法について、検討を進めている。施工合理化に当たっては、構造物に要求される安全性、機能性および品質等を従前と同等以上に確保することを前提として、作業時における安全性の向上を図りつつ、少ない作業人員で、かつ熟練工でなくても施工が容易となるようにすることが求められる。このための具体的な方策として、以下に示す３項目を設定した。

①構造物の形状を極力単純化すること
②使用材料および主要部材の標準化・規格化を促進すること
③構造物のプレキャスト化を促進すること

ここで、構造物形状の単純化等により材料費は多少増加する傾向にあるが、現場作業の省人化により労務費をそれ以上に減らせば、トータルで工事費を低減できると考えた。これらの基本方策は、「土木構造物設計ガイドライン」に明示している。平成 11 年には、ガイドラインおよび上位基準（道路橋示方書、道路土工指針等）に従った土工構造物、橋梁構造物に関する具体的な施工合理化方策を取りまとめた「土木構造物設計マニュアル（案）－土工構造物・橋梁編－」を策定した。本調査は、上記施策の一環として、国土交通省制定の土木構造物標準設計の作成に関する技術的検討を行うものである（図－１参照）。平成 13 年度は、コスト縮減型の橋梁下部工標準設計について、標準図面を描画するために必要な設計標準化データの作成等を行った。



図－１　設計標準化フロー

［研究内容］

1．集録範囲、設計条件の確定

設計実績、道路橋示方書等に準拠し、表－1に示す集録範囲、設計条件の改訂案を作成した。

2．設計標準化データの作成

一件設計であれば、荷重条件や地盤条件に応じて最適な形状を設定することが可能であるが、標準設計では設計条件と設計成果の標準化が必要となる。このため、①基礎底面地盤の許容鉛直支持力の照査方法、②設計計算結果に対する橋軸直角方向（奥行き幅）の影響、③設計水平震度の算出方法、④逆T式橋台の前フーチング長の標準化、⑤重力式橋台の前面こう配の標準化、⑥踏掛版の標準化等の検討を行った。これらの結果に基づき、表－1に示した集録範囲について、コスト縮減効果が損なわれないように配慮し、標準図面を描画するための設計標準化データ（形状寸法、配筋情報等）を作成した。

(1)基礎底面地盤の許容鉛直支持力の照査

支持地盤が岩盤以外の普通地盤における直接基礎では、荷重の偏心傾斜等を考慮した許容鉛直支持力に対する照査が必要となる。その際、極限鉛直支持力を求めるには基礎地盤に関する様々な条件が必要となり、標準設計の検索条件とした場合には、膨大な組み合わせとなる。したがって、ユーザーが現場条件に応じた地盤定数を用いて許容鉛直支持力を算出するものとし、それを満足するフーチング幅を抽出する方法とした。

(2)逆T式橋台の前フーチング長の標準化

逆T式橋台における前フーチング長と安定性の関係は、一般に以下の通りとなる。

①転倒に対しては、同じフーチング幅であれば、前フーチングが長い方が有利となる。

②滑動に対しては、同じフーチング幅であれば、前フーチングが短い方が有利となる。

③地盤反力度および鉛直支持力に対しては、転倒と同様

一件設計であれば、荷重条件や地盤条件に応じて上記のバランスを見ながら、最適な前フーチング長を設定することが可能である。しかしながら、標準設計では支持地盤条件は特定できないため、最適に近い前フーチング長を橋台高さ毎に数種類づつ標準化することとした。標準化に当たっては、以下の点に留意した。

①前フーチングが橋台高さに対して極端に短い場合（両者の比が 0.1 未満）や、極端に長い場合（0.3 以上）は、形状のバランスを考慮して除外した。

②逆T式橋台は、抗土圧構造物であるので、常に偏心荷重を受けており、極力偏心量を小さく抑える方がバランスの良い構造系となる。このため、死荷重時の地盤反力度の比（q_{min}/q_{max}）が 0.5 未満の場合は極力除外した。

以上の結果、前フーチング長は、0.5～2.5m（0.5m ピッチ）に標準化した。

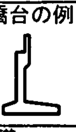
［研究成果］

本調査でとりまとめた成果に基づき、橋梁下部工標準設計を策定する。

［成果の活用］

橋梁下部工標準設計が、地方整備局ならびに地方自治体における設計業務に活用されることにより、設計コストおよび工事コストの縮減が図られる。また、設計照査や概算コスト算出にも利用することができ、これらの作業効率の向上に寄与する。

表－1　標準設計の集録範囲、設計条件

項目	現行	改訂	主な改訂理由
形式	(1)橋台 ①重力式橋台 ②逆T式橋台 (2)橋脚 ①張出し式橋脚 ②壁式橋脚	(1)橋台 ①重力式橋台 ②逆T式橋台 (2)橋脚 削除	・設計実績（国、都道府県の約4000件のデータに基づく） ・道示改訂 多径間連続構造では、橋全体系の耐震設計が原則となっており、橋脚に係わる設計条件が複雑となり、設計の標準化が困難であ このため、改訂標準設計では、橋脚は適用外とした。
形状	逆T式橋台の例 	逆T式橋台の例 	・設計マニュアルに準拠 構造物形状の単純化を図る。逆T式橋台の例では、たて壁の形状は変化させない、フーチング上面のテーパーは設けないことにより、型枠工の施工性が向上する。
基礎形式	直接基礎	直接基礎	・設計実績（直接基礎51%、杭基礎44%）
橋台高	重力式：H=3～6m 逆T式：H=5～12m	重力式：H=3～6m 逆T式：H=5～12m	・設計実績 重力式の集録範囲で設計実績の97%をカバー、逆T式では89%
設計水平震度	k_h＝0.14～0.20	k_h＝0.11～0.25	・道示改訂 標準設計で対象としている直接基礎で想定される支持地盤の条件は、Ⅰ種あるいはⅡ種地盤と考えられ、道路橋示方書Ⅴ編に示される設計水平震度の範囲とした。
裏込め土の土質定数	土の単位体積重量 γ＝20kN/m^3 土のせん断抵抗角 ϕ＝30°	土の単位体積重量 γ＝19kN/m^3 土のせん断抵抗角 ϕ＝30°	・設計実績 設計実績の7割近くが、19kN/m^3、ϕ＝30° の組み合わせを使用 ・道示改訂

総合技術政策研究センター建設システム課

Research Center for Land and Construction Management
Construction System Development Division

積算改善検討

Research on advanced cost estimation system

（研究期間：平成４～）

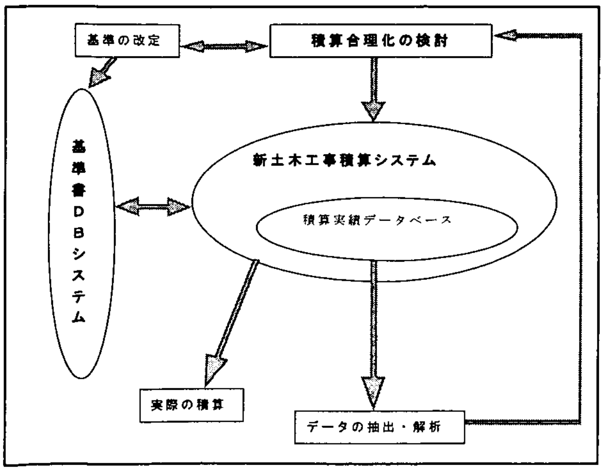
課　　　長	溝口　宏樹
Head	Hiroki Mizoguchi
課 長 補 佐	森　　康治
Head assistance	Kouzi Mori
積算技術係長	深沢　浩明
Researcher	Hiroaki Hukasawa

This study is a thing to improve a calculation method for the cost of conventional public works on the basis of past results data. There is it for the purpose of promoting efficiency of a calculation method for the cost by examining it furthermore.

