

ISSN 1346-7328

国総研資料 第 1221 号

令和 4 年 8 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.1221

August 2022

令和 3 年度

道路調査費等年度報告

Annual Report of Road-related Research

in FY 2021

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 3 年度 道路調査費等年度報告

Annual Report of Road-related Research in FY 2021

概 要

本報告は、国土技術政策総合研究所において令和 3 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 3 年度

Synopsis

This report contains the results of the road-related research carried out by NILIM in FY 2021.

Keywords : Road-related Research, Annual Report, Fiscal Year of 2021

ま え が き

本報告は、国土交通省国土技術政策総合研究所において、令和3年度に実施した道路関係調査研究の結果をとりまとめたものである。この道路関係調査研究には、「道路調査費」による試験研究及び「地域連携道路事業費」による試験調査がある。

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

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

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

令和4年8月

道路交通研究部長
道路構造物研究部長

高宮 進
福田 敬大

令和3年度 道路調査費等年度報告

目 次

道路調査費

1. 領域1：新たな行政システムの創造

- ・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) … 1
- ・道路整備のストック効果把握に関する比較分析調査 (建 設 経 済 研 究 室) … 3
- ・全国幹線道路における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) … 5
- ・ビッグデータ・AI 等を用いた全国幹線道路の渋滞分析に関する調査※ (道 路 研 究 室) … 7
- ・交通流動把握手法の高度化に関する研究※ (道 路 研 究 室) … 9
- ・道路事業の効果算出手法の高度化に関する研究※ (道 路 研 究 室) … 11
- ・交通量算定ツール等改良業務※※ (道 路 研 究 室) … 13

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

- ・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※ (道 路 研 究 室) … 15

3. 領域3：新たな情報サービスを創造し、利用者の満足度を向上させる

- ・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) … 17
- ・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) … 19
- ・自動運転サービスの実現に向けた研究※ (高度道路交通システム研究室) … 21
- ・自動運転社会に向けた道路交通運用に関する研究※ (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
- ・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) … 27
- ・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) … 29
- ・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) … 31
- ・次世代 ETC 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) … 33
- ・簡易型路側機を活用した車両運行管理の高度化に関する研究※※ (高度道路交通システム研究室) … 35
- ・特殊車両モニタリングの高度化に関する調査※※ (高度道路交通システム研究室) … 37

4. 領域4：コスト構造を改革し、道路資産の効率的な形成

- ・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) … 39
- ・高強度材料の活用による橋梁構造の合理化に関する調査検討 (橋 梁 研 究 室) … 41
- ・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 (構 造 ・ 基 礎 研 究 室) … 43
- ・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) … 45
- ・道路事業における入札・契約方式の実用性・実効性向上に関する研究 (社会資本マネジメント研究室) … 47

・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) … 49
・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*	(構造・基礎研究室) … 51
・土工構造物等の要求性能に対応した信頼性設計に関する調査検討*	(構造・基礎研究室) … 53
・道路整備等の生産性向上に資するロボット及び ICT 技術の利活用に関する調査*	(社会資本施工高度化研究室) … 55
・大型車が橋梁に与える影響に関する調査**	(橋梁研究室) … 57
 5. 領域 5 : 美しい景観と快適で質の高い道空間の創出	
・無電柱化事業の施工の効率化に関する調査	(道路環境研究室) … 59
・多様なニーズや新しい生活様式に対応した道路空間の利活用に関する調査	(道路環境研究室) … 61
・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	(道路環境研究室) … 63
・地域環境特性に配慮したのり面緑化工に関する研究	(緑化生態研究室) … 65
・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) … 67
 6. 領域 6 : 交通事故等から命を守る	
・生活道路対策エリアにおける交通安全の向上に関する調査	(道路交通安全研究室) … 69
・視認性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) … 71
・交通事故発生状況に関する事故データ分析	(道路交通安全研究室) … 73
・交通安全対策へのビッグデータ利用の高度化に向けた研究*	(道路交通安全研究室) … 75
 7. 領域 7 : 災害時における対応をスピーディかつ的確に支援する	
・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) … 77
・災害時調査支援のための道路管理技術の高度利用に関する調査	(道路地震防災研究室) … 79
・道路災害リスクマネジメントに関する調査	(道路地震防災研究室) … 81
・冬期道路対策への住民参加の促進に関する調査	(建設経済研究室) … 83
・災害時調査支援のための道路管理技術の高度利用に関する調査*	(道路地震防災研究室) … 85
 8. 領域 8 : 大切な道路資産の科学的な保全	
・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) … 87
・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) … 89
・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) … 91
・道路構造物の補修・補強に関する基本工法の充実にに向けた試験調査	(橋梁研究室) … 93
・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) … 95
・舗装の長寿命化に向けた維持管理手法に関する調査検討	(道路基盤研究室) … 97
・地震災害復旧対策技術に関する研究	(熊本地震復旧対策研究室) … 99
・既設橋梁基礎の補修補強の調査・設計手法の調査検討*	(構造・基礎研究室) … 101
 9. 領域 9 : 沿道環境を改善し、良好な生活環境を創造する	
・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) … 103

10. 領域10：自然環境、地球環境の保全

- ・令和3年度は該当する年度報告はありません

地域連携道路事業費

- ・令和3年度は該当する年度報告はありません

※令和2年度から令和3年度へと継続して実施した研究の成果を令和3年度成果としてまとめたもの

※※令和2年度補正予算について令和3年度へと継続して実施した研究の成果を令和3年度研究成果としてまとめたもの

道 路 調 查 費

領域 1

新たな行政システムの創造

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 acquisition of Origin-Destination flow using trip table 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 横地 和彦
Head YOKOCHI Kazuhiko
主任研究官 松岡 禎典
Senior Researcher MATSUOKA Sadanori
主任研究官 河本 直志
Senior Researcher KAWAMOTO Naoyuki
交流研究員 村野 祐太郎
Guest Research Engineer MURANO Yutaro

The National Institute for Land and Infrastructure Management has been developing a trip table estimation method. In this study, the author applied ETC2.0 probe data to time-based trip table estimation method and verified results estimated for any date and time. Moreover, the author tried to estimate traffic volume by using ETC2.0 probe data.

