

ISSN 1346-7328

国総研資料 第858号

平成 27 年 9 月

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of

National Institute for Land and Infrastructure Management

No.858

September 2015

平成 26 年度

道路調査費等年度報告

Annual Report of Road-related Research

in FY 2014

国土交通省 国土技術政策総合研究所

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

平成 26 年度
道路調査費等年度報告

Annual Report of Road-related Research in FY 2014

概 要

本報告は、国土技術政策総合研究所において平成 26 年度に実施した道路調査費、地域連携道路事業費に関する調査・研究の結果をとりまとめたものである。

キーワード：道路調査費、地域連携道路事業費、年度報告、平成 26 年度

Synopsis

This report contains the results of the road-related research carried out by NILIM in FY 2014.

Keywords : Road-related Research, Annual Report, Fiscal Year of 2014

ま え が き

本報告は、国土交通省国土技術政策総合研究所において、平成26年度に実施した道路関係調査研究の結果をとりまとめたものである。この道路関係調査研究には、「道路調査費」による試験研究及び「地域連携道路事業費」による試験調査がある。

「道路調査費」による試験研究課題については、行政ニーズに対応して設定された次に示す10の「政策領域」において研究に取り組んでおり、本報告ではこの領域毎に整理している。

- 領域1 新たな行政システムの創造
- 領域2 経済・生活に活力を生む道路ネットワークを形成し、有効活用を図る
- 領域3 新たな情報サービスを創造し、利用者の満足度を向上させる
- 領域4 コスト構造を改革し、道路資産を効率的に形成する（つくる）
- 領域5 美しい景観と快適で質の高い道空間を創出する
- 領域6 交通事故等から命を守る
- 領域7 災害時における対応をスピーディかつ的確に支援する
- 領域8 大切な道路資産を科学的に保全する
- 領域9 沿道環境を改善し、良好な生活環境を創造する
- 領域10 自然環境、地球環境を保全する

また、「地域連携道路事業費」による試験調査については、各地方整備局等からの依頼により実施しており、担当研究室ごとにまとめている。

平成27年9月

道路交通研究部長
道路構造物研究部長

伊藤 正秀
真下 英人

平成 26 年度 道路調査費等年度報告

目 次

道路調査費

1. 領域 1：新たな行政システムの創造

- ・ 新たな道路交通調査に関する研究 (道 路 研 究 室) … 2
- ・ ICT 技術を活用した OD 把握手法に関する調査 (道 路 研 究 室) … 4
- ・ 常時観測データ収集の高度化・効率化に関する調査 (道 路 研 究 室) … 6
- ・ 交通円滑化施策における要因分析・対策立案の支援策に関する研究 (道 路 研 究 室) … 8
- ・ 道路交通調査プラットフォームに関する検討 (道路研究室・メンテナンス情報基盤研究室) … 10
- ・ 道路整備の経済効果把握手法の比較調査 (建 設 経 済 研 究 室) … 12

2. 領域 2：経済・生活に活力を生む道路ネットワークを形成し、有効活用を図る

- ・ 道路幾何構造基準の柔軟な設定等による効率的な道路機能向上策の検討 (道 路 研 究 室) … 14
- ・ 道路事業の実施効果の推計方法に関する検討 (道 路 研 究 室) … 16
- ・ 地域活性化の効果の計測に向けた調査 (建 設 経 済 研 究 室) … 18

3. 領域 3：新たな情報サービスを創造し、利用者の満足度を向上させる

- ・ 路車間連携による交通円滑化システムの導入に向けた効果検証に関する研究 (高度道路交通システム研究室) … 20
- ・ ITS スポットサービスの技術的課題に関する調査検討 (高度道路交通システム研究室) … 22
- ・ 新たな通信技術を活用した協調 ITS に関する研究開発 (高度道路交通システム研究室) … 24
- ・ 新たなモビリティに対応する道路交通システムの技術的課題調査 (高度道路交通システム研究室) … 26
- ・ プローブ情報の道路交通管理への活用に関する検討 (高度道路交通システム研究室) … 28
- ・ ITS スポットシステムを用いた大型車両走行状況分析方法に関する検討 (高度道路交通システム研究室) … 30
- ・ ITS を活用した特定の車両への走行支援に関する検討 (高度道路交通システム研究室) … 32
- ・ 画像情報を用いた道路管理の効率化に関する適用性検討 (高度道路交通システム研究室) … 34
- ・ 路車連携による安全運転支援システムの実用化に向けた検討 (高度道路交通システム研究室) … 36
- ・ 高齢者等歩行者の安全対策に資する技術の適用性検討 (高度道路交通システム研究室) … 38
- ・ 災害時の情報提供手法の検討 (高度道路交通システム研究室・国土防災研究室) … 40
- ・ プローブ情報等を活用する交通シミュレーション共通基盤に関する研究 (高度道路交通システム研究室) … 42
- ・ 大型車両の寸法計測・車種判別技術に関する研究 (高度道路交通システム研究室) … 44
- ・ 官民データ融合による物流支援等情報提供サービスに関する研究 (高度道路交通システム研究室) … 46
- ・ ITS サービスの効果評価に関する検討 (高度道路交通システム研究室) … 48
- ・ 海外展開向け ITS 技術のパッケージ化に関する研究 (高度道路交通システム研究室) … 50
- ・ 国際的動向を踏まえた ITS の研究開発・普及展開方策の検討 (高度道路交通システム研究室) … 52

・道路に関する地理空間情報を用いた走行支援サービスに向けた検討	(メンテナンス情報基盤研究室) … 54
・道路管理業務に資する道路基盤地図情報の整備に関する検討	(メンテナンス情報基盤研究室) … 56
・道路基盤地図情報を利用した道路管理業務支援システムに関する検討	(メンテナンス情報基盤研究室) … 58
・道路の区間 ID 方式を用いた情報流通の実用化検討	(メンテナンス情報基盤研究室) … 60
4. 領域 4 : コスト構造を改革し、道路資産を効率的に形成する (つくる)	
・道路構造物の信頼性に関する調査検討	(橋梁研究室) … 62
・部分係数設計法の信頼性向上に関する調査検討	(橋梁研究室) … 64
・実品質に基づく初期品質の信頼性向上策や耐久性能評価手法に関する調査検討	(橋梁研究室) … 66
・高度な構造解析手法を用いた安全性及び耐久性評価法の基準化に関する調査検討	(橋梁研究室) … 68
・高強度鉄筋コンクリート橋脚及び超高力ボルト摩擦接合継手の設計基準に関する研究	(橋梁研究室) … 70
・土中構造物の地震被害メカニズムの解明及び要求性能に関する調査検討	(構造・基礎研究室) … 72
・土中構造物等の要求性能及び基準体系に関する調査検討	(構造・基礎研究室) … 74
・盛土・切土・軟弱地盤対策工・自然斜面対策工の要求性能及び基準体系に関する調査検討	(道路基盤研究室) … 76
・舗装の要求性能及びコンクリート舗装の維持・管理基準に関する調査検討	(道路基盤研究室) … 80
・道路事業における総合評価落札方式の評価の実効性確保に関する検討	(建設マネジメント技術研究室) … 82
・インフラの老朽化対策や維持管理等を適切に進めるための調達システムの検討	(建設マネジメント技術研究室) … 84
・道路橋に作用する津波外力の検討	(国土防災研究室) … 86
・巨大地震を対象とした設計地震動の検討	(国土防災研究室) … 88
・CIM の導入に向けた 3 次元データの利活用に関する調査	(メンテナンス情報基盤研究室) … 90
・情報化施工に搭載するデータの効率的な構築及び取得データの利用に関する調査	(メンテナンス情報基盤研究室) … 92
5. 領域 5 : 美しい景観と快適で質の高い道空間を創出する	
・質の高い道路空間の再編・利用に係る計画手法に関する研究	(緑化生態研究室) … 94
6. 領域 6 : 交通事故等から命を守る	
・道路交通安全施策に関する統計データ分析	(道路研究室) … 96
・交通安全マネジメントの高度化に向けた検討	(道路研究室) … 98
・交通安全事業の効率的推進を支援する方策に関する検討	(道路研究室) …100
・面的交通安全対策の導入促進方策に関する検討	(道路研究室) …102
・プローブデータを利用した危険箇所抽出等の高度化に関する検討	(道路研究室) …104
・生活道路対応型防護柵の性能要件の検討	(道路研究室) …106
7. 領域 7 : 災害時における対応をスピーディかつ的確に支援する	
・除雪の社会経済活動への影響に関する調査	(建設経済研究室) …108
・道路の地震後の通行可能性評価に関する調査	(国土防災研究室) …110
・道路の啓開、復旧に関する調査	(国土防災研究室) …112
・大規模災害に備えた効率的な事前対策に関する調査	(国土防災研究室) …114

- ・大規模津波に対して減災を実現する道路管理に関する調査 (国土防災研究室) …116

8. 領域8：大切な道路資産を科学的に保全する

- ・道路構造物の総合的アセットマネジメントシステムの構築のための調査 (橋梁研究室) …118
- ・道路構造物群の管理状態評価に関する調査検討 (橋梁研究室) …120
- ・既設道路橋の補修・補強設計基準に関する調査検討 (橋梁研究室) …122
- ・既設土中構造物等の補修・補強基準に関する調査検討 (構造・基礎研究室) …124
- ・盛土・切土・軟弱地盤対策工・自然斜面对策工のリスクマネジメント手法に関する調査研究 (道路基盤研究室) …126
- ・舗装の管理状態評価に関する調査検討 (道路基盤研究室) …128

9. 領域9：沿道環境を改善し、良好な生活環境を創造する

領域10：自然環境、地球環境を保全する

- ・道路舗装の違いによる自動車からの二酸化炭素排出削減メカニズムの解明 (道路環境研究室) …130
- ・実測データを活用した道路供用等に伴う自動車からの二酸化炭素排出量変化のモニタリング手法に関する検討 (道路環境研究室) …132
- ・道路施設の一層の省エネ・再エネに向けた今後の技術開発の方向性整理 (道路環境研究室) …134
- ・動植物の保全措置の効果把握と効率化に向けた検討 (道路環境研究室) …136
- ・騒音の抑制に関する新たな対策に関する検討 (道路環境研究室) …138
- ・現場条件に応じた新たな低騒音舗装の適用に関する検討 (道路環境研究室) …140
- ・沿道大気質予測手法の簡便化検討 (道路環境研究室) …142
- ・沿道大気環境予測技術の高度化 (道路環境研究室) …144
- ・街路樹の保全・再生手法に関する研究 (緑化生態研究室) …146
- ・猛禽類等の生息環境の定量的な把握手法及び効率的な環境保全措置の検討 (緑化生態研究室) …148

10. その他

- ・損傷したコンクリート道路橋への非破壊検査技術による検査・診断技術適用性の調査業務 (構造・基礎研究室) …150
- ・舗装性状調査を活用した道路構造物の変状把握可能性に関する調査業務 (道路基盤研究室) …152
- ・道路（平面部）の液状化による被害の影響要因に関する調査業務 (道路基盤研究室) …154
- ・プローブ情報の収集処理高度化に関する調査業務 (高度道路交通システム研究室) …156
- ・プローブ情報を用いた大型車両の走行状況確認技術調査業務 (高度道路交通システム研究室) …158

地域連携道路事業費

- ・関東管内土木工事の積算体系に関する検討調査 (建設システム課) …162
- ・関東管内道路工事における総合的なコスト構造改善の評価に関する調査 (建設システム課) …164
- ・関東管内土木工事における設計成果の品質確保に関する検討 (建設システム課) …166

道 路 調 查 費

新たな道路交通調査に関する研究

Study on new road traffic survey

(研究期間 平成 25 年度～27 年度)

道路交通研究部 道路研究室
Road Traffic Department
Road Division

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher
研究官
Researcher
交流研究員
Guest Research Engineer

高宮 進
Susumu TAKAMIYA
橋本 浩良
Hiroyoshi HASHIMOTO
小出 哲也
Tetsuya KOIDE
松島 敏和
Toshikazu MATSUSHIMA

The authors collected and analyzed the information on surveys of road conditions, traffic volume, travel speed, and traffic origin and destination, which constitute the road traffic census, in order to make the contents of the new road traffic survey more sophisticated and efficient. The authors collected information on several kinds of road conditions data, methods for appropriately selecting place for traffic volume observation, and methods for introducing new items on travel speed measurement, and analyzed the results.

〔研究目的及び経緯〕

国土交通省では、概ね 5 年に一度、道路交通センサスを実施しており、次回調査は H27 年度に予定されている。H27 年度調査にあたり、国土技術政策総合研究所では、本省関係室と連携して道路交通調査体系の検討を行うとともに、予定される交通量調査、旅行速度調査、道路状況調査の効率的な実施方法に関する研究を行っている。

平成 26 年度は、平成 27 年度の調査に向け、交通量調査、旅行速度調査、道路状況調査の実施方針を整理するとともに、調査要綱（素案）を作成した。

〔研究内容〕

平成 27 年度調査のための実施方針の整理、調査要綱（素案）の作成にあたり、平成 26 年度に実施した研究内容は以下の通りである。

- ① 交通量調査：交通量を観測すべき箇所の選定の考え方、交通量の実測方法と推定方法
 - ② 旅行速度調査：ETC2.0 プローブ情報の利用可能性の検証、ETC2.0 プローブ情報や民間プローブデータを利用した旅行速度データの加工方法
 - ③ 道路状況調査：調査項目と調査結果の整理方法
- 本稿では、平成 26 年度の研究内容のうち、交通量を観測すべき箇所の選定の考え方、ETC2.0 プローブ情報の利用可能性について述べる。

〔研究成果〕

(1) 交通量を観測すべき箇所の選定の考え方

調査結果の利用目的を 3 つ設定し、それぞれ交通量を観測すべき箇所の選定の考え方を整理した。

利用目的 1：OD 調査結果の確認

OD 調査のとりまとめにあたっては、OD 交通量と断面交通量を比較して OD 交通量の妥当性の確認を行う。例えば、地整間を跨ぐ広域的な OD 交通量を確認する場合、地整境を跨ぐ OD 交通量と地整境の断面交通量の総和を比較する。OD 交通量を確認を行う場合、対象となる境界を設定して、交通量を観測する事が必要となる。このため、OD 交通量を確認を行う場面を想定し、OD 交通量を確認を行う対象となる境界を設定の上、交通量の観測対象箇所を抽出した（表 1）

1) 全国地方整備局間の OD 交通量を確認する場面

地方整備局境：全国 179 箇所

2) 地方整備局内の OD 交通量を確認する場面

都府県境（北海道は振興局境）：全国 1,066 箇所

市区町村境：全国 13,962 箇所

H27 年度調査においては、抽出された箇所について以下の点に留意して交通を観測すべきと考えられる。

- ・同一路線であり、交通量が同等と見なせる範囲で県境等を数度跨ぐ場合は適宜集約する。
- ・厳密に県境等とはせず、境界付近の河川や峠などを基に、交通量を捉えるのに適した境界を考慮する。

- ・対象とする境界の断面交通量の総和に比し、断面交通量が極めて少ない区間は除く。

目的2：道路を賢く使う取組の実施

「道路を賢く使う取組」は、24時間365日の交通量データに基づき、既存道路ネットワークを有効に利用する取組をいう。この取組においては、車両感知器から24時間365日の交通量データを取得することのほか、車両感知器未設置区間においては、当該区間における既存の交通量調査結果と近隣の車両感知器の交通量データを基にした推定を利用し24時間365日の交通量データを得ることとしている。

「道路を賢く使う取組」の主な対象は、主要幹線道路である。このため、H27年度調査においては、高規格幹線道路、都市高速道路、直轄国道、並びに高規格幹線道路や都市高速道路と並行する補助国道や主要地方道及びミッシングリンク近隣の補助国道や主要地方道を対象として、交通量を観測すべきと考えられる。

目的3：地域の道路交通課題への対処

損失時間の算定、主要渋滞箇所の抽出、対策実施後の効果の把握など、地域の道路交通課題に対処する施策検討においても、交通量データが必要となる。H22年度調査では、既存の交通量調査結果を基にした推定を有効利用して交通量データが整理されており、H27年度調査でも同様の方針となっている。

推定にあたっては、既存の交通量調査結果が推定精度に大きな影響を与える。例えば、図1に示すようにH17年度調査の交通量の影響により、H22年度調査の推定精度が低下している箇所が存在する。

このため、H27年度調査においては、H22年度調査時未観測箇所、周辺道路網の変化によりH22年度以降交通量が大きく変化した箇所を対象として、交通量を観測すべきと考えられる。

(2) ETC2.0プローブ情報の利用可能性の確認

図2は、ETC2.0プローブ情報、民間プローブ、2つの統合データの3種類のデータについて、平成22年調査時と同じ条件に従い、平成26年9月～11月の混雑時間帯（7時～9時、17時～19時）のデータ取得状況を整理したものである。

高速道路では、ETC2.0データのみで、98%の区間で旅行速度データの作成が可能であることがわかった。非混雑時（9時～17時）も同程度の取得状況であった。以上より、高速道路においては、ETC2.0プローブ情報を利用して旅行速度調査を実施できる可能性があることが分かった。

表1 0D交通量の確認のための対象となる境界と交通量の観測対象箇所抽出結果

	高速道路	直轄国道	その他国道	都道府県道	指定市市道	合計
地整境	23	22	54	80	0	179
都府県境 (北海道は振興局境)	90	192	205	579	0	1,066
市区町村境	1,126	1,698	1,961	8,889	288	13,962

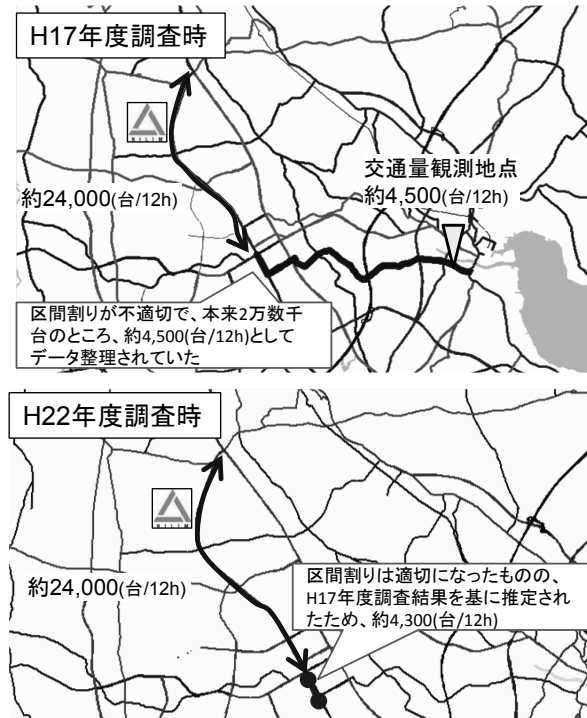


図2 混雑時（7時～9時、17時～19時）におけるデータ取得状況

【成果の活用】

H27年度調査の実施に向けて、本研究成果を基に作成した交通量調査、旅行速度調査、道路状況調査それぞれの調査要綱（素案）の精査を進め、調査要綱として確定させる。

旅行速度調査については、一般道へ設置が進められている経路収集装置によるデータ取得の状況も踏まえ、引き続き、ETC2.0プローブ情報のH27旅行速度調査への利用に向けた検討を進める。

ICT 技術を活用した OD 把握手法に関する調査

Study on techniques of grasping car OD using ICT technology

(研究期間 平成 26 年度)

道路交通研究部 道路研究室
Road Traffic Department
Road Division

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher
研究官
Researcher
交流研究員
Guest Research Engineer

高宮 進
Susumu TAKAMIYA
橋本 浩良
Hiroyoshi HASHIMOTO
小出 哲也
Tetsuya KOIDE
松島 敏和
Toshikazu MATSUSHIMA

In this study, using moving history data from car navigation systems and mobile phones, inferring car traffic information such as origin-destination, route and travel speed was conducted. And grasping real condition of road traffic using the car traffic information was considered. The techniques of grasping car OD were organized from the viewpoint of practical use.

【研究目的】

国総研では、カーナビ、携帯電話等の機器から取得できる多様な移動データ（以下「ヒト・クルマの移動情報」という。）に着目し、道路交通状況の把握手法の研究開発を行っている。

本研究では、ICT 技術により取得されるヒト・クルマの移動情報を利用した道路交通調査手法の確立に向けて、その有効性と課題を整理した。

【研究内容】

平成 26 年度は、(1)ITS スポット（以下「路側機」という。）を通じて得られるクルマの移動情報（以下「ETC2.0 データ」という。）を利用した自動車の起終点、経路、走行速度等の把握、(2)スマホアプリを利用した道路交通の実態把握（以下「スマホ型調査」という。）を試行し、実務展開に向けた有効性と課題を整理した。

【研究成果】

(1) ETC2.0 データを利用した自動車の起終点、経路、走行速度等の把握

まず、ETC2.0 データの特徴を明らかにし、自動車の起終点（以下「OD」という。）の作成にあたっての留意点を整理した。図 1 に示すように、ETC2.0 データはエンジンの ON/OFF 地点の前後一定距離はプライバシー保護のため消去される。また、データ蓄積容量の制約により、走行履歴は概ね 80km 分しか蓄積されない。OD を作成する際には、エンジンの ON/OFF 地点について、立ち寄り地点かどうかを判別して、立ち寄り地点の場合は移動途中、立ち寄り地点でない場合は目的地（起終点）と判別して OD を作成する必要がある。

次に、試行した OD 作成方法について述べる。走行履歴から得られる前後の測位点の時間差に着目し、一定の時間閾値を設定の上、時間閾値未満の場合は移動途中の立ち寄りとしてみなし、前後をひとつの移動とし

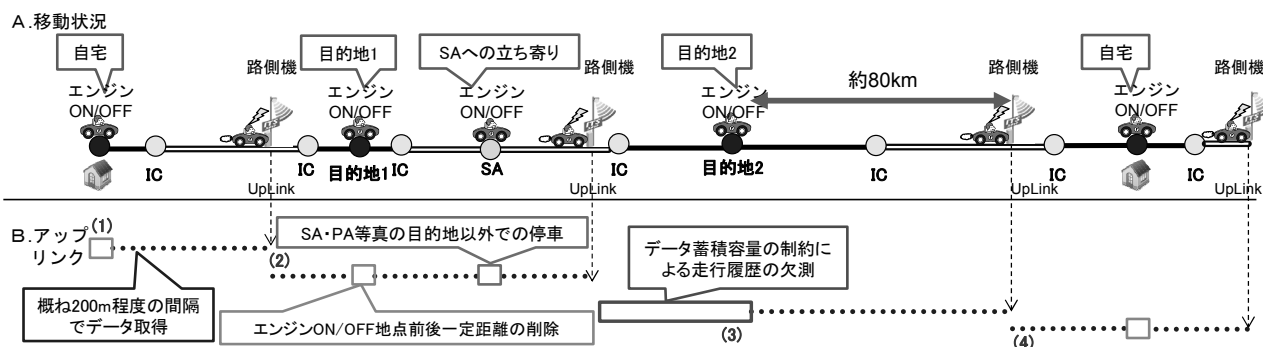


図 1 ETC2.0 データの特徴

てつなぐことを試みた。図2に示すように、時間閾値を長くすると全体のOD作成件数が減少し、OD間の平均距離や平均所要時間が増加する傾向となった。

図3の例のように、時間閾値を短くすると短時間の立ち寄り・休憩先が目的地とみなされ、時間閾値を長くすると短時間の滞留が立ち寄り・休憩とみなされるトレードオフの関係となる。ETC2.0データはエンジンのON/OFF地点が立ち寄り地点なのか、目的地なのか不明であるため、ODを作成するためには、分析目的に応じた処理（たとえば、長距離移動をメインとする高速道路の分析の場合、時間閾値を長く設定する、など）が必要である。

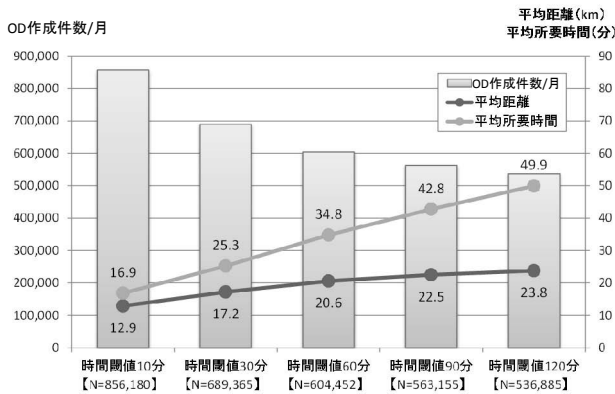


図2 時間閾値別作成ODの基本特性

	真の滞在時間10分の場合	真の滞在時間30分以上の場合
真のトリップ	本屋で「買物」 ×誤判定 (ODとされない)	レストランで「食事」 ○正しく判定
トリップではない立ち寄り・休憩	「出勤」の途中にコンビニに立ち寄り ○正しく判定	「旅行」の途中にSAで休憩 ×誤判定 (ODになってしまう)

図3 移動滞留判別の留意点（時間閾値20分の例）

(2) スマホ型調査の試行とその有効性と課題の整理

つくば市を対象としてスマホ型プローブパーソン調査を実施し、ヒト・クルマの移動情報を収集した。調査期間は平成26年10月～平成27年2月のうち連続する2週間×4回実施し、延べ2,559人日（平日1,862人日、休日697人日）の移動情報が収集された。

参加者の募集は、つくば市、筑波大と協働し、つくば市の環境モデル都市の取り組みに賛同する「つくば環境スタイルサポーターズ」を中心に協力を依頼した。サポーターズを利用することで4回というパネル的な

調査が可能となり、モニターによる参加型調査の有効性と実施可能性が把握できた。

今回の調査結果を踏まえ、スマホ型プローブパーソン調査手法の道路交通調査としての有効性と課題を表1のように整理した。たとえば、調査結果の正確性については、詳細な交通行動を把握できるものの、図5に示すように参加者の入力情報にはアプリの操作忘れなどの一定程度のエラーが含まれる。この対応策としては、アプリでの移動手段の入力を参加者には求めず、自動的に移動手段を判別することが有効であると考えられる。移動履歴情報から移動手段を判別する手法は、別途、実用化に向けた研究を進めているところである。

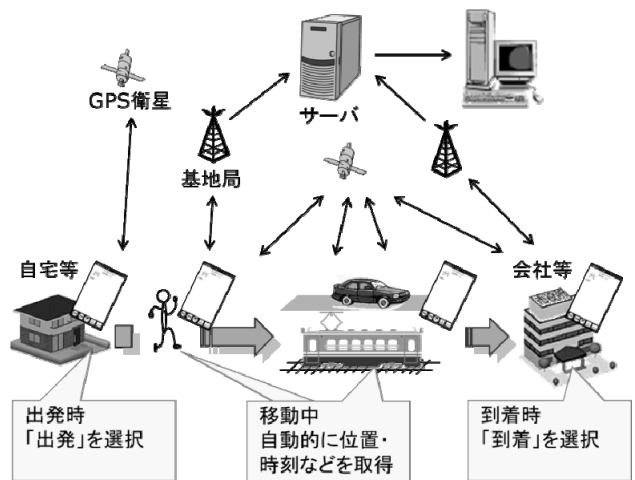


図4 スマホ型プローブパーソン調査のながれ

表1 スマホ型調査の有効性と課題

項目	有効性	課題
調査の簡便性	・世帯抽出作業や調査票印刷が不要等、調査準備が容易	・被験者がスマートフォンの保有者に限られるため、サンプルの偏りへの対応が必要である
調査の継続性	・紙の調査に比べ調査負担が少ないため、継続的な調査を依頼しやすい	・参加型調査に向け、個別の情報提供などのインセンティブの検討が必要である
調査結果の正確性	・細かい交通行動（立ち寄り行動等）が把握可能	・アプリの操作忘れへの対策が必要である

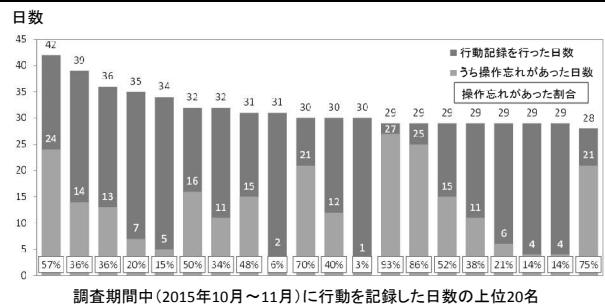


図5 参加者のアプリの操作忘れの状況

常時観測データ収集の高度化・効率化に関する調査

Making the constant observation of traffic volume more advanced and efficient

(研究期間 平成 26 年度～27 年度)

道路交通研究部 道路研究室
Road Traffic Department
Road Division

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher
研究官
Researcher
交流研究員
Guest Research Engineer

高宮 進
Susumu TAKAMIYA
橋本 浩良
Hiroyoshi HASHIMOTO
小出 哲也
Tetsuya KOIDE
松島 敏和
Toshikazu MATSUSHIMA

This research reviews measures to improve the efficiency and sophistication of methods for collecting, processing, and analyzing constantly observed data including traffic volumes and travel speeds. Work done in FY2014 included: (1) preparation of travel time data used in a traffic analysis for Regional Development Bureaus; (2) improvement of traffic volume estimation algorithm for none vehicle detector interval; (3) analysis of QVK relation using constant observation data; (4) update of basic section data and intersection data associated with road network modification in cooperation with the Regional Development Bureaus

〔研究目的及び経緯〕

国土交通省では、365日24時間の交通量データ、旅行速度データの収集・利用を目標とする「道路交通データの常時観測体制」の構築を進め、これらデータを利用して、道路における各種対策の立案、効果計測等を実施していくこととしている。

国土技術政策総合研究所では、交通量や旅行速度の常時観測データの収集・加工・分析方法の高度化・効率化に関する研究開発を行うとともに、地方整備局等が行う常時観測データ収集を支援している。

〔研究内容〕

平成26年度は、車両感知器を有しない区間の交通量の推定アルゴリズムの改良、国総研及び地方整備局等において利用する交通分析用旅行時間データの作成、常時観測データを用いた交通量、旅行速度(旅行時間)、交通密度の関係(以下「QVK関係」という。)の分析、交通特性を把握する指標の選定とその特徴の整理を行った。さらに、常時観測データの整理・分析基盤となる交通調査基本区間・基本交差点データについて、地方整備局等と連携し、道路ネットワークの改変等に伴う年次更新を行った。

本稿では、旅行時間データの加工内容とデータ収集

状況の整理結果、常時観測データを用いたQVK関係の分析結果について述べる。

〔研究成果〕

(1) 旅行時間データの加工及び収集状況の整理

1) 交通調査基本区間単位の旅行時間データの加工

平成25年2月から平成27年1月の全国のデジタル道路地図区間単位の旅行時間データを用いて、以下3つの交通調査基本区間単位のデータを作成した。

- ①日別・時間別・方向別の旅行時間データ
- ②平休別・時間別・方向別の月平均旅行時間データ、
- ③方向別の5%間隔のtile旅行時間データ

2) 旅行時間データの収集状況の整理

表1は、平成26年10月の平日において、旅行時間データが上り下り両方向ともデータ収集された交通調査基本区間の延長割合である。例えば、高速自動車国道では、昼間12時間の1時間毎のデータが、毎日作成可能な区間延長割合が24%、1週間(平日5日間)のデータを集計することで作成可能な区間延長割合が83%、1か月(平日20日)のデータを集計することで作成可能な区間延長割合が98%であることを示している。

(2) 交通量、旅行速度（旅行時間）、交通密度の関係
 高速自動車国道、首都高速道路、直轄国道の車両感知器設置区間を対象に、車両感知器データ、プローブデータを利用し、各区間のQVK関係を整理した。

次に、決定木分析を実施し、QVK関係への影響の強い道路構造を選定の上、表2の通りカテゴリを設定し、カテゴリ別のQVK関係を作成した。

利用したデータなどの分析条件、分析結果は以下の通りである。

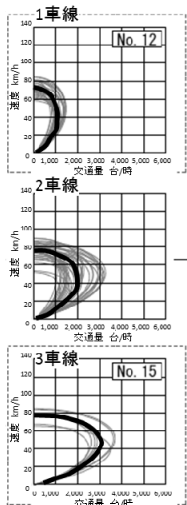
(分析条件)

- ・利用データ：車両感知器データ、プローブデータ
- ・対象期間：雪の影響の排除を考慮し、平成25年5～10月のデータを利用
- ・対象道路：データ量等を確認し、高速自動車国道1,757、直轄国道321の2,078区間（上下方向別）

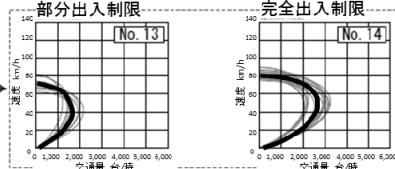
表1 道路種別別の取得延長割合（平成26年10月・平日）

■高速自動車国道			
	1時間毎 24時間	1時間毎 昼間12時間	遅雑時4時間と 非遅雑時8時間に各1回
毎日	0%	24%	87%
毎週	25%	83%	99%
1か月	70%	98%	100%
■都市高速道路			
	1時間毎 24時間	1時間毎 昼間12時間	遅雑時4時間と 非遅雑時8時間に各1回
毎日	2%	75%	100%
毎週	63%	100%	100%
1か月	95%	100%	100%
■直轄国道			
	1時間毎 24時間	1時間毎 昼間12時間	遅雑時4時間と 非遅雑時8時間に各1回
毎日	0%	21%	72%
毎週	11%	63%	90%
1か月	47%	84%	96%

車線数



アクセス制御の別



【出入り制限有り】

(分析結果)

直轄国道におけるQV図の作成結果を図1に示す。この図より、以下の事項が読み取れる。

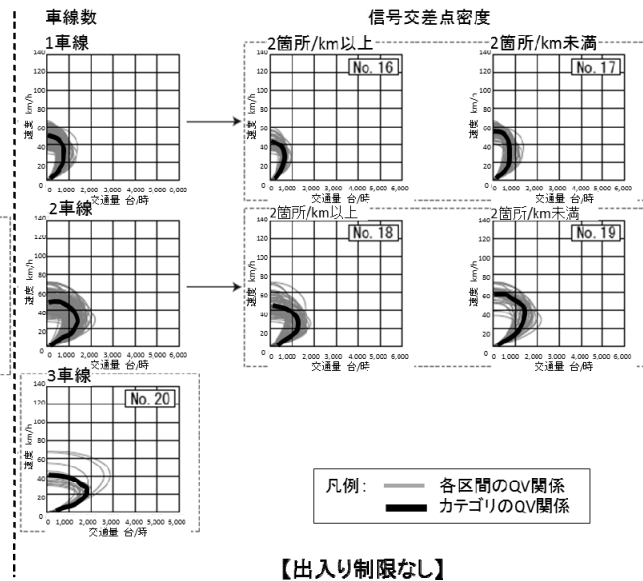
- ・自由走行速度（交通量が0の時の速度）
 出入り制限有りの方がなく場合より高く、出入り制限なしの場合、信号交差点密度2箇所/km未満の方が2箇所/km以上より高くなる。
- ・交通容量（最大交通量）
 出入り制限有り/なしいずれも、車線数が多いほど大きく、出入り制限ありの場合、完全出入制限の方が部分出入制限よりも大きくなる。

[成果の活用]

地方整備局等が行う常時観測データ収集を支援していくとともに、常時観測データを利用した道路交通分析の高度化を目的として各種研究開発を進める。

表2 道路構造条件別のQVK関係のカテゴリ

No.	アクセス コントロール	道路区分	車線数	縦断勾配	平面曲線 半径	上流側施設 からの距離	アクセス 制限	信号交差点密度	常時観測 区間数				
1	出入り制限 あり	都市間 高速道路 (NEXCO)	1	1.5%以上	—	—	—	—	43				
2				1.5%未満	—	—			108				
3			2	0.0%以上	1,500m以上	—			226				
4				1,500m未満	—	97							
5			2	0.0%未満	1,500m以上	—			209				
6					1,500m未満	—			98				
7		3	—	1,500m以上	—	241							
8				1,500m未満	—	56							
9		都市 高速道路 (MEX)	2	—	—	0.5km未満			238				
10				—	—	0.5km以上			418				
11				—	—	—			—	23			
12		—	—	1	—	—			—	—	30		
13									—	—	部分制限	—	10
14									—	—	完全制限	—	27
15		—	—	3	—	—			—	—	7		
16									直轄国道	1	—	—	2.0箇所/km以上
17	—						—	2.0箇所/km未満			64		
18	2	—	—	2.0箇所/km以上	75								
19		—	—	2.0箇所/km未満	38								
20	出入り 自由	—	3	—	—	—	—	15					
計									2,078				



【出入り制限なし】

図1 道路構造条件カテゴリ別QV図（直轄国道）

交通円滑化施策における要因分析・対策立案の支援策に関する研究

Study on congestion factor analysis and making alternatives for smoother road traffic

(研究期間 平成 26～27 年度)

道路交通研究部 道路研究室
Road Traffic Department
Road Division

室長	高宮 進
Head	Susumu TAKAMIYA
主任研究官	橋本 浩良
Senior Researcher	Hiroyoshi HASHIMOTO
研究官	齋藤 貴賢
Researcher	Takayoshi SAITOU
交流研究員	松島 敏和
Guest Research Engineer	Toshikazu MATSUSHIMA

In this study, the authors are developing methods for utilization of road traffic data such as probe data, traffic volume data, in order to help taking road traffic countermeasures. Work conducted in FY2014 included organizing methods for identifying major traffic congestion locations and congestion factor, applying the data to those methods and grasping annual variability of the traffic congestion locations.

〔研究目的及び経緯〕

国土交通省では、円滑かつ快適で、地域の活力向上にも資する道路交通サービスを実現するため、必要なネットワークの整備と合わせ、科学的な分析に基づく集中的な交通円滑化対策によるボトルネックの解消に取り組んでいる。国土技術政策総合研究所では、交通円滑化対策の効果的実施を支援するため、プローブデータや交通量データなどの道路交通データの利用方法に関する研究開発を行っている。

〔研究内容〕

平成 26 年度は、プローブデータ等を利用した、要対策候補箇所の抽出方法の整理、渋滞要因の特定方法の整理を実施し、選定した調査対象地域（山形県、茨城県、岡山県の 3 県）で試行した。また、要対策候補箇所の渋滞状況の経年変化の把握を行った。

〔研究成果〕

（1）要対策候補箇所の抽出方法の整理と試行

従来の箇所別の損失時間のみに依拠した抽出方法を用いると渋滞の影響を過小に判定する傾向があるため、渋滞の影響範囲も併せて考慮する必要がある。そこで要対策候補箇所の抽出に向けて、プローブデータや交通量データを利用し、要対策候補箇所を効率的に抽出するための方法を、①箇所別の損失時間に加え、②渋滞の起因箇所と影響範囲を考慮した損失時間、③道路ネットワーク主要路線に配慮した損失時間の視点から整理した。ここでは、特に②について述べる。

先行研究¹⁾で開発したボトルネック指数を用いて、渋滞起因箇所となり得る箇所およびその影響を受ける可能性がある範囲を特定し、影響範囲内の損失時間から損失時間が大きい箇所、損失時間の時間変動が特徴的な箇所を特定する方法を開発した。

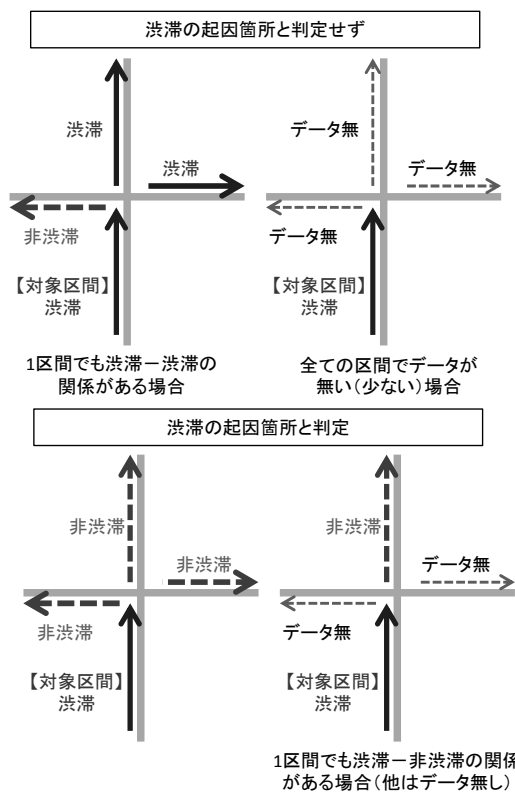


図-1 渋滞起因箇所の判定基準

検討した要対策候補箇所の抽出方法を試行した結果、たとえば、平日では朝や夕方において渋滞起因箇所の特定数が増え、影響範囲が拡大することが確認できた。朝・夕の渋滞の延伸を考慮することで、1日の損失時間の総量だけでは評価できない渋滞の影響を把握することができた。また、道路管理者への意見聴取により、本分析結果が現場での実感と概ね整合していることが確認された。一方で、現状のプロープデータの取得状況、交通調査基本区間等で定義された区間延長、右左折・直進交通の区別がないデータ仕様では分析に限界があるといった課題が把握できた。

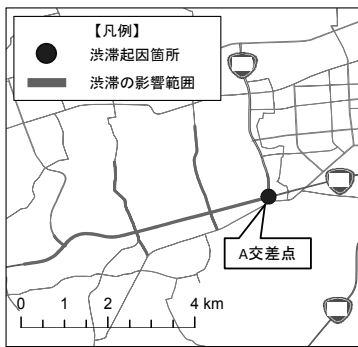


図-2 渋滞影響範囲等の特定状況の例 (岡山県・A交差点、平日7-8時台)

(2) 渋滞要因の特定方法の整理と試行

効果的な渋滞対策の実施に向けて、渋滞発生メカニズム、渋滞対策例等を取りまとめた。その結果を踏まえて、要対策候補箇所を交差点と区間に分けて、渋滞要因の特定手順を作成し、要因毎に利用可能なデータを考慮した判定方法を整理した。研究対象地域にお

ける要対策候補箇所を選定し、渋滞要因の特定方法を試行した。さらにその結果を受けた対策立案を行った。

ここでは、右左折・直進交通の区別のあるデータを用いた茨城県のB交差点(主道路：東西方向に国道51号、従道路：南北方向に県道50号)における分析結果を事例として示す。表-1の交差点進行方向別旅行時間データおよび図-3の進行方向別交通量から、北向き・直進・朝に渋滞が深刻であることが把握できた。この情報に信号現示データなどを加味して、表-2のように渋滞要因を想定し、渋滞対策を立案した。

表-2 想定渋滞要因と対策案(B交差点)

要因	<ul style="list-style-type: none"> ・従道路の北向きは、朝の交通量が多く青時間も短いため、捌け残りが発生していると想定される ・さらに、大型車の左折が多いが左折専用レーンが短く、車線数も少ない(2車線)ため、後続車を阻害していると想定される
対策	<ul style="list-style-type: none"> ・朝は主道路側よりも従道路側の交通量が多いことから、朝の時間帯における信号現示の見直しが有効であると考えられる

[成果の活用]

より実効性のある渋滞対策の実施に向けて、ここでの開発手法の実務展開を目指す。異なる分析対象地域で試行するなど、分析に関する知見の蓄積を図り、手法の改良に反映していく。ひきつづき、道路管理者と連携しながら、検討を進めていく予定である。

[参考文献]

1) 橋本浩良・水木智英・高宮 進：民間プロープデータを用いたボトルネック交差点とその影響範囲の特定方法，土木技術資料，56-5，pp.34-37，平成26年5月

表-1 進行方向別旅行速度(茨城県・B交差点)

B交差点	平日	休日													
		夜間	朝	昼	夕	夜間	朝	昼	夕						
南向き 326.0m	左折	29.10	27.11	93%	24.76	85%	20.56	71%	29.38	28.20	96%	22.39	76%	21.86	74%
	直進	29.54	18.46	62%	21.20	72%	17.21	58%	27.67	23.69	86%	22.78	82%	21.56	78%
	右折	20.77	26.35	127%	28.74	138%	21.31	103%	38.21	16.89	44%	24.24	63%	25.32	66%
西向き 66.8m	左折	15.02	22.90	152%	22.89	152%	18.11	121%	18.87	35.95	191%	19.14	101%	19.02	101%
	直進	24.92	18.12	73%	19.68	79%	18.19	73%	19.98	15.42	77%	15.98	80%	13.72	69%
	右折	18.05	13.88	77%	18.31	101%	10.91	60%	19.08	13.20	69%	16.41	86%	13.69	72%
北向き 151.7m	左折	20.14	10.93	54%	10.84	54%	21.94	109%	17.88	22.93	128%	15.18	85%	10.25	57%
	直進	23.86	7.75	32%	16.05	67%	13.30	56%	15.39	19.95	130%	17.24	112%	15.09	98%
	右折	14.42	12.07	84%	14.16	98%	12.26	85%	37.49	10.19	27%	16.12	43%	10.86	29%
東向き 149.3m	左折	29.69	24.49	82%	26.44	89%	19.65	66%	26.99	36.26	134%	25.31	94%	19.04	71%
	直進	27.30	22.67	83%	17.87	65%	17.28	63%	23.68	25.01	106%	16.96	72%	19.52	82%
	右折	22.56	16.14	72%	15.99	71%	13.48	60%	19.76	33.66	170%	15.93	81%	14.61	74%

※朝、昼、夕の左列は旅行速度(hm/h)、右列は夜間に対する比率(%)

旅行速度 : 10km/h以下 : 20km/h以下
夜間に対する比率 : 50%以下 : 75%以下

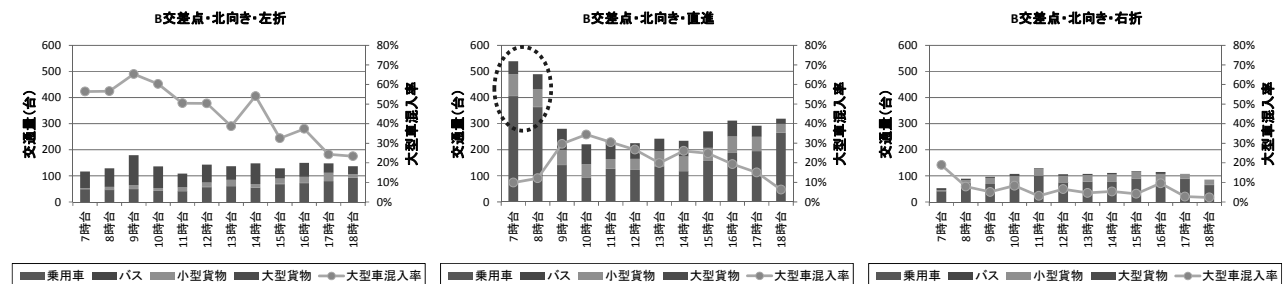


図-3 進行方向別交通量(茨城県・B交差点北向き)

道路交通調査プラットフォームに関する検討

Study on a road traffic survey data platform

(研究期間 平成 24～26 年度)

道路交通研究部 道路研究室
Road Traffic Department
Road Division

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher
交流研究員
Guest Research Engineer

高宮 進
Susumu TAKAMIYA
橋本 浩良
Hiroyoshi HASHIMOTO
松島 敏和
Toshikazu MATSUSHIMA

防災・メンテナンス基盤研究センター メンテナンス情報基盤研究室
Research Center for Land and Construction Management
Maintenance Information Technology Division

室長
Head
研究官
Researcher
交流研究員
Guest Research Engineer

重高 浩一
Koichi SHIGETAKA
今井 龍一
Ryuichi IMAI
田嶋 聡司
Satoshi TAJIMA

In this study, it was considered to create a road traffic survey data platform in order to collect and accumulate large amounts of traffic survey data and to make effective use of them. The trial environment of the prototype created in previous fiscal year was built at the first. Improvement of the platform was done, such as the implementation of the selected output function. And the functions to exchanging data with other systems were built. For release of the production environment of the platform, documentations were organized.

〔研究目的及び経緯〕

道路交通センサデータ、交通量や旅行速度の常時観測データ、個別の交通量調査結果など大量の道路交通データを収集・蓄積し、有効利用するため、国土技術政策総合研究所では、道路交通調査データを一元的に収集・蓄積する道路交通調査プラットフォーム（以下「交通調査 PF」という。）の研究開発を行っている。

平成 24 年度には、各種調査データの収集実態や現行の課題を把握し、システムの運用を実現させるための技術・制度・運用面の要件を検討した。平成 25 年度には、平成 24 年度の要件定義に基づき、設計、プログラミング、マニュアル等の整備を実施し、交通調査 PF のプロトタイプを構築して、試験運用を開始した。

〔研究内容〕

平成 26 年度は、平成 25 年度に構築した交通調査 PF（試行版）を運用するとともに、交通調査 PF に蓄積されたデータの選択出力機能の実装など交通調査 PF（試行版）の操作性の向上のための機能改良を行った。さ

らに、交通調査 PF と道路交通データに関わる他システムとの連携に向け、システム間の連携機能を検討した。

〔研究成果〕

（１）交通調査 PF（試行版）の運用

交通調査 PF の運用に必要な機器の準備、通信環境の確保など運用環境を整備した。交通調査 PF の本格運用に向け、利用状況を正確に把握し、適切な通信速度、通信容量、サーバスペックなどの確認を目的として、これら条件が可変であるインターネットデータセンタを利用して運用した。

運用環境整備後、交通調査 PF を構成するミドルウェアとソフトウェアをセットアップした。動作確認仕様書に従い動作確認を行い、交通調査 PF が適切に動作することを確認した上で、運用を開始した。

（２）交通調査 PF（試行版）の管理

交通調査 PF 運用中、週 1 回、月曜日を原則として、交通調査 PF へのアクセス回数や通信量などを整理し、

利用状況をモニタリングした。また、月1回を目途にDBサーバのバックアップを実施した。

運用期間中、交通調査PF（試行版）の操作方法に関する質問など、利用者からの問い合わせに対応した。

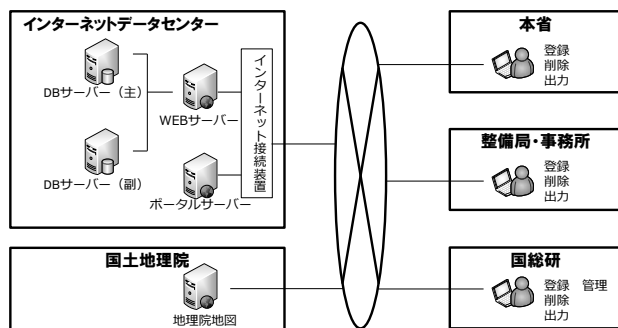


図1 交通調査PF 試行版運用環境

(3) 交通調査PF（試行版）の改良

平成25年度の利用者アンケートおよび平成26年度の試験運用により得られた改善要望項目に対し、修正の内容・修正に要する作業量・期間を踏まえ、優先順位を検討し、利用者の操作性や作業効率向上の観点から、改良項目を決定した。主な改良項目は以下の通りである。

- ・データの複数選択出力機能の追加
- ・個別交通調査データの地点登録機能の拡充
- ・更新情報の配信機能の追加

改良項目について、交通調査PFのソフトウェア修正を行った。改良に併せて、要件定義書・設計書・動作確認仕様書・マニュアルを更新した。

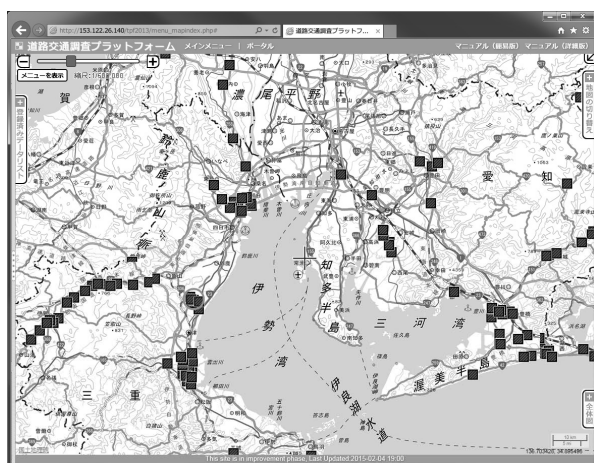


図2 改良結果例：個別調査地点の表示方法変更

(4) 他システムとの連携機能構築

1) システム間連携の対象とした他システム

データ収集系システムとして交通量常時観測システム

及び道路プローブ情報収集システム、データ活用系システムとしてプローブ情報利活用システム及び道路管理用情報共有プラットフォームを選定し、連携機能を検討した。

2) 他システムとの連携のための要件定義の作成と設計・実装（プログラミング）

選定した各システムとの連携のための要件定義を作成するとともに、作成した要件定義に従い、各システムとの連携機能の設計・プログラミングを行った。

連携機能の構築にあたっては、今回対象としたシステム以外でも活用可能となるよう、汎用的なWeb APIとして構築を行った。たとえば、プローブ情報利活用システムとの連携にあたっては、交通調査PFのデータ管理方法を一部変更する対応が必要となり、交通調査PFの登録・出力・削除機能への改良を実施した。さらに、プローブ情報利活用システムの開発環境と直接接続による動作検証を実施し、ログイン・ファイル一覧取得・ファイル取得の一連の連携が正常に動作することを確認した。

表1 構築した連携機能

Web-API	<ul style="list-style-type: none"> ・ログイン認証 ・ファイル一覧出力 ・ファイル登録 ・ファイル削除
個別プログラム	<ul style="list-style-type: none"> ・他システムファイル取得機能 ・ネットワークセグメント中継機能 ・ファイル登録機能

(5) 道路交通調査PFの本格運用に向けた必要資料の整理

平成27年度以降の交通調査PFの本格運用に必要な要件定義、プログラム、管理者向けマニュアル、利用者向けマニュアル、動作確認仕様書などの交通調査PF関係書類の最終整理を行った。

最終整理後、「道路交通調査プラットフォーム動作確認仕様書」に従い動作確認を行い、本年度実施した改良を含め、交通調査PFが適切に動作することを確認した。また、交通調査PF関係資料と併せて、交通調査PFの設置に係わる初期費用、運用費用や他システムへの影響など交通調査PFの運用にあたっての留意事項を技術資料として整理した。

[成果の活用]

地方整備局等の関係主体と協働し、交通調査データの集約と活用の効率化・迅速化を図るべく、今回構築した交通調査PFを引き続き運用していく。

道路整備の経済効果把握手法の比較調査

A Study on Effects to Socio-economic Activities by Road Construction

(研究期間 平成 26～28 年度)

防災・メンテナンス基盤研究センター 建設経済研究室
Research Center for the Land and Construction
Management, Construction Economics Division

室長 北村 重治
Head Shigeharu KITAMURA
主任研究官 竹本 典道
Senior Researcher Norimichi TAKEMOTO

In order to make sustainable development in Japan, it is necessary to estimate the socio-economic influences of road construction. This research is to investigate and consider the influences to socio-economic by means of macro-economic model as well as to study Transport Analysis Guidance by the government of the United Kingdom.

[研究目的及び経緯]

本調査は、全国マクロ計量経済モデルのデータ更新・モデルの改良により、道路投資の経済効果の把握を行うと共に、海外における道路整備の広範な効果の計測事例を整理し、我が国への適用の可能性を整理するものである。

[研究内容]

本調査では、デフレ状況下において道路投資が我が国経済に及ぼす影響をより精確に把握するため、金利及び物価水準を内生変数化する等のモデルの改良を行うとともに、3 便益以外の経済効果を把握することを目的として英国における交通分析に関する指針 (Transport Analysis Guidance) の分析を行った。具体的研究内容は以下の通りである。

(1) 道路投資の経済効果の把握

- ① 全国マクロ計量経済モデルのデータ更新と経済波及効果の把握
- ② 全国マクロ計量経済モデルの改良と経済波及効果の把握

(2) 道路整備の広範な効果の計測

- ① 「交通分析に関する指針」の整理
- ② 我が国への適用可能性の整理

[研究成果]

主な研究成果の概要を以下に示す。

1. 道路投資の経済効果の把握

全国マクロ計量経済モデルについて、最新の経済データを用いてパラメータを設定し、現況再現性の確認

を行い、所要時間の短縮によるアクセシビリティの向上を仮定し、道路投資による経済効果を整理した。

(1) データ収集

最近の財政、金融政策を考慮したうえで、本調査で構築するモデルに対してショックを与えたときの挙動や感度を確認するための基礎資料として、主要な経済指標の動きを捉えた。また、経済の供給力と現実の需要との間の乖離を表す実体経済の景気指標である GDP ギャップに着目し、金利や消費者物価指数等の経済指標との関係性を把握した。

(2) アクセシビリティの設定

1980 年から 2014 年までの道路ネットワークデータより算出した各年次の生活圏所要時間と平成 22 年度国勢調査人口を用い、分析対象期間のアクセシビリティ (ACC) 指標を算出した (図 1、図 2)。

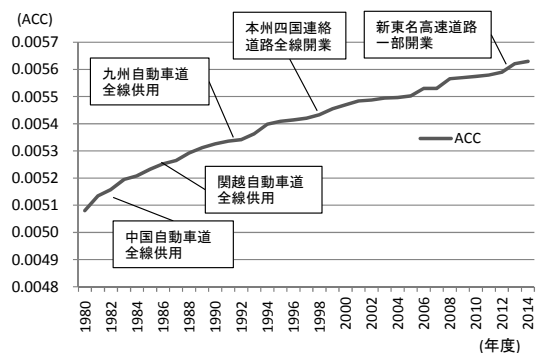


図 1 分析対象期間のアクセシビリティの変化

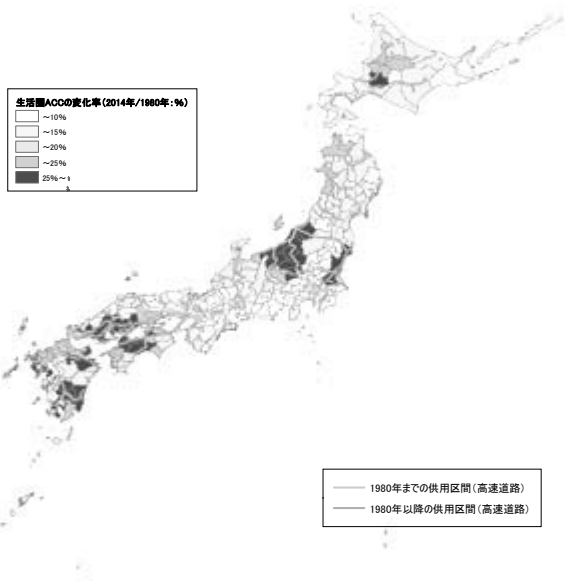


図2 地域別のアクセシビリティの変化

(3) データの更新

平成 25 年度データによる時点更新を行い、フロー効果・ストック効果を算定した。データ更新の結果、フロー効果は乗数が低下したものの、一般的な他のモデルと同程度の効果を得た (図3)。一方、ストック効果は従来の効果と同程度の効果を得た (図4)。

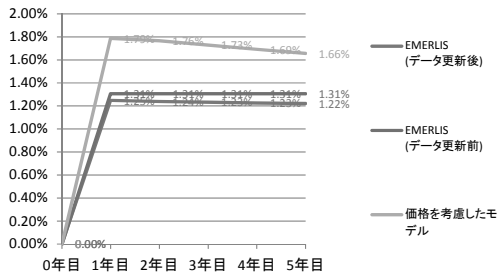


図3 計量モデルのフロー（乗数）効果比較

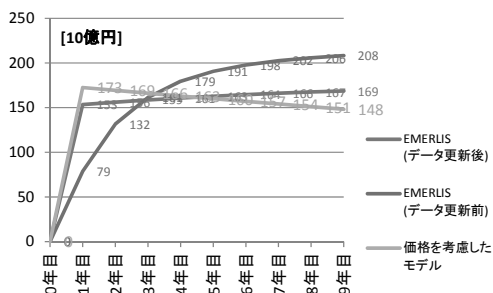


図4 計量モデルのストック効果比較

(4) モデルの改良

現下の経済における公共投資の効果を捉えるため、物価・金利の変数を内生化し、モデルの改良を行った。この結果、フロー効果は従来モデルよりも高くなる結果となり、近年公共投資の金利への反応が低くなる一方、物価は向上するため、実質金利が低下し、乗数効果が高くなることを捉えている。またストック効果は、従来モデルと同様の水準を得た。

2. 道路整備の広範な効果の計測

我が国においては道路整備の効果を時間短縮便益、経費節減便益、事故減少便益の 3 便益で評価しているが、3 便益以外の効果についても整理が必要である。

道路の 3 便益以外の効果について計測方法を提示した英国「交通分析に関する指針 (Transport Analysis Guidance)」について、指針の考え方、計測内容及び評価方法について整理し、我が国への適用可能性について整理を行った。

(1) 「交通分析に関する指針」の分析

英国広範な効果は、主に以下の項目で構成される。

WI1：集積経済

WI3：不完全競争市場における生産の変化

WI4：労働市場への影響

これらの、広範な効果の項目および算定方法は、経済学的に説明可能であり、一定の理論的妥当性を備えているものと判断できる。しかしながら、算定式の妥当性については、更なる慎重な検討が必要である。

(2) 我が国への適用可能性の整理

広範な効果の算定に必要なデータは、既存の統計データに基づき算定可能である点から、実用性は高いものと判断できる。

英国のパラメータ値をそのまま適用して広範な効果を算定すると、WI1 集積経済の比率が英国で公表されている事例等より小さくなる傾向がある。一方、我が国のパラメータを算定して適用することが不可能でないことは示されたが、今後の実用化に当たっては、データの妥当性、統計処理手法の適否等について更なる精査が必要である。

[成果の活用]

本調査では、広範な効果の我が国への適用の妥当性を検証した。今後、本調査の成果を活用し、経済理論と整合性のとれた推計方法を立案し、日本のデータを用いて間接効果を推計できるようなシステムにしておくためには、更なる検討を進めていく必要がある。

道路幾何構造基準の柔軟な設定等による効率的な道路機能向上策の検討

Review of efficient measures for improving road functions by flexibly setting road geometrical design standards
(研究期間 平成 25~27 年度)

道路交通研究部 道路研究室
Road Traffic Department
Traffic Engineering Division

室長 高宮 進
Head Susumu TAKAMIYA
主任研究官 小林 寛
Senior Researcher Hiroshi KOBAYASHI
研究官 今田 勝昭
Researcher Katsuaki IMADA
交流研究員 上野 朋弥
Guest Research Engineer Tomoya UENO

For the verification of the foundation of the road structure ordinance with the performance improvement of the large car, the author performed the running investigation in the true way and arranged the hill-climbing performance of the large car in late years. In addition, about the roundabout that was one of the good plans for functions of the road, the author performed run investigations in the examination course and arranged desirable geometrical design.

〔研究目的及び経緯〕

今後の道路施策においては、既存道路の機能を効率的に向上させる方策が有効であり、限られた道路空間を有効活用する構造や運用の改善等が考えられる。

本研究では、大型車の性能向上に伴う道路構造令等の根拠の検証に向け、実道において走行調査を行うとともに、近年における大型車の登坂性能等を整理した。また、道路の機能向上策の一つであるラウンドアバウトについて、試験走路における走行調査等を行い、望ましい幾何構造等を整理した。

〔研究内容〕

1. 近年における大型車の登坂性能等の調査

現時点で一般に走行する大型車両（出力重量比(PS/t)が異なる 25t トラック 3 台、セミトレーラー 2 台：計 5 台）を用い、一定上り勾配区間（3%、4%、5%：計 3 区間）を有する実道において走行調査を実施し、登坂性能として走行距離に応じた速度の低下状況を把握（以下、「実測値」という）した。走行調査は、区間・車両毎に、サンプル数を 9（プロドライバー 3 名×3 回走行）とし、一定上り勾配区間の開始端において、速

度が 80(km/h)となるよう登坂車線を走行させた。さらに、道路構造令の解説と運用で示される登坂性能の算定式を活用し、算定に用いるパラメータ（車両の各ギア最大速度、動力伝達効率等）を新たに設定し、試験走行調査で用いた大型車両の登坂性能を算定（以下、「算定値」という）した。また、算定値、実測値、及び、道路構造令の解説と運用で示される昭和 45 年に設定された 14t トラック（出力重量比 10(PS/t)）の登坂性能（以下、「従来の算定値」という）を比較することで、近年における大型車の登坂性能を整理した。

2. ラウンドアバウトの幾何構造等の調査

表 1 で示す 6 ケースの高さ等を変化させた段差付きエプロンを設置した試験走路において、乗用車、大型車（バス）により、エプロンを乗り上げて走行する調査等を実施し、エプロンの望ましい構造等を整理した。なお、エプロンの機能等を、図 1 に整理した。

〔研究成果〕

1. 近年における大型車の登坂性能等の調査

25t トラック（出力重量比 15.2(PS/t)：馬力 380(PS)、車両総重量 25(t)）の 5%の一定勾配区間における実測

表 1 エプロンの調査ケース

	2cm	4cm	ゴム4cm	テーパー2→5cm	5cm	6cm
断面図 単位:mm						

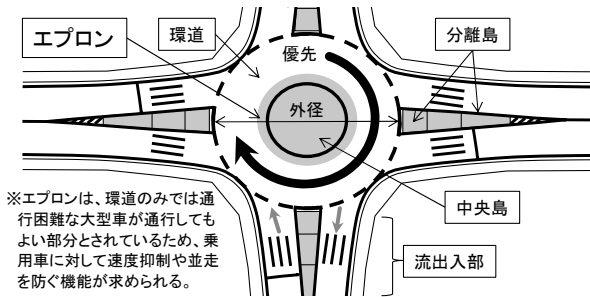
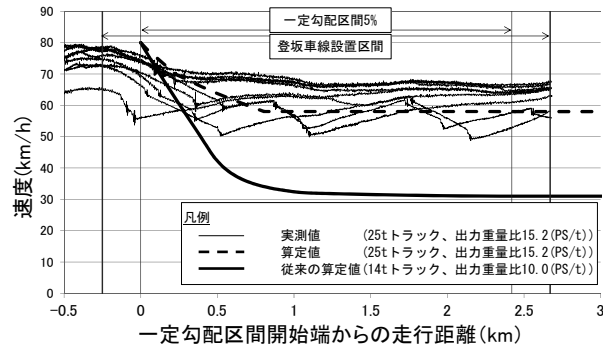


図1 ラウンドアバウトにおけるエプロンの機能等



※5%区間は、中央自動車道(上り線・勝沼～大月IC間)の登坂車線において調査
 ※実測値の出力重量比は、調査箇所までの燃料減等による重量減があるため目標値
 ※算定に用いたパラメータは、表2を参照

図2 一定勾配区間5%における登坂性能

値を図2に示す。車両は、現時点で一般に走行する25tトラックのうち出力が比較的小さいものを選定し、車両重量は満載の25(t)とした。なお、図2には、一定勾配区間の開始端で速度80(km/h)となるよう調査車両における算定値を示すとともに、従来の算定値も表示した。従来の算定値に使用されるパラメータ、算定値に使用するパラメータは、表2に整理した。

図2では、当該車両における実測値及び算定値の速度低下が、従来の算定値より大きく抑えられていることが分かる。また、実測値は、被験者の走行毎にバラツキがあり、速度低下後に速度回復するような挙動も見られ、これらは、算定値の速度より下回るケースもあることが確認できる。

2. ラウンドアバウトの幾何構造等の調査

図3に、高さ等を変化させた各ケースの衝撃としてエプロン走行における上下加速度の振れ幅を示す。これによれば、エプロン構造が同じコンクリートの場合、段差に比例して衝撃が大きくなる傾向がある。また、バスより乗用車の方が、衝撃のバラツキが大きく、構造による変化も顕著であることが確認できる。

次に、表3のとおり、エプロン走行におけるアンケート評価の結果として、質問項目と各ケースの平均点を整理した。これによれば、乗用車では、エプロン高さが高くなるにつれ、評価が悪くなっており、特に、許容性(通行したくない)では、5cmになると急激に

表2 登坂性能の算定に用いるパラメータ

項目	単位	道路構造令の解説と運用に使用されるパラメータ ※従来の算定値に使用	新たに設定したパラメータ ※算定値に使用	根拠
各ギア最大速度	V_m (km/h)	Low: 15、2nd: 25、3rd: 45、Top: 80、O.D: 100	試験車両毎に設定 ・図1の調査車両では、 Low: 13、2nd: 21、3rd: 35、4th: 58、5th: 83、6th: 109、Top: 134	車両カタログ
動力伝達効率	η	Low: 0.80、2nd: 0.85、3rd: 0.85、Top: 0.90	変速機(Top: 0.98、他: 0.95) 終減速機(0.95)	告示※1による
出力重量比	h (PS/t)	10	試験車両毎に設定 ・図1の調査車両では、15.2	車両カタログ
ころがり抵抗係数	μ	0.01	0.007	既往の調査結果から算出※2
車両総重量	W (t)	14	試験車両毎に設定 ・図1の調査車両では、25	車両毎に設定
空気抵抗係数	λ ($N \cdot s^2/m^4$)	0.0343	0.0335	既往の調査結果から算出※2
車両前面投影面積	S (m^2)	6.2	試験車両毎に設定 ・図1の調査車両では、6.8	車両カタログ

※1 道路運送車両の保安基準の細目を定める告示【2008.03.25】別添41(重量車排出ガスの測定方法)
 ※2 「陸田ら、ディーゼル重量車のJEO5モードの計算法に基づく走行抵抗値と実測値の違いについて、東京都環境科学研究所年報2012」より、対象車両の調査結果を平均し算出

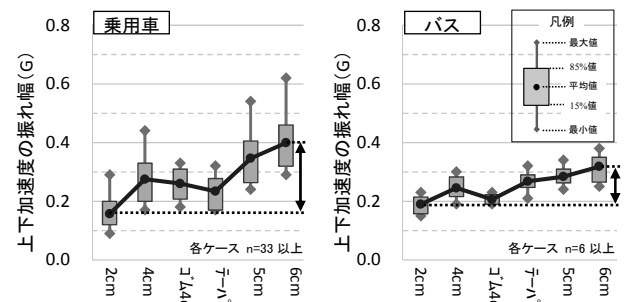


図3 エプロンにおける衝撃

表3 エプロンにおけるアンケート評価

乗用車	バス	項目	エプロン構造						10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0	評価が 良い 悪い	
			2cm	4cm	ゴム4cm	テーパ2→5cm	5cm	6cm			
乗用車	ドライバー	走りやすさ	7.18	6.50	6.03	5.68	4.58	3.84	乗用車		
		衝撃の大きさ	7.05	6.08	5.79	5.11	3.53	2.74			
		安全性	7.87	7.21	7.24	6.55	5.11	4.37			
		許容性	7.03	5.84	5.82	5.21	3.32	2.63			
		同乗者	衝撃の大きさ	6.66	5.68	5.68	5.08	3.76			3.24
		許容性	6.63	5.29	5.37	4.68	3.58	2.82			
バス	ドライバー	走りやすさ	7.83	7.00	7.50	7.33	6.67	6.67	バス		
		衝撃の大きさ	7.83	6.83	7.33	6.67	4.83	3.67			
		安全性	7.50	6.83	7.50	7.33	6.33	5.67			
		許容性	7.17	6.00	7.00	6.67	4.17	3.33			
		同乗者	衝撃の大きさ	7.83	7.00	7.50	7.33	6.67			6.67
		許容性	7.83	6.83	7.33	6.67	4.83	3.67			

※ アンケートは10点満点でそれぞれのエプロン構造について評価し、
 数値は被験者(各ケースのドライバー・同乗者とも:乗用車19名、バス3名)の平均点を表示

評価が低くなっている。このため、高さ5cmであれば、乗用車の通行抑制効果が高いと考えられる。バスも同様の傾向であり、高さについては、テーパが付いた2cm→5cmが適当と考えられる。

【成果の活用】

本成果は、道路幾何構造基準の柔軟な設定に向けた道路計画・設計の基礎資料として活用することを予定している。

道路事業の実施効果の推計方法に関する検討

Study on methods to estimate operational impacts of road projects

(研究期間 平成 26～27 年度)

道路交通研究部 道路研究室
Road Traffic Department
Road Division

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher
研究官
Researcher

高宮 進
Susumu TAKAMIYA
小林 寛
Hiroshi KOBAYASHI
齋藤 貴賢
Takayoshi SAITOU

This is a study that estimates and evaluates the effects of road projects. This study shows how to estimate the effect of road construction on travel time reliability. Methods for estimating travel time reliability index were analyzed. And, in this study, the differences for travel time reliability between road sections with road projects and without road projects were also analyzed.

[研究目的及び経緯]

本研究では、道路整備による時間信頼性向上効果に着目し、道路整備の効果を分析する方法を検討する。

平成 26 年度は、将来的な時間信頼性向上便益の算定手法確立に向けた、経路単位での時間信頼性指標値の推計方法の検討と、道路改良の有無と時間信頼性の関係に関する分析を行った。

[研究内容]

1. 経路単位での時間信頼性指標値の推計方法の検討

経路単位の時間信頼性指標値として、旅行時間の標準偏差、90%タイル値、95%タイル値を取り上げ、プローブ旅行時間データ等を用いて、以下の方法でこれら指標値の推計式を構築した。

(1) 推計に使用する経路データの選定

推計式のパラメータ推定に用いる経路データセットとしては、プローブ旅行時間データの取得状況が良好かつ多様な道路特性となる経路を得ることが望ましい。そのため、まず、プローブ旅行時間の取得状況が把握できる交通調査基本区間と交通量配分ネットワークデータを対応付けした上で、交通量推計を実施した。次に、推計結果から道路種別別に断面交通量の多い順に配分リンクのリンクフロー（経路群）を整理し、リンクフローを構成する経路の経路単位でのデータ取得状況を確認しながら逐次経路を確定していくといった手順（図-1）で経路データセットを作成した。作成した経路データセットのトリップ長分布及び道路種別別の走行台キロは、平成 22 年道路交通センサスの全国値と同程度の構成比率であることを確認した。

(2) 時間信頼性指標値の推計式の作成

推計式は、式形や説明変数の組み合わせをステップワイズ法により検討した。式形は、線形式および指数式とし、説明変数としては、混雑指数（平均旅行時間

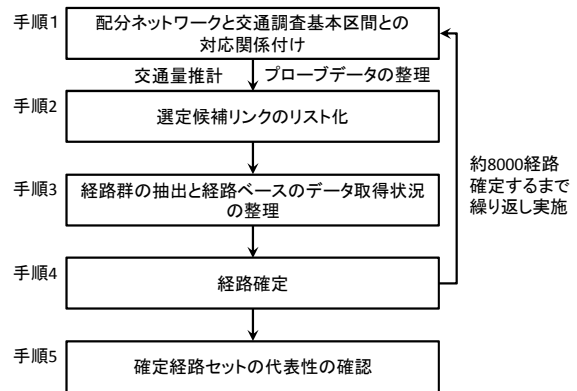


図-1 経路選定の手順

表-1 説明変数のパターン

線形式 (1-4)、指数式 (5-8)	パターン			
	1,5	2,6	3,7	4,8
混雑指数	○	○	○	○
信号交差点数(経路全体)	○	○		
高速道路延長[km]	○	○	○	○
都市高速道路延長[km]	○	○	○	○
一般道 2車線延長[km]	○		○	
一般道多車線延長[km]	○		○	
一般道 2車線(都市部)延長[km]		○		○
一般道 2車線(地方部)延長[km]		○		○
一般道多車線(都市部)延長[km]		○		○
一般道多車線(地方部)延長[km]		○		○

／自由流旅行時間)、信号交差点、道路延長を基本とし、組み合わせにより2式形各4パターン(表-1)とした。

2. 道路改良の有無と時間信頼性の関係に関する分析

道路改良の内容や道路種別・車線数等ごとに約20～50の交通調査基本区間を取り上げ、それぞれ実際の旅行時間の平均、標準偏差、95%タイル値の分布傾向等を比較することで、道路改良の有無別の旅行時間信頼性指標値の違いを分析した。

(1) 対象とする道路改良内容

右折レーン、追越車線、立体交差、アクセスコントロールの4つの道路改良を対象とした。

(2) 分析対象区間の選定

道路種別(自動車専用道路、一般道)、車線数(2車線、多車線)、信号交差点密度(大・小に区分)の差異により分類した各グループ(表-2)について、約20～50区間の交通調査基本区間を選定した。

(3) 分析方法

各グループで、「1時間毎(7時台～18時台)」「時間交通量最大の1時間帯」「1日」の3つの時間帯区分を対象に、時間信頼性指標値として「平均旅行時間」「標準偏差」「95%タイル旅行時間」を、道路改良の有無別に算出した(表-3)。そのうえで、交通量と時間信頼性指標値の関係式の作成による比較、統計値による比較を行った。

表-2 分析対象区間のグループ

道路改良内容	道路種別	車線数	信号密度
右折レーン	一般道	2車線	大/小
		多車線	大/小
追越車線	自専道	2車線	-
	一般道	2車線	大/小
立体交差	一般道	多車線	分類なし
アクセスコントロール	一般道	多車線	分類なし/大/小

表-3 分析ケース

CASE	時間帯区分	時間信頼性指標
1	1時間毎 (7時台～18時台)	平均旅行時間
2		標準偏差
3		95%タイル旅行時間
4	時間交通量最大 となる時間帯	平均旅行時間
5		標準偏差
6		95%タイル旅行時間
7	日交通量 (旅行時間は日見合 い旅行時間)	平均旅行時間
8		標準偏差
9		95%タイル旅行時間

[研究成果]

1. 経路単位での時間信頼性指標値の推計方法の検討

検討の結果、決定係数が高く、また観測値と推計値との散布図等による現況再現性も勘案し、以下を最も有効な推計式として選定した。

$$SD = -4.132 + 3.256 * CI + 0.007 * S + 0.036 * d_1 + 0.071 * d_2 + 0.034 * d_3 + 0.042 * d_4$$

$$TT_{90} = -44.135 + 31.27 * CI + 0.208 * S + 0.806 * d_1 + 1.405 * d_2 + 1.701 * d_3 + 1.458 * d_4$$

$$TT_{95} = -45.683 + 32.696 * CI + 0.214 * S + 0.832 * d_1 + 1.076 * d_2 + 1.710 * d_3 + 1.482 * d_4$$

ここで、

SD : 標準偏差 [分]、 TT_{90} : 90%タイル旅行時間 [分]、

TT_{95} : 95%タイル旅行時間 [分]、

CI : 混雑指数、 S : 信号交差点数、

d_1 : 高速道路延長 [km]、 d_2 : 都市高速道路延長 [km]、

d_3 : 一般道2車線延長 [km]、 d_4 : 一般道多車線延長 [km]

標準偏差については昨年度も推計式を作成しており、両者を比較した結果、昨年度よりも精度が向上した。また道路特性別にみると、短距離、地方部、一般道利用が多い経路で、昨年度よりも精度向上が大きい結果となった。今年度初めて作成した%タイル旅行時間の推計式については、その現況再現性が高いことがわかった。

2. 道路改良の有無と時間信頼性の関係に関する分析

交通量と時間信頼性指標値の関係式作成については、道路改良がありの場合、なしの場合とも、いずれのグループでも、明確に関係を示すことはできなかった。

統計値による分析では、道路改良の有無で比較すると、分析した3つの時間信頼性指標とも、グループ別にみると、概ね「改良あり」のほうが「改良なし」よりも小さくなっていった。この傾向を、分析ケースごとに検定により比較すると、「標準偏差」が改良の有無で値に差が有るという結果が最も多く得られた。時間帯の区分については、「1時間毎(7時台～18時台)」のデータを用いるのが、改良の有無で値に差が有るという結果が最も多く得られた。

[成果の活用]

本研究で得られた成果および知見については、さらなる検討・検証を加えたうえで、今後の道路事業の実施効果の推計や把握に利用していくことが考えられる。

地域活性化の効果の計測に向けた調査

A study on evaluation of impacts of regional vitalization

防災・メンテナンス基盤研究センター 建設経済研究室
Research Center for the Land and Construction
Management, Construction Economics Division

室長 北村 重治
Head Shigeharu KITAMURA
主任研究官 田島 明
Senior Researcher Akira TAJIMA
主任研究官 竹本 典道
Senior Researcher Norimichi TAKEMOTO

The present study aims to develop a method to evaluate socio-economic effects of road projects. This paper deals with evaluation of the effects of access to the emergency medical facilities. Reducing transfer time was calculated by ambulance prove data, the number of the relieved people and the effect of exchange of money was evaluated.

〔研究目的及び経緯〕

社会資本整備審議会道路分科会中間とりまとめにおいて、評価システムの充実が求められている。このためには、道路事業の目的、効果に応じた評価手法の更なる充実を図るため、道路事業がもたらす多様な効果を評価する手法を検討することが必要である。本研究では、道路事業の効果のうち地域活性化に着目し、個別事業の経済的影響、社会的影響を定量的に把握することを目的とする。

平成 26 年度は、救急医療施設へのアクセス向上に関する貨幣換算法の適用性・精度向上に向け文献調査、医療・消防関係者へのヒアリング等により各種条件設定方法の提案を行うとともに搬送時間と生存率・後遺症軽減の関係について実搬送データを用いた分析を実施した。救急搬送時に救急車の走行状況の変化が搬送患者に不快を与える要因について、既往文献、消防関係者ヒアリングより把握し、道路交通課題との関連づけを行ったうえで、定量的な課題評価に向けた調査手法の提案を行った。

〔研究内容〕

1. 救急医療施設へのアクセス向上に関する貨幣価値換算法の整理

- ・貨幣価値換算法における各種条件検討
- ・経過時間と生存率・後遺症軽減率の分析
- ・アクセス向上による救命率向上便益の試算

2. 搬送患者に不快を与える要因についての整理

- ・走行状況に伴う搬送患者への不快内容の整理
- ・不快内容と道路交通課題の関係性整理
- ・課題の定量的把握に向けた調査手法の提案

〔研究成果〕

1. 救急医療施設へのアクセス向上に関する貨幣価値換算法の整理

(1) 貨幣価値換算法における各種条件検討

救急医療施設へのアクセス向上効果に関する貨幣換算について、既往文献を調査・整理し、算定手法の適用性拡大・精度向上に向けた各種算定条件の設定方法を検討した。

表-1 適用性拡大・精度向上に向けた条件設定方法

患者発生率	個別箇所評価	救急搬送データを収集し、実件数から患者搬送率を設定
	面的評価	消防庁の救急搬送に関する統計と厚生労働省の患者数に関する統計より設定
搬送率	個別箇所評価	救急搬送データを収集し、実搬送先から搬送率を設定
	面的評価	疾患別の決定的治療に対応できる医療施設要件を整理し、最短でアクセスできる医療施設へ搬送されると仮定
人命価値	遺失利益	疾患別の平均発症年齢、平均年収を整理し、ライブニッツ方式により算定
	医療費	後遺症患者の医療費・介護費について実データを基に設定
	精神的損害額	交通事故を対象とした CVM の結果をもとに設定

(2) 経過時間と生存率・後遺症軽減率の分析

経過時間と生存率・後遺症軽減率の関係について、既往成果の適用性拡大に向けた課題を踏まえ、長距離搬送の実態を有する地域を対象とした分析を実施した。

a) 検討対象

長距離の救急搬送が考えられ、また、消防データ、病院データの入手が容易と考えられる地域として「北海道オホーツク地域」を検討対象として設定した。分析データは、第三次医療施設であり、地域の急性期医療を担っている「北見赤十字病院」に平成 21 年～24 年に搬送された患者を対象とした。

b) 分析条件の検討

医療関係者ヒアリング等を基に分析条件を設定した。

表-2 経過時間と生存率・後遺症軽減率の関係の分析条件

対象疾患	経過時間が生存率・後遺症軽減率に大きく影響を及ぼす疾患を設定(急性心筋梗塞、くも膜下出血、脳梗塞、脳内出血、大動脈解離、多発外傷)
経過時間	消防覚知から高次医療施設までの時間(高次医療施設に直接搬送された事案)
評価日数	搬送から14日後の転帰状態を評価
傷病程度	搬送時の傷病程度を考慮して、CPAを含む・含まない、軽傷・中等症・重症別に分析

c) 経過時間と生存率・後遺症軽減率の分析

経過時間と生存率・後遺症軽減率の関係を分析した。

分析結果について、無相関検定、比率の差検定を行い表-3の関係式を得た。

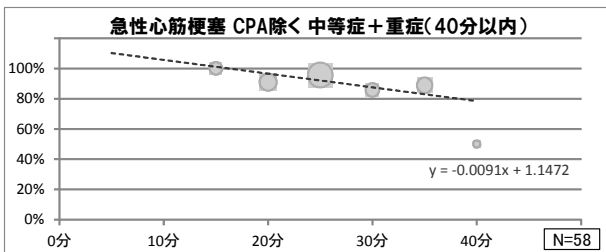


図-1 搬送時間と生存率の関係分析

表-3 経過時間と生存率・後遺症軽減率の関係式

分類	対象疾患	関係式
生存率	急性心筋梗塞	$Y = -0.0091X + 1.1472$
	脳梗塞	$Y = -0.0053X + 1.0088$
	脳内出血	$Y = -0.005X + 0.8214$
	くも膜下出血	$Y = -0.0099X + 1.1742$
後遺症軽減率	脳梗塞(重度後遺症回避)	$Y = -0.0102X + 1.3441$

(2) アクセス向上による救命率向上便益の試算

上記の検討結果をもとに、北海道横断自動車道(足寄~北見)を対象に救急医療施設へのアクセス向上便益を試算した。

表-4 救命率向上便益の試算結果

対象疾患	逸失利益(円)	精神的損害額(円)
急性心筋梗塞	144,275	2,287,876
脳梗塞	1,129,477	28,910,321
脳内出血	328,869	4,741,892
くも膜下出血	94,977	1,147,047
大動脈解離	143,281	2,272,114
多発外傷	1,167,117	6,556,064
合計	3,007,997	45,915,315

2. 搬送患者に不快を与える要因についての整理

(1) 走行状況に伴う搬送患者への不快内容の整理

文献調査及び消防・医療関係者へのヒアリングにより走行状況に伴う救急搬送患者への不快内容を把握した。なお、不快内容は走行状況による直接的不快事項としての「患者負担」と間接的不快事項としての「救

命活動への支障」、「計測機器への影響」と定義した。

表-5 走行状況に伴う救急搬送患者への不快内容

視点	不快内容
患者負担	①前後加速度による不快感
	②前後加速度による血圧変動
	③横加速度による背面圧迫
	④横加速度による血圧変動
	⑤振動による脳への負担
	⑥上下・前後・横加減速による心電図の乱れ
救命活動の支障	⑦車両の振動等によるAEDの心電図解析への影響
	⑧前後・横揺れによる胸骨圧迫への支障
	⑨前後・横揺れによる静脈路確保への支障
	⑩前後・横揺れによる気管内チューブ挿入への支障
	⑪振動による心音・呼吸音聞き取りへの支障
計測機器への影響	⑫振動による心電図測定への影響
	⑬振動がPI値測定への影響

(2) 不快内容と道路交通課題の関係性整理

不快内容の発生要因を「前後加速度」、「横加速度」、「振動」の3つに分類し、整備効果資料等からそれぞれの発生要因に関する道路交通課題、その道路交通課題の改善が期待される道路整備内容を整理した。また、定量的な評価に向け不快内容の影響度や閾値について整理した。

(3) 課題の定量的把握に向けた調査手法の提案

救急搬送患者の不快内容の発生に資する道路交通課題の定量的評価に向け、課題把握のための調査手法について、各道路課題における道路構造上直接問題となる箇所、不快要因が発生する加速度の観点から設定した。また、調査時における留意事項についても合わせて整理した。

表-6 道路課題調査手法(信号交差点による加減速の例)

道路交通課題	課題の調査方法	不快内容	閾値	調査時の留意点
信号交差点による加減速	・信号交差点数	・前後加速度に起因する不快内容	—	・FAST対象路線は除く※1
	・救急車プローブデータ(前後G)	・血圧変動	【参考値】 加速時の加速度 0.26G 減速時の加速度 0.16G	【参考値】 前後加速度 0.3G以下

路車間連携による交通円滑化システムの導入に向けた効果検証に関する研究

Research on Impact Analysis on Traffic Smoother System by Vehicle-Infrastructure Cooperation
(研究期間 平成 26～28 年度)

道路交通研究部
高度道路交通システム研究室
Road Traffic Department
Intelligent Transport Systems Division

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher
研究官
Researcher
交流研究員
Guest Research Engineer

牧野 浩志
Hiroshi MAKINO
鹿野島 秀行
Hideyuki KANOSHIMA
鈴木 一史
Kazufumi SUZUKI
岩武 宏一
Koichi IWATAKE

NILIM conducts a study on countermeasure for traffic congestion at expressways. This study focuses particularly on methods with vehicle-infrastructure cooperation, thus consists of an identification of bottleneck location/ factor analysis of traffic congestion using probe data generated by passing vehicles and a countermeasure using driving manner information provided as road operators' recommendation.

