

ISSN 1346-7328

総研資料 第1298号

令和6年11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.1298

November 2024

令和5年度

道路調査費等年度報告

Annual Report of Road-related Research
in FY 2023

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

令和 5 年度
道路調査費等年度報告

Annual Report of Road-related Research in FY 2023

概要

本報告は、国土技術政策総合研究所において令和 5 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、令和 5 年度

Synopsis

This report contains the results of the road-related research carried out by NILIM in FY 2023.

Key Words : Road-related Research, Annual Report, Fiscal Year of 2023

ま え が き

この年度報告は、令和5年度に国土技術政策総合研究所（国総研）において、「道路調査費」及び「地域連携道路事業費」によって実施した研究の結果をとりまとめたものである。

研究課題は、以下の政策テーマについて道路局から国総研に示されたリクワイアメントに基づき、設定されたものである。

- 1 円滑なモビリティ
- 2 交通安全
- 3 高度道路交通システム（ITS）
- 4 空間活用
- 5 施策提案（基礎的基盤的研究 等）
- 6 道路橋・附属物等の長寿命化・耐災害性向上のためのマネジメントとコスト縮減
- 7 道路構造物（下部工・トンネル・大型カルバート等）の構造・維持管理・対災害性の高度化
- 8 道路土工構造物（盛土・切土）、舗装の構造・維持管理・対災害性の高度化
- 9 道路の地震防災・減災対策

多岐にわたる研究課題により得られた結果の概要を、年度報告に集約して公表することにより、道路の整備・管理・研究開発に携わる方々に有用な情報を提供し、道路の更なる進化を期待するものである。国総研の道路関係の取組みにご理解を深めていただき、ご意見等を賜れば幸いです。

令和6年11月

道路交通研究部長

吉田 秀範

道路構造物研究部長

星隈 順一

令和5年度 道路調査費等年度報告

目 次

道路調査費

1.	円滑なモビリティ	
	・ OD 交通量逆推定手法等を活用した常時観測 OD の取得に関する研究 ^{*1}	(道 路 研 究 室) … 1
	・ 常時観測データを利用した渋滞分析・予測に関する調査	(道 路 研 究 室) … 3
	・ 多様なニーズを持つ利用者に対応した走行空間の創出に関する検討 ^{*1}	(道 路 研 究 室) … 5
2.	交通安全	
	・ 幹線道路における交通事故の要因分析等に関する調査	(道 路 交 通 安 全 研 究 室) … 7
	・ 生活道路における交通安全対策の普及を図るための手法に関する調査	(道 路 交 通 安 全 研 究 室) … 9
	・ ビッグデータ等の重ね合わせ分析による、幹線道路・生活道路の交通安全上の課題抽出手法の検討 ^{*2}	(道 路 交 通 安 全 研 究 室) … 11
	・ 視認性能を踏まえた交通安全施設の維持管理方法に関する調査	(道 路 交 通 安 全 研 究 室) … 13
	・ 交通安全施策に関する事故データ分析	(道 路 交 通 安 全 研 究 室) … 15
	・ 視覚障害者の安全かつ円滑な誘導方法に関する検討	(道 路 交 通 安 全 研 究 室) … 17
3.	高度道路交通システム (ITS)	
	・ 一般道路における自動運転を実現するための調査研究 ^{*1}	(高 度 道 路 交 通 シ ス テ ム 研 究 室) … 19
	・ 官民連携による路車協調 ITS に関する研究 ^{*1}	(高 度 道 路 交 通 シ ス テ ム 研 究 室) … 21
	・ ITS 技術の活用による道路交通サービスの高度化に向けた検討 ^{*2}	(高 度 道 路 交 通 シ ス テ ム 研 究 室) … 23
	・ ITS の研究開発及び国際標準化に関する海外動向調査	(高 度 道 路 交 通 シ ス テ ム 研 究 室) … 25
	・ ETC2.0 プローブ処理の高度化に関する研究	(高 度 道 路 交 通 シ ス テ ム 研 究 室) … 27
4.	空間活用	
	・ 自転車活用推進に向けた自転車通行空間の評価に関する調査	(道 路 交 通 安 全 研 究 室) … 29
	・ 多様な手法による無電柱化の推進に関する調査 ^{*1}	(道 路 環 境 研 究 室) … 31
	・ 人中心の道路空間の構成や運用に関する調査	(道 路 環 境 研 究 室) … 33
	・ 道路空間におけるグリーンインフラの社会実装に向けた調査 ^{*1}	(道 路 環 境 研 究 室) … 35
	・ 街路樹の円滑で計画的な更新手法に関する研究	(緑 化 生 態 研 究 室) … 37
	・ 道路緑化の評価手法と持続可能な目標設定・維持管理方法に関する研究	(緑 化 生 態 研 究 室) … 39
	・ 道路における再生可能エネルギー資源の調査 ^{*1}	(道 路 環 境 研 究 室) … 41
	・ 電動車等の普及を想定した自動車走行時の CO2 排出量の推計方法の作成	(道 路 環 境 研 究 室) … 43

5. 施策提案（基礎的基盤的研究等）	
・「xROAD」の設計・構築 ^{*2}	（道路研究室）… 45
・ICTによるデータを用いた冬期交通障害検知に関する調査	（道路交通安全研究室）… 47
・道路環境影響評価の技術手法の改定に向けた調査 ^{*1}	（道路環境研究室）… 49
・道路事業の生産性向上に資する入札契約方式に関する研究	（社会資本マネジメント研究室）… 51
・道路整備の生産効果に関する調査	（建設経済研究室）… 53
・災害時等における道路交通量の抑制に関する調査	（建設経済研究室）… 55
・道路管理データと連携した道路基盤地図管理システムの高度化に向けた研究	（社会資本情報基盤研究室）… 57
・道路管理のための点群データの効率的な管理手法に関する研究	（社会資本情報基盤研究室）… 59
・道路標識データベースに関する検討 ^{*1}	（社会資本情報基盤研究室）… 61
・道路整備等の生産性向上に資するICTを活用した施工及び維持管理の高度化に関する調査	（社会資本施工高度化研究室）… 63
6. 道路橋・附属物等の長寿命化・耐災害性向上のためのマネジメントとコスト縮減	
・道路橋等の性能評価方法の充実・高度化に関する調査検討	（橋梁研究室）… 65
・高度な数値解析技術を用いた性能評価方法に関する調査検討	（橋梁研究室）… 67
・道路橋の維持管理計画の継続的改善に関する調査検討	（橋梁研究室）… 69
・道路橋の点検の省力化・高度化に関する調査検討	（橋梁研究室）… 71
・損傷を受けた部材の耐荷性能評価への部分係数法の適用に関する調査検討	（橋梁研究室）… 73
・道路構造物の補修・補強に関する基本工法の充実に向けた試験調査	（橋梁研究室）… 75
・大型車が道路橋に与える影響に関する調査	（橋梁研究室）… 77
7. 道路構造物（下部工・トンネル・大型カルバート等）の構造・維持管理・対災害性の高度化	
・橋台背面アプローチ部等の土工性能検証項目等の調査検討 ^{*1}	（構造・基礎研究室）… 79
・既設橋梁基礎の補修補強の調査・設計手法の調査検討 ^{*1}	（構造・基礎研究室）… 81
・橋梁下部構造等の信頼性設計に関する調査検討	（構造・基礎研究室）… 83
・大型カルバート等の要求性能に対応した維持管理手法及び信頼性設計に関する調査検討 ^{*1}	（構造・基礎研究室）… 85
8. 道路土工構造物（盛土・切土）、舗装の構造・維持管理・対災害性の高度化	
・舗装の要求性能に対応した設計及び維持管理手法に関する調査検討	（道路基盤研究室）… 87
9. 道路の地震防災・減災対策	
・動的耐震照査法の信頼性向上に関する調査	（道路地震防災研究室）… 89
・道路リスクアセスメントの活用方策に関する調査	（道路地震防災研究室）… 91
・地震時の道路施設変状の即時把握に関する調査	（道路地震防災研究室）… 93
・リモートセンシング技術を活用した災害時の道路状況把握に関する調査	（道路地震防災研究室）… 95

地域連携道路事業費

5. 施策提案（基礎的基盤的研究 等）

- ・土木工事の生産性向上に向けた効率的な積算体系の運用を実現する検討調査（社会資本システム研究室）… 97

以上は、「道路調査費」及び「地域連携道路事業費」の令和5年度当初予算（審議会等公募型委託研究等を除く）の標記の研究課題で得た結果をまとめたものである。

ただし、※を付した研究課題は、次のとおり前年度以前から継続して実施したものである。

※¹令和4年度当初予算の標記の研究課題を令和5年度に継続して得た結果をまとめたもの

※²令和4年度補正予算の標記の研究課題を令和5年度に継続して得た結果をまとめたもの

なお、以下の研究課題は、令和6年度に継続して実施しているため、令和6年度道路調査費等年度報告に結果を掲載予定である。

道路調査費（令和5年度当初予算、ただし*は令和5年度補正予算）

1. 円滑なモビリティ

- ・ ICTやAI等を活用した各種道路交通データ収集の高度化・効率化に関する調査 (道路研究室)
- ・ OD交通量逆推定手法等を活用した常時観測ODの取得に関する研究 (道路研究室)
- ・ 道路の役割に応じたサービス水準の確保のための道路幾何構造に関する調査 (道路研究室)

2. 交通安全

- ・ 交安指定道路の作業システム作成* (道路交通安全研究室)

3. 高度道路交通システム（ITS）

- ・ 一般道路における自動運転を実現するための調査研究 (高度道路交通システム研究室)
- ・ 一般道での自動運転移動サービス車両の混入を考慮した交通安全に資する道路空間の検討 (道路交通安全研究室)
- ・ 官民連携による路車協調 ITSに関する研究 (高度道路交通システム研究室)
- ・ 高速道路における自動運転の路車協調システム実証実験* (高度道路交通システム研究室)
- ・ ETC2.0プローブ処理の高度化に関する研究* (高度道路交通システム研究室)
- ・ ETC2.0オープン化のためのシステム構築* (高度道路交通システム研究室)
- ・ 次世代ITSの官民連携での取組に関する調査 (高度道路交通システム研究室)
- ・ 特殊車両モニタリング高度化の検討 (高度道路交通システム研究室)
- ・ 次世代ITSに向けた特殊車両モニタリングの高度化の検討* (高度道路交通システム研究室)

4. 空間活用

- ・ 多様な手法による無電柱化の推進に関する調査 (道路環境研究室)
- ・ 道路管理設備における低炭素化技術に関する調査 (道路環境研究室)
- ・ 電動車等の普及を見据えた道路交通のGX推進に向けた調査* (道路環境研究室)

5. 施策提案（基礎的基盤的研究等）

- ・ xROADプラットフォーム拡充* (道路研究室)
- ・ 道路事業の多様な効果の把握・評価に関する研究 (道路研究室)
- ・ 環境影響評価の運用実態に応じた技術手法の改定に関する調査 (道路環境研究室)

7. 道路構造物（下部工・トンネル・大型カルバート等）の構造・維持管理・対災害性の高度化

- ・ トンネルの合理的な点検法及び設計・施工法に関する調査検討 (構造・基礎研究室)
- ・ 大型カルバート等の要求性能に対応した維持管理手法及び信頼性設計に関する調査検討 (構造・基礎研究室)

8. 道路土工構造物（盛土・切土）、舗装の構造・維持管理・対災害性の高度化

- ・盛土・切土等の要求性能に対応した維持管理手法及び信頼性設計に関する調査検討（道路基盤研究室）

地域連携道路事業費（令和5年度当初予算）

5. 施策提案（基礎的基盤的研究等）

- ・土木工事の施工・監督・検査等の効率化に向けた新技術認証方法等の調査（道路基盤研究室）

道路調査費

1. 円滑なモビリティ

OD 交通量逆推定手法等を活用した 常時観測 OD の取得に関する研究

A study on the real-time acquisition of Origin-Destination traffic flow using an estimation method

(研究期間 令和3年度～令和5年度)

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

室長 土肥 学
Head DOHI Manabu
主任研究官 築地 貴裕
Senior Researcher TSUKIJI Takahiro
研究官 瀧本 真理
Researcher TAKIMOTO Masamichi
交流研究員 杉山 茂樹
Guest Research Engineer SUGIYAMA Shigeki

The National Institute for Land and Infrastructure Management has been developing an estimation method for OD traffic flow. In this study, the authors investigated and verified a measure to calibrate the ETC2.0 probe data to enhance the accuracy of the estimation.

〔研究目的及び経緯〕

国土交通省では、5年に1度の全国道路・街路交通情勢調査（以下「道路交通センサス」という。）により、ある特定の起終点間の交通量（以下、「OD交通量」という。）を把握している。一方、絶えず変化する交通状況を踏まえた適切な道路施策の立案のためには、5年に1度の調査にとどまらず、常時のOD交通量を把握することが望ましい。ETC2.0プローブ情報や常時観測交通量データの収集体制が構築されデータが充実してきた昨今においては、リアルタイムの交通量や車両走行履歴等を把握することが可能になってきており、国土技術政策総合研究所では、これらのデータを活用して常時OD交通量を推定する手法について検討を行っている。

ETC2.0プローブ情報は一部の車両から収集されるサンプルデータであり、常時OD交通量推定手法の検討にあたっては、サンプルデータが推定精度に及ぼす影響を考慮する必要がある。本研究では、OD交通量推定精度の向上を目的として、(1)ETC2.0プローブ情報から得られる観測リンクごとの断面交通量データ（以下「ETC2.0サンプル交通量」という。）の拡大補正手法の検討、(2)拡大補正による効果の検証を行った。

〔研究内容〕

(1) OD交通量推定モデルの概要

OD交通量推定に用いるモデルの概要を図-1に示す。モデルには日単位のOD交通量を推定する日モデルと、時間単位のOD交通量を推定する時間モデルがある。日モデルではある起点の発生交通量を未知数とし、ETC2.0プローブ情報や常時観測交通量データから得ら

れるそれらの交通の目的地選択確率、リンク利用率、及び断面交通量等の情報から、日発生交通量及び日OD交通量を求めるモデルである。時間モデルは、日モデルで求めた日OD交通量と時間別のリンク利用率、及び時間別の断面交通量等の情報から、未知数である時間変動係数及び時間OD交通量を求めるモデルである。

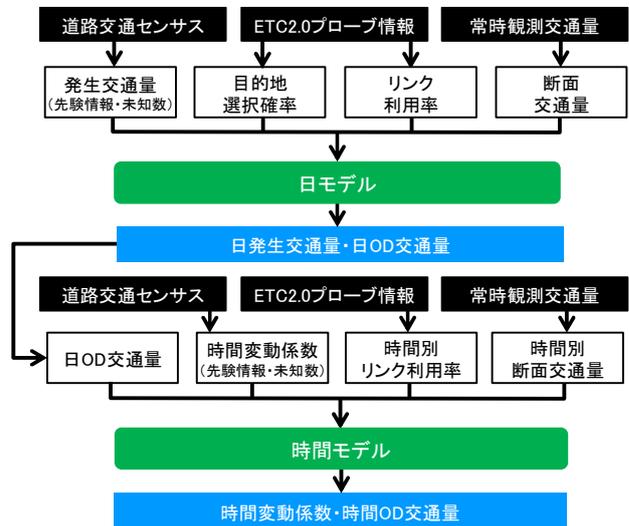


図-1 OD交通量推定モデルの概要

(2) 検証内容

ETC2.0プローブ情報はETC2.0車載器搭載車両が路側機を通過した際に収集されるため、特定の車両の影響を受けるといった課題がある。特にOD交通量推定に用いる目的地選択確率、リンク利用率の算出においては、路側機を通過しない短距離の移動が捕捉されず、中長

※本報告は令和4年度当初予算の標記の研究課題を令和5年度に継続して得た結果をまとめたものである。

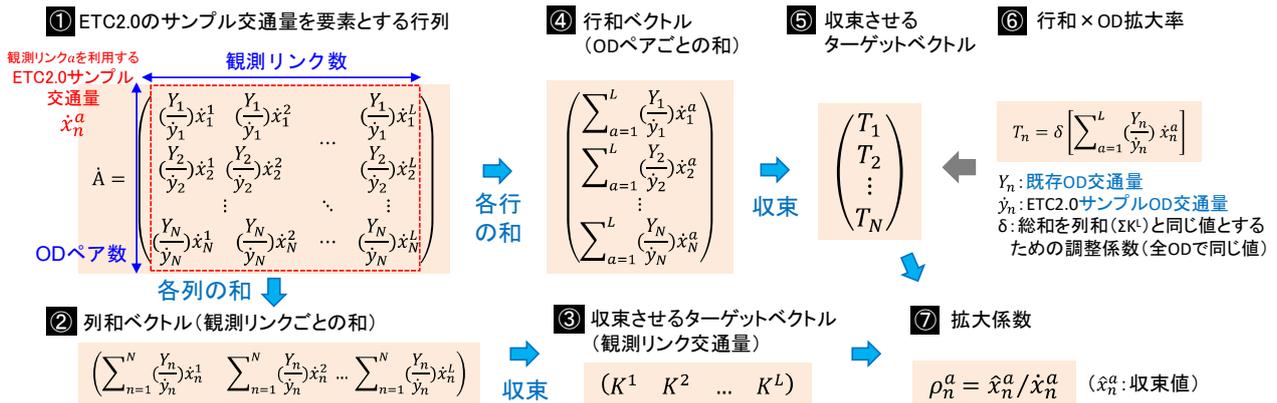


図-2 ETC2.0 サンプル交通量の拡大補正方法の概要

距離の移動を主対象としてしまう可能性がある。そこで本研究では、ETC2.0 サンプル交通量を拡大補正する手法について検討を行った。さらに、拡大補正の効果を検証するため、近畿エリアを対象に、拡大補正前のETC2.0 プローブ情報から得られる目的地選択確率及びリンク利用率を用いた交通量算出結果と、拡大補正後のETC2.0 プローブ情報から得られる目的地選択確率及びリンク利用率を用いた交通量算出結果を比較した。目的地選択確率及びリンク利用率はいずれも ETC2.0 プローブ情報から算出されるため、OD 交通量の推定精度向上がこれらの精度向上にも寄与する。

【研究成果】

(1) 交通量データの拡大補正手法の検討

ETC2.0 サンプル交通量の拡大補正には、国土交通省「将来人口の設定と需要推計モデルの構築」に示されている現在パターン法の1つであるフレーター法(将来の分布交通量が現在の分布交通量に比例すると仮定し、発生・集中交通量の成長率などを考慮して補正して推計する手法)を用いた。図-2に拡大補正方法の概要を示し、図-2の各ステップの内容を以下に記載する。

①: ある観測リンク a を利用する ETC2.0 サンプル交通量を、ETC2.0 サンプル交通量に対する既存 OD 交通量(R3 道路交通センサス)の比で拡大した数値を要素とする行列を作成する。ここで、行列の行数は対象エリアにおける OD ペア数、列数は観測リンク数と一致する。

②→③: 観測リンクごとの交通量の列和を成分とするベクトルを作成し、観測リンク交通量(R3 道路交通センサス)をターゲットベクトルとして収束させる。

④→⑤: OD ペアごとの交通量である行和を成分とするベクトルを作成し、観測交通量(R3 道路交通センサス)ベクトルをターゲットベクトルとして収束させる。

⑥: 行和の合計と列和の合計を、調整係数により一致させる。

⑦: 上記の収束計算により、ETC2.0 サンプル交通量を拡大するための拡大係数を求める。

(2) 拡大補正による効果の検証

近畿エリアにおける、ETC2.0 サンプル交通量補正前、補正後の断面交通量の再現結果を図-3に示す。グラフの縦軸は推定断面交通量であり、横軸は観測断面交通量である。これらの結果から、ETC2.0 サンプル交通量補正前は中長距離トリップの影響により高速道路、一般道路、全体いずれにおいても推定断面交通量が観測断面交通量に比べ過大になっているが、補正後はこの傾向が改善され、推定断面交通量と観測断面交通量に近い分布となっていることがわかる。また、補正前と補正後の相関係数を比較すると、補正後のほうがより1に近い数値となっており、補正前はサンプルに起因するデータのばらつきが発生していることが確認できる。以上から、ETC2.0 サンプル交通量の拡大補正により断面交通量を精度高く再現できることが確認できた。

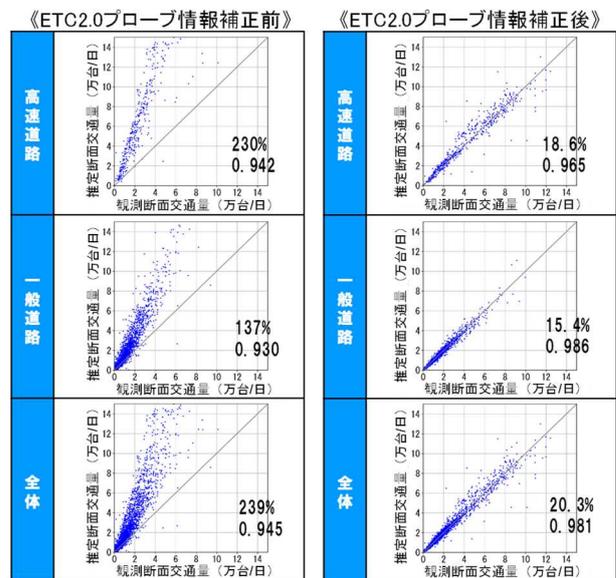


図-3 近畿エリアにおける断面交通量の再現結果

【成果の活用】

本成果を活用し、道路交通施策の立案に活用可能な常時 OD 交通量推定手法並びに精度確保・向上策について引き続き検討を行う。

常時観測データを利用した渋滞分析・予測に関する調査

Study on traffic congestion analysis and prediction using constant observation data

(研究期間 令和5年度～令和7年度)

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

室長	土肥 学
Head	DOHI Manabu
主任研究官	築地 貴裕
Senior Researcher	TSUKIJI Takahiro
研究官	瀧本 真理
Researcher	TAKIMOTO Masamichi
交流研究員	杉山 茂樹
Guest Research Engineer	SUGIYAMA Shigeki

The purpose of this research is to develop a method for the short-term prediction of traffic congestion using AI and to evaluate the prediction accuracy through a case study.

〔研究目的及び経緯〕

国土交通省では、道路ネットワークの整備・強化を図るだけでなく、道路を賢く利用する取り組みとして「ICT交通マネジメント」を推進している。車の利用者の交通行動の変更を促すなどの道路交通マネジメントを各現場で適切に実施するためには、将来の渋滞発生等の道路交通状況を精度良く予測する必要がある。近年、ETC2.0の普及や常時観測体制の構築等により道路交通のビックデータが蓄積されている。そこで、国土技術政策総合研究所（以下、国総研）では、道路管理者による道路交通マネジメントへの活用を念頭に、これらの常時観測データを用いて、一般道を対象とした渋滞予測の研究を進めている。

本研究は、AIを用いて短時間先の旅行速度を予測する手法について、開発・予測精度を向上させるための検討を行い、その手法を用いたケーススタディを行うものである。

〔研究内容〕

国総研では、これまでに時系列データの特徴抽出に秀でた深層学習の手法であるLSTM（Long-Short-Term-Memory）を用いて交通調査基本区間（以下、基本区間）毎に15分先、30分先、45分先、60分先の旅行速度を予測するモデル（以下、AI渋滞予測モデル）を構築してきた。これまでの研究において、構築したAI渋滞予測モデルにより、ある1つの基本区間の予測を行い、前年の同月・同曜日・同時時間帯に観測された旅行速度の平均値（以下、統計手法）による予測結果と、真値との差が±5km/h以下である割合で比較を行った結果、45分先までの予測においては、統計手法に比べて高い結果となり、LSTMは、短時間先の予測に有効な手法であることが示唆された。一方で、60分先の予測において

は、統計手法に比べて低い結果となった。

そこで本研究では、より長い予測先時間における精度向上のため、学習に用いるデータを再検討した。この上で、現場への適用に向けて、並行する2つの経路を対象に、所要時間の予測結果を活用して、道路利用者が経路選択の参考とするための情報を提供することを想定したケーススタディを実施し、精度検証した。

〔研究成果〕

1. ケーススタディの概要

ケーススタディにおける検証内容は、道路利用者が経路の起点を出発する時刻に予測を行い、予測した所要時間の精度を確認するものである。今回は現場適用に向けた精度検証であるため、既知のデータを予測することとした。また、予測を行う時点でAI渋滞予測モデルに入力するデータは取得できていることを前提とした。予測対象経路は、道路交通センサスの対象道路のうち、日常的に多頻度で渋滞が発生している道路でかつ、同一の起終点内に主要経路と並行する迂回路が存在する箇所の中から選定した。図-1に示す起終点を



図-1 予測対象経路

同一とした A 経路と B 経路の 2 つの経路を対象とし、それぞれ上り下りの両方向について予測を行った。予測する所要時間は、基本区間単位で AI 渋滞予測モデルにより予測した 15 分先から 60 分先の旅行速度を用いて算出した。

2. AI 渋滞予測に用いる学習データの検討

AI 渋滞予測モデルの学習に用いるデータを検討するため、表-1 に示す学習データの組み合わせを変えた 4 つのパターンで、各予測先時間の旅行速度を目的変数とするモデルをそれぞれ構築し、予測結果で比較を行った。検討に用いる学習データは、ETC2.0 プロブ情報から算出した旅行速度の観測値、常時観測交通量(国土交通省が設置したトラフィックカウンター(以下、直轄トラカン)による交通量の実測値及び推定値)、(公財)日本道路交通情報センターが公表している断面交通量情報、ETC2.0 プロブ情報から算出した旅行速度の観測日時と同月・同曜日・同時間帯に観測された前年度データの平均値、気象庁が公表している同地域の降水量データ、平日休日の情報である。今回、学習期間は 2022 年 4 月から 2023 年 3 月までの 1 年間とした。予測期間は、2023 年 4 月の 1 ヶ月間とし、各 1 日について渋滞の発生前後を含む 6 時間を対象とした。平日は 14 時台から 19 時台、休日は 8 時台から 13 時台とし、毎正時から 15 分単位の全ての時刻で予測を行った。

学習データの組み合わせが異なる 4 つのパターンで構築したモデルによる予測結果の比較を表-2 に示す。予測先時間別に各パターンの予測値の真値に対する再現状況を表す相関係数を比較した。真値は、ETC2.0 プロブ情報から算出した旅行速度とした。比較した結果、パターン 2 の断面交通量情報や、パターン 3 の前年度の旅行速度の平均値が、予測精度の向上に寄与する傾向が見られた。また、降水量データと平日休日の情報を追加したパターン 4 で各予測先時間の相関係数の平均値が最も高い値となった。また、パターン 2、3、4 で

表-1 学習に用いるデータの組み合わせ

学習データ	ETC2.0 旅行速度 (km/h)		交通量 (台)		降水量 (mm)	平日日の別
	観測値	前年の同月・同曜日・同時間帯の平均値	直轄トラカン	断面交通量情報	気象庁降水量データ	年月日から判別
パターン1	●		●			
パターン2	●		●	●		
パターン3	●	●	●	●		
パターン4	●	●	●	●	●	●

表-2 各パターンの予測先時間別の相関係数

	相関係数				
	15分先	30分先	45分先	60分先	平均値
パターン1	0.737	0.699	0.675	0.657	0.692
パターン2	0.706	0.712	0.71	0.717	0.711
パターン3	0.725	0.715	0.722	0.727	0.722
パターン4	0.728	0.729	0.731	0.718	0.727

は、予測先時間が長くなっても相関係数の値に大きな低下は見られなかった。以上のことから、以降の分析では、パターン 4 の予測結果を用いることとした。

3. ケーススタディによる精度検証

最も精度が高かった AI 渋滞予測モデル(パターン 4) の予測結果から各経路の所要時間を算出し、ETC2.0 プロブ情報から算出した真値との差により精度検証を行った。また、統計手法を用いて算出した所要時間による予測結果と精度の比較を行った。各経路の所要時間は、タイムスライス法により算出した。本研究では、毎正時から 15 分刻みの時刻に起点を出発するものとし、平日は 14 時発から 19 時発まで、休日は 8 時発から 13 時発までを対象とし、15 分単位でタイムスライスした。表-3 は、各経路の平均所要時間(予測期間全体の平均値)の真値と予測値との差について、従来の統計手法と AI 渋滞予測モデルで比較したものである。両経路とも約 40 分の所要時間に対して、統計手法では約 6 分の差であったのに対して、AI 渋滞予測モデルでは差が 2 分以内であった。図-2 は、予測手法別に所要時間の真値と予測値との差を 5 分ピッチ毎に分けて、それぞれに占める割合を比較したものである。AI 渋滞予測モデルによる予測値では、両経路とも約 8 割で所要時間の真値との差が±5 分以内であり、統計手法による予測結果と比べ、精度が高いことが確認された。

【成果の活用】

本研究成果を踏まえて、今後は対象地域等を変えた複数のケーススタディで精度検証を行うとともに、道路交通マネジメントの先行事例等調査を行い、適用場面や方法、課題等を整理した上で、技術資料としてとりまとめていく予定である。

表-3 平均所要時間の真値と予測値との差(統計手法との比較)

	真値(分)	予測値(分) ※括弧内は真値と予測値の差	
		統計手法	AI 渋滞予測モデル
A 経路	40.8	34.1(-6.7)	39.0(-1.8)
B 経路	42.8	36.0(-6.8)	40.9(-1.9)

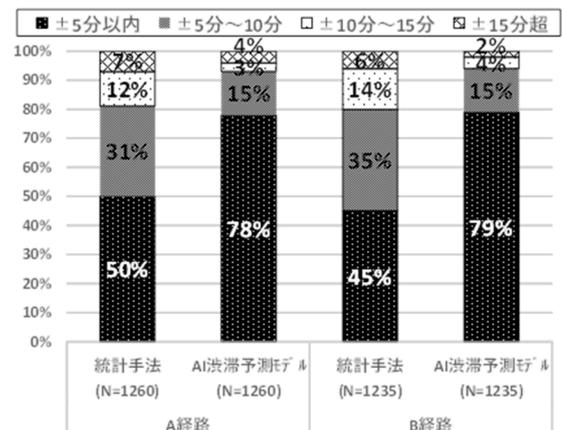


図-2 所要時間の真値と予測値との差(統計手法との比較)

多様なニーズを持つ利用者に対応した走行空間の創出に関する検討

A study on the creation of a driving space that can accommodate users with diverse needs

(研究期間 令和2年度～令和5年度)

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

室長 土肥 学
Head DOHI Manabu
主任研究官 河本 直志
Senior Researcher KAWAMOTO Naoyuki

The authors aim to establish road design methods that reflect actual traffic conditions and appropriate hierarchical road networks. In this study, the actual traffic surveys were conducted at unsignalized intersections and signalized intersections.

[研究目的及び経緯]

階層型の道路ネットワークの実現や道路の耐災害性の強化、自動運転に対応した道路空間、賑わい空間など人中心の道路空間等、多様なニーズに対応した道路仕様に関する技術検証が求められている。階層型の道路ネットワークに着目すると、我が国の一般道路における旅行速度は、道路種別に関係なく低水準に留まっており、高速道路との間を構成する中間的な旅行速度（おおむね60km/h）を確保する道路が少ない（図-1）。その対応として本研究では、一般道路の旅行速度の確保・向上に焦点を当て、現実的な対応として、無信号交差点の集約・副道接続等を想定し効果検証を実施した。また、近年の交通実態を反映した道路の設計手法の構築に資するため、信号交差点における交通実態調査・分析を実施した。

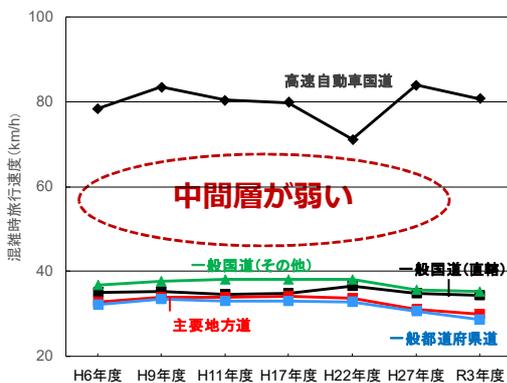


図-1 道路種別別の混雑時旅行速度の比較（全国道路・街路交通情勢調査結果を元に作成）

[研究内容と成果]

1. 無信号交差点における交通実態調査・分析

一般道路の旅行速度には、信号交差点密度や沿道状況等が影響することが明らかになっているところであるが、本研究では無信号交差点における出入りに着目し、主道路の旅行速度に与える影響について分析した。

無信号交差点において従道路から主道路へ流入する車両は、道路交通法上、主道路走行車両の通行を妨げてはならないため、従道路から流入する車両が主道路の旅行速度に与える影響は小さいと考えられてきた。本研究は、実際は従道路からの流入車両によって主道路の速度低下が生じ、遅れ時間が発生すること等、無信号交差点における流入車両が主道路の旅行速度に与える影響を明らかにしようとするものである。

本章では従道路の接続部が分合流構造（図-2）である無信号交差点4地点（表-1）を対象に、流入車両並びに主道路の車両挙動をビデオカメラで観測し、分析した結果を示す。

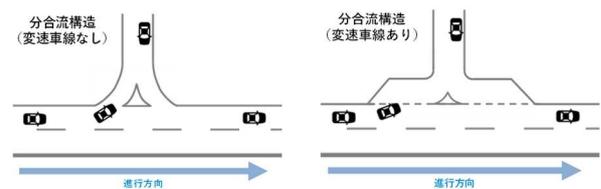


図-2 分合流構造のイメージ

(1) 流入車両による主道路の遅れ時間の実態

主道路の遅れ時間は、主道路から従道路へ車両が流出する際に後続の直進車両に発生する場合と、従道路から主道路に従道路側の車両が流入する際に主道路側

表-1 調査地点概要

地点No.	路線	方向	所在地	接続部構造	調査日	調査時間
1	国道3号	上り	福岡県福津市津丸地先	分合流構造（変速車線なし）	2023年2月27, 28日, 3月2日（月, 火, 木）	各日8時間（計24時間）
2	国道3号	下り	福岡県福津市津丸地先	分合流構造（変速車線なし）	2023年2月27, 28日, 3月2日（月, 火, 木）	各日8時間（計24時間）
3	国道3号	上り	福岡県福津市上西郷地先	分合流構造（変速車線あり）	2023年2月27, 28日, 3月2日（月, 火, 木）	各日8時間（計24時間）
4	国道23号	下り	三重県桑名市長島町福吉地先	分合流構造（変速車線あり）	2023年3月8, 9, 10日（水, 木, 金）	各日8時間（計24時間）

※本報告は令和4年度当初予算の標記の研究課題を令和5年度に継続して得た結果をまとめたものである。

の車両に発生する場合は考えられる(図-3)。現地調査における観測映像から、主道路において無信号交差点を含む計測区間(300m)を通過する間に、前方で流入車両が生じた車両を対象に、計測区間の通過時間を算出する。これを実旅行時間とする。それに対し、無信号交差点における出入りが無く、また、それ以外に速度を低下させるような事象が起きていない車両の通過時間を取得し、平均したものを自由流旅行時間とし、実旅行時間との差分を遅れ時間とした。

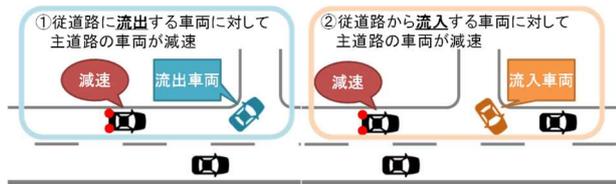


図-3 無信号交差点における主道路走行車両の減速イメージ
(左：流出車両による減速、右：流入車両による減速)

その結果、地点ごとの流出車両による平均遅れ時間は0.05~1.37秒、流入車両については遅れ時間が発生しない地点もみられ、平均遅れ時間は0~1.26秒となった。(表-2)。これらの値は、過年度に調査した、分合流構造を持たない無信号交差点での値と比較すると、小さい傾向が見られた。

表-2 各地点における平均遅れ時間

地点No.		全体	流出	流入
1	サンプル数	509	452	57
	平均遅れ時間(秒)	1.36	1.37	1.26
2	サンプル数	104	61	43
	平均遅れ時間(秒)	0.03	0.05	0.00※
3	サンプル数	84	48	36
	平均遅れ時間(秒)	0.04	0.07	0 ※※
4	サンプル数	85	54	31
	平均遅れ時間(秒)	0.26	0.23	0.30

※平均遅れ時間が0.005秒未満

※※遅れ時間発生車両なし

(2) 従道路から主道路に流入する車両の挙動分析

各地点の臨界ギャップ(主道路を連続して走行する2台の車両が交差点を通過する際の車頭時間(ギャップ)のうち、従道路から主道路流入に利用される確率と断念される確率が等しくなる値)を取得したところ、3.02~5.51秒となった。また、追従ギャップ(従道路側から連続して複数台が同一のギャップに流入することのできた場合の追従車頭時間の平均値)を取得したところ、3.86~4.74秒となった(表-3)。なお、地点No.3については、主道路流入を断念する車両(棄却サンプル)が少なく、臨界ギャップの算定ができなかった。これらの値は、過年度に調査した、分合流構造を持たない無信号交差点での値と比較すると、小さい傾向が見られた。

表-3 各地点における臨界ギャップおよび追従ギャップ

地点No.	臨界ギャップ(秒)	サンプル数		追従ギャップ(秒)	サンプル数
		利用	棄却		
1	5.51	293	753	4.74	84
2	4.60	807	1,744	4.35	530
3	-	1,230	19	3.86	490
4	3.02	394	94	4.39	54

2. 信号交差点における交通実態調査・分析

信号交差点の交通容量は本来、観測される飽和交通流率を基礎として算定されるが、観測が困難な場合は、飽和交通流率の基本値に当該交差点の交通条件など交通容量に影響を及ぼすと思われる要因に応じて補正率を乗じることにより推定している。近年の研究結果によると、飽和交通流率の実測値が経年的に低下傾向にある可能性が指摘されている。本研究では、信号交差点の飽和交通流率に影響を及ぼす要因を抽出するため交通実態調査を行い、その結果と過年度のデータも踏まえ、道路の幾何構造、交通状況、地域特性等の影響要因と飽和交通流率との関係について検討した。

具体的には、2023年3月に交通実態調査を行った信号交差点2箇所(山口県及び群馬県)の直進車線のデータに加えて、過年度に取得した8箇所の直進車線のデータを踏まえ、飽和交通流率の推定に必要な補正要因として車頭時間に着目して分析を実施した(表-4)。その結果、地域によって車頭時間に差異が見られたため、直進車線の飽和交通流率については、地域性を考慮せずに同一のものとして整理することには課題があると考えられる。今後は、米国で用いられている地域タイプ(中心業務地区係数:0.9、その他地区係数1.0)のような補正係数の検討も必要と考えられる。

表-4 車頭時間による飽和交通流率算出結果

地域	交差点番号	サンプル数	平均車頭時間(秒)	飽和交通流率(pcu/時・車線)	
山口	山口1	494	2.31	1,556	
	群馬	群馬1	825	2.23	1,616
	岐阜	岐阜1	645	2.27	1,587
札幌	札幌1	598	2.40	1,503	
	札幌2	438	2.42	1,489	
埼玉	埼玉1	486	2.25	1,600	
	埼玉2	49	2.15	1,675	
	埼玉3	254	2.39	1,506	
	埼玉4	195	2.26	1,595	
	埼玉5	269	2.21	1,633	

[成果の活用]

本研究では、無信号交差点及び信号交差点における交通実態調査・分析を実施した。今後、技術基準等の改訂に資する基礎資料として活用する予定である。

2. 交通安全

幹線道路における交通事故の要因分析等に関する調査

Survey on factor analysis of traffic accident on arterial roads

(研究期間 令和4年度～令和6年度)

道路交通研究部 道路交通安全研究室
Road Traffic Department
Road Safety Division

室 長 池田 武司
Head IKEDA Takeshi
主任研究官 丹野 裕之
Senior Researcher TANNO Hiroyuki
研 究 員 村上 舞穂
Research Engineer MURAKAMI Maho
交流研究員 中村 孝一
Guest Research Engineer NAKAMURA Koichi

This study investigates methods to identify accident hazardous spots, especially hazardous spots that cannot be identified by traffic accident data, to reduce traffic accidents on arterial roads. This paper reports on a study of a method for identifying accident hazard spots, focusing on road user opinions.

[研究目的及び経緯]

国土交通省と警察庁では、幹線道路において集中的な対策実施による交通事故の削減を目的に、「事故危険箇所」を抽出・指定し、道路管理者と都道府県公安委員会が連携して対策を推進している。事故危険箇所の抽出においては、道路を日々利用するユーザーの主観的な意見（日頃から道路で危険と感じている場所・内容等：道路利用者の意見）を活用する事例が多く見られるものの、意見収集は個別の手法に基づき実施されている。一方、民間事業者が運用する投稿サイトの普及により、道路利用者の意見を Web 上で取得しやすい環境が構築されている。これを活用することで、より効率的に事故危険箇所を抽出する可能性がある。

本研究では、道路利用者の意見を活用した効率的な事故危険箇所の抽出手法の構築を目的とする。

[研究内容]

今年度は、①道路利用者の意見の取得、②道路利用者の意見を活用した事故危険箇所抽出の試行についてとりまとめた。

①については、Web 上より道路利用者の意見が取得できる投稿サイトを選定し、意見を取得する。次に、特定の都道府県に限定した抽出手法とならないよう、抽出を試行する 10 都道府県を選定する。②については、投稿サイトから取得した意見のほか、意見を裏付けるため、客観的なデータと組み合わせることで事故危険箇所を抽出する。このとき、客観的なデータとして現行の抽出基準で用いられている交通事故データと ETC2.0 プローブ情報を活用する。そして、抽出された箇所が事故危険箇所の候補となり得るか検証するため、抽出された箇所に紐づくデータの内容について関連性を確認する。

本稿では、②の結果について紹介する。

[研究成果]

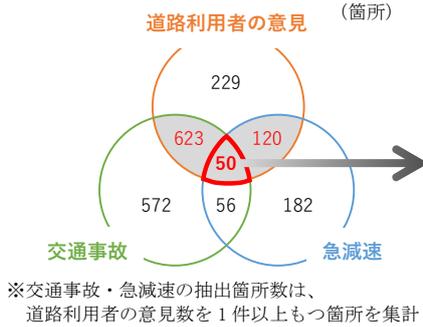
1) 抽出基準の設定

投稿サイトから取得した意見・交通事故データ・ETC2.0 プローブ情報を組み合わせて事故危険箇所を抽出するため、抽出基準を表-1 の通り設定する。

表-1 設定した抽出基準

■道路利用者の意見		
視点	道路利用者の意見	
考え方	複数人が危険と感じている	
活用データ	投稿サイトの意見	
抽出基準	指標	意見数
	閾値	2 件/箇所 以上
データ特徴	主観的かつ潜在的	
■交通事故		
視点	交通事故	
考え方	実際に事故が発生している	
活用データ	交通事故データ (ITARDA)	
抽出基準	指標	死傷事故率、重大事故率、死亡事故率
	閾値	下記のいずれかに該当する場合 ・死傷事故率が 100 件/億台キロ 以上 ・重大事故率が 10 件/億台キロ 以上 ・死亡事故率が 1 件/億台キロ 以上 ※現行の事故危険箇所抽出基準・A 基準は、上記全て該当する場合
データ特徴	客観的かつ顕在的	
■急減速		
視点	急減速	
考え方	急ブレーキが頻発している	
活用データ	ETC2.0 プローブ情報	
抽出基準	指標	前後加速度
	閾値	各都道府県における下記の発生率（急減速発生率）の上位 10% ・単路部：-0.3G 以下 ・交差点部：-0.6G 以下
データ特徴	客観的かつ潜在的	

【抽出結果（10都道府県合計）】



都道府県	抽出箇所数（箇所）	抽出箇所数（箇所）	事故危険箇所（令和3年度指定）
北海道	32	2	93
宮城県	45（3）	4	39
埼玉県	371（17）	16	78
新潟県	39（2）	4（1）	45
岐阜県	34（4）	2	57
大阪府	158（5）	14	105
山口県	23（4）	2	52
香川県	51（4）	2	89
長崎県	25（8）	4	40
沖縄県	15	0	12

※（ ）内は、抽出された箇所のうち、事故危険箇所（令和3年度指定）と重複する箇所

図-1 事故危険箇所の抽出結果

表-2 抽出された箇所における意見・事故内容（新潟県・閾値を全て満たす箇所）

都道府県	道路利用者の意見内容						実際に発生した事故内容（当事者）			事故危険箇所（令和3年度指定）
	①	②	③	④	⑤	⑥	歩行者	自転車	自動車	
新潟県 (4箇所抽出)		●				●	●	●	●	●
			●	●		●		●	●	
			●			●	●	●	●	
			●			●	●		●	

※意見内容 ①道が狭い/歩道がない ②見通しが悪い ③スピードを出す自動車が多い ④歩行者/自転車の飛び出しが多い ⑤交通量が多い ⑥その他
事故内容 (歩行者) 歩行者が当事者となる事故 (自転車) 自転車が当事者となる事故 (自動車) 自動車相互または自動車単独の事故

■道路利用者の意見

道路利用者の意見の抽出基準は、現行の事故危険箇所抽出基準・B基準の「特に緊急的、集中的な対策が必要な箇所」を踏まえ、意見が集中する（複数意見が挙げられる）箇所として2件/箇所以上の箇所とする。

■交通事故

現行の事故危険箇所抽出基準・A基準（以降、A基準）では、死傷事故率が100件/億台キロ以上・重大事故率が10件/億台キロ以上・死亡事故率が1件/億台キロ以上の条件を全て満たす箇所を抽出している。つまり、いずれか1つでも条件が欠けた場合、抽出基準から除外されることになる。これを踏まえ、交通事故の抽出基準は、A基準相当としていずれかの条件を満たす箇所とする。

■急減速

既往研究では、潜在的な事故リスクの高い事象として急ブレーキに着目し、前後加速度を指標とすることが多い。そこで、急減速の抽出基準は、既往研究や事故危険箇所がどの都道府県においても一定数抽出されるよう実務的視点も踏まえ、各都道府県における急減速発生率（ETC2.0プローブ情報のサンプルのうち一定以上の急減速を示す割合）の上位10%に該当する箇所とする。

2) 対象期間の設定

交通事故の抽出基準で参考とするA基準は、4年分のデータを用いている。また、急減速の抽出基準で活用するETC2.0プローブ情報は、ETC2.0車載器普及台数が平成30年末から令和3年末にかけて2倍以上（約340万台→約730万台）増加している背景を持つ。これらを踏まえ、対象期間は、各データの入手可能な最新

年として「平成30年から令和3年」の4年間を基本とする。

3) 事故危険箇所抽出の試行

①で選定した都道府県を対象に、事故危険箇所の抽出を試行した結果を図-1に示す。併せて、道路利用者の意見と交通事故または急減速の抽出基準を満たす抽出箇所数（灰色着色部分）、3つの抽出基準を満たす抽出箇所数（太枠部分）を都道府県別に示す。図-1より、灰色着色部分に該当する箇所はどの都道府県にも存在しており、事故危険箇所（令和3年度指定）と一致する箇所も確認された。

4) 抽出結果の妥当性検証

抽出結果の妥当性について、「意見内容」と「事故内容（当事者）」に着目して検証する。本稿では、抽出基準を全て満たす箇所に事故危険箇所（令和3年度指定）が含まれる新潟県を例示する。

表-2より、今回の抽出結果では、道路利用者の意見と実際に発生した事故（当事者）の内容に関連性が確認された。これは、急減速が一定以上発生し、かつ、A基準のいずれかの条件を満たす箇所でもあり、抽出結果に一定程度の妥当性があると考えられる。

【成果の活用】

本研究で抽出手法が構築されることで、従来の手法より効率的に道路利用者の意見を取得、活用することが期待される。本研究の成果を踏まえ、幹線道路の交通事故削減のため、道路管理者等が交通安全対策に必要な箇所を適確に抽出できるよう、引き続き研究を行う。

生活道路における交通安全対策の普及を

図るための手法に関する調査

Research on methods to promote traffic safety countermeasures on residential roads

(研究期間 令和4年度～令和6年度)

道路交通研究部 道路交通安全研究室

Road Traffic Department Road Safety Division

室長 池田 武司

Head IKEDA Takeshi

研究員 村上 舞穂

Researcher Engineer MURAKAMI Maho

交流研究員 上野 宇悠

Guest Research Engineer UENO Takaharu

主任研究官 藤田 裕士

Senior Researcher FUJITA Yuji

交流研究員 森山 真之介

Guest Research Engineer MORIYAMA Shinnosuke

In this study, conducted experiments on the structure of smooth crosswalks at crosswalk locations on the sidewalk extensions of major roads, where it is difficult to adopt standard structures, and investigated the speed-reducing effects of physical devices.

〔研究目的及び経緯〕

国土技術政策総合研究所では、生活道路における交通事故の一層の削減を目的とした「ゾーン 30 プラス」（最高速度 30km/h の区域規制と速度抑制・進入防止機能を持つ物理的デバイスとの適切な組合せによる道路交通安全対策）を推進するため、物理的デバイスに関する技術的な知見やノウハウを蓄積し、道路管理者へ技術支援を行っている。

幹線道路の歩道延長線上の横断歩道位置へのハンプ（スムーズ横断歩道）（図-1）設置は、車両の速度抑制に加え、横断歩行者の通行が円滑になるバリアフリーの効果もある。しかし、現地状況によっては、十分な傾斜部の延長を確保できない場合があり、採用を困難とさせる要因となっている。そのため、傾斜部の勾配等を変えたハンプの速度抑制効果等を把握し、標準構造が採用できない幹線道路の歩道延長線上の横断歩道位置へのスムーズ横断歩道の普及を図ることを目的に走行実験を行った。

また、物理的デバイスの種類（ハンプ、狭さく、スラローム）の選定に際して参考となる、それぞれの効果（通行台数の減少、走行速度の低下）を整理することを目的に公道でのビデオ調査を行った。

〔研究内容〕

①標準構造の採用が困難な外周道路の歩道延長線上の横断歩道位置におけるスムーズ横断歩道の構造に関する実験、②物理的デバイスの速度抑制効果に関する調査等を実施した。

①については、構造を変えた 6 種類の走路（表-1）

における走行実験を通じて、車両の挙動等の客観的評価とドライバーへのアンケート等の主観的評価を行った（表-2）。

②については、ハンプや狭さく、スラロームを設置した 7 箇所における設置前後のビデオ調査を行った。



図-1 左：ハンプの標準構造 右：幹線道路から生活道路への入口に設置するスムーズ横断歩道

表-1 実験ケース及び仮設した実験走路

実験ケース	ハンプ（スムーズ横断歩道）の形状		
	幹線道路側 すりつけ長 （縦断勾配）	横断歩道 高さ （幅）	生活道路側 すりつけ長 （縦断勾配）
(CASE-1) 対策なし	白線の横断歩道	—	—
(CASE-2) カラー横断歩道	緑線の横断歩道	—	—
(CASE-3) 標準構造のハンプ	2.0m (i=5.0%)	10cm (W=3.0m)	2.0m (i=5.0%)
(CASE-4) 標準と勾配が同じで高さが低いハンプ	1.0m (i=5.0%)	5cm (W=3.0m)	1.0m (i=5.0%)
(CASE-5) 標準より勾配が急で高さが同じハンプ	1.0m (i=10.0%)	10cm (W=3.0m)	2.0m (i=5.0%)
(CASE-6) 標準より勾配が急で高さが低いハンプ	0.5m (i=10.0%)	5cm (W=3.0m)	1.0m (i=5.0%)

表-2 走行実験での評価内容

客観的評価			被験者
車両の挙動	乗用車 貨物車 (2tトラック)	走行速度	乗用車：8名 貨物車：3名
		加速度(前後・上下・左右)	
		走行軌跡	
通行安全性の確認	原動機付自転車 自転車	走行時の映像記録	3名
主観的評価			回答者
ドライバーへのアンケート	基本とする主観評価	危険感	全走行被験者
		不快感	
		速度感	

【研究成果】

1. 標準構造の採用が困難な幹線道路の歩道延長線上の横断歩道位置におけるスムーズ横断歩道の構造に関する実験

6種類の走路における走行速度の分析結果の一例を表-3に示す。これを見ると、対策なし(CASE-1)、カラー横断歩道(CASE-2)に比して、標準構造のハンプ(CASE-3)、標準と勾配が同じで高さが低いハンプ(CASE-4)、標準より勾配が急で高さが同じハンプ(CASE-5)、標準より勾配が急で高さが低いハンプ(CASE-6)は横断歩道入口における平均速度がやや低く、ドライバーに速度抑制を促す効果があることが考えられた。

また、ドライバーの主観評価の分析結果の一例を図-2に示す。不快感及び危険感については、不快感(1:全く不快でない~5:非常に不快)、危険感(1:安全~5:非常に危険)とも5段階評価で回答を得た。ハンプはドライバーに不快感を与えることによって、減速を促すものであるため、不快感のスコアが高いケースが採用候補となる可能性があることを示唆する。これを見ると、カラー横断歩道(CASE-2)に比して、標準構造のハンプ(CASE-3)、標準より勾配が急で高さが同じハンプ(CASE-5)、標準より勾配が急で高さが低いハンプ(CASE-6)は、不快感のスコアが1点程度高く、ドライバーに速度抑制を促す傾向があることが分かった。急勾配にした際に生じる安全性の懸念についても、標準構造のハンプ(CASE-3)と比して、標準より勾配が急で高さが同じハンプ(CASE-5)、標準より勾配が急で高さが低いハンプ(CASE-6)ともに、危険感のスコアに大きく差は生じていないことが分かった。

表-3 ハンプ周辺の速度(全車・右左折)

全車(乗用車+貨物車) (平均値)	右折・左折(km/h)	
	10m 手前	横断歩 道入口
(CASE-1)対策なし	19.55	10.65
(CASE-2)カラー横断歩道	19.67	10.43
(CASE-3)標準構造のハンプ	19.93	9.79
(CASE-4)標準と勾配が同じで高さが低いハンプ	20.43	9.96
(CASE-5)標準より勾配が急で高さが同じハンプ	19.58	8.98
(CASE-6)標準より勾配が急で高さが低いハンプ	20.11	9.31

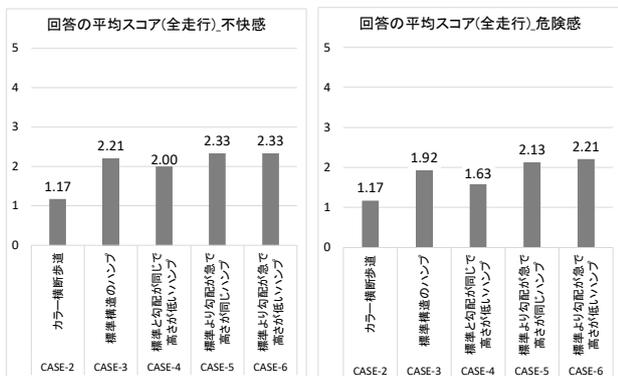


図-2 主観評価の平均スコア(全走行)

2. 物理的デバイスの速度抑制効果に関する調査

ハンプや狭さく、スラロームを設置した7箇所における設置前後の平均速度及び通行台数の分析結果の一例を表-4、表-5、表-6に示す。分析区間は、ハンプ、狭さくは、通過後30m区間、スラロームは、区間全体とした。これを見ると、ハンプ、狭さくともに、設置後の平均速度が低下しているが、ハンプの方が減少幅が大きいことが分かる。

通行台数は、ハンプ・狭さくとも2地区で増、1地区では減であり、今回の調査箇所に限ると明確な傾向は、見られなかったといえる。

なお、スラロームについては、走行速度、通行台数とも設置前後で1割程度の減少が確認された。

また、物理的デバイスの設置前後における道路交通状況の変化を確認したところ、狭さくの設置箇所の一部においては、対向車に道を譲るため、狭さく付近で3台以上が滞留(図-3)するケースも見られた。

表-4 ハンプ・狭さく通過後30m区間の平均速度

	事前調査(km/h)	事後調査(km/h)
	全車	全車
ハンプ (A, B, C地区)	27.0	22.8
狭さく (D, E, F地区)	32.3	30.9

表-5 ハンプ・狭さく通過後30m区間の通行台数

	事前調査(台)	事後調査(台)
	全車	全車
ハンプ	A地区	1252
	B地区	21
	C地区	204
狭さく	D地区	286
	E地区	1259
	F地区	1717

※Smirnov-Grubbs検定により外れ値を除外

表-6 スラローム区間全体の平均速度・通行台数

		事前調査(km/h)	事後調査(km/h)
		全車	全車
スラローム	G地区	26.3 (n=720)	24.3 (n=652)



図-3 狭さく設置後の3台以上の滞留

【成果の活用】

①については、幹線道路と生活道路の接続部にスムーズ横断歩道を設置する際の参考となるよう、②については、物理的デバイスの設置を検討する際の参考となるよう、地方公共団体の道路管理者へ情報提供していく予定である。

ビッグデータ等の重ね合わせ分析による、幹線道路・生活道路の 交通安全上の課題抽出手法の検討

Examination of methods for extracting traffic safety issues on arterial roads and community roads
using superposition analysis of big data

(研究期間 令和4年度～令和5年度)

道路交通研究部 道路交通安全研究室

Road Traffic Department Road Safety Division

室長	池田 武司	主任研究官	藤田 裕士
Head	IKEDA Takeshi	Senior Researcher	FUJITA Yuji
研究員	村上 舞穂	交流研究員	上野 宇悠
Research Engineer	MURAKAMI Maho	Guest Research Engineer	UENO Takaharu
交流研究員	森山 真之介		
Guest Research Engineer	MORIYAMA Shinnosuke		

The National Institute for Land and Infrastructure Management is conducting research on consensus-building using data analysis in order to facilitate consensus between the government and residents. Therefore, a map that grasped the issues in the district, an analysis of using ETC2.0 probe information, and case studies were collected and compiled into a collection of consensus-building case studies.