〔研究目的及び経緯〕

国土交通省では、全国道路・街路交通情勢調査（以下「センサス」という。）により、OD 交通量を把握しているが、当該調査は概ね 5 年に 1 度の調査である。一方、国土技術政策総合研究所では、任意の日の確からしい OD 交通量等を把握する OD 交通量逆推定手法の開発に取り組んでおり、一部の区間において常時観測を実施している断面交通量から遡って OD 交通量等を推定する手法を研究している。

本研究では、任意の日・時間の OD 交通量を把握する手法の確立等を目的として、(1)時間単位の OD 交通量逆推定手法における優良案の選定、(2)任意の日における日単位及び時間単位の OD 交通量逆推定の検証、(3)OD 交通量逆推定手法を利用した交通量非観測リンクの交通量の推定とその結果の検証を行った。

〔研究内容〕

OD 交通量逆推定手法のフローを図-1 に示す。この手法では、まず日単位モデルを用いて、断面交通量の観測日に対応する各ゾーンの発生交通量を推定値として出力し、次に時間単位モデルを用いて、日単位モデルで得られた発生交通量等を入力し、時間単位の OD 交通量を出力する。

〔研究成果〕

(1)時間単位の OD 交通量逆推定手法における優良案の選定

OD 交通量逆推定手法における時間別リンク利用率の設定や OD 交通量の時刻変換（時間 OD 交通量の走行時刻ベースから出発時刻ベースへの変換）について、利

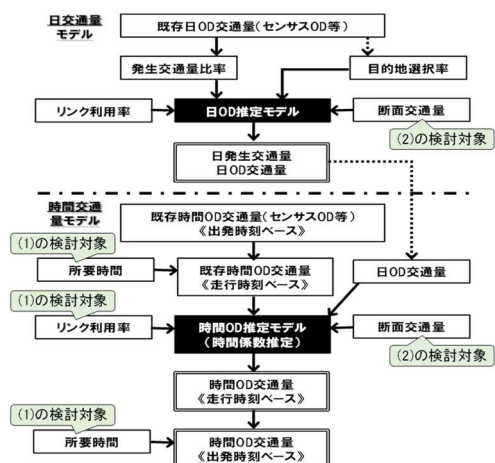


図-1 OD 交通量逆推定手法のフロー

用者均衡配分を用いたケースと、ETC2.0 プローブ情報等を用いたケースとの精度の比較を行なった。その結果、ETC2.0 プローブ情報を用いた方が、推定精度が向上することを確認出来た。このため、以降の検討では、時間別リンク利用率の設定および OD 交通量の時刻変換に ETC2.0 プローブ情報を用いることとした。

(2) 任意の日における日単位及び時間単位の OD 交通量逆推定の検証

1) 断面交通量を入力するリンク数を変化させた場合の日単位の OD 交通量逆推定の検証

これまでの検討では OD 交通量逆推定に使用する断面交通量としてセンサスの交通量を使用してきたが、センサス実施日以外の任意の日の推定を行う場合は、断面交通量として常時観測地点の交通量のみが使用可

能である。そこで断面交通量を常時観測地点の交通量に限った場合の推定精度の検証を行った。検証は、ゾーン間の OD 交通量の推定を、断面交通量を入力するリンクを以下の 3 ケースで実施し、その結果を比較した。ゾーンは、センサスで使用する B ゾーンを用いた。

ケース a：ゾーン境界付近にある全てのリンク

ケース b：ゾーン境界付近で常時観測地点（道路管理者のトラカン設置箇所）が含まれるリンク

ケース c：ゾーン境界付近に限らず全ての常時観測地点が含まれるリンク

結果を表-1 に示す。ケース b はケース a と比較すると、高速道路のリンク交通量の観測値との %RMS 誤差（相対誤差の二乗平均平方根）は小さくなり推定精度が向上するが、一般道路の推定精度は低下する。ケース b では一般道の入力するリンク数が大きく減少するため、高速道路の観測値に合わせるように発生交通量が推定された結果、高速道路の推定精度が向上し、一般道が低下したと考えられる。また、ケース b とケース c では、推定精度はそれほど変わらなかった。

2) 平成 27 年度センサス実施日以外の日における OD 交通量逆推定結果の比較

センサス実施日及び任意の 3 日間を推定対象として推定精度の検証を行った。設定した任意の 3 日間は表-2 のとおりである。

曜日変化（ケース 1）について、基本ケース（ケース 0）と比較した結果を図-2 に示す。入力データのリンク交通量の観測値が、センサス値よりも交通量が多い区間が多かったことから、入力値に応じて発生交通量の推定値も多くなることが分かる。