［研究目的及び経緯］

建設事業を取り巻く環境は急激に変化しており、これに対する建設行政施策の迅速な対応が重要な課題となっている。今後、社会資本整備の増大が見込まれる中、建設事業の工事関連業務の効率化、合理化を図る必要があり、新土木工事積算体系の構築と普及を実施してきた。今後は積算体系の整備・改善、保守作業並びに、これらの業務の有機的な連携を図るとともに、電子媒体による情報の共有化および業務のシステム化を図ることが求められている。

本課題は、工事の予定金額を算出するにあたり、従前までの精緻で緻密な積算手法を改善することにより、積算担当者の負担を軽減し、より合理的な積算手法を求めることを目的として行ったものである。



図－１　積算改善検討フロー

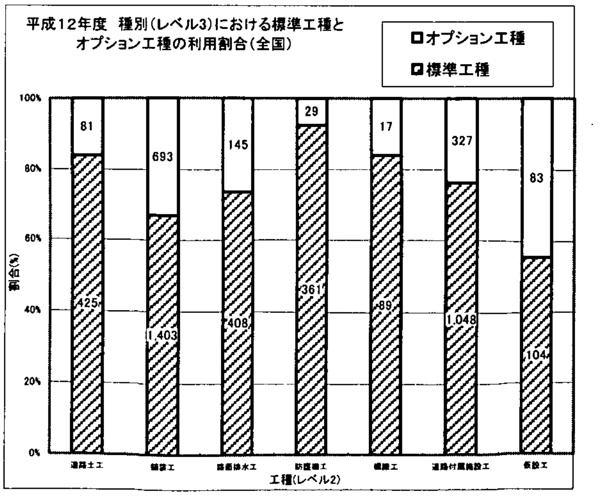
［研究内容］

平成１３年度は、積算実績データベースシステムの登録を容易に行えるようシステム改良するとともに、データベース化された平成１２年度の積算実績データを用いて、「オプション使用頻度の高い工種について要因分析」「利用頻度の少ない工種・ＳＴ・機・労・材の合理化検討」「金額データから工事における微少工種の率化検討」を行った。

各検討項目について、《舗装》における検討結果を以下に示す。

①オプション使用頻度の高い工種についての要因分析

図－２のグラフから仮設工が最もオプション工種の利用頻度が高く約４５％を占めており、次いで舗装工が３３％と利用頻度が高いことが把握できる。従って、表－１に示す舗装工のオプション工種内訳を用いて要因分析を行う。



図－２　標準工種とオプション工種の利用割合

表－１　舗装工のオプション工種内訳

レベル1	レベル2
舗装(標準)	舗装工(標準)

レベル3(標準工種体系)	頻度	レベル3(オプション)	頻度
舗装準備工(標準)		アスファルト舗装工（歩	5
橋面防水工(標準)		アスファルト舗装工.	3
アスファルト舗装工（標準)		アスファルト舗装工（歩	3
排水性舗装工(標準)	1403	アスファルト舗装工	3
グースアスファルト舗装工(標準)		アスファルト舗装補修工	1
コンクリート舗装工(標準)		アスファルト舗装復旧	1
ブロック舗装工(標準)		アスファルト舗装工（路	1
		アスファルト舗装工(歩	1
		アスファルト舗装工(乗	1
		アスファルト舗装工（乗	1
		アスファルト舗装工(車	1
		アスファルト舗装工（車	1
		アスファルト舗装工（国	1
		アスファルト舗装工（橋	1
		アスファルト舗装工（車	1
		アスファルト舗装工	1
		アスファルト舗装	1
		～	～
		車道舗装工	9
		車道舗装(B)	9
		車道舗装工.	7
		車道舗装	4
		車道舗装工（現道	3
		車道舗装(D)	3
		車道舗装工.	2
		車道舗装(C)	2
		車道舗装工(B)	1
		車道舗装工(A)	1
		車道舗装工（橋梁	1
		～	～
		歩道舗装工	22
		歩道舗装	6
		歩道舗装工（乗入	5
		歩道舗装(2)	3
		歩道舗装工.	1
		歩道舗装工（端部	1
		歩道舗装工(県道)	1
		歩道舗装-2	1
		歩道舗装-1	1
		歩道舗装(切下げ	1
		歩道舗装（乗入B)	1
		歩道舗装（乗入A)	1
		～	～
		オプション計	693

表－１より例えば「アスファルト舗装工」という標準のレベル３名称があるが、舗装個所（車道・歩道・橋面・仮設道路等）は多岐にわたっており、オプション名称を見る限り、積算担当者自身が設計書を分かり易くするために標準の名称をアレンジしているケースが多いと考えられる。今後、これらについて標準体系化を行うかどうか、レベル４の内訳や規格を把握し検討する必要があると考える。

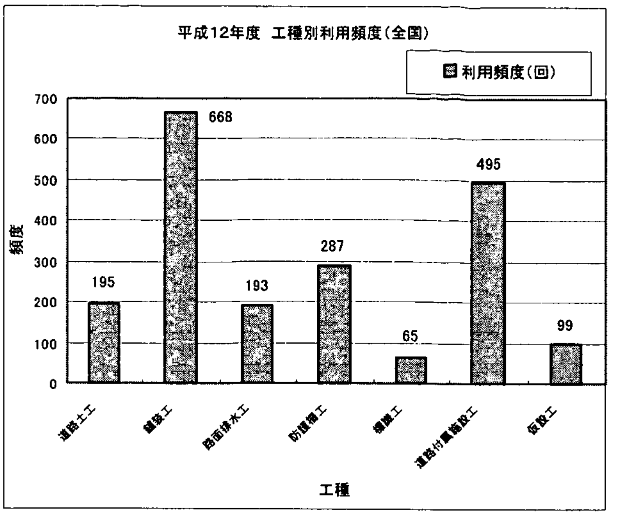
②利用頻度の低い工種の合理化検討

図－３から、工種の利用頻度が低いものは標識工であった。

ただし、平成１２年度の全国データでの利用頻度は６５回であり、十分利用されていると考えられるため、削除する必要はないと考えられる。

③金額データから工事における微少工種の率化検討

レベル３（種別）配下のレベル４（細別）の構成と金額及び利用頻度を見ると、「舗装準備工」及び「踏掛版工」での頻度が多いことから、この種別について微少工種検討を行う。



図－３　工種別利用頻度

「舗装準備工」と「踏掛版工」それぞれについて、シェア分析を行った結果を表－２，表－３に示す。なお、シェアが５％未満を微少工種と定義。

表－２　細別の金額シェア「舗装準備工」

種別	細別	頻度	金額(円)	シェア(%)	微小工種
舗装準備工	調整コンクリート	4	2,379,722	6.4	
舗装準備工	不陸整正	56	34,904,237	93.6	
	合計		37,283,959	100.0	

表－３　細別の金額シェア「踏掛版工」

種別	細別	頻度	金額(円)	シェア(%)	微小工種
踏掛版工	コンクリート	56	69,158,912	50.3	
踏掛版工	ラバーシュー	2	86,052	0.1	○
踏掛版工	型枠	58	8,154,079	5.9	
踏掛版工	鉄筋	109	57,773,598	42.0	
踏掛版工	目地材	36	2,247,819	1.6	○
	合計		137,420,460	100.0	

微少工種の率化では、コスト的に目的物を構成するどの部分が重要なウエイトを占めているか、どの部分が微少金額かという点、即ちレベル３（細別）内における個々のレベル４（細別）の金額シェアのモデルパターンを設定し、コストに影響の少ない部分について、積算の合理化・簡素化の検討を行うものである。

各表の結果から舗装準備工については、「調整コンクリート」「不陸整正」ともシェアが５％以上であるため、微少工種の定義から外れるものとなる。また踏掛版工については、「ラバーシュー」「目地材」ともシェアが５％未満であり率化が可能であると言えるが、特にラバーシューは頻度が低いことから稀な工種として、今後も利用頻度が少ないようであれば合理化の観点から削除することも考えられる。

［成果の活用］

これらの結果は、より合理的な積算方式への移行に向けた検討資料として活用されていると共に、積算基準書の年度改定時の基礎データとしても活用されており、積算の合理化が着実に図られてきていると考える。

総合技術政策研究センター建設マネジメント技術研究室
Research Center for Land and Construction Management

海外公共事業事例調査

Study for public works projects abroad

（研究期間　平成１３年度）
主任研究官　西野 仁
Senior Researcher　Hitoshi Nishino

A purpose of this study is to investigate an application of Comprehensive Evaluation Bidding Method in UK and USA. In the method, the bids are evaluated based on various factors other than cost. As a result, various factors are always evaluated subjectively in UK and USA.

