

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

Environment Department

道路環境研究室

Road Environment Division

室長

Head

研究官

Researcher

研究官

Researcher

並河 良治

Yoshiharu NAMIKAWA

松下 雅行

Masayuki MATSUSHITA

大城 温

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】

道路に係る浮遊粒子状物質（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た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た。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。

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

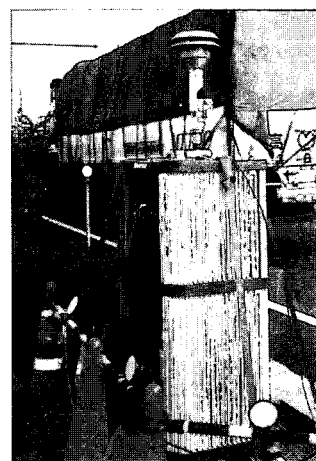


写真-1 TEOM 外観

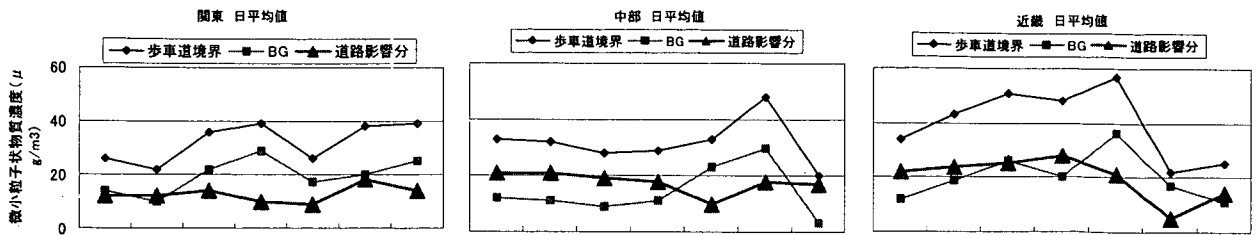


図-1 微小粒子状物質濃度の日平均値 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) の推移 (関東・中部・近畿)

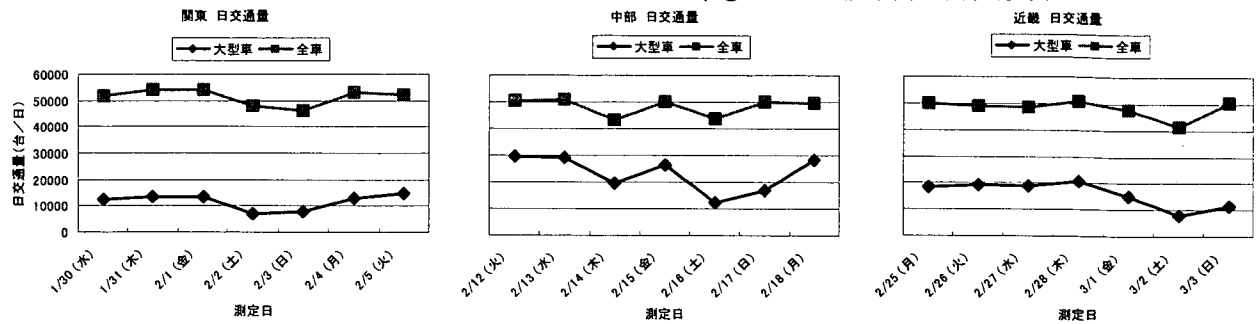


図-2 日交通量の推移 (関東・中部・近畿)

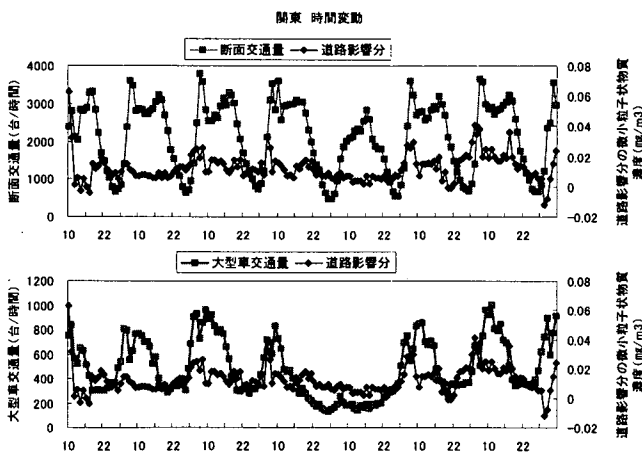


図-3 交通量と道路影響分の微小粒子状物質濃度の時間変動(関東)

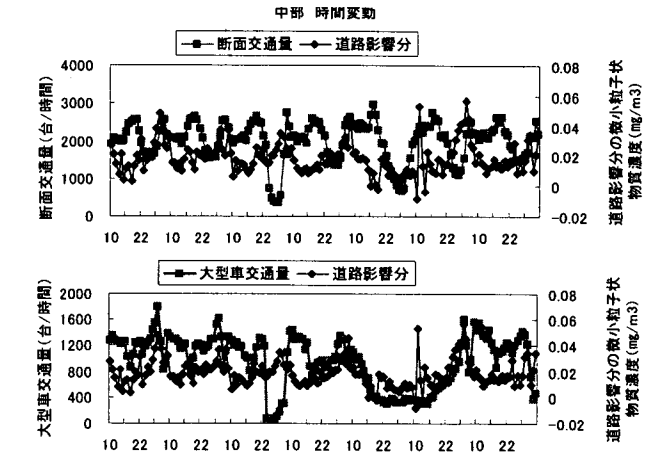


図-4 交通量と道路影響分の微小粒子状物質濃度の時間変動(中部)

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。

② 1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

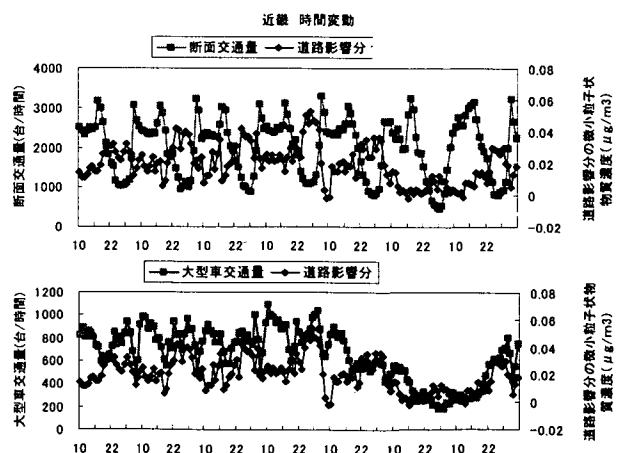


図-5 交通量と道路影響分の微小粒子状物質濃度の時間変動(近畿)

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
Researcher
Researcher
Yoshiharu Namikawa
Masayuki Matsushita
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)。

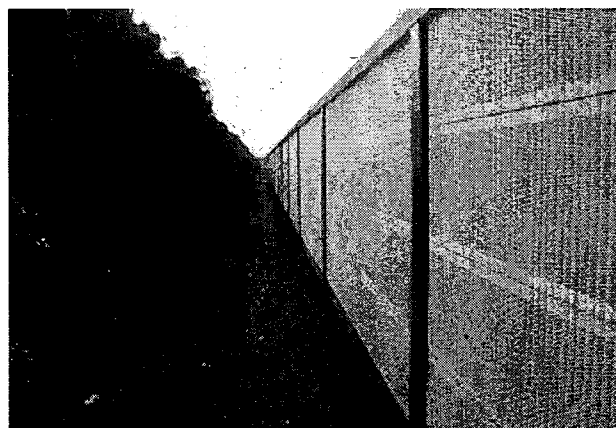


写真-1 府道大阪臨海線助松公園前(大阪府泉大津市)
光触媒を含んだ塗装を工場で焼き付けた事例

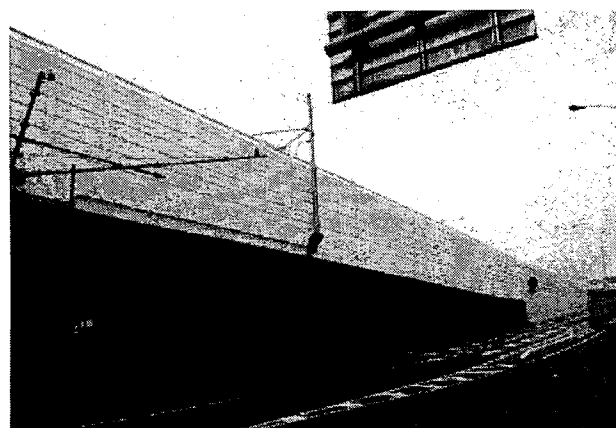


写真-2 国道43号出来島小学校前(大阪市西淀川区)
光触媒を含んだ塗料を高架道路の側面に塗布した事例

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NO₂換算で6mg/h/m²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。

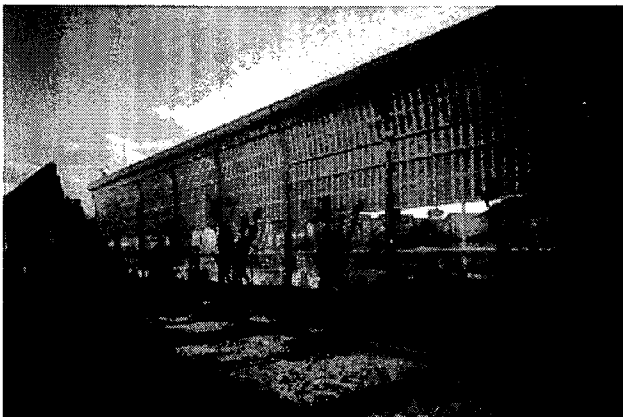


写真-3 国道302号喜多山地区（名古屋市守山区）
透光型の遮音壁に光触媒を塗布した例

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観の向上の観点から、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NO _x 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。

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

$$S_t = S_0 - \int L_t dt \quad \dots \text{式2}$$

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_0 : 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

A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。

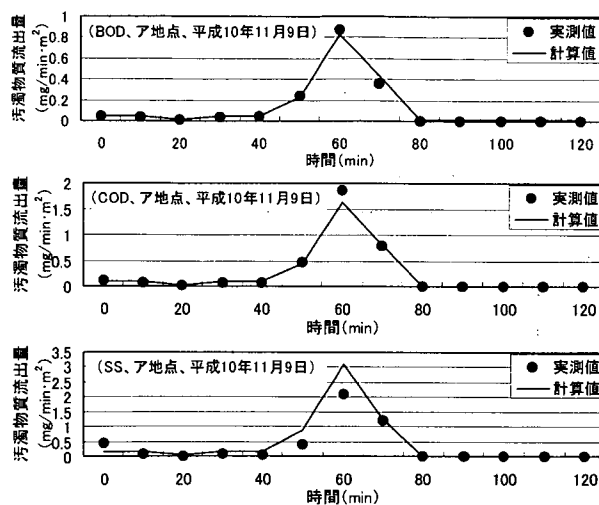


図-1 負荷量実測値と計算値の比較

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を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。

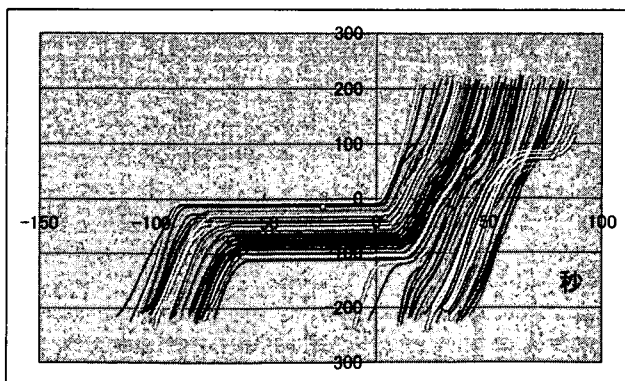


図-1 取得された車両の走行軌跡の例

- 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. で設定された補正值に基づき、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