季節変化（ケース 2）は、基本ケース（ケース 0）よりも、日の出から日没までの時間が長く、時間別のピーク特性が異なるかを検証した。その結果、平日においては、季節変動が時間別の交通特性に与える影響は小さいことを確認した。

通行止め（ケース 3）について、通行止めの影響があると思われる OD のうち、発着点間の距離が近い大阪市住之江区発・堺市堺区着の OD と、距離が遠い神戸市垂水区発・堺市堺区着の OD について、基本ケース（ケース 0）と比較した結果を図-3 に示す。大阪市住之江区発 OD よりも神戸市垂水区発 OD の方が、朝ピークの早い時間帯へのずれが確認できる。通行止めケースにおいて、朝のピーク時間帯が前の時間帯にずれるなど、現実的な現象（長距離移動ほど通行止めの混雑を想定して朝の出発時間を早める）を推定することができている。これは、発着地間の距離に応じ、適切な時間変動係数が推定されていることを示している。

(3) OD 交通量逆推定結果を利用した交通量非観測リンクの交通量の推定とその結果の検証

ETC2.0 プローブ情報を補正して得るリンク利用率と

表-1 検討結果（日単位）

ケース	発生交通量		リンク交通量					
	交通量※ (万台)	%RMS 誤差	交通量(万台)※			%RMS 誤差		
			合計	高速	一般	合計	高速	一般
観測値	147		490	223	267			
ケース a	148	7.9%	483	230	253	19.2%	16.2%	17.8%
ケース b	142	8.9%	467	225	243	20.2%	15.5%	21.7%
ケース c	143	8.8%	468	225	243	20.1%	15.5%	21.6%

※発生交通量、リンク交通量とも合計値を記載

表-2 検討ケース

ケース	対象日
基本ケース(ケース 0)	センサス実施日(火・水・木)
曜日変化(ケース 1)	日交通量がセンサス実施日と異なる曜日の日 (令和元年 11 月 1 日(金))
季節変化(ケース 2)	時間別の道路利用特性がセンサスと異なる季節の日 (令和元年 6 月 20 日(木))
通行止め(ケース 3)	リンク利用特性がセンサス実施日と異なる日 (令和元年 11 月 21 日(木):阪神高速道路リニューアル工事による通行止め実施日)

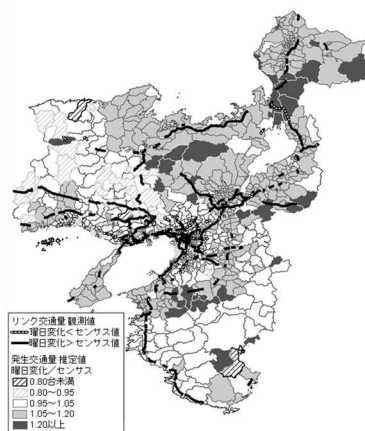


図-2 発生交通量の推定値比較（ケース 0・1 の比率）

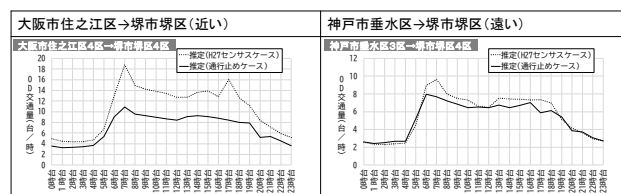


図-3 出発時刻ベースの OD 交通量の時間変動係数の比較（ケース 0・3 の比較）

推定結果の OD 交通量を活用し、交通量非観測とみなしたリンクで日交通量を推定し、推定値と実測値の比較検証を行った。ETC2.0 プローブ情報の経路情報収集装置が設置されている直轄国道上で良好な推定結果を得た。一方で、経路情報収集装置が設置されていない都道府県道やゾーン内部では、推定交通量がやや過小になる傾向が確認された。これは、車載器に保持される走行履歴の延長が 80km までであることに起因し、これらのリンクを通行する ETC2.0 プローブ情報のデータを十分に得ることが出来なかったためと思われる。

【成果の活用】

今後、毎時の OD 交通量を把握可能とするマニュアルを作成し、道路交通マネジメント施策などに活用する。

道路整備のストック効果把握に関する比較分析調査

A study on economic analysis methods to grasp stock effects by road construction

(研究期間 令和3年度～令和4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
Head OMATA Motoyoshi
主任研究官 原野 崇
Senior Researcher HARANO Takashi

The purpose of this study is to sort out the characteristics and issues in utilizing various economic analysis methods when grasping the economic effects of road investment, through examinations such as applicability of overseas economic analysis methods, comparing of economic analysis methods and estimation by calculation of economic effects using economic analysis methods.