[研究目的及び経緯]

国総研では現在高速道路上の渋滞の最大の原因となっている上り坂、サグ部、トンネル部等の単路部渋滞対策について研究を行っている。

本研究は路車間連携に着目し、「自動車側から道路側に提供される走行位置情報を用いた渋滞対策の特定や要因分析」と「道路側から自動車側に提供される推奨走行情報の有効活用による渋滞緩和」から構成される。前者については、現在国土交通省が収集しているETC2.0 プローブ情報を用いた渋滞要対策箇所の抽出手法や渋滞要因分析手法の検討を行った。後者については、様々な対策による渋滞緩和効果を推計するとともに、その中でも効果が高いと推定された「車線利用適正化サービス」とACC(車間自動制御システム)の組み合わせの実現方策として、ACCのドライバ受容性向上策について公道実験による検討を行った。

[研究内容及び研究成果]

1. プローブデータを活用した高速道路単路部ボトルネックに関する分析(平成26年度)

全国の主要な単路部ボトルネック(以下、「BN」)217箇所を分析した結果、サグの下流側勾配は0~3%が7割以上を占め必ずしも急勾配がボトルネックとなっていないこと、上流側に位置するICやSA,PA等の分合流部等からの距離は3km未満が6割を占めること等が

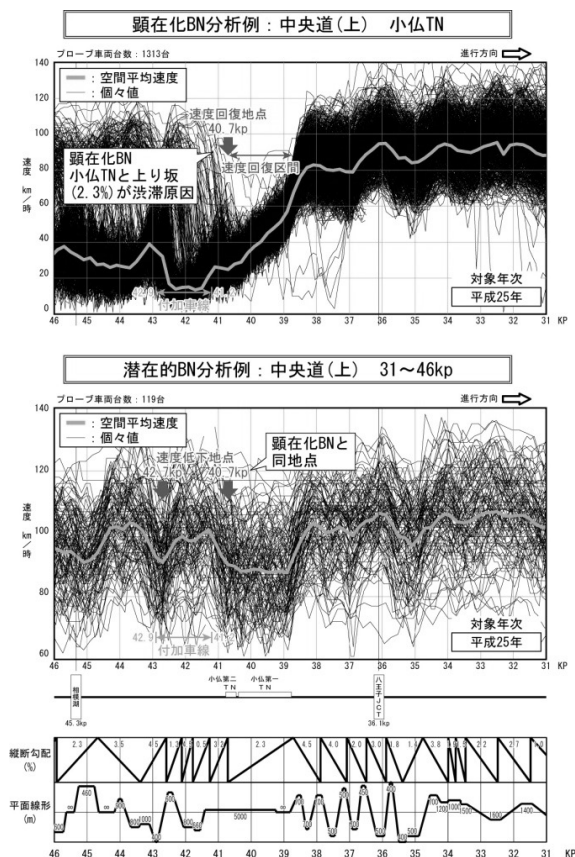


図1 顕在化BN位置の特定分析例

わかった。

更に車線数、道路幾何構造要因(上り坂、サグ部等)、渋滞発生特性(平日、休日)等を考慮し詳細に分析する区間を7区間選定した。まず、ETC2.0プローブデータを用いて渋滞統計データに記載のあるBN付近の渋滞発生時に当該地点を通過した各車両の空間平均速度を連続的に描画し、BN位置を正確に特定することが可能なことを検証した(図1)。また、潜在的ボトルネック位置を抽出する指標について複数を比較検討し、現実のBN位置に適用することで、速度低下量や速度低下した区間を表現する指標が有効であることを明らかにした。

2. 交通シミュレーションによる高速道路サグ部渋滞対策の効果推計(平成26年度)

ミクロ交通シミュレーションを用いて、様々な対策による渋滞緩和効果を推計した。既往の検討からの手法上の大きな改善点として、加速特性、速度特性、運転者特性等が乗用車と大きく異なる大型車をシミュレーションにおいて考慮した点が上げられる。

表1 効果推計を行った対策

対策	備考
車間適正化(現行性能 ACC)	ITS スポット等による ACC 推奨設定通知
車間適正化(将来性能 ACC)	※将来性能: 渋滞緩和に資する ACC の制御パラメータを設定。
車線利用適正化	ITS スポット等による車線復帰推奨通知。車線移動協力率 10% を仮定。
車種別通行帯指定	大型車は第 1 走行車線に限定、中型車は第 1、2 走行車線に限定。規制遵守率 100% を仮定。
全車車線変更禁止	サグ部手前 1km から上り坂終了までの区間で右への車線変更を禁止。規制遵守率 100% を仮定。
車線別最低速度規制	自由走行時 第 2 走行車線走行時 80km/h 以上、追越車線走行時 90km/h 以上。規制遵守率 100% を仮定。
付加車線設置	サグ部手前約 1km から上り坂終了までの区間で左側に付加車線を設置

表2 各種指標による対策効果

	渋滞発生遅延	渋滞前交通量	渋滞後捌け交通量	車線利用率	車線別速度
車間適正化(現行性能 ACC)	×	×	×	—	×
車間適正化(将来性能 ACC)	○	○	○	—	×
車線利用適正化	○	○	○	○	○
車種別通行帯指定	○	○	○	—	—
全車車線変更禁止	○	○	○	○	○
車線別最低速度規制	×	×	—	—	×
付加車線設置	○	—	○	—	○

サグ部における対策をハード面、ソフト面双方から表1の通り整理した上で、各対策の渋滞緩和効果を推計した。表2の通り、総合的に見るとほとんどの対策、ほとんどの指標で何らかの効果を見ることができる。一方、現在市販されているACC車両(以降、「現行性能ACC車両」)が混入し、更になんらの追加的対策を施さない場合、現況よりも交通には好ましくない影響を与える可能性があることが示唆された。現行性能ACCは運転者・同乗者の乗り心地を重視するため、一般の運転者よりも車間距離をあけがちであることが原因と思われる。一方で現行性能ACC車両にキープレフトを促せば、対策効果が発現することも同時に確認された。

3. 車線利用適正化を実現するためのキープレフト推進方策の検討(平成26年度)

2.で記した通り、車線利用適正化サービスによる車線利用の最適化(具体的にはキープレフトの遵守)が渋滞緩和に一定程度の効果を示したものの、その実施面で課題があるのが現実であり、広報・啓発がその第一歩として位置づけられる。一方、近年普及が進むACCは安全性を高めるとともに、運転手が加減速動作から解放されるという利点も有する。ACC車両にキープレフトを働きかけるために効果的な根拠を得ることを目的に、ACC使用の有無がキープレフト遵守下のドライバの走行快適性に及ぼす影響を把握するため、東名高速道路(横浜青葉IC~大井松田IC)において、大型車・乗用車を用いた走行実験を実施した。走行条件は各被験者当たり自由走行、ACC Onでキープレフト走行、ACC-Off各1回である。

重回帰分析により、どのような運転者がどのような状況下で走行快適性を高く感じるのかを分析した結果を表3に示す。このような運転者、状況をターゲットとした効果的な広報を行うことで、キープレフトが推進され、車線利用が平準化され、結果として渋滞緩和に寄与するものと期待される。

表3 ACCが走行快適性向上に寄与する要因

評価指標	車種	分析結果	
		ACCがキープレフト時のドライバ受容性向上へ寄与する因子	走行状況に関する因子
走行快適性	乗用	運転特性に関する因子 (どんな人にACCは効果的か?)	走行状況に関する因子 (どんなときにACCは効果的か?)
	大型	・高速道路の利用頻度が低いドライバ	・第1走行車線でキープレフト走行をする場合 ・追従走行をする割合が高い状況(大型車以外の追従) ・合流箇所を走行していない状況
		・ACCによる走行挙動自体の不慣れさに違和感を感じないドライバ	・交通量が多い状況 ・大型車混入率が高い状況 ・合流箇所を走行する状況

[成果の活用]

本研究の成果は、今後、国総研資料等としてとりまとめ、政策提案に活用していく予定である。

ITS スポットサービスの技術的課題に関する調査検討

Investigation examination about the technical subject of ITS spot service

(研究期間 平成 23-27 年度)

道路交通研究部
高度道路交通システム研究室
Road traffic Department
Intelligent Transport System Division

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher
研究官
Researcher
交流研究員
Guest Research Engineer

牧野 浩志
Hiroshi MAKINO
小木曾 俊夫
Toshio OGISO
渡部 大輔
Daisuke WATANABE
広 正樹
Masaki HIRO

The purpose of this study is to improve the reliability of ITS spot service. The running test was done in three orbital expressways of the metropolitan area, and the technical subject and cause of uplink communication, and the correspondence plan proposal were arranged.

[研究目的及び経緯]

本研究は、全国展開された高速道路上等における ITS スポットサービス（平成 26 年 10 月より ETC2.0 に名称変更）について、運用上の技術的課題を検討し、確実なサービスの提供やサービスの改善に必要な調査・検討を行うものである。

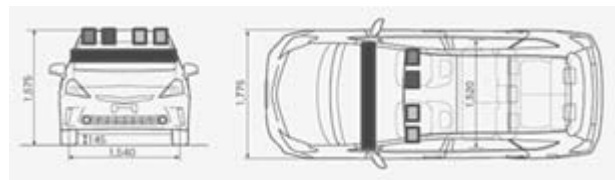
本年度は、現状のサービスの信頼性を向上させることを目的として、プローブ情報を収集するために ITS スポットで行うアップリンク通信について、国総研試走路及び首都圏の 3 環状道路において試験用車載器を用いた確認試験を行い、収集した通信ログ等を分析し、原因究明とその対応案について整理した。

[研究内容]

(1) 試験計画案の作成

2 種類の市販の ITS スポット対応車載器（カーナビ連携型、スマートフォン連携型）、試験用車載器 1 台、試験用車載器の検証用 PC1 台、電界強度測定器 1 台、ドライブレコーダ 1 台を試験車両に搭載（図 1）した上で、首都高速道路（株）、東日本高速道路（株）、中日本高速道路（株）が管理する高速道路に設置されている 114 箇所の ITS スポットを対象に走行試験を行い、アップリンク通信の分析を行うための試験計画案を作成した。

試験の日数は、国総研試走路での事前確認試験を 1 日間、高速道路での試験を 11 日間、追加試験を 1 日行うこととし、試験については雨等の天候条件によらず実施するものとした。また、試験項目には下記の項目を含めた。



車載機材	
■	試験用車載器
■	ITS スポット対応車載器（カーナビ連携型）
■	ITS スポット対応車載器（スマートフォン連携型）
■	ドライブレコーダ
■	電界強度測定器

図 1 車載器アンテナ等の設置位置

- i. ITS スポットの通信エリアが最適化されているのかを確認するため、車線毎の電界強度分布状況や試験用車載器通信ログの情報収集を行う。
- ii. 対向車線からのアップリンク通信の状況を把握するため、ITS スポットが設置されている道路の対向車線の各車線において、i.と同様の試験を実施する。

この他、アップリンク通信課題分析のためのデータを確実に収集するために、事前に施工台帳を確認して ITS スポットの設置位置と使用周波数を整理することにより、測定対象の各 ITS スポットに適した電界強度測定器の設定が行えるように留意した。

(2) 試験の実施

①国総研試走路における事前確認試験の実施

試験の事前確認として、国総研試走路において事前確認試験を実施して、試験で使用する機器の機能確認や機器調整を行い、試験の実施の際に、不具合が生じないように準備した。

②走行試験におけるアップリンク通信ログ収集準備

試験の実施の前に、国総研 ITS 研究室に設置している専用 PC 端末（以下、専用 PC 端末）より今回使用するすべての車載器の機器個体番号の登録を行い、試験の実施後においては、専用 PC 端末からアップリンク通信ログが収集できる準備を行った。

③高速道路における走行試験の実施

高速道路に設置されている 114 箇所 の ITS スポットを対象に走行試験し、ITS スポット毎走行車線毎に、電界強度測定器による電界強度測定データ（図 2）、試験用車載器による車載器通信ログ（図 3）を収集した。

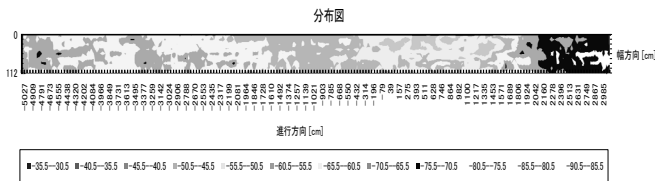


図 2 電界強度測定器の電界強度測定データの例

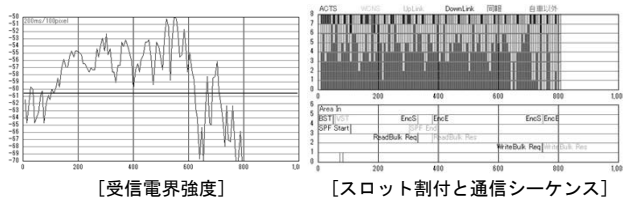


図 3 試験用車載器の車載器通信ログの例

試験の実施後には、高速道路会社に設置されているセンター設備から ITS スポットの路側機通信ログの収集と、専用 PC 端末からアップリンク通信ログの収集を行った。

(3) 試験結果の整理

必要に応じて追加の走行試験を行い試験結果を整理し、アップリンク通信の技術的課題やその原因、対応方針案の整理を行い、ITS スポットの箇所毎に図表等を用いて試験結果を分かりやすく整理し、問題箇所の抽出が容易にできることに留意した。（図 4）

収集データから路車間通信の通信手段や通信所要時間を明らかにした上で、受信電界強度グラフで確認で

きる通信遮断エリアと比較することにより、通信遮断の影響分析を行った。

また、試験結果の整理には、以下の内容を含めた。

- i. ITS スポットのアンテナ設置位置、道路の周辺状況（試験実施時における大型車のシャドウイング等の情報も含む。）を整理した上で、ITS スポットが発射する電波の電界強度分布図を各車線が判別できるように作成する。
- ii. 試験用車載器通信ログ、路側機通信ログ、アップリンク通信ログの結果をとりまとめた上で、ITS スポットと各車載器の間で行われる各通信命令の所要時間が分かるように整理する。また、試験用車載器においては、試験用車載器に搭載された機能を利用して、各通信命令の送受信状況が分かるように図に整理するものとする。また、ITS スポット毎、車線毎、各車載器毎にアップリンク通信成功率が分かるように一覧表に整理する。なお、アップリンク通信成功率の一覧表の作成にあたっては、対向車線からのアップリンク情報の混入率についても整理する。
- iii. i. ii. の整理結果をもとにして、アップリンク通信成功率が低い箇所を抽出した上で、電界強度分布図やドライブレコーダの映像記録、アンテナの設置位置等と比較・照合することにより、アップリンク通信が正常に完了しないことに対して想定される原因やその対応方針案を整理する。
- iv. i. ii. iii. の整理結果をもとにして、対向車線からのアップリンク情報の混入率が高い箇所について、想定される原因やその対応方針案を整理する。

[成果の活用]

本研究で得られた成果を活用し、路側機個別の改善案は、各道路管理者にフィードバックを行い、改善するよう促す。また、路側機共通的な改善案については今後の ITS スポットの技術仕様書等を改善するために活用する。

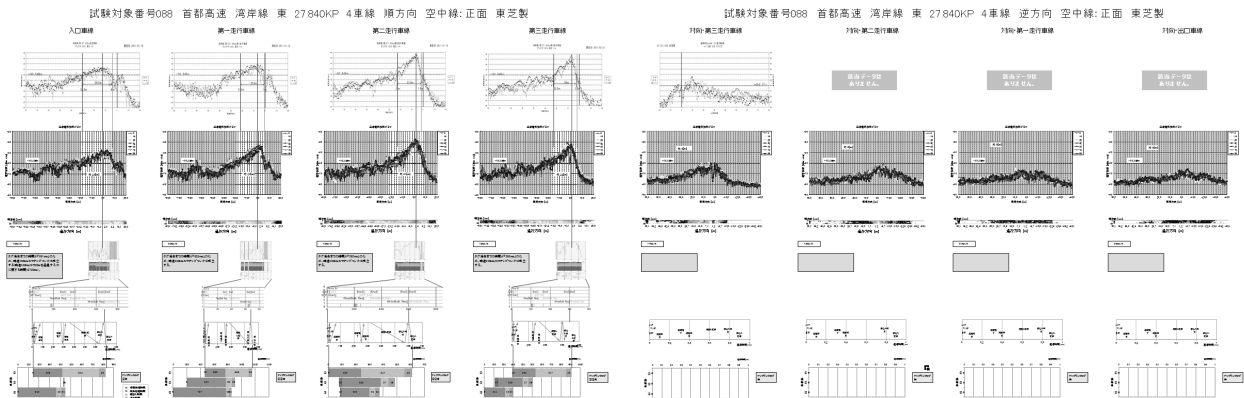


図 4 ITS スポット毎の整理例（左：順方向、右：逆方向 [対向車線]）

新たな通信技術を活用した協調 ITS に関する研究開発

Reserch on the cooperative ITS using new communication technology

(研究期間 平成 25~27 年度)

道路交通研究部
高度道路交通システム研究室
Road traffic Department
Intelligent Transport System Division

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher
研究官
Researcher
交流研究員
Guest Research Engineer

牧野 浩志
Hiroshi MAKINO
小木曾 俊夫
Toshio OGISO
渡部 大輔
Daisuke WATANABE
広 正樹
Masaki HIRO

The purpose of this study is to investigate and examine cooperative ITS, what realizes various ITS service applications vehicles, infrastructure and mobile phone network cooperate in common platform.

〔研究目的及び経緯〕

国土技術政策総合研究所では、今後、普及が見込まれる新たな通信技術等を利用した ITS 研究の方向性について検討を行っており、平成 24 年 9 月からは協調 ITS (Cooperative-ITS: 路車間通信、車車間通信等について通信形式やデータ形式などの整合を図り各システムが共通基盤で連携することで、様々な ITS サービスアプリケーションを実現するもの) に関する官民共同研究である「次世代の協調 ITS 開発に関する共同研究」(以下、「官民共同研究」という。)を立ち上げ、シス

テムアーキテクチャやロードマップ、システム等の検討を行っている。

本研究は、道路行政の課題等に対応する協調 ITS のサービスの実現に向けた調査・検討を行うものである。

〔研究内容〕

1. 協調 ITS サービスの研究・開発の方向性検討

本研究では、協調 ITS により実現する様々なサービスやそのサービスを実現するために必要なデータ、そ

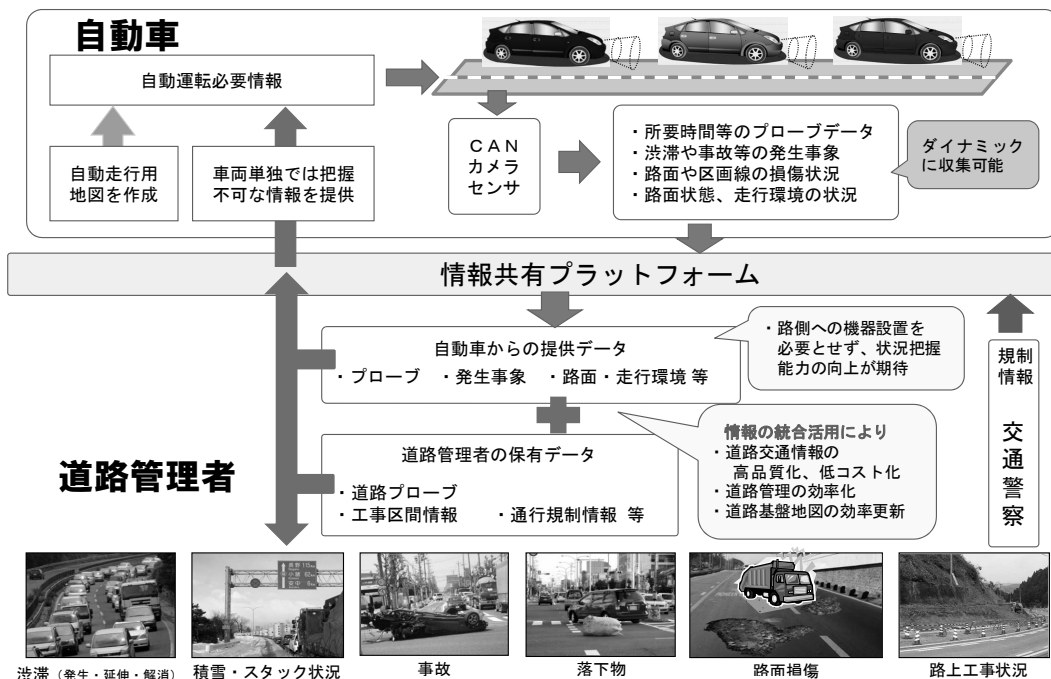


図 1 官民共同研究の方向性 (案)

の情報項目等について調査・整理を行い、図1のような官民共同研究の方向性（案）を作成している。

近年、自動車技術の向上により、自動車が搭載する多種多様なセンサーにより得られる情報（以下、「車両情報」という。）を用いて、「渋滞や事故等の発生事象」、「路面や区画線の損傷状況」、「路面状態、走行環境の状況」等の情報がダイナミックに収集可能になっている。

官民共同研究では、これらの車両情報や、道路管理者側が保有するETC2.0プローブ（車の走行履歴、挙動履歴等の情報）や工事区間情報、通行規制情報等を活用すると、道路状況を自動的に把握可能なため、それにより道路管理の効率化等を行い、更には、道路ユーザに対して、道路交通渋滞の緩和等に資するような道路交通情報の提供を行うことを検討している。

2. 協調 ITS サービスの社会的効果の整理

協調 ITS の重点サービスによって、どのような社会的問題を解決し、その結果、どの程度の社会的効果が期待されるのかについて、整理を行った。

その1例としては、都市間高速道路で発生する渋滞が発生場所の特徴について、図2のように整理を行っている。都市間高速道路の渋滞発生状況のうち、サグ部が約61%、トンネル入口部が約21%を占めている。また、全国の渋滞による経済損失は年間約12兆円にも上っており、改善に向けた対策が求められている。そこで協調 ITS サービスにより車両位置、車間時間、走行速度等を観測・共有し、車両の速度低下や不適切な車間時間が発生する場合には、車間時間、走行速度を制御することにより、渋滞削減の効果が期待される。

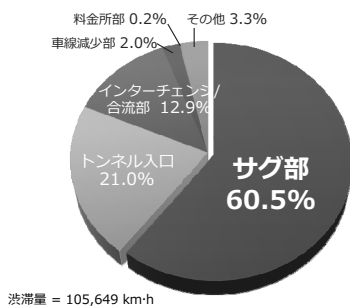


図2 都市間高速道路の渋滞発生状況

3. 協調 ITS サービス要件定義案の作成

過年度までの官民共同研究では、共同研究者との議論の結果、今後検討を深めていくべき協調 ITS の重点サービス（合計35個）を選定して、その内容の検討を行っている。

本研究では、協調 ITS サービスの中で国土交通省の

施策として推進していくサービスを抽出するために、重点サービスの中から道路行政施策に寄与するという視点でサービスの抽出を行い、その上で、協調 ITS サービス要件定義案（7個）を作成した。

また、協調 ITS サービスにおいて、上記の重点サービス以外で、道路行政施策において有効と考えられるサービスの検討を行い、3個の新規サービス案について、要件定義書を作成した。

表1 選定サービスの一覧

No.	サービス名
2	路面状況情報の提供
4	前後方向の障害等情報の提供
10	道路工事情報の提供
11	維持管理車両位置情報の提供
71	高速道路上渋滞多発地点(サグ部・トンネル部等)における車線均一化と適正車間時間保持のための運転補助
78	車種別車線誘導
152	プローブを用いた道路管理
新規	車両逆走警告
新規	車両走行経路把握
新規	EV走行状況把握

4. 欧米の協調 ITS サービスのシステムに関する調査

協調 ITS サービスを検討していくにあたり、将来的に国際標準化を行い、世界的にサービスを展開していくことも視野に入れると、欧米で検討しているシステム構成と整合を取る形でシステム検討を進めていくことが望ましいと考えられる。

そこで、欧米における主要な協調 ITS サービスの検討状況及びシステム構成について調査を行い、それらのシステム構成と日本のシステム構成を比較した。その結果、図3のようなシステムの概念モデルにおいて、車両-路側-センターの機能構成等が、欧米のものと整合がとれていることを確認した。

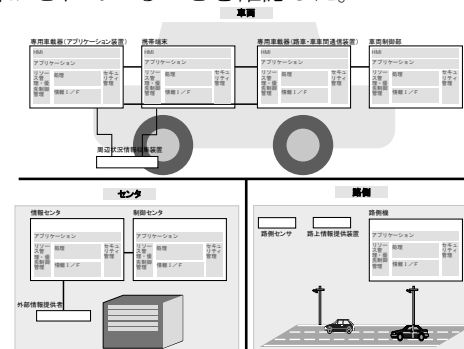


図3 協調 ITS サービスのシステム概念モデル

[成果の活用]

本研究で得られた成果は、次年度以降に共同研究で検討を予定している実用化すべきサービス検討やシステム開発等を進める上での基礎資料として活用される。

新たなモビリティに対応する道路交通システムの技術的課題調査

A study on technical issues of road transportation systems which respond to new mobility

(研究期間 平成 23～26 年度)

道路交通研究部
高度道路交通システム研究室
Road Traffic Department
Intelligent Transport Systems Division

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher
研究官
Researcher

牧野 浩志
Hiroshi MAKINO
松田 奈緒子
Naoko MATSUDA
築地 貴裕
Takahiro TSUKIJI

The spread of emerging new mobility such as electronic vehicles (EVs) or personal mobility vehicles (PMVs) can lead to a variety of technical and institutional issues on conventional road infrastructure. In this research, next-generation ITS that responds to emerging new mobility is discussed in cooperation with academia to realize smarter road transportation systems.

〔研究目的及び経緯〕

昨今の厳しい経済情勢・財政制約の下、既存交通インフラを有効に活用し交通サービスにおける移動の質を向上することが求められている。とりわけ、今後の少子高齢化社会の到来、エネルギー・環境制約、人々の価値観の多様化等により、交通サービスにおける移動の質に変化が生じると予想される。すなわち、これまでの時間・費用に加えて、安全・安心・健康・快適・環境を志向することで、専ら自動車を利用していた人が徒歩・自転車・公共交通等のモビリティに多様化すると考えられる。そのため、ITS 研究開発においては、従来の自動車のドライバーを中心とした ITS から、歩行者・自転車等の人を対象とする ITS への拡大が期待されている。

そこで本調査では、徒歩・自転車・自動車・公共交通を含む多様なモビリティや EV(Electronic Vehicle)、PMV(Personal Mobility Vehicle)等の新たなモビリティにおける移動の質を高める ITS のあり方について、学との連携を通じて検討することを目的とする。

平成 23～24 年度は、今後急激な増加が予想される高齢ドライバーに対して情報をわかりやすく提供するための方法や、自転車、歩行者、公共交通機関等を含む多様なモビリティにおける移動の質を高める ITS 技術について検討を行った。

平成 25～26 年度は、超小型モビリティ (以下 MEV) に関する検討を行った。MEV は通常の自動車よりもコンパクトで小回りが利き、環境性能に優れており、地域の手軽な移動手段としての機能を担うことで、高齢者の移動支援や環境負荷低減、地域活性化等に寄与することが期待されている。一方で、MEV には、従来の

自動車、二輪車、歩行者等との混在時の錯綜の発生、車体の視認性や周辺車両との速度差等で安全面の課題がある。そこで、今後の普及展開を見据え、通常の車両との混在時における利用者の安全・心理面への影響等を調査するとともに、MEV の安全・快適な移動を支援する ITS 技術について研究を行った。

〔研究内容・成果〕

1. 運転時の生理指標・心理指標の把握 (室内実験)

MEV 混在時における利用者の安全・心理面への影響を明らかにするため、運転時の注意やストレスと生理指標との関係を調査した。若年者男性 (11 名) と 65 歳以上の高齢者男性 (17 名) を対象とし、ドライビングシミュレータを用いて、運転時に注意を分散させるための連続的な短期記憶を課す N-back タスクやストレス負荷を与える追従タスクを実施し、運転時の注意やストレスと生理指標の関係を調べた。生理指標測定には、近赤外光を用いて脳血流を測定する NIRS と脳波計を使用し、タスク実行時の脳血流変化、刺激に応じて生じる脳波事象関連電位の一種で余裕の有無を反映すると考えられる P300 等の指標を生理指標とした。

書面調査による心理指標の結果から、若年者・高齢者別に運転時の負荷と注意やストレスの関係を把握することができた。

生理指標については、若年者について、N-back タスクの負荷と関係して前頭前野背外側部の脳血流が変化することを明らかにすることができた。これより、注意に関する定量的な推定の可能性が示唆された。さらに P300 の結果から、運転時の余裕の有無に関して評価できる可能性を示唆できた。

2. MEV 混在時における利用者の安全・心理面への影響の調査（公道実験）

若年者男性（8名）と65歳以上の高齢者男性（8名）を対象に、MEVと普通車で公道走行することで車線数、交通量、道路幅員、勾配など道路環境や交通状況が心理指標と生理指標に及ぼす影響を把握する実験を行った。

具体的には、幹線道路や細街路、また勾配の変化がある約7.7kmのコースを設定し、MEVと普通車を交互に運転して、生理指標として脳波計を装着した被験者に対してP300の検出を行うこと、心理指標としてアンケートを行うことで実験を実施した。

MEVを運転した被験者の多くはMEVも普通車も運転の感覚としては差がないと話していたが、実際には差のあることが生理指標や心理指標から把握できた。

生理指標である脳波の計測についてはP300の検出を行った。P300について、若年者では幹線道路や登り勾配では普通車の方がMEVよりも余裕を持って運転されていることが示唆された（図-1）。また、細街路では普通車・MEVともに注意して走行していることが把握できた。高齢者については普通車よりもMEVの方がコース全体で余裕を持って運転していたことが把握できた。この結果から、これまでは主観的な評価であった「走りやすさ」について、客観的な指標から推測できる可能性についても示唆を得ることができた。

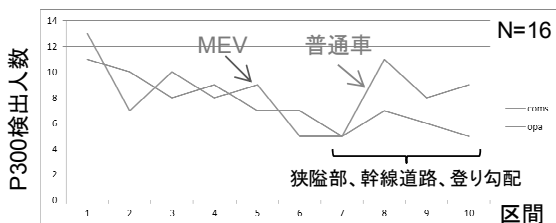


図-1 若年者のP300計測結果

また、心理指標としてアンケート調査を毎走行時に行った。この結果、運転時の心理状態が普通車の「安心」とは異なり、MEVは「熱中」の категорияに属していることが把握できた。これより、MEVは普通車よりも運転時に緊張を要する乗り物であると考えられる。

また、道路の構成要素や交通量との関係から、高齢者はMEV運転時に道路幅員・車線数・道路勾配などにストレスを感じていることを把握することができた。

3. MEV 走行が歩行者に及ぼす影響の調査

MEVが歩行者の安全・心理面に及ぼす影響を調査するため、普通車、MEV、自転車が歩行者から0.5m、1.0m、1.5m離れて時速20kmで通過する際の走行音を録音し、

これをランダムに被験者に聴かせて、接近に気づいた時と車種を判別するテストを行った。

この結果、普通車では被験者まで3.5秒前に気づくことが多いが、MEVでは0.3秒前、自転車では0.9秒前に気づくことがわかった。普通車では事前に車両接近の認知が可能であるが、MEVは静音性が高いことから身体間近に接近してからの認知となるため、歩行者にとっては脅威となり得る可能性が高いことを把握できた。

4. MEVの移動支援のための案内情報システムの開発

ドライバから見てMEVが普通車と同じ特性を持つ車両であれば所要時間最短や距離最小など通常のカーナビシステムで移動支援をすることが可能である。しかし、ここまで見てきたようにMEVと普通車ではドライバにかかる負荷が異なる。ここでは普通車とは異なりMEVに特化した案内情報システム構築について検討を行った。

案内情報システムの構築にあたっては、これまでに把握した道路種別や交通量、道路勾配などを配慮して対象とする道路ネットワークのリンク評価を普通車とは異なるMEVのものを入れることで対応することを検討し、それを実施した。

ここでは、そのプロトタイプとして、4車線以上の幹線道路についてはMEVの走行は避けたいと望ましいとし、経路検索時の走行速度（50km/h）に対してMEVの抵抗値を2.0として所要時間がかかることで他の経路を検索するシステムを構築した。

このシステムを用いて京都市西部の洛西地域を対象とし経路検索を行い、妥当な経路を検索できていることを明らかにした。本研究で提案した経路検索手法について、検索した経路をMEVで走行し、用いた抵抗値の妥当性などの評価を行うことで、利用者に対する効果の評価方を明らかにした。

【成果の活用】

本研究で得られた成果は、道路交通における新たなモビリティ混在時の道路利用者への安全・心理面への影響把握や、ITS技術の活用による情報提供がドライバの心理面に及ぼす影響等の把握に活用することができると考えられる。

また、新たなモビリティの安全・快適な移動が実現し、地域の手軽な移動手段としての機能を担うことで、交通弱者である高齢者等の移動支援、環境負荷の低減、地域の活性化等に寄与すると考えられる。

プローブ情報の道路交通管理への活用に関する検討

Research on the practical use to road traffic management of probe data

(研究期間 平成 25~27 年度)

道路交通研究部
高度道路交通システム研究室
Road Traffic Department
Intelligent Transport Systems Division

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher
研究官
Researcher

牧野 浩志
Hiroshi MAKINO
鹿野島 秀行
Hideyuki KANOSHIMA
田中 良寛
Yoshihiro TANAKA

National Institute for Land and Infrastructure Management (NILIM) has been studying about utilizing ETC 2.0 probe data collected from ITS Spot for road traffic management. This study discusses the characteristics of the ETC 2.0 probe data and the methods of using the data. Moreover, the traffic volume display function was added to the ETC 2.0 probe data utilization system.

[研究目的と経緯]

国総研では、路側機を通じてETC2.0対応車載器から得られる ETC2.0 プローブ情報を道路交通管理に活用するための調査研究を行っている。本検討は、収集した ETC2.0 プローブ情報を道路交通管理へ活用するための方法に関する検討、道路管理者が直接データを活用するためのシステムの検討を行うものである。本年度は、ETC2.0 プローブ情報の特性や活用方法に関する体系的整理を実施するとともに、ETC2.0 プローブ情報の分析事例を作成した。さらに、H24 年度に構築したプローブ情報利活用システムについて、交通量表示機能の追加等のシステム改良を行った。

[研究内容]

1. ETC2.0 プローブ情報の特性の整理

ETC2.0 プローブ情報からは、車両の時刻、位置、速度および加速度が連続的に観測されており、起終点、利用経路、連続的な速度、急減速等を把握することが可能である。横軸に時間、縦軸に距離の「時間・距離図」を作成することで、傾きから速度や、旅行時間の変動幅を視覚的に把握できる。ETC2.0 プローブ情報は 200m 間隔で走行履歴が蓄積されるため、信号交差点での停止状態を正確に把握することは困難であるが、車両の経緯度と同時に走行履歴に記録されている時刻の差分から、停止の可能性を把握できる。横軸に距離、縦軸に速度の「距離・速度図」を作成することで、経路上の速度低下地点、速度回復地点を視覚的に把握できる。また、地図にプロットすることで、視覚的に起終点、利用経路、危険挙動の位置を把握できる。高速道路では複数経路の分担状況の把握、一般道では起終

点と利用経路を基に、生活道路のトリップが生活交通によるものか、通過交通によるものか把握できる。ETC2.0 プローブ情報からわかることのイメージを図 1 に示す。

2. ETC2.0 プローブ情報の活用方法の整理

1. により ETC2.0 プローブ情報を活用した道路交通現象の把握内容を整理した上で、ETC2.0 プローブ情報の活用方法を網羅的・体系的に設定・分類した。また、活用方法・活用場面等の具体化を行い、各主体が活用メニューの活用可否を判断できるように、活用方法に応じた活用条件の整理を行った。道路管理者の場合、道路事業は政策目標に基づき実施し、事前・事後評価

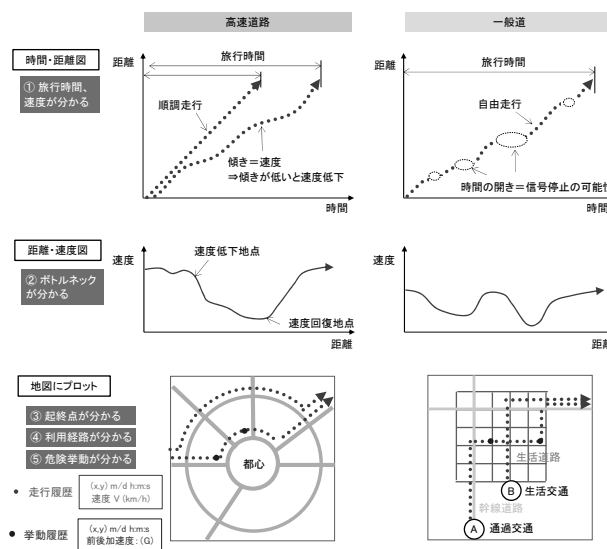


図 1 ETC2.0 プローブからわかること

を行い、政策目標の達成状況をチェックする必要がある。道路行政の方針は、必要なネットワークの整備と併せて、今ある道路をもっと賢く使って課題を効率的に克服する方針である。そのため、ETC2.0プローブ情報による「道路の階層的利用」や、「時間の最小化・空間の最大化」を評価するための指標を整理した。(表1)

表1 ETC2.0プローブ情報を用いた指標例

分類	指標
円滑・エネルギー効率	損失時間
	経路分担率
	ゾーンOD分担率
	体系的道路利用率(道路の階層利用)
環境・快適	時間信頼度
	連続運転時間
	待機駐車時間、路上駐車時間
安全・安心	単路・交差点におけるヒヤリハット率
	生活道路におけるヒヤリハット率
地域活力・国際競争力	時間圏域
	滞在時間

3. ETC2.0プローブ情報の分析事例作成

2. で設定した活用方法のうち、ETC2.0プローブ情報の現状の収集状況を前提に、道路管理者における活用事例について、具体的な分析を30事例行った。また、各種情報との組み合わせによる効果的な分析が行われるよう、道路プローブ情報の他、道路管理者が保有する情報(道路幾何構造を含む工事完成図、全国道路・街路交通情勢調査、交通量常観観測データ、道路巡回日報、道路テレメータ観測データ、CCTV画像等)や、道路管理者が業務上入手し得る情報(民間プローブ情報等)と組み合わせた活用方法を整理した。分析した30事例の一例(渋滞損失算出)を図2に示す。ETC2.0プローブ情報は、概ね2km間隔で設置されているトラカンに比べて分解能が高く、渋滞の状況をより細かく把握することが可能である。

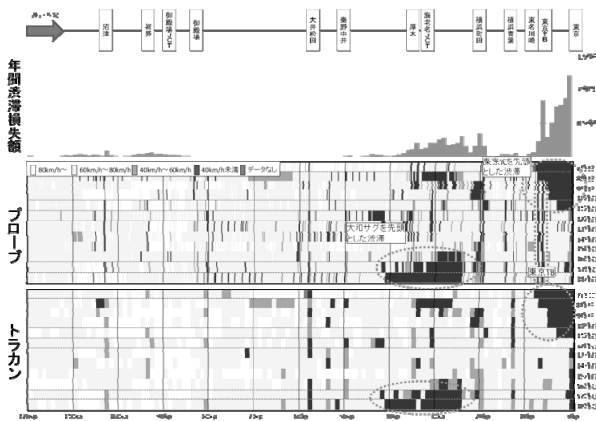


図2 渋滞発生状況と損失額(東名高速 上り 平日)

4. プローブ情報利活用システムの改良

国総研では、ETC2.0プローブ情報の道路管理への活用を目的として、プローブ情報利活用システムを平成24年度に構築し、平成25年度よりイントラネット等で公開している。平成26年度は、利用者からの要望の強い交通量データの地図表示機能(図3)、交通量データのダウンロード機能、民間プローブ情報とETC2.0プローブ情報の統合機能(表2)を追加するとともに、レスポンスや操作性など、既存機能の改善を行った。



図3 交通量データ地図表示機能の画面表示例

表2 統合プローブ作成機能の概要

機能項目	機能概要
民間プローブデータアップロード機能	国総研が入手した民間プローブデータをプローブ情報利活用システムにアップロードする
DRMバージョン変換機能	プローブ情報利活用システムにアップロードされた民間プローブデータのDRMバージョンがシステム上のDRMバージョンと異なる場合にデータ変換を行う
統合プローブデータ作成・登録機能	ETC2.0プローブと民間プローブデータを統合し、プローブ情報利活用システムのテーブルに登録する
統合プローブデータ作成結果通知機能	上記の処理状況を記録するとともに、結果を通知する

[成果の活用]

ETC2.0プローブ情報は、直轄国道への路側機増設や車載器の普及促進キャンペーンなどによりデータ量が増加している。本研究で得られた成果は、道路管理者におけるETC2.0プローブ情報の更なる活用に寄与するものと考えられる。

ITS スポットシステムを用いた大型車両走行状況

分析方法に関する検討

Study on analysis methods of heavy vehicles traffic using ITS Spot system

(研究期間 平成 26 年度～平成 27 年度)

道路交通研究部
高度道路交通システム研究室
Road Traffic Department
Intelligent Transport Systems Division

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher
研究官
Researcher
交流研究員
Guest Research Engineer

牧野 浩志
Hiroshi MAKINO
鈴木 彰一
Shoichi SUZUKI
築地 貴裕
Takahiro TSUKIJI
鹿谷 征生
Yukio SHIKATANI

The purpose of this study is to investigate and verify analysis methods for heavy vehicles traffic using ITS Spot system, which is considered to have a significant impact on the life span of road infrastructure.

〔研究目的及び経緯〕

国土交通省では、「好循環実現のための経済対策」(平成 25 年 12 月 5 日閣議決定)に基づき、「競争力強化策」の一環として、交通・物流ネットワーク等の都市インフラ整備、ITS 技術の活用などによる渋滞対策等を推進することとしており、国土技術政策総合研究所では、上記対策等の一部として、ITS 技術を活用し、プローブ情報 (ITS スポット対応車載器から収集される自動車の走行履歴等を含むデータ) を用いた大型車両の走行状況確認技術の確立に取り組んでいる。

本研究では、特殊車両の走行経路違反模擬判定実験システム (以下、「実験システム」という。) から得られるデータ (以下、「実験データ」という。) を用いて大型車両の走行状況を分析する手順案を作成するとともに、実験データを用いて手順案の検証を行うことを目的とした。また、実験システムの機能向上を図る方法を明らかにすることに取り組んだ。

〔研究内容〕

1. 既往分析事例の調査

1.1 文献・ウェブサイト等に対する調査

大型車両の走行状況等の分析や、貨物流動、道路インフラへの大型車両の影響度等について調査・分析・指標算出をしている事例について、以下の調査対象に収録されている、過去 5 年間に発表、投稿された論文・記事等を対象に調査した。調査結果は、各分析等の目的、対象範囲、用いているデータの種類・特性、時間

軸、分析の手順・データ加工方法等の特徴、分析結果概要、他の地域・対象への適用の容易さ等の項目について整理した。

【調査対象】

- ・土木計画学研究・講演集、論文集
- ・土木情報学シンポジウム講演集、論文集
- ・交通工学研究発表会論文集
- ・上記以外の文献・ウェブサイト 等

1.2 実験データにより改善が見込まれる内容の整理

本社会実験で得られる実験データは、事前に利用者の承諾を得たデータであり、同一の識別番号をつなぎ合わせることで特定車両の走行経路の把握が可能、走行開始地点、走行終了地点の正確な情報が収集可能といった特長がある。これらの特長を踏まえ、既往事例では分析・指標算出が困難な内容のうち、実験システムから出力可能な実験データを用いることで、改善・向上が見込まれる内容について整理した。

2. 分析目的及び分析手順の分類・整理

2.1 分析目的の分類・整理

- 1.の整理結果、過年度調査成果及び各地整、各高速道路会社の分析事例を踏まえて、大型車両の走行状況分析の目的を以下のとおり分類・整理した。
- ①特定の拠点 (港湾・空港等) へのアクセス評価
 - ②待機駐車、運転状況の分析
 - ③特定の地域間・地点間の接続性評価
 - ④環状道路の利用状況分析

- ⑤大型車両の全体的な走行量の分析
- ⑥橋梁・高架橋、道路舗装等に対する大型車両走行影響分析
- ⑦安全対策の分析
- ⑧環境対策の分析

2.2 分析手順案の作成

2.1 で整理した 8 分析目的について、分析手順の概略案を作成した。

2.3 実験データを用いた分析の試行

2.3.1 試行ケースの設定

全国のような地理的・交通的条件下で分析が実施されることを想定し、表 1 に示す試行ケースを設定した。

表1 試行ケースの設定

No	目的	内容	地域
1	①	東京港を起終点とするトリップ状況	関東
2		東京港周辺での渋滞発生状況	関東
3		名古屋港を起終点とするトリップ状況	中部
4		名古屋港周辺での走行速度の状況	中部
5		神戸港を起終点とするトリップ状況	近畿
6		神戸港周辺での渋滞発生状況	近畿
7	①	松山港、松山空港を起終点とするトリップ状況	四国
8	②	東京港周辺における待機駐車状況	関東
9		築地に流入する車両の運転・休憩状況	関東
10	③	東北中央自動車道 福島～米沢間の開通前の利用状況 [冬期特性分析]	東北
11		関越道 関越トンネルと国道17号の利用状況 [冬期特性分析]	北陸
12		東九州自動車道 苅田北九州空港IC～豊前間の開通前後の利用状況	九州
13	④	東名～関越道方面の圏央道利用状況	関東
14		中央道からの都心アクセス時の迂回状況	関東
15		環状道路に位置する東大阪流通センターを起終点とするトリップ状況	近畿
16		環状道路周辺のアクセス状況	関東
17	⑤	大型車の道路種別別の総走行時間、総走行距離、走行速度	全国
18		大型車誘導区間の利用状況	全国
19		大型車のトリップ長別の利用状況	全国
20	⑤	起点、終点の分布状況	全国
21		高速道路と一般道の並行区間の利用状況	中国
22	⑥	橋梁・高架橋、道路舗装等に対する大型車両走行影響分析	全国
23	⑦	道路種別別ヒヤリハット率	近畿

2.3.2 実験データを用いた分析の試行

2.2 で作成した分析手順の概略案に沿って、実験データを用いた分析を試行した。分析にあたっては、試行を通して得られた知見により、留意事項の見直しを図りながら実施した。

分析に使用したデータの取得状況として、2次メッシュ毎にトリップ数を集計し、色分け表示したもの(2014年11月の例)を図1に示す。なお、荷物の積み下ろし(標準120分)毎に分割した走行経路を1トリップとした。

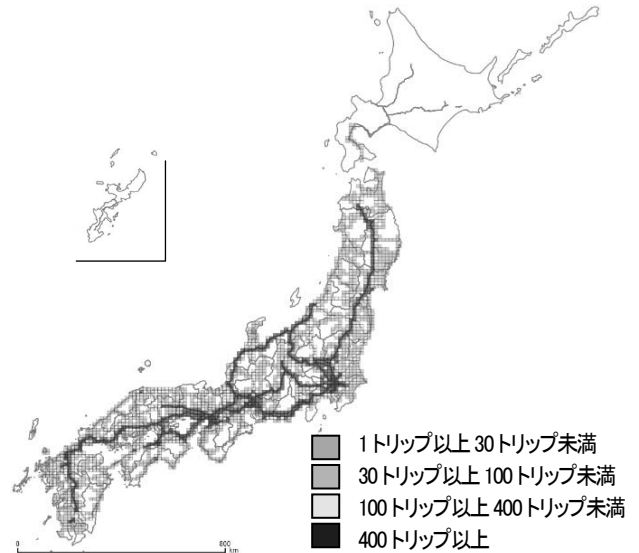


図1 分析に使用したデータの取得状況

2.4 大型車両走行状況分析時の留意点の整理

2.2、2.3を踏まえ、実験システムから抽出可能なデータを用いて大型車両の走行状況分析を行う際の留意点を整理した資料を作成した。

なお、資料作成にあたっては、作業手順の説明に操作画面イメージや具体的なアウトプットイメージ等を用いることで、全国で同一の作業を行うことができるように留意した。整理結果は「実験データを用いた大型車両走行状況分析手順書(案)」としてとりまとめた。

2.5 実験システムの機能向上方法検討

2.3 および路側装置の増設計画を踏まえ、実験システムにおける、取得データの抽出・出力機能、路側装置増設時の追加設定機能等について、機能要件の整理、機能向上方法の試行を実施した。

[成果の活用]

本年度の研究により得られた成果を活用し、次年度は、各分析手順において共通的に必要となる処理について、ツール化を検討するとともに、ツールを用いた分析手順案の見直しを行う予定である。

また、あわせて、実験システムを用いて一般道に追加配備される路側装置からの取得される大型車両の走行状況把握情報の確認を行う予定である。

ITS を活用した特定の車両への走行支援に関する検討

Research on driving support system for heavy vehicles using ITS

(研究期間 平成 24-26 年度)

道路交通研究部
高度道路交通システム研究室
Road Traffic Department
Intelligent Transport Systems Division

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher
研究官
Researcher
交流研究員
Guest Research Engineer

牧野 浩志
Hiroshi MAKINO
鈴木 彰一
Shoichi SUZUKI
築地 貴裕
Takahiro TSUKIJI
鹿谷 征生
Yukio SHIKATANI

The purpose of this study is to investigate and verify ITS technologies for monitoring and supporting the driving of heavy vehicles, which is considered to have a significant impact on the life span of road infrastructure.

[研究目的及び経緯]

国土技術政策総合研究所では、持続可能で活力ある国土・地域づくりを推進するため、道路インフラへの影響が大きいとされている大型車両の重量計測に適用可能な技術に関する調査検討を行うとともに、大型車両・重量車両の適切な走行を支援する技術の開発及び実展開を目指した調査検討を行っている。

平成 24 年度は、既存システム（特車許可申請システム、特殊車両自動計測装置（図 1））の整備状況を踏まえ、大型車両・重量車両の通行状況モニタリングに関する ITS 技術を調査するとともに、適切な走行支援を行う基本機能（自車位置把握、経路情報提供等）を検証するための基礎実験を実施した。平成 25 年度は、試作した走行経路表示実験システムを用いて、タブレット PC 上での経路誘導実験を実施し、システムの有効性及び受容性を評価した。平成 26 年度は、既存システムの課題を整理し、特殊車両走行支援のための道路情報の提供方法に関する調査及び大型車両の走行支援に資する重量計測技術の調査を実施した。

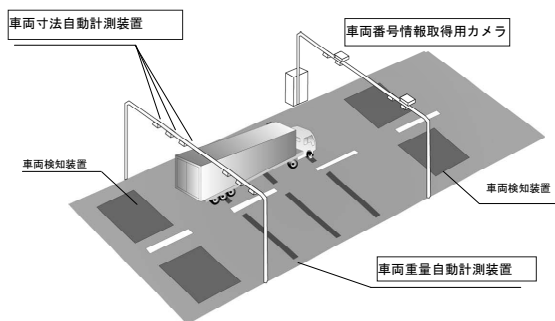


図 1 特殊車両自動計測装置

[研究内容]

1. 特殊車両走行支援のための道路情報提供方法に関する調査

特殊車両走行支援のための道路情報提供方法に関し、既存システムから個々の物流事業者、あるいは特殊車両走行支援サービスのサービス提供者へ提供するデータ形式等について検討した。また、通行経路上の障害情報をリアルタイムに提供する方法を検討した。さらには、事業者個別への通行許可情報の提供においては、特車許可申請システムの現状を整理した上で、提供手順及びなりすまし等を防ぐための認証方法の検討を行った。これらの検討結果を踏まえ、システムの概略設計を行い、サービスの実現性を確認するための実験案を作成した。

2. 大型車両の走行支援に資する重量計測技術調査

制限値超過・偏載等の検知を目的とした大型車両の重量計測に適用可能な技術の動向調査及び導入試行事例の調査を行った。これらの調査結果を踏まえ、道路管理者が大型車の重量計測を行う目的ごとに重量計測方法を検討した。また、各計測方法について、重量等のデータの転送・集約方法を検討するとともに、計測可能な車両台数及び路線数を推定した。これらの結果を踏まえ、重量計測導入シナリオ案を作成した。

[研究成果]

1. 特殊車両走行支援のための道路情報提供方法に関する調査

事業者に対して走行支援のための道路情報（経路情

報及び許可条件)を提供する方法を検討した。利用シーンに応じた情報提供サービス案を作成した上で、過年度調査結果や運行管理者へのヒアリングを通して、サービスの実現性、事業者側・提供者側のメリット・デメリット、制約条件等を整理した。道路情報の提供形式としては、短期的には、現在申請されている交差点番号及び交差点間の中間地点の緯度経度情報を電子化して提供する形式とし、通行経路や通行条件の閲覧及び表示を可能とすることが考えられる。長期的には、DRM(デジタル道路地図)リンクやVICSリンクと紐づけた許可条件情報を提供する形式とし、誘導経路案内や通行条件案内を可能とすることが考えられる。

また、通行経路上の障害情報をリアルタイムに提供する方法について、1) JARTIC等の利用、2) 道路プローブの利用、3) リルート機能の利用、4) 迂回情報の利用という観点から検討した。

事業者個別への通行許可情報の提供に際して、第三者によるなりすましを防ぐための認証方法を検討した上で、利用者の利便性を考慮した結果、回線は広域イーサネット、端末認証はID・パスワード方式が適していると考えられる。

これらの検討結果を踏まえ、システムの概略設計を行い、表1に示すように、新規に必要な機能概要を明らかにした。作成にあたっては、既存のシステムを最大限活用し、新規のシステム構築部分をできるだけ少なくするよう配慮した。

表1 システム機能概要

機能	内容
既存システムインタフェース機能	許可DBにアクセスし、許可証データを取得する(1日1回程度を想定)。
利用者インタフェース機能	利用者システムの情報配信要求を受付け、利用者システムに提供データを配信する。認証はID・パスワード方式。
提供データ作成機能	許可証データを加工し、提供データを作成する。
WEBサーバ機能	インターネット経由の利用者システムとのインタフェース。既存システムと同様、DMZ(DeMilitarized Zone)内に構築。アクセスログを記録する。

2. 大型車両の走行支援に資する重量計測技術調査

重量計測に関する技術動向調査では、車載型重量計、可搬型重量計、BWIM(Bridge Weigh in Motion)、車両情報(CANデータ)を用いた重量計測等の調査を行った。また、導入試行事例調査では、国内外(日・米・欧・豪・韓)を対象に行った。図2に米国における物流効率化事例を示す。また、欧州におけるスマートタコグラフ導入計画及び豪州における導入事例(IAP: Intelligent Access Program)について、欧州でスマート

タコグラフの規格化を主導的に実施中の企業、及び豪州のIAP運用主体・法制度検討機関から情報収集を行った。

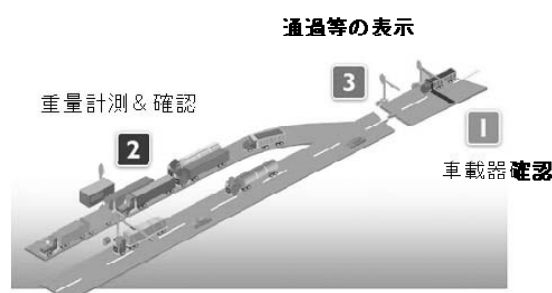


図2 米国の物流効率化事例(PrePass^{※1})

※1: <http://www.prepass.com/Pages/Home.aspx>

このような調査結果を踏まえ、道路管理者が大型車両の重量計測を行う目的ごとに検討した重量計測方法を表2に示す。

表2 大型車両の重量計測方法

	重量計測を行う利用目的	適用可能な重量計(重量計測技術)
(1)	制限緩和等のインセンティブ付与車両に対する重量監視	車載型
(2)		設置型(BWIM含む)
(3)		可搬型
(4)	悪質違反車両が多く通る箇所の抽出	設置型(BWIM含む)
(5)		可搬型
(6)	悪質違反車両を対象とした自動重量計測	設置型(BWIM含む)
(7)	引き込み対象車両(悪質な違反車両)のフィルタリング	設置型(BWIM含む)
(8)		可搬型

表2の(6)において、設置型重量計を利用して悪質な違反車両を効率良く取り締まることを目的とし、環状道路をコードラインとした場合の重量計測可能な車両台数及び路線数を推定した。関東地方整備局管内の直轄国道を対象として推定した結果、圏央道をコードラインとした場合には、全交通の約半分のカバー率であった。また、高速道路6路線を加えたカバー率は8~9割程度であった。

また、物流の効率化と取締りの強化を目的とした短期・中期の重量計測導入シナリオ案について、インセンティブ付与車両への対応及び悪質な違反車両への対応といった2つの側面で検討した。

[成果の活用]

大型車両・重量車両の適切な経路の走行を支援する技術の実現を図り、道路法47条の特殊車両通行許可制度の効率的・効果的な執行に寄与できると考える。

画像情報を用いた道路管理の効率化に関する適用性検討

Research on applications using image information for efficient road management

(研究期間 平成 25 年度～平成 26 年度)

道路交通研究部
高度道路交通システム研究室
Road Traffic Department
Intelligent Transport Systems Division

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher
研究官
Researcher
交流研究員
Guest Research Engineer

牧野 浩志
Hiroshi MAKINO
鈴木 彰一
Shoichi SUZUKI
田中 良寛
Yoshihiro TANAKA
佐治 秀剛
Hidetaka SAJI

This study aims to propose a performance evaluation method of event detection systems using on-vehicle image processing and analyzing technology.

〔研究目的と経緯〕

近年民間で技術進歩の著しい、ドライブレコーダや安全運転支援用カメラにより得られる車載カメラ画像を用いた、道路管理の高度化・効率化の実現が望まれている。そのためには、道路管理上、検知することが必要な落下物やポットホールなどの事象を車載カメラの画像を解析し、検知する技術が重要となる。しかし、画像解析技術自体は民間競争領域と考えられるため、本研究では、画像解析を用いた事象検知技術が、本当に道路管理上「検知すべき事象」を検知できるか評価するための性能評価試験方法を確立することを目的とした。

平成 25 年度は、直轄国道における事象検知を念頭に、カメラ画像を用いた事象検知技術について、既存の性能評価試験方法に関する調査を行った。その上で車載カメラを搭載した巡回車両を用いて、検知すべき事象を「落下物」、「ポットホール」として、複数の条件下において画像データの収集を実施した。

平成 26 年度は、引き続き、巡回車両による画像データの収集を実施し、収集した画像データから性能評価試験用画像の作成を行うとともに、性能評価試験方法を検討・作成し、試行を行った。

〔研究内容及び成果〕

1. 性能評価試験用画像の試作

1.1 画像データ及び巡回記録の回収

平成 25 年度に作成した巡回車両画収集作業マニュアル（案）に沿って、巡回車両により収集される画像データ及び巡回記録の回収を行い、10 事務所・出張所合計で、巡回経路延長 1279.1km、延

べ回収日数 2,172 日、延べ画像データ量約 21.6TB 分の画像データを回収した。

1.2 収集データの分類・整理

1.1 で回収した巡回車両における画像データ及び巡回記録から、検知物の画像データに含まれている部分（画像の長さ 3 分程度）を 5,308 箇所分抽出し、検知物の種類・大きさや周辺環境など検知対象の認識・判定に影響する可能性がある条件として考えられる特徴毎に分類・整理した。

整理した画像には固有の ID を割り振り、それぞれの画像の特徴とひも付けた一覧表を作成した。固有 ID 毎の画像データの関連情報整理レイアウトを表 1 に示す。

また、上記整理を行った画像に人物の顔及び自動車・バイクのナンバープレートが映り込んでいる場合等は、当該部分に加工を行い、識別できない状態とした。

表 1 固有 ID 毎の画像データ関連情報

項目名	巡回記録情報			画像抽出情報				画像の特徴に関する情報									
	固有 ID	路線名 事務所・出張所コード	年月日	検知物の内容	距離標 (K P)	上下線の別	検知物通過時刻	画像開始時刻	画像終了時刻	検知物の種類	周辺環境	道路線形	交通量 (全体)	交通量 (進行方向)	交通量 (逆方向)	走行道路の車線数	
No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17

項目名	画像の特徴に関する情報															
	走行速度	検知物の位置	道路構造	類似情報の混在	対向車有無 (夜間)	反射光の有無 (夜間)	落下物・ゴミの大きさ	ポットホールの大きさ	天候	時間帯	舗装種類	検知物の色	影の被さり状況	逆光・順光	自然物・人工物の別	区画線
No.	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33

2. 性能評価試験方法案の作成

車載カメラ画像を用いた事象検知技術の性能を評価するための試験方法案について検討、作成を行った。具体的には、試験方法の手順案、手順案に沿って試験を実施するために必要となる画像データセット、試験の採点方法、試験用画像に対する検知結果の提出様式、採点表等の案を作成した。また、メーカー等の性能評価試験を希望する者を対象とした、試験方法、手順に関する説明資料を作成した。

3. 性能評価試験方法案の試行

2.において作成した説明資料、学習用・試験用画像データセット等を用いて、関連メーカー、学識経験者等の協力を得て、性能評価試験方法案の試行を行った。

3.1 試験方法案に関する意見収集

画像検知技術を有するメーカーや学識者に対して、意見収集を行い、今回作成した試験方法案が概ね妥当であることを確認した。収集結果を表2に示す。

3.2 試行用データの作成

3.1において意見収集した結果を踏まえ、1.2で分類・整理した画像データを用いて、試行で用いるデータ（学習用データ 1,900 サンプル、試験用データ 316 サンプル）を作成した。

3.3 試験方法案の試行・比較

関連メーカー、学識経験者3者の協力を得て、3.2で作成した試行用データを用い、試験方法案の試行を行った。評価指標の算出については、評価方法を比較するために、表3に示す4つのケースにて評価を実施した。結果を表4に示す。

4. 性能評価試験の利用方法の整理

4.1 性能評価試験方法案の見直し

3.を踏まえ、2.で作成した性能評価試験方法案について見直しを行った。図1に見直し後の性能評価試験方法案を示す。評価方法については、試行結果を踏まえ、ケース1を基本とし、スクリーニング目的において、ケース4の誤検知率のみを確認する方法も利用可能とした。

また、試験実施に必要なデータ一式を作成した。加えて、2.で作成した、メーカー等の性能評価希望者を対象とした試験方法、手順に関する説明資料を修正した。

4.2 性能評価試験の利用方法の整理

道路管理者が、実際に車載カメラ画像を用いた事象検知システムを導入するケースを想定し、4.1で修正・作成した性能評価試験方法案の利用方法・留意点について整理した。

[成果の活用]

本研究の成果は、道路管理者が車載カメラ画像を用いた事象検知システムを導入する際に活用する予定である。

表2 性能評価試験方法案の意見収集結果

項目	試行での対応
検知・誤検知の判定方法	一般的な判定方法と考えられるフレーム単位で検知エリアを特定する方法を基本とする。 ・試行では、検知エリアで判定せず、検知フレームのみで判定する方法やファイル単位で判定する方法も合わせて実施する。
該当フレームにおける検知の判定について	1つの該当フレームだけで評価してよいかどうか判断することは難しいという意見を踏まえ、試行において、試験方法案のとおり、複数のフレーム(10フレーム)のケースを合わせて実施し、判定結果を比較する。 ・試行における検知エリアの判定基準については、検知結果を踏まえ検討する。
試験方法案(フレームの適合状況による誤検知の判定)について	検知エリアを含めて誤検知を判定する場合、全てのフレームに検知エリアを設定する必要があるため、試験方法案のとおり、検知フレームとの適合状況により誤検知を判定する。
試験方法案(ファイル単位での検知・誤検知の判定)について	評価作業の簡素化の可能性を検討するため、試行ではファイル単位で判定するケースも合わせて実施する。
検知率、誤検知率による具体的な評価方法	試行では、検知率・誤検知率の結果算出を行い、その結果を踏まえ、検知率・誤検知率の評価方法を検討する。
重要度や難易度を加味した加点・減点による評価方法	試行では重要度や難易度を加味した加点・減点による結果については算出しないこととする。
画像データの分類の考え方、分類方法	意見収集結果から得られた知見を踏まえ、試行用データ(学習用データ、試験用データ)を作成する。
画像データのデータ数	意見収集結果から得られた知見を踏まえ、試行用データ(学習用データ、試験用データ)を作成する。
試験実施方法	・試行では、協力者への負担を考慮し、オンラインでの試験用データの提供により試験を実施する。
その他	-

表3 性能評価試験の評価ケース

ケース	評価方法	内容
ケース1	該当フレームの判定による評価(検知フレーム及び検知エリアによる判定)	提出された検知結果データが、正解検知結果データのフレーム範囲内にあり、かつ検知エリアが正解検知結果データのエリア範囲に掛かっている場合に「検知」と判定する。
ケース2	複数の該当フレームの判定による評価(検知フレーム及び検知エリアによる判定)	提出された検知結果データのひとつが、正解検知結果データのフレーム範囲内にあり、かつ検知エリアが正解検知結果データのエリア範囲に掛かっている場合に「検知」と判定する。
ケース3	検知フレームの判定による評価	提出された検知結果データが、正解検知結果データのフレーム範囲内にある場合に「検知」と判定する。
ケース4	ファイル単位による評価	提出された検知結果データのひとつが、正解検知結果データが含まれるファイルにある場合に「検知」と判定する。

表4 試行結果(ケース別検知率・誤検知率)

評価ケース	検知率	誤検知率
ケース1	6.5%	88.8%
ケース2	6.5%	88.8%
ケース3	22.6%	88.8%
ケース4	74.2%	32.4%

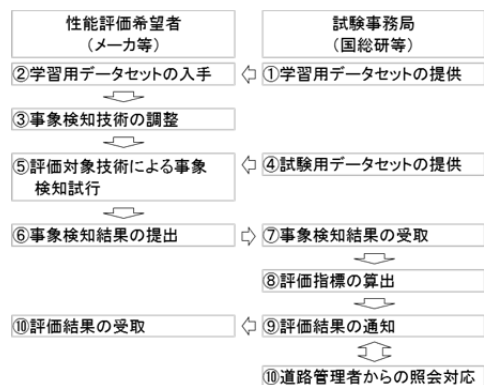


図1 性能評価試験方法案

路車連携による安全運転支援システムの実用化に向けた検討

Validation of Driving Safety Support System by Using Vehicle to Infrastructure Cooperation

(研究期間 平成 25～27 年度)

道路交通研究部
高度道路交通システム研究室
Road Traffic Department
Intelligent Transport Systems Division

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher
研究官
Researcher
交流研究員
Guest Research Engineer

牧野 浩志
Hiroshi MAKINO
鹿野島 秀行
Hideyuki KANOSHIMA
鈴木 一史
Kazufumi SUZUKI
岩武 宏一
Koichi IWATAKE

The effectiveness of driving safety support system which warns drivers of the existence of sharp curves and/or stopped vehicles ahead is confirmed through driving tests in Tokyo and Nagoya District. Speed reduction effects are also examined through probe data analysis over a long time frame.

[研究目的及び経緯]

国土技術政策総合研究所では、平成 23 年に全国でサービスが開始された ITS スポットサービスの効果評価を継続的に行ってきた。これまでは主に ITS 車載器を貸与したモニタから得られるアンケート調査結果に基づき効果評価を行ってきたが、ITS 車載器の普及が進んできた現在、特に安全運転支援サービスについては、そのドライバーの運転行動にもたらす効果の検証が求められている。本検討では、安全運転支援サービスの有無による運転行動の変化を公道実験、プローブデータにより検証することを目的とする。

[研究内容及び成果]

(1) システムの概要

本検討で検討対象とする安全運転支援システムは、高めの速度で急カーブに進入する車両へ注意喚起を行う「カーブ進入危険防止サービス」、急カーブ先に渋滞末尾車両が存在する場合に注意喚起を行う「前方障害物情報提供サービス」の 2 種類であり、図 1 に示す東京地区（熊野町カーブ）と名古屋地区（明道町カーブ）の 2 箇所を設置されている。車両の速度が一定値を超えると強めの注意喚起がドライバーになされ、東京地区では音声、名古屋地区ではカーナビの画面と音声により注意喚起が行われる。

(2) 公道実験による効果評価

公道実験では被験者が走行ルート上の評価対象地点を意識せず、他のカーブ区間も含めて連続的に走行する中で、サービスあり／なしの評価を行った。実験にあたっては、図 2 に示す通り東京地区では 4 トン大型



図 1 各地区の機器配置状況と提供サービス内容



図 2 公道実験に用いる実験車両

貨物車 3 台、名古屋地区では普通乗用車 3 台を準備し、各車両に音声出力型 ITS 車載器（東京地区）、ナビ連

携型 ITS 車載器(名古屋地区)を取り付けるとともに、全車に車両挙動を取得できるドライブレコーダを取り付けた。被験者は各地区 25 名を募り、1 名あたり 6 走行、全体で延べ 300 走行実施し、検証用データとして、a)運転者特性、b)速度、加速度、ブレーキ・アクセル踏み込み位置、c)走行状況(時刻、走行車線、周囲の交通状況等)に関するデータを収集した。

図 3 は、東京地区(熊野町カーブ)における情報提供の有無に応じた走行速度の平均的な変化を示したものである。「情報提供なし」に比べ「情報提供あり」の場合は、情報提供位置からカーブ入口までの速度低下量が大きい傾向がみられる。

図 4 は、東京地区(熊野町カーブ)における情報提供の有無に応じたドライバの減速行動(ブレーキペダルの踏み込み準備等)開始位置の変化を示したものである。「情報提供なし」に比べ「情報提供あり」の場合は、ドライバの減速行動が早まる傾向がみられる。

表 1 は、ドライバが安全運転支援に関する情報提供を受けたときの効果がレベル 1 からレベル 5 まで順に発現するとした場合に、各地区の被験者のうちの割合で効果が発現したかについて、アンケートデータ、車載カメラ映像、路側ビデオ映像等により確認した結果である。その結果、路面乾燥時における東京地区(熊野町カーブ)の走行では、全体の 5 割の被験者が早めに減速行動を開始(レベル 3)し、これに伴う速度低下により後続車が減速させられることで、後続車に速度低下の効果が波及するケースが全体の約 2 割生じた。

(3) プローブデータによる効果評価

ITS スポットから収集可能な不特定多数のプローブデータから 100m(または 200m)ごとの速度情報を抽出し、システム設置箇所前後の速度変化を分析することで、システムによる効果評価を行った。ここでは、システムメンテナンスに伴うサービス停止期間中を「サービスなし」とみなし、それ以外の期間中のプローブデータは全てサービスを受けた車両とみなすことで、サービス有無別の効果を確認する。図 5 は、東京地区(熊野町カーブ)におけるサービス有無別の平均走行速度の変化を示したものである。サービスなし時のサンプルサイズが小さいものの、サービスあり時に速度低下する傾向がみられる。

(4) 今後の課題

本システムが提供する情報にドライバが慣れることで効果が減衰することが考えられ、今後はより危険な状況でのみ警告メッセージを提供する等、情報提供条件を精査していくとともに、プローブデータ等の活用により効果の持続状況を継続的に確認する PDCA サイクルを運用する仕組みが必要といえる。

[成果の活用]

本研究の成果は、都市高速道路における交通事故対

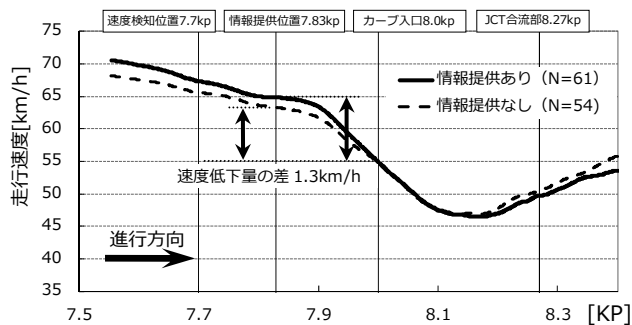


図 3 走行速度の変化(東京地区、路面乾燥時)

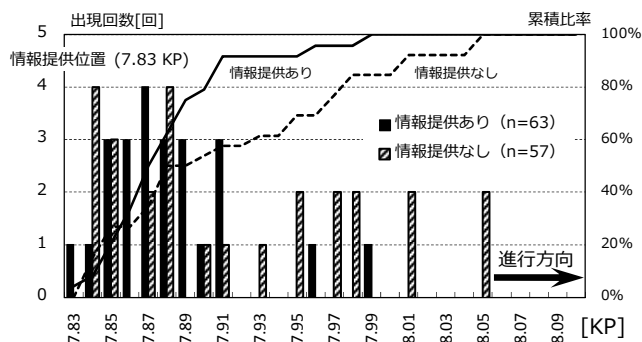


図 4 減速行動開始位置の変化(東京地区、路面乾燥時)

表 1 各地区の被験者への効果発現割合(路面乾燥時)

レベル	ドライバへの効果	東京地区(熊野町カーブ) (n=16)	名古屋地区(明道町カーブ) (n=25)
1	認知: 提供された情報に気づいた(アンケート)	94%	100%
2	心理的变化: カーブ進入に対しての心構えができた(アンケート)	81%	84%
3	行動変化: 減速開始行動が早めに行われるようになった(車載カメラ映像)	50%	52%
4	車両挙動変化: 速度が低下した/減速量が増加した(ドライブレコーダ)	38%	24%
5	周辺車両の挙動変化: 早めに減速することで後続車に速度低下が生じた(路側ビデオ映像)	19%	12%

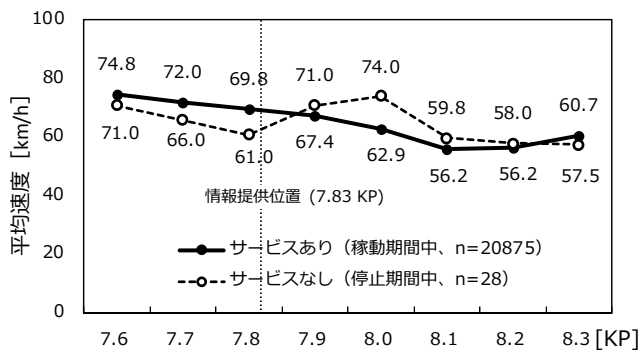


図 5 平均走行速度の変化(東京地区、プローブデータ)

策の検討資料として活用される。

高齢者等歩行者の安全対策に資する技術の適用性検討

Applicability of Safety Countermeasure Techniques for Elderly Pedestrians

(研究期間 平成 25～26 年度)

道路交通研究部
高度道路交通システム研究室
Road Traffic Department
Intelligent Transport Systems Division

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher
研究官
Researcher

牧野 浩志
Hiroshi MAKINO
小木曾 俊夫
Toshio OGISO
鈴木 一史
Kazufumi SUZUKI

Applicability of pedestrian navigation service for improving users' efficiency and safety by utilizing ICT is discussed. It is also presented how to make the service sustainable from the point of view of maintenance cost and social acceptability.

〔研究目的〕

屋内外の歩行空間において、歩行者の円滑な移動を支援する ICT を活用した歩行者の案内誘導手法の在り方について検討を進めている。

平成 26 年度は、ICT を活用した歩行者の案内誘導手法に関する国内外の最新動向を踏まえ、特に GPS 信号が届かない駅構内及び地下歩道等の公共歩道空間において、歩行者の案内誘導に必要となる情報内容及び情報提供手法について検討を行った。

〔研究内容及び成果〕

1. 国内外における歩行者の案内誘導システムに関する最新動向の収集整理

歩行者の移動支援システムを構成する要素について、論文、特許等について最新動向の収集整理を行うとともに、代表となる技術や実証実験の状況についてヒアリングを行い、それらの結果に基づいて歩行者案内誘導システムに関する課題を整理するとともに特徴的な歩行者案内誘導システムについて比較整理を行った。

「モビリティサポートモデル事業」の課題、「ICT を活用した歩行者の移動支援に関する勉強会」、「東京駅周辺高精度測位社会プロジェクト検討会」の意見、課題等を基に、屋内空間における歩行者案内誘導システムに対する主な意見・課題等について以下の通り整理を行った。

- ① 空間位置情報コードの申請が少なかった場合、インフラとして機能しない
- ② ピンポイントでわかった方が良いところについては、位置情報の精度は不足である
- ③ 共通的に利用可能な屋内の位置特定の仕組みの構築が求められている

- ④ 歩行者の保有端末（携帯電話やタブレット）の採用が望ましい
- ⑤ バリアフリーマップの整備は市場性に乏しい。民間のナビサービスでは必要ない情報を、現地で収集する手間がかかる
- ⑥ 歩行空間ネットワークデータの効率的な維持更新の手法が確立されていない
- ⑦ 当初は最小限の歩行空間ネットワークデータの整備をしておき、必要に応じて精度の高い情報を加えていくなど、段階的な整備を行う必要がある
- ⑧ 端末を見ながら歩くことは危険である
- ⑨ 基本的にユーザから料金をとらないようにすべき
- ⑩ 持続運用のため、運用体制をどう作るか
特徴的な歩行者案内誘導システムについて比較したところ、利用者の位置特定端末については普及されているスマートフォンやタブレット端末の利用案、専用端末の利用案があるが、各種社会実験の意見、スマートフォンやタブレット端末の普及速度の観点から、専用端末の利用案の可能性についてはほぼ無いと考えられる。このため、スマートフォンの利用を前提として、歩行者案内誘導システムに必要とされる位置特定技術については次の通りと整理した。

表 1 位置特定技術

区分	位置特定技術
比較的成熟している技術	① BLE(iBeacon)
	② PDR
今後、有望な技術	③ 低出力型無線 LAN
	④ IMES
	⑤ 超音波

2. 屋内における歩行者の案内誘導システムに求められる要件の整理

屋内における歩行者の案内誘導システムに求められる要件の整理として、屋内公共歩道空間の特徴を整理した上で、案内誘導システムに求められる要件としてビジネスモデルの検討と導入にあたってのそれぞれの段階における実施内容について整理を行った。

駅構内及び地下歩道等の公共歩道空間の特徴を把握するため文献調査・資料収集を行い、以下の通り整理を行った。

- ① ターミナル駅周辺の地下歩行者ネットワークの一部としての役割を担っており、地下街利用者（地下通路の歩行者数）が1日あたり10万人以上となる地下街も多数存在している等、都市の施設として欠かさない施設となっている
- ② 帰宅困難者対策等で、公共歩道空間は地震、台風時等の災害時に、避難所・一時滞留場所として利用されている
- ③ 地下空間のサービス対象人口が多く、更に、人口密度が高い
- ④ 屋外・屋内、各階の移動が多く、シームレスな連携が必要
- ⑤ 天井がガラス張りや天井がない半地下街の箇所もある。天井・床・壁材については、石、タイル、金属、プラスチック等がある
- ⑥ 施設が密集しているため、歩行者の案内誘導に対する位置特定精度の要求が高い。また、複数階の構成になっているため、高さの把握が必須である
- ⑦ 屋内の地図は地下街等の管理者が作成しているフロアマップや案内図があるが、地下空間の全体像がわかる共通の電子地図が無かったり、提供できない場合がある
- ⑧ 地図の形式・表現方法が統一されていない
- ⑨ 地下空間階層の全体像を提示する必要がある。平面の地図より、深層部も表示可能な立体地図の方が有効な場合がある
- ⑩ 身体障害者、外国人等不慣れな利用者が多数利用している。そのため、利用者の位置を適切に把握し、不安とならないような情報提供が重要である

屋内公共歩道空間の特徴の整理結果及び各種ビジネスモデルを参考にして、歩行者案内誘導システムのビジネスモデルの検討を実施した。本ビジネスモデルのイメージ概要を以下に示す。

- ① 一般利用者にサービスを提供するのは、全国的規模なサービスを提供しているシステムイ

ンテグレータ（以下SIという。）と想定する

- ② 施設管理者は、施設内の位置特定インフラを整備し、施設のデータを作成し（初期段階は既存インフラ・データを活用）、無料でSIを提供する。施設管理者は、サービスの提供による施設の利用者数の増加、施設の安全性の確保を図り施設のテナント等から賃貸料の増加を図る
- ③ 国は、上記の仕組みを円滑に運用するため、関連法律の整備、導入ガイドラインを整備する。また、本事業の公益性を考慮し、補助金制度の導入を検討する

更に、今回検討を行ったビジネスモデルについて導入の段階における整備概要について検討を行った。

現状では、屋内空間における歩行者の案内誘導システムについては、位置特定技術は確立されておらず、また、地図や歩行空間ネットワークデータ、施設データ等についても整備がなされていない。これらのインフラ技術、基本データの要求レベルを高く設定した場合、初期の整備コストやシステムのメンテナンスコストが膨大となることから、システムの普及の妨げとなる。

このため、屋内空間における歩行者の案内誘導システムは、技術的な進歩と各施設の実情を踏まえて、段階的に要求レベルの向上可能な構成とする仕組みにすることが必要である。

屋内空間における歩行者の案内誘導システムの導入について、以下のような段階的な導入について検討を行った。

表2 各整備段階の整備概要

整備段階	整備概要
初期段階	整備コスト・維持管理コストを最小限に抑えるため、既存のインフラ・データを利用し、最小限のサービスを提供する
普及段階	屋内空間における歩行者の案内誘導システムの基本機能ナビゲーション、情報提供機能を有する
最終段階	バリアフリー情報の提供、歩行者情報の高度利用する機能を有する

[成果の活用]

本研究の成果は、歩行者の案内誘導システムの導入に向けた、基礎資料として活用する。

災害時の情報提供手法の検討

Study on methods for providing disaster information

(研究期間 平成 25～26 年度)

道路交通研究部高度道路交通システム研究室
Road Traffic Department
Intelligent Transport Systems Division

室長	牧野 浩志
Head	Hiroshi MAKINO
研究官	渡部 大輔
Researcher	Daisuke WATANABE

防災・メンテナンス基盤研究センター国土防災研究室
Research Center for Land and Construction Management
Disaster Prevention Division

室長	松本 幸司
Head	Koji MATSUMOTO
主任研究官	長屋 和宏
Senior Researcher	Kazuhiro NAGAYA
研究官	梶尾 辰史
Researcher	Tatsushi KAJIO

In this study, the damage situation of the bridges was investigated on the 2011 off the Pacific coast of Tohoku earthquake. An automatic device to find damaged bridges was studied for early detection of traffic obstacle after an earthquake.

[研究目的及び経緯]

東北地方太平洋沖地震では緊急輸送道路の早期啓開等の重要性が確認される中、「世界最先端 IT 国家創造宣言 (平成 25 年 6 月 14 日閣議決定)」では、災害時に全ての国民が正確な災害関連情報を確実かつ多様な伝達手段で入手できる防災・減災情報インフラを構築するとともに、大規模災害時等において、IT・データを活用することにより、人命救助、消火活動等、効果的な現場対応を可能とするなど、「助かる命を確実に助ける」災害に強い社会を実現すると示されている。

本研究は大規模災害発生時において道路啓開や二次災害防止等を図るために、道路の通行障害を迅速に把握し、道路管理や道路利用に有用な情報として提供する手法について技術的な検討を行うものである。

過年度は東北地方太平洋沖地震における道路橋の被災状況調査結果(直轄国道の本線橋 1,504 橋)を基に、把握すべき被災情報の整理やその把握手法について検討するとともに、道路橋の被災による通行障害に特化した把握装置の試作を行い、実用化へ向けた課題とその対応策を検討した。平成 26 年度は各地方整備局等に災害情報把握の現状と課題についてヒアリングし、課題解決策を検討し、構築したシステムを試行フィールド(実橋)へ実装し、被災情報の信頼性向上・可視化

について検討した。

[研究内容]

1. 道路橋被災状況把握システムの構築

各地方整備局等の道路管理者に対して災害情報の入手方法や道路管理に関する現状と課題についてヒアリングを実施し、確認結果を踏まえて、システムの構築を行った。

2. 被災状況把握の信頼性向上のための検討

東北地方太平洋沖地震時には、停電や光ケーブルの断線、電話回線の不通・混線等が発生し、情報収集機能が麻痺し、被災状況把握に時間を要した。よって、地震等の災害時にリアルタイムで情報を入手するためには、地震発生時の計測手法・計測値の確実性だけでなく、電源確保、通信確保といった基本的な機能が重要となるので、災害時の電源・通信確保の具体策について試行フィールド(実橋)において実証した。

3. 被災情報の可視化

震後対応では入手した被災情報を容易に理解できるように分かりやすく表示することが重要となる。また、大規模地震発生後には地震被災や渋滞等の影響で震後点検が迅速にできないことが想定され、被災発生から道路利用者への情報提供までに空白時間が生じることが考えられる。これを踏まえ、道路管理者への被災情

報の提供方法、及び被災発生現場における道路利用者へのリアルタイムでの情報提供方法について提案した。

[研究成果]

1. 道路橋被災状況把握システムの構築

各地方整備局等の道路管理者へヒアリングを行った結果を表-1に示す。これを基にシステム構築を行った(図-1)。

表-1 ヒアリング結果とシステム反映内容

現状の課題	システムはシンプルの方が良い。
	マニュアルが分かりにくいと使いづらい。
	数値だけでは計測内容が理解できず、計測状況が不明であれば、変位の方向などの計測値の評価が的確にできない。
	被害が進行途中なのか、停滞しているのかわかるようにする。
	被災状況と併せて、関連資料(一般図や点検調書等)と照らし合わせることであれば、有効な情報となる。
反映内容	既存システムが統一規格でないと、複数の使用ソフトが必要となり、運用上課題が生じる。
	シンプルで使いやすいシステムとする。
	計測内容(位置や方向等)が理解しやすいようにする。 時刻歴変位量等を判断し、被災度を評価する。

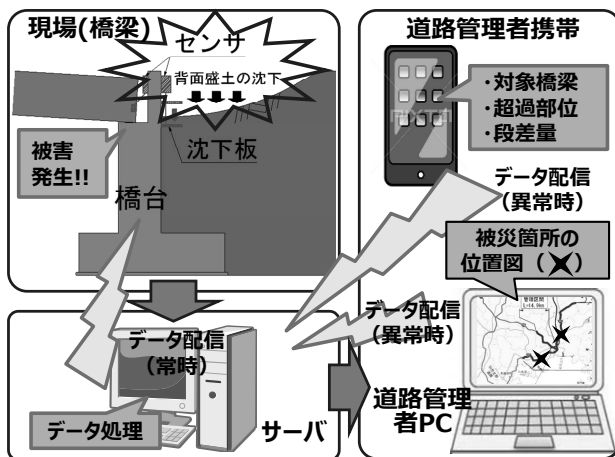


図-1 システム概要

2. 被災状況把握の信頼性向上のための検討

システムを確実に稼働させるために必要な電源確保(太陽光発電及び風力発電)について、国土技術政策総合研究所構内及び試行フィールドにおいて検討した。その結果、日照時間・発電量との関係は図-2の通りとなり、風力発電ではシステム稼働時に必要な発電量が得られず、太陽光発電の方が確実にかつ十分な発電量が得られることが確認できた。

通信確保については、東北地方太平洋沖地震時の被災事例を踏まえ、携帯電話網だけでなく光回線も利用できるシステム仕様としてリスク低減を行った。

3. 被災情報の可視化

道路管理者が分かりやすく被災情報を把握できるよう各部材・部位での変位量に対して閾値を設け、その入手情報を基に、①津波による被害(落橋)、②通行不可(警告)、③通行注意の3段階にランク分けして表示

することとした。また、被災(変位量)が橋梁のどの部材や方向に対して発生したのか容易に理解できるように一般図や定期点検結果等と照らし合わせて被災情報を確認できるように配慮した画面構成とした(図-3)。さらに、地震発生後の被災状況をリアルタイム情報として迅速に道路利用者へ知らせるための路上警報装置(標示板)も提案した(図-4)。

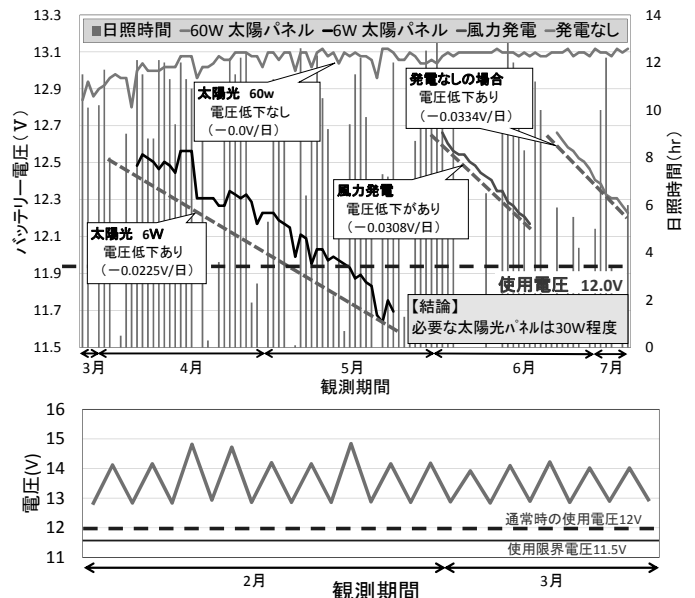


図-2 風力発電と太陽光発電の検証結果(上:構内実験結果、下:試行フィールド(太陽光パネル(32W)、朝日橋)での実証結果)

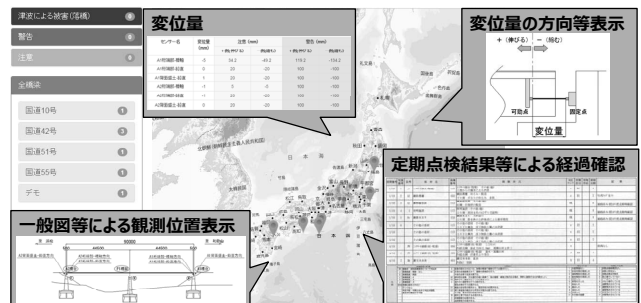


図-3 被災状況の表示画面イメージ

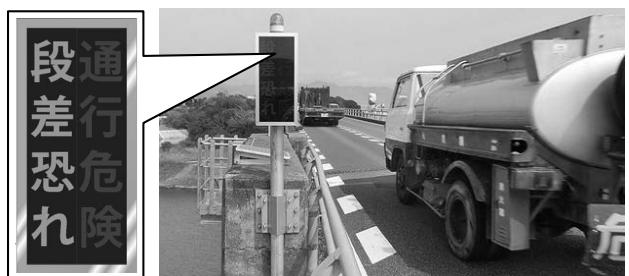


図-4 標示板設置事例

[成果の活用]

今後も試行フィールドでの観測を通じて、道路橋の被災状況把握技術の信頼性を高めるとともに、被災情報を分かりやすく表示・提供できる手法として確立していく。

プローブ情報等を活用する 交通シミュレーション共通基盤に関する研究

Study of data platform for traffic simulation using probe data

(研究期間 平成 26～28 年度)

道路交通研究部
高度道路交通システム研究室
Road Traffic Department
Intelligent Transport Systems Division

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher
研究官
Researcher
交流研究員
Guest Research Engineer

牧野 浩志
Hiroshi MAKINO
松田 奈緒子
Naoko MATSUDA
鈴木 一史
Kazufumi SUZUKI
岩武 宏一
Koichi IWATAKE

National Institute for Land and Infrastructure Management (NILIM) has studied data platform for traffic simulation using probe data for network road operation. This study, figure out requirements of traffic simulation and data of data platform for network road operation. Furthermore, build prototype data platform and evaluate effectiveness of that.