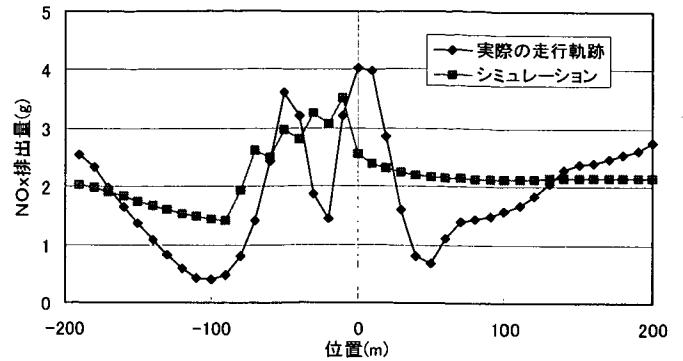


図-2 交差点前後における位置別NOx排出量の推計結果

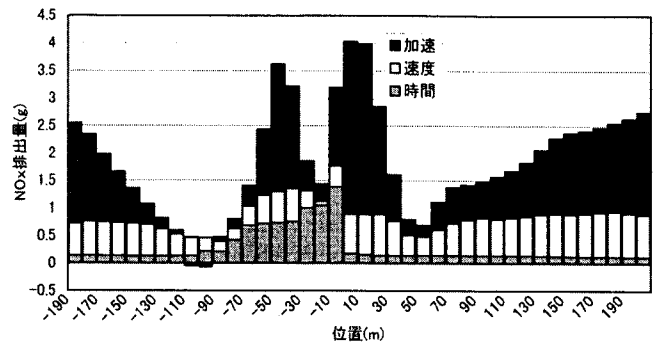


図-3 要因別距離帯別排出量（実測の走行軌跡より算出）

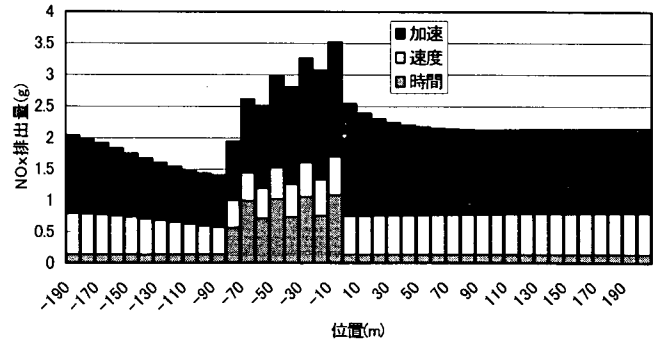


図-4 要因別距離帯別排出量（シミュレーションより算出）

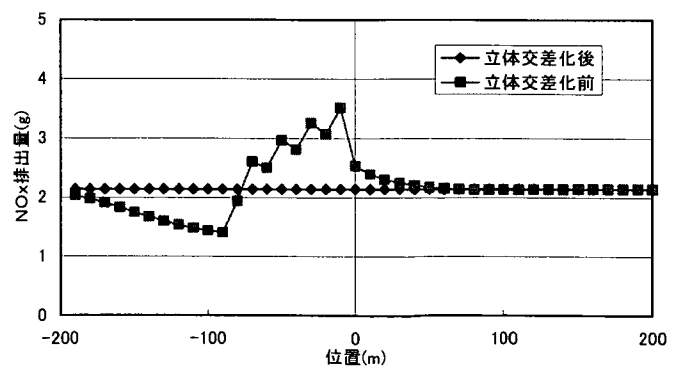


図-5 交差点立体化前後のNOx排出量変化の推計結果

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。

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)		多孔質A	多孔質B
		上層	下層		
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

レーザープロファイ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、

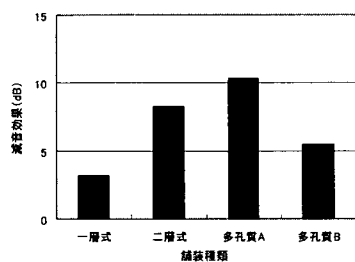


図-1 各種舗装の減音効果

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、

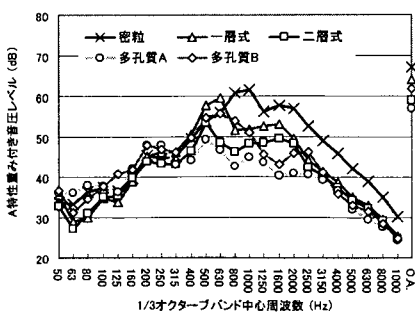


図-2 ピークレベルのスペクトル

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。

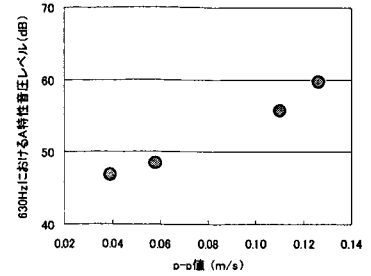


図-3 p-p値と音圧レベルの関係

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。

[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。

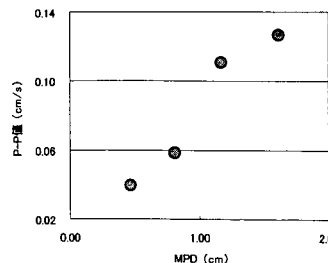


図-4 p-p値とMPD値の関係

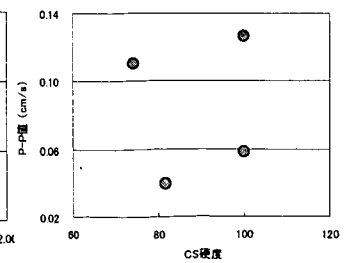


図-5 p-p値とCS硬度の関係

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

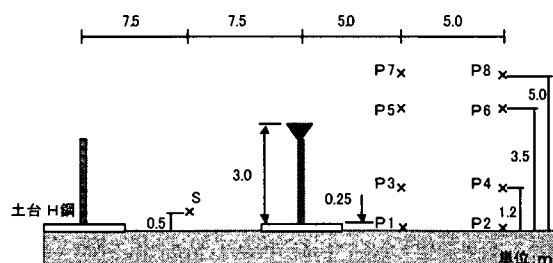


図1 フィールド音響試験の配置図

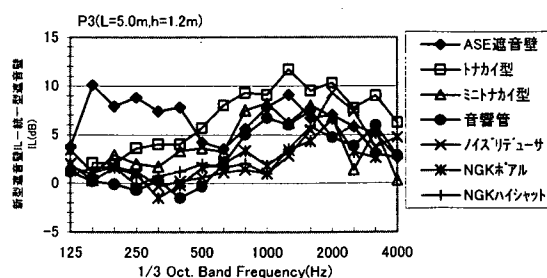


図2 周波数毎の減音効果

- 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

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ノイズリデューサーを用いた遮音壁	2.1	1.4	1.2
⑥NGK ボー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

遮音壁の先端に新型遮音壁を設置した場合(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。

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

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

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

また、この式をもとに回折行路差をパラメータとし

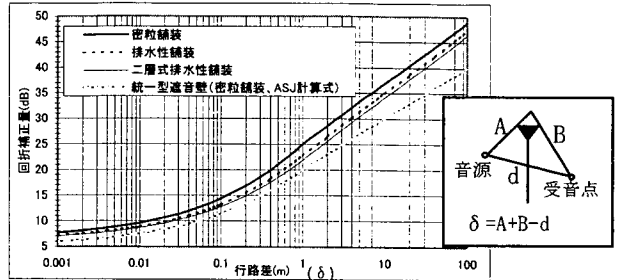


図3 ASE遮音壁の回折チャート

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。

(密粒舗装の場合)

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

(排水性舗装の場合)

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

(二層式排水性舗装の場合)

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

【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4km×10km）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1km×1km）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

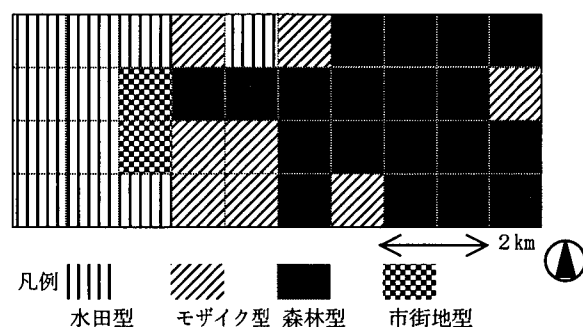


図-1 対象地域の植生概要（約1km×1kmのメッシュ内の植生の構成比により類型化したもの）

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1km×1km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1km×1km）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

鳥種	タイプ別メッシュ数					計
	森林系	草地系	水田	住宅地		
	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-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

鳥種	植生			
	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間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
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 Northern 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 kilometers away from the nest or disappeared 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)。

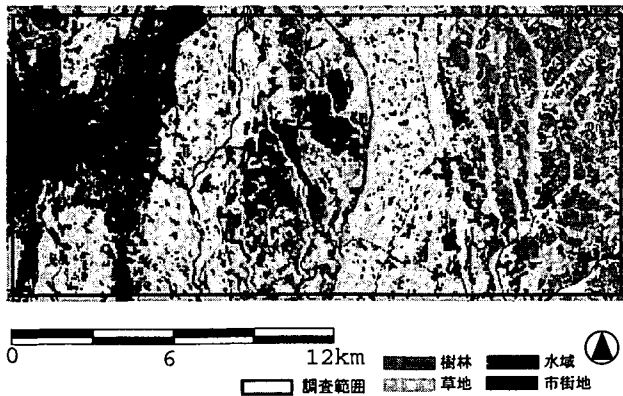


図-1 調査地と植生 (土地利用) の概況。環境省自然環境 GIS の現存植生図 (5 万分の 1) を空中写真判読と現地踏査により修正したもの。

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

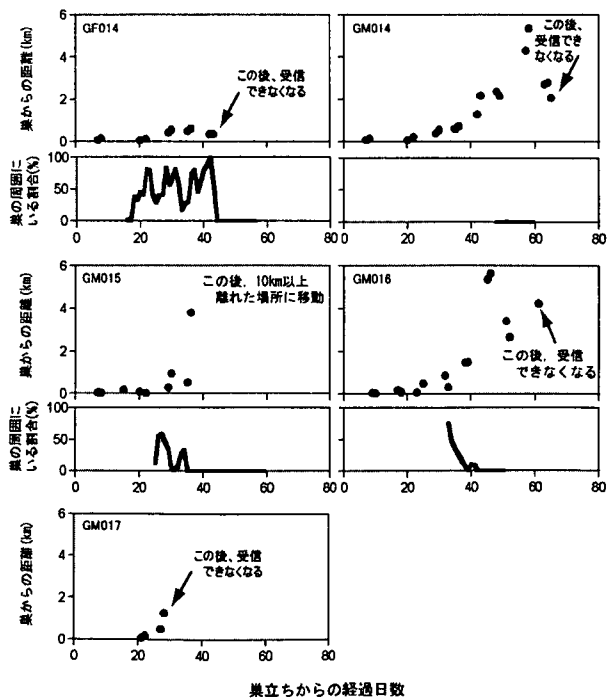


図-2 オオタカ幼鳥 5 羽の出生地からの分散過程

捕獲には、箱罟を使用した。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。

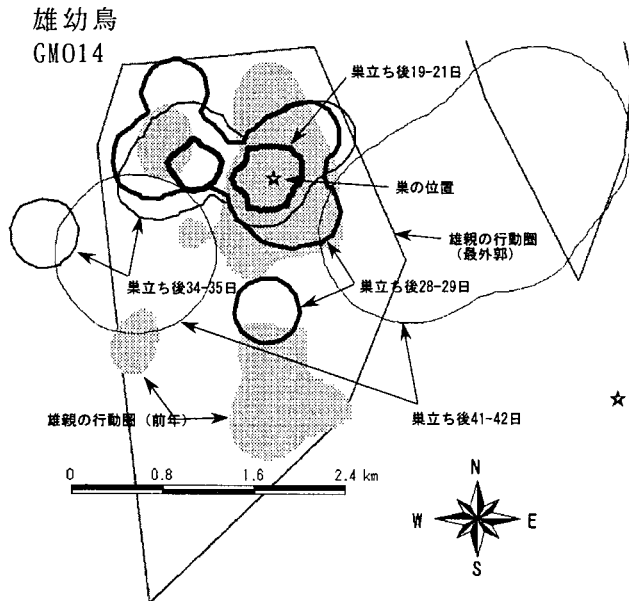


図-3 巣立ち後の日齢別に示したオオタカ雄幼鳥1個体の行動圏。行動圏はKernel法（確率密度分布）95%の区域で示した。図中の雄親の行動圏は前年度にテレメトリ法で調査した成鳥雄の行動圏を图示したものを。

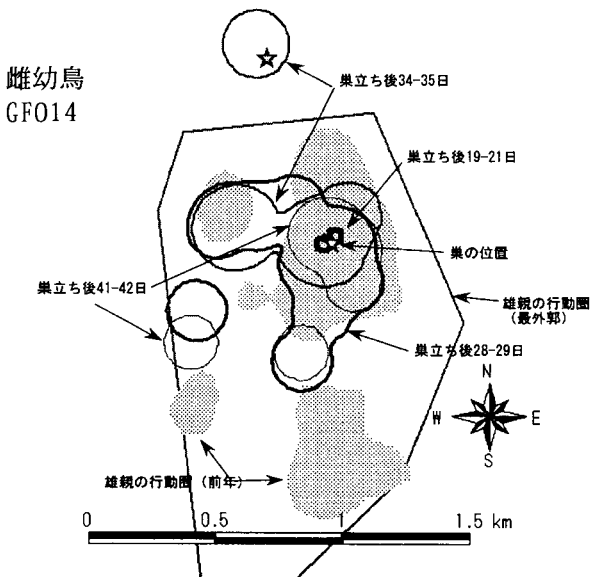


図-4 巣立ち後の日齢別に示したオオタカ雌幼鳥1個体の行動圏。他の説明は図-3参照。

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。

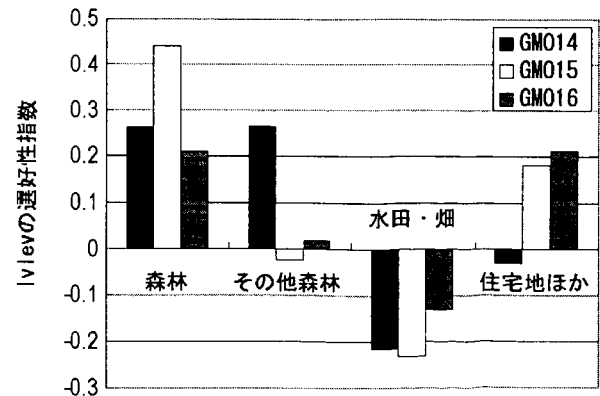


図-5 幼鳥の行動圏内の環境と実際に滞在していた場所の周囲200 mをもとに計算したIvlevの選好性指数。指数は-1～1まで変動し、1で選好を、-1で忌避を示す。