〔研究目的及び経緯〕

生活道路における交通事故の一層の削減を目的に、「ゾーン30プラス」(最高速度30km/hの区域規制と物理的デバイスとの適切な組み合わせにより安全・安心な通行空間の整備に取り組む対策)が進められている。物理的デバイスは、進入抑制や速度抑制を目的に設置されるものであるが、その導入に際して、住民や利用者の合意形成が課題となっている。

生活道路の交通安全に関する課題について、具体的なデータを用いて、地域の関係者と認識の共有を図り、対策に関する合意形成を円滑に進められるようにすることを目的に①生活道路の交通安全に関する課題を視覚的にわかりやすく示す地図(以下、「課題把握地図」という。)の作成方法についての整理、②物理的デバイスの整備による面的効果等の整理、③ゾーン30プラス等の合意形成事例の整理を行った。

〔研究内容〕

①については、道路管理者が生活道路の交通安全対策を進めるにあたり、生活道路の交通安全に関する課題について地域の関係者と認識の共有を図り、対策に関する合意形成を効率的かつ円滑に進められるようにするため、道路や交通に関するデータを重ね合わせた課題把握地図の作成方法を整理した。また、一般的に、生活道路はETC2.0車載器の搭載車両が通行する回数が幹線道路に比して少ないため、ETC2.0プローブ情報(以下、「ETC2.0データ」という。)による平均速度など

を地図上に重ね合わせて説明する際には、データ数を考慮した取り扱いをするなどの留意が必要である。このため、ETC2.0データのデータ数等が課題把握地図の作成に与える影響等について、整理を行った。

②については、合意形成を図る過程で、先行事例における効果について、データを活用して説明することを想定し、物理的デバイスを整備した箇所の中から、種類や設置箇所に応じた面的効果の違いを整理する観点から、ETC2.0データを用いて、対策前後の通行台数、平均速度等の比較を行った。

③については、ゾーン30プラスや生活道路対策エリアにおける合意形成の好事例を選定し、道路管理者へのヒアリングを行った上で、事例集を作成した。

〔研究成果〕

①課題把握地図の作成方法についての整理

全国8地区における課題把握地図の試作及び道路管理者からの意見聴取を経て、課題把握地図の作成にあたってのデータ選定・入手方法、課題把握地図の作成方法(使用データ、図のデザイン等)、課題把握地図の説明方法に関する技術資料(図-1)を整理した。

また、ETC2.0データのデータ数が200台/月末満の6箇所を対象に、1年間のデータの中から連続する3ヶ月のデータ(1-3月、2-4月、…)を抽出して、各箇所の3ヶ月のデータ毎のサンプル数の平均値と平均速度の標準偏差の関係を整理(図-2)したところ、標準偏差

※本報告は令和4年度補正予算の標記の研究課題を令和5年度に継続して得た結果をまとめたものである。

が、サンプル数 100 では平均速度±5km/h 程度、200 で±3km/h 程度、500 で±1km/h 程度であった。そのため、データを活用する際には、サンプル数に応じた値に留意が必要である。

②物理的デバイスの整備による面的効果等の整理

全国 10 地区において対策前後のデータを比較することで物理的デバイスの効果を把握し、設置位置の違いによる効果の違いを整理した。分析にあたり、エリアの大きさを分け(図-3)、1)スムーズ横断歩道(ハンブと横断歩道を組み合わせたもの)を幹線道路から生活道路への入口に設置した場合、2)生活道路内にハンブ・狭さを合わせて連続設置した場合(図-4)の物理的デバイス設置による効果がどのエリアまで影響するか把握を行った。

その結果、1)幹線道路から生活道路への入口にスムーズ横断歩道を設置した 1 箇所では、流入交通抑制効果がエリア小においては確認できた(表-1)。また、2)生活道路内にハンブ・狭さとスムーズ横断歩道を連続設置した 1 箇所では、2 つの物理的デバイス設置区間外においても速度抑制効果(設置前 13.2km/h→設置後 12.2km/h)があり、面的広がり(表-2)が確認できた。

③ゾーン 30 プラス等の合意形成事例の整理

道路管理者へのヒアリングを経て、とりまとめた 9 事例を 1)ワークショップによる事例、2)協議会による事例、3)住民主導による事例の 3 つに分類し、各地区の合意形成の特徴や物理的デバイスの設置に至るまでの経緯、合意形成のポイントが分かるように整理を行った。

例えば、1)は、行政が対策を決めるのではなく、住民自ら対策を決定してもらうために、住民からの意見を積極的に取り入れ、住民とともに対策案の検討を行い、合意形成を図った事例など 3 事例、2)は、既存の協議会等を活用し、小学校の教員、町内会長、交通管理者、道路管理者等を集めて、安全な地区にするための対策案の検討を行い、合意形成を図った事例など 4 事例、3)は、町内会長に物理的デバイスの設置に関する住民の意見をとりまとめていただき、住民の要望で市が対策することで合意形成を図った事例など 2 事例を整理した。

[成果の活用]

①については、道路管理者に合意形成の現場で試行的に課題把握地図を作成し、説明に用いることで、そこで得られた課題を把握し、改善を図っていく予定である。②については、道路管理者が物理的デバイスの設置位置等を検討する際の参考となるよう事例の蓄積を図っていく予定である。③については、各道路管理者の参考となるよう、事例集として周知する予定である。



図-1 課題把握地図の作成方法に関する技術資料の一例

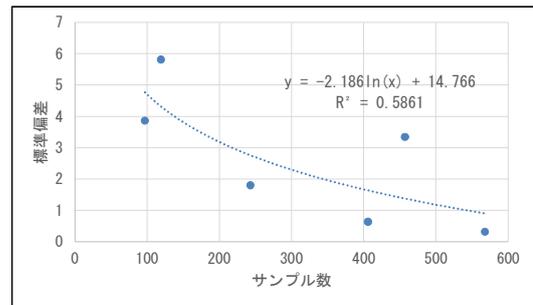


図-2 平均速度に関するサンプル数と標準偏差の関係

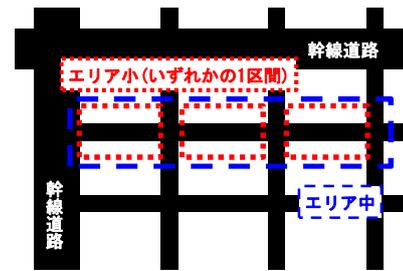


図-3 エリア分けのイメージ

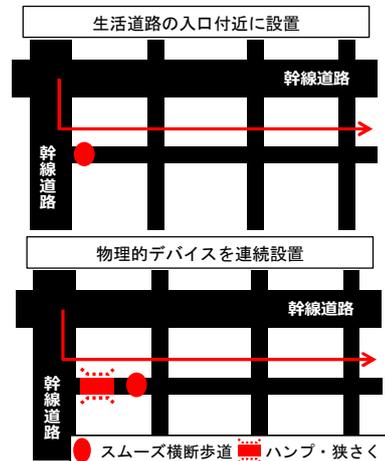


図-4 物理的デバイスの設置イメージ

表-1 幹線道路から生活道路への入口にスムーズ横断歩道を設置したことによるETC2.0搭載車両の通行台数の変化

	ETC2.0 搭載車両の通行台数
設置前	175 台
設置後	122 台 (31%減)

※1箇所・設置前後6ヶ月のデータ

表-2 生活道路内にハンブ・狭さとスムーズ横断歩道を連続設置したことによる走行速度の変化

	エリア小	エリア中
設置前	18.0km/h	13.9km/h
設置後	14.2km/h(3.8km/h減)	12.6km/h(1.3km/h減)

※1箇所・設置前後6ヶ月のデータ

視認性能を踏まえた交通安全施設の維持管理方法に関する調査

Study on method of maintenance management of traffic safety facilities based on visibility performance

(研究期間 令和3年度～令和5年度)

道路交通研究部 道路交通安全研究室
Road Traffic Department
Road Safety Division

室 長 池田 武司
Head IKEDA Takeshi
主任研究官 池原 圭一
Senior Researcher IKEHARA Keiichi
研 究 官 久保田 小百合
Researcher KUBOTA Sayuri

In order to summarize appropriate maintenance methods for traffic safety facilities, this study considers primary performance, keeping performance and efficient assessment method on nighttime visibility required for traffic safety.

[研究目的及び経緯]

第11次交通安全基本計画では、交通安全施設等の戦略的維持管理として、効用が損なわれないよう効率的かつ適切な管理の実施が重要視されている。今後は、変状を発見して対策の要否を判定することにより、道路利用者及び第三者被害のおそれのある事故を防止することを目的とした附属物点検に加え、交通安全施設としての機能の発揮に重点を置いた点検・維持管理手法の確立が求められている。

交通安全施設のうち視線誘導標の技術基準は、直近(昭和59年)の改訂から40年弱が経過している。現在では、この基準で対象としているデリニエーターのみではなく、それ以外の各種施設(反射テープ、線形誘導標示板(矢印板)、スノーポールや自発光式障害物表示灯等)も多く使用されている(以下「視線誘導等のための施設」という)。これら実態を踏まえ、各現場で視線誘導等のための施設を適切に選択、設置及び維持管理ができるよう、技術的知見の再整理が必要である。

本研究は、視線誘導等のための施設の適切な運用方法を取りまとめるため、交通安全上必要な夜間の視認性能とその効率的な維持管理方法等を検討するものである。

[研究内容]

令和5年度は、視線誘導等のための施設を対象に、1. 主な施設の初期性能、2. 設置の考え方(施設の使い分け、設置の留意事項)、3. 点検方法(内容及び着眼点、交換目安)の整理を行い、道路管理者(関東地方の国道出張所)に意見収集を行った。

[研究成果]

1. 主な施設の初期性能

視線誘導等のための施設の諸元を整理し、代表的な施設について、反射式デリニエ

ターとの比較により初期の見え方を確認した。見え方の確認は、道路技術に詳しく適切な評価を行える5名にて、国総研の実大トンネル実験施設内において夜間を再現して、停止した車両内から行った。交通安全施設として視認可能であるべき距離は、『道路構造令の解説と運用(R3.3)』による交差点、信号、道路標識等の視認距離(運転者が対象物を認めてから、不快感がない程度にブレーキを踏んで停止できる距離)を参考に以下のとおり設定した。

【初期性能(視認距離)】

一般道 (設計速度 60km/h)	105m
高速道路 (設計速度 100km/h)	253m

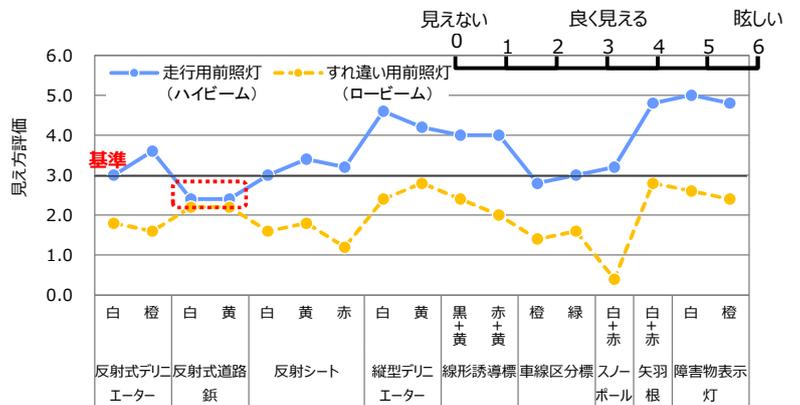


図-1 視認距離 105m (一般道 60km/h) の評価の結果

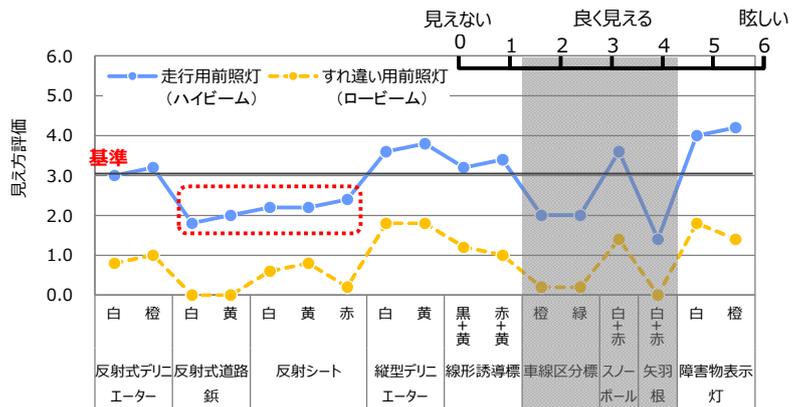


図-2 視認距離 253m (高速道路 100km/h) の評価の結果

反射式デリニエーター（白）を「良く見える＝3」として、これを基準に、「見えない＝0」、「眩しい＝6」とし、6段階で評価した（図-1、図-2）。

一般道を想定した場合の見え方（走行用前照灯）は、反射式道路鋸が反射式デリニエーターより劣るものの、評価は3より少し低い程度であり、一般道での使用に問題はないものと考えられる。

高速道路を想定した場合の見え方（走行用前照灯）は、反射式道路鋸や反射シートの評価が2程度であり、反射式デリニエーターと同等の効果を得ることは難しいと考えられる。なお、車線区分標、スノーポール、矢羽根は、過年度に「比較的近距离を明示して区画線を補完するための施設」と整理しており、253mの視認距離は必要ないものと考えられる。

2. 設置の考え方（施設の使い分け、設置の留意事項）

視線誘導等のための施設（11施設分類、37施設）について、製品カタログの情報や現地調査による実道路での使われ方を調査し、適用場所及び効果的な使用方法を整理した。また、設置時に留意すべき事項（表-1）を整理した。これらは、道路管理者から、施設を選定する際の目安になるとの意見があった。

3. 点検方法（内容及び着眼点、交換目安）

視線誘導等のための施設としての機能を発揮している状態（適切な見え方）を維持することを目的に、道路パトロールの枠組みを利用した点検の内容及び着眼点を表-2に整理した。このうち夜間点検は、交通安全上維持すべき視認性として、一定の距離（制動停止視距に降雨時の視認性の低下を考慮して設定）からの「見える／見えない」を確認することとした。

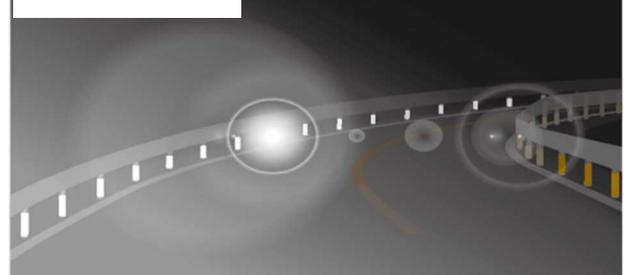
また、道路管理者からの意見収集では、視線誘導等のための施設をグループ化して一括管理（更新）することに対して、「効率的であるものの、グループ内において機能に問題がない施設の交換には抵抗がある」との意見があった。このため、個別に計画的な管理を行えるよう、反射材の段階的な劣化程度（変色や破損の程度）と夜間の視認性の関係を整理し、昼間の点検による交換目安を示すことを試みた。道路管理者からは、ひび割れや変色まで確認するのは難しいとの意見があったものの、夜間パトロールを実施していない場合もあるため、昼間の点検による交換目安があるのは良いとの意見もあった。

なお、現状では、劣化程度と夜間の視認性の整理結果は、積雪地域や海岸に近接する地域等の地域性を考

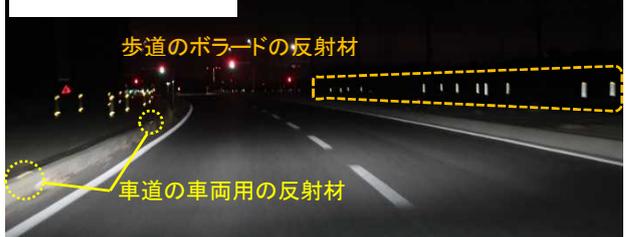
表-1 設置時に留意すべき事項（避けるべき状況）

1	舗装面に近い位置への視線誘導等のための施設の設置は、沿道の緑地管理状況によって見えづらくなる状況
2	カーブ部の内側に設置されている反射式の視線誘導等のための施設に前照灯が当たらず、車両から視認できない状況
3	同一区間に複数の視線誘導等のための施設を設置すると、煩雑な印象になり、伝えるべき情報が伝わりにくくなる状況
4	同じ目的のために複数の対策（標識や路面標示、視線誘導等のための施設）を行うことで、煩雑な印象になり、伝えるべき情報が伝わりにくい状況
5	左右の路側で色の使い分けに統一感がなく、見え方が煩雑で道路線形がわかりにくい状況
6	当該道路で重視するものが優先順位を持って見えていない（信号や規制標識よりも視線誘導等のための施設が目立っている）状況
7	反射性能が高すぎる反射材や面積の大きい反射材は、ハイビームで照射するとまぶし過ぎる状況（写真上段参照）
8	看板や建物の照明など周囲又は背景の光源により視線誘導等のための施設として認識できない状況
9	夜間のみ視認可能であれば良い視線誘導等のための施設が、昼間も必要以上に目立っており、近接する他の道路附属物や周辺環境との景観的調和が図られていない状況
10	歩行者や自転車向けの衝突注意喚起等として歩道等に設置されるポラード等への反射材等が、車道を走行する車両の視線誘導を阻害している状況（写真下段参照）
11	高速道路は全線において視線誘導標が設置されているため、一般道に降りた際に視線誘導標が少なく、ギャップで走りにくい状況

7のイメージ



10のイメージ



慮していない等の課題があることから、地域性等を踏まえた交換の目安を整理する必要があると考えている。

【成果の活用】

今後は、設置目的を踏まえた適切な設置及び実行性が高く計画的な維持管理ができる技術資料（案）としてとりまとめる予定である。また、技術基準改定の検討資料としての活用を予定している。

表-2 点検の内容と着眼点

点検の種類	実施の時機	実施方法	点検内容	点検時の着眼点	
昼間点検	通常パトロール	道路巡回のうち、通常巡回に合わせて実施	道路パトロールカーの車内から	破損、脱落、反射帯の向き	施設の脱落や破損、向きの不備等の確認
	徒歩パトロール	道路巡回のうち、定期巡回に合わせて実施	徒歩	反射面の劣化状況	
夜間点検	道路巡回のうち、夜間巡回に合わせて実施	道路パトロールカーの車内から	反射面の再帰反射状況	維持すべき性能としての視認性	

交通安全施策に関する事故データ分析

Analysis of Traffic Accidents Data related to Traffic Safety Measures

(研究期間 令和5年度～令和7年度)

道路交通研究部 道路交通安全研究室
Road Traffic Department
Road Safety Division

室 長

Head

主任研究官

Senior Researcher

研 究 官

Researcher

交流研究員

Guest Research Engineer MORIYAMA Shinnosuke

池田 武司

IKEDA Takeshi

池原 圭一

IKEHARA Keiichi

久保田 小百合

KUBOTA Sayuri

森山 真之介

This study looks at the changes in traffic accidents over the years and the factor of traffic accidents over recent years based on the data analysis using traffic accident databases. This analysis derives trends and characteristics of traffic accidents using to road conditions, type of accident, persons involved, and so on.

〔研究目的及び経緯〕

令和5年の交通事故死傷者数は368,273人(対前年比9,012人増)、うち重傷者数は27,636人(対前年比1,609人増)、死者数は2,678人(対前年比68人増)となり、近年は減少傾向が続いていたものの、令和5年は増加に転じている。第11次交通安全基本計画では、重傷者数を22,000人以下、死者数を2,000人以下とすることを目標としており、交通事故削減に向けた更なる取り組みにおいては、交通事故死傷者数の90%強を占める一般道(本稿では「一般国道、主要地方道、一般都道府県道及び一般市町村道」を指す。)における事故の削減が必要である。

本研究は、今後の道路交通安全施策の立案や実施に資するよう、近年の交通事故発生状況の傾向・特徴に関する分析を行うものである。

〔研究内容〕

(公財)交通事故総合分析センターが管理する交通事故に関するデータベースなどをもとに、交通事故発生状況の経年変化や近年の交通事故発生状況について集計・整理を行った。

本年度は、平成24年～令和3年(10年間)のデータを用いて、一般道での交通事故死傷者数を道路形状別に分析した。

〔研究成果〕

1. 一般道の道路形状別の事故発生状況

一般道における道路形状別の死傷者数の構成割合は、交差点41%、交差点付近(交差点の側端から30メートル以内の道路の部分)15%、単路44%であり、道路の横断構成が似通う交差点付近と単路で60%弱を占める。この交差点付近と単路の重篤化率(=(死者数+重傷者数)/死傷者数×100)は、交差点付近は3.1%、単路は5.4%であり、単路の方が高い傾向にある。本稿では、これら一般道の交差点付近及び単路の事故発生状況を整理した結果を紹介する。

2. 道路規模と路線別の事故発生状況(重篤化率)の比較

一般道の交差点付近及び単路において、道路規模(地形、車道幅員)別、路線別の観点で事故発生状況を集計し、交通事故の発生傾向とこれに影響を与える項目を確認した。

1) 道路規模(地形・車道幅員)別の重篤化率の状況
地形別(DID地区、その他市街地、非市街地の3区分)の重篤化率は、交差点付近では、地形に因らずほぼ同じ(3%台)であった。単路の重篤化率は、非市街地で高く約9%であり、DID地区とその他市街地の約5%に対し、2倍弱であった。

車道幅員別(6区分)の重篤化率は、交差点付近及び単路でほぼ同じ傾向にあり、「3.5m以上5.5m未満」が最も高かった。

地形別・車道幅員別の重篤化率は、交差点付近及び単路ともに、地形による傾向の差はほぼなく、「3.5m以上5.5m未満」が最も高かった。なお、単路の非市街地では、狭い車道幅員である9.0m未満の3区分において、9.0m以上の車道幅員と比較して重篤化率が高く9%以上であった。

地形別・車道幅員別の重篤化率においては、交差点付近は地形による違いはほぼなく、車道幅員の影響による差が大きかった。単路は車道幅員による影響に加え、非市街地の狭い車道幅員において重篤化率が特に高いことから、地形による影響も大きかった。

2) 路線別の重篤化率の状況

路線別(一般国道、主要地方道、都道府県道、一般市町村道の4区分)の重篤化率は、①一般市町村道-②都道府県道-③主要地方道-④一般国道の順に高く、交差点付近及び単路ともに傾向は同じであった。なお、①と④の重篤化率の差は1.5%程度であり、路線別の影響は小さいと考えられる。

路線別・車道幅員別の重篤化率も確認したところ、交差点付近及び単路ともに、「一般国道」と「主要地方道」は「5.5m以上9.0m未満」が最も重篤化率が高く、車道幅員が狭くなると重篤化率も低くなった。「都道府

県道」は「5.5m以上9.0m未満」に加え、「3.5m以上5.5m未満」の重篤化率も高く、「一般市町村道」の「3.5m以上5.5m未満」と「3.5m未満」は「5.5m以上9.0m未満」よりも重篤化率が高かった。車道幅員が9.0m以上の区分は路線による傾向に大きな差はなく、単路は車道幅員が大きくなると重篤化率が低くなり、交差点部は車道幅員による傾向の差はなかった。

路線別・車道幅員別の重篤化率は車道幅員の影響に加え、狭い車道幅員では路線による影響も大きかった。

3) 道路規模別と路線別の重篤化率の比較

1) 及び2) より、交通事故の重篤化率の傾向は、今回の確認範囲では、車道幅員別による影響を大きく受けており、さらに狭い車道幅員では、地形や路線による影響も受けていると考えられる。

3. 交差点付近と単路の重篤化率の比較

単路及び交差点付近それぞれにおいて、車道幅員別、道路構成（中央分離帯施設等、歩車道区分）別、危険認知速度別、衝突地点別の事故発生状況を集計した。また、道路の横断構成が似通う交差点付近と単路について、事故対策の方向性の同異を確認するために、事故の傾向の違いを整理した。

1) 交差点付近における事故発生状況

「中央分離帯施設等」の違いによる交通事故死傷者数は「ペイントの中央線（60%）」が最も多く、重篤化率は「分離なし（6%）」、「チャッターバー等の中央線（4%）」の順に高かった。「歩車道区分」の違いによる交通事故死傷者数は「緑石・ブロック等（73%）」が最も多く、重篤化率は「区分なし（7%）」、「路側帯（4%）」の順に高かった。

次に、交差点付近の事故の「車道幅員×中央分離帯施設等×歩車道区分」の組み合わせを確認した。交通事故死傷者数は、当該組み合わせの道路延長の影響を受けていると考えられるものの、「5.5m以上9.0m未満×ペイントの中央線×緑石・ブロック等」が最も多かった（交差点付近の事故全体のうち23%）。このうち、死傷者数が最も多い衝突地点は「第一通行帯」であり、「危険認知速度30km/h以下」、「車両相互事故」が多かった。重篤化率の高い衝突地点は、「路側帯（重篤化率18%）」と「異通行帯（中央線、中央分離帯施設等を越えた衝突地点）（重篤化率14%）」であった。

また、交差点付近の事故のうち、交通事故死傷者数の占める割合が1%以上あり、重篤化率が最も高い組み合わせは、「5.5m以上9.0m未満×中央線なし×区分なし」であった（重篤化率8%）。

2) 単路における事故発生状況

「中央分離帯施設等」の違いによる交通事故死傷者数は「ペイントの中央線（60%）」が最も多く、重篤化率は「分離なし（8%）」、「高輝度表示の中央線（8%）」の順に高かった。「歩車道区分」の違いによる交通事故死傷者数は「緑石・ブロック等（66%）」が最も多く、重篤化率は「区分なし（9%）」、「路側帯（8%）」の順に高かった。

次に、単路の事故において最も交通事故死傷者数が多い組み合わせは、交差点付近と同様に「5.5m以上9.0m未満×ペイントの中央線×緑石・ブロック等」であった（単路の事故全体のうち25%）。このうち、死傷者数が最も多い衝突地点は、交差点付近と同様に「第一通行帯」であり、「危険認知速度30km/h以下」、「車両相互事故」が多かった。重篤化率の高い衝突地点についても、交差点付近と同様に、「路側帯（重篤化率21%）」と「異通行帯（重篤化率18%）」であった。

また、単路の事故のうち、交通事故死傷者数の占める割合が1%以上あり、重篤化率が最も高い組み合わせは、「5.5m以上9.0m未満×ペイントの中央線×区分なし」であった（重篤化率17%）。

3) 交差点付近と単路における事故発生状況の比較

個別の集計項目について、交差点付近と単路の重篤化率の傾向を比較した結果を表-1に示す。

表-1 交差点付近と単路の重篤化率の傾向の比較

車道幅員別	傾向はほぼ同じであり、「3.5m以上5.5m未満」が最も高いものの、単路では「5.5m以上9.0m未満」も同程度に高かった。
中央分離帯施設等	傾向はほぼ同じであり、「分離なし」が最も高かった。次いで、交差点付近は「チャッターバー」、「高輝度表示」の順に高かった。単路は、「高輝度表示」、「チャッターバー」の順に高かった。
歩車道区分	傾向はほぼ同じであり、「区分なし」が最も高く、次ぐ「路側帯」は単路が高めの傾向であった。
危険認知速度	ともに「60km/h超」では20%を超えており、交差点付近は「50～60km/h」の約3倍、単路は「50～60km/h」の2倍弱であった。
衝突地点	「路側帯」や「異通行帯」が高い傾向は交差点付近と単路で変わらないものの、単路においては、交差点付近と比較して「自転車道」、「自転車専用通行帯」、「加減速車線」、「登坂車線」の重篤化率も高い傾向にあった。
事故類型	傾向はほぼ同じであり、人対車両（30%弱）-車両単独（20%強）-車両相互（2～3%）の順に高かった。

集計項目の組み合わせによる交差点付近と単路の死傷者数及び重篤化率を比較すると、単路の方が重篤化率は高いものの、発生傾向はほぼ同じであった。重篤化率が最も高い組み合わせにおいて、交差点付近と単路で異なる項目は「中央分離帯施設等」のみであり、交差点付近は「中央線なし」、単路は「ペイントの中央線」が高かった。

交差点付近と単路においては、単路の方が交通事故死傷者数は多く、重篤化率も高い傾向にあるものの、今回確認した車道幅員や中央分離帯施設、歩車道区分の道路構成の観点による比較においては、傾向に大きな違いはなかった。交差点付近と単路では、衝突地点による違いが大きかったことから、衝突地点別に道路構成の観点を確認するのが良いと考えられる。

【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。今後も本成果を踏まえた原因分析に加えて、引き続き交通事故発生状況の経年変化や近年の事故の傾向・特徴に関する整理を行う。

視覚障害者の安全かつ円滑な誘導方法に関する検討

Study on method of tactile indication for traffic safety and smooth mobility for people with visual impairments

(研究期間 令和5年度～令和6年度)

道路交通研究部 道路交通安全研究室
Road Traffic Department
Road Safety Division

室 長
Head
主任研究官
Senior Researcher
研 究 官
Researcher

池田 武司
IKEDA Takeshi
池原 圭一
IKEHARA Keiichi
久保田 小百合
KUBOTA Sayuri

In order to traffic safety and smooth mobility for people with visual impairments, this study considers how to install tactile indications on railroad crossings and street corner.

【研究目的及び経緯】

令和4年4月に奈良県大和郡山市において、視覚障害者が踏切内にいると認識できずに列車と接触したとみられる事故を受け、令和4年6月に「道路の移動等円滑化に関するガイドライン(国土交通省道路局)」が改定された。ガイドラインには、踏切道での視覚障害者の誘導について、1) 踏切手前部に視覚障害者誘導用ブロックを設置すること(積極的な整備)、2) 視覚障害者が踏切の外にいと誤認することを回避するため、踏切内に「表面に凹凸のついた誘導表示等(以下「誘導表示等」という。))を設置すること(望ましい整備)が明確に規定された。しかしながら、誘導表示等の構造は示されておらず、国土交通省の道路空間のユニバーサルデザインを考える懇談会の踏切道等における視覚障害者誘導対策ワーキング・グループ(以下「WG」という。))にて検討されることとなった。WGでは、踏切事故防止に向けた課題(踏切事故の原因)として、i) 踏切の存在を認識できない、ii) 踏切の中にいることを識別できない、iii) 線路側・車道側に逸脱する、iv) 閉じ込められた場合の対処方法が分からないことが挙げられ、このうちi)～iii)に対して誘導表示等の構造を検討することとなった。国土技術政策総合研究所(以下「国総研」という。))では、視覚障害者等を含む道路利用者の交通安全対策に取り組んでおり、i)～iii)の検討に資するため、視覚障害者等による評価試験を実施した。

【研究内容】

令和5年度は、踏切手前部及び踏切内の誘導表示等の構造を検討するために、i) 認識性：踏切に進入、退出したことの分かりやすさ、ii) 識別性：横断歩道や歩道との違いの分かりやすさ、iii) 直進性：誘導表示等による通行しやすさ等について、視覚障害者等により評価試験を実施し、踏切の誘導表示等の構造を検討した。

【研究成果】

まず予備実験にて、踏切手前部及び踏切内の誘導表示等のパターンをそれぞれ設定し、視覚障害者の通行

体験により、本実験で検証するパターンを選定した。本実験では、踏切を模した施設において、踏切手前部と踏切内のパターンを組み合わせ、視覚障害者及び車椅子使用者の通行体験による評価試験を実施した。

1. 予備実験

1.1 予備実験の概要及び方法

以下のとおり予備実験を実施した。

【予備実験の概要】

実験場所：国総研敷地内(茨城県つくば市)

実験日：令和5年9月21日

実験参加者：視覚障害者4名(全盲2名、弱視者2名)

実験パターン：踏切手前部の誘導表示等4パターン

踏切内の誘導表示等5パターン(図-1)

【予備実験の方法】

- ・実験参加者に通行体験してもらい、認識性、識別性、直進性などに関する評価や順位付け、コメントを聞き取った。
- ・「踏切内の誘導方法」では、通行体験の途中で誘導表示等を見失う場面を設定し、実験参加者が誘導表示等を探索する状況を評価してもらった。

1.2 予備実験の結果

踏切手前部では、パターン④(ゴムチップ)の各種評価が最も高かった。パターン①(隙間なし)と②(隙間あり)の認識性の観点からの評価は②が高く、①は全盲の方の評価が低かった。パターン②(線状突起なし)と③(線状突起あり)の認識性の観点からの評価は同程度であったものの、③の線状突起を認知して評価した人は少なかった。

踏切内では、パターン⑥(1本の線状突起+隙間+エスコートゾーン)の各種評価が最も高かった。パターン⑦(2本の線状突起)と⑧(1本の線状突起)を比較すると、⑧は弱視者の評価が低い傾向にあった。パターン⑨(かまぼこ形)は通行しやすさ(直進性)の観点で、評価が高い人と低い人の両方がいた。

1.3 本実験パターンの選出

1.2の結果から、踏切手前部は②の1パターン、踏切内は⑤(比較用)、⑥、⑦及び⑨の4パターンを本実験で評価することとした(図-1に示す二重線の枠)。なお、踏切手前部④(破線枠)は十分な効果が認められたため、本実験の実験パターンには選出しないこととした。

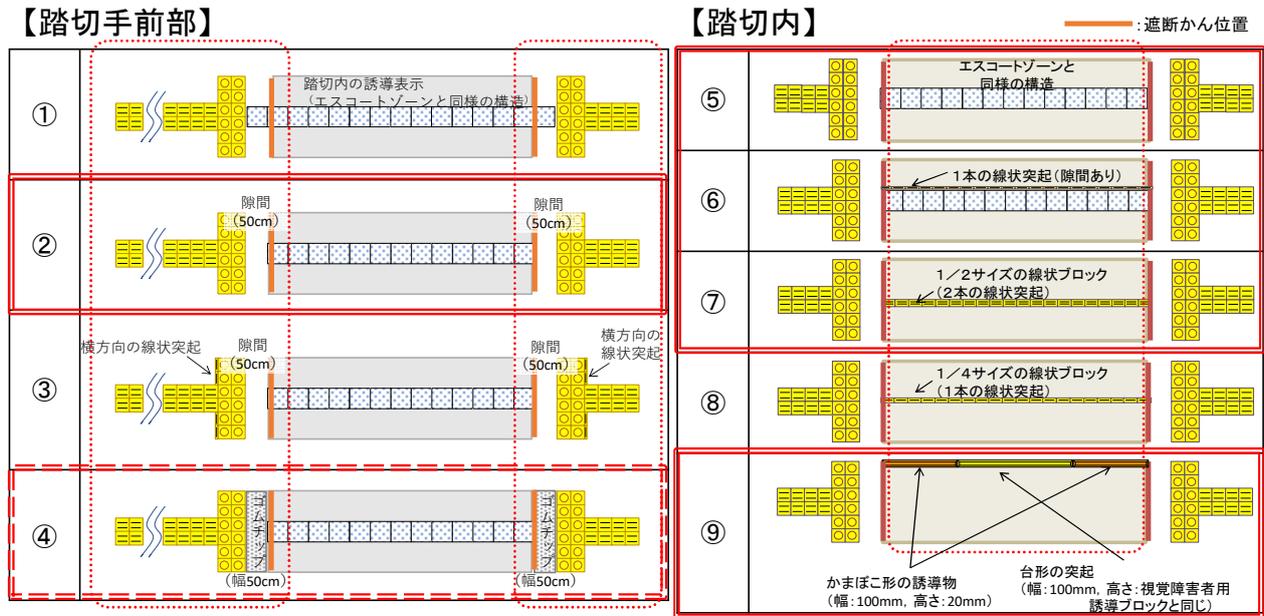


図-1 実験パターン

2. 本実験

2.1 本実験の概要及び方法

踏切を模した施設において、以下のとおり本実験を実施した。

【本実験の概要】

実験場所：東鉄工業株式会社 東鉄総合研修センター
(茨城県つくばみらい市)

実験日：令和5年10月3～5日

実験参加者：視覚障害者9名(全盲)、車椅子使用者3名

実験パターン：踏切手前部と踏切内の誘導表示等の組み合わせ4パターン

【本実験の方法】

- ・予備実験の方法に同じ
- ・踏切内外に実験参加者がいるときに、予告なしに警報器と遮断かんが作動したときの状況を評価してもらった。

2.2 本実験の結果

視覚障害者は、パターン②×⑥は認識性において比較的高評価であり、直進性及び歩道との識別性は最下位がなかった。なお、線状突起の位置については様々な意見(左、右、両方がよい等)があった。パターン②×⑦は認識性及び直進性が高評価であったものの、歩道との識別性の順位が低かった。パターン②×⑨では、見つけやすさ及び通行しやすさの評価が最高も最低もあり、特に評価のばらつきが大きかった。

視覚障害者の評価が高いパターン②×⑥と②×⑦は、車椅子使用者の評価が低かった。なお、パターン②×⑥では振動に対する指摘が多く、パターン②×⑦では車輪が取られるような感じを受けることへの指摘が多かった。

3. 最終確認

3.1 最終確認の概要及び方法

2.の結果から②×⑥、②×⑦の組み合わせパターンについて、以下のとおり最終確認を実施した。

【最終確認の評価の観点】

	視覚障害者	車椅子使用者
②×⑥	・線状突起を左側、右側、両側のどこに設置するかの再評価	・ゆっくり通行したときの振動による支障の再評価

②×⑦	・斜めに敷設することによる支障の評価	・斜めに敷設することによる支障の評価 ・跨いで通行することの危険度の評価
-----	--------------------	---

【最終確認の概要】

実験場所：本実験に同じ

実験日：令和5年10月12日

実験参加者：視覚障害者6名(全盲3名、弱視者3名)

車椅子使用者3名(手動2名、簡易電動1名)

実験パターン：踏切手前部と踏切内の誘導表示等の組み合わせ2パターン

②×⑥改	踏切内のパターン②×⑥について、以下線部のとおり改変した。 1本の線状突起+隙間+エスコートゾーンの両端を切除して幅を狭くした構造+隙間+1本の線状突起
②×⑦斜め	踏切内のパターン②×⑦について、線路に対して斜めに敷設した

【最終確認の方法】

- ・本実験の方法に同じ

3.2 最終確認の結果

パターン②×⑥改は、視覚障害者の評価が全体的に高まった。車椅子使用者はゆっくり通行することに支障はないものの、ゆっくり通行したときの振動による支障は、3名中2名が「ややそう思う」の評価となった。なお、線状突起を左右どちらに設置するかの再評価については、両側がよいとする回答が多かった。

パターン②×⑦斜めは、各種評価にばらつきがあり、通行に支障ありとする回答が多かった(6名中3名)。車椅子使用者が誘導表示等を跨いで通行したときの危険度は、3名中1名が「ややそう思う」の評価であったものの、跨いで通行することの危険度に対するコメントはなく、斜め敷設による通行上の支障はなかった。

【成果の活用】

本成果を踏まえて、「道路の移動等円滑化に関するガイドライン(R6.1)国土交通省道路局」が改訂され、「7章 その他の施設等」のうち「⑥踏切道」に反映されている。

3. 高度道路交通システム (ITS)

一般道路における自動運転を実現するための調査研究

Research for realization of automated driving in general roads

(研究期間 令和2年度～令和5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 関谷 浩孝
Head SEKIYA Hirotaka
主任研究官 中川 敏正
Senior Researcher NAKAGAWA Toshimasa

The purpose of this study is to summarize the technological tasks for automated driving in general roads.

〔研究目的及び経緯〕

自動運行補助施設(路面施設)は、自動運行車の自車位置特定を補助するために路面下に埋設する電磁誘導線、磁気マーカ、RFタグである。道の駅等を拠点とした自動運転サービス実証実験においては、路面施設(図-1)を設置し、道路側から自車位置特定を補助した車両では、自動運行が継続できない事象は発生せず、安定した運行の実現に寄与することを確認した。

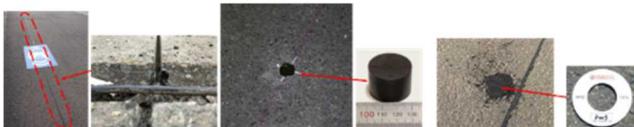


図-1 実証実験で用いた路面施設の事例
(左：電磁誘導線、中：磁気マーカ、右：RFタグ)

一方で、路面施設は設置時に舗装を切削して、路面下に埋設する施設であり、舗装への一定の影響があることが想定される。また、現時点では路面施設の用途は期間が限定された実証実験が主であり、道路管理者が中長期にわたって維持管理を行った実績がない。

そこで、自動運転サービスを実施している道の駅赤来高原(島根県飯石郡飯南町)付近の直轄国道及び町道において、路面施設の一つである電磁誘導線の設置による舗装への影響を把握することを目的として、設置前後で経年的な舗装調査を実施した。

〔研究内容〕

道の駅等を拠点とした自動運転サービス実証実験箇所である道の駅赤来高原付近の直轄国道と町道において、「舗装構造評価装置(Falling Weight Deflectometer : FWD)を用いた舗装構造評価調査(たわみ調査)」、「路面画像撮影調査(ひび割れ調査)」、「路面横断形状調査(わだち掘れ調査)」の3つの調査を実施した。

〔研究成果〕

(1) FWDを用いた舗装構造評価調査(たわみ調査)

a. 調査区間

FWDを用いた舗装構造評価調査(以下「FWD調査」という。)では、路面に衝撃荷重を載荷したときのたわみ量を複数年にわたって計測し、路面の健全性を調査した。試験器には、たわみ量計測のセンサーが複数搭載されており、載荷箇所(測点)から2mまでの路面のたわみ形状を測定できる。

FWD調査の調査区間は、道路種別(国道/町道)、舗装の厚さを考慮して選定した(図-2の区間①～区間⑦)。



図-2 FWD調査 調査区間

また、各区間での調査箇所は、電磁誘導線の設置位置である外側車輪位置(Outer Wheel Path: OWP)、外側車輪位置と内側車輪位置の中間位置(Between Wheel Path: BWP)を基本とするとともに、一部区間は比較対象として反対車線側も調査した。調査箇所数は7区間、18測線(86点)である。

b. 調査結果

ここでは、区間①(国道54号)及び区間⑥(町道)でのたわみ量の計測結果を示す。区間①は、設置前の舗装の損傷が少なかった区間である。同区間における電磁誘導線部の設置位置であるOWPでのたわみ量は、設置直後(2020年8月)に比べると毎年増減を繰り返している一方で、電磁誘導線の影響がより少ないと想定されるBWPについてはたわみ量が増加傾向にある(図-3)。一般的に、OWPは車輪による繰り返し載荷を受ける箇所であるため、供用後にたわみ量が増加すると考えられるが、区間①においてはBWP

と比較してもたわみ量の明確な増加は確認できなかった。現時点では、電磁誘導線の存在による影響を明確に論ずることはできないが、少なくとも直ちに悪影響を及ぼす事象は確認されなかった。

また、町道（区間⑥）は設置前の舗装の損傷が中程度であった区間である。同区間における OWP と BWP でのたわみ量は一旦減少した後に増加に転じるという同様の経時変化を示しているが、こちらも区間①と同じく電子誘導線の存在による著しい影響は確認されなかった（図-4）。

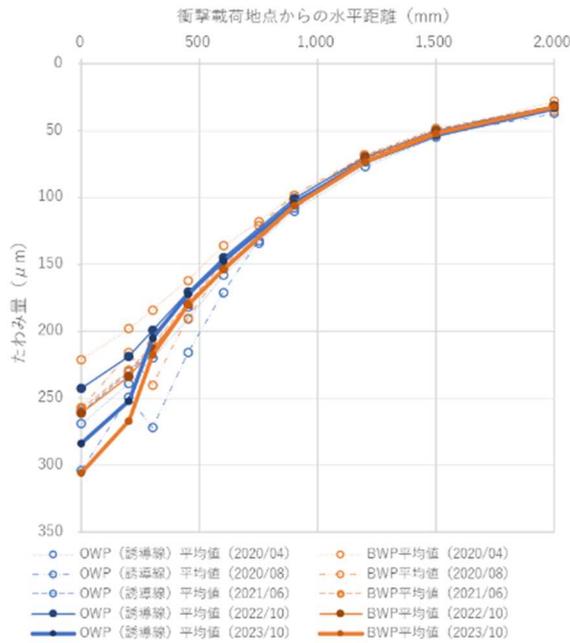


図-3 たわみ量の推移（区間①：国道54号）

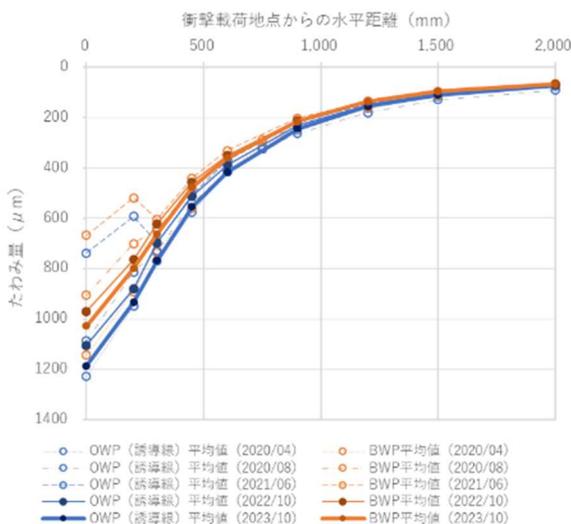


図-4 たわみ量の推移（区間⑥：町道）

(2) 路面画像撮影調査（ひび割れ調査）

a. 調査区間

路面画像撮影によるひび割れ進展状況の調査の調査区間は、自動運転ルートの全部（図-5の区間①～区間⑥）、比較対象として「自動運転ルートの反対車線

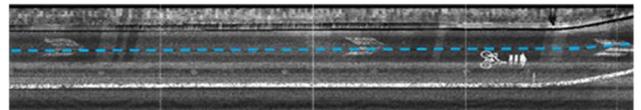
（同図の区間⑦）」、「区間①・②」と同一路線上で自動運転ルート外の区間（同図の区間⑧）」の計8区間である。また、調査延長は計3,470mである。



図-5 路面画像撮影調査 調査区間

b. 調査結果

ここでは、区間①（国道54号）でのひび割れ率の計測結果を示す。区間①は、電磁誘導線設置前のひび割れ率が0.0%であった区間であるが、設置後においても、路面に著しいひび割れは確認されず（図-6）、ひび割れ率は0.0%であった。その他の区間においても、著しいひび割れの進行は確認されていない。



※ 水色は、電磁誘導線の設置位置である。

図-6 ひび割れ展開図（区間①）

(3) 路面横断形状調査（わだち掘れ調査）

a. 調査区間

路面横断形状調査によるわだち掘れ量の調査区間は、FWD調査と同じである。調査箇所数は、7区間（28断面）である。

b. 調査結果

電磁誘導線部でのわだち掘れ量は、国道54号でいずれの測線においても設置後で5mm程度と、いわば初期わだちレベルの軽微な範囲であった上、ほぼすべての測線でわだち掘れ量は経年で減少傾向を示している。また、国道54号以外も含めて、わだち掘れが著しく進行していないことを確認した。

【成果の活用】

本成果は、電磁誘導線の設置後、約3年半の時点での舗装への影響調査結果である。電磁誘導線の設置に伴う舗装への影響を評価するには、舗装のライフサイクルにわたるモニタリングが必要となる。今後、本調査に加えて、道路管理者が電磁誘導線を含めた路面施設の維持管理を行う中で、実績データを積み重ね、路面施設の点検要領等にも知見を反映していく予定である。

官民連携による路車協調 ITS に関する研究

Public-private joint R&D on cooperative ITS

(研究期間 令和4年度～令和5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 関谷 浩孝
Head SEKIYA Hirotaka
主任研究官 中川 敏正
Senior Researcher NAKAGAWA Toshimasa

The National Institute for Land and Infrastructure Management (NILIM) will organize the requirements of lane markings to operate Lane Keep Assist system (LKA) in terms of the faint level of lane markings.

In this paper, the results of the analysis of the relationship between the faint level of lane markings and the operation status of LKA are described.

[研究目的及び経緯]

車線維持支援システム (LKA: Lane Keep Assist system) は、車両が走行する際、車線の中央付近を維持するようにステアリング (操舵) 操作を支援する機能である。車載カメラで検知した映像から、道路上の白線を画像処理によって抽出し、輝度の高い色が連続している場合は白線があると認識する (図-1)。車両は、当該情報をもとに LKA の制御を行う。

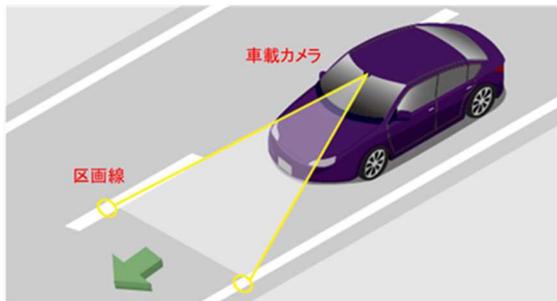


図-1 車線維持支援システム (イメージ)

LKA は、区画線がかすれ輝度差が少ない箇所では車載カメラが区画線を認識できず、正常に作動しない場合がある。このため、自動運転の普及促進のためには、区画線を一定水準以上で維持管理することが求められる。そこで、本研究では区画線のかすれと LKA の作動状況との関係について実験を通じて調査した。

[研究内容]

(1) 実験の目的

本実験は、LKA の作動・非作動の境目となる区画線のかすれ度合い (剥離率) を把握するとともに、区画線の剥離率以外に LKA の作動に影響を与える要因とその影響度合いを把握することを目的とした。なお、区画線の剥離とは、区画線の塗料が剥がれ、路面 (黒色) が露出している状態である。本実験では、様々な実験条件下で LKA が搭載された車両を走行させて、区画線の剥離率と LKA の作動状況の関係を調査することとした。

(2) 実験の方法

本実験は、国総研の試験走路上で実施した (表-1)。なお、LKA は主として高速道路での使用される機能であるため、都市間高速道路の道路環境も参考に示す。本実験は、試験走路の既存の環境で実施したため、区画線の長さ・間隔は都市間高速道路と異なるものの、自動車メーカーへのヒアリングを通じて LKA の作動に大きな影響はないことを確認している。舗装については、試験走路では改質密粒度アスファルトを用いているため、雨天時に路面に水膜ができやすく、高機能アスファルトを用いている都市間高速道路に比べて LKA が作動しにくくなる可能性がある。

表-1 試験走路の道路環境

項目	国総研試験走路	【参考】都市間高速道路
舗装	改質密粒度アスファルト	高機能アスファルト
区画線の長さ・間隔	長さ6m・間隔9m	長さ8m・間隔12m
区画線の施工方法	熔融式	熔融式
区画線の素材	塗料及びガラスビーズ	塗料及びガラスビーズ

また、実験条件は、「区画線の剥離率 (4 パターン)」、「時間帯 (2 パターン)」、「天候 (2 パターン)」、「走行方向 (2 パターン)」を組合せ、合計 32 パターンを設定した。「区画線の剥離率」とは、剥離がない状態の区画線の面積に対する剥離した部分の面積の割合であり、目標剥離率は 60%~90% (10%刻み) として区画線を設置した (図-2)。「時間帯」は、昼間は 10 時~16 時、夜間は 18 時~22 時とした。天候は、晴天と雨天とした。「走行方向」は、剥離率の増減に伴う LKA 作動の差異を考慮して、「昇順走行」と「降順走行」とした。「昇順走行」とは区画線の剥離率が高くなる方向 (かすれる方向) に走行、「降順走行」とは区画線の剥離率が低くなる方向 (明瞭になる方向) に走行することである。車

※本報告は令和4年度当初予算の標記の研究課題を令和5年度に継続して得た結果をまとめたものである。

両の走行速度は、80km/h(都市間高速道路の規制速度)とした。

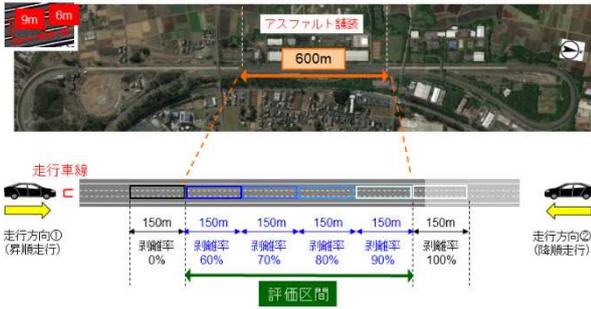


図-2 実験時の区画線の設置レイアウト

(3) 実験結果

a. 剥離率とLKA作動率との関係

LKAが搭載された車両は、自車位置の前方にある一定区間の区画線のまとまりを検知し、LKAの作動・非作動を判断していると想定される。このことから、LKAの作動・非作動の境目となる剥離率を、LKAの作動・非作動の最初の切り替わり地点の前方区間にある一定区間の区画線の剥離率をもとに算出した。ここでは、自動車メーカーへのヒアリングをもとにLKAの作動・非作動の最初の切り替わり地点から50m前方区間(左右両側で区画線8本分)を設定し、当該区間にある区画線の剥離率の平均値をLKAの作動・非作動の境目となる剥離率とした。この考え方を踏まえて、区画線の剥離率とLKA作動率の関係を整理事例を図-3に示す。

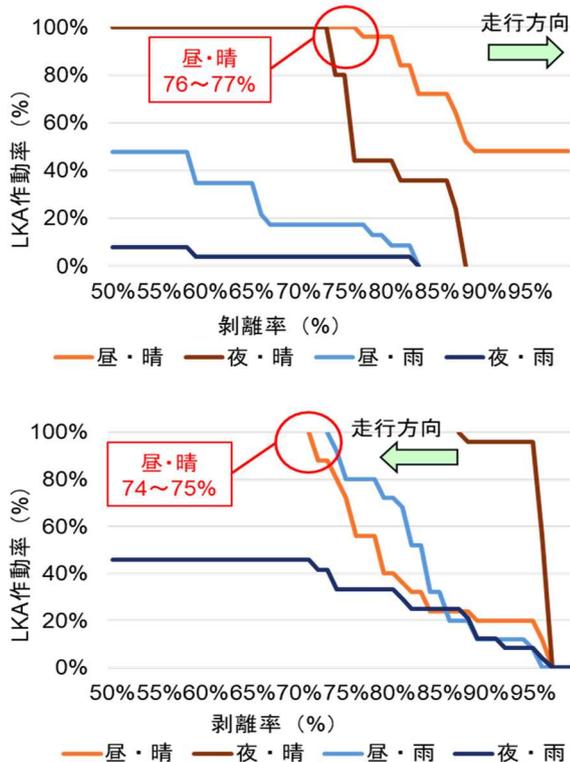


図-3 剥離率とLKA作動率の関係例

(上：昇順走行、下：降順走行)

昼間かつ晴天では、「昇順走行」と「降順走行」の双方でLKAが100%作動する剥離率は75%程度となった。なお、その他の雨天・夜間などの条件でのLKAが100%作動する剥離率については、実験条件や車種による差異が大きく、詳細な要因については追加的な調査と分析が必要である。

b. LKA作動率と時間帯・天候との関係

同一剥離率の区間単位(150m)でのLKAの作動状況を整理する。本実験では、個々の区画線の剥離率のばらつきを考慮し、同一剥離率の区間内にある区画線10組のうち8組でLKAが作動していれば、当該区間全体でLKAが作動したと定義した。この考え方を踏まえて、区間単位でのLKAの作動状況を整理した事例を図-4に示す。「昇順走行」の場合、LKA作動率は剥離率によらず晴天の方が高かった。一方で、「降順走行」の場合、昼間では晴天と雨天の間でLKA作動率に大きな差異は見られなかった。なお、雨天の夜間では、走行方向に関わらずLKA作動率は相対的に低い。これは、夜間では車載カメラが剥離した区画線を検知しにくいという、降雨により路面に水膜が発生したことが影響したと推察される。

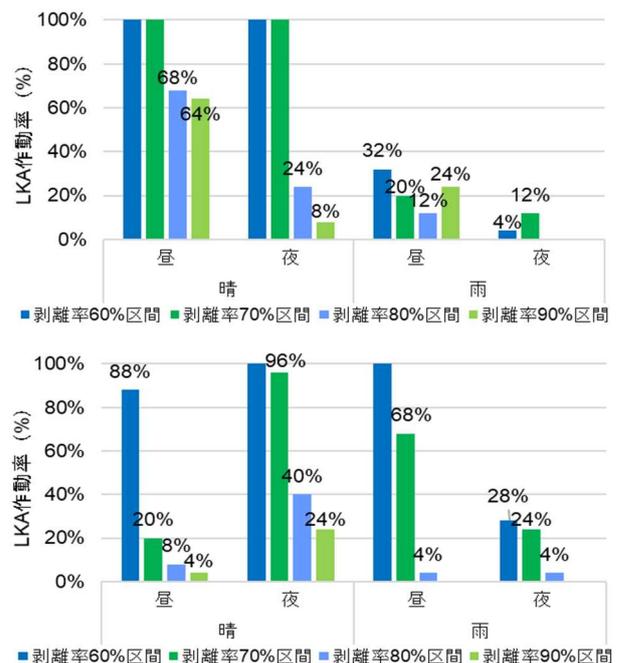


図-4 LKA作動率と時間帯・天候との関係例

(上：昇順走行、下：降順走行)

[成果の活用]

本成果は、LKA作動の観点から求められる区画線の剥離率の要件案の取り纏めに活用する予定である。また、将来的には、ドライバーへの通常の見え方、維持管理に要するコスト、体制等の総合的観点から検討を行い、自動運転車の車線維持に必要な区画線の管理水準の検討に本研究の成果が活用されることが期待される。

ITS 技術の活用による道路交通サービスの高度化に向けた検討

Research on advancement of road transportation services through the use of the ITS technology

(研究期間 令和4年度～令和5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 ITS Division

室長 関谷 浩孝
Head Sekiya Hirotaka
主任研究官 中川 敏正
Senior Researcher NAKAGAWA Toshimasa
研究官 山本 真生
Researcher YAMAMOTO Masaki
交流研究員 中村 賢志
Guest Research Engineer NAKAMURA Kenji

The National Institute for Land and Infrastructure Management conducted a research on unexpected events that could not be detected by on-board sensors in public-private joint R&D project. In this paper, we report a result of analysis of unexpected events detectability by using ETC2.0 probe data.