【研究目的及び経緯】

社会資本整備のストック効果を最大限に発揮するため、ストック効果を積極的に把握し、これを「見える化」、さらに「見せる化」の推進が求められている。このため、国土技術政策総合研究所ではストック効果をより幅広く、定量的に捉えるための調査研究を行っている。

本調査は、英国の広範な経済効果の計測方法に関する把握分析、全国マクロ計量経済モデルによる経済効果の算定、及びストック効果把握のための経済分析手法の比較を行うことを目的とする。

【研究内容及び成果】

1. 英国「広範な経済効果(WEI)※1」計測方法の把握分析

英国等で取組が進められている WEI の計測方法は、ストック効果について利用者便益以外の効果を幅広く捉えようとするものである。本調査では、WEI の計測方法を含めて掲載している英国交通省の交通分析に関する指針 (Transport Analysis Guidance:以降、TAG) における「広範な経済効果(ワイド・エコノミック・インパクト (以降、WEI))」の評価手法に関して最新の動向を把握するとともに、日本での適用性の検討のため、ケーススタディを通して WEI 計測時の課題やパラメータ設定に係る留意点を検討した。

(1) 最新動向の把握・整理

COVID-19 パンデミック、財政・経済見通しの改訂、グリーンブックのレビュー等、社会経済環境の変化に対応するため、英国交通省は 2020 年 7 月、TAG をアップデートするためのルートマップを公表。翌年の 2021 年 5 月には TAG 更新の方向性を記載したアップデートレポートを公表した。当レポートにおける TAG のアップデートに関する主な変更事項のフレームワーク及び背景・考慮事項は表-1 のとおりである。特に集積の効果の評価においては「在宅勤務の増加が生産性に与える影響はエキサイティングな新しい研究分野」と位置付け、より検討する価値のある課題としている。

(2) ケーススタディによる算定及びパラメータ設定

※1 英国交通省が2014年に発表した「交通分析に関する指針(Transport Analysis Guidance)」において、利用者便益以外の集積の経済等の間接的な経済効果を「ワイド・エコノミック・インパクト(Wider Economic Impacts)」として算定する手法。2018年、WEI関係のTAGが見直し・再編された。(URL) <https://www.gov.uk/government/publications/tag-unit-a2-1-wider-economic-impacts>

表-1 英国TAGアップデートに関する主な変更のフレームワーク等

項 目	変更のフレームワークと背景・考慮事項(抜粋)
長期的な経済見通し (Long-term growth forecasts)	● 長期予測をもとにTAG(Transport Analysis Guidance:分析指針)データブックを更新(評価等に使用する成長率、年間値更新)。 ● 時間の経過とともに評価値を引き上げる際の証拠、割引率の適切な適用について調査検討。 ● OBR(Office for Budget Responsibility:英国予算責任庁)が発表した経済・財政の見通し、英国経済の予測では、2020年3月以前と比較し、2070年に約29%の縮小(以前の予測と比較し、1人当りGDPが約23%減少、予測人口が約8%減少)となり、生産性・収入面での長期的な成長が大幅に低下。
グリーンブックレビュー (Green book Review)	● ビジネスケースでのガイダンス更新、TAGの更新のレビューを予定。 ● Green book review(政策の事前評価や事後評価に関するガイドブックの改善(地域のレベルアップのため、BCR(費用便益)偏重の現在の評価慣行の見直し等)に向けたレポート)を受けて、推奨事項にどのように対応するか、或いはビジネスケースの開発プロセス全体で確実に取り組まれるための説明を提供。
評価期間 (Appraisal period)	● 60年を超える評価について、可能性のある影響について感度分析として用いられる分析指標を提供。 ● 投資の長期的なメリットが存在する可能性、その測定方法や課題の検討を進め、投資の長期的な影響を検討することの意味を調査。金銭的評価、意思決定サポートとして、60年超の便益とコストを含めた金銭的指標による評価の機会をTAG内に提供。
楽観性バイアス (Optimism bias)	● 開発のステージ毎での評価のため、新しい値でTAGデータブックを更新。コストの徹底的な分析のために規模の観点からも拡張。 ● コストと納期についての楽観的な事項の調整が必要。TAGの更新により新しい上昇率の数値を実装。加えて、コスト見積りのためのインフレの扱いに関するガイダンスを提供。
炭素価値と輸送の脱炭素計画 (温室効果ガス排出量ゼロ) (Carbon values)	● 炭素価値の更新を行い、TAGデータブックの変更を予定。 ● 2050年までに全ての温室効果ガス排出量をゼロにすることが要求され、輸送を含む経済全体の排出量を削減するための措置が必要。 ● ガイドラインで、評価フレームが政府の法的な脱炭素目標の達成を確実に支援するための作業を開始。
COVID-19と不確実性 (COVID-19 impacts /Uncertainty)	● COVID-19とその措置による行動への影響は大きく、完全な解除後も個人がどのように対応するか、或いは観察された旅行の減少が中長期的に持続するかは不明であり、現在の傾向がどのように展開されるかについての不確実性は依然として重要。 ● 意思決定者に提示する不確実性のツールキットを公開。
景観価値 (Landscape Values)	● 自然資本に基づくアプローチを開発し、環境影響の評価を強化するための検討が行われており、景観評価のガイドラインを最新の証拠と一致させながら、景観に関連する生態系サービスの評価フレームの基盤を改善・構築。 ● 現在、景観価値は金銭評価では補足的な位置付けであり、定性的アプローチによる評価方法をTAGで提示。 ● 2018年のレビューを受け、主要パラメータを更新した景観価値を改訂するとともに、景観生態系サービスの評価のための規定を追加。
集積効果と弾性値 (Agglomeration elasticities)	● 集積の研究を予定。今後ガイダンス変更の可能性。 ● ガイダンスの弾性値更新の調査(2019)では、従来とは異なるアプローチの採用等が行われたものの、ガイダンス組込みは見送り。 ● COVID-19パンデミックがトラベルや労働パターンに与える影響、交通が長期的に集積に与える影響の不確実性を上昇。COVID-19が集積に及ぼす影響の理解のために、在宅勤務の研究として、集積メカニズムの理論的基盤を調査検討中。在宅勤務と生産性への影響、自宅とオフィスの時間シェア等に関する実証研究を想定。 ● 在宅勤務の増加が生産性に与える影響はエキサイティングな新しい研究分野。在宅勤務でface to faceの相互作用が減った時に、effective density(効率密度)を高めることで、輸送スキームが生産性を向上させ得るのかどうか論点。在宅勤務の増加により労働者の生産性自体が低下する可能性は低い。輸送による集積効果は以前ほど重要ではなくなる可能性があり、より検討する価値のある課題。