〔研究目的〕

首都圏 3 環状道路の概成を見据え、広域道路ネットワークの有効活用に資する道路ネットワーク運用の実現に向けて、道路交通状況の予測に必要な不可欠となる交通シミュレーションの効率的な実施を支援する共通データ基盤について検討を進めている。

平成 26 年度は、都市圏における道路ネットワーク運用に資する交通シミュレータの要件及び共通データ基盤における各種データの要件の整理を行うとともに、共通データ基盤の基本設計を行いプロトタイプを作成し、共通データ基盤の有効性を評価するケーススタディを行った。

〔研究内容及び成果〕

1. 都市圏における道路ネットワーク運用に資する交通シミュレータの要件整理

環状道路等の整備によって生じる効果、問題点、運用施策等について、国内外の導入・研究事例（40 件程度）をインターネット検索及び文献調査により収集するとともに、学識経験者及び高速道路会社へのヒアリングを行い以下の整理を行った。

都市圏の環状道路等ネットワーク整備に伴い予想される道路交通上の課題に対して、今後導入が有効と考えられる道路ネットワーク運用施策（渋滞予測情報提供、ランプメータリング、路肩活用等）を整理した（図 1）。また、図 1 の施策の実施にあたって想定される課

題（表 1）、施策の導入評価における交通シミュレータの利用状況等についての知見を整理した。

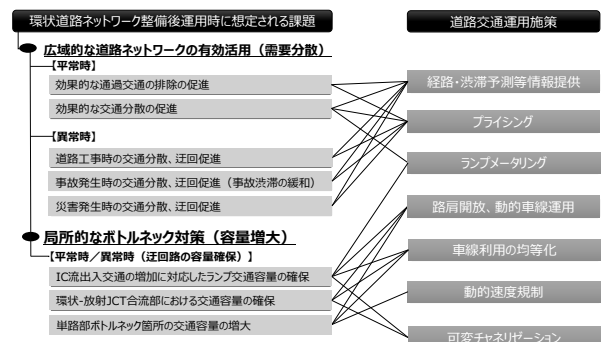


図 1 道路交通上の課題と道路ネットワーク運用施策の整理

表 1 運用施策の実施にあたって想定される主な課題

運用施策	施策実施にあたって想定される課題
経路・渋滞等情報提供	<ul style="list-style-type: none"> 情報板とパーソナルメディアの役割分担の明確化 情報板の情報量制限下での分かりやすい情報提供 情報の提供方法、提供内容等も踏まえた利用者の感度の把握 所要時間情報の精度向上。交通シミュレーションの活用が考えられるが、予測精度の向上やモデルパラメータ設定方法等に課題
プライシング	<ul style="list-style-type: none"> 利用者への料金の周知方法も含めて料金の更新周期等の検討が必要 車種別、ランプ別や利用時間帯等の利用者の属性別での、料金施策に対する利用者の感度の把握 料金情報の利用者への適切な情報提供方法の検討

さらに、各種道路ネットワーク運用施策の実施影響評価に必要な交通シミュレータ及びその利用環境に求められる要件について、施策の重要性及び優先度とともに交通シミュレーションによる評価の必要性等も留意し、シミュレーションモデル、データ項目、現況再現性検証方法等の観点から整理した。

2. 共通データ基盤におけるデータの要件整理

1 の整理結果を踏まえ、現状のデータの収集・整備状況を高速道路会社へのヒアリング等により把握し、道路ネットワーク運用に資する交通シミュレーションの実施を支援する共通データ基盤において、各種データ（入力データ、モデルキャリブレーションデータ、現況再現性検証用データ等）に求められる要件をデータの時間的・空間的分解能（収集間隔・精度）等の観点から整理した。

＜共通データ基盤におけるデータ要件＞

- 道路リンクデータとして、リンク長やノード・リンクの接続関係等のデータが蓄積されていなければならない。特に容量評価を行う場合には、データに高い精度が必要である。例えば、平面線形・縦断勾配・幅員・合流部位置等の道路幾何構造に関する詳細なデータが必要となる。
- 容量評価のためには、5分単位、車線別の時間的・空間的分解能を有するデータ（交通需要データ、現況再現性検証用データ）が必要である。
- ネットワーク影響評価の場合は、リンク単位、1時間単位程度の分解能で評価する場合も多く、その実行に用いるデータ（交通需要データ、現況再現性検証用データ）の分解能も同程度が要求される。但し、渋滞予測情報の提供を行う場合等において、ネットワーク影響をリアルタイムで事前評価する必要がある場合（5分単位、または15分単位等の時間間隔で評価しなければならない運用施策の場合）は、より高い時間分解能のデータが必要となる。

3. 共通データ基盤の基本設計とプロトタイプ作成

1 及び 2 の整理結果を踏まえ、交通シミュレーションの実施に必要な各種データを一元的に集約管理する共通データ基盤の基本設計を行った。具体的には、道路地図データ、交通需要データ等の様々なデータの共通データ基盤への一元的な集約管理機能に加え、これらデータに基づきシミュレーション用の道路ネットワーク及び OD 表の作成を支援する機能等の観点から基本設計を行った（図 2）。基本設計の結果を踏まえ、首都圏の高速道路ネットワークを対象に、共通データ基盤のプロトタイプを作成した。プロトタイプの実行にあたって、共通データ基盤上でデータの入力・出力を支援する機能（DRM から対象範囲のシミュレーション用ネットワークデータを生成する機能、日交通量ベースの OD 表を時間別 OD 表に分割生成する機能、交通量や区間旅行速度をシミュレーション結果と比較出力する機能等）を作成した。

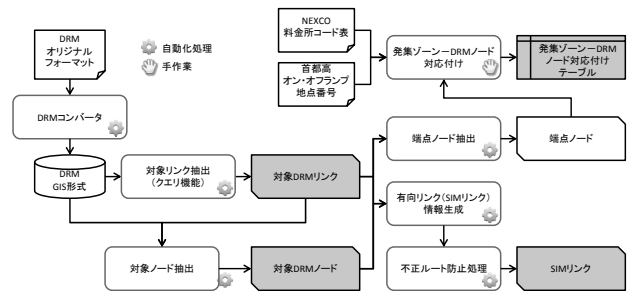


図 2 共通データ基盤の基本設計
(ネットワークデータ作成支援機能)

4. 共通データ基盤の有効性に関するケーススタディ

共通データ基盤の有効性を確認するため、作成した共通データ基盤のプロトタイプを用いて、首都圏の高速道路ネットワークを対象に、共通データ基盤の利用による作業効率向上及び道路ネットワーク運用施策の高度化の観点からケーススタディを行った。なお、ケーススタディの実施にあたっては、首都圏の広域道路ネットワークレベルで既に現況再現性が確認された交通シミュレーションモデルを用いた。

ケーススタディを通じた評価の結果、共通データ基盤を利用することで、従来までの交通シミュレーションの実施にかかる作業効率が向上する等の効果を確認した。例えば、共通データ基盤を有効に活用することで、エキスパートユーザでは約 5 割の工数が、エンドユーザでは約 6 割の工数が省力化できることが示された。また、データの時間的・空間的分解能の向上による道路ネットワーク運用施策の高度化の評価については、交通状況のリアルタイムでのモニタリングを通じて施策を随時更新しながら実施する運用施策（渋滞予測情報の提供）に関し、高速道路の交通管制データを共通データ基盤上に集約することで、このような運用施策が有効に機能することを評価した。その結果、渋滞予測情報提供を実施したケースでは、道路ネットワーク利用の効率性が高くなる結果が得られた。このことにより、共通データ基盤にリアルタイムで時間的・空間的分解能の高いデータが蓄積されることで、道路ネットワーク運用施策の高度化に資することが確認された。

【成果の活用】

本研究の成果は、道路管理者が道路ネットワーク運用に資する交通評価に活用可能な効果評価手引きの作成を進める上で、基礎資料として活用する。

大型車両の寸法計測・車種判別技術に関する研究

Research on technologies for size measurement and vehicle type classification of heavy vehicles
(研究期間 平成 26 年度)

道路交通研究部
高度道路交通システム研究室
Road Traffic Department
Intelligent Transport Systems Division

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher
研究官
Researcher
交流研究員
Guest Research Engineer

牧野 浩志
Hiroshi MAKINO
鈴木 彰一
Shoichi SUZUKI
築地 貴裕
Takahiro TSUKIJI
鹿谷 征生
Yukio SHIKATANI

The purpose of this research is to investigate and verify image processing technologies for size measurement and vehicle type classification of heavy vehicles, which is considered to have a significant impact on the life span of road infrastructure.

[研究目的及び経緯]

道路構造物の保全及び維持修繕費用の低減を目的に、制限値を超えて走行する大型車両の指導・取締りを効率化させるためには、大型車両の走行実態をより詳細に把握することが必要である。しかし、現在、全国 39 基の特殊車両自動計測装置（以下、「自動計測装置」）のうち、25 基は寸法計測装置が備えられていないこと、また無許可車両は前方のトラックの車両番号しか判別できず、後方のトレーラや積荷が判らないため、車種判別ができないという課題がある。

そのため、国土技術政策総合研究所では、既設の自動計測装置で撮像されたカメラ画像を用いて大型車両の寸法計測及び車種判別を行う技術に関し、調査・研究を実施している。過年度は、画像解析に関する技術動向調査を行うとともに、精度検証実験で用いるサンプル画像の収集を行った。

本研究では、画像処理技術を用いた大型車両の寸法計測及び車種判別の精度評価を行うことを目的として、過年度収集したサンプル画像を用いて精度検証実験を行った。

[研究内容]

本研究では、画像解析技術を有する企業及び大学等の 3 者（表 1 参照）の協力を得て、サンプル画像を用いて大型車両の寸法計測及び車種判別における精度検証実験を実施した。なお、既設の自動計測装置で撮像されたサンプル画像は単眼カメラによる静止画であり、通過車両 1 台につき 1 枚である。実験で使用したサンプル画像として、車高・車幅計測用：31,950 枚、車長

計測用：10,370 枚、車種判別用：30,863 枚を用いた。サンプル画像の例を図 1 に示す。また、自動計測装置では一定値以上の車長の計測ができないため、車長については自動計測装置の計測データのあるサンプル画像のみを実験の検証対象とした。

表 1 実験協力者

企業・大学等	計測項目		計測手法概要
	寸法	車種	
A 社	○	—	エッジ特徴を用いて車両の左端及び右端、上端、後端検出し、学習データをもとに、車幅・車高・車長を推定
B 社	○	—	ハフ変換を用いて、車両の外形候補となる直線を抽出し、学習データを用いて車幅・車高・車長を推定
C 社	—	○	SIFT 特徴量を利用した Bag of features 手法を適用し、車種を判別 車種判別結果より寸法推定 ^{*1}

※1：上位 3 車種の寸法(メイトン値)の適合スコアによる加重平均



図 1 車両画像サンプル (左から昼、朝、夕、夜)

【研究成果】

1. 寸法計測の計測精度

検証実験の結果、寸法計測の計測精度として±20cm以内の誤差を満たした車両は、車幅が60%～75%程度、車高が17%～30%程度、車長はわずか数%となり、自動計測装置で得られる画像をもとに、画像解析により車両寸法を計測することは困難であることが分かった。

2. 車種判別の計測精度

車種判別技術の検証には、5個所の自動計測装置で撮像した30,863サンプルの画像を用いた。また、車種分類は大分類（6分類：トラック、建設機械、セミトレーラ、ポールトレーラ、フルトレーラ、ダブルス）、中分類（8分類：一般セミトレーラ、重セミ等）、細分類（17分類：バン型、タンク型等）とした。

大分類では、トラックや建設機械などセミトレーラ以外の適合率はおよそ60%以下と低かった。また、中分類や細分類においてもおよそ70%以下と低かった。このことより、自動計測装置に既設のカメラで撮像される全景画像だけでは、車両前部からの静止画となり、車両後方が認識できず、後方部分に特徴のある車種の判定が困難であることが分かった。

3. 誤差要因及び課題

寸法計測の誤差及び車種判別の適合を目的変数とし、想定される影響要因（表2参照）を説明変数として、数量化Ⅰ類及びⅡ類の分析を行い、寸法計測や車種判別が困難となる主な要因について検討した。

表2 誤差影響要因（説明変数）

影響要因	内容
画像区分	画像の鮮明度を3レベルで区分 レベル1（通常）：車両全体が鮮明に写っている レベル2（問題）：画像の一部が写っていない （例）車両の後部が写っていない・見えない、他車両や構造物と重なっている、など レベル3（問題）：画像が不鮮明で見えない （例）車両の前部・幅が写っていない、ヘッドライトのハレーション、朝日・西日の影響がある
時間帯	時間帯で4つに区分（朝、昼、夕、夜）
天候	天候状況で6つに区分（晴、曇、雨、豪雨、雪、その他）
車両色	車両の色で7つに区分（白系、黒系、緑系、青系、赤系、黄系、その他）
積荷状態	車両への積荷の状態で4つに区分（積荷なし、方形、異形、その他）

分析した結果、目的変数に対する相関係数はおよそ0.4以下と低いことから、作成したモデルの説明力は低く、明確な影響要因は抽出できなかった。この理由としては、計測精度自体が悪く、予想される要因以外の

影響で大きな誤差を発生させていることが想定される。

また、表3に既設のカメラ画像による寸法計測及び車種判別における問題点をまとめた。

表3 既設撮影画像による寸法計測・車種判別の問題

既設自動計測装置の全景画像の問題	寸法計測			車種判別
	車高	車幅	車長	
①車両前部からの撮影のため、車両後部が把握できない。特に車両の奥行方向が分からない。			○	○
②車両が最も高くなる点と、それに対応する路面接地点を認識できない	○			
③トラクタヘッドの特徴量が大きすぎて、トレーラ部分による車種の違いが分からない				○
④ガントリーなどの構造物が写りこんでおり、車両のエッジがとりにくい	○		○	○
⑤積荷の左右端のいずれかが車体に隠れているために、左右端を捉えることができない。		○		
⑥車両の一部が画像の枠外に出ている場合、他の車両の重なっている場合がある	○	○	○	○
⑦ヘッドライトのハレーション、日光の影響などにより、車体が認識できない画像がある	○	○	○	○

4. 実環境下で実施する精度検証実験の計画案の修正

1.～3.の結果から、自動計測装置の既設カメラ設備では大型車両の寸法計測及び車種判別は困難であることが分かった。そこで、コスト・実現性・計測精度の観点で、動画解析やレーザスキャナを増設することが優位であると考え、実運用に向けた制約条件や課題等を検討するための実験計画案を検討した。中でも、より低コストかつ効率的に計測断面を拡張できる動画解析の活用（図2参照）をターゲットにし、全国規模での走行実態分析に向けたロードマップ案を作成した。

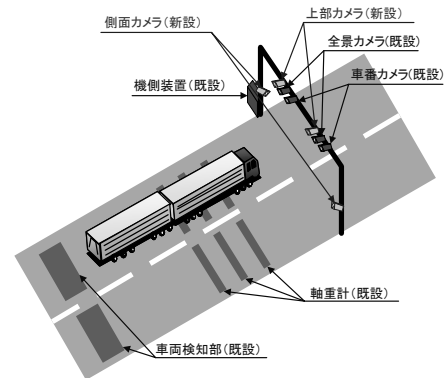


図2 カメラの増設による動画解析の活用

【成果の活用】

画像は計測結果の確認や悪質事業者への指導警告時の証拠として重要であり、既設CCTVの活用やカメラの増設も望まれる。全国の大規模車両の走行実態を捉えるには、自動計測装置の設置箇所のみならず、低コストかつ効率的な計測断面の拡張が必要であると考えられる。

官民データ融合による物流支援等情報提供サービスに関する研究

Research on the logistics support information services by public and private data fusion

(研究期間 平成 26～28 年度)

道路交通研究部
高度道路交通システム研究室
Road Traffic Department
Intelligent Transport Systems Division

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher
主任研究官
Senior Researcher
研究官
Researcher
交流研究員
Guest Research Engineer
交流研究員
Guest Research Engineer

牧野 浩志
Hiroshi MAKINO
鈴木 彰一
Shoichi SUZUKI
松田 奈緒子
Naoko MATSUDA
田中 良寛
Yoshihiro TANAKA
佐治 秀剛
Hidetaka SAJI
鹿谷 征生
Yukio SHIKATANI

National Institute for Land and Infrastructure Management (NILIM) is conducting R&D on a logistic support system using ETC 2.0 probe data. NILIM was organized system specifications and interface specifications for sharing the probe data in public and private sector. And, we have compiled the operation rule of logistics support services.

[研究目的と経緯]

国土交通省では、経済産業省とともに、平成 25 年度に「総合物流施策大綱(2013-2017)」を策定している。同大綱では、産業活動と国民生活を支える効率的な物流の実現に向けた取組として、「ICT 等を活用した新しい物流サービスの創出の促進」、さらなる環境負荷の低減に向けた取組として、「ITS を活用した官民連携による貨物車交通のマネジメントについての検討」を、平成 29 年を目標年次として推進することとしている。

一方、国土交通省では、平成 22 年度より、高速道路を中心として約 1,600 箇所にて ITS スポット(路車間通信用の無線アンテナ)を設置している。ITS スポットでは、道路交通情報の提供のみならず、所有者了解のもと、事前に市販の ETC2.0 対応車載器等のセッティング等を行うことで、個別の車両を特定した ETC2.0 プローブ情報(以下、「特定プローブ情報」という。)を抽出・収集し、活用することが可能である。

国総研では、ETC2.0 プローブプラットフォームを活用した物流支援サービスの研究に取り組んでいる。図 1 に ETC2.0 プローブプラットフォームを活用した物流支援サービスの概要を示す。平成 26 年度は官の情報の中継機関を通じて外部機関へ提供する類似のサービス事例(気象業務支援センター、FRICS 等)を参考に、

ETC2.0 プローブ情報を活用した物流支援サービス

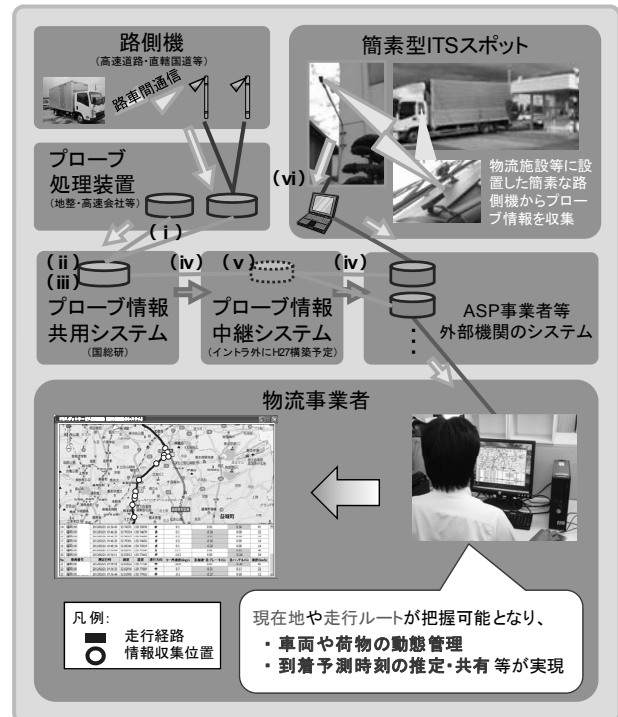


図 1 ETC2.0 プローブ情報を活用した物流支援サービスの概要

の運用形態案を整理した。さらに、外部機関との間のインタフェースの仕様案等を取りまとめ(表 1)、外

部機関との間で特定プローブ情報の受け渡しを行うシステムのプロトタイプを構築し、動作検証を行い、外部機関と特定プローブ情報の受け渡しを行う実験を実施した。また、物流拠点等の路外施設への設置を想定した簡素型 ITS スポットについて検証実験を行い、設計ガイドラインをとりまとめた。

表1 プローブ情報の共用に係る仕様案

No.	名称
(i)	プローブ処理装置～プローブ情報共用システム間インタフェース仕様(案)
(ii)	プローブ情報共用実験システム仕様(案)
(iii)	プローブ情報共用システム仕様(案)
(iv)	プローブ情報共用システム～外部機関間インタフェース仕様(案)
(v)	プローブ情報中継システム仕様(案)

[研究内容]

1. 物流支援サービスに関する運用形態の整理

官の情報を中継機関を通じて外部機関へ提供する運用形態の類似事例を収集し、特定プローブ情報を活用した物流支援サービスの運用形態案を整理した。調査にあたっては、既往文献やインターネット等から得られる公開情報で類似サービスの概要(データ公開時の著作権の取り扱い、サービス・データ利用条件、外部(サーバ等)からのアクセスルール、利用者と提供者の責任分界点のあり方、利用費用発生の有無等)を整理した上で、類似サービスの提供者を対象にヒアリング調査を実施した。調査事項、項目を表2に示す。調査結果は、特定プローブ情報を活用した物流支援サービスにおける中継機関への委託形態、中継機関の選定方法検討の基礎資料としてとりまとめた。

表2 ヒアリングによる調査事項と調査項目

	調査事項	調査項目
1	サービス運営の組織体制、規模	組織
2	運用システムの構成、処理能力、更新計画	提供情報
		利用申込
		通信回線
		利用方法
3	運営コスト(設備構築、運用費用)、ユーザー数、収支	更新計画
		利用費用
		利用事業者数
4	第三者機関選定に至る行政手続きの流れ、手法	財務
		根拠法令
5	官民の費用分担	事業制度
6	プライバシー保護等の対策	国からの負担
7	当該機関設立の経緯	個人情報保護
		設立
		目的
		沿革

2. ETC2.0 プローブ情報(特定プローブ情報)を活用した物流支援サービスに関するサービス利用者の便益推定

既往文献等から、物流業界の現状を整理し、物流事業の課題及び物流事業者のニーズを整理した。また、物流事業者5社を対象に、運送事業の現状及び物流支援サービスの利用意思や支払い可能な利用料等についてヒアリング調査を実施し、特定プローブ情報を活用した物流事業者へのサービス(到着時刻の予測精度向上等による荷下ろし・積替えの効率化、運行計画見直し支援等)における業務時間削減による便益(コスト削減)について、会社規模別に試算を行った。物流事業の現状、ヒアリングの調査結果や便益の試算から、今後の課題を整理した。

3. プローブ情報共用システム等の仕様案作成

プローブ情報共用システムの構築にあたって、プロトタイプ of 機器仕様案を整理するとともに、関連するシステムの間で情報を送受信する際の手順や方法を規定したインタフェース仕様案を整理した。

また、整理した仕様案に基づき、プロトタイプを構築し、全国のプローブ処理装置と接続した。

構築したプロトタイプについて、システムの動作検証項目とその確認方法を整理し、システム単体および関連システム間の連携に関する動作検証を実施した。

動作検証で取得した基礎データに基づき、必要となる処理能力を試算した上で、官と外部機関の間に中継機関を設置することを想定したプローブ情報共用システムの仕様案及びプローブ情報中継システムの仕様案を整理した。

また、物流拠点等の路外施設への設置を想定した簡素型 ITS スポットについて、サービスに必要とされる機能を整理した上で、既存仕様の簡略化を検討し、機器要求事項に関する技術的検証を目的とした実験を国総研試験走路で実施し、設計ガイドライン案をとりまとめた。

[成果の活用]

本研究で得られた成果および知見については、「ITS スポット共通基盤を活用した産学官連携サービス開発に関する共同研究(平成24年9月～平成27年3月)」における簡素型 ITS スポットの機器仕様の検討などへ反映するとともに、平成27年秋頃から予定している物流支援社会実験の運用形態、システム構築等に反映される予定である。

ITS サービスの効果評価に関する検討

A Study on impact Assessment of ITS services

(研究期間 平成 24 年度～平成 27 年度)

道路交通研究部
高度道路交通システム研究室
Road Traffic Department
Intelligent Transport Systems Division

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher
研究官
Researcher
交流研究員
Guest Research Engineer

牧野 浩志
Hiroshi MAKINO
松田 奈緒子
Naoko MATSUDA
鈴木 一史
Kazufumi SUZUKI
岩武 宏一
Koichi IWATAKE

National Institute for Land and Infrastructure Management has been studying about impact evaluation of ITS services. The objective of this study is to clarify the evaluation methods, the evaluation indicators, and the measurement methods for developing a new ITS evaluation guideline.

〔研究目的及び経緯〕

平成23年に全国の高速道路上を中心にITSスポットが約1,600機設置され、ITSスポットサービスが開始された。国総研では、ITSスポットサービスの有効性を全国のモニタ調査により把握するとともに、各種ITSサービスの効率的な評価を支援するため、効果評価手法の体系的整理に向けた検討を行う。

平成26年度は、ITSスポットサービスの長期利用者に対するアンケート調査に基づく利用者意識等の把握および実走実験によりITSスポットの活用状況を把握した。また、都市・地域交通における平常時の円滑性、安全性に加え、災害時の防災・減災機能等の総合的な評価に資する評価指標および評価手法について研究を行った。

〔研究内容及び成果〕

(1) ITSスポットサービスの長期利用者に対するアンケート調査

全国の地方整備局等を通じて、アンケート調査によるITSスポットサービスの有効性の検討を行った。

本調査はITSスポットサービスが開始された平成23年から毎年、継続的に調査が行われており、ダイナミックルートガイダンスなどの道路交通情報、渋滞末尾情報等の安全運転支援情報の役立ち度等を調査している。表1に調査の概要を示す。図1、図2は道路交通情報、安全運転支援情報の役立ち度の調査結果である。いずれのサービスにおいて約70%程度の利用者から「役立った」「満足している」という回答が得られた。また、アンケート調査結果に基づき、パス解析によ

表1 アンケート調査の概要

概要	
実施期間	平成26年12月15日(月)～22日(月) 8日間
調査方法	Webアンケート調査
回答者数	316名(回答率:61.2%)

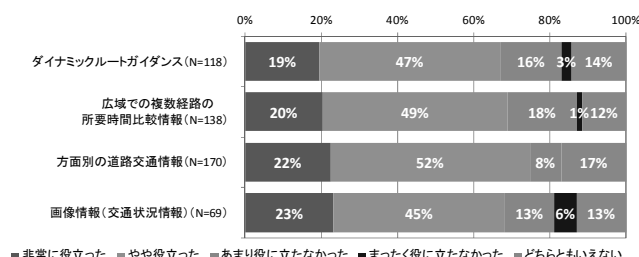


図1 道路交通情報の役立ち度調査結果

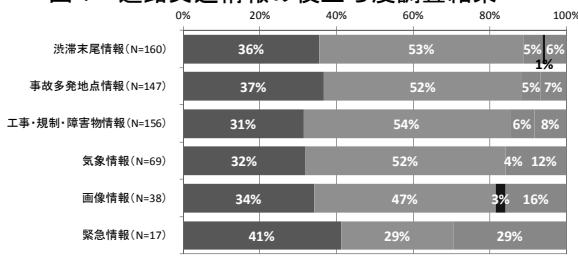


図2 安全運転支援情報の役立ち度調査結果

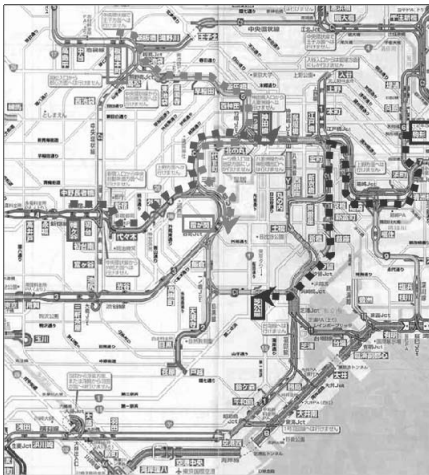
り利用者満足度に及ぼす影響要因を抽出し、それらの因果関係を把握した。その結果、広域での複数経路の所要時間比較情報は「役立ち度」が大きいほど利用者の「満足度」の向上につながっており、また「役立ち度」は提供する情報の「わかりやすさ」や「信頼度」、「頻度の適切さ」の評価に影響を受けることが示された。

(2) 実走実験による ITS スポットの活用状況の把握
複雑な道路ネットワークを利用するドライバの ITS スポットサービス等の情報獲得行動を把握するため、首都高速道路における被験者走行実験を実施し、情報施設の活用状況を、走行後アンケートにより確認を行った。表 2 に走行実験被験者の内訳を示す。

被験者は 36 名で、首都高の利用頻度と性別に着目し、3 グループに分類した。図 3 に走行ルート図を示す。被験者はルート A、B、C の 3 つのルートをそれぞれ走行した。

表 2 走行実験被験者のグループ内訳

性別	首都高利用頻度		計
	頻度:高(月1回以上)	頻度:低(年数回)	
男性	12名 グループ1	12名 グループ2	24名
女性		12名 グループ3	12名
計	12名	24名	36名



凡例
 緑：ルート A
 青：ルート B
 赤：ルート C

ルート A	5 号池袋線 上り 板橋本町入口 ⇒ 都心環状線内回り 霞ヶ関出口
ルート B	4 号新宿線 上り 幡ヶ谷入口 ⇒ 都心環状線外回り 神田橋出口
ルート C	6 号向島線 上り 駒形入口 ⇒ 都心環状線外回り 芝公園出口

図 3 走行実験における走行ルート

走行実験終了後、ITS スポットサービスの利用状況についてアンケート調査結果から確認した。

そのうち、ルート A 走行中、安全運転支援サービスの情報提供を受けた被験者は全体の 50%であった。各グループ別に利用状況は、グループ 1 では約 13%の被験者、グループ 2 では、50%の被験者が利用していた。また、グループ 3 では、約 88%の被験者が利用しており、この結果から首都高での運転に慣れていない被験者ほど、情報を利用している傾向がみられた。

(3) 都市・地域交通における防災・減災機能の評価手法に関する検討

都市・地域交通における平常時の円滑性、安全性に加え、災害時の防災・減災機能等の総合的な評価に資する評価指標および評価手法について研究を行った。多様な評価指標・手法のうち、本研究で開発を行う ITS 技術を活用して、短期/中期的に活用されるものの抽出・体系的整理を行った (図 4)。

対象分野	評価指標(欄)		データ種別	評価者(A)及び受審者(B)	社会	利用者	企業	自治体	住民
	評価の観点	評価指標の例							
1) 利用者利便性の向上	目的・目的	モータリゼーションのシームレス化	公共交通への移動転換率	○	○	○	○	○	○
		都市手続・ルート選択機会の確保	本拠地型や普及型本拠地型での移動転換率、本拠地型での移動転換率、本拠地型での移動転換率	○	○	○	○	○	○
		道路構造機能の充実	高速道路「カネパ」(付帯機能)及び「カネパ」(付帯機能)での移動転換率、本拠地型での移動転換率、本拠地型での移動転換率	○	○	○	○	○	○
		移動の安心・快適	都市部の主要幹線(コア)と、交通量に合わせた主要幹線構成	○	○	○	○	○	○
		移動の安心・快適	都市部の主要幹線(コア)と、交通量に合わせた主要幹線構成	○	○	○	○	○	○

図 4 道路施設と評価指標の関係整理表抜粋

また、整理した評価指標のうち交通機関支障の程度を示すシビアリティについて、平常時は都市・地域交通の円滑性・安全性等のモニタリング・評価に必要なデータを効率的に収集し、多頻度・小規模災害時は災害情報の提供、防災・減災機能の向上に資する ITS システムを開発し、全国の地方都市に先駆け ITS を活用した交通情報提供を実施している青森市を対象に、以下の 2 点に重点を置き、検討を行った。

- ・「シビアリティ指標」導入を行って指標の有効性と課題を確認し、支障の程度が深刻になるにつれ発生頻度は低くなるということが確認されたが、支障の程度がわずかな状況での発生頻度分布に課題があることが明らかになった。
- ・道路の緊急通行止めを対象に過去 10 年の冬期実績データをを用い、気象予報から緊急通行止め発生見込みを予測するモデルを考案し、通行止め要因のうち、「吹雪」によるものが気象予報値により、ある程度説明でき、モデルが今年度の通行止め実績を予測し得ること確認した。この予測手法は道路管理者や交通事業者にも有用であることを確認できた。

[成果の活用]

本年度の研究により得られた成果を活用し、今後、道路利用者のニーズに合わせた ITS サービスの提供を検討する上での基礎資料とする。

また、都市・地域交通において防災・減災機能向上に資する ITS 技術の実用化に向け、来年度も引き続きシステムの有効性の検証を行う。

海外展開向け ITS 技術のパッケージ化に関する研究

Research on packaging of ITS technology for overseas dissemination

(研究期間 平成 25～26 年度)

道路交通研究部
高度道路交通システム研究室
Road Traffic Department
Intelligent Transport Systems Division

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher
研究官
Researcher

牧野 浩志
Hiroshi MAKINO
鈴木 彰一
Shoichi SUZUKI
築地 貴裕
Takahiro TSUKIJI

The purpose of this study is to make some packages of ITS technology which will improve the collecting and analyzing process of traffic data and to produce a technical document that shows how ITS technology could resolve urban transport issues in Asian countries in order to disseminate Japanese ITS technology to the countries.

〔研究目的及び経緯〕

我が国の ITS 技術を、アジアを中心とした海外へ普及展開するためには、交通データの収集・分析から道路管理までをトータルに支援する ITS 技術パッケージを提案することが必要である。また、海外の技術者に対し、ITS 技術を用いた都市・交通問題の解決策や、ITS 技術の導入に至るプロセス等を提案することが必要である。

本研究では、過年度に作成した、アジア諸国の道路計画・事業効果評価に簡易に活用できるプローブデータ分析システムの機能・インタフェースを改善するとともに、ITS 技術を都市交通問題の解決や道路計画等の実務にどのように活用できるのかを解説する技術資料案を作成・改善することを目的とした。

平成 25 年度は、過年度に作成したプローブデータ分析システムの試作システムを基に、アジア諸国での道路管理の高度化に活用することが可能な追加機能案を作成し、試作システムにモジュールとして追加するためのシステム設計を行った。また、アジア地域におけるニーズの調査結果を踏まえ、道路ネットワークデータを用いずに車両走行情報を分析するための方法を検討し、試作システムにモジュールとして追加するためのシステム設計を行った。さらに、これらの機能について、サンプルデータを用いた試行を行った上で、試作システムへの実装を行った。

また、日本の ITS 技術、サービスの海外展開を支援するため、外国政府関係者や若手技術者等に対して、ITS 技術の導入について解説する技術資料に求められる要件を検討するとともに、資料案（和文・英文）を作成した。

〔研究内容〕

平成 26 年度は、平成 25 年度に作成した技術資料案について、学識経験者へのヒアリング及び留学生を対象としたアンケートを行い、改善案を作成した。また、他機関における海外展開向け技術資料の更新・連携状況の調査を行い、ITS 技術資料更新のための体制、他機関との連携方法等を検討した。

〔研究成果〕

1. 海外展開向け ITS 技術資料の改善

平成 25 年度に作成した ITS 技術資料案について、アジア諸国からの留学生を受け入れている大学の教授に対して、留学生等を対象とした講義等の中で実際に利用した上での、技術資料案の内容や水準に関する不足点、改善点等を抽出するためのヒアリングを行った。加えて、技術資料案を用いた指導を受けた留学生等を対象に、技術資料案の内容や水準に関する不足点、改善点を抽出するためのアンケートを実施した。

学識経験者に対するヒアリング及び留学生に対するアンケートの結果、留学生は、出身国の道路交通やまちづくりに対し、交通渋滞、交通安全、交通の円滑化、道路交通インフラの維持管理、沿道環境、CO₂ 削減、物流効率化といった様々な課題意識を持っていることが明らかになった（図-1）。一方で、ITS の個々の要素技術やシステムをどのように適用するかといった実装のセンスを持つ留学生は少ないことが明らかになった。これらの結果を踏まえ、ITS 技術資料の改善にあたっては、ITS が課題解決に対して具体的にどのような便益を発揮するか、日本において、これまで ITS 技術がどのように展開されてきたか、また日本における交通

事故死者数の減少等の成果に対し、ITS 技術がどのような役割を果たしてきたか、といった点が明らかになるよう留意した。さらに、交通を管理するためのデータベース等の情報管理インフラの整備事例や、諸外国で実施されているランプメタリング、レーンごとの速度調整といった事例について紹介する資料を追加した。図-2に改善した ITS 技術資料の一部を示す。

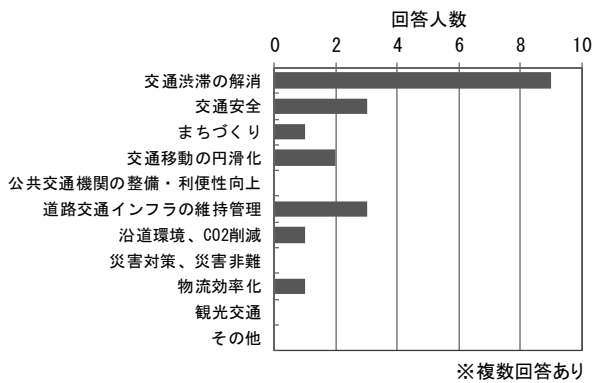


図-1 留学生の道路交通やまちづくりに対する課題認識

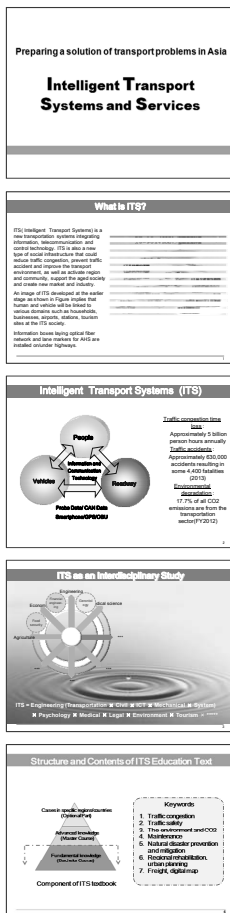


図-2 改善した ITS 技術資料の一部

The title of today's lecture is "Intelligent Transport Systems (ITS) and Services." As many of you already know, ITS refers to new kinds of road and transport systems that integrate technologies for information, telecommunications, and control into the road network. ITS is infrastructure that improves mobility and makes the driver experience smoother and safer.

As area of academic research, ITS combines several different disciplines. The sciences include many different disciplines, such as engineering, economics, agriculture, etc. For example, engineering and medicine are both types of science, but have developed in different directions. To close the gap that has developed between these specializations, we have new fields such as gerontology that combine engineering and medical science. In the same way, computational finance is the combination of computer science and economics. This process has created many interdisciplinary fields of academic research.

ITS is one such interdisciplinary field that requires integrated knowledge from many different disciplines. ITS combines engineering with psychology, medicine, law, environmental science, tourism, and many more. This interdisciplinary nature is one of the attractions of ITS and at the same time one of the reasons it remains so difficult. Furthermore, ITS research requires knowledge of the various subfields of engineering, including transport engineering, civil engineering, information and communications technology, mechanical engineering, systems engineering, etc., making ITS an even more integrated interdisciplinary field.

2. ITS 技術資料の更新・連携体制の検討

他機関における ITS 教育等に関する活動状況、技術資料の時点更新作業の体制・方法及び技術資料作成機関間の連携有無等について調査を行い、ITS 技術資料の更新作業の進め方・体制・他機関との連携方法を整理した。まず、ITS 技術資料の更新作業に携わる可能性のある組織として、土木学会、交通工学研究会、EASTS (Eastern Asia Society for Transportation Studies)、ITS JAPAN、東京大学、JICA、SIP (戦略的イノベーションプログラム) の活動内容や活動実績を調査し、既存の ITS 技術資料の位置づけを整理した (図-3)。その上で、これらの組織が連携し、PDCA サイクルにより ITS 技術資料が継続的に更新・展開される体制となるよう、ITS 技術資料の更新作業の進め方 (案) を作成した (図-4)。

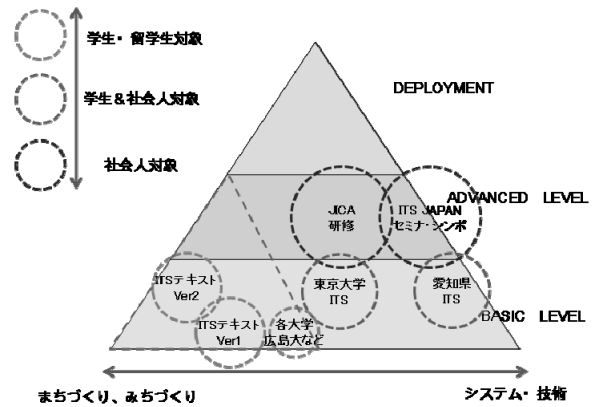


図-3 既存の ITS 技術資料の位置づけ

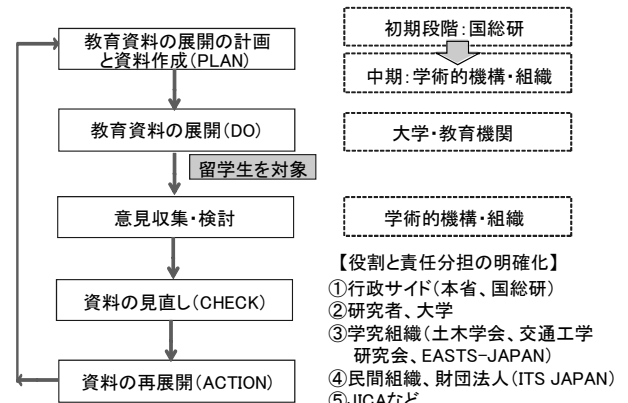


図-4 ITS 技術資料の更新作業の進め方 (案)

【成果の活用】

本研究で得られた成果を活用し、ITS 技術パッケージや ITS 技術資料の展開を行っていくことで、日本の ITS 技術の、アジアを中心とした海外への普及展開に寄与することができると思われる。

国際的動向を踏まえた ITS の研究開発・普及展開方策の検討

Study on R&D and dissemination policy of ITS based on the international trends

(研究期間 平成 26 年度)

道路交通研究部
高度道路交通システム研究室
Road Traffic Department
Intelligent Transport Systems Division

室長	牧野 浩志
Head	Hiroshi MAKINO
主任研究官	鹿野島 秀行
Senior Researcher	Hideyuki KANOSHIMA
主任研究官	鈴木 彰一
Senior Researcher	Shoichi SUZUKI
研究官	渡部 大輔
Researcher	Daisuke WATANABE
研究官	築地 貴裕
Researcher	Takahiro TSUKIJI

The purpose of this study is to coordinate technologies and standards developed in Japan with international standards by investigating the international standardization activities and by researching ITS related projects underway abroad and in Japan.

〔研究目的及び経緯〕

国土交通省が推進するスマートウェイは、路車協調システムであり、道路にインフラを整備する必要がある。したがって、基本的には政府がインフラ調達の主体となるが、WTO/TBT^{*1} 協定により、政府調達には既存の国際規格を用いることが求められるため、スマートウェイ技術の国際規格策定の重要性・必要性は高い。国際規格策定活動を行わなかった場合、調達コストの上昇（複数の規格に適合させるための二重の開発コスト）、貿易障壁（国際規格と異なる仕様による調達）、日本のシステムの海外普及に対する阻害（国際競争力の低下）といった負の影響が生じることが考えられる。

本調査は、上記のような事態を避けるため、国内外の ITS スポット関連サービスの国際仕様化動向を把握し、国土交通省が推進する ITS スポットサービスの国際仕様草案を検討することや欧米当局との共同研究により ITS 技術の国際的な調和化を行うことにより、日本が開発する技術や基準と、国際規格との整合性を確保していくことを目的としている。

〔研究内容〕

1. ITS スポットサービスの国際仕様化に関する調査

ITS 技術の国際仕様化に関する国際会議および国内会議での審議内容や最新の関連資料等の情報を収集することにより、国内外の ITS スポット関連サービスの国際標準化動向を調査した。それらをもとに、日本で

計画している ITS スポットサービスの国際標準化提案の方針案の検討を行った。TC^{*2}204 内では現状 12 の WG^{*3} が活動中である。中でも、ITS スポットサービスの国際標準化に特に関係する WG5(自動料金収受)、WG7(商用車管理)での作業項目については、道路行政関係者等を招集した会議（インフラステアリング委員会等）での議論を踏まえ、対応案の検討を重点的に行った。

2. ITS に関する欧米当局との共同研究

高度道路交通システム研究室では、平成 22 年 10 月に締結された日米当局間の ITS 分野における協力に係る協力覚書及び平成 23 年 6 月に締結された日欧当局間の ITS 分野における協力覚書に基づき、ITS 技術及び ITS の国際的な調和化等について、欧米当局との間で共同研究及び情報交換を行っている。平成 26 年度は、欧米当局との実務者会議（平成 26 年 4 月（東京）、7 月（サンフランシスコ）、11 月（東京）、平成 27 年 1 月（ワシントン DC）、平成 26 年 6 月・8 月・11 月・12 月・平成 27 年 2 月・3 月（電話会議））を通じて、プローブデータ、自動運転に関する日米欧三極での共同研究及び ITS の効果評価方法に関する日米間での共同研究を行った。

また、欧米当局との共同研究及び情報交換に向け、欧米当局間の ITS に関する協力活動である 7 つのワーキンググループ会合及び 6 つの調和化活動分科会のうち、標準化 WG 及び HTG^{*4}6（セキュリティポリシー）

について情報収集を行った。

さらに、TC204/WG16において議論が進められている広域通信技術に関して、規格化されている内容を整理するとともに、規定内容の比較、及び規格化されていない内容の抽出・整理を行った。

[研究成果]

1. ITS スポットサービスの国際仕様化に関する調査

1.1 WG5の活動内容とITSスポットサービスの国際標準化動向

WG5は自動料金収受に関する情報、通信、制御システムを対象とするWGである。国内における主な活動方針は、日本のETCで使われている技術が国際規格に含まれるように意見提示することと日本やアジアのETCで使われている技術を国際規格として位置付けるために国際規格案を提案することである。

検討項目として、統合支払いシステム、DSRC^{※5}、GNSS^{※6}およびセルラー通信へのアプリケーションインターフェース、ICカードへの要求事項、セキュリティ、走行経路モニタリング等が対象となっている。2014年度には、「EFCスキームの調査」という項目で、各国で利用されているEFCを整理し、まだ標準化されていない部分を探し出し、EFCの事例もまとめるという内容の提案を日本から新規に行うことについて検討し、国際会議で打診を行った。

また、国土交通省が推進する「ITS スポットを用いた経路別道路課金サービス」の国際標準化の内容を各国の委員に理解してもらうために、資料を作成し、当該WGに事前の事例紹介を行った。

1.2 WG7の活動内容とITSスポットサービスの国際標準化動向

WG7の主要なテーマは「規制を受ける商用車監視」である。過年度において、「商用貨物車のオンライン運行管理の枠組みに関する標準化作業項目」の中の「過積載罰則と徴収」という項目は、項目名称が他WGの検討領域と重複すると判断されたために、欧州各国からの反対により投票で否決されたという経緯があった。しかし、2014年度においては、その項目名称を「重量貨物車両の行政による管理と取締り」に変更して再度投票を行い、TS^{※7}として発行された。

また、国土交通省が推進する「ITS スポットを用いた大型車両走行管理サービス」の国際標準化を「商用貨物車のオンライン運行管理の枠組みに関する標準化作業項目」のパート21:「路側センサーの活用による規制取締り強化」という項目として新規提案するために必要な草案を検討、作成した。

2. ITSに関する欧米当局との共同研究

2.1 プローブデータに関する日米欧共同研究

プローブデータに関する共同研究では、これまでに日米間で特定したプローブデータにより可能となる3つのアプリケーション（位置、速度等のデータを道路管理に活用するアプリ、速度等のデータをもとに推奨速度案内を行うアプリ、天候に関するデータを道路管理に活用するアプリ）について、3つに共通する以下の課題を挙げ、それぞれについて日米欧共同で検討を行った。

- データの不正操作、無許可データの配信等を防ぐためのセキュリティ確保
- 共通のアプリケーションを実現するためのデータの規格の標準化
- アプリケーションの精度を確保するためのデータの品質保証
- データに含まれる個人情報の保護
- データの保管・アクセス方法
- データの所有権及び知的財産権

2.2 自動運転に関する日米欧共同研究

自動運転に関する共同研究では、重点的に検討を行う分野として、ヒューマンファクター、便益の評価、デジタルインフラ（地図）、接続性（車車間・路車間）、システム信頼性とセキュリティ、路上使用の適合性に関する試験と認証の6分野を特定した。

2.3 ITSの効果評価に関する日米共同研究

ITSの効果評価方法に関する共同研究では、日米各々でこれまで用いられてきた効果評価の用語、指標について、共同で定義を行うための定義表を作成した。また、日米両国に適用可能な協調システムの効果評価の枠組みの案を作成した。

[成果の活用]

本調査で得られた成果は、日本のITSスポットサービスの国際仕様化に活用するとともに、日本が開発する技術や基準と国際規格との整合性の確保に活用されている。

- ※1) WTO/TBT: World Trade Organization / Technical Barriers to Trade
- ※2) TC: Technical Committee
- ※3) WG: Working Group
- ※4) HTG: Harmonization Task Group
- ※5) DSRC: Dedicated Short Range Communication
- ※6) GNSS: Global Navigation Satellite Systems
- ※7) TS: Technical Specification

道路に関する地理空間情報を用いた走行支援サービス

に向けた検討

A Study for Cruise-assist using Geospatial information of Road

(研究期間 平成 24 年～26 年度)

防災・メンテナンス基盤研究センター
Research Center for
Land and Construction Management
メンテナンス情報基盤研究室
Maintenance Information Technology Division

室長
Head
研究官
Researcher
交流研究員
Guest Research Engineer
交流研究員
Guest Research Engineer
交流研究員
Guest Research Engineer

重高 浩一
Koichi SHIGETAKA
今井 龍一
Ryuichi IMAI
深田 雅之
Masayuki FUKADA
松井 晋
Susumu MATSUI
木村 篤史
Atsushi KIMURA

Making use of large-scale road map is expected to advance services of driving assistance systems such as automated driving. In this study, we organized requirements of the large-scale road map that facilitate the services of driving assistance systems and developed a product specification that is based on the fundamental geospatial data of road. In addition, we confirmed how to prepare the large-scale road map.

[研究目的及び経緯]

国土交通省は、道路構造を詳細に表現した 1/1,000 以上の大縮尺道路地図である道路基盤地図情報の整備を進めている。道路基盤地図情報は、道路管理業務の効率化・高度化を図るための地図としての利用に加えて、民間の走行支援サービスにおける利用が期待されている。これらへの道路基盤地図情報の利用を実現する有効な一方策として、より具体的に官民保有の技術を相互に提供し合い、大縮尺道路地図を効率よく整備する手法の確立があげられる。上記の実現に向けて、平成 25 年度から図-1 に示す官民の専門家による共同研究を 2 ヶ年計画で開始し¹⁾、走行支援サービスに必要な地図（以下、「道路構造データ」という。）への要件を取りまとめた。

[研究内容]

本研究では、過年度の成果を元にして道路構造データの整備手法をまとめた。

はじめに、道路構造データへの要件を満足する製品仕様を考案し、製品仕様に準じて道路構造データを試作した。次に、試作した道路構造データを用いた走行実験により道路構造データの有用性を評価し、3 つの規程集（要件定義書、製品仕様書および整備要領）を取りまとめた。

1. 道路構造データの製品仕様及び整備要領の考案

過年度に定義した要件に基づいて、道路構造データの製品仕様を考案した。本仕様は、各社が共通的に利用（変換・加工）できる汎用性の高いデータ構造を定義している。次に、製品仕様書に基づいた道路構造データを道路基盤地図情報、電子地図や点群座標データなどの様々な既存資源を用いて調製する手法を考案し、整備要領を作成した。

2. 道路構造データの試作と走行実験による有用性評価

本研究では、共同研究者と国土技術政策総合研究所とで分担し、トライ&エラーを繰り返しながら、製品仕様書および整備要領に準じた道路構造データを試作した。また、試作した道路構造データを用いて、阪神

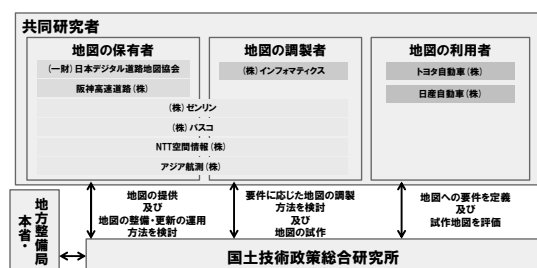


図-1 共同研究の実施体制

高速道路とさがみ縦貫道路で走行実験を実施し、道路構造データの有用性を評価した。

3. 規程集の取りまとめ

前節までの整理や評価結果などの研究成果を踏まえて、道路構造データの要件、製品仕様や整備手法を定義した3つの規程集を取りまとめた。

[研究成果]

主な研究成果の概要を以下に示す。

1. 道路構造データの製品仕様及び整備要領の考案

本研究では、前節で定義した要件を元に、道路構造データの地図調製者や地図利用者が共通的に利用（変換・加工）できる汎用性の高いデータ構造を定義した（図-2 参照）。

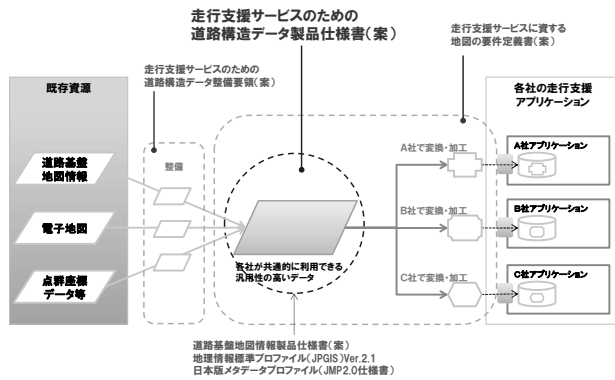


図-2 道路構造データの位置付け

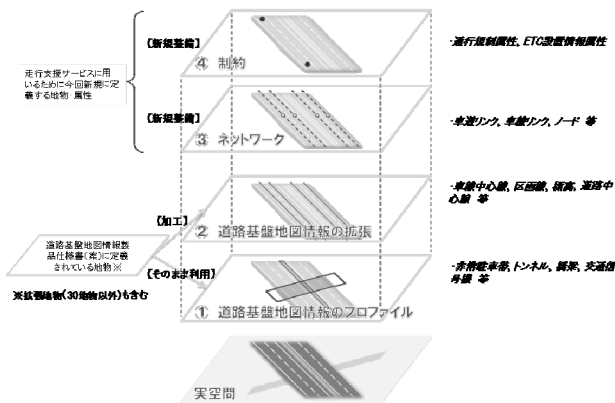


図-3 道路構造データの構成

具体的には、調製（整備）の効率性や調製したデータの汎用性の確保に留意し、図-3 に示す4層構造の道路構造データを考案した。各層に規定する地物の概要を次に示す。

- ・「第1層 道路基盤地図情報プロファイル」：道路基盤地図情報のうち、走行支援サービスに実現に必要な地物

- ・「第2層 道路基盤地図情報の拡張」：道路基盤地図情報の既定義地物に属性を追加、あるいは加工して新たに作成した地物
 - ・「第3層 ネットワーク」：車線の繋がりを示す地物
 - ・「第4層 制約」：走行中の制約条件を示す地物
- また、本製品仕様の具体的な規定にあたっては、以下に示す3つの観点に留意した。
- ・道路構造データの地図調製者、地図利用者の創意工夫の妨げにならないこと
 - ・国内外における複数の実装例を許容できること
 - ・国際標準化を見据えた規程集とすること

次に、道路基盤地図情報、電子地図や点群座標データなどの様々な既存資源を用いて道路構造データを調製する手法を考案し、整備要領を作成した。

2. 道路構造データの試作と走行実験による有用性評価

本研究では、製品仕様および整備要領に基づき、阪神高速道路、首都高速道路、東名高速道路およびさがみ縦貫道路を対象に、延べ440kmの道路構造データを試作した。次に、試作した道路構造データの一部の地物・属性を用いて、阪神高速道路とさがみ縦貫道路を対象に走行実験を実施した。その結果、道路構造データに含まれる曲率や案内標識などの情報の有用性を明らかにした。

3. 規程集の取りまとめ

前節までの研究成果を集約し、本共同研究の最終成果として次に示す3つの規程集を定めた。

- ・ 走行支援サービスに資する大縮尺道路地図の要件定義書（案）
- ・ 走行支援サービスのための道路構造データ製品仕様書（案）
- ・ 走行支援サービスのための道路構造データ整備要領（案）

[成果の活用]

本研究で得られた成果および知見は、自動運転などの走行支援サービスの高度化に寄与できるものであり、次年度から開始する協調ITSの共同研究における基盤としても活用予定である。

[参考文献]

- 1) 今井龍一，深田雅之，重高浩一：官民連携による大縮尺道路地図の整備・更新手法の取り組み，地理情報システム学会講演論文集，Vol.22，2013。

道路管理業務に資する道路基盤地図情報の整備に関する検討

A study for providing method of the Fundamental Geospatial Data of Road for road administration

(研究期間 平成 25 年度～)

防災・メンテナンス基盤研究センター
Research Center for Land and Construction
Management
メンテナンス情報基盤研究室
Maintenance Information Technology Division

室長 重高 浩一
Head Koichi SHIGETAKA
研究官 今井 龍一
Researcher Ryuichi IMAI
交流研究員 松井 晋
Guest Research Engineer Susumu MATSUI
交流研究員 深田 雅之
Guest Research Engineer Masayuki FUKADA
交流研究員 木村 篤史
Guest Research Engineer Atsushi KIMURA

The fundamental geospatial data of road is expected to use of at the road administration. But there is a problem that take a much time to provide the data of all roads. This study examine method for providing the fundamental geospatial data of road with using existing resources such as point cloud data, digital maps, aerial photo, drawing and ortho images by government-industry joint research.

[研究目的及び経緯]

国土交通省は、道路工事完成図等作成要領を舗装工事等に適用し、大縮尺道路地図の「道路基盤地図情報」を平成 18 年度から整備している。この道路基盤地図情報は、道路管理の各業務で共用性の高い 30 地物の道路構造を 1/500 または 1/1000 で表現しており、道路管理の効率化・高度化を目的に地理情報システム (GIS) 等の共通基盤として利用ができる。また、工事完了直後に生成される更新サイクルを確立しているのが特長である。しかし、全線の初期整備の概成には時間を要するため、現在の直轄国道の道路基盤地図情報の整備状況は約 3 割である。多様な利用シーンへの展開には、道路網の概成の早期実現が求められる。

この状況を受けて、国総研では、官民保有の電子地図、点群座標データや航空写真等の既存資源を活用した大縮尺道路地図の整備・更新手法の確立を目的として、平成 25 年度より 2 カ年計画の官民共同研究を開始した。具体的には、既存資源を活用した大縮尺道路地図の試作を通じて、直轄国道等の未整備区間や地方道の道路基盤地図情報を道路網として効率よく整備する手法を検討した。

[研究内容]

(1) 整備に用いる既存資源

本研究では、下記のいずれかの条件に適合した既存

資源である電子地図、点群座標データおよび航空写真を用いて道路基盤地図情報の整備を検討した。

- ・「道路基盤地図情報製品仕様書 (案)」の既定義地物 (基本 30 地物、拡張 70 地物の全 100 地物) のいずれかを整備できる素材であること
- ・地図情報レベル 500 または 1000 の地物を整備できる位置正確度を有していること
- ・既存資源の整備対象が特定地域や特定路線に限定されておらず、全国の道路であること
- ・更新サイクルが確立されていること

(2) 整備手法の考案および試作の実施

平成 25 年度の研究にて、図 1 に示す 3 種類の整備手法 (仮説) を考案している。

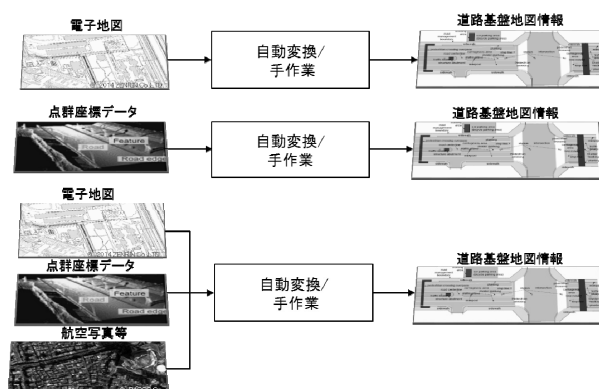


図 1 考案した整備手法のイメージ

過年度の成果により、図1に示すような産官の各機関が保有・蓄積している電子地図、点群座標データ、航空写真や図面などの既存資源を用いた道路基盤地図情報の整備の可能性が示唆されている。本年度は、道路基盤地図情報の試作および道路管理者との意見交換を通じて整備手法の有用性を確認した。

〔研究成果〕

(1) 提案した整備手法の適用

一例として点群座標データに電子地図や航空写真を重畳して地物を整備する手法(以降、「本手法」という。)の適用結果を述べる。本手法では、点群座標データを用いて地物の形状を図化した。電子地図と航空写真は、点群座標データで取得ができなかった地物の補完に用いた。また、電子地図は施設名称の情報を有しており、橋梁などの地物の主題属性の名称の整備にも用いた。

本手法を用いて、千葉市(大規模な車道交差部や地下横断歩道などが含まれる道路)および熊本市(路面電車の軌道敷・停留所のある県道と市道との交差部などが含まれる道路)を対象とした道路基盤地図情報を試作した。各対象地域において、図化が可能であった道路基盤地図情報の地物数を表1に示す。また、千葉市の試作結果を図2に熊本市の試作結果を図3に示す。各対象地域における地物の総計に対して、図化可の基本地物は千葉市で7割、熊本市で9割、図化可の拡張地物は千葉市で5割、熊本市で9割となった。エリア共通で図化可の地物は、車道部、車道交差部、島(中央分離帯)や道路標識などであった。また、図化不可の地物は、千葉市で道路反射鏡、道路情報板の2地物、熊本市では距離標であった。また、表1に示すとおり、千葉市と比べて熊本市の図化可の地物が多かった。この要因は、鮮度の高い道路台帳平面図を用いたことが大きく影響していると考えられる。

電子地図からの地物の属性の取得は、電子地図毎に施設名称の取得基準が異なり、表記ゆれや取得状況にばらつきがあるものの、橋梁名などの施設名称は活用することができた。

地図の試作の成果として、既存資源を用いた地物・属性毎の整備可否や基本的な作業手順、整備・更新における作業上の留意点、品質基準への満足度などを明らかにし、「既存資源を活用した道路基盤地図情報の整備・更新要領(案)」を作成した。

(2) 本手法の利点

点群座標データは、道路を走行しながら計測するため、道路側からみた建物の裏側の境界の計測が困難である。しかし、電子地図や航空写真を重ね合わせることで建物の図化が可能になる。

実際の道路基盤地図情報の試作結果においても、条件を満たした複数の既存資源を用いると、多くの基本地物および拡張地物が整備可能なことが確認できた。

(3) 道路管理者との意見交換

別途開発している道路基盤 Web マッピングシステム(プロトタイプ)に試作した道路基盤地図情報をインポートし、道路管理者との意見交換を通じて、道路管理業務における適用可能性および技術的課題を取りまとめた。

(4) 運用方法の検討

道路基盤地図情報の整備に際しての各機関保有地図の取扱い(有償・無償や利用制約等)を各機関との意見交換を通じて整理した。

表-1 試作結果

対象地域	地物種類	地物数		
		図化可	図化不可	総計
千葉市	基本	13	5	18
	拡張	15	16	31
熊本市	基本	16	1	17
	拡張	26	2	28

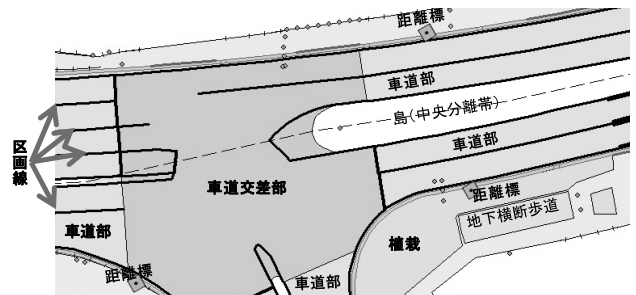


図-2 千葉市の試作結果

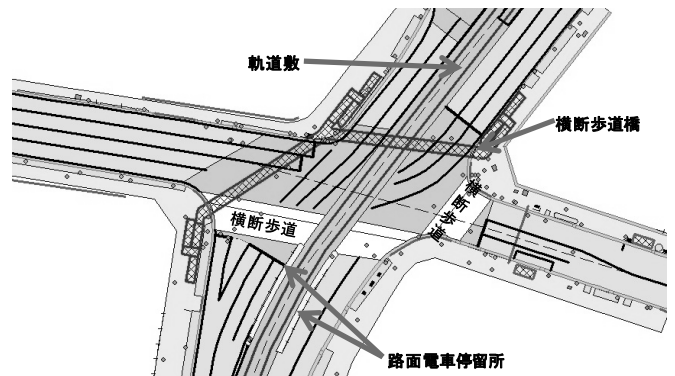


図-3 熊本市の試作結果

〔成果の活用〕

今後は、「既存資源を活用した道路基盤地図情報の整備・更新要領(案)」に基づいた整備により、道路網としての道路基盤地図情報の整備に活用する予定である。

道路基盤地図情報を利用した道路管理業務支援システムに関する検討

Road management support system using fundamental geospatial data of road

(研究期間 平成 23 年度～平成 26 年度)

防災・メンテナンス基盤研究センター
Research Center for Land and Construction Management Head
メンテナンス情報基盤研究室
Maintenance Information Technology Division

室長	重高 浩一
Researcher	Koichi SHIGETAKA
研究官	今井 龍一
Researcher	Ryuichi IMAI
研究官	鳥海 大輔
Researcher	Daisuke TORIUMI
交流研究員	木村 篤史
Guest Research Engineer	Atsushi KIMURA
交流研究員	田嶋 聡司
Guest Research Engineer	Satoshi TAJIMA

This study shows mechanisms able to link various kinds of geospatial information used for road management and perform superimposition display on the fundamental geospatial data of road. And the road management support system(prototype) supporting the road management by using the fundamental geospatial data was developed. It would permit spatial searching, statistical processing, analysis etc.

〔研究目的及び経緯〕

国土事務所の道路管理業務は、行政相談、道路点検や舗装管理等多岐にわたる。各業務で扱う道路情報は、共用性の高い情報も多い。しかし、現状は個別管理のため、情報共有・活用が課題となっている。各業務で扱う道路情報の多くは位置座標により地図と関連付けられる。そのため、道路構造を詳細に表現した大縮尺の道路地図があると、様々な道路情報の関連付けが可能となり、業務間での情報共有・活用が実現する。

国土交通省では、平成 18 年度から「道路基盤地図情報」の整備を進めている。道路基盤地図情報は、車道部等 30 の道路構造を図形で表現した大縮尺(1/1,000 以上)の道路地図であり、道路工事完成図を用いて整備・更新される。道路工事完成図が納品されれば、道路基盤地図情報が生成されるため、地図としての鮮度が恒久的に確保される。

本研究では、道路管理業務の効率化を図ることを目的に、道路基盤地図情報を用いた道路管理業務支援システム「道路基盤 Web マッピングシステム」の検討を平成 23 年度から進めている。本年度は、平成 25 年度に開発した道路基盤 Web マッピングシステム(プロトタイプ)を用いて、実用化に必要な洗練事項を整理するとともに、道路管理者からの意見に基づいて各機能要件定義書を作成・洗練した。

また、さらなる道路管理業務の効率化のために、道

路状況調査への道路基盤地図情報の適用手法を検討し、道路状況調査を支援する機能要件を整理した。

〔研究内容〕

本年度は、道路基盤地図情報の整備率が高い 4 事務所にて、意見交換とプロトタイプを用いた試行試験を実施し、道路基盤 Web マッピングシステムの操作性や各機能の有効性・有用性の評価、システムの課題を整理し機能要件定義書を洗練した。

1. 道路基盤 Web マッピングシステムの概要

道路基盤 Web マッピングシステム(以後、「システム」という。)は、道路基盤地図情報を共通基盤として、道路管理の様々な情報が扱える(図-1)。

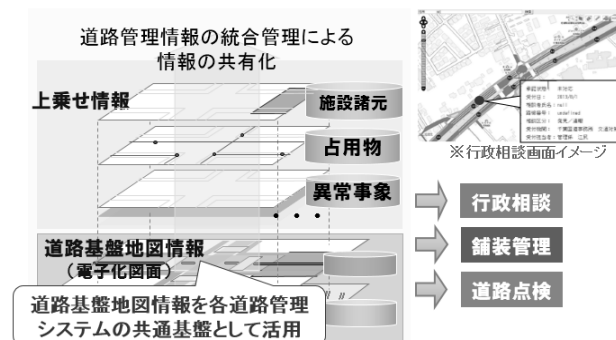


図-1 道路基盤 Web マッピングシステムのイメージ

システムの機能のイメージを図-2に示す。各業務の基盤として、地図検索等の共通機能やユーザーの管理機能等がある。この基盤に追加される形で各業務に特化した個別機能がある。



図-2 システムの機能イメージ

2. 意見交換と試行試験の実施

現行の道路管理の各業務（行政相談、舗装管理および点検）における運用体制やニーズを把握するため、道路管理者との意見交換を実施した（図-3）。



図-3 意見交換の様子

試行試験は、プロトタイプを用いて道路管理者を被験者として実施した。試行試験を通じて、システムの操作性や各機能の有効性・有用性を評価した。また、システムの課題を整理し機能要件定義書を洗練した。

3. 道路状況調査の支援機能の整理

道路状況調査の各調査項目の中で、道路基盤地図情報を利用して調査可能な項目を調査・整理し、その項目に対してシステムへの実装方法を検討した。

[研究成果]

主な研究成果の概要を以下に示す。

1. 道路管理者との意見交換

意見交換の結果を元に共通機能・個別機能（行政相談支援機能、舗装管理支援機能、点検業務支援機能）の機能要件の改良事項を整理した。

2. 道路管理者を被験者とした試行試験

試行試験では、ビデオ撮影および視線解析装置による目線の動きからシステムの操作手順を精査した。視線解析装置による評価は、システムが想定する目線の動きと被験者の目線の動きとの差異を抽出することにより行った（図-4）。

3. 道路状況調査の支援機能の整理

道路基盤地図情報の道路状況調査への適用可能性を全38項目について検討し、手動計測および自動計測が可能かどうかの観点で整理した（表-1）。



図-4 視線解析装置を用いた解析結果

表-1 道路状況調査の支援概要

方法	概要	調査可能項目数
手動計測	道路基盤地図情報上での距離計測や目視判断により計測できる項目	13項目
自動計測	道路基盤地図情報の地物形状・属性を利用することで自動計測できる項目	5項目



図-5 機能要件の改良事項の例（行政相談支援機能）

4. 道路基盤 WEB マッピングシステム要件定義書の修正

1.～3.の結果を元に、下記の道路基盤 WEB マッピングシステム要件定義書を修正および作成した。

- ・共通機能編
- ・行政相談支援機能編
- ・点検業務支援機能編
- ・舗装管理支援機能編
- ・道路状況調査編

例えば、行政相談支援機能編には、対応状況（対応済み、未対応）や相談内容（除草、落下物等）を地図上で確認できる機能（図-5）や、集計条件が指定しやすいように条件表示を色や枠などで区分できる機能を追加した。また、共通機能編には、計測した区間を地図上に強調表示する機能を追加した。

[成果の活用]

今後は、国道事務所において長期間のシステム（プロトタイプ）の試行運用を通じて、システムの実用化に必要な改良事項を洗練していきたい。

道路の区間 ID 方式を用いた情報流通の実用化検討

A Study for information distribution of road using Road Section Identification Data set

(研究期間 平成 22～26 年度)

防災・メンテナンス基盤研究センター
Research Center for
Land and Construction Management
メンテナンス情報基盤研究室
Maintenance Information Technology Division

室長	重高 浩一
Head	Koichi SHIGETAKA
研究官	今井 龍一
Researcher	Ryuichi IMAI
交流研究員	深田 雅之
Guest Research Engineer	Masayuki FUKADA
交流研究員	松井 晋
Guest Research Engineer	Susumu MATSUI

This study works on practical realization of "the Road Section Identification Data set (RSIDs)" of the location referencing method. This study redefined the rule of the RSIDs technique. And this study inspected conversion of various locations representation information by the RSIDs.

[研究目的及び経緯]

ICT や ITS の革新に伴い、道路状況や交通規制等の多様な道路関連情報が地図を用いて表現されている。多様な道路関連情報が組織や分野横断的に共有・蓄積すると、既存の情報流通サービスの高度化や新たなサービスの実現が期待できる。

この実現に向けて、既往研究では道路の区間と参照点とを用いて道路上の位置を特定し、異なる地図間でも送信者の意図する位置表現で道路関連情報が交換できる位置参照方式の「道路の区間 ID 方式」(以下、「ID 方式」という。)を考案し、都道府県道以上の約 20 万 km の道路の区間 ID テーブルが整備されている¹⁾。

本研究は、ID 方式を用いて経緯度、路線名や距離標等の多様な位置表現の道路関連情報を異なる道路地図間で平常時・災害時等に効率よく交換・共有できる情報流通環境の構築を目的に取り組んでいる。

本年度は、平成 24 年度の情報流通実験により顕在化した課題への対応策を実装して情報流通実験を再実施し、対応策の有用性を評価した。

[研究内容]

1. 情報流通実験システムの再構築

平成 24 年度の実験で顕在化した課題は、平成 25 年度に対応策を具体化しており、本年度は対応策の有用性を検証する。そのため、本研究では、対応策に準じて、地図を再調製し、コンバータ配信システムおよび情報配信アプリケーションを改良した(図-1)。

2. 情報流通実験の再実施

本実験は、図-1 に示すシステム構成の下、阪神高速

道路株式会社が保有する距離標の位置表現の 3 種の道路関連情報を ID 方式に変換し、情報提供サービス会社を介して道路利用者に配信する。平成 24 年度の実験では一部路線(環状線、池田線、松原線)を対象にしていたが、今回の実験では全線を対象とした。さらに、平成 24 年度のスマートフォンアプリに加え、WEB 地図サイトによる情報提供も実施した。また、実験参加者(モニター)は民間各社の会員へのメール配信などにより募集し、モニターへのアンケート調査にて本実験の情報流通の効果を評価した。

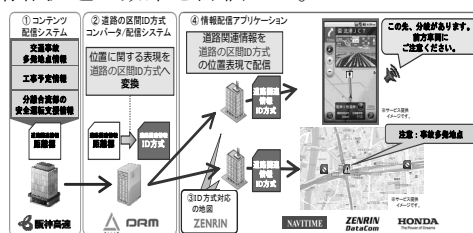


図-1 官民連携による情報流通実験システムの構成

[研究成果]

1. 情報流通実験システムの再構築

① 地図の再調製

平成 24 年度の実験では、道路の区間 ID テーブルと民間地図との関連付けに参照点のみを用いていたが、分合流部における正確な位置の表現に課題が残った。この対応策として、分合流部では図-2 のように参照点内に構成する区間を関連付けた地図を調製した。なお、本年度は阪神高速道路全線の地図を調製した。

② コンバータ配信システム及び情報配信アプリケーションの開発・改良

過年度の実験の結果で顕在化した配信情報に係わる課題への主な対応策は以下のとおりである。

- 区間比率を用いて距離を表現する。
- 参照点に集約されている分岐の位置を特定できる。
- 上下線を区間の方向等で区別する。

上記の対応策に準じて、再調製した地図を元にしたコンピュータ配信システムや情報配信アプリケーションを開発・改良した。その結果、複雑な道路形状箇所でも情報が正確に表示されることを確認した（図-3）。

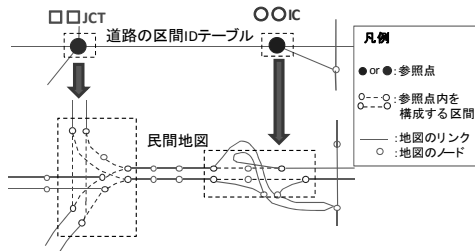


図-2 参照点内における道路の区間 ID テーブルと民間地図との関連付けイメージ



図-3 交通事故多発地点情報の表示イメージ

2. 情報流通実験の再実施

前述のとおり、過年度の実験により顕在化した課題への対応策を実装して情報流通実験を平成 26 年 12 月 17 日～平成 27 年 3 月 2 日に実施した。また、平成 24 年度の実験ではスマートフォンアプリのナビゲーションサービスのみであったが、本実験では、WEB 地図サイトによる情報配信も追加した（図-3）。

表-1 は、情報配信アプリケーション（Web 地図サイトおよびスマートフォンアプリ）へのアクセス数・ダウンロード数およびアンケートの回答数を示している。今回の実験では、6,000 名以上の回答が得られ、その内容を要約すると以下のとおりである。

- リアルタイムな渋滞情報を全国一律のサービスとして提供してほしい要望が多く挙げられていた。
- 配信情報の原典が道路管理者自身であることに強い信頼感を持っているモニターが多かった。
- 高速道路や国道などの幹線道路を対象にした情報配信への要望が多く挙げられていた。

表-1 各アンケートの回答状況

アンケートの分類	アクセス数/ ダウンロード数	アンケート回答数
阪神高速HP	—	4,053
スマートフォンアプリ	5,246	393
WEB地図サイト	9,982	1,838
計	15,228	6,284

図-4 は、Web 地図サイトで案内された 2 種類の道路関連情報の有用性を示している。本サイトは、外出前の経路選定などへの活用が特徴的であった。

図-5 は、スマートフォンアプリで案内された道路関連情報の有用性を示している。3 種類の情報は、ナビゲーションサービスの一環で配信されていたが、モニターは配信情報のことを認知していたことがアンケート調査から明らかになった。

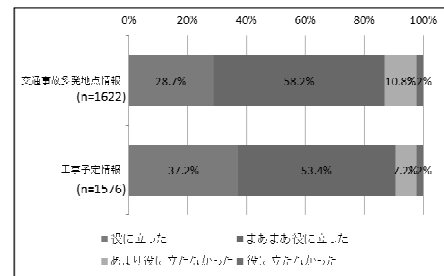


図-4 WEB 地図サイトによる情報の有用性

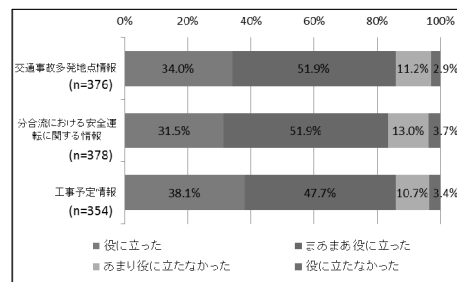


図-5 スマートフォンアプリによる情報の有用性

[研究成果の活用]

本研究の結果、道路管理者保有の道路関連情報を ID 方式の位置表現で配信する技術的な課題の対応策の有用性を確認できた。また、モニターの評価から配信情報の有効性・効果を確認することができた。したがって、本研究成果の活用により、道路管理者保有の道路関連情報の流通の実用化に寄与することが考えられる。

[参考文献]

- 1) 今井龍一, 中條覚, 松山満昭, 重高浩一, 石田稔, 浜田隆彦: 道路関連情報の流通のための位置参照方式に関する研究, 土木学会論文集 F3 (土木情報学), Vol.69, No.1, 34-46, 2013

道路構造物の信頼性に関する調査検討

Study on reliability of road structures

(研究期間 平成 26～28 年度)

道路構造物研究部 橋梁研究室
Road Structure Department
Bridge and Structures Division

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher
研究官
Researcher

玉越 隆史
Takashi TAMAKOSHI
白戸 真大
Masahiro SHIRATO
宮原 史
Fumi MIYAHARA
山崎 健次郎
Guest Research Engineer Kenjirou YAMASAKI

NILIM studies reliability of road structures including non-structural members for the purpose of developing policies to prevent damage to third party. This paper specifies non-structural members attached to road structures, and divides them into some groups in terms of its risk of damaging to third party. Furthermore, this paper runs some numerical simulation to evaluate reliability of non-structural members and effect of the policies to improve reliability.

[研究目的及び経緯]

本研究は、道路構造物に統一的な信頼性の確保策の確立の一環として、これまで設計基準類において信頼性の観点からは統一的な安全余裕付与方法が確立されていない第三者被害防止に着目した構造設計手法の実現性を検討するものである。

平成 26 年度は、道路構造物の主たる使用目的と直接的に關係する構造全体の耐荷力性能の確保では第三者被害防止の安全性が保証されない場合の多い非構造部材に着目して、事象事例の調査、既存の非構造部材の情報収集及び第三者被害防止の観点からの分類を行うとともに、分類毎に材料等のばらつきを考慮した信頼性の試算を行った。

[研究内容及び成果]

1. 構造物の落下、転倒等に起因する事象事例の調査

第三者被害防止に着目した構造設計手法を確立するにあたっては、設計において念頭におくべき事故要因を特定する必要がある。そこで、管理者から公表された記者発表資料等、過去 10 年分の関連文献調査を行い、建築分野も含め構造物の落下や転倒に起因した事象事例を整理した。

その結果、計 72 件の事象事例が確認された。これらの事象事例の要因は複数が考えられる場合もあるなど特定することは困難であるものの、表-1 の 4 つに集約される。

なお、表-1 に示す事故要因の他、事故に関連して設置された委員会においては、1 つの部材の損傷から連

表-1 確認された事故要因

事故要因	例
耐久性不足	腐食により道路標識の根元が折損し倒壊
経年劣化のばらつき	一部の接着系ボルトで特に経年劣化が進行し天井板が落下
強度不足	強風により信号柱が根元から折損し倒壊
施工品質のばらつき	現地で施工された打込式ピンの引抜き抵抗力にばらつきがあり看板が落下

鎖的に損傷が拡大した可能性や、複数の部材が同時に劣化した可能性が指摘された事例があった。

2. 非構造部材の情報収集及び分類

(1) 非構造部材の情報収集

非構造部材を構成する材料やその組み合わせのパターンは多種多様であり、これらにより第三者被害のリスクの程度も異なる可能性がある。このことから、普遍的な構造設計手法を確立するためには、まずは落下、転倒等により第三者被害を引き起こす可能性がある非構造部材のパターンを可能な限り漏れなく把握する必要がある。そこで、国管理国道における定期点検結果、総点検結果から非構造部材の情報収集を行った。

その結果、機能の観点からは表-2 に示す 26 種類の非構造部材が確認された。

(2) 非構造部材の分類

(1) で確認された多種多様なパターンの非構造部材の第三者被害リスク評価方法を検討するにあたっては、予めこれらを第三者被害のリスクの大きさの観点から分類することが効率的と考えられる。そこで、各部材への作用力の向きが異なる構造を考慮することに着目

表-2 確認された非構造部材

路上	道路標識、道路照明、案内装置
橋梁	排水管、検査路、添架物、橋歴板、道路標識、道路照明、案内装置
歩道橋	道路標識、道路照明、排水受皿、排水管、目隠し板、裾隠し板
トンネル	道路照明、換気装置、内装板、警報表示板、天井板、吸音板、ケーブル類、標識、埋込外箱

し、支持形態（天井吊り下げ型、壁面設置型、柱型）の観点から代表的な事例を対象に、第三者被害の発生原因を整理した。整理にあたっては、ある事象の発生原因について論理的に枝分れ図を作る FT (Fault Tree) を作成し、第三者被害を引き起こす要因を漏れなく、かつ階層的に整理することとした（図-1）。

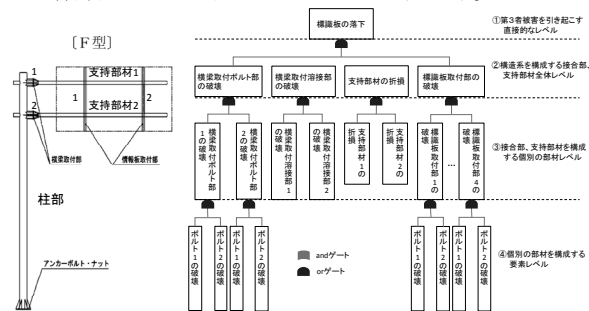


図-1 FTの作成例（F型標識、標識板の落下）

各非構造部材の FT を比較した結果、図-1 の各階層において、第三者被害のリスクの大きさの観点から分類するための以下の着目点を得られた。

- ①のレベル：該当する事象が複数の場合は、1つの場合と比較して構造系全体としてのリスクが大きくなる可能性がある。
- ②のレベル：該当する接合部・支持部材が複数の場合は、1つの場合と比較して構造系全体としてのリスクが大きくなる可能性がある。
- ③④のレベル：該当する部材や要素が複数の場合は、1つの部材や要素の破壊が上位事象に至らず、構造系全体としてのリスクが小さい可能性がある。

他方、以上のように非構造部材には各階層での分類の組み合わせが存在することから、単純な分類を行うことが困難であることが確認された。

3. 非構造部材の信頼性の試算

既存の非構造部材が有する第三者被害のリスクを定量的に把握するとともに、2. で整理した各着目によるリスクの違いを確認するため、F型標識（図-1）を対象に実データを用いて信頼性の試算を行った。

信頼性は、ISO2394 に定める指標 β を用いた。各部材や材料のばらつきは、基準類や各種文献を参考に設定した。なお、ここでは構造系の違いに着目するため、荷重は死荷重のみ考慮した。

試算の結果、F型標識の部材のうち支持部材は突出して信頼性が低く、構造系の弱点となっていることが確認された（図-2）。また、このように部材間での信頼性が調和していない非構造部材は、所要の信頼性を確保する上で非合理的な設計となっている可能性が示唆される。

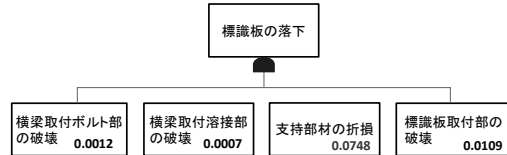


図-2 信頼性の試算結果（F型標識、対策無しの場合）

上記の他、構造系の信頼性を向上させる対策を講じたことを想定したケースで試算を行った結果、構造系全体としての信頼性は表-3 のとおりとなった。

表-3 信頼性の試算結果（F型標識）

ケース	内容	標識板の落下確率
0	対策無しのケース	0.07965 ($\beta=1.407$)
1	④のレベルの要素を増やす	0.07423 ($\beta=1.445$)
2	③のレベルの部材を増やす	0.00141 ($\beta=2.987$)
3	②のレベルにフェールセーフ構造を設置	0.00002 ($\beta=4.107$)
4	④のレベルの強度を上げる	0.07555 ($\beta=1.436$)
5	③のレベルの強度を上げる	0.01420 ($\beta=2.192$)
6	④のレベルでばらつきの大きい材料を排除	0.00674 ($\beta=2.471$)

ケース 1 とケース 4、並びにケース 2 とケース 5 の比較から、部材や要素の強度を向上させるよりも、部材や要素の数を増やす対策をとる方が、効率的に信頼性が向上する可能性が高いことが分かった。これは、部材や要素の数が増えることにより、接合部、支持部材全体としてのばらつきが小さくなるためと解釈される。これと同様にケース 6 から、ばらつきの大きい材料を排除することで信頼性が向上する効果が確認された。ケース 3 のフェールセーフ構造の設置は、全ケースの中で最も大きい信頼性向上効果が得られた。

【今後の課題】

普遍的な構造設計手法を確立するため、今年度収集した事故の要因を踏まえ、外力や経年劣化に起因した試算を行う必要がある。

【成果の発表】

各種論文で発表予定。

【成果の活用】

道路構造物の安全率等の評価マニュアル案を策定する。また、技術基準類の改定に反映させる。

部分係数設計法の信頼性向上に関する調査検討

Study on the enhancement in reliability of partial factor design method

(研究期間 平成 26～28 年度)

道路構造物研究部 橋梁研究室

Road Structure Department

Bridge and Structures Division

主任研究官 白戸 真大

Senior Researcher Masahiro Shirato

交流外研究員 山崎 健次郎

Guest Research Engineer Kenjiro Yamasaki

室長

Head

研究官

Researcher

交流研究員

Guest Research Engineer Shuhei Kawami

玉越 隆史

Takashi Tamakoshi

横井 芳輝

Yoshiteru Yokoi

川見 周平

To ensure required bridge performance based on reliability, NILIM has studied partial factor design bridge design specifications. The present study has verified the validity in load combinations and load factors for new structural types of bridge.