〔研究目的及び経緯〕

自動運転の高度化に向けて、官民を挙げた取組が進められており、特に高速道路の自動運転については、2025年にレベル4実現という政府目標を掲げ、産官学で活発な取組がなされている。

高速道路での自動運転の早期の実現には、車両単独では検知できない道路前方の状況に関する情報（以下「先読み情報」という。）について、自動運転車が通信を用いて事前に取得することで、適切な車両制御を行うことが必要となる。なお、先読み情報の提供は、自動運転を阻害する可能性のある事象を一定の精度で検知できることが前提となる。このため、国土技術政策総合研究所では、「自動運転の普及拡大に向けた道路との連携に関する共同研究」において、ETC2.0プローブ情報を用いた事故等の突発事象の検知可能性に関する研究を行った。

本稿では、高速道路での交通事故等の突発事象の検知可能性について、ETC2.0プローブ情報を用いて分析した結果を報告する。

〔研究内容〕

本研究では、ETC2.0プローブ情報を用いて、交通事故等の突発事象の検知可能性を分析した。まず、高速道路会社が保有する道路管制イベントデータをもとに突発事象の発生日時を特定した。次に、突発事象の発生時と非発生時を対象として、ETC2.0プローブ情報を用いて、交通事故、落下物等の検知可能性を分析した。当該分析においては、突発事象が発生した区間・日時と発生していない区間・日時を対象として、ETC2.0プローブ情報を100m及び10分間隔に細分化した区間速度データを作成し、双方の区間速度データ

を比較した。

〔研究成果〕

ETC2.0プローブ情報を用いた突発事象の検知可能性について、「交通事故」、「落下物」、「IC出口路側渋滞」の分析結果を示す。

(1) 交通事故

交通事故については、東名高速道路の217.0kp付近で発生した交通事故（発生日：2023年3月6日）を対象として、交通事故発生日と交通事故非発生日における本線車両の速度を比較した（図-1）。その結果、交通事故発生地点（217.0kp付近）において、速度低下を確認した。

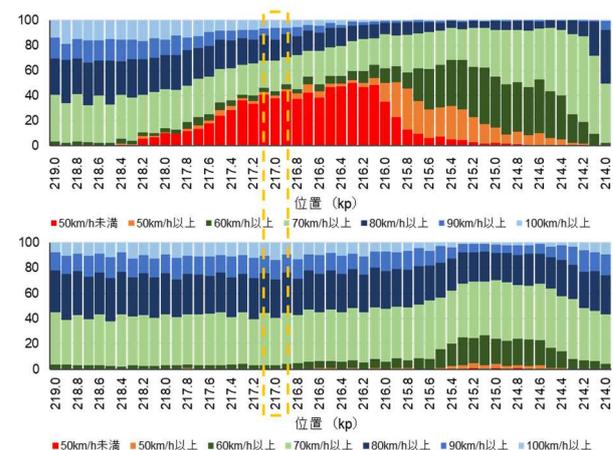


図-1 地点別速度構成比

(上段：事故発生日、下段：事故非発生日)

- ※ 交通事故発生地点は、217kp付近である。
- ※ 縦軸（地点別速度構成比）は、各キロポストを通過した車両数に占める各速度帯別の車両数であり、時間は4時間、車線は第1車線のものである。

※本報告は令和4年度補正予算の標記の研究課題を令和5年度に継続して得た結果をまとめたものである。

(2) 落下物

落下物については、東名高速道路の89.5kp~90.0kp付近で発生した落下物（発生日：2023年3月6日）を対象として、落下物発生前後での本線車両の速度を比較した（図-2）。その結果、落下物が路上にあると想定される時間帯では、89.3kp~89.8kp付近において、60km/hを下回る速度を検出した。

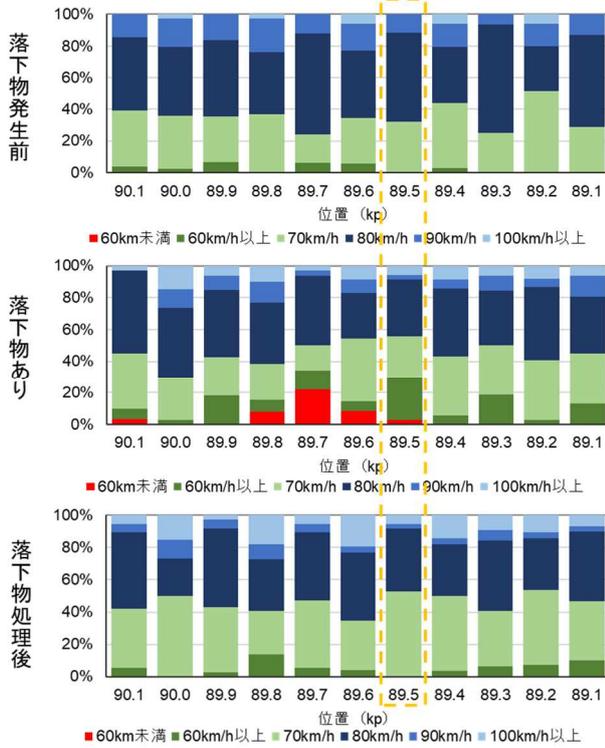


図-2 地点別速度構成比

- ※ 落下物発生日は、89.5kp付近である。
- ※ 縦軸（地点別速度構成比）は、各キロポストを通過した車両数に占める各速度帯別の車両数であり、時間は15分間、車線は全車線のものである。

(3) IC 出口路側渋滞

IC 出口路側渋滞については、東名高速道路 御殿場 IC（下り）付近で発生した出口渋滞（発生日：2023年3月21日）を対象として、渋滞発生日と渋滞非発生日におけるオフランプ走行車両と本線車両の走行速度を比較した（図-3、図-4）。

その結果、本線車両とオフランプ走行車両との車両挙動の差異を把握可能なことを確認した。また、オフランプ走行車両については、渋滞発生日と渋滞非発生日で、速度低下の度合（発生時間帯、発生延長）が異なることも確認した。

交通事故や IC 出口路側渋滞については、通行規制や IC 出口の車列等による交通への影響が大きく、ETC2.0 プローブ情報を通じて、速度の大幅な低下を確認できた。一方で、落下物については、落下物の寸法、位置等により本線交通に与える影響が異なると想定され、更

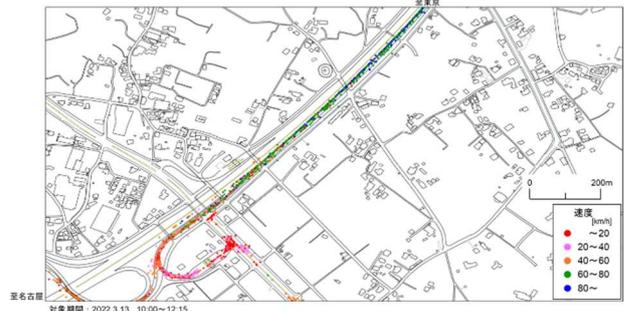
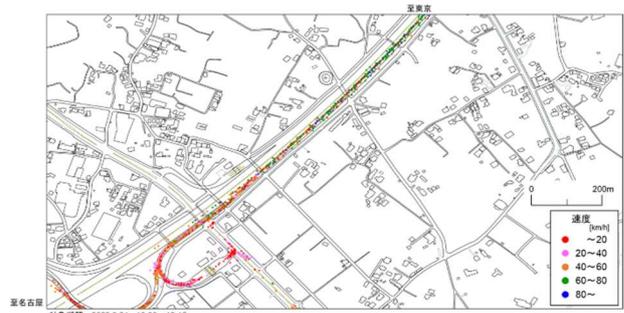


図-3 オフランプ走行車両の速度分布
（上：渋滞発生日、下：渋滞非発生日）



図-4 本線車両の速度分布（渋滞発生日）

出典：国土地理院地図（基盤地図情報）をもとに作成

なる分析が必要である。

なお、今回は高速道路会社の道路管制イベントデータを用いて事後に分析した結果である。将来、交通事故等の「発生」、「非発生」の判断を基準化することで、事象の発生をリアルタイムで検知可能となることが期待される。

[成果の活用]

本成果は、高速道路での先読み情報の検知方法の検討に活用する予定である。今後、本成果を踏まえて、様々な検知手法を組み合わせることにより、高速道路での突発事象をタイムリーかつ精度よく把握するための研究を実施することが期待される。

ITSの研究開発及び国際標準化に関する海外動向調査

Survey of overseas trends in ITS R&D and international standardization

道路交通研究部 高度道路交通システム研究室	室 長	(研究期間 令和5年度)
Road Traffic Department	Head	関谷 浩孝
Intelligent Transport Systems Division	主任研究官	SEKIYA Hirotaka
	Senior Researcher	中川 敏正
		NAKAGAWA Toshimasa

NILIM conducts the international activities about ITS by collecting information on overseas efforts related to ITS and introducing efforts in Japan.

[研究目的及び経緯]

高度道路交通システム(ITS)の研究開発については、海外動向を幅広く調査するとともに、我が国の取組を発信することで、国際的に協調して進めていくことが重要である。

国総研では、諸外国のITS・自動運転に関する取組の最新動向を収集するとともに、道路関係の国際機関(PIARC)等に参画し、ITS・自動運転に関する我が国の取組を紹介することを通じて、ITS・自動運転に関する国際活動を継続的に実施している。

[研究成果]

1. 海外動向調査

海外のITS・自動運転に関する主な取組として、「Horizon Europe」と「Strategic Research and Innovation Agenda (SRIA)」を調査した。

(1) Horizon Europe

Horizon Europe とは、2021年～2027年の7年間にわたる総額955億ユーロ規模の欧州委員会(EU)の研究・イノベーションの枠組み計画である。EUは、Horizon Europeを通じて、高度に自動化されたコネクテッド・ドライビング・システムの開発と普及を支援している。Horizon Europeでは、CCAM(Cooperative, Connected and Automated Mobility: 協調型、コネクティッド、自動モビリティ)関連のプロジェクトを多数選定しており、これらのプロジェクトは、「インフラによる支援」、「データエコシステム」、「プロジェクトの検証方法論」まで、様々な領域をカバーしている(表-1、表-2にプロジェクトの例を示す)。

表-1 ULTIMO プロジェクトの概要

項目	内容
事業名	ULTIMO
概要	ULTIMOは、MaaS(Mobility as a Service)による公共交通とLaaS(Logistics as a Service)による都市物

項目	内容
	資輸送のため、経済的に実現可能で持続可能な自動運転の統合を目指すプロジェクトである。 同プロジェクトでは、欧州の3箇所に1箇所あたり15台以上のマルチベンダーのレベル4モビリティを配備する予定となっており、レベル4モビリティサービスの早期の社会実装を目標としている。
事業期間	2022.10.1～2026.9.30
事業費 (EU資金)	24,198,270 ユーロ
コーディネータ	DEUTSCHEBAHN (Germany)

表-2 MODI プロジェクトの概要

項目	内容
事業名	MODI
概要	MODIは、実証実験を通じて高度に自動化された貨物自動車の導入を加速し、物流における自動化輸送システムとソリューションの展開における課題を解決することを目指している。 同プロジェクトでは、オランダからノルウェーまでの物流回廊を対象として、コネクティッド、自動運転での物流のビジネスモデル等の検証が予定されている。
事業期間	2022.10.1～2026.3.31
事業費 (EU資金)	23,030,095 ユーロ
コーディネータ	ITS Norway (Norway)

(2) Strategic Research and Innovation Agenda

Strategic Research and Innovation Agenda (SRIA) とは、CCAM関連のプロジェクトを実施するための包括的なロードマップである。SRIAは、Horizon Europeで実施される研究・イノベーション活動のテーマを特定し、決定するための基礎的枠組みを提供する。また、各国のプロジェクト及び他のHorizon Europeのパートナーシップと共通の活動を展開するための基盤にもなる。SRIAでは、CCAMの取組について、3つのレベルの目標

表-3 CCAMに関する目標レベル

目標名	内容
一般目標 (General Objectives)	CCAM (Cooperative, Connected and Automated Mobility: 協調型、コネクテッド、自動モビリティ) の取組が長期的に貢献することを目指すものである。研究開発投資の成果によって可能になる社会(環境を含む)、経済、科学に対する長期的で広い効果である。
具体的目標 (Specific Objectives)	CCAM の取組が提供する具体のサービスであり、提供される成果の普及と利用に基づいて、違いをもたらすものである。
運用目標 (Operational Objectives)	CCAM の取組により実施された活動や資金提供されたプロジェクトの具体的な短期的成果である。CCAM において、2030年に向けた長期的な進捗を評価するために使用される。

を設定して、プロジェクトを管理している(表-3)。

2. 国内事例の発信

国内の ITS・自動運転に関する取組として、「レベル4自動運転トラックの実現に向けた取組」について、2023年11月の日欧二国間 ITS 協力会議 自動運転WGにて議長報告として発信した。内閣官房デジタル田園都市国家構想実現会議は、令和6年度より新東名高速道路において自動運転支援道を活用した「レベル4自動運転トラックの実証実験」を実施する予定である。当該実証実験に際しては、自動運転の実現・高度化の観点から道路が備えるべき機能を整理するとともに、「自動運転支援道(合流部や道路前方方向の工事規制等の情報を収集・提供する等、自動運転の実現や高度化に資するインフラ施設が備わった道路)」が設置される予定である(図-1)。また、6車線区間で交通量に余裕がある区間や時間帯では、必要に応じて自動運転車を優先するレーン(自動運転レーン)等を設置する予定となっている。なお、自動運転支援道は、2024年～2025年には新東名高速道路と東北自動車道の6車線区間で実証実験を実施、2026年には実証実験区間以外の6車線区間および関東～近畿をつなぐ4車線区間へ展開し、2027年は6車線区間と接続する4車線区間へ展開される計画となっている(図-2)

国総研では、レベル4自動運転トラックを対象として、合流支援情報、先読み情報(落下物情報、工事規制情報)を提供するシステムについて、有効性を検証する実証実験を実施し、システムの技術仕様を作成する予定である(図-3)。

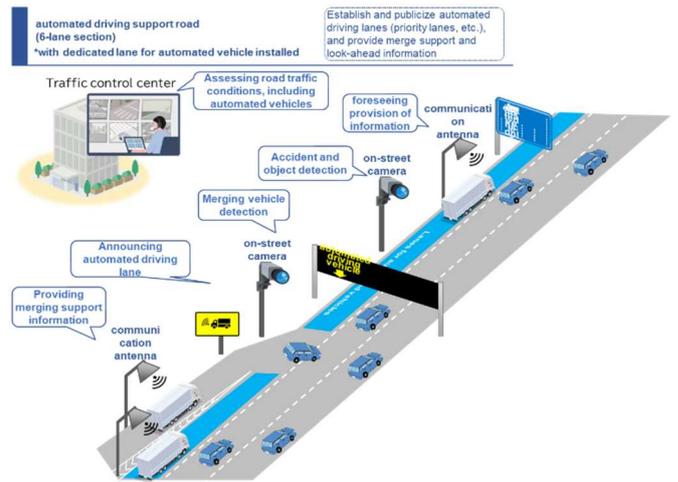


図-1 自動運転支援道のイメージ

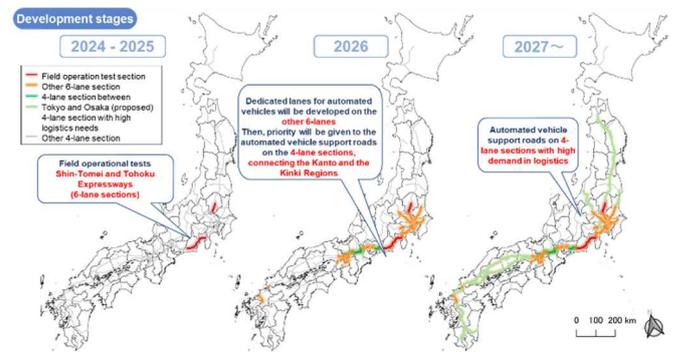


図-2 自動運転支援道の展開イメージ

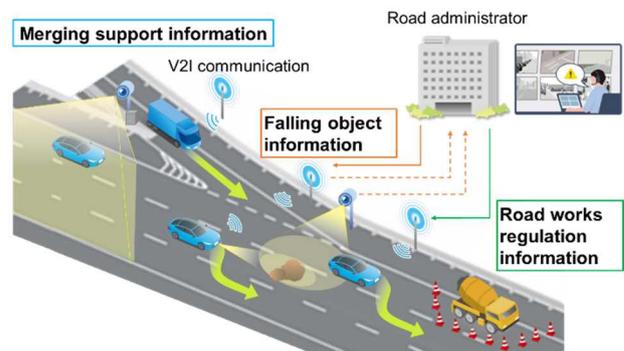


図-3 合流支援情報、先読み情報の実証実験のイメージ

[成果の活用]

本研究における海外動向調査の結果については、我が国の施策を検討する上での基礎的情報として活用が期待できる。また、国内事例については、PIARCなどにおいて、事例紹介、レポート作成等に活用され、我が国のITS技術の国際展開に寄与する。

ETC2.0 プローブ処理の高度化に関する研究

Research on advanced ETC2.0 probe processing

(研究期間 令和4年度～令和6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	関谷 浩孝	主任研究官	酒井 与志亜
Head	SEKIYA Hirotaka	Senior Researcher	SAKAI Yoshia
研究官	石原 雅晃	交流研究員	大住 雄貴
Researcher	ISHIHARA Masaaki	Guest Research Engineer	OHSUMI Yuki

This research involves the advancement of a system that comprehensively processes ETC2.0 probe data from all over Japan. By upgrading the processing system, it will be possible to create data with high utility value. Specifically, the project will improve processing efficiency and map matching.

【研究目的及び経緯】

国土技術政策総合研究所(以下、「国総研」という)では、ETC2.0 プローブデータの利活用に関する課題やニーズを把握し、それらを解決することを目標として、より利用価値の高いデータの作成に向けた研究を行っている。現行の ETC2.0 プローブデータを処理するシステムの具体的な課題やニーズを過年度に整理した結果、要望が多かったものは以下の2点である。

- a) システム内の処理の効率化
- b) 生活道路等へのマップマッチング

それぞれについて対応策を検討し、機能を開発してきた。本研究では、過年度に開発した機能を国総研で構築しているテストシステム(以下、「国総研テストシステム」という)に実装した。また、各道路管理者のサーバと接続することで ETC2.0 プローブデータを常時国総研テストシステムに収集し、実装した全機能を稼働させた際の一連の動作を検証した。

【研究内容と研究成果】

国総研テストシステムの改良について、以下の対応を実施した。

(1) システム内の処理の効率化の対応

事前処理(マップマッチング、経路情報生成、個別車両情報秘匿化)に重複が無いように、各処理を直列で実施し、事前処理を実施した後のデータを「補正済み個車データ」として蓄積することとした(図-1)。これにより、今回実装する統計処理と今後新たに開発する処理の双方で補正済み個車データを用いることができ、事前処理を重複して実施する必要がなくなる。

(2) 生活道路へのマップマッチングの対応

現行の ETC2.0 プローブデータは、一般財団法人日本デジタル道路地図協会の提供するデジタル道路地図データベース1)における「基本道路」のみを対象とし

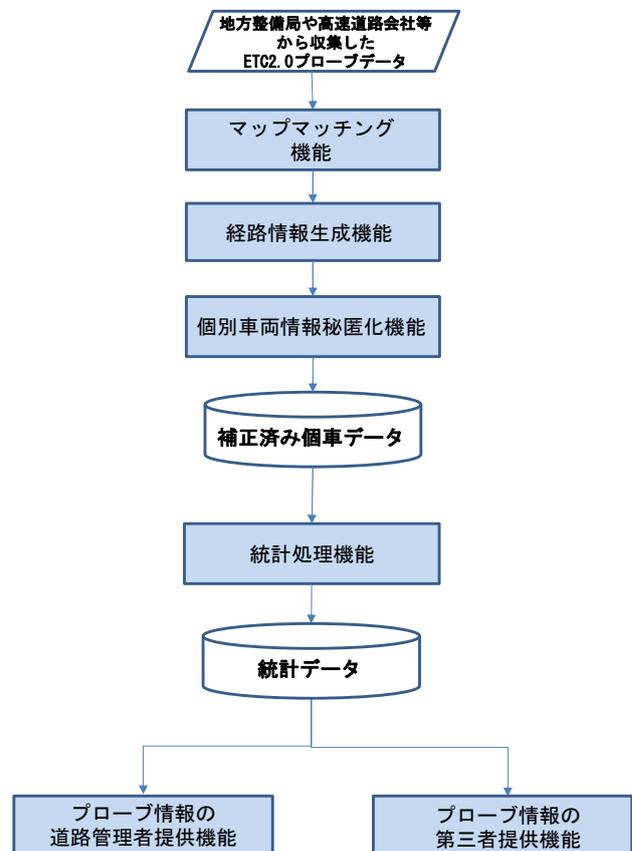


図-1 国総研テストシステムの処理フロー

たマップマッチングを実施しているが、「全道路」を対象としたマップマッチング機能により、生活道路等での分析も可能とした。マップマッチングでは、対象とする道路網が密であると処理負荷が大きくなるため、比較的的道路網が疎である高速道路を切り分けて処理することとしている(図-2)。

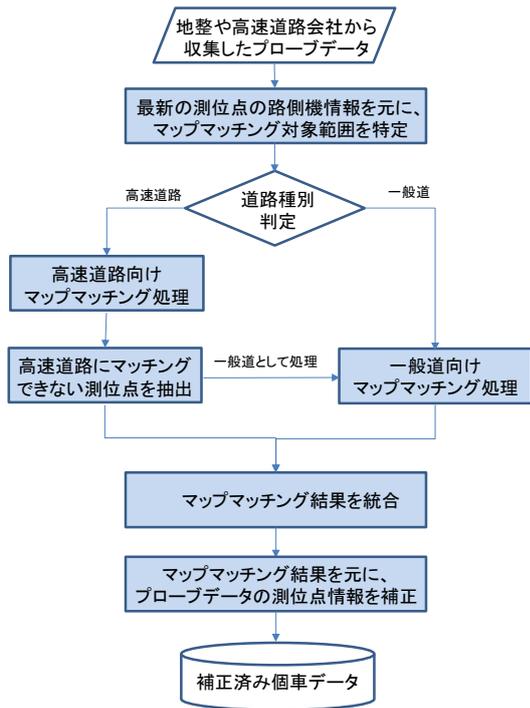


図-2 マップマッチング機能の処理フロー

表-1 接続対象の高速道路会社等

道路管理者	設置場所	No.
NEXCO 東日本	北海道	1
NEXCO 西日本	関西	2
名古屋高速	本社	3
阪神高速	大阪	4
本四高速	神戸	5

(3) 各高速道路会社等のサーバとの接続

各高速道路会社等と調整した結果、表-1の5者のサーバと国総研テストシステムを接続した。また、各高速道路会社等のサーバと国総研テストシステムの接続には関東地方整備局のネットワークを通過させる必要

表-2 統計処理機能での出力様式

No.	情報内容	様式	備考
1	基本情報	様式1-1	基本情報
2	走行履歴情報	様式1-2	走行履歴情報
3	トリップ(連続移動判定)情報	様式1-3	トリップ(連続移動判定)情報
4	挙動履歴情報	様式1-4	挙動履歴情報
5	DRM単位集計結果	様式2-1	DRMリンク単位車両別旅行時間
6		様式2-2	道路プローブDRM区間単位15分単位平均旅行時間旅行速度
7		様式2-3	道路プローブDRM区間単位時間帯別平均旅行時間旅行速度
8		様式2-4	道路プローブDRM区間単位平均旅行時間旅行速度

があるため、関東地方整備局のネットワークの設定変更を実施した。

(4) 統計処理機能の実装

補正済み個車データを分析等に利用しやすい様式化したデータとして出力するために、統計処理機能を実装した。本機能では、表-2の8種類の様式を出力する。各様式のデータ項目については、過去に取得したデータと比較分析が可能なように、現行のETC2.0プローブデータと同じ項目とした。

(5) 国総研テストシステムの動作検証

国総研テストシステムに実装した各機能と一連の動作について、実際にデータを収集した状況下で想定通りに稼働しているかを検証した。検証に際しては、取得したデータが実際にどのような挙動であったかについて正解情報が必要であるため、ETC2.0を搭載した検証用の車両を走行させて複数のテストデータを取得した。各機能の検証に適した9ルートを選定し、ルートの合計距離で約410km、データの総延長で約680kmのテストデータについて、各機能と一連の動作の検証を行った。その結果、各機能については、想定通りの稼働をしていることを確認した。また、マップマッチング機能においては処理速度と精度の更なる改善が期待できる項目についても確認した。

[成果の活用]

ETC2.0プローブデータの多様な施策への利活用に向け、今後は、国総研テストシステムの処理速度と精度の検証を予定している。

[参考文献]

- 1) データの内容、一般財団法人日本デジタル道路地図協会、<https://www.drm.jp/database/content/>

4. 空間活用

自転車活用推進に向けた自転車通行空間の評価に関する調査

Survey on evaluation of bicycle traffic space for promotion of bicycle utilization

(研究期間 令和3年度～令和5年度)

道路交通研究部 道路交通安全研究室

Road Traffic Department Road Safety Division

室長 池田 武司

主任研究官

藤田 裕士

Head IKEDA Takeshi

Senior Researcher

FUJITA Yuji

交流研究員 上野 宇悠

Guest Research Engineer UENO Takaharu

In this study, in order to examine the ideal bicycle traffic space that takes into account the coexistence of bicycles and specified small motorized bicycles, the author investigated free running speeds on actual roads and riding conditions with other road users.

〔研究目的及び経緯〕

国土交通省と警察庁は、平成24年11月に「安全で快適な自転車利用環境創出ガイドライン（以下、「ガイドライン」という）」を作成し、自転車通行空間の整備を進めてきた。このような中、令和4年4月の道路交通法の改正（令和5年7月施行）により、一定の要件を満たす特定小型原動機付自転車（いわゆる電動キックボードを含む。以下、「特定小型原付」という）が、16歳以上であれば免許不要で乗車でき、車道の左端または自転車道を通行することとされたことから、自転車通行空間をとりまく環境が変わろうとしている。

本研究は、特定小型原付が混在することを考慮した自転車通行空間のあり方・諸元を検討するための基礎情報を得ることを目的としている。令和4年度は、自転車通行空間の幅員等の検討の参考として、特定小型原付の蛇行幅や段差等における走行安全性に関する走行試験を行い、大きな問題はないことを確認した。令和5年度は、今般の改正道路交通法の施行を受け、自転車に加えて特定小型原付が通行するようになった実道での走行実態について、調査を行うこととした。

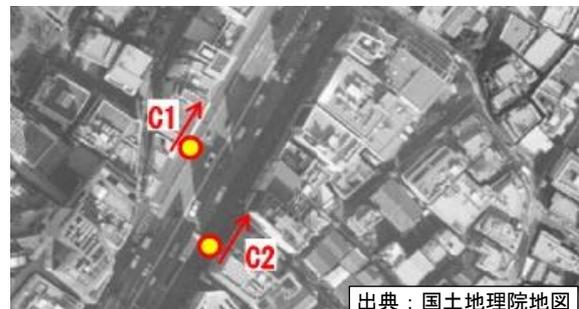
試験走路と比べ、実道における走行速度や走行挙動は、利用者の属性・意識のばらつきや、道路（自転車通行空間）上の他の利用者の有無などの影響を受ける。これらの影響が特に大きく、また自転車通行空間の諸元を考える上で重要と考えられる、①自由走行時の速度、及び②駐停車車両等の他の道路利用者との交錯に着目して、調査を実施した。なお、比較対照するため、自転車についても調査対象とした。

〔研究内容〕

調査箇所は、停車車両が存在する時と存在しない時の両方があり、交錯事例と駐停車車両がない自由走行時の速度の両方を計測する区間として、東京都内DID

地区内の4車線で両側歩道（自歩道）が設置された単路区間の一断面を選定した。

当該区間は、自動車の平均速度は約16.7km/hと低いが、12時間交通量は16,053台（令和3年度道路交通センサス）であり、ガイドラインでは整備形態が「自転車専用通行帯」とされるが未整備である。改正道路交通法の施行直後であり、特定小型原付のサンプル数を見込める区間であることを重視した結果、自転車通行空間としては未整備の箇所を調査対象箇所を選定した。



出典：国土地理院地図

図-1 ビデオカメラの設置箇所

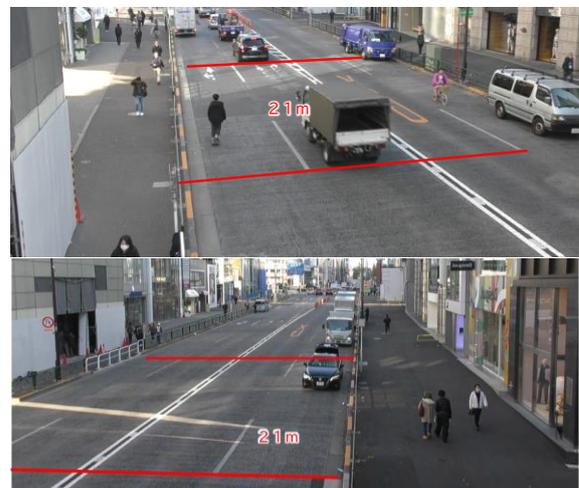


図-2 速度計測位置（上図：C1、下図：C2）

調査箇所において、ビデオカメラを図-1に示すように上下線それぞれ1台ずつ設置し、令和5年11月28日の12時間(7時から19時)で撮影を行った。このカメラ画像を下記の方法にて目視で読み取り、データ、もしくは事例を抽出した。

①自由走行時の速度

図-2に示すように車線境界線(破線)を目印とし、21m区間(破線2本分)の起点と終点の断面を、それぞれを設定した。区間を通じて駐停車車両や他の走行車両の影響を受けずに順方向(車道左端)を走行する特定小型原付及び自転車を対象に、起終点各断面の通過時刻を記録し、速度を算出した。

②他の道路利用者との交錯

特定小型原付及び自転車が駐停車車両等の他の道路利用者と極端に接近した事例を交錯事例として抽出し、接近が確認された時間帯の記録や接近の状況を4シーン程度の画像を用いてその概要を記載した。

【研究成果】

①自由走行時の速度

特定小型原付、自転車それぞれの走行速度分布を図-3に、集計結果を表-1に示す。双方とも平均速度は約20km/hであるものの、特定小型原付は、自転車に比べて走行速度のばらつき(標準偏差)が小さいことが分かった。これは、自転車については利用者の属性や車種の違いによる影響で速度がばらつきとされている一方、特定小型原付についてはそうした影響がなく、多くが車体の構造上出せる最大付近の速度で走行していることを示していると考えられる。

従来の自転車では、速度のばらつきにより、自転車通行空間内において追い抜きが生じるのが一般的とされてきたが、特定小型原付同士では、こうした追い抜きが生じにくいことが示唆された。ただし、特定小型原付が自転車を追い抜く際には、特定小型原付の最大速度ではなく、速度を緩めるといった速度操作が必要であり、自転車通行空間といった限られた幅員の中で、追い抜きを安全かつ円滑に行えるか、引き続き調査が必要であると考えられた。

②他の道路利用者との交錯

表-2に交錯数を、図-4に交錯の例を示す。駐停車車両の運転手と接近した例や、駐停車車両の回避時に後続車が接近した例が見られたものの、駐停車車両そのものや、駐停車車両と無関係に車道走行車両と交錯した例は観測されなかった。また、特定小型原付と自転車で、明確な傾向の違いは見られなかった。

【成果の活用】

調査結果を活用して、ガイドラインをはじめとする、自転車通行空間に関する技術的な指針や基準の反映を検討、道路管理者への周知等を進めていく予定である。

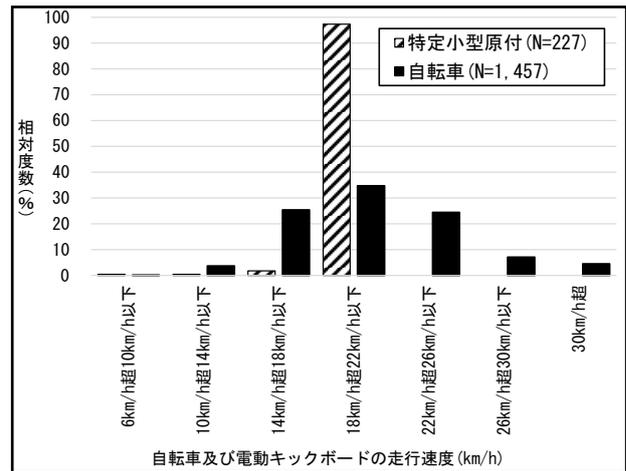


図-3 特定小型原付及び自転車の走行速度分布 (自由走行時)

表-1 観測値の集計結果

		特定小型原付	自転車
サンプル数(N)		227	1,457
走行速度	平均値	19.9km/h	20.8km/h
	標準偏差	1.6	4.8

表-2 観測をした交錯の数(件)

		特定小型原付	自転車	合計
駐停車車両との交錯		1	1	2
駐停車車両の運転手との交錯		1	6	7
車道通行車両との交錯	駐停車車両に起因	1	4	5
	それ以外	0	0	0
その他		0	2	2
合計		3	13	16



図-4 荷下ろし中の運転手が接近した事例

多様な手法による無電柱化の推進に関する調査

Research on promotion of utility pole removal by various methods

(研究期間 令和4年度～令和6年度)

道路交通研究部 道路環境研究室

Road Traffic Department Road Environment Division

室長	橋本 浩良	主任研究官	布施 純
Head	HASHIMOTO Hiroyoshi	Senior Researcher	FUSE Jun
主任研究官	根津 佳樹	交流研究員	小西 峻太
Senior Researcher	NEZU Yoshiki	Guest Research Engineer	KONISHI Ryota

In order to further promote utility pole removal, it is important to reduce the cost and increase the speed of work required to eliminate utility poles from the streets through the use of various work methods. In this study, we examined methods to estimate the number of conduits, etc. required in order to achieve common-use cable tunnels in conjunction with road projects. In addition, we also examined examples of efforts to shorten construction periods and the installation of permanent work zones, and summarized the results.

[研究目的及び経緯]

国土交通省では、国土強靱化や景観等の観点から無電柱化を推進しており、より一層の推進のため、整備コストの縮減や事業期間の短縮が求められているところである。国総研では、コストの縮減や事業期間の短縮に向けて、道路事業と併せた電線共同溝整備（以下「同時整備」という。）や、施工の効率化、関係機関との合意形成の円滑化に関する研究を実施している。

令和4年度、令和5年度は、同時整備の実施にあたり、新設道路における将来の電力・通信需要を踏まえた管路本数等の推定方法を検討した。また、施工の効率化に繋がる知見を得るため、無電柱化事業の期間短縮の工夫事例を調査し、「無電柱化事業における合意形成の進め方ガイド(案)」に取りまとめ、令和5年7月に改訂版として公表した。

[研究内容]

1. 新設道路における将来の電力・通信需要を踏まえた管路本数等の推定方法の検討

新設道路における同時整備では、沿道の電力・通信需要がないため、電線共同溝で必要となる管路本数や特殊部基数（以下「管路本数等」という。）を想定することは難しい。そこで、新設道路における同時整備において、管路本数等の推定方法を検討した。

検討にあたり、道路の整備時点で沿道の電力・通信需要がない事業として、バイパス整備事業や土地区画整理事業を設定し、バイパス箇所または土地区画整理事業箇所等で電線共同溝事業を実施した路線を抽出した。抽出した路線の電線共同溝事業から、管路本数等を電力系、通信系に大別して整理した。

また、都市計画基礎調査実施要領における用途分類から、電力・通信需要が大きいと想定される用途

分類の建物用途カテゴリー（以下「建物用途」という。）を設定した。設定した建物用途を踏まえ、抽出した路線から建物用途毎の棟数・容積を整理した。

整理した管路本数等及び建物用途毎の棟数・容積について相関分析を実施した。相関分析の結果から相関があると判断した建物用途を抽出し、回帰分析を実施して管路本数等の推定式を検討した。

2. 無電柱化事業の期間短縮の工夫事例調査

電線共同溝事業の施工の効率化に繋がる知見を得るため、事業期間短縮の工夫を実施した電線共同溝事業を対象として、道路管理者にヒアリング調査を行った。ヒアリングの対象者は、PFI方式や包括発注方式の活用、施工分担の工夫、CIMの活用又は昼夜間連続した継続的な作業帯（以下「常設作業帯」という。）の設置を行った道路管理者を選定した(表-1)。調査結果から得られた知見を「無電柱化事業における合意形成の進め方ガイド(案)」に取りまとめ、改訂版として公表した。

表-1 ヒアリング対象者

対象者	事業期間短縮の工夫
俱知安開発事務所	地下埋設物の3次元化(CIM活用)
岩見沢道路事務所	常設作業帯の設置
能代河川国道事務所	常設作業帯の設置
新潟国道事務所	包括発注方式の試行
金沢河川国道事務所	包括発注方式の試行、 施工分担の工夫の取組み
富山河川国道事務所	既存ストックの活用、 常設作業帯の設置
福井河川国道事務所	常設作業帯の設置
大宮国道事務所	施工分担の工夫の取組み
名古屋国道事務所	PFI方式の試行、 常設作業帯の設置
愛知国道事務所	常設作業帯の設置
香川河川国道事務所	包括発注方式の試行、 施工分担の工夫の取組み
福岡国道事務所	PFI方式の試行

※本報告は令和4年度当初予算の標記の研究課題を令和5年度に継続して得た結果をまとめたものである。

[研究成果]

1. 新設道路における将来の電力・通信需要を踏まえた管路本数等の推定方法の検討

管路本数等と建物用途毎の棟数・容積の相関分析の結果から、無相関検定で統計的に有意（有意水準5%未満かつ検定力80%）と判定された組み合わせを表-2に示す。

表-2 管路本数等と建物用途の相関関係

変数項目	単位	分析結果								
		建物用途	棟数/容積	相関係数	有意判定	p値	n	必要N		
特殊部に 係る変数	特殊部 (電力)	基数	業務施設	棟数	-0.565	○	0.010	20	>	18
			住宅	棟数	0.538	○	0.014	20	>	19
		基数	業務施設	容積	-0.552	○	0.012	20	>	19
			住宅	容積	0.542	○	0.014	20	>	19
	特殊部 (通信)	基数	業務施設	棟数	-0.567	○	0.009	20	>	18
			業務施設	容積	-0.558	○	0.011	20	>	18
管路に 係る変数	管路 (高压電力)	本数	業務施設	棟数	-0.645	○	0.002	20	>	16
			業務施設	容積	-0.540	○	0.014	20	>	19
	管路 (低压電力)	本数	住宅	棟数	0.376	○	0.000	100	>	25
			共同住宅	棟数	0.252	○	0.012	100	>	36
		本数	住宅	容積	0.385	○	0.000	100	>	25
			住宅	容積	0.385	○	0.000	100	>	25

表-2の組み合わせについて、重回帰分析を行った。分析の結果、偏回帰係数及び推定式が統計的に有意かつ、偏回帰係数が正となる推定式は、「管路本数(低压電力)」と「住宅棟数」のみであり、決定係数(R²)は0.3022と弱い相関となった(式-1)。

$$Y = 38.2607 \times X1 + 146.4502 \times X2 + 1.8255 \dots \text{(式-1)}$$

Y : 管路本数(低压電力)
 X1 : 区間延長当たりの住宅棟数(棟/m)
 X2 : 区間延長当たりの共同住宅棟数(棟/m)

2. 無電柱化事業の期間短縮の工夫事例調査

得られた事業期間短縮の工夫と主な効果を表-3の通り整理した。得られた事業期間短縮の工夫の効果や課題、関係機関との合意形成上の留意点を踏まえ、施工分担ごとの長所や留意点(図-1)、「PFI方式」「包括発注」の役割分担イメージ(図-2、図-3)、常設作業帯の設置に関する課題と対応(表-4)などを作成

表-3 事業期間短縮の工夫に関する調査結果

事業期間短縮の工夫	事業期間短縮の主な効果
包括発注方式	同一事業者による設計・施工により、設計後の早期工事着手が可能等
PFI方式	民間事業者の裁量による施工により、先行着手や複数工区での同時施工が可能等
施工分担の工夫	本体管路・引込管・連系管路等の一体施工により、掘削回数の削減等が可能等
既存ストック活用	既設地中管路を活用することで、関係機関調整や掘削回数の削減等が可能等
CIM活用	3次元による干渉検証による手戻り防止等
常設作業帯設置	掘削・埋戻しの回数を削減できるため、施工期間の短縮やコスト縮減につながる等

し、「無電柱化事業における合意形成の進め方ガイド(案)」に取りまとめた。

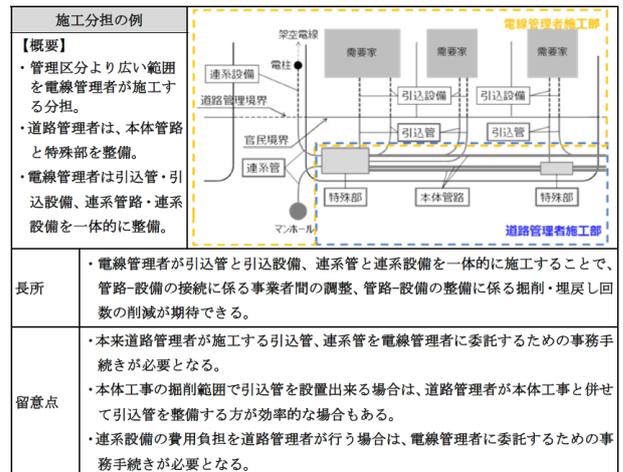


図-1 施工分担ごとの長所や留意点の一例

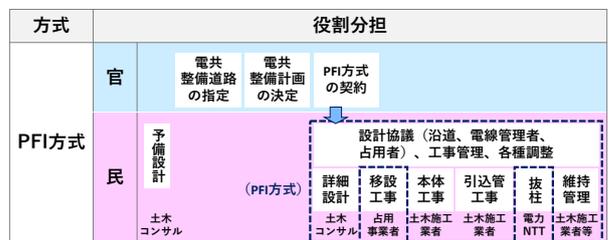


図-2 「PFI方式」の役割分担イメージ

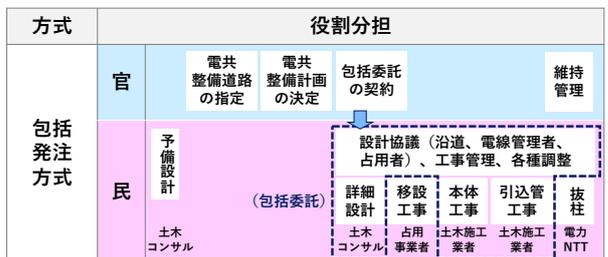


図-3 「包括発注」の役割分担イメージ

表-4 常設作業帯の設置に関する課題と対応

課題	対応
車両・歩行者等の安全対策	・作業帯幅が確保できる歩道内での作業 ・交通誘導員の配置 ・公園など迂回路の確保
荷捌車両の対策	・裏通り利用の合意形成
沿道との調整	・店舗等の案内看板設置、交通誘導員の配置

[成果の活用]

新設道路における将来の電力・通信需要を踏まえた管路本数等の推定方法については、引き続き検討し、同時整備における管路本数等の目安本数を整理することを予定している。

無電柱化事業の期間短縮の工夫事例調査で取りまとめた「無電柱化事業における合意形成の進め方ガイド(案)」の改訂版は令和5年7月に公表した。

人中心の道路空間の構成や運用に関する調査

Survey on the configuration and management of people-centered road space

(研究期間 令和5年度～令和6年度)

道路交通研究部 道路環境研究室

Road Traffic Department Road Environment Division

室長	橋本 浩良	交流研究員	小西 峻太
Head	HASHIMOTO Hiroyoshi	Guest Research Engineer	KONISHI Ryota
主任研究官	根津 佳樹	交流研究員	檜垣 友哉
Senior Researcher	NEZU Yoshiki	Guest Research Engineer	HIGAKI Yuya
研究官	大河内 恵子		
Researcher	OHKOUCHI Keiko		

The purpose of this study is to identify technical issues in the use of road space to achieve people-centered streets and to examine ways to address these issues. In FY2023, a draft technical document was prepared for road administrators to introduce parklets. Examples of road space utilization were then surveyed to identify innovations and challenges in the utilization of road space.

[研究目的及び経緯]

国土交通省では、人中心の道路の実現に向け、歩道や路肩等の柔軟な利活用方策や、道路全断面が歩行者優先で通行できる道路の導入方策に関する議論が進められている。

国土技術政策総合研究所では、歩道、植樹帯、路肩からなる道路の部分の利活用、及び道路全断面で歩行者が優先通行可能で歩行者と車両が共存する道路空間の導入を技術面から支えるための技術資料の作成に取り組んでいる。

令和5年度は、歩車道境界付近に設置されるパークレット（基台と囲障からなる構造体にテーブルや椅子などの歩行者の休憩等に用いられる設備を備えた施設）の設置にあたって道路管理者として留意すべき技術的項目等を整理し、パークレット設置に係る技術資料としてガイドブック素案を作成した。また、道路空間の利活用を実践する道路管理者において参考となる技術資料の作成を見据えて、道路空間の利活用や関係機関との連携方策、管理・運用方法などについて事例の調査、道路管理者等へのヒアリングにて把握し、道路空間の利活用実践を支えるポイントと対応策の整理を行った。

[研究内容]

1. パークレットガイドブック素案の作成

パークレットの設置にあたっては、歩行者の通行幅員の確保、利用者の利便性・安全性の確保及び通行車両の交通機能の確保等に留意する必要がある。

そこで、米国6都市におけるパークレットに関するマニュアルやガイドライン及び国内におけるパークレットに関する研究論文を参考にして、道路管理

者が留意すべき技術的項目と、その対応策を整理し、これらを解説するパークレットガイドブック素案を作成した。

2. 利活用を支えるポイントと対応策の整理

今後、道路空間の利活用を実践する道路管理者が参考となるよう、利活用事例を10事例選定し、各事例の調査結果から工夫や課題を整理した。

事例選定にあたっては、道路空間を再編し歩行者の安全性を確保している取組、居心地の良さに配慮した取組、沿道空間や隣接する公共用地を取り込んだ道路空間が整備されている取組、道路空間全体を歩行空間に特化して利活用されている取組、維持管理において工夫がみられる取組の5つの観点から、利活用の取組内容や利用空間を考慮して事例を選定した（表-1）。選定した事例については、文献やWEB等で公表されている情報を元に、利活用空間の概要、利活用の概要及び文献名等を整理した。選定

表-1 整理対象利活用実践事例

NO	事例名称	導入場所	現地調査
1	ハレまち通り	岡山県岡山市	○
2	三休橋筋	大阪府大阪市	○
3	とおり町ストリートガーデン	広島県福山市	
4	市道末広町線	宮城県宮古市	○
5	OPEN NUMAZU PARKLET	静岡県沼津市	
6	七日町歩道線	山形県山形市	
7	駿府ホリノテラス	静岡県静岡市	○
8	長門湯本温泉	山口県長門市	
9	金沢・堅町商店街	石川県金沢市	
10	けやき並木通り	東京都府中市	○

した10事例のうち5事例について、現地調査及び道路管理者等へ実践プロセス、管理・運用方法、道路空間の利活用により顕在化した課題等についてのヒアリング調査を実施した。

〔研究成果〕

1. パークレットガイドブック素案の作成

パークレットを導入する際の、構想段階、事業化段階、運用段階において、道路管理者として留意すべき技術的項目を整理した。

さらに、技術的項目ごとに対応策を整理し、これらを解説したパークレットガイドブック素案を作成した。ガイドブック素案の目次案は表-2のとおりである。

2. 利活用を支えるポイントと対応策の整理

利活用箇所とその特徴に応じた道路構造や設置施設に関する工夫や課題、計画から管理・運用までの各段階における道路管理者の役割や関わり方に関する工夫や課題を整理し、道路空間を利活用する際のポイントごとの具体的な対応策を表-3及び表-4のとおり整理した。

表-3「歩行者、利用者の快適性」というポイントについて事例7「駿府ホリノテラス」(写真-1)では、張出デッキの上に、居心地の良さを向上させるためのパラソル付きテーブルとベンチを設置している。滞留空間でのパラソルや緑陰の確保は、快適性の向上に大きく寄与する。そして、「歩行者、利用者の安全・安心」というポイントについては、空間区分を明確化するために、歩車道境界部に高さ15cmの縁石を設置し、歩行者等の安全を確保している(写真-2)。

表-4「管理・運用に関わる取り決め」というポイントについて事例2「三休橋筋」では、大阪市都市整備局が行った船場地区HOPEゾーン事業に基づき、船場地区HOPEゾーン協議会と協力し、まちなみガイドライン「船場のまちなみ作法」を策定している。その中で三休橋筋における、歴史的建築物の扱いや、修景のポイント、緑とガス灯を生かす街の演出等についてのルールを設定している。街並みや景観利活用空間の質を確保するために、ガイドラインの策定や協定の締結が有効である。また、ガス料金の高騰を踏まえ、令和5年9月から一部のガス灯を消灯して節約し、歴史的建造物の前の点灯を維持するといった柔軟な施設運用により維持管理費用を低減させている。

〔成果の活用〕

本研究の成果は有識者の意見等を踏まえ、パークレットガイドブックにとりまとめ、人中心の道路空間整備の基礎資料として活用される予定である。

表-2 パークレットガイドブック素案の目次案

項目	構成内容
はじめに	<p>パークレットとは</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 本ガイドブックの目的 2. 本ガイドブックが対象とするパークレット 3. ガイドブックの使い方
構想段階	<ol style="list-style-type: none"> 1. パークレット設置目的の確認 2. 道路の現状把握 3. パークレットの設置タイプの確認 4. 利活用ニーズの把握と関係者の合意形成
事業化段階	<p>車道部に係る留意事項</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 円滑、安全な交通の確保 <p>パークレット・車道間に係る留意事項</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. パークレット利用者の安全性の確保 <p>パークレット部に係る留意事項</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. パークレットの基本構造 2. パークレットの快適性の向上 3. ユニバーサルデザインへの対応 4. 既存設備の運用確保 <p>歩道部に係る留意事項</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 歩行者通行帯幅の確保
運用段階	<ol style="list-style-type: none"> 1. 適切な維持管理 2. 維持費用の確保
おわりに	パークレット設置推進に向けた課題
巻末	索引と説明

表-3 道路構造や設置施設に係るポイントと対応策

ポイント	対応策
歩行者、利用者の快適性	<ul style="list-style-type: none"> ・十分な歩行空間の確保 ・居心地の良さ向上のための設備導入 ・利便施設の設置 ・バリアフリーへの対応 ・沿道との一体的な利用
歩行者、利用者の安全安心	<ul style="list-style-type: none"> ・空間区分の明確化 ・車両速度の低減 ・交通規制の導入
車両の通行性・アクセス性	<ul style="list-style-type: none"> ・荷捌きスペースの確保

表-4 道路管理者の役割や関わり方に係るポイントと対応策

ポイント	対応策
計画段階における協議体制	<ul style="list-style-type: none"> ・交通管理者や地元を交えた施設や交通規制の課題の整理 ・事業間の連携
管理・運用に関わる取り決め	<ul style="list-style-type: none"> ・維持管理費用の低減及び確保 ・道路管理者と道路管理者以外での役割分担の明確化 ・運用主体等の確保 ・制度や交付金、特例等の活用 ・ガイドライン策定、協定の締結



写真-1 居心地の良さ向上の例



写真-2 空間区分の明確化の例

道路空間におけるグリーンインフラの社会実装に向けた調査

Research for social implementation of green infrastructure in road spaces

(研究期間 令和3年度～令和5年度)

道路交通研究部 道路環境研究室
Road Traffic Department
Road Environment Division

室 長 橋本 浩良
Head HASHIMOTO Hiroyoshi
主任研究官 根津 佳樹
Senior Researcher NEZU Yoshiki
研 究 官 大河内 恵子
Researcher OHKOUCHI Keiko
交流研究員 檜垣 友哉
Guest Research Engineer HIGAKI Yuya

The purpose of this research is to promote green infrastructure initiatives for road spaces. The content of the research is to develop strategies for green infrastructure in road spaces for road administrators. In FY2023, we surveyed overseas case studies and compiled explanatory materials for road administrators to refer to when introducing green infrastructure to road spaces, based on the findings obtained from the survey and compiled in previous years.