(備考) TAG update report「Appraisal and Modelling Strategy」DfT(2021.5)をもとに作成

WEIの主要な効果である「集積効果」の発現が想定される、大都市圏の中心都市に位置する都市高速道路等の一定区間の道路整備を、WEI試算のケーススタディと

して取り上げ、WEIの効果（集積の経済効果、不完全競争市場下の生産変化、労働力変化による税収増加）の試算^{※2}を行った。

以下では、集積の効果の試算について記述する。

集積パラメータは、全産業でのパラメータ、産業別のパラメータをそれぞれ使用し、感度分析を含めて集積効果を算定。減衰パラメータについては、パラメータを変更させた時の感度分析を実施し、影響を確認した。

上記のパラメータ値を用いて集積効果を算定した結果は、表-2に示す通りである。まず、感度分析の結果も含めると、集積効果では利用者便益に対して、全産業を一律で算定した場合が32～48%程度(①～⑧)、産業別に算定した場合が6～8%程度(⑨・⑩)となっており、前者の算定結果が比較的大きくなっていることが分かる。また、各パラメータの感度を見ると、集積パラメータの10%変化に対してWEIの変化は約10%、減衰パラメータの10%変化に対してWEIの変化は約6%であった。

表-2 集積効果の算定(試算)・感度分析の結果

	効果計測対象地域	利用者便益 (億円/年)	減衰パラメータ α	集積パラメータ σ	WEI (億円/年)	WEI/利用者便益 (%)
結果①	A県	385.4	1.0	0.0353	132.6	34.4%
結果②	A県・B県 C県・D県	385.4	1.0	0.0353	167.9	43.6%
結果③	A県	385.4	1.0	0.0388	145.8	37.8%
結果④	A県・B県 C県・D県	385.4	1.0	0.0388	184.7	47.9%
結果⑤	A県	385.4	1.1	0.0353	141.0	36.6%
結果⑥	A県・B県 C県・D県	385.4	1.1	0.0353	179.1	46.5%
結果⑦	A県	385.4	0.9	0.0353	123.4	32.0%
結果⑧	A県・B県 C県・D県	385.4	0.9	0.0353	155.9	40.4%
結果⑨	A県	385.4	1.0	産業別に設定 (一部の産業)	24.1 (-52.6)	6.2% (-13.6%)
結果⑩	A県・B県 C県・D県	385.4	1.0	産業別に設定 (一部の産業)	30.6 (-68.1)	7.9% (-17.7%)

次に、対象エリアを変えた時の影響を見ると(A県とA・B・C・D県の場合(対象道路はA県に位置))、計測対象範囲を広げた方がWEIの効果が約10%大きく算出された。これは、地域の拡大に伴い、道路整備による時間短縮の影響地域が多くなるため、WEIも大きくなっていると考えられる。しかし、時間が短縮された地域全てで集積効果が発現することは考えにくいと、対象範囲の設定方法は検討課題となる。

なお、⑨・⑩は産業別のパラメータを用いて、WEIを産業別に算定し合計しているが、統計的観点により一定の産業のみを対象とした場合に集積効果が負となった。集積パラメータについては、正負の符号条件が集積効果の大小に大きく影響し、マイナス値となれば負の便益が計測されてしまう。また、マイナスの効果は、概してEconomic narrative(経済的記述)での想定と不整合にもなる。産業別のパラメータは、地域によって符号条件、数値は異なることが想定されるため、その選定と符号条件には留意した地域に応じた設定が求められる。

2. マクロ計量経済モデルによる経済効果の推計

(1) データ収集等

「道路の中期計画(素案)」(2007年11月)に用いられたマクロ計量経済モデルについて、1980年度から

2020年度までの経済データを用いてパラメータを設定し、所要時間の短縮によるアクセシビリティの向上を仮定して道路投資による経済効果(フロー効果及びストック効果)を推計した。

(2) フロー効果・ストック効果の推計結果及び前年比較

2021年度に1兆円の道路投資を行った場合、フロー効果が約9,925億円/年、ストック効果が10年間で約1.17兆円/10年、フロー・ストック効果計約2.16兆円の経済効果が推計された。

試算した効果について前年の2020年度試算値と比較すると数値が減少している。これは、2021年度の試算では最新データとして新型コロナウイルス感染拡大後の経済データが含まれていることが要因として挙げられる。マクロ計量モデルは、算出される効果はインプットとする経済データの傾向に大きく依存する。そのため、新型コロナウイルス感染拡大後のGDPや設備投資、輸出額等が落ち込んでいる時点のデータを含めて算定した2021年度の試算値が減少したものと推察できる。

表-3 フロー・ストック効果の推計(試算)結果

経済効果	2021年推計	2020年推計
フロー効果 (乗数)	0.99 兆円 (1.27)	1.02 兆円 (1.30)
ストック効果	1.17 兆円	1.58 兆円
合 計	2.16 兆円	2.60 兆円