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
Environment Department, Road Environment Division

道路環境研究室

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線撮影を行った。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⁾。

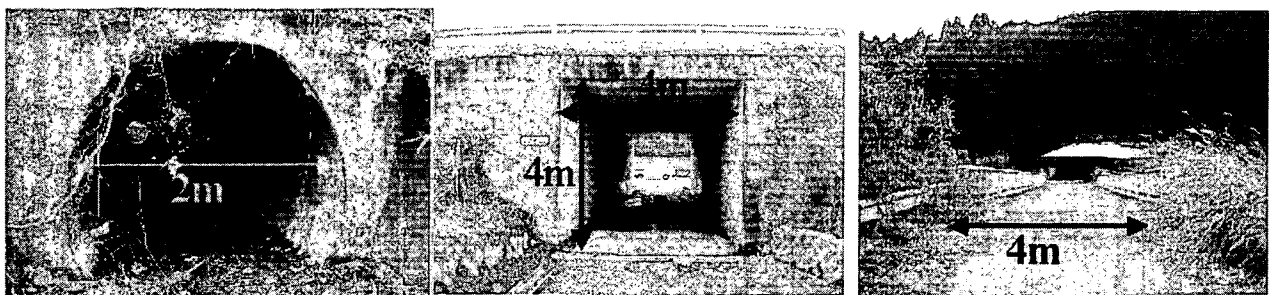
調査対象路線は、全国的にロードキルが多いことから周辺に生息する動物が多いと考えられる宮崎県内の高速道路とし、河川に挟まれた里山の環境の約2kmを調査区間とした。その調査区間内にある道路横断施設(ボックスカルバート(以下、BC)6箇所、パイプカルバート(以下、PC)2箇所、オーバブリッジ(以下、OV)2箇所)を自動撮影調査地として選定した(表1)。

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 2 km) 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

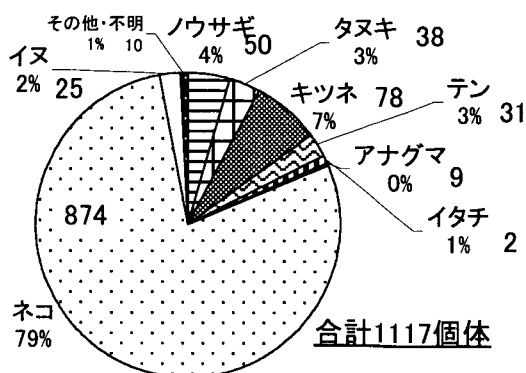


図2 動物種別横断施設利用状況

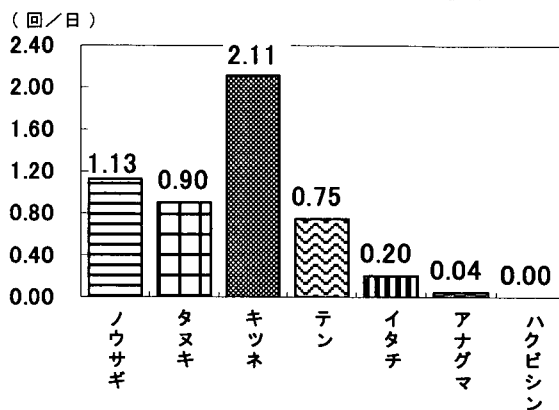


図3 調査区間・1日あたり通過数

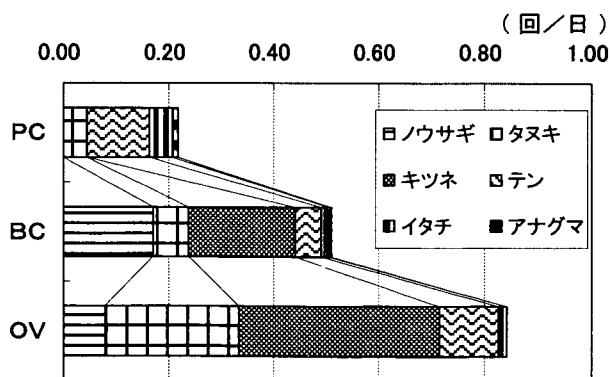


図4 構造別の1日あたり平均通過数

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: 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(雙連紀要素)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)	(常緑広葉樹林) 【マサキートベラ群集】 (夏緑広葉樹林) 【クサギアアカメガシワ群団】 (夏緑広葉樹林) 【オニシバリーコナラ群集】
暖温帯 (カシ帯) アカガシシー ラカシ群団	内陸部: 平野部から山地下部 (海拔 20m~900m)	(夏緑広葉樹林) 【クサギアアカメガシワ群団】 (夏緑広葉樹林) 【イヌシデーコナラ群団】 (常緑針葉樹林) 【ヤマツツジアカマツ群集】
冷温帯: スズカケブ ナ群団	山地下部から中部 (海拔 550m~1200 m)	(夏緑広葉樹林) 【ヨグソミナバリーアカシデ群落】 (常緑針葉樹林) 【ヤマツツジアカマツ群集】
	山地中部から上部 (海拔 800m~1500 m)	(夏緑広葉樹林) 【レンガツツジシラカンバ群集】 (夏緑広葉樹林) 【クリミズナラ群集】
亜寒帯: オオシラビソ 群団	山地上部 海拔 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

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) アカガシシー ラカシ群団	夏緑広葉樹林 【クサギアアカメガシワ群団】	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 【ヤマツツジアカマツ群集】	アカマツ、リョウブ、コナラ、ヤマハシノキ	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 【ボタンツルモミジイチゴ群団】		キブシ、コゴメウツギ、ニフトコ、イボタンノキ、ウツギ、ボタンツル、ヒメコウゾ
	先駆性低木林 【タニウツギヤシャブシオーダー】		ウツギ、キブシ

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

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	

カシ林域の抽出結果を表-3に示す。

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の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樣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 $\pm 2\sigma$ 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 $\pm 2\sigma$ 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。

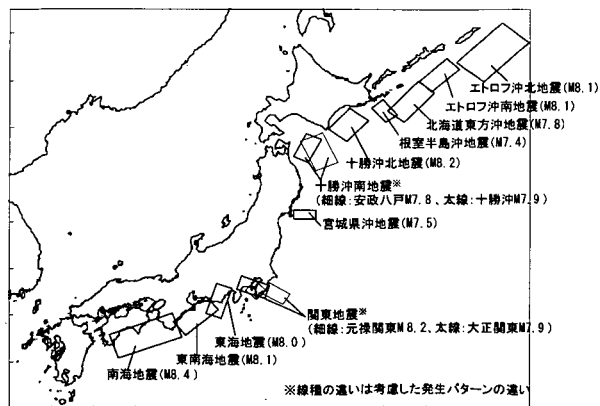
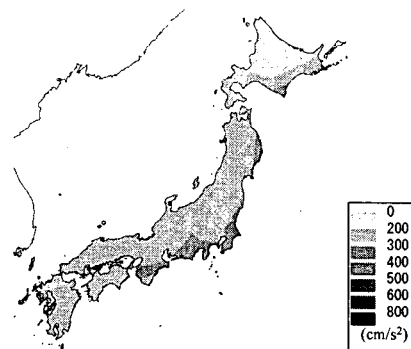


図-1 断層の幾何的な条件

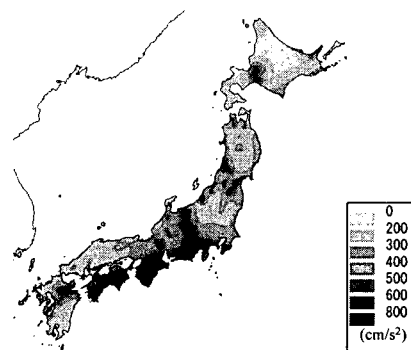
[研究成果]

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パ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。

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

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、履歴エネルギー吸収も小さくなり、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ー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。

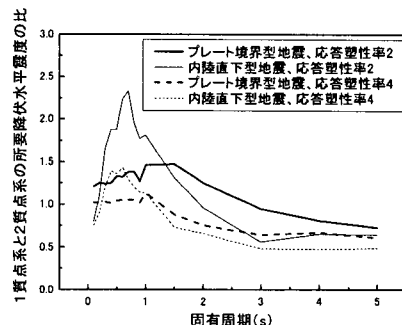


図-1 2質点系と1質点系の橋脚の所要降伏水平震度 (I種地盤における地震動入力の場合)

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

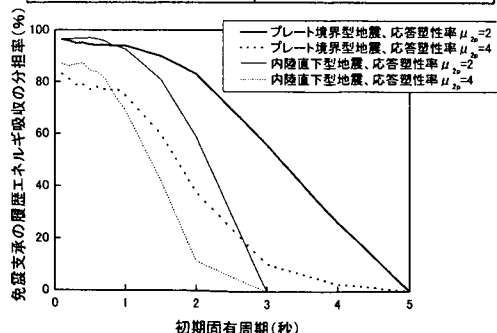


図-2 免震支承の履歴エネルギー吸収の分担率 (免震支承の履歴エネルギー吸収/免震支承と橋脚の履歴エネルギー吸収)

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 members

(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 members using nonlinear dynamic analysis. In this study, practical moment-curvature 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きている。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。

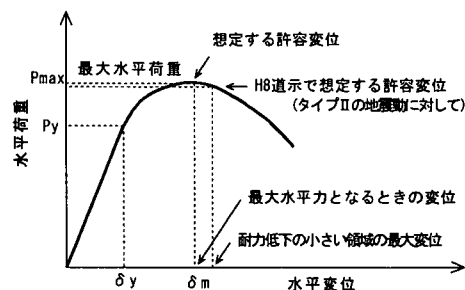


図-1 許容変位の考え方

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、 $P-\delta$ （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 $M-\phi$ （モーメント-曲率）および $\sigma-\epsilon$ （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、 $M-\phi$ 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。

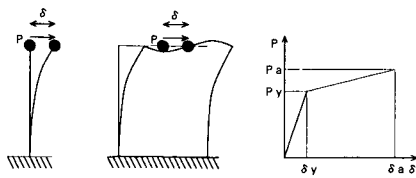


図-2 P- δ 関係

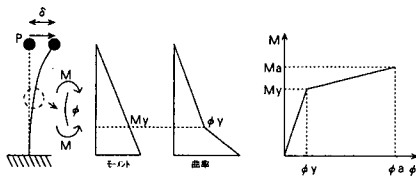


図-3 M- ϕ 関係

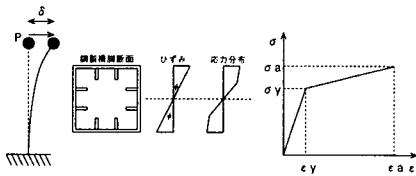


図-4 $\sigma-\epsilon$ 関係

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 $M-\phi$ 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。

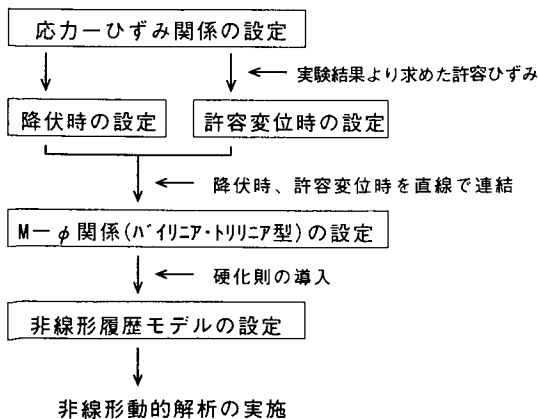


図-5 非線形履歴モデルの設定手順

- ・コンクリートを充填した鋼製部材の場合
 - 矩形断面： $\epsilon_a/\epsilon_y=20-25R_F$
 - 円形断面： $\epsilon_a/\epsilon_y=20-140R_t$
- ・コンクリートを充填しない鋼製部材の場合
 - 矩形断面： $\epsilon_a/\epsilon_y=7$
 - 円形断面： $\epsilon_a/\epsilon_y=5$