[研究目的及び経緯]

社会資本整備や土地利用等、ハード・ソフト両面において、自然環境が有する多様な機能を活用し、持続可能で魅力ある国土・都市・地域づくりを進める取り組みである、グリーンインフラが注目されている。国土交通省では、令和5年に「グリーンインフラ推進戦略2023」を策定(令和元年版より改訂)し、グリーンインフラの普及・促進に向けた取り組みを進めている。道路分野においても、主に道路緑化などのアプローチからグリーンインフラに取り組んでいる。道路緑化には景観向上機能、環境保全機能、交通安全機能、緑陰形成機能、防災機能等があり、これらの維持・向上により、快適な道路空間の形成に資することが期待されている。

本研究では、道路空間におけるグリーンインフラの社会実装の促進を目的として、関係者と連携した道路緑化の取り組みに関する事例調査を行うとともに、道路緑化に雨水の貯留浸透機能を付加した施設(以下「雨水貯留浸透機能を有する植栽地」という。)に関する事例調査を行い、道路管理者がグリーンインフラの導入に取り組むにあたって参考となる知見をとりまとめた。

令和5年度は、過年度の事例調査結果で得られた知見をもとに、道路緑化を例に、道路管理者がグリーンインフラの導入に取り組む際に参考にできる解説資料をとりまとめた。特に雨水貯留浸透機能を有する植栽地に関する知見の整理にあたっては、新たに海外の事例を調査し、情報の充実を図った。

[研究内容]

1. 沿道の関係者との連携に関する解説資料のとりまとめ

関係者との連携の観点で工夫の見られる道路緑化事例の調査結果を参考に、グリーンインフラを円滑に導入し、継続的に管理する上で、道路管理者が沿道の関係者と連携して取り組む際の利用を想定して解説資料をとりまとめた。

2. 雨水貯留浸透機能を有する植栽地に関する知見の整理

2.1 海外の事例調査

これまでに実施した国内事例の調査結果に加えて、先進的に取り組んでいる海外事例から情報を収集するため、ヒアリング及び現地調査を実施した。対象は、日本より先行して道路空間へ雨水貯留浸透機能を有する植栽地を設置しているアメリカ合衆国オレゴン州のポートランド市とした。

ポートランド市での取り組みを企画段階・計画段階・設計段階・施工段階・維持管理段階ごとに整理し、過年度の国内事例調査結果と合わせて雨水貯留浸透機能を有する植栽地を道路空間へ設置する際に各段階において道路管理者が留意すべき事項をとりまとめた。

2.2. 解説資料のとりまとめ

雨水貯留浸透機能を有する植栽地については、道路管理者だけでなく、下水道や河川分野など他の関係機関と連携して取り組む場合がある。そのため、道路管理者が道路空間に雨水貯留浸透機能を有する植栽地を計画する際に加え、道路管理者以外の主体が設置を計画する場合に確認すべき点等を参照する際の利用を想定して解説資料をとりまとめた。

〔研究成果〕

1. 沿道の関係者との連携に関する解説資料のとりまとめ

解説資料には、道路緑化を例に、道路空間へのグリーンインフラの導入に際して、計画・設計段階及び維持管理段階において道路管理者が実施する「緑化目標の設定（計画・設計段階）」「管理計画の作成（計画・設計段階）」等の事項（表-1）を記載した。また、実施事項に関して留意すべきポイントを記載するとともに、留意事項の詳細な解説及び参考となる事例を紹介する構成とした（図-1）。

表-1 関係者との連携に関する段階ごとの実施事項

段階	実施事項
計画・設計段階	緑化目標の設定
	植栽計画の作成
	管理計画の作成
維持管理段階	緑化目標を達成・担保する維持管理の実施

【計画・設計段階】	
I. 緑化目標の設定.....	8
(1) 対象地の計画与件の把握.....	8
①緑化等に関する地域の計画との整合	
②関係者の整理（対象地で活動する団体の把握）	
③地域が抱える課題の把握	
(2) 道路緑化に関するニーズ及び、沿道関係者と連携した維持管理等の実施に関するニーズの把握.....	11
(3) ニーズ等を踏まえた緑化目標の設定.....	12
①地域課題を踏まえた緑化目標の設定	
②緑化目標に応じた評価指標の設定とモニタリングの実施	
(4) 沿道の関係者との連携体制の構築.....	14
①整備後の維持管理を念頭においた沿道関係者との関係づくり	
②連携体制の構築支援	

図-1 関係者との連携に関する解説資料目次の抜粋

2. 雨水貯留浸透機能を有する植栽地に関する知見の整理

2.1 海外の事例調査

ポートランド市では、整備基準の作成や担当部局への指導など、環境局が主体となって雨水貯留浸透機能を有する植栽地の整備に取り組んでいる。現地調査及び環境局へのヒアリングで得られた知見について、維持管理段階に該当する取組みを以下に抜粋して示す。

- ・令和5年の管理施設は、道路施設（green street）2,700か所、その他公共施設140施設が存在する。
- ・雨水貯留浸透機能を有する植栽地は、公共施設でも民間施設でも環境局が維持管理を行っている。
- ・環境局の職員12名と事業者3者で維持管理を行っている。
- ・近隣住民に協力を依頼し、安全で、余暇としてできる範囲で清掃等の簡単な維持管理をボランティアでお願いしている。

過年度の国内事例調査及び本年度の海外事例調査を踏まえ、雨水貯留浸透機能を有する植栽地を道路空間へ設置する際の留意事項をとりまとめた。このうち、維持管理段階において留意すべきと考えられるものに

ついて以下に抜粋して示す。

- ・雨水貯留浸透機能を有する植栽地は、整備主体が道路管理者以外の場合もあるため、雨水浸透施設、植栽、排水施設への接続や越流水への対応など、維持管理体制について整理する必要がある。
- ・雨水貯留浸透機能を有する植栽地は、メンテナンスが必須なため、維持管理の予算計画も重要である。予算確保のためには、維持管理項目（土砂の浚渫、清掃、剪定、枯れた植生の更新、倒木処理など）を事前に想定して管理の区分を決めておくことが必要である。

2.2 解説資料のとりまとめ

解説資料には、雨水貯留浸透機能を有する植栽地の整備に際して、企画段階・計画段階・設計段階・施工段階・維持管理段階の各段階において実施する「既存資料調査（計画段階）」「植栽設計（設計段階）」等の事項（表-2）を記載した。また、実施事項に関して留意すべきポイントを記載するとともに、「(1)道路管理者が主体の場合」と「(2)道路管理者が他の主体と連携して取り組む場合」における解説及び参考となる事例を紹介する構成とした（図-2）。

表-2 雨水貯留浸透機能を有する植栽地に関する段階ごとの実施事項

段階	実施事項
企画段階	整備計画・運用計画の作成
計画段階	基本事項の確認・既存資料調査・現地調査・設置可否の検討・目標設定・構造検討
設計段階	雨水貯留浸透機能を有する植栽地の検討・植栽設計
施工段階	施設の施工・施工完了後検査・植栽施工
維持管理段階	適切な維持管理

(1) 道路管理者が主体で取り組む場合	
1) 体制および内容 ・道路植栽として様々なルールの遵守が求められるため、基本的には道路管理者が管理を実施しています。維持管理作業については外部委託するなど管理者以外と協業しています。	
(2) 道路管理者が他の部局と連携して取り組む場合	
1) 体制および内容 ・道路施設及び植栽を、道路管理者と道路管理者以外が分担して管理を実施しています。近隣住民に日常的な維持管理（清掃・水やりなど）を依頼している場合もありますが、定期的なメンテナンスは事業主体が行っています。	
【参考事例】戸田市下水施設課 ・下水道職員と専門業者が維持管理を行っています。 ・近隣の住民に協力を依頼し、道路清掃の一環での維持管理も検討しています。	【参考事例】京都市みどり政策推進室 ・日常の維持管理は、当該雨庭の近くに住んでいる市民の方が行っています（下図）。 ・通年の定期的な維持管理のうち浸透ますの浚渫、植栽の剪定、除草、雨庭の管理は道路管理者以外が実施しています。 ・道路管理者は、構造物のみを管理しています。
【参考事例】ポートランド市 ・環境局（EBS）の職員12名と専門業社3社で維持管理を行っています。	

図-2 雨水貯留浸透機能を有する植栽地に関する解説資料の抜粋

【成果の活用】

本研究で作成した解説資料については、道路管理者がグリーンインフラに取り組む際に活用できるよう、精査後に公表することを予定している。

街路樹の円滑で計画的な更新手法に関する研究

Study on smooth and systematic renewal method of street trees.

(研究期間 令和5年度～令和6年度)

社会資本マネジメント研究センター 緑化生態研究室 室長	松本 浩
Research Center for Infrastructure Management	Head MATSUMOTO Hiroshi
Landscape and Ecology Division	主任研究官 飯塚 康雄
	Senior Researcher IIZUKA Yasuo

This study collected and organized the policies, plans, and specific examples established by road administrators regarding the renewal of street trees. Based on the results, standard street tree renewal methods and consensus-building methods were compiled, and issues related to implementation were identified.

〔研究目的及び経緯〕

道路緑化においては、街路樹の経年的な成長により大径木化や過密化することで見通し阻害や根上り等の道路交通に支障となる問題が発生している。この対策としては枝葉の剪定や除伐等が行われているものの、今後さらに成長する街路樹において緑化機能を維持しつつ維持管理費用の適正化を図るためには計画的な更新が重要となっている。また、更新時に伐採に反対する住民等との調整が進まない事例も発生しており、この対応策も必要となっている。

本研究は、街路樹を計画的に更新する手法について国内外の実施事例などを調査することで適切な技術手法を導き出すとともに、合意形成における配慮事項をあわせてとりまとめることとしている。

〔研究内容〕

街路樹に発生している諸問題の解消や道路再構築による道路緑化の動向を把握するため、道路管理者が策定した更新計画や、更新の方針が含まれた道路緑化の維持管理指針等について国内外を対象に収集・整理した。また、街路樹の更新における住民などのステークホルダーの反応を把握するため、街路樹の更新や移植・伐採等における合意形成の取り組み事例と住民からの意見について収集・整理した。さらに、住民からの反対意見を受けた際の道路管理者の対応についても道路管理者へのヒアリングにより把握した。

〔研究成果〕

(1) 国内における街路樹の更新に関する傾向

国内事例は、街路樹の更新計画や更新が含まれた維持管理指針類について全国を対象に55事例を収集し、このなかから具体的な路線での計画や更新方法などが示されている33事例を抽出した。

国内における街路樹の更新に関する傾向について、以下の観点で把握した。

① 更新の契機

更新の契機となった街路樹の問題としては、景観悪化、倒木・落枝、交通支障が多いが、他にも生育不良や病虫害への対応や維持管理コスト面での配慮等が課題となっていることがうかがえる(図-1)。

② 更新計画の策定方法

更新計画は、行政の施策の一つの位置付けとなるた

め、行政が主体となって委員会や検討会を運営し、学識者や有識者も含む検討体制を構築して全体計画が策定されることが多かった。個別路線計画では、全体計画を基に個別に計画検討されることが多く、全体計画のような大規模な検討会や委員会が開かれることは少ない。一方で、路線に馴染みのある沿道住民意見の聴取は重要視されていることが多く、ワークショップ等を開催し、行政と住民が一緒になって計画が策定されることが多かった。

③ 緑化目標の設定

更新による緑化目標としては、街路樹で覆われる土地面積の割合である「緑被率」や道路利用者の視野に入る緑の割合である「緑視率」、道路空間や路線に対する植栽量などが使用されており、さらに「熊本市域街路樹再生計画」では具体的な数値も示されていた。

④ 更新後の植栽デザイン

更新後の植栽デザインとしては、倒木・落枝や交通支障への対策として植栽間隔の拡大や撤去、植樹帯幅員などの道路構成が変更できないなかで植栽空間に適合する樹種の再考など、街路樹以外の現況の道路空間に合わせた更新方法を設定する事例が多かった。具体的な樹種としては、既存と同樹種の若木への更新や樹木形状がコンパクトな樹種への転換(図-2)がみられた。また、今後期待される事例として、市民や事業者からの寄附によるサクラ類の更新があった。なお、街路樹更新の契機の一つである景観悪化への対応として、緑量増加のための大型樹種への転換はなかった。

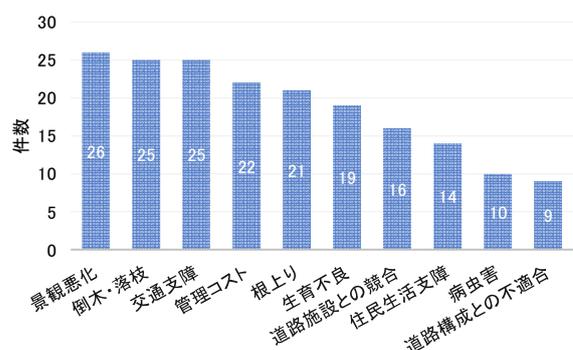


図-1 更新の契機となった街路樹に発生した問題

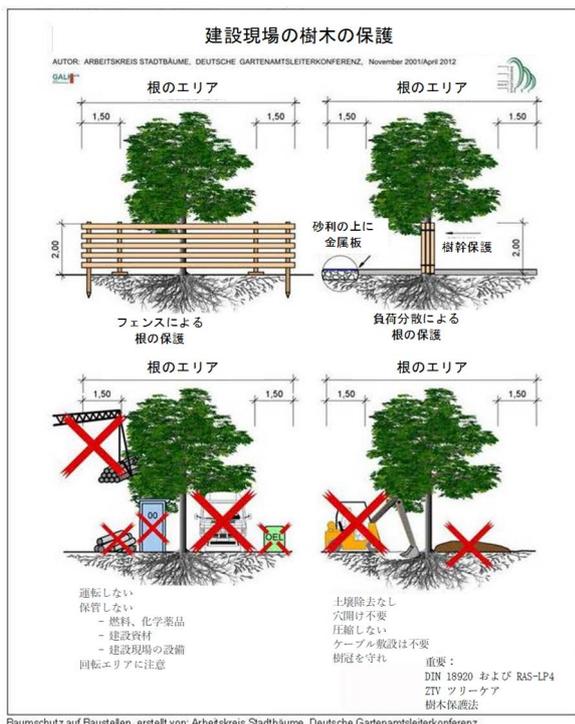


図-2 更新候補に選択されていた樹種の例

街路樹は商業地域の小売活動を20%向上させることができる。※1	プリズベンとパースでは、街路樹のある通りでは住宅価格が高くなる。※2	樹木の被覆率が10%増加すると、冷暖房の必要量が5~10%減少する。※1	日陰の木は、日中の気温を5~20°C下げます。※1
			※1. (Mullaney, Lucke & Trueman, 2015) ※2. (Dunn, 2016) (Pandit, Polyakoy, Tapsuwan & Moran, 2013) ※3. (Van Dillen et al, 2012) ※4. (McPherson et al, 1997)
自動車は、街路樹のある通りをよりゆっくりに走ることができる。※1	街路が快適になると、特に社会経済的に不利な地域では、歩行者が増加します。※3	健全で大きな木は、小さな木に比べて60~70倍もの大気汚染を吸収する。※4	

出典:「City of Whittlesea, Greening Our Streets our street tree management plan 2019-2029,(2019)」の一部を翻訳修正

図-3 街路樹の定量的価値の解説例(ウィットルシー市)



出典:「Stadt Leipzig, Straßenbaumkonzept Leipzig 2030」の一部を翻訳修正

図-4 街路樹の保護対策の解説例(ライプツィヒ市)

⑤ 伐採木の処理

更新により伐採する樹木の処理としては、燃料材として市民への無償配布、ベンチ加工や木材チップ化及び堆肥化しての再利用のほか、木材加工業者と連携した家具や日用品への製品化の検討もみられた。

(2) 国外における街路樹の整備・維持管理方針

国外事例は、欧米やオセアニアを対象に20事例を収集し、国内とは異なる特徴的な整備目標や維持管理方針が示されている11事例を抽出した。以下に特徴的な緑化方針を以下に示す。

① 街路樹の緑化機能の定量化

街路樹による環境、社会、経済的なメリットの記載とともに定量的な価値としても示されていることが多く、都市を形成するうえで街路樹が重要な役割を担っているとの認識が高いことがうかがえた(図-3)。

② 整備・更新に関わる目標設定

街路樹の緑化機能を最大化して維持していくことを目標として掲げていることが多く、この目標達成のために具体的な数値目標を立てられていることもある。数値目標の例としては、植栽本数や植栽路線延長、都市区域などに対する街路樹の樹冠による緑被率などの指標があった。

③ 街路樹の保護対策

街路樹に近接して行われる工事等に対しては、樹体や植栽地土壌の保護の必要性と具体的な対策が示されていることが多かった(図-4)。

④ 更新の方法、実施状況

更新においては、撤去ガイドラインや植栽地の適性確認方法、植栽樹種のリストや選定ガイドなどが示されていた。また、植栽樹木の大きさにより植栽基盤の大きさや構造が決められている等、樹木の良好な生育確保に主眼を置いた考え方が規定されていた。

(3) 合意形成の取り組みに関する実施状況

街路樹の更新に対し住民等からの大きな反応(主に反対意見)があった事例や合意形成の手法を複数活用している事例などから15事例を抽出した。

① 事例概要

街路樹の大径木化や過密化、倒木・落枝等の問題に対する対応での更新事例が多かった。再度植栽する樹種についてはワークショップ等で選定することが多いが、その候補種は道路管理者が行っていた。合意形成が円滑に進んだ事例は3事例、反対などの意見があった事例は12事例であった。

② 合意形成の計画と内容

当初から合意形成の取り組みを計画している路線は少なく、多くの事例で住民意見が発生したことによる対応をきっかけとし、ワークショップ、検討会、懇談会形式で意見交換をしながら進めていくことが多くみられた。また、周辺住民へのアンケートや意見聴取も行いながら合意形成が図られていた。

③ 合意形成を円滑に進めるための工夫

街路樹に発生している問題について、現場で樹木専門家からの説明を受けることで更新に対する理解を得ることが有効となっていた。さらに、計画時から住民との意見交換に重点を置き、ワークショップや懇談会形式の話しやすい場づくりで意見を集約した上で、事業を進める工夫が行われていた。

【成果の活用】

本結果は、今後とりまとめ予定の街路樹を円滑に更新するための技術資料に活用する。

道路緑化の評価手法と持続可能な目標設定

維持管理方法に関する研究

Study on evaluation methods and sustainable objective setting and management methods for revegetation of road areas

(研究期間 令和3年度～令和5年度)

社会資本マネジメント研究センター 緑化生態研究室 室長 松本 浩
 Research Center for Infrastructure Management Head MATSUMOTO Hiroshi
 Landscape and Ecology Division 主任研究官 飯塚 康雄
 Senior Researcher IIZUKA Yasuo

In this study, investigations were conducted on quantitative functional evaluation methods for revegetation of road areas, as well as on methods for objective setting and management for sustainable revegetation based on those evaluation results, with the goal of gathering technical data that can be utilized at work sites.

〔研究目的及び経緯〕

近年、街路樹の大径木化や沿道の土地利用変化等に
 伴う更新が必要となるなか、新たに更新する際の将来的な道路利用や沿道環境に応じた緑化目標と維持管理について、これまでの方針を再考することも求められている。道路緑化の価値を維持・向上させるためには、既存の街路樹が担っている緑化機能を定量的・定性的に評価した上で、今後の緑化施策を推進していく必要があるが、その評価手法については確立されていない。

本研究では、道路緑化における緑化機能や道路交通への影響等の現況評価手法とこの評価結果に基づく持続可能な緑化目標の設定と維持管理手法についての検討を行い、技術資料をとりまとめることとしている。

〔研究内容〕

(1) 街路樹の現況評価に関する検討

道路緑化技術基準に示されている街路樹の緑化機能について、既存の評価手法から適用可能性が高い手法を評価事例やヒアリング調査により把握した。この結果と管理者が保有している道路緑化データベースの状況を踏まえ、街路樹の緑化機能に関する現況評価様式の試案を作成した。さらに、この様式を用いて現地における街路樹の機能評価を試行し、抽出した問題点の対応策を検討することで現況評価様式の適正化を図った。

(2) 街路樹の目標樹形の検討

街路樹の現況評価によって確認された街路樹の問題点を改善するためには、その改善目標となる樹木形状について成長に応じた設定をしておくことが重要となる。そのため、街路樹として多用されている25樹種を対象として、樹木の推定樹齢毎の樹木形状（樹高、胸高幹周、根元周、枝張り、枝下高）を計測したデータを基に成長予測式を作成し、道路空間に適合する目

標形状となるイメージ図を作成した。

25 樹種：イチョウ、ソメイヨシノ、ケヤキ、トウカエデ、モジバフウ、プラタナス、コブシ、トチノキ、カツラ、ユリノキ、ナナズキ、ナカマト、イロハモジ、マテバシイ、クスノキ、ヤマボウシ、クワガネチ、シラカシ、ヤマモモ、ナキンハゼ、クロマツ、サルスベリ、シダレヤナギ、メセコイア、スタージイ

(3) 街路樹の維持管理手法の検討

現況評価の結果から把握した改善すべき問題点や目標樹形を維持していくための維持管理手法について、国内外の維持管理事例や街路樹管理マニュアル等を基に、維持管理が必要となる時期を踏まえて整理した。

〔研究成果〕

(1) 街路樹の現況評価に関する検討

街路樹の機能評価に関する現況評価様式は、ポジティブ評価としての「緑化機能」、ネガティブ評価としての「道路・交通への影響評価」、「街路樹の周辺環境等への影響」、「街路樹の健全性評価」の4分類で構成した試案を作成した。さらに、現地での試行により把握した適用性や効率性の課題に対応できるよう各項目を8説明項目に細目化し、それぞれを5段階評価とすることとした。5段階評価は、二酸化炭素固定や緑陰形成（気温抑制）等の物理量を定量的に示す基準と、景観や地域の価値向上等の印象を定性的に判別できる項目を基準として試行的に作成した（図-1）。

評価	樹冠状況	樹冠欠損率
A: 良好	正常な枝葉の密度で抜けている部分もない。	0%～5%
B: やや良好	枝葉の密度が若干薄くなっている部分があるが目立たない。	6%～10%
C: 標準	樹冠内の枝葉がいくぶん抜けている部分があるが目立たない。	11%～30%
D: やや不良	樹冠内の枝葉が抜けている部分が目立つ。切詰剪定がされている。	31%～50%
E: 不良	樹冠内の枝葉が抜けている部分が多い。強度の切詰剪定がされている。	51%～100%

評価	緑視率	備考
A: 良好	40%以上	<p>緑視率: 60% 緑視率: 10%</p> <p>※緑視率の算出: AI緑視率調査プログラム 国土技術政策総合研究所 都市開発研究室</p>
B: やや良好	30%以上～40%未満	
C: 標準	20%以上～30%未満	
D: やや不良	10%以上～20%未満	
E: 不良	10%未満	

図-1 現況評価の判断基準（案）：景観の例

評価の手順としては、まずステップⅠとして対象路線の周辺土地利用や道路網、緑化形式（植栽方式・樹種・整備年次）等に着目し、まとまりのある「区間」に分割して設定したうえで、道路台帳や植栽台帳等の既存資料から街路樹の基礎情報を机上調査により把握する。ステップⅡでは、現地において街路樹の樹木形状や樹間距離、日照状況等を測定するとともに写真撮影を行う。その後、ポジティブ評価としての緑化機能と健全度、ネガティブ評価として道路交通及び周辺環境への影響について、各項目において設定された判断基準に基づき評価を行う。ステップⅢでは、評価結果を総括した現況評価総括票として、グラフや写真等によりわかりやすくとりまとめる（図-2）。

(2) 街路樹の目標樹形の検討

25 樹種（総計 2,936 本）の樹木形状データ（樹高、胸高幹周、根元周、枝張り、枝下高）について、ゴンペルツ関数、ロジスティック関数、ミッチャーリッヒ関数、リチャーズ関数のモデルによる非線形回帰分析を行い、推定された4つの成長予測式から、観測データに最もよく当てはまる予測式を赤池情報量規準により決定した。さらに、この成長予測式を基にして樹種毎



の成長予測を行い、道路空間に適合する目標樹形図を作成した（図-3、4）。

(3) 街路樹の維持管理手法の検討

街路樹が大きく成長することに応じて配慮する必要がある建築限界の越境や周辺施設との競合、植栽基盤の狭小化や根上り等に対する維持管理項目を整理するとともに、具体的な手法をとりまとめた（図-5）。

【成果の活用】

今後は、街路樹の維持管理において実施を優先すべき項目や樹木の成長に悪影響を及ぼす剪定方法などについて情報を追加し、持続可能な道路緑化方法の技術資料としてとりまとめる予定である。

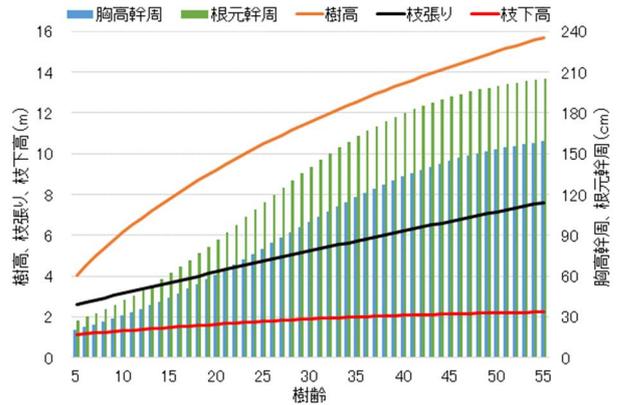


図-3 樹木の経年的な成長予測 (イチヨウ)



植栽帯幅員 1.5m、歩道幅員 5m

図-4 目標樹形の例 (イチヨウ)

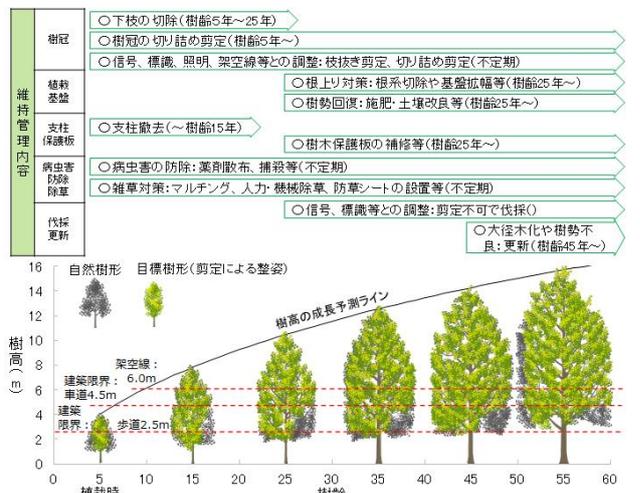


図-5 樹木の成長段階における管理項目 (イチヨウ)

道路における再生可能エネルギー資源の調査

Research on introducing renewable energy to road management equipment

(研究期間 令和3年度～令和5年度)

道路交通研究部 道路環境研究室
Road Traffic Department
Road Environment Division

室長 橋本 浩良
Head HASHIMOTO Hiroyoshi
主任研究官 澤田 泰征
Senior Researcher SAWADA Yasuyuki
主任研究官 根津 佳樹
Senior Researcher NEZU Yoshiki

National Institute for Land and Infrastructure Management is conducting research on the amount of electricity consumed and the amount of electricity generated from renewable energy sources at National Highway Offices, and methods to better understand the impact of reducing electricity consumption through the introduction of energy-saving technologies, in order to plan initiatives to reduce electricity consumption and measure the effects of such initiatives. We also conducted research to prepare explanatory material for road administrators regarding the introduction of various energy conservation technologies and photovoltaic cell facilities for power generation to road management facilities.

[研究目的及び経緯]

国土技術政策総合研究所では、道路管理設備の消費電力量の削減施策の立案支援や、施策の効果把握のため、国道事務所等における消費電力量及び再生可能エネルギーによる発電電力量の調査並びに省エネルギー技術等導入による消費電力量削減効果の把握手法に関する研究を行っている。

令和5年度は、今後道路管理設備への導入が期待される省エネルギー技術の概要と導入により期待される効果について調査を行った。

[研究内容]

道路管理分野でのさらなる消費電力削減を進めるため、道路照明設備、トンネル換気設備、消融雪設備を対象として今後の導入が期待される省エネルギー技術について文献調査を行い、技術の特徴や適用条件、省エネルギー効果等を整理した。調査対象は表-1のとおりである。

なお、道路管理設備の設備分類の中で最も消費電力量の多いと推定される道路照明設備については、直轄

表-1 文献等調査の対象

設備分類	道路照明設備
	トンネル換気設備
	消融雪設備
主な文献等	日経XTECH
	産経新聞Online
	新技術情報提供システムNETIS
	公開技術WEBサービス
	日本雪工学会誌
技術の熟度	道路管理設備関連企業のWEBサイト
	実用済み 実証試験段階

国道において令和12年度のLED化の概成を目指していることからLED化は調査対象から除いた。

[研究成果]

(1) 道路照明設備の省エネルギー技術

道路照明設備の省エネルギー技術として、主に表-2に示す3つの技術について整理した。

交通センサーを活用した調光、IoTネットワークを活用した調光は、各種のセンサーを活用して利用者のいない時に照明を減光制御することにより消費電力量の削減を図る技術である。通常の照明は、利用者がいない間も同じ明るさで点灯しており、交通量の少ない道路ほど減光時間が長くなるため、省エネルギー効果が期待できる。

表-2 道路照明設備の省エネルギー技術概要

名称	概要	省エネルギー効果	適用条件等
交通センサーを活用した調光	交通センサーにより車両を感知し、照明を調光する設備	利用者のいない時間帯の照明を調光して消費電力を削減	トンネル入り口照明、トンネル基本照明
IoTネットワークを活用した調光	街路灯に気象情報、交通量等のセンサー、カメラを設置し、照明設備をクラウドで一元管理する	点等状況や消費電力をモニタリングし、センサーからの情報を元に照明設備を調光して消費電力を削減	街路灯等を対象 ESCO事業※の事例あり
自然光の採光	屋外の集光機から自然光を取り入れ、ファイバーケーブル等を用いて屋内を照らす設備	電力による照明を自然光に置き換えることにより日中の消費電力を削減	トンネル照明等

※Energy Service Company 光熱費などの削減を実施し、その削減された経費から省エネルギー改修・運用の経費を受け取る事業形態

※本報告は令和4年度当初予算の標記の研究課題を令和5年度に継続して得た結果をまとめたものである。



図-1 交通センサーを活用した調光制御の例

交通センサーを活用した調光は、現時点ではトンネル照明を対象としたものが開発されている。図-1は車両や歩行者の通行がない場合に調光(減光)して消費電力量を少なくする制御の例である。交通センサーを活用した調光は、交通量が多く照明を必要とする時間が長い箇所や、もともと電力消費量が少ない箇所での効果は限られるため、期待される効果や交通量を考慮して設置する必要がある。

IoT ネットワークを活用した調光は街路灯等の面的に設置している照明が主な対象となっている。比較的大がかりなシステムが必要となるため、初期費用が大きくなることが想定され、現時点では道路管理者が自ら設置、運用している事例はなかった。なお、埼玉県行田市では民間の事業者が街路灯のLED化と運用の最適化を行うESCO事業として受託している事例がある。

自然光の採光は、光源を太陽光としており、自動追尾を行う場合の電力以外は電力を消費しないため、省エネルギー効果は大きく、トンネルの入り口照明に用いられている例がある。光源と照明する箇所の距離等に制約があるため、導入可能な箇所は限られる。

(2) トンネル換気設備の省エネルギー技術

トンネル換気設備の省エネルギー技術として、表-3に示す交通センサーを活用した換気制御について整理した。

従来のトンネル換気は予め設定された換気計画によりジェットファンの運転を制御するものが多い。近年の自動車単体規制の強化と新規制適合車の普及により、トンネル環境は改善され、ジェットファンを連続して運転する必要性は低下している。交通センサーの利用によりトンネル内の環境を予測してジェットファンの運転を最適化することができる。このため、特に交通量の少ない時間帯において消費電力を削減することが期待できる。

本技術の活用によりさらなるトンネル換気の消費電力量の削減が期待できる。

表-3 トンネル換気設備の省エネルギー技術概要

名称	概要	省エネルギー効果	適用条件等
交通センサーを活用した換気制御	トンネル手前の交通量等から今後のトンネル環境を予測し、予め適切な運転を指示する技術	換気計画をもとにした制御(タイマー制御等)に比べ、換気最適化により消費電力を削減する	ジェットファンを運転しているトンネル

(3) 消融雪設備の省エネルギー技術

消融雪設備の省エネルギー技術のうち電力削減率の比較的高いものとして表-4に示す3つの技術について整理した。

3つの技術ともに散水を行わず、下水熱、地下水流熱又は地中熱を用いて不凍液を循環させる等の方法により路面下で放熱して消融雪する。

導入可能な条件として、下水熱利用については下水管路が必須となる。地下水熱利用や地中熱利用については、地下水の揚水規制のある地域でも設置が可能になり、散水する場合に比べて導入可能な条件が幅広になっている。

設置費用は、既存の電熱線式より高く、現場の条件により主に熱源側の施設規模が変わるため高額となるケースもある。電熱線式に比べて消費電力量は大幅な削減が見込まれることから、設置費用の低減により今後の普及拡大が期待される。

表-4 消融雪設備の省エネルギー技術概要

名称	概要	省エネルギー効果	適用条件等
下水熱利用融雪システム(ヒートポンプレス方式)	下水管路内に設置した高熱性能採熱管によって、より多くの下水熱を回収するとともに、高熱性能舗装を用いて効率的に放熱することにより、ヒートポンプ等の熱を作り出す機構を使用せず、道路融雪を行う	電力消費量対電熱線式 93%削減	融雪に必要な熱量を安定的に確保できる下水道がある
地下水流熱利用融雪システム	地下水を汲み上げる事無く、井戸内に設置した熱交換器を介し地下水流との熱交換を行い、その熱のみで路面の融雪、凍結防止を行う	電力消費量対電熱線式 88~94%削減	揚水規制がある地域でも設置可能 操作盤の設置が必要
地中熱利用路面融雪システム	地中で熱を吸収した不凍液が路面に埋設した放熱管を循環し、消雪を行う	電力消費量対電熱線式 92~97%削減	地下水がない地域でも設置可能 揚水規制がある地域でも設置可能 ポンプ室、制御盤の設置が必要

[成果の活用]

本成果を基礎資料として、省エネルギー技術の導入による電力使用量の削減ポテンシャルの推計を行う予定である。

電動車等の普及を想定した自動車走行時の CO2 排出量の推計方法の作成

Study of methods to estimate carbon dioxide emissions while driving, based on the assumption of the spread of electric vehicles, etc.

(研究期間 令和5年度～令和6年度)

道路交通研究部 道路環境研究室
Road Traffic Department
Road Environment Division

室 長 橋本 浩良
Head HASHIMOTO Hiroyoshi
主任研究官 根津 佳樹
Senior Researcher NEZU Yoshiki
主任研究官 澤田 泰征
Senior Researcher SAWADA Yasuyuki

The aim of this study is to gain a better understanding of the fuel efficiency characteristics of vehicles necessary to examine monitoring methods for carbon dioxide emissions in light of the spread of next-generation motor vehicles, such as electric vehicles, etc. based on the fact that carbon dioxide emissions are a key monitoring indicator for road traffic and the road environment. In line with this aim, we conducted the following two activities: "Preparation of vehicle classifications to understand fuel efficiency characteristics (draft) and trial calculations of the number of vehicles to be surveyed" and "Understanding and identification of fuel efficiency characteristics obtained through the trial run survey".

〔研究目的及び経緯〕

国土交通省では、ICT 交通マネジメントにより、社会課題に関連する指標を継続的にモニタリングし、データに基づく政策立案 (EBPM) と施策 PDCA サイクルのスピードアップを推進している。道路交通及び道路環境のモニタリング指標の1つとして、二酸化炭素の排出量があげられている。

国土技術政策総合研究所では、自動車走行時の二酸化炭素の排出状況について、電動車等の次世代自動車の普及を踏まえた、二酸化炭素の排出量のモニタリング手法の検討を行っている。

令和5年度は、自動車の燃費特性の把握を目的として、「燃費特性の把握のための車種区分 (案) の作成と実走行調査台数の試算」及び「実走行調査による燃費特性の把握」を行った。

〔研究内容〕

1. 燃費特性の把握のための車種区分 (案) の作成と実走行調査台数の試算

既往研究 (国総研資料第 671 号) では、使用燃料別の2区分 (ガソリン車、ディーゼル車) 別に、4車種 (乗用車、貨物 (重量、中量、軽量)) を分類した代表8車種区分が設定されている。本研究ではまず、次世代自動車の普及を見据え、使用燃料別にハイブリッド車及び、電気自動車の2区分を加えた4区分別に、4車種を分類した16車種区分を設定した。次に、自動車保有車両数統計等の各種資料を活用した車種区分

ごとの車両台数等を踏まえて見直し、新たな車種区分 (案) を作成した。

作成した車種区分 (案) の車種区分別に、燃費特性及び二酸化炭素排出係数の把握のために、必要となる実走行調査台数を統計的水準等から試算した。

2. 実走行調査による燃費特性の把握

ハイブリッド車及び電気自動車等の車種別の燃費特性及び二酸化炭素排出係数を試行的に把握するため、走行データ等車載収集機器を用いた実走行調査を実施し、燃費特性に係るデータを計測した (写真-1)。

(実走行調査実施車両)

- ・貨物車両 (ハイブリッド、非ハイブリッド各1台)
- ・乗用車 (PHEV 車 (EV、HV モード別に各1台)) (調査区間)
- ・一般国道、高速道路、国総研内試験走路

今年度の実走行調査により収集した走行データ並びに、過年度の調査により収集したガソリン車及び電気自動車の走行データを使用して、実走行調査車両の燃費特性を次の観点で整理した。



写真-1 実走行調査実施車両 (左) と車載収集機器 (右)

(燃費特性整理の観点)

- ・加減速度による違い
- ・勾配などの道路構造による違い
- ・集計区間の長さの違い
- ・一般道路・高速道路走行時の違い

実走行調査により収集した走行データから、1秒ごとの燃料及び電力消費量のデータセットを作成し、速度及び加速度のランク別に、二酸化炭素の排出量を推計する回帰式を作成した。回帰式を用いて、車種別の二酸化炭素排出係数を推計した。推計にあたり、走行モードとして、土木研究所モード（国総研資料第141号参照）、実走行調査実施日及び実施区間のETC2.0データから作成した走行モード、実走行調査の走行モードの3つを設定してそれぞれ適用し、走行モードごとの推計結果の確認を行った。

なお、推計にあたり、PHEV車は、EVモードとHVモードで二酸化炭素排出係数が異なることから、各モードの二酸化炭素排出係数を、Webアンケート調査により把握した各モードの利用割合（EVモード約69%、HVモード約31%）に応じて按分し推計した。

[研究成果]

1. 燃費特性の把握のための車種区分（案）の作成と実走行調査台数の試算

既往研究の代表8車種区分で使用している使用燃料別の2区分（ガソリン車、ディーゼル車）に、ハイブリッド車及び電気自動車の2区分を加えた4区分別に、4車種を分類した16車種区分を設定の上、車種区分の統合を行った。具体的には、二酸化炭素排出係数への影響が微小となる乗用車類の燃料（ガソリン・軽油）及び、貨物車類の電気自動車の軽量（車両総重量2.0t以下）・中量（同2.0t超4.0t以下）・重量（同4.0t超）の車種区分を統合した。また、今後普及が想定される電気自動車は、乗用車類、貨物車類の車種区分を設定した。車種区分の統合の結果、13車種区分の車種区分（案）を作成した（表-1）。

13車種区分ごとに、燃費特性や二酸化炭素排出係数の更新に必要な実走行調査台数を算定した。効率的に燃費特性等を把握できる調査台数を算出するにあたり、車種区分内で燃費特性が類似すると想定される車両をグループ化するため、車種区分内に「年式（4区分）」、「メーカー（5区分）」、「重量（2区分）」の3分類それぞれに区分を設定し、区分ごとに実走行調査台数を試算した。設定した区分ごとに以下の手法により調査台数を試算の上、結果を車種区分単位で合計し乗用車類、貨物車類の実走行調査台数を試算した（表-2）。

- ①年式×メーカーの20区分ごとに1台調査
- ②年式×メーカー×重量の40区分ごとに1台調査
- ③年式×メーカーの20区分ごとに相対誤差20%、信頼区間95%を満足する台数を調査

表-1 13区分の車種区分（案）

燃料区分		ガソリン	軽油	ハイブリッド	電気
乗用車類			○	○	○
貨物車類	軽量	○	○	○	○
	中量	○	○	○	
	重量	○	○	○	

表-2 手法ごとの実走行調査台数の試算結果（台）

車種	①	②	③	④
乗用車類	60	120	288	203
貨物車類	200	400	947	670
合計	260	520	1235	873

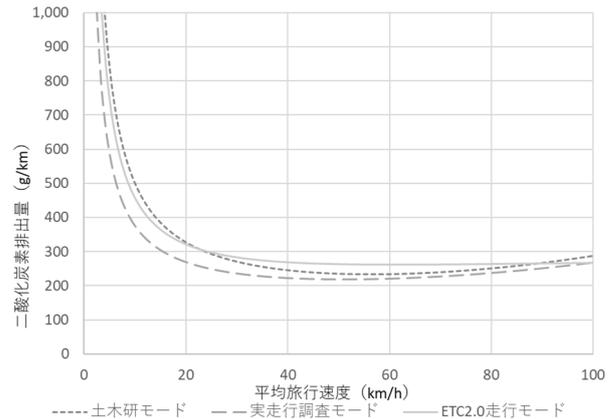


図-1 二酸化炭素排出係数の推定結果（ディーゼル貨物車）

④年式×メーカーの20区分ごとに相対誤差20%、信頼区間90%を満足する台数を調査

2. 実走行調査による燃費特性の把握

今年度及び、過年度の調査により収集した走行データを使用して、実走行調査車両の燃費特性を整理した。加減速度及び道路勾配などの走行状況並びに交通調査基本区間やDRM区間などの集計区間の違いによる、燃費及び二酸化炭素の排出量への影響を確認した。例えば、速度域別の二酸化炭素の排出量が、加減速度により差があることを把握した。

燃費特性の整理結果を基に、車種別の二酸化炭素の排出量を推計する二酸化炭素排出係数を整理した。この際、燃費特性を3つの走行モードにあてはめ、それぞれ二酸化炭素排出係数を算出した。この結果、各走行モードは相互に比較はできないものの、例えばディーゼル貨物車では、低速度域では速度向上に伴い二酸化炭素の排出量は減少し、時速60km程度以上では速度向上に伴い、二酸化炭素の排出量が増加するという類似の傾向を示すことを把握した（図-1）。

[成果の活用]

調査を通じて得られた成果を基に、今後必要な走行調査を実施し、電動車等の次世代自動車の普及を見据えた、車種区分別の二酸化炭素排出係数を更新する。将来的なICT交通マネジメントのための二酸化炭素の排出量のモニタリング手法の検討を行う予定である。

5. 施策提案（基礎的基盤の研究 等）

「xROAD」の設計・構築

Research on the development of "xROAD"

(研究期間 令和5年度)

道路交通研究部

Road Traffic Department Research Coordinator for Digital Transformation of Road Systems

道路交通研究部 道路研究室

Road Traffic Department

Road Division

道路情報高度化研究官

室 長

Head

主任研究官

Senior Researcher

主任研究官

Senior Researcher

研 究 官

Researcher

関谷 浩孝

SEKIYA Hirotaka

土肥 学

DOHI Manabu

山下 英夫

YAMASHITA Hideo

築地 貴裕

TSUKIJI Takahiro

瀧本 真理

TAKIMOTO Masamichi

The Road Bureau of MLIT has developed "Road Data Platform", which enables the consolidation and the utilization of basic road-related data, and creates data to meet the needs of road administrators. The authors have developed "Road Data Viewer", which overlays traffic volume, travel speed, and fundamental geospatial data of roads on a map.

〔研究目的及び経緯〕

国土交通省では、道路利用のサービスの質を高め、国民生活や経済活動の生産性を向上させることなどを目指し、道路管理・行政手続きのデジタルトランスフォーメーション（DX）を進める施策として「xROAD」の取組みを推進している。国土技術政策総合研究所では、国土交通省道路局と連携し、道路に関する基礎的なデータの、各道路管理者等のニーズに合わせた様々なデータの活用を円滑に実施できるようにするため、「道路データプラットフォーム」の構築を目指している。道路データプラットフォームは、デジタル道路地図等を基盤として、複数の道路に関するデータベースやアプリケーションを連携させて利活用するための基盤であり、「ポータルサイト」、「データ連携基盤」、「道路データビューア等のアプリケーション」の3要素により構成されるものである（図-1）。

本研究では、このうちの「データ連携基盤」及び「道路データビューア等のアプリケーション」について設計・構築を行った。

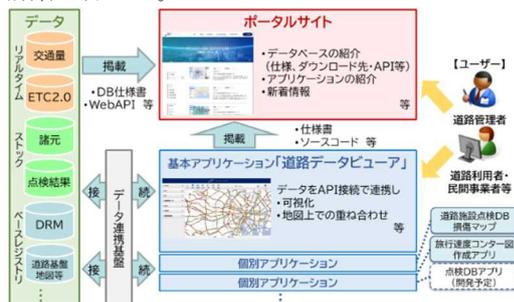


図-1 道路データプラットフォームの構成

〔研究内容〕

道路データプラットフォームの構築に必要な基本設計書及び詳細設計書を作成し、これら設計書に基づきプログラムを作成した。クラウドサービス上に、プログラムの動作環境及びファイルのアップロード環境を構築し、作成したプログラムを実装した。

構築した「データ連携基盤」、「道路データビューア等のアプリケーション」を研究成果として紹介する。

〔研究成果〕

1. データ連携基盤の設計・構築

データ連携基盤は、道路に関する多種多様なデータベース等との連携等を行う基盤的なシステムである。具体的には、連携に必要なデータの変換・加工等の処理を行う機能、処理後の中間データを一時的に保持する中間データベース機能、各データを外部とやりとりする際のアクセス制御を行う機能等を備えている。

現時点において道路データプラットフォームが連携するデータベース等は、以下のとおりである。

- ・交通量データ（常時観測交通量）
- ・旅行速度データ（ETC2.0平均旅行速度）
- ・OD交通量データ（全国道路・街路交通情勢調査自動車起終点調査（OD調査）結果）
- ・道路属性データ（重要物流道路、代替・補完路）
- ・全国道路施設点検データベース
- ・全国道路基盤地図等データベース
- ・デジタル道路地図（DRM）データベース
- ・国土地理院地図データ

※本報告は令和4年度補正予算の標記の研究課題を令和5年度に継続して得た結果をまとめたものである。

連携するデータベース等からのデータの取得は WEB API によることを基本としているが、現状 API 連携が困難なデータベース等については、暫定的な対応として中間データベースに定期的にデータファイルを取り込む方式とした。

また、将来的にはこれら以外の様々なデータベース等の追加連携を行っていくことを想定している。

2. 道路データビューア等のアプリケーションの設計・構築

(1) 基本アプリケーション：道路データビューア

道路データプラットフォームの基本アプリケーションである「道路データビューア」は、データ連携基盤を通して取得した交通量や道路区間の平均旅行速度の他、DRM データや道路基盤地図データ等について、国土地理院地図をベースとした 2 次元地図画面上で表示を行うことができるデータ可視化ツールである。

道路データビューアでは、各データベースの情報を多様な区分・種別で表示することができる。一例として、常時観測交通量（区間ごとに表示・図-2 上段）、OD 交通量（ゾーンごとに表示・図-2 中段）、全国道路施設点検データベース（施設の地点ごとに表示・図-2 下段）の表示結果を示す。また、これら複数のデータについて重畳表示することが可能である。

(2) 個別アプリケーションの例

：旅行速度コンター図作成アプリ

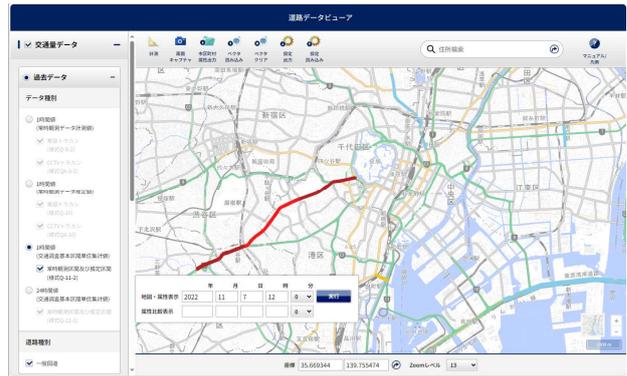
「データ連携基盤」を通してデータを取得できることにより、特定の業務分野において可視化以外の処理等が必要な場合は、各々必要な主体により個別アプリケーションの開発・運用が行われることを想定している。

本研究では、旅行速度コンター図作成アプリを開発した。県道以上の任意の路線を対象として、選択した DRM 区間ごとの平均旅行速度を速度値に応じて段階的に色分けして表現したコンター図を作成・表示するツールである（図-3）。旅行速度コンター図を作成する対象日、対象時間帯は任意に設定することができる。また、渋滞状況の把握を効率的に行えるよう、主要渋滞交差点名や各区間における渋滞発生頻度の指標であるボトルネック指数（過年度の国総研研究成果）の表示を行うこともできる。

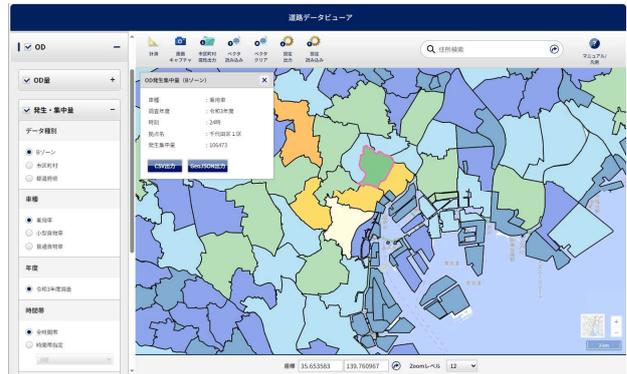
【成果の活用】

「xROAD」の更なる推進を図るため、本研究で構築した道路データプラットフォームを試行運用段階に移行しつつ、機能拡充や操作性等改良について引き続き検討を行う。

【常時観測交通量】



【OD 交通量】



【全国道路施設点検データベース】

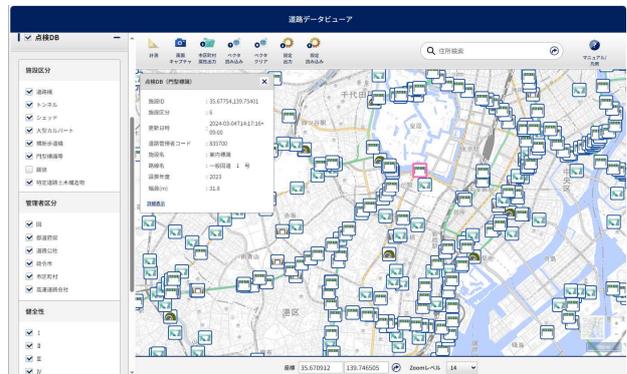


図-2 道路データビューアの表示イメージ

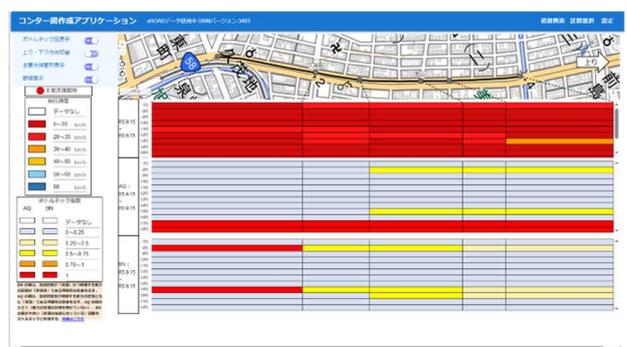


図-3 旅行速度コンター図作成アプリのイメージ

ICTによるデータを用いた冬期交通障害検知に関する調査

Study on detection of traffic disruption in winter using data from ICT

(研究期間 令和2年度～令和6年度)

道路交通研究部 道路交通安全研究室
Road Traffic Department
Road Safety Division

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

池田 武司
IKEDA Takeshi
池原 圭一
IKEHARA Keiichi
久保田 小百合
KUBOTA Sayuri
中村 孝一
NAKAMURA Koichi

In this study, to improve the efficiency of the detection of stuck vehicles in winter, detection trials were performed based on time-series variations in the ETC2.0 probe information.

〔研究目的及び経緯〕

近年、短期間の集中的な大雪が局所的に発生するようになり、それに伴って発生する幹線道路上の大規模な車両滞留や長時間の通行止めが大きな問題となっている。このような冬期の交通障害は、降雪が少ない地域においても度々発生しており、社会経済活動のみならず人命にも影響を及ぼすことが危惧されている。立ち往生車が発生する前や直後において迅速な対応を実現できれば、被害を軽減することが期待できるため、立ち往生車が発生した場合の情報収集や情報提供の効率化や工夫が求められている。

本調査は、ETC2.0プローブ情報をリアルタイムに得られると仮定して、走行車両の挙動の変化、それに起因する交通流の変化から、冬期交通障害発生検知や発生前の予兆等を把握するものである。これらにより、積雪地域等のみではなく、普段は降雪が少ない地域においても、その手法を提示できるようにすることを想定している。

〔研究内容〕

令和5年度は、1. 地域性を考慮した冬期交通障害の検知フローの調整、2. 冬期交通障害の予兆を把握するための指標の設定、3. 冬期交通障害の大規模化の予兆把握（大規模化に至る環境条件と走行状況）の調査、4. 道路構造により冬期交通障害を低減する効果の調査を実施した。また、これらの結果と現場の実態に関して、検知フローを調整した4地域の道路管理者（国道出張所）から意見収集した。本稿では、このうち1～3の研究成果を紹介する。

〔研究成果〕

1. 地域性を考慮した冬期交通障害の検知フローの調整

冬期交通障害の検知は、発生した冬期交通障害をいち早く発見するものである。国総研では、令和4年度までに、東北地方、北陸地方及び中国地方の一部のデータを用いて、一つの冬期交通障害の検知フローを作成している。なお、この検知フローは、i) 発生しない状況の除外（発生時の絞り込み）、ii) 平常時の交通状況との違いによる検知（段階的に悪化していく状況を把

握）、iii) 見逃しと誤検出の改善といった観点の指標で構成されている。一方で、気温や降雪量といった気象状況により、冬期の走行特性や冬期交通障害の発生要因は異なると考えられる。このため本年度は、この検知フローを基にして、気象状況の違いを考慮した地域区分別に、指標の閾値を検討した。

1) 気象状況の違いによる地域区分

路面状況を直接把握することが困難なため、路面状況を推測するための入手可能なデータとして、気温及び降雪量等の気象状況により、地域を区分した（表-1、図-1）。なお、地域区分の妥当性については、意見収集した4道路管理者からは特段の意見はなかった。この地域区分のうち、北海道、東北①、東北③、北陸②の4地域において、立ち往生発生の履歴が多い路線の中から各1事例（箇所）を選定し、その事例を用いて以下の条件で検知指標の閾値を調整することとした。

【使用データ（ETC2.0プローブ情報）】

期間：立ち往生発生日前後3日を合わせて1週間

場所：立ち往生発生日前後10kmを合わせて20km

【分析単位】

0.5km、30分を1単位

【平常時の設定】

分析対象の同年度の12～3月の同区間・同時間帯

（分析対象期間である1週間、発生リスクのある気象条件（気象条件に関する検知指標と同じ）の期間は除外）

【検知結果の判定】

タイムスペース図を作成し、時空間での速度の変動状況から、交通への影響を確認し、影響の有無により、検知した結果の正解・不正解を判定した。

2) 地域性を考慮した検知フローの試行

検知フローの調整にあたっては、まず、令和4年度の検知フローを用いて、4地域それぞれにて検知を試行した。その結果、4地域とも、iii) への当てはまりが良くなかったことから、i) と ii) の観点の指標を調整することとした。

地域区分別の調整は、まず、i) の指標である「冬期交通障害が発生しない気象条件（気温）と高速走行でできる走行速度」について、気温及び走行速度別の発生分布を基に閾値を調整した。次に、ii) の指標は、閾値を変化させて調整した。これら調整した検知フローを

表-1 気象状況別の地域区分

区分	気象状況				
	気温	降水	降雪	積雪	風速
北海道	低	少	多	多	中
	⇒積雪路面の地域				
東北①	低	少	中	中	中
	⇒圧雪路面の地域				
東北②	中	少	中	中	弱
	⇒一時的に圧雪路面の地域				
東北③	中	少	少	少	強
	⇒普段は乾燥しており一時的に凍結する地域				
東北④	高	少	少	少	強
	⇒乾燥路面の地域（雪の影響がほぼない）				
北陸①	高	多	多	中	弱
	⇒シャベット状の路面の地域				
北陸②	高	多	中	少	中
	⇒普段は雪による影響の少ない地域				

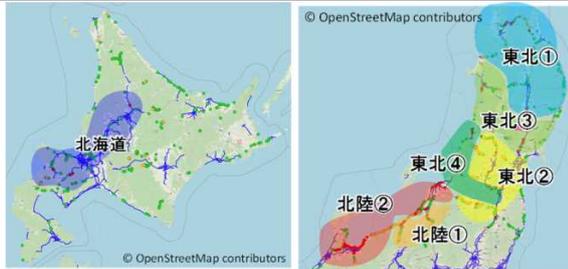


図-1 気象状況別の地域区分

用いて、各地域において、再度 20km 区間、1 週間について検知を試行した。東北①（圧雪路面の地域）は、i）気象条件の調整のみで見逃しを少ないまま誤検出を抑制できたものの、東北③及び北陸②は、i）気象条件に加え ii）交通状況も調整することで見逃しと誤検出が改善された。北海道は、今回の方法による調整では改善することができなかった。

現状の検知の精度での現場における活用可能性等について、検知を実施した当該区間の道路管理者から意見収集した。北海道を除く 3 地域では、「誤検出が多いと実用は現実的ではない」、「現在の体制（CCTV カメラ等）の補助としては活用の可能性がある」、「車両の速度低下等の情報は参考となる」といった意見があった。なお北海道は、「（現在の検知指標では考慮されていない）風と降雪の関係による視界不良に起因する冬期交通障害もある」との指摘があった。

今後は、東北及び北陸地方では、誤検出を抑制する工夫をするとともに、現場での活用方法を想定した情報提供の内容も検討する必要がある。なお北海道については、i）に関連する新しい指標も検討する必要があると考えている。

2. 冬期交通障害の予兆把握の指標の設定

冬期交通障害の予兆把握は、冬期交通障害の発生前に、ETC2.0 プローブ情報による走行状況からその予兆を捉えるものである。令和 4 年度は予兆を把握できる可能性がある現象として、a) 信号交差点で停止後に加速がゆるやかな状態、及び b) 上り勾配の単路部でゆるやかに減速している状態を把握している。本年度はこれら現象に基づき、冬期交通障害の予兆として判定するための指標を設定した。

a) については、広域で予兆を把握するにあたり、信号交差点と単路部を区別せずに、ETC2.0 プローブ情報のみを使用して分析した。車両の停止を推定し、その後の 1 番目及び 2 番目の ETC2.0 の速度データについて、それぞれの瞬間速度の平均値を無雪期（10 月）と比較して、統計的に有意な差異（t 検定）の有無を指標とし、無雪期よりも速度が低下しているかを判定することで予兆を把握した。再現率は 70~80%と、見逃しは少なく抑えられたものの、適合率は 1%未満であり誤検出が多い結果となった。これは、信号交差点とは大きく状況の異なる単路部等を含めて分析しているためであり、今後は、信号交差点がない単路等での予兆を把握する方法を検討し、組み合わせる必要がある。また、正解とする範囲（冬期交通障害発生と同じ 500m 区間、発生直前の 30 分間）の設定を精査することによっても改善が期待できる。

b) についても、a) と同様に、勾配変化の位置等を考慮せずに分析し、指標の設定及び予兆等の把握を行った。なお t 検定は、直前の速度との差の平均値と無雪期（10 月）の速度との比較により行った。再現率は 14% 以下、適合率は 1%未満となり、勾配と勾配変化の位置を把握せずに予兆を把握するのは難しいと考えられる。

3. 冬期交通障害の大規模化の予兆把握の調査

大規模化の予兆把握は、冬期交通障害が大規模化する前に、その予兆を捉えるものである。本年度から検討を始めたものであり、通行止めに至らずとも大規模化していく状況を分析しなかったものの、大規模化のみの情報を複数入手することができなかったため、大規模化後に通行止めに至ると仮定して、大規模化に至る環境条件と走行状況を調査した。

環境条件は、立ち往生車の発生データを用いて、通行止め有無を目的変数としたロジスティック回帰分析等を行った。その結果、「車線数が少ないこと」と「気温が低いこと」の 2 つの条件が有意に影響を及ぼしていることが示唆された。

走行状況は、同じ路線の立ち往生のうち通行止めに至った事例と至らなかった事例の走行状況を比較した。その結果、「①低速度域の急激な速度低下、②走行車両台数の減少、③一定の速度低下の継続、④平均速度（中央値速度）の速度低下のいずれか」の条件が該当した。

今回の試験的な調査では、これら環境条件と走行状況の両方が揃った場合に大規模化に至ると考えられた。今後は、分析箇所として適当な大規模化の事例のもと、今回調査した環境条件と走行状況の組み合わせ等の関係を確認するとともに、これらを指標として閾値を整理する予定である。

【成果の活用】

検知及び予兆を把握する精度を高めるとともに、これらを組み合わせ、情報提供に資するシステムの考え方を整理する予定であり、冬期の道路交通障害への迅速な対応への寄与が期待される。

道路環境影響評価の技術手法の改定に向けた調査

Research for revision of technological method for road environmental impact assessment

(研究期間 令和3年度～令和5年度)

道路交通研究部 道路環境研究室

Road Traffic Department Road Environment Division

室長	橋本 浩良	主任研究官	澤田 泰征
Head	HASHIMOTO Hiroyoshi	Senior Researcher	SAWADA Yasuyuki
主任研究官	布施 純	研究官	大河内 恵子
Senior Researcher	FUSE Jun	Researcher	OHKOUCI Keiko
交流研究員	檜垣 友哉		
Guest Research Engineer	HIGAKI Yuya		

The purpose of this research is to enhance the content of a technological methods used to assess the environmental impact of road projects. The authors investigated the sound power level of vehicle noise as vehicles drive over drainage asphalt pavement, and identified technical methodologies items of environmental impact assessment that need to be revised.