〔研究目的及び経緯〕

我が国の道路橋の設計基準である「橋、高架の道路等の技術基準」(道路橋示方書)は、平成 13 年度の改定において性能規定型の概念が導入された。しかし、耐荷力照査の基本書式は、従来の許容応力度設計法を踏襲しており、設計で目標とする期間において橋の性能が満足されることの確からしさを合理的にかつ定量的に照査できる設計体系とはなっていない。そこで、国総研では、信頼性設計の考え方を基礎とし、国際的技術基準の標準書式でもある部分係数設計体系への転換を視野に必要な検討を進めている。過年度までに現行の道路橋示方書の個々の荷重の統計的な再評価を行い、従来設計とも同等程度の性能を有しつつ、確率的には一定水準の設計結果となるように荷重組合せ及び荷重係数を提案した。

本研究は、多様な構造形式や条件の道路橋に対する荷重組合せ及び荷重係数の適用性を確認し、必要に応じて見直すことを目的とする。

本年度は過年度に設定した荷重組合せ及び荷重係数を用いて、設定時の検討に用いた橋梁形式とは異なる形式に対して試設計(以下、部分係数設計という)された橋梁の信頼性解析を実施し、荷重組合せ及び荷重係数の適用性を検証する。

〔研究内容及び研究成果〕

1. 研究の方法

(1) 試設計対象橋梁

試設計の対象は、鋼橋20橋、PC橋13橋の計33橋である。橋梁形式は、まず従来から実績の多い形式(鋼桁橋、PCT桁橋等)を基本とし、さらに発生断面力に占める各荷重寄与率の大きな変化が予想される形式であ

る多点固定のラーメン橋及び採用実績が増えつつある新形式である鋼少数主桁橋をいくつか選定した。

(2) 信頼性解析

信頼性解析の評価方法を図-1に示す。信頼性解析では、各橋梁について、まず、設計供用期間(ここでは100年と想定)中に生じる断面力の最大値分布を過年度に提案した荷重シミュレーションにより求める。次に部分係数設計法の荷重組合せ及び荷重係数を用いた設計断面力を求める。そしてこれらを比較し、設計断面力の確率水準を評価する。なお、過年度に提案した荷重組合せ及び荷重係数も、許容応力度設計(以下、現行設計という)における断面力と荷重シミュレーションから得られた断面力最大値分布の結果を比較して得られたものである。以下に、概要を示す。

【確率水準①】荷重シミュレーションで得られる断面力100年最大値分布の収束性が高い(変動係数10%以下)場合は、大半の断面において現行設計による設計断面力が断面力100年最大値分布の非超過95%近傍に位置する。これに該当するのは、例えば主桁であり、活荷重と死荷重が発生断面力に大きく寄与すること、また100年間で断面力が最大となるのは渋滞時の自動車列の同時載荷状況であり、渋滞時の車列による断面力分布は、個々の渋滞状況ごとに大差がないことが理由と考えられる。

【確率水準②】荷重シミュレーションで得られる断面力100年最大値分布の収束性が低い(変動係数30%以上)場合は、多くの断面で設計断面力が断面力100年最大値分布の平均値から標準偏差の0.5倍減じた範囲内に位置した。これに該当するのは、例えば橋脚(基部)や柱頭部断面であり、ばらつきの大い地震の影響、

風、温度の影響などが発生断面力に大きく寄与する。

図-1に示す分類1~4について、分類1または2であれば設計断面力は、断面力100年最大値を捉えている。特に分類1の橋は確率水準①または②に相当する耐荷性能を有するように設計されていることを意味する。分類3の設計断面力は断面力100年最大値を捉えていないが、絶対値で見ると、確率水準①または②の断面力±10%以内であり、この分類の橋は確率水準①または②の耐荷性能を有する橋と同等の性能であることが期待できる。また、分類4は、設計断面力が断面力100年最大値を捉えていないだけでなく、橋に必要な耐荷性能が過大になるまたは不足する可能性が否定できないことを意味する。

3. 信頼性解析の結果

各部材における信頼性解析の結果を図-2に示す。図-2は、部分係数設計及び現行設計における設計断面力と断面力100年最大値分布の確率水準①または②の断面力との比率を横軸に、着目断面のうち、それぞれの比率に該当した断面数を縦軸としている。

(1) 主方向の検討結果

主桁の信頼性解析の結果を図-2(1)に示す。図-2(1)より、主桁における設計断面力は、非超過95%の標本値(確率水準①)との比較において、多くが分類1または3であった。一方、一部で分類4かつ部分係数の設計断面力が断面力100年最大値分布より小さくなっており、原因について今後検討する必要がある。以上は、鋼少数主桁橋でも同じ結果であった。次に水平荷重の影響が支配的になると考えられるラーメン橋の橋脚及びラーメン橋脚基部曲げモーメントの信頼性解析結果を図-2(2)に示す。平均値-0.5σの標本値(確率水準②)との比較において、全ての橋梁・着目断面で設計断面力は分類1または2であった。また、図-2(2)より、現行設計の断面力より部分係数設計の断面力の方が分類1に近く、断面力100年最大値を捉える傾向であった。

以上から、過年度までに設定した荷重組合せ及び荷重係数を用いた部分係数設計では、主に従来から採用

実績の多い橋梁形式に対しては、断面力100年最大値を過不足なく捉えられるようになってきていることを確認し、部分係数設計法を導入することで橋の性能の確からしさを定量的に実現できることが示された。ただし、分類4のように必要な耐荷性能を満足しない部材・着目断面については、キャリブレーションなどの追加検討を行い、原因を解明する必要がある。

(2) 横方向の検討結果

上部構造の横方向の設計に着目し、対傾構における設計断面力の信頼性解析の結果を図-2(3)に示す。対傾構における現行設計の断面力は分類2であり、部分係数設計の断面力よりもかなり小さい。一方、部分係数設計の断面力は全ての橋梁・着目断面で分類1または2に該当するようになったことから、上部構造横方向についても荷重組合せ及び荷重係数のキャリブレーションを行うことで、橋の性能の確からしさを向上できると思われる。しかし、部分係数設計の設計断面力は、断面力100年最大値分における平均値-0.5σ(確率水準②)よりも大きく、むしろ平均値に近かった。荷重組合せを確認すると、部分係数設計と断面力100年最大値の各荷重成分とで必ずしも一致しないことから、過年度に提案した荷重組合せ及び荷重係数は、横方向の設計への適用性は低く、横方向を対象にキャリブレーションを行う必要があると考えられる。

4. 今年度の成果と今後の課題

従来から採用実績の多い橋梁並びに新形式である鋼少数主桁橋に対しては、部分係数設計を行うことで橋の性能の確からしさを定量的に照査できることを確認した。今後、採用実績が増えつつあるさまざまな新橋梁形式についても信頼性解析を行い、適用性の検証が必要である。また、過年度に提案した荷重組合せ及び荷重係数の適用性は高いものの、キャリブレーションの追加検討により、荷重組合せ及び荷重係数の追加及び見直しが求められることも確認した。

[成果の活用]

道路橋示方書等、技術基準改定のための基礎資料として活用する予定である。

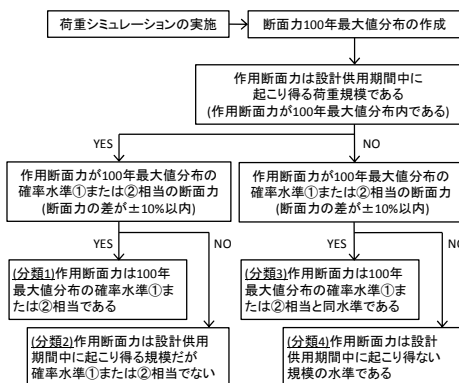


図-1 断面力の信頼性評価

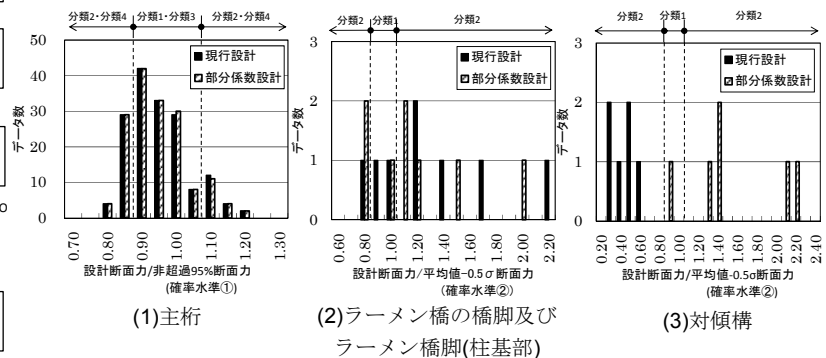


図-2 各部材における信頼性解析の結果

実品質に基づく初期品質の信頼性向上策や耐久性能評価手法に関する調査検討

Research on the improvement and evaluation method of construction quality for highway bridges

(研究期間 平成 24～26 年度)

道路構造物研究部 橋梁研究室

Bridge and Structures Division

主任研究官 白戸 真大

Senior Researcher Masahiro SHIRATO

交流研究員 狩野 武

Guest Research Engineer Takeshi KARINO

室長

Head

研究官

Researcher

玉越 隆史

Takashi TAMAKOSHI

横井 芳輝

Yoshiteru YOKOI

The construction quality of highway bridges is likely to be closely related to the reliability in durability. NILIM has examined the relationship between the reliability in the durability of highway bridges and the construction quality, proposing a method to evaluate the durability based on actual construction quality control and assurance results by simple analysis models.

〔研究目的及び経緯〕

PC 橋では、図-1 に概念的に示すように、コンクリートが打設され硬化し、緊張力が導入されていく架設段階のいわゆる若材齢時に、温度やクリープ・乾燥収縮、鉄筋拘束及び段階施工に伴う材令差等によって部材内部の応力状態は刻々と変化する。そのためこれを適切に制御しなければコンクリートの発生応力が抵抗を超過してひびわれなどの初期変状を生じたり、設計上問題となる不適当な残留応力が残る危険性もある。本研究はこれらの架設時の複雑な応力条件を簡便に精度よく評価できる設計手法について検討するものである。

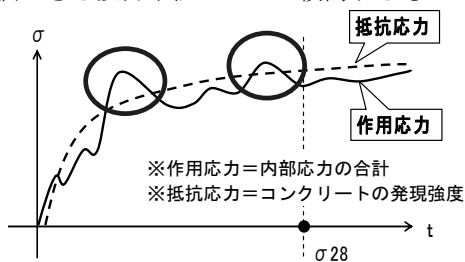


図-1 PC 橋の作用力と抵抗力の関係(概念)

精緻な三次元有限要素法を用いることで、これらの初期の段階での複雑な応力状態を精度よく求めることは可能であるが、実務設計においては細部構造や鉄筋配置などの試行錯誤が繰り返されるこの段階において精緻なモデルによる数値解析を、時系列を追って多数実施することは負担が大きい。またモデル化の自由度が大きく計算出力に対する統一的な照査基準を用意することも困難である。これらを踏まえて、終局

時のせん断耐力の評価法としては研究実績もある、格子解析手法の応用によって、PC橋の架設時の応力状態をできるだけ簡便かつ精度よく評価できる方法の実現性について検討を行った。

〔研究内容及び研究成果〕

3年間で実施した研究内容を下記に述べる。

- ①PC 部材の持続荷重による内部応力への影響に対して、現行基準との整合性の観点から鉄筋拘束の影響について供試体を用いた実測による検証を行った。(平成 24 年度)
- ②モデル橋梁に対して、三次元 FEM 解析を用いて簡易モデルの検証に必要な架設系から完成系までの詳細な部材各部の応力状態の把握を行うとともに、架設段階における作用応力超過の可能性について検討を行った。(平成 25 年度)
- ③格子モデルの応用により、三次元 FEM 解析よりも簡便に、かつ設計実務上必要な精度で架設段階の応力状態の照査が行える簡易モデルの実現性と課題について検討を行った。(平成 26 年度)

上記①～③の研究成果について、下記に述べる。

- ①(平成 24 年度) パラメトリックに条件を変えた供試体の実測により、軸方向鉄筋比が 0.5% を越えると、顕著に鉄筋拘束の影響が現れることを確認した。図-2 に計測結果を示す。
- ②(平成 25 年度) 三次元 FEM 解析を用いて、コンクリート硬化時に発生する温度応力やそれがひびわれに与える影響(ひびわれ指数)の解析を行った。

図-3のように、条件によっては応力が残留するとともに若材齢時の温度に起因するひびわれが生じる可能性が高い部分が生じることを把握した。

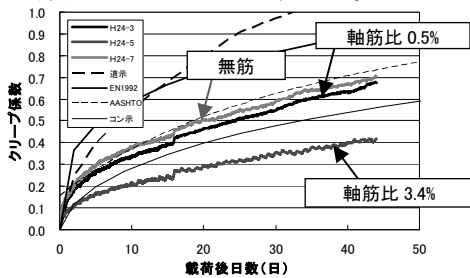


図-2 クリープ係数 (軸鉄筋比の違い)

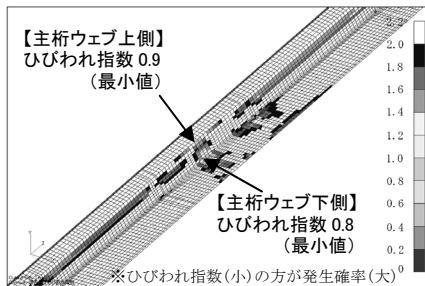


図-3 ひびわれ指数 (初期の変状)
(ウェブ下側0.8→ひび割れ発生95%)

③ (平成26年度) ウェブなどの版部材をはり要素で離散化して格子モデルに置換した二次元解析モデル (図-4) (以下、簡易モデルと称す) を用いた試算を行い、詳細にモデル化した三次元弾性FEM解析モデル (以下、検証モデルと称す) との比較を行った。図-5に試算結果の例 (上縁と下縁の応力度) を示す。実線と破線はFEM解析結果、●印と▲印は簡易モデルの結果である。格子モデルによって、自重、プレストレス、温度、橋面荷重の各荷重ケースについて、多くの部材や部位で検証用の精緻な三次元FEM解析による場合とほぼ同レベルの応力状態の評価が行えることが確認された。

しかし、例えば簡易モデルで得られた節点変位を検証モデルとは別に作成したシェル要素の部分FEMモデルに強制変位として与え主応力を算出して、検証モデルの結果と比較した結果、支間中央部では最大主応力の値や方向が両者でよく一致するものの (図-6)、支点横桁付近のように顕著な乖離がみられる部位もあることが確認されている。簡易モデルの適用条件と精度を見極めるためには引き続き検証ケースを増やした検討が必要である。

また、上記の二次元の簡易モデルを三次元に拡張し、上・下床版の版構造も格子モデルとした三次元簡易モデル (図-7) を構築した。ウェブや床版の剛度設定方法等は二次元の簡易モデルと同じとし、三次元簡易モデルおよび検証モデルにおける分割施工の材令差について検証したが、簡素な格子モデルでも詳細なFEM解

析に比較的近い応力状態の推定結果が得られることがわかった。

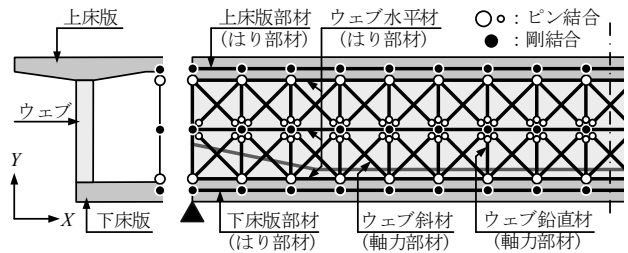


図-4 簡易設計手法に用いる格子モデル

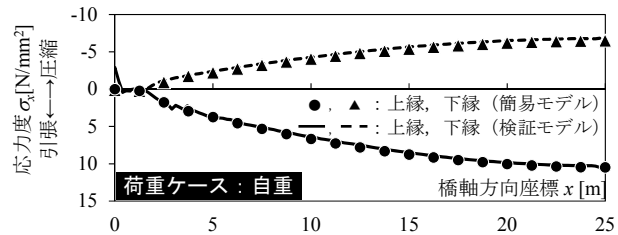


図-5 上・下縁応力度分布【図示範囲：0.5L】(例：自重状態)

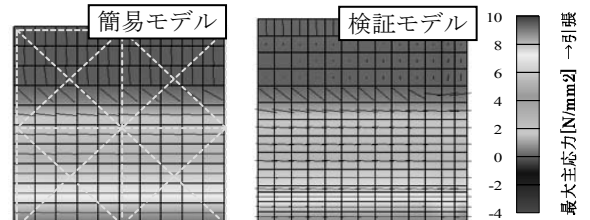


図-6 ウェブ最大主応力の比較【支間中央部】(例：自重状態)

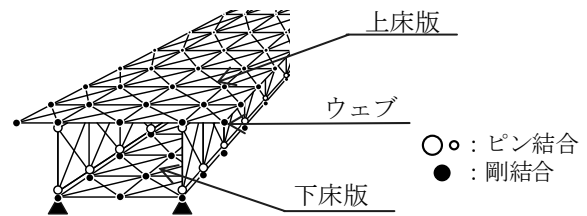


図-7 三次元格子モデル(概念)

【今後の課題】

終局時のせん断耐力の評価法にも実績のある格子モデル解析によって、通常設計で用いられる骨組みモデルだけでは評価困難なPC部材の詳細な応力性状を表現できる可能性の高いことを示した。実務設計に用いる観点からは、格子モデルは、はり要素で離散化されているために計算応力の方向が特定されており、道路橋示方書などの技術基準に定められた許容値や制限値と対比するための照査ルールを確立しやすと考えられるが、多種多様な条件の道路橋への適用性を見極めと照査ルールの確立にはさらに検証ケースを増やす必要がある。

【成果の発表】

国総研資料等に発表予定である。

【成果の活用】

道路橋示方書の改善の基礎資料となるものである。

高度な構造解析手法を用いた安全性及び耐久性評価法の基準化に関する調査検討

Study on standardization of evaluation technique of safety and durability for highway bridges with advanced analytical method

(研究期間 平成 26～28 年度)

道路構造物研究部 橋梁研究室
Road Structure Department
Bridge and Structures Division

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher
研究官
Researcher
交流研究員
Guest Research Engineer

玉越 隆史
Takashi TAMAKOSHI
白戸 真大
Masahiro SHIRATO
横井 芳輝
Yoshiteru YOKOI
水口 知樹
Toshiki MIZUGUCHI

The Author studies evaluation technique of safety and durability for highway bridges with advanced analytical method to revise the specifications. At first, the application of the analysis with the constant shear flow panel to design highway bridges is investigated by comparing with the conventional grillage analysis and FEM. Next, rule to make an analytical model and evaluation method of response by the analysis are examined.

〔研究目的及び経緯〕

道路橋の設計体系は、初等はり理論に基づく骨組解析を前提として、部材の基準耐荷力曲線、安全率、及び許容応力度等の規定を公称応力で整理して構築されている。しかし、耐震補強構造や疲労のような耐久性上の損傷事例では、局所変形や2次応力の影響など、必ずしも棒モデルを用いた計算では得られない局所的な挙動に起因することも多く、骨組解析による再現には限界があるため、解析的検討に当たっては、高度な計算モデルとしてFEM解析が用いられている。現状の道路橋の設計は、骨組解析から公称応力を算出して行う部材の設計以外に、FEM解析による局所的な変形や応力性状の評価を併用することがより一般的になりつつある。

新設橋の設計においては、どの部位あるいは何の照査にFEM解析を用いた局所的な挙動の評価が必要となるか、実際の損傷事例や設計者の経験からの判断にはばらつきが生じることから、定量的な判断による設計品質の確保が課題と考えられる。

以上より、本研究は、道路橋の安全性及び耐久性を合理的に評価できる設計手法の確立を目的とするものである。

平成 26 年度は、格子解析モデルに対してより高度な解析モデルの活用を前提とした設計手法の確立の検討

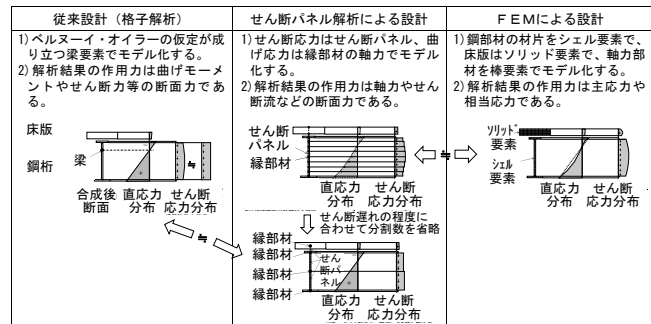


図 1 各解析手法の理論と特徴

を行った。

〔研究内容及び成果〕

1. 解析手法の違いによる照査内容の特徴

従来の格子解析を用いた橋梁設計の各手続きに関する課題、または検討余地を整理し、一定せん断流パネルを用いた解析 (以下、「一定せん断流パネル解析」という)、または FEM 解析を用いた場合における橋梁設計の各手続きを横並びで比較する。各解析手法の理論と特徴を図 1 に示す。設計対象は、各手法の相違の特徴が現れやすいと考えられる曲線少数 I 桁橋、曲線細幅箱桁橋、方杖ラーメン橋、及び単弦ローゼ橋とした。

一定せん断流パネル解析及び FEM 解析では 3 次元の方向に要素を配置できることから、格点部や 2 次部材

などの局所のモデル化が可能になり、その結果、主要な部材の設計を行うための全橋モデルを用いて局所の作用応力などの応答値の算出も可能なことを明らかにできた。また、部材の設計に必要な公称応力を算出するには、FEM 解析では解析結果に対して後処理が必要になるのに対して、一定せん断流パネル解析では直接算出できることがわかった。

2. 一定せん断流パネル解析を用いた試設計

一定せん断流パネル解析を主体とした設計を行う場合、公称応力による部材の設計と複雑な応力性状となる局所的な部位の評価を同一の解析モデルで合理的に行うことができることを検証するために、全橋モデルを用いて、局所の応力性状の評価のための試設計を行った。対象は局所の応力性状に特徴が現れやすいと考えられる4つの橋梁形式とし、ここでは単弦ローゼ橋を例として示す。図2に示すように、支間中央部の吊材と鋼床版との接合部における疲労照査を行った。吊材としての鉛直方向の応力振幅のほか、3次元にモデル化できることから鋼床版上に疲労設計荷重を載荷し、鋼床版としての応力も考慮した橋軸直角方向の応力振幅も算出した。その結果、複雑な応力性状となる部位において、想定する疲労損傷毎のそれぞれの向きの応力振幅を、複数の断面力の同時性を考慮して算出できることがわかった。全橋モデルを用いて局所の応力状態を解析より把握できることから、部材間接合部などの局所的な部位の安全性や疲労耐久性に関する評価を、部材の断面計算による公称応力を用いた各限界状態の照査・断面の決定と同じ設計段階で行うことによる、定量的な判断を踏まえた設計品質の信頼性を向上させる手法を提案することができた。

3. 一定せん断流パネル解析のマニュアル化の検討

解析から得られる応力は、要素分割の程度によって値が異なる。解析モデルの違いや解析を行う設計者の技量の違いによらず道路橋示方書で求められる設計の品質の信頼性を確保するため、一定せん断流パネル解析に関する解析モデル作成の要領を確立することを目的に、要素分割に関する検討を行う。例として、図3に、鋼連続合成2主I桁における床版の主桁作用の幅員方向に分布する曲げ応力度と要素分割数の関係を示す。

桁橋の場合、合成桁の床版や鋼床版桁の鋼床版デッキのせん断遅れによる曲げ応力分布は、2次放物線で近似できるという Reissner の仮定が既往の研究によって確認されている¹⁾。これに対して、主桁間を8分割、4分割、2分割の3種類の解析結果を示す。2分割では主桁間の応力分布が三角形形状となるものの、4分割及び8分割では2次放物線となる曲げ応力分布を再現で

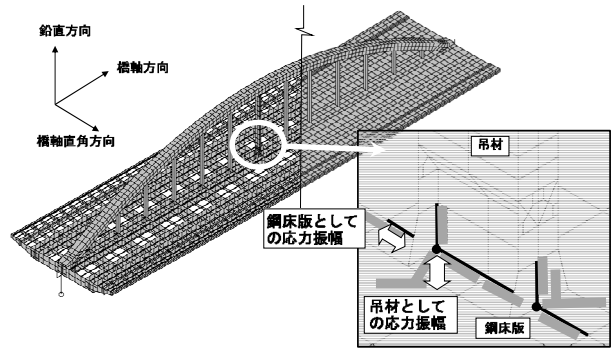


図2 単弦ローゼ橋の解析モデル図

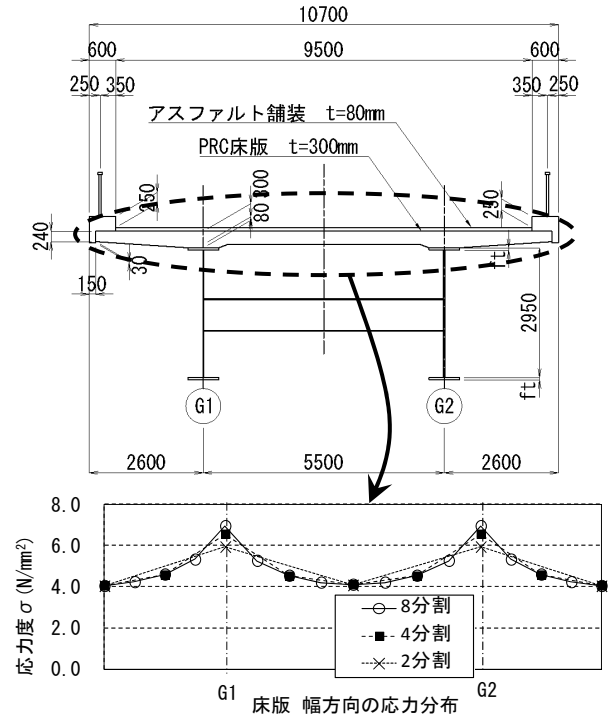


図3 床版の幅方向の要素分割数と応力分布

ることがわかった。主桁から外側の張出部も主桁間と同様に、4分割以上で解析の精度が確保されることがわかった。構造力学による理論解、及び要素分割数の違いによるパラメトリックな検討から、普遍化に向けた課題の抽出を行った。

[今後の課題]

部材設計の各項目毎の普遍的な解析モデル設定基準の確立。

[成果の発表]

国総研資料及び各種論文で発表予定。

[成果の活用]

実務者のための設計ガイドラインや基準等に反映させる予定。

[参考文献]

1) 中井博, 北田俊行: 鋼橋設計の基礎, 1992.5, 共立出版株式会社

高強度鉄筋コンクリート橋脚及び超高力ボルト摩擦接合継手の設計基準に関する研究

Study on standardization of design of piers with high strength reinforcement and high strength bolted friction joints with super high strength bolts for highway bridges

(研究期間 平成 24～26 年度)

道路構造物研究部 橋梁研究室
Road Structure Department
Bridge and Structures Division

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher
研究官
Researcher

交流研究員
Guest Research Engineer

玉越 隆史
Takashi TAMAKOSHI
白戸 真大
Masahiro SHIRATO
横井 芳輝
Yoshiteru YOKOI
水口 知樹
Toshiki MIZUGUCHI

The Author studies design methods of piers with high strength reinforcement and high strength bolted friction joints with super high strength bolts for highway bridges. The design methods are expected to improve construction qualities and to reduce construction cost. The author examines the applicability of those materials for highway bridges related to the strength and the durability.

[研究目的及び経緯]

建築等の他分野では、これまで道路橋で採用されていない、より高強度の材料が採用されている場合がある。これらを道路橋に採用できる場合、部材の小型化、施工数量の削減等によるコスト縮減等、道路橋の建設時及び補修・補強時におけるコスト縮減に資することが期待される。

鋼道路橋の架設における鋼材の連結は、溶接による他、高力ボルトを用いた摩擦接合継手(写真 1)が多く用いられている。しかしながら、1964年に従来の高力ボルト(S10T, F10T)より高強度のボルト(F13T, F11T)が採用されたものの突然F13Tに脆性的に破壊(遅れ破壊)する現象が生じ、その後1975年頃からF11Tにも同様の損傷が発生したことから、1980(昭和55)年の道路橋示方書には採用されなくなった。また、1991(平成3)年旧建設省道路局事務連絡により、順次遅れ破壊の懸念のあるボルトの取替えや落下防止等の対策が行われている。このように高強度のボルトには長期耐久性への懸念があったことから、以降、鋼道路橋へ高強度のボルトの適用性に関する研究も行われていなかった。

一方、近年耐遅れ破壊性能を改善した超高力ボルト(F14T)が開発され、建築分野においては採用実績を増やしている。そこで、超高力ボルトの道路橋への適用について検討を行った。

道路橋に適用する場合には、主に屋外での使用における環境の厳しさ(特に、遅れ破壊に与える影響)、施工方法、多行多列ボルト継手等の諸元が建築分野とは異なることから、遅れ破壊を含む長期耐久性及び施工方法に関する品質の要求水準について明らかにする必要がある。

また、道路橋で用いられているS10T, F10Tに準じた適用条件における超高力ボルトF14Tの継手性能を明らかにするため、標準すべり試験(図2)¹⁾、桁部材の接合部の曲げ試験(図3)及び数値解析を行った。

[研究内容及び成果]

1. 耐遅れ破壊性能に関する検討

耐久性の検討では、遅れ破壊の原因となるボルト材料の水素量測定試験、腐食促進試験(写真2)、既設橋の高力ボルト腐食調査等を行った。腐食促進試験とは、鋼板に締付けたボルトを観覧車のように回転する装置に設置し、室内常温の3.5%食塩水中への浸漬、引き上げによる乾燥を繰り返すことで道路橋の供用時よりも腐食を促進させるものである。腐食促進試験による経過年数とボルトへの侵入水素量の関係を図1に示す。計測位置は侵入水素量が多いと想定されるねじ先端部である。これより、裸仕様のF14TはS10Tより侵入水

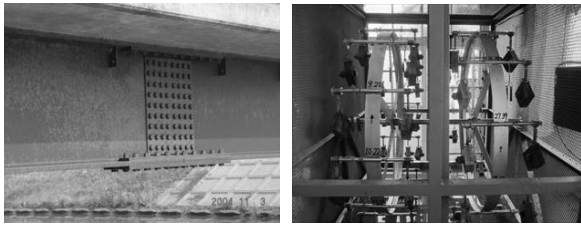


写真1 ボルトを使用した鋼橋の摩擦接合継手の例 写真2 腐食促進試験

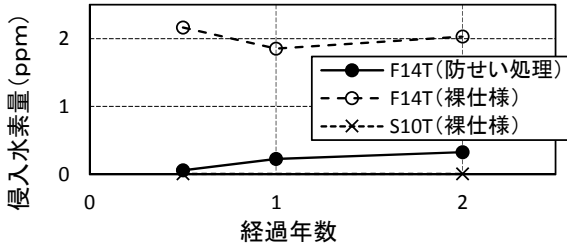


図1 腐食促進試験によるボルトへの水素浸入量素量が多いことがわかる。ただし、F14Tに防せい処理を施した場合、侵入水素量は大きく低下し、S10Tと同等の値を示すことがわかった。F14Tは防食することで、耐遅れ破壊性能が確保されることを明らかにできた。

2. 摩擦接合継手の継手性能に関する検討

超高力ボルトを用いた摩擦接合継手を対象に、ボルト等級・ボルト径・接合面処理方法・母板の板厚・母板の材質・ β (すべり/降伏耐力比)・フィラーの有無・肌すき・多列等の条件と継手性能の関係についてパラメトリックに条件を変えた供試体実験を行った²⁾。接合面処理を有機ジンクリッチペイントとした場合は、すべり係数が0.20~0.25と低い値を示したものの、無機ジンクリッチペイントまたは粗面とした場合は、道路橋示方書に規定されたすべり係数を超過確率99.9%以上で確保できることがわかった(図4)。

桁曲げ試験では、標準すべり試験と異なり、桁の曲げ変形によりボルト位置ごとのフランジ等の板厚減少量に差が生じたことが原因と推定される、ボルト位置ごとに異なるボルト軸力の変動を明らかにした(図5)。FEM解析からもボルトごとの軸力の変動の程度を再現できた。鋼道路橋での曲げに対する使用状況に近い作用力環境を再現した桁曲げ試験においても、試験直前のボルト軸力から整理したすべり係数は、道路橋示方書に規定されたすべり係数 $\mu=0.45$ を上回り、実橋への適用可能性を示すことができた。

3. 成果まとめ

様々な検証の結果、現行のS10T、F10Tと同様の継手構造や規模、板厚やボルト配置等の適用範囲内であれば、使用できる可能性が高いと結論づけられた。

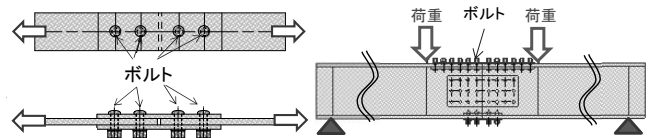
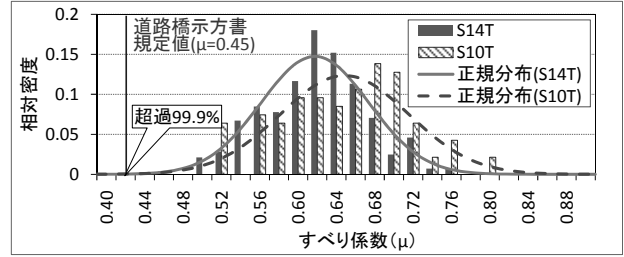
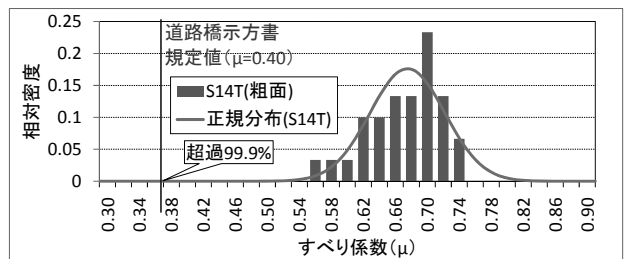


図2 標準すべり試験 図3 桁曲げ試験



(a) 無機ジンクリッチペイント



(b) 粗面

図4 標準すべり試験によるすべり係数の分布

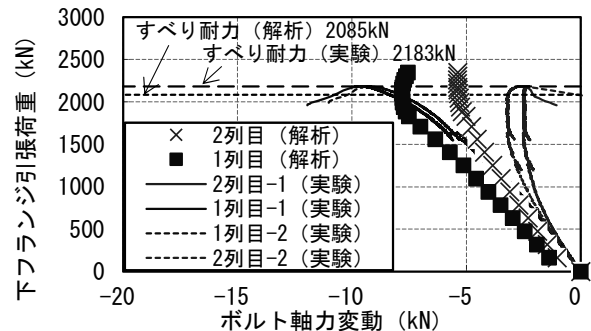


図5 桁曲げ試験におけるボルトの軸力変動

[今後の課題]

超高力ボルトの適用性の拡大、遅れ破壊特性のさらなる向上、及び実環境下での実績の蓄積による評価手法の確立。

[成果の発表]

国総研資料及び各種論文で発表予定。

[成果の活用]

実務者のための設計ガイドラインや基準等に反映させる予定。

[参考文献]

- 1) (公社)土木学会：鋼構造シリーズ15 高力ボルト摩擦接合継手の設計・施工・維持管理指針(案), 2006.12
- 2) 玉越ら:超高力ボルトの橋梁分野への適用に向けた各要因の影響, 土木技術資料, Vol.55, No.5, pp.34~37, 2013.5

土中構造物の地震被害メカニズムの解明及び要求性能に関する調査検討

Study on the earthquake damage mechanisms and seismic performance requirements for earth structures

(研究期間 平成 24-26 年度)

道路構造物研究部 構造・基礎研究室
Road Structures Department
Foundation, Tunnel and Substructures Division

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher

間渕 利明
Toshiaki MABUCHI
西田 秀明
Hideaki NISHIDA

This study is conducted to make clear the earthquake damage mechanism to propose the seismic performance requirements for earth structures such as culverts and retaining wall with soil reinforcement. It was mainly shown that simplified seismic performance verification method for the large cross sectional culverts and requirements for ensuring the seismic performance of the earth structures were proposed.

[研究目的及び経緯]

本研究は、道路のカルバートや補強土擁壁など主として土以外の材料も用いて構成される土工構造物を対象に、耐震性能水準、及び安全性・修復性照査の基準化方法の確立を目的として、これらに必要となる被災事例の分析や、耐震性能の抽出、定量的照査基準策定のために必要な分析、評価等を行うものである。道路機能確保の観点からカルバートや補強土擁壁などが有すべき性能水準や相互の整合性について現行の技術基準類を整理分析した。また、大規模地震時における挙動に不明な点が多く耐震性能の照査方法に統一的な基準が示されていない大型カルバートについて地震被害メカニズムの解明及び耐震性能の照査法、並びに耐震性確保に必要と考えられる事項について検討した。

[研究内容及び成果]

1. 道路土工構造物に関する技術基準の分析

カルバート及び補強土擁壁を対象に、現行の道路土工指針及び鉄道構造物等設計標準における要求性能、照査項目、制限値・許容値、構造細目、施工や維持管理における前提条件等の観点から整理を、性能規定型設計体系に転換している道路橋示方書(以下、道示)との対比する形で整理分析した。具体には、道示で示される内容を(A):要求事項(達成すべき耐荷力機構等)、(B):(A)が成立するための条件、(C):(B)を確認するための照査方法、(D):(C)が適用可能となるための前提条件、に分類したうえで整理した。

この結果、例えば、カルバートでは、カルバート全体としての要求性能は道路土工—カルバート工指針(以下、指針)に示されているものの、カルバートを

構成する部材等の具体的設計や施工との対応が明確でないものが多いこと、標準的でない条件の場合に必要な性能を満たすための方法が特定しがたい点などがあることが明らかとなった。

2. カルバートの地震被害メカニズムと耐震性能の照査法

過年度に(独)土木研究所とともに実施した幅もしくは高さが指針で示されている慣用設計法の適用範囲を超えるボックスカルバートの1/3縮小モデル5体に対する正負交番載荷実験について整理を行った。この結果、せん断変形角(ここでは頂版と底版の変位差をカルバート高で除したものとす)が概ね1/300で鉄筋が降伏し、6/300を超えると最大水平荷重に達したのち耐力低下し曲げ破壊や主鉄筋段落し位置でのせん断破壊を生じ終局状態に至るという共通した特徴が見られた。これより、ボックスカルバートにおける耐震安全性に対する限界値としては、せん断変形角6/300程度を1つの目安とすることができると考えられる。

次に解析的手法により地震時損傷メカニズムを検討した。カルバートを単純支持された非線形骨組としてモデル化し、頂版に水平載荷する荷重漸増解析により荷重—せん断変形関係を求め、各部材の損傷進展状況を推定した。部材はファイバーモデル、材料の応力—ひずみ関係は、鉄筋はバイリニア、コンクリートは道示Ⅲのモデルを用いた。なお、支点条件の違いが軸力に影響しないように底盤に偶力を作用させた。

さらに、地震時にカルバートに生じる最大応答せん断ひずみを図-1に示す手法により求めた。この方法は、カルバートのせん断剛性—せん断ひずみ関係を、前述

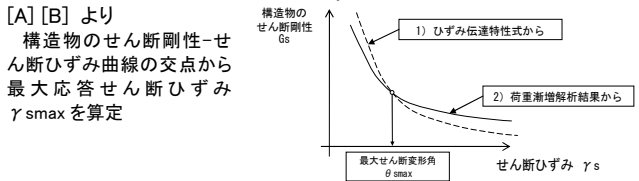
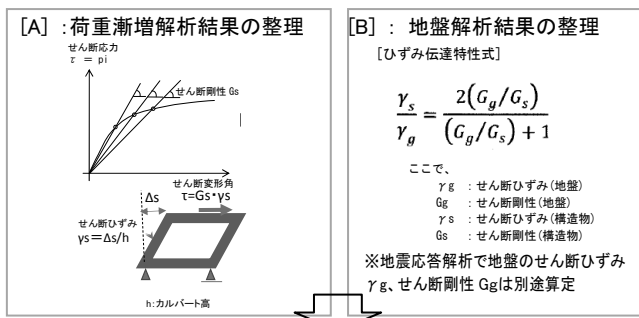


図-1 最大応答せん断ひずみ算定手順

の荷重漸増解析による荷重-せん断変形関係を換算して得る方法と(図-1[A])と、地震応答解析により算出した地盤のせん断ひずみ及びせん断剛性を理論的に導かれるひずみ伝達特性式に代入して得る方法(図-1[B])により導出し、この交点として最大応答せん断ひずみを求めるものである。なお、ここでのせん断ひずみは頂版と底版の変位差をカルバート高で除したものとされており、結果的に前述のせん断変形角と同じとなる。

本手法の適用性の検証するために、1995年兵庫県南部地震で被災した大開駅を対象に解析を実施した。なお、当該構造は開削トンネルであるがカルバートに類似した構造であることから損傷事例として対象としたものである。荷重漸増解析により得られたせん断応力-せん断ひずみ関係を図-2に示す。この事例では、地震時に中柱が破壊したが、本解析においても中柱の圧縮側鉄筋が最初に降伏した後、中柱下端・上端の圧縮コンクリートが終局ひずみに達し、中柱から損傷する結果となったこと、また、算定された応答せん断ひずみの範囲(0.0048~0.0256。開削埋戻し部の有無による地盤ひずみの評価の違いにより応答値に幅があることを考慮)内でこれらの損傷が生じたことから、破壊に至る状況を概ね表現できていると判断できる。また、2004年新潟県中越地震で強震動を受けたものの構造本体の損傷が無かったカルバートについても同様に検証した。解析では、一部部材が降伏したが終局に至る応答は生じなかったことから、本手法に基づきボックスカルバートの耐震性は概ね判断できると考えられる。

以上の手法を用いて、規模の小さな剛性ボックスカルバートと同様に、常時荷重のみを考慮して設計した場合に大型ボックスカルバートが有する耐震性について試算した。試算結果例を表-1に示す。ここで地盤ひ

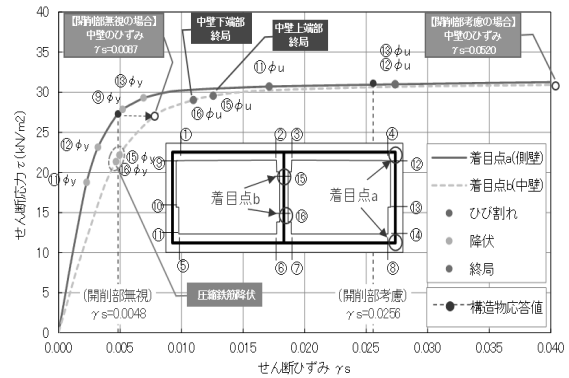


図-2 せん断応力～せん断ひずみ関係

ずみ及び地盤剛性は、道路橋示方書に規定されるL2地震動I種地盤の波形を露頭基盤相当と仮定し、一次元地震応答解析より求めた。最大応答せん断ひずみは、土かぶり大きい場合(5, 10m)は前述の実験により得られた耐震安全性の限界の目安(6/300)に達しなかったが、土かぶりが非常に小さい場合(0.5m)はこの目安を上回るケースがあった。後者のケースで応答が大きくなる要因としては、地表面近くでは地盤のせん断ひずみが大きくなることや、土かぶり厚が大きいカルバートに比べると部材厚が薄いことが考えられる。しかし、土かぶりが小さいカルバートで地震時の損傷が必ずしも多くないこと、また前述の適用性を検証した事例がいずれも土かぶり厚が5m程度を超えるものであったことを踏まえると、土かぶりが小さい場合への適用性に限界があるとも考えられるので、この点の検証が必要である。

表-1 試算結果(タイプII地震動II種地盤の例)

ケース	土かぶり厚(m)	内空幅(m)	内空高(m)	連数	部材厚(m)				応答ひずみ
					頂版	側壁	底盤	中壁	
A	0.5	6.5	5	1	0.4	0.4	0.4	—	0.0278
A'	0.5	6.5	5	1	0.5	0.5	0.5	—	0.0213
B	5	6.5	5	1	0.6	0.6	0.7	—	0.0079
B'	5	6.5	5	1	0.9	1.0	1.1	—	0.0057
C	10	6.5	5	1	1.0	1.0	1.1	—	0.0024
D	0.5	14	5	1	0.9	1.1	1.1	—	0.0072
E	5	14	5	1	1.7	2.0	2.0	—	0.0020
F	0.5	24	5	2	1.1	1.1	1.3	0.6	0.0241
G	5	24	5	2	1.6	1.6	1.8	0.6	0.0080

3. カルバート等に発生している不具合と要求性能の整理

各地方整備局で実際に施工された土工構造物(カルバート9箇所、補強土擁壁3箇所ほか)や内空幅6.5m以上の大型プレキャストカルバート344基の点検結果を収集、分析した結果、接合部からの漏水や土砂流出、頂版や側壁のひび割れが比較的多く見られた。これらの不具合が生じると、断面剛性が確保されないなど耐震性確保に必要な前提条件を満たさなくなるため、このようにならないよう設計することも耐震性確保のための要求事項に考慮する必要がある。

[成果の活用]

道路土工基準や道路技術基準の改定に活用する。

土中構造物等の要求性能及び基準体系に関する調査検討

Study on required performance and standards of underground structures

(研究期間 平成 26～28 年度)

道路構造物研究部 構造・基礎研究室

Road Structures Department

Foundation, Tunnel and Substructures Division

室長

Head

主任研究官

Senior Researcher

間渕 利明

Toshiaki MABUCHI

稲本 義昌

Yoshiaki INAMOTO

Several domestic and overseas design specifications for the underground structures such as culverts and retaining walls were investigated to introduce the design standard based on performance based design concept and the maintenance and repair standard.

The design loads which are used to design of the lining of road tunnel were also conducted by three techniques.

[研究目的及び経緯]

本研究では、土中構造物等の設計基準の性能規定化と維持修繕基準の策定のため、国内外の基準や動向の調査、点検結果の分析を行う。また、要求性能や、設計荷重、安全性の定量評価法や信頼性向上のための初期品質の管理水準について調査を行うことを目的としている。

本年度は、擁壁、カルバート、シェッドなどの土中構造物等を対象に、設計基準の性能規定化と維持修繕基準の策定のために必要となる国内外の設計基準における要求性能や設計荷重に関する動向の調査、及び点検結果等の整理を行った。また、道路トンネルの覆工の設計に用いる荷重の検討のため、施工時の計測B結果を用いてFEM解析、FRAME解析、側壁の軸力に着目した釣り合い計算の3手法で支保工に作用する荷重を算定した。

[研究内容及び成果]

1. 国外の設計基準に関する調査・整理

国外の設計基準に関する文献を国立情報学研究所のCiNii Articlesを用いて検索し、検索した中から有用と思われる道路土工、土工構造物の性能規定、維持修繕に関する13の文献を収集した。

収集整理した結果、盛土、切土では要求性能、性能照査はほぼ日本と同様であった。維持修繕に関しては各国とも記述が見られなかった。また、土工構造物については、日本以外は限界状態による照査を求めていること等がわかった。

2. 土工構造物や構成部材・材料等に関する要求性能の整理

道路橋示方書における体系に沿って以下の4項目

に分け、道路、鉄道、建築および原子力等の土工構造物(擁壁(補強土壁除く)、シェッド)に関連する指針を比較整理した。

(A) 構造物・部材・材料に関する要求性能

(B) 性能を満足するために設計において照査する項目

(C) 制限値・許容値、構造細目

(D) 施工、付属物の設置および維持管理などの前提条件

擁壁に関しては、鉄道では他の構造物の性能と統一を図り、性能照査型設計法を採用していた。また、構造物の安全性以外にも、使用性や復旧性の性能項目を例示していた。シェッドに関しては、落石対策便覧および道路防雪便覧だけでは詳細に設計できないため、北海道、北陸地方整備局では上記便覧を補足する形で指針を整備していた。鉄道は落石衝撃力を鋼製、RC・PC製で使い分けていた。

維持管理・補修のしやすさを考慮した設計等に関する整理の結果、維持管理・補修のしやすさを考慮した設計、リダンダンシーの確保について、直接的な記載内容は見当たらなかった。

3. 道路トンネルの損傷と補修・補強等に関する調査・整理

外力対策(盤ぶくれ、膨張性土圧)を行った5トンネルについて、変状状態、対策内容(工法等)、設計法の整理と、対策後の変状結果について、担当事務所より資料を収集し、整理した。(表-1)

直近の各トンネルの点検結果を確認したところ、対策箇所での変状は確認されなかったため、実施された対策工法は効果が発揮されていると考えられる。

全国のトンネル定期点検結果を用いて、材料劣化

(剥離) 対策を行ったトンネル(117トンネル)を抽出し、対策工法の分類を行った。代表的な対策工は、「シート設置」「あて板工」「剥落防止工」「ひび割れ注入」「パネル設置」の5工法であった。

表-1 変状況、対策内容等整理表

	変状況	対策内容
概要		
設計手法	<ul style="list-style-type: none"> インバート部が押し出されコンクリート舗装面下ひび割れが発生 インバートコンクリートが隆起しひび割れが発生 	<ul style="list-style-type: none"> 対策工法をインバート (I/O) によるもので、事前対策工として、ロックボルト
内容	設計手法としては、FEM解析による	
評価	設計手法としてFEM解析による地山組成モデルなし	外力による変状は見られない

また、同点検結果を用いて、NATM工法で施工された覆工の地山等級とひび割れの発生状況の関係を調査するため、地山等級(支保工パターン)が明確なトンネル(104トンネル)を抽出し、整理した。(図-1)

その調査した結果、特にD I断面およびC II断面、D II断面に多く発生していることが確認できた。

ひび割れ発生状況などの概ねの傾向は把握できたものの、地山等級の違いによるひび割れ発生の要因の抽出まではできなかった。

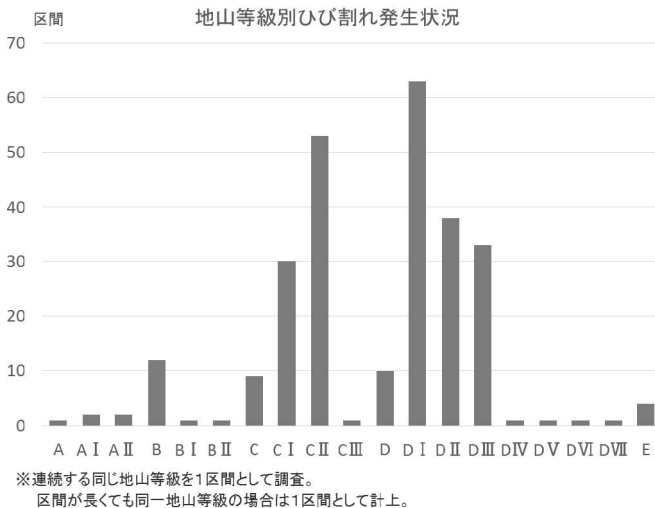


図-1 地山等級別ひび割れ発生状況図

4. 道路トンネル覆工の設計手法に関する調査・整理

新設の道路トンネル10トンネルの設計図書等から、標準パターンを適用していないトンネルの地山条件(地質縦断図等)および、支保構造の設計手法の整理を行った。

また、特殊な地山条件を有する5トンネルについて、

設計時の支保パターン・施工時の支保パターンおよび施工中のB計測のデータを収集・分析し、①FEM解析、②FRAME解析、③側壁の軸力に着目した吊り合い計算の3手法による解析を行った(表-2)。

①では、解析モデルの支保工(吹付けコンクリートと鋼製支保工の合成部材)に作用する軸力が、実測値であるB計測結果の軸力を再現できるように、解析モデルの地盤変形係数を調整し、トライアル計算を行い、解析モデルを作成した。

②では、①と同様にB計測結果を基本としたトライアル計算(緩み高さの変化)を実施し、解析モデルを作成した。但し、トンネルS.Lや、インバート部においては、B計測結果と乖離する部位もあり、今回は支保部材周辺の地山モデル(地盤反力)の再現が十分ではなかった。

③では、B計測結果から、軸力の吊り合い計算によって上部荷重を算出した。

③で求めた荷重は、①、②により求めたトンネル支保工に作用する荷重とほぼ近似するものであった。

この結果からB計測結果(軸力)を活用することで、トンネル完成後における外力(土圧)作用が比較的容易に推定できることがわかった。これにより覆工設計の標準化に向けた基礎資料となると思われる。

表-2 解析結果整理表

	発生トンネル No.0156断面	
	吹付コンクリート応力	鋼アーチ支保工応力
B計測結果		
解析手法	FEM解析	FRAME解析
検討概要		
トライアル概要	変形係数(β)を変化させることで、B計測結果より算出した軸力(吹付コンクリート)と鋼アーチ支保工の左右平均値に近似する値を示す地盤定数を求める	緩み高さを変化させることで、B計測結果より算出した軸力(吹付コンクリート)と鋼アーチ支保工の左右平均値に近似する値を示す上部荷重を想定する
	吹付コンクリート応力測定結果より算出した軸力(吹付コンクリート)と鋼アーチ支保工の左右平均値に近似する値を示す地盤定数を求める	吹付コンクリート応力測定結果より算出した軸力(吹付コンクリート)と鋼アーチ支保工の左右平均値に近似する値を示す上部荷重を想定する

[今後の課題]

既設構造物の劣化や損傷の実態はまだ不明な点も多く残されている、被災・損傷事例、維持管理性を踏まえた常時、異常時(地震、豪雨)に対する要求性能の設定など更なる調査が必要である。

[成果の発表]

各種論文等で発表予定である。

[成果の活用]

土工構造物の管理水準、道路土工指針等の技術基準類へ反映させる。

盛土・切土・軟弱地盤対策工・自然斜面对策工の 要求性能及び基準体系に関する調査検討

Study on required performance and framework of guidelines for embankment, cut slope and countermeasures for weak ground and natural slope

(研究期間 平成 26 年度～28 年度)

道路構造物研究部 道路基盤研究室

Road Structures Department, Pavement and Earthworks Division

室長	藪 雅行
Head	Masayuki Yabu
研究官	榎本 忠夫
Researcher	Tadao Enomoto

The objective of this study is to establish the framework of the performance based design method for earth structures. In the first fiscal year, several factors affecting severe damage to earth structures were investigated by analyzing information from about 500 cases in which earthquake- or rain-induced failure occurred in the past.

〔研究目的及び経緯〕

本研究は、技術者が現場において的確な判断を行えるよう、道路土工構造物の被災事例の分析等を通じて土構造物の要求性能の検討と設計・施工法の体系化を行うとともに、これらの検討を通じて道路土工構造物に関する基準類において反映すべき内容を検討するものである。

地震や豪雨等による道路土工構造物の被災事例は依然として発生している。今後、上記基準類において規定している外力規模と実際の被災程度の関係を検証していく必要がある。また、性能設計とみなし規定の関係を整理するとともに、仕様設計による道路土工構造物の性能等を検証していく必要があると考えられる。

平成 26 年度は、16 種類の災害調査資料や論文を収集し、土工構造物の地震や豪雨等による被災事例計 490 件から得られる情報を整理し、大規模崩壊に及ぼす要因等を分析した。

〔研究内容及び研究成果〕

分析における整理項目は、崩壊形態、斜面や土工構造物の諸元（地形地質、構造形式、対策工の状況等）、道路構造、外力、土砂量、被災内容（通行止め日数、復旧の原形／強化・工法・費用）等とした。復旧工事費については記載されている文献が少ないため、工法と数量から一般的な単価を設定して算出した。収集整理した文献を表 1 に示す。同表に示した a～h の番号は、本文の図の凡例 a～h に対応している。

表 1 収集整理文献一覧表

a	資料No.1～4 H20～H23 直轄国道被害に関する資料
b	資料No.6 H21九州北部豪雨被害に関する資料
c	資料No.7 H22奄美大島豪雨被害に関する資料
d	資料No.11,13 H16新潟県中越地震被害に関する資料
e	資料No.10 H19能登半島地震被害に関する資料
f	資料No.5 H22岩手宮城内陸地震被害に関する資料
g	資料No.8,9,12 H23東北地方太平洋沖地震被害資料
h	資料No.14～16 学会誌論文、土木技術資料

表 2 斜面(自然・切土)の崩壊形態

⊙ A1	浸食・崩落(土砂の浸食)
△ A2	浸食・崩落(土砂の崩落)
⊙ A3	浸食・崩落(岩の崩落)
⊙ B1	表層崩落(土砂)
△ B2	表層崩落(強風化岩)
⊙ B3	表層崩落(流れ盤)
⊙ C	地すべり
⊙ G	落石(転石型)
△ H	落石(浮石型)
△ N	土石流

表 3 盛土・擁壁の崩壊形態

盛土(降雨)	B1	雨水の浸食(ガリ)
	B2	雨水の浸透による表層すべり
	B3	表面水による洗掘・崩落
	B4	地山と盛土の境界面の崩落
	B5	擁壁基礎の洗掘・背面盛土の流出
	C1	間隙水圧の上昇による崩落
盛土(地震)	D1	間隙水圧の上昇による大規模崩落
	D2	基礎地盤を含む崩落
	D3	基礎地盤の液化による大規模崩落
	D4	法面表層部・腹付け盛土の変形
	D5	ゆすり込みによる沈下

1. 大規模崩壊に及ぼす要因等の分析結果
1.1 崩壊形態について

要因分析は、降雨時被災と地震時被災、および斜面（自然・切土）と盛土・切土に分けて行った。また崩壊形態については、道路土工指針を参考に表2および表3のとおりとした。同表に示したA1等の記号と記号の脇に示したシンボルマークは、本文の図の凡例に対応している。

図1は、斜面（自然・切土）の崩壊形態区分と割合を示している。斜面（自然・切土）では、降雨時は表土の表層崩壊が多く、地震時は岩盤・流れ盤の表層崩壊や地すべりが多い。

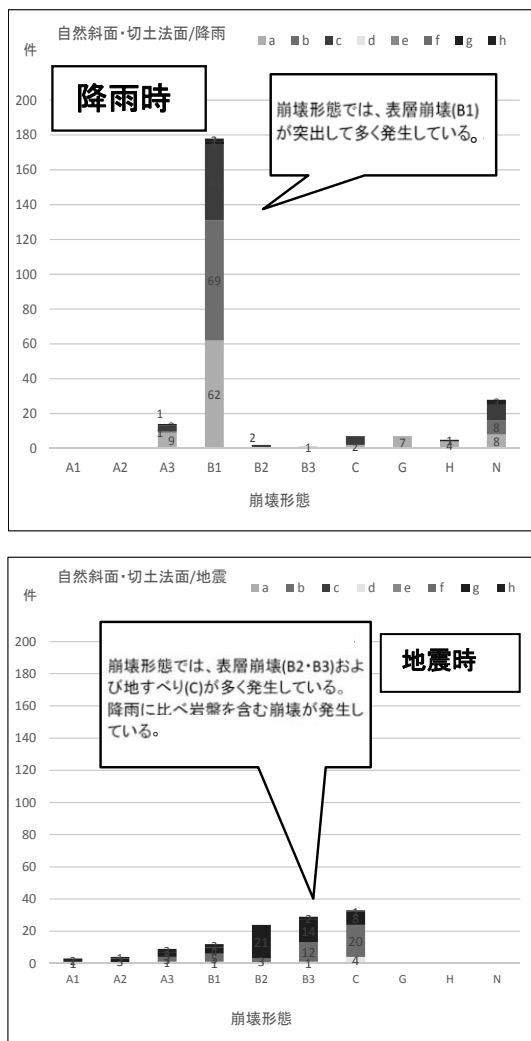


図1 斜面（自然・切土）の崩壊形態区分と割合（上：降雨時、下：地震時）

図2に示す盛土・擁壁の崩壊形態区分と割合より、盛土・擁壁では降雨時は表面水による洗掘・崩壊が多

く、地震時は間隙水圧上昇による崩壊が多い。

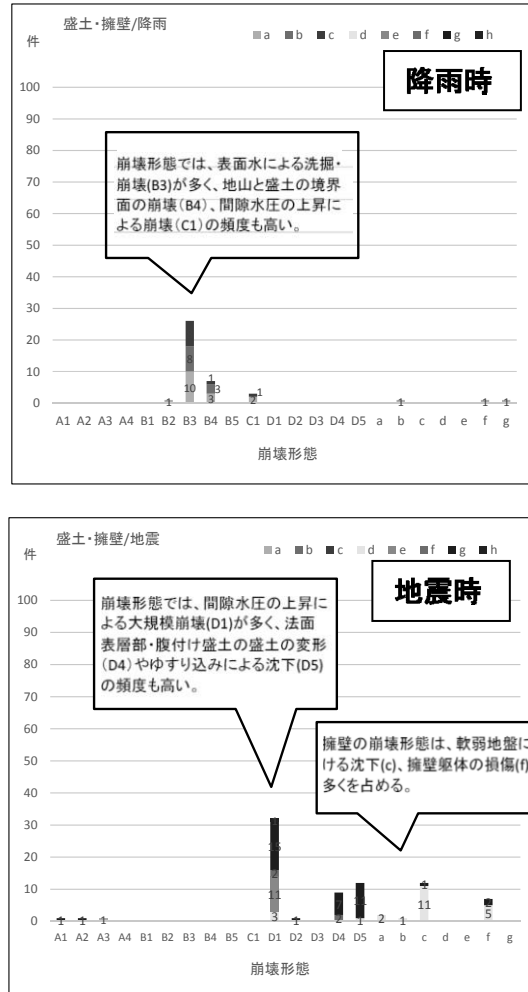


図2 盛土・擁壁の崩壊形態区分と割合（上：降雨時、下：地震時）

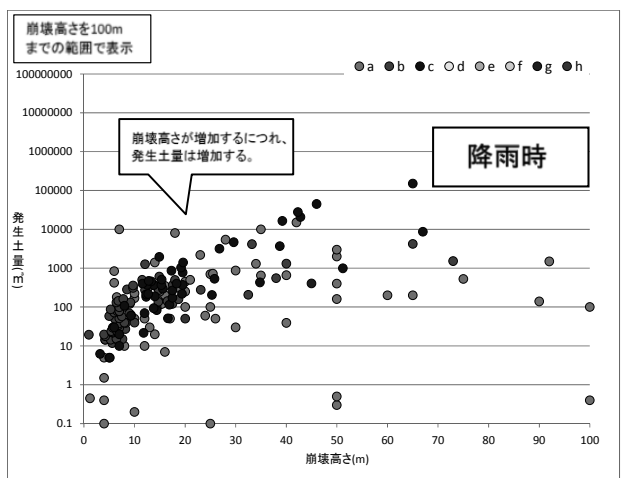


図3 発生土量と崩壊高さの関係（降雨による斜面（自然・切土）の被害）

1.2 発生程度（規模＝土量）と諸元・外力との関係について

ここでは、被害の程度を発生土量としてとらえ分析を実施する。

図3は、降雨による斜面(自然・切土)の被害について、発生土量と崩壊高さの関係をまとめたものである。発生土量と関連が深い諸元は高さで、斜面(自然・切土)では、降雨時・地震時とも、崩壊高さが高いほど発生土量は大きい傾向にあった。

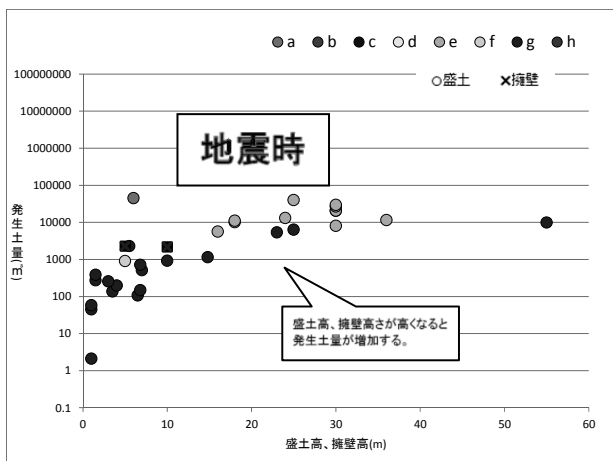


図4 発生土量と崩壊高さの関係(地震による盛土・擁壁の被害)

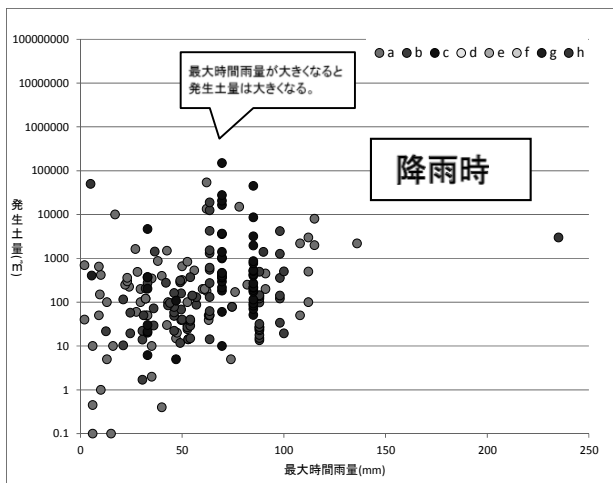


図5 発生土量と最大時間雨量の関係(降雨による斜面(自然・切土)の被害)

図4は、地震による盛土・擁壁の被害について、発生土量と崩壊高さの関係をまとめたものである。盛土・擁壁では、降雨時・地震時とも、盛土・擁壁高さが高いほど発生土量は大きい傾向にあった。

図5は、降雨による斜面(自然・切土)の被害について、発生土量と最大時間雨量の関係をまとめたものである。発生土量と雨量の関係では、連続雨量・時間雨量が大きい場合、発生土量が少ない事例はほとんどなく、雨量が少ない場合の発生土量は様々であった。

図6は、盛土・擁壁の被害について、発生土量と震度の関係をまとめたものである。斜面(自然・切土)では震度6弱以上で100m³以上、盛土・擁壁では震度6強以上で1,000m³以上の崩壊規模になる傾向にあった。先行連続雨量別(地震の1週間前までに降り終った連続雨量)で整理したが、震度ごとの発生土量と先行降雨量に明瞭な関連は認められなかった。

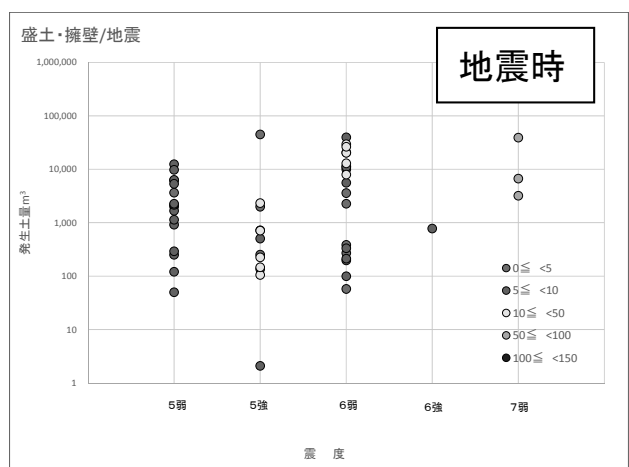


図6 発生土量と震度の関係(盛土・擁壁の被害、先行連続降雨量別に整理)

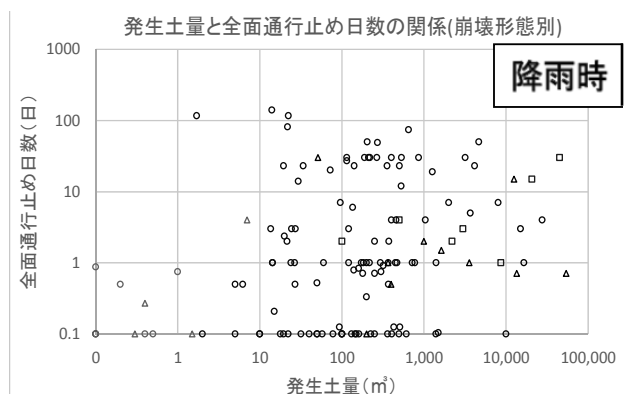


図7 全面通行止め日数と発生土量の関係(降雨による斜面(自然・切土)の被害)

1.3 被災影響の程度について

(1) 通行止め日数(全止)について

図7は、降雨による斜面(自然・切土)の被害について

て、全面通行止め日数と発生土量の関係をまとめたものである。発生土量と通行止め（全止）日数には関連性が見られなかった。表層崩壊（土砂）や盛土の一部では、全面通行止めが発生していない事例があった。

(2) 復旧費用について

図8、9に示したように、斜面（自然・切土）、盛土・擁壁とも、復旧費用は発生土量が多いほど大きい。盛土・擁壁では、地震時は降雨時より発生規模・復旧費用が大きい傾向があった。

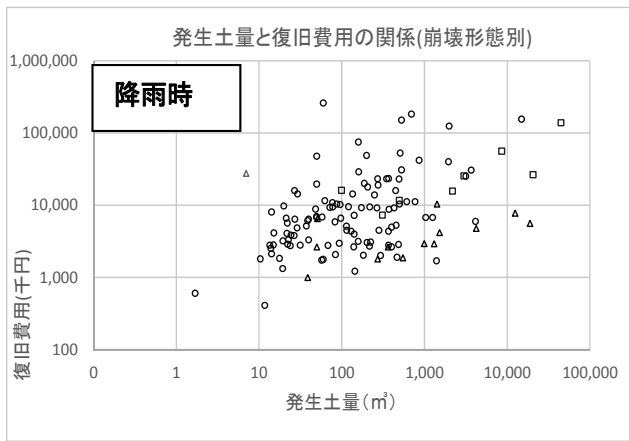


図8 復旧費用と発生土量の関係（降雨による斜面（自然・切土）の被害）

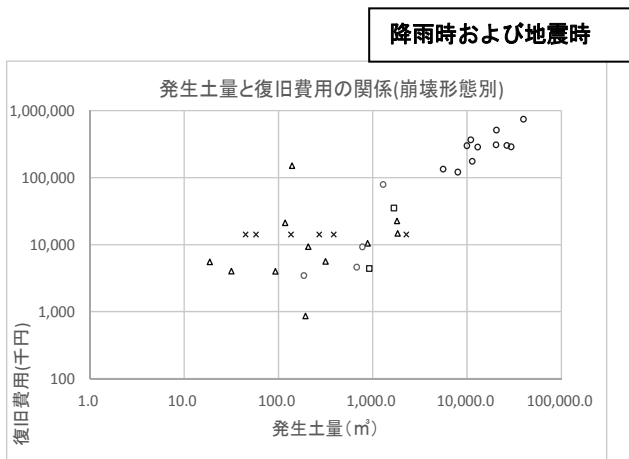


図9 復旧費用と発生土量の関係（降雨および地震による盛土・擁壁の被害）

2. まとめと今後の課題

16種類の災害調査資料や論文を収集し、道路土工構造物の地震や豪雨等による被災事例計490件から得られる情報を整理し、大規模崩壊に及ぼす要因等を分析した。

今回の分析結果から得られた、道路土工構造物の大規模崩壊が道路機能や復旧作業へ及ぼす影響に関する傾向を以下に概説する。

(1) 斜面（自然・切土）

- 降雨時の災害としては、表土の表層崩壊が多く、地震時は岩盤・流れ盤の表層崩壊や地すべりが多い。
- 降雨時・地震時とも、崩壊高さが高いほど発生土量は大きい。
- 連続雨量・時間雨量が大きい場合、発生土量が少ない事例はほとんどない。
- 震度6弱以上では100m³以上の崩壊規模になるケースが多い。
- 復旧費用は土量に応じて大きくなり、降雨時より地震時の方が大きい傾向にある。
- 通行止め時間の長短は、土量とはあまり関係がない傾向にあった。

(2) 盛土・擁壁

- 降雨時の災害としては、表面水による洗掘・崩壊が多く、地震時は間隙水圧上昇による崩壊が多い。
- 降雨時・地震時とも、盛土・擁壁高さが高いほど発生土量は大きい。
- 震度6強以上では1,000m³以上の崩壊規模になる傾向にある。
- 復旧費用は降雨時より地震時で高くなる可能性がある。
- 通行止め時間の長短は、土砂量とはあまり関係がない傾向にあった。

ここで得られた成果を基に今後更なる分析を実施するとともに、個々の事例を詳細に整理し、基準類において規定している外力規模と実際の被災程度の間関係を検証していく予定である。

[成果の活用]

道路土工指針類の改訂に反映する予定。

舗装の要求性能及びコンクリート舗装の維持・管理基準に関する調査検討

Research on applicability and method of evaluation about concrete pavement

(研究期間 平成 25～27 年度)

道路構造物研究部 道路基盤研究室
Road Structures Department
Pavement and Earthworks Division

室長
Head
研究官
Researcher
研究官
Researcher

藪 雅行
Masayuki YABU
東 拓生
Takuo AZUMA
石原 佳樹
Yoshiki ISHIHARA

The objective of this study is to consider about concrete pavement applicability, inspection and diagnostic methods, appropriate repair methods, for the reduction of life cycle costs due to use of concrete pavement that has excellent durability. As a result, we have confirmed be maintained relatively good condition in the main highways or in the plains of road that housing is not dense. In contrast, we have confirmed a lot of damage in the road where there is a road or large buried object passing through the roads and cold region on the soft ground.

〔研究目的及び経緯〕

コンクリート舗装は、アスファルト舗装に比べて耐久性が高い利点があるものの、初期コストが高い、破損した場合の補修が困難、路面下の占用工事等の掘り返しが困難等の理由から、近年ではわが国の道路舗装に占める割合は5%程度にとどまっている。

このような状況を踏まえ、本研究は各種舗装の適材適所での活用を図るため、日本国内の既設コンクリート舗装の損傷状況を調査し、道路の各種条件との相関性について整理することでコンクリート舗装の適用性について検討するとともに、コンクリート舗装の点検・診断手法、補修工法の適用性について検討するものである。

〔研究内容〕

1-1. 既設コンクリート舗装の損傷状態、経年劣化状況の踏査、整理

直轄国道に施工されている既設のコンクリート舗装区間のうち、比較的長期に渡り供用されているものの中から、健全な状態を維持しているものも含めて広範な条件を有するように選定された箇所(20箇所、総延長約19km、コンクリート版数約2000枚)について、昨年度検討したコンクリート舗装の点検手法に基づき目視による調査を実施した。調査では損傷程度の評価、所定の記録様式への記録、写真撮影等を行うとともに、調査を行った区間の各種道路条件(コンクリート舗装の工法、舗装構成、大型車交通量、道路構造条件、線形等)の情報を収集・整

理した。

1-2. コンクリート舗装の適用条件の整理

目視調査結果をもとに、調査箇所の損傷状況を定量的に評価した。また評価結果と舗装種類、供用年数、大型車交通量、沿道状況、縦断線形等の各種条件との関係について回帰分析等を行った。さらに、国内外の文献資料も併せて整理し、コンクリート舗装の損傷が発生しやすい条件について検討を行った。

1-3. コンクリート舗装の補修工法に関する検討

現地踏査を行った路線について、代表的な補修工法を適用している10箇所を選定し、補修工法の内容、補修時期、経過状況等から補修工法の効果を把握するための検討を行った。また、海外での補修工法の選定方法について文献調査等により調査した。

1-4. コンクリート舗装の点検及び結果の整理方法に関する検討

昨年度検討した点検方法及び点検結果の記録方法に基づき実際に現地で点検を実施した結果から、点検箇所、点検項目、記載様式の問題点および改善点を検討した。

〔研究成果〕

1. コンクリート舗装の適用条件の整理

(1) 損傷状態の数値化と区間評価

現地目視調査では、版1枚ごとに段差、ひび割れ、角欠け、目地飛散、ポットホールなど各損傷を、損傷無し、損傷小(L)、損傷中(M)、損傷大(H)の4段階で評価し、これに各損傷が舗装の維持管理に及ぼす影響度を考慮するため、①交通安全への影響度、②沿道環境

への影響度、③構造物耐久性への影響度、④維持管理への緊急度の4項目の観点から表-1 のとおり重み付けし、損傷の評価点を版1枚ごと及び100m単位で集計した。この評価点と道路の各種条件の相関を分析した。

表-1 目視調査結果の損傷度の評価点の算出方法

損傷点検項目	損傷ウエート	損傷評価点				維持管理への重み付け(ウエート)				ウエートの乗算値	評価点の割合(%)
		9点	7点	5点	3点	交通安全への影響度	沿道環境への影響度	構造物耐久性への影響度	維持管理への緊急度		
目地材飛散	損傷なし	L	M	-	1	1	3	3	9	0.8	
わだち掘れ	損傷なし	L	M	H	1	1	1	1	1	0.1	
ポッシング	損傷なし	-	-	損傷あり	5	1	1	1	5	0.5	
ポットホールスケーリング	損傷なし	-	-	損傷あり(程度で判定)	5	3	3	3	135	12.5	
目地部角欠け	損傷なし	L	M	-	3	3	3	3	81	7.5	
ひび割れ	損傷なし	L	M	H	3	3	3	5	225	20.8	
段差	損傷なし	L	M	H	5	5	5	5	625	57.8	
									1081	100	

図-1 に調査箇所での供用年数と各区間の評価点の平均値、版1枚ごとにみた場合の各区間内の評価点の最大値、最小値の関係を示す。

これによると、供用年数と舗装の損傷との関係は明確ではなく、供用後長期間経過した区間でも、区間全体としては問題のない状態を維持している箇所がある一方、版毎の最小値を見ると、供用年数が比較的短い箇所でも損傷が進行している箇所が見られる。調査箇所のうち、評価点が低い箇所を個別に調査すると、埋設暗渠がある箇所、周囲が水田や盛土/切土境界であるなどの弱部が多いことがわかった。

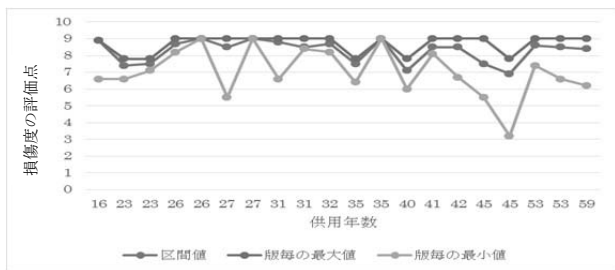


図-1 損傷度の評価点と経年数の関係

(2) コンクリート舗装の適用条件

道路の各種条件と前記の維持管理指数の関係の統計解析及び文献調査等から、コンクリート舗装が長期的にわたり健全な状態である条件をまとめると表-2 のとおりとなる。

D I D区間や市街地については、健全な状態ではあるものの、長期間供用されているものが少なく、地盤条件が悪い箇所については部分的に健全でない状態のものが見られた。

表-2 道路条件と供用年数・状態の関係

	道路条件	理由、影響など
長期間供用され、かつ健全な状態の箇所	主要幹線道路	設計段階で大型車交通量が多いことが考慮されており、耐久性が高い
	平地部	人家が連担しない区間、急勾配でない区間
上記以外の箇所	D I D区間、市街地	人家が連担する区間
	地盤条件が悪い箇所	盛土、軟弱地盤、地下水流入の影響等

2. コンクリート舗装の補修工法に関する検討

現地調査で確認された補修工法を表-3 に示す。現地では、プレキャストコンクリート版やアスファルト舗

表-3 現地で確認された補修工法

種類	現地でみられた補修工法	経年数
打ち換え	プレキャスト版打換	19
	プレキャスト版打換	9
	As 舗装打ち換え	5
オーバーレイ	As 舗装打ち換え	5
	排水性舗装オーバーレイ	5
	密粒度舗装オーバーレイ	37
	密粒度舗装オーバーレイ	18
維持補修	ゴム入りAs 舗装オーバーレイ	19
	局部打ち換え	7
	グレーピング	16

装への打ち換え、アスファルト舗装によるオーバーレイ、局部打ち替えやグレーピング等が確認された。

また海外での補修工法の選定方法に関する文献調査等の結果、打ち替えやオーバーレイ等を行う場合、海外ではバーステッチ工法も併用し荷重伝達を確保していることが確認された。この他、海外では目地材の飛散にともなう路盤への水の浸入を防ぐため、目地材が効果を発揮しなくなる前に注入などの補修を行っていることが確認された。

3. コンクリート舗装の点検方法に関する検討

昨年度検討したコンクリート舗装の点検方法を実際に現場で実施した結果、表-4 のとおり問題点と改善案が挙げられた。今後これらを改善し、現場への導入を図っていく予定である。

表-4 点検様式、項目の問題点と改善案

項目	問題点	改善案
点検箇所	コンクリート版を特定する方法	コンクリート版に識別表を設置
点検項目	ひび割れ部の段差項目がない	ひび割れ部の段差を追加
	路面損傷の項目が不足	すべり等の路面機能別に分類
点検記録	書類量が膨大となる	書類の簡素化、電子化
	記入しにくい、個人差が発生する	
点検実務	損傷評価の判定に個人差が発生	点検要領の整備、研修・訓練の実施
測定方法	供用中の道路での測定が危険	特に段差の測定装置の開発・導入

[成果の発表]

各種論文等で発表予定である。

[成果の活用]

本研究で得られた成果を踏まえ、さらに研究を進め、コンクリート舗装の適用性及び既設のコンクリート舗装の維持管理に関する技術資料としてとりまとめる予定である。

道路事業における総合評価落札方式の評価の実効性確保に関する検討

Study for the application of Overall Evaluation Bidding Method with Technical Proposal

(研究期間 平成 25～27 年度)

防災・メンテナンス基盤研究センター 建設マネジメント技術研究室

Research Center for Land and Construction Management Construction Management Division

室 長 森田 康夫 主任研究官 大平 和明

Head, Yasuo MORITA Senior Researcher, Kazuaki OOHIRA

主任研究官 小塚 清 研究官 大野 真希

Senior Researcher, Kiyoshi KOZUKA Researcher, Masaki OONO

研究官 藤井都弥子 交流研究員 近藤 和正

Researcher, Tsuyako FUJII Guest Research Engineer, Kazumasa KONDO

交流研究員 天満 知生 交流研究員 山地 伸弥

Guest Research Engineer, Tomo-o TENMA Guest Research Engineer, Shinya YAMAJI

The overall evaluation bidding method with technical proposal has merits such as improvement of quality of infrastructures through the competition not only by price bidding but also by advantage of technical proposal. The object of this study is to develop measures for generalization and smooth application of the bidding.

【研究目的及び経緯】

「公共工事の品質確保の促進に関する法律」の成立を契機に、国土交通省直轄工事においては、平成 17 年度より総合評価落札方式を拡大し、現在は、直轄工事のほぼ 100%で総合評価落札方式を適用している。また、調査・設計等業務においても、平成 19 年度より国土交通省発注業務で総合評価落札方式を導入し、プロポーザル方式と適切に役割分担しつつ、契約先選定へ企業・技術者の技術力を反映させる取組みを進めている。

国土技術政策総合研究所では、直轄発注の工事及び調査・設計等業務の入札・契約制度の課題改善のための検討を進めており、入札・契約に関するデータを地方整備局等から収集し、競争参加者・落札者等の動向や新たな施策の実施状況に関する調査・分析を行っている。

本稿では、平成 26 年 12 月に開催された「調査・設計等分野における品質確保に関する懇談会」において公表した平成 25 年度調査・設計業務に関する入札・契約の実施状況を報告する。(平成 25 年度年次報告書)

【調査・設計等業務の入札・契約実施状況】

平成 25 年度の年次報告書では、調達方式別の実施状況・業務成績評定値・発注規模、発注時期、低入札落札の状況など多角的な視点からの分析を行った。

①調達方式別実施状況

平成 25 年度における各調達方式の契約件数が全件数に占める割合をみると、総合評価落札方式が 49.4%を占め、その割合は年々拡大の傾向にある。一方、価格競争方式は 28.8%と縮小傾向にある。プロポーザル方式は 21.1%とここ数年安定的に推移しているものの、総合評価導入前と比較すると大きくシェアを減じている。(図-1)

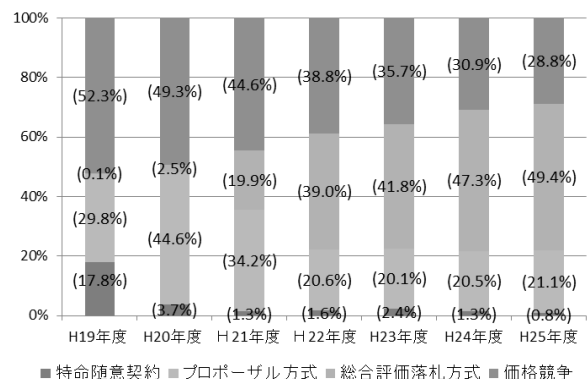


図-1 調達方式別発注件数割合の推移

②調達方式別業務成績評定値

平成 25 年度における調達方式別業務成績評定値の平均値は、76.3 点となった。年々成績は向上の傾向にある。

発注方式別にみると、プロポーザル方式が77.0点、総合評価落札方式が76.3点、価格競争方式が75.5点となった。技術力評価のウェイトが高い入札方式で、平均の評定点が高い傾向にあり、経年的にみても同様の状況となっている。(図-2)

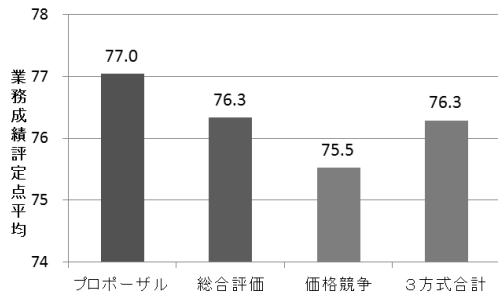


図-2 発注方式別業務成績評定点平均 (H25)

③調達方式別発注規模

平成25年度の平均発注規模(予定価格)は、総合評価で3,493万円、プロポーザルで2,459万円、価格競争で1,288万円となった。総合評価落札方式においては、4,000万円を超える業務が約27%を占め、各価格帯で偏りなく発注が行われた。一方で、価格競争では、1,000万円以下の小規模な業務発注が全体の約55%を占めたことが特筆される。(図-3)

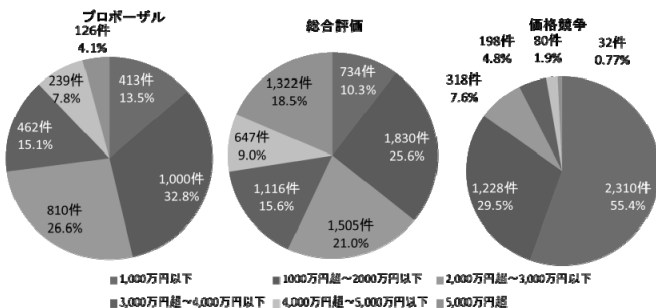


図-3 調達方式別発注規模 (平成25年度)

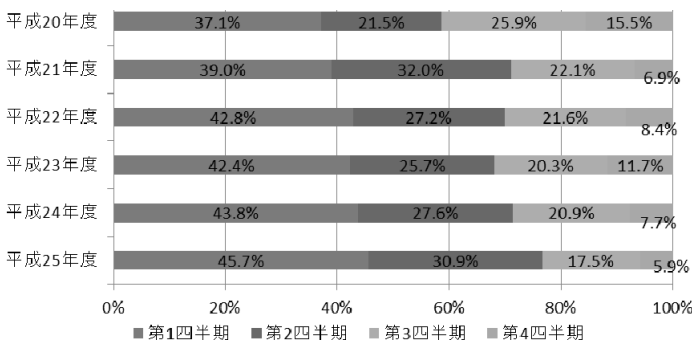


図-4 調査・設計等業務の四半期別契約件数割合の推移

④発注時期

上半期発注件数の割合は、平成20年度58.6%から平成

25年度の76.6%へと大幅に増加しており、早期発注の取組が一層進んでいることが分かる(図-4)。特に、規模の大きい業務(予定価格2000万円超)については、契約時期の前倒し傾向がより顕著に現れている(上半期82.0%)。

⑤低入札落札の発生状況

低入札落札の発生により受注者の労働環境悪化や成果品質の低下などの影響が懸念される。このため、従来から行っていた調査基準価格未滿落札者への品質確保対策に加え、平成22年度より総合評価方式業務の入札時に履行確実性評価(業務履行の確実性が低いと判断された入札者の技術評価点を、履行確実性の程度に応じ減じるもの)を導入するとともに、平成23年度以降は予定価格1千万円超業務まで対象を拡大するなどの重点的な対応を進めている。その結果、予定価格が1千万円超の総合評価落札方式業務の低入札落札発生率は、平成20年度の39.1%から平成25年度は0.2%へと大幅に低下した。(図-5)

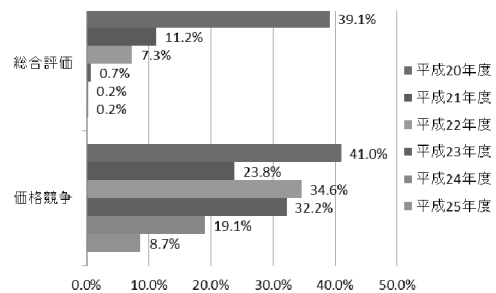


図-5 低入札落札発生率の推移 (予定価格1千万円超)

[今後の方針]

平成26年度から「業務内容に応じた適切な発注方式の選定」「総合評価方式における技術者評価を重視した選定」に関する試行を実施している。今後は、入札・契約データを用いた分析に加え、業務成績評定点などより成果品質への影響に関する分析を行い、試行結果に対する評価を行う予定である。

[成果の発表]

「調査・設計等分野における品質確保に関する懇談会」(平成26年度第1回:平成26年12月25日開催)において公表した。(http://www.nilim.go.jp/lab/peg/chousasekkei_hinkakukon.html)

[成果の活用]

分析成果は、上記懇談会の資料に反映された。また、本省における基準類の作成、各地方整備局等の入札・契約制度検討のための基礎資料として活用される。

インフラの老朽化対策や維持管理等を適切に進めるための調達システムの検討

Research on improvement of the procurement for the structural repairing and reinforcement works
(研究期間 平成 26～27 年度)

防災・メンテナンス
基盤研究センター
Research Center for Land
and Construction Management
建設マネジメント技術研究室
Construction Management Division

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher
研究官
Researcher
交流研究員
Guest Research Engineer

森田 康夫
Yasuo MORITA
大平 和明
Kazuaki OHIRA
大野 真希
Masaki ONO
山地 伸弥
Shinya YAMAJI

This research was conducted to sort out the problems occurring during structural repairing and reinforcement design and works, to summarize the result of tender and the contracts related with these design and works, and to analyze those relations. Appropriate tender and contract methods were studied as the result of the research.