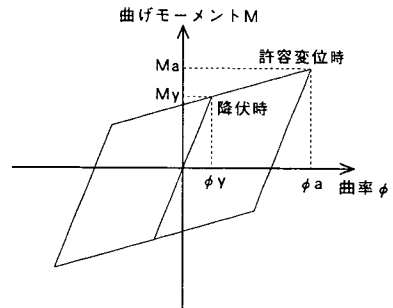


図-5 非線形履歴モデル (コンクリートを充填した場合)

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 $M-\phi$ 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た。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 $V_s=300$ (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 $V_s=280$ (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。

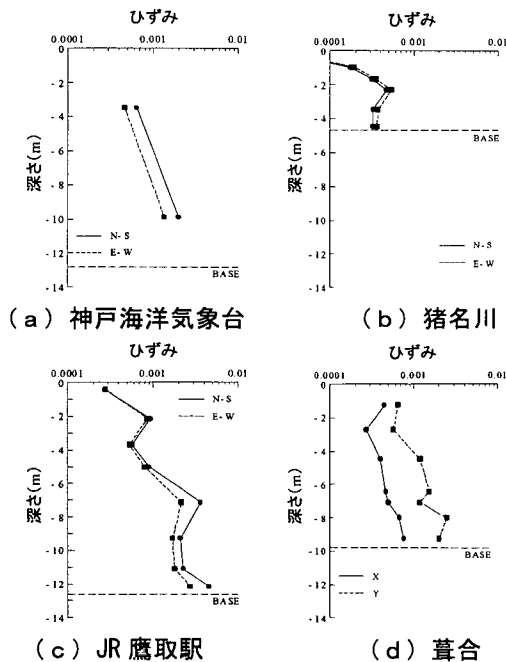


図-1 地盤のひずみ分布

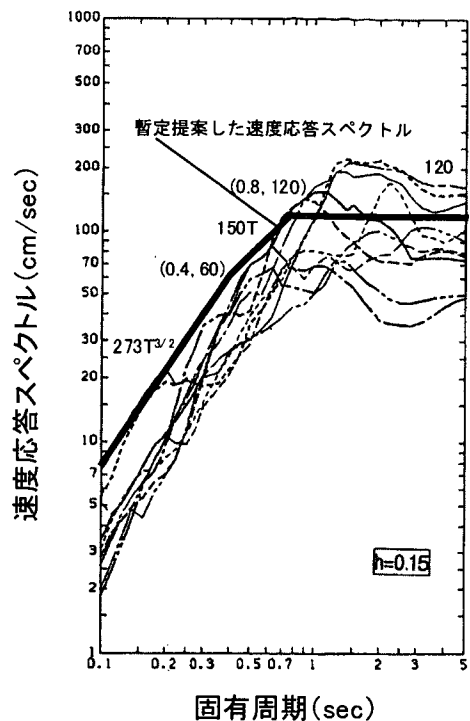


図-2 設定した速度応答スペクトル

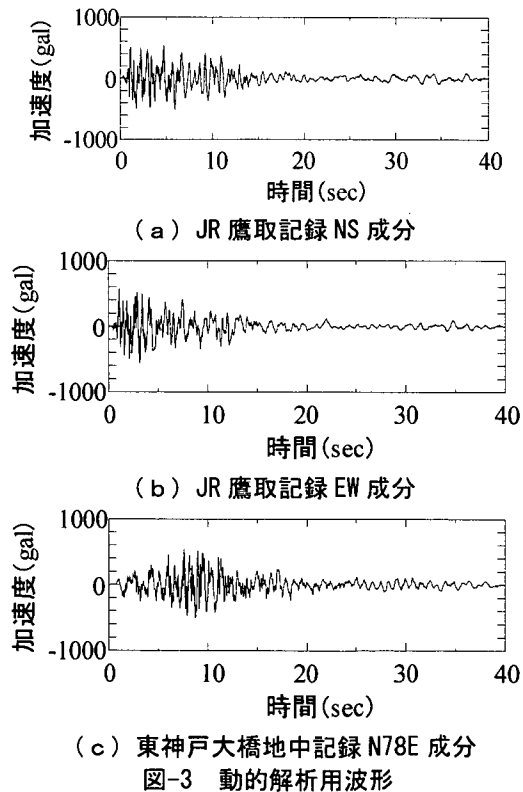


図-3 動的解析用波形

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。

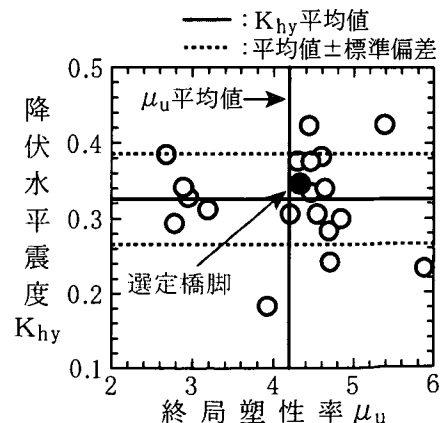


図-1 解析対象橋脚の選定例
(固有周期 0.6~0.7 秒)

(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。

【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。

【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。

表-1 解析で使した観測地震波

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・大阪ガス葛合供給所	148.19	804
II	内陸直下型	茨予地震・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

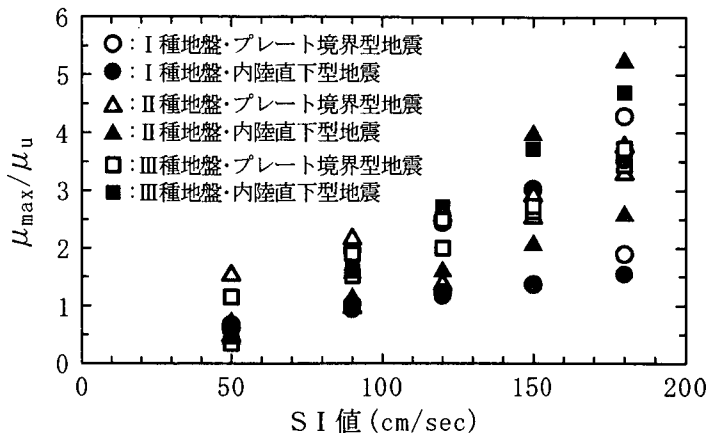


図-2 基準別 SI 値 - μ_{max}/μ_u

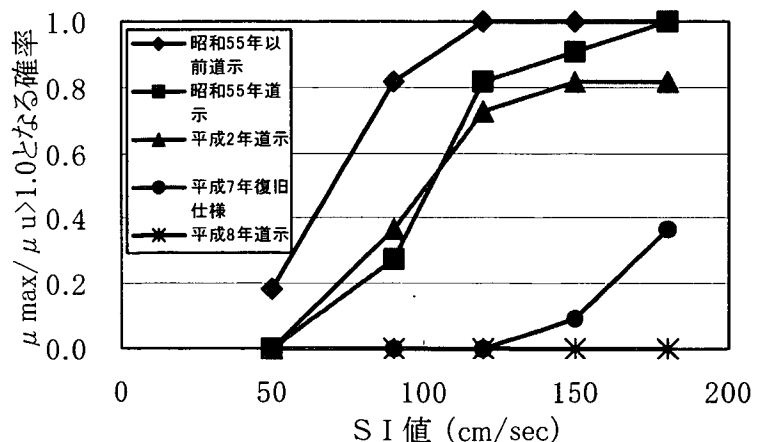


図-3 $\mu_{max}/\mu_u > 1.0$ となる確率

【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 interaction 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 caused 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。

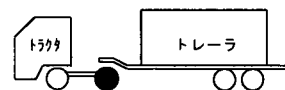
2. 試験方法

車両が橋梁各部に及ぼす動的影響については、国

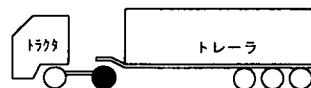
土技術政策総合研究所構内の試験橋梁（図-2に示す鋼単純鉸桁・支間30m）において実車走行試験を行

表-1 試験車両の種類

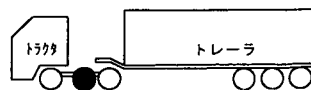
車両番号	トラクタ			トレーラ		積載条件
	軸数	サスペンション	軸重	軸数	サスペンション	
1	2	リーフサス	10t	2	リーフサス	24t
2	2	リーフサス	11.5t	3	リーフサス	30.48tフル
3	2	エアサス	11.5t	3	リーフサス	30.48tフル
4	2	リーフサス	10t	3	リーフサス	約30t
5	3	リーフサス	10t以下	3	リーフサス	30.48tフル



(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だけに大きく応答する(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)。

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。

[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。

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
主げた下フランジのたわみ	変位計	支間中央	鉛直
主げた下フランジのひずみ	ひずみゲージ	支間中央	橋軸
床版下面のひずみ	ひずみゲージ	入口・支間中央	橋軸直角・橋軸

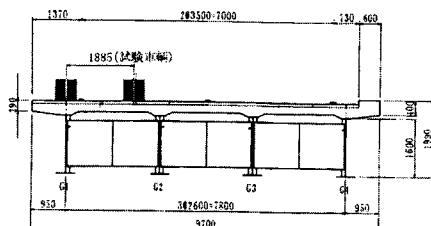


図-2 試験橋梁の断面図

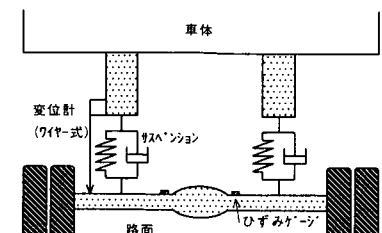
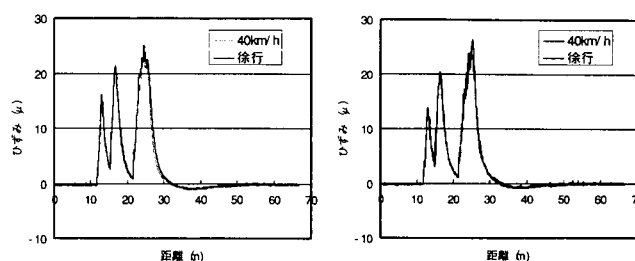


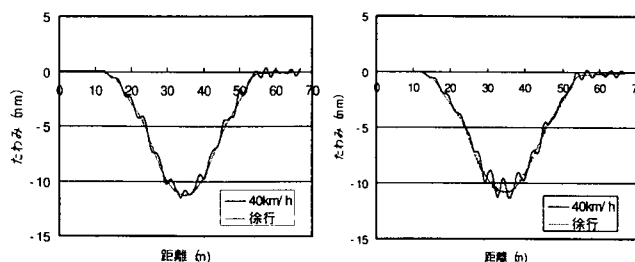
図-3 車両側における計測方法



(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)

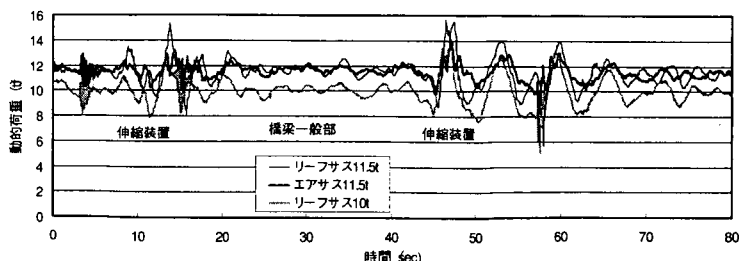


図-6 試験橋梁通過時の動的軸重の比較

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
Road Department Traffic Engineering Division

研究官 小林 賢太郎
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 freight 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。