[研究目的及び経緯]

日本の公共工事の入札は、基本的に価格のみの競争により落札者を決定する方式がとられてきた。しかし、公共工事において品質確保や民間の技術力を効果的に活用する事が求められるようになり、新たな入札・契約制度の導入が検討されるようになった。価格以外の要素と価格とを総合的に評価して落札者を決定する総合評価落札方式もその一つであり、国土交通省は、直轄工事において、総合評価落札方式を 1999 年に初めて試行した。それ以来、国土交通省は、実施の拡大に努めてきたが、時間短縮、補償費、騒音等の貨幣換算できる項目を評価する工事に限られている。今後さらなる実施の拡大が望まれている状況である。

本稿は、本入札方式を早い時期から導入している英国及び米国の実施状況を把握し、日本との相違点を明確化させた上で、日本での課題の抽出を試みたものである。なお、本稿では、価格以外の要素と価格とを総合的に評価して落札者を決定する入札方式を総称して、総合評価落札方式と呼ぶこととする。

[研究内容]

1．総合評価落札方式導入の背景

1.1 英国

1979 年に発足したサッチャー政権は「小さな政府」の方針の下公共事業についても民間活力の導入を推進し、その流れを受けて 1990 年に誕生したメジャー政権は、公共セクターに民間の資金や経営ノウハウを活用する手法として PFI を導入した。

一方、レイサム卿が 1994 年に発表した報告書の中で、建設業界が最低価格への指向が見られ結果的に当事者間の軋轢を生んでいること、近代的技術等の導入が遅れていること等を指摘し、応札において価格だけでなく品質も評価すべきと指摘した。

こうした状況を踏まえ、公共調達においては税金に対して最も価値のあるサービスを提供するという Value for Money （VFM）を達成することが重要とされ、ツーエンベロープ（二封筒）方式、デザインビルド（DB）、DBFO 等価格以外の要素と価格とを総合的に評価して落札者を決定する新しい入札方式が導入され普及が図られてきている。

1.2 米国

米国では、「荒廃するアメリカ」という衝撃的なレポートが発表された。「街路、下水道、地下鉄等、老年期がアメリカのそこかしこにやって来ている。」というもので、年間３千橋が通行不能になってきている、と警鐘を鳴らすものであった。

このレポートに対応して、ガソリン税が約倍に値上げされ、道路の性能、耐久性、安全

性を研究する戦略的道路研究計画（SHRP）が、1987年にスタートしたが、ほぼ同じ頃、入札・契約方式の改革についても取り組みを始めた。

この入札・契約方式の改革の視点は、競争入札による最低額落札方式は、建設された道路等の品質についていえば、必ずしも最良の方法ではない、との反省からである。1987年にTRB（Transportation Research Board）は、特別委員会を設置して、革新的な契約方式の調査に着手することになった。さらに、AASHTOと連邦道路局（FHWA）も連携して、品質を向上する契約方式の発展へ向けて取り組んでいるところである。現在、各州で４０種類もの新しい契約方式を試みており、その情報の集約と提供の役割をTRBが担っている。

これらの革新的契約方式の中で、A＋B入札方式、レーン・レンタル等の３つについては、既に実験段階を終了し、州政府は、連邦補助事業でこれらの契約方式を実施するのに、連邦道路局の承認を得る必要がなくなった。今後、各州で試行として実施中の数多くの新契約方式も、評価段階を経て体系化されてくるものと予想される。

2. 総合評価落札方式の概要

2.1 英国

① 英国政府建設調達指針

英国における入札プロセスについては、大蔵省（HM Treasury）が具体的な調達手法手続きに関するガイダンスである英国政府建設調達指針を発表している。指針No.3「コンサルタントと請負業者の選定方法」に、総合評価落札方式についての標準的な入札方法等が記載されている。

落札手法は、各入札の品質と価格の要素を別々に評価し、設定した品質／価格比を掛けることにより算出された総合評価点が最大の入札者が落札する方式であり、落札基準（総合評価項目）設定方法、それに対する重み付け方法等が紹介されているが、後に紹介する道路庁の事例（表－２～４）と同様である。

落札基準は、入札者が最適な投資効果を提供できるか否かの評価を行う基準であり、入札参加希望者の募集や公告の掲載に先立って設定されなければならず、公告およびその後の入札図書の中で通知されなくてはならないとしている。

品質と価格の比率については、事業の種類と段階毎に表－１のような比率の幅が示されている。

② 道路庁の例

道路庁において総合評価落札方式は、主としてDB契約において10年前から本格的に実施されてきている。事例に即して評価過程を紹介する。

工事名称：A2/M2－道路拡幅プロジェクト

工事概要：新規建設（車線拡幅、橋梁建設他）、補修工事等

工事区間：17km

契約：1999年11月

工期：2000年3月～2002年末

事業費：1億2500万ポンド

工事の特色：

・ 大きな交通量を維持しながらの拡幅工事
・ 道路沿いに大きな住宅街があり、幾つかの規制
・ ユーロスター高速路線が平行

入札案内書の「入札評価の評価基準と提出物」に評価基準（技術（品質）と価格の重み付け、技術（品質）の評価項目、項目別の点数配分、入札失格の最低点）の説明がある。

表－１　品質／価格比率

事業の種類	品質／価格の指標比率	
	対コンサルタント	対請負業者
フィジビリティスタディ	80/20～90/10	該当指標なし
革新的な事業	70/30～85/15	20/80～40/60
複合事業	60/40～80/20	15/85～35/65
簡単な事業	30/70～60/40	10/90～25/75
再事業	10/90～30/70	5/95～10/90

表－２　品質評価基準

ランク	評価基準	得点
A	最高水準	10
B	Aランクよりも若干劣る水準	9
C	高い水準ではあるが、若干保留点がある水準	7
D	低い水準であり、保留点が多い水準	4
E	要求事項を満たしていない水準	0

表－３　品質評価シート

	比　重 (A)	得 点 (B)	評価点 (AXB =C)
1、管理提案 チーム構成 下請業者の選択と管理 安全衛生法への整合 一般人、地方公共団体、契約者とSUとの連絡調整 入札期間中のパートナリング 設計・建設期間のパートナリングへの提案	15%		
2、設計概要 幾何学的設計 運営上の考慮 CTRL／WNBPの提案との統合 環境影響緩和措置 既存の景観との統合	15%		
3、構造物 近隣建物との協力関係 アンダーブリッジの下の開放面 維持管理の考慮 ミッドウェイ橋の提案 構造物の外観	15%		
4、道路工学技術の細部 排水設備の提案 舗装工事の提案	10%		
5、施工計画 存続期間 CTRLのプログラムとの協力関係 生態系に対する制約の理解 緩和措置のタイミング	15%		
6、道路や住民への影響 工事車輌軽減の提案 建物への影響と構造物の取壊し ジャンクション3位相調整 ジャンクション3のSUのプログラムの概要説明	20%		
7、キーパーソンとキースタッフ チーム内の協力関係 最近の関連する経験	10%		
合計	100%		