〔研究目的及び経緯〕

近年、社会資本ストックの急激な老朽化対策として、戦略的な維持管理・更新を推進するために、長寿命計画の策定や予備的な修繕及び計画的な更新等、必要となる施策の確実な実施に向けた取り組みが進められている。

このインフラの老朽化対策として、維持管理を適切に進めるために、構造物の補修・補強設計並びに工事に適した調達システムに関する検討が必要となった。

本研究では、対策が急がれている構造物(道路橋)を対象として、不調・不落の発生や工事発注後の大幅な設計変更、専門的技術や知識の不足による施工不良等、補修・補強設計並びに工事で顕著に見られる課題を整理し、各地方整備局、北海道開発局及び内閣府沖縄総合事務局で実施された、構造物(道路橋)の補修・補強設計並びに補修・補強工事の入札・契約の実施結果を集計整理した上で、その関連性について整理を行い、構造物の補修・補強設計並びに工事に適した入札・契約手法の検討を行った。

〔調達システムの検討〕

①構造物(道路橋)の補修・補強設計並びに工事に適した課題の整理

構造物(道路橋)の補修・補強設計並びに工事に適した課題について、「ア)不調・不落の発生状況」、「イ)

表-1 構造物(道路橋)の補修・補強設計並びに工事に適した課題

課題	施工者	設計者	発注者
ア) 不調・不落	①官積算と乖離 ・メインとなる構造物が少ない ・設計変更が認められにくい工種が多い	①官積算との乖離 ・協議事項が多く負担 ・資料整理が負担	①工事特性 ・歩道橋の補修工事で不調・不落が懸念 ・年度末は技術者不足
	②工事特性 ・工区が複数の管轄に点在 ・協議未了の場合(工期遅延の可能性大)	②業務特性 ・年度末発注(工期が短い) ・対象橋梁数が多い場合、打合せ頻度が多い	②配慮事項 ・発注ロットの大型化 ・鋼橋上部発注(参加者確保) ・地域要件(本支店所在確りはない)
	③交通誘導員不足	—	—
イ) 大幅な設計変更	①設計図書との乖離 ・任意仮設は変更とならない	—	①設計変更 ・必要な変更は工事完了まで対応
	②契約変更の状況 ・適切に変更されれば参加しやすい	—	②設計精度 ・現地確認を確実にすることで変更を防止
ウ) 専門技術・知識不足による設計施工不良	①高度な専門補修工事 ・主構造、防食・疲労亀裂対策 ・コンクリート床版、縦桁補強は難易度高い ・長大橋、特殊橋梁(トラス、アーチ、吊橋)	①高度な専門補修設計 ・主構造、防食、疲労亀裂対策 ・伸縮装置の交換 ・地元企業が施工する場合、アドバイザーを配置の仕組みが必要	①発注時の工夫 ・工種が多岐にわたる ・歩道橋の塗装・舗装補修 ・不良・不適格者参入の懸念
設計と施工の連携を図るための仕組み・方法	①設計の受注者が工事段階で関与する仕組み	○留意事項 ・補修設計期間等で施工者の手待ち増加懸念	○留意事項 ・工期がタイト ・手持ち業務制限 ・足場の安全管理 ・設計者・施工者の責任分担の明確化
	②設計と工事を一括して発注する方法	○留意事項 ・施工者側で設計を出来る実務者の確保	○留意事項 ・頂跨線橋、斜張橋のケーブル交換等特殊
	③工事の受注者が設計段階から関与する仕組み	—	○留意事項 ・点検・診断で損傷状況が把握できる橋梁が対象 ・設計者・施工者の責任分担
	④設計者、施工者以外の第三者を活用する仕組み(PM手法の活用)	—	○留意事項 ・500m以上長大橋 ・補修方法が決まらないと予算要求できない ・施工者の設計照査が軽減されるメリット大
	—	—	○留意事項 ・公益法人活用 ・全てPMで対応困難

契約後の大幅な設計変更の状況」、「ウ) 専門的技術や知識の不足による設計並びに施工不良の状況」、「エ)

設計と施工の連携を図るための仕組み・方法」の4項目を基本として整理及び聞き取り調査を行った結果の総括を表-1に整理した。

「ア）不調・不落」に関する課題では、設計者の意見として、工期が短い場合や対象橋梁数が多い業務の場合に入札参加を見送る意見があり、また施工者では、工区が複数の管轄に点在している場合や工期遅延の可能性がある協議未了の工事の場合に参加しない意見があった。

発注者としては、競争参加者を増やすために、地域要件を設定しないことや、工種を維持修繕から鋼橋上部に変更するなどの対策を図っている。

「イ）大幅な設計変更」に関する課題では、施工者の意見として、任意仮設が原則設計変更の対象とならないことから大きな課題として捉えてはいない。発注者は、設計者・施工者・発注者の3者で現場条件の確認を行うことにより、適切な設計変更を行う対策を図っている。

「ウ）専門技術・知識不足による設計施工の不良」に関する課題では、設計者より「地元企業が施工する場合にアドバイザーを配置する仕組みが必要である」との意見があった。

表-2 補修・補強設計並びに工事における課題の傾向

		補修・補強設計	補修・補強工事	
全般	工事種別	-	■ 補修内容との関係では、「縦桁補強」、「鋼桁補修」、「落橋防止システム」に関する補修が含まれる工事で、専門工種（鋼橋上部）の選択が比較的多い傾向にある。	
	競争参加資格（参加要件）	■ 「コンクリート診断士」、「土木鋼構造診断士」、「道路管理支援士」等の補修・補強事業に関する民間資格を認めている事例もある。	■ 「コンクリート診断士」、「土木鋼構造診断士」、「道路管理支援士」等の補修・補強事業に関する民間資格を認めている事例は無い。	
	企業・技術者の実績	(特筆事項なし)	■ 「構造・形状」と「制約条件」の条件を考慮している工事は多いが、「規模」と「工法」の条件と考慮している工事は少ない。	
	総合評価（加点要件）	■ 技術提案のテーマとして、「詳細調査」や「施工計画」に関する留意点を設定した事例もある。	■ 技術提案のテーマとして、当該発注工事に含まれる補修内容（例：縦桁補強、支承取替）に関する留意点を求めている。	
課題の状況	工事種別	(特筆事項なし)	■ 「鋼橋上部」で発注した工事であっても、「一般土木」や「維持修繕」で発注した工事と比べて競争参加者数は少なくない。	
	不調・不落	契約時期	■ 「第1四半期」や「第2四半期」の年度当初に契約した業務は、競争参加者数が多い傾向にある。	■ 「第1四半期」や「第4四半期」に契約した工事は、競争参加者数が多い傾向にある。
		規模	■ 規模が大きな業務は、競争参加者数が多い傾向にある。	■ 規模が大きな工事は、競争参加者数が多い傾向にある。
		補修内容	-	■ 「鏡面工（舗装、橋面防水等）」、「縦桁補強」、「柵座拡張」、「検査路工」等を含む工事は競争参加者数が少ない傾向にある。
		契約タイプ	■ 技術提案を求めるタイプを適用した業務は、競争参加者数少ない傾向にある。	(特筆事項なし)
	大幅な設計変更	規模	- (分析対象外)	■ 規模が大きな工事は、変更契約率が高い傾向にある。
		補修内容	-	■ 「床板補修（ひび割れ樹脂注入、剥落防止）」、「床板補強（炭素繊維補強）」、「鋼桁補修（鋼桁補修、鋼板当板）」、「塗替塗装」、「支承取替」等を含む工事は、変更契約率が高い傾向にある。
	専門技術知識不足による設計施工不良	工事種別	-	■ 「鋼橋上部」で発注した工事は、工事成績が高い傾向にある。
		規模	■ 規模の大きな業務は、業務成績が高い傾向にある。	■ 規模の大きな工事は、工事成績が高い傾向にある。
		契約タイプ	■ プロポーザル方式を適用した業務は、業務成績が高い傾向にある。	(特筆事項なし)

② 構造物（道路橋）の補修・補強設計並びに事の入札・契約の実施結果の集計・整理

平成25年度に地方整備局等が契約した構造物（道路橋）の補修・補強設計並びに工事の入札・契約の集計結果から、課題の傾向が確認された内容について表-2に整理した。

上記の集計・整理にあたっては、「ア）不調・不落の発生状況」、「イ）契約後の大幅な設計変更の状況」、「ウ）専門的技術や知識の不足による設計並びに施工不良の状況」に関する課題の状況と発注条件の関係性を集計・整理した。

「ア）不調・不落の発生状況」では、業務・工事共に、規模が大きい・第1四半期の契約のものほど競争参加者数が多い傾向にある。また工種を鋼橋上部にすることによる競争参加者数の変化は見られない。

「イ）契約後の大幅な設計変更の状況」では、規模の大きい工事や「床板補修・補強」、「鋼桁補修」等を含む工事の場合に、変更契約率が高い傾向がみられた。

「ウ）専門的技術や知識の不足による設計並びに施工不良の状況」では、規模の大きな業務や工事ほど、成績が高い傾向があり、「鋼橋上部」で発注した工事は、

工事成績が高い傾向となっている。

【今後の方針】

前述の①、②で整理した課題やその方向性を踏まえ、「設計」、「施工」の各プロセス間の連携を図るための仕組み・方法について、以下の項目を基本として、構造物の補修・補強設計、工事に適した入札・契約手法整理を次年度に行う予定である。

- ・設計の受託者が工事段階で関与する仕組み
- ・設計と工事を一括して発注する方法
- ・工事の受託者が設計段階から関与する仕組み
- ・設計や、施工者以外の第三者を活用する仕組み（PM手法の活用）

また、構造物の補修・補強設計、工事に適した発注図書の具体的な記載方法についても併せて実施する。

【成果の活用】

検討結果は、地方整備局等や地方公共団体の入札・契約制度検討のために基礎資料として活用される。

道路橋に作用する津波外力の検討

Study on tsunami wave forces acting on highway bridges

(研究期間 平成 24～26 年度)

防災・メンテナンス基盤研究センター国土防災研究室
Research Center for Land and Construction Management
Disaster Prevention Division

室長 松本 幸司
Head Koji MATSUMOTO
主任研究官 片岡 正次郎
Senior Researcher Shojiro KATAOKA
主任研究官 長屋 和宏
Senior Researcher Kazuhiro NAGAYA

Damage to a large number of bridges by the 2011 Tohoku tsunami caused harmful effects on the disaster area. This study aims to investigate characteristics of tsunami action on highway bridges based on the experience from the Tohoku tsunami for formulation of design tsunami load.

〔研究目的及び経緯〕

東日本大震災では多数の橋梁が被災し、特に津波による上部構造の流出は交通機能に大きく影響した。道路橋示方書V耐震設計編（平成24年2月改定）では、桁下空間の確保など津波の影響を考慮した構造計画を行うことが規定された一方、津波の影響が避けられない場合の対策検討が必要となる具体的な津波作用は示されていない。本研究は、東日本大震災の被災事例の分析および津波作用の推定手法の検討を進めるとともに、対策検討に用いる津波特性の考え方、設定手法等の検討を行うものである。

26年度は、東北地方太平洋沖地震の津波（以下、東北津波とよぶ）で影響を受けた道路橋を対象に、詳細な地形データを用いた3次元津波解析を実施し、道路橋に作用した津波の推定結果を検証した上で、上部構造の流出に影響の大きい津波の特性を検討した。

〔研究内容〕

1. 対象道路橋位置の津波特性の算出

東北津波で上部構造が浸水した橋梁のうち、被災後の支承の状況等から流出過程が推定可能なもの、支承部の抵抗力が算出できるもの等の条件を考慮して、国道45号歌津大橋、小泉大橋、沼田跨線橋の3橋を選定した。歌津大橋には流出した径間と流出していない径間があり、上部構造の断面形状も変化するため、それらは別々に検討する。

波源から対象橋梁周辺までの津波特性を算出するため、非線形長波理論に基づく平面2次元の差分法を用いた津波伝播解析を実施した。

道路橋に作用した津波の特性および津波作用力を高精度で推定するために、道路橋とその周辺の地形の3

次元モデルを作成し、平面2次元の津波伝播解析で得られた津波特性をその境界から入射する3次元津波解析を実施した。

2. 被災状況との整合性の確認と津波特性の検討

上記の3次元津波解析では、モデル化した上部構造の各点に作用する時々刻々の圧力も算出されている。その圧力による津波荷重をモデル化した上部構造断面に載荷する解析を実施し、各支承に作用する力の時刻歴を算出した。抵抗力は上部構造を支持する支承の破断耐力を合計して計算した。

得られた津波作用力と抵抗力の比較により津波の推定結果を検証した上で、道路橋に作用した津波の特性を検討した。

〔研究成果〕

1. 対象道路橋位置の津波特性の算出

波源から対象橋梁周辺までの津波特性を算出するため、非線形長波理論に基づく平面2次元の差分法を用いた津波伝播解析を実施した。津波波源モデルは40枚の小断層からなる藤井・佐竹モデルのVer.4.6を基本とし、GPS波浪計による沖合での津波の観測結果に対する再現精度を向上させるため、各小断層のすべり量を0～2倍の範囲で修正する調整を行った。併せて、各橋梁位置における津波浸水深や浸水範囲、流速を概ね再現できていることを確認した。

次に、道路橋に作用した津波の特性および津波作用力を高精度で推定するために、道路橋とその周辺の地形の3次元モデルを作成し、平面2次元の津波伝播解析で得られた津波特性をその境界から入射する3次元津波解析を実施した。

3次元津波解析には、オープンソースの数値解析コ

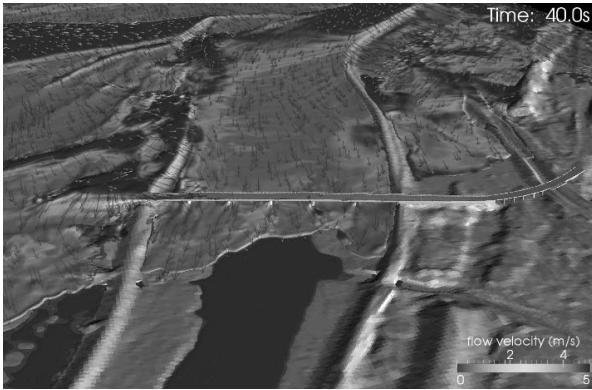


図-1 小泉大橋への津波来襲状況の解析結果

ード OpenFOAM を用いた。3次元津波解析には長い計算時間を要するため、津波が対象道路橋に到達する前から対象道路橋位置で波高が最大となるまでの時間帯に限り解析を実施した。小泉大橋の場合は地震発生の39分後からの3分40秒間を対象として解析を実施した。3次元津波解析の開始時から40秒後のスナップショットを図-1に示す。

2. 被災状況との整合性の確認と津波特性の検討

小泉大橋の海側の支承 G4 への作用力の時刻歴と抵抗力を比較したものを図-2に示す。作用力が抵抗力を超えた時点を矢印で示してある。解析結果から、支承の損傷過程は、まず海側の2つの支承が鉛直上向きの作用力を受けて破断した後、すぐに水平方向の作用力によって陸側の2つの支承も破断したと推定された。

他の2橋についても小泉大橋と同様の検討を行い、実被災状況と解析結果を比較したものが表-1である。ここで対象とした3橋については、上部構造が流出するか否かを正しく評価できており、算出した津波特性は実際に来襲した津波を一定の精度で再現できているものと考えられる。

水位の変化をみると、小泉大橋と沼田跨線橋では水位の上昇速度が最大6m/分程度と大きく、歌津大橋では最大3m/分程度と小さいのが特徴である。歌津大橋の区間による違いは小さい。

流速に着目すると、最大値は小泉大橋、沼田跨線橋、歌津大橋の流出した区間②③の順に大きく、流出しなかった区間①④では比較的小さい。

以上より、今回の検討では、算出した津波の特性等から上部構造が流出するか否かを評価することは可能であり、それには流速を精度良く把握する必要があるという結果が得られた。今後、上部構造の流出対策を検討する場合、津波の流速の設定に注意が必要である。

【成果の発表】

上部構造と橋脚が流出した道路橋の地震・津波被害

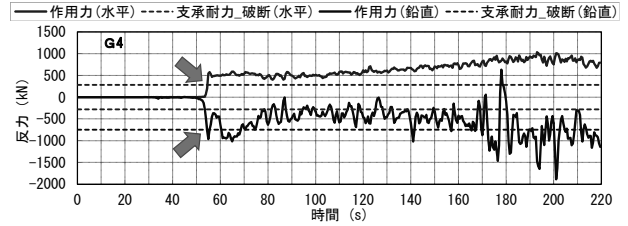


図-2 小泉大橋の支承 G4（海側）への作用力の時刻歴と抵抗力の比較（水平は陸側、鉛直は下向きが正）

表-1 対象道路橋の実被災状況と解析結果の比較

橋梁名	径間数	実被災状況	解析結果
歌津大橋			
区間①	2	流出せず	支承は破断しない
区間②	5	流出（水平）	海側の支承から破断
区間③	3	流出（回転）	海側の支承から破断
区間④	2	流出せず	支承は破断しない
小泉大橋	6	流出（回転）	海側の支承から破断
沼田跨線橋	3	流出（浮上）	海側の支承から破断

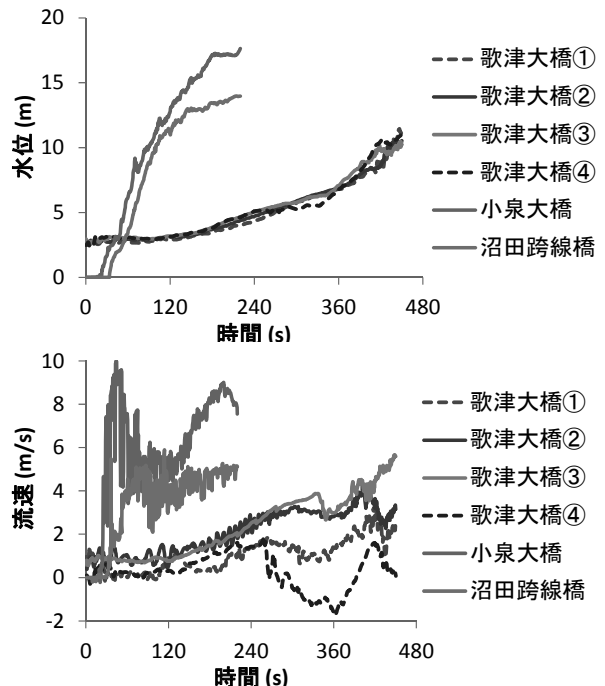


図-3 対象道路橋に作用した津波の水位と流速（橋軸直交方向、陸側が正）の再現結果

再現解析，土木学会論文集 A1，Vol. 69，No. 4，I_932-I_941，2013.

津波越流後に交通機能が保持された道路橋の地震・津波応答再現解析，土木学会論文集 A1，Vol. 70，No. 4，pp. I_1043-I_1051，2014.

巨大地震を対象とした設計地震動の検討

Study on design earthquake motion for giant earthquakes

(研究期間 平成 23～26 年度)

防災・メンテナンス基盤研究センター国土防災研究室
Research Center for Land and Construction Management
Disaster Prevention Division

室長	松本 幸司
Head	Koji MATSUMOTO
主任研究官	片岡 正次郎
Senior Researcher	Shojiro KATAOKA
主任研究官	長屋 和宏
Senior Researcher	Kazuhiro NAGAYA
研究官	梶尾 辰史
Researcher	Tatsushi KAJIO

Giant earthquakes resulting from the Nankai trough and long active faults are under growing apprehension. This study aims to investigate characteristics of ground motion during the giant earthquakes and propose Level 2 earthquake motions taking account of the characteristics.

〔研究目的及び経緯〕

道路橋の耐震設計に用いる設計地震動に関して、大規模なプレート境界地震の発生を考慮した地域区分と地域別補正係数への改定が実施される一方で、南海トラフ巨大地震や長大活断層の活動による地震の発生も懸念されている。これら巨大地震については、既存の地震動推定手法の適用性が十分には検討されていないことから、本研究は国外の事例を参照しつつ検討し、設計地震動の改定案としてとりまとめることを目的とする。

26年度は、国外で得られた長大活断層の活動による地震の強震記録を現行道路橋示方書のレベル2地震動と比較した。また、強震観測施設の維持管理を行い強震記録の取得を継続するとともに、今までに得られた記録を用いて水平力分散構造の高架橋の地震応答解析を行い、入力損失効果を分析した。

〔研究内容〕

1. 長大活断層地震の強震記録の分析

過年度収集したデータに加え、2008年5月12日に発生した中国四川地震(M7.9)等の強震記録を収集・整理し、現行道路橋示方書のレベル2地震動と比較した。

2. 地震動の入力損失効果の分析

過年度作成した国道45号曾波神高架橋の構造と周辺地盤のFEM解析モデルを用いて、入力損失(波長が短い短周期の地震動による構造物への作用が互いに打ち消し合う現象)に関する既存モデルとの比較分析を実施した。

3. 強震観測施設の維持管理・観測記録の処理

強震観測施設が地震発生時に適切に道路施設の挙動を観測、記録できるように、機器の状態を良好に維持するための点検を実施した。感震器および収録装置の動作を点検するとともに、収録装置に保存されている観測記録を回収し、数値化などの一次処理を行った。

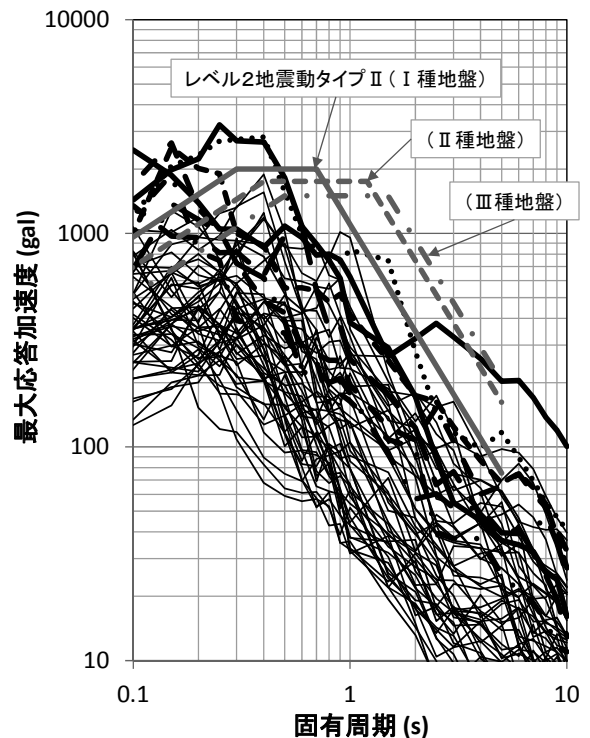


図-1 2008年四川地震の強震記録と道路橋示方書のレベル2地震動タイプⅡの比較

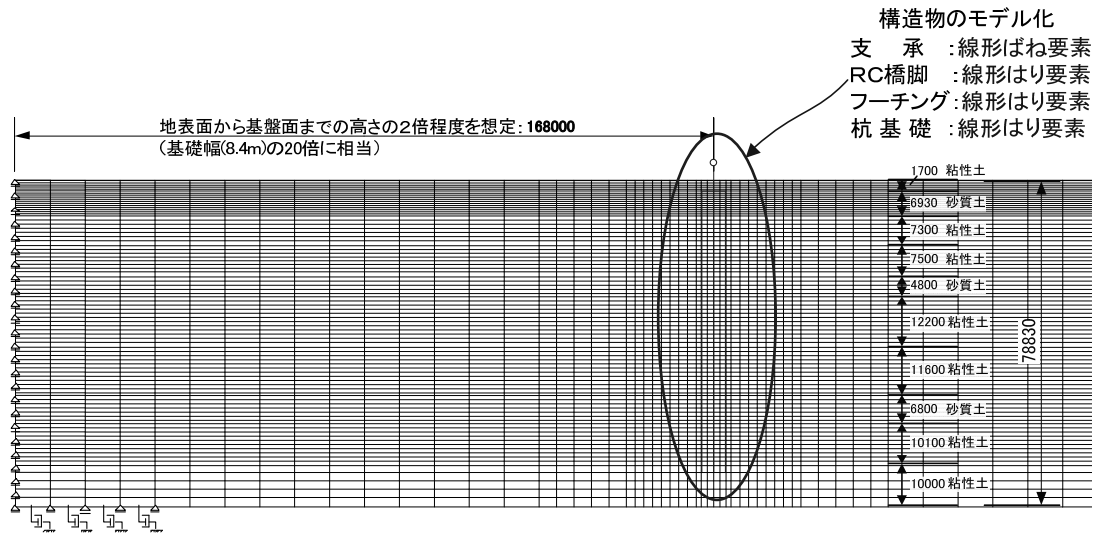


図-2 入力損失の検討に用いた FEM モデル（右側一部省略、単位 mm）

[研究成果]

1. 長大活断層地震の強震記録の分析

国外で発生した兵庫県南部地震よりも規模の大きい長大活断層地震 10 地震を対象に、最大加速度が 100gal 以上の計 300 記録の強震記録を収集した。

図-1 は代表的な長大活断層地震である 2008 年中国四川地震 (M7.9) で得られた 56 記録の加速度応答スペクトル (減衰定数 0.05) と現行道路橋示方書のレベル 2 地震動タイプ II を比較したものである。強震記録が得られた観測点の地盤条件に関する情報がなく、地盤種別ごとの正確な比較はできないが、周期 0.5 秒以下の短周期成分において 6 記録がレベル 2 地震動タイプ II よりも大きくなっている。

このような短周期でレベル 2 地震動タイプ II を超える地震動は、国内の M7 級の地震でも観測されていることから、次の入力損失効果も踏まえ、設計地震動の改定必要性について検討する必要がある。

2. 地震動の入力損失効果の分析

入力損失効果の分析のため、国道 45 号曾波神高架橋では、杭基礎のフーチング上とその周辺の地表面で強震観測を実施している。過年度には中小地震の際に得られた振幅の小さい記録を再現できる FEM 解析モデル (図-2) を作成した。フーチングは剛部材、モデルの底面は水平方向のみ粘性境界としている。

杭基礎の入力損失効果に関しては、弾性床上の梁理論から得られる杭の特性値 β (単位: 1/m) を用いた次のモデルが提案されている。

$$U/U_g = 1 / \{1 + (\omega/\beta/V_s)^4\} \quad (1)$$

ここで、 U は基礎の揺れ、 U_g は地表面の揺れを表し、その比を有効入力係数と呼ぶ。また、 ω は角振動数 (rad/s)、 V_s は周辺地盤の等価せん断波速度 (m/s) である。

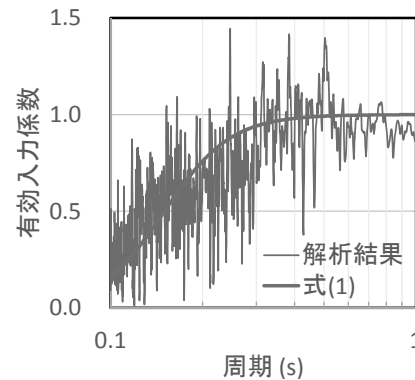


図-3 FEM 解析結果と式(1)の比較

有効入力係数は、入射した地震波のうち実際に基礎に作用した部分の比率を表したものである。

図-2 の解析モデル底面にレベル 2 地震動相当の強い地震動を入力し、表層地盤の塑性化の影響を考慮した地震応答解析を実施した。その結果から算出した有効入力係数を式(1)と比較したものが図-3 である。解析結果には周期により細かい変動があるものの、おおむね式(1)と同様の傾向を示し、周期が短いほど実際に基礎に作用する地震動の比率は小さくなっている。なお、入力地震動の振幅を小さくしても、解析結果から得られる有効入力係数には大きな変化は見られなかった。

3. 強震観測施設の維持管理・観測記録の処理

強震観測施設の点検の結果、多くの箇所では感震器、収録装置とも良好な状態で稼働していることを確認した。不具合や劣化が見られた一部の機器については、状況に応じて修繕、更新を行った。一次処理後の観測記録はデータベースに保存した。

[成果の活用]

次期道路橋示方書の改定に反映

CIM の導入に向けた 3 次元データの利活用に関する調査

Research on Utilization of Three Dimensional Data for Introduction of CIM

(研究期間 平成 26～28 年度)

防災・メンテナンス基盤研究センター
メンテナンス情報基盤研究室
Research Center
For Land and Construction Management
Maintenance Information Technology Div.

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher
研究官
Researcher
交流研究員
Guest Research Engineer

重高 浩一
Koichi SHIGETAKA
青山 憲明
Noriaki AOYAMA
谷口 寿俊
Hisatoshi TANIGUCHI
藤田 玲
Rei FUJITA

The Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism has been working on Construction Information Modeling (CIM) application, with the aim to improve our construction production system and the productivity using ICT technology. This research examines what kind of functions 3D models should have, how to create them, and how to add different types of information, for using in the maintenance phase of civil engineering structures.

〔研究目的及び経緯〕

国土交通省では、インフラの安全安心と建設生産性の向上を図るために、3次元データを活用した建設生産システムを構築し、公共調達の品質向上、コスト縮減、維持管理の高度化を達成することを目標として、Construction Information Modeling(以下、CIM という。)の導入普及に取り組んでいる。

CIM は、コンピュータ上に作成した3次元の形状情報(以下、3次元モデルという。)に加え、材料・部材の規格、出来形・品質、点検結果等といった特徴や状態を示す情報(以下、属性情報という。)を併せ持つ構造物データモデル(以下、CIM モデルという。)を利用することで、建設生産プロセス全体の効率化、高度化を図るものである。調査・設計の段階から CIM モデルを作成し、施工・維持管理へと流通・発展させる中で、各フェーズにおける計画検討、合意形成や意思決定支援等に利用することが想定されている。

CIM の効果を十分に発揮するためには、属性情報の円滑な蓄積と流通、および再利用が可能となる標準的な CIM モデルの整備が必要不可欠である。また、社会資本の老朽化に伴い、今後確実な増加が見込まれる維持管理業務での効果的な利活用方策が重要となる。しかし、特定の用途に即した3次元モデルの検討や整備は進められているものの、標準的な CIM モデルの整備には至っておらず、CIM の実践に必要なソフトウェアも不足しているのが現状である。また、3次元モデルの利活用については、設計・施工段階での利活用が進

み、その有効性も確認されつつあるが、維持管理においては未だ十分な検証が行われていない。

そこで、本研究では、CIM の導入普及の推進を目的として、調査・設計から施工、維持管理の各フェーズで必要な属性情報、および3次元モデルの詳細度を調査し、CIM モデルの標準的な作成仕様(案)を取りまとめるとともに、維持管理における CIM モデルの効果的な利活用方策について検討を実施するものである。以下に本研究の内容を示す。

〔研究内容〕

1. 設計及び工事段階での CIM モデル標準化

橋梁を対象に、維持管理での利活用を念頭において、設計および施工段階における3次元モデルの詳細度を整理するとともに、各段階で3次元モデルに付与すべき属性情報を整理し、「CIM モデル作成仕様(案)橋梁編」として取りまとめた。さらに、維持管理での利用を想定した場合における作成仕様の妥当性を北首都国道事務所へのヒアリングで確認した。

また、道路の土工区間についても、設計、施工、維持管理の各フェーズにおける3次元モデルの具体的な利活用方策とその効果について調査を行い、土工区間の3次元モデルの詳細度、および属性情報について整理し、CIM モデルのプロトタイプを作成した。

2. 維持管理における CIM モデルの活用

維持管理に必要な資料・情報等を属性情報として橋梁の3次元モデルに集約・統合した CIM モデル(試行

版)を構築し、維持管理情報の統合的な管理と運用における CIM モデルの有効性や課題を確認するための現場試行を実施した。

3. 既設橋梁のパノラマウォークスルー

宇都宮国道事務所の橋梁の維持管理担当者からヒアリング等により、3次元モデルへの現場ニーズを確認し、維持管理での具体的な活用方法を整理した。この整理結果を踏まえ、コストを掛けずに既設橋梁を3次元モデル化することを目的として、3次元モデルを簡易に生成するための国内外の技術を調査した。この調査結果に基づき、写真だけで橋梁の空間的な構造を簡易に表現できる仕組みとして橋梁のパノラマウォークスルーのプロトタイプを構築した。また、その作成方法や利用方法をマニュアルとして整理した。

[研究成果]

主な研究成果の概要を以下に示す。

1. CIMモデル作成仕様(案) 橋梁編

本研究で作成した CIM モデル作成仕様(案)は、維持管理での活用を実現するために、橋梁を対象として、具体的な3次元モデルの詳細度と属性情報をまとめたものである(図-1 参照)。また、本成果を国総研ホームページへ公開し、幅広く活用を促している。

今後は、橋梁以外の土木構造物を対象に CIM モデル作成仕様の拡充を図る。

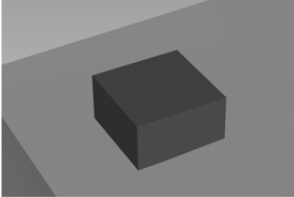
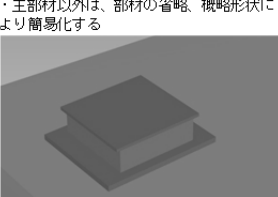
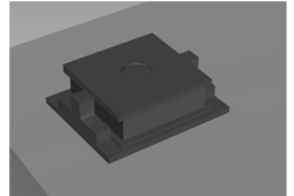
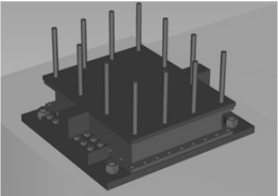
Level 1	Level 2
<ul style="list-style-type: none"> ・支承の概略形状を表現した直方体モデル ・寸法形状は不正確 	<ul style="list-style-type: none"> ・主部材(上管・下管・ゴム支承)の外形状を正確にモデル化 ・主部材以外は、部材の省略、概略形状により簡易化する 
Level 3	Level 4
<ul style="list-style-type: none"> ・主要部材以外の一部部材(サイドブロックなど)を詳細にモデル化 	<ul style="list-style-type: none"> ・ボルトなど細部部材を含めて、全ての部材を詳細にモデル化 

図-1 3次元モデルの詳細度(支承部)

2. 橋梁の維持管理情報を統合管理できる CIM モデル

本研究で構築した CIM モデルは、図面、橋梁台帳、点検、補修記録を属性情報として3次元モデルに集約・統合可能なモデルである。本研究では、維持管理

で利用できる CIM モデルを提案するとともに CIM モデルへの情報の追加、更新を行うツールを作成し、ツールの利用マニュアルを整備した。また、現場試行を通じて、情報共有や一元管理に対する有効性が確認できた。

3. 既設橋梁のパノラマウォークスルー

本研究では、維持管理における3次元モデルの活用としてパノラマウォークスルーを用いる手法を提案した(図-2 参照)。現場担当者による試行の結果、点検業者への業務説明等、関係者間での情報共有において、パノラマウォークスルーの有効性が確認できた。

一方で、3次元ソフトウェアを操作できる人材の育成や、ソフトウェアの低コスト化等が今後の課題である。

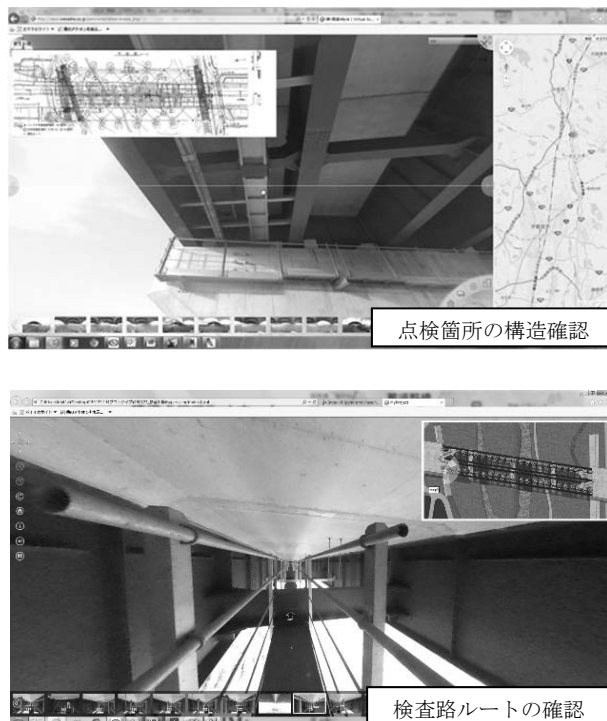


図-2 既設橋梁のパノラマウォークスルー

[成果の活用]

「設計、および施工段階における CIM モデル作成仕様(案) 橋梁編」は、産学官 CIM の検討において平成28年度迄に策定を予定している「CIMモデル作成ガイドライン」検討のための基礎資料となる。CIMモデルによる維持管理情報の統合管理については、現場試行によってその効果や運用性を確認できたことから、今後は、維持管理情報を統合管理するために CIM モデルが具備すべき機能や仕様を整理する。既設橋梁の簡易な3次元化については、パノラマウォークスルー等の新技術の調査を進めるとともに、現場試行等を通じて適用性や運用性について更なる検証を実施していく。

情報化施工に搭載するデータの効率的な構築及び取得データの利用に関する調査

Research on effective making Method of Input-data and Usage of Output-data for Intelligent Construction

(研究期間 平成 22～26 年度)

防災・メンテナンス基盤研究センター
Research Center for Land and
Construction Management
メンテナンス情報基盤研究室
Maintenance Information
Technology Division

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher
研究官
Researcher

重高 浩一
Koichi SHIGETAKA
近藤 弘嗣
Koji KONDO
長山 真一
Shinichi NAGAYAMA

The Author aims at expanding the dimensional control of completed work using Total Station, which is already applied to earthwork and paving work, to include peripheral works. In this study, the author develops the measurement method applicable to dimensional control of retaining wall work, and varifies the efficiency and the measuring accuracy of this method.

〔研究目的及び経緯〕

国土交通省で取り組んでいる情報化施工は、「3次元CAD技術(3次元設計データ)、3次元位置計測技術、建設機器技術」を活用し、生産性向上・品質確保・技術者判断支援などの効果を得ている。しかし、対象工種や利用場が限定されており、ポテンシャルを十分に生かせていない。

国土技術政策総合研究所では、3次元測量機器を用いた出来形管理の適用工種・適用技術の拡大について研究している。本研究では、情報化施工技術の1つであるトータルステーション(TS)を用いた出来形管理の適用工種の拡大として擁壁工への導入に向けた検討を行った。

〔研究内容・研究成果〕

1. 計測手法の立案

擁壁工の現場打擁壁工を対象にTSを用いた出来形管理手法を考案した。出来形管理項目は、天端及び底盤の張出し幅、底盤の厚さ、壁面の高さ、延長、及び基準高である。図1のとおりTSで座標を計測することとする。

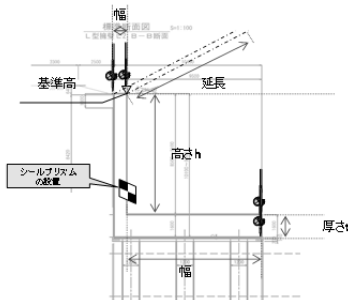


図1 擁壁工の施工管理基準とTS計測箇所

なお、プリズムを設置しにくい壁面下端は、シールプリズムを設置することとした。

施工管理基準の「高さ」等の管理項目については、表2のとおり、取得した3次元座標からユークリッド距離を算出する。

表1 施工管理基準における管理項目算出方法

測定項目	算出方法
基準高	対象となる点の標高値
幅	対象となる2端点の水平距離
高さ	対象となる2端点の鉛直距離
厚さ	対象となる2端点の鉛直距離
延長	管理断面上の天端肩部を結んだ斜距離の総和

2. 省力化効果の検証

擁壁工のTS出来形管理について現場試行を実施し、内業から出来形計測に要する作業時間・人員について、全てを従来手法で行った場合と全てをTSを用いた出来形管理を適用した場合とを比較した。比較対象とした作業の流れとしては、①従来手法では「丁張計算」、TS手法では「基本設計データ作成」にあたる「内業」、②機械設置にあたる「現地準備」、③従来手法ではレベルやテープ、TS手法では測定点の座標取得にあたる「計測」、④従来手法では野帳からの転記を含む入力・帳票出力作業、TS手法ではプログラムによる帳票打出しにあたる「帳票作成」の4つの作業内容である。このうち①内業の従来手法の作業時間は、試行工事の施工者へのヒアリングを実施し、それ以外は実測した。

結果としては、従来手法とTS手法とを比較すると、従来手法が216分、TS手法が188分と1割程度の作業時間の削減効果が確認できた。

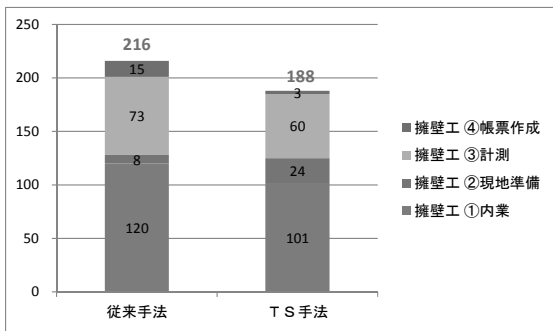


図2 従来手法とTS手法の作業時間比較

TS手法によって特に省力化したと考えられるのが、帳票作成作業と現地の計測作業である。帳票作成作業については、従来手法で必要であった野帳からの転記作業が不要になることが要因と考えられる。現地の計測作業については、従来手法が基準高さを測るレベルと、「長さ」を測るテープが別作業であったところ、TS手法では1回の端点を計測する動作が複数の作業項目の測定を兼ねるため、測定動作が少なくなるためと考えられる。

一方、現地準備については、TS手法の方が時間を要した。それは、検査の段階で足場が存置されているため、効率的に作業が出来るTS設置個所を見出すことが難しいこと(図3)、また、シールプリズムの設置作業時間が通常のTSによる測定に比べて余分に時間がかかる等が要因と考えられる。

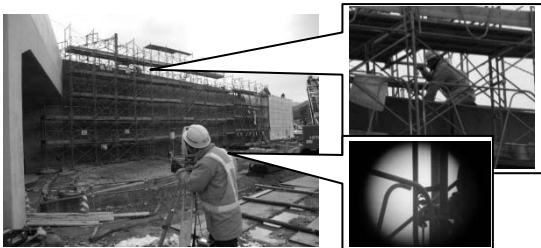


図3 擁壁工のTS出来形計測の様子

3.計測精度の検証

今回は、基準高、幅、高さの計測結果について、従来手法とTS手法との差異を検証した。

1)基準高

平均で10mm程度(最大29mm)であった(図4)。底盤だけでみると最大7mmであったので、差異の主因は天端の計測結果である。足場の間を縫うように視通を確保する必要があるため、本来の計測ポイントから若干移動させてプリズムを設置したため、その影響が出ていると考えられる。(なお、その移動については、既存のTSを用いた出来形管理要領で認められている半径10cm程度である。)

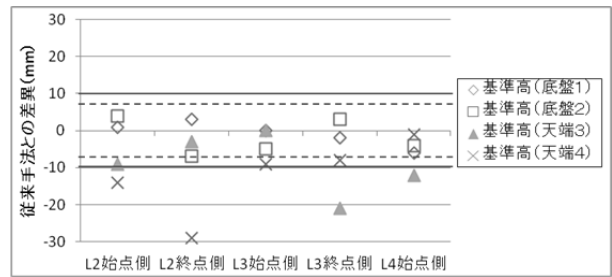


図4 従来手法とTS手法の計測結果の差異(基準高)

2)幅

平均で20mm程度(最大40mm)であった(図5)。

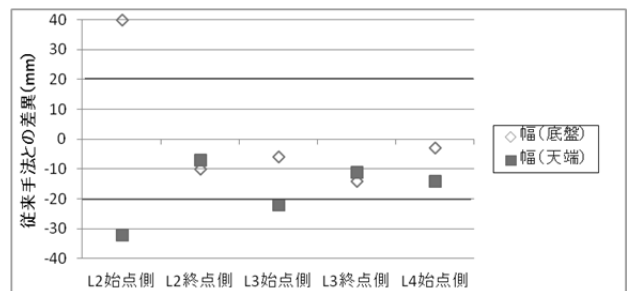


図5 従来手法とTS手法の計測結果の差異(幅)

この差異の要因としては、先述のプリズムの計測ポイントに加え、もうひとつの要因としては、幅の測定の起終点となる、構造物の角の面取り部分をどのように測るかによって、むしろ従来手法の結果に誤差が生じたことが想定される。TS手法については、この問題を排除するために図6のような治具を用意した。



図6 面取り部の誤差を防ぐための治具

なお、差異の評価として、施工者にヒアリングをしたところ、測定手法による差異が基準高で10mmというのは少し大きいということであった。

4.おわりに

今回の試行で、ある程度の省力化効果は確認出来たが、実用化に向けて計測精度に課題が残った。今回は誤差要因の分析までには至らなかったが、測定の所作が結果に及ぼす影響が大きいと考えられるので、今後の試行において、そうした誤差要因を出来るだけ排除したうえで、適用可能性を追求したいと考える。

質の高い道路空間の再編・利用に係る計画手法に関する研究

Research on planning method of improvement in the quality of urban space through road reconstruction and street management

(研究期間 平成 26～28 年度)

防災・メンテナンス基盤研究センター
Research Center for
Land and Construction Management
緑化生態研究室
Landscape and Ecology Division

室長
Head
研究官
Researcher

栗原 正夫
Masao KURIHARA
西村 亮彦
Akihiko NISHIMURA

This study aims to figure out planning method of road reconstruction and street management which can provoke area development and improvement in landscape. In the first year, the authors carry out analysis of 80 case studies. According to its result, the authors propose criteria to evaluate the quality of urban road space and the effect of road reconstruction project. The authors also propose a set of strategies to promote collaboration between road reconstruction project and regional road development program such as Japan Scenic Byway.

〔研究目的及び経緯〕

近年、一体的な景観形成や地域振興の観点から、沿道の施設や公共交通機関等と連携した、公共空間としての道路の機能向上が求められている。こうした中、空間の再配分や沿道の修景を伴う道路の再整備が進められるとともに、道路空間を利用した多様なサービス、地域活動が全国各地で展開してきたが、その事業スキームについては十分な検証がなされていない。

本研究は、道路と他施設、市街地と郊外等を横断する複数事業の連携や、地域活動の効果的な活用等を通じて、地域づくりや景観形成を拡充できる、道路空間の再編・改築手法を提案することを目的とする。全国から道路空間の再編・改築事例を収集し、事業の組織体制、補助金・制度の活用、デザイン上の工夫、整備後の維持管理・運用方策等を明らかにした上で、各事業の計画手法と効果を検証する。

〔研究の内容〕

平成 26 年度は、全国における道路空間の再編・改築事例を 80 件収集し、各事業の経緯、実施体制、整備内容、関連事業、事業効果等を整理した。

収集した事例について、道路・場所の性格、事業の目的、再編・改築の手段に基づく類型化を行った。この類型に基づきながら、再編・改築後の道路空間の質を評価する基準を検討した。

また、道路を核とした広域の地域活動として、日本風景街道の取り組みを例にとり、道路空間の再編・改築との連携方策を検討した。

〔研究の成果〕

1. 80 事例の収集・分析

全国から、現道整備の事例 69 件、大規模な改築事例 5 件、モビリティ拡充や多目的利用を通じた再編事例 6 件を収集した。現道整備の内、現道拡幅を採用した事例は、整備前の幅員が 10m 以下のものでは 35 件中 9 件、整備前の幅員が 10m 以上のものでは 34 件中 3 件に止まった。大規模な用地買収を必要とする現道拡幅が、事業の長期化や事業費の拡大を招く一方、現道拡幅を伴わない空間再配分や施設更新等の手法は、事業費を抑えながら短期間で交通機能の向上、賑わい創出などの効果を上げることができるため、近年、再編・改築の手段として採用される傾向にあると言える。

現道拡幅の場合、12 件中 8 件で沿道建築物に対する行為制限が行われている一方、現道拡幅を伴わない空間再配分における行為制限は、全体の約 40% に止まった。沿道地権者間の合意形成が難しいことや、ガイドライン等が作成された場合でも効果の発現に時間を要すること等、現道拡幅を伴わない場合における沿道修景上の課題が確認された。今後は、行政主導の景観計画等の制限に加え、まちづくり会社や住民組織の創意に基づく景観協定の活用等も視野に入れた、景観法の運用が期待される。また、商店街など沿道で一つの目標を共有している場合、素材や色彩の統一など簡易な方法でまとまりのある街路景観を実現している事例も散見され、街路景観の統一を検討する上で参考となる。

近年、計画・構想段階から住民等の意向を把握して、ハード整備の内容に生かすケースが増えており、全 80

件の内、71件で住民との協働による検討体制が組み立てられていた。ただし、ハード整備の会議体が完成後の運営にまで継続的に関わっている事例は少なかった。整備後の道路の運営には、民間主体のまちづくり会社などによるエリアマネジメントを活用した事例も見受けられ、今後注目すべき動向と言える。



写真1：空間再配分と施設更新（長野 中央通り）



写真2：現道拡幅と沿道修景（南魚沼 牧之通り）



写真3：効果的な街路景観の統一（豊田 桜町本通り）



写真4：まちづくり会社による運営（札幌 駅前通地下）

2. 類型化と質的向上の評価

80事例について、道路・場所の性格、事業の目的、再編・改築の手段に基づく類型化を行った。道路空間に求められる質が、都市構造における位置づけ（格）に左右されることを踏まえ、道路・場所の性格に基づく分類を基本とした。基本類型として、目抜き通り（商業系・業務系・住宅系）、表通り（商業系・飲食系・業務系・住宅系）、裏通り（商業系・用途混在・住宅系）、横丁・路地、自動車専用道路、プロムナード（商業系・住宅系）、歴史的な道、観光的な道、その他を設定した。

類型化と並行して、各事例における整備を通じて得られた空間的な質の向上について、分析を行った。使い勝手、居心地の良さ、賑わい等、定量的な把握が難しい項目を評価するための基準として、感覚的快適性（交通機能・環境保全・防災・身体的快適性）、知的・精神的充足感（歴史的持続性・文化的持続性・新たな都市活動やサービスの充実）、礼的秩序感覚（住民等による維持管理の促進・民地外構のしつらえ）の3つの評価軸を提示し、各類型における質の向上を評価した。



図1：道路・場所の性格に基づく類型の例

3. 風景街道との連携

日本風景街道登録路線との重複・近接が確認された17件の事例の内、風景街道との連携が見られたのはわずか1件だった。そこで、これらの事例について、道路空間の再編・改築を風景街道の取り組みと連動させることで、景観形成・地域振興に相乗的な効果を生み出す具体的な仕組みを検討し、周辺地域取込み型、市街地ルート・ネットワーク拡充型、道路空間活用発展型、モビリティ拡充型の4つの方策を提示した。

〔成果の活用〕

収集した80事例について、事業の経緯や整備内容、組織体制、事業効果等をまとめた事例集を作成し、自治体や研究機関、コンサル等から広く参照される資料として、国総研HPで公開することを検討している。

道路交通安全施策に関する統計データ分析

Statistical Data Analysis for Road Traffic Safety Measures

(研究期間 平成 26 年度～28 年度)

道路交通研究部
Road Traffic Department
道路交通研究部 道路研究室
Road Traffic Department
Road Division

道路研究官
Research Coordinator for Road Affairs
主任研究官
Senior Researcher
研究官
Researcher
研究官
Researcher

稲野 茂
Shigeru INANO
池原 圭一
Keiichi IKEHARA
尾崎 悠太
Yuta OZAKI
木村 泰
Yasushi KIMURA

This survey was the abstraction of challenges in order to reduce traffic accidents based on trends in and characteristics of the ways in which traffic accidents have occurred in recent years, and an analysis based on a traffic accident data base of trends in and characteristics of the primary ways in which traffic accidents have occurred in recent years carried out to study methods of reflecting the abstracted challenges in road traffic safety measures.

[研究目的及び経緯]

平成 26 年の交通事故死者数は 4,113 人、死傷者数では 71 万 5,487 人となり、近年は減少傾向が続いている。本研究では、更なる交通事故削減のため、近年の交通事故発生状況の傾向・特徴に関する分析を行った。

[研究内容]

近年の交通事故発生状況の傾向及び特徴を分析するため、交通事故データベースなどをもとに、交通事故の経年変化や、主に平成 25 年中の交通事故に関する道路状況別、事故類型別、当事者別などの集計を行い、歩行者や自転車などが関わる交通事故発生状況の傾向・特徴を整理した。

[研究成果]

近年の交通事故発生状況について、表 1 に示す 30 の集計項目について分析を行った。以降において、主に歩行者・自転車に関する分析結果について紹介する。

(1) 道路種別別、状態別の死傷者数

図 1 に、道路種別別・状態別の死傷者数の経年変化 (H21～H25) を示す。死傷者数が最も多いのは生活道路 (市区町村道) であり、次いで一般国道となっている。いずれの道路種別においても死傷者数は近年減少傾向にある。状態別の構成割合は、一般国道などの幹線道路で四輪車の割合が高い。一方、生活道路 (市

表 1 分析した集計項目

No.	集計項目	No.	集計項目
1	長期的な交通事故発生状況	16	自転車事故の道路種別別等の発生状況
2	事故類型別の交通事故発生状況	17	二輪が関与する事故の特徴
3	当事者別の交通事故発生状況	18	道路種別、幅員別の状況
4	道路状況別の交通事故発生状況	19	法令違反や人的要因の分析
5	社会経済指標と交通事故発生状況	20	自動車と自転車の事故と法令違反の状況
6	道路延長、安全施設等と交通事故発生状況	21	年齢と道路状況による歩行者事故の特徴
7	OECD 加盟国における交通事故データとの比較	22	年齢と事故類型による歩行者事故の特徴
8	当事者と事故類型による交通事故発生状況	23	高齢者・非高齢者の事故の特徴
9	人対車両事故の発生状況 (死亡、重傷、軽傷)	24	市区町村別道路種別別年齢層別死者数・死傷者数
10	車両相互事故の発生状況 (死亡、重傷、軽傷)	25	年齢と道路形状・幅員
11	車両単独事故の発生状況 (死亡、重傷、軽傷)	26	速度に関する分析
12	1当・2当の組み合わせによる発生状況	27	歩行者事故形態の分析 (進行方向や道路形状と速度)
13	自転車乗用中事故の発生状況	28	安全施設等の分析
14	歩行中事故の発生状況	29	免許取得後と年齢による事故発生状況
15	自転車関連事故の事故類型別特性	30	交差点における交通事故発生状況

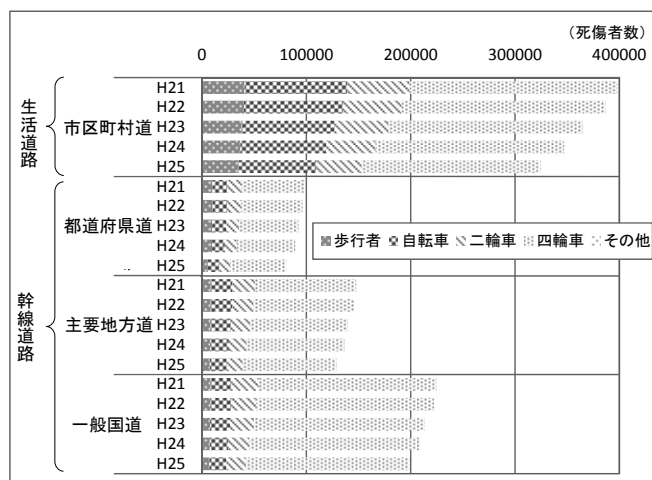


図 1 道路種別別状態別の死傷者数の経年変化 (H21～H25)

区町村道)では、歩行者や自転車の割合が高い。この構成割合の傾向は近年大きく変化していない。

(2) 歩行者に関する交通事故発生状況

低年齢層の歩行中死傷者数の自宅からの距離別の内訳を示す。小学生の歩行中の交通事故は自宅から500m以内で約6割発生している。

図2に、年齢層別人口10万人あたりの歩行者事故件数を示す。7~9歳の年齢層では、事故件数の割合が全年齢に比べて2.5倍であり、突出して多い。また、75歳以上の高齢者でも、事故件数の割合が多い。

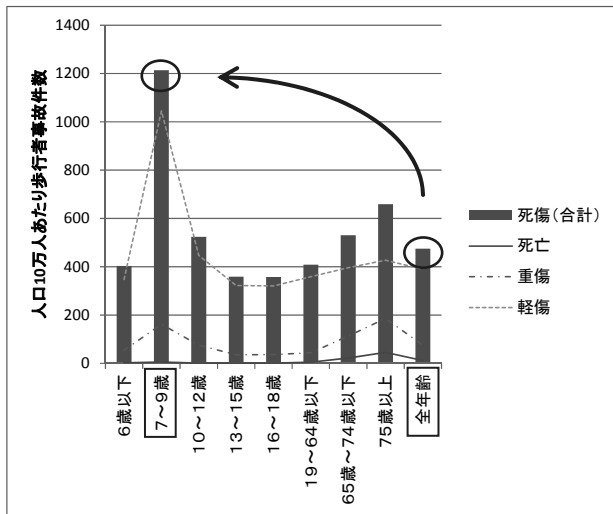


図2 年齢別人口10万人あたり歩行者事故件数 (H25)

次に、7~9歳及び75歳以上の事故について、道路種別、道路形状別、事故類型別、歩車道区分別などの観点から特徴を整理した。

その結果、全年齢と比較すると、7~9歳は、幅員の狭い生活道路(市区町村道)において単路部横断中の事故が多いことがわかった。また、歩車道区分のない道路(路側帯を含む)では、事故が多くなっていた。一方、防護柵や縁石等により歩車道区分されている道路では、比較的事故は少なかったことから、防護柵や縁石等による歩車道区分は、事故抑制に一定の効果があるものと考えられる。なお、75歳以上の事故の構成割合の傾向は、全年齢と比較しても違いはあまり見られなかった。

以上のことを踏まえると、特に、小学生の交通事故対策として、自宅からの距離も近い通学路などにおける対策(例えば、速度抑制施設の設置や、防護柵等の設置など)の推進が必要と考えられる。

(3) 自転車に関する交通事故発生状況

図3に、道路種別別・道路形状別の自転車事故件数及び重大事故率(死亡事故+重傷事故/全事故)を示す。自転車事故は、生活道路・市街地の交差点で最も多く、幹線道路・市街地の交差点が次いで多い。また、単路も市街地での事故が多い。また、重傷事故率は、件数は少ないものの非市街地では20%程度と高くなる傾向がある。

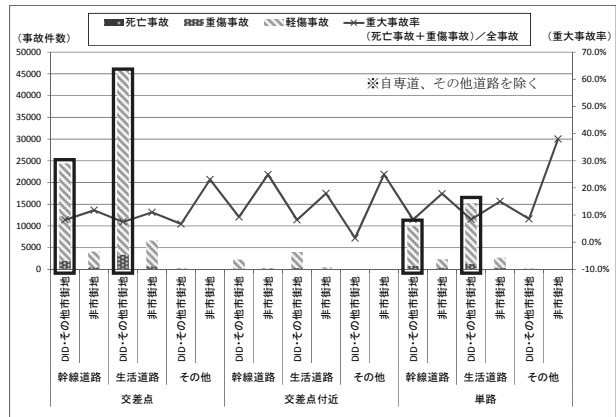


図3 道路種別別死傷者数の状態別内訳 (H25)

図4に、自転車対自動車等事故(二輪、その他車両を含む)の事故類型別の件数及び重大事故率を示す。事故類型の中では、出会い頭事故が突出して多く発生しており、左折時・右折時による事故も多い。また、重大事故率では、事故件数自体は多くないものの追突が他に比べて、20%程度と高い。

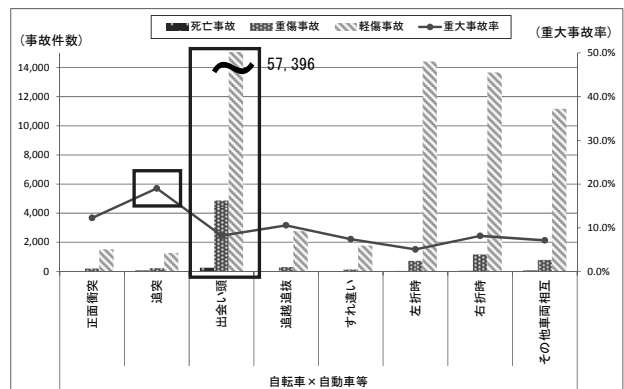


図4 自転車対自動車等事故の事故類型別内訳 (H25)

以上のことから、自転車の事故対策としては、交差点对策(特に出会い頭事故対策)が重要と考えられる。

【成果の活用】

本成果は、今後の交通安全施策を展開する際の基礎資料として活用が期待される。

交通安全マネジメントの高度化に向けた検討

Study on the advancement of traffic safety management

(研究期間 平成 25～27 年度)

道路研究部 道路研究室
Road Traffic Department
Road Division

室長
Head
研究官
Researcher
交流研究員
Guest Research Engineer

高宮 進
Susumu TAKAMIYA
尾崎 悠太
Yuta OZAKI
神谷 翔
Sho KAMIYA

In this study, the method of road safety evaluation based on observing the road structure and traffic situation is considered.

In this paper, arranging of characteristic of the road structure which have an influence on the risk of the accident and analyzing relations between intersection shapes and the risk of the accident was conducted.

[研究目的及び経緯]

道路管理者による交通安全対策を効率的・効果的に実施するためには、的確な危険箇所抽出、事故要因分析とそれに基づく的確な対策立案・実施、早期の対策効果検証と必要に応じた追加対策の早期実施が必要である。これらのうち、幹線道路において交通安全対策が必要な箇所を抽出する危険箇所抽出については、事故データを基に事故の危険性が高い箇所を抽出する方法が最も代表的なものとして用いられる。ただし、交差点等の個別箇所毎に見ると交通事故は稀な現象であり、短期間の事故データでは、本来事故の危険性が高い箇所を見落とす可能性がある。

そこで本研究では、道路幾何構造等から事故の危険性が高い箇所を抽出する手法を検討するため、道路幾何構造等と事故の危険性の関係を整理している。

[研究内容]

1. 事故の危険性に影響を及ぼす道路構造の特徴整理

交通安全対策に関する国内・海外の技術資料の整理、及び事故危険箇所等の事故が多発する箇所における現地調査の結果を基に、事故の危険性に影響を及ぼす道路構造の特徴をリスト形式で整理した。

2. 交差点形状と交差点における事故の危険性との関係

交差点において、交差点形状と事故の危険性の関係を整理するために、茨城県内の幹線道路全線（国道、主要地方道、県道）の交差点から 500 箇所の交差点について、交差点形状、交通条件、事故状況を、「航空写真」及び「交通事故統合データ」を基に整理した。整理した 500 箇所の交差点について交差点形状と事故データの関係を概略的に分析した。

次に、データ分析だけでは十分に整理できない要因

表-1 事故の危険性に影響を及ぼす道路構造の特徴リストの例

道路構造の種類	事故の危険性に影響を及ぼす道路構造	影響を及ぼす事故の形態							影響の内容	影響の強さ	影響が生じる(強くなる)条件	
		対向直進中	横断中	正面衝突	追突	出会い頭	左折時	右折時				
カーブ	曲線半径が小さいカーブ	○						○	カーブ区間や狭幅員道路において、道路線形・幅員に適合しない高い速度での走行やハンドル操作不安し、操縦性が低下、車線変更困難となる	<ul style="list-style-type: none"> ・曲線半径が小さいほど事故率が高い ・中央帯の設置がないと発生要因を強める ・曲線半径が400m未満になると事故が多くなる ・車線幅員が狭いほど危険性が高い ・カーブの見通しが悪いほど危険性が高い ・地方部の道路では、大幅に事故率が増加する原状帯幅は20m～100mの大きさである。 	<ul style="list-style-type: none"> ・非市街地になるとさらに発生しやすい ・道路標識や案内板が減少傾向 ・路面状況が悪いほど危険性が高い ・路面のすべり抵抗が悪いほど危険性が高い 	<ul style="list-style-type: none"> ・スクランブル交差点
		○						○	前方の車両を追い越そうとして、対向車線を十分に確認しないまま対向車線を走行する			
									○			
	横断歩道があるカーブ				○				横断中または横断を開始しようとする歩行者や、対向直進車を十分に確認しないまま右左折し、交差点内で急折し・急減速を行う			
									横断歩道に接近する車両を十分に確認しないまま横断歩道を横断する			
									横断歩道に接近する車両を十分に確認しないまま横断歩道を横断する			
									横断中または横断を開始しようとする歩行者を十分に確認しないまま横断歩道に進入する			
									横断中または横断を開始しようとする歩行者を十分に確認しないまま交差点に進入する			
									信号を見落とし、赤信号時に横断歩道に進入する			
									前方の交通状況を十分に確認しないまま交差点に進入しようとする			
カーブ先もしくは中にある交差点							○	対向直進車を十分に確認しないまま右折する				
							○	本線直進車を十分に確認しないまま交差点に進入する				
							○	流出側の二輪車・自転車十分に確認しないまま交差点に進入する				
信号機があるカーブ	○							信号を見落とし、または、近接交差点の信号と見間違えて赤信号時に交差点に進入する				
沿道施設の出入り口があるカーブ							○	二輪車・自転車を十分に確認しないまま右折する		<ul style="list-style-type: none"> ・二輪車や自転車のすり抜け交通が多い場合 		
細街道のあるカーブ							○	二輪車・自転車を十分に確認しないまま本線に進入しようとする		<ul style="list-style-type: none"> ・二輪車や自転車のすり抜け交通が多い場合 		
緩いカーブが連続している区間にある急カーブ								緩いカーブ区間が連続しているため、突然の急カーブに対し対応できない				
上り坂あるいは下り坂直後のカーブ							○	上り坂直後あるいは下り坂のカーブに形状が把握できずに逸脱する。		視認性が高い		

等の把握のため、データ整理を行った箇所のうち、代表 30 箇所について現地調査にて必要な情報を収集した。この現地調査結果で得られた情報を追加して、概略分析で明確にできなかった両者の関係について、詳細な分析を行った。

【研究成果】

1. 事故の危険性に影響を及ぼす

道路構造の特徴のリスト作成

国内・海外の技術資料を基に、事故率の高い箇所等を対象とした現地調査から得られた知見を追加することで、事故の危険性に影響を及ぼす道路構造の特徴を整理した。表-1 は、作成したリストの例である。各道路構造の特徴毎に、影響を及ぼす事故の形態、影響の内容、影響が生じる条件についても整理した。

2. 交差点形状と交差点における

事故の危険性との関係分析結果

交差点形状と交差点における事故の危険性との関係を確認するために様々なデータ分析を行った。図-1、図-2 には、分析結果の一例を示す。

図-1 は、交差点面積と追突事故率の分布である。交差点面積が大きくなるにつれて追突事故率の危険性が高くなる関係が見られた。

一方、図-2 は、交差道路から横断歩道までの距離と追突事故率の分布であるが、両者に明確な相関は見られなかった。これは、両者の関係に、車頭時間や交通量等の交通状況が影響しているためと考えられる。

交差道路から横断歩道までの距離と追突事故の危険性の関係について、両者の関係性を明確化するために現地調査にて収集した情報を追加して、詳細な分析を実施した。なお、交差点における追突事故は左折車が後続直進車の進行を阻害することにより発生するもの他、信号停止のために急減速した直進車に後続直進車が衝突するもの等、様々な形態があるものの、今回は、横断歩道までの距離と関係が強いと考えられる左折車が後続直進車の進行を阻害することにより発生する追突事故に着目して分析を行った。

図-3 は、交差道路から横断歩道までの距離と全左折車に対する後続直進車を阻害した左折車の割合（後続直進車を阻害した左折車/全左折車）の関係である。また、表-2 には両者の関係に影響を及ぼすと考えられる車頭時間の影響を確認するため、各箇所の直進車の平均車頭時間を示す。交差道路から横断歩道までの距離が離れることで、全左折車に対する後続直進車を阻害する左折車の割合は下がる傾向にある。また、今回対

象とした交差点における直進車の平均車頭時間の範囲では、横断歩道までの距離と左折車による後続直進車の阻害割合の関係に与える影響は明確には見られなかった。

【成果の活用】

本研究で整理した事故の危険性に影響を及ぼす道路構造の特徴リストは、引き続き調査を行うことでさらに内容を充実させ、道路の安全性評価を実施する際の参考資料としてとりまとめる予定である。

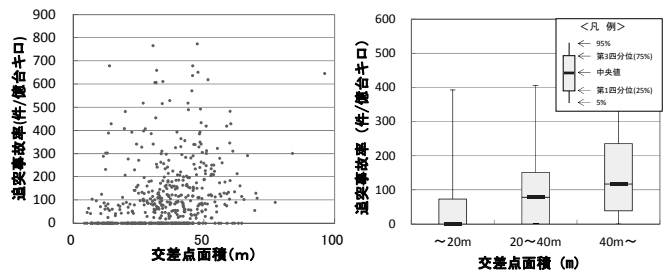


図-1 交差点面積と追突事故の危険性の関係

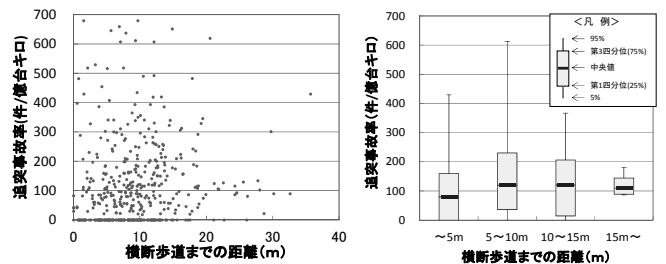


図-2 横断歩道までの距離と追突事故の危険性の関係

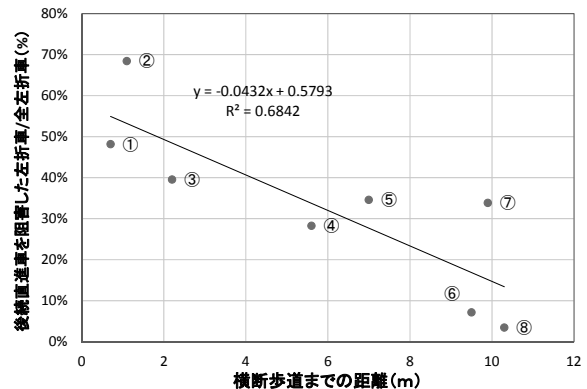


図-3 横断歩道までの距離と後続直進車を阻害した左折車の割合の関係

表-2 交差点と直進車の平均車頭時間

交差点 No.	セットバック量 (m)	直進車の平均車頭時間(秒)
①	0.7	3.725
②	1.1	3.934
③	2.2	3.896
④	5.6	3.728
⑤	7.0	3.725
⑥	9.5	2.023
⑦	9.9	3.433
⑧	10.3	2.818

交通安全事業の効率的推進を支援する方策に関する検討

Study of the methods to support efficient performance of traffic safety measures

(研究期間 平成 26～28 年度)

道路交通研究部

Road Traffic Department

道路交通研究部 道路研究室

Road Traffic Department

Road Division

道路研究官

Research Coordinator for Road Affairs

主任研究官

Senior Researcher

交流研究員

Guest Research Engineer

稲野 茂

Shigeru INANO

大橋 幸子

Sachiko OHASHI

鬼塚 大輔

Daisuke ONIZUKA

Much research has been conducted on traffic safety measures based on observed data, but the traffic safety analysis based on the feeling of users has been little researched. This study focused on the traffic safety measures based on the observed data and feeling of users especially on residential roads. In this year, case study of gathering black spots from observed data and feeling of users was conducted. Traffic safety measures effectiveness to user awareness was analyzed at the phases of gathering black spots and making safety measures.

〔研究目的及び経緯〕

交通安全事業の実施にあたっては、住民、道路利用者等の多様な主体と協働しながら、効果的・効率的に推進していくことが求められる。本研究では、生活道路を中心に、利用者の視点を取り入れた PDCA サイクルによる交通安全事業の推進手法を検討する。

平成 26 年度は、生活道路の交通安全を進めるための、対策立案前の住民参画手法の提案を目指すものとし、つくば市内の一つの小学校通学路において、ケーススタディを行った。

〔研究内容〕

1. 利用者意識からの危険箇所調査

つくば市と協力し、一つの小学校を対象として、利用者の視点に基づく危険箇所の調査を行った。調査は、保護者、児童を対象に、WEB を利用して行った。さらに WEB 利用の手法について、アンケートにより負担感等を調査した。

2. データの取得と対策立案

対象地区の、交通量、車両走行速度、交通事故データ等の観測・取得を行うとともに、現地状況調査を行い、危険箇所情報をベースとした具体的な交通安全対策案を作成した。そのうえで、データの活用に対する住民及び行政関係者の評価を、アンケートにより調査した。

3. 対策立案段階における利用者意識への働きかけ

市が実施した交通安全対策説明会の参加者を対象に、対策立案段階での関わりによる利用者の交通安

全意識について調査した。あわせて、対象地区で設置されることとなったハンプについて、国総研構内において、走行体験を含めた説明会を実施し、その効果について調査した。

〔研究成果〕

1. 利用者意識からの危険箇所調査

WEB を通じて危険箇所の調査を行った結果、小学校区内で 73 ヶ所の投稿があった（図-1）。今回の調査では、WEB システムとして SAFETY MAP（※）を利用した。

※ SAFETY MAP Honda のソーシャルマップ。WEB ブラウザを通じて利用可能



図-1 WEB システムによる危険箇所投稿状況

対策説明会参加者を対象とした危険箇所アンケートでは、約半数が WEB システムによる危険箇所の入力を行っていた (図-2)。また、道路利用者と事業者が協力して交通事故対策を推進することについて、「良いと思う」が 93%、「やや良いと思う」が 7%であり、説明会参加者全員が良い取組であると評価していた (図-3)。さらに、このような取組に対して負担を感じる人は少なく、今回実施した WEB を利用した危険箇所調査が、利用者の負担にならなかったことが確認された。

2. データの取得と対策立案

対策説明会でのデータの活用について、実感との整合は、すべてのデータで 7 割以上の方が実感と合っていると回答した (図-4)。対策を考えるのに役立つ内容であったかとの質問には、ほぼ全員が対策に役立つ内容であったと回答しており、今回使用したデータが、交通安全対策の立案に有効であることが確認された。

また、具体的な対策として、スムーズ横断歩道、ハンブ、路側帯の設置等を道路管理者であるつくば市から提示したところ、特段の反対なく了承された。

3. 対策立案段階における利用者意識への働きかけ

対策説明会でのアンケート結果では、9 割以上の参加者が、説明会への参加により交通安全意識が高まった、またはやや高まったと回答しており、説明会による利用者への働きかけが確認された。

ハンブの体験会では、高さが 6cm、8cm、10cm のハンブを走行してもらい、その後ヒアリングにより意識調査を行った (図-5)。ハンブの印象を走行前と走行後に聞いたところ、6cm と 8cm については想像どおりとの意見が多かったが、10cm については約 6 割の参加者が思ったより衝撃が大きかったと回答するなど (図-6)、体験会がデバイスの理解の促進に寄与したことが考えられた。

[成果の活用]

本研究の成果は、今後生活道路の交通安全対策実施の際の参考資料としてとりまとめることを予定している。

質問：利用者の意見は、WEB システムを用いて収集しました。そのことを知っていましたか？また、入力しましたか？

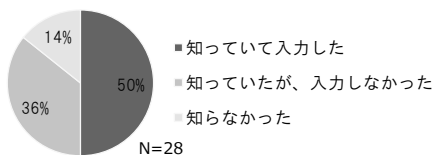
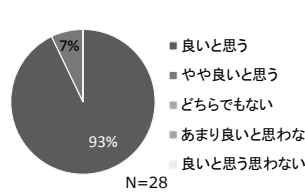


図-2 WEB システムの利用状況について

質問：利用者と事業者が協力して事故対策を推進する方法について、どのように思いますか？

(1)良いと思いますか？



(2)負担を感じますか？

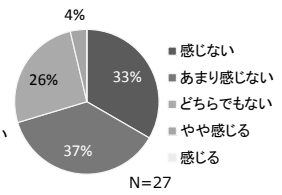
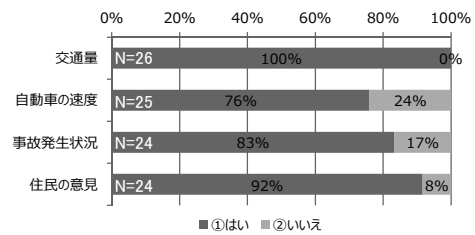


図-3 事故対策の推進方法について

質問：今回、各種のデータを用いて、現状を整理しました。これらのデータについて教えてください。

(1)内容は実感と合っていましたか？



(2)対策を考えるのに役立つ内容だと思えましたか？

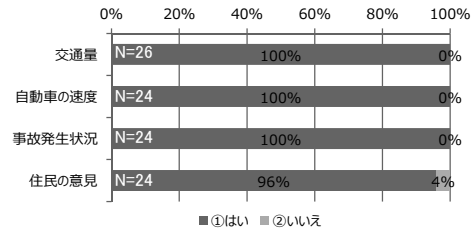


図-4 対策の検討に用いたデータについて

質問：説明会に参加して、交通安全対策に対する意識は高まりましたか？

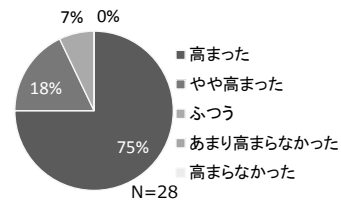


図-5 交通安全対策に対する意識

質問：ハンブを走行した際、受けた衝撃は走る前と比べてどうでしたか？

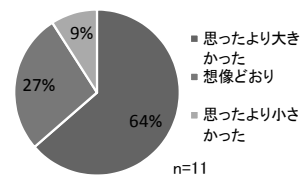


図-6 ハンブ体験による印象の変化

面的交通安全対策の導入促進方策に関する検討

Study of the methods to further the introduction of area traffic safety measures

(研究期間 平成 25～27 年度)

道路交通研究部 Road Traffic Department	道路研究官 Research Coordinator for Road Affairs	稲野 茂 Shigeru INANO
道路交通研究部 道路研究室 Road Traffic Department Road Division	主任研究官 Senior Researcher	大橋 幸子 Sachiko OHASHI
	交流研究員 Guest Research Engineer	鬼塚 大輔 Daisuke ONIZUKA

To further the area traffic safety measures, this study analyzes the effects of traffic calming facilities on residential roads, and shows how to introduce area traffic safety measures by road and traffic conditions. In the study, effective methods of improving side strips was analyzed by each road width. A social experiment of road safety measures on school routes found the effects and problems of introducing traffic calming facilities.

In this year, the effectiveness of measures that can be installed on the side of arterial roads were verified. An experiment that focused on the interval of speed-control devices was conducted. Furthermore, to set the standards governing the installation of speed-control devices, existing technical knowledge was gathered.

[研究目的及び経緯]

生活道路の交通安全のためには、歩行空間の確保や自動車の速度抑制策など面的な交通安全対策の実施が求められている。そこで本研究では、路側帯整備、速度抑制施設の設置について、効果・影響を調査分析し、道路・交通状況に応じた整備手法を示すことで、面的交通安全対策導入の促進を目指すものとする。

平成 25 年度には、路側帯の設置、拡幅、カラー化の効果の調査分析、通学路社会実験による速度抑制施設を中心とする対策導入の効果と課題の抽出、簡易な速度計測方法の例等を示した。

平成 26 年度は、スムーズ横断歩道や交差点狭さく等の幹線道路側で設置可能な対策についての実道調査と分析、構内実験による速度抑制施設の設置間隔の検討、速度抑制施設の技術基準の策定に向けた既存の知見のとりまとめ等を行った。

[研究内容]

1. 幹線道路側からの速度抑制対策調査

生活道路への車両進入部分における交差点狭さく(図-1)とスムーズ横断歩道(図-2)について、実道における車両挙動調査と、利用者の意識調査を行い、効果を分析した。

車両挙動調査は、ビデオ撮影した画像解析により行った。対象は、幹線道路から右左折で生活道路に

進入する車両および生活道路から幹線道路へ流出する車両とし、交差点における通過時間、速度等を分析した。利用者意識調査は、地域住民へのアンケートにより、対策に対するドライバーとしての意識、歩行者としての意識を調査した。



図-1 交差点狭さく



図-2 スムーズ横断歩道 (歩行部分がかさ上げ)

2. 速度抑制施設の設置間隔に関する調査

ハンプおよびシケインについて、構内実験により効果的な設置間隔および設置位置について分析した。

実験は、国総研構内において道路幅員約 6.0m、車道幅員約 4.0m の生活道路を模した実験走路で、ハンプ（高さ 10cm）およびシケイン（張り出し部 1m）の配置間隔を替えながら、車両の速度を観測し、結果を分析した。

[研究成果]

1. 幹線道路側からの速度抑制対策調査

交差点狭さくがある交差点では、左折による生活道路への進入時の速度が、一般的な交差点と比較して低い結果となった。スムーズ横断歩道が設置された交差点でも、同様の傾向が確認された。右折による進入時、生活道路から幹線道路への進入時の車両については、明確な傾向は確認できなかった。

意識調査からは、交差点狭さく、スムーズ横断歩道とも、右左折時の十分な徐行とともに、安全意識の向上や歩行者の見つけやすさが向上するなど、幅広い効果が期待されることが示された（図-3、図-4）。なお、幹線道路からの抜け道防止の効果については、効果を感じるという回答が一部見られたものの、効果がないと感じる割合も高かった。

2. 速度抑制施設の設置間隔に関する調査

ハンプの設置間隔の実験では、配置間隔が短いほど速度抑制効果が高く、弓形ハンプ間隔を 100m 以内にとると、車両の速度が 40km/h 以下に保たれた（図-5）。また、台形ハンプを 200m 間隔にすると連続配置効果がほとんどないことが確認された（図-6）。

シケインの設置間隔の実験では、ハンプ同様に配置間隔を短くするほど速度抑制効果が高く、30m 間隔では、35km/h 程度まで速度を抑制することができた（図-7）。なお、配置間隔が 50m 以上になると、シケイン区間の平均速度が 40km/h を超えてしまうため、50m 以下の間隔で配置することが望ましいことが確認できた。また、この形状のシケインのみでは、走行速度を 30km/h 以下に抑えることが難しいことが考えられた。

[成果の活用]

本研究の成果は、速度抑制施設の技術基準策定の基礎資料として、また、現場における生活道路の道路交通安全対策実施の際の参考資料となるようとりまとめる予定である。

【質問】交差点狭さく部には、どのような効果があると思いますか。（ドライバーを対象とした選択形式による回答）

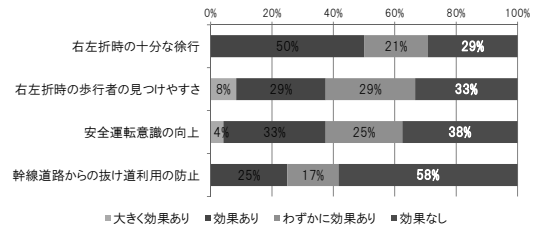


図-3 交差点狭さくの効果

【質問】スムーズ横断歩道には、どのような効果があると思いますか。（ドライバーを対象とした選択形式による回答）

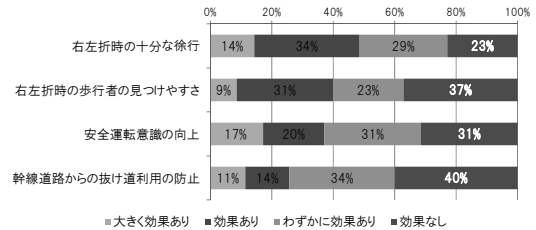


図-4 スムース横断歩道の効果

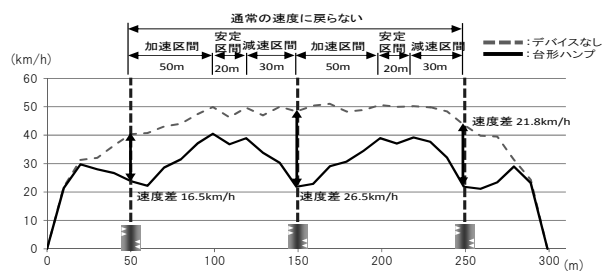


図-5 弓形ハンプの速度プロフィール（100m 間隔）

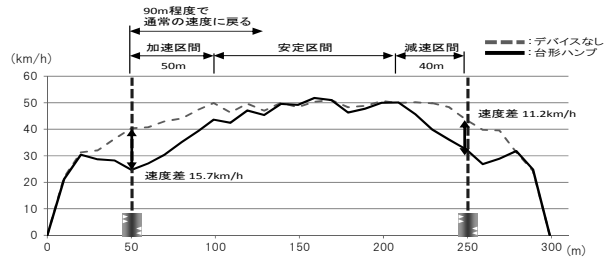


図-6 台形ハンプの速度プロフィール（200m 間隔）

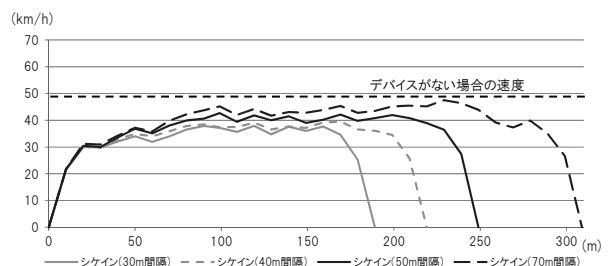


図-7 配置間隔別のシケインの速度プロフィール

プローブデータを利用した危険箇所抽出等の高度化に関する検討

Study on the advancement of traffic safety countermeasure using probe data.