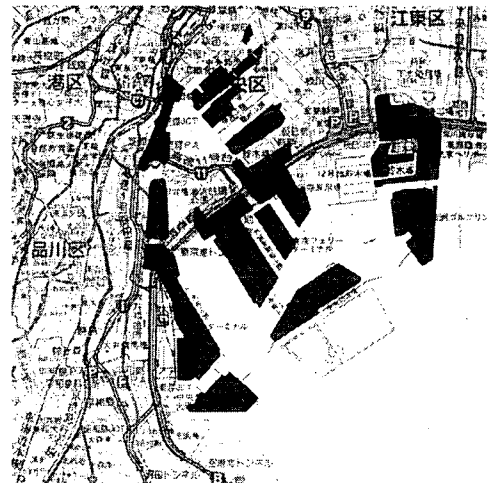


図 1 東京港湾発着 OD としたゾーン

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。

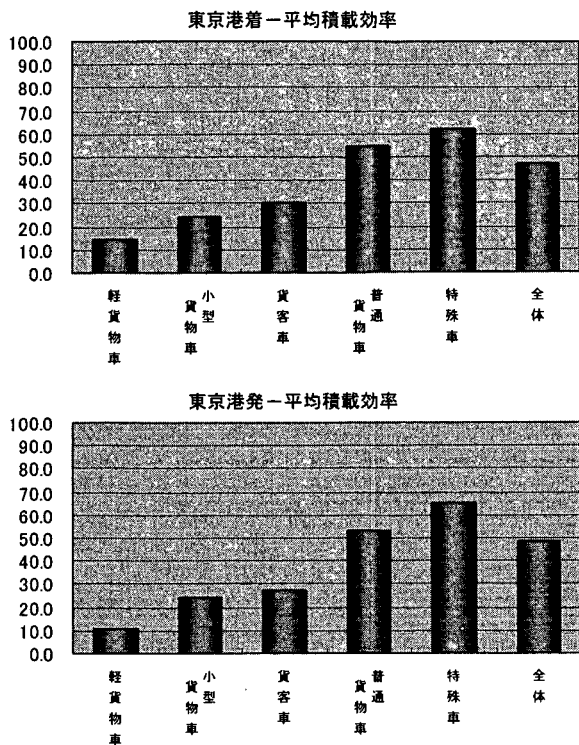


図2 東京港湾発着の平均積載率

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。

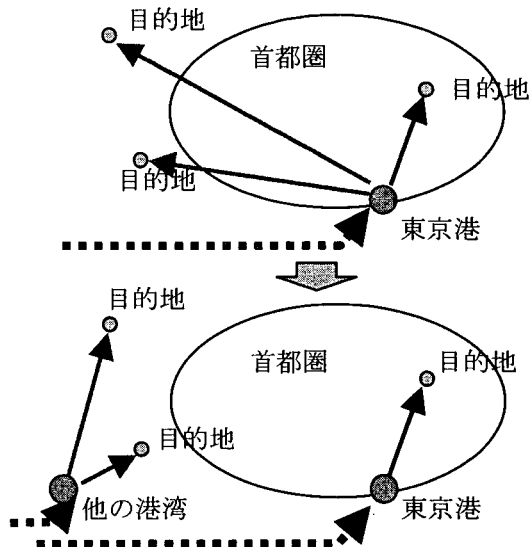


図3 利用港湾の転換

【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

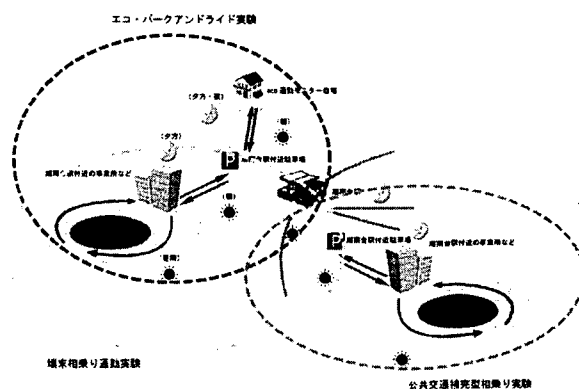


図-1 エコ・P&R概略図

(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 $U_c = 0$ 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

$$P = \frac{\exp(U_E)}{\exp(U_c) + \exp(U_E)} = \frac{\exp(U_E)}{1 + \exp(U_E)}$$

(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

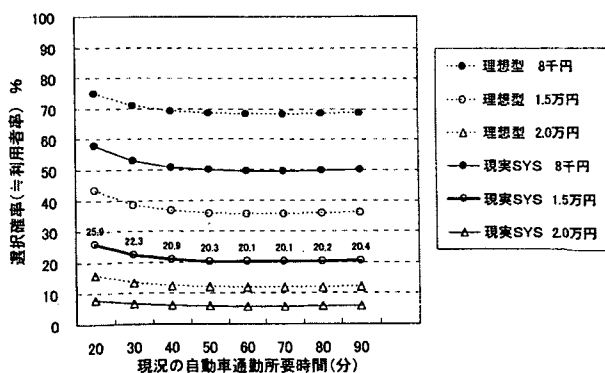


図-2 現在の自動車通勤とイグレス型エコ・P&R 利用率との関係

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

システムの利用条件	単位	理想型と現実型の間中型		現実型
		0.8万円	1.5万円	
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

Road Department, Traffic Engineering Division, Head

室長 瀬尾 卓也

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 Davies 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。

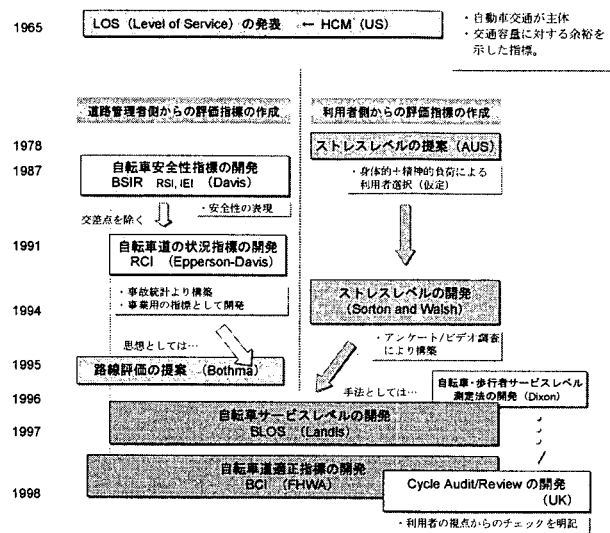


図-1 自転車交通のサービス水準に関する検討の系譜

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	通勤・通学 (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的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

Road Department, Traffic Engineering Division, Head

室長 瀬尾 卓也

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。

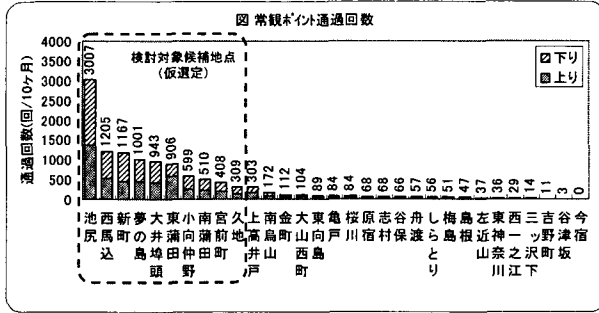


図-1 プロブカーの通過回数

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。

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

②アクセレーションノイズ (a_i^2)：

単位時間に計測された加減速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 におけるアクセレーションノイズは、時刻 t にお

る加減速度 $a(t)$ と T 時間内における平均加減速度 \bar{a} を用いて、以下の式で表される。

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

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 ($5m/s^2 \approx 18km/h/秒$) を考慮して $\alpha = 20km/h/秒$ 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。

$$\text{事故率} = \text{事故件数} \div (l \times q \times 3 \text{ 年})$$

$$\text{事故密度} = \text{事故件数} \div l$$

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。

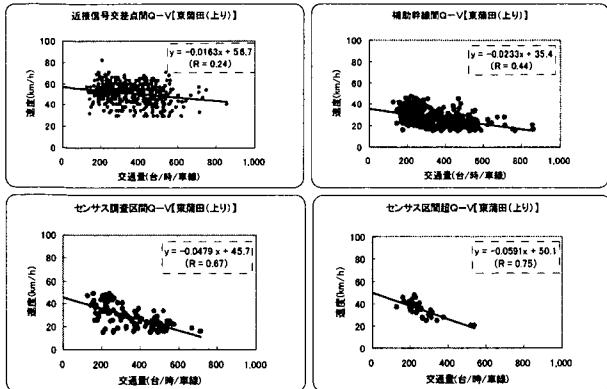


図-2 Q-V 相関の例 (一般国道 15 号 : 東蒲田)

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。

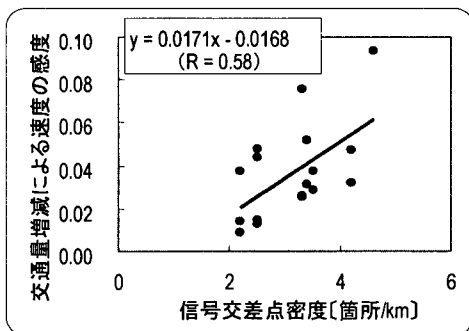


図-3 信号交差点密度と交通量増減による速度の感度

なお、Q-V 特性に影響を与えると思われる要因には、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。

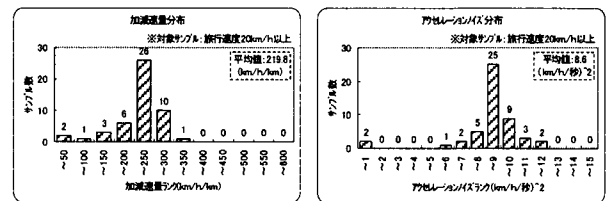


図-4 加減速指標の算出結果

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。

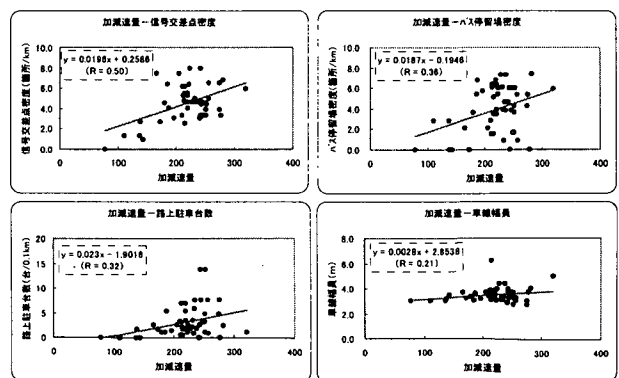


図-5 加減速量と道路交通状況との相関

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。

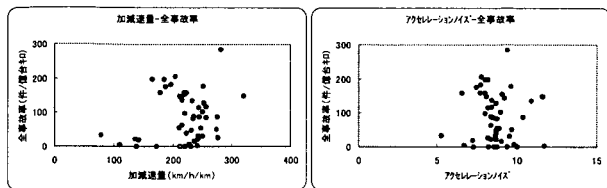


図-6 加減速指標と事故率との相関

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。

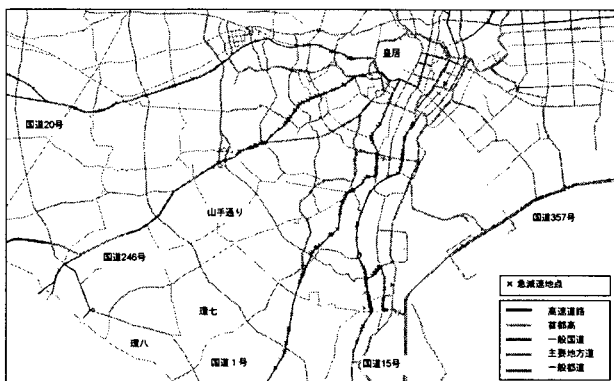


図-7 抽出された急減速地点

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②)
- ③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。)

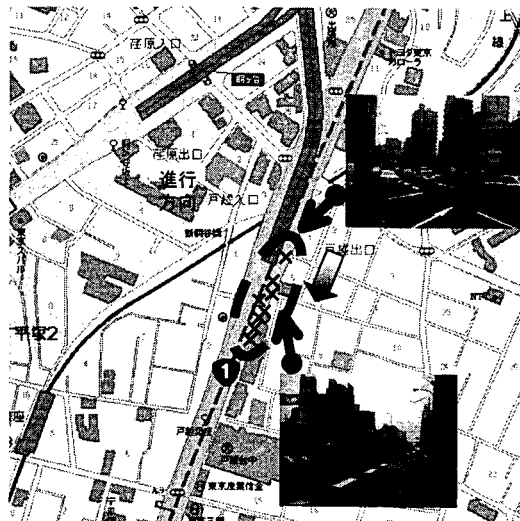


図-8 急減速多発地点(戸越:一般国道1号)

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

室 長 岩田 司
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
Road Department, Advanced Road Design and Safety Division

室 長 森 望
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。

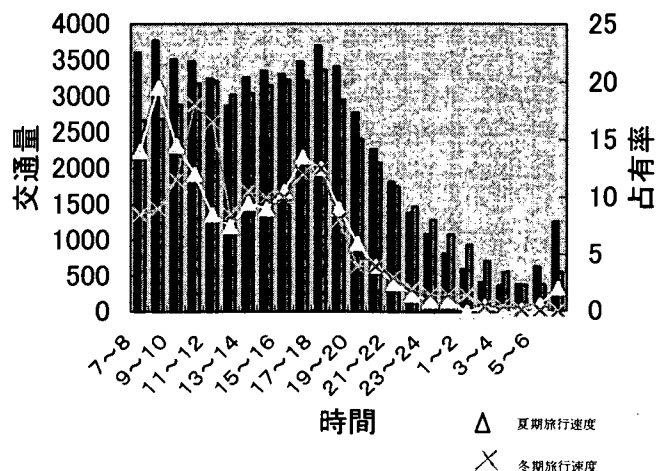
- ・ 管理水準及び指標については、常に一定水準を確保するため、常時計測できる指標とする。
- ・ 指標の選定にあたっては、道路利用者が理解しやすい指標を選定する。

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。(図一 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



図一 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。

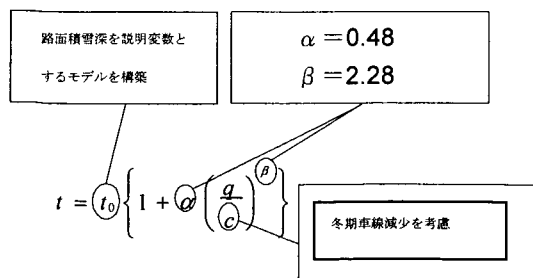
(2) 二次解析（クロス解析）

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。



t: 旅行時間

t₀: 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)」)