入札の評価の公平性を確保するためこの段階で示される。評価基準は、最終的には発注者の主観で判断される。具体的には、プロジェクトマネージジーが道路庁の調達部と協議して決定する。当該事例の技術（品質）と価格の重み付けは、30：70、品質評価基準は表－２、評価項目、項目別の点数配分は表－３に示す品質評価シートのとおりである。この表により、入札者毎の品質提案点を算出する。

入札書類の提出は品質提案のA封筒と価格提案のB封筒に分けて提出される。A封筒とB封筒はそれぞれ別の審査委員会によって評価され、最終的には品質評価と価格評価の総合点が高い入札者が落札者となる。

審査委員会のメンバーは、品質審査は、道路庁のプロジェクトマネジャー、発注代理人、構造等の専門家、価格審査は、道路庁のプロジェクトマネジャー、道路庁の調達マネジャーである。

品質提案点は、表－３の入札書により最高得点を獲得した入札者を100点として、各得点を最高点で除することにより各入札者の得点が決まる。ここで75点以下もしくは１項目でも０点をつけた入札者の価格提案書は開封されないまま、入札から除外される。

価格提案点は、最低価格を提案した入札に100点を与え、他の入札者には、最低価格を１％上回る毎に１点を減じることにより算出する。

表－４より最高総合得点を得たB社が落札することになる（当該事例では、品質提案、価格提案共にCSM社が最高点を獲得した。）。

2.2 米国

米国において総合評価落札方式と呼べる方

表－４　落札評価表

1	2	3	4	5	6	7
入札者 (Tender)	品質提案点 (Quality Mark)	(2) ×30%	入札価格 (Tender Sum)(£K)	価格提案点 (Financial Mark)	(5) ×70%	総合得点 (Aggregate) (3)+(6)
A	91	27.3	2,160	92	64.4	91.7
B	90	27.0	2,000	100	70.0	97.0
C	77	23.1	2,290	85	59.5	82.6
D	100	30.0	2,380	81	56.7	86.7

表－5　米国の事例

事業名称（契約方式）	特徴
ノースダコタ州 南大学通り改築工事 （A＋B方式）	入札者は（A）工事価格と（B）契約期間の提案を行う。発注者は提案された価格に、提案された工事日数に1日当たりの道路利用者追加コスト(発注者が定める)を乗じた額を加えた額で各入札を比較して、最低額の入札者を落札者とする。契約額は落札者の提案した価格による。
コロラド州 インディアナ州 メイン州 オクラホマ州　等 （レーン・レンタル）	入札者は、工事中の車線閉鎖区間と時間を積算し、A＋B方式で用いられる道路利用者コストをベースとして算出されるレーン・レンタル料を通常の工事価格とともに示し、その差が最低の入札者が落札者となる。
ルイジアナ州 I-10舗装工事 （A+B+C入札）	入札者は、発注者が指定する2つの工法から1つを選び（A）建設コスト、（B）工期日数を提案する。その他に（C）ライフサイクルコストの（A）（B）（C）3つの提案を全て貨幣価値に換算
フロリダ州 I-75橋梁架替工事 （DB契約）	入札者は、契約期間、技術提案および工事価格提案を行う。技術提案は、「環境の配慮」「性能保証」「交通の維持」を含む8つの大項目から構成される。契約期間もしくは技術提案で一定の基準に達しない入札者の価格提案は開封されず入札から除外される。

式として、A＋B方式、レーン・レンタル、A＋B＋C方式、DB契約が代表としてあげられる。これらの方式の概要を表―5に示す。なお、レーン・レンタルは、英国にも事例がある。

3．日本との比較

(1) 評価項目

日本における品質の評価項目は、「工事に関する入札に係る総合評価落札方式の標準ガイドライン」によれば、工事目的物の性能（ライフサイクルコスト、性能・機能）および施工プロセスにおいても派生する性能（環境の維持、交通の確保、特別な安全対策、省資源対策又はリサイクル対策）等である。評価の目的は、入札者の技術提案が発注者の定めた最低限の要求要件をどれだけ上回る性能を発揮できるかを価格換算することである。

一方、英国及び米国では上記項目以外に、品質管理手法、実施体制、資格・実績等が主な評価項目となる。この項目による評価の目的は、請負業者が契約要件を満たす契約履行能力をどの程度有するかを判断することといえる。この場合には、契約要件を達成する保険料を評価しているとも解釈できる。

いずれにしても、国民にとっての利益・価値向上に対する対価の意味合いを持つのであり、国民の理解が得られるものでなければならないことには相違ない。

(2) 評価方法

総合評価点を求めるのに、日本においては、品質評価点を入札価格で除して、英国及び米国では主に価格評価点と品質評価点の加重和で算出する違いはあるものの、落札基準（総合評価項目）に対する重み付け、品質／価格比等の設定を通じて、評価対象の品質の価値を価格換算する必要があるのは共に変わらない。日本との相違は、その算出プロセスにある。

日本においては、対外的な説明の面から、品質の価値を、性能向上に要する工事価格を仮想積算し、標準状態と比較した増分工事費を性能の価値とする事が多く、仮想工事を想定できる項目に限られ、結果的に性能評価のウェイトが価格に比較して低く算出されているといえる。

英国及び米国においては、主として評価表に基づく点数評価であり、専門家の主観的な判断が伴うことになる。対外的な説明性の確保については、英国道路庁は、

- 技術提案の審査委員会を構成する3名の専門技術者が3人それぞれが評価を行うということで、評価に客観性を与えている。
- 専門家に対する信頼が不可欠であるが、英国では専門家組織、機関が確立されており、プロフェッショナルとしての品質、倫理観の保持を担保する仕組みがある。
- 公共事業に対する国民の関心がそれほど大きくない。

といった見解を示している。

4．まとめ

総合評価落札方式については、技術提案による性能の向上価値についての国民への説明性を確保しつつ、発注者、受注者の負担を大きくすることの無い評価方法の確立が重要である。導入の歴史の浅い日本においては、英国や米国の事例も参考にし、事例を重ねることで当該方式の充実、運用の拡大を図っていくことが望まれる。

[成果の活用]

得られた成果はわが国の総合評価落札方式の実施の手引き等に反映予定である。

総合技術政策研究センター建設マネジメント技術究室
Research Center for Land and Construction Management Construction Management Division

事業評価手法に関する検討
Research on Project Evaluation

（研究期間　平成 13～15 年度）

主任研究官　栗原　真行
Senior Researcher　Masayuki Kurihara

In order to clarify an accountability of public policy, the evaluation technique needs to be developed. In this research, the evaluation technique carried out with each project is reviewed, and the framework of the multi criteria analysis method was examined.