(研究期間 平成 25～26 年度)

道路交通研究部 道路研究室
Road Traffic Department
Road Division

室長
Head
研究官
Researcher
交流研究員
Guest Research Engineer

高宮 進
Susumu TAKAMIYA
尾崎 悠太
Yuta OZAKI
神谷 翔
Sho KAMIYA

In this study, the method using probe data for road safety countermeasures such as identifying black spots, analyzing accident factors and measurement of countermeasure effect is considered. In this paper, to consider method of usage of probe data for road traffic safety, the characteristics of various probe data was investigated, and grasping traffic condition in the area surrounded by arterial roads and planning countermeasures were tried.

[研究目的及び経緯]

交通安全対策を効率的・効果的に実施するためには、危険箇所の的確な抽出、正確な事故要因分析とそれに基づく的確な対策の立案・実施が必要である。また、早期に効果評価をし、必要に応じて早期に追加対策を実施することも必要である。これら交通安全対策の各プロセスは主に交通事故データの分析を基に実施され、一定の成果を上げてきた。

最近では、カーナビ等から個々の車両の様々な挙動を示すプローブデータの収集が行われ、国土交通省においても ITS スポットにより、プローブデータの収集・蓄積を開始している。

そこで国土技術政策総合研究所では、これらプローブデータを交通安全対策へ活用することにより、より効果的で効率的な交通安全対策を展開するための手法について研究している。

[研究内容]

1. ドライブレコーダデータを利用した急減速データの特徴と収集された際の状況の関係整理

ここでは、数秒(1秒又は3秒)間隔に計測する速度の差から算出する加速度が閾値を下回った際に緯度経度や加速度を急減速データとして収集するデータを対象にとりして整理を行った。

具体的には、急減速が発生した前後数秒の前方映像が記録可能なドライブレコーダデータの中から上記の収集方法によっても収集されるデータを抽出し、抽出したデータを用いて急減速が発生した地点(交差点内や交差点手前等)やそのときの車両の進行方向(直進、右折中等)といった急減速データの特徴と、前方映像か

ら確認した急減速データとして収集された際の状況の関係について整理した。

2. プローブデータを利用した面的な交通状況把握

ここでは、幹線道路に囲まれた地区内を対象に、ITS スポットで収集した道路プローブデータを用いた交通安全対策を検討するため、地区内における通過経路や速度分布といった交通状況の把握を試行した。ITS スポットにより収集するデータは、走行履歴データ(車両が一定距離を走行するか一定以上進行方向が変化した際の緯度経度や速度等のデータ)と、挙動履歴データ(前後や左右の加速度等が一定以上の値となった際の緯度経度や速度等のデータ)があり、両データを用いて、試行を行った。

[研究成果]

1. ドライブレコーダデータを利用した急減速データの特徴と収集された際の状況の関係整理

表-1は、急減速データの特徴と収集された際の状況の関係について整理した結果の一例である。この例では、収集された際の状況として、仮に急減速による回避が間に合わずに事故になっていた場合に想定される事故類型を整理している。

表-1 急減速データの特徴と収集された際の状況の関係

急減速データの特徴		急減速発生状況	収集された際の状況
急減速が発生した地点		進行方向	※仮に事故になっていた場合に想定される事故類型
交差点内	信号あり	直進	右折時 出会い頭 人対車両 追突 出会い頭 正面衝突
		右折	右折時 人対車両 右折時
		左折	人対車両 左折時

事例		2-1	
2車線道路の信号あり交差点内で右折した時に発生した横断する歩行者・自転車に気付くのが遅れたための急減速			
急減速データの特徴			
急減速データの特徴	地点	交差点内・信号あり	その他の条件
	時間	0.264G ~ 0.937G	天候
	速度	0.202G ~ 0.445G	降水が多い
	G3	-0.050G ~ 0.244G	時間帯
			夕方から夜にかけて
			方向 (急減速の向き)
収集される状況			
急減速が収集された際の状況		人的要因	車両等(自車)
			発見の遅れ・安全不確認
			車両等(相手)
			人的要因なし
			歩行者
			急減速が発生した際の人的・道路構造・交通環境要因
			道路構造要因
			道路線形
			交差点形状
			車線・幅員
			その他
			交通環境要因
			通行障害
			視界障害
			進行車両
			沿道状況
			沿道施設出入口が多い
			その他
急減速発生過程の詳細			
<p>凡例2車線道路の交差点を右折する際、前車に続いて進行し、歩行者・自転車の通行を妨げ、急減速が発生する過程の詳細</p>			
危険箇所の概要図			
<p>急減速が発生した状況のイメージ図</p>			

図-1 急減速データの特徴と収集された際の状況の事例

また、図-1は、表-1に示す急減速データの特徴と収集された際の状況の関係一つ一つについて、両者の関係、収集された状況の具体的な記述を事例として整理したものの一例である。

上記は、急減速データにより危険箇所として抽出した箇所において要因分析及対策立案を行う際に、急減速が発生した状況の推定に活用することができる。

2. プローブデータを利用した面的な交通状況把握

及び交通事故対策方針検討の試行

図-2には、走行履歴データから整理した各区間の走行台数の分布状況を示す。図から、一般国道及び都道府県道以外の道路を走行した状況も確認することができ、幹線道路に囲まれる地区内への流入交通の状況や、抜け道として利用されている道路の特定に利用可能なデータであると考えられる。

図-3には、走行履歴データに含まれる速度のデータから整理した、速度の分布状況を示す。速度の分布は、隣接する交差点間の単路それぞれを一つの区間とし、その区間毎の平均速度を整理したものである。この図から、幹線道路とそれに囲まれる地区内双方の速度分布を確認することが可能であり、これらは幹線道路の渋滞状況や、地区内で走行速度が高い危険な区間の特定等に利用可能なデータと考えられる。

図-4には、挙動履歴データのうち、前後加速度が-0.25G以下となった際に収集されるデータから整理した各区間の急減速発生回数の分布状況を示す。このような急減速発生回数や交通量あたりの急減速発生回数を危険箇所の抽出に用いることも考えられる。

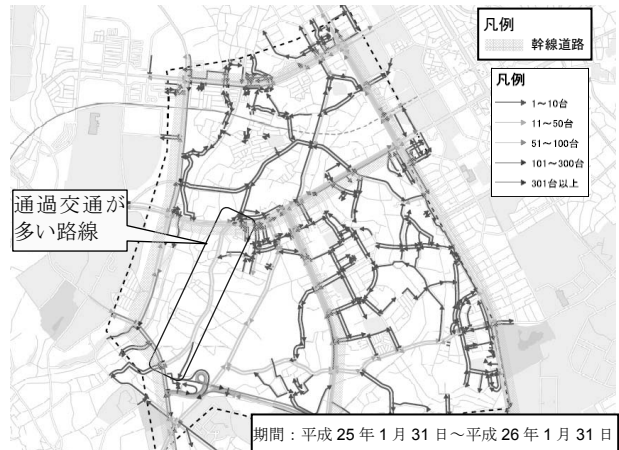


図-2 走行履歴データから整理した各区間の走行台数の分布状況

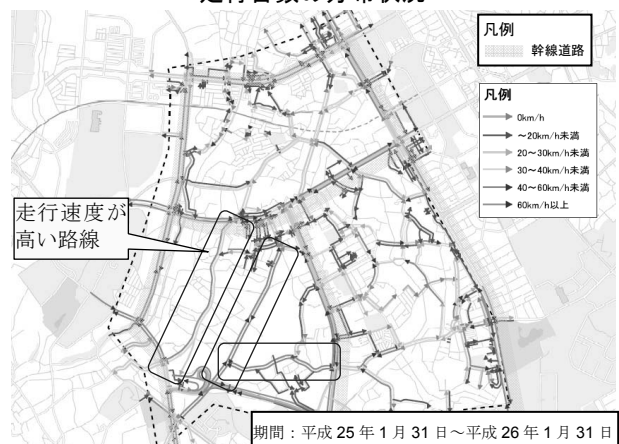


図-3 走行履歴データに含まれる速度の分布状況

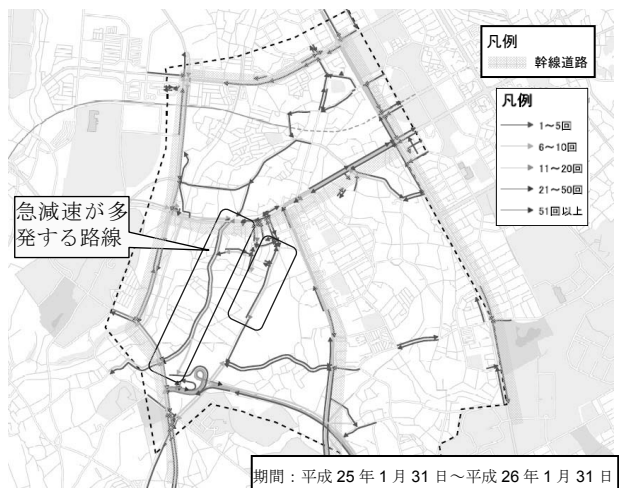


図-4 挙動履歴(前後加速度-0.25G以下)から整理した各区間の急減速の発生回数の分布状況

[成果の活用]

本研究では、引き続きプローブデータの交通安全対策への利用方法について検討を行い、道路管理者が交通安全施策にプローブデータを活用する際の参考資料となる技術資料としてとりまとめる予定である。

生活道路対応型防護柵の性能要件の検討

Study of Performance Requirements of Guard Fences for Residential Roads

(研究期間 平成 25～26 年度)

道路交通研究部

Road Traffic Department

道路交通研究部 道路研究室

Road Traffic Department

Road Division

道路研究官

Research Coordinator for Road Affairs

主任研究官

Senior Researcher

研究官

Researcher

稲野 茂

Shigeru INANO

池原 圭一

Keiichi IKEHARA

木村 泰

Yasushi KIMURA

This research project includes a survey legal status of various performance requirements in European and American standards for the guard fences. It also includes the collection of examples of present use and examples of measures taken consideration of scenic appearance, mainly concerning guard fences, as residential road safety countermeasures, and an organization of the structures and dimensions of guard fences suitable for use on residential roads.

[研究目的及び経緯]

現在の車両用防護柵は、高速道路や幹線道路での設置を想定し、大型車両の衝突に対応した構造となっている。生活道路で適切に機能する防護柵のためには、生活道路の実態に応じた性能要件の整理が必要となっている。本研究は、欧米の防護柵基準の性能要件等について調査し、法的位置づけを含めた整理を行うとともに、生活道路の安全対策としての防護柵等の活用事例、景観への配慮事例などを収集し、生活道路に適した防護柵の性能要件の整理を行うものである。

[研究内容]

25年度は、アメリカ、イギリス、フランスの防護柵基準類の法的位置づけ、性能確認の内容及び評価方法、維持管理の方法などについて調査した。また、生活道路に適した防護柵(以下「生活道路型防護柵」という。)の性能確認の要件を検討し、実際に構造計算等を行うことにより、実現可能と思われる防護柵構造および寸法などを整理した。

本年度は、生活道路における歩車道区分の現況事例等を調査し、①生活道路型防護柵の適応要件を整理した。また、25年度に整理した構造等を踏まえてプロトタイプを用いた実車衝突実験を行うことで②生活道路型防護柵の性能等を調査した。

[研究成果]

1. 生活道路型防護柵の適応要件の整理

首都圏の生活道路を対象に、市街地 DID 地域の小学校区 (A 地区)、市街地非 DID 地域の小学校区 (B 地区)、郊外地域の小学校区 (C 地区) の 3 地区をモデル

地域として選定し、縁石、柵、カラー舗装、ボラード等による歩車道区分方法を調査した。また、調査結果および交通事故発生状況などをもとに、各歩車道区分方法の得失を踏まえ、各方法の使い分けの概念、生活道路型防護柵の適応要件などを整理した。

1) モデル地域の主な調査結果

3地区の歩車道区分方法の調査結果の概要を以下に示す。

- ◇ 児童の通行および自動車の交通量が多く、加えて幅員に余裕のない道路では、注意喚起のためにカラー舗装を行っている。
- ◇ 沿道出入りの多い箇所では、縁石や柵が断続的となっている。
- ◇ 交差点部・横断歩道部にボラードや 1 スパンだけの車両用防護柵を設置している箇所がある。
- ◇ A地区では、自動車・歩行者双方の交通量が多いため歩車道区分に柵やボラードを使用している箇所が多い。
- ◇ BおよびC地区では、歩車道区分の多くが縁石であり、他の施設は交差点部や横断歩道付近等に限られる。

また、モデル地域の地方公共団体に対し、歩車道区分の使い分け等について、聞き取り調査を行った。調査結果の概要を以下に示す。

- ◇ 交通安全施設は限られた予算内で実施しており、現状での選択肢は横断防止柵やカラー舗装が主体である。
- ◇ 生活道路の大半は幅員が狭く、柵などの構造物を設置するのは難しい。ただし、車線や歩行空間の有効幅員を確保しながら衝突事故に対して強度があり、安価な防護施設があればしたい。

除雪の社会経済活動への影響に関する調査

A Study on Effects to Socio-economic Activities by Snow Removal on Roads

(研究期間 平成 24～26 年度)

防災・メンテナンス基盤研究センター 建設経済研究室
Research Center for the Land and Construction
Management, Construction Economics Division

室長	北村 重治
Head	Shigeharu KITAMURA
主任研究官	竹本 典道
Senior Researcher	Norimichi TAKEMOTO
主任研究官	田島 明
Senior Researcher	Akira TAJIMA

In order to make sustainable development in Japan, it is necessary to reduce the socio-economic influences of snowfall and to mitigate the handicap in winter in regions of snowfall and low temperature. This research is to investigate and consider the influences to road traffic and socio-economy in order to contribute to effective and efficient snow removal program.

〔研究目的及び経緯〕

1956年の「積雪寒冷特別地域における道路交通の確保に関する特別措置法（雪寒法）」制定以降、道路管理者は冬期道路交通確保の取組を行ってきた。2013年11月12日には雪寒法に基づく新たな雪寒五計を閣議決定し、併せて雪寒道路の指定を21年ぶりに見直したところである。これに先立ち行われた「冬期道路交通確保のあり方に関する検討委員会」では、降雪による走行速度の低下、定時性の減損による社会経済活動へ与える影響の拡大を指摘している。

本調査は、道路除雪を中心とした効率的で効果的な冬期の道路管理に資するため、積雪と道路除雪が交通及び社会経済に及ぼす影響を明確化するものである。

〔研究内容〕

本調査では、北陸地方整備局の協力を得て、新潟県内の国道における積雪量と交通状況（交通量、速度）の関係を整理し、積雪による速度の低下量と交通量から損失額を算定し、除雪による速度回復による除雪事業の経済便益を試算した。また、北陸自動車道と国道8号の代替・補完機能について分析した。

1. 積雪量と交通状況の関係整理

除雪事業の便益を試算する際に必要となる道路積雪量と交通状況（交通量・速度）の関係を整理した。対象は、新潟市から湯沢町に至る国道8号及び国道17号のトラカン6地点（黒埼、白根、坂井、滝谷、六日町、八木沢）とした。

2. 除雪による経済便益の試算

積雪量と交通状況の関係に基づき、除雪水準の違い

によるケース設定を行い、除雪による速度回復による経済便益をケース毎に試算した。

3. 代替・補完機能の分析

北陸自動車道が降雪等で通行止めになった場合の国道8号等の交通状況を分析し、高速道路と国道が果たす代替・補完機能を分析した。

〔研究成果〕

主な研究成果の概要を以下に示す。

1. 積雪量と交通状況の関係整理

積雪量計（テレメータ）で取得されている時間毎の積雪量から道路積雪量を推計した。推計においては、除雪が行われると道路積雪量が0cmになると設定した。

積雪量別の交通状況は、積雪量ランク毎のBPR関数を用いて推計した（式-1）。推計の際、交通容量はKVの関係をMayモデルより推定した値を適用している。 t_0 は、交通量が少ない時間帯のトラカンデータに基づき設定した。積雪ランクは、積雪なし、1～5cm、6～10cm、11cm以上の4区分とした。図-1はBPR関数の設定例である。

t : 旅行時間

t_0 : 自由旅行時間

x : 時間交通量（台/時）

c : 時間交通容量（台/時）

α, β : パラメータ

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

式-1 BPR関数

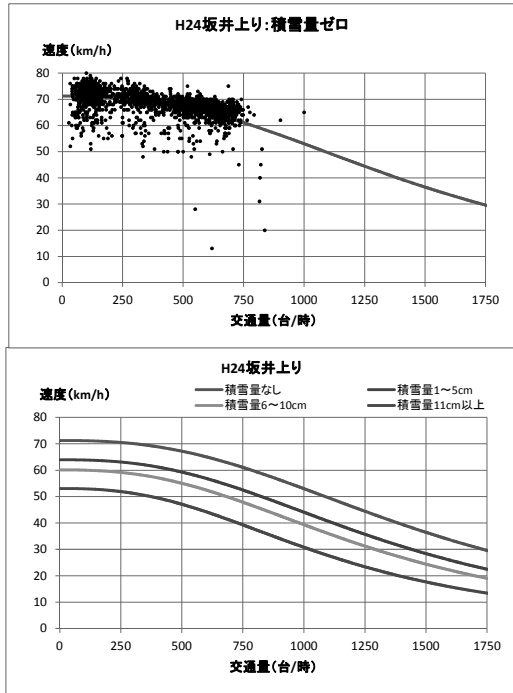


図-1 BPR関数の設定例（H24 坂井（上り））

2. 除雪による経済便益の試算

除雪事業は、積雪による速度低下により発生する損失時間を低減させる効果がある。除雪事業の効果を除雪しない場合に発生する損失額と除雪した場合の損失額（除雪しない場合より小さくなる）の差分として算定することとした。ただし、除雪を全く行わないことは想定しづらいため、普通乗用車の車高の実測から積雪 20cm で除雪するケース（除雪水準 A）を without として設定した（図-2）。

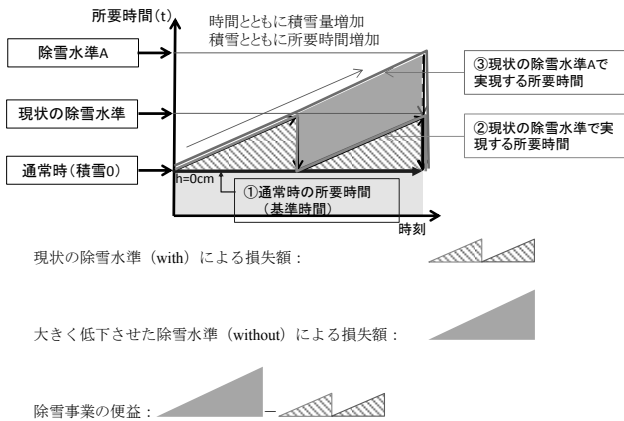


図-2 損失額と除雪事業の便益の考え方

積雪量と交通状況の関係より、式-2 に基づき設定除雪水準（現状水準、10cm、15cm、20cm（除雪水準 A））毎の損失額を算定した。損失額は降雪量が多いほど、除雪水準が低くなるほど大きくなる。例えば、六日町の区間では、現状水準で 1.9 億円/年、20cm（除雪水準

A）で 3.4 億円/年の損失が算定された（図-3）。

除雪事業の経済便益を除雪水準 A の損失額と各除雪水準の損失額の差分として算出した。図-4 は現状除雪水準での除雪事業の年間経済便益の試算結果である。

$$L_{d,h}^c = \left(\frac{1}{V_{d,h}^{C_t}} - \frac{1}{V_{d,h}^{C_0}} \right) \times l \times T_{d,h} \times w$$

L：損失額、V：速度、l：除雪区間延長、T：交通量、w：時間価値原単位、C：除雪水準ケース（C_t 除雪水準 tcm のケース、C₀ は積雪無しのケース）、d,h：d 日の h 時

式-2 積雪（速度低下）による損失額の式

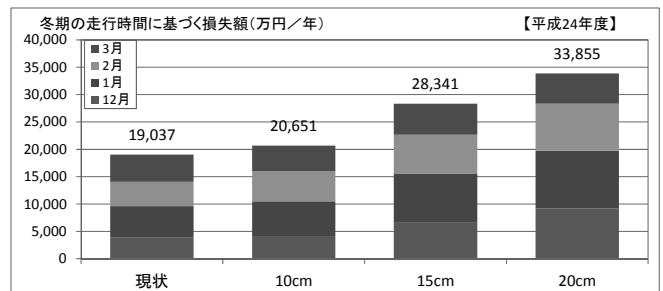


図-3 除雪水準毎の損失額（六日町区間）

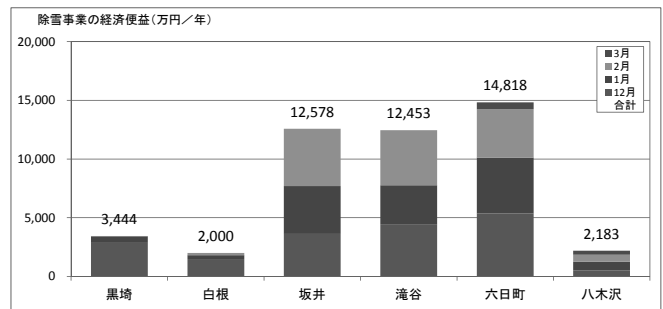


図-4 除雪事業の経済便益（現状水準）

3. 代替・補完機能の分析

日別時間帯別の交通量、気象条件、交通規制状況等から交通量変動要因を整理し、北陸自動車道と国道 8 号の代替・補完機能を分析した。

例えば、北陸自動車道が 5 時間以上通行止めの場合（主な原因は降雪）は、国道 8 号の交通量が増加し迂回が発生していること、2 時間程度の場合（主な原因は事故）は迂回があまり見られないこと等を把握した。また、民間プローブデータを用い周辺道路の速度を面的に捉えると、長時間の通行止め時には国道 8 号の交通量増加に伴い、周辺道路の速度低下が見られることを確認した。

[成果の活用]

本調査では、積雪による損失と除雪事業による経済便益を定量化し、明確にすることができた。今後、除雪事業を中心とした冬期道路管理の根拠資料として活用し、より効果的な道路管理に繋げたい。

道路の地震後の通行可能性評価に関する調査

Study on evaluation of roads operability after earthquakes

(研究期間 平成 24～26 年度)

防災・メンテナンス基盤研究センター国土防災研究室
Research Center for Land and Construction Management
Disaster Prevention Division

室長	松本 幸司
Head	Koji MATSUMOTO
主任研究官	長屋 和宏
Senior Researcher	Kazuhiro NAGAYA
研究官	梶尾 辰史
Researcher	Tatsushi KAJIO

In this study, the damage situation of the bridges was investigated on the 2011 off the Pacific coast of Tohoku earthquake. An automatic device to find damaged bridges was studied for early detection of traffic obstacle after an earthquake.

[研究目的及び経緯]

平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震では緊急輸送道路の早急な交通確保の重要性が再認識された。また、今後発生が懸念されている南海トラフ地震等の大規模地震に備え、確実な緊急輸送道路の確保、整備が強く求められている。特に大規模地震による損傷の恐れのある道路橋についてはハード対策だけでなく、迅速かつ効率的な道路啓開を可能にするためのソフト対策として地震後の道路橋の早急な被災状況把握が重要である。そこで本研究は、大規模地震発生後に迅速かつ効率的に道路啓開を行うことを目的として、道路橋の地震被害や通行障害を面的情報としてリアルタイムに把握する技術について検討した。

平成 25 年度までに地震後の道路橋の被災状況把握に必要な計測装置の試作や構造特性に応じた計測手法の検討を行い、道路橋の通行障害を把握する計測技術に関するフィールド実験や長期観測を通じ、その具体的な仕様及び手法を検討した。平成 26 年度は地方整備局管理の道路橋から抽出した試行フィールド（実橋）に実際に計測装置を設置して実験的観測を行うとともに取得データを分析し、計測技術の信頼性を検証した。

[研究内容]

東北地方太平洋沖地震後の東北地方整備局による緊急点検結果（直轄国道の本線橋 1,504 橋）のうち、走行性あるいは耐荷力に関する被災のあった 485 橋の被災状況を分析した。その結果、約 8 割が桁端支点部（桁端部）付近で変状が発生していることが分かり、今回の地震では桁端支点部（桁端部）の変状（段差量等）を把握することで道路橋の殆どの通行障害を把握する

ことにつながるという結果となった。

また、応急復旧履歴から段差量 100mm 以上で通行障害となると推察することができた。橋台背面アプローチ部の段差防止のために設置されている踏掛版がある道路橋では 100mm 以上の段差は発生しておらず、踏掛版の段差の低減効果についても確認できた。

これらの結果を踏まえ、道路橋の桁端支点部の変位量に着目し、その計測方法として道路橋被災状況把握システム（図-1）を検討するとともに、信頼性のあるシステムを確立するために、橋台背面アプローチ部の計測精度、交通荷重や温度変化による計測誤差等について、国土技術政策総合研究所構内における実物大実験や、実際に設置・稼動した構造条件等の異なる試行フィールド（5 橋）において検証を行った。

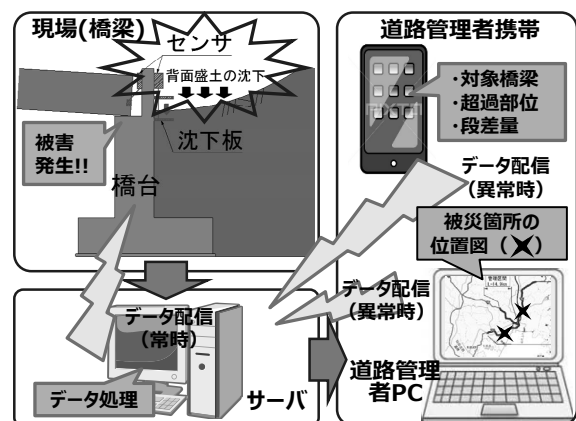


図-1 システム概要

[研究成果]

1. 橋台背面アプローチ部の計測技術検証

ワイヤー式変位計を用いて製作した橋台背面アプロ

一軸部の計測装置について、盛土内に設置した計測装置（沈下板）が地盤の沈下に追従し、正確に道路面の段差量（沈下量）を計測できるかを構内での実物大実験により検証した（図-2）。その結果、図-3 に示すように計測装置の沈下板の地盤沈下に対する追従性が確認でき、沈下板の形状の違いによる沈下追従性の大きな差異は発生しなかった。表-1 に計測装置の仕様（案）を示す。

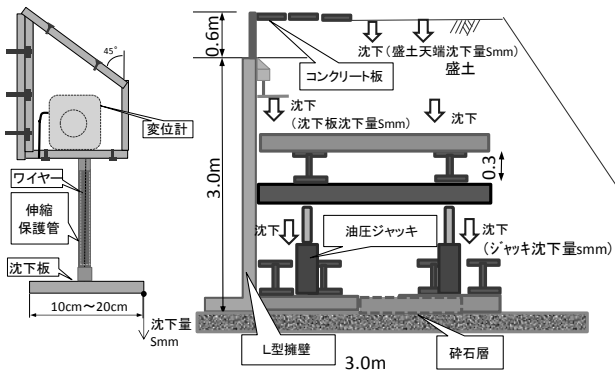


図-2 橋台背面アプローチ部の計測機器概要図（左）と実物大実験概要図（右）

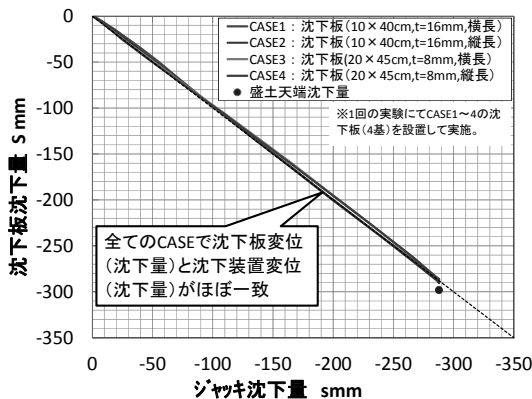


図-3 実物大実験結果

表-1 橋台背面アプローチ部の計測装置仕様（案）

特長	大容量、可変抵抗式
取付方法	橋台背面の保護BOXに固定
ワイヤー長	0~1000mm
出力抵抗	0~10kΩ
精度	1mm
沈下板形状	□200mm、t=16mm
沈下板重量	5kg以上

2. 道路橋の桁端支点部（桁端部）の計測精度検証

実際に設置された計測装置は外部環境条件（温度、湿度、風、紫外線、雨水、車両荷重、動植物およびその排泄物、凍結、粉塵、塩分、材料特性（コンクリートのクリープ、乾燥収縮）の影響を受け、計測値の誤差が生じることが考えられる。今回は、これらの外部環境条件のうち、特に影響が大きいと想定される温度、雨水、車両荷重について検証を実施した。その検証内容と結果は表-2 のとおりである。

桁の温度変化による変位量（橋軸方向）は理論値（計算値）と殆ど誤差はなく（図-4）、交通荷重による水平変位量（橋軸方向）についても実測値は2mm程度であり（図-5）、橋軸方向の閾値（100mm程度）に対して小さいことが確認できた。検証結果を踏まえ、図-6 のように変位量の時刻歴変化を考慮した平均変位量と最新計測値を比較して警報発信の是非を判断する仕組みを提案するとともに、道路橋被災状況把握装置の設置要領（案）をとりまとめた。

表-2 計測装置の検証内容と検証結果

対象項目	環境条件	検証内容	検証結果
①桁変位	温度	温度変化による変位量	橋軸：最大9mm(理論値は10mm) 理論値と整合している 鉛直：1mm未満
	車両荷重	たわみ(桁端回転)による水平変位 たわみ(桁端回転)による鉛直変位	最大換算値3mm(理論値は6mm) 最大0.1mm程度
②計測装置の作動	常時	恒温・同変位による値の変化	変化は生じない
③計測装置の防水	温度	温度による影響	-5℃~50℃：問題ない
	雨水	計器内への水の浸入 (散水試験・水中試験)	散水試験：問題ない 水中試験：セラー内に浸水確認
④太陽光パネルの妥当性	太陽光	電圧低下量	12.5V以上を確保 (使用限界電圧：11.5V)

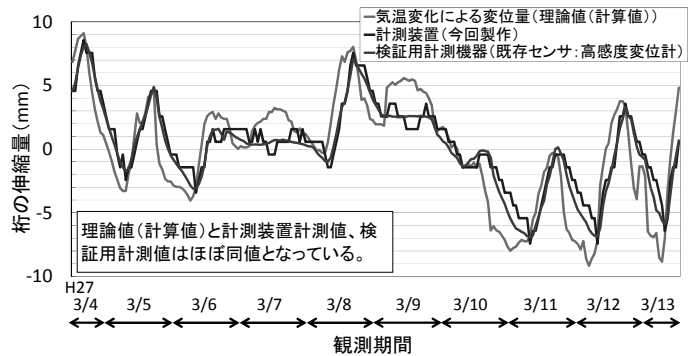


図-4 温度変化による計測誤差の検証結果

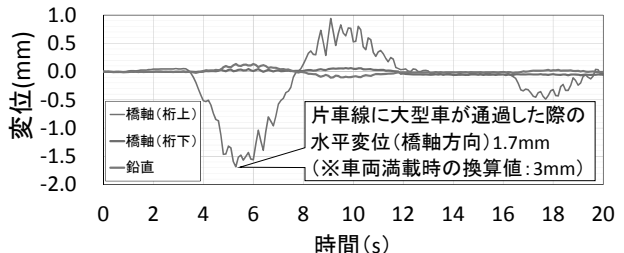


図-5 交通荷重による計測誤差の検証結果

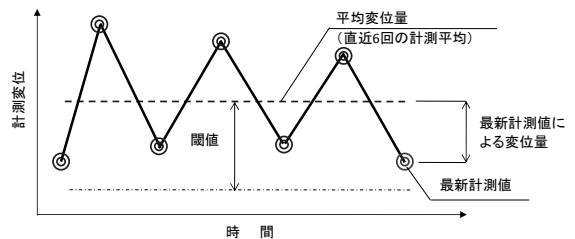


図-6 変位判定方法のイメージ図

[成果の活用]

今後も試行フィールドでの観測を継続し、計測データ等を分析し、改良を重ねて確実性・信頼性の高い道路橋の地震被害計測技術として確立していく。

道路の啓開、復旧に関する調査

Research on road clearing and restoration

(研究期間 平成 24～26 年度)

防災・メンテナンス基盤研究センター国土防災研究室
Research Center for Land and Construction Management
Disaster Prevention Division

室長 松本 幸司
Head Koji MATSUMOTO
主任研究官 神田 忠士
Senior Researcher Tadashi KANDA

In this Research, the Author developed a method to choose routes through which Road manager should cut the way to disaster area at the first priority, and took it on trial in a model area. Each shortest course of activities is drawn by GIS software one by one. And routes on which many shortest courses are piled up, take first priority to cut the way to disaster area.

In this way, Road manager can plan preparing materials and equipment for disaster recovery and can prepare for disaster prevention effectively.

[研究目的及び経緯]

地震発生時には、被災した人を救助・援助するために、救急・救命、消火活動、医療活動、水・食料・医薬品等の提供などの様々な行動(災害対応行動)が、多数の組織によって実施される。特に発災後 72 時間までの時間帯は被災者の生存率に大きく影響するため、道路啓開を行い、早期の道路ネットワーク確保を行う必要がある。

従来、緊急輸送道路ネットワーク計画等策定要領に基づき「緊急輸送道路」が定められているが、道路啓開の順序についての詳細な定めは無く、各地方整備局での道路啓開計画策定で改めて、啓開ルートを選定と啓開の順序設定が行われている状況である。

本研究では、こういった問題に対し定量的且つ視覚的に道路啓開の優先度を検討する手法の検討を行った。昨年度は一部の災害対応行動について、市販の GIS ソフトを用い拠点間の最短時間経路を重ねて表示させ、その数に応じ「災害対応行動」に必要な道路として評価する手法を試行した。

今年度はそれをベースに発災後 72 時間までの災害対応行動の最短時間経路と対応必要人数から道路啓開の優先度を評価し、道路啓開を優先して行う路線(区間)を抽出する手法の検討を行った。

[研究内容]

1. ネットワーク評価に際しての災害対応行動の集約

昨年度試行した手法では、一つの災害対応行動(例:被災現場を管轄する消防隊が、ある消防署からある 1 箇所の被災現場に向かう行動を 1 行動とする)でも拠点の数だけ膨大な数の経路を扱う必要があるため、現場での適用のしやすさを考慮し、最短

経路の重なり具合が極端に変わらない範囲で災害対応行動の集約化を試みた。

集約化は、図-1 のフローにより、今年度も岩手県をモデルとして行った。

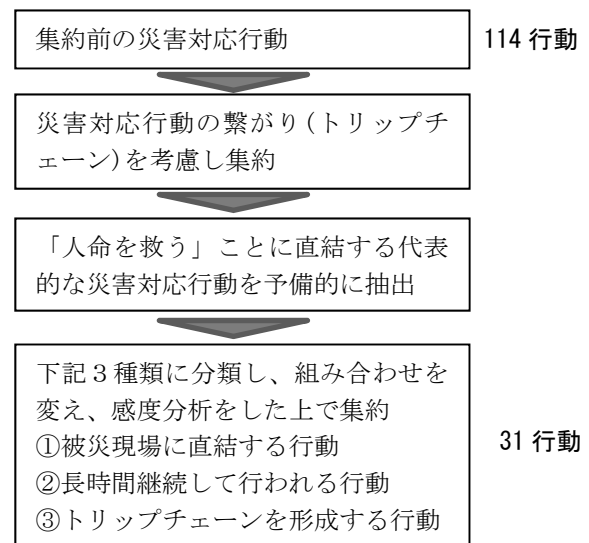


図-1 災害対応行動の集約化の過程

その結果、災害対応行動は 114 行動から 31 行動まで集約出来た。

2. 災害対応行動の重み付けの試行

前項では「災害対応行動の数」で道路ネットワークの評価を行った。次に、災害対応行動に必要な「量」を反映させることで重み付けをした評価を行った。

「量」を表す典型的なものとして「負傷者数」といった人数に関連するものが多いので、前項で集約化された災害対応行動に応じた重み付けを行い、道路ネットワークの評価を試みた。モデルである岩手

県の場合、東日本大震災での被災実績を参考に重み付けを行った。

表1: 災害対応行動ごとの指標

災害対応行動	重み付けの指標
救急救命	要救助者数
医療	死者・行方不明者・負傷者数
消防(消火)	焼死者数
緊急輸送活動	飲料水供給者数 [※]

※「飲料水輸送量(1日)/1人1日あたりに必要な水分量」で計算

その結果、災害対応行動による道路ネットワークの評価を「行動数」から「救援を必要とする人数」で行うことが可能になった。(図-2)

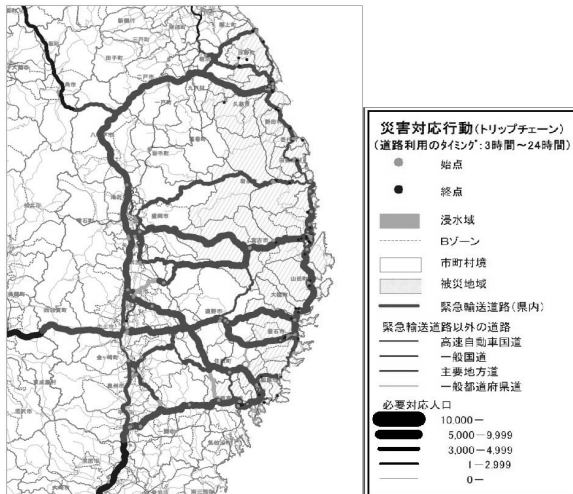


図-2 モデル地域での道路ネットワーク評価結果
(発災後 3~24 時間後の例)

3. 地方整備局や地方自治体における道路啓開計画の事例収集と比較

一方、いくつかの地方整備局や地方自治体において既に道路啓開計画が策定されており、これらを横断的に比較することで、道路啓開計画に関する問題認識を明らかにした。

1) 対象計画

- 中部版くしの歯作戦(H26.5 更新)
- 首都直下地震道路啓開計画(H27.2 策定)
- 四国南海トラフ地震対策地域啓開計画(H26.3 策定)
- 愛媛県道路啓開計画(H26.3 策定)

2) 主な比較整理項目

- 路線選定に当たっての考え方
- 路線選定上の課題
- 啓開オペレーション上考慮すべき課題
- さらなる取り組みの状況

3) 比較整理結果

路線選定に当たっては災害対応拠点を結ぶ緊急輸送道路を基本としているが、被災地到達までの迅速性が求められていることから、被災の少なさ、耐震性の高さを考慮している計画もあった。あるいは発

災後に実際の被害の少ない路線に変更して啓開作業を行うことを想定している計画もあった。

4. 東日本大震災時の渋滞についての分析

3. で分析した既往の道路啓開計画では、道路啓開を行う際の課題として、瓦礫や橋梁端部の段差の他に道路上の車両が障害として挙げられている。実際、東日本大震災の際、東京都内では「グリッドロック」と呼ばれる大規模渋滞が発生した。

そこで、当時(H23.3.11)の民間プローブ情報を用い、首都直下地震道路啓開計画での道路啓開候補路線での渋滞状況を把握すると共に、大規模渋滞発生の経過と原因について分析を行った。

その結果、帰宅時間帯に当たる夕方(午後5時前後)以降から各所で渋滞が発生していること、深夜まで渋滞が続いていることが分かった。また、渋滞の先頭として考えられる地点を分析すると、河川を横断する橋梁、高速道路 IC 付近、道路啓開候補路線と環状道路あるいは主要鉄道駅へのアクセス道路との交差点であることが分かった。これらの地点を考慮し、災害時に備えてグリッドロックへの対策を行うべきと考えられる。

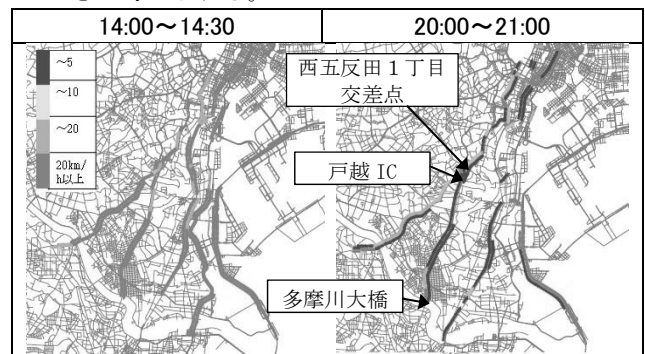


図-3 東日本大震災当時(H23.3.11)の発災前後での通行車両の速度変化(国道1号、国道15号等)

5. 今後の課題等

本研究では災害対応行動の需要面から事前に啓開路線を決めておく、という観点で道路ネットワークの評価を行ってきた。

今後はこの評価を元に、実際に道路啓開が円滑に行えるよう、橋梁の耐震補強や道路啓開用の資機材の配備、観測装置の設置といった事前の対策をする必要がある。

[研究成果]

市販のGISソフトを使用し、災害時の道路啓開に際し、災害対応行動による需要を定量的・視覚的に評価する手法を開発した。昨年度の試行版と比較し、評価を行う災害対応行動を集約したことで、実際の検討に適用しやすいものとなった。

[成果の活用]

道路管理者が道路啓開計画の策定・改定にあたって参考にできる基礎資料として活用できる。

大規模災害に備えた効率的な事前対策に関する調査

Study on efficient precautionary measures against large-scale disaster

(研究期間 平成 25～27 年度)

防災・メンテナンス基盤研究センター
国土防災研究室
Research Center for Land and Construction Management
Disaster Prevention Division

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher
松本 幸司
Koji MATSUMOTO
稲沢 太志
Futoshi INAZAWA

The purpose of this study is to investigate the factors which paralyze traffic when a large-scale disaster occurs. This study makes an analysis of the precautionary road structures and management which secure the traffic function of the road when a large-scale disaster occurs.

[研究目的及び経緯]

大規模地震発生時には、道路本体や道路附属物の被災のみならず、沿道建物の崩壊、放置車両等、多種多様な要因で道路の通行に支障が発生する。また、大雪時にも、気象条件、地形条件、道路構造、車両性能等の各種要因の組み合わせにより通行支障が発生する。これらの大規模災害に備え、通行支障要因を漏れなく把握し、統一的に評価し、適切な事前対策を行うことが必要である。

26 年度は、大雪による通行支障要因の抽出と整理、事例に基づく除雪シミュレーションを行い、路線の交通機能を確保するために必要な災害対応行動手順を検討した。

[研究内容]

1. 大雪による通行支障要因の抽出と整理

大雪による道路の通行支障に関して、過去事例を収集し、個々の事例について時系列で整理した。

2. 災害対応行動手順の検討

収集事例等を参考に、管理水準に応じた大雪時の災害対応行動手順を検討した。

[研究成果]

1. 大雪による通行支障要因の抽出と整理

大雪による道路の通行支障に関して、過去 10 年間の車両スタック等により通行支障が発生した事例を対象に、ウェブサイト等を活用して地域バランスを考慮しつつ 105 事例を収集し、個々の事例について災害事象の推移、災害対応状況等を時系列で整理した。また、後で整理する道路管理者の対応行動に対応させるため、情報収集、情報提供・啓発、通行規制措置、関係機関との連携、除雪体制・緊急体制、資機材の確保に分類し整理した。さらに、

被災状況と通行支障要因の関係が明らかになっている事例から 3 事例を選定し、道路管理者に対してヒアリングを実施し、被災状況、気象条件、災害対応行動とその課題について、収集事例と併せとりまとめを行った。

その結果、豪雪地域と非豪雪地域では、体制確保の状況や関係機関との連携の内容、職員の慣れ、道路利用者の理解等に大きな差が見られた。また、降雪に慣れている豪雪地域であっても、気象予測が大きく外れ、事前の体制確保や道路利用者の準備が不十分の場合は、交通機能に大きな影響を及ぼすため、事前準備が重要であることがわかった。

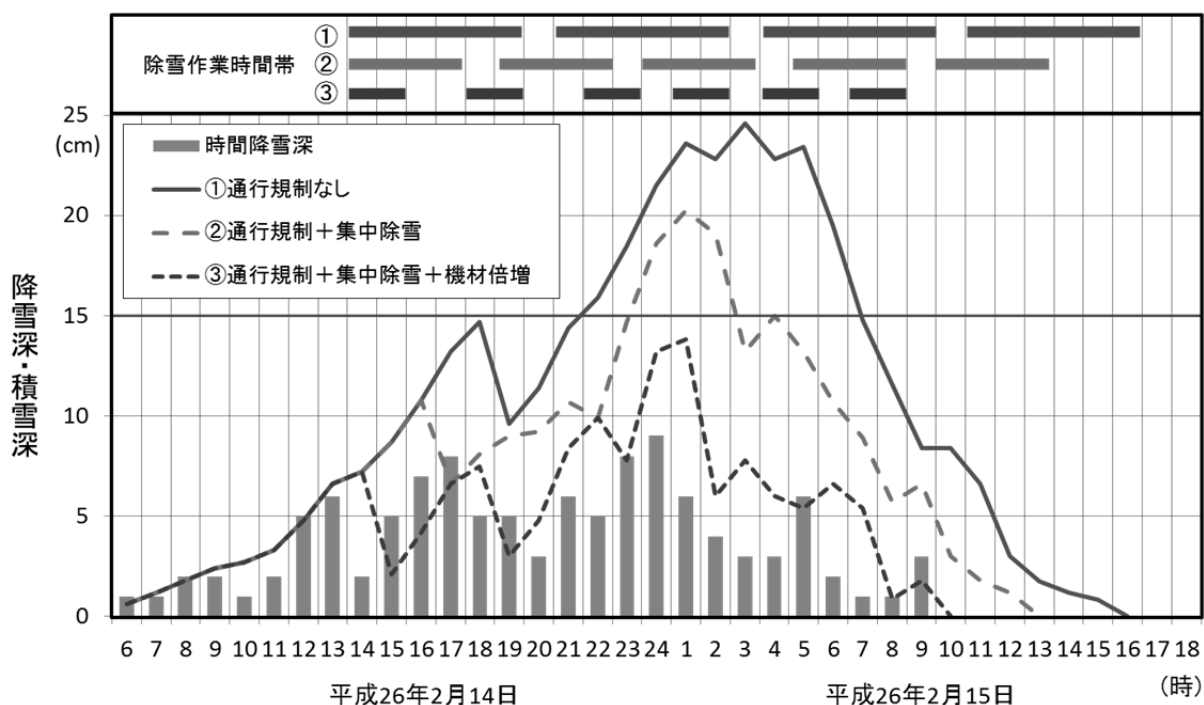
2. 災害対応行動手順の検討

(1) 管理水準の違いによる感度分析

平成 26 年 2 月の山梨県内の国道 20 号の事例を基に、除雪管理水準の違う 3 パターン(①通行規制をせず除雪作業、②通行規制し既存機材で集中除雪、③通行規制+機材を倍増し集中除雪)の机上シミュレーションを行うことにより除雪効果の感度分析を実施した。その結果を図 1 に示す。

通行規制をせず交通開放しながら除雪作業した場合は、除雪作業に 27 時間(作業 24 時間、補給・整備等 3 時間)を要した。今回のシミュレーションでは、スタック車両による除雪作業への支障を考慮していないため実際の通行止め時間 120 時間と比較し大幅な過小評価となるが、除雪作業中に車両の走行が困難となる積雪 15cm を超える状態が 14 日 22 時から 15 日 7 時まで 9 時間続いた。

スタックが発生する前に通行規制し集中除雪した場合は、作業の効率化が図られるため作業時間が 20 時間に短縮されたが、補給・整備等 4 時間を加え 24 時間は通行不可となる。



図一 管理水準の違いによる感度分析

通行規制し、支援等により機材を倍増し集中除雪した場合は、作業時間がさらに短縮され12時間となり、事前通行規制と機材の増強が早期開放に大きな効果があることがわかった。

(2) 事前に対応可能な行動の検討

大雪時の道路災害対応行動の整理に当たり、1. で整理した課題を解決するための事前行動を、特に情報収集、意志決定、情報伝達発信に着目し下記の通り整理した。

情報収集においては、気象状況、路面状況、車両の通行状況について情報を確認する。大雪が想定される場合は除雪機械や通行規制の準備を行う。

意志決定においては、大雪による通行規制が予測される場合、速やかに通行規制が実施できるように人員・資機材を待機させ体制を確保し、大雪によるスタックや立ち往生車両が発生する恐れがある場合は躊躇することなく事前に通行規制を行い、集中除雪を行う。

情報伝達発信においては、連絡手段、連絡体制を確保し関連機関への情報発信を行うとともに、道路利用者や住民に対する広報のための情報伝達を実施する。

(3) 災害対応行動手順の検討

災害対応行動手順の検討に当たり、既に運用が開始されている水害対応のタイムラインも参考に、大雪警報発令を基準とし、72 時間前から 24 時間後までを、誰(機関)が何を行うかを整理した。

また、1. で整理した通り、豪雪地域と非豪雪地域では、対応行動が異なるため、これらの地域ごとに災害対応行動手順を検討した。

(4) 実効性確保のための課題整理

検討した大雪時の災害対応行動手順は、一般論に留まっており、対応行動に繋がる具体的な判断基準等の検討が必要である。タイムラインの実効性を確保するための今後の課題を以下に整理した。

- ・ 人員及び体制確保のための近隣関係機関との協議
- ・ 事前通行規制を実施する際の判断基準の設定
- ・ 情報共有の仕組みの構築
- ・ 道路利用者の意識の向上

豪雪地域では、入手できる数少ない情報から担当者の経験により、降雪予測や積雪状況把握を行っており、CCTV の増強や情報収集手段を複数確保し、正確さを増すことが重要である。

非豪雪地域では、日常の管理で豪雪に対応することが殆ど無く、資機材について支援を受ける必要があり、上記課題について、訓練等の十分な準備が必要である。また、道路利用者も同様に経験が浅いため、タイムライン案に基づく事前通行規制による集中除雪への合意を得られるよう、日頃から啓発活動を行うことが重要である。

特に、人員及び体制確保の手法や事前通行規制の判断基準は、豪雪地域、非豪雪地域にかかわらず重要であり、その具体的内容は今後の研究課題である。

[成果の活用]

地方整備局等の道路管理の担当者が、大規模災害に備えた事前対策メニューを検討する際の基礎資料として活用できる。

大規模津波に対して減災を実現する道路管理に関する調査

Study on road management for disaster mitigation against large-scale tsunami

(研究期間 平成 25～27 年度)

防災・メンテナンス基盤研究センター国土防災研究室

Research Center for Land and
Construction Management
Disaster Prevention Division

室長

Head

主任研究官

Senior Researcher

主任研究官

Senior Researcher

松本 幸司

Koji MATSUMOTO

片岡 正次郎

Shojiro KATAOKA

長屋 和宏

Kazuhiro NAGAYA

Current road management manuals against tsunami only focus on the largest tsunami anticipated in the area. In this study, guideline for road management manual for tsunami disaster mitigation is proposed based on the crisis management level corresponding to scale and arrival timing of tsunami.

[研究目的及び経緯]

国土交通省では、防災に関してとるべき措置及び地域防災計画の作成の基準となるべき事項を定め、防災対策の総合的かつ計画的な推進を図り、もって民生の安定、国土の保全、社会秩序の維持と公共の福祉の確保に資することを目的として「防災業務計画」を定めている。また、各現場では、所掌事務について適切に災害対応をするためのマニュアルや手引きなどを整備している。津波を想定した道路管理では、最大規模の津波を想定した対応が多く、津波の規模、到達時間などに応じたマニュアルとなっていない部分がある。

本調査では、津波の規模、到達時間に応じた危機管理レベルの策定を目的とした調査を行い、大規模津波に対して減災を実現する道路管理マニュアル作成ガイドラインの提案を行う。本年度は、既往地震の道路管理者の対応を事例集として整理するとともに、南海トラフ巨大地震および津波災害を想定した問題点の整理を行い、道路管理者が大規模津波を想定した対応マニュアルを作成するための参考集のとりまとめを行った。

[研究内容]

1. 既往地震における災害対応の事例の整理

東日本大震災をはじめとする既往の地震および津波災害における道路管理者の災害対応を振り返ることができる事例集の取りまとめを行った。取りまとめは、これまでの国土防災研究室が実施してきた、東日本大震災をはじめとする既往地震の災害対応を行った道路管理者ヒアリング結果(30 事例)を用いた。

取りまとめにあたっては、震後行動の種類(例：情報

伝達・集約、通行規制の実施など)や対応結果などにより分類し、整理を行った。

2. 南海トラフ巨大地震および津波災害を想定した問題点の整理

南海トラフ巨大地震の被害想定を踏まえた、道路管理において対応を必要とすべき事項の整理を行った。

整理にあたっては、内閣府から公表されている南海トラフ巨大地震の震度分布、津波高等とともに、国土交通省南海トラフ巨大地震対策計画や関係自治体などから公表されている対策計画なども踏まえた、当該地域における道路管理担当者からのヒアリングを実施した。

3. 道路施設管理上の津波対応参考集の整理

1. および 2. の整理結果を踏まえ、道路管理者が、津波災害を想定した対応マニュアルを策定・改訂する際に参照することを想定し、マニュアルに記載すべき基本事項や既往災害の特徴的な事例などを参考集として取りまとめた。

なお、津波対応参考集の整理にあたり、津波対応マニュアルに記載すべき基本事項・記載範囲等については、関連する上位計画等との関係についても整理した。

[研究成果]

1. 既往地震における災害対応事例の整理

災害対応事例の整理にあたっては次のステップで整理を進めた。

①ヒアリング内容の整理、②災害対応時の特筆すべき事例(好事例、教訓・課題が明らかとなった事例)を抽出、③それぞれを一つのエピソードとして災害事象

大項目	情報収集
中項目	津波情報
チリ地震	北海道開発局 2【好事例】 同じ建物に構えている別部署である港湾部局が既に細かい情報を得ており、そこから情報がいった。 7【課題】 防災課経由で情報が共有されることはなかった。
	近畿地方整備局 2【好事例】 気象情報は「紀南防災ネット」システムにより入手できた。 3【課題】 参集後に浸水の可能性がある箇所の抽出をし、見過ぎまでかかった。 8【課題】 CCTVだけでは津波の判断ができなかった。
東日本大震災	道路部 14【好事例】 震度の確認は、気象庁・ウェザーニュースと携帯サービスと契約しており、携帯が繋がっていた初期の間は情報収集できた。
	東北地方整備局 10【好事例】 CCTVが自家発の電気を持っていたので記録に残っている 18【課題】 その場所に急行した時に津波が来て、国土交通省の職員はみんながまだこっちにいるのに逃げたとのうわさが地元で流れた
	三陸国道事務所 45【好事例】 市役所の屋上に付けたカメラによって、45号を津波が来襲し、車両が巻き込まれたり、逃げたりしている画像をリアルタイムで見えた。 47【好事例】 道路沿いの交通管制エリアには設置を認められないという警察からの回答があったので、構造施設や宮古市役所等の自治体の建物を使いながら津波監視用カメラを付けた。 48【課題】 津波が道路上に浸水したことで道路が被災を受け、さらに法面が崩れたことで光回線が切れた
	仙台河川国道事務所 7【課題】 地震や津波の情報は、気象庁システムと契約せず、テレビ報道や携帯のウェザーニュースで収集した。

大項目	情報収集
中項目	津波情報
東北地方整備局	磐城国道事務所 5【課題】 最新の津波警報や解除情報は気象台より、整備局には情報が入っていたが、事務所に来ておらず、テレビで確認していた。 16【課題】 震災による光ケーブルの切断でCCTVが見えなくなった 17【課題】 CCTVは、津波到達を見るために設置したものはない。
	関東地方整備局 道路部 11【好事例】 気象協会と契約していたため、防災気象情報は全て収集できた
東日本大震災	東京国道事務所 5【課題】 東京湾に津波が来たという発表や速報があったが、それを別の手段で確認できなかった。
	千葉国道事務所 4【好事例】 気象庁からFAX等が届くことはなかったが、テレビやネットで情報収集。また、契約している気象協会からのメール配信やイントラにて、地震や津波に関するおおよその情報収集・確認ができた。 5【好事例】 通信手段として、内線など専用回線（マイクロ）は問題なく利用できた。 6【課題】 NTTの固定、携帯電話は使える時と使えない時があった。優先電話の場合、固定は使えたが、携帯ははかりにくかった。
	関東地方整備局 常陸河川国道事務所 18【課題】 津波を想定し、内湾でも海側にはCCTVカメラが必要だが、警察や局の許可が出なかった。 14【課題】 気象庁の解除情報を、事前つかんではない。 15【課題】 出張所から現場の業者には災害優先電話で連絡はできるが、業者から出張所には返さない。そのため、出張所まで戻っての報告となった。 16【課題】 携帯のK-COSMOSは全然つながり使えなかった。 17【好事例】 県庁にはりエゾンを派遣し、交代制で詰めて、災害優先携帯を渡し、なんかあったら連絡をしてもらうことにした。優先電話で不自由もなかったため、県庁のマイクロは使うという発想がなかった。

表－1 ヒアリングより得られた、課題教訓のエピソード(抜粋)

毎に整理。

各ステップでの整理などにあたっては、過度にエピソードの類型化や背景の整理を行わないように留意し、個別の具体事例を振り返ることが出来る様に、それぞれの事例をカルテ形式で整理した。

その結果、約7,000件のエピソードを整理し(表－1)、津波対応マニュアルの作成や、事例照会などで活用する際に容易に検索ができるように災害対応のキーワードで分類を行い、データベースとして取りまとめた。

2. 南海トラフ巨大地震および津波災害を想定した問題点の整理

既存の各種計画の整理結果から、津波災害を想定した災害対応では、海上輸送や港湾施設の復旧など、道路のみならず総合的な啓開の必要性が明らかとなった。また、隣接事務所および県、市町村などと連携した道路管理計画の策定の重要性が明らかとなった。

津波災害が想定される地域の道路管理担当者に対するヒアリングでは、当該地域の地図に津波浸水想定、関連施設等を整理し、意見の聴取を行った。この結果、津波来襲による避難路の確保、災害発生後の救命・救急行為のための交通確保といった道路が従来維持すべ

き機能確保のための対応の他、被害が発生することにより道路交通に影響を及ぼす施設として、大規模工業地帯の石油コンビナート、火力発電所などの浸水の有無等を鑑みた対応の必要性が明らかとなった。

3. 道路施設管理上の津波対応参考集の整理

東日本大震災をはじめとする近年に発生した津波災害に対する道路施設管理に関する事例の整理では、好事例・教訓的事例などに分類するとともに、道路管理者が地震発生後に行うべき災害対応の流れとタスクに着目し、時系列で整理した。

整理結果は、大規模津波を想定した、道路管理マニュアル作成ガイドラインに取りまとめることを想定し、マニュアルの記載項目(目次)に留意した。

[成果の活用]

東日本大震災をはじめとする、既往地震における災害対応の事例の整理および南海トラフ巨大地震および津波災害を想定した問題点の整理を通じ、道路管理者が津波対応マニュアルを作成する際の留意点や参考事例をとりまとめた。今後、地方整備局などの津波対応マニュアルへの反映を図る。

道路構造物の総合的アセットマネジメントシステムの 構築のための調査

Study to establish comprehensive asset management system for road structures

(研究期間 平成 26~28 年度)

道路構造物研究部 橋梁研究室
Road Structure Department
Bridge and Structures Division

研究員 岡田 紗也加
Research Engineer Sayaka OKADA

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher
研究官
Researcher

交流研究員
Guest Research Engineer
Yoshiteru KOWASE

玉越 隆史
Takashi TAMAKOSHI
白戸 真大
Masahiro SHIRATO
宮原 史
Fumi MIYAHARA

強瀬 義輝

NILIM studies foreign management systems for road structures and quality of inspection to establish comprehensive asset management system for road structures in JAPAN. For the purpose of providing basic data for this study, this paper investigated the systems in some Europe countries and compared indicator to evaluate condition of a bridge in Germany to that of Japan. Furthermore, this paper analyzed the difference of inspection results between inspectors.

[研究目的及び経緯]

本研究は、道路構造物の点検や長寿命化修繕計画の品質確保に資する制度や技術基準類等を確立するための技術的知見を得ることを目的とする。

平成 26 年度は、今後、我が国の合理的な維持管理制度や技術基準類等を検討していく上で参考とすることを目的に、法体系が我が国とは異なる欧州 3 カ国の制度や技術基準類の調査を行った。

また、道路構造物の管理水準の定量化や可視化の実現方策の一つとして過年度までに国総研が提案した道路橋の状態評価指標について、適用性の向上などの改良のための参考となる情報を得るために、既に実務で導入されているドイツの状態評価指標について調査を行った。

さらに、技術者の知識や能力に依存する要素の大きい道路構造物の定期点検において従事技術者の技術力と点検結果のばらつきや品質の関係を明らかにするために実際の道路橋の点検で得られるデータをもとに分析を行った。

[研究内容及び成果]

1. 欧州における道路構造物の維持管理に関する調査

(1) ドイツの道路構造物の維持管理

a) 法体系

ドイツの基本的な行政区分は、連邦、州、郡、市町村の 4 つである。立法権は連邦と州にあり、憲法に相

当する「基本法」に特段の規定が無い限り、州が国の権限を行使する。連邦は主要な道路である連邦長距離道路の所有者である。一方、連邦長距離道路の管理行為は全て州に委託している。

b) 維持管理の制度

連邦は、連邦長距離道路の管理の受託者である州に、連邦長距離道路の管理に適用する技術基準「道路に関する一般通達 (ARS)」を通知している。このことにより、連邦は自ら管理行為を行わないものの、連邦長距離道路の管理については連邦が必要と認める技術レベルの管理が担保される仕組みとなっている。また、州に対して、連邦長距離道路の管理に必要な予算を配分し、上記の技術レベルの管理の実行を担保している。

他方、ARS 自体は地方道路には拘束力をもたない。また、基本法には、州道の管理に対して連邦が財政支援を行うことができるとはされているものの、その対象は「州の行う投資が連邦経済全体の均衡の維持、経済力の調整のために重要な場合や経済成長のために特に重要な場合」と限定されている。

(2) スウェーデンの道路構造物の維持管理

a) 法体系

スウェーデンの行政区分は、国、ランスタイング (県に相当)、コミューン (市町村に相当) の 3 つである。国は社会全体の発展とナショナルミニマムの保障に全体的に責任を持ち、地方自治体の各分野の事務につい

て目標と指針を示し、地方自治体はそれに沿って事務を実施するとされている。道路区分には公道（国道と県道）、民間道路があり、国は全ての公道と一部の民間道路を管理している。

b) 維持管理の制度

国は自ら定める橋梁点検要領に基づいて点検を行っている。また、国の出先機関が策定する修繕計画に対し予算を配分している。以上のように、国が責任を持つ「社会全体の発展とナショナルミニマム」の解釈として、県道も含む全ての公道を国が直接管理していると考えられる。

(3) オーストリアの道路構造物の維持管理

a) 法体系

オーストリアの行政区分は、連邦、州、市町村の3つである。連邦道は連邦とオーストリア道路公社（ASFINAG）が契約を締結している道路としていない道路に分かれ、前者はASFINAGが管理し、後者は連邦が管理する。契約を締結している場合は、連邦の全ての義務と権利がASFINAGに移行することが連邦道路法に定められている。

b) 維持管理の制度

連邦とASFINAGが契約を締結している道路は、ASFINAGが定める橋梁点検要領に基づいて点検を行っている。契約していない道路は連邦が定める橋梁点検要領に基づいて行っている。地方道路の維持管理に関する技術的事項の取扱は今回の調査では全貌が明らかにならなかった。しかし、一例としてチロル州道路法では、基本的な定期点検の頻度は連邦と同じであるものの、連邦とは異なる例外規定がみられることから、技術的事項の取扱は州以下の各道路管理者の裁量に任されていることが推察される。

2. ドイツにおける状態評価指標の導入事例

ドイツでは、「DIN1076による点検結果の統一、分類、評価、記録及び報告に関するガイドライン（RI-EBW-PRüF）」に基づいて道路構造物の状態を表す点数に換算することがARSに定められている。RI-EBW-PRüFでは、客観的 point 検査データを用いて安定性、交通安全性、耐久性の3つの観点から構造物の状態が点数化される。

算出された状態評価指標は、修繕が必要となる時期を含む観点から1.0から4.0の間で6段階で区分される。基本法において、連邦長距離道路の整備・維持計画の策定が連邦の業務として定められていることを考慮すると、RI-EBW-PRüFによる状態評価指標の算出は、連邦が長距離道路の状態を把握し、中長期の予算計画を策定することを目的としている可能性が高いと考えられる。

一方で、措置の必要性や緊急度の判断には技術者による診断が必要と考えられ、状態評価指標と実際の措置の有無は必ずしも対応していないことが推測される。

なお、ARSでは状態評価指標をデータベース「SIB-Bauwerke」に登録することも定めている。さらに、現在ドイツではこれと連動した橋梁マネジメントシステム（BMS）を開発中である。しかし、状態評価指標のBMSへの反映方法や、BMSにより算出された維持管理計画の実務への活用方法は、今回の調査では全貌が明らかにならなかった。

3. 橋梁点検の品質に関する分析

2橋を対象に7者が橋梁定期点検要領（案）に基づき定期点検を行った結果を分析した。分析にあたっては、主要な損傷種類の対策区分の判定を対象に、点検者にアンケート調査を行い、それぞれの判定において考慮した事項及びその内容を選択式で確認した。

その結果、概ね損傷の種類によらず、判定において考慮した事項の数が多し点検者と少し点検者に分かれる結果となった。

例えば、路面の凹凸に対する対策区分に着目すると、最も多くの事項を考慮したB者は、全者が考慮した「損傷の進展」と比較して考慮した者が少なかった「別の損傷が誘発される可能性」や「更なる調査や専門家による調査の必要性」についても根拠をもって判定に考慮していたことが分かった。その結果、他の6者がB判定をした中、B者は唯一C判定としていた。

他方、考慮した事項が最も少なかったA者は、「損傷の進展」について、前回点検からの進展のみから今後の進展を推測する等、根拠に乏しい点も見られ、B者と比較すると考慮した事項のみならずその内容にも明確な差があった。

これらの結果からは、点検者の技術力に起因し定期点検の品質にばらつきを生じている可能性は高いと考えられる。

【今後の課題】

今後我が国においても、状態評価指標の算定、データベースの活用、マネジメントシステムの活用等、点検結果を活用した維持管理手法の導入について議論がなされるものと考えられる。今回必ずしも明らかにならなかった海外における点検結果の実務への活用方法の詳細については、引き続き調査を行うことで、我が国における技術基準類の作成や道路管理者への技術支援項目の検討に有益な情報が得られると考えられる。

【成果の発表】

各種論文で発表予定。

【成果の活用】

長寿命化修繕計画策定に関する参考資料等に反映。

道路構造物群の管理状態評価に関する調査検討

Study on prediction method for future states of bridges and evaluation method for road structure states
(研究期間 平成 24 年度～27 年度)

道路構造物研究部 橋梁研究室 Road Structure Department Bridge and Structures Division	室長 Head 主任研究官 Senior Researcher	玉越 隆史 Takashi TAMAKOSHI 白戸 真大 Masahiro SHIRATO
研究官 Researcher	宮原 史 Fumi MIYAHARA	研究官 Researcher
研究員 Research Engineer	岡田 紗也加 Sayaka OKADA	交流研究員 Guest Research Engineer
		横井 芳輝 Yoshiteru YOKOI 強瀬 義輝 Yoshiteru KOWASE

NILIM has been developing a strategic maintenance and management approach for aging road structures that can evaluate and optimize the levels of movability and structural safety of roads. Accordingly, this study has examined models to estimate the deterioration curves of individual distress types using bridge inspection data and evaluated the influence of element-level deteriorations on the time-dependent collapse risk of bridge systems. In addition, because various types of damage usually tend to appear simultaneously in structural elements such as crack and water seepage in concrete members, this study has also investigated the change in deterioration rates when different distress types appear simultaneously.

〔研究目的及び経緯〕

道路構造物群全体の維持管理の合理化のためには、道路橋の将来の資産状態について信頼性を考慮して評価できる手法や、管理水準について統一かつ定量的な尺度で評価する手法の確立が求められている。

本研究では、実測されたデータからの母集団推計や傾向分析等を実績のある代表的な統計的手法を直轄道路橋の点検データに適用し、劣化予測手法や構造の状態評価手法としての適用性について検討してきた。また、代表的な道路橋形式に対して、各部材と橋全体の性能の関連性に着目して FTA を適用したリスク構造の分析を行い、道路橋毎の構造的な冗長性の設計や維持管理の優先度付けなどに反映させるための定量的な評価方法の検討を行った。さらに、様々な予測や評価の元となる点検の高度化を視野に、複数の変状が複合的に発生・進展する劣化過程の分析および劣化予測の信頼性向上に関わる損傷の特徴整理を行った。

〔研究内容及び研究成果〕

1. 道路橋の劣化予測

道路橋の部材の状態推移の特徴について、遷移確率の経年的依存性や時間的連続性などの観点から、それぞれ異なる捉え方となる複数の劣化予測モデルから、道路構造物などに適用実績のあるものを選定し、直轄管理の道路橋の点検データ約22,000橋に適用して予測結果について比較を行った。表-1に劣化特性の捉え方と適用した劣化予測モデルの関係を示す。図-1には各

手法毎に得られた状態遷移確率から求めた劣化曲線の例を示す。劣化曲線は各年の損傷程度の期待値を回帰して求めた。この例では①と③の手法では近い予測結果が得られたが、④はこれらと大きく乖離している。このように採用する劣化予測モデルにより、将来状態の予測結果は大きく異なる可能性があること、予測モデル相互の結果の相違の状況が損傷種類や着目部材毎にも大きく異なることを実データにより明らかにした。

表-1 損傷の劣化特性の捉え方と劣化予測モデル

劣化予測モデル	時間的連続性 (観測時点以外での状態遷移)		経年依存	
	離散	連続	なし (斉時性)	あり (非斉時性)
①マルコフ遷移モデル(集計)	○	○	○	○
②マルコフ遷移モデル(最尤推計)	○	○	○	○
③ワイブル遷移モデル(最尤推計)	○	○	○	○
④分割マルコフ遷移モデル(集計)	○	○	△注1)	△注1)

注)1 同じ分割区間内の経年依存性は無視される。

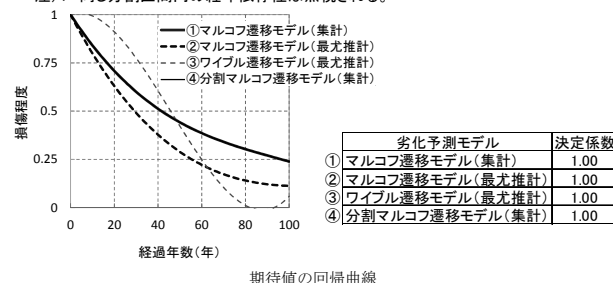


図-1 劣化予測結果(鋼板橋_腐食_A・B塗装系)の例

2. FTAを適用した道路橋のリスク構造の分析

供用期間中の道路橋の構造安全性は、構造形式にも大きく依存する構造系のリダダンシーにも左右され

る。一方、各部材の安全余裕は劣化などにより経時的に変化するため供用中の構造安全性の評価には、橋全体の構造安全性に対する各部材の位置づけとその性能の経年的変化の両方を考慮することが必要である。

そこで本研究では、代表的な道路橋条件に対して、構造システムとしてのリスク構造をFTA法により分析するとともに、実際の点検データから得られた劣化特性を用いて損傷発生確率を求めて経年に伴うリスクの変化を試算した。頂上事象は「橋梁が致命的となる状態（国の点検における対策区分E1に相当）」として図-2に示すようなFT図を構築した。基本事象の確率 X_1 は、損傷種類、部位毎にマルコフ過程を前提に点検データから推定した状態遷移確率分布を使って経過年ごとに算出したリスク発生確率とした。基本事象を部材・損傷種類ごとのE1発生確率とするため、劣化予測式等から定めた損傷程度 e に対し、対策区分E1となる割合をANDゲートで結んだFT構造とした。

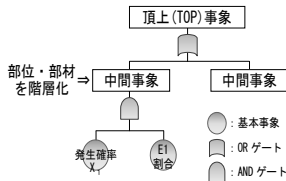
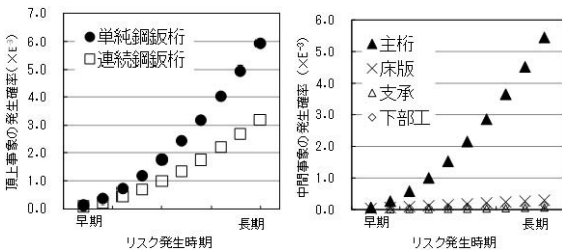


図-2 FT図の構造のイメージ

単純4主鋼桁(2連)と2径間連続4主鋼桁について頂上事象発生確率を比較した例を図-3(a)に示す。横軸の左側を早期(供用初期)、右側を長期に頂上事象が発生する確率として表している。早期の頂上事象の発生確率は同等であるが、経年により単純桁と連続桁に差が生じ、長期(100年想定)で単純桁の発生確率が連続桁の約2倍程度となった。中間事象である部材の破壊確率(図-3(b))をみると、主桁の腐食によるE1発生確率が頂上事象の発生確率に大きく影響している。主桁の腐食発生確率とE1発生割合は同じ値を用いているものの、腐食の進行が早い桁端部の数が単純鋼桁4箇所に対して連続鋼桁3箇所と少ないことから、頂上事象の発生確率が高くなっているためと考えられる。



(a) 頂上事象(単純橋と連続橋) (b) 中間事象(単純鋼桁)

図-3 事象発生確率の比較

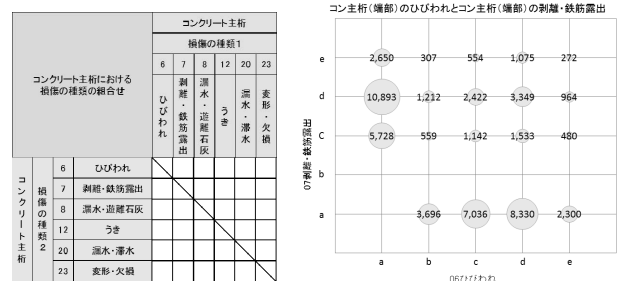
このように、構造系や材料の相違によっても経年で頂上事象が生じる確率やそのクリティカルとなる部材は様々に変化しうることが明らかにできた。一方で、道路橋の場合、部材の損傷や破壊が構造系全体へ及ぼ

す影響は設計の仮定と実態で乖離があることが多く、実構造物の構造特性を正確に反映した適切なFT図の設定、劣化や損傷の程度と部材の耐荷力性能の正確な対応付けが信頼性のあるリスク評価を行うためには極めて重要であるという課題も明らかとなった。

3. 特定の損傷特徴に係る整理

全国の直轄道路橋(約28,000橋)で蓄積された定期点検のデータを用いて、同時に生じる種類の異なる複数の損傷が部材の状態変化に及ぼす影響を分析した。

まず、同一要素に生じる複数の損傷種類の同時発生傾向について整理した。図-4(a)にコンクリート主桁を対象に、同一要素に発生しうる損傷の種類の組合せを示す。これらの損傷種類の組合せごとに、損傷程度の評価の相関関係を整理した。一例として、図-4(b)にコンクリート主桁のひびわれと剥離・鉄筋露出の損傷程度の評価の関係を示す。どちらかの損傷がない場合を除いて、ひびわれよりも剥離・鉄筋露出の程度が悪くなる傾向も窺えた。これらの結果を基に、コンクリート主桁において確認された複合的に発生する損傷の特徴を整理行ったものを、表-2に示す。ひびわれと剥離・鉄筋露出の劣化損傷進行過程を比較したとき、ひびわれの損傷程度が悪化する後を追うように、剥離・鉄筋露出の損傷が進行していることが分かる。このように部材としての評価の信頼性向上のためには、併発する種類の異なる損傷の影響も考慮した劣化過程を反映した評価が不可欠であるといえる。



(a) 組み合わせの種類 (b) 桁端部(ひびわれ・剥離・鉄筋露出)

図-4 コンクリート主桁の損傷の組み合わせの例

表-2 コンクリート主桁 複合損傷の劣化進行過程

状態	損傷の状況	点検における損傷の程度			
		ひびわれ	剥離・鉄筋露出	うき	うき
①	-損傷なし -ひびわれ(0程度)が発生している。 -うきが発生している。	a	a	a	a
②	-剥離・鉄筋露出は確認されない。 -剥離・鉄筋露出は確認されない。	b,c	a	a	e
③	-ひびわれ(0程度)が発生している。 -ひびわれから剥離・鉄筋露出が確認される。 -剥離・鉄筋露出は確認される。 -剥離した周囲にうきを確認される。	b,c	c,d,e	c	e
④	以下の損傷のいずれかが発生している状態。 -ひびわれ(0程度)が発生している。 -ひびわれから剥離が確認される。 -剥離・鉄筋露出は確認される。 -剥離・鉄筋露出した周囲にうきを確認される。	d	-	d	e
⑤	-ひびわれ(0程度)が発生している。 -ひびわれから剥離が確認される。 -剥離・鉄筋露出は確認される。 -剥離・鉄筋露出した周囲にうきを確認される。	e	-	e	e

【成果の発表】

国総研資料及び各種論文等で発表予定。

【成果の活用】

定期点検要領(案)の改定や設計基準原案の検討に反映。

既設道路橋の補修・補強設計基準に関する調査検討

Research to Develop Design Standards for Repair and Reinforcement Works of Existing Highway Bridges

(研究期間 平成 24～27 年度)

道路構造物研究部 橋梁研究室

Road Structure Department

Bridge and Structures Division

主任研究官 白戸 真大

Senior Researcher Masahiro Shirato

研究官 横井 芳輝

Researcher Yoshiteru Yokoi

交流研究員 山崎 健次郎

Guest Research Engineer Kenjiro Yamasaki

交流研究員 強瀬 義輝

Guest Research Engineer Yoshiteru Kowase

室長

玉越 隆史

Head

Takashi Tamakoshi

研究官

宮原 史

Researcher

Fumi Miyahara

研究員

岡田 紗也加

Research Engineer Sayaka Okada

交流研究員

川見 周平

Guest Research Engineer Shuhei Kawami

交流研究員

狩野 武

Guest Research Engineer Takeshi Karino

In order to evaluate the existing bridge performance and to carry out rational bridge maintenance, NILIM has verified loading test capability by the numerical analysis and studied the specifications of loading test truck with loading system and measurement sensors.

[研究目的及び経緯]

我が国の道路橋では供用数の増加と高齢化の進展により様々な劣化や損傷の事例が報告されている。今後も高齢化の進展により劣化や損傷の事例は増加することが予測され、将来的にも地震などの災害や火災などにより損傷を生じることが避けがたい。

損傷を生じた道路橋では、供用性の判断のための不可欠な基礎的情報として、現状における自動車荷重に対する耐荷力性能を迅速に把握することが求められることも多い。現状では都度重量調整を行ったダンプトラックなどの大型車両を多数橋上に配置して、橋の応答を計測する方法が行われることがあるものの、迅速性及び容易性の観点からは課題も多く、より簡便で信頼性の高い手法の確立が求められている。

[研究内容及び研究成果]

本研究では、従来行われてきた大型車を多数配置する実橋載荷試験にかわる、より合理的で信頼性の高い耐荷力評価試験方法として、極力橋梁側には計測機器等の設置を必要とせず、かつ多数の大型車の荷重調整を行って現地でそれらを連動させて載荷するという困難な作業を必要としない載荷試験方法の検討を行った。

このとき、既往の載荷試験の実績や耐荷力評価が必要とされた橋梁の損傷等の事例の収集・分析を行い、これらの多くの場合に適用可能となることを開発する

試験方法への要求性能として設定した。

様々な机上検討の結果、実現可能で優位性のある方法として、荷重載荷機能と計測機能を兼ね備えた耐荷力性能試験車（以下「試験車」という。）を選定し、実車の製作が行えるレベルで試験車の仕様を検討した。また載荷シミュレーションによる試験能力の検証を行った。

1. 試験車の仕様

本年度は過年度までの基礎的検討結果を踏まえ、車両の製作が実際に可能なレベルで車両の主構造、反力載荷装置等の各種機器や計測システムの設計仕様を検討した。試験車に対する基礎的要求は開発目的を踏ま

表-1 試験車の主な仕様

耐荷力性能試験車 車両本体	車両形式	20tクラスPTO動力付トラックタイプ
	車両寸法	車両幅: 2.5m以内、車両高: 3.8m以内、車両延長: 12.0m以内
	軸重	10ton
振動試験機	車両総重量	移動走行時: 20ton以内
	起振機	加振力: 444N
計測センサー	衝撃振動試験機	最大衝撃荷重: 20kN
	傾斜計	測定可能傾斜範囲: ±1度
環境計測装置	振動加速度計	対衝撃3G程度(ばね下設置50G)
	温度センサー	容量: -20℃～+50℃、分解能: 0.1℃
記録装置及び計測ソフトウェア	風向風速センサー	容量: 風向0°～360°、分解能: 風向1°、風速0.1m/s
	記録機器仕様	試験車キャビネット内に搭載
	計測ソフトウェア	試験車キャビネット内に搭載

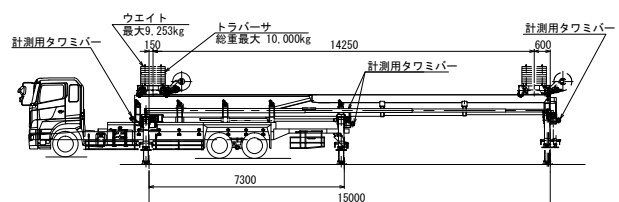


図-1 試験車の概要図

えて以下の2点とした。

- 1) 荷重装置は架装構造とし、走行時の車両規格は一般制限値内で自走が可能である。
- 2) 荷重装置は、4点の荷重で荷重位置の橋軸方向幅を5～15mの範囲で任意に設定でき、車両本体で荷重荷重が計測できる。

検討の結果、設定された試験車の主な仕様と概要図を、表-1及び図-1に示す。

2. 対象橋梁の整理

過年度までに、試験車の試験能力に対する要求水準の決定のために、過去に道路橋で大型車を用いた荷重試験が行われた事例について、荷重試験の目的、損傷箇所、試験実施期間、交通規制の有無などの項目を調査している。

今年度は、過去に調査した静的（動的）荷重試験、ひずみ又はたわみ測定、FEM解析の実施の有無を考慮して、試験実績例から表-2に示す鋼橋2橋、コンクリート橋2橋を選定し、これらに対する荷重シミュレーションにより検討した試験車と試験方法の適用性の検証を行った。

3. 試験車による耐荷力性能の評価

(1) FEM解析モデルのキャリブレーション

2. で選定した4橋の荷重試験事例に対して、静的数値解析により大型車による荷重試験が再現可能か検証した。解析モデルは、鋼橋はシェル要素と梁要素、コンクリート橋はソリッド要素でモデル化する。モデル化にあたっては、それぞれの荷重事例で用いている大型車の荷重を荷重し、荷重試験時の計測応答値を再現可能なものとした。

表-2 解析対象橋梁一覧

橋梁名	上部工形式	桁数	支間長(m)	総幅員(m)	測定の種類		実測値	
					静的荷重	動的荷重	ひずみ(μm)	たわみ(mm)
A橋	鋼3径間連続非合成桁	2主桁、2縦桁	24.6+32.8+24.6	6.00	○	○	○	○
B橋	鋼単純床版版桁	2主桁	19.4	4.50	○	○	○	○
C橋	PC5径間連続2主桁桁	2主桁	30.3+30.3+30.3	11.55	○	○	○	○
D橋	PC4径間連続箱桁	1主桁	64.2+2×85.2+64.2	10.00	○	○	○	○

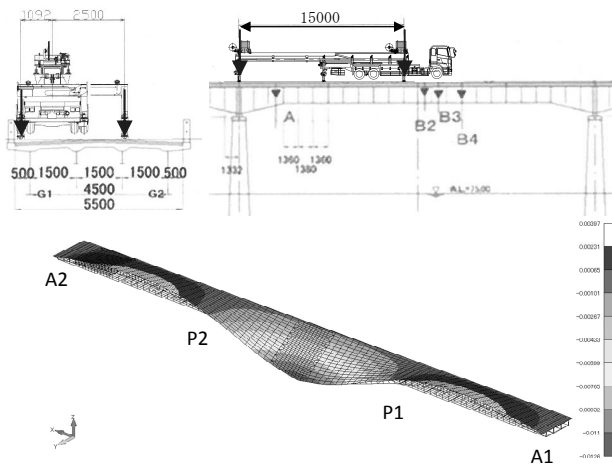


図-2 試験車荷重モデルと解析結果（A橋）

(2) 試験車の実橋への適用性評価

(1)で再現性を検証した4橋の解析モデルを用いて、試験車が実橋に対してどの程度の精度の試験が実施可能であるかの評価を行った。

試験車は、アウトリガーを橋軸方向及び橋軸直角方向へ張出し長を調整することに加えてトラバースを移動させることで、4点のアウトリガー支点反力を調整可能であり、たわみが大きくなるように各解析モデルの支間中央部に前方アウトリガーを配置し荷重した。図-2にA橋を代表例として、試験車の荷重モデルと解析結果例（変位図）を示す。

試験車の荷重荷重による発生応力は、鋼橋のB橋で55N/mm²、コンクリート橋のC橋で0.7 N/mm²、D橋で1.0 N/mm²程度の発生応力であった。これは、鋼橋で常時の許容値の1/3程度、コンクリート橋で常時の許容値程度の発生応力であり、試験車1台のみで弾性挙動の把握は十分に可能であることを確認できた。

また、大型車を荷重した既往荷重試験の再現結果を表-3に示す。実橋への適用性評価に際しては、経済性、簡便性を踏まえた検討も必要であるが、少なくとも鋼橋及びコンクリート橋で支間長30m程度までであれば、大型車を使った荷重試験を試験車1台で再現可能であることが確認できた。D橋のように支間長が30mを大きく超える橋梁では、試験車1台のみでは十分な応答を得ることが難しい場合がでてくる。

4. まとめ

荷重試験結果の評価にあたっては、応答を正確に把握することに加えて、損傷等の影響を反映した道路橋の応答そのものが部材や橋の耐荷力性能に及ぼす影響について、設計基準との関係も踏まえて精度よく評価できる手法の確立も不可欠である。これは補修補強内容の決定のみならず補修補強効果の確認にも必要であり、引き続きこれらに必要な研究を進める予定である。

[成果の発表]

国総研資料や論文等で公表。

[成果の活用]

荷重試験の実施への参考。

表-3 試験車による再現可能性

橋梁名	解析対象支間(m)	既往荷重試験		試験車による再現		検証結果
		トラック台数	解析結果	試験車台数	解析結果	
A橋	32.8	2台 (20.5t×2)	たわみ 9.42mm	1台 (前方アウトリガ反力 17.220t、7.522t)	たわみ 10.66mm	再現可能
B橋	19.4	1台 (19.1t)	発生応力 43.6N/mm ²	1台 (前方アウトリガ反力 12.033t、12.033t)	発生応力 55.0N/mm ²	再現可能
C橋	30.3	1台 (20.0t)	ひずみ 16.9μ	1台 (前方アウトリガ反力 12.371t、12.371t)	ひずみ 25.0μ	再現可能
D橋	64.2	6台 (20.0t×6)	たわみ 6.65mm	1台 (前方アウトリガ反力 12.371t、12.371t)	たわみ 1.07mm	再現不可

既設土中構造物等の補修・補強基準に関する調査検討

Study on repair and reinforcement criteria for existing underground structures

(研究期間 平成 26～28 年度)

道路構造物研究部 構造・基礎研究室

Road Structures Department

Foundation, Tunnel and Substructures Division

室長

Head

主任研究官

Senior Researcher

間渕 利明

Toshiaki MABUCHI

稲本 義昌

Yoshiaki INAMOTO

It was investigated what kind of technical standards were used when designed underground structures. Moreover, relationship between design condition and structural damage of the existing culverts were analyzed based on the damage examples of actual structures.