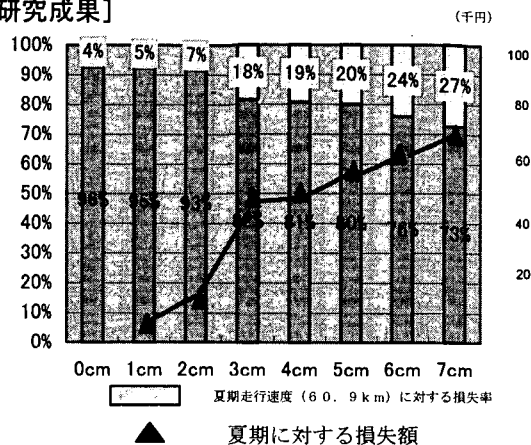
*t₀の算定(冬期の走行速度の変化要因を考慮)

$$t_0 = \alpha + \beta 1 \cdot h_{\text{snow}} + \beta 2 \cdot T_{\text{road}}$$

+ β 3 · Dh (t₀: 自由旅行時間、h_{snow}: 路面積雪深、

T_{road}: 路面温度、Dh: 路面積雪深 3cm 以上(ミ)

[研究成果]



図一2 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。(図一2参照)

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мум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 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 keep the service level of road network, it is important to reduce Life-Cycle-Cost of highway bridges, Bridge Division have already proposed Minimum-Maintenance (MM) Bridge that aims longest life-span with minimum maintenance. 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 calculating 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мум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。

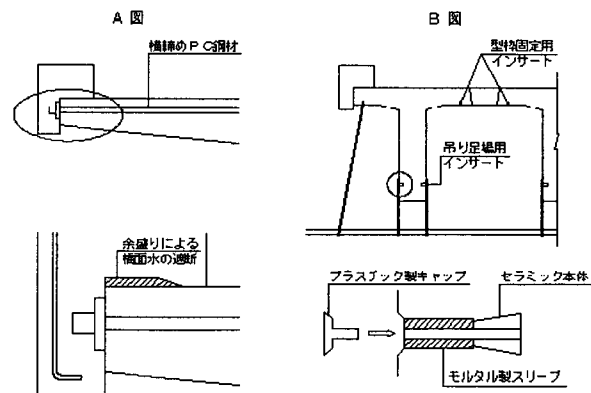


図-1 耐久性を考慮した細部構造例

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、充填不良を起さ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	・コンクリート塗膜 ・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 ・鉄筋のプレハブ比
	・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

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。

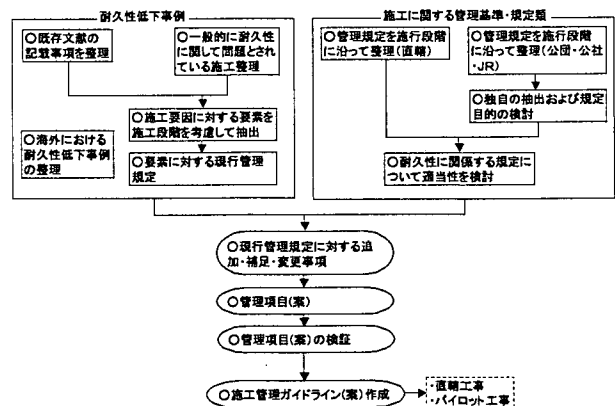


図 1. 研究フロー

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

選り出し、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	構造物の形態として種類形式、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. 耐久性劣化の要因	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転記する。	

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。さらにこ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とり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)	
	本州四国連絡橋公団	土木工事共通仕様書(H12.11)	
公社	名古屋高速道路公社	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(S82.4)		

表4. 整理表の様式

管理規定項目	土木工事共通仕様書... 規定 規定項目	土木工事共通仕様書... 規定 規定項目	一般的管 理状況	一般の強 状状況	目的	留意項目	備考
コンクリート工 運搬							

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バランスが悪い」、「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バランスなど我が国に無い考え方をっており、これらを我が国に適用した場合、快適でバ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

ドイツ、イギリス、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グ、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。

- ・ドイツ：RAS-N、EAE、EAHV
- ・イギリス：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、都市計画道路整備プログラム策定マニュアル

2. 計画手法の相違

ドイツの道路の階層化・機能分類を表-1に示す。道路

表-1 ド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			
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	
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
 ■：問題有 ■■■：特に問題有 ■■■■：該当せず

表-2 道路カテゴリに基づく道路区間の表現

道路カテゴリ	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	

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

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、モビリティ/アクセシビリティを考慮して機能分類が行われている。これらは、日本では具体的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

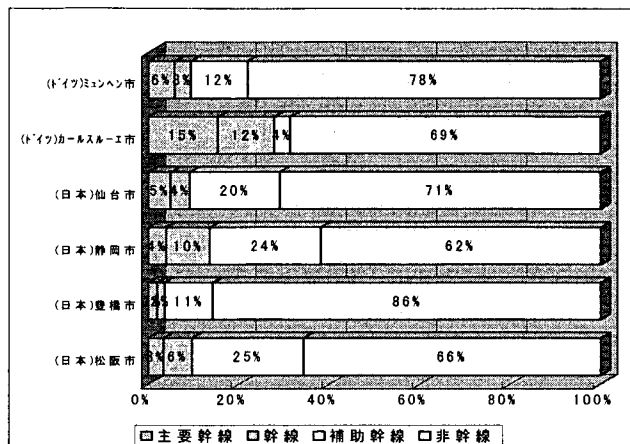


図-1 機能分類別延長構成比の比較

機能分類別延長構成比の比較を図-1に示す。入手できたデ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。
- ・ドイツは機能分類されていない道路を非幹線とした。
- ・日本は機能分類されていない道路は、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、ドイツの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。

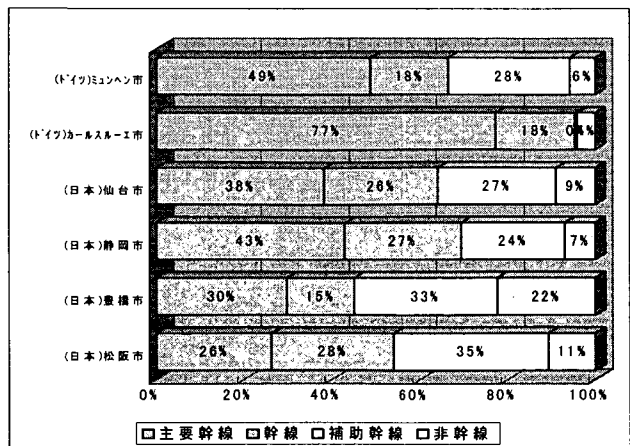


図-2 機能分類別走行台キロの比較

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。

全体的にド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。ド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。

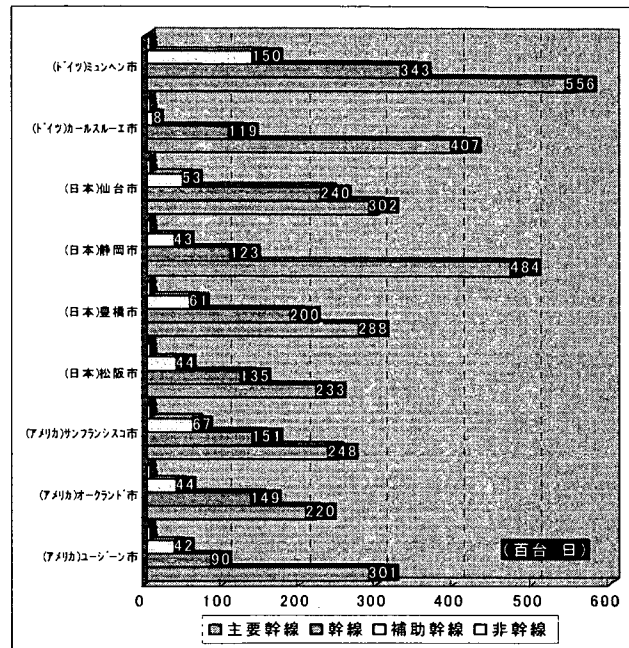


図-3 機能分類別平均交通量の比較

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 ド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データに制約があり、デ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わ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いく必要がある。

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

Road Department Advanced Road Design and Safety Division

室長 森 望

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)。

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-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。

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	0.652	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	0.542	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
暖かみを感じ	0.119	0.226	0.275	0.602
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。

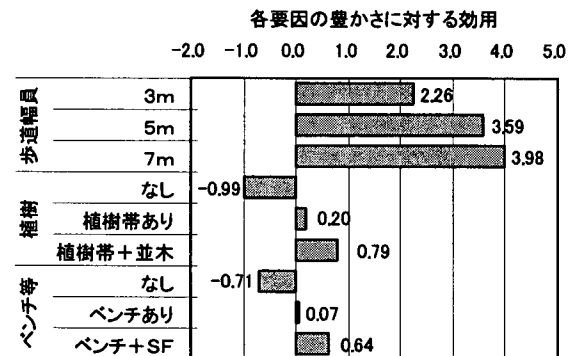


図-2 各要因の効用

〔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

Road Department Advanced Road Design and Safety Division

室長 森 望

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箇所を指摘となった。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

圏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。

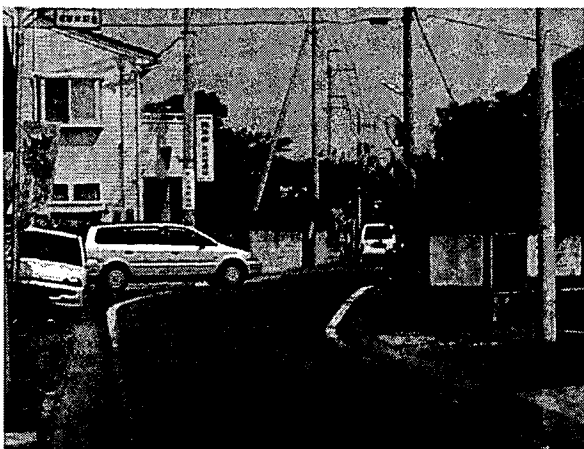
つくば市域を5つの地区（桜、豊里、大穂、谷田部、筑波）に分割し、高齢者の居住地区と危険事象地点との関係を見ると、危険事象の概ね6~7割が高齢者の居住地区内で発生していた。これは、高齢者の活動範囲が自宅周辺を中心としているためであろうが、それと同時に、高齢者は自宅周辺で危険事象に遭っていることがわかる。

(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



写真・1 危険事象箇所の状況

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。

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

Road Department Advanced Road Design and Safety Division

室長 森 望

Head Nozomu Mori

主任研究官 高宮 進

Senior Researcher Susumu Takamiya

In recent 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ある場合などがあり、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伴っ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	<p>「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」</p> <p>(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</p>	<ul style="list-style-type: none"> 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に改築し、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	<p>「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」</p> <p>(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</p>	<ul style="list-style-type: none"> 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	<p>「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」</p> <p>(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)</p>	<ul style="list-style-type: none"> 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。

○ドイツ・ヘネフ市における事例

<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 歩行者横断を考慮した中央帯

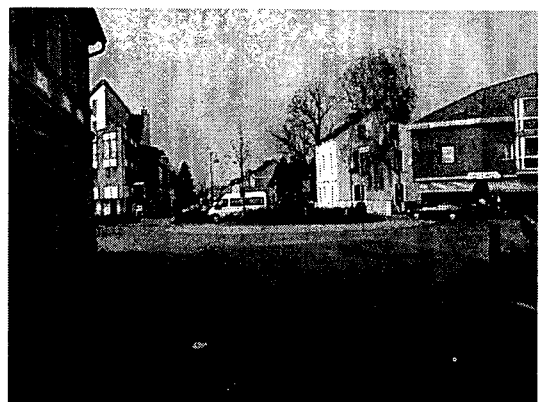


写真-2 市街部入口を明示するロータリー
(写真-1)。

- ・ 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）。

【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ともに、これらを取りまとめ、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金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,CO₂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、税金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 各海峽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おりまとめ