［研究目的及び経緯］

公共事業における事業評価は、公共事業実施に係る意思決定のための重要かつ客観的な判断材料を提供するものであって、事業実施の意思決定プロセスにおける透明性を確保し、国民へのアカウンタビリティを果たすものである。事業評価の手法については、これまでに統一的評価指針や、事業分野ごとの評価マニュアルが作成されているが、より効率的な事業の実施に向け、いっそうの改善が求められている。

具体的な課題としては、以下のような指摘がなされている。

・環境への影響や地域開発効果といった、必ずしも定量的評価ができない事業の評価も重要ではないか
・事業の技術的外部経済・不経済を定量的に評価すべきではないか
・事業の遅延など将来の不確実性を考慮した事業評価が必要ではないか

そこで、本研究は社会資本整備の効率的な実施とアカウンタビリティ向上のため、現在行われている費用対効果分析の課題を整理するとともに、その精度及び客観性を高めるための方策を検討し、今後の社会資本整備の評価システムの改善・向上に向けた基礎資料を作成することを目的として研究を実施するものである。

［研究内容］

本年度は、この研究の初年度として、評価手法の現状分析を行い、評価手法の高度化の方向性を検討したものである。

本研究では、現在事業評価に用いられている評価手法の現況を調査・整理するとともに、その課題を分析し、手法の高度化に向けての対応の方向性について検討を行った。検討に際しては、受託者が選任する専門家に対するヒアリングを行っている。ヒアリング対象の有識者は委託者との協議により、8名が選任された。選任された8人の有識者は、家田仁東京大学大学院教授、石田東生筑波大学教授、金本良嗣東京大学大学院教授、小林潔司京都大学大学院教授、中村英夫武蔵工業大学教授、根本敏則一橋大学教授、森杉壽芳東北大学教授、森地茂東京大学大学院教授である。

本研究で、まず始めに行ったのは、評価手法の現状整理である。現在行われている国土交通省所管事業の評価におけるその手法について調査し、以下の観点を中心に比較・整理した。調査対象は、国土交通省（旧建設省、旧運輸省、旧国土庁及び旧北海道開発庁を含む。以下同じ）の事例から２０事例程度を選定している。

ついで、それぞれの評価手法の課題について分析している。評価手法の現況調査結果をもとに、評価手法における課題のうち、各事業分野に共通的なものを抽出し、分析・整理した。

さらに、評価手法の高度化の方向性を検討している。評価手法の現状分析結果をもとに、その精度及び客観性を高めるための、各事業分野に共通する方策について検討を行った。検討に際しては、受託者が選任する専門家に対するヒアリングを行っている。

［研究成果］

現在行われている国土交通省所管事業の評価におけるその手法について調査した結果のうち、紙面の都合から、その主なものをまとめると、表－１のようになる。

表－１　主な費用対効果分析における評価項目

事業名	費用	便益	費用便益分析以外の項目
都市公園事業(TCM、代替法)	事業費 維持管理費	利用効果 存在効果	都市災害への安全性 イベント効果
土地区画整理内街路事業(消費者余剰法)	街路整備事業費 維持管理費	走行時間短縮 走行経費節減 交通事故減少	物流効率化 市街地活性化 都市基盤形成
土地区画整理内街路事業以外の部分(ヘドニック)	土地区画整理事業費 維持管理費 用地費	宅地地価上昇	市街地活性化 防災性向上 土地高度利用
下水道事業(代替法、CVM)	建設費 維持管理費 改築費	生活環境改善 便所水洗化 水質保全 浸水防除	水質に関わる環境基準 流域関連事業
市街地再開発(ヘドニック)	施設整備費 用地費 維持管理費 解体撤去費 土地残存価値	利便性向上 地価の上昇 (域内・域外)	事業執行環境 防災性向上
河川ダム事業(代替法)	事業費 維持管理費	想定年平均被害額軽減期待額	災害発生時の影響 過去災害実績
ダム周辺環境整備事業(代替法)	事業費	水質浄化の費用軽減 水質改善効果	自然環境の現状 環境への影響
道路街路事業(消費者余剰法)	事業費 維持管理費	走行時間短縮 走行経費節減 交通事故減少	物流効率化 市街地活性化 都市基盤形成
公営住宅事業	事業費 維持管理費	帰属家賃	福祉的役割 安全確保

その結果、以下に示すような課題が明らかになった。

・評価手法の精度の向上
　(費用対効果分析の評価項目、貨幣的評価手法、共通的な数値等)

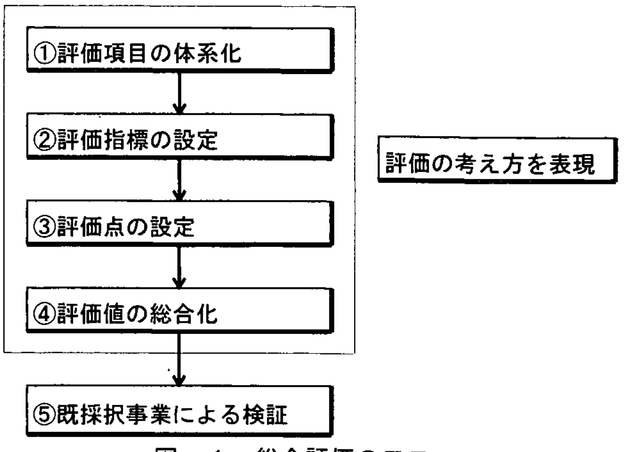
・評価手法の客観性の向上
　(貨幣的評価以外の客観的評価、その他の客観性向上方策)

ついで、評価手法の現状分析結果をもとに、その精度を高めるための方策について以下の観点から検討を行った。

・費用対効果分析における評価項目の拡大
・費用対効果分析に用いる貨幣評価手法の改良・開発
・費用対効果分析に用いる共通的な数値（係数等）の設定

これらを総合的に評価する方法として、図－１に示したような手法が新たに提案され、この流れに沿って代表的な事業について分析を行った。結果は、表－２に示すとおりである。これにより、事業効果を総合的に考慮した事業評価が可能になった。

また、このような評価を行う際には、表－３に示したような項目区分をし、個々の項目ごとに重みを設定することになる。



図－１　総合評価のフロー

表－２　評価の結果

事業名	評価者1	評価者2	評価者3	評価者4	評価者5	平均値(採用	中央値	優先順位
事業A	81.1	76.9	76.6	76.8	77.1	77.7	75.4	4
事業B	82.0	81.6	78.4	83.7	82.8	81.7	79.8	2
事業C	81.9	81.3	77.9	83.6	82.3	81.4	79.4	3
事業D	85.6	86.5	82.4	88.4	87.0	86.0	85.0	1

表－３　項目の区分と評価の内容

大項目	中項目	小項目
事業効率	経済性、採算性	事業ごとの特性に応じて、それぞれで設定
波及的影響	住民生活、地域経済、安全、環境、地域社会	
実施環境	事業の実効性、事業の成立性、技術的難易度	

［課題と今後の方向性］

以上みてきたように、現在行われている事業評価は、個別事業ごとの特性に応じて、個々に行っていた。これを、図－１に示したような総合的な評価方法によって、ある程度、共通の尺度によって事業評価を行うことができるようになった。

しかし、事業評価の高度化に関しては、まだ緒についたばかりであり、以下の点でさらに検討を進めていく必要がある。

・総合的な評価の結果にばらつきが見られるため、事例を重ねて収斂させる。
・事業観での評価手法の統一的運用を図るための単価や将来フレーム等基本事項の整合を図る。
・事業の不確実性に関する評価手法の開発を行う。
・災害等カタストロフィックな事象を評価する。

今後は、これらの課題に対して継続的に検討を行い、蓄積した知見の公表と活用に努めていくものである。

高度情報化研究センター情報基盤研究室*1
Research Center for Advanced Information Technology　Information Technology Division

ＧＩＳを活用した次世代情報基盤の活用推進に関する研究

Research on Utilization of Next Generation Information Infrastructure for GIS

（研究期間　平成 12～14 年度）

室長　奥谷　正、研究官　光橋尚司
Head　Tadashi Okutani, Researcher　Hisashi Mitsuhashi,

Technology about the preparation, the renewal, the integration, the exchange of the map data, and technology about the building and the use of GIS of the construction administration is developed by this research. And development of technology about the way that GIS data in the government, the local government and the private enterprise circulate is being carried out by this research.