〔研究目的及び経緯〕

本研究は、既設土中構造物等の総点検等の点検結果及び被災経験等を踏まえ、重大事故に至る可能性のある損傷形態を対象に耐荷力試験やFEM解析等を行い、損傷状況及び補強効果の評価手法の検討を行う。また、定期点検要領の未策定構造物の現状、点検状況等を調査し、点検のあり方等の検討を行い、補修・補強基準や点検要領査定のための課題について明らかにすることを目的としている。

本年度は、検討に必要な基礎資料を得るため、土工構造物の技術図書類の内容に関する資料を整理するとともに、実際に施工された土工構造物の施工状況に関する調査・整理を行った。また、既存のカルバートを対象に損傷事例を収集し、それらの設計・構造条件を整理し、損傷との関連の分析を行った。さらに、8事例については数値解析による分析を行った。また、直轄国道の道路総点検データの整理や活用についての課題を整理した。

〔研究内容及び成果〕

1. 土工構造物に関する調査・整理

実際に施工されたシェッド（計 20 箇所）について、設計図書及び完成図書から①諸元の決定方法、②形式選定の経緯、③材料や付属物などの性能を確保するための前提条件について整理を行った。

また、以上の整理結果と土工構造物の点検結果および周辺法面、路面の点検結果について比較を行い、主な変状要因について考察を行った。

今回対象とした構造物における構造物本体の変状は、コンクリート部ではクラック、遊離石灰が多く、鋼材部分では腐食等の変状が多く確認された。（第三者被害につながる恐れがある変状ではない。）

対象の構造物の設計図書を確認したところ、コンク

リート強度および設計計算書等は、施工当時の基準書どおりに検討が実施されていることが確認できた。しかし、施工当時の写真や施工に関する図書などがなく、設計どおりに施工されたとは断定することはできなかった。いずれの構造物も施工後 25 年以上経過しており、周辺法面の点検結果からも斜面の変状などの大きな外力も確認できなかったこと、積雪寒冷地域であることなどから、経年的な老朽化が原因と考えられる。

2. 土工構造物の損傷事例の収集

土工構造物（補強土壁、シェッド）、基礎を対象に、損傷事例等を学会誌、専門誌等より収集するとともに、それらの変状状況、変状要因、対策工法を整理した。

損傷との関連の分析を行うため、損傷程度を 5 段階評価で分類し、損傷との関連を分析するため設計、構造条件等については設計条件、地形条件および変状要因等について要因区分として分類し、整理した。

損傷程度に対して複数の要因との関係性についての分析を行うため、要因区分を点数化し、損傷程度との相関関係を確認した。

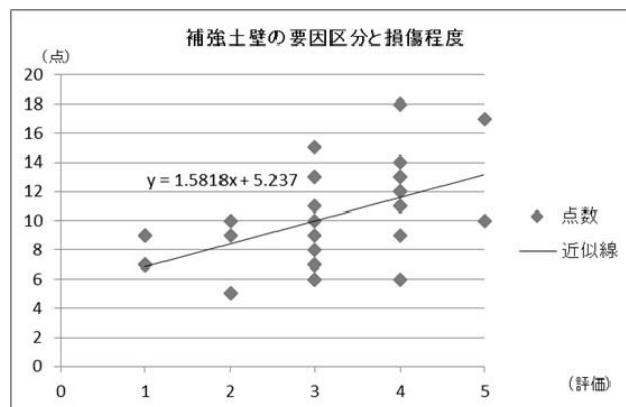


図-1 補強土壁の要因区分と損傷程度

文献から得られた限られたデータを、重回帰分析等の手法を用いて、以下の傾向を確認することができた。

補強土壁については、主たる要因以外で、その誘因となるような要因区分について、要因区分の点数が多いと、変状規模も大きくなるという比例の関係性を確認することができた。(図-1)

なお、シェッドについてはデータが少なかったこと、基礎に関しては、要因区分の合計値と損傷程度の関係についてバラツキが多かったことから、補強土壁のような相関は得ることができなかつた。

また、全国の土工構造物点検結果から、カルバート(709箇所)について抽出した。損傷の各データより、カルバートに生じる損傷としては、主の部位(頂版、側壁部、底板部)に多く発生することが確認できた。

損傷のうちひび割れ・クラック・亀裂が約4割を占める結果となった。(図-2)

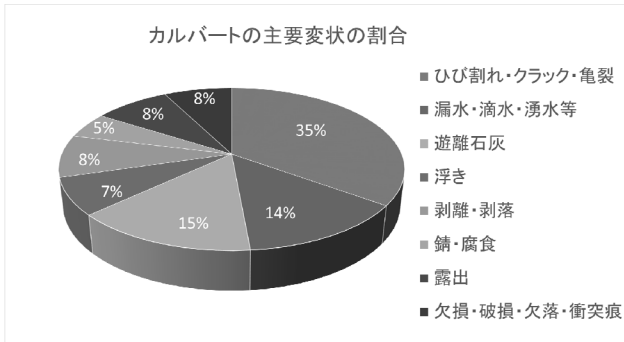


図-2 主要変状の割合

変状等が明確な既存のカルバート(8事例)に対し数値(FRAME)解析を行い、解析結果と実際に損傷している箇所に生じている応力等の対比を行った。

具体的な損傷事例としては、主に頂版に損傷が生じているものが多く、解析結果についても頂版内空側に引っ張りが発生する結果となっており、実例と同じ傾向であった。(図-3)

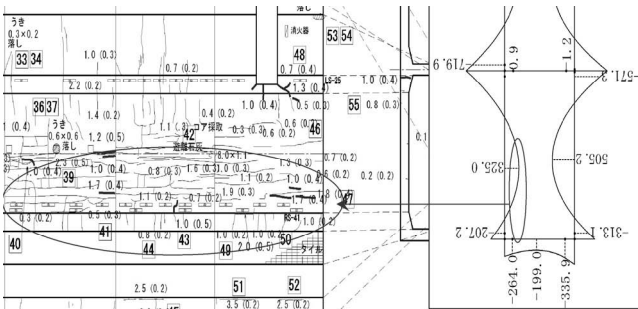


図-3 変状展開図と解析結果

3. 土工構造物の道路防災点検に係る整理

道路土工構造物の損傷の特徴を把握するため、土工構造物(擁壁、カルバート、シェッド)の道路防災総点検結果(カルテ点検を含む)の損傷図、損傷写真等を確認し、記録単位および要素区分、道路土工構造物

の損傷種類を分類して、損傷程度の評価基準等(シェッド・大型カルバート等の定期点検要領平成26年6月国土交通省道路局国道・防災課)を適用し、損傷の特徴整理を行った。

また、土工構造物ごとに損傷事例集として、損傷別に損傷状況の解説等を記載し整理を行った。

既存の点検結果のみを用いて損傷程度の評価を行うため、個人差の判断に委ねられる部分が多く、バラツキが生じる可能性がある。そのため、作成した損傷一覧表の損傷程度の評価について、作成の基になった道路防災総点検結果、ストック総点検結果の所見、スケッチ、平面図、現状記録写真等を確認し、見直しを行った。

設定した要素区分、ID、損傷等の区分、損傷程度の区分、諸元区分(損傷要因)について損傷パターンの区分を一覧表に整理した。

損傷の特徴整理は、構造形式、部位ごとに損傷の要因と損傷評価の割合が把握できるよう、グラフ化し、考察を表に整理した。(図-4)

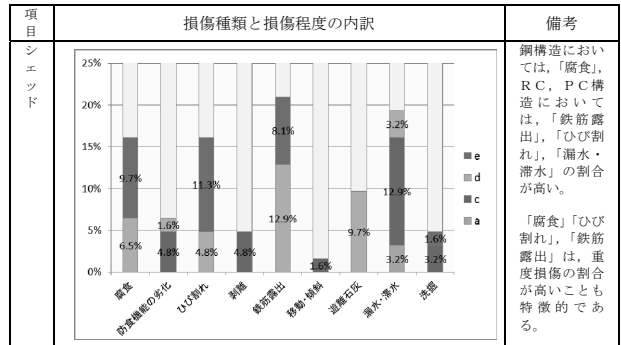


図-4 シェッドの損傷種類と損傷程度の内訳

シェッドにおいては、腐食やひび割れ、鉄筋露出に重度損傷の割合が高いことがわかった。

道路防災総点検結果から損傷事例を土工構造物ごとに損傷事例(損傷別に損傷状況解説等を記載)として該当する項目について整理した。

[今後の課題]

材質劣化や損傷した既設構造物の損傷程度や残存強度など不明な点が多く残されており、特に重大事故に至る可能性のある構造物について、損傷程度と残存強度や補強効果との関係を検討する必要がある。

[成果の発表]

各種論文等で発表予定である。

[成果の活用]

土中構造物等の補修・補強基準、定期点検要領未策定構造物の点検要領の策定等に反映させる。

盛土・切土・軟弱地盤対策工・自然斜面对策工の リスクマネジメント手法に関する調査研究

Study on risk management method for embankment, cut slope and countermeasures for weak ground and natural slope

(研究期間 平成 26 年度～28 年度)

道路構造物研究部 道路基盤研究室

Road Structures Department, Pavement and Earthworks Division

室長

Head

研究官

Researcher

藪 雅行

Masayuki Yabu

榎本 忠夫

Tadao Enomoto

The objective of this study is to establish the rational inspection method for earth structures in terms of the disaster management. In the first fiscal year, analyses of data from inspection results conducted by MLIT were conducted. Consequently, earth structures aged more than 20 years tended to have the riskiness of earthquake- and rain-induced severe damage.

〔研究目的及び経緯〕

我が国の社会資本は、これまでに蓄積されてきたストックのうち高齢化したものの割合が急速に増加しつつある。そのような現状において、限られた予算や人的資源の下で、道路土工構造物の健全性を将来にわたり適切な水準に維持し、必要な道路ネットワークの機能を維持できる方策の確立は急務となっている。そのため、様々な道路土工構造物の状態を把握するとともに、それらの情報に基づく合理的な点検手法の提示が求められている。

道路橋については、橋梁定期点検要領（案）（平成 16 年 3 月）制定以降、5 年に一度の点検が実施され、同要領による客観的なデータが蓄積されてきている。一方で、土工構造物については、第三者被害を防止する観点から、のり面工・土工構造物の変状等の変状（部材の落下等により災害、第三者被害につながるおそれのある変状等）を把握するため、総点検実施要領（案）【道路のり面工・土工構造物編】が平成 25 年 2 月に作成された。さらに、シェッド、大型カルバート等の定期点検要領が平成 26 年 6 月に制定されたところである。

本研究では、土工構造物（切土のり面・盛土のり面・グラウンドアンカー工・擁壁工・ロックシェッド・スノーシェッド・落石予防工・落石防護工・カルバート工・その他）に関する「総点検実施要領（案）【道路のり面工・土工構造物編】（平成 25 年 2 月 国土交通省道路局）」に基づく約 1 万件の別紙 2 調査記録表（記載内容：土工構造物の種別、位置情報、施工履歴、災害

履歴、補修履歴、事前通行規制の有無、点検結果、平面図等）を用いて、土工構造物における損傷の特徴等を分析するとともに現状の課題を抽出した。

〔研究内容及び研究成果〕

1. 総点検結果の分析および土工構造物における現状の課題抽出

表 1 に今回対象とした土工構造物の施設種別毎の施設数と割合を示す。

表 1 土工構造物の施設種別毎の施設数と割合

「施設種別」の項目	施設 総計	施設種別割合
切土のり面	1111	10.7%
盛土のり面	1727	16.7%
グラウンドアンカー工	77	0.7%
擁壁工	6263	60.6%
ロックシェッド・スノーシェッド	29	0.3%
落石予防工	7	0.1%
落石防護工	750	7.3%
カルバート工	376	3.6%
総計	10340	100.0%

1.1 施工時期と判定区分の関係

表 2 に点検における判定区分の定義を示す。図 1 に

完成年と判定区分の割合の関係を示す。この図より総点検時から20年（1990年程度）より以前に設置された施設では、変状を有する施設の割合が顕著に増加する傾向が認められる。また、図2に示す、完成年と最終補修年の両方のデータが記入されていた「施設種別詳細毎の完成年から最終補修年までの経過年数と補修された施設数の関係」から、分析の数は少ないものの、施工から概ね18年～20年以上の施設においては補修が必要な傾向にあると推察できる。これは上述の設置20年以降の施設に変状を有する割合が高くなる傾向と一致するものである。

表2 判定区分の定義

判定区分	判定の内容
A	異常あり(第三者被害につながるおそれのある変状がある場合)
B	今後第三者被害につながる異常に進展するおそれのある変状がみられる場合
C	A, Bには該当しないが、今後道路構造物の機能の低下につながる恐れのある変状がみられる場合
O	異常なし
その他	記入無し(空欄)、△などの独自の判定基準が記載されている場合、本業務においてはその他に統一

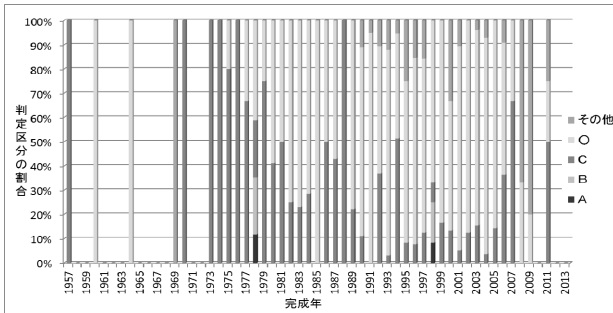


図1 完成年と判定区分の割合

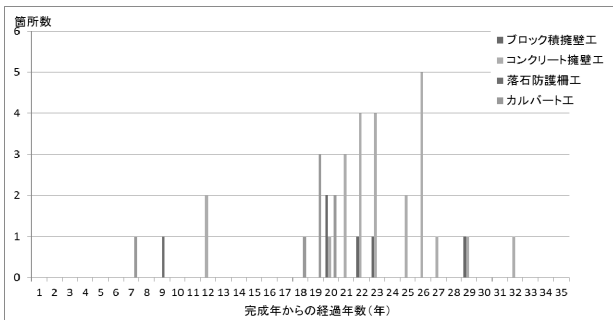


図2 完成年から最終補修年までの経過年数と補修された施設数

1.2 補修履歴と判定区分の関係

図3に示す最終補修年と判定区分の関係図から、過去に補修を行った箇所については、その後も変状が認められ、その変状の危険度も高い(A, B)傾向にあることがわかる。このことから、補修履歴を有する土工構造物に対しては、点検等を通じて補修後の経過を把握することの必要性が示された。

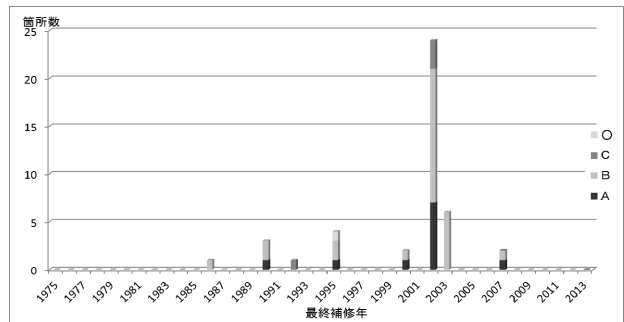


図3 最終補修年と判定区分の関係

1.3 施工時期と変状形態の関係

図4に示す完成年と変状形態の関係と、図5に示す完成年と1施設当たり発生している変状形態の数の関係から、施工時期が古い施設では、施設自体の老朽化に伴い、複数の変状が同時に発生していると考えられる。また、表面からでは確認できない他の変状形態を内在している可能性も考えられる。したがって、点検時においては、それらを念頭に置いて変状の有無を確認していく必要があると考えられる。

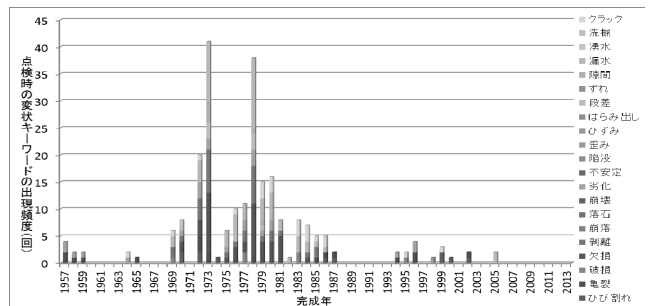


図4 完成年と変状形態の関係

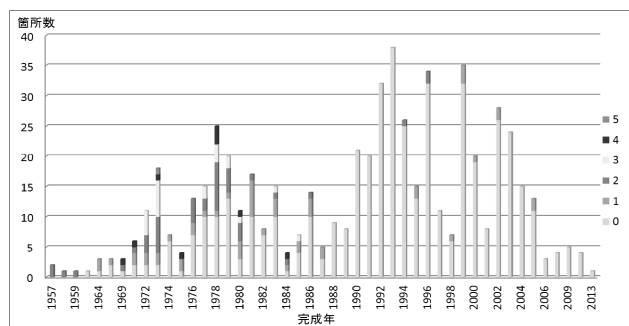


図5 完成年と1施設当たり発生している変状形態の数

[成果の発表]

各種論文等で発表予定。

[成果の活用]

道路土工指針類の改訂に反映する予定。

舗装の管理状態評価に関する調査検討

Research on management state evaluation of pavement

(研究期間 平成 26～28 年度)

道路構造物研究部 道路基盤研究室
Road Structures Department
Pavement and Earthworks Division

室長	藪 雅行
Head	Masayuki YABU
研究官	東 拓生
Researcher	Takuo AZUMA
研究官	石原 佳樹
Researcher	Yoshiki ISHIHARA

This research consider about long life technique of pavement and rational state evaluation method according to each type of characteristic of pavement.

We investigated evaluation method of aggregate scatter from a literature search and a field survey. As a result, we found out that the area ratio from appearance surveys and a result of measurement of unevenness in a road surface can estimate severity of aggregate scatter correctly.

In addition, we investigated about the effect of the maintenance methods for life extension of pavement. As a result, a seal material injection method to a crack of a pavement was effective against fewer traffic road. On the other hand, a cutting method of surface of deformed pavement was effective, to heavy traffic road and less snowfall road, and this method was effective against both crack of pavement and rutting deformation of pavement.

[研究目的及び経緯]

直轄国道における舗装状態の評価には主にひび割れ率、わだち掘れ量が用いられてきた。しかし近年、排水性舗装が普及するとともに、コンクリート舗装の活用も進められている。排水性舗装及びコンクリート舗装は、従来の密粒度舗装とは構造及び損傷形態が異なることから、それぞれの舗装の特性を考慮した適切な維持管理を行うことが必要である。

これらを踏まえ、本研究は、各種舗装の特性等に応じた合理的な状態評価方法及び舗装の長寿命化手法について検討するものである。

[研究内容]

1. 排水性舗装の損傷形態に関する文献調査

排水性舗装特有の破損形態である骨材飛散、空隙詰まり、空隙つぶれ等については、その発生メカニズム、損傷事例、修繕事例、発生抑制のための新技術等については、これまで体系的に整理されてこなかった。このため過去 10 年に出版された文献調査を行い排水性舗装特有の損傷形態について体系的な整理を行った。

2. 排水性舗装の評価指標に関する検討

既設の排水性舗装 (12 箇所、延長約 13km) について、目視調査による骨材飛散の状況 (面積率で表現) の調査を行うとともに、路面性状値、平均プロファイル深さ (MPD)、タイヤ近接音レベル等の調査を行い、

骨材飛散状況と各評価指標の関係を分析・整理した。

[研究成果]

1. 排水性舗装の損傷形態に関する文献調査

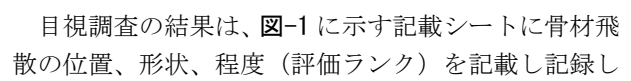
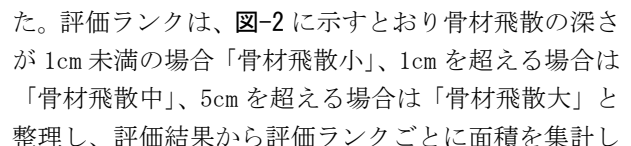
文献調査において損傷事例として最も多く取り上げられているのは骨材飛散であり、特に交差点内での事例が多く確認された。交差点部の骨材飛散のメカニズムについては、特に大型車の加減速、旋回などが原因であることが報告されていた。

現場における骨材飛散の評価方法としては、プロファイル測定装置を用いた MPD による評価、タイヤ/路面騒音レベル、目視調査による損傷評価方法などが確認された。また、目視調査の評価方法として面積率の計算方法などが確認された。

2. 排水性舗装の損傷状態の調査・整理

(1) 目視調査方法及び骨材飛散の整理方法

現地での目視調査結果については、骨材飛散の面積率 (以下、骨材飛散率 R_{ds} という) により評価した。以下にその整理・算出方法の概要を示す。

目視調査の結果は、-1 に示す記載シートに骨材飛散の位置、形状、程度 (評価ランク) を記載し記録した。評価ランクは、-2 に示すとおり骨材飛散の深さが 1cm 未満の場合「骨材飛散小」、1cm を超える場合は「骨材飛散中」、5cm を超える場合は「骨材飛散大」と整理し、評価結果から評価ランクごとに面積を集計し

た。集計した面積から式(1)を用いて骨材飛散率を算出した。

$$R_{AS} = \frac{\alpha_L \Sigma A_L + \alpha_M \Sigma A_M + \alpha_H \Sigma A_H}{A} \times 100 \quad (1)$$

R_{AS} : 骨材飛散率(%)

A_L, A_M, A_H : 骨材飛散の評価レベルごとの面積(m²)

$\alpha_L, \alpha_M, \alpha_H$: 骨材飛散の評価レベルごとの重み係数

A : 評価区間の舗装面積(m²)

なお、評価区間は延長10m単位で整理した。

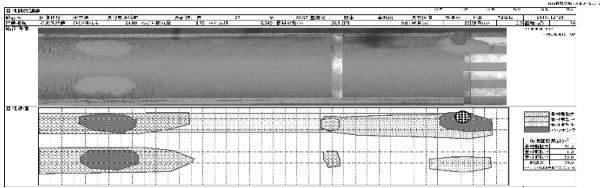


図-1 骨材飛散の目視調査評価シートの例

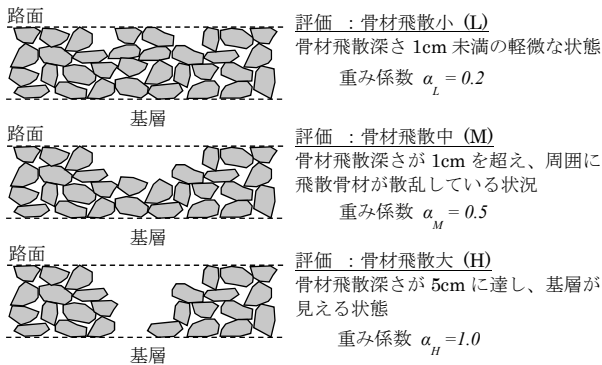


図-2 骨材飛散程度の評価レベル設定

(2) 骨材飛散状況の評価する指標の測定

目視調査は、舗装の損傷状況を精度良く把握可能な方法であるが、広範囲に調査を行うには多くの労力と時間を要する。このため、道路上で簡易に測定可能な指標として、従来の路面性状値の測定・算出に加えて、車載型のプロファイル測定装置により現地測定された路面の縦断プロファイルを基に平均プロファイル深さ(MPD)を算出するとともに、タイヤ近接音レベルを現地調査・算出し、目視調査の整理結果である骨材飛散率との相関を分析した。

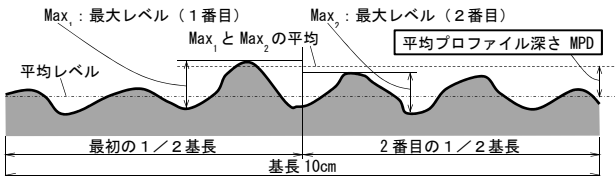


図-3 平均プロファイル深さ MPD 算出方法

MPDの算出方法を図-3に示す。プロファイル測定装置による測定結果を10cmごとに分割し、10cmの区間内の1番目の最大レベル(路面凹凸のピーク)と2番目の最大レベルを読み取り、式(2)によってMPDを算出する。この値を延長10m単位で平均することで10m

ごとの代表的なMPDを算出した。

$$MPD = \frac{Max_1 + Max_2}{2} - \text{平均レベル} \quad (2)$$

(3) 骨材飛散率と各指標の相関分析

目視調査による骨材飛散率と平坦性の関係を図-4に示す。骨材飛散率は、平坦性との相関が見られるものの、ばらつきが大きい結果となった。

一方、骨材飛散率と平均プロファイル深さMPDの関係を図-5に示す。MPDについては骨材飛散との相関がみられ、平坦性よりばらつきは少なくなっている。

また図-6に骨材飛散率とタイヤ近接音レベルを示す。これによると、特に比較的低周波の250Hz帯のタイヤ近接音レベルと骨材飛散率に一定の相関が見られた。

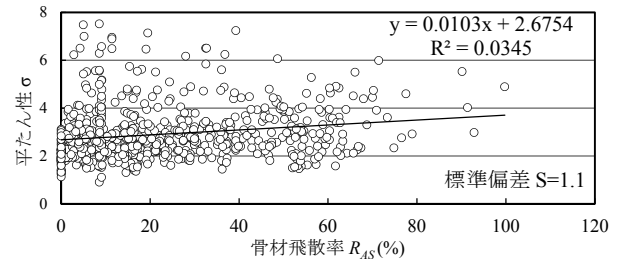


図-4 骨材飛散率と平坦性の関係

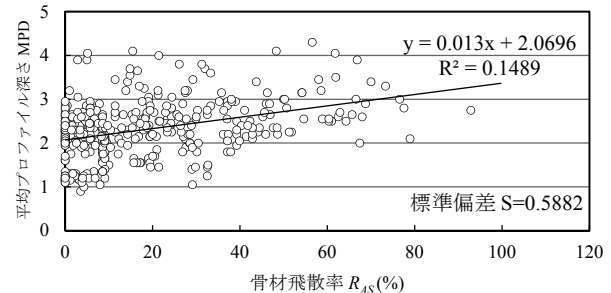


図-5 骨材飛散率と平均プロファイル深さ(MPD)の関係

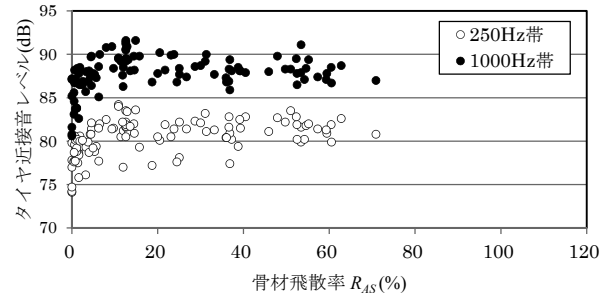


図-6 骨材飛散率とタイヤ近接音レベルの関係

[成果の発表]

各種論文等で発表予定。

[成果の活用]

各種舗装の特性等に応じた合理的な状態評価方法及び舗装の長寿命化手法について今後さらに検討を進め、舗装の維持管理に関する技術資料をとりまとめる予定である。

道路舗装の違いによる自動車からの 二酸化炭素排出削減メカニズムの解明

Elucidation of the reduction mechanism of carbon dioxide which a vehicle exhausts when it travels on various types of paved road

(研究期間 平成 25～27 年度)

道路交通研究部 道路環境研究室
Road Traffic Department
Road Environment Division

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher
研究官
Researcher

井上 隆司
Ryuji INOUE
小川 智弘
Tomohiro OGAWA
長濱 庸介
Yosuke NAGAHAMA

When the pavement of the road is damaged, fuel consumption and carbon dioxide emission of vehicles which travel on the road will be increased. This paper attempted to elucidate the mechanism of carbon dioxide emission of vehicles which travel on various types of paved road.

[研究目的及び経緯]

国内の二酸化炭素排出量の約 18%は運輸部門が占め、このうち約 87%は自動車から排出されている¹⁾。こうした現状を受け、国や地方自治体では、自動車からの二酸化炭素排出量を削減するため、次世代自動車等の普及促進や交通流対策など、様々な角度から対策を講じている。

一般的に、舗装の供用性が低下することで自動車の燃費が悪化し、二酸化炭素の排出量は増加するものと考えられる。したがって、舗装の適切な維持管理は、通行車両の安全性を向上させるだけでなく、環境負荷低減効果も期待できる可能性がある。

本研究では、道路舗装の損傷による自動車からの二酸化炭素排出量の変動要因を解明することを目的として、舗装の供用性が低下した道路を走行した場合における、自動車からの二酸化炭素排出量を測定した。

[研究内容]

(1) 二酸化炭素の測定方法

車載型の排ガス計測システムを試験車両に搭載し、走行中の二酸化炭素を含む排ガス量を 0.1 秒間隔で測定した(写真 1)。

(2) 試験車両

排ガス計測システムが搭載可能な 2005 年新長期規制適合車の中から、ガソリン普通乗用車 1 台、ディーゼル貨物車 2 台を選定した。なお、ディーゼル貨物車には 20kg ごとに袋詰めされた砂袋を複数積載し、半積載や満積載の状態を再現した(表 1)。

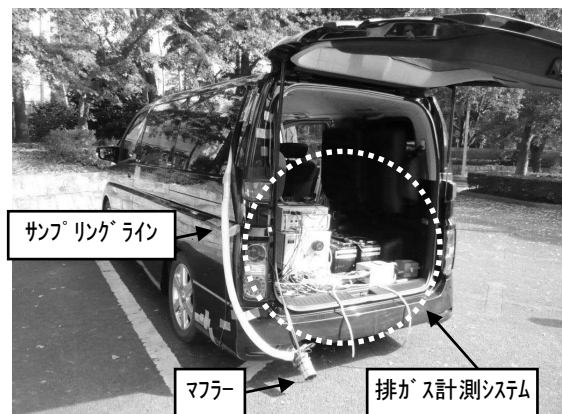


写真 1 試験車両へ搭載した排ガス計測システム
(マフラーから排出された排ガスは、サブリングラインを通じて排ガス計測システムへ取り込まれる)

表 1 試験車両

試験車両	積載条件	車両重量 (kg)	試験時車両重量 (kg)
ガソリン普通乗用車 (排気量 3500cc)	-	2,020	2,370
ディーゼル貨物車 (車両総重量 4.4t)	半積載	2,240	3,405
	満積載		4,405
ディーゼル貨物車 (車両総重量 25t)	半積載	11,280	18,190
	満積載		24,990

(3) 試験箇所

縦断勾配や信号機の無い 300m の直線区間が確保できることを条件として、舗装の損傷が発生している複数の道路を選定した(表 2)。

表2 試験箇所

試験箇所	舗装種別	ひび割れ計 (%)	わだち掘れ平均値 (mm)	平坦性凹凸量 (mm)
①	排水性舗装	0.06	6.74	1.51
②		75.44	27.20	5.70
③	密粒度舗装	0.43	5.04	1.30
④		90.57	14.09	2.67
⑤		0.07	26.30	2.52
⑥		59.67	14.12	4.91

■ひび割れ：100m区分毎のクラックとパッチングの合計値（100m×3区分）を平均した値
 ■わだち掘れ：100m区分毎の平均値（100m×3区分）をさらに平均した値
 ■平坦性：100m区分毎の凹凸量（100m×3区分）を平均した値

(4) 試験内容

試験車両を設定速度（50km/h）まで加速させた状態で測定開始地点に進入させ、できるだけ設定速度やエンジン回転数を一定に保ったまま 300m 先の測定終了地点まで走行することとし、これを 30 回繰り返した。なお、二酸化炭素を含む排ガス量は、測定開始地点から終了地点までの走行中に測定した。また、計測中はエアコン等電装品の使用は停止した。

[研究成果]

(1) 舗装の損傷と二酸化炭素排出量との関係

各試験箇所における、試験車両別の二酸化炭素排出量測定結果（各試験箇所において 30 回測定した値の平均値）を図 1 に示す。

排水性舗装では、試験箇所①と比較して路面性状調査結果が良くない試験箇所②において、全ての測定車両で二酸化炭素の排出量が増加する傾向が確認された。

一方、密粒度舗装では、試験箇所③と比較して路面性状調査結果が良くない試験箇所④、⑤及び⑥において、普通乗用車の測定で二酸化炭素の排出量が増加する傾向が確認された。

(2) 走行抵抗と二酸化炭素排出量との関係

各試験箇所において測定車両別に測定した、走行抵抗と二酸化炭素排出量との関係を図 2 に示す。決定係数 (R^2) は、普通乗用車が 0.71、貨物車 (4.4t) が 0.80、貨物車 (25t) が 0.41 となり、走行抵抗と二酸化炭素排出量には、相関関係があることが確認された。

[成果の活用]

今後は、本試験より得られたデータの分析を進め、自動車からの二酸化炭素排出量の変動要因の解明や、舗装の補修による自動車からの二酸化炭素排出削減量の把握を行う。

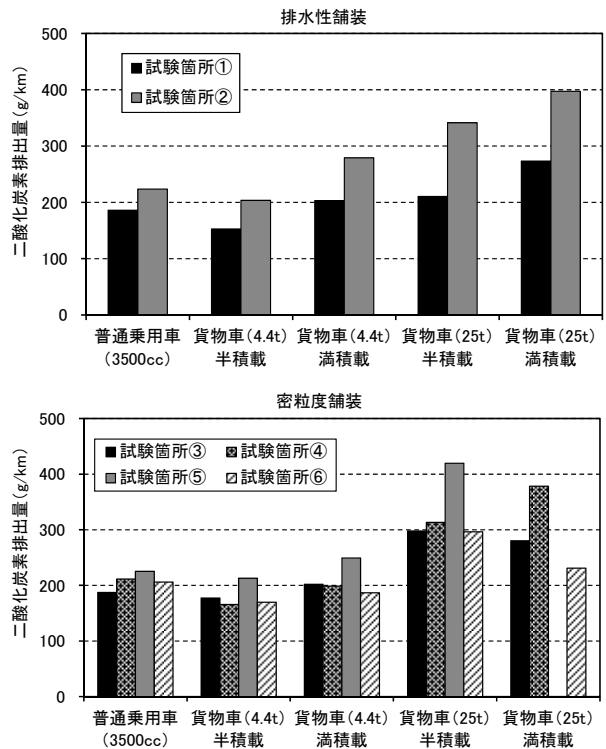
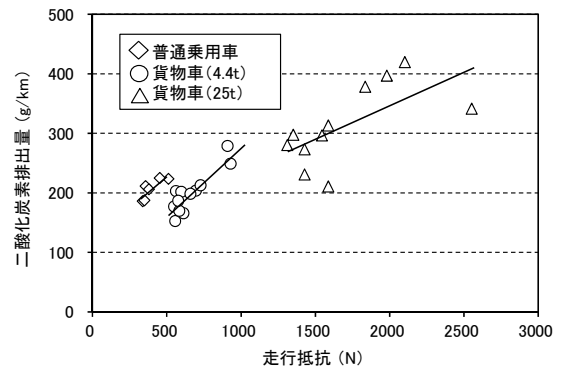


図 1 試験車両別の二酸化炭素排出量の測定結果 (上図：排水性舗装、下図：密粒度舗装)



■本試験における走行抵抗の測定について
 JIS D 1015「自動車-惰行試験方法」に規定された試験方法を参考にした。具体的には次の通りである。
 ①定速 50 km/h で試験区間に進入し、10 秒後の速度を計測して試験区間の通過に要した時間から減速度 (m/s²) を明らかにした。
 ②①で得た減速度、試験車両総重量、試験時車両質量及びその他係数を使用した算出式を用いることにより惰行 (単位：N) を求め、これを本試験における走行抵抗とした。

図 2 走行抵抗と二酸化炭素排出量との関係

[参考文献]

- 1) 国交省 HP：運輸部門における二酸化炭素排出量
http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/environment/sosei_environment_tk_000007.html

実測データを活用した道路供用等に伴う自動車からの二酸化炭素排出量変化のモニタリング手法に関する検討

Examination about the technique of the monitoring of CO₂ emissions from vehicles with utilized the measured data

(研究期間 平成 26～28 年度)

道路交通研究部 道路環境研究室
Road Traffic Department
Road Environment Division

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher
研究官
Researcher

井上 隆司
Ryuji INOUE
小川 智弘
Tomohiro OGAWA
長濱 庸介
Yosuke NAGAHAMA

With the improvement of the information technology such as the car navigation system, the acquisition of the measured data with nationwide traffic and traveling speed is becoming possible.

In this research, it aims to develop the technique of monitoring of CO₂ emission from vehicles with utilized the measured data.

【研究目的及び経緯】

本研究は、自動車からの二酸化炭素（以下、CO₂と
言う）排出量のモニタリング手法の開発により、交通
流対策等による CO₂ 発生抑制効果をより定量的に示
すことを目指している。

今年度は、既存文献調査、自動車の走行状態と瞬間
燃料消費量等の関係性を把握するため、OBD
(On-board diagnostics) を活用した自動車の走行状
態と瞬間燃料消費量等の現地調査並びに自動車からの
CO₂ 排出量の把握方法の検討を行った。

【研究内容】

1. 自動車の走行状態と瞬間燃料消費量等の関係性に
関する既存文献調査
2. OBD 等を活用した自動車の走行状態と瞬間燃料
消費量等の現地調査
3. 自動車からの CO₂ 排出量の把握方法の検討

【研究成果】

1. 自動車の走行状態と瞬間燃料消費量等の関係性に 関する既存文献調査

自動車の燃費に関する知見として、「燃費に影響を与
える、自動車の走行状態」、「カタログ燃費と実走行燃
費のかい離の要因」、「自動車の走行状態と瞬間燃料消
費量等の把握方法」についての知見を収集・整理する
ことを目的に、文献調査を行った。

その結果、自動車の走行状態と瞬間燃料消費量の関

係と平均旅行速度別燃料消費量との相違点として、文
献調査の結果より瞬間燃料消費量への影響が大きいと
考えられる「道路縦断勾配」や「コールドスタート」
等が、平均旅行速度別燃料消費では考慮されていない
点や、加減速挙動が変化した場合の燃料消費量は、平
均旅行速度別燃料消費では評価できないといった点な
どが判った。

次に、「高速道路サグ部渋滞対策」、「環状交差点（ラ
ウンドアバウト）整備」、「料金所対策」、「立体交差点
整備」といった道路施策の実施による CO₂ 排出量変化
を把握するための、自動車排出係数のあり方を整理し
たところ、いずれの施策も加減速挙動が変化すること
が CO₂ 排出量の変動要因として大きく、加速度の変化
を考慮することが必須であるとの結果となった。

2. OBD 等を活用した自動車の走行状態と瞬間燃料消費 量等の現地調査

文献調査等の結果を踏まえ、OBD 等を活用した自動
車の走行状態と瞬間燃料消費量のデータを計測するた
め表 1、2 の内容で現地調査を実施した。また、公道調
査の走行ルート例を図 1 に示す。

一般道路と高速道路の、走行状態・車種・機能別の
燃費比較を表 3、4 に示す。カタログ燃費と比較してそ
れぞれの走行条件で様々な燃費状態が現れることが把
握出来た。

表 1 現地調査実施概要

調査車両・車種	<ul style="list-style-type: none"> ・ガソリン乗用車 2 台 (非ハイブリット車アイドリングストップ機能付き、ハイブリット車) ・ホンダフィット及びホンダフィットハイブリット
調査箇所	<ul style="list-style-type: none"> ・国総研試験走路 ・関東地方の一般道路、高速道路
調査期間	5 日間[2015 年 1 月 19 日~29 日]
走行距離	約 2320km
使用機器	<ul style="list-style-type: none"> ・OBD 等 (CAN データ) 計測器 ・3 軸加速度センサ付きドライブレコーダ ・温湿度ロガー

表 2 現地調査実施内容

国総研試験走路	<ul style="list-style-type: none"> ・発進時加速度別走行調査 ・交差点形状別走行調査 (環状交差点/信号交差点) ・本線料金所の対策有無走行調査 ・電装機器使用別走行調査
公道調査	<ul style="list-style-type: none"> ・一般道路都市部、地方部別 ・一般道路/高速道路渋滞走行 ・一般道路/高速道路勾配走行

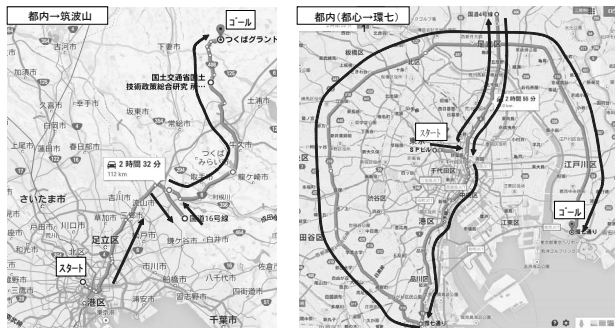


図 1 公道調査における走行ルート例

表 3 一般道路の走行状態・車種・機能別の燃費比較

走行状態	交通状態	道路構造	車種・機能 (カタログ燃費(km/L)ホンダフィット)		合計	
			非ハイブリット アイドリングストップ 無し	ハイブリット 有り		
			26	36.4	—	
一般道路	停車・発進機会が多い (都市部自由走行)	—	17.18	19.26	29.31	
		—	21.47	22.19	33.25	
	渋滞・混雑走行	—	11.83	13.12	25.65	
	—	勾配部 走行	上り	9.86	10.59	11.24
			下り	64.11	47.40	213.20
			平坦	22.32	20.31	33.94
	—	オーソバス等 連続区間	オーソバス部 走行	20.60	25.71	37.46
			アンダーバス部 走行	25.94	23.10	42.70
コールドスタート	—	—	10.32	10.50	12.32	
小計			18.12	19.29	29.58	

表 4 高速道路の走行状態・車種・機能別の燃費比較

走行状態	交通状態	道路構造	車種・機能 (カタログ燃費(km/L)ホンダフィット)		合計	
			非ハイブリット アイドリングストップ 無し	ハイブリット 有り		
			26	36.4	—	
高速道路	自由走行	全区間	—	25.45	23.84	
			首都高	25.72	24.92	
			首都高以外	24.99	22.14	
	渋滞・混雑走行	—	15.35	15.22		
	—	勾配部 走行	上り	全区間	—	18.53
					首都高	19.03
			下り	全区間	—	17.87
					首都高	18.10
			平坦	全区間	—	36.38
					首都高	29.40
小計			24.49	22.65		

3. 自動車からの CO₂ 排出量の把握方法の整理

文献調査及び調査実験の検討結果を踏まえて、自動車の走行状態を考慮した CO₂ 排出量の把握方法について検討を行った (表 5 参照)。CO₂ 排出量の把握方法については、検討対象範囲 (マクロ/ミクロ) や実施する交通流対策に応じて複数案を検討した。

表 5 自動車の走行状態を考慮した CO₂ 排出量の把握方法

把握レベル	考慮すべき項目		設定方法 (案)
	マクロ	ミクロ	
○	○	・交通量 (時間変動、休日)	・トラカンデータを使用 ・月別推定交通量を使用 (一部民間プローブデータやETC2.0プローブ情報で補正)
○	○	・車種構成 (大型車混入率)	・トラカンデータを使用 ・月別推定交通量を使用
○	○	・車種構成 (非HV車、HV車、EV車)	・年間の販売台数と車齢で推定 (※)
○	○	・走行速度	・トラカンデータを使用 ・民間プローブデータを使用 ・ETC2.0プローブ情報を使用
—	○	・加減速	・ETC2.0プローブ情報を使用 (※)
—	○	・停止時間	・ETC2.0プローブ情報を使用 (※)
○	○	・勾配	・DRM情報と10mメッシュの標高データやGPS高度計等のデータをマッチング (※)
△	△	・コールドスタート	・ETC2.0プローブ情報 (トリップ長分布等) からコールドスタートの影響を推定 (※)

※今後検討が必要なもの

[成果の活用]

本研究で得られた成果および知見については、今後、さらなる検証を行い、自動車からの CO₂ 排出量のモニタリング手法の構築に向けた一助にすることを考えている。

道路施設の一層の省エネ・再エネに向けた

今後の技術開発の方向性整理

Research on the future direction of technology development for saving of energy and utilizing of renewable energy in the field of road infrastructure

(研究期間 平成 25 年度～26 年度)

道路交通研究部 道路環境研究室
Road Traffic Department
Road Environment Division

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher
研究官
Researcher

井上 隆司
Ryuji INOUE
吉永 弘志
Hiroshi YOSHINAGA
大河内恵子
Keiko OHKOUCHI

In the field of road infrastructure, we have to expand energy saving and utilizing of renewable energy to promote a low carbon and recycling-oriented society. In this study we investigated optimization of energy use at road facilities, taking account of 4 approaches; i) investigation on current status of energy-saving technologies introduced by the Regional Bureaus of MLIT, ii) possibilities of regional partnership, iii) study on the optimization of energy use for road infrastructures, and iv) hearing from academic experts.

〔研究目的及び経緯〕

「第 3 次社会資本整備重点計画」(平成 24 年 8 月)において、「電力不足等による成長下振れや産業の空洞化を防止し、国民生活の安定を図るためにも、省エネルギー化の推進や再生可能エネルギーの導入等による低炭素・循環型社会の構築に向けた取組が必要」とされた。道路施設の運用・管理においても省エネルギー化の推進等が求められており、LED をはじめとした技術が普及しているが、実績が無いために普及が進まない優良技術や、ニーズや市場規模が不明なために開発が進まない技術分野が残存している可能性がある。

また、「エネルギー基本計画」(平成 26 年 4 月 11 日閣議決定)において、地域の特性に応じて総合的なエネルギー需給管理を行うスマートコミュニティの実現を目指す中、全国各地で実証実験が実施されている。スマートコミュニティの構成要素の一つとして、道路施設も組み込み、道路管理者もエネルギーの効率的利用を考えていく必要がある。

本研究は、道路施設のエネルギー利用についての最適化を検討するため、地方整備局等の省エネルギーに資する技術等に関する実態調査、地域との連携可能性に関する整理、道路施設のエネルギー利用最適化に関する整理、学識経験者への意見聴取を行った。

〔研究内容・成果〕

1. 地方整備局等の省エネルギーに資する技術等に関する実態調査

各地方整備局等から 2 事務所ずつ計 20 事務所を選定し、省エネルギーに資する技術等に関するアンケート調査を行った。全体の 95%の事務所が省エネルギー技術を導入しており、採用した省エネルギー技術としては道路やトンネル等の LED 照明が多く、太陽光発電や地中熱融雪装置等の導入も見られた。また、省エネルギーに資する技術等の導入予定についても全体の 95%の事務所ですべて予定されており、大半は LED 照明の導入であった。

2. 地域との連携可能性に関する整理

地域と連携して道路施設のエネルギー利用を最適化することを目的として、地域のエネルギーマネジメントを行っている事例を対象に、エネルギーの出所、エネルギー管理の方法、省エネルギーになる仕組み等について調査を行った。対象としたのはスマートコミュニティ実証事業の 4 地域(横浜市、豊田市、けいはんな学研都市、北九州市)であり、文献調査および 8 箇所へのヒアリング調査により整理を行った。

また、道路施設と地域のエネルギーマネジメントシステム(EMS)との連携手法について、融雪需要の有無で区分けを行い、それぞれ冬期・冬期以外、昼間・夜間

で地域との連携手法を提案した。具体的には、地域のEMS (CEMS) と連携し、地域と道路施設が一体となって発電および蓄電することで、エネルギーの有効活用につながり、蓄電池等の設備を共有することもできることから、地域と道路施設のお互いがWin-Winの関係となる手法を提案した。(図-1)

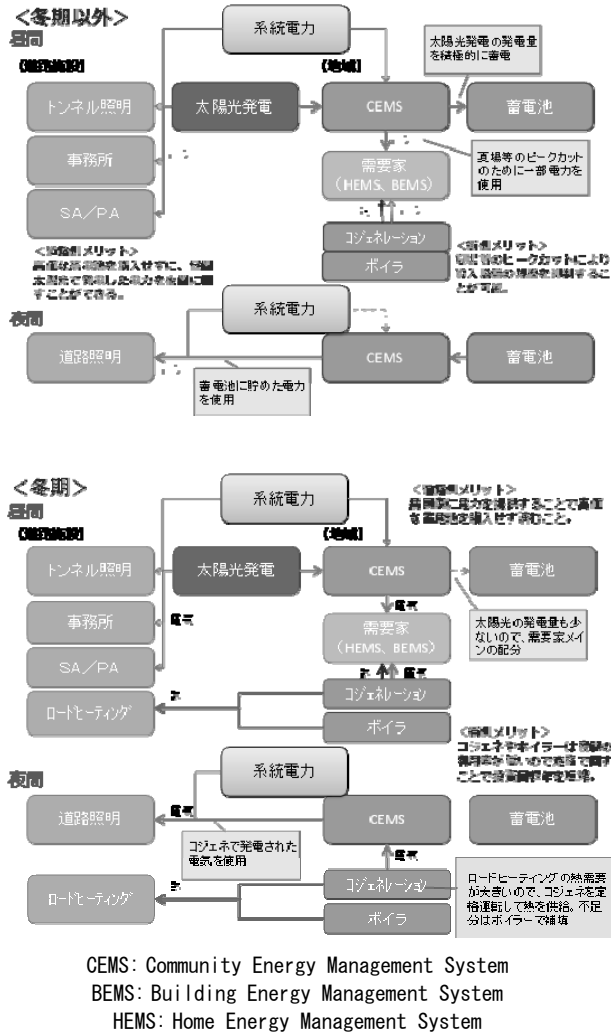


図-1 道路と地域のエネルギーマネジメントの連携手法 (上段：冬期以外、下段：冬期)

3. 道路施設のエネルギー利用最適化に関する整理

国道事務所をモデルケースとして、道路施設の省エネルギーに資する技術を用いたシステム構成案を作成し、課題、導入効果等について整理した。事務所の選定にあたっては、融雪需要の有無でエネルギー需要の構成が異なること、道の駅には様々な施設が集まっており、防災機能強化の拠点としても位置づけられていること等を考慮した。選定した事務所の特徴を表-1に示す。

本稿では、融雪設備 (ロードヒーティング) の電力需要が多い雪寒地域の事務所Bにおける検討結果を示す。現在、系統電力で運用している道路照明と融雪設備に、地域にあるガスコジェネレーションやボイラーからエネルギーを供給する仕組みを導入することとした。コジェネレーションの供給量は道路照明の電力需要から決定し、足りない熱はボイラーで供給するよう条件設定した。冬期の夜間にコジェネレーションで道路照明と融雪設備へ熱電供給を行い (図-2 の②、③)、不足する熱はボイラーで供給する (図-2 の④)。また、融雪設備が稼働していない時間帯は系統電力で道路照明に供給することとした (図-2 の①)。それにより、エネルギー効率が約47%向上し、ランニングコストが年間で約880万円/年削減するとの推計結果を得たことから、導入に効果があると考えられる。

表-1 対象事務所の分類

	道の駅有り	道の駅無し
融雪需要有り	事務所 A	事務所 B
融雪需要なし	事務所 C	—

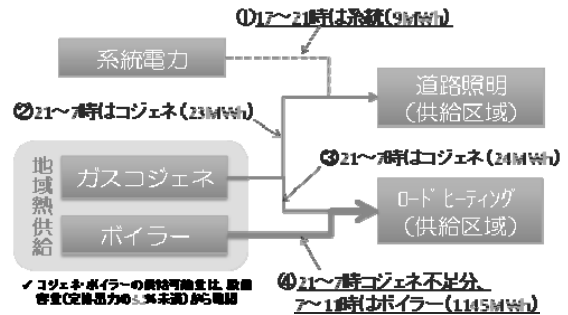


図-2 地域のコジェネで道路照明・ロードヒーティングにエネルギーを供給するケース (事務所B)

4. 学識経験者への意見聴取

横浜国立大学佐土原聡教授を座長に、慶應大学西宏章教授および福井大学福原輝幸教授を委員とする「道路施設におけるエネルギー利用の最適化に関する検討会」を2回開催し、本検討結果について、第三者の立場かつ専門的・技術的な観点から有益なご意見を頂いた。

[成果の活用]

本研究で得られた成果を元に、エネルギーの有効活用についてさらなる知見を収集し、道路施設の一層の省エネ・再エネを進めていく予定である。

動植物の保全措置の効果把握と効率化に向けた検討

Study on Rationalization and Improvement of Wildlife Preservation Measures for Road Environmental Impact Assessment

(研究期間 平成 26～29 年度)

道路交通研究部 道路環境研究室
Road Traffic Department
Road Environment Division

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher
研究官
Researcher
交流研究員
Guest Research Engineer

井上 隆司
Ryuji INOUE
大城 温
Nodoka Oshiro
神田 真由美
Mayumi KANDA
長谷川 啓一
Keiichi HASEGAWA

This study aims to rationalization and improvement of wildlife preservation measures. We performed the three processes. The first one is collecting and analyzing assessment statements and survey reports of government executed road projects throughout Japan. The second is a study of biodiversity conservation method. The third is trying to apply distribution estimation model.

[研究目的及び経緯]

国土技術政策総合研究所は、道路事業の環境影響評価（以下、「アセス」）を行う場合の一般的な手法をとりまとめた「道路環境影響評価の技術手法」（国総研資料第 714 号。以下、「技術手法」）を作成して、アセスの適切かつ円滑な実施を支援している。アセスでは、最新の法制度等を反映しつつ、科学的かつ効果的・効率的に行うことが求められる。

アセスで扱う環境要素のうち、動物、植物、生態系の自然環境分野では、これまでに全国各地で調査及び環境保全措置が実施されているものの、情報の公開・共有が十分に進んでいない。この要因の第一は、調査及び環境保全措置の情報には、対象となる希少種等の位置情報が含まれており、違法採取や盗掘等の恐れから詳細な生息場所の公表が困難なためである。このため、情報共有や知見蓄積、手法の改善が進みづらい状況にあり、効率的な手法等が必ずしも明確でないまま試行錯誤されている傾向にある。

そこで、本研究では、自然環境分野のアセス手法の保全技術向上及び合理化にむけて以下の検討を行った。

- ・ 全国の環境保全措置の実施状況の整理・分析。
- ・ 生息・生育環境の保全や創出等の事例収集。
- ・ 動植物の分布推定モデルの環境保全措置検討での適用にむけた試行。

[研究内容]

1. 全国の環境保全措置の実施状況の整理・分析

環境保全措置の実施状況を横断的に収集・分析し、知見の共有、保全措置の合理化等を図るため、全国の直轄道路事業における関連する調査業務報告書を収集した。その中から、環境保全措置が実施されることのできる種、実施されている保全措置の内容や頻度等の情報整理・分析を行うとともに、保全措置の効率化・効果向上に資する取組事例を整理した。

2. 生息・生育環境の保全や創出等の事例収集

環境保全措置の技術向上及び合理化に向け、生物多様性保全に資すると考えられる、動植物の生息・生育環境の創出、保全措置実施後の地域協働による管理等の取組み事例について事例収集を行った。収集対象は直轄道路事業以外の民間企業の CSR 活動等も含め、学術論文、事例等検索サイト、文献等の公表資料から事例収集を行った。

3. 分布推定モデルの環境保全措置検討での適用の試行

効果的・効率的に自然環境分野の環境影響評価を進めるにあたり、活用可能なツールと考えられる分布推定モデルについて、環境保全措置検討における活用に向けて試行を行った。試行内容は植物・両生類の移植先・移設先選定に用いることを想定し、植物・両生類ともに 2 種ずつを選定し、既往知見を踏まえながら、

統計解析、HEP(ハビタット評価手続き)、機械学習(人工知能のアルゴリズムを用いた推定手法)の計3モデルにおいて試行を行った。また、予測精度向上にむけた検討として、解析スケールの検討、生態が類似する種のグルーピングによる解析、複数モデルの重ね合わせによる解析を行った。

【研究成果】

1. 全国環境保全措置の実施状況の整理・分析

1.1 猛禽類および植物に対する保全措置の実施状況

猛禽類への環境保全措置を実施していた事業は256事業であり、対象種はオオタカ、サシバ、ミサゴの順に多くなっていた。工事中に取られた環境保全措置としては「区域の制限」「コンディショニング(工事規模の段階的馴化)」「工事従事者への周知(普及・啓蒙)」の順に多くなっていた。植物の移植を実施していた事業は154事業であり、多年生草本が約6割を占めており、移植手法は株移植による事業が大半を占めた。

1.2 保全措置の効率化・効果向上に資する取組事例

収集した事例の中から、環境保全措置の効率化・効果向上に資する取り組みとして、猛禽類26事業、植物35事業、両生類10事業を抽出した。

表1 抽出した効率化・効果向上に資する主な取り組み

猛禽類	改変時期の工程調整
	時期・区域の制限
	コンディショニング
	工事関係者への周知
	人工代替巣の設置・補修
	営巣地の整備
	餌場(解体場)の整備
	目視監視
	営巣地映像監視
植物・両生類	対象範囲の設定
	生育情報の整理・活用
	手法の検討
	モニタリング
	連携・協働
保全効果の向上	

2. 生息・生育環境の保全や創出等の事例収集

生息・生育環境の保全や創出等の事例を20事例収集した。道路事業ではICループ内や貯水池へビオトープを設けた事例や、地域と一体となった維持管理を行っている事例、環境教育の場として活用している事例等が抽出された。

3. 分布推定モデルの環境保全措置検討での適用の試行

統計解析はGLM(一般化線形モデル)、機械学習はMAXENT(最大エントロピー法)を選定し、HEPと合わせて3モデルを試行した。試行の結果、GLMとMAXENTの結果はおおむね似通った結果が得られ、HEPではより広範な地点が選定された。また、解析にあたっては、解析データの精度、不在データの取り扱い等の課題や、解析結果の生態的特徴を踏まえた解釈方法等、実施する上での留意事項が明確になった。

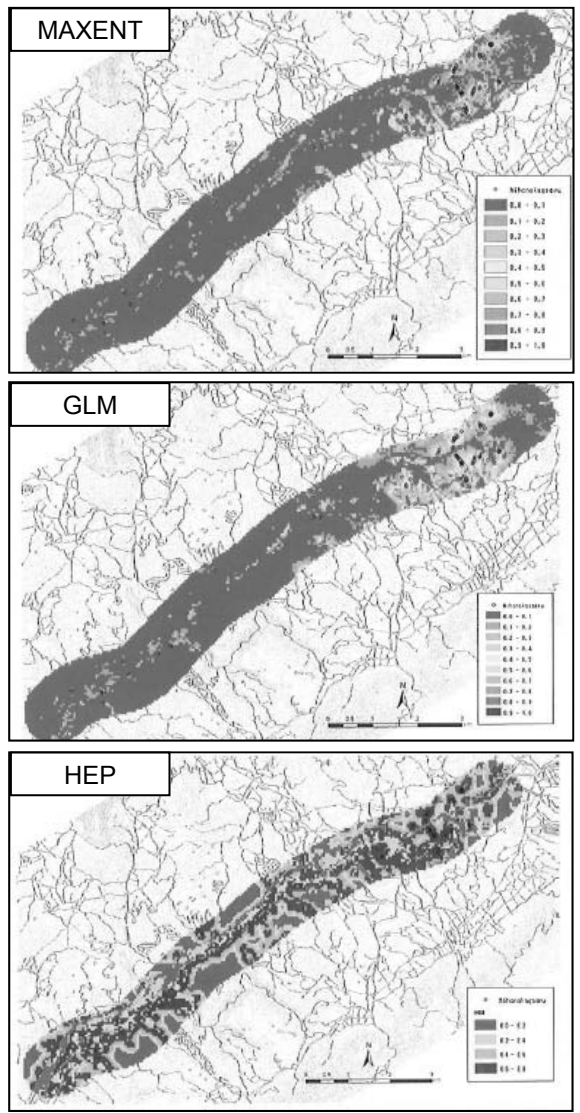


図1 分布推定モデルによる解析例(ニホンアカガエル)

【成果の活用】

収集した保全措置の効率化・効果向上に資する取り組み事例のうち、道路事業において参考となる事例を事例集としてとりまとめ公表するとともに、「道路環境影響評価の技術手法」の今後の改定に向けて、自然環境のアセスの合理化手法に反映する。

騒音の抑制に関する新たな対策に関する検討

Study on new noise abatement measures

(研究期間 平成 26～28 年度)

道路交通研究部
Road Traffic Department
道路環境研究室
Road Environment Division

室長 井上 隆司
Head Ryuji INOUE
主任研究官 吉永 弘志
Senior Researcher Hiroshi YOSHINAGA
研究官 大河内 恵子
Researcher Keiko OHKOUCHI
交流研究員 長谷川啓一
Guest Research Engineer Keiichi Hasegawa

This study aims to find new noise abatement measures for specific loud road traffic noises caused by illegal silencers, sudden acceleration, heavy braking, speeding, overloading, expansion joint on bridges, and rutting in pavements etc. Measurements of vehicles noise, speed, and acceleration in vicinities of signalized intersections, experiments on noise caused by temporary steps on road surface at test truck in NILIM had been done in fiscal 2014. Preliminary study on enlightenment for noise abatement driving also had been pursued.

[研究目的及び経緯]

本研究は、違法な消音器・急加速・急減速・規制速度超過・過積載・橋梁のジョイント・路面の轍等に起因して発生する著しく大きい道路交通騒音(RTN: road traffic noises)の新たな抑制策を見いだすことを目的としている。平成 26 年度は、公道において規制速度・走行状態別に騒音・速度・加速度を測定するとともに、国土技術政策総合研究所の試験走路において、仮設の段差に起因する騒音の測定を行った。また、騒音を抑制する運転の啓発についての予備調査を行った。

[研究内容]

(1) 騒音・速度・加速度の測定

穏やかな運転の啓発、および規制速度の抑制により、走行時の騒音（加速時も含む）を抑制する効果の予測に資することを目的として、規制速度・走行状態別に騒音・速度・加速度を測定した（表-1）。

表-1 規制速度・走行状態別の騒音測定

規制速度 km/h	走行状態	測定現場数	測定台数
30	定常	2	410
	加速	2	402
40	定常	2	516
	加速	2	426
50	定常	2	426
	加速	2	411
60	定常	2	409
	加速	2	

(2) 仮設の段差に起因する騒音の測定

路面の凹凸に起因する騒音を定量化し、延いては路面の凹凸に起因する騒音の抑制に資することを目的とし、国土技術政策総合研究所の試験走路において、仮設の段差に起因する騒音の測定を行った（表-2）。

表-2 仮設の段差に起因する騒音の測定概要

車種	7(乗用車 1、バス 1、貨物車 4、ダンプ 1)
速度	4(30, 40, 60, 80km/h)
積載状態	3(空載、半載、満載)
凹凸の種類	5

(3) 騒音を抑制する運転の啓発についての予備調査

騒音を抑制する運転を啓発する方法の立案に資することを目的として、ドライバーへの啓発に関連する文献の調査、啓発の事例調査、広告代理店へのインタビュー調査、およびドライバーへのアンケート調査を行った（表-3）。さらに、路上の表示によりドライバーに啓発する方法を試行した。

[研究成果]

(1) 騒音・速度・加速度の測定

規制速度 40km の道路における加速走行車の A 特性音響パワーレベル（主としてエンジン音）が国内の平

表-3 啓発についての予備調査概要

ドライバーへの啓発に関連する文献調査	「月刊交通」過去30年の360冊のなかから啓発および騒音対策に関連する記事を抽出して整理。
啓発の事例調査	横断幕・看板、ポスター・ビラから抽出して整理。
広告代理店へのインタビュー	3社の担当者へ広報のメディア、および留意点の意見を聞き取り。
ドライバーへのアンケート調査	220人(深夜走行100人、昼間走行120人)に対し、環境への意識、啓発の認知度を聞き取り。

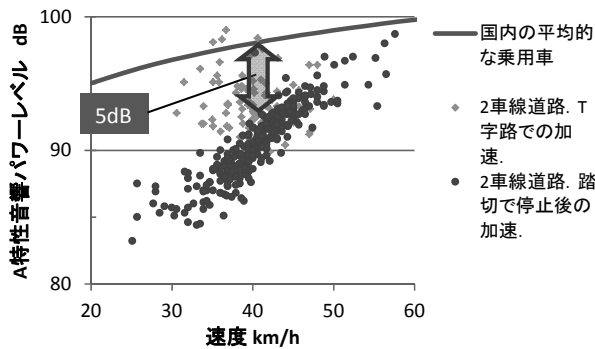


図-1 40km/h 規制の道路での加速騒音(乗用車)

均より小さいこと(図-1)等を把握した。

騒音対策を目的とした道路構造の変更と、道路交通法による規制速度の変更を公安委員会に要請する対策を同時に実施することも考えられる。

(2) 仮設の段差に起因する騒音の測定

段差の高さ・走行速度と騒音の関係を車種別に把握した(例:図-2)。路面の段差が大きくなると騒音は、大きくなること、平坦な路面との差(dB値)は、速度が大きくなっても大きく変化しないこと、および平坦な路面との差(dB値)は、乗用車・バスでは小さく、大型車では大きかった。今後、本調査結果を参考にして、現地調査する際の車種分類、道路種別(規制速度)、測定台数等を定める。

(3) 騒音を抑制する運転の啓発についての予備調査

文献調査では、ドライバーに対する啓発に関連する報文を71件見だし、うち、騒音対策の参考となると考えられる8文献を整理した。8文献のうち、騒音対策に関連するものは暴走族向けの路面表示1件のみであった。

啓発の事例調査では、横断幕・看板、およびポスター・ビラで、12、および15の事例を収集した。訴求力が高いと考えられるものを図-3に示す。

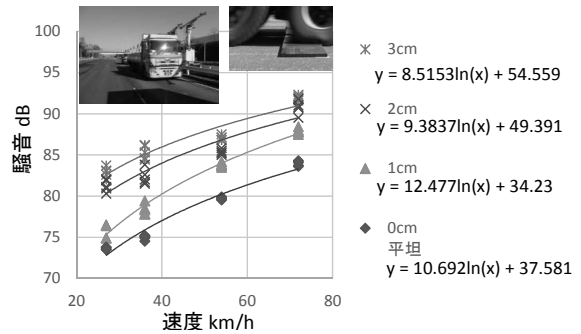


図-2 段差の高さ・速度と騒音ピークレベル(キャブオーバー、満載)



図-3 看板・ポスターの事例

広告代理店へのインタビュー調査では、わかりやすくインパクトのある広報、著名人の活用等が効果的であること、インターネットを活用した広報はターゲットを特定できることや他のメディアと連携できることを要因として拡大していること、公的機関の広報では、効果の測定が行われていないこと等を把握した。

ドライバーへのアンケート調査では、深夜走行のドライバーの約6割が騒音や振動に配慮して運転していること、「夜、誰かが眠っています!」のキャッチコピーが騒音・振動に配慮した運転の動機づけになるとの意見を聴取した。

路上への啓発として図-4の案を試行し、ドライバーが認知する割合が横断幕よりも高いことを確認したが、騒音は変化しなかった。

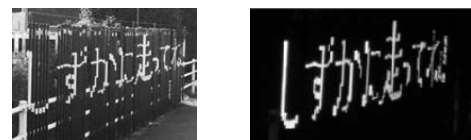


図-4 路上での啓発の試行

[成果の活用]

調査結果は、国土交通省内で騒音政策を担当する関係部署に対して提示している。今後は、騒音対策を優先的に実施する箇所及び対策の選定手法を示す予定である。

現場条件に応じた新たな低騒音舗装の適用に関する検討

— よりよい道路環境影響評価の技術手法の運用に向けて —

Research on new applications of low noise pavement in accordance with the site conditions
(研究期間 平成 26 年度)

道路交通研究部 道路環境研究室
Road Traffic Department
Road Environment Division

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher
研究官
Researcher
交流研究員
Guest Research Engineer

井上 隆司
Ryuji INOUE
吉永 弘志
Hiroshi YOSHINAGA
大河内恵子
Keiko OHKOUCHI
長谷川啓一
Keiichi HASEGAWA

NILIM is considering determining method of road traffic noise countermeasures and the priority of implement countermeasures place. In this study, we conducted an international literature survey and a simulation of road traffic noise, to gain knowledge about recent trend of methodologies to predict, evaluate and mitigate road traffic noise.

[研究目的及び経緯]

国総研では、道路交通騒音の効果的かつ効率的な対策の推進に資することを目的として、道路交通騒音対策および対策実施箇所の優先度を判定する手法を研究している。本検討は、5年後に予定される道路環境影響評価の技術手法の自動車の走行に係る騒音の改定に向けて、道路交通騒音の予測・評価・対策の研究において必要な最近の動向にかかる知見を得ることを目的とし、海外の研究動向の調査、および騒音の試算を行った。

[研究内容・成果]

1. 海外の動向調査

1) 概要調査

国際会議の文献のなかから、原則として道路交通の騒音・振動・低周波音に関連する文献を34分類し、各文献の英文の概要 (abstract) を日本語で整理した。対象とした国際会議は、Inter Noise と ICBEN で、文献数は601となった。分類した結果、騒音の心理学的評価・社会調査に関する文献が134で一番多くなった。

2) 詳細調査

国際会議から15文献、学会誌から5文献を抽出し、翻訳した上で、文献の解説として諸外国の背景や日本国内の状況を整理した。文献の抽出にあたっては、日本における課題解決に資するよう留意し、選定理由を明示した。

2. 騒音の試算

1) 交差点のラウンドアバウト化

信号交差点をラウンドアバウト(以下、「RA」とする。)化した際の騒音の変化を把握することを目的として、交通マイクロシミュレーションを用いた試算を行なった。
ア. 条件設定

- ・道路構造：国土交通省通知等を参考に設定(図-1)。
- ・交通条件：RAの交通容量程度の交通量(交通量大)とその1/4程度の交通量(交通量小)を設定した。大型車混入率は0%、10%、20%の3種類とした。RAの交通容量は、交通マクロシミュレーション(SIDRA)を用いて求めた。規制速度は40km/hとし、車両の大きさや最小車間等は既存文献を参考に設定した。

- ・個々の運転者の挙動：運転者の反応速度・加速度・減速度は、文献や過去の測定結果を参考としたが値に幅がある。そこで、交通マクロシミュレーションの遅れ時間に近づくように交通マイクロシミュレーション(SUMOを利用)の値を設定した。

- ・計算時間間隔等：0.05秒刻みで各車両の位置・挙動を算出し、各予測地点の騒音レベルを算出(図-2)。

イ. 騒音計算結果

①ASJ RTN-Model 2013のパワーレベル式を用いた試算：信号交差点とRAでのLAeqはほぼ同値、L5およびLmaxではRAの方が2dB程度小さくなった(図-3)。

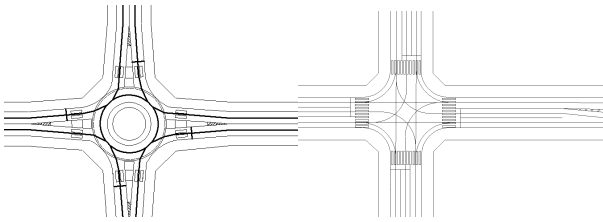


図-1 設定した構造（左：RA、右：信号交差点）

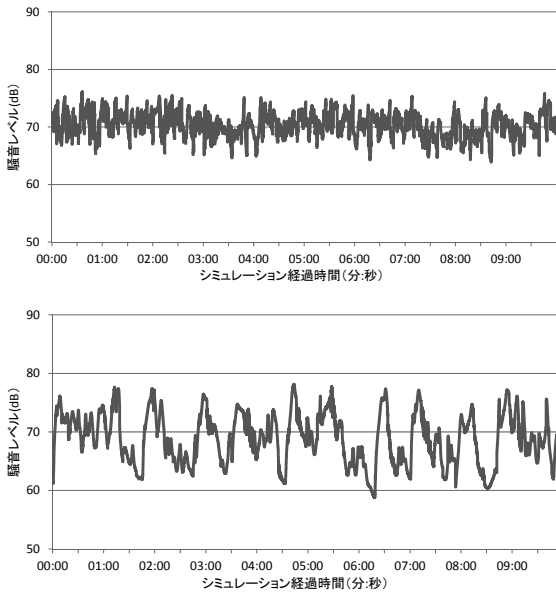


図-2 RA（上）と信号交差点（下）のレベル波形例

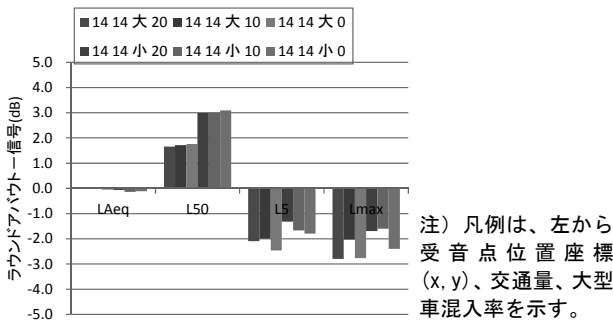


図-3 RAと信号交差点の騒音指標の差（交差点近傍）

②加速の程度を考慮した場合（過年度業務の試験走路の測定よりパワーレベル式を設定）：信号交差点のRA化による騒音低減効果が①よりも大きく予測された（LAeqで2dB、Lmaxで4dB程度）。ただし、RAでの加速度の変化については既存の知見がないため、今後、現地調査等より確認する必要がある。

③簡易的な推計：交差点近傍を定常走行・流入部、流出部、環道部に区分して、RAの直進、右折、左折そ

れぞれの代表的な車両の動きを設定し、騒音レベルの時間変化を推計し、LAeqを計算した。①の結果と比較すると、誤差の標準偏差は0.3~0.6dB程度で予測できた。

2) 植栽の騒音低減効果の検討

植栽により歩車道境等を緑化した場合の騒音低減量を把握するために、文献や測定で超過減衰に関する数値を取得し、同値を用いユニットパターンを推計した。

ア. 緑化による超過減衰値の測定

樹木の効果は、図-4のとおり葛西臨海公園において、中高木と低木の値を実測した（ユニットパターンの推計が可能ないように、受音点、音源位置を複数設定）。

イ. 推計結果

ユニットパターンの計算結果からは、ピークの形状が鋭くなっていくことが把握された。LAeqで比較すると、超過減衰は小さく、10mあたりの減衰量は0~4dB程度であった（図-5）。この値は、文献値としたASJ RTN-Model 2013の地表面効果と概ね一致した。



図-4 測定した中高木（左）と低木（右）

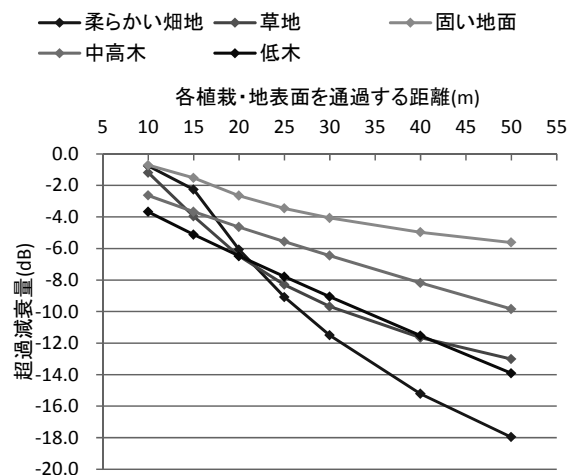


図-5 超過減衰量（走行位置から植栽まで7.5m）

[成果の活用]

本研究で得られた知見のなかから、さらなる調査研究が必要な課題を選択し、「道路環境影響評価の技術手法」改定等に反映させる予定である。

沿道大気質予測手法の簡便化検討

Study to develop the handier technique of the passage air quality concentration

(研究期間 平成 25～26 年度)

道路交通研究部 道路環境研究室
Road Traffic Department
Road Environment Division

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher
研究官
Researcher

井上 隆司
Ryuji INOUE
小川 智弘
Tomohiro OGAWA
長濱 庸介
Yosuke NAGAHAMA

In the estimation of the passage air quality concentration, a plume puff model has been used from the past. In the future, the vehicle emission quantity will reduce substantially by regulations. This study aims to develop the handier technique of the passage air quality concentration.

〔研究目的及び経緯〕

道路の環境影響評価において、大気質に係る調査及び予測の手法として、将来濃度が低いと予想される場合や近傍の常観局等の資料を用いることが適当と判断される場合には、参考手法より簡略な手法を選定できるとされている。しかしながら、具体的な手法については定まったものがない。

本研究は、大気質に係る簡略な手法やその適用状況、及び簡略な手法を適用できる要件を明確にし、沿道大気質予測のより簡便な手法の開発を目指すものである。

本稿では大気質に係る簡略な調査手法に関する検討結果について述べる。

〔研究内容〕

参考手法よりも簡略な調査手法については、①現地調査を行わずに常観局のデータを用いる方法と、②現地調査の回数や期間を参考手法よりも減らして調査を行い、常観局の代表性を確認した上で常観局のデータを用いる方法の2通りが想定された。このため、下記ア)、イ)の関係性の比較を実施し、その結果を踏まえ簡略な調査手法を検討した。

- ア) 2つの常観局の大気質濃度及び気象出現状況と、2つの常観局間の位置関係
- イ) 予測に用いる風速の推定方法と、推定した気象条件を用いた場合の道路寄与濃度の関連

〔研究成果〕

主な研究成果の概要を以下に示す。

1. 2つの常観局の大気質濃度及び気象出現状況と、2つの常観局間の位置関係
2つの常観局間の大気質濃度の相関と局間の距離の

関係を見ると、距離が大きくなるほど相関が小さくなる傾向が見られた(図1参照)。

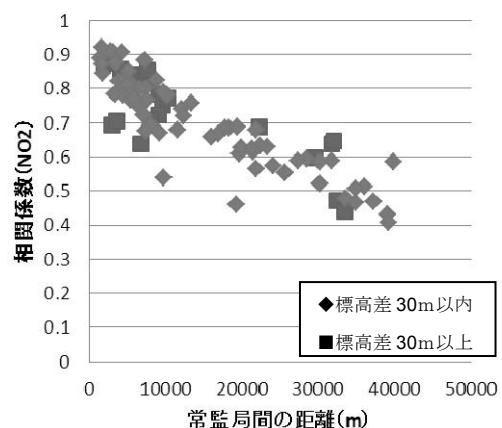


図1 標高差等別・NO2濃度の相関と常観局間の距離の関係

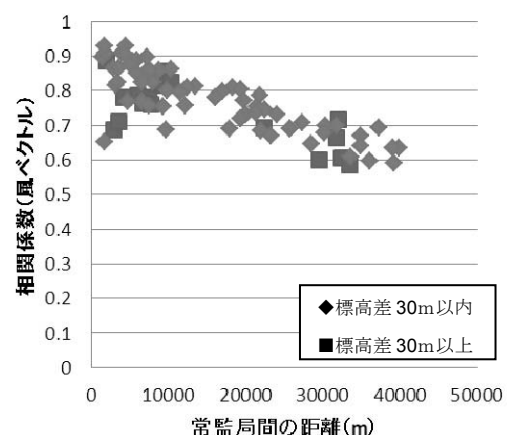


図2 標高差等別・風向風速ベクトルの相関と常観局間の距離の関係

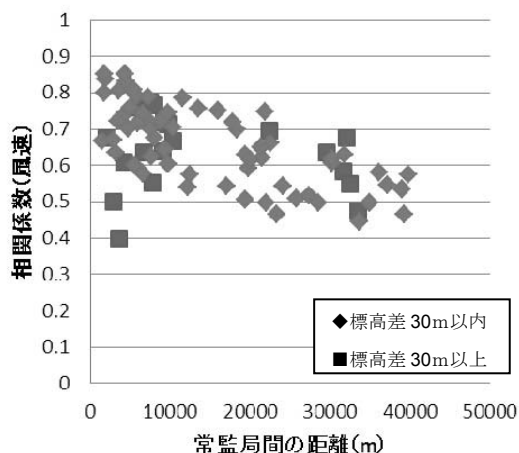


図3 標高差等別・風速の相関と常観局間の距離の関係

一方、風向風速ベクトルや風速は、距離が大きくなるほど相関が小さくなる傾向（図2参照）が見られるとともに、起伏が大きくなると相関が小さくなる傾向が見られた（図3参照）。したがって、常監局までの距離が短く、かつ起伏の少ない箇所では、①の手法を適用することが考えられる。なお、風速については周辺建物や地形の影響を受けやすいことから、常観局間の距離が短い場合であっても、周辺状況を考慮する必要がある。

2. 予測に用いる風速の推定方法と、推定した気象条件を用いた場合の道路寄与濃度の関連

現地調査の回数・期間の違いによる年平均風速、道路寄与濃度、予測濃度（寄与濃度+バックグラウンド濃度）の推計値の差異を、常監局の通年データから回数・期間の異なる調査パターン毎に比較を行い検証した。測定回数が多く、測定期間が長くなるほど、全期間データを用いた推計値との誤差が小さくなる（図4、6参照）。

さらに、全期間のデータから推計された値に対する各調査パターンの適合割合は、回数及び期間のいずれかを少なくすると誤差が大きくなり、誤差20%以内に収まる確率は、年平均風速で90%以上（図5参照）、道路寄与濃度で80%以上（図7参照）であることが明らかとなった。

上記検討から、現地観測を実施する場合は従来より実施している4回/年・1週間の調査方法が合理的であると考えられる。

[成果の活用]

本研究で得られた成果については、今後、さらなる検証を行い、予測手法の効率化の一助になると考える。

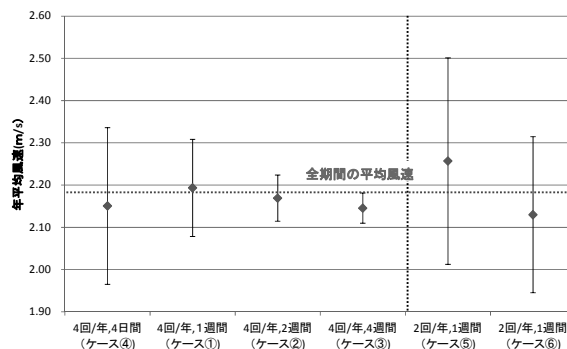


図4 各調査パターンの年平均風速

(※ケース⑤は春秋、ケース⑥は夏冬の2季で比較した)

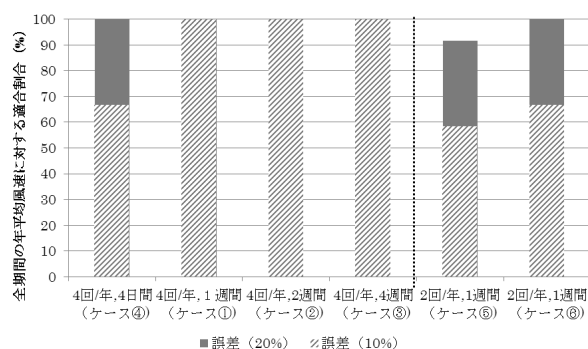


図5 全期間の年平均風速に対する各調査パターンの適合割合 (※ケース⑤は春秋、ケース⑥は夏冬の2季で比較した)

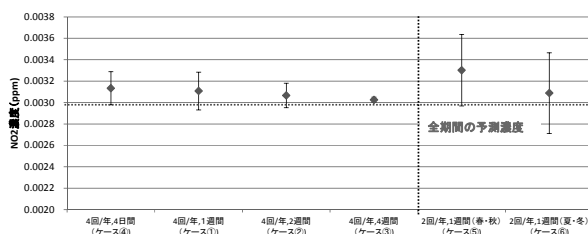


図6 各調査パターンのNO2予測濃度（道路寄与分）

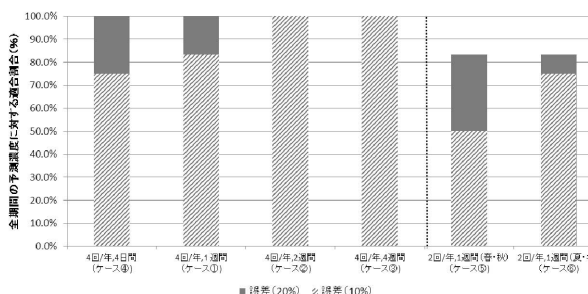


図7 全期間のNO2予測濃度（道路寄与分）に対する各調査パターンの適合割合

沿道大気環境予測技術の高度化

Study to develop the advance technique of the passage air quality concentration

(研究期間 平成 26～28 年度)

道路交通研究部 道路環境研究室
Road Traffic Department
Road Environment Division

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher
研究官
Researcher

井上 隆司
Ryuji INOUE
小川 智弘
Tomohiro OGAWA
長濱 庸介
Yosuke NAGAHAMA

The case which the estimate and the evaluation of PM2.5 are demanded from about the environmental impact assessment after the environmental standard of PM2.5 is annunciated is increasing. This study aims to develop the advance technique of the passage air quality concentration.

〔研究目的及び経緯〕

平成 21 年 9 月に微小粒子状物質 (PM2.5) の環境基準が告示された後、環境影響評価において、PM2.5 の予測・評価が求められる事例が増えつつある。一方、中央環境審議会答申によると「その発生源は多岐にわたり大気中の挙動も複雑であることから、当面、科学的知見の集積が必要である。」とある。

本調査は、冬季の沿道において PM2.5 の成分分析を含む現地調査を実施し、大気汚染物質の距離減衰等拡散性状解析及び発生源由来解析を行った。

〔研究内容〕

沿道大気質の現地調査は、風向卓越方向が概ね道路直行方向である箇所を対象とし、道路構造が平面、盛土、切土、高架の 4 箇所で行った。調査地点及び解析項目は、図 1 及び表 1、成分分析内容は表 2 に示すとおりである。



図 1 調査地点

表 1 現地調査及び解析項目

項目	内容	
調査箇所	A：平面（一般国道16号）埼玉県川越市古谷上 B：盛土（一般国道50号）栃木県栃木市大平町西水代 C：切土（一般国道6号）茨城県土浦市上高津 D：高架（一般国道50号）栃木県小山市神鳥谷	
調査時期	冬季（12月～2月）→冬季（12月～1月）	
調査期間	平日・休日を含む7日間/箇所	
沿道大気質	調査項目	・NO _x (NO、NO ₂) ・SPM、PM _{2.5}
	調査地点	7地点/箇所 風下側6地点、風上側後背地1地点
PM _{2.5} の成分含有量	調査項目	・炭素成分3項目 (EC・OC及び水溶性有機炭素) + 炭素成分のフラクション ・イオン成分9項目 ・元素成分15項目
	調査地点	沿道大気質と同じ7地点/箇所
気象要素	調査項目	風向・風速、気温・湿度、日射量、放射収支量、降水量
	調査地点	1地点/箇所
交通状況	調査項目	車種別方向別交通量、平均走行速度
	調査地点	1地点/箇所
距離減衰等拡散性状の解析	・物質別・道路構造別の距離減衰の状況 ・自動測定機による調査、FRMによる調査、成分別の距離減衰の状況 ・自動車寄与濃度に着目した解析（交通量とNO _x 濃度、PM _{2.5} とSPMとの関係等）	
発生源由来解析	PMF法に発生源由来解析 発生源別の成分比率（プロフィール）の算出 発生源由来（ファクター）別の濃度の日変動の算出	

表 2 成分分析方法

	分析項目	分析方法
イオン成分	SO ₄ ²⁻ ・NO ₃ ⁻ ・Cl ⁻ ・Na ⁺ ・K ⁺ ・Ca ²⁺ ・Mg ²⁺ ・NH ₄ ⁺ ・C ₂ O ₄ ²⁻	イオンクロマトグラフ法 (Metrohm IC 850)
	元素成分 【日平均値】	Al・Si・Sc・Ti・V・Cr・Mn・Fe・Ni・Cu・Zn・As・Rb・Rb・Sb・Pb
元素成分 【1時間値】	主要元素 (Al・Si・Ti・Cr・Mn・Fe・Ni・Cu・Zn・Pb)	超微量成分分析に適したPIXE法を採用
炭素成分 (3成分)	EC、OC：炭素成分のフラクション (OC1～OC4、EC1～EC3、OCpyro) 含む	サーマルオプティカル・リフレクタンス法
	水溶性有機炭素 (WSOC)	燃焼方式のTOC計による分析

[研究成果]

平面地点(図2)での主な調査結果の概要を以下に示す。



図2 平面地点の航空写真

1. 大気汚染物質の距離減衰等拡散性状解析結果

道路端(0m)と各調査地点との濃度相関(回帰式の傾きと相関係数)は、図3及び4に示すとおりである。図中の回帰式の傾きが道路端(0m)と各調査地点(A2(道路端から10m)~A6(道路端から150m))との濃度比となる。

それぞれの回帰式の傾きをみると、NO₂については、道路からの距離が大きくなるに従って濃度比は小さくなっており、距離減衰が明確に確認できた(図3参照)。一方、PM2.5については距離減衰が明確でなかった(図4参照)。これはPM2.5がNO₂に比べて自動車の寄与濃度が1オーダー小さいことに起因しているものと考えられる。

2. 大気汚染物質の発生源由来解析結果

大気中の粒子状物質の成分組成情報から粒子状物質の構成要素を推定する方法として、PMF(Positive Matrix Factorization)モデルを使用した。平面地点の発生源由来解析結果は以下のとおり(図5参照)。

- ・二次生成由来粒子の比率が24.2%と最も高く、次いで、バイオマス燃焼由来粒子(22.6%)、自動車排出ガス由来粒子(21.1%)の比率が高い。
- ・道路粉じん由来粒子は12.4%と、周辺状況が類似の盛土に比べて小さくなっている。これは、設置前日からの降雨が影響(粉じんが飛散しにくい状況)している可能性が高い。

[成果の活用]

本研究で得られた成果については、微小粒子状物質(PM2.5)に関する知見の蓄積に寄与するものと予測手法の効率化の一助になると考える。また効果的な対策の検討に活用していく。

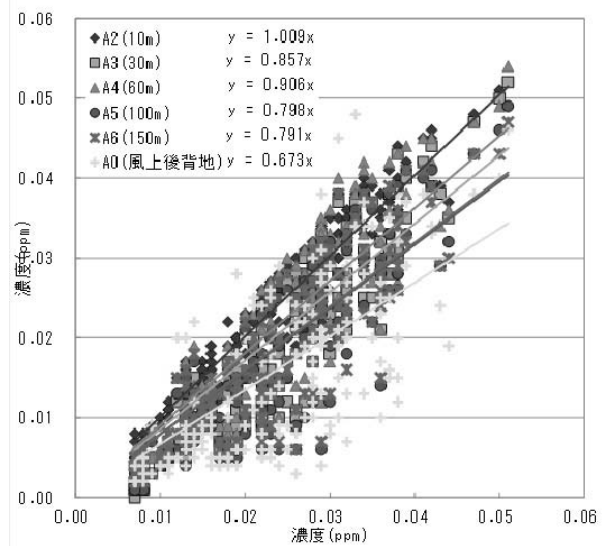


図3 道路端(0m)濃度(横軸側)とその他の各調査地点濃度(縦軸側)の相関【NO₂(平面)】

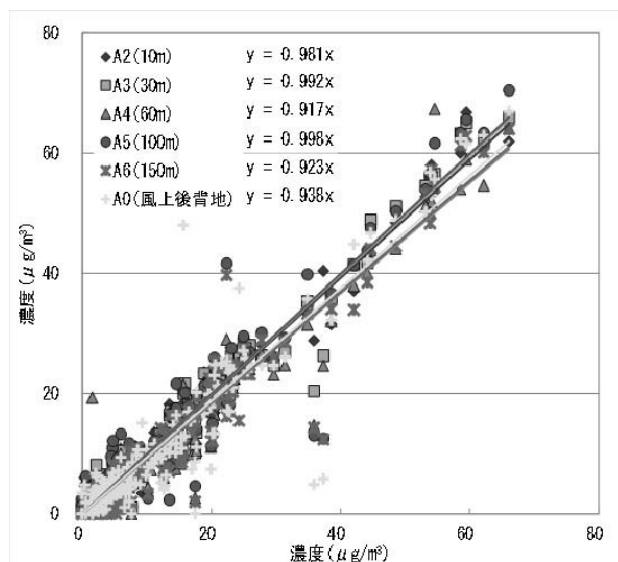


図4 道路端(0m)濃度(横軸側)とその他の各調査地点濃度(縦軸側)の相関【PM2.5(平面)】

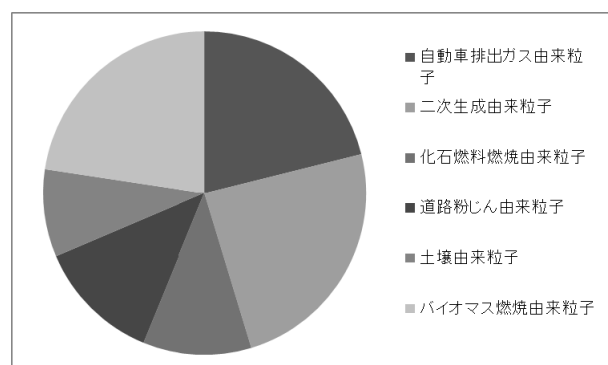


図5 発生源由来解析結果(平面)

街路樹の保全・再生手法に関する研究

Study on maintenance method of street trees

(研究期間 平成 25～26 年度)

防災・メンテナンス基盤研究センター 緑化生態研究室	室長	栗原正夫
Research Center for Land and Construction Management	Head	Masao Kurihara
Landscape and Ecology Division	主任研究官	飯塚康雄
	Senior Researcher	Yasuo Iizuka

In this study, it verified a street tree restoration method that permits reaching an agreement with surrounding residences while maintaining pleasant road space by surveying methods of surveying the state of Street trees, greening technologies for street tree conservation or redevelopment, and methods of cooperating with residents in cases where conservation and redevelopment projects were done to counter problems with street trees.