(注)乗数は、道路投資1兆円から用地補償費2,200億円を除いた7,800億円に対する経済効果の割合(当初モデル時の設定)

3. ストック効果把握のための経済分析手法の比較

ストック効果把握のための帰着ベースでの効果計測手法のうち、国民所得の増加を計測可能な代表的経済分析手法としては、空間的応用一般均衡モデル(SCGEモデル)、マクロ計量経済モデル等があり、完全競争市場を前提としたモデルである。一方、WEIは市場の失敗や価格の歪みを由来としている。これら経済分析手法により算出される様々な数値は、社会インフラの必要性を的確に示すためにも重要と考えられることから、各手法の特徴、前提条件・数値の取扱い方法を理解した上で用途に応じて使い分けを行うことが有効である。

表-4 主な経済モデルとWEIの比較

	マクロ計量経済モデル (経済モデル/構造系)	SCGEモデル (経済モデル/構造系)	WEI(英国) (誘導系)
理論的立脚点	ケインズ理論 (マクロ経済)	ワルラス型一般均衡 理論(ミクロ経済)	経済理論(ミクロ経済・ 一般均衡)から導出され た誘導方程式(算定式)
理論の定式方法	過去の経済指標・データ から推計された連立方程 式体系による表現	複数地域における財市場 の均衡状態での連立方程 式体系による表現	から計測(市場の失敗、価 格の歪みによる間接的便益)
対象地域	国・県単位	市町村単位	路線周辺(県・市町村)
簡便性等	モデルが複雑	モデルが複雑	比較的簡便(算定式方式)
アウトプット 指標例	生産変化、帰着便益、 消費変化、投資変化、 雇用・税収変化、 フロー効果	産業別生産変化、 帰着便益、消費変化、 所得変化、交易変化(地 域別・産業別)	集積の経済、新たな労働 者の増加効果、労働 移動の効果、不完全競争 市場下の生産変化

※WEIは、通常の費用便益分析で想定される完全競争を仮定しないため、3便益(走行時間短縮便益等)に追加することが可能とされている。

【成果の活用】

本研究で得られた成果は、事業主体や自治体等が、社会資本整備の投資効果把握時や事業評価時において、経済効果算出のための分析手法の選択・利用に際しての基礎資料としての活用を予定している。

※2 WEIの試算として、TAGの算定式に基づき推計を実施。例えば「集積効果」の算定式(概略)は、「集積便益 $=[(\text{有効密度の变化率})^{\alpha^k}] \times \text{整備前域内総生産(GRP)}^{\rho^k}$ 」(有効密度 $=\sum_j \text{雇用者数}/\text{一般化費用}_{i,j}^{\alpha^k}$)、 (ρ^k) : k産業の集積パラメータ、 (α^k) : k産業の減衰パラメータ、 i, j : 地域)により推計。また、WEIと利用者便益(費用便益マニュアル(国交省)に基づき対象区間で3便益を再集計)との比較は、各推計(感度分析)の単年便益で比較を行っている。

全国幹線道路における道路交通データ収集の 高度化・効率化に関する調査

Study on advancement and efficiency of road traffic data collection on arterial road

(研究期間 令和元年度～令和3年度)

道路交通研究部 道路研究室

Road Traffic Department

Road Division

室長

横地 和彦

主任研究官

松岡 禎典

Head

YOKOCHI Kazuhiko

Senior Researcher

MATSUOKA Sadanori

主任研究官

山下 英夫

主任研究官

河本 直志

Senior Researcher

YAMASHITA Hideo

Senior Researcher

KAWAMOTO Naoyuki

交流研究員

坂本 一誠

交流研究員

村野 祐太郎

Guest Research Engineer SAKAMOTO Issei

Guest Research Engineer MURANO Yutaro

交流研究員

難波 秀太郎

Guest Research Engineer NAMBA Shutaro

The authors studied the method of conducting surveys on traffic volume, travel speed and road condition in the road traffic census, with the aim of the advancement and efficiency of road traffic data collection on arterial road. In addition, they revised the road traffic census guidelines for 2021.

〔研究目的及び経緯〕

国土交通省では、全国の道路交通の現況と問題点を把握し、将来にわたる道路の整備計画を策定するための基礎資料を得ることを目的として、概ね5年に一度、全国道路・街路交通情勢調査を実施している（図-1）。国土技術政策総合研究所では、全国道路・街路交通情勢調査における道路状況調査、交通量調査、旅行速度調査（3つの調査をまとめて、以下「一般交通量調査」という。）の実施方法の研究開発を行っている。

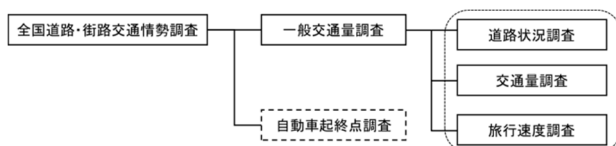


図-1 全国道路・街路交通情勢調査の構成

〔研究内容〕

本調査では、令和3年度一般交通量調査の実施に向け、調査方法の更なる高度化・効率化について検討するとともに、これらの研究成果等を踏まえ、令和3年度一般交通量調査実施要綱の案を作成した。