［研究目的及び経緯］

GIS は情報化社会において不可欠な技術である。しかし、数値地図や国土数値情報などの基盤整備が進む一方で、データの相互利用が進んでいないと、GIS のメリットが十分に社会に対して認められるには至っておらず、期待されるほどの市場形成と経済振興につながっていない。本研究においては地図データの作成・更新・統合、交換等に関する技術、建設行政における GIS 構築、利用に関する技術、国、地方自治体、民間での GIS データの流通方法に関する技術を開発することを目的として実施している。なお、本実験は、国土交通省、経済産業省、総務省が 7 府県で実施している「GIS モデル地区実証実験」に位置づけられている。

［研究内容］

（1）実験システムの構築

1）システム構成

実験システムは、WebGIS を前提に構築した。実験システムは、GIS エンジン、データベース、業務アプリケーション、観測値取得モジュールの４つの部品で構成される。実験システム構成を図-1 に示す。

2）ネットワーク構成

実験システムにおけるネットワークは国及び岐阜県で整備した既存の光ケーブルを利用して岐阜国道工事事務所、木曽川上流工事事務所、岐阜県庁、大垣市（情報工房）を中継接続すると共にメディアコンバータ（100BASE-FX）により 100Mbps のネットワーク

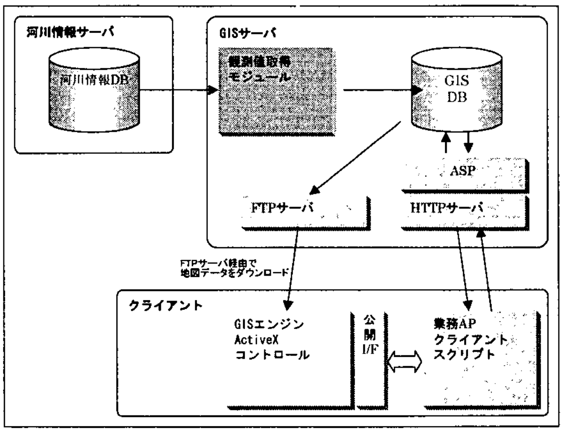


図-1 実験システム構成

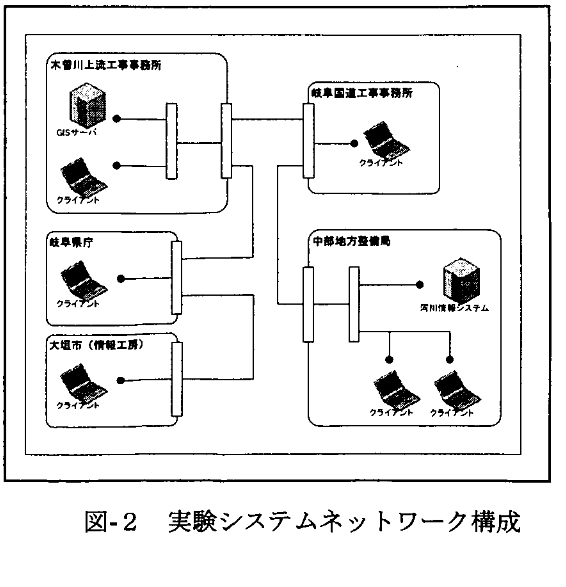


図-2　実験システムネットワーク構成

を構成した。また、中部地方整備局－岐阜国道工事事務所間では SDH による回線構成がされていたため、1.5Mbps のインターフェイスを追加することによって、新たなデータ通信路を確保する事とした。ネットワークの全体構成を図-2 に示す。

３）データ構成

実験システムのデータは、地図データ、属性データ、観測データで構成される。

地図データは、現実の事象を見える形で表現したデータである。地図データは、地形図や数値地図等の背景となる背景データ、基本的には位置や属性が変化しない静的主題データ、観測値データのように属性値が時々刻々と変化するか災害情報のようにユーザが編集できる動的主題データの 3 種類に区分することができる。本実験で用いた地図データを表-１に示す。

属性データは、地図上にある地物（図形）と関連し、地物の諸元等を説明するデータである。地図上の地物と属性データは、基本的には 1:1 に対応しており（例外的に複数の属性を持つ地物も存在する）、ユニークな ID で関連付けられる。全ての属性データは、GIS サーバ内の RDBMS に格納する。

観測データは、岐阜県内各地に設置された観測所から送信される各種の観測データである。本実証実験においては、数ある観測データから地点雨量、水位・流量、ダム諸量、排水機場を選択し（表-２）、地図上での位置表示と観測値のデータ表示を行った。

４）ユーザインターフェイス設計

実験システムの画面は図-3 に示すように、中央に地図、左側にレイヤ、属性など、右側に情報の参照、検索、登録及び時刻設定のメニューを配置した。

（２）実証実験による適用性の検証

１）実験方法

出水時における実験システムの利用効果や機能、情報を検証するため、本来であれば河川情報システムからリアルタイムに取得する水文情報や、各組織の担当者が登録すべき災害状況、通行規制等のデータをシステム側で自動的に再生し、あたかも出水時に本システムを利用しているかのようなデモンストレーションを行った。

内水氾濫の“警戒－出水－対策--収束”の一連の推移を確認するために、昭和 51 年 9 月水害の４日間に発生する水文情報、予警報、災害状況、通行規制等のデータを２時間程度に短縮して再生した。再生中には、中部地方整備局、木曽川上流工事事務所、岐阜国道工事事務所、岐阜県、大垣市の関係者計 20 名の方に一斉に各クライアントを操作・閲覧していただいた。

デモンストレーション終了後、出水対策業務における利用方法、出水時対策において必要な情報、実験システムの評価、実利用における問題点・課題について参加機関毎にヒアリング調査を行った。

２）実験結果

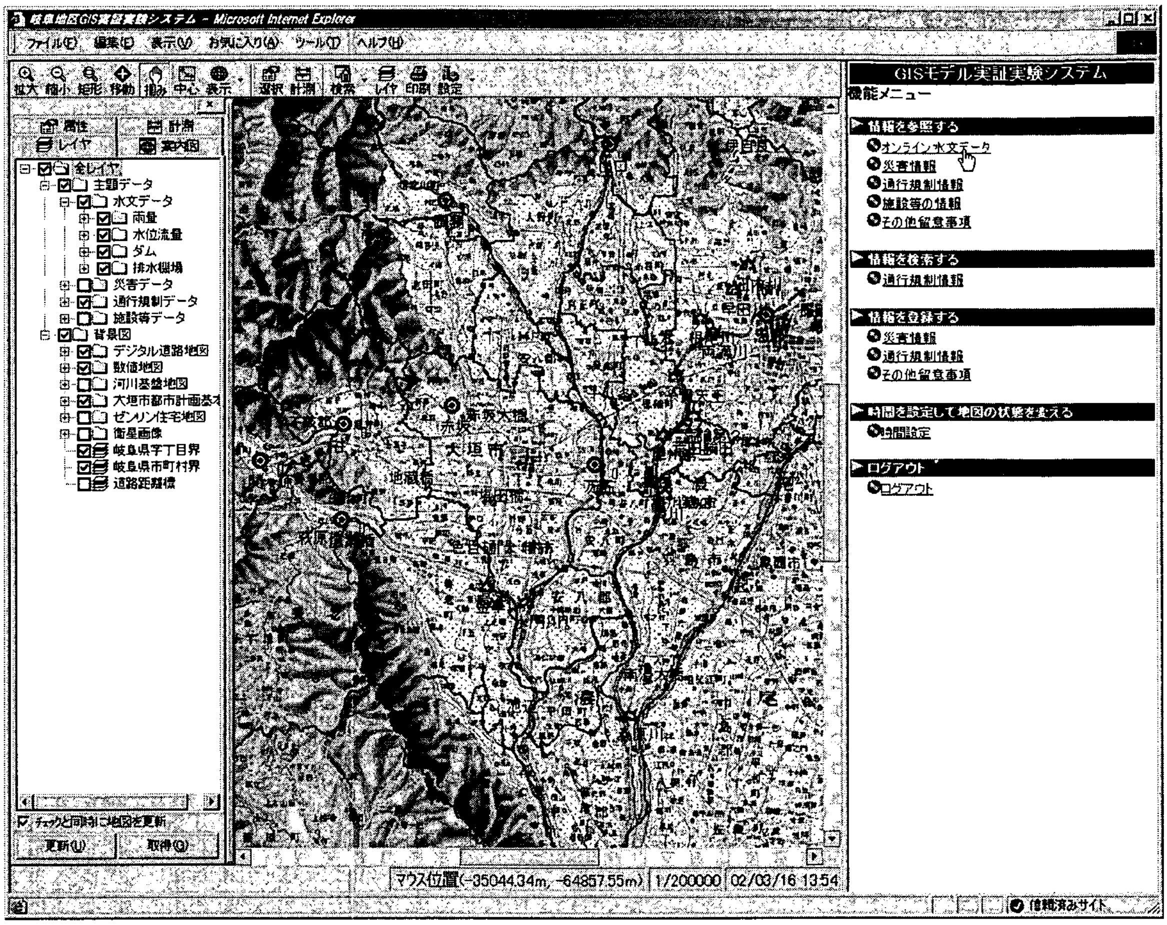
実証実験に参加いただいた方々からは、出水時における情報共有システムとして概ね有効とのご意見をいただいた。しかし、ヒアリング調査ではシステム機能や情報に関するご意見を多くいただいており、実用化にあたって改良が不可欠であることが分かった。システムの機能を 67 に細分し、その各々について、必要性、改良に要するコスト面、技術面、データ整備面の課題をヒアリング調査をもとに整理し、各機能の優先