効果項目 課題 海プロジェクト名	道路利用効果			直接効果			間接効果			結果			
	交通需要削減 (消費乗法)	CVM	定性的 記述	環境効果		CVM	住民生活効果		地域・量・ 一般モータル	定性的記述	地域・量・ 一般モータル	地域・量・ 一般モータル	ヘッドニック アプローチ
				交通需要 予測モータル	交通需要 予測モータル		消費者乗法	消費者乗法					
東京湾口	● 走行時間短縮 走行費用減少 交乗乗法減少	×	-	● (NOx, 騒音, CO2)	×	● 消費者乗法 (リダンダンシン)	×	● (交流機会の増大)	● (土地利用総合的) 生産額、雇員所得、 消費、税金等	×	● 生産額、世帯数、 地代、税金、 財サービス価格 等	×	×
伊勢湾口	● (走行快適性向上)	● (定時性向上)	-	● (NOx, CO2, CO)	● 緊急施設へのアクセス 地域インテグレイ	● (リダンダンシン)	×	×	● (就業人口、雇員所得、生産額、消費、地価、税金等)	●	●	●	● (資産価値増)
紀伊海峡		×	-	×	×	● (リダンダンシン)	● 生活行動変化 交通機会の増大	×	● 生産額、雇員所得、 税金、財サービス価格 等	×	●	×	×
豊予海峡		×	-	● (NOx, CO2)	×	×	● 通勤・通学行動変化 観光圏域拡大 総合的効果増大 交通機会の増大	×	● 生産額、 財サービス価格 労働需要等	×	●	×	×
関門海峡		×	-	×	×	×	● リダンダンシン向上 通勤・通学行動変化 観光圏域拡大 生活行動変化 交通機会の増大	● 生産額、 雇員所得、消費等	×	×	×	×	×
島原天草長島		×	-	×	×	×							

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〕

海峡横断道路プロジ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「オープングレチング」（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「グレチング」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「グレチング」の構造

橋長16.3m、幅員5.0mの2橋（亜鉛メッキタイプと塗装を施したタイプ）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。

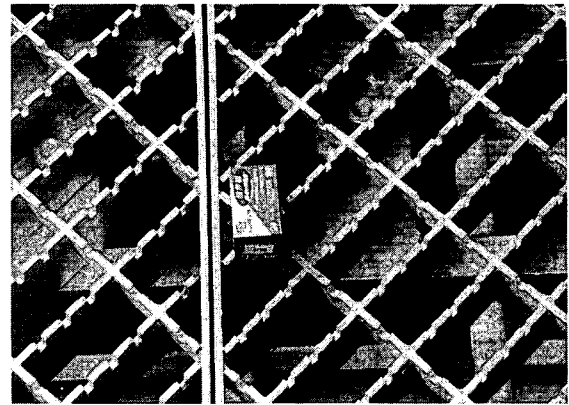


写真-1 オープングレチングの形状

（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 オープングレチング表面の積雪状況（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、路面上にはグレーチング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、グレーチング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 面ではグレーチング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

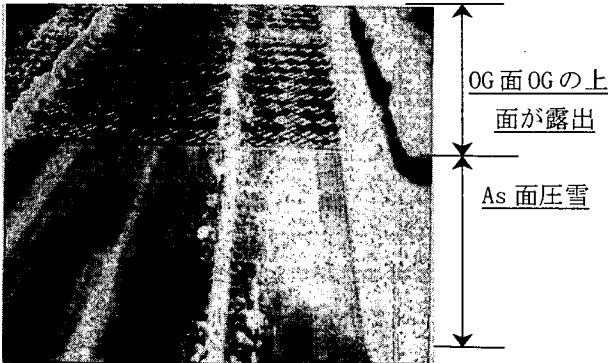


写真-4 走行試験後の状況

(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、道路構造令に使用さ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。

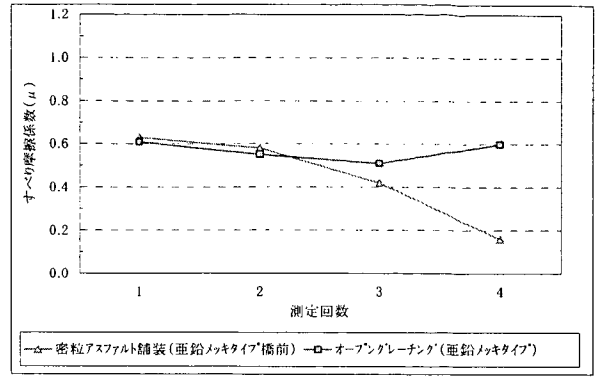


図-1 積雪状態の縦すべり摩擦係数比較

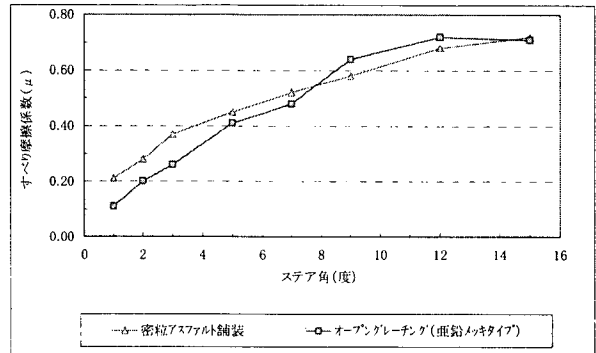


図-2 積雪状態の横すべり摩擦係数比較

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、値のバ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グレーチングの基本となる構造・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、グレーチング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, オープングレーチング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わ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変化が異なる。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多い領域）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/s²]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/s²]、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。

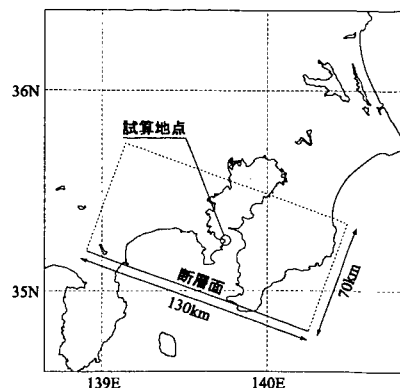


図-1 対象地震の断層面と観音崎の位置

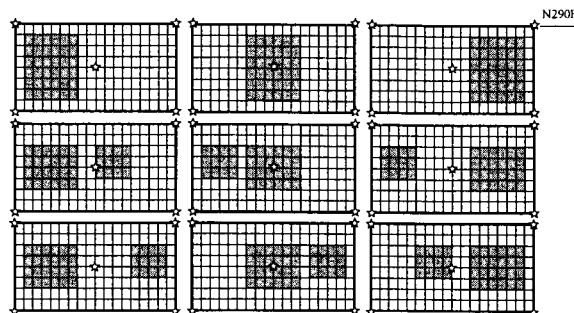


図-2 アスペリティ位置を変更した断層モデル (☆:破壊開始点)

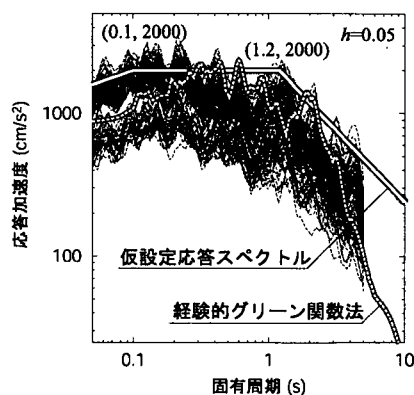


図-3 試算結果とそれをもとに仮設定した動的解析用入力地震動の加速度応答スペクトル

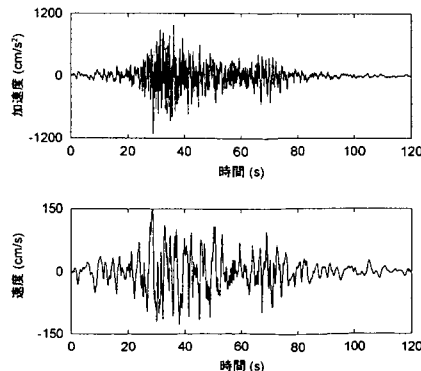


図-4 動的応答解析用入力地震動の暫定案

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

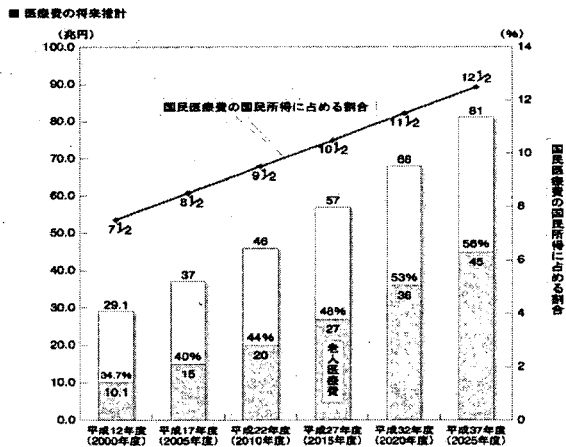
(研究機関 平成13~15年度)

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にするかが、我が国の重要な課題である。



(注) 1. 平成12年度は平成12年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直し」に用いられた医療費であり、以下の説明をもとに推計したものである。
① 国民の人口→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)」の中世推計
② 医療費の伸び→前年度1人あ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5%増減)
③ 介護費用増減推計1人あたり医療費→平成10年度医療費増減率に基づいた推計値
④ 国民の伸び率→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、健康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問わず、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)								
	名称	暦年			8	9	10	11	12	13	8	9	10	11	12	13		
神奈川	横須賀市	434	160	7	7	7	8	8	6	2	6	3	6	3	6	3	-	
	藤沢市	378	14.6	8	8	8	9	9	4	5	4	5	4	4	5	4	4	
	相模原市	597	20.0	8	10	11	11	11	5	1	4	9	5	0	5	1	5	0
	津久井広域	75	2.5	3	3	4	4	4	8	6	8	7	8	4	8	3	8	3
茨城	鹿島南郡	149	3.9	5	5	5	6	6	6	6	4	7	2	7	7	7	4	7
	鹿行広域	127	3.4	6	6	6	6	7	8	8	6	6	8	5	8	5	8	0
奈良	吉野広域	20	0.9	4	3	3	4	4	4	1	2	8	13	0	14	4	13	13
	四日市市	288	8.0	7	7	7	7	8	8	7	1	7	0	7	0	7	0	6
三重	伊賀北部	89	2.6	4	4	4	4	5	5	6	8	5	7	5	6	5	4	5

*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。

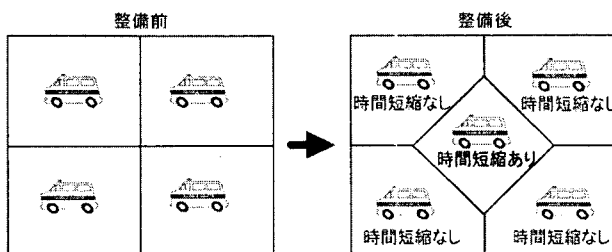
(1) 費用の算出

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っている(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らず、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カ所] 休日等歯科診療所 [47カ所] 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カ所] 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(広範囲救急、指技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カ所] (うち高度救命救急センター) [12カ所]

出展:『国民生活の動向』2001, 1995財団法人厚生総研協会『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/箇所・年

二次救急医療機関=3.1億円/箇所・年

となった。また、市場の全体規模は、

三次救急=26.7億円/箇所・年×158箇所=4,200億円/年

二次救急=3.1億円/箇所・年×606箇所=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。

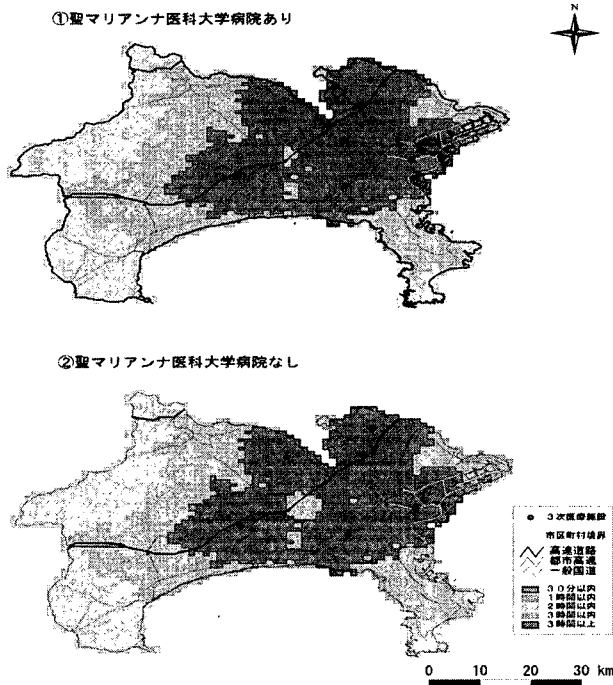
(2)効果の把握

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）



(3)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。

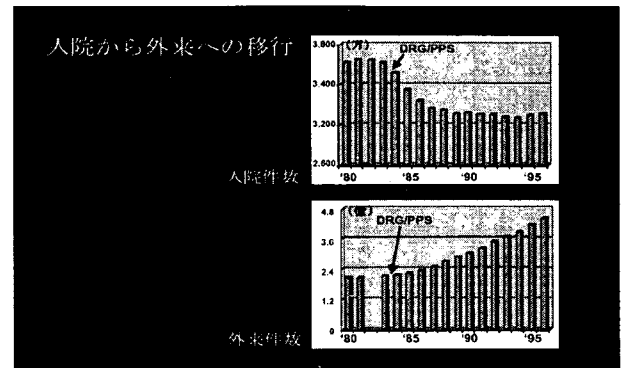
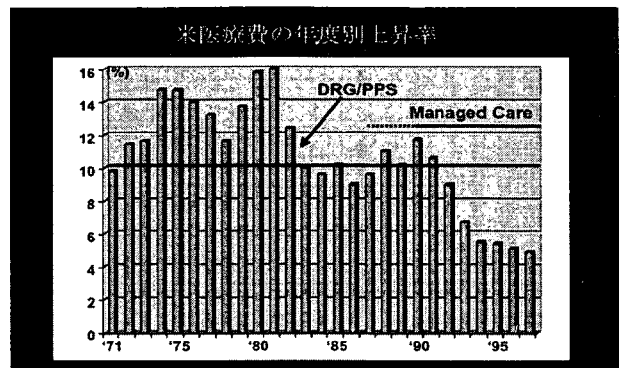
このことから、救急医療機関へのアクセス時間を短縮する道路については、交通量にかかわり無く、上記の原単位を用いることができる。