本稿では、令和3年度一般交通量調査において新たに導入された調査方法の検討結果について報告する。

(1) 交通量調査におけるAIによる画像認識技術を用いた交通量観測データの補正方法の検討

令和3年度交通量調査で新たに活用される、AIによる画像認識技術を用いた交通量観測（以下、「CCTV

トラカン」という。）について、観測データの補正方法の検討・整理を行った。

(2) 旅行速度調査におけるETC2.0プローブ情報の大型車割合の増加を踏まえた旅行速度算定方法の検討

旅行速度調査で活用されるETC2.0プローブ情報の大型車割合の増加を踏まえ、令和3年度旅行速度調査における算定方法（案）の比較・検討を行なった。

〔研究成果〕

(1) 交通量調査におけるAIによる画像認識技術を用いた交通量観測データの補正方法の検討

CCTVトラカンの交通量調査への活用に必要な、欠測時間等の交通量の補正（時間補正）、機器固有の観測誤差の補正（機器補正）、小型車・大型車交通量の補正（車種補正）の方法について検討を行った。

具体的には、まず全国36箇所のCCTVトラカンについて、昼間12時間の交通量を人手計測し基準値を得た。3つの補正方法それぞれについて、複数の補正方法をCCTVトラカンの観測値に適用し、算定結果と人手計測による基準値とを比較することにより、各補正方法の妥当性を確認した。なお、補正方法の妥当性と道路状況の関連性を確認する観点から、道路状況と各算定結果を一覧整理したカルテを作成した（図-2）。

※本報告は令和2年度から令和3年度へと継続して実施した研究の成果を令和3年度研究成果としてまとめたものである。

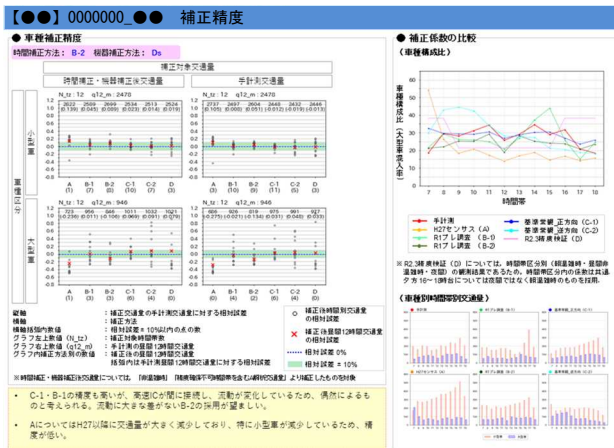


図-2 カルテのイメージ

a) 時間別交通量の算定

検討の結果、時間別交通量の算定式は次の通り設定した。

$$\begin{aligned} & \text{方向別昼間 12 時間交通量 (補正值)} \\ &= \frac{\text{正常に観測できた時間交通量の合計}}{\text{正常に観測できた時間の基準時間係数の合計}} \\ & \text{方向別時間別交通量 (欠測時間)} \\ &= \text{方向別昼間 12 時間交通量 (補正值)} \times \text{当該時間の基準時間係数} \\ & \text{基準時間係数の設定方法: ①基準常時観測点の活用、②令和 3 年度調査の活用 (隣接区間等)、③平成 27 年度調査等の活用 (当該区間) から区間の状況に応じて適切な方法を選択する。} \end{aligned}$$

b) CCTV トラカンの機器補正方法の整理

検討の結果、機器補正の算定式は次の通り設定した。

$$\begin{aligned} & \text{方向別時間交通量 (補正值)} \\ &= \text{方向別時間交通量 (補正前)} \times \text{方向別の機器補正係数} \\ & \text{方向別の機器補正係数} \\ &= \frac{\text{CCTV カメラの目視による非混雑時の計測値}}{\text{CCTV トラカンの非混雑時の計測値}} \end{aligned}$$

c) 車種別 (大型車・小型車) 補正方法の整理

検討の結果、車種補正の算定式は次の通り設定した。

$$\begin{aligned} & \text{方向別時間別小型車交通量} \\ &= \text{方向別時間別全車交通量} \times \text{小型車補正係数 (方向別時間別)} \\ & \text{方向別時間別大型車交通量} \\ &= \text{方向別時間別全車交通量} \times \text{大型車補正係数 (方向別時間別)} \\ & \text{車種別補正係数の設定方法: ①基準常時観測点の活用、②令和 3 年度調査の活用 (隣接区間等)、③平成 27 年度調査等の活用 (当該区間) から原則、基準時間係数と同様の調査結果を用いて設定する。} \end{aligned}$$

d) 補正方法検討の手引書 (案) の整理

a) ～ c) の検討結果を踏まえ、交通量調査において道路管理者が行う交通量の整理作業の支援を目的として、①補正方法検討の手引書 (案)、②交通量調査データ生成の補助ツールを作成した。

(2) 旅行速度調査における ETC2.0 プローブ情報の大型車割合の増加を踏まえた旅行速度算定方法の検討

令和 3 年度旅行速度調査においては、ETC2.0 プローブ情報の活用が基本とされた。一方、主に貨物車で利用される GPS 付発話型車載器の ETC2.0 プローブ情報への取り込みが、平成 30 年 2 月より開始され、令和 2 年 1-2 月時点の ETC2.0 プローブ情報の車種別割合は、小型車 36.8%、大型車 60.8%、その他 (軽二輪等) 2.3% となっており、大型車割合が実際の交通に占める大型車割合よりも大きくなっている。大型車の旅行速度は、小型車よりも低くなる傾向があることから、平均旅行速度の算定方法として、案 1: 全ての車両の旅行時間を単純平均した算定 (従来の方法)、案 2: 車種別の旅行時間を車種別交通量で加重平均した算定の 2 案について、比較・検討を行なった。