〔研究目的及び経緯〕

わが国の一定規模以上の道路事業では環境影響評価法に基づく環境影響評価を実施している。道路事業者が環境影響評価を科学的・客観的かつ効率よく実施するため、国土技術政策総合研究所は、国立研究開発法人土木研究所と分担・協力し、環境影響評価を実施する際の、項目の選定、調査・予測・評価手法の選定、環境保全措置の検討を行う上で参照する手引き書として「道路環境影響評価の技術手法」(以下「技術手法」という。)を作成・公表している。これまで、環境影響評価の技術動向、事例の蓄積、道路事業者のニーズや法改正等を踏まえ、数度の技術手法の改定を行ってきた。

本研究課題では、最新の科学的知見を用いた客観的かつ効率的な環境影響評価の実施を支援していくことを目的に、技術手法の内容を更新・充実させていくため、道路環境影響評価の技術動向や運用実態の調査を行っている。

令和4年度、令和5年度においては、道路環境影響評価の技術動向の調査として、排水性舗装における自動車走行騒音の音響パワーレベル(以下「パワーレベル」という。)を測定し、騒音低減効果を分析した。また、環境影響評価の運用実態の調査として、配慮書手続き及び事後調査の実施における課題の調査等を行った。

〔研究内容・成果〕

1. 排水性舗装における自動車走行騒音に関する調査

自動車専用道路においては、近年の舗装耐久性向上に伴い排水性舗装による騒音低減効果がより長期間持続することが確認されている。一般道においても自動

車専用道路と同様の傾向があるのかを確認するため、排水性舗装が敷設された一般国道4箇所においてパワーレベルを測定し、既存の測定結果(10箇所)と合わせ14箇所のデータで騒音低減効果等を分析した。

排水性舗装箇所のパワーレベルの測定値と密粒舗装のパワーレベルモデル式(ASJ RTN-Model2018)を比較した。この結果、排水性舗装の舗設後の経過年数が5年程度の箇所では、排水性舗装の測定値が密粒舗装のモデル式よりも小さく騒音低減効果が見られた(図-1)。一方、経過年数が15年程度の箇所では、測定値がモデル式よりも小さく騒音低減効果が見られる箇所(図-2)、測定値がモデル式と同等又は測定値がモデル式よりも大きく騒音低減効果が見られない箇所(図-3,4)が確認された。

今後も調査・分析を継続し、排水性舗装の騒音低減効果の持続性をASJ-RTN-Model1のパワーレベルモデル式と技術手法の改定に反映させていきたい。

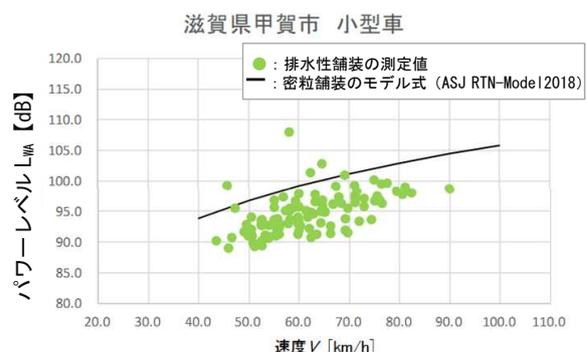


図-1 パワーレベル測定値と密粒舗装のモデル式
R1 甲賀市 小型車 舗設後4.8年

※本報告は令和4年度当初予算の標記の研究課題を令和5年度に継続して得た結果をまとめたものである。

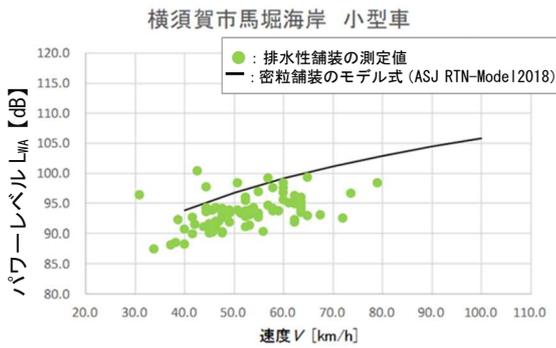


図-2 パワーレベル測定値と密粒舗装のモデル式
R16 横須賀市 小型車 舗設後 15.3年

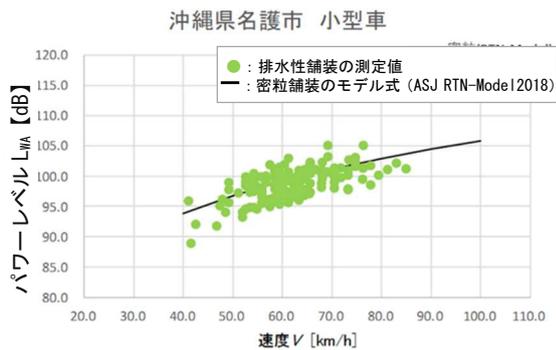


図-3 パワーレベル測定値と密粒舗装のモデル式
R58 名護市 小型車 舗設後 15.0年

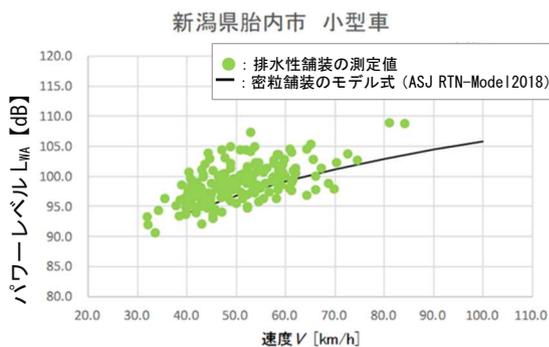


図-4 パワーレベル測定値と密粒舗装のモデル式
R7 胎内市 小型車 舗設後 14.8年

2. 配慮書手続き及び事後調査の実施における課題の調査

平成25年施行の改正環境影響評価法において、配慮書手続きが新たに義務づけられた。近年、配慮書手続きを実施した事業が増えてきたことから、現状の課題を把握し、技術手法の改定の必要性を検討するため、配慮書手続きを実施した事業（15事業）を対象に、各事業で作成した配慮書の記載内容の特徴を整理した。また、事後調査については、環境保全措置の実施結果を公表した事業（4事業）を対象に、各事業における環境保全措置の実施結果の公表内容を整理し、事後調査に関して技術手法に追記する項目、内容及び留意事項の案を整理した。

配慮書の記載内容の特徴を整理した結果、地域特性の記載がない場合にその理由が明記されておらず、調査を実施していないのか、調査した結果記載すべきことが無かったのかが分からない事業が見られた。また、保全対象とルート帯との重なりが同程度の事業であっても予測・評価結果の記載内容が異なる事業が見られた。事業間で比較した際に、評価理由が明確になるよう、ルート帯との重なり以外の要因も含めて評価結果を記載するなど、より良い記載内容の検討が必要と考えられる。これらを踏まえ、地域特性の把握結果や予測・評価結果の記載方法など、技術手法の改定の検討が必要な事項として整理した。

事後調査については、環境保全措置の実施結果の公表等を行った事業の公表資料等の記載項目や内容を整理したうえで、事後調査に関して技術手法に追記する項目、内容及び留意事項の案を整理した（表-1）。

表-1 事後調査に係る技術手法に追記する項目、内容及び留意事項の案

項目	内容	留意事項
1. 事業概要	—	—
2. 事後調査概要	—	—
2.1 環境保全措置の概要	環境要素別の保全措置の内容	評価書の内容を基本とし、変更があった場合はその変更内容がわかるよう記載することが望ましい
2.2 調査項目	保全措置に応じた調査項目および実施理由	—
2.3 評価方法と調査終了の判断	環境保全措置の効果や新たな措置の必要性の有無を判断するための基準、事後調査終了の条件等	環境保全措置等や評価、調査終了の条件について、複数の事例や考え方を参考事項として記載することが望ましい
3. 事後調査結果	—	—
3.1 (調査項目)	—	—
3.1.1 調査方法	具体的な手法、地点、期間	評価書時点から変更がある場合は、その内容がわかるよう記載
3.1.2 調査結果	具体的な調査結果	数値、図表、写真等を用いて記載。経緯がわかるように必要に応じて過年度の実施状況や結果も記載する
3.1.3 新たな保全措置の必要性	調査結果をふまえて、影響の有無や課題について考察し、新たな保全措置の必要性について言及	—

【成果の活用】

本調査の成果は、技術手法の更新・充実に向けた基礎資料とする予定である。

道路事業の生産性向上に資する入札契約方式に関する研究

Study on improvement of productivity on the bidding and contracting system

(研究期間 令和4年度～令和6年度)

社会資本マネジメント研究センター 社会資本マネジメント研究室

Research Center for Infrastructure Management

Construction and Maintenance Management Division

室長	松田 奈緒子	主任研究官	星野 誠
Head	MATSUDA Naoko	Senior Researcher	HOSHINO Makoto
主任研究官	大城 秀彰	主任研究官	田嶋 崇志
Senior Researcher	OHSIRO Hideaki	Senior Researcher	TAJIMA Takashi
研究官	木村 泰	交流研究員	楠 隆志
Researcher	KIMURA Yasushi	Guest Research Engineer	KUSUNOKI Takashi
交流研究員	須賀 一大	交流研究員	深田 桃子
Guest Research Engineer	SUGA Kazuhiro	Guest Research Engineer	FUKADA Momoko
交流研究員	松林 周磨		
Guest Research Engineer	MATSUBAYASHI Shuma		

In order to improve the quality and productivity of public works, NILIM is carrying out study on cross staging construction and maintenance management system from survey, planning to management. The objective of this study is to improve diverse procurement methods such as the technical proposal and negotiation method, comprehensive evaluation tender method and other methods.

[研究目的及び経緯]

平成17年の「公共工事の品質確保の促進に関する法律(品確法)」の成立により、国土交通省直轄工事では、総合評価落札方式の適用が拡大し、調査・設計等業務では、平成20年度より発注方式の1つとして同方式を本格導入した。また、平成26年6月の品確法改正により、工事の性格、地域の実情に応じて、多様な入札契約方式の適用が進みつつある。国土技術政策総合研究所は、多様な入札契約方式の適用支援、フォローアップを継続し、改善手法の研究を行っている。

令和5年度は、海外の入札契約方式、国内における工事の総合評価落札方式および調査・設計業務の多様な試行に関する調査、分析を実施した。

[研究内容・研究成果]

(1) 海外における多様な入札契約方式の動向調査

海外では、欧米諸国を中心に、受発注者間のパートナーシップを重視する入札契約方式の適用が広がっている。本調査では、事業の早い段階から施工者を参加させる制度である、英国などのECI (Early Contractor Involvement) 方式、米国のCM/GC (Construction Management/General Contractor) 方式、ニュージーランドやオーストラリアなどのアライアンス方式を対象

とし、我が国の入札契約方式との相違点を整理した。

英国のECI方式は、設計業務の段階から施工者を参画させる方式で、近年、ドイツ、デンマーク、ノルウェーなど、EU諸国を中心に、世界各国で適用拡大していることを確認した。我が国の技術提案・交渉方式(設計交渉・施工タイプ)と似た方式であるが、①設計者が施工者の下請けとして参加する点、②工事費用の支払いにおいて、施工者が見積など全てのコスト情報を開示して発注者の確認を受け、発注者がコストを施工者に支払う契約とする点、③目標工事費に対し、施工で実際に掛かる費用との差額は受発注者で分配して獲得・負担する点に特徴があることを把握した(図-1)。



図-1 ECI方式(英国)

米国のCM/GC方式は、概略設計の段階からCM業務として施工者を参画させ、発注者が別途契約する設計者に対して施工者の技術協力を求める契約方式である。我が国の技術提案・交渉方式(技術協力・施工タイプ)と似た方式であるが、①第三者である見積者を活用し

て施工者の算出した工事費を精査する点、②設計進捗段階に応じてリスク低減や工事費削減を協議するプロセス、③受注者、発注者とのリスク分担の考え方に特徴があることを把握した(図-2)。

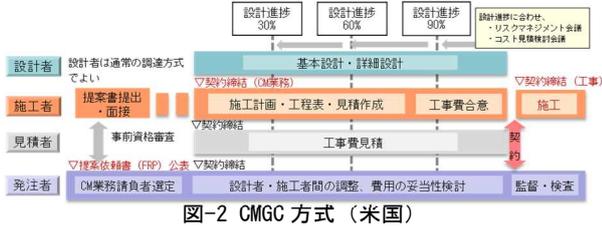


図-2 CMGC方式(米国)

(2) 工事及び調査・設計等業務の多様な試行の分析

国土交通省直轄工事の総合評価落札方式及び調査・設計等業務では、生産性向上、担い手確保等を目的とした多様な試行が行われている。本調査では、業務成績、受発注者の意見等を分析し、試行の効果や実施に際しての留意点を整理した。

1) 工事の総合評価における多様な試行の効果分析

例えば、次代担い手育成・参入を促す方式の試行工事において、若手・女性技術者の配置に加点を行う加点方式では、58.1%(997件)の工事で若手・女性技術者を配置した入札参加者が落札した。工種別ではアスファルト舗装工事の配置割合が高く、鋼橋上部工事、建築工事、受変電設備では配置割合が低い(図-3)。

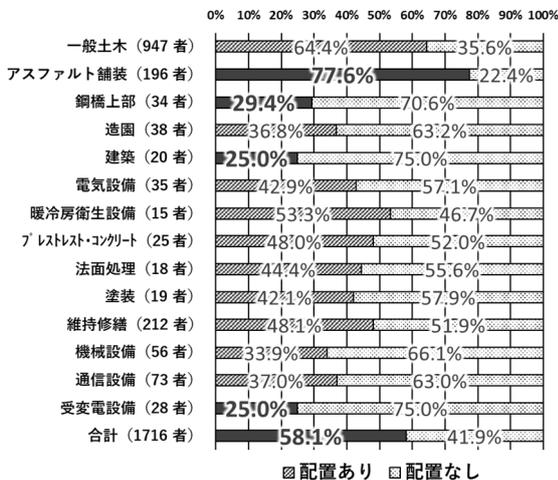


図-3 加点方式の落札状況

若手技術者が不利となりがちな成績・表彰等の評価項目を除外する技術者要件緩和方式では、36%(316件)の工事で若手・女性技術者を配置した入札参加者が落札した。工種別では、機械設備工事の配置割合が高く、塗装工事では配置割合が低い(図-4)。多くの入札参加者が若手・女性技術者の配置に取り組んでいるが、工種毎に傾向に差があることを把握した。

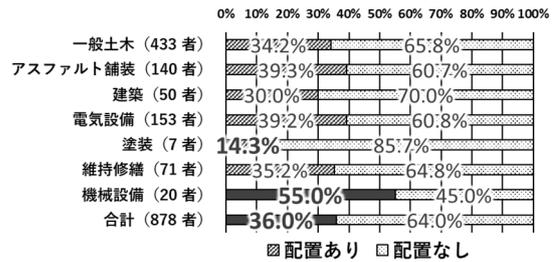


図-4 技術者要件緩和方式の落札状況

また、若手・女性技術者を配置した工事の工事成績評定点が低下するような傾向は見られず、経験・資格が少ないと思われる若手・女性技術者を配置した工事でも品質は確保されていた。

2) 調査・設計等業務の多様な試行効果の分析

調査・設計等業務においても工事と同様、大きく12の分類による多様な試行が行われている。

例えば、災害対応等の体制の確保・育成を目的として、災害協定や災害時の活動実績等の地域貢献を評価し、地域企業の技術力向上と参入機会の確保を促す方式である地域貢献度評価型では、試行対象外業務に比べ、顕著な成績低下も確認されず、発注地整に本店所在地のある企業の割合が増加する(図-5)等の効果が見られた。

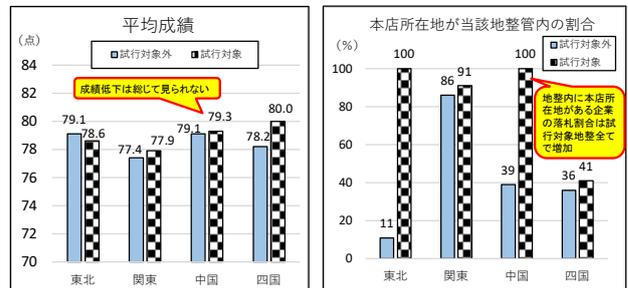


図-5 業務成績と本店所在地が発注地整管内の割合(地域貢献度評価型)

12の試行分類のうち、上述した「地域貢献度評価型」、手続きの効率化を目的として技術提案書の記載内容(実施方針、技術提案等)を簡素化して評価する方式である「技術提案簡素化型」、若手技術者の育成を目的として配置技術者の年齢が一定年齢以下の場合に加点評価する方式である「配置加点型」の3試行については来年度以降、全国に試行を展開し、検証を進め、フォローアップをすることとしている。

【成果の活用】

本研究の成果は、発注者責任を果たすための今後の建設生産・管理システムのあり方に関する懇談会の資料に反映された。懇談会における意見等をふまえ引き続き調査を行う。

道路整備の生産効果に関する調査

A study on the productivity gains from road infrastructure development

(研究期間 令和4年度～令和6年度)

社会資本マネジメント研究センター 建設経済研究室

Research Center for Infrastructure Management Construction Economics Division

室長	小俣 元美	主任研究官	大橋 幸子
Head	OMATA Motoyoshi	Senior Researcher	OHASHI Sachiko

In order to continue to demonstrate the stock effect of road networks, it is important to clarify the social and economic impacts of road development. This study investigated time-series changes in the impact of infrastructure on economic growth, and summarized the characteristics of analytical methods used in recent years. In addition, the method for calculating accessibility, which is used as an index value for road development, was organized.

〔研究目的及び経緯〕

道路整備は我が国の交通ネットワークを形成し、生産性を向上させ経済成長に寄与してきた。この道路ネットワークのストック効果を引き続き発揮させるためには、道路整備の社会経済への影響を客観的に把握することが重要となる。

しかし、産業構造や土地利用など社会経済情勢は絶えず変化することから、道路の寄与の内容も一定ではない。また、分析手法の観点からも、使用できるデータの拡充や新たな分析モデルの普及などが見られ、ある時点で有効であった分析手法が長く活用可能であるとは限らない。

このような状況を踏まえ、本研究では、既往研究等からインフラの経済成長への影響についての時系列変化を調査するとともに、用いられている分析手法について特徴を整理した。あわせて、経済モデルを用いて道路整備の影響を分析するにあたって、道路整備の指標値とするアクセシビリティの表現について課題を整理した。

〔研究内容〕

(1) 生産性の時系列変化に関する調査

本研究では道路整備を研究対象としているが、既往研究が多くなく十分な情報が得られないと見込まれたことから、インフラ全般を対象に調査している。

まず、インフラの経済成長への影響を時系列で把握するため、社会資本がGDPの増加にどの程度影響するかという生産力効果を分析した事例を調査することとした。

生産力効果の推定は、多くの既往研究では、生産関数に含まれる労働、資本のほかに社会資本を追加した生産関数の推定を行う形であり、推定式としてコブ＝ダグラス型の生産関数を用いている。そのうえで、社会資本の生産力効果の指標として、GDPに対する社会資本弾力性を見ることが多い。GDPに対する社会資本弾力

性とは、社会資本ストックが1%増加したときにGDPが何%増加するかを表すものである。

本研究では、近年までの社会経済状況変化を踏まえたインフラの効果把握するのが目的であることから、分析対象期間に2000年以降を含み、日本全体の経済状況を対象にした既往の分析を調査した。あわせて、比較のためICTや人的資本等の他の要素の生産効果に関する分析も調査した。

また、道路整備の効果把握の観点で近年の状況に応じた分析を今後行っていくことを目的に、既往研究で用いられている分析方法についても、目的、モデルの構造、使用データ等の整理を行った。

(2) アクセシビリティ指標に関する調査

マクロ計量経済モデル等のモデルを使って道路整備の効果等を定量的に算定する際には、道路が整備されるという状況を何らかの数値で表現する必要がある。これには、整備への投資額、道路の延長、道路を利用したアクセスの状況などが指標化され用いられることが多い。本研究では、実際の時間短縮等の影響を把握できるように、道路を利用したアクセスの状況の指標値を取り上げ、簡易で最適な表現方法を調査することとした。アクセシビリティ指標の作成にあたっては、地図データやGISを利用して実際の所要時間を算定するなど一定の作業量を要するケースも多く、分析に適した指標の作成方法を十分検討しておくことが望ましい。

本研究では、特に所要時間の算定方法に着目し、算定の地域の範囲、算定に使用する道路ネットワーク、設定する速度について、方法の違いによる指標の差異を調査した。

〔研究成果〕

(1) 生産性の時系列変化に関する調査

インフラに関して9つの既往研究を調査した。その結果、研究により前提や条件が異なるため一概に結論づけることはできないが、2000年以降の社会資本の弾

力性として 0.1 前後の数値を導出している例が多かった。なお、この数値は、他の既往研究で示された人的資本や ICT の弾力性を調査したところ同程度と言えたが、他分野の既往研究については十分な数の調査ができず、また前提や条件が異なる分析であるため、単純に比較することはできないものである。また、同条件での弾力性の比較は海外の研究事例で見られ、日本が対象ではないため参考程度ではあるが、R&D、人的資本、インフラの弾力性のうちインフラが最も高かった。

時系列で見ると、2000 年以前のインフラの弾力性は、総じて 2000 年以降より高い。これはインフラ整備の性質を踏まえると当然の結果であり、現在の経済社会が道路ネットワークを含めたインフラを前提としたものになったことを示しているとも言え、インフラのストック効果が発揮されているとも考えられる。

分析方法については、都道府県パネルデータを用いたパネルデータ分析で生産効果を導いているものが多かった。都道府県データを用いることでサンプル数を確保しやすいことなどから、今後道路整備の効果を分析する場合にも有用と考えられた。

(2) アクセシビリティ指標に関する調査

アクセシビリティの算定の地域の範囲、算定に使用する道路ネットワーク、設定する速度等について、手法ごとの特徴や算定値の違いを調査した。本研究で扱うアクセシビリティ指標には、地域間の所要時間の合計値とし、以下を基本とする。なお、分析に使用する場合には、目的に応じて人口や GDP 等による重み付けを行う。

$$ACC_i \equiv \sum_j \frac{1}{t_{ij}} \quad ACC \equiv \sum_i \frac{ACC_i}{R}$$

ACC_i : 評価地域 i のアクセシビリティ

t_{ij} : 地域 i-j 間の抵抗。所要時間 R: 地域

a) 地域の単位

算定を行う地域単位の設定には、これまで全国を 207 の生活圏に分けて算定を行うケースが見られた。これは、全国幹線旅客純流動調査で使用されている 207 生活圏を用いたものであり、都道府県レベルより詳細に所要時間を算定することができるが、他の社会経済データを揃えることが難しいという実態があった。そこで、都道府県単位での算定と比較を行った。その結果、全国のアクセシビリティ指標の数値については大きな差が見られなかったことから、今後、経済的な分析等において扱う全国的なアクセシビリティの算定については、都道府県単位の算定とすることも考えられた。

b) 使用する道路ネットワーク

算定のベースとなる道路ネットワークについては、デジタル道路地図データベース（以下「DRM」という。）を使用することを想定する。DRM は随時更新されている

が、複数年のアクセシビリティを算定する際には、高速道路のみを時点に変化させ高速道路以外を一時点の固定とすることも多い。しかしながらこの方法では、高速道路以外の道路の整備効果を反映できないこと、使用する DRM を変更したときのみ一般道が更新されるなどのデメリットが考えられた。そこで、一般道を含め道路ネットワークを更新した場合と高速道路以外を固定として更新した場合の全国のアクセシビリティ指標を比較した（図-1）。その結果、大きな差異が見られなかった。なお、継続的にアクセシビリティ指標を用いて分析を行うことを想定すると、毎年の増加分を最新の DRM を用いて算定することが一般道の更新も加味でき効率的な方法と考えられた。

c) 速度

所要時間の算定を行う際には、速度の設定が必要となる。速度としては、規制速度と実際の速度が考えられる。規制速度では、道路のポテンシャルとも考えられるが渋滞を加味できないなど実際のアクセス時間とは異なる。一方、実際の速度では、例えば施設の新設により交通量が増えるなど、道路整備以外の影響を数値に反映する可能性がある。

全国のアクセシビリティ指標を算定すると、実際の速度の方が改善幅が大きい（図-2）。これは、一般道の規制速度が実際の速度に比べて高いため、高速道路の整備による経路転換の効果が強く出たためと考えられた。全国的な指標値の改善の傾向は概ね同様であるが、地域を限定して算定する場合などには、目的に応じた速度の使い分けが必要になることもあると考えられる。

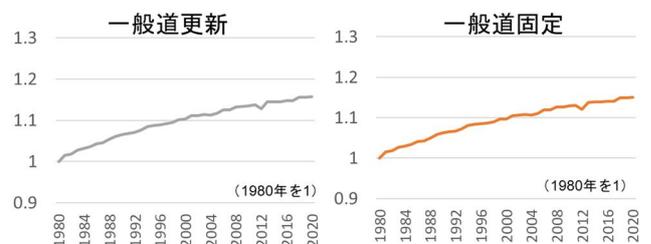


図-1 道路ネットワークによるアクセシビリティの違い

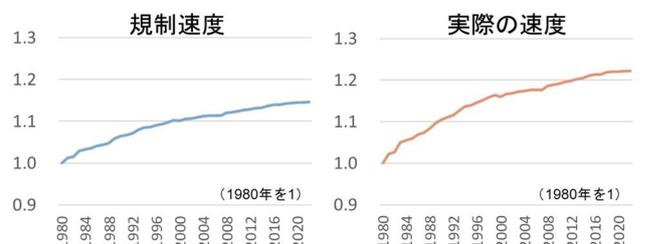


図-2 速度によるアクセシビリティの違い

【成果の活用】

今回の研究で得られた知見等を活用し、引き続き道路整備の社会経済への影響の変化について調査を行う予定である。

災害時等における道路交通量の抑制に関する調査

A study on the road traffic volume suppression in the event of disaster

(研究期間 令和4年度～令和7年度)

社会資本マネジメント研究センター 建設経済研究室

Research Center for Infrastructure Management Construction Economics Division

室長 小俣 元美 主任研究官 大橋 幸子
 Head OMATA Motoyoshi Senior Researcher OHASHI Sachiko

The aim of this study is to encourage behavioral changes by showing the effects of road users refraining from going out by car in order to prevent vehicles from stagnation during heavy snowfall.

This year, a traffic simulation model was created to estimate the effects of traffic control measures. This model was confirmed to have sufficient reproducibility. In addition, it was confirmed that the simulation model can represent traffic congestion caused by increased traffic volume, and a method for using the simulation model was summarized.

〔研究目的及び経緯〕

冬期の道路管理においては、大雪時には「道路ネットワーク機能への影響を最小化」することを目標に対応がなされてきたものの、実際の大雪時に大規模な車両滞留が見られ、また将来的にもその発生が懸念されていた。

このような状況を踏まえ、国土交通省が設置する冬期道路交通確保対策検討委員会では、「大雪時の道路交通確保対策中間とりまとめ」を2021年3月に改定し（以降「中間とりまとめ」とする）、「人命を最優先に、幹線道路上の大規模な車両滞留を徹底的に回避する」という新たな方針を示した。また、2023年7月に閣議決定された国土形成計画においても、災害に強い国土構造の構築として、「冬期の道路交通確保のため、出控え等の行動変容を促すとともに、必要に応じて、並行する高速道路と国道の同時通行止めを含む計画的・予防的な通行止めや集中除雪等を実施する。」ことが示されている。

これらの方針に沿った取り組みの実現には、取り組みの効果を定量的に把握し利用者と共有することが有効と考えられる。しかし、同じ気象状況、交通状況は二度と発生しないことから、実績データから効果を計測することが難しい。そこで本研究では、交通シミュレーションを用いて定量的に対策の効果を推定することを目指し、交通シミュレーションモデルの作成を行った。

〔研究内容〕

本研究で扱うシミュレーションは、中間とりまとめに挙げられている取り組みである、「広範囲等での通行止め」、「出控え等の行動変容」「車両待機スペースを活用」での効果把握ができることを念頭に置いたものとした。そのうえで、実際のモデル作成にあたっては、これらの取り組みの効果となる交通量の抑制を再現でき

るものを目指した。

将来的には、本シミュレーションによる効果の試算結果を基に、社会全体のコンセンサス形成のための基礎資料を示し、利用者の行動変容につなげることを目指す。

(1) シミュレーションの条件等の整理

前述の目的を踏まえ、シミュレーションの概要を表-1のとおり設定した。そのうえで、本研究では、直轄国道について検討することとし、モデルとする道路1区間を選定して、過去の交通量、速度及び気象のデータを元に、雪と交通量・速度の関係を整理した。交通量には交通量常時観測装置データ、速度にはETC2.0プローブ情報、気象には国土交通省の観測データを用いた。

(2) モデルの作成

交通量・速度の関係を再現するためマイクロシミュレーションソフトを用いることとし、VISSIMを選定した。そのうえで、道路幾何構造、信号現示、大型車混入率等の設定を行うモデルを作成した。作成したモデルについては現況再現性の確認も行った。

(3) シミュレーションの実施に向けた整理

作成したモデルを用いて感度分析を行い、滞留の発生状況を確認した。あわせて、今後実施を想定するシミュレーションについての手順案を作成した。

表-1 シミュレーションの概要

項目	内容
目的	大雪時の利用者の行動変容等による交通量抑制の効果把握
再現した事象	雪の影響の度合いに応じた交通量と速度の関係性
アウトプット	・概ね渋滞が解消するまでの時間 ・渋滞長の時間変化 ・各車両の所要時間の平均

〔研究成果〕

本研究において、雪の影響を再現できる交通シミュレーションモデルを作成した。詳細を以下に示す。

(1)シミュレーションの条件等の整理

過去の交通量、速度及び気象のデータを元に雪と交通量・速度の関係を分析し、雪の影響「大」「小」「なし」の3通りの交通量・速度の関係を設定した(図-1)。

(2)モデルの作成

モデルを作成し(図-2)、作成したモデルについて2通りの交通量における速度の現況再現性を確認した。30回試行した結果を示す(表-2)。いずれの交通量においても、概ね1km/hの精度で速度が再現され、作成したモデルが十分な現況再現性を有すると考えられた。

(3)シミュレーションの実施に向けた整理

モデルの現況再現性は高かったものの、渋滞の発生地点となるボトルネックが計測対象区間外となり、効果を示すアウトプット指標の計測が困難になることが想定された。このため、便宜的に1つの信号を外して、効果試算用のモデルを作成した。そのうえで、交通量を3パターン設定し、感度分析を行った。

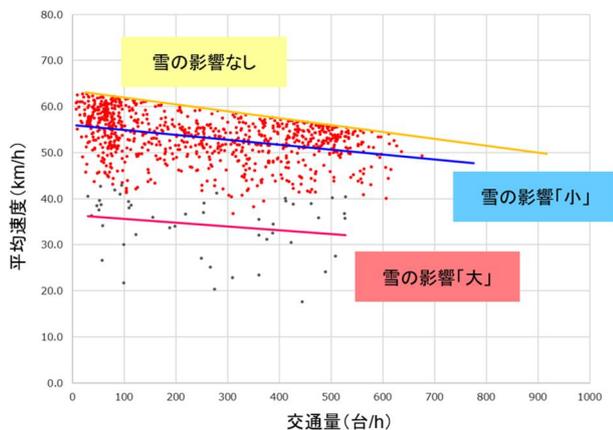


図-1 交通量と速度の関係



背景航空写真(キャプチャし拡大): Copyright© NTT 空間情報 All Rights Reserved

図-2 作成したモデルのイメージ

図-3、図-4に感度分析の結果を示す。発生交通量の増加に伴い渋滞領域が観測されており、本研究の目的に対して妥当なモデルが作成できたと考えられた。

あわせて、今後モデルを利用した交通量抑制の効果推定等について、以下のケースに関する手順を整理した。

- ・ 行動変容で発生交通量が変化する場合
- ・ 事前通行止めを実施する場合
- ・ 路外スペースへ車両が退避する場合
- ・ スタック車両が発生した場合

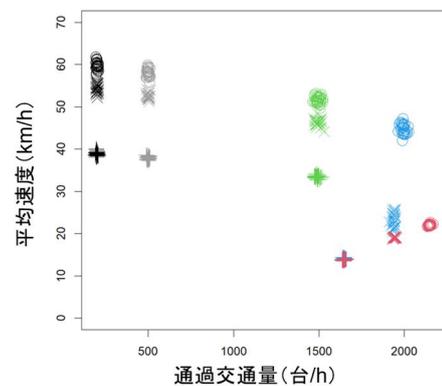
〔成果の活用〕

今後、本研究で構築したシミュレーションモデルを用いて、利用者の行動変容に繋がるよう、大規模な車両滞留を回避する取り組みについての時間損失抑制の効果を試算する予定である。

表-2 現況再現性の確認結果

		交通量	
		200台/h	500台/h
雪の影響なし	観測値速度	60.472	56.002
	再現速度	59.433	57.427
雪の影響小	観測値速度	53.863	50.653
	再現速度	53.672	51.224
雪の影響大	観測値速度	34.841	32.381
	再現速度	33.493	31.445

単位: km/h



凡例: ○雪の影響なし ×雪の影響小 +雪の影響大

図-3 感度分析結果(交通量・速度の関係)

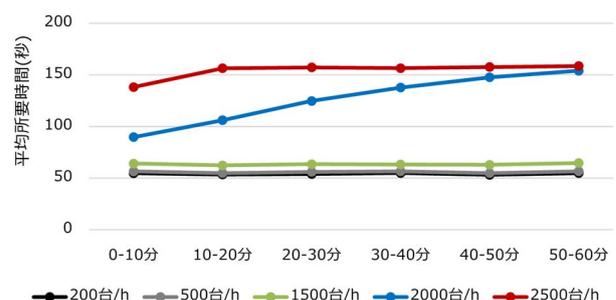


図-4 感度分析結果(所要時間 影響中)

道路管理データと連携した道路基盤地図管理システムの 高度化に向けた研究

A study on advancement of road base map management system
linked with road management data

(研究期間 令和5年度～令和8年度)

社会資本マネジメント研究センター 社会資本情報基盤研究室

Research Center for Infrastructure Management Information Platform Division

室長	西村 徹	主任研究官	大手 方如
Head	NISHIMURA Toru	Senior Researcher	OOTE Masayuki
研究官	柴田 直弥	交流研究員	山崎 廣二
Researcher	SHIBATA Naoya	Guest Research Engineer	Yamazaki Koji

The purpose of this study is to examine and develop functions to distribute road base map data in response to requests from external applications in order to realize advanced road management.

〔研究目的及び経緯〕

国土交通省では、大縮尺道路地図である「道路基盤地図情報」の整備を推進し、道路基盤地図情報を活用した道路管理等の高度化の実現に向けて取り組んでいる(図-1)。道路基盤地図情報は、道路分野のDX施策である道路データプラットフォーム(xRoad)における



図-1 道路基盤地図情報の例

基盤データの一つとして位置づけられており、令和5年度末より一般公開が開始され、交通量や構造物諸元等の道路データプラットフォームの各データとのAPI連携等によるさらなる活用、道路管理業務の効率化への寄与が期待される(図-2)。

国土技術政策総合研究所では、道路基盤地図情報の元データとなる道路工事完成図の集約・登録・管理を行うと同時に、道路基盤地図情報の活用を促進するための「道路基盤地図管理システム」等を開発・運用しており、道路管理者による実運用を通じて整備や活用に関する課題を分析し、基準類の整備やシステムの機能改良等を行っている。

本研究では、外部のアプリケーションからのリクエストに対して、道路基盤地図管理システム等が保有するデータを配信する機能について、検討および開発を行った。

〔研究内容〕

道路の舗装工事および道路修繕工事を対象に、道路工事完成図の電子納品を義務付けられている。車道や距離標等の30種類の地物項目を独自のレイヤとして定義し、施工工区内の道路区域内における全ての地物項目を取得対象としている。工事の成果物として電子納品された後に、道路基盤地図管理システムが電子納品・保管管理システムから道路工事完成図を自動的に取得し、CADデータからGISデータに変換し、道路基盤地図情報としてデータを蓄積をしている。

道路基盤地図管理システムは道路管理者向けに運用を行っており、地理院地図等に重ね合わせて表示できるビューワ機能や、道路工事完成図(CADデータ)や道路基盤地図情報(GISデータ)をダウンロードする機能

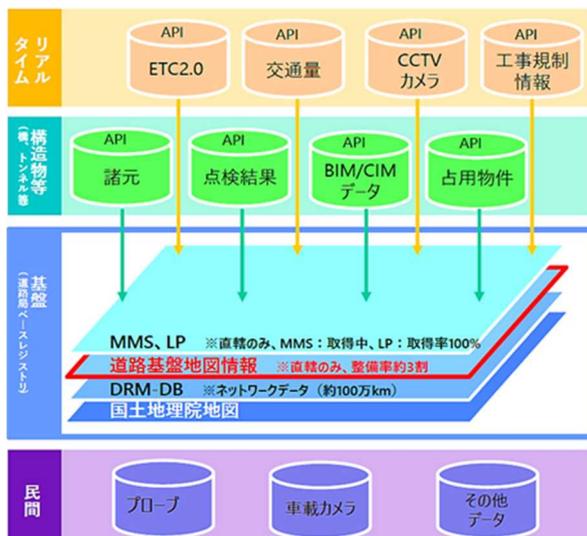


図-2 xRoadの概要

を実装している。

また関連するシステムとして道路基準点案内システムがあり、国土交通省が管理する国道に整備されている「道路基準点」の位置情報等を一般に向けて公開している。利用者は緯度経度や標高等の諸元情報をシステム上で確認したり、CSVデータとして出力することが可能である。

本研究では、道路基盤地図管理システムに登録されている直轄国道および高速道路の道路工事完成図や道路基盤地図情報、道路基準点案内システムに登録されている直轄国道の道路基準点の情報を外部アプリケーションに配信するためのAPI機能を開発し、システム改良を行った。

[研究成果]

道路基盤地図情報等を外部に配信する機能として、以下の4つの機能がある。(1)については過年度までに整備済みであり、(2)(3)については新たにシステムに機能を追加した。(4)については今後関係者との協議を踏まえ実装を行う予定である。

(1) 地図画像配信機能 (WMS)

道路基盤地図情報の配信方式として、WMS (Web Map Service) を利用している。クライアント側で表示範囲をリクエストすることで、表示範囲に切り抜いた画像をサーバ側で描画し、画像を配信する (図-3)。

(2) 道路工事完成図等配信機能

道路基盤地図管理システムには、直轄国道および高速道路の道路工事完成図が登録されており、路線番号や距離標範囲、作図した工事に関する情報 (受発注者名、工事名称、工期等) が紐付けられてデータベースに登録されている。

事務所名、路線番号、距離標範囲等をリクエストパラメータに、道路工事完成図と諸元情報を配信する機能を開発した (図-4)。

(3) 道路基準点情報配信機能

道路基準点案内システムに登録されている緯度経度、標高等の属性情報を、事務所名、路線番号、距離標範囲等をリクエストパラメータとして、配信する機能を開発した (図-5)。

(4) 地物情報の配信機能の検討

(2)で開発した機能は、事務所名、路線番号、距離標範囲等を指定する必要があるが、外部アプリケーションのユーザが座標範囲と地物を指定することで、個別の地物の諸元情報が配信される機能の検討を実施した (図-6)。配信方法や対象とする地物は今後利用が想定される連携先と協議により具体的な内容を決定する予定である。

定である。

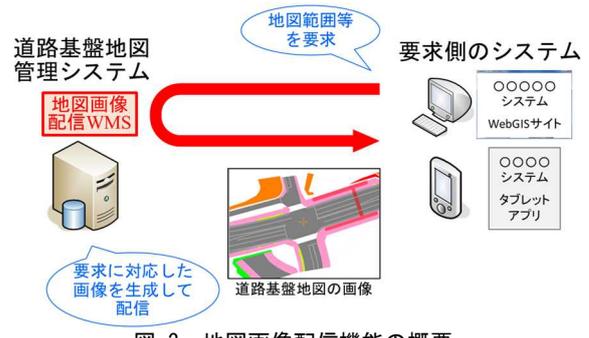


図-3 地図画像配信機能の概要

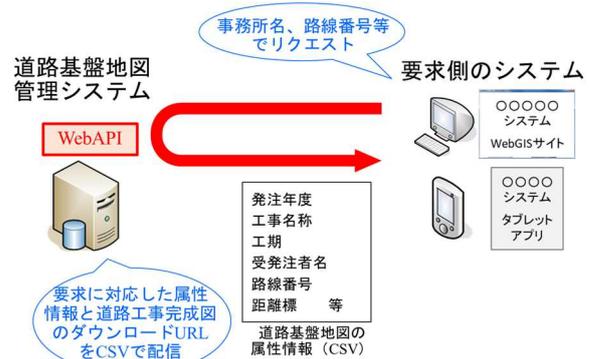


図-4 道路工事完成図等配信機能の概要

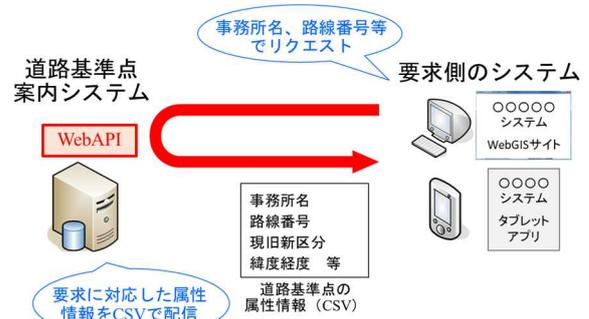


図-5 道路基準点情報配信機能の概要



図-6 地物情報の配信機能の概要

[成果の活用]

道路データプラットフォーム等の他システムとの連携を進めることで、これまで蓄積してきたデータの活用を促進するとともに、利用場面に即した機能の改良を進めていく。

道路管理のための点群データの効率的な管理手法に関する研究 —MMSデータの保管管理及び利活用に関する研究—

Research on an efficient method of data management of point cloud data for road management.

-Research on storage, management and Utilization of Mobile Mapping System data-

(研究期間 令和2年度～令和5年度)

社会資本マネジメント研究センター

社会資本情報基盤研究室

Research Center for Infrastructure Management

Information Platform Division

室 長

西村 徹

Head

NISHIMURA Toru

主任研究官

大手 方如

Senior Researcher

OOTE Masayuki

交流研究員

山崎 廣二

Guest Research Engineer YAMAZAKI Koji

The Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism collects the point cloud data on national highways for maintenance and management. NILIM developed a system to store and share the point cloud data for road administrators. And API that linked to this system and another database system to manage road accessories was investigated in this research.

〔研究目的及び経緯〕

国土交通省では直轄国道の維持管理等に活用するために、MMS¹を各地方整備局等に導入し、主に直轄国道上の点群・画像データからなるMMSデータを取得している。

ただし、MMSデータを効果的に活用するためには、各地方整備局等が取得した点群データを集約・保管し、利用する仕組みが必要であった。そのため、過年度までに、MMSデータの保管・共有を行うためのシステム（以下、「データ保管・管理システム」という。）およびMMSデータを検索・簡易閲覧し、必要なMMSデータをダウンロードすることができるシステム（以下、「データ提供システム」という。）をDXデータセンター²内に構築した。

一方、各地方整備局等が取得したMMSデータをデータ保管・管理システムへ登録するためには、一度ハードディスク等の媒体を国総研へ郵送して登録する必要があった。そこで、本研究では地方整備局等の業務用パソコンから直接MMSデータを登録することができるシステム（以下、「データ登録システム」という。）を開発し、DXデータセンター内に構築した。（図-1参照）

また、今後工事等で道路形状が変化した場合に部分的にMMSデータの更新を行うことが望まれるため、データ取得の費用・労力が比較的低廉なスマートフォン内蔵LiDARスキャナーやウェアラブルカメラ等で取得した映像の画像処理※1による点群データでMMSデータを部分的に補完する手法についても検討をおこなった。

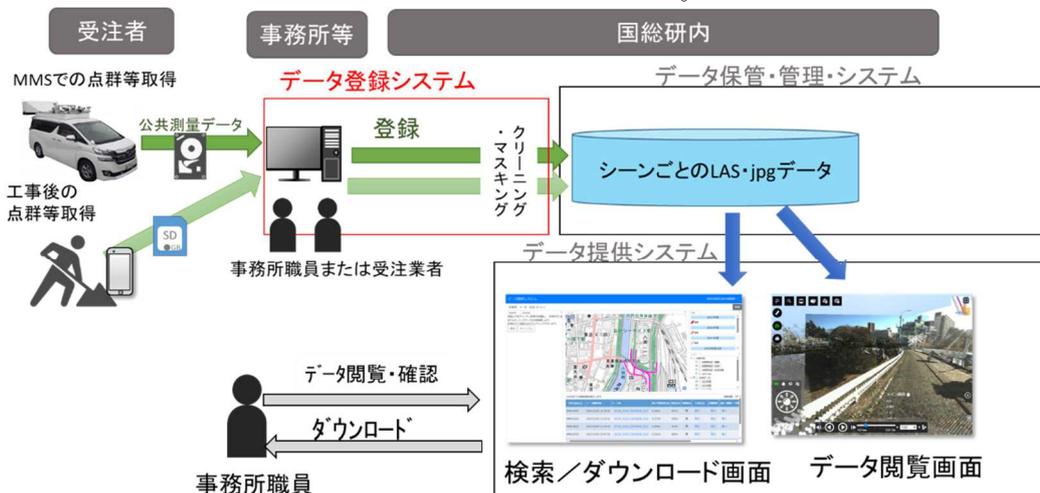


図-1 MMSデータ活用のためのシステム構成概略図

〔研究内容〕

1. データ登録システム構築

MMS データは1kmあたり数GByteの容量があるため、電子メールはもちろん、大容量ファイル伝送サービス等でも送信することができない。

また、データ保管・管理システムに登録するためには、単にMMSで取得したデータファイルをサーバへ伝送するだけでなく、①データに不備がないかの自動チェック、②画像データについて顔と車のナンバープレートにぼかしを入れるプライバシー処理、③閲覧用データ生成処理、④登録前の目視チェックを行う必要がある。特に、②のプライバシー処理はAIを用いるため、コンピュータの演算リソースを大量に消費する。サーバ側でこの処理を行う場合、どのくらいのアクセス集中に耐える必要があるかを想定することが困難であったため、①から④の作業はローカルPC側で実施することとした。このため、ローカルPCはGPU（画像処理装置）を搭載しているある程度高性能なPCである必要があることからDXデータセンター内の仮想PCも利用可能とした。

また、上記①～④の作業を同じ画面上で実行し、作業進捗が分かるUIを開発した。また、データ登録システム及びUIについて関東地方整備局の交通対策課の職員に実際に試行版のシステムを利用してもらい、ヒアリングを行った。ヒアリング時には「登録作業後、すぐダウンロードなどを利用できるのは良い」といった評価があった反面、「忙しい職員が登録作業を行うのは難しいのではないか」、「④の目視チェックの作業は、例えば目視チェック画面のサムネイルが表示されるなど、より早くチェックできるようにすべき」、「作業領域の指定などはデフォルトで作業可能にすべき」といった意見が出た。出された意見については、国土交通本省道路局とも相談の上次年度以降対応する予定である。

2. MMS データを部分的に補完する手法の研究

令和5年度までに、各地方整備局等は直轄国道のほぼ全線のMMSデータを取得している。一方、工事等で道路の形状が変化した場合、数十メートル程度の区間をMMSでデータを取得することは、MMSを現地まで移動させる費用やそれに伴う人工を考えると効率が悪い。また、散発的に実施される道路工事箇所について測量業者に都度データ計測を依頼すると、かなりの費用が発生してしまう。

そこで、なるべくデータ取得は施工の一環として施工業者をお願いすることを前提として、スマートフォンやウェアラブルカメラ等の汎用機器を用いた簡易な手法で現地データを取得してもらい、点群生成のデータ処理は専門の測量会社等に一括して依頼する方針を考えた。

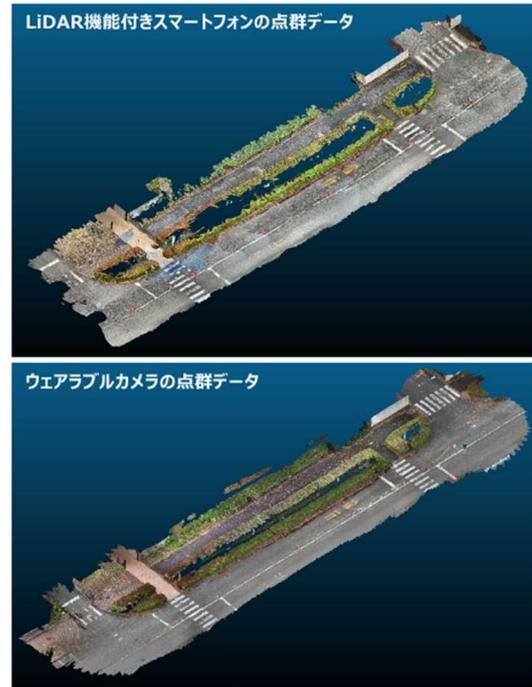


図-2 簡易的な手法で取得した点群データの例

そこで、簡易な手法で取得したデータがMMSデータを補完可能な精度を有するかについて検討するために、LiDARセンサー内蔵スマートフォン及びウェアラブルカメラからの点群データの精度を検証した結果、撮影方法に気をつければどちらも水平較差0.15m程度を維持できることが分かった。よって、1/500程度の図面の元図となり得る精度を確保できることが分かった。なお、このデータ取得方法については「MMSデータを補完するデータを取得・生成・登録するガイドライン案」としてとりまとめた。

〔研究成果〕

本研究では、MMSデータを地方整備局から直接登録することが出来るシステムについて開発しDXデータセンター内の仮想PC内に構築した。

また、MMSデータを補完する手法として簡易的な手法で取得した点群がMMSデータを補完可能な精度を持つことを確認し、データ取得方法についてのガイドライン案を作成した。

〔成果の活用〕

各地整によって継続的に取得される直轄国道のMMSデータの収集・管理・共有のために、本研究で構築したシステムが本省及び各地整で活用される予定である。

1) Mobile Mapping Systemの略。自動車上にLiDAR、デジタルカメラ、GNSS装置、IMU（慣性装置）を搭載し、道路面および道路周辺の3次元座標データと連続カラー画像を取得するシステム。

2) BIM/CIM普及を目的として国総研内に構築されている。主な機能として大容量ストレージと仮想PCがある。

道路標識データベースに関する検討

—道路附属物データベースと道路標識データベースが連携するためのAPIの検討—

A consideration of API to link the Road Accessories Database and the Road Signs Database

(研究期間 令和5年度)

社会資本マネジメント研究センター 社会資本情報基盤研究室

Research Center for Infrastructure Management Information Platform Division

室長	西村 徹	主任研究官	大手 方如
Head	NISHIMURA Toru	Senior Researcher	OOTE Masayuki
研究官	柴田 直弥	交流研究員	山崎 廣二
Researcher	SHIBATA Naoya	Guest Research Engineer	Yamazaki Koji

The purpose of this investigation is to organize how to link Road Accessories Database and the Road Signs Database with API, and to investigate the communication method of API.

〔研究目的及び経緯〕

国土交通省（以下、「国交省」という）では、道路案内標識における道路管理者間での不整合やカーナビ等民間サービスとの不整合を改善するため、官民それぞれが提供すべき情報を整理し、道案内全体の体系化・統一化を図ることを目指している。

国土技術政策総合研究所（以下、「国総研」という）では、過年度までに直轄国道のMMSデータをダウンロード

ードできる「データ提供システム」内のMMSデータを用いて、点群データとOCR(Optical Character Reader)技術により道路案内標識の板面情報を半自動で抽出する「道路標識データベース登録支援システム」を開発した。また、当該システムから出力される標識データを登録することで全国直轄国道の道路標識をデータベース化し、GISを用いて道路案内標識のデータを地図上に表示するとともに不整合事例のチェックや板面情報

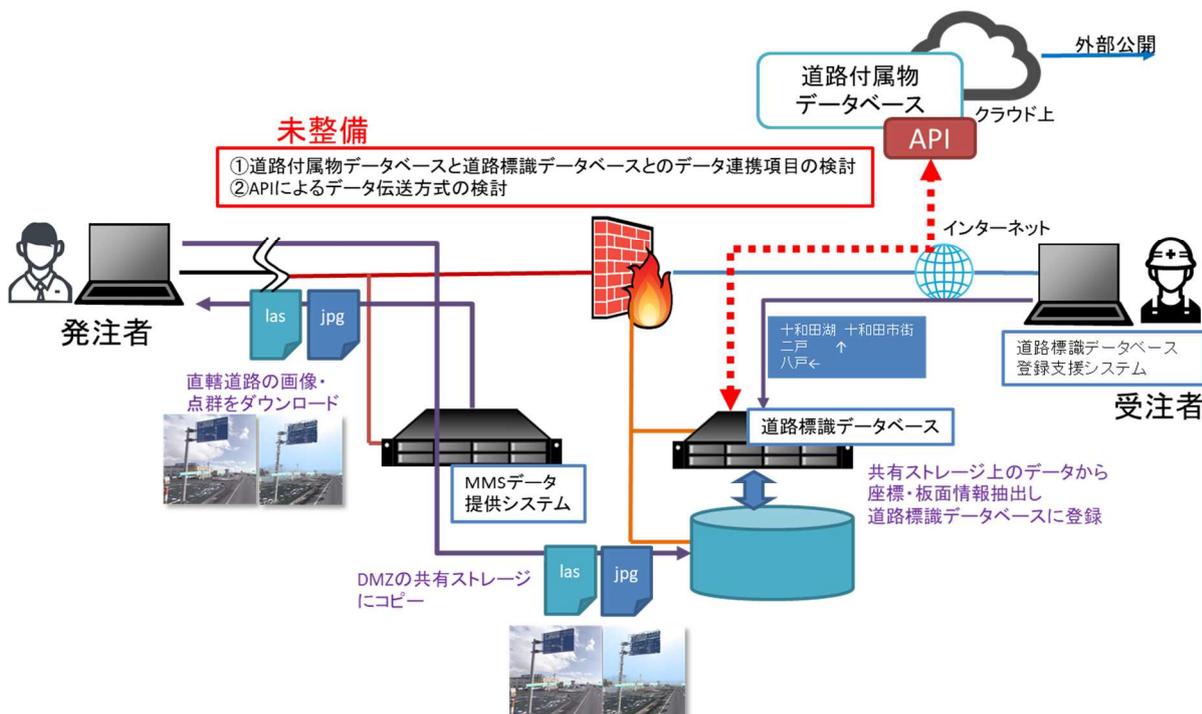


図-1. 本検討に関わるシステム概略構成図

※本報告は令和4年度当初予算の標記の研究課題を令和5年度に継続して得た結果をまとめたものである。

の適切な管理を行う機能を持つ「道路標識データベース」を構築した(図-1参照)。

一方、国土交通本省道路局において当該データベースを道路附属物データベースのサブシステムとして位置付ける調整が行われているが、両データベースが有効に活用されるためには、両データベースの連携を検討する必要がある。

本検討では、①道路附属物データベースと道路標識データベースとのデータ連携項目の検討及び②APIによるデータ伝送方式について検討した。

〔研究内容〕

① 道路附属物データベースと道路標識データベースとのデータ連携項目の検討

すでに利用が開始されている“道路附属物データベース”と道路標識データベースは共に道路標識のデータを登録することが出来るため、両データベースにおいて同じ項目に違う数値等が登録される“二重整備”を避ける必要がある。また、両データベースの管理項目は同一ではない。よって、将来的には利用者が両データベースを自由に参照可能になることを想定して、点検結果、補修履歴、図面については、5年毎の点検で得られるデータであるため、道路附属物データベースにのみ登録し、道路標識データベース登録支援システムで作成可能な板面の詳細な内容については道路標識データベースにのみ登録することで二重整備を避けることとした。また、諸元はデータ検索時のキーとして必要であることから両データベースに登録することとした。

② APIによるデータ伝送方式の検討

i) 連携キーの検討

道路附属物データベース及び道路標識データベース共に現状ではデータがほとんど登録されていない状況である。よって、連携するための連携キーをどの項目にするかを検討する必要がある。連携キーの候補としては案1：“道路標識データベース側の内部キーである「標識ID」、案2”道路附属物データベースの内部キーである「整理番号」等(管轄情報+路線情報+整理

番号の組合せ)“、案3“道路附属物データベースにて整備される「施設ID」”が考えられた。

案1では、道路附属物データベースに追加の項目を増やす必要があるため、データベースの構造が冗長になるという課題がある。案3は、現状では道路附属物データベースに施設IDがほとんど振られていないという課題がある。よって、現時点では、案2の既に整備済みである道路附属物データベースの「整理番号」の採用が効率的であると考えられる。

ただし、点検時等に道路附属物データベースの施設IDの登録が進めば、案3のユニークなIDである施設IDを連携キーとした方が確実であると考えられる。

ii) データ伝送方式の検討

実際にデータ連携を行う必要がある項目は“諸元”と“写真”である。連携に用いるキーは施設IDが整備されるまでの期間は整理番号をキーとし、施設IDが整備された後は施設IDとする。また、実際の運用を考えると、諸元が変化するのは点検時のみと考えられるため、道路標識データベースから道路附属物データベースへの定期リクエストに応える形での道路附属物データベースからのデータ伝送のみでよいと考えられる(図-2参照)。

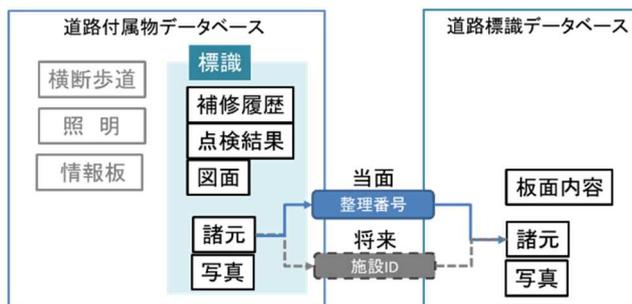
なお、API連携にあたっては、連携先のデータベースからのデータ伝送のリクエストに答える形でデータを伝送するリクエスト型とデータ伝送元のタイミングでデータを伝送するプッシュ型がある。本件等における両データベースの連携にあたっては、道路標識の諸元や画像の更新頻度は数ヶ月から1年に一度程度と想定されるため、たとえば1日1回の定期リクエストによる更新でも、更新の遅延はほとんど問題にならないと考えられることから、セキュリティ上より安全なリクエスト型を利用することとした。

iii) API仕様書の検討

道路附属物データベースには既に「全国道路施設点検データベース 道路附属物データベース 登録用API仕様書」が整備されており、これに基づくAPIも実装されている。ii)の検討結果から道路標識データベース側にAPIを実装する必要が無いことが分かったため、道路附属物データベースのAPIに追加が必要と考えられる項目を整理した。

〔成果の活用〕

今後、道路附属物データベースとAPI連携を行うために、本省道路局を通じて当該データベースを管理している団体へ本件等で作成したAPI仕様書案を提示し、API改訂の依頼を行いつつ、実際のAPI連携を進めていきたい。



実際の運用上、道路附属物データベースから道路標識データベースへの一方通信

図-2 データ連携のイメージ

道路整備等の生産性向上に資するICTを活用した施工及び維持管理 の高度化に関する調査

Survey on advancement of using ICT on construction and maintenance that contributes to productivity improvement such as road construction

(研究期間 令和3年度～令和5年度)

社会資本マネジメント研究センター
社会資本施工高度化研究室
Research Center
for Infrastructure Management
Advanced Construction
Technology Division

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher
主任研究官
Senior Researcher
研究官
Researcher
研究員
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

杉谷 康弘
SUGITANI Yasuhiro
吉永 弘志
YOSHINAGA Hiroshi
山中 勇樹
YAMANAKA Yuki
今津 亘一
IMAZU Koichi
鈴木 達規
SUZUKI Tatsunori
五十嵐祐一
IGARASHI Yuichi
早川 直樹
HAYAKAWA Naoki
池田 誠
IKEDA Makoto

In this research, our research team have improved the standards for road earthwork and pavingwork that has been standardized for ICT utilization work, and have devised a measure to improve the efficiency of maintenance of road-related equipment by utilizing the 3D data used for construction.