表-１　実験に用いた地図データ

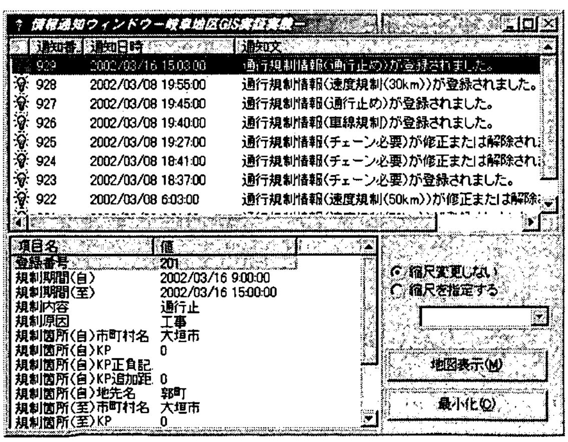
観測値データ名称	概要
地点雨量	観測時刻、10 分雨量、時間雨量、累加雨量、降雨開始時刻
水位・流量	観測時刻、河川水位、河川流量、水位時間変化量
ダム諸量	観測時刻、貯水位、貯水容量、空容量、全流入量、全放流量、貯水率
排水機場	観測時刻、内水位 1、内水位 2、外水位、総排水量、貯油量、内外水位差 1、内外水位差 2

表-２　観測値データ一覧

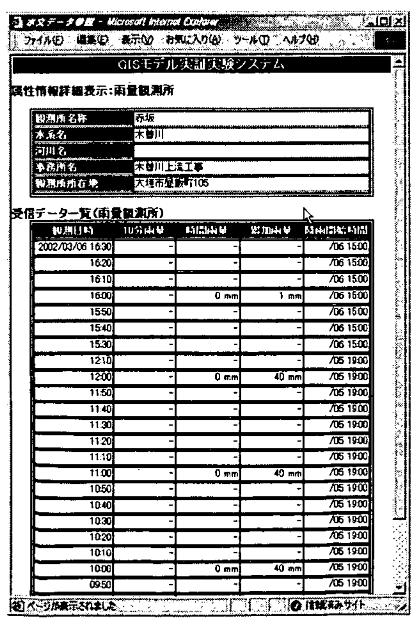
区分	データ名	概　要
背景データ	数値地図 200,000	岐阜県全域の 1/200,000 地図画像データ（国土地理院）
	数値地図 25,000	岐阜県全域の 1/25,000 地図画像データ（国土地理院）
	数値地図 2,500	大垣市全域の 1/2,500 空間基盤データ（国土地理院）
	河川基盤データ	中部地整直轄河川の 1/2,500 ベクターデータ（木曽川上流工事事務所）。
	都市計画図	大垣市の都市計画基本図のベクターデータ（大垣市）
	住宅地図	大垣市及び岐阜市の 1/2,500 デジタル住宅地図データ（ゼンリン）
	衛星画像	大垣市のデジタル衛星画像（三菱商事）
静的主題データ	デジタル道路地図	中部地整全域の 1/25,000 デジタル道路地図データ（中部地整）
	避難所	避難所の位置、属性（大垣市水防計画）
	水防倉庫	水防倉庫の位置、属性（大垣市水防計画）
	重要水防箇所	重要水防箇所（大垣市水防計画）
動的主題データ	災害情報	災害発生位置、発生／消滅時刻、属性（ユーザ入力）
	通行規制情報	通行規制区間、発生／消滅時刻、属性（ユーザ入力）
	その他留意事項	留意事項、発生／消滅時刻（ユーザ入力）
	観測値データ	雨量観測所、水位観測所、ダム諸量、排水機場の位置、観測値（河川情報システム）



基本図面



通知ウインドー



水文データ

図-3　実験システムの画面表示例

度を３段階で評価した。その結果、67 機能のうち改良の優先度が特に高いものとして、以下の 8 の機能を選出した。

- インターフェイスや操作方法の簡便化
- 反応時間の短縮化
- 路線やキロポスト、地先名等の取得機能の追加
- 災害状況写真の登録機能の追加
- 気象予報、洪水予報等の河川情報と通行規制等の道路情報の通知ウインドウを区分
- 通知ウインドウ内に場所、発信元の追加
- 通知ウインドウ内の情報の未読・既読区分の追加
- 水防団に関する情報の追加（GPS による位置把握、連絡先の属性追加）

［今後の課題］

出水時及び通行規制において、国と地方自治体が情報を連携することにより適切に対処するシステムの要件を定め、機能の一部を実現するシステムを岐阜県大垣地区で構築し、システムの適用可能性及び改良点を調査した。その結果、出水時における情報共有システムとして本実験システムは概ね有効であることが分かった。また、実用化にあたり特に優先度が高い機能として 8 の機能を選出した。

今後、この結果をもとに、実用化に向けた基本検討（各機関が整備すべきデータの項目、精度、更新頻度の整理、導入効果分析）をとりまとめる予定である。来年度は、実証実験システムを継続的に利用いただき、通常業務における適用性を検証したいと考えている。

モバイル端末の高度化に資する情報コンテンツの検討

Examination of the information contents which contributes to the advancement of a mobile terminal

（研究期間　平成 12～14 年度）

高度情報化研究センター情報基盤研究室　室長 奥谷 正、主任研究官 中島 淳、研究員 小又一生
Research center for advanced Information technology Information technology division
Head, Tadashi Okutani ,Senior Researcher, Atsushi Nakajima, Research Engineer,Kazuo Komata

This investigation investigates the information share technique between the information gathering in the disaster spot etc., transmission, and the countermeasures-against-disaster headquarters-disaster spot, and proposes the cooperation technique with the on-site information on collection transmission of on-site information using wide use mobile PC, and GIS, river information, road information, etc.