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の制度が導入されたが、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、これらを押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

*JP 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を変更している

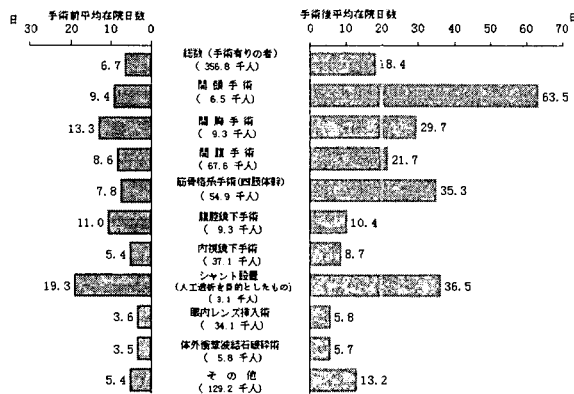
急性期・慢性期の機能分化の進展やDRG/PPSの導入等が行われると、我が国でも本格的な普及が予想される。

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（それによりリスクが少ない） 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・ストレスが少ない 医療費が少ない。
デ メ リ ット	適応疾患に限られる。 患者の状態によっては向きでない。 出血等の対応のために、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 手術名別に見た手術前・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シヤント設置術の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。

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十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

Road Department, Advanced Road Design and Safety Division

室長 森 望

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 Northamptonshire 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、これをシステム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、これはは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必要なものがある。
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らざるべきではない。
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。

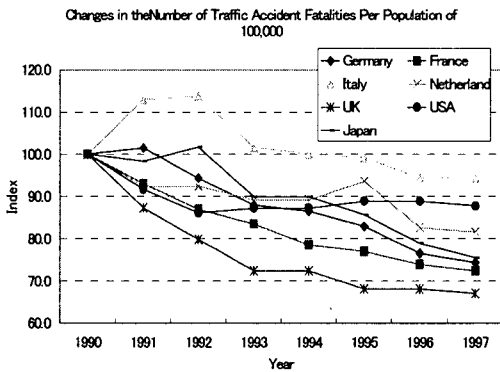


図-1 人口 10 万人当たりの事故死者数の各国別推移 (1990 年を 100 とした場合の指数) ⁶⁾

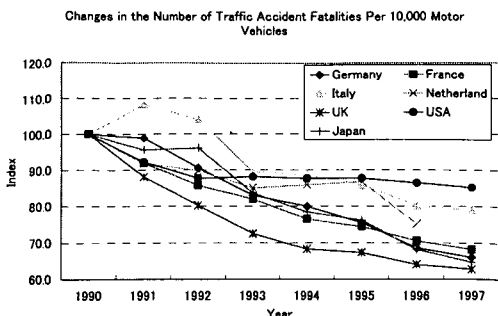


図-2 自動車 1 万台当たりの事故死者数の各国別推移 (1990 年を 100 とした場合の指数) ⁶⁾

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ため、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、かつ第三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た一方、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ようである。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ようである。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訴訟の焦点になると考えているようである。

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の特徴である。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	<ul style="list-style-type: none"> ・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	<ul style="list-style-type: none"> ・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	<ul style="list-style-type: none"> ・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	<ul style="list-style-type: none"> ・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)	<ul style="list-style-type: none"> ・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

方式	評価項目		
	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	○	×	△
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。

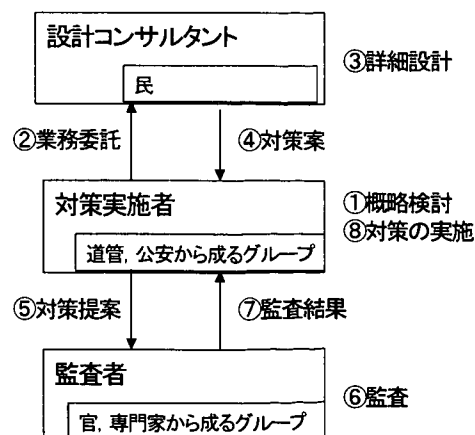


図-3 道路安全監査の手順(案)

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	避難経路、救急経路、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	都市施設の収容	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	ポエケーション空間(会話、祭り、イベント) 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。

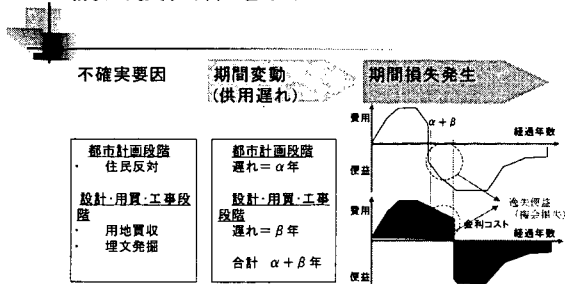
[研究成果]

(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	対応財 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

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 コミュニケーション便益 バリアフリー便益 危険回避便益解消便益	1.5 7.4 1.0 9.8		
b. 車道の改良の便益	時間便益 走行便益 事故便益	68.4 1.6 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 救急医療便益	4.5 1.5		
f. 合計	b 除きの(便益計)	105.4 (33.6)	62.4	1.69 (0.54)

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。

[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～平成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 collide 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 <math>< 196\text{m/s}^2</math> ○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			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
	車両質量	衝突速度	オフセット量				
1	1トン	80km/h	左側50cm	120m/s ²	確保	正常	大
2		100km/h		142m/s ²	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 10~12m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。

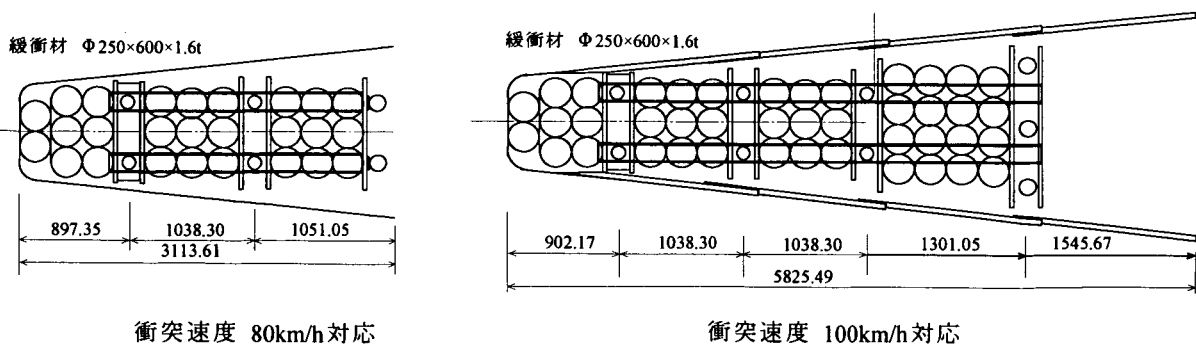


図-1 開発した緩衝構造(平面構造)

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
Road Department Traffic Engineering Division

主任研究官 水上幹之
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。

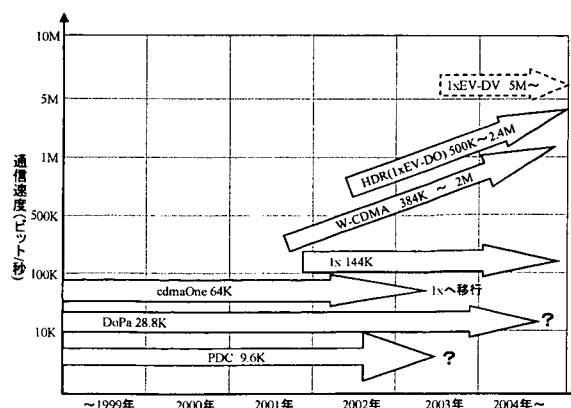
[研究内容]

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

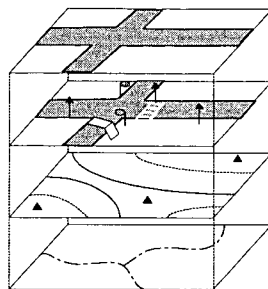
現行の航空写真測量は、フィルムによる空撮がベースとなっている。この方式を取ると、デジタル化までに各工程を踏まなければならない、コストや時間がかかる。そこで、空撮のデジタル化が期待されているが、現行では、フィルム並の精度が出せるシステムが開発・構築されていない状況にある。そこで、開発中のデジタルセンサを用いて、精度検証を試みた。結果は、標準偏差で、縦10.9cm、横11.9cm、高さ16.4cmと精度的には、従来の写真測量並の精度が一応得られたが、マッピングを実施するシステムの内、ソフトが未完成であることや、空撮を行うヘリコプター経費が飛行機の撮影よりもかかる点が主要原因となって、航空写真にかか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

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立体交差点

立体交差点は、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点は河川区域とする）。

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り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。

建設コストの構造分析とコスト削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、コスト削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、コスト削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、コスト削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。

[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	橋梁製作工	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	シート	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

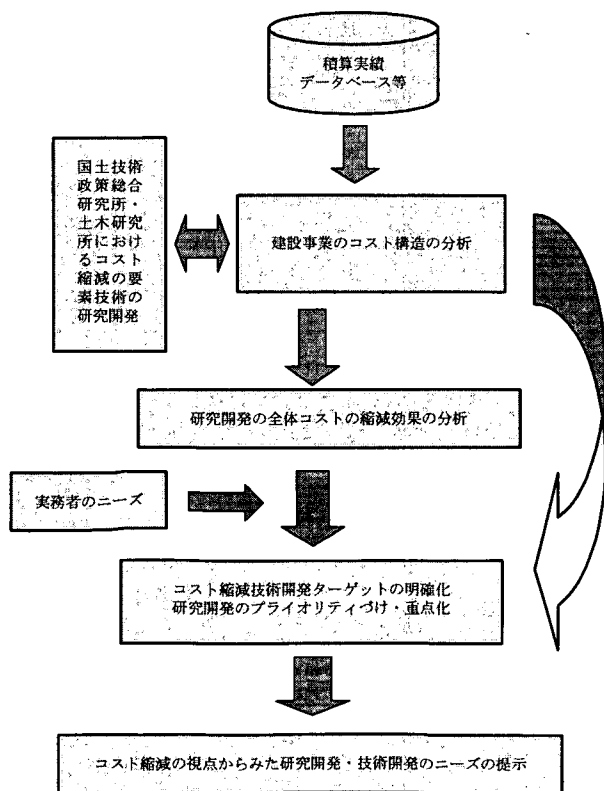


図 1 研究全体フロー

種の金額シェアが高く、このような工種に対して、コスト削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削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 (レベル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(%)	新技術分野	新技術開発件数						公共機関 採用件数
					工法	機械	材料	製品	労務	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

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削減技術開発が、全体コストの削減に効果的である。

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削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削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、今後のコスト削減技術に対しては、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削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削減効果の試算 第19回建設マネジ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削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削減が図られるとともに、事業全体においてもコスト削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。	<ul style="list-style-type: none"> 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
Road Department Traffic Engineering Division

主任研究官 水上幹之
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ン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。

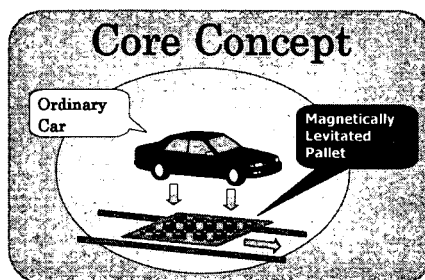
現在の自動車・道路交通システムは、陸上交通の主役であるとともに大変便利なシステムではあるが、反面、交通渋滞や交通事故、環境問題、増大する維持管理コスト、近い将来枯渇が予想される化石燃料といった諸課題を抱えているのも事実である。こうした諸課題を抜本的に解決していくためには、従来の延長線上の研究開発だけでなく、交通の原点に却って、異分野の先端技術開発等も視野に入れながら、グローバルな視野に立ち、コンセプト・レベルからの研究開発を鋭意行っていくことが重要である。

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・グラフィッ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



図一1 磁気浮上道路のコア・コンセプト例

問題や渋滞・交通事故など、諸課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。

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一1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、システムの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、フロントウィンドウ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ASCE2001.7
- 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。