〔研究目的及び経緯〕

国土交通省では、建設現場の生産性を向上させ、魅力ある建設現場の実現を目指す i-Construction を推進している。この i-Construction のトップランナー施策の一つである「ICTの全面的な活用」については、平成28年度の土工への活用を皮切りに、舗装工（新設・維持修繕）、土工周辺構造物工について、ICT建設機械を用いた情報化施工に必要な基準類を順次整備してきたところであるが、更なる建設現場の生産性向上を実現するためには、これらの工種における ICT 活用工事の施工実態を調査し、生産性向上のための課題を明らかにし、この結果に基づき、基準類の改善を進める必要がある。令和3～4年度は等対地高度による UAV 写真測量及び移動体搭載型プリズムを用いた出来形管理の技術が適用可能となるように基準類を改定した。令和5年度は、地盤改良工及び法面工における適用工種・適用技術を追加した。

また、施工に用いた3次元データ等を維持管理段階

へ効果的に活用すること等により、道路関係設備の維持管理を効率化する必要がある。本研究では、道路排水設備の3次元モデル作成を通じて効率的な3次元モデル作成手法をとりまとめた。

〔研究内容・研究成果〕

1. ICT活用工事の基準類改善

(1) 地盤改良工

地盤改良工に関しては固結工（中層混合処理）及び路床安定処理が適用工種とされていたが地盤改良工は多種・多様であり、基準類が未整備の工種が多く残されている。令和5年度はバーチカルドレーン工及びスタビライザを用いた路床安定処理工を追加する検討を行った。ICT活用の対象はいずれも施工機械の履歴データとした。バーチカルドレーン工では位置・間隔・打ち込み長さ、スタビライザによる地盤改良では施工厚さ、天端幅、天端延長の計測精度を現地で確認した。また、モニタ画面でリアルタイムに出来形を確認できることから生産性の向上が期待できることも確認した。以上



図-1 地上型レーザースキャナー（TLS）を用いた出来形管理の現場での確認試験

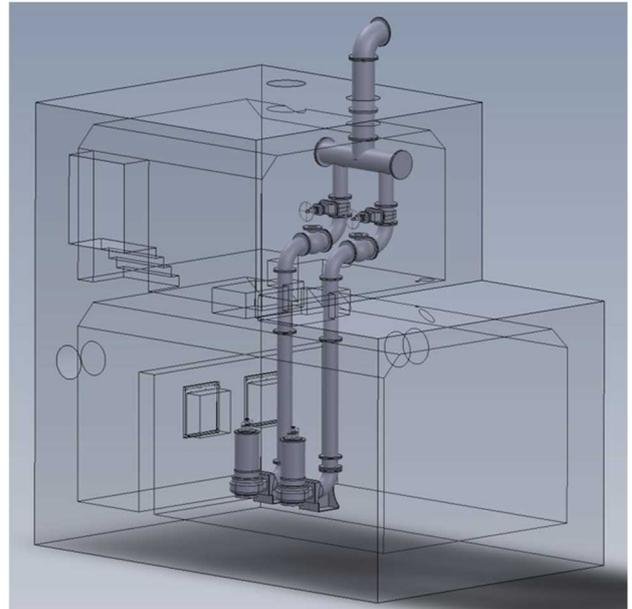


図-2 道路排水設備の3次元モデル

によりこれらの工種を適用工種に追加した。

(2) 法面工

法面工に関しては植生工、吹付工及び法枠工が適用工種とされていたが落石雪害防止工（落石防止網工、落石防護柵工、防雪柵工、雪崩予防柵工）には対応していなかった。令和5年度は落石雪害防止工を追加する検討を行った。ICT活用の対象は多点計測技術とし、地上型レーザースキャナ（TLS）の計測精度を現場で確認した（図-1）。幅・延長の計測誤差は、計測密度が高密度（8mmピッチ）の場合に最大0.33%、低密度（32mmピッチ）の場合に最大0.47%となり、ともに必要な精度を満たした。しかし、低密度（50mmピッチ）の場合には落石防護網工の外周ラインの位置が点群からは判別できず、幅・延長の計測が困難であった。よって、多点計測技術を落石雪害防止工の出来形計測に用いる場合は、1点以上/0.0009 m²（0.03m×0.03mメッシュ）の計測密度を条件として適用可能とした。TLS等の多点計測技術を用いることで法面への昇降が削減できるので安全性・生産性の向上が期待できる。

さらに、法枠工については地上写真測量において標定尺・検証尺を撮影した画像を併用して幅、高さ、枠中心間隔を計測する技術及び法面展開図を作成する点群処理ソフトの技術が適用できるように改定した。

2. ICTの活用による道路関係設備の維持管理の効率化に関する検討

(1) 既存道路関係設備の3次元データの取得手法

機械設備の3次元モデルを効率的に作成するためには、作成作業の効率化と作業の手戻りを防止することが重要である。設備完成時に作成した3次元モデルは設備の修繕や更新により設備の位置や形状を変更する必要があるが、現状では設備の位置や形状を変更する手間が大きくなっている。この要因として、CADソフトの特殊な機能を多用するとソリッドモデルの変更に時間がかかる、形状を保持する条件を設定した数が多いソリッドモデルほど形状を変更した際にエラーが起りやすいことがあげられる。

この課題に対応するため、低詳細度、中詳細度及び高詳細度別に3次元モデルを作成する際に使用するスケッチ及びフィーチャー機能等を整理した。この考え方を確認するため、アンダーパスにおける標準的な道路排水設備（水中ポンプ2台）について、詳細度300相当で3次元モデルを作成し（図-2）、その妥当性を確認した。

なお、作成対象機器はポンプ室、水中ポンプ、排水配管、逆止弁及び仕切弁とした。

〔成果の活用〕

施工段階における成果は、「3次元計測技術を用いた出来形管理要領（案）令和6年3月版」として公表した。今後も、基準類を改定する予定である。

また、効率的な3次元モデル作成手法は、地方整備局が道路関係設備の3次元モデルを作成する際に活用する。今後は道路関係設備におけるBIM/CIMの更なる活用に向けて取り組む予定である。

6. 道路橋・附属物等の長寿命化・耐災害性向上のための
マネジメントとコスト縮減

道路橋等の性能評価方法の充実・高度化に関する調査検討

Study on the sophistication of performance evaluation method for bridges

(研究期間 令和3年度～令和5年度)

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

室長 白戸 真大
Head SHIRATO Masahiro
主任研究官 岡田 太賀雄
Senior Researcher OKADA Takao
交流研究員 白石 悠希
Guest Research Engineer SHIRAIISHI Yuki

Reducing the number and weight of structural members makes bridges behave more complexly, and a considerable discrepancy can appear in the load effects between the design and the actual ones. Previous studies in this project showed that thermal gradients are more complex in such structures, and a more sophisticated model should be considered in the design of new types of bridges. Accordingly, this year, we have proposed an alternative design thermal gradient based on the monitoring data acquired at several bridges.

【研究目的及び経緯】

道路橋示方書では、橋ごとに、供用期間中に橋が置かれる不利な状況を代表するように、荷重の組合せや載荷方法を考慮し設計することが原則とされている。そして、既往の多くの橋について橋が置かれる状況の影響を評価できる荷重やその組み合わせが用意されており、多くの橋がそれらを用いて設計されている。しかし、桁高や支承高が高い曲線橋や特殊なウェブと外ケーブルを有する橋の最近の損傷例からは、上部構造の温度勾配とそれによる部材間の挙動の違いにより生じる二次応力が橋の構造信頼性に大きく影響し、これまで橋の設計で考慮している上床版とその他部材の温度差だけでなく、ウェブ間の温度差も無視できない影響を及ぼしている可能性が分かってきている。

本研究においても、令和4年度までに、国土交通省が管理する波形鋼板ウェブPC箱桁橋（以下、波形鋼板ウェブ橋という）の損傷の分析やモニタリングを行い、箱桁ウェブ間の温度差が損傷の主な要因の一つであることを明らかにした。

本年度は、特殊なウェブを有する複数の橋のモニタリングデータや、過去に複数の橋で行われた既往の温度勾配の計測結果を分析し、今後の様々な道路橋の設計で考慮すべきと考えられる温度勾配を提案した。

【研究内容】

本研究において過年度にモニタリングを行った波形鋼板ウェブ橋（A橋）の諸元を表-1に、計測時期、温度差の計測結果を表-2に示す。また、桁断面の平均温度とウェブの温度の散布図を図-1に、左右ウェブの温度差が最大となった測定日の外気温及び上床版と左右ウェブの温度の変化の時刻歴を図-2に示す。A橋の架橋方向は南東～北西であり、午前中に東側ウェブが、午後西側ウェブが日射を受ける。そこで、図-1では、日中

に日射を受ける時間が長く、より高温となる西側ウェブを日照側ウェブ、反対の東側ウェブを日陰側ウェブとして、計測期間中の日照時間以外も含めた10分ごとのデータをプロットしている。

図-2から分かるように、上下床版コンクリートは外気温や日射の影響をほぼ受けずに一定の温度推移を示しており、常に上床版が約1～2℃程度高く推移している。コンクリート橋の設計では、一般に、上床版とその他の部材の温度差として5℃を見込むことになっており、それと比べると値は小さいが、上床版が高温を示す傾向は一致している。

左右のウェブの温度は、平均温度に対してほぼ1:1の

表-1 モニタリングの対象橋梁の諸元

橋梁名	構造形式	平面形状	斜角(°)	架橋方向
A橋	波形鋼板ウェブ	曲線	90	南東-北西
B橋	波形鋼板ウェブ	曲線	90	南西-北東
C橋	複合トラス	曲線	90	南西-北東
D橋	PC箱桁	直線	90	北西-南東
E橋	PC箱桁	直線	90	北西-南東

表-2 計測時期と最大温度差の計測結果

橋梁名	計測時期	最大温度差	
		左右	時刻
A橋	11/8～11/10	8.4℃	15:00
B橋	9月～3月	33.3℃	11:00 (12月)
C橋	12月	7.4℃	11:00
D橋	不明	7℃	12:00
E橋	冬季	6℃	16:00

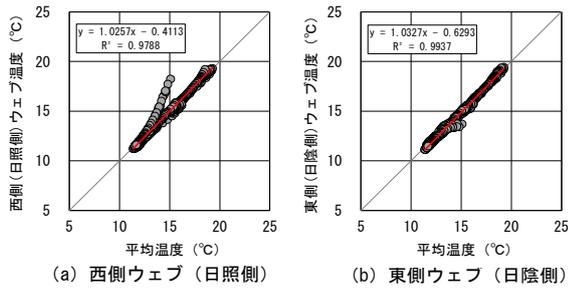


図-1 平均温度とウェブの温度の散布図 (A橋)

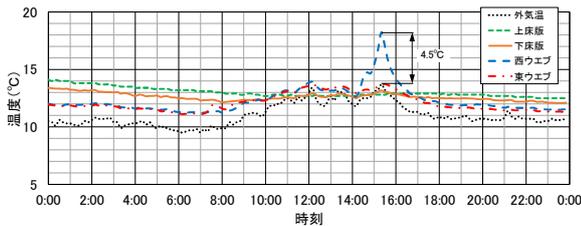


図-2 温度の時間変化の時刻歴図 (A橋)

相関を示すが、図-1(a)に示すように、日照側のウェブは平均温度に対して高温側へのばらつきが大きい。また、図-2 から分かるように、外気温との差も大きくなる。日陰側は、図-1(b)で示すように、日照側と比較してばらつきが小さい。また、図-2 から分かるように外気温との温度差も小さい。日照側ウェブは、15 時付近で最も温度差が大きくなっている。なお、本橋では、上部構造の隔壁や鋼板と床版の接合部コンクリートに損傷に見られており、令和3年度および4年度に数値解析等を用いて分析を行ったところ、ウェブ間の温度差が、上部構造に変形と二次応力を引き起こしている可能性が見られた。

次に、A橋とは異なる波形鋼板ウェブ橋(B橋)と鋼・コンクリート複合トラス橋(C橋)において、それぞれの道路管理者が行ったモニタリングデータを用いて同様の分析を行った。諸元を表-1に計測時期、温度差の計測結果を表-2に示す。分析に用いたデータは、B橋では9月～3月に、C橋では12月に計測されたものであり、いずれの橋についてもそのうち左右の温度差が大きかった3日間の計測値である。3橋の桁断面の平均温度とウェブの温度を統合した散布図を図-3に示す。B橋及びC橋もA橋と同様の結果を示しており、日照側では平均温度に比べて明らかに大きな温度が生じる

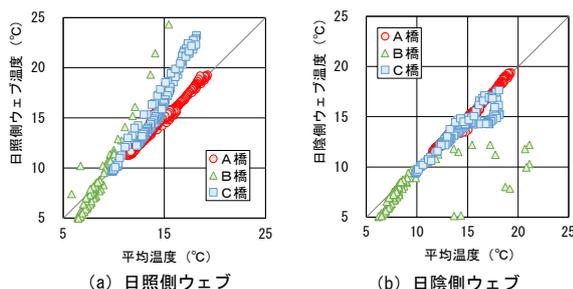


図-3 平均温度とウェブの温度の散布図 (A～C橋)

ことがある。表-2に示すとおり、最大の温度差はそれぞれ10°C程度と30°C程度となっている。これらの橋でも、ウェブ鋼材と床版コンクリートの接続部や外ケーブルの偏向部で損傷が生じている。

以上のような特殊なウェブを有する橋だけでなく、文献調査を行い、過去にPC箱桁橋で桁の左右の温度分布が計測された2橋(D橋、E橋)についても同様の分析を行った。諸元を表-1に、計測時期と温度差の計測結果を表-2に示した。温度計測の位置は、D橋は左右の張出床版の下面、E橋は左右のウェブである。コンクリートの床版間またはウェブ間でも左右で温度差が生じており、左右の最大の温度差は6°C～7°Cであった。つまり、従前から多く建設されてきたコンクリート箱桁においても、特殊なウェブを有する構造と同様に、左右のウェブで温度勾配が生じる。温度勾配は同様でも、構造に与える効果は異なり、損傷等を引き起こさなかったことでこれまで着目されなかったと考えられる。

表-2に示す通り、A橋からE橋まで、不明であるD橋を除けばいずれも冬季の計測結果であること、材料の違いによる結果の違いがみられないことを考えると、ウェブ間の温度差は、架橋方向や日陰を作る周辺の地形等によるものである可能性が高い。

以上の結果から、ウェブの材質によらず、温度差として、桁断面の平均温度に対して、上床版は、道路橋の設計ですでに考慮されているように+5°C程度、また、ウェブの左右いずれか一方、橋にとって厳しくなる側について+10°Cから+30°Cを考慮するのがよいと考えられる。

【研究成果】

本研究では、橋の性能をよりの確に評価するためには、少なくとも、従来考慮されていた上下床版間の温度差に加えてウェブ間の温度差を見込む必要があること、また、見込むのであれば+10°Cから+30°Cの温度差が適当である可能性を示した。なお、多径間の連続橋では、立地条件によっては日射を直接受ける径間と受けない径間が生じ、さらに複雑な挙動になりえることも設計で考慮する必要があると考えられる。

最近の新しい形式の橋だけでなく、従前の典型的な箱桁橋においてもウェブ間の温度差は顕著であった。しかし、他の外力に比べると応答への寄与が小さかった場合が大半であったものと考えられる。また、多様な形状、材料の橋の性能を評価し、設計するうえでは、橋がおかれる状況を表す荷重モデルや載荷方法の追加や見直しが必要となることも考えられ、新しい技術に対する橋の性能をよりの確に評価するために、橋の設計において考慮すべき状況の充実については今後も継続的な調査が必要である。

【成果の活用】

本研究で得られた成果は、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。

高度な数値解析技術を用いた性能評価方法に関する調査検討

Developing protocols of using refined numerical analyses to verify the bridge load-carrying performance

(研究期間 令和3年度～令和6年度)

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

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

白戸 真大
SHIRATO Masahiro
手間本 康一
TEMAMOTO Kouichi
清水 集平
SHIMIZU Shuhei

Design standards cannot address all issues that bridges may encounter, and designers use sophisticated numerical analyses. However, the design specifications have not yet clarified the basic principles and requirements for evaluating the reliability of the structural system integrity and safety in terms of the use of such analyses. This year's study has proposed the need to rule the way to decompose the structural system into a series of units to measure the structural reliability based on the numerical result, and such decomposed units should match with the original code calibration process of the current LRFD design format one by one.

【研究目的及び経緯】

本研究では、高度な数値解析を道路橋の設計に適用する場合に考慮、検討されるべき事項を標準化することを目的としている。道路橋の設計基準において、部材単位で所定の状態を実現するための基準耐荷力曲線や抵抗係数は、主として棒部材の実験などから、断面力や公称応力で結果を整理した結果に基づいている。一方で、国総研資料第841号でも既に指摘しており、高度な数値解析で得られる応答値と照査値には以下の点を確立、立証する必要があると考えられる。

- ・ 応答には二次応力も含まれるため、平均応力を指標にする制限値や抵抗係数を直接適用できるものでなく、適切な処理方法を確立する必要がある。
- ・ 部材の初期不整や材料のばらつきなど、通常的设计計算において道路橋示方書の制限値を用いるときと同等以上の安全余裕が確保されることを立証する必要がある。

今年度は、腐食を有する鋼桁の支点上補剛材の安全性の照査を例に、高度な数値解析を道路橋の設計に適用する場合に考慮、検討されるべき事項を検討した。

【研究内容】

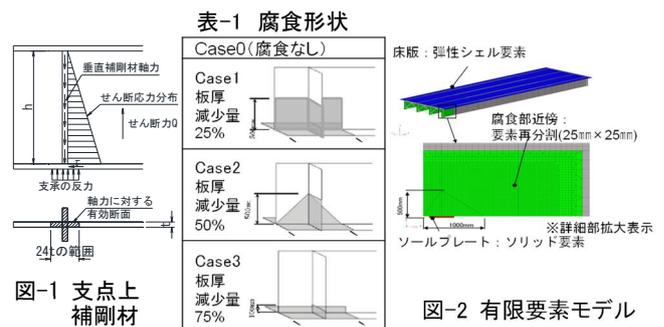
鋼桁の支点上補剛材の設計は、通常、図-1に示すように、鉛直力に対して支点上補剛材とウェブからなる有効断面の十字の柱として扱われ、支点反力は鉛直及びせん断応力を仮想十字柱に沿って三角形分布させ、座屈の照査を行っている。載荷点である支点周りでは局所的な応力集中もあるが、その影響も含めて、基準

耐荷力曲線や抵抗係数を適用できる方法として広く受け入れられている。

既設橋では、鋼桁の桁端は、局部腐食が多く見られる箇所である。局部腐食の形態によっては局所応力の影響が大きくなると考えられるが、腐食等の分布形状や程度に応じてそれが安全余裕に与える影響に定まった知見はない。

そこで、局所応力の影響も考慮した高度な数値解析を用いた耐荷性能の照査を想定する。図-2に鋼桁橋のモデルと端支点のモデルの拡大図を示す。鋼道路橋の局部腐食の実態を調べた国総研資料第294号を参考に、腐食がない場合、ある場合の計4ケースを考慮する。床版、フランジ、ウェブ、補剛材をシェル要素で、ソールプレートはソリッド要素でモデル化した。ウェブ形状の初期不整として桁高の1/250の面外変形分布を与えた。そして、上部構造の自重を作用させた後、端支点上の床版上に鉛直力を漸増させた。

図-3に荷重変位曲線を示す。板厚減少量だけでなく減少範囲の形状でも挙動が大きく変わっている。特に



板厚減少が大きく、局所的な Case 3 では非常に小さい載荷レベルで最大荷重に達している。各ケースで、支点反力が最大に達したときの支点反力と載荷点の変位を用いて無次元化した、支点反力・載荷点変位曲線を図-4 に示す。また、十字柱基部断面内の鉛直応力の最大値と平均応力を算出し、これらが、材料の一軸での降伏応力度に達したときも図上に示した。Case 0 から 2 では、断面内のどこか一点が降伏したあとも荷重は上昇し、平均応力が材料の降伏応力度に等しくなると変形量が増大する傾向にあった。材料の一部が降伏しても板内で応力の再配分が行われているものと考えられ、実際にも生じ得るものと考えられる。しかし、Case 3 では、どこか一点で降伏したときと断面全体の降伏するときの違いがなくなっている。

図-5 には、十字柱の基部断面内の鉛直応力を平均した応力度が材料の一軸の降伏応力度に達したときの鉛直応力分布を示す。青は圧縮応力集中が生じていることを意味する。板厚減少分布形状や減少量によらず、十字柱基部で応力が大きく、支点幅で分布が広がっているが、高さ方向に値も幅も減少していく。図-6 に、対応する変形の拡大図と相当塑性ひずみ分布を示す。応力分布と同様の傾向が見られる一方で、ひずみの分布では、特に Case 3 では降伏域の広がりがない。図-7 に、それぞれのケースで支点反力が最大に達したときの変形の拡大図と相当塑性ひずみ分布を示す。腐食のない Case 0 では、図-6 で十字柱基部に集中していた塑性域が図-7 では高さ方向に広がり、十字柱の全体座屈のような変形形状が見られる。減肉が高さ方向に広がりを有し、減肉量も比較的小さい Case 1 でも同様の傾向がみられる。一方で、Case 2 や 3 のように、減肉範囲が小さく、減肉量も大きくなるにつれ、最大

荷重に達したときも腐食範囲から塑性域が広がらず、腐食範囲での局部座屈のような変形形状となった。

このように数値解析を用いることで多様な腐食状態に応じた挙動の違いが見られることが利点であり、たとえば、応力集中の影響が大きくなると、材料の一部が降伏したのちの応力の再配分は生じず、ただちに崩壊に結びつく傾向がみられる。そして、支点部の耐荷性能の信頼性を評価する単位として仮想十字柱の挙動に着目できる可能性が示唆された。

以上からは、高度な数値解析を用いるとき、適切な信頼性が得られていることの立証の手順として、橋全体系の荷重変位曲線や局所的な応力値を参照するだけでなく、応力分布や変形形状などを見極めて、通常的设计で用いている基準耐荷力曲線や抵抗係数の背景・根拠と直接比較できる、信頼性を評価、制御する部位を見出す必要があると考えられる。そして、見出した部位に対応する部分的なモデルで腐食の分布や量、支点部の境界条件のモデル化の不確実性を反映させることで仮定の応力分布と基準耐荷力曲線を用いた通常的设计と同等の安全余裕を見込むことを求めることが考えられる。損傷種類や座屈などの破壊形態ごとに、考慮すべき不確実性の種類や範囲を標準化していくことが今後の課題である。

【成果の活用】

得られた成果は、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。

【参考文献】

- 1) 国総研資料第 841 号、2015.3
- 2) 国総研資料第 294 号、2006.1

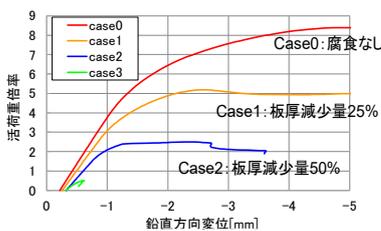
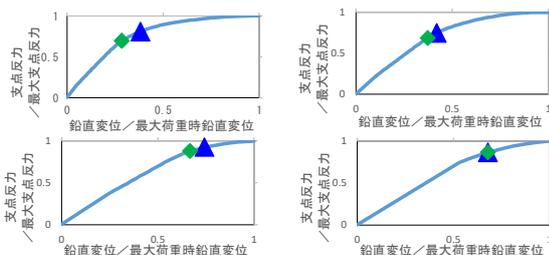


図-3 荷重変位曲線



◆ 基部断面内の鉛直応力の最大値が材料の降伏点に達したとき
▲ 基部断面内の鉛直応力の平均値が材料の降伏点に達したとき
図-4 十字柱が降伏に達した時と最大荷重の関係

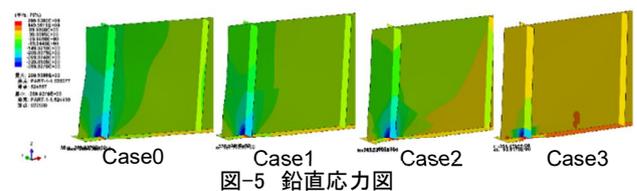


図-5 鉛直応力図

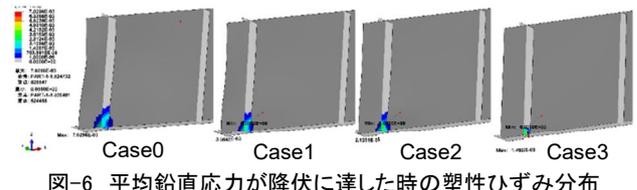


図-6 平均鉛直応力が降伏に達した時の塑性ひずみ分布

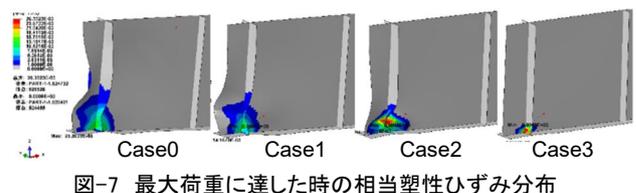


図-7 最大荷重に達した時の相当塑性ひずみ分布

道路橋の維持管理計画の継続的改善に関する調査検討

Study on the continuous improvement methodology for road bridge management plans

(研究期間 令和2年度～令和5年度)

道路構造物研究部 橋梁研究室

Road Structures Department Bridges and Structure Division

室長	白戸 真大	主任研究官	岡田 太賀雄
Head	SHIRATO Masahiro	Senior Researcher	OKADA Takao
研究官	石尾 真理		
Researcher	ISHIO Mari		

Road structure management faces challenges such as the increase in large vehicles, the deterioration in structures, and the increase in the frequency of natural disasters, and the asset management is of importance. Many road administrators consider the life cycle cost of their assets as one of the key parameters in the management and have accumulated structure condition data at regular inspection. However, no standards exist in terms of the bridge condition data structure and calculation procedure to estimate life cycle costs. The standardization is of importance to utilize and share the data and estimated life cycle costs among administrators and industry, and this year's study proposed the minimum requirement for the bridge condition data structure for asset management.

〔研究目的及び経緯〕

道路構造物の管理では、道路構造物の老朽化に加えて、大型車の増加、自然災害の頻度の増加などの課題に直面している。国土交通省では、全国の道路構造物の経年劣化や耐震補強の状況を把握し、施策の充実に努めている。また、各道路管理者も、構造物の長寿命化や耐震補強のためなどの維持管理の計画を策定し、ライフサイクルコスト（LCC）の縮減に努めている。

しかし、道路管理者が公表している長寿命化修繕計画に掲載されているLCCの試算結果は、道路構造物の状態に関するデータの種類や内容、試算に用いる方法や仮定、試算結果の適用の前提条件などがまちまちであり、各道路管理者のデータを集約しても、全国的な集計、道路管理者間の比較などにもそのままでは活用できないという課題がある。

そこで、本研究では、道路橋を対象に、全国的な集計や分析、各道路管理者間の比較にも活用できるように道路橋の劣化状態のデータの収集、蓄積が可能なデータ構造を検討する。

〔研究成果〕

(1) 検討方法

LCCは、一般に以下の①～③の繰り返し計算である。

- ①橋の現状態に対して、統計的劣化モデルを適用、劣化の進展を仮定する。
 - ②橋の各部があらかじめ仮定した状態に達したときに修繕を行うとして、あらかじめ仮定した修繕単価を修繕を行う範囲に乘じ、修繕時期と費用を積み上げる。
 - ③修繕を行った範囲の状態を設定しなおし①に戻る。
- そこで、LCCの評価のために道路橋のデータをどのよ

うな質で収集、蓄積するのかは、a. 統計劣化モデルの作成や適用の観点とb. 修繕費用の積み上げの観点の両者から検討する必要がある。以下ではaについては過去の国総研での研究結果のレビューから、bについては、道路橋の修繕設計のデータを収集し、新たに分析を行い検討する。

(2) 統計的劣化モデルの作成の観点からの検討

部位ごとの劣化の特徴を詳細に反映した統計的劣化モデルの利用がLCCの計算上有効であれば、LCCの計算対象とする道路橋の現状態について詳細なデータを収集することに意味が出てくる。

国総研では、過年度に、劣化モデルを与える対象部位の分け方の詳細さとそれに対応するような統計的劣化モデルを適用したときと、それよりも部位の分け方を荒くして劣化モデルを適用したときで、LCCの計算値の違いに与える影響を検討しており¹⁾²⁾、以下のことが分かっている。

○部材種別のみならず、同じ種別の部材別、さらには一つの部材の中で部位を細かく分けて、それぞれに適する劣化モデルを適用するときと、上部構造、下部構造といった大きな構造の単位や、部材種別ごとに劣化モデルを適用するときでも、対象とする道路橋数が多くなるほど、対象道路橋全数のLCCの計算値はほぼ同じ値に近づく。

○実際の橋の維持管理費用の実績値と比較すると、詳細に部位を分けることで、数が少なくても、実績値に対する誤差は収束しやすくなったが、それでも計算値は実績値に対して少なくともプラスマイナス30%程度の不確実性を有する。

以上からは、精緻なデータを蓄積する意味はあるも

の、LCCの計算値に大きな誤差があることも考えて用いる分には、統計的劣化モデルの適用の観点からは橋の構造を詳細に分けて状態を記録、蓄積することの効果は小さいと考えられる。

(3) LCCの計算のための修繕単価の観点からの検討

検討の方法は以下のとおりである。平成22年度から令和2年度に地方自治体にて発注された道路橋修繕設計の121事例に対して、環境条件、材料、橋梁諸元、修繕内容、修繕費用を整理する。121事例の上部構造材料別の内訳を図-1に示す。このデータから、1径間あたり、橋面積単位あたりなど、単位あたりの修繕費の相関を調べる。加えて、鋼橋とコンクリート橋、部材種別、さらには桁端と桁一般部といった部位別といった着目する構造の対象範囲を決めたときの単位当たり修繕費の相関関係を調べる。これにより、相関が認められれば、LCCの試算に用いる橋の状態や修繕費を蓄積するために有効な単位や構造の対象範囲である可能性がある。さらには、相関関係をとる単位や対象とする構造の範囲を細分化していったときに、相関性が改善すればより適切な単位・範囲である可能性があるし、顕著に改善しなければ、それ以上の詳細さを求めることの限界である可能性がある。

図-2は、上部構造について、直接工事費と構造体ごとの橋面積及び径間数の相関を整理したものである。修繕費は橋面積との相関が高い。また、相関係数も0.7程度あり、既に道路管理者が所有する既存のデータを統一的に整理、蓄積することで有用なデータとなり得ることを示唆していると考えられる。

図-3は、上部構造について、直接工事費と橋面積の関係を材料別に整理した。材料別の相関関係は明らかに異なる。また相関係数も、材料の区別せずに求める場合に対して、相関式が明らかに異なっていることから、材料別に集計する意味があると考えられる。

図-4は、上部構造（主桁・横桁、床版）の直接工事費と橋面積の相関を整理したものである。(a)は、主桁・横桁、床版のいずれの修繕を行ったかによらずいずれかの修繕を行ったときの直接工事費をすべてプロットしたもの、(b)は鋼主桁とコンクリート主桁、(c)はコンクリート床版で分けた。修繕費に占める主桁・横桁の割合が支配的である様子が分かる。

橋ごとに様々な劣化の種類、範囲などが異なると考えられるが、修繕費の実績から見れば、図-4(a)のように上部構造といった大きな括りで橋の状態や修繕のデータを蓄積することでも、多数の橋のLCCの合計値の計算するために参照するデータとして十分な質である可能性が見いだせた。なお、図-3、4で、PC橋や床版においては、工事費と橋面積の間での相関が低くなっているが、対象橋梁では全面的というよりも部分的な修繕が多かったためと考えられる。部分ごとの対応を積み重ねる場合もあり得るが、塩害や疲労を考えた

ときには橋全体にわたっての対応を想定して費用等を見積もる方が結果的にはマネジメントの目的に合致する場合も多いと考えられる。このあたりの取り扱いは、データの蓄積方法とは別に、LCCの算出方法の標準化において検討を行う必要がある。

(4) まとめ

結果的に上記(2)と(3)の結果は、矛盾がないものとなった。LCCの推計に用いるための橋の劣化状態や修繕費に関わるデータを全国で収集、蓄積するにあたっては、少なくとも上部構造、下部構造及び上下部接続部別、材料別に整理、蓄積するのがよいこと、また修繕費については橋面積あたりで整理できるように蓄積するのがよいことが分かった。

【成果の活用】

道路橋の定期点検データベースの仕様の改善や長寿命化修繕計画に関する技術資料の提案にて用いる。

【参考文献】

- 1) 石尾・白戸：既設道路橋のLCC算出結果のばらつきに関する一考察，第35回日本道路会議論文集，No. 2028，2023. 11.
- 2) 桑原・宮原・松村・白戸：道路橋の状態変化やライフサイクルコスト推定の不確実性，土木技術資料 Vol. 60 No. 3 p. 12-15，2018. 3.

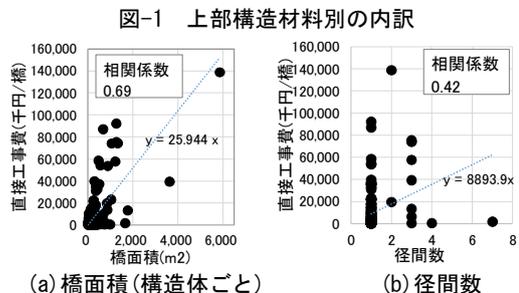
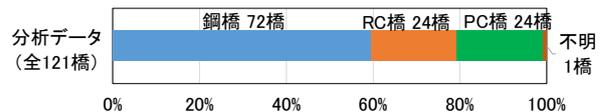


図-2 直接工事費との相関（上部構造）

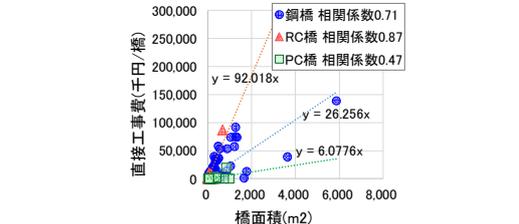


図-3 直接工事費との相関（上部構造・材料別）

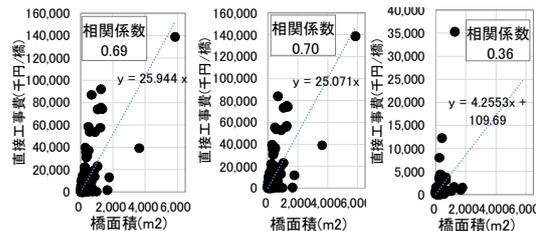


図-4 直接工事費との相関（上部構造）

道路橋の点検の省力化・高度化に関する調査検討

Development of bridge evaluation protocols with more reliability and less labor intensity

(研究期間 令和2年度～令和5年度)

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

室 長 白戸 真大
Head SHIRATO Masahiro
主任研究官 焼田 聡
Senior Researcher YAKITA Satoshi
交流研究員 恵良 将主
Guest Research Engineer ERA Masakazu

This study aims at developing bridge inspection planning protocol in which inspection support technologies can be involved. The bridge stability is greatly affected by the stability of foundation ground, but it is sometimes hard to notice its irregularity by the close-view observation. Accordingly, this year, we investigated earlier cases of slope monitoring and examined how to take advantage of 3D point cloud data to infer the foundation ground instability. The results showed that the 3D point cloud data may be insufficient to capture the early stage of slope instability but can suggest apparent unstable soil deformation when using a high-density data acquisition.

【研究目的及び経緯】

本研究は、様々な点検方法を組みあわせ、点検の質の向上と作業の省力化を可能にする点検計画の作成方法を提案することを目的としている。

道路構造物の点検を支援する様々な技術開発が行われている。橋の安全性を確保するためには橋本体構造のみならず周辺地盤の状態も適切に評価する必要があるが、都度近接するだけでなく、表面座標を俯瞰的に記録、比較することで異常を見逃す可能性を低くすることができる可能性がある。そこで、本研究では、地盤面形状の3次元データの密度と把握できる変位の程度との関係を調べた。

【研究内容と研究成果】

1. 斜面上の道路橋基礎の変状事例

斜面上の道路橋基礎の安定に対する措置の必要性を診断するためには、基礎が反力を得ている地盤の状態を把握する必要がある。図-1に斜面上の基礎の周辺地盤が崩壊した最近の例を示す。いずれも基礎が反力を得ている前面の地盤が損失している。原因は様々考えられるが、定期点検のたびに地盤面の座標を記録することで変位が把握できれば、よりの確な診断につながる。近年、3次元データを取得する技術は発達しており、定期点検の際に斜面形状を計測・保存することも技術的には容易になってきている。しかし、実際に、どの程度の変位を捉えることができればよいのかについては知見が蓄積されていない。

そこで、基礎は存在しない例ではあるが、表-1に、文献から、地すべり等が生じた斜面の監視事例を整理した。崩壊直前には、斜面接線方向の地表面変位で300mm(伸縮計計測)、斜面法線方向の地表面はらみ出し変位で500mm(現地計測)が観測された例もある。このことからすれば、地表面の座標について、前回定期点検からの変化を100mmから500mm単位で把握できるように定期点検のたびに3次元データを取得しておくことで、定期点検時に異常の進行が把握できる可能性がある。

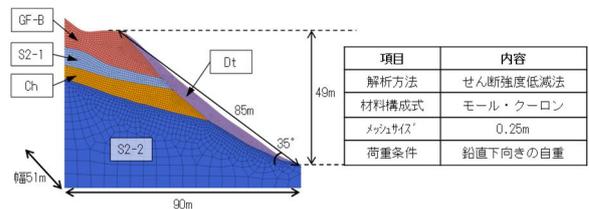
損傷状況			
基礎形式	深礎基礎	直接基礎	深礎基礎
損傷部の地質	崩積土、砂礫、風化粘板岩等	風化凝灰岩	凝灰岩

図-1 近年の斜面損傷事例

表-1 斜面監視事例

事例No.	計測手法	計測方向	計測期間	日平均変位量	斜面崩壊に至ったか	崩壊直前変位量
1	地盤伸縮計	斜面接線方向	16ヶ月	0.8mm/日	至った	100mm
2	孔内傾斜計	斜面接線方向	4ヶ月	0.05mm/日	至っていない	
3	地盤伸縮計	斜面接線方向	1ヶ月	1.4mm/日	至っていない	
4	地盤伸縮計	斜面接線方向	-	-	至った	300mm
5	地盤伸縮計	斜面接線方向	1ヶ月	0.1mm/日	至っていない	
6	現地測量	斜面接線方向	19ヶ月	0.05mm/日	至っていない	
7	現地計測	斜面法線方向(はらみ出し)	(踏査で発見)	-	至った(発見後、崩壊)	500mm

※：- は記載なしを示す。



地層記号	土層区分	代表N値	単位体積重量 γ (kN/m ³)	粘着力 c (kN/m ²)	内部摩擦角 φ (°)	変形係数 α E ₀ (kN/m ²)
Dt	崩積土	17	17	6	36	47,600
GF-B	粘土混り砂礫	13	19	6	34	36,400
S2-1	風化粘板岩1	27	17	119	23	103,200
Ch	風化チャート	33	17	135	20	118,400
S2-2	風化粘板岩2	43	18	158	20	142,400

図-2 有限要素モデル

2. 有限要素解析

図-2に、深礎基礎が採用されるような斜面を想定して作成した有限要素モデルを示す。本解析は、変位量の絶対値を実例と比べるものではないが、斜面上で変位が顕著になる位置、範囲、増加の出方など定性

的な傾向を得ることを目的として行った。斜面上の土の構成式には、単純なモール・クーロンモデルを用いた。このモデルに自重を与えたのち、各要素のせん断強度を低減することで、斜面内部での破壊の進展と地表面の座標の変化の関係を求めた。結果を図-3及び4に示す。図-3は斜面法線方向の変位のコンター図である。変位はすべり面の先端である斜面の下部(赤位置付近)で大きくなる傾向が見られた。この結果からは、3次元データの取得にあたっては、フーチング位置だけでなく比較的深い領域まで含めるのがよいと考えられる。

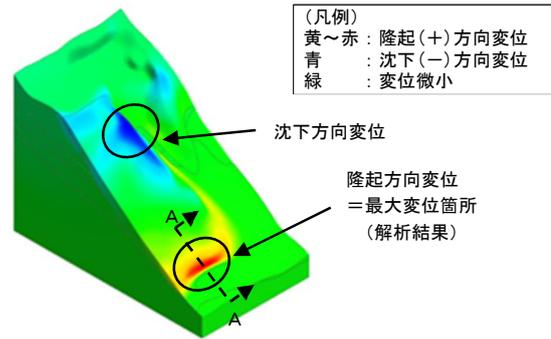


図-3 鉛直方向変位コンター図

3. 点群密度と把握できる地表面形状の変化の関係

図-4に、変位が最大となった斜面下部(図-3赤色位置)の斜面法線方向変位量とせん断強度の低減率の関係を示す。低減率が小さいうちは変位も20mm程度であり小さいが、斜面崩壊前には変位が急増し、計算上は1000mmを超える。本例はあくまで計算での、かつ1例の結果であるが、100mm程度の地盤面の形状の変化を捉えられれば、すでに進行している地盤の不安定挙動を疑うだけの有用なデータになり得ると考えられる。

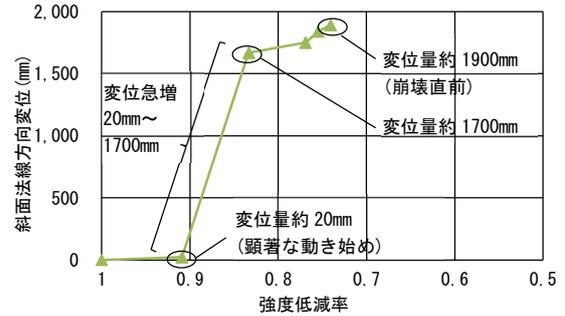


図-4 斜面法線方向変位量(変位最大位置)

図-5に、解析結果にて最大変位を確認した斜面下部(図-3のA-A断面)にて、最大変位が約1900mmに達した時の地表面での変位分布に基づいて、それと相似になるように変位分布をいくつか仮定したものを示す。たとえば赤線は最大変位が100mmになるように分布を仮定している。さらに、変位計測の誤差が50mm程度であると仮定すれば、50mm以上変位が計測されたときには0mmから100mmの変位が生じていることになる。そこで、50mm以上の変位が生じている範囲を図から求めるとおおよそ270mmになる。そこで、この範囲に3次元データの点が入るように点群の計測をしようとしたとき、点群の照射間隔のばらつきや植生が計測に与える影響を考慮しなければ点群密度として15点/m²程度が必要になる。これは、計測誤差や照射間隔のばらつきなどを単純化し、仮定をおいたときの値である。100mm単位での変化を把握するためには、より大きな点群密度での計測が必要である。

公共測量作業規定の準則では、地表面にて100点/m²以上の密度が確保できることを目標に、植生状況も考慮した点群密度での計測が求められている。そこで、国総研では、過年度に、熊本地震により被災した斜面において、準則に従い、異なる時期に3次元点群データを取得し、計測誤差を調べた。その結果、植生がない斜面で40mm程度、植生がある斜面で70mm程度の誤差が確認された。換言すれば、上で仮定した50mm程度の誤差での変位の把握のためには、15点/m²程度よりも一桁大きい100から200点/m²の点密度での計

測が必要と言える。そして、計算上は、このときには変位が顕著になっている平面範囲内に点群が確実に照査される可能性が高い。

4. 成果と課題

既往の斜面の変状事例や数値解析結果から、100mm程度の精度で地表面の変化を捉えることでも、基礎の安定に関する診断にて参考にできるデータであることが分かった。ただし、100mm程度の精度での計測の場合、異常を捉えたときには斜面内で既に破壊が進行している可能性があることや、異なる時期のデータ間で大差がなかったとしてもその結果のみで異常がないことの証左にならないことに留意が必要である。これまでの定期点検と同じく基礎周辺の地盤を踏査結果と組み合わせて点群データを活用することで、診断の信頼性を高められると考えられる。

そして、いくつかの仮定のもとでの考察になるが、公共測量と同等の200点/m²の点密度のデータが定期点検にて記録されれば、上の目的にかなう可能性が高いことも分かった。今後、検討や計測の事例を蓄積することで、より適する点群密度を設定できる可能性がある。

[成果の活用]

本研究で得られた成果は、道路構造物の定期点検のための技術資料等にて活用される。

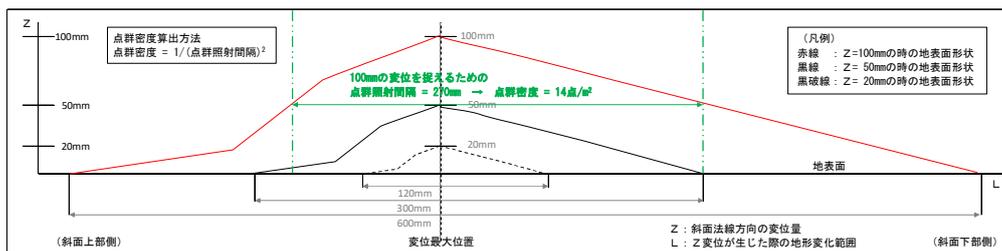


図-5 点群密度と捉えられる地表面変化の関係(変位量100mmの場合)

損傷を受けた部材の耐荷性能評価への部分係数法の適用に関する調査検討

Study on the application of partial factor format to evaluating the load bearing performance of damaged members

(研究期間 令和3年度～令和6年度)

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

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher

白戸 真大
SHIRATO Masahiro
手間本 康一
TEMAMOTO Kouichi

This study aims to develop partial factors to evaluate the design strength of damaged and repair members. This year, the present study proposed a method to modify the resistance factor value in design specifications in consideration of the uncertainty of repair methods and materials, and calculated typical modifier values.

〔研究目的及び経緯〕

道路橋の設計基準は、既設橋の修繕にも適用されることが多いが、損傷の箇所や程度、補修補強のために追加する材料が多様な既設橋において部材の抵抗の設計値をどのように評価するのかについては明確な技術基準がない。そこで、これらの修繕に特有の課題を考慮した抵抗係数の設定方法を一般化するなどし、既設橋の性能の評価や修繕設計の信頼性のばらつきを減らすことが望まれる。本年度は軸力と曲げを受ける部材について補修補強に用いる材料や補修補強効果のばらつきを考慮して、新設設計で用いる抵抗係数を修正する方法を検討した。

〔研究内容〕

1. 部分係数の算出法の提案

修繕する部材の耐力のばらつきに与える要因は様々である。たとえば、耐力式のモデル誤差、部材の形状のばらつき、部材内に含まれる材料強度やヤング係数のばらつきもある。このうちモデル誤差以外の不確実性は相互に影響しあう。たとえば、鉄筋コンクリートの構造のように異なる材料の組み合わせからなる断面では、それぞれの材料のヤング係数のばらつきや配置及び比率に応じて断面内の応力分布や中立軸の位置が変わる。そこで、コンクリート部材の設計に用いる抵抗係数は、文献1)で行われているように、複数の断面諸元を仮定して、様々なばらつきが曲げ耐力のばらつきに与える影響の感度を評価したうえで、設定されている。文献1)のような抵抗係数の設定方法をここでは方法1という。

しかし、方法1で行っているような感度解析を、上述のような特徴を有する補修補強部材に適用するのは現実的でない。なぜなら、同じ断面欠損の深さや面積であっても、断面内の欠損の位置によって耐力への寄

与度は変わり、また、鋼材とコンクリートのみならず補修補強材料が様々であり、損傷の形態や断面諸元を網羅的に仮定して感度解析を行うことが現実的でない。

そこで、本研究では、抵抗係数の評価法の合理化を試みた。使用材料によらず、断面の中で曲げ耐力に寄与する割合は、ウェブに比べて上フランジや下フランジが支配的であることから、モデル誤差以外のばらつきとして、上フランジ又は下フランジの強度のばらつきのみを見込み、これらを圧縮又は引張を受ける一本棒のばらつきとして扱う。この方法を方法2と呼ぶ。

方法2の具体的な手順を図-1に示す。まず、ある限界状態に対する耐力式及び耐力式が立脚する抵抗メカニズムに対応する圧縮又は引張フランジ領域を設定する。このとき、設定する圧縮又は引張フランジ領域は、製作・施工上の上下フランジと一致させる必要はなく、たとえば断面内の塑性域の広がりやウェブの

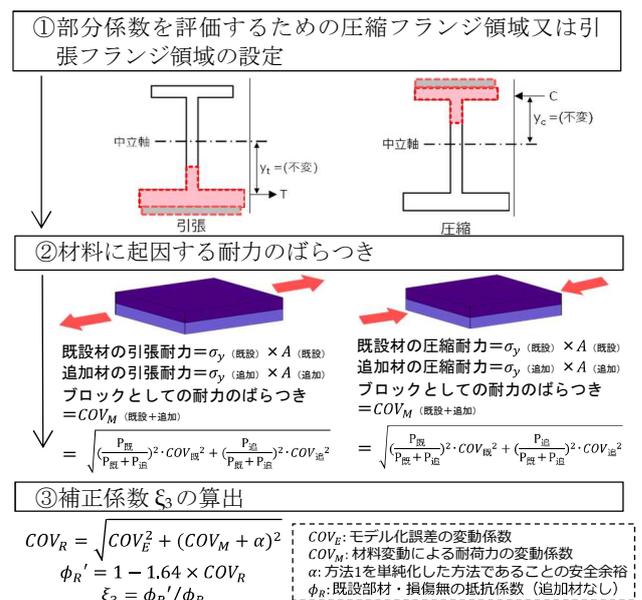


図-1 部分係数を算出する方法 (方法2)

一部を含むこともあり得る。既設材料に腐食等がある場合ない場合のいずれについても、既設材料と、補修補強のために追加する材料のばらつきが独立に扱え、かつ、両者のひずみが適合するように一軸の圧縮又は引張状態にあるとき、当該フランジの強度のばらつきは図-1②の式で表すことができる。そして、図-1③のように、当該フランジの強度のばらつきと耐力式のモデル誤差を考慮すると抵抗係数が算出できる。なお、方法2が方法1に対して危険側になりすぎないように考慮する係数 α も考え、以後の試算では1.0%を考慮した。ただし、いくつかの鉄筋コンクリート桁に対して、方法2と方法1で耐力の変動係数を評価すると概ね0.1~1.0%程度の差であり、無視できる程度であった。

2. 提案法による部分係数の試算

次の照査式を仮定したとき、既設の鋼又はコンクリート部材の耐荷性能の評価に用いる部分係数を方法2によって試算し、結果を丸めたものを表-1に示す。

$$\Sigma S_i(\gamma_{pi}\gamma_{qi}P_i) \leq \xi_1\xi_2\xi_3\Phi_R R$$

ここに、耐荷方式と抵抗係数 Φ_R 、補正係数 ξ_1 及び ξ_2 は、道路橋示方書に規定されているものであり、 ξ_3 が既設部材の損傷程度および追加材の強度比・強度に応じて抵抗係数 Φ_R を補正するための係数である。また、表-1において、既設材と追加材の強度比は、限界状態を支配する圧縮又は引張フランジにおいて算出する。

表-1の値を設定するための試算にあたっては、鋼部材、コンクリート部材の耐力式のモデル誤差や断面寸法の誤差などは、基本的には新設橋の設計に用いる部分係数の算出と同じものを見込んだ。一方、既設部材の試算を行うので、以下の点を考慮した。

まず、材料強度のばらつきは、1) 製造ロットや施工の違い等に起因するばらつきと 2) 材料中の空間的なばらつきがあるが、既設の材料はすでに材料が存在しているものであることから、材料の空間内のばらつきのみを考慮した。これは、損傷がない場合には、新設設計の部分係数よりも既設の部分係数を1.0に近い値(ばらつきが小さい)にする。次に、既設のフランジの材料に腐食などがあるとき、その断面強度の評価のばらつきを考慮する必要がある。過去に腐食のある鋼材やPC鋼材の腐食量が調べられた結果^{2),3)}からは、軸方向の断面積の平均値に対する各断面の断面積のばらつきとして10%程度が見込まれる。しかし、実務では、軸方向の腐食等の形態や程度の違いに応じて、軸方向にいくつかの区間に分けて設計断面積を設定すること

表-1 部分係数の試算結果

追加材の強度のばらつき	無補強	既設材と追加材の強度比=P _並 /(P _既 +P _並)				
		≤0.200	≤0.333	≤0.500	≤0.667	≤0.800
小(COV=5%)	0.95	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
中(COV=10%)		1.00	1.00	1.00	1.00	0.95
大(COV=15%)		1.00	1.00	0.95	0.95	0.90

や、区間内で最小と目される断面で、鋼板であれば板幅方向で減少量が大きい複数の点で板厚を計測したり、コンクリート内部鋼材であれば減少量が大きい鋼材をいくつか計測したうえで、最小値を用いたり、平均値を用いたりすることも多いと思われる。この場合、断面積の評価の不確実性は腐食した鋼板や内部鋼材の軸方向の断面積のばらつきよりも小さくなる。そこで、表-1の値を設定するにあたっては、既設材料の断面積に損傷があることを前提に、かつ、ばらつきに10%と5%を仮定した。

表-1の ξ_3 の値は、設定した既設材料の断面積のばらつきや追加の材料の強度のばらつきの幅によらず1に近い値となった。この理由は、既設材料の断面積の評価のばらつきや追加材料の強度のばらつきに比べて、耐荷方式のモデル誤差が大きく、部分係数に与える影響において支配的であることが考えられる。このことは、方法1に比べてばらつきの考慮の方法をある程度割り切った方法である方法2であっても、信頼性が適切に評価できることも意味する。なお、既設材料の断面積のばらつきを新設と同じすれば、表-1における無補強のときの係数は1.00となる。

表-1の値は、以上のような仮定において算出したものなので、以下のような場合についてのみ適用することができると考えられる。

- ・フランジとして考慮する領域に損傷などがあっても、一本棒として一様な応力分布のもとでの破壊形態となること。例えば、PC鋼材の局部腐食による応力集中やコンクリートのアルカリ骨材反応による材料の不連続が不確実性に与える影響を特別に考慮する必要がないこと。
 - ・補修補強材料と既設部材の一体性が確保され、補修補強材料が分担できる応力が明らかであること。たとえば、いわゆる合成率が明らかであること。
- 引き続き、せん断に対する信頼性の評価方法の検討を進めていく。

[成果の活用]

本研究成果は、道路橋の技術基準の策定に反映する予定である。

[参考文献]

- 1) 土木研究所資料第4401号、2020.5
- 2) 例えば、全邦釘ら：腐食鋼板の応力状態の考察と要求精度に応じた残存引張強度評価式の構築，土木学会論文集A2, Vol.69, No.2, 2013 など
- 3) 例えば、岩城一郎ら：著しい塩害を受けた道路橋PC桁内部のコンクリートおよび鋼材の物性評価，土木学会論文集E, Vol.66, No.4, 2010.11 など

道路構造物の補修・補強に関する基本工法の充実に向けた試験調査

Development of the guidance on techniques of repair and reinforcement for road structures

(研究期間 令和3年度～令和5年度)

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

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

白戸 真大
SHIRATO Masahiro
手間本 康一
TEMAMOTO Kouichi
清水 集平
SHIMIZU Shuhei

Field repairs are crucial to extending the service life of existing bridges, and several techniques, such as adding plates, concrete jacketing, FRP bonding, etc. However, there is no guidance on such methods. This year, bending loading tests were conducted on steel girder specimens strengthened with flat plates and angles. The test results showed that the stress concentrated on the edges of bolted plates and angles and the slip occurred earlier than in other areas. In summary, bolt arrangement standards are needed to function the plating method.