［研究目的及び経緯］

河川・道路管理の現場においては、巡回点検や維持業務等において情報を収集して事務所等へ報告を行い、また各種台帳やデータベースの情報を取得して現場の状況を判断している。収集した情報の報告には職員が事務所等に戻って行うことがあり、迅速性に欠ける。また、各種情報の取得もかさ張る台帳やそのコピーを現場に持ち込んだりしているなど、効率的なものではなく、改善が求められている。

本業務は、河川・道路管理の現場における情報環境の改善を図るため、汎用モバイル端末を用いたＧＩＳ利用と、これに必要な各種情報等との連携手法及び業務モデルを検討し、システム（モバイル情報システム）を提案するものである。（図－１参照）

［研究内容］

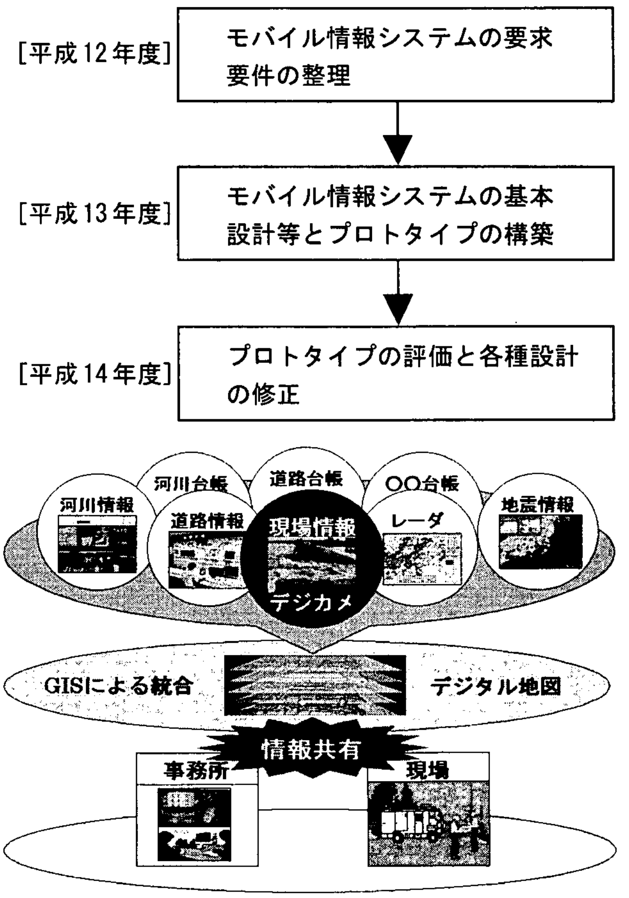
（概要）

前年度に、河川・道路管理の現場における情報収集及び提供の在り方について検討し、モバイル情報システムの要求要件の整理を行っているが、この検討結果等を用いてモバイル情報システムの要件定義書を作成し、また既存の類似システムを調査した。これらに基づき、基本設計書、詳細設計書、実装設計書を作成し、実装設計書を満たす確認用ソフトウェアを試験的に構築し、ハードウェアに実装してプロトタイプを構築し、動作を確認した。

（システムの構成とサービスイメージ）

モバイル情報システムは、モバイル端末、モバイルサーバ及び移動体通信（媒体）で構成される。モバイル情報システムのサービスイメージ図を図－２に示す。

河川・道路管理の現場では、収集した情報（文章、写真等）を事務所等に伝送し、また事務所等の情報を



図－１　全体研究フロートと利用イメージ図

現場でも取得する必要がある。事務所等では現場の位置を確認しなければならず、簡便な方法で正確な位置を認識し、わかりやすく表示することが望まれている。

（既存の類似システムの調査）

国土交通省で運用されている既存のシステムのうち、モバイル情報システムに類似の機能を持つ建設フォトメール及び道路パトロール支援システムを調査した。前者には端末のノートＰＣが大きく持ち運びに不便である、静止画のみ扱い動画は扱えず、静止画のサイズも固定であるなどの問題があり、後者には端末からの情報を受信するセンター装置が出張所ごとに異なりデータが共有されていないなどの問題がある。

（基本設計書）

基本設計書では、モバイル情報システムに関し、提供するサービス内容について検討し、機能・性能・適用範囲・運用条件を規定した。また、取り扱う情報を整理し、システムの処理概要、操作方法（ユーザーインターフェース、操作説明書）を定めた。

サービスとしては、モバイル端末から文字や静止画を伝送し、現在位置が自動的にわかり、事務所等の情報を取得でき、モバイルサーバではモバイル端末からの情報を受信・表示・蓄積でき、モバイル端末の現在位置を地図上に表示できるものとした。また、他のパソコン等でもモバイルサーバの情報を取得可能なものとした。

（詳細設計書）

詳細設計書では、基本設計書で定められた事項に基づき、システムをプログラムに分割し、その機能やインターフェース、データの定義などの設計を行った。

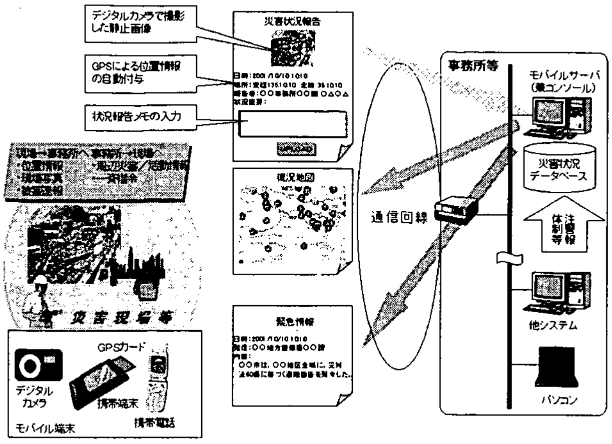
現場での情報収集と事務所等への報告は、特に急ぐ場合（災害対策など）には１０分程度以内に行うべきことから、これを目安に通信回線、データ転送フォーマット、データ登録方法等を選定した。また、地図表示方式を選定した。

（実装設計書）

実装設計書では、詳細設計書に基づき、特定のハードウェア、ＯＳ、データベースソフト等を選定し、システム構成要素の全てを明確化した。通信回線については、一般的な移動無線のいずれにも対応できるように設計した。

（プロトタイプの構築と動作確認）

プロトタイプ動作確認試験では、モバイル情報システムに関する基本設計書等のうち、モバイル端末とモバイルサーバとの間での情報交換、表示等を確認するために、モバイル端末及びモバイルサーバの動作確認用ソフトウェアを試験的に作成し、これらをＰＤＡ端末及びパソコンに実装してプロトタイプを構築し、動作確認を行った。また、複数の通信回線（ＤｏＰａ、ＰＨＳ）を用いてソフトウェアがいずれにも対応することを確認した。



図－２　モバイル情報システム　サービスイメージ

（次年度以降の検討）

◇プロトタイプに機能の追加等の現場向けカスタマイズを行う。◇他システム（浸水予測システム、震害予測システム、河川情報システム、レーダ雨量計システム等）と連携し、データを本システムに伝送可能なようにすると共に本局、本省との情報共有方式を検討する。◇プロトタイプを現地に設置し、モバイル端末を用いた模擬訓練（実証実験）を実施する。◇上記の実証実験を受けて、システム改良の検討を行い、モバイル情報システムの基本設計書、詳細設計書、実装設計書の見直しを行う。

［研究成果］

モバイル情報システムの基本設計書、詳細設計書、実装設計書を作成した。これらのうち、基本設計書、詳細設計書は特定のハードウェアに依存しないので、これを用いれば河川道路管理用のモバイルシステムを必要時にその時の最良のハードウェアを適用して、より安価に、短期間で設計することができる。

［成果の発表］

①「リアルタイム災害情報システム」、平成１３年度国土交通省国土技術研究会ポスターセッション、平成１３年１１月（中島、真田、舘）

②「リアルタイム災害情報システム」、一日土研ポスターセッション、平成１４年２月（中島）

［成果の活用］

モバイル情報システムの設計資料（基本設計書、詳細設計書、実装設計書）及び開発したソフトウェアを地方整備局整備局等に提供し、平常時においては巡視・点検等の現場で活用できる情報システムの高度化を図る。また、災害時においてはリアルタイム災害情報システムとして情報収集・共有の高度化を図り、システムの普及に寄与する。

国土技術政策総合研究所資料
TECHNICAL NOTE of NILIM
No. 52　　September 2002

編集・発行　©国土技術政策総合研究所

本資料の転載・複写の問い合わせは
〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地
企画部研究評価・推進課 TEL 0298-64-2675