【研究目的及び経緯】

街路樹は、これまでの積極的な整備推進により、全国で平成4年に約478万本であったものが平成14年には約679万本と、10年間に約200万本の増加となった。しかし、平成24年では約674万本と一転して若干の減少傾向を示したことでわかるように、今後は大きく成長した街路樹の維持管理に重点がおかれていくことが予想される。

このような状況の中、街路樹が生育できる空間には制限があることから、その生育空間よりも大きく成長する樹種が植栽されている場合には、樹形縮小のための剪定や、樹勢維持・回復対策、倒伏や根上り対策等の保全対策が必要不可欠となる。

また、街路樹の植栽時から半世紀程度経過した都市等では、周辺の土地利用が大きく変化していることもあり、街路樹の必要性を再確認した上で、街路樹の整備方針を転換するなどの再考が求められている。

そのため、街路樹の必要性を再確認するためのニーズ変化の把握や、緑化機能を十分に発揮するための緑化方針を再考するための判断基準、その方針に対応する保全・再生手法の確立が必要となっている。

【研究内容】

1. 街路樹の保全・再整備に関する事例調査

歴史・文化的価値等が高い街路樹において保全対策が行われた事例、街路樹に生育上の問題点や植栽環境の変化等により再整備（更新）が行われた事例について、主に以下の項目について調査を行った。

- ①街路樹整備の背景、現在の位置づけ
- ②街路樹における問題点
- ③具体的な対策
- ④住民等との合意形成

2. 道路緑化方針における近年の動向調査

過去10年程度の間、自治体等の道路管理者がとりまとめた道路緑化に関する指針類を収集するとともに、道路緑化の現況をヒアリングし、道路緑化における近年の動向を把握した。

3. 街路樹の保全・再整備方法の検討

1.の結果から街路樹の保全・再整備において効果的な方法について検証を行うとともに、2.の道路緑化に新たに求められている方針等を踏まえた上で、道路空間を快適に維持しつつ周辺住民等の要求にも対応できる街路樹の再生方法について検討した。

【研究成果】

主な研究成果の概要を以下に示す。

1. 街路樹の保全・再整備に関する事例調査

調査対象事例は、保全が21箇所、再整備が22箇所であり、主な樹種としては落葉樹でソメイヨシノ、ケヤキ、イチョウ、常緑樹でクスノキが多かった。対策を行うことの要因としては、保全では生育不良が多く、再整備では生育不良の他に倒木・落枝や根上り、道路再編が多かった。具体的な対策としては、保全では植栽基盤改良、間伐・剪定、補植等、再整備では異樹種や同樹種への植え替えや撤去が多く行われていた。また、住民等との合意形成では、説明会の実施や行政広報誌やインターネットによる情報提供等があった。

2. 道路緑化方針における近年の動向調査

道路緑化において新たに求められている方針等としては、緑化機能では「ヒートアイランドや地球温暖化」、「地域振興」等への対応、緑化計画では「道路空間・都市空間との連携」や「生物多様性保全」等への対応、管理では「道路緑化の評価」、「倒木等のリスクマネジメント」等への対応があげられた。

また、全般に関連するものとして「住民参加」、「コス

ト縮減」、「データ管理」、「専門技術者の活用」、「発生材のリサイクル利用」等が求められていることがわかった。

3. 街路樹の保全・再整備方法の検討

調査結果を基にとりまとめた効果的な街路樹の保全・再整備方法を以下に示す。

3. 1 街路樹の保全・再整備の手順

街路樹の保全・再整備においては、はじめに街路樹に発生した問題を的確に把握して評価を行った上で、必要に応じて住民との合意形成を図りながら、対応方針及び計画について決定する(図-1)。この際、周辺住民の街路樹への愛着にも配慮して、まずは存続させるための保全対策を優先することを検討し、問題を解消することが困難な場合には、伐採して必要に応じて再度植栽を行うことを検討する。対策の実施は、その内容に応じて専門技術者により実施し、その後は効果の発現状況までを確認することが望ましい。可能であれば、周辺住民等との協働による体制を構築することが必要である。

3. 2 街路樹の保全方法

街路樹の保全方法としては、大径木化や過密化した樹木に対して、剪定や間引きによる樹形再生がある。また、生き物である街路樹の活力を良好に維持するために、十分な養水分を吸収できる植栽基盤に改良するとともに、根系の根上りによる縁石や舗装の持ち上がりが生じている場合には植栽空間を拡大するなどの対策が必要となる。さらに、老木化した街路樹には木材腐朽病や害虫等の被害を受けているものもあり、樹勢を回復するための薬剤注入・散布や罹患部の物理的切除等の対策が必要となることがある(図-2)。

3. 3 街路樹の再整備方法

街路樹の再整備方法としては、発生している問題が解消できない場合に伐採して同樹種を植栽する、あるいは樹種転換をする方法がある。また、問題が生育不良であった場合には、植栽時に植栽基盤の改良を行う必要がある。なお、歩道幅員が非常に狭い道路に大径木となる高木が植栽されている場合や山地部等の自然環境が豊かな環境の中に街路樹が植栽されている場合等においては、周辺住民等の合意を得た上で街路樹を撤去することが、安全で快適な歩行者空間の形成や街路樹管理の効率化に寄与する解決策の一つの選択肢となることもある(図-3)。

3. 4 住民等との合意形成

街路樹の保全・再整備にあたっては、当該街路樹と密接に関わることが多い沿道や地域の住民等との間でその対応方針や対応策について、あらかじめ合意を図ることが円滑に対策を実施する上で重要となる。住民との合意形成を図るためには、主に以下の方法がある。

- ① 検討会や委員会への住民代表の参加
- ② アンケート等の実施による意見収集
- ③ 現地開催を含めた住民説明会の実施
- ④ 説明資料配布、看板設置等による情報提供

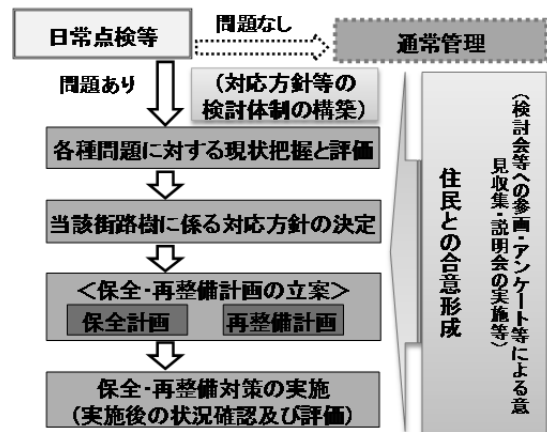


図-1 街路樹の保全・再整備の手順

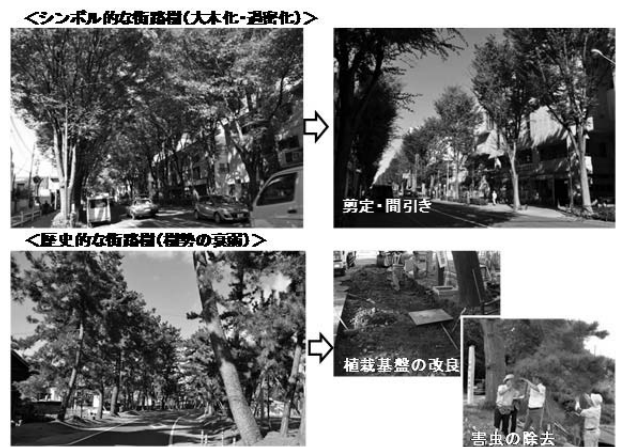


図-2 街路樹の保全

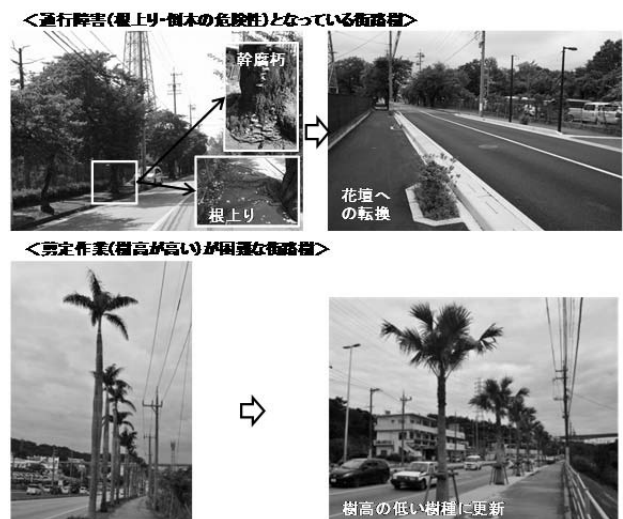


図-3 街路樹の再整備

[成果の活用]

本研究の成果は、街路樹の保全・再整備方法が道路構造や樹種特性等の条件に加え、街路樹と住民等との結びつきの深さなどにも大きく影響されることに考慮して、道路管理者が現場状況等に応じた対応方法を適切に検討できるように、調査事例の紹介を含めたガイドラインとしてとりまとめる予定である。

猛禽類等の生息環境の定量的な把握手法 及び効率的な環境保全措置の検討

Research on developing technologies for habitat evaluation and a method of efficiently monitoring rare raptors

(研究期間 平成 25～27 年度)

防災・メンテナンス基盤研究センター
Research Center for
Land and Construction Management
緑化生態研究室
Landscape and Ecology Division

室長
Head
研究官
Researcher

栗原 正夫
Masao KURIHARA
上野 裕介
Yusuke UENO

This study aims to make improvements to the monitoring of raptors on environmental assessment, which takes a lot of cost and time. The authors try to construct “species distribution models (SDMs)” to estimate the raptor’s habitat conditions more effectively and quantitatively. The SDMs is derived from statistical analysis of the relationship between the position of distribution of raptors and environmental factors at the landscape level (e.g., vegetation, geography). In addition, new monitoring techniques for aerial animals are rapidly developing (e.g., Radar, Full spectrum camera, bio-logging technologies). Thus, we will try to efficiently monitor raptors using these techniques and SDMs.

【研究目的及び経緯】

国土技術政策総合研究所では、頻繁に環境アセスメントの対象となる猛禽類について、効果的な環境保全措置と効率的・効果的なモニタリング手法の確立を目指している。猛禽類については、生息環境を定量的・効率的に把握するための手法が確立されておらず、道路事業においてもその保護・保全のために未だ多くの人員と期間を必要としている現状がある。また、現場間で情報の蓄積・共有が十分に行われておらず、今後も調査が必要な情報と既存知見から予測可能な情報（調査の縮小が可能な項目）を峻別する必要が生じていた。これらの情勢をふまえ、H25 年度に、既存情報を用いて猛禽類の営巣環境ならびに餌場環境を定量的に評価する『生息適地モデル (Species distribution model)』を試作した。

今年度は、1) 試作済みの『生息適地モデル』に新たにデータを追加し、モデルの精度検証と改良を行い、既存情報を用いた環境把握技術の向上を図った。また、2) 道路事業現場における実際のモニタリングの効率化を目的に、近年発展著しい新技術を用いた猛禽類調査の可能性と技術的課題について整理した。

【研究内容】

1. データ基盤の整備と予測モデルの検証・改良

『生息適地モデル』は、生物種の分布/非分布情報と

環境要因との関係を、GIS（地理情報システム）と統計的手法によって分析し、予測式を構築する。そのため精度の高い予測には、十分な数の生物の分布情報（猛禽類の営巣位置や餌生物の分布）に加え、予測対象範囲の環境要素（植生、地形等）の情報が必要となる。

生物情報については、全国の直轄道路事業等における調査業務報告書（平成 21～25 年度）を収集し、生物の確認位置情報を抽出した。また生物多様性保全基礎調査の結果（環境省生物多様性センター）を入手した。

環境情報は、インターネット上で公開されている基盤地図（国土地理院）や植生図（環境省生物多様性センター）を入手した。これらを用いて、猛禽類の営巣・餌場適地の予測モデルの作成・改良に必要な全国の生物情報及び環境要因のデータセットを GIS に統合した。

猛禽類の営巣適地の予測には、確認位置情報（在情報）のみで比較的、精度の高い予測が可能な MaxEnt 法（機械学習の一種）を採用した。予測の対象は、頻繁に環境アセスメントの対象となる猛禽類 5 種（オオタカ、サシバ、ミサゴ、クマタカ、ハチクマ）とし、全国、地方、地域の 3 階層で行った。

2. 新技術等を用いた猛禽類調査手法の効率化の検討

現状の道路事業における猛禽類調査は、目視による定点観察が主体であり、調査には多くの人員と期間を必要としている。また精度の高い調査のためには、経

験豊かな調査員が必要である。これら猛禽類調査を効率化・高度化するため、まず現状の猛禽類調査において必要とされる技術（手引き等に規定されている調査項目）を整理した。次に、既に猛禽類以外の動物調査で使用または実証段階の新技术の中から、道路事業での猛禽類調査への援用が見込まれる技術を抽出し、援用する上での技術的課題について検討した。

【研究成果】

1. データ基盤の整備と予測モデルの検証・改良

昨年度整理した全国の 1800 か所超の猛禽類の営巣位置情報に、今年度新たに収集した全国の直轄道路事業における調査業務報告書（平成 25 年度）等から、計 849 か所の営巣情報を追加し、予測の改良を図った。また、予測に使用する環境変数を増やし、より猛禽類各種の生態的特性を考慮した予測モデルへと改良した。例えばサシバは、森林と水田・畑が細かく入り組んだ里山景観を代表する中型の猛禽類である。図-1 は、東北地方におけるサシバの営巣適地を、1×1 km の範囲ごとに予測したものである。図-1 の右図は、H25 年

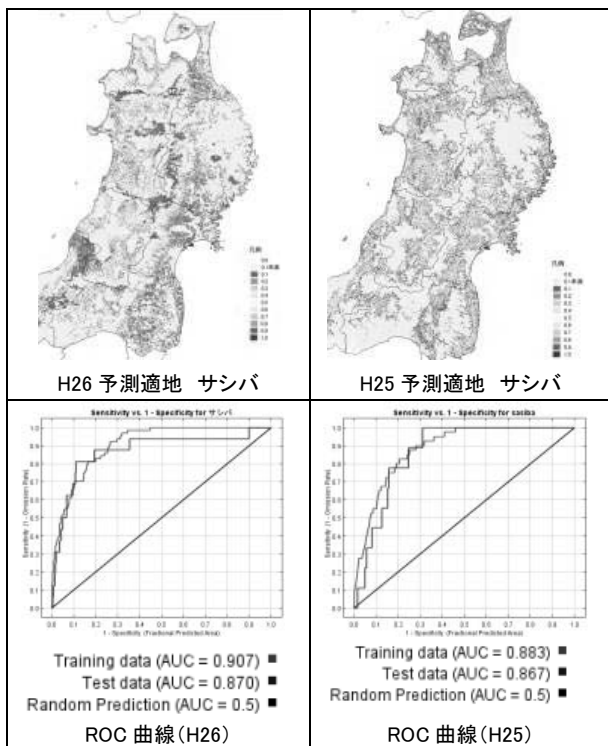


図-1 東北地方のサシバを対象とした予測結果の比較

右図は H25 年度の予測結果、左図は H26 年度の改良後の予測結果。営巣適地図は、赤いほど営巣のポテンシャルが高く、青や白に近づくほど低い。データの当てはまりを示す ROC 曲線（赤線：予測モデルの作成用データ、青線：検証用データ）から求めた AUC 値は、H25 年に比べ H26 年の予測モデルで高く、推定精度が向上したことがわかる。

図 1-2(左): 新技術の活用	図 1-2(右): 新技術の活用
<p>III 個体の位置を確認する⑤ (1/2)</p> <p>GPS-TX</p> <p>特長: 特製改良した特製改良の専用機、特製 GPS 受信機を装着してリアルタイムで位置を確認する。</p> <p>技術的課題: ① 設置場所の確保が難しい場所においても、ある程度位置を確認できる。② 設置場所の確保が難しい場所においても、ある程度位置を確認できる。③ 設置場所の確保が難しい場所においても、ある程度位置を確認できる。</p> <p>① 設置場所の確保が難しい場所においても、ある程度位置を確認できる。</p> <p>② 設置場所の確保が難しい場所においても、ある程度位置を確認できる。</p> <p>③ 設置場所の確保が難しい場所においても、ある程度位置を確認できる。</p>	<p>III 個体の位置を確認する⑥ (2/2)</p> <p>GPS-TX</p> <p>特長: 主に幹線道路沿いのみに設置する専用機、特製 GPS 受信機を装着してリアルタイムで位置を確認する。</p> <p>技術的課題: ① 設置場所の確保が難しい場所においても、ある程度位置を確認できる。② 設置場所の確保が難しい場所においても、ある程度位置を確認できる。③ 設置場所の確保が難しい場所においても、ある程度位置を確認できる。</p> <p>① 設置場所の確保が難しい場所においても、ある程度位置を確認できる。</p> <p>② 設置場所の確保が難しい場所においても、ある程度位置を確認できる。</p> <p>③ 設置場所の確保が難しい場所においても、ある程度位置を確認できる。</p>

表-1 新技術の特徴を整理した表（例）

猛禽類調査における実用化の段階、技術の長所・短所、必要な準備、制約などについて整理した。

度に試作した予測モデルによる結果であり、左図は H26 年度に改良した予測モデルによる結果である。H25 年度の予測適地図では、全体的に似た色合い（いずれの場所も似たようなポテンシャル値）であったのに対し、H26 年度の改良モデルでは、ポテンシャルの高い場所（赤色）と低い場所（青色・白色）が明瞭に区別され、予測の判別性能が上がっていることが示された。このことは、予測の当てはまりを定量的に示す、ROC 曲線と AUC 値からも示された。同様の分析、改良は、東北以外のサシバや他種（オオタカ、ミサゴ、クマタカ、ハチクマ）についても実施し、いずれも予測モデルの改良ができた。

2. 新技術等を用いた猛禽類調査手法の効率化の検討

整理の結果、現状の猛禽類調査では、(1)個体の位置を確認する技術、(2)繁殖状況を確認する技術、(3)個体の生息を確認する技術、(4)個体を識別する技術、が求められていることがわかった。これらの整理に基づき、レーダーやマルチスペクトルカメラ、位置追跡装置など 23 種類の新技术等を取り上げ、個々について、猛禽類調査における実用化の段階（研究・開発段階～実用化済）、技術の長所・短所、使用にあたっての必要な準備、制約などの技術的課題を明らかにした（表-1）。

【成果の活用】

予測モデルと新技术によるモニタリングを併用することにより、環境アセスメントにおける猛禽類調査の効率化（調査地点の絞り込みや、モニタリング機器の使用等）や環境保全対象地域の優先順位付けを定量的評価基準により行うことが可能になる。今後も本業務の成果をブラッシュアップし、次回改訂の「道路環境影響評価の技術手法」に反映するとともに、事業現場に広く情報提供していきたい。

損傷したコンクリート道路橋への非破壊検査技術による検査・診断技術適用性の調査業務

Survey Work on Adaptation of the Testing and Diagnostic Techniques using NDE Techniques for Damaged Concrete Road Bridges

(研究期間 平成 26 年度)

道路構造物研究部 構造・基礎研究室
 Foundation, Tunnel and Substructures Division
 主任研究官 西田 秀明
 Senior Researcher Hideaki Nishida

室長 間渕 利明
 Head Toshiaki Mabuchi
 研究官 小原 誠
 Researcher Makoto Obara

This study summarize requirements for the internal damage inspection of the concrete structure after the confirmation of the performance of various NDE techniques through the verification method reflected the issues which are identified from the verification results in the past fiscal year.

[研究目的及び経緯]

現在、高度経済成長期に整備した道路構造物の多くが老朽化の時期を迎える一方で点検に必要な技術者不足の問題が顕在化している。こうした中、省令等により平成 26 年 7 月 1 日より長さ 2m 以上の橋とトンネル全てについて 1 回/5 年の近接目視を基本とした点検が規定された。点検の基本は近接目視と打音であり、点検者の熟練度に影響される。また、コンクリート内部損傷の把握は近接目視や打音では困難である。こうした背景から近年、コンクリート内部等の損傷を調査するための非破壊検査技術の開発が進められている。

本研究は過年度の非破壊検査技術の検証結果から課題を抽出し、これを反映させた検証方法により各種非破壊検査技術の性能について確認し、コンクリート構造物等の内部損傷を調査するための必要条件についてとりまとめた。

[研究内容及び研究成果]

1. 非破壊検査技術の課題の整理

過年度において非破壊検査技術の性能把握を目的に、予備情報を与えない条件で撤去桁(写真-1)と模擬損傷供試体(写真-2)を用いて検証を実施しているが、検査結果にばらつきが見られ、基本性能の把握ができない結果であった(図-1)。

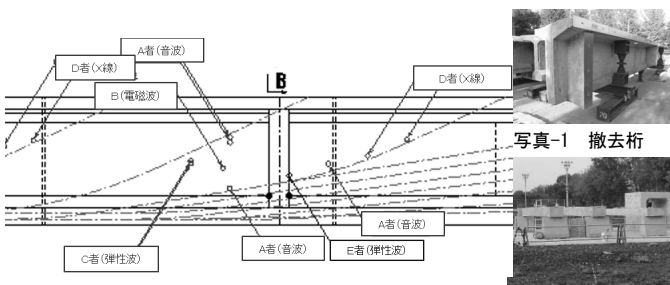


図-1 H25 撤去桁の内部損傷検査結果(抜粋)



写真-2 模擬損傷供試体

2. 非破壊検査技術の段階的検証

過年度の検査結果のばらつきの要因は測定時間の不足から計測箇所を省略していること等が考えられた。そこで平成 26 年度は、図-2 のフローで検査箇所を限定して、各損傷の検知能力や位置、規模の計測精度の基本性能を明らかにし(Step1)、検査条件を実橋レベルへ段階的に近づけていき(Step2~4)、計測条件が変化した場合においても基本性能を発揮できるか検証を実施した。

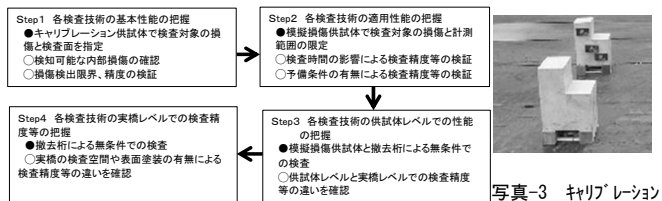


図-2 非破壊技術の検証フロー図

①基本性能の把握(Step1)

耐力に影響が大きい P C 鋼材や鉄筋の健全性を検知できる技術が少なく検査手法も限定されることが確認できた(表-1)。

表-1 検知可能な損傷の整理(申告に対する検証結果)

検査者	損傷種別	空洞		内部うき		内部ひび割れ		グラウト充填状態		PC鋼材の健全性		鉄筋の健全性	
		申告	検証結果	申告	検証結果	申告	検証結果	申告	検証結果	申告	検証結果	申告	検証結果
1	振動	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
2	電磁波①	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×
3	音波①	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
4	X線①	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
5	音波②	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
6-1-1	音波③	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
6-2	X線②	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
6-3	電磁波②	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
6-4	赤外線①	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
7	電磁波③	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
8-1	弾性波①	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
8-2	赤外線②	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
8-3	電磁波④	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
9-1	弾性波②	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
10	弾性波④	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
11-1	X線③	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
11-2	超音波	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
12	赤外線③	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
13	弾性波⑤	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

○: 検知可能 ×: 検知不可
 -: 未計測 空欄: 計測対象外

②適用性能の把握 (Step 2)

予備情報 (図面等) がない場合でも全体で約 50% の損傷を検知できており図面の有無の影響は少ないことが確認できた。誤差についてはデータ数が少ないが、予備情報があるほうが小さくなる傾向である (表-2)。

表-2 予備情報の有無による検知率

NO.	検査技術	予備情報有無による検知		計測精度向上有無	誤差推移
		無	有		
6-3	電磁波②	○	×	無	—
8-3	電磁波④	×	○	有	×→25cm以内
11-2	超音波	○	×	無	—

グラウト充填模擬 (S15.2×500mm)

NO.	検査技術	予備情報有無		計測精度向上有無	誤差推移
		無	有		
5	音波②	×	○	有	×→25cm以内
6-3	電磁波②	○	×	有	15cm→5cm以内
7	電磁波③	○	×	無	—
8-1	弾性波①	×	○	有	×→25cm以内
8-3	電磁波④	×	○	有	×→30cm以内

グラウト充填不足

NO.	検査技術	予備情報有無		計測精度向上有無	誤差推移
		無	有		
5	音波②	×	○	有	×→15cm以内
6-2	X線②	○	×	無	—
6-3	電磁波②	○	×	無	—
7	電磁波③	×	○	有	×→10cm以内
8-1	弾性波①	○	×	無	—
11-2	超音波	○	×	無	—

※内部うき、内部ひび割れ、鉄筋の健全性、PC鋼材の健全性は検知なし

③供試体レベルでの検査精度等の把握 (Step 3)

撤去桁と模擬損傷供試体では損傷の検出率で大差はなく、模擬損傷供試体の検証評価は実橋レベルに適用可能であることが確認できた (表-3)。

表-3 撤去桁と模擬損傷供試体の損傷検出率

【模擬損傷供試体】			【撤去桁】				
検査者	正答数	損傷検出率	検査者	正答数	損傷検出率		
NO. 3	音波①	1	2%	1	振動	1	3%
5	音波②	7	14%	6-2	X線②	1	3%
6-2	X線②	1	2%	6-3	電磁波②	2	6%
6-3	電磁波②	6	12%	7	電磁波③	4	13%
7	電磁波③	6	12%	8-1	弾性波①	1	3%
8-1	弾性波①	0	0%	8-3	電磁波④	12	39%
8-3	電磁波④	2	4%	9-1	弾性波②	10	32%
11-1	X線③	21	43%	解体による確認損傷数(箇所)			31
11-2	超音波	19	39%	模擬損傷数			49

④実橋レベルでの検査精度等の把握 (Step 4)

実橋での作業を想定した作業スペース (張出床版端部離隔 150mm (写真-4) と 800mm (写真-5) で設定) や表面保護塗装の有無の制約条件がある場合でも損傷の検出率に大差はないことを確認した (表-4)。

表-4 実橋の制約条件における損傷検出率

【作業スペースの制約】					
検査者	検査技術	作業スペース制約有		作業スペース制約無	
		検知数	検出率	検知数	検出率
3	音波①		0%	2	13%
6-2	X線②	1	8%	1	6%
6-3	電磁波②	1	8%	2	13%
7	電磁波③		0%	1	6%
8-1	弾性波①	4	33%	2	13%
9-1	弾性波②	4	33%	1	6%
11-1	X線③	2	17%		0%
解体による確認損傷数		12		16	



写真-4 撤去桁 (桁間隔 150mm)

【表面保護塗装がある場合】					
検査者	検査技術	表面保護塗装有		表面保護塗装無	
		検知数	検出率	検知数	検出率
3	音波①	5	24%	4	22%
6-3	電磁波②	1	5%	2	11%
7	電磁波③	10	48%	3	17%
8-1	弾性波①	2	10%	7	39%
解体による確認損傷数		21		18	



写真-5 撤去桁 (桁間隔 800mm)

3. 内部損傷を調査するための必要条件案の整理

今回の非破壊検査技術の検証結果から、内部損傷を調査するための必要条件案について整理した。

- ・耐力に直接影響を及ぼす損傷を精度良く検知できる技術が求められるが、耐力への影響が大きい鉄筋やPC鋼材の健全性を確認できた技術は少なく、検査手法も限定されるため今後の技術開発が必要である。
- ・現況の非破壊検査技術は計測原理から検知可能な損傷の違いや適用性能等の様々なバリエーションがある一方で使用するニーズ側にその性能が明らかになっていない。よって、ニーズを整理した上で各非破壊検査技術に要求する性能について検証していくことが今後必要である。

4. あと施工アンカーの非破壊検査

H26年度は、予備情報 (図面、標準供試体の測定) の有無による検査精度への影響を確認することを目的に、新規に模擬定着供試体を製作して非破壊検査 (9者) を実施した。また、非破壊調査後に引張試験 (写真-6) を行い、変状と耐力の関係を整理した。また、撤去桁の既設アンカーボルト (写真-7) を用いて非破壊検査を実施し、実橋での適用性について検証した。結果、引張耐力低下が見られた6本の供試体に対して、すべてを検知できる非破壊検査技術はなかった (図-3)。実橋での適用性は定着部内部の充填不足・付着不良が大きいものについては5者が検知できていたが、小さいものになると2者で検知率が低下する傾向である。

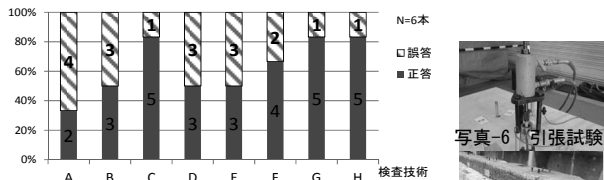


図-3 不具合の検出率 (引張耐力低下)

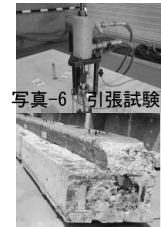


写真-7 既設アンカーボルト (実橋)

【今後の課題】

- ・各損傷の大きさや位置による耐力への影響を整理し、各ニーズに合致した非破壊検査技術が選定可能になるように要求性能を整理し、認証試験を実施していく必要がある。
- ・あと施工アンカーボルトについては、大きな充填不足の不具合は検知できているが、その他の不具合については検知率が低く、特に引張耐力の低下しているものについて検知ができていないので要因の分析と更なる技術開発が必要である。

【成果の発表】

共同研究報告書及び各種論文にとりまとめ予定

【成果の活用】

基準等へ反映させる予定

舗装性状調査を活用した道路構造物の変状把握可能性に関する調査業務

Study on possibility of damage estimation of road structures using the road surface condition survey.

(研究期間 平成 25 年度)

道路構造物研究部 道路基盤研究室
Road Structures Department
Pavement and Earthworks Division

室長
Head
研究官
Researcher
研究官
Researcher

藪 雅行
Masayuki Yabu
東 拓生
Takuo Azuma
石原 佳樹
Yoshiki Ishihara

In this study, we examined relationship between crack-pattern of pavement with damage of structures by inspection data of the structure and the pavement to establish a technique to confirm the damage of structure under the pavement from daily inspection of the pavement.

As a result, we have confirmed that increased the intersection numbers and intersection density of cracks of the pavement, in case of be confirm high relationship on damage of slab of the bridge with crack-pattern of pavement, then we confirm the crack pattern was deform to square. Similarly, we have confirmed that crack pattern was deform to extend in the road length direction, in case of exist soil structure under the pavement.

[研究目的及び経緯]

橋梁床版のコンクリートの土砂化に伴う床版の抜け落ちや、法面及びその周辺の土工構造物（擁壁等）の変状に伴う道路の崩壊の発生は、第三者被害に直結するとともに長期にわたる通行規制などによる社会的影響が大きい損傷である。これらの損傷は数年に1回の構造物点検により確認しているが、日常的に把握できれば早期にその前兆の把握が可能となる。

本研究では、路面性状調査の画像データを用いて舗装ひび割れ性状を整理するとともに、舗装ひびわれ性状と舗装下の道路構造物の損傷等との関連性について分析し、舗装の状態から舗装下の構造物の変状把握可能性について検討した。

[研究内容]

1. 舗装の路面性状に関するデータの活用に関する文献調査・整理

国内外の文献調査により、舗装の路面性状と舗装の下にある路盤、路体、埋設物、構造物の設置状況や変状あるいは地すべりや盛土の崩壊などの災害の発生状況との関連性に着目した研究等を調査し、対象構造物と舗装の路面性状との関連性から得られる情報を整理した。調査では、過去15年分の国内外の主要な学会等の論文集、出版図書、雑誌等に投稿された論文を対象とした。

2. 舗装ひび割れと道路構造物等の状態との関係整理

直轄国道の路面性状調査で撮影されたデジタル画像から舗装に発生したひび割れパターンを抽出し、ひび割れの平均幅、延長、面積、交点数、交点密度、分布の縦横比等のひび割れ性状を整理した。一方、舗装下の構造物（橋梁床版、土工構造物）の点検結果から損傷状態を整理し、両者を重ね合わせることで、舗装のひび割れ性状と構造物の損傷の相関を分析し、路面表面の状態から舗装下の構造物の状態を把握する手法について検討した。

[研究成果]

主な研究成果の概要を以下に示す。

1. 舗装の路面性状に関するデータの活用に関する文献調査・整理

舗装の路面性状と舗装の下にある路盤、路体、埋設物、構造物の設置状況やその損傷状況との関連性、あるいは、地すべりや盛土の崩壊などの災害の発生状況との関連性に着目した研究について文献検索を行ったが、研究事例が乏しく、文献が抽出できなかった。このため、構造物の診断技術のうち、本研究の目的である舗装表面の状態から舗装下の構造物の損傷を推定する方法に応用の可能性のある技術を検索・抽出し、とりまとめることとした。その結果、レーザやカメラによる画像の解析による舗装表面の損傷（ひび割れ性状）を測定する手法、赤外線サーモグラフィにより表面温度から表面付近の状態（例えばコンクリートの浮きな

ど)を診断する手法等が抽出された。また、電磁波により舗装や舗装下の橋梁床版上面及び路面下空洞を診断する手法が確認されたとともに、舗装及び舗装下の構造的な健全性を確認する手法として、車両によるパネ下振動加速度の測定による方法等が抽出された。

2. 舗装ひび割れと道路構造物等の状態との関係整理

本検討では、直轄国道の696橋(延長約220km)の橋梁部と、延長約98kmの土工部を対象とした。

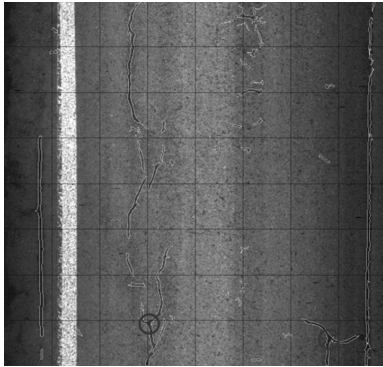


図2-1 ひび割れ抽出状況
(青線が50cm×50cmメッシュ、黄色が抽出されたひび割れ、赤丸がひび割れの交点)

対象構造物の前後100mを含む区間の路面性状調査により撮影された画像データ(画像フィルムの場合はデジタル化後のデータ)から、舗装表面のひび割れ性状を自動抽出した。抽出したひび割れについては、50cm×50cmメッシュごとに、平均幅、延長、面積、交点数、交点密度、分布の縦横比を算出し、画像1枚(4m×4m)ごとに集計した(図2-1参照)。

一方、構造物点検の結果から、橋梁部については床版の損傷状態、土工部については盛土、擁壁等の変状状況を整理した。

以上の整理から舗装のひび割れと舗装下の構造物の損傷状態の相関の高低を表2-1のとおり4段階に分類した。

表2-1 舗装のひび割れと構造物損傷の相関ランクの設定の考え方

(a) 橋梁部

記号	相関ランク	相関ランク設定の考え方
◎	相関あり	舗装下の構造物の損傷と舗装のひび割れの発生位置・範囲がほぼ一致している、あるいは、舗装のひび割れに遊離石灰、剥離等が生じている
○	相関がある可能性あり	舗装下の構造物の損傷と舗装のひび割れの発生位置・範囲が近く、両者が関連している可能性がある
△	伸縮装置周辺の変状と相関がある可能性あり	橋梁の伸縮装置周辺の舗装ひびわれなど、その下の下部工の変状には、関連性が低いと考えられる損傷が生じている
×	相関なし	支承の腐食など、舗装の状態に影響度が低い構造物損傷が見られる

(b) 土工部

記号	相関ランク	相関ランク設定の考え方
○	相関がある	土工構造物の変状・損傷と、舗装のひび割れの発生位置・範囲が近く、両者の関係性が高い
△	相関がある可能性がある	土工構造物の変状・損傷と舗装のひび割れが発生しているが、発生位置・範囲がずれているなど、両者の関係性が低い
×	相関なし	構造物の損傷など変異が見受けられるが、舗装上にひびわれ等変異が確認できない

各構造物と舗装ひび割れの相関ランクごとのひび割れパターンを表2-2に示す。これによると、橋梁部においては、相関ランクが高くなると、ひび割れの交点数、交点密度が増加するとともに、ひび割れ分布の縦横比が1に近くなることを示している。すなわち亀甲状のクラックが正方形あるいは円形に発生する状況となった場合、橋梁床版の土砂化などの損傷の危険性が高いといえる。一方、土工部については相関ランクが高くなると橋梁と同様に交点数や交点密度が増加するが、分布の縦横比は道路延長方向に拡大していく傾向がみられた。

表2-2 相関ランクとひび割れ性状の関係

(a) 橋梁部

相関ランク	◎	○	△	×
ひびわれ延長(m)	34.010	27.547	21.426	18.874
面積(m ²)	0.511	0.493	0.458	0.355
交点数	59.333	36.000	21.500	12.143
縦横比延長ベース	1.077	1.337	1.509	1.433
縦横比面積ベース	1.023	1.525	1.405	1.289
交点密度[個/m ²]	0.400	0.556	0.187	0.075
単位面積あたりひびわれ面積[m ² /m ²]	0.004	0.007	0.005	0.003

(b) 土工部

相関ランク	○	△
ひびわれ延長(m)	139.239	120.969
面積(m ²)	3.142	2.585
交点数	90.083	69.333
縦横比延長ベース	2.439	2.087
縦横比面積ベース	2.610	2.508
交点密度[個/m ²]	0.582	0.376
単位面積あたりひびわれ面積[m ² /m ²]	0.022	0.014

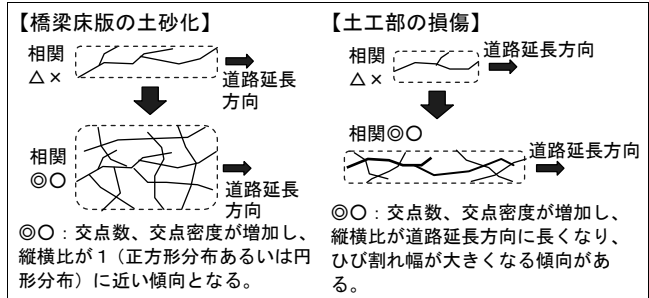


図2-2 舗装下の構造物変状による舗装損傷パターン

[成果の発表]

各種論文等で発表予定。

[成果の活用]

構造物損傷の把握について道路管理者に有益な情報を提供していくため、舗装の状態から舗装下の構造物の損傷を把握する手法の技術資料をとりまとめる。

道路（平面部）の液状化による被害の影響要因に関する調査業務

Study on liquefaction damage control of the road.

（研究期間 平成 25 年度）

道路構造物研究部 道路基盤研究室
Road Structures Department
Pavement and Earthworks Division

室長
Head
研究官
Researcher
研究官
Researcher

藪 雅行
Masayuki Yabu
東 拓生
Takuo Azuma
石原 佳樹
Yoshiki Ishihara

This study summarize the technical knowledge for suppressing the liquefaction damage, by analyze of relationship between damage by liquefaction of road surface at the Great East Japan Earthquake and road structure conditions, ground conditions, state of underground buried object.

We analyzed the relationship between the liquefaction damage status and pavement thickness. As a result, the damage caused by liquefaction, the occurrence if there is a pavement thickness of about 1.2m above it was found that had been suppressed. Also, extensive liquefaction damage involving road closure and emergency construction was understood that it is difficult to occur if the road is a pavement thickness of at least about 0.6m.

〔研究目的及び経緯〕

平成 23 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災では、液状化により一時的に道路の通行に支障が生じた区間が発生し、緊急輸送道路等で避難・救援活動の支障となった。このため国土技術政策総合研究所では、道路（平面部）の液状化に伴う被害について、道路の諸条件（舗装構成、地盤条件等）を踏まえた対策手法の確立のための検討を行っている。

本研究は、東日本大震災における道路平面部の液状化被災状況に関する情報を収集し、被災状況等と道路構造、道路下の埋設物、地盤条件等との関係を分析することで、液状化による被災が起きやすい条件、起きにくい条件を整理し、道路平面部における液状化被害を抑制するために参考となる技術資料を作成するものである。

〔研究内容〕

1. 調査の概要

東日本大震災で被災した合計 5 地区（茨城県日立市、神栖市、千葉県千葉市、香取市、過年度検討を実施した千葉県浦安市）の道路を対象として、各自治体から収集した①液状化被害の箇所及び被害状況、②道路構造等・埋設管等の諸条件、③地盤条件（ボーリング柱状図、液状化判定結果）に関するデータ整理し、被害に関する相関分析を効果的に行うことを念頭に、一元的にデータを管理できるように GIS を活用して整理し

た。

GIS に構築した各種データをもとに、液状化被害状況（被害形態、被災程度等）、道路構造等・埋設管等の諸条件、地盤条件との関連性について整理し、重ね合わせによる分析、数値による相関分析等を行った。重ね合わせ分析は、被災状況、地盤条件、道路諸元、埋設管情報等を 100m 区間毎の整理表に集計し、被害と各条件との相関関係を分析した。

以下に、液状化被害の箇所及び被害状況、道路構造等・埋設管等の諸条件、地盤条件の整理方法について詳述する。

①液状化被害の箇所及び被害状況に関する整理

整理対象となる路線（過年度成果を含む延べ140路線、延べ80km程度）に対して、車道で発生した液状化による道路地表面部の被災発生箇所について整理を行い、被害形態（噴砂、亀裂、段差、陥没、占用物件の突出等）、被災程度については、平面図に図示した（図-1 参照）。また、あわせて被災時の交通機能への影響について整理を行った。

②道路構造等・埋設管等の諸条件に関する整理

対象路線の標準断面などの資料から舗装構成（路床改良も含む）を整理するとともに、下水道管路の位置情報を平面図上に整理した（図-1 参照）。

③地盤条件の整理

検討対象箇所周辺のボーリングデータおよび土地造

プローブ情報の収集処理高度化に関する調査業務

Research on enhancement of collection and processing of probe data

(研究期間 平成 26 年度)

道路交通研究部
高度道路交通システム研究室
Road Traffic Department
Intelligent Transport Systems Division

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher
研究官
Researcher
交流研究員
Guest Research Engineer

牧野 浩志
Hiroshi MAKINO
鹿野島 秀行
Hideyuki KANOSHIMA
田中 良寛
Yoshihiro TANAKA
佐治 秀剛
Hidetaka SAJI

The purpose of this research is to investigate method for processing, storage, share and distribution of probe data and to make a specification of probe server.

〔研究目的と経緯〕

国土交通省では、2011 年より全国の高速度道路本線上を中心として、約 1,600 箇所 ITS スポットを設置している。市販されている ITS スポット対応カーナビ搭載の車両が ITS スポットを通過することで、車両の緯度・経度、時刻、加速度等のプローブ情報が収集される。

国土技術政策総合研究所では、このプローブ情報を用いて、道路管理に必要となるデータの生成・データ処理や、データの蓄積・共有・配信等に関する検討を実施することとしている。

本研究は、これらの検討に必要となる基礎資料を得るため、プローブ情報のデータ処理方法にかかる整理、

データの蓄積・共有・配信方法にかかる整理、新たなプローブ統合サーバの仕様書の作成を行うものである。

〔研究内容及び成果〕

(1) プローブ情報のデータ処理方法にかかる整理

プローブ情報は、ITS スポット対応カーナビから ITS スポットへと送信され、プローブ処理装置を経由してプローブ統合サーバに集約される。まず、この集約されたプローブ情報の特徴について整理を行った。次に整理したプローブ情報の特徴を踏まえた上で、プローブ情報に求められるデータ要件を明らかにするため、プローブ情報を用いた分析を実施した。(表 1)

表 1 プローブ情報を用いた分析 (ケーススタディ)

No	ケーススタディ 実施場所	使用データ	分析項目
1	東名高速⇄関越自動車道間の利用経路の把握分析	・走行履歴情報(マップマッチング前)	・各 IC ペア間の一般道路走行経路
2	圏央道供用にとまなう効果把握分析	・走行履歴情報 ・DRM リンク別 15 分別平均旅行時間・旅行速度 ・挙動履歴情報	・道路種別毎の走行台キロ ・道路種別毎の速度の変化状況 ・利用 IC の転換状況の把握 ・IC アクセス時間、アクセス距離 ・生活道路における急減速の発生回数、状況
3	八王子 JCT における方向別の通過所要時間の把握分析	・旅行時間テーブル	・方向別の利用台数 ・方向別の通過所要時間、旅行速度
4	台風 12 号に伴う高知自動車道通行止め時の迂回車両の経路把握	・旅行時間テーブル	・通行実績の把握 ・U ターン利用車両の抽出
5	国道 1 号 BP の路上工事時の交通状況把握	・走行履歴情報 ・旅行時間テーブル	・周辺一般道路の旅行速度状況の把握 ・車両毎の走行速度状況の把握
6	首都高速道路における情報提供の効果把握	・挙動履歴情報	・主要カーブにおける急減速の発生状況の把握 ・情報提供有無による挙動発生状況の比較

表2 プローブ統合サーバにおけるデータ保存方法

期間	内容
短期 (数か月程度)	プローブ情報は遅れてアップリンクされる性質があることから、ほぼ確定値とみなせる 30 日後まではデータ更新が生じる。また、利用者がデータの収集状況を確認するニーズも高いと想定されるため、短期的にはデータベースへデータを格納し、画面から検索、閲覧できるようにすることが望ましい。なお、データ量試算結果を踏まえ、データベースへの格納は 90 日間とする。
中期 (数年程度)	データ利用に際してはある一定の単位でまとめてダウンロードするニーズが高いと想定される。プローブ統合サーバに求められる道路行政からのリクワイアメントでは 3 年間のデータ利用が必要とされていることから、3 年間はファイルサーバによる保存とする。
長期	長期的(3 年以降)にはテープ媒体への保存に移行し、一定期間保持する。なお、保持期間に関しては道路行政におけるデータ活用ニーズを踏まえて議論が必要。

プローブ情報を用いた分析結果から、走行履歴データおよび旅行時間テーブルからトリップ単位にデータが抽出できることや、トリップの始点(出発地)、終点(到着地)、経由地が取得できること等、プローブ情報に求められるデータ要件の整理を行った。この整理結果を踏まえ、プローブ統合サーバが備えるべきプローブ情報の処理方法として、以下の検討を行った。

- ・ITS スポットシステムの制約を考慮したデータ処理
- ・プライバシーに配慮した処理
- ・トリップと運行を考慮したデータ処理
- ・新たなプローブ統合サーバにおけるデータ処理
- ・マップマッチング処理
- ・統計的処理と逐次処理

(2) データの蓄積・共有・配信方法にかかる整理

(1) で検討したプローブ統合サーバが備えるべきデータの処理方法を踏まえ、プローブ情報のデータ蓄積・共有・配信方法について整理を行った。まずデータ蓄積方法として、以下に関する整理を行った。

- ・今後増加が見込まれるプローブ情報のデータ量試算
 - ・データの活用場面を想定し、必要な情報を付加したデータフォーマット
 - ・検索性、データの更新、ダウンロード方法、保存性能、コスト、拡張性を考慮したデータの保存方法
- これらの整理結果を踏まえてプローブ統合サーバにおけるデータ保存方法を表2の通り整理をした。

次に、図1に示す通り、プローブ統合サーバにて保存したプローブ情報を各道路管理者や外部連携システム等へデータ共有する方法として、以下に関する検討を行った。

- ・データ共有のタイミング
- ・連携システムとのデータ共有方法
- ・共有するデータ項目

(3) 新たなプローブ統合サーバの仕様書の作成

(1)、(2)の整理結果を踏まえ、代表地方整備局に新たに構築するプローブ統合サーバの機器仕様書を作成した(図2)。

[成果の活用]

本研究の成果は、新たに構築するプローブ統合サーバの機器仕様書に活用された。

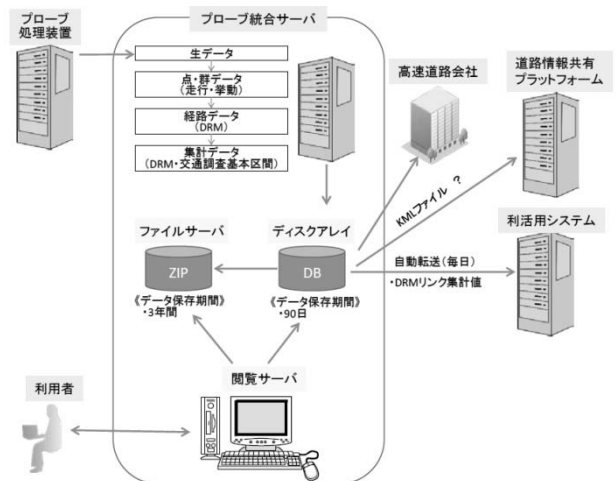


図1 プローブ情報のデータ共有

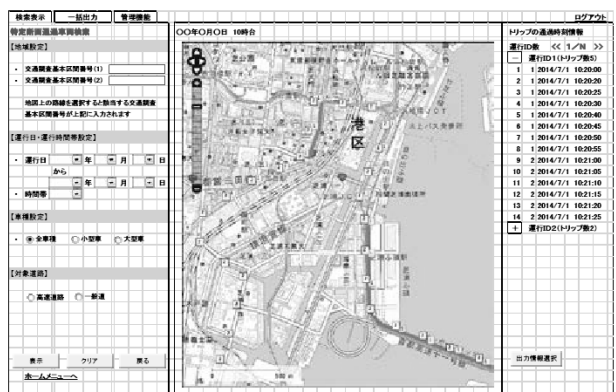


図2 プローブ統合サーバ機器仕様案(画面仕様)

プローブ情報を用いた大型車両の走行状況確認技術調査業務

Research on monitoring method of heavy vehicles using Probe data

(研究期間 平成 26 年度)

道路交通研究部
高度道路交通システム研究室
Road Traffic Department
Intelligent Transport Systems Division

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher
研究官
Researcher
交流研究員
Guest Research Engineer

牧野 浩志
Hiroshi MAKINO
鈴木 彰一
Shoichi SUZUKI
築地 貴裕
Takahiro TSUKIJI
鹿谷 征生
Yukio SHIKATANI

The purpose of this research is to investigate and verify methods for monitoring driving route of heavy vehicles, which is considered to have a significant impact on the life span of road infrastructure.

[研究目的及び経緯]

国土交通省では、「好循環実現のための経済対策」(平成 25 年 12 月 5 日閣議決定)に基づき、「競争力強化策」の一環として、交通・物流ネットワーク等の都市インフラ整備、ITS 技術の活用などによる渋滞対策等を推進することとしている。国土技術政策総合研究所では、上記対策等の一部として、ITS 技術を活用し、プローブ情報(車両の走行履歴等を含むデータ)を用いた大型車両の走行状況確認技術の確立に取り組んでいる。取組の一環として、平成 25 年度、GPS 機能付き ITS スポット対応車載器を搭載した大型車両(以下、「モニタ車両」)のプローブ情報から走行履歴データを抽出可能とする、特殊車両走行経路違反模擬判定実験システム(以下、「実験システム」)を構築した。

本研究では、実験システムから得られる大型車両の走行履歴データと、事業者からの運行記録を照合することにより、大型車両の走行状況を精度良く推定、確認するための方法について検証することを目的としている。

[研究内容]

本研究では、実験システムから得られるモニタ車両の走行履歴データの分析と、事業者からのモニタ車両の運行記録の分析を行い、大型車両の走行状況が確認できるデータを抽出した。抽出した走行履歴データと運行記録の照合を行い、その結果を評価した。照合・評価にあたっては、点列の走行履歴データを地図上の道路と対応付けるために、大型車両の走行経路に特化した最適なマップマッチング手法を選択した。

[研究成果]

1. 走行履歴データの分析

実験システムを用いて、モニタ車両のうち、抽出できた 2,891 台の走行履歴データに対して、以下の項目について分析した。

【分析項目】

- 実験システムの走行履歴データ取得量(車両台数、走行距離総量、ITS スポット利用数、日次変化、地域別変化、車種別傾向等)
- 特殊車両自動計測装置に関する取得データ(月別、日別、時間帯別、装置別の計測車両台数、計測重量・寸法分布等)

代表的な分析結果を以下に示す。

図 1 に全国 ITS スポットから収集した走行履歴データの取得状況を示す(平成 26 年 10 月)。1,548 箇所 ITS スポットから走行履歴データを取得しており、モニタ車両は全国を網羅的に走行していることを確認した。

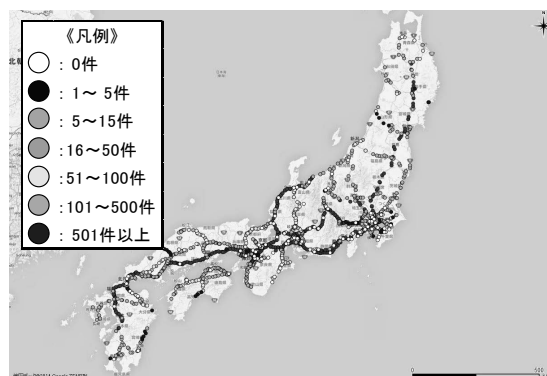


図 1 走行履歴データ取得状況(10月)

図 2 に平成 26 年 4 月～11 月の期間、全国 39 個所の特殊車両自動計測装置を通過した車両台数に関するデータを示す。モニタ車両に占める特殊車両（以下、「特車」）の割合が夜間に多いことから、多くの特車は夜間に走行していることが確認できた。

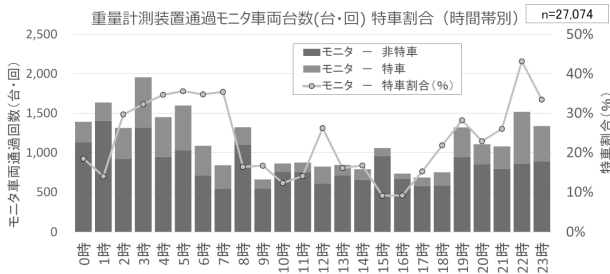


図 2 特殊車両自動計測装置における通過車両台数

2. 運行記録の分析

走行履歴データと照合可能な運行記録を抽出した。抽出にあたっては、平成 26 年 4 月～11 月に走行したモニタ車両 2,891 台、延べ 18,841 件の運行記録を対象とし、時間把握可否、距離把握可否、経路把握可否、トリップ把握可否（運行記録上の荷積み、荷降ろし、休憩等の立寄り毎の走行）の観点で分析した。なお、経路を把握できる運行記録については、経路情報を DRM リンク・ノード形式に変換して用いた。また、運行記録は、車両を運行する事業者毎に異なる様式（アナログタコグラフ形式、タイムチャート形式、表形式等）のものがあるため、実際に走行経路として把握できる記録は全体の 5%（タイムチャート形式）と少なかった（図 3 参照）。効率的な走行経路把握のためには、走行経路が判別可能な運行記録を作成している事業者に限り、運行記録の提供協力を依頼することが重要といえる。

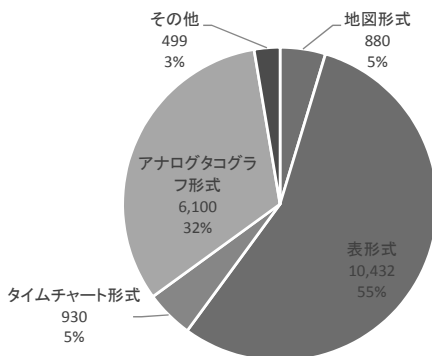


図 3 運行記録の分類

3. 走行履歴データと運行記録の照合

1. の走行履歴データの分析結果、及び 2. の運行記録の分析結果を用いて、実験システムの処理結果出力

としてのモニタ車両の走行状況（経路及び重量）と、運行記録上の走行状況を照合し、その結果を評価した。照合に使用したデータは、平成 26 年 9 月～11 月の運行記録 234 件、全 4,382 スパン（区間）とした。

評価指標には、経路一致率および経路外走行率を用いた。経路一致率は、運行記録上の経路に対するマップマッチング結果の一致割合を表す。経路外走行率は、マップマッチング結果が運行記録上の経路と重複しない割合を表す。

照合の結果、経路一致率は 9 割を超え、経路外走行率は約 1 割程度であった。経路不一致が発生する際の特徴としては、国道以下の一般道路を対象とした場合の照合において発生している傾向がみられた。特に、IC を含むスパンが大半を占めていた。このことから、高速道路に限定すると、大型車量の走行経路はほぼ把握できることが確認できた。一方、経路外走行の特徴としては、走行経路に並行する道路または直行する道路において発生している傾向がみられた。

ITS スポットは高速道路を中心に設置されており、今年度は一般道における検証に必要なデータが十分に収集できなかったが、今後、一般道においてもプローブ情報が収集可能な路側機が設置されれば、同様の検証が可能である。

なお、照合で用いたマップマッチング手法としては、経路一致率や経路外走行率をもとに、走行履歴データ（点列）を特車スパン（大型車両の走行経路に特化した交差点間を結ぶ区間）に対応付ける方式を採用した。

また、実験システムを用いて、大型車両の違反模倣判定を行う際の留意事項や改善案として、特殊車両自動計測装置から得られる重量計測データと走行経路との紐づけ方法やトリップ分割方法などを検討した。特に、荷扱いと休憩時間をシステム上で区別する際に必要な停車パラメータ（閾値）については、荷扱い時間の累積頻度と休憩時間の累積頻度の差が最も大きくなる時間を設定したが、約 2 割について荷扱いと休憩を誤認識する結果となった。従って、荷扱いと休憩時間を区別するには時刻差だけでなく、高速道路の SA/PA などの位置情報を勘案することが必要と考えられる。

[成果の活用]

次年度は、走行履歴データを収集する路側装置が一般道に配備予定であり、本年度得られた成果を踏まえつつ、一般道においても大型車両の走行状況の推定、確認を行う予定である。これにより、全国規模で大型車両の道路の適正利用を精度良く確認可能な技術が確立できると考える。

地域連携道路事業費

関東管内土木工事の積算体系に関する検討調査

Research on the estimation system of the public works in the Kanto area

－施工パッケージ型積算方式に関する調査検討－（研究期間：平成 21～）
Study on “packaged price estimation method”

防災・メンテナンス基盤研究センター 建設システム課
Research Center
for Land and Construction Management
Construction System Division

課長	山口 達也
Head	Tatsuya YAMAGUCHI
主任研究官	山口 武志
Senior Researcher	Takeshi YAMAGUCHI
研究官	桜井 真
Researcher	Makoto SAKURAI
研究官	永島 正和
Researcher	Masakazu NAGASHIMA
交流研究員	中原 敏晴
Guest Research Engineer	Toshiharu NAKAHARA
交流研究員	大山 憲英
Guest Research Engineer	Norihide OOOYAMA

The Ministry of Land, Infrastructure and Transport must promote efficiency of estimation. Therefore we try a new “packaged price estimation method”. We are going to enlarge coverage year by year.

【研究目的及び経緯】

工事の予定価格の算出方法として、従来より、機械経費、労務費、材料費を積み上げる積算方式（積上積算方式）を行ってきたが、積上積算方式は受発注者に多くの負担がかかっていた。こうした背景から、国土交通省では、積算の効率化を目的として、施工単位ごとに機械経費、労務費、材料費を含めた1つの単価（以下「施工パッケージ単価」という）で計上する新たな積算方式に取り組むこととした。

本研究は、新たな積算方式である「施工パッケージ型積算方式」を試行導入するための検討、資料作成を行うものである。

施工パッケージ型積算方式については、平成 24 年 10 月より試行を開始し、平成 25 年 10 月には適用工種を拡大した。平成 26 年度はさらなる適用工種拡大に向けた分析・検討を行うとともに、試行中の施工パッケージの一部見直しの検討を行った。

【研究内容】

1. 施工パッケージ型積算方式について

施工パッケージ型積算方式とは、直接工事費の積算を施工単位ごとに機械経費、労務費、材料費を含めて設定した標準単価を用いて計上し、共通仮設費、現場管理費及び一般管理費等の間接費を従来の積上積算方式と同じ率式等を用いて

計上する積算方式である。なお、価格の透明性を確保するため、標準単価、標準単価から積算単価への補正方法、補正に必要な機労材構成比及び機労材代表規格も公表している（図-1、2）。

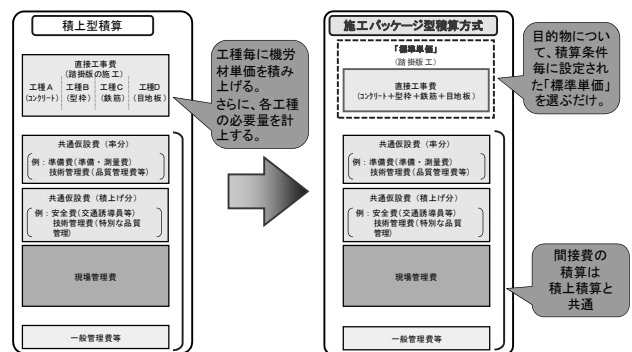


図-1 施工パッケージ型積算方式の積算体系

2. 施工パッケージ化分析

施工パッケージ積算方式については、平成 24 年 10 月より、3 工事区分（舗装、道路改良、築堤・護岸）の主要工種に 63 の施工パッケージの適用を開始し、平成 25 年 10 月からは、さらに 6 工事区分（道路維持、道路修繕、河川維持、砂防堰堤、電線共同溝）の主要工種に 146 の施工パッケージを追加

した。(図-3)

平成26年度は、さらなる適用工種拡大を図るため6工事区分(道路維持、道路修繕、河川維持、河川修繕、砂防堰堤、電線共同溝)の23工種103歩掛を対象として、施工パッケージ化分析を行った。

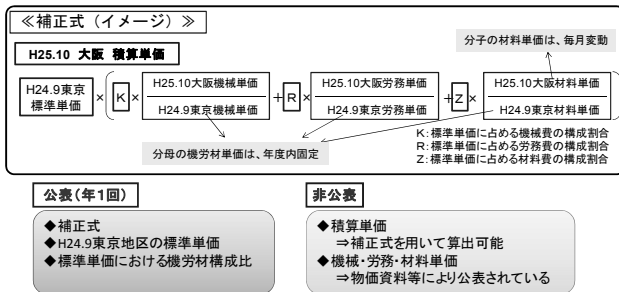


図-2 標準単価等の公表

年度	平成23年度 ~3月	平成24年度 4月~3月	平成25年度 4月~3月	平成26年度 4月~3月	平成27年度 4月~3月
積算方式の適用		積上積算方式 65施工パッケージ 30% ※	146施工パッケージ 50% ※		111施工パッケージ 80% ※
施工パッケージ化分析	3工事区分(舗装、道路改良、築堤・護岸)の主要歩掛 85歩掛	174歩掛	96歩掛	(6工事区分の残りの主要歩掛)	
	6工事区分(道路維持・修繕、河川維持・修繕、砂防堰堤、電線共同溝)の主要歩掛				

図-3 導入スケジュール

施工パッケージ化分析とは、施工パッケージの基となる積上積算の歩掛を分析して、価格差が小さい積算条件の設定を廃止し、条件区分の簡素化を行ったり、複数の歩掛を組み合わせる積算の簡素化などを行うものである(図-4)。具体的には、以下の手順で行う。

- I 積算条件の価格感度分析及び設定
- II 作業土工控除に伴う適用範囲等の修正
- III 歩掛廃止による影響の有無の確認
- IV 積算基準等の検討

なお、検討にあたっては歩掛が削除されても積算に支障が無いよう配慮し、各地方整備局等に意見照会を行いながら分析を進めた。

また、すでに試行している一部の施工パッケージについて、利便性の向上等を目的とした条件区分や適用範囲等の見直しのための検討・分析を行った。

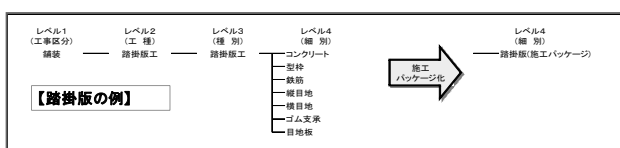


図-4 積算の簡素化の例

3. アンケート調査について

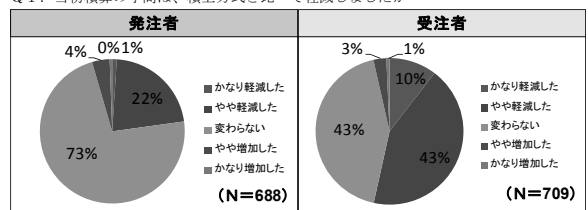
各地方整備局、北海道開発局、沖縄総合事務局の各事務所において平成25年度に施工パッケージ型積算方式により発注した工事から約700件を抽出し、受発注者それぞれに平成26年5月~6月にアンケート調査を実施したので参考までに記載する。主な調査結果は、以下に示すとおりであり、受注者から概ね良い評価が得られている(図-5)。なお、この結果は、適用工種が拡大される前の昨年度のアンケート結果とほぼ同じ傾向となった。引き続き現場の意見等を踏まえ、試行を進めていきたい。

<主な調査結果>

○当初積算については、受注者は半数程度が手間が軽減されたと答えた一方、従前の積算方式に慣れている発注者は、受注者ほど効果を感じていない。

○価格の透明性については、標準単価や補正式が公表されていることから、受発注者ともに半数程度が価格の透明性が高まったと感じている。

Q1. 当初積算の手間は、積上方式と比べて軽減しましたか



Q2. 標準単価や補正式を公表することで積上方式と比べて価格の透明性は高まりましたか

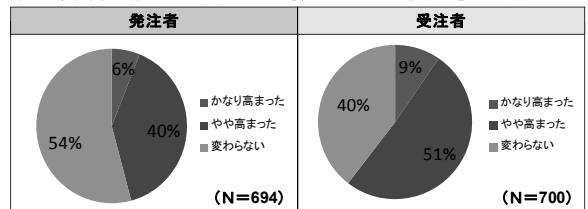


図-5 アンケート結果

[成果の活用]

現在試行中の施工パッケージについては、物価変動を考慮して標準単価、機材構成比の年度改定を行い、公表しているところである。また、平成27年10月からは、111の施工パッケージを追加導入する予定である。

今年度施工パッケージ化分析した結果については、今後標準単価および機材構成比の設定を行い、試行を開始する予定である。

関東管内道路工事における総合的なコスト構造改善の評価に関する調査

Investigation for evaluation of integrated cost structure improvement in road works of Kanto regional bureau
(研究期間 平成 23 年度～)

防災・メンテナンス基盤研究センター 建設システム課 課長
Research center
for Land and Construction Management,
Construction system Division

山口 達也
Head Tatuya YAMAGUCHI
課長補佐 市村 靖光
Deputy Head Yasumitsu ICHIMURA
施工管理技術係長 高野 佳明
Chief Yoshiaki TAKANO
部外研究員 遠藤 健司
Guest Reserch Kenji ENDO
Engineer

Road administration in Kanto regional bureau is tackling a cost structure improvement program in public works of MLIT. In this research, price difference in construction cost data between the United States and Japan was studied for FY2013, as a means to determine whether or not construction costs have been adequately reduced. The results were compared and analyzed taking account of the change in the economic indicators as well as the results of a series of past studies, with a focus on the issues related to the price difference in construction costs between U.S. and Japan from 1990s onwards.

[研究目的及び経緯]

関東地方整備局における道路行政では、これまでのコスト削減の取り組みに加え、行き過ぎたコスト削減は品質の低下を招く恐れがあることから、コストと品質の両面を重視する取り組みとした「国土交通省公共事業コスト構造改善プログラム」(平成 20 年度～平成 24 年度)に基づき、平成 20 年度から 5 年間で、15% (平成 19 年度比) の総合コスト改善を目標とした「総合的なコスト構造改善」に取り組んでいる。

図-1 は、これまでのコスト構造改善実績を示す。

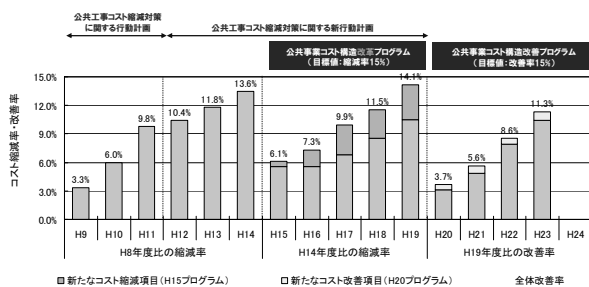


図-1 コスト削減・改善の実績

一方で、わが国では、プラザ合意以降の急激な円高により内外価格差が拡大する中、国内の建設工事の価格も欧米先進国と比較して著しく高いとの批判を受けたことから、1993 年度より 5 年毎 (1998、2003、2008 年度) に日米の建設コストに関する内外価格差調査を

行っている。過年度の調査からは、図-2 に示すとおり、内外価格差はある程度解消され、コスト削減施策の効果がみられる結果が得られた。しかし、近年リーマンショックや東日本大震災等により、建設コストを取り巻く状況は大きく変化しており、建設コストの現状を把握する必要性が高まってきたことから、2013 年度より内外価格差調査を実施した。

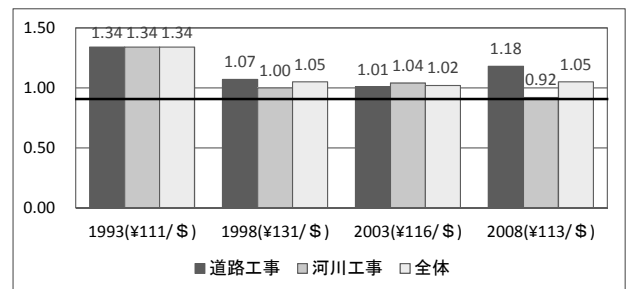


図-2 過年度の内外価格差調査結果の推移

[研究内容]

本研究は、2014 年度までに実施した日米内外価格差調査結果をもとに、1990 年代以降の建設工事の日米の価格差の問題を中心に経済指標の推移と合わせて整理、分析した。具体的には、日米の経済指標 (為替レート、GDP、物価、購買力平価等) の変化を分析し、日米価格差の動向を考察するとともに、日米の道路及び河川工事事例の工事費用 (用地費・補償費は除く) につい

て比較を行い、内外価格差の要因について、分析を行っている。

[研究成果]

主な研究成果の概要を以下に示す。

1. 日米内外価格差を巡る経済指標の変化

内外価格差が課題となる直前の1980年以降の経済環境の変化を概観するため、日米のGDPや物価、経常収支、為替レート並びに購買力平価を整理して図-3に示す。

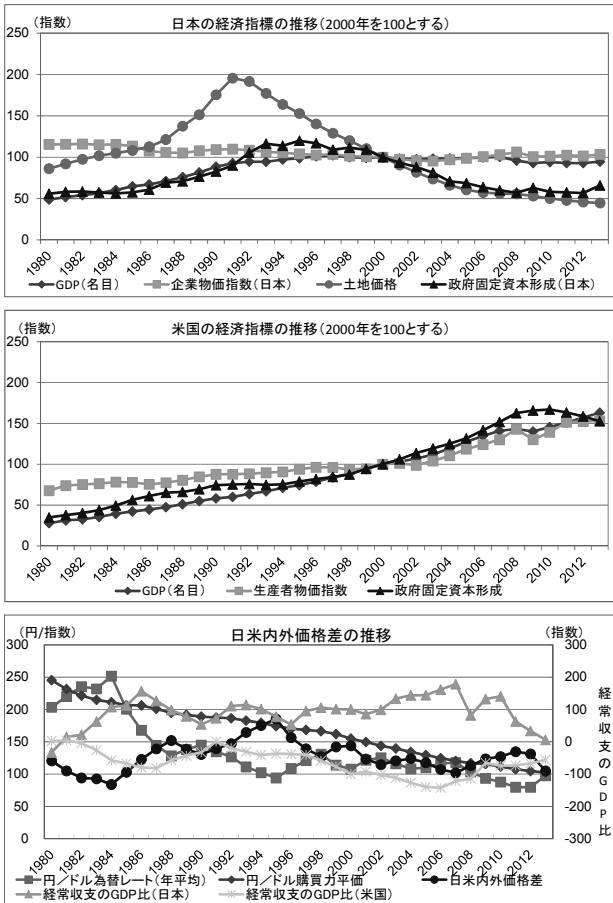


図-3 日米内外価格差と経済指標の推移

日本の経済指標については、GDP、土地価格及び政府固定資本形成はバブル崩壊まで拡大し、それ以降は一定若しくは減少している。

米国の経済指標については、1980年以降安定的に拡大を続けており、リーマンショック時に一時的に減少したが、それ以降は再度拡大傾向にある。

日米内外価格差（購買力平価／為替レート×100、左縦軸）については、プラザ合意以降拡大し、1995年にピークに至っている。それ以降は2007年まで減少し内外価格差が解消されたが、2008年以降は再び拡大している。

2. 工事費用の日米比の推移

道路及び河川工事事例についての工事費用の日米比較結果を表-1、2に示す。

なお調査方法としては、米国対象工事事例の各種資料等から効率的・合理的に積算根拠を読み解き、日本の積算基準に準じた数量内訳書を作成したうえで比較を行っている。

今回の調査結果において、平成26年10月時点では、河川工事で日／米比0.913、道路工事で日／米比1.308となっている。

河川工事事例においては、日米でほとんど差がないが、道路工事事例においては、日本の工事費が高くなっている。その要因としては、工事費ベースで約8割のシェアを占めるアスファルト舗装工の材料費が考えられる。米国建設物価資料（RS-Means）より、日米のアスファルト舗装工の材料費（間接費込み）について比較すると1.26～1.45となり、今回の道路工事事例による日米比（1.308）と近い値となっている。

今回の調査において、道路工事については内外価格差が拡大している傾向がみられた。しかしながら、今回の調査対象工事がアスファルト舗装工のシェアが大きかったために、そのような結果になったと考えられることから、内外価格差が拡大していることはないと考えられる。

表-1 道路工事費用の日米比較（H26.10単価）【円】

職種	米国	日本	日／米比
道路土工	38,044	47,585	1.251
構造物撤去工	38,886	27,166	0.699
舗装工	481,973	654,676	1.358
排水構造物工	32,177	45,184	1.404
区画線工 他	10,884	12,549	1.153
合計	601,965	787,160	1.308

表-2 河川工事費用の日米比較（H26.10単価）【円】

職種	米国	日本	日／米比
河川土工	49,251	50,481	1.025
護岸基礎工	39,487	24,896	0.630
擁壁護岸工	173,564	154,367	0.889
構造物撤去工	10,340	14,434	1.396
付帯道路工	19,930	21,097	1.146
合計	292,571	267,010	0.913

※ 120円/\$で換算（調査時点為替レート（H26.12））

[成果の活用]

本調査において、経済指標においては内外価格差が拡大している一方、土木工事（総価）においては内外価格差が拡大しているわけではないことがわかった。

これをもとにして、今後も定期的に内外価格差調査を行い、適切なコスト縮減が行われているか検証していきたいと考えている。

関東管内土木工事における設計成果の品質確保に関する検討

Study on the improvement of detailed design quality control of public works in the Kanto area

(研究期間：平成 24～平成 27 年度)

防災・メンテナンス基盤研究センター
建設システム課
Research Center
for Land and Construction Management
Construction System Division

課長
Head
課長補佐
Deputy Head
研究官
Researcher
交流研究員
Guest Research Engineer

山口 達也
Tatsuya YAMAGUCHI
市村 靖光
Yasumitsu ICHIMURA
高野 進
Susumu KONO
遠藤 健司
Kenji ENDOH

Design faults do not decrease. So it is important to secure quality of the design result. Therefore, the design fault was investigated and the improvement method for detail design quality control was examined.

【研究目的及び経緯】

近年、現場の技能労働者の高齢化や若年入職者の減少といった問題が生じていることから、「公共工事の品質確保の促進に関する法律の一部を改正する法律」が施行され、設計・施工の品質確保のためには、より一層の効率化・省力化が求められている。国土交通省では、建設生産システムの中でも上流段階に位置し、成果が事業全体の品質やコストに大きく影響を及ぼす設計業務において、図-1に示すとおり、受発注者がお互いの役割を確実に履行するための品質確保対策の検討を行っている。

国総研においても、設計照査制度の改善等適切な品質管理プロセスを確立することを目的とし、設計業務の品質を阻害する要因等を調査分析し、詳細設計業務にて生じている設計ミス・不具合をより確実・効率的に防止するため、今年度は、受注者によって確実に照査が実施できるよう詳細設計照査要領（以下、「照査要領」と称す）の改訂に必要な基礎資料の整理を行った。

なお、照査要領とは、「成果品の品質向上」、「基本事項の統一による照査の効率化」等を目的とし、8工種（河川部門

3工種、道路部門4工種、共通部門1工種）を対象として、受注者に本要領に基づいた照査（設計段階毎に照査項目をチェック、設計調書の作成）を実施することを義務づけているものである。

【研究内容】

（1）調査概要

照査要領の改訂においては、関連基準類の改定に伴い見直しが必要な照査項目を抽出した。さらに、設計段階で不具合防止対策に繋がる新たな照査項目を検討するため、施工前に実施する三者会議（三者とは、発注者、設計者、施工者）で指摘された不具合事例の分析及び三者会議参加者へのヒアリング等を実施した。調査結果に基づき、不具合に対する三者の認識の違いや不具合の発生要因及び施工への影響度合いなどを照査要領の改訂内容に関連づけて整理した。今回は不具合事例の多い3工種（道路、橋梁、築堤・護岸）（図-2参照）のうち、特に施工の手戻り、工期延伸に関わるような影響度の大きい不具合（技術的判断ミス・理解不足）を含む事例を対象に、三者の協力を得ながら検討を進めた。

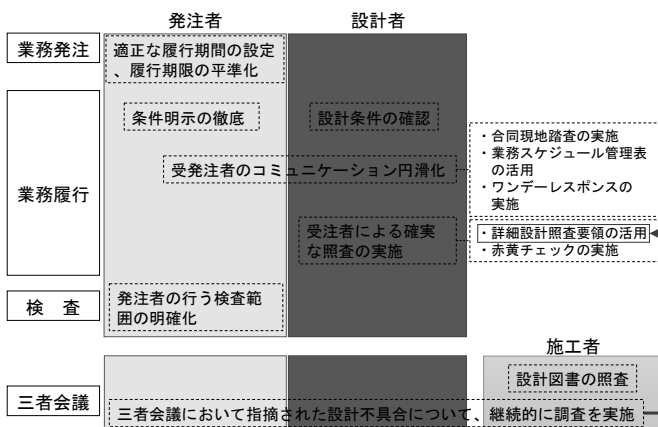


図-1 受発注者の品質確保のための取り組み

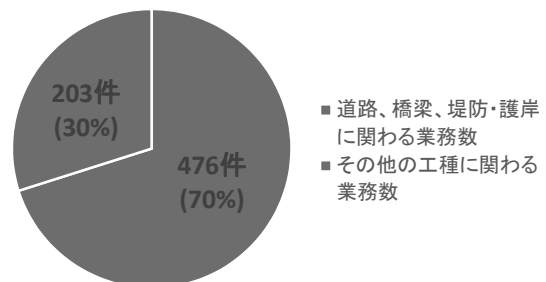


図-2 三者会議(H25. 4~12)にて不具合が指摘された業務件数

(2) 調査結果

①関連基準類の改定動向等の整理

照査要領の対象とする8工種において、技術基準類の改定内容（橋梁における維持管理を考慮した設計の考え方の追加、土工構造物における性能規定の考え方の追加等）等を踏まえ、照査項目の内容を見直した。

②発注者から見た不具合防止策

現行の照査項目に、前記①などの情報を追加した改訂案を作成し、各地方整備局等の技術担当者の意見を収集した。また三者会議にて発覚した不具合事例の防止方法などを聞き取った結果、「設計者の照査プロセスを確実に確認する」、「成果品のチェックを確実に設計者に実施してもらう」などの意見が出ており、照査要領改訂の必要性の高さが伺えた。

③設計者、施工者から見た不具合防止策

三者会議にて不具合が指摘された事例について、設計者、施工者にヒアリング及びアンケート調査を実施し、施工段階で手戻りが生じないように取り組むべきことについて聞き取った結果、設計者からは「施工条件に配慮した設計を実施する」、「各照査プロセスにおいて確実に照査を実施する」、施工者からは「設計者が立案した施工計画に変更が生じることがあり、変更が生じた場合は設計者に問い合わせる」などの意見が出ており、照査内容に施工計画に関する記述を盛り込むことも重要との見解を得た。

その見解を踏まえ、具体的に追加する照査項目案（一例）としては、道路（擁壁工）において「近接する既設構造物との取り合いを確認したか」などが挙げられる。

④工種別、部位別から見た不具合事例の分析

3工種（道路、橋梁、築堤護岸）毎の施工種別（土工、仮設工 など）・部位別（主桁、支承工 など）の視点で不具合事例を整理し、発生頻度や発生要因等の傾向を分析し、これまで十分な照査が行われていなかった事例を抽出した。

追加する照査項目案（一例）としては、橋梁（上部工）において、「遊間の設定は、地震時移動量を満足するか。また、隣接工区がある場合には、取り合いが考慮されているか」などが挙げられる。

⑤リスクの高い不具合事例の分析

不具合の発生頻度と工程等への影響度合いの視点からリスク分類（表-1参照）を行った。

なお、リスクレベルの設定方法については、表-2に示す。

前述の分類を踏まえ、リスク分類□、□に該当する重要度の高い不具合事例を抽出した。

追加する照査項目案（一例）としては、橋梁（下部工）において「荷重条件（設計時や施工時、暫定形や完成形）は適正か」などが挙げられる。

表-1 不具合の発生頻度とリスクレベルによる分類

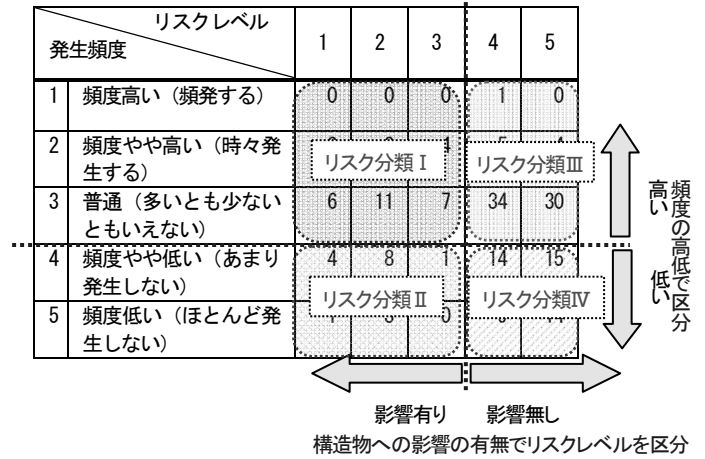


表-2 リスクレベルの設定

リスクレベル	内容
1	構造物の性能が仕様を満たさないため、構造物の一部作り直しが必要となる。
2	構造物の安全度が満たされないため、構造物の補強等の対応が必要となる。
3	構造物本体の仕様、安全度には支障がないが、構造物の一部直しを必要とする。
4	施工中に発見できると考えられるが、工期やコストへの影響がある。構造物の品質には影響を及ぼさない。
5	施工中に気が付いて現場で対応できると考えられるので、工期、コスト、構造物の品質には影響を及ぼさない。

上記①から⑤の結果を受け、改訂する照査内容を整理した（表-3参照）。

また今回、実施した不具合に関する三者会議参加者へのヒアリング及びアンケート調査によって、施工者の創意工夫や施工手順の見直しによって改善した不具合など、設計段階で判断することが困難である事例もあることがわかった。

今後は、照査要領の改訂に向けて、8工種すべてにおいて照査項目、設計調書の内容を具体的に取りまとめるとともに、建設生産システム全体を視野に入れた新たな品質確保対策についても検討していく必要があると考えている。

表-3 照査要領の改訂イメージ（道路のうち、函渠工）

項目	照査内容	改定理由
基本条件の照査（函渠工）	カルバートの重要度及び要求性能は決定されているか	基準改定への対応
	慣用設計法の適用範囲内（従来型カルバート）か。それ以外の場合、設計方法は適切か	〃
	自動設計の適用方法は適切か。（削除）	自動設計の廃止
	土被りの条件は妥当か。土被りの変化が大きい箇所での断面変化は考慮してあるか	従来通り
	縦断方向（構造物方向）の設計の必要性は確認したか	照査項目がなかった
	ウイングの高さの決定根拠は適切か。防護柵の設置は必要か	見落としやすい項目
	カルバートの規模、土被り、基礎の支持条件に応じて適切な鉛直土圧係数を設定しているか	設計ミス事例がある

国土技術政策総合研究所資料
TECHNICAL NOTE of NILIM
No.858 September 2015

編集・発行 ©国土技術政策総合研究所
本資料の転載・複写の問い合わせは
〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地
企画部 研究評価・推進課 TEL 029-864-2675