[研究目的及び経緯]

鋼板当て板補強は、鋼部材に用いられる最も基本的な修繕方法の一つである。当て板を接合することで、外力の増加に対して母材と当て板が一体となって抵抗すると仮定し、それぞれ許容応力度を超えないように設計することが一般的である。しかし、一体的な挙動が成立する応力状態の範囲や塑性挙動については知見が少ない。そこで、本研究では、当て板と母材が一体で桁としての塑性強度を発揮できるように当て板の諸元を決定する方法を提案するための基礎的な知見を得ることを目的に、令和4年度に当て板を有する鋼桁試験体を用いた曲げ載荷試験を行い、破壊に至るまでの挙動について調べた。今年度は、載荷試験で得られた結果をより詳細に分析し、当て板と母材が協働するにあたって考慮すべき事柄を整理した。

[研究内容]

載荷試験に使用した鋼桁試験体の諸元を図-1に示す。鋼桁の材料はSM400材であり、鉄筋コンクリート床版（設計基準強度30N/mm²）を有する。試験体中央部が試験において着目するパネルである。腐食などにより局部的に板厚が減少した状態を模擬するため、試験体中央部断面の下フランジとウェブの一部をエンドミル加工により切削するとともに、削り出した部分を避け、新たなフランジとなる当て板を高力ボルト摩擦接合により一体化した。母材と当て板の接合面の処理は、ディスクサンダーによる2種ケレンであり、作業の安全性を考慮して無応力状態で当て板を行った。当て板の材質は母材と同じであり、諸元は、鉛直荷重が作用し

たときに下フランジが降伏する荷重が、腐食のない健全な桁の場合と同等以上となるように決定した。ボルト本数は、ボルト1列あたりの曲げモーメントによる発生応力に対して摩擦（すべり強度）で抵抗するための必要本数を求めたうえで、最終的には道路橋示方書の規定による最大中心間隔及び最小縁端距離を満足するように決定した。高力ボルトの導入軸力は、道路橋示方書Ⅱ鋼橋・鋼部材編に規定される設計軸力の標準値（205kN：S10T M22）以上とした。載荷は、支間中央部に純曲げが生じるような2点曲げ載荷で繰り返し漸増載荷を行った。

[研究成果]

荷重と支間中央部の鉛直変位の関係と計測データから推定した損傷過程（主要イベント）を図-2に、ひずみの計測位置を図-3に示す。下フランジ下面が降伏し

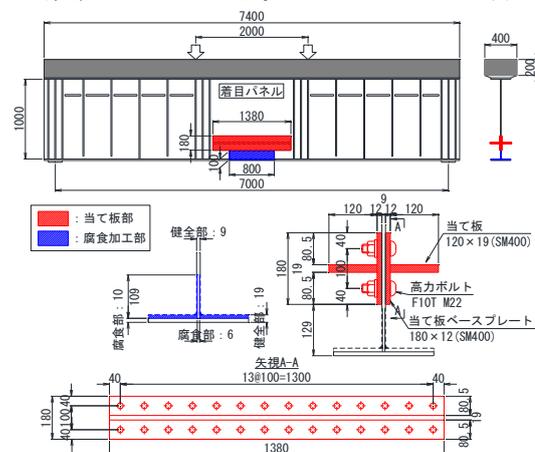


図-1 試験体諸元

た時の変位が $1.0\delta_y$ である。図-4には、図-3の測線1及び2に沿った、軸方向のひずみ分布を示す。当て板端部にあたる測線2(図-4(b))において、 $0.5\delta_y$ の時、当て板に発生する橋軸方向のひずみは母材に発生するひずみよりも小さい。一方、測線1(図-4(a))では、母材と当て板に生じるひずみとほぼ一致する。その後、 $0.8\delta_y$ において、図-3(☆)及び図-4(a)に示すように、測線2(図-4(b))上の当て板の端部近傍のウェブが降伏する(図-2●)。一方、当て板中央部の測線1(図-4(a))では、母材も当て板も降伏に達していない。

荷重増加に対して、図-4に示すようにウェブの降伏の範囲が広がり、対応して、図-2に示すように荷重-変位曲線の非線形性が顕著となる。ただし、図-4にみられるように、当て板は降伏しない。なお、過年度も報告しているとおり、最終的に、供試体は、床版上面でコンクリートの圧壊の兆候を示し、最大荷重に至った。

当て板及び当て板近傍の無補強部における応力と載荷点の鉛直変位の関係を図-5に示す。ここで、たとえば、B-1は図-3に示す測線Bと測線1の交点のゲージを示す。当て板端部(図-5(b))において、 $20\text{N}/\text{mm}^2$

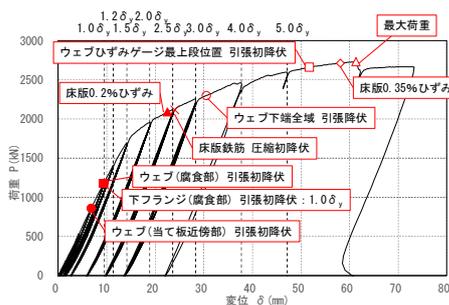


図-2 荷重-変位関係(支間中央部)

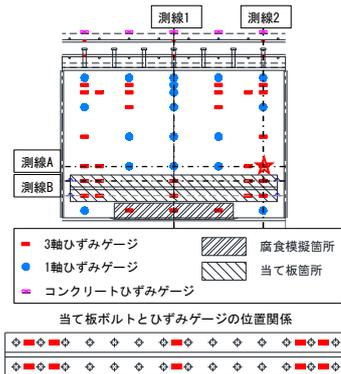


図-3 ゲージ位置

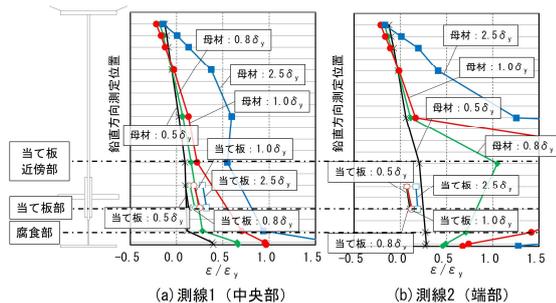


図-4 高さ方向のひずみ分布

程度で応力の低下が見られ、一方で、当て板中央部(図-5(a))では、 $60\text{N}/\text{mm}^2$ 程度で応力の増分が緩やかになり、この時点ですべりが発生したと考えられる。2列のボルト接合について、すべりが発生したときの当て板端部2箇所の応力の平均に十字の当て板の断面積を乗じると、約 180kN になる。また、中央部2箇所の応力から同様の計算をすると約 540kN になる。一方で、すべり係数を 0.25 ¹⁾(ディスクサンダーによる粗面状態)としたとき、計算上摩擦接合が伝達できる軸力は 205kN である。実際のすべり係数はばらつきが大きく計算値と実験値に違いが生じることを考慮しても、計算結果からも当て板にはすべりが生じていると考えられる。

その後、ボルト接合は摩擦による荷重伝達から支圧による荷重伝達に移行したものと考えられるが、図-5(a)及び(b)にみられるように、当て板の応力の増加は顕著でなく、当て板端部、中央部によらず、最大値に達した後の応力はほぼ横ばいに推移する。これは、当て板全体ですべりが生じたあとは、分担できる応力は増加しないことを示唆している。

以上のような実験結果から以下の知見が得られた。

1. 設計において、鋼桁の引張フランジやウェブに当て板を有する桁の曲げ耐力を算出するとき、当て板には、所要のすべり係数に対応した応力分担分が期待できる。
2. 1.について、当て板端部で最初にすべり抵抗が上限を迎え、それと同時に周辺母材での応力分担が増えてしまう傾向があった。そこで、桁の塑性域での強度と変形能を考慮した修繕を行うときは、当て板の端部の位置を発生応力の小さい位置まで伸ばすか、または、端部でのすべり挙動を遅らせるようにボルトを配置する等の工夫が必要となる可能性が高い。

[成果の活用]

得られた成果は、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。

(参考資料)

- 1) 土木学会：高力ボルト摩擦接合継手の設計・施工・維持管理指針(案)、鋼構造シリーズ15、2006.12.

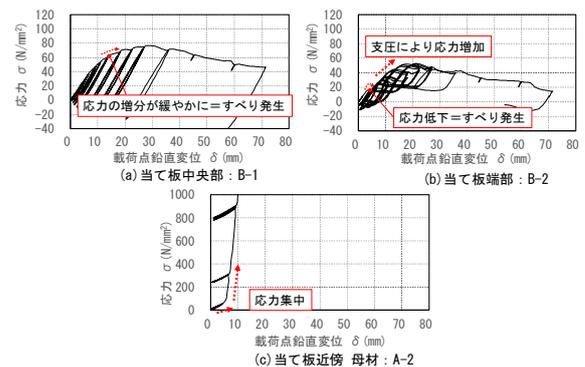


図-5 応力-変位関係

大型車が道路橋に与える影響に関する調査

Investigation of truck traffic loading on road bridges

(研究期間 令和5年度)

道路構造物研究部 橋梁研究室

Road Structures Department Bridges and Structure Division

室長	白戸 真大	主任研究官	岡田 太賀雄
Head	SHIRATO Masahiro	Senior Researcher	OKADA Takao
研究官	石尾 真理		
Researcher	ISHIO Mari		

The Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism works to strengthen the national truck logistics network with the growth of the global market. Road bridges in Japan are subjected to intense truck loading, and this study measured the truck traffic loads on several bridges that carry extensive truck traffic to verify the present design live loads and assess the need for preventive maintenance against fatigue. The result showed an increasing trend of truck traffic with a weight range of approximately 28 to 44 tons, indicating the potential need for a detailed review of the design live loads and the fatigue inspection of the steel decks of existing bridges.

〔研究目的及び経緯〕

国土交通省では、物流の更なる円滑化や国際競争力の強化のため、道路ネットワークの機能強化を進めている。道路橋も大型車に対する安全性や疲労耐久性の確保のために、適宜、交通状況の変化の見通しや既設橋の損傷実態を把握し、活荷重の妥当性や疲労に対する予防保全の必要性について把握することが求められる。本研究では、道路橋の耐荷力設計や疲労設計の検討のため、直轄国道の中でも重交通である4地点で車両重量計測を行い、交通特性の変化と疲労耐久性へ及ぼす影響を分析した。

〔研究内容〕

本研究で計測の対象としたのは、図-1 に示す国道357号の2箇所(A橋(上り線のみ)とB橋、図-2 に示す国道23号の2箇所(C橋とD橋)の合計4箇所である。これらの橋は、国土交通省が管理する道路橋の中でも、特殊車両の通行許可数が多い橋である。図-3 に4橋の

大型車交通量と混入率を示した。また、比較のため、国が管理する道路橋の大型車交通量と混入率を示した。今回対象の4橋(青丸)は、我が国の道路橋の中でも、大型車の交通量と混入率ともに高い。

通行する車両重量の計測は、Bridge Weigh-In-Motion (以下、「BWIM」という。) (国総研資料第188号) を用い、2023年の連続する平日の3日間(72時間)行った。

〔研究成果〕

(1) 交通特性の変化に関する分析

計測した車両の台数を重量帯別に整理した結果を図-4 に示す。1日1方向あたりで平均した台数を示した。20tを超える車両の台数は4橋とも同程度で、1300台程度であった。車両重量分布の上位5%に与える重量も図-4 に示した。4橋とも同程度で32t~36tであった。

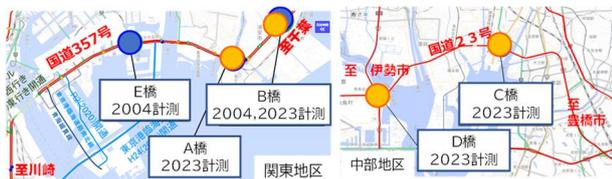


図-1 関東地区計測位置図 図-2 中部地区計測位置図

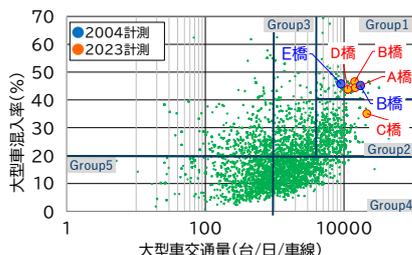
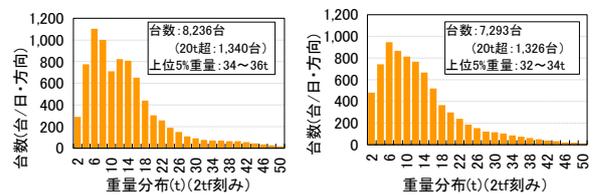
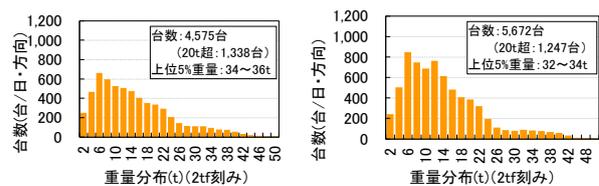


図-3 大型車交通量と大型車混入率の関係



(a) A橋上り(国道357号) (b) B橋(国道357号)



(c) C橋(国道23号) (d) D橋(国道23号)

図-4 大型車の車重分布(20tより重い車両)

車重分布形状は 6t, 14t, 20t, 40t 付近を中心とする山が重なり合っている。BWIMでは、車両の軸数と軸間距離を判別できることから、通行車両を21種類に分類できる。今回の計測結果(以下、「2023計測」という。)から、大型車について、車種を判別した結果を図-5に示す。4橋とも表-1に示す車種2, 4, 7, 12の構成比率が高い。

また、図-5には、2004年に、A橋とB橋と同じ路線上の近傍の橋で、過年度に計測を行っていたE橋の計測結果(以下、「2004計測」という。)を示した。その結果、A橋とB橋では、車種7や12の割合が増加していた。一方で、車種4は減少していた。通行車両の大型化が進んでいる可能性が伺える。C橋とD橋でも、A橋とB橋と比べても車種7、車種12の割合が同程度であることから、従前よりもこれらの車種の構成割合が増加している可能性がある。

橋の耐荷力の観点からは、これらの車種の台数や構成比率が増加していることは、大型車の連行の頻度が増加し、橋に一度に同時載荷される車両総重量が増加していることが懸念される。そこで、これらの車種の連行状況等の更なる分析が必要である。また、床版の疲労耐久性の観点からは、車種7や12の増加は、床版の疲労耐久性の悪化をもたらされている可能性を示しており、今後の状態の変化に注意を要すると考えられる。たとえば、車種7や12は、タンデム軸、トリプル軸、または、ダブルタイヤを有し、特に鋼床版などでは鋼床版のリブをタイヤが跨ぐことなどで複雑な応力状態をもたらすことが懸念されるものである。

床版以外の部位での疲労耐久性について分析するため、図-6のように、車重損傷度分布を求めた。車重損傷度とは、疲労に着目した指標である。疲労は車両重量と載荷の繰り返し回数の関数でモデル化する

表-1 BWIMによる車種分類(例)

車種	軸数	イメージ図	主な車	制限値	車種	軸数	イメージ図	主な車	制限値
2	2軸		単車、普通トラック、バス、トラクタ	20t	7	4軸		単車、セミトレーラ	29t
4	3軸		単車、普通トラック、バス、トラクタ	20t	12	5軸		セミトレーラ	44t

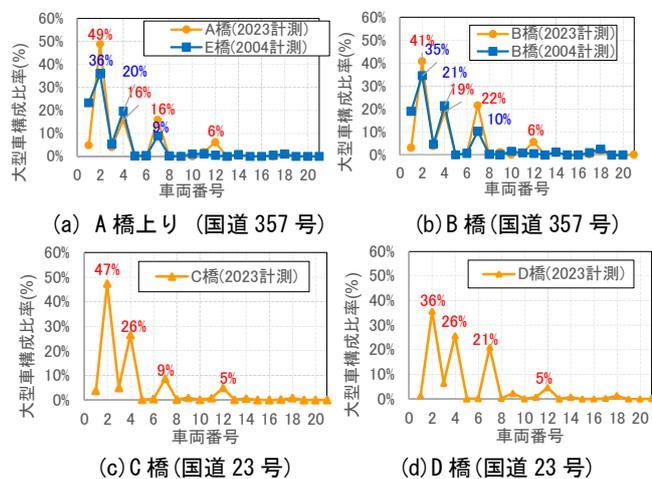


図-5 大型車構成比率

ことができ、一般に、鋼部材の疲労は応力範囲の3乗に、繰返し回数の1乗に比例すると言われていることを反映した指標であり、各車両の重量の区分帯について、各区分帯の重量の中央値を3乗し、それに当該区分帯の車両数を乗じて求める。また、図中の累積車重損傷度は、車重損傷度分布の面積であり、面積が大きい=累積車重損傷度が大きいほど疲労の環境が厳しいことを意味する。なお、これらは、橋の疲労環境を比較するために用いる指標ではあるものの、橋の各部の応力振幅が車両の重量に比例するという仮定をおいて算出する指標であり、実際の橋の各部の応力振幅はそのとおりにはならないので、個々の橋の疲労損傷の発生実態を示すものではない。

いずれの橋でも40t付近の車両が疲労環境に大きく影響を与える可能性が見られる。床版以外の部位の疲労耐久性の観点からも、今後も、40t付近の重量帯の車両数の増減を注意深く観察する必要がある。

図-6には、A橋とB橋について、2004計測との比較も示した。A橋では、2004計測に対して、2023計測では20t付近の車両が与える損傷度が減少し、同図に数字を示す累積車重損傷度も減少している。しかし、40t以上の車両に限れば車両が与える損傷度に大差はない。B橋については、全体的に交通量が少なくなっていたため累積車重損傷度が減少している様子が見られた。累積損傷度の減少が全国的な傾向であるのかどうかを考察するには、今後も継続的かつ広範囲でのデータを収集していく必要がある。

[成果の活用]

得られた大型車の交通特性のデータは、道路橋の設計活荷重の検討や、疲労に対するマネジメントの高度化に向けた基礎資料として活用する予定である。

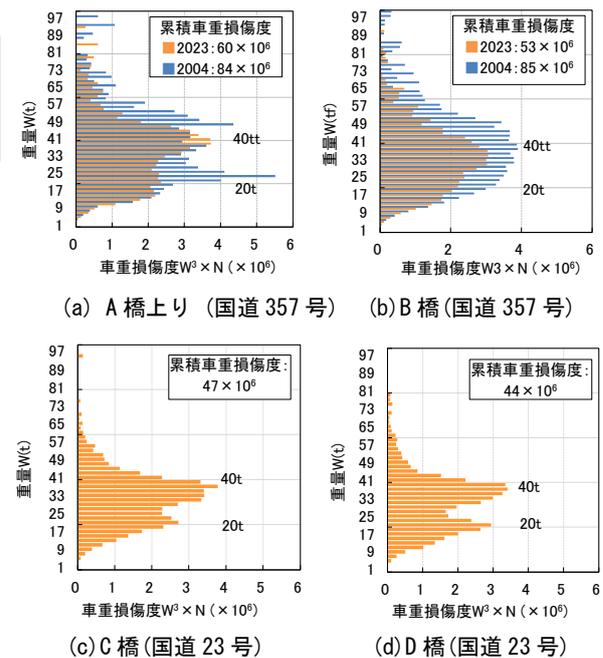


図-6 大型車の車両総重量計測結果(20t以上)

7. 道路構造物（下部工・トンネル・大型カルバート等）の
構造・維持管理・対災害性の高度化

橋台背面アプローチ部等の土工性能検証項目等の調査検討

Research on performance evaluation of Embankments, including reinforced soil, behind Abutment.

(研究期間 令和2年度～令和4年度)

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

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

西田 秀明
NISHIDA Hideaki
上原 勇気
UEHARA Yuki
山口 恭平
YAMAGUCHI Kyohei

NILIM is conducting a study to establish a method for verifying the performance of abutment back approach. In FY2023, a three-dimensional finite element analysis was conducted based on the results of a model experiment (1/50 model) conducted in previous years using a large dynamic centrifuge to confirm the effects and behavior of different structures used in the abutment rear approaches.

【研究目的及び経緯】

国土技術政策総合研究所では、橋台背面アプローチ部等の性能検証手法の確立に向けた検討を実施している。令和5年度は、橋台背面アプローチ部に用いられる構造の違いによる橋台への作用や挙動を確認するため、過年度に実施した大型動的遠心力载荷試験装置を用いた模型実験結果（1/50 模型）について、三次元有限要素解析を行った。

【研究内容及び研究成果】

1. 数値解析モデルの作成

表-1 に三次元有限要素にてモデル化を行った構造条件（解析ケース）を示す。また図-1 及び表-2 に、ケース2の実験模型の概要とモデル化条件を示す。実験模型には橋台や地中に各種計測機器（加速度計、変位計、ひずみ計、ロードセル等）が設置されており、これらの計測結果との比較が行えるようにモデル化した。また、橋台背面に設置されているロードセルの計測結果では土圧がゼロになる時刻が存在したことや、模型製作の状況等から、橋台と盛土との間や、補強土壁の壁面材同士等では接触/剥離現象が生じていたと考え、これを反映した。

なお、表-1 のとおり実験では1モデルに対して Step1～Step4 の4種類の地震動を段階的に加震したが、解析ではそれら全てを別事象として扱い、前後の加震ステップによる残留変位・応力等を引き継がず個々に初期状態から加震した。

2. 数値解析による挙動把握

本稿では Step2（レベル2地震動）加震時について報告する。はじめに、実験に対する解析モデルの再現性について示す。

図-2 は各ケースの背面構造の天端中央部における Step2 加震時の応答加速度波形及び応答変位波形（地震時最大加速度となる時刻付近の抜粋）である。背面構造の挙動という観点からは、各ケースで概ね実験結果を再現できていると考えられる。

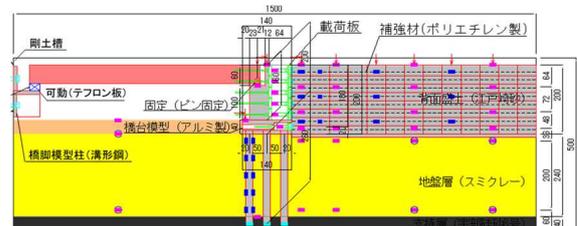
次に、Step2における橋台背面部に作用する土圧合力の時刻歴波形を図-3 に示す。土圧合力とは、実験では橋台に設置されたロードセルによる計測値の合計であり、解析では実験の計測値と同様の位置での土圧を合計

したものである。ケース1において、土圧合力の最大値としては実験と異なる（実験での最大値の1.8倍、かつ異なるタイミング）ものの、全体としては概ね実験結果を再現できていると考えられる。ただし、時刻後半では、各ケースとも解析値が大きくなる傾向にある。実験

表-1 解析対象のケースの条件

解析ケース名	構造条件		入力地震動*
	背面構造	表面地盤	
ケース1	通常盛土	砂質土	Step1(レベル1地震動:加速度波形 1-I) Step2(レベル2地震動:加速度波形 2-II-I-1) Step3(300gal スイープ波) Step4(400gal スイープ波)
ケース2	補強土壁	砂質土	Step1(レベル1地震動:加速度波形 1-I) Step2(レベル2地震動:加速度波形 2-II-I-1) Step3(300gal スイープ波) Step4(400gal スイープ波)

※実験では地震動を Step1⇒2⇒3⇒4の順に段階的に加震
※解析では別事象として個々に初期状態から加震



記号	名称	数量
■	加速度計(A)	37
●	土圧計(0.1'地)(E)	6
▲	小型土圧計(Es)	12
→	変位計(水平)(D)	11
↓	変位計(鉛直)(D)	11
■	ひずみゲージ	38
○	間隙水圧計	6
計(Ch.数)		121

※加速度計は、加振テーブル内設置も含む
※補強材のひずみゲージは、対面するゲージ2枚で1ch.

図-1 解析を行った実験模型（ケース2）の概要

表-2 モデル化条件(ケース2)

設定箇所	設定内容	備考
盛土、地盤要素	初期せん断波速度Vs0 ひずみ依存特性	拘束圧依存で設定 中心深度のVs0を設定し0.5乗則で設定 試験拘束圧に基づき、基準ひずみの0.5乗則を用いて設定
構造物(橋台、桁等)	弾性体	
橋台背面～盛土間	ジョイント要素付加	接触/剥離現象を表現 ジョイント初期軸力は実験の初期土圧より設定
境界条件	側方鉛直ローラー、底面固定	
補強材	ロード要素 (引張剛性のみ有する材料特性)	圧縮剛性、曲げ剛性がゼロシート系材料特性を表現
壁面材	橋台背面～壁面材間 壁面材～壁面材間	ジョイント要素 (接触/剥離考慮、せん断はフリー) 接触/剥離現象を表現 壁面材全体の水平方向スリ挙動を表現

※本報告は令和4年度当初予算の標記の研究課題を令和5年度に継続して得た結果をまとめたものである。

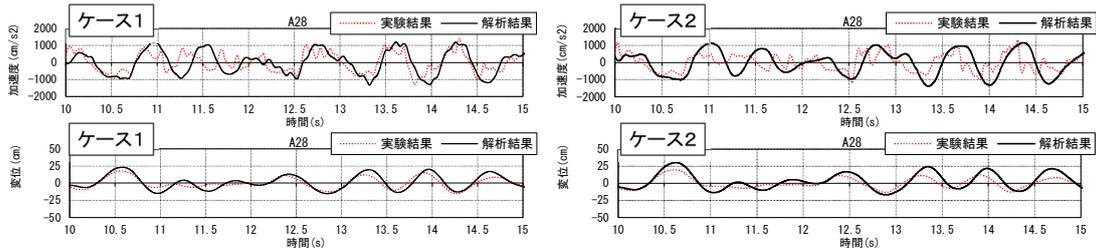


図-2 背面盛土天端中央部における応答波形（上段:加加速度、下段:変位）

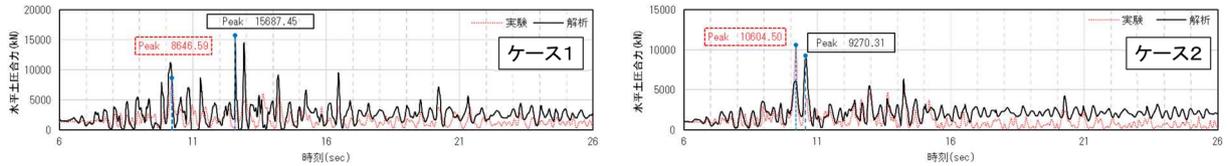


図-3 橋台背面部に作用する土圧合力の時刻歴波形図

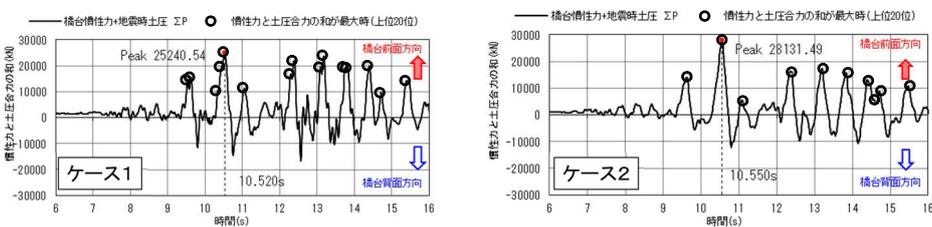


図-4 橋台への作用合力の時刻歴波形図

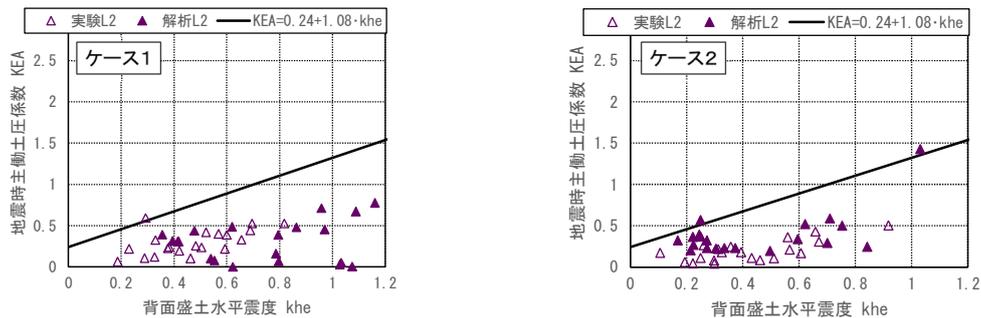


図-5 地震時主動土係数と水平震度の関係図

では加震による背面土の表層崩壊や残留沈下が確認されているが、解析ではそれらの事象を考慮していないため、土圧の値の大きさに差が生じた可能性がある。

3. 数値解析の分析および考察

解析結果から、橋台への作用について分析を行った。

図-4 に、Step2 加震時の各ケースにおける地震時土圧合力と橋台慣性力（上部構造・下部構造の重量と応答加速度から算出）の時刻歴波形の合力を示す。

今回の加速度波形では、各ケースとも土圧の最大値よりも橋台慣性力の最大値の方が大きく、地震時土圧合力と橋台慣性力が作用するタイミングは必ずしも同期していないことが確認された。このため本稿では、橋台への主動側の作用を評価するにあたり、地震時土圧合力と橋台慣性力の合力が大きい時刻における土圧（以下、「実効土圧」という）の値を用いて整理する。

地震時土圧合力と橋台慣性力の合力の上位 20 位における実効土圧を用いて地震時主動土係数 K_{EA} を逆算した結果に対して、その時の背面盛土の水平震度 k_{he} との関係図を図-5 に示す。なお、黒実線は道路橋示方

書に示される地震時主動土係数 K_{EA} の算出式（背面が土とコンクリートの場合、背面土が砂質土の場合。以下、「道示式」という。）である。今回の加速度波形では、いずれのケースでも実験及び解析結果が概ね道示式よりも小さい範囲に分布した。また、特にケース 2 では実験結果と解析結果で類似する分布傾向を示した。

[まとめ]

本稿で用いた加速度波形においては、今回の解析モデルは実験結果に対して一定程度の再現性を有していることを確認した。また背面構造によらず、道示式は地震時の橋台への土圧の作用という観点では概ね安全側の評価方法であることを確認した。一方で、結果が実験・解析モデル等に依存すると考えられることから、今後、残留変位の影響評価や、加速度波形・地盤条件・背面構造等を変更した条件での検討が必要である。

[成果の活用]

本成果を踏まえて、橋台背面アプローチ部の性能検証項目等を整理していく予定である。

既設橋梁基礎の補修補強の調査・設計手法の調査検討

Research on investigation and design methodology for repair and reinforcement of existing bridge

(研究期間 令和2年度～令和4年度)

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

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

西田 秀明
NISHIDA Hideaki
上原 勇気
UEHARA Yuki
平神 拓真
HIRAGAMI Takuma

Road bridge foundations are often scoured by heavy rain disasters, resulting in long-term loss of road functionality. Therefore, the NILIM has been studying to clarify the conditions of road bridges at high risk of scour damage and to elucidate the scour mechanism, etc., in order to rationally promote countermeasures against scouring of road bridge foundations.

In FY2022, hydraulic model experiments were conducted to investigate the effects of the riverbed protection, and the unfavorable conditions for the bridge piers were summarized. The experimental results were reproduced by means of a riverbed variation analysis, and the mechanism of scour was clarified.

〔研究目的及び経緯〕

豪雨により道路橋の基礎が洗掘され、道路機能が長期にわたり喪失する事態が度々発生している。そこで国総研では、道路橋の基礎の洗掘対策を合理的に進めていくため、洗掘リスクが高い道路橋の条件の明確化や、洗掘メカニズム等の解明に向けて検討を進めている。

国総研では過去に、洗掘被災事例を参考にした直線河道の水理模型による実験を行い、一般に橋脚や護岸等の洗掘防止対策として用いられる護床工について、配置の仕方によっては橋脚に不利となる洗掘形態を生じさせることを明らかにしたところである。令和4年度は、曲線河道の水理模型による実験を行い、護床工の配置条件と洗掘形態の関係について整理した。また、洗掘メカニズムの解明に向けて、河床変動解析による実験結果の再現を試行した。

〔研究内容及び研究成果〕

実験ケースの概要を表-1に、ケース毎の実験模型のイメージを図-1にそれぞれ示す。模型縮尺は、実験精度や相似則等を考慮して、実験砂の粒径を0.8mm程度、粒子レイノルズ数を20以上確保できる1/30に設定した。流量は、河床材料が殆ど移動せず、上流からの土砂供給量が少ないために局所洗掘が進行しやすい「静的洗掘」条件として毎秒10Lと設定した。また、護床工の設置条件による橋脚周辺の洗掘状況を把握する目的から、ケース3を除き、橋脚模型は水路の底面に固定し、洗掘の進展に伴う橋脚の沈下・傾倒は生じないようにした。

実験結果として橋脚前面位置における局所洗掘深の経時変化を図-2、図-3に示す。いずれのケースでも

表-1 各実験ケースの概要

ケース	護床工の設置形態	橋脚と護床工の離隔
ケース1	設置なし	-
ケース2	護岸の一部として設置	8cm
ケース3	護岸の一部+橋脚防護のために設置	8cm
ケース4	護岸の一部として設置 (ケース2の3倍程度延長)	8cm
ケース5	護岸の一部として設置	16cm

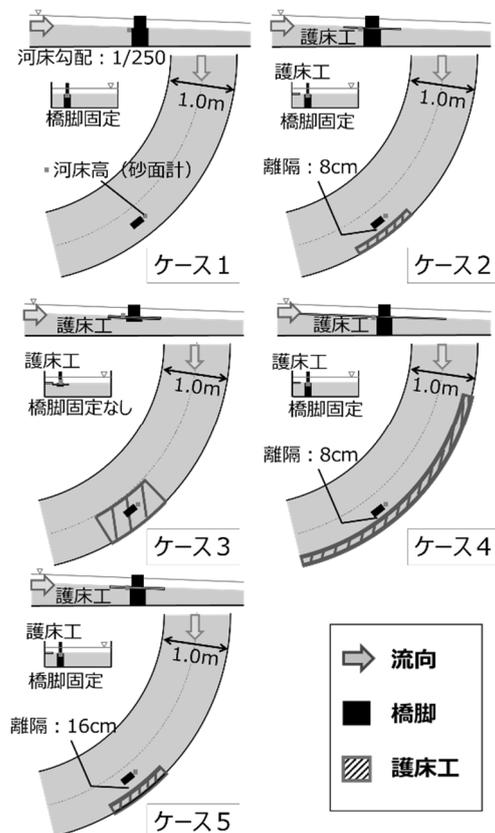


図-1 ケース毎の実験模型のイメージ

※本報告は令和4年度当初予算の標記の研究課題を令和5年度に継続して得た結果をまとめたものである。

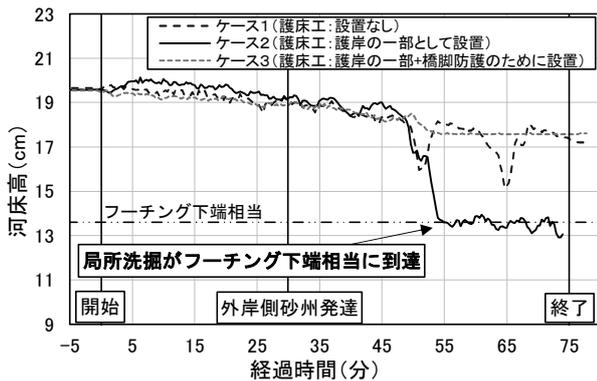


図-2 橋脚前面位置における局所洗掘深の経時変化 (ケース1とケース2、ケース3の比較)

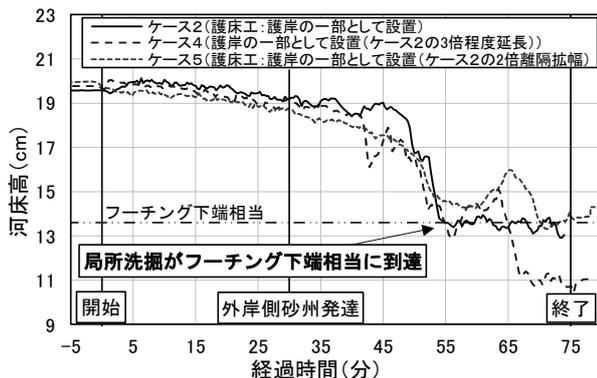


図-3 橋脚前面位置における局所洗掘深の経時変化 (ケース2とケース4、ケース5の比較)

内岸側に砂州が発達し、流路が外岸側に固定されていく(通水開始30分程度)までは、橋脚前面位置での河床高に殆ど差はない。

ケース1とケース2、ケース3の比較(図-2)では、通水開始45分程度で、ケース1とケース2で橋脚前面位置での河床低下が生じた。しかし、ケース1ではこの後、堆積と再洗掘を繰り返しながら緩やかに河床低下が進行した一方、ケース2ではフーチング下端相当の河床高まで到達し、その後大きな変化が無かった。なお、ケース3では通水終了まで大きな河床低下はなく、護床工が橋脚防護の機能を果たしていた。

ケース2とケース4、ケース5の比較(図-2、護床工を部分的に設置したケース間での比較)では、いずれも通水終了時点までにフーチング下端相当の河床高まで到達した。またケース4、ケース5については、堆積と再洗掘を繰り返しており、特にケース4は全ケースで最も深くまで洗掘が生じた。

これらの差が生じた要因として、実験中に各ケースで観測された事象から、以下の可能性が考えられる。

- ・河床が護床工前面で洗掘され、河床材料が下流方向に流下していく現象が観測された。このことは、護床工と橋脚の幾何条件により、橋脚前面に対して土砂が供給されやすい状態であった可能性がある。
- ・護床工の有無により直上の水面における流速や流向が異なることが観測された。このことは、河道形状に伴う外岸側への流向と護床工等への衝突によ

る複雑で多様な水流が発生した可能性がある。

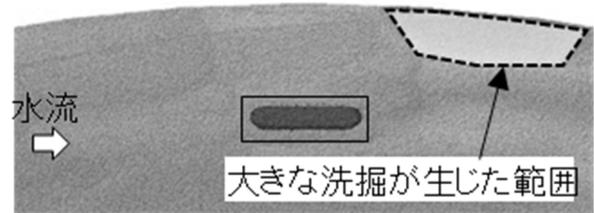


図-4 通水後河床高(コンター図に加筆、ケース1)

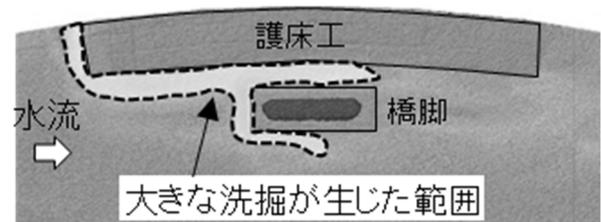


図-5 通水後河床高(コンター図に加筆、ケース2)

なお、ケース1及びケース2における通水終了後の河床高について、図-4、図-5にそれぞれ示す。ケース1(図-4)では、橋脚周辺で河床の若干の低下がみられたが、最も洗掘が生じていた箇所は模型水路の外岸側であった。これに対してケース2(図-5)では、護床工前面から橋脚側面にかけての範囲で大きな洗掘が生じた。過去に実施した直線河道の実験でも、橋脚と護床工を本稿のケース2と同様に配置すると、同じく護床工前面から橋脚側面にかけての範囲で洗掘が生じていた。このため河道の形状によらず、橋脚近傍に設置された護床工によって、橋脚にとって不利となる洗掘形状が生じる可能性があることが明らかとなった。

[まとめ・今後の課題等]

湾曲河道における水理模型実験の結果、護床工の配置条件によっては、橋脚にとって不利な局所洗掘が生じ得ることを確認した。

一方洗掘メカニズムの解明に向けては、実験では把握できない三次元的な水流の逐次変化を表現できる数値解析による検証が必要となる。

このため本稿とは別に、河川管理実務でも用いられている手法(準三次元河床変動解析)及び解析モデルを用いて実験結果の再現を試みたが、洗掘範囲が符合しない等、再現性に課題を有する結果となった。そのため、今後はモデル改良等を行い、解析の精度向上を図るとともに、護床工の配置条件等を変えた多角的な検証が必要である。

[成果の活用]

本研究成果を踏まえて、周辺条件による洗掘被災リスクの高い橋脚の絞り込みや合理的な洗掘対策の実施に活用につなげていく予定である。

参考文献

- 1) (一財) 国土技術研究センター：河川を横過する橋梁に関する計画の手引き(案)、2009

橋梁下部構造等の信頼性設計に関する調査検討

Research on Reliability Design of Foundation, Substructure, and Retaining Structure.

(研究期間 令和5年度～令和7年度)

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

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

西田 秀明
NISHIDA Hideaki
上原 勇氣
UEHARA Yuki
平神 拓真
HIRAGAMI Takuma

NILIM has been studying the establishment of rational performance verification, investigation, and retrofit methods for foundations and structures that are designed and constructed in consideration of ground uncertainties and the interaction between the ground and structure.

In FY2023, in order to establish a method to reasonably evaluate the load-bearing capacity of the foundations of existing piers and abutments reinforced by piles, the behavior characteristics were analyzed by structural analysis.

In addition, in order to elucidate the scour mechanism to reasonably evaluate the extent of scour for each pier, we conducted a sensitivity analysis on the extent of scour by analyzing river bed fluctuations simulating a river where piers and revetment works are installed.

【研究目的及び経緯】

国土技術政策総合研究所では、地盤の不確実性や、地盤と構造体の相互作用等を考慮して設計・構築される基礎や構造物について、信頼性を評価した合理的な性能照査法や調査・補修補強法の確立に向けた検討を進めている。

令和5年度は、増し杭により補強した既設橋脚・橋台の基礎の耐荷力を合理的に評価できる手法の確立に向け、構造解析による挙動特性の分析を行った。

また、橋脚毎の洗掘範囲を合理的に評価するための洗掘メカニズムの解明に向けて、橋脚や護床工が設置されている河川を模擬した河床変動解析を行い、洗掘範囲にかかる感度分析を行った。

【研究内容及び研究成果】

1. 増し杭基礎における杭体のモデル化に関する検討

増し杭により補強された橋脚について、杭種組合せや杭配列による耐荷力特性への影響を把握するため、静的漸増载荷による非線形構造解析を行い、イベント（杭の降伏、終局等）毎に荷重・変位の関係性について整理した。このとき、解析から得られた水平震度－水平変位関係を用いて、上部構造の慣性力の作用位置での水平変位が急増し始めるとき（以下、「変位急増点」という）を log P－log S 法により求め、前述のイベント時の荷重・変位と比較した。

解析にあたっては、杭体の曲げモーメントと曲率の関係について、軸力変動を考慮する(N-M-φ)モデルと、考慮しない(M-φ)モデルでそれぞれ実施した。解析対象とした橋脚基礎の諸元の概要を表-1に示す。また、

表-1 各解析ケースの概要

解析ケース	既設杭		増し杭		卓越する杭体曲げモーメント分布
	鋼管杭 (打込み杭)	φ600,10本 φ800,10本	場所打ち杭	φ1000,4本 φ1000,6本	
ケース1	RC杭 (打込み杭)	φ500,14本	鋼管杭 (中掘り杭)	φ600,10本	杭頭曲げ
ケース2		φ600,15本		φ600,20本	地中部曲げ
ケース3		φ500,14本	場所打ち杭	φ1000,12本	杭頭曲げ
ケース4		φ600,15本		φ1000,12本	地中部曲げ
ケース5		φ500,14本	φ600,15本		
ケース6					

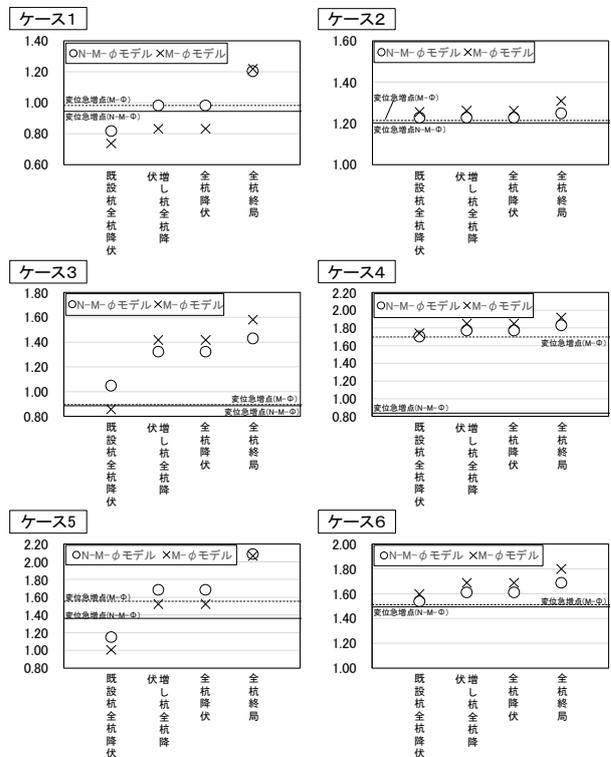


図-1 イベント発生時の水平震度

この各解析ケースにおける主なイベント (①変位急増点、②既設杭全杭降伏、③増し杭全杭降伏、④全杭降

伏、⑤全杭終局)の際の水平震度を図-1に示す。

杭体のモデルの違いでは、イベント②～⑤については水平震度 k_h に大きな差はなかったが、①についてはケース4において大きな差が生じた。ただし、 $\log k_h - \log \delta$ 関係の勾配の変化が大きい上位3点で比較すると、順番は前後するが殆ど同じ変化点を示していた。また、既設杭・増し杭の全杭が全塑性又は終局するときの水平震度の差異は比較的小さく、杭種の組合せの違いによる差異は特に見られなかった。

なお、卓越する杭体の曲げモーメント分布が地中部曲げのケースでは、変位急増は全て鉛直支持に起因するものだった。これは、杭頭部で回転挙動が卓越することに起因しているものと考えられる。

以上より、杭体のモデル化の違いにより各杭の損傷の順番は大きく異なるものの、今回の検討ケースにおいては、N-M- ϕ モデルは概ねM- ϕ モデルと同様の $\log k_h - \log \delta$ 関係が得られていた。

道路橋示方書では基礎に生じる塑性化があまり大きくない範囲を想定しているが、増し杭基礎は一般に基礎の平面中心から遠くにあるため、杭体に生じる軸力の変動が大きい。このため、軸力に応じて曲げ剛性の変化を考慮できるN-M- ϕ モデルとすることで、将来的に基礎に大きな塑性化を期待するような補強法の提案に繋がる可能性がある。

2. 橋脚周辺の局所洗掘に影響を及ぼす護床工の設置形態にかかる解析的検討

洗掘メカニズムの解明に向け、既往の被災事例や過去の実験結果を元に数値解析を実施した。本研究では河川管理実務における事例も参考に、準三次元河床変動解析法を用いた。なお、鉛直方向の流れを算出するにあたって、過去の研究における試行では河川分野で一般的な二次流モデルを用いたが、洗掘形態等が実験結果と符合しなかった。このため本研究では、渦度方程式や鉛直方向流速方程式により、縦横断方向流速の鉛直分布及び鉛直方向の流れを考慮できるモデルを用いることで、良好な再現性が得られた。

再現性が確認されたモデルを用い、構造物配置条件を変更して解析的検討を行った(表-2)。各ケースの橋脚前面の通水3600秒後の河床近傍高さにおける流速のベクトル分布及び河床高コンター図を図-2にそれぞれ示す。いずれのケースも橋脚や護床工(ケース2を除く)の前面位置では流下方向と逆向きのベクトル分布が生じた。発生範囲の大きさに着目すると、橋脚の前面位置において、ケース1と3では護床工幅と同程度の大きさであり、ケース2と4では橋脚幅と同程度の大きさであった。また、護床工の前面位置においては、ケース2を除くいずれのケースで護床工幅と同程度の大きさであった。なお、逆向きのベクトルが護床工幅と同程度の大きさで生じていた箇所は、局

表-2 各解析ケースの概要(洗掘)

解析ケース	護床工長さ	護床工離隔
ケース1	60cm	8cm
ケース2	護床工なし	護床工なし
ケース3	60cm	8cm
ケース4	200cm	8cm

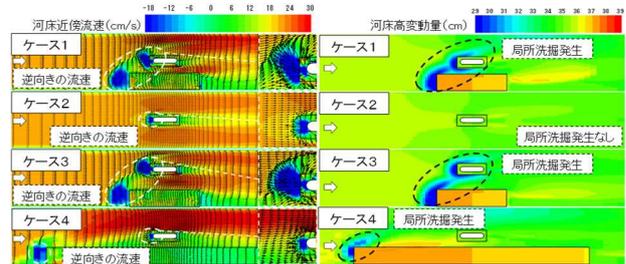


図-2 数値解析結果

(左:河床近傍の流速ベクトル分布、右:通水後河床高)

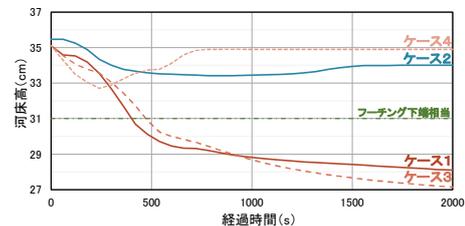


図-3 局所洗掘深の経時変化(橋脚前面)

所洗掘の範囲が大きい箇所の分布と符合した。

次に各ケースの橋脚前面位置における局所洗掘深の経時変化を図-3に示す。ケース1と3では通水開始とともに河床低下が進行し、いずれも500秒を経過する前に河床高が橋脚基礎下端相当に到達した。その後も緩やかな低下を続けた。これに対してケース2と4では河床高は橋脚基礎下端相当までは到達せず、緩やかに回復に転じた。特にケース4では700秒程度で初期河床高相当まで回復している。

以上より、ケース1と3のように橋脚と護床工上流端の距離が比較的小さい場合には、橋脚の安定に係わる大きな洗掘が生じることを確認した。また、両者の距離が比較的大きいケース4では、護床工がないケース2と同程度に局所洗掘が生じにくいことも確認した。

【まとめ・今後の課題】

増し杭補強後の耐荷力の合理的な評価法の提案に向けた分析を行った。杭種組合せや杭配列の違いのほか、地盤抵抗や杭体の曲げ剛性の不確実性等による応答値のばらつきも大きいと推察されるため、引き続きモデル化の違いによる影響の検証が必要である。

また、護床工の設置形態と橋脚周辺の局所洗掘の関係性が明らかとなった。実河川では流速等が複雑となるため、今後はより多様な解析条件における本解析手法の適用性の検証が必要である。

【成果の活用】

本研究成果は、既設橋梁基礎における補修補強の合理化に向けた基礎資料として活用する予定である。

大型カルバート等の要求性能に対応した維持管理手法 及び信頼性設計に関する調査検討

Investigation of maintenance management methods and reliability design for required performance of large culverts

(研究期間 令和3年度～令和5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 西田 秀明
Head NISHIDA Hideaki
主任研究官 飯田 公春
Senior Researcher IIDA Kimiharu
交流研究員 澤口 啓希
Guest Research Engineer SAWAGUCHI Hiroki
交流研究員 齋藤 亮
Guest Research Engineer SAITOU Ryo

In this research, we are investigating and examining the efficiency and sophistication of periodic inspections of sheds, large culverts, etc. In addition, we are conducting research and examination on rational design and construction methods according to the required performance when installing new large culverts.

In FY 2022, we used the results of periodic inspections to grasp the characteristics of deformations and analyze data on their occurrence tendencies in order to obtain the data necessary for examining methods for improving the reliability and rationalization of periodic inspections of sheds, shelters, and large culverts. In addition, in order to realize a design method that takes into account the reliability of earthwork structures, we organized the limit states and verification methods of earthwork structures, and also organized the conditions for applying the partial coefficient method.