表-1 算定方法 (案)

	案 1 単純平均	案 2 車種別交通量による加重平均
算定のねらい	・平成 27 年度調査時と同様の方法と比較 ・大型車割合の増加による影響の検証	・車種構成比を反映した旅行速度を算定
算定方法	①各 DRM リンクの平均旅行時間を算出 $T_d = t_d / n_d$ T_d: DRM リンク単位の平均旅行時間 t_d: DRM リンク単位の旅行時間の合計 n_d: DRM リンク単位の取得件数 ②DRM リンク別平均旅行時間を旅行速度調査単位区間に集約し、平均旅行速度を求める H27 調査の大型車混入率 (全道路): 15.3% R2 年 1-2 月の大型車データ数の割合: 60.8%	①案 1 と同様の方法を車種別に適用し、小型車・大型車別の平均旅行時間を求める ②旅行速度調査単位区間の加重平均旅行時間を算出し、平均旅行速度を求める $T_K = \frac{q_s T_K^s + q_L T_K^L}{q_s + q_L}$ T_K: 車種別交通量による加重平均旅行時間 T_K^s: 小型車の平均旅行時間 T_K^L: 大型車の平均旅行時間 q_s: 小型車交通量 q_L: 大型車交通量 本稿では、交通量として平成 27 年度調査結果を利用

案 1 及び案 2 による算定結果と平成 27 年度調査結果の比較を示す (図-3)。単純平均した案 1 は、大型車割合の増加により、平均旅行速度が平成 27 年度調査より低下する傾向となっている。一方、車種別交通量で加重平均した案 2 は、平成 27 年度調査と同等の値となっている。実態に近い平均旅行速度を算定できていると考えられるため、案 2 が望ましいと考えられる。

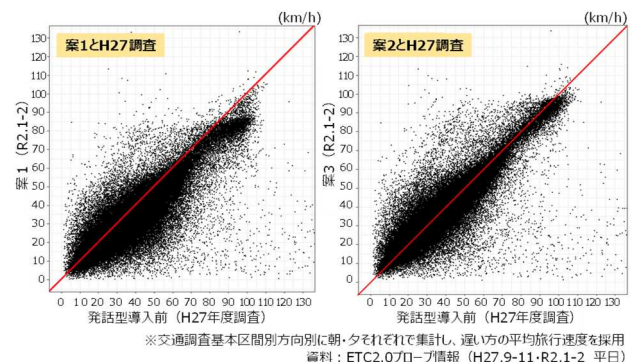


図-3 算定結果と平成 27 年度調査結果 (混雑時)

〔成果の活用〕

これまでの研究成果等を踏まえて作成した、令和 3 年度一般交通量調査実施要綱の案を基本として、令和 3 年度全国道路・街路交通情勢調査一般交通量調査が実施された。

ビッグデータ・AI 等を用いた全国幹線道路の 渋滞分析に関する調査

A study on traffic congestion analysis of national trunk roads using big data and AI

(研究期間 令和2年度～令和4年度)

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

室 長	横地 和彦
Head	YOKOCHI Kazuhiko
主任研究官	松岡 禎典
Senior Researcher	MATSUOKA Sadanori
主任研究官	河本 直志
Senior Researcher	KAWAMOTO Naoyuki
交流研究員	村野 祐太郎
Guest Research Engineer	MURANO Yutaro
交流研究員	難波 秀太郎
Guest Research Engineer	NAMBA Shutaro

The purpose of this research is to establish an accurate prediction method for traffic congestion occurrence on ordinary roads. As such, the authors collected cases of traffic congestion prediction methods, and sorted out by type of prediction methods, conditions for establishing prediction methods of traffic congestions.

〔研究目的及び経緯〕

道路交通の円滑化のためには、道路ネットワークの適切な整備や個別渋滞箇所の円滑化対策とともに、既存の道路ネットワークを有効活用するための道路交通マネジメントの取組を進めていくことが重要である。そのためには、道路交通渋滞（以下、「渋滞」という）の発生等を予測する手法の開発が必要となる。

これらの予測手法については、過去の経験等に基づき数日から数週間程度先の予測を行う手法は存在し活用されているが、よりきめ細かな道路交通マネジメントを行うためには、直近のリアルタイムな情報等に基づく数十分から数時間程度先の予測を精度良く行う手法が求められる。

一方、ETC2.0 プローブ情報の充実、CCTV 画像から AI 処理による交通量観測の導入等によるデータ取得の向上に取り組んでいる中、本研究は、これらのビッグデータ等を活用し、例えば 30 分後の渋滞の予測結果を活用した経路分散や数時間先の予測結果を活用した出発時刻の分散などにより渋滞緩和を図るなど、国道事務所等の道路管理者が用いることができる渋滞予測の手法の構築を目指している。

〔研究内容〕

本調査では、一般道における精度の高い渋滞発生の予測手法を確立することを目的に、渋滞予測手法の事例収集、渋滞予測手法における特徴の整理、渋滞予測手法を確立するための要件整理を行った。

〔研究成果〕

(1) 渋滞予測手法の事例収集

渋滞予測手法について、文献や Web 情報、ヒアリング等を通じて事例収集を行った。

事例の収集にあたっては、国内での事例を中心に AI を活用した手法と AI を活用しない手法のどちらも一定数収集するものとし、一