〔研究目的及び経緯〕

本研究ではシェッド、大型カルバート等の定期点検の効率化・高度化のための調査・検討を行っている。また、大型カルバート等の要求性能に応じた合理的な設計法に関する検討を行っている。

令和4年度は、シェッド、大型カルバートの定期点検の信頼性向上及び合理化の手法に関する検討に必要な基礎資料を得るため、定期点検結果を用いて、変状の特性把握および発生傾向に関するデータ分析を行った。また、大型カルバート等の信頼性を考慮した設計法を導入するために、大型カルバート等の限界状態や照査方法を整理するとともに、部分係数法適用に向けた条件等の整理を行った。

〔研究内容及び研究成果〕

1. シェッド、大型カルバート定期点検結果の整理分析

(1) シェッド定期点検結果の整理分析

2巡目（令和1～3年度）の定期点検を実施した国管理シェッドのうち、1巡目点検のデータのある520施設について、1巡目から2巡目における施設の健全性の診断の区分の推移を整理した（図-1）。1巡目から2巡目にかけての健全性の診断の区分の推移は、シェッド全体では区分Ⅲ（早期に措置を講ずべき状態）が減

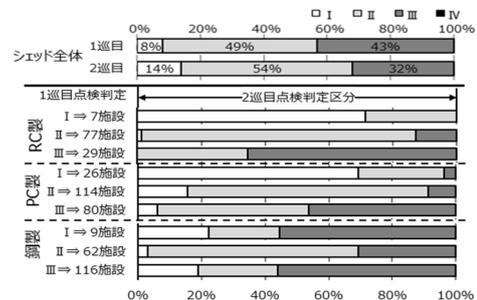


図-1 シェッドの健全性の診断の区分の推移

少し、区分Ⅰ（構造物の機能に支障が生じていない状態）、区分Ⅱ（予防保全の観点から措置を講ずべき状態）が増加している一方で、鋼製シェッドでは、1巡目で区分Ⅰ、Ⅱだった施設が2巡目で区分Ⅲとなっている割合が多く、鋼部材を主要部材とする施設で早期の措置の必要性が高まる傾向にある。なお、1巡目は区分Ⅲの施設で、2巡目で区分Ⅰ、Ⅱだった施設の割合は、RC製で約3割、PC製で約5割、鋼製で約4割であった。ただし、補修実施の有無は不明である。

各材質で区分Ⅱ、Ⅲが多い部材は、RC製は頂版で約7割、PC製では頂版、主梁、受台で約2割程度である。鋼製では全部材で3～4割であることに加え、他材質と比較して区分Ⅲの部材の割合が多かった¹⁾。

一方、自由記述の所見欄の記載内容に着目すると、

※本報告は令和4年度当初予算の標記の研究課題を令和5年度に継続して得た結果をまとめたものである。

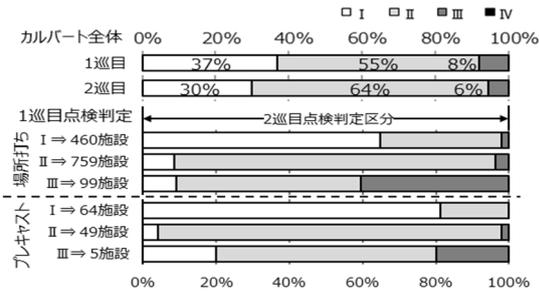


図-2 大型カルバートの健全性の診断の区分の推移

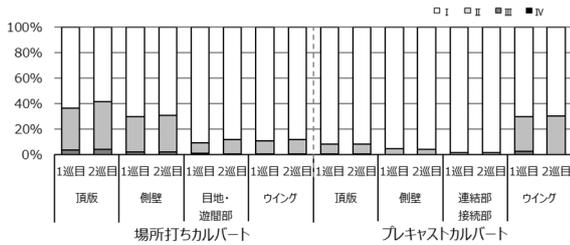


図-3 大型カルバートの各部位における健全性の診断の区分の割合

診断の根拠が不明確で、健全性の診断の区分との関連性がわからない事例があった。診断の根拠が明確に記録されることで点検の信頼性が向上し、適切な分析が行えることに繋がる。今後、健全性の診断の区分の根拠が明確に記録されるよう、参考資料の充実を行う。

(2) 大型カルバート定期点検結果の整理分析

2巡目（令和1～3年度）の定期点検を実施した国管理の大型カルバートのうち、1巡目点検のデータのある1436施設について、1巡目から2巡目における施設の健全性の診断の区分の推移を整理した（図-2）。1巡目から2巡目にかけての健全性の診断の区分の推移は大型カルバート全体では、区分Ⅲの施設が減少し、区分Ⅱの施設が増加している。1巡目で区分Ⅲだった施設が2巡目で区分Ⅰ、Ⅱとなった割合を見ると、場所打ちでは6割であった。

次に、大型カルバートの各部位における健全性の診断の区分の割合について整理した結果を図-3に示す。

ここでは、カルバートを頂版、側壁、目地・遊間部（場所打ち）、接合部・連結部（プレキャスト）、ウイングの4つの部材に分け判定の割合を整理した。部材単位における区分の傾向は、区分Ⅱ、Ⅲが多い部材は場所打ちでは頂版、側壁でプレキャストでは場所打ち部材であるウイングであった。なお、1巡目と2巡目の割合の傾向では、いずれの部材も区分の割合の傾向に大きな差はみられない結果となった。

2. 部分係数設計法導入に向けた荷重側の部分係数検討のための条件整理

道路土工構造物への部分係数設計法の導入に向けて、荷重側の部分係数の設定するための条件整理として、現行の土工指針で設計した構造物における断面決定要

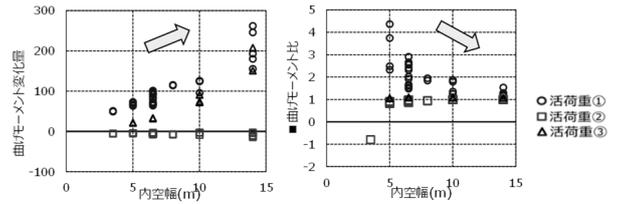
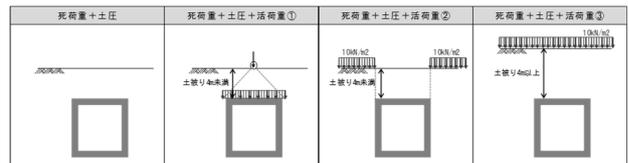


図-4 活荷重の影響程度（死荷重時に対する変化の整理）

表-1 カルバートの荷重組合せのイメージ

ケース	組合せ	設計上考慮する荷重組合せ
(1)	死荷重+土圧	■土被り4m未満の場合
(2)	死荷重+土圧+活荷重①	(1)、(2)、(3)の組合せを考慮
(3)	死荷重+土圧+活荷重②	■土被り4m以上の場合
(4)	死荷重+土圧+活荷重③	(1)、(4)の組合せを考慮



因となる荷重組合せについて検討した。以下、本稿ではカルバートを対象とした検討結果を示す。

検討にあたっては、1連の場所打ちボックスカルバートの施工実績を踏まえて内空断面が幅14m、高さ5mまでの範囲をカバーするように40基を試設計した。試設計したカルバートに対して、照査断面位置（頂版中間部、隅角部）における発生曲げモーメントの比率（各荷重組み合わせ時/死荷重時）を算出し、この比率と構造条件の関係を整理した。死荷重、土圧、活荷重の荷重組合せに対して曲げモーメントの比率を算出し、内空幅との関係を整理した結果を示す（図-4）。ここで、活荷重については土工指針の活荷重の載荷方法を踏まえて土被りと載荷範囲、大きさとして3パターンを考慮した（表-1）。この結果、ボックスカルバートにおいて、活荷重を含む荷重組み合わせに対しては、土被りが薄く、躯体規模が小さいものほど活荷重の影響が支配的となることが明らかとなった。現行の指針で示されていない載荷条件（三次元の影響等）を含めて、活荷重の影響が大きい載荷条件を抽出し、モンテカルロシミュレーションを合理的に行うため、載荷条件設定の検討を行うための基礎資料を作成する。

【成果の活用】

本研究成果等を踏まえて、更なる点検の効率化・合理化の提案につなげていく予定である。また、大型カルバート等の部分係数法適用に向けて、道路土工構造物技術基準改定への反映につなげていく予定である。

【参考文献】

1) 澤口啓希、飯田公春、西田秀明：シェッド及び大型カルバートの2巡目点検から見える健全性と変状の推移、土木技術資料 第66巻 2024.2

8. 道路土工構造物（盛土・切土）、
舗装の構造・維持管理・対災害性の高度化

舗装の要求性能に対応した設計及び維持管理手法に関する調査検討

Research on design and maintenance management methods according to the required performance of pavement

(研究期間 令和 4 年度～令和 6 年度)

道路構造物研究部 道路基盤研究室	室 長	渡邊 一弘
Road Structures Department	Head	WATANABE Kazuhiro
Pavement and Earthworks Division	主任研究官	堀内 智司
	Senior Researcher	HORIUCHI Satoshi
	主任研究官	若林 由弥
	Senior Researcher	WAKABAYASHI Yuya

Since pavement is not a structure that stands alone, but is built on foundations such as other road structures (bridge slabs, cutting and embankment) and the original ground, it is necessary to organize the relationship with these foundations. However, little information is available on the design of pavements in special areas such as bridges and tunnels. In addition, since there have been almost no results of surveys on serviceability, there is a lack of basic data for examining the limit state of pavement. Furthermore, in maintenance and management, since the renewal cycle of pavements is short and the amount of stock is huge, it is an urgent issue to reduce the life cycle cost by extending the service life under an appropriate maintenance cycle.

In this study, the authors conducted continuing pavement survey at fixed point of national highways to collect basic data for design, and analyzed the results of pavement inspections over last 5-year period.

[研究目的及び経緯]

現行の道路舗装の技術基準は平成 13 年に発出され、舗装に要求される性能を規定することで材料や設計・施工方法等を限定しない性能規定化がなされた。しかし、技術基準で確認することとされている性能指標値とその指標により確認されるべき舗装の性能や、その性能が保持される期間との関係が必ずしも明確になっておらず、ライフサイクルコスト(LCC)の観点からも技術に応じた性能の相違が適切に評価されていないという課題がある。また、舗装は単体で成立する構造物ではなく、舗装を支える基盤となる構造物（橋梁床版や切土・盛土）や原地盤の上に構築されるものであることから、舗装に求められる性能について、これら基盤との関係についても整理が必要である。橋梁上の舗装やトンネル内といった特殊部の舗装については、体系的な調査研究がなされておらず、供用され得る状態を検討するための基礎データが不足している状況にある。加えて、維持管理においては、舗装は更新周期が短いうえストック量が膨大であるため、メンテナンスサイクルを確立し、長寿命化による LCC 縮減を目指すことが喫緊の課題である。

本研究では、舗装に求められる性能と交通量等の外部要因との関係把握、設計法の見直しを目的として、直轄国道において供用性を定量的に把握する路面性状調査を実施するとともに、舗装のマネジメントのさらなる合理化を目的として直轄国道の一巡目の定期点検結果を整理した。

[研究内容]

直轄国道において、令和 4 年度は主に土工部のアスファルト舗装、令和 5 年度は土工部の排水性舗装や、土工部及びトンネル内のコンクリート舗装、橋梁床版上のアスファルト舗装について路面性状調査等を実施し、供用性に関する基礎データを収集整理した。また、平成 29 年度から令和 3 年度の 5 年間に実施された 1 巡目の舗装点検結果のデータを整理した。

[研究成果]

○長期供用性の調査

現在の舗装の定期点検は路面の健全性を 3 段階で区分する定性的な評価に留まっており、劣化傾向の把握や構造評価の観点では定量的なモニタリングが必要となる。令和 4 年度は、平成元年頃から地方整備局等で継続して調査を実施されていた直轄国道のアスファルト舗装区間のうち、大きな修繕が実施されずに路面が残存するとされた 12 箇所について路面性状調査等の調査を実施した。図-1 に長期的な供用性の低下傾向の整理結果の一例を示す。

上記に加え、令和 5 年度より、コンクリート舗装やトンネル・橋梁等の特殊部の舗装の継続調査についても新たに開始したところである。今後も継続して長期的な供用性データを蓄積し、舗装の各性能と外部要因との関係について分析するとともに、各性能の保持が想定される期間の算出方法について検討を進め、設計の更なる合理化に繋げていく予定である。

※本報告は令和 4 年度から令和 5 年度へと継続して実施した「舗装の性能規定及び設計に関する調査検討」の成果も含めてとりまとめたものである。

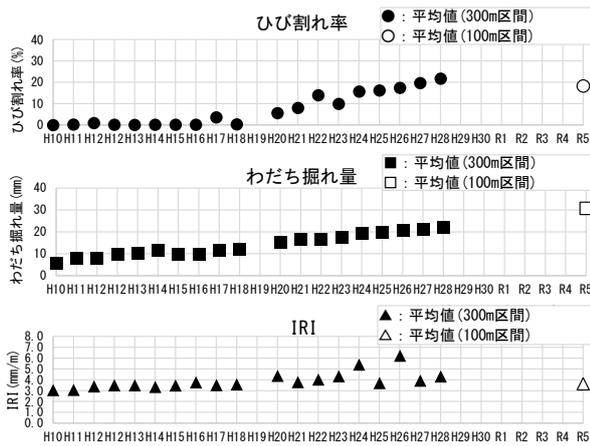


図-1 供用性調査結果の一例

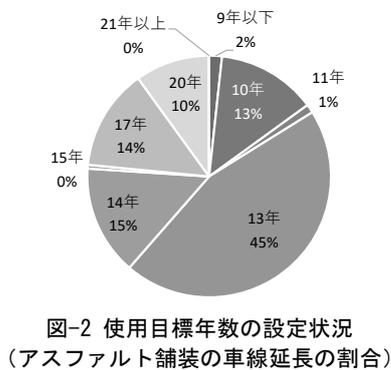


図-2 使用目標年数の設定状況
(アスファルト舗装の車線延長の割合)

〇一巡目の点検結果の整理

1) 使用目標年数

使用目標年数は、劣化の進行速度のバラつきの大きなアスファルト舗装において、表層の早期劣化区間の排除等を目的として、道路管理者が表層を使い続ける目標期間として設定するものである。図-2 に直轄国道（直轄高速国道除く）のアスファルト舗装における設定状況を示す。使用目標年数の割合としては13年が約45%と最も高い。これは、アスファルト舗装の長期保証制度の導入時の検討事例を参考にしたものと考えられるが、本質的には実際の路線の管理実績等に基づき個別に設定することが望ましく、2巡目以降は、適切な使用目標年数の見直しが求められると考えられる。

2) 健全性の診断区分

図-3 及び図-4 にアスファルト舗装とコンクリート舗装の表層の供用年数別の健全性診断結果を示す。いずれも、経過年数が0から20年程度の範囲で、経過年数が長くなるにつれて健全性が低下する傾向がみられた。また、コンクリート舗装はアスファルト舗装と比べ健全度Ⅰの状態を維持している割合が高く、コンクリート舗装は耐久性に優れているとされる従前の認識を裏付ける結果となった。

3) 損傷の要因

図-5 及び図-6 にアスファルト舗装とコンクリート舗装の表層の健全度がⅢとなっている点検箇所の評定の主要因となった損傷の割合について整理した結果を

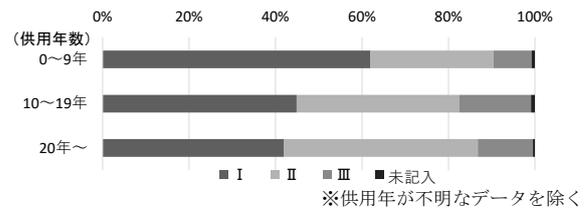


図-3 供用年数別の健全度
(アスファルト舗装の車線延長の割合)

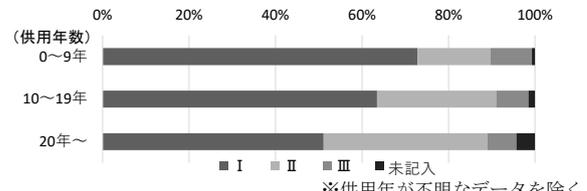


図-4 供用年数別の健全度
(コンクリート舗装の車線延長の割合)

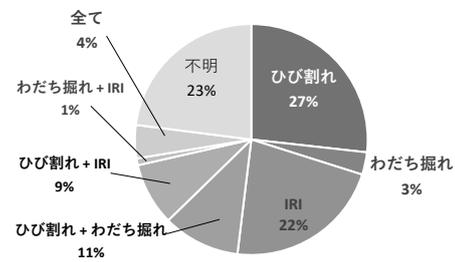


図-5 健全性Ⅲの主要因
(アスファルト舗装の車線延長の割合)

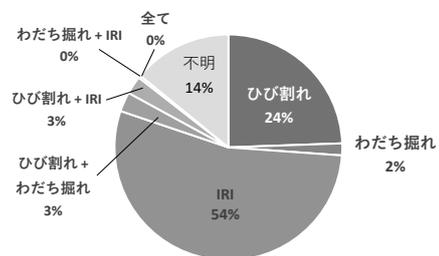


図-6 健全性Ⅲの主要因
(コンクリート舗装の車線延長の割合)

示す。アスファルト舗装では、「ひび割れ」や縦断方向の平坦性を示す指標である「IRI」関連の割合が高く、「わだち掘れ」関連の割合は低い。これは、改質アスファルトの使用等で表層の耐流動性が向上したためと推察される。一方、コンクリート舗装では特に「IRI」関連の割合が高い。これは、普通コンクリート舗装の構造的弱点である目地部において、目地材の飛散により雨水が浸入し、段差が発生して乗り心地が低下したことなどが考えられる。そのため、点検要領に基づき、目地材の再充填など適切な維持管理が重要である。

[成果の活用]

今回実施した定点調査で取得した様々な箇所の舗装の供用性データを踏まえ、より合理的な舗装の設計や維持管理を行うことができるような体系を提案し、技術基準の改定や関連する技術図書への反映を目指す。

9. 道路の地震防災・減災対策

動的耐震照査法の信頼性向上に関する調査

Study on reliability improvement of dynamic seismic verification method

(研究期間 令和3年度～令和5年度)

道路構造物研究部 道路地震防災研究室
Road Structures Department
Earthquake Disaster Management Division

室 長 上仙 靖
Head JOSEN Yasushi

研 究 官 石井 洋輔
Researcher ISHII Yosuke

This study verifies the standard parameters employed in the dynamic seismic verification method for highway bridges in order to improve the reliability of the method. Therefore, the vibration characteristics of entire bridge systems were calculated by using their observed behavior.

〔研究目的及び経緯〕

道路橋の耐震設計では、橋全体を構成する部材の耐荷性能を動的な解析で照査することが一般的である。道路橋示方書・同解説に示される動的耐震照査に用いる標準的な設定値は、不確実性を踏まえて安全余裕を考慮して設定しているものが存在し、設定値の説明性や照査手法の信頼性のさらなる向上が求められている。

国総研では、一つの橋に地震計を密に配置し、加速度を多点で観測することで全体系の振動を観測するシステムを東北～九州地方の24橋に設置している。橋全体系の挙動をきめ細やかに観測することで、固有振動数や減衰特性などの地震応答特性の分析が可能になる。

そこで本研究では、観測システムで観測された記録から橋の振動特性（固有周期、減衰特性）を直接的に評価し、観測記録より評価した振動特性について、耐震設計に用いる標準的な設定値と比較検証した。

R3～R5年度の検討では、振動観測を行っている14橋を対象に振動特性（固有周期、減衰特性）を算出し、既往の振動実験で得られている値と比較検証した。また、桁橋と比較して地震時の挙動が複雑な構造形式の橋に対し、観測記録より減衰特性を評価した。

〔研究内容〕

1. 実測記録から求めた橋の振動特性

地震時、常時、そしてそれらの連続した観測記録を対象に対象橋の振動特性（固有周期、減衰特性）を算出した。観測記録より橋の振動特性を算出する方法は、システム同定手法を用いた。システム同定は、観測データの入力信号 $\{u_k\}$ と出力信号 $\{y_k\}$ から状態方程式と出力方程式を解き、観測記録から直接的に振動特性（固有周期、減衰特性）を推定する手法である。システム同定を橋の挙動観測に対応させた概念図を図-1に示す。

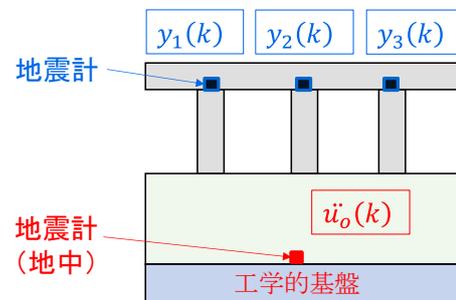


図-1 橋の観測点へのシステム同定の適用

本研究では、表-1に示す14橋にシステム同定手法を適用し、それぞれの橋の固有周期と減衰特性を算出した。また、算出した振動特性について、土木研究所が従前の振動実験で明らかにした橋の固有周期と減衰特性の関係と比較した。

2. 解析モデルによる橋の振動特性の評価

本研究では、桁橋より比較的挙動が複雑と考えられる逆ランガー橋や曲線橋を対象に解析モデルを構築し、地震応答解析を用いて詳細に振動特性を検証した。システム同定で算出した振動特性について、設計モデルで適用されている振動特性と比較し、地震応答解析を用いて橋の応答に与える影響を検証した。なお、システム同定に用いた記録は、レベル1地震動より小さい加速度であり、比較対象の設計モデルは線形状態としてモデル化する場合のものを用いた。

〔研究成果〕

1. 実測記録から求めた橋の振動特性

本稿では、地震時の記録を対象にしたシステム同定で得られた各橋の固有周期と減衰特性の関係を示す。前述した既往実験結果との比較を図-2に示す。システム同定で得られた固有周期と減衰定数の関係は、概ね固有周期0.2-1、減衰定数0.005-0.05の範囲

表-1 本研究の対象橋

	形式等	橋長 (m)	センサー 数	
			橋	地盤
1	4径間連続鋼鈹桁橋	152	13	1
2	ランプ橋	133	19	1
3	3径間合成箱桁橋	150	12	1
4	鋼逆ランガー橋	152	9	1
5	8径間鋼箱桁橋	470	9	1
6	15径間連続鋼鈹桁橋	439	9	1
7	16径間鋼桁橋	240	9	1
8	10径間PC箱桁橋	886	10	1
9	7径間箱桁橋	280	10	1
10	10径間PC桁橋	268	9	1
11	18径間連続鈹桁橋	575	55	4
12	7径間連続鋼非合成箱桁橋	443.65	17	3
13	7径間連続鋼非合成箱桁橋	443.65	18	3
14	9径間連続鋼床版2主鈹桁橋	515	31	4

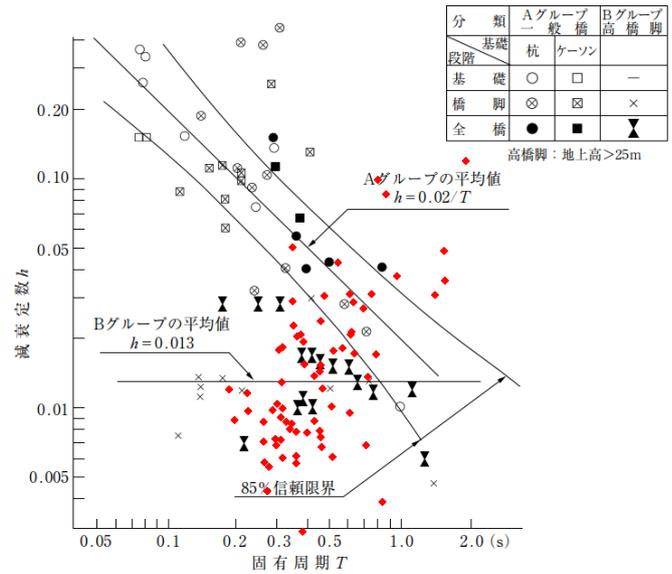


図-2 推定した固有周期と減衰特性の関係
(土木研究所報告第139号の実験結果にひし形(◇)を加筆)

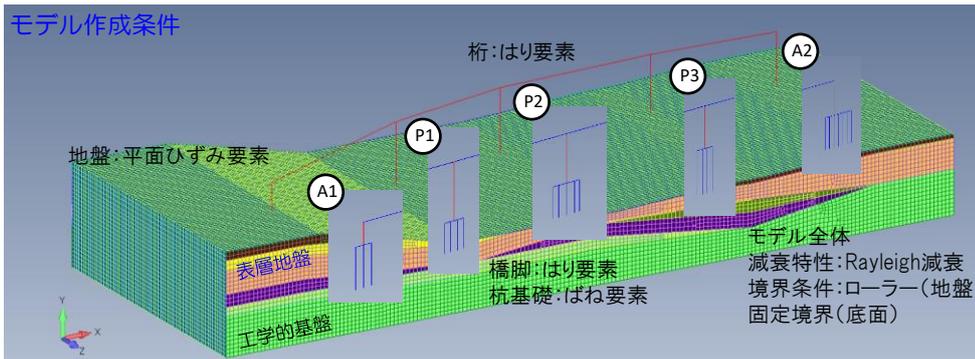


図-3 対象橋(曲線橋の解析モデル)

2. 解析モデルによる橋の振動特性の評価

本稿では代表して、図-3に示す曲線橋の検証結果を示す。システム同定で算出した固有周期と減衰定数を解析モデルに反映した場合と、設計基準に示される値を用いた場合に、解析で設定されるレーリー減衰の比較を図-4に示す。

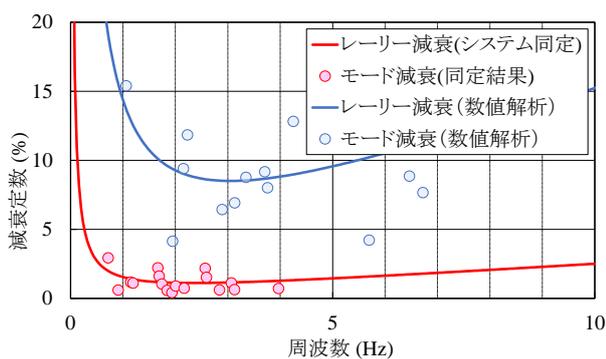


図-4 解析モデルに設定する減衰特性の比較

であり、既往実験結果のBグループ(全橋および橋脚単体)で得られている範囲と概ね整合していた。一方、一部既往実験結果と整合しない結果も得られており、今後、対象橋の構造形式や算出に用いた観測データの特性を踏まえ詳細に分析する予定である。

用いた場合に、解析で設定されるレーリー減衰の比較を図-4に示す。

図-4より、システム同定と固有値解析で算出されたそれぞれの固有周波数は概ね同様の帯域であった。一方、システム同定で算出された減衰定数は、設計モデルと比較して概ね5%小さく設定された。これは、システム同定で対象とした地震が微弱であり、部材間の振動伝達で生じる減衰など、地震時に想定されているような減衰が生じていない可能性があり、システム同定で算出された減衰特性が小さくなったと考えられる。今後は、大きい地震時の観測記録を用いて分析し、地震の大きさによる解析結果のばらつきを検証や既往の設定値との比較等を実施する。

[成果の活用]

道路橋の技術基準に規定されている動的耐震照査の設定値に本検討結果を反映し、耐震設計の一層の合理化に貢献する。

道路リスクアセスメントの活用方策に関する調査

Research on measures to utilise road risk assessment

(研究期間 令和5年度～令和7年度)

道路構造物研究部 道路地震防災研究室
Road Structures Department
Earthquake Disaster Management Division

室 長 上仙 靖
Head JOSEN Yasushi
研 究 官 乗川 純弥
Researcher NORIKAWA Junya

Guidelines for Road Risk Assessment against Natural Disasters were tentatively compiled. In this research, we risk assessments were carried out and the results of the assessments were analysed which have suffered from past disasters.

[研究目的及び経緯]

国土交通省では、発災後、1日以内の緊急車両の通行の確保、1週間以内の一般車両の通行の確保を目標に掲げ、災害に対して強靱な道路ネットワーク整備の加速化・深化を推進している。

国総研では、道路構造物の耐災害性能に着目した道路ネットワークのリスクを評価する手法に関する研究を行い、その成果として「道路リスクアセスメント要領(案)」(以降、「要領(案)」という。)の原案をとりまとめ、令和4年3月に第16回道路技術小委員会¹⁾にて審議されたところである。

本研究では、道路網マネジメントにおけるリスク評価の有効な活用方法の検討を行うための基礎資料として、既往被災事例のデータ整理を行い、リスク評価手法に基づく、リスク評価を実施し、その評価結果の分析を行った。本稿ではそれらの成果について報告する。

[研究内容]

大規模な被災・通行止めが発生した平成28年度～令和5年度の被災事例を対象に要領(案)に基づく道路のリスク区分(表-1)によるリスク評価を行った。また、その評価結果がリスクを捉えられているか分析を行った。本稿では、その中でも多くの道路構造物に被害が発生した主に平成28年(2016年)熊本地震(図-1)を対象に、リスク評価結果及び分析結果について報



図-1 熊本地震における斜面崩落

表-1 道路のリスクの区分

I	通行規制が生じない可能性が高いと認められる。
II	一時的に通行止めになる可能性があるが、一定期間内に一定の規制で通行できる可能性が高いと認められる。
III	通行止めとなる可能性が高いと認められる。

告する。

[研究成果]

(1) 熊本地震時の被災道路とその代替路の比較

平成28年(2016年)熊本地震では、国道57号において大規模な斜面崩落が発生するなど多くの道路構造物が被害を受けて、約4年間にわたる長期通行止めが発生した。地震発生直後から、道路構造物が少なく地震での被害が限定的であった熊本県道339号(以下、「ミルクロード」という。)の緊急整備が行われ、復旧までの迂回路として活用された。この事例を用いて、地震動に対してリスク評価手法の検証を試みた。

道路区間のリスク評価結果を図-2、道路構造物区間のリスク評価結果を図-3に示す。図-2および図-3の評価結果について、リスクI(青色)は、通行規制が生じない可能性が高いこと、リスクII(黄色)は、一時的に通行止めになる可能性もあるが、一定期間内に一定の規制で通行できる可能性が高いこと、リスクIII(赤色)は、通行止めとなる可能性が高いことを示している。また、図-3について、道路区間の線上にあるものは橋梁区間とカルバート区間、線上にないものは切土盛土区間と自然斜面区間であることを示している。なお、ミルクロードに関しては、収集可能であった道路構造物のデータのみで評価しているため、一部の道路構造物によるリスク評価結果となっている。

リスク評価の結果、国道57号では通行障害を生じる可能性が高い(評価結果がリスクIIまたはリスクIII)と評価した道路構造物区間がミルクロードより多い結果となった。



図-2 道路区間のリスク評価結果

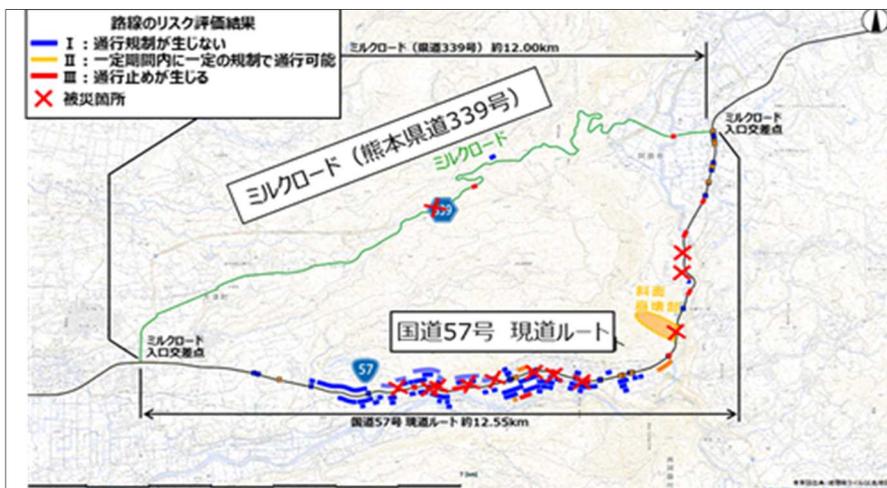


図-3 道路構造物区間のリスク評価結果

ミルクロードは、国道57号より道路構造物が少なく、土工部に険しい地形がない区間が多い特徴があるため、地震後に通行に支障が生じるような大きな被害が道路構造物になかったのに対して、国道57号では大規模な斜面崩落により道路構造物が被害を受け、長期通行止めが発生した。

(2) リスク評価結果の分析

(1) のリスク評価結果について道路構造物ごとに分析した結果を報告する。

国道57号現道ルートにおける橋梁について、平成8年(1996年)以前の道路橋示方書が適用されているものはリスクⅢと評価しており、実際に被害があった橋梁はこれらの一部であった。評価結果と整合しているわけではないが、平成8年(1996年)以前の道路橋示方書が適用されている橋梁に該当するものをリスクⅢと評価していること、かつ、その中の一部しか被害を受けていないことから、平成8年(1996年)以降の道路橋示方書が適応されている橋梁のリスク評価と耐災

害性能については相対的に評価できているといえる。

一方、盛土や切土については、リスクⅡと評価している区間では被害を受けていないものがあり、リスクⅠと評価している区間で被害が生じているものもある。設計条件に着目した評価結果と実際の被害の有無の対比を個々の構造物に着目して行う場合、被災リスクの適切な評価には不確定性が残る。

このように、個々の構造物に対する被災リスクの評価には限界があるが、今後、構造物のデータを充実させることにより、路線同士のリスクの相対的な比較はある程度可能になると考えている。

(3) まとめ

本研究では、道路構造物の耐災害性能に着目して要領(案)を用いて、熊本地震を対象にリスク評価の試行結果について報告した。

本分析により、要領(案)に基づくリスク評価は、個々の道路構造物に対して、実際に生じる一つ一つの被災を捉えるもので

はないが、路線単位での比較を行った場合、各道路ネットワークがどの程度リスクを有しているのかの相対的な差を確認できており、路線単位での耐災害性能の傾向をあぶり出す有力な参考情報となり得るものであると考えられる。

[成果の活用]

本研究の成果は、今後の要領(案)の改定や道路リスクマネジメントに関する施策に関する基礎資料として活用していく予定である。

[参考文献]

1) 国土交通省ウェブサイト、社会資本整備審議会道路分科会第16回道路技術小委員会資料、
https://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/road01_sg_000600.html

地震時の道路施設変状の即時把握に関する調査

Study on technology for immediate detection of road facility damage by earthquakes

(研究期間 令和4年度～令和5年度)

道路構造物研究部 道路地震防災研究室
Road Structures Department
Earthquake Disaster Management Division

室 長 上仙 靖
Head JOSEN Yasushi
主任研究官 長屋 和宏
Senior Researcher NAGAYA Kazuhiro

Various sensors and wireless communication devices are becoming smaller, less costly, and less power consuming due to advances in technology. The purpose of this research is to realize simple and inexpensive detection of road deformation that occurs in the event of a disaster. We organized the road surface deformation detection technology, etc., made a prototype of the road surface deformation detection system, and conducted an operation test.

〔研究目的及び経緯〕

頻発化・激甚化する災害に対し、二次災害の防止や災害復旧業務への早期着手を一層推進するため、災害の発生時刻等に依らず、施設の被害状況等を迅速に把握することが求められている。

国総研では、被害状況把握の迅速化を進めるため、無人航空機や衛星、センサ等を活用した道路施設被害の把握に関する調査、実証実験を道路管理者と連携して実施してきている。

本調査では、技術進展により各種センサ及び無線通信機器が小型化、低コスト化、省電力化されていることを踏まえ、災害発生時の道路面に生じる変状の検知を簡便かつ安価に実現することを目的とする。

〔研究内容〕

(1) 路面変状検知システムの実環境での検証

災害発生時の路面に生じる変状検知を非接触で簡便かつ安価に実現することを目的として、令和4年度に試作し、機器の評価等を行った道路路面変状検知システムを6機制作し、国総研構内の3地点の屋外環境に2機ずつ設置し、60日間程度観測を行い、連続して安定的に観測が行えることの検証、屋外環境での計測の課題抽出等を行った。

(2) 道路等に生じた変状の検知手法のとりまとめ

災害により路面等に生じた変状や災害発生後に生じた不安定な状況等の検知・監視を簡便かつ安価に実現する「道路等に生じた変状の検知手法」としてとりま

とめた。とりまとめにあたっては、路面変状検知システムのセンサ部及び伝送部の仕様としての検知可能な対象物、検知のレンジ、分解能等のスペックに加え、適用条件、課題や留意事項、実環境への機器の設置・観測としての通行車両の影響などを踏まえた課題や留意事項等について整理した。

〔研究成果〕

(1) 路面変状検知システムの実環境での検証

1) 検知システムの製作

実環境での検証用に制作した路面変状検知システム(6機)は、図-1に示すように、屋外の観測地点に設置する「無線センサ」と、屋内に設置する「IoTゲートウェイ」(伝送中継機器)から構成され、無線センサとIoTゲートウェイ間は、LPWA通信(PrivateLoRa)、IoTゲートウェイからはLTEを通じてクラウドサーバにアップを行い、WEBを介して結果を閲覧する構成とした。

2) 路面変状検知システムの設置

制作した路面変状検知システムの無線センサは、2機ずつ国総研構内の3地点に設置した。設置に当たっては、地震災害時に変状の発生が懸念される箇所として、通行車両の影響や気象状況の影響の評価を行えるように箇所の選定を行った。また、IoTゲートウェイとの通信安定性についても配慮して設置箇所を選定した。その結果、センサ1,2は、交通量が多く通行車両の影響評価が行える地点、センサ3,4は、橋台と盛土の境界部での段差発生が懸念される地点、センサ5,6は、橋台と盛土の境界部の段差発生が懸念されるとともに日照変化等が大きいことから気象影響評価が行える地点、に設置した。なお、センサ1,2及びセンサ5,6の設置箇所では、車両の影響評価の検証用にカメラを設置した。

設置にあたっては、既存の照明柱などに添架し、センサ設置のために大がかりな工事等を必要とせず設置する際の留意点等の整理を行った。

3) センサ計測値の特性整理

本システムでは、計測及び無線通信にかかる消費電力を抑制する観点から、センサの計測及び伝送は、1分周期で行うものとした。ただし、現地計測記録からは、特定の時間帯等にそのばらつきが大きくなる現象が見

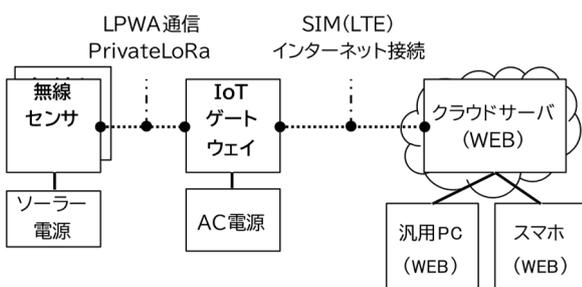


図-1 路面変状検知システムの構成



図-2 路面変状検知システム(無線センサ)の設置状況

による平均値により評価を行うものとした。

4) 通行車両の影響評価
 道路面への距離計測による変状検知では、車両が通行した際に車両までの距離を計測する可能性があるため、通行車両の影響を除外する必要がある。センサ計測値より著しく小さな値が計測されている時刻の検証用カメラ映像を確認し、通行車両の影響を把握した。この結果、通行車両の影響を受けた観測値は、車両の形状や大きさ、走行位置(横断位置、進行方向位置)によって幅があることから、センサ設置時には、通行車両の影響を明確に判断できるような方向等を考慮して設置

られたため、観測値に影響を及ぼしていると思われる気象状況のデータ(降水量c、視程、相対湿度、蒸気圧、露点温度、日射量、気温、風速、現地気圧)との相関について分析を行った。その結果、降水量が多く視程距離が短い時間帯ではばらつきが大きくなることが明らかとなった(図-3)。これらを踏まえ、10分間の計測値

する必要があることが明らかとなった。
 (2) 道路等に生じた変状の検知手法のとりまとめ
 (1)の検討及び評価結果等は表-1の形で「災害による路面変状等の検知システム 導入ガイドライン」としてとりまとめた。

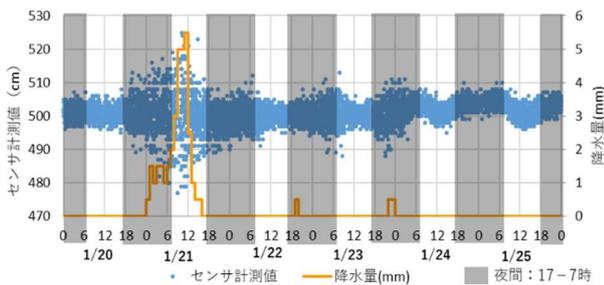


図-3 計測値と降水量データの関係(センサ1)

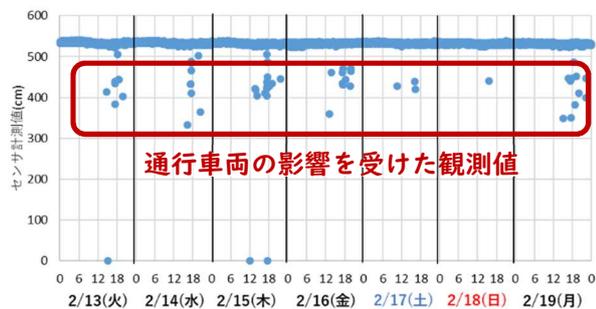


図-4 通行車両の影響評価

表-1 ガイドラインの構成

項目	内容
1.総則	目的、ガイドラインの適用範囲、ガイドラインの構成、用語の定義
2.対象とする路面変状	本ガイドラインで対象とする路面変状の大きさ等について
3.センサ・伝送技術の選定	機器の小型化、低コスト化、省電力化されていることを踏まえ、センサ・伝送技術に求める要件と選定方法
4.路面変状等の検知システム	システム全体構成、システムを構成する無線センサ部、ソーラー電源部、伝送中継器について
5.計測箇所の選定	災害により路面変状の検知を目的とした計測箇所の選定方法
6.設置方法の検討	システムを構成する継器の設置にあたって検討するべき事項
7.機器の設置・調整	システムを構成する継器の設置・調整方法
8.計測・運用	センサ計測値の特性を考慮した計測データの活用方法や、計測データを用いた路面変状(段差)の検知方法

【成果の活用】

本調査で検証した路面の変状覚知手法については、今後、実道路での試験観測を通じ、地震発生時の道路の異常検知手法として活用されることが期待される。

リモートセンシング技術を活用した 災害時の道路状況把握に関する調査

Study on road disaster investigation utilizing remote sensing technologies

(研究期間 令和4年度～令和7年度)

道路構造物研究部 道路地震防災研究室

Road Structures Department Earthquake Disaster Management Division

室長	上仙 靖	主任研究官	梅原 剛
Head	JOSEN Yasushi	Senior Researcher	UMEBARA Takeshi
交流研究員	徳武 祐斗		
Guest Research Engineer	TOKUTAKE Yuto		

When a large-scale disaster occurs, the damage is enormous, the distribution is wide, and it may take a lot of time to grasp the damage situation. Therefore, for the purpose of quickly grasping the damage situation of road facilities due to earthquakes, heavy rain disasters, etc., an efficient method of grasping the damage situation using remote sensing technology is studied.

[研究目的及び経緯]

地震や豪雨等による大規模災害が発生すると、被災が甚大となり分布が広範囲にわたる場合や夜間に発生した場合など、被災状況の把握に多大な時間を要することがある。そこで、地震や豪雨災害等による道路施設の被災状況の迅速な把握を目的として、現在用いられているリモートセンシング技術を活用した災害時の調査方法の検討を行っている。

昨年度は、リモートセンシング技術のなかでも悪天候時や昼夜間でも活用可能な SAR 衛星に着目し、熊本地震の SAR 衛星 (ALOS-2 : 分解能 3m の Lバンド衛星) データを用いて、一般的な解析手法である一時期強度解析、二時期強度差分析を適用し、道路被災状況調査への活用可能性を調査した。その結果、前処理として実施しているフィルタリング処理の際に、分解能が低下し判読性能の低下を招くことが課題としてあげられ、土砂崩壊等の大規模な被災事象把握以外は困難であった。そこで本年度は判読性能に影響を及ぼすと考えられるノイズ低減処理方法について検討を実施した。

[研究内容]

SAR 衛星は、電波の一種であるマイクロ波を発射し、地表で反射したマイクロ波をとらえ、地表の形状や性質に関する画像情報を取得するものであることから、多くのノイズが含まれる特性があり、解析時には、図-1 に示すようにノイズ低減のためのフィルタリング処理を実施している。一般的には、複数の画素を平均化してノイズ低減を図るマルチルックと呼ばれる手法 (図-2) が用いられているが、路面亀裂のような比較的小規模な道路被災事象が捉えられない。そこで本検

討では、熊本地震前後の SAR 衛星データを用いて、フィルタ処理方法を変化させ、一時期強度解析、二時期強度差分析を実施し、熊本地震の実際の被災箇所と比較することにより、判読の可否について整理し

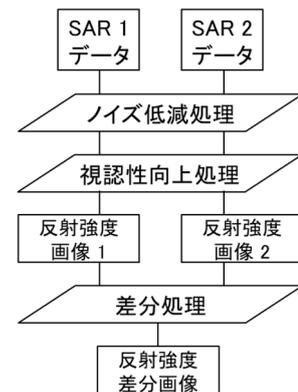


図-1 二時期強度差分析フロー

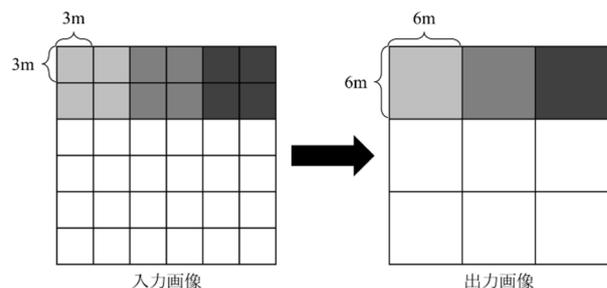


図-2 マルチルックの概念図

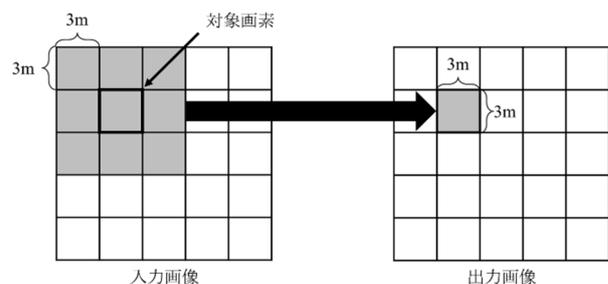


図-3 分解能の低下を伴わないフィルタの概念図

た。強度解析の際に用いるノイズ低減のためのフィルタ処理は、 2×2 画素のマルチルック (図-2) と分解能の低下を伴わない 3×3 画素の畳み込みフィルタ (図-3) の2ケースを実施した。なお、畳み込み処理は、対象画素とその周囲の画素値に重み付け係数をかけて合計し、新たな画素値として置き換えるものである。

またその上で、視認性向上のための Median フィルタ (対象画素の値をウィンドウ内の中央値とする処理)、Lee フィルタ (対象画素の値をウィンドウ内の平均値とする処理) の2ケースを実施した。

〔研究成果〕

熊本地震前後の SAR 衛星データを用いて、フィルタリング処理方法を変え、強度解析を実施した。一例として、二時期反射強度解析で判読できた土砂崩壊箇所に関し、フィルタリング処理方法を変化させた解析結果を図-4 に示す。なお、二時期強度差分解析では、本震前後で変化がない場合は白または黒色を示し、本震後に強度が弱くなった場合は赤色、本震後に強度が強くなった場合は水色を示す。図中の矢印が土砂崩落箇所を示している。

一般に路面からの反射強度は弱く、二時期強度差分画像では黒く表示されるが、土砂崩壊に伴い形状が複雑に変化したことで、反射強度が強くなり水色で表示されたことがわかる。またフィルタ処理なしのケース

と処理を施したケースを比較すると、フィルタ処理を実施することで SAR 特有のスペckルノイズ (斑点状のノイズ) が低減され、判読精度の向上が見込まれるものの、本検討で適用したフィルタの種類による判読結果の違いは確認できなかった。これは SAR 画像データが最小単位である画素 (ピクセル) から構成され、ピクセルに格納された数値によって可視化処理がなされ1枚の画像として表現されるものであることから、フィルタ処理を実施してもスペckルノイズが完全に除去されず、被災規模が小さい事象についてはノイズ等との区別ができなかったものと考えられる。

今回の結果からフィルタ処理は必要不可欠といえるものの、フィルタ処理を施しても既存衛星 ALOS-2 データでは、数百m程度の土砂災害の状況を把握することが限界で、道路亀裂や段差等の道路被災事象の把握は困難であることがわかった。今後は活用が期待されている分解能0.5mのXバンド小型衛星画像に対する畳み込みフィルタの有効性評価についても検討していく予定である。

〔成果の活用〕

本成果を用いて衛星画像を用いた道路被災状況調査の活用が可能な被災事象・規模を整理するとともに、各被災事象に対する最適な解析手法を整理し、標準仕様 (案) として取りまとめる予定である。

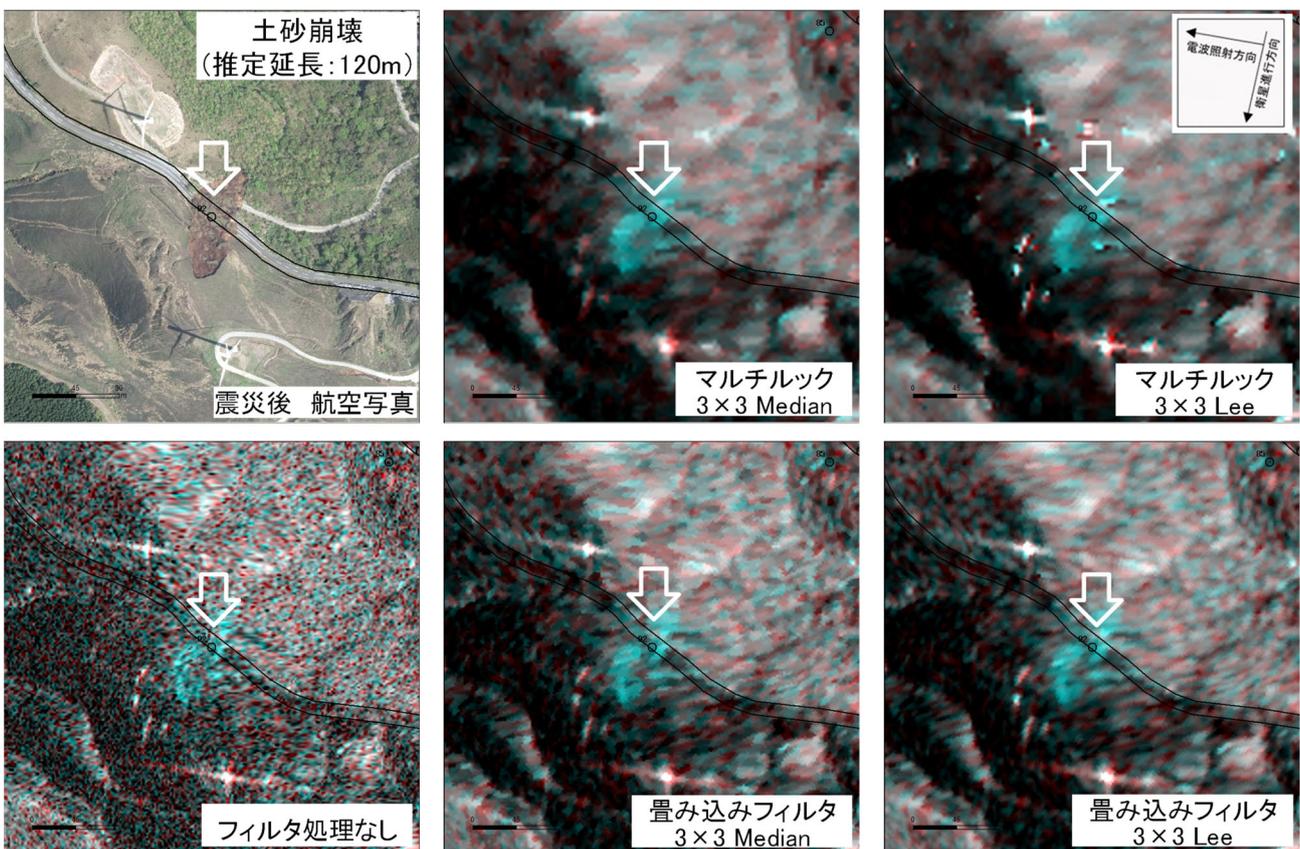


図-4 フィルタリング性能の比較 (二時期強度差分解析の一例)

地域連携道路事業費

5. 施策提案（基礎的基盤の研究 等）

土木工事の生産性向上に向けた効率的な積算体系の運用を実現する 検討調査

A study to realize the operation of an efficient cost estimation system to improve the productivity of civil engineering work

(研究期間 令和4年度～令和5年度)

社会資本マネジメント研究センター 社会資本システム研究室

Road Traffic Department Road Division

室長	堤 達也	主任研究官	山口 悟司
Head	TSUTSUMI Tatsuya	Senior Researcher	YAMAGUCHI Satoshi
主任研究官	細田 悟史	研究官	大谷 周
Senior Researcher	HOSODA Satoshi	Researcher	OOTANI Amane

The purpose of this research is to collect information on systems that can be used as a reference in Japan, such as cost estimation methods and unit price determination methods in Europe and the United States.

[研究目的及び経緯]

生産年齢人口の更なる減少が見込まれる中、i-Constrection、インフラ分野のDXの推進等により労働生産性の向上を図るとともに、入職者を確保するための労働環境の改善等が求められている。工事積算においても、施工パッケージ型積算基準の改訂、適切な労務費の計上、除雪等の維持工事の積算基準改定等に取り組んでおり、生産性向上や労働環境改善に向けた民間企業の活動を一層促す施策が求められている。

本研究では、我が国より労働者賃金が高く、施工の生産性向上意欲が高いとされる欧米を対象に、積算体系、単価決定プロセス等の制度を調査することで、積算基準の見直し及び次期積算システムを含む今後の積算制度の参考となる資料を収集するものである。

[研究内容]

調査項目は一般工事及び維持修繕工事における積算

手法、単価設定方法である。調査は米国及びドイツの公共土木工事の発注機関(表-1参照)にヒアリングを行い、積算制度に関する質問への回答及び参考文献を整理した。

[研究成果]

一般工事の積算手法、契約方式、単価設定に関する調査結果を表-2に示す。

表-1 調査対象機関

国名	機関名(日本語訳)	機関名(現地語名)
米国	連邦道路庁	FHWA: Federal Highway Administration
	フロリダ州交通局	FDOT: Florida Department of Transportation
	カリフォルニア州運輸局	Caltrans: California Department of Transportation
ドイツ	ヘッセン州道路交通局	Hessen VI Straßen und Verkehrswesen
	バーデン=ビュルテンベルグ州道路交通・道路インフラ局	Baden-Württemberg Abteilung 2 Straßenverkehr, Straßeninfrastruktur
	アウトバーン社	Autobahn GmbH

表-2 一般工事の積算手法、契約方式、単価設定

	日本	米国			ドイツ	
	国土交通省	FDOT	Caltrans	FHWA	Hseeen	AB
積算手法(単価タイプ)	施工パッケージ型	ユニットプライス	ユニットプライス	ユニットプライス	ユニットプライス	ユニットプライス
契約方式	総価契約単価合意方式	単価契約	単価契約	単価契約	単価契約	単価契約
単価DB収集対象・更新頻度	全応札者・毎年(一部データを抽出して更新)	全応札者データ・随時	全応札者データ・毎週	全応札者データ・随時、プロジェクト段階毎	全応札者データ・随時及び年間	落札者データのみ(頻度未調査)
単価設定方法	積算大系の細別(レベル4)等の内容毎に、施工条件等に応じた組合せの単価を設定	DB内で地域、期間等を指定し必要な単価を抽出。抽出期間等のルールはない。	DBからのデータ抽出に関する明確なルールなし	3件(可能なら前2~5年間のもの)の類似業務の落札額の最低金額の平均値を採用。	地域、数量に応じた複数の単価データより選定。	過去2~3年のDB単価の平均に、地域差、施工条件、CPIを考慮。数量別の単価あり
設定した単価の補正方法	地域、物価変動に応じて補正	CPIを用いて補正	-	インフレ率、地域等の条件により補正。	CPIによる調整	-
単価設定時のパラメーター	なし(施工条件で選定済み)	地域、契約種類	地域、年(過去30年分)、入札金額、数量	項目の数量、人件費、プロジェクト所在地、立地条件等	積算項目、数量、キーワード検索	パラメーターを整備中

調査対象国の米国及びドイツの公共発注機関では、多くの場合ユニットプライスを用いた官積算を実施している。入札前段階の最終的な官積算についても、我が国のような上限拘束性がないため、官積算の精度をそれほど追及していないという状況である。

米国及びドイツの単価データは、基本的に全ての応札者から収集されている。また、我が国では設定した単価を適用地域の労務、機械、材料の単価及び物価にて補正する。一方、米国及びドイツでは積算項目設定のパラメーターとして、プロジェクト所在地、インフレ率等の詳細設定が可能であり、これによって積算担当のエンジニアが経験に基づく積算単価を設定可能としている。

維持修繕工事での調査結果を表-3に示す。

日本では外部委託にて実施されているが、米国やドイツでは一部の維持工事を直営の職員にて実施されている。積算手法は3カ国とも一般工事と同様である。積算での項目は、日本では維持修繕工事専用のレベル2(工種)、レベル3(種別)などの区分はあるが、施工量が紐付くレベル4(細別)は一般項目と併用されている。また、FDOTでは維持修繕工事専用の項目があるが、一般工事用の項目も併用されている。一方、ドイツでは維持修繕工事の専用項目はなく、一般工事用項目を併用している。

また、入札不調対策に有効な方法として、「最大限度額(予算上限)での契約」の事例を確認した。

本契約では、公示文書内に発注者の予算上限額を示し、予算を超える入札があった場合でも不落とせず、一旦、請負業者(最低金額の入札者)が提案書に記載した各工種の単価で契約がなされる。事業の実施に当たっては、発注者は予算上限額に収まるよう作業内容・数量を調整しながら作業指示を行う。(図-1)

我が国では前述の通り、日本の上限拘束性の中では許容されにくい手法とも思われる。しかし、我が国では、価格競争にて官積算価格を上回り入札不調となった場合には、再度見積もり等による単価作成及び入札手続きを行うため、入札不調による工期延期の影響が

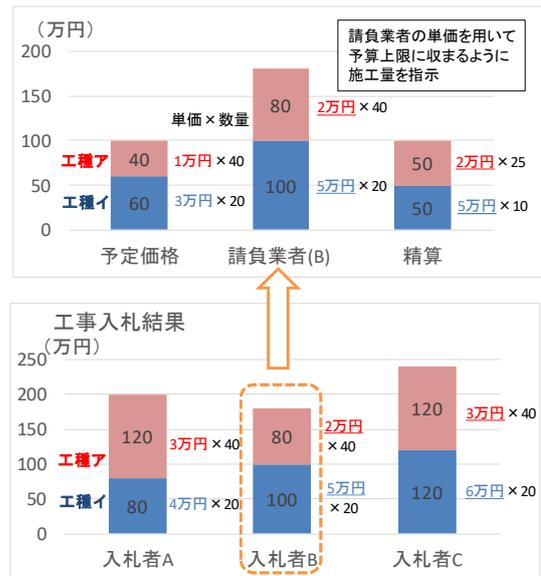


図-1 FDOT 最大限度額での契約イメージ

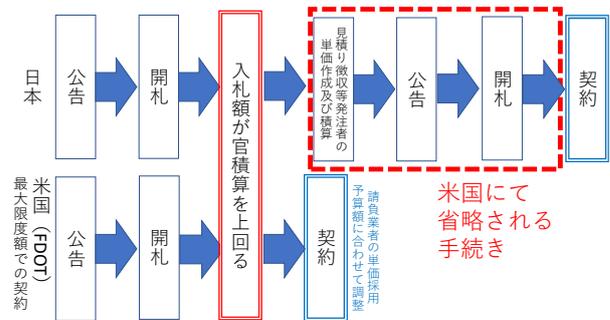


図-2 日米での手続き比較

大きい(図-2)。そのため、発注者の効率化・受注者の工期確保の観点からも有効な方式と思われる。

【成果の活用】

特に維持修繕工事での入札不調が発生する状況に対して、本調査で得られた海外での単価設定方法や、入札額が積算額を上回る場合での予算上限での契約方法について、制度検討の参考資料として活用して参りたい。

表-3 維持修繕工事の単価合意の単位

維持修繕工事	日本	米国	ドイツ
		FDOT	BW、AB
発注対象	維持工事・修繕工事全て	一部の維持修繕工事は直営にて実施	一部の日常的な維持管理は直営にて実施
積算手法(単価タイプ)	施工パッケージ	ユニットプライス	ユニットプライス
専用項目の有無	△(レベル2、3では専用グループ有、レベル4は一般項目と併用。)	○(専用項目あり。一般項目も併用。)	×(一般工事と同様)
契約方式	総価契約 単価合意方式	総価契約: アセットメンテナンス契約(3~5年の交通メンテナンス契約) 単価契約: 作業指定型契約(発注者が作業場所・時間を指定して実施) ※入札不調対策として、「最大限度額での契約」を実施	総価契約

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of NILIM

No. 1298

November 2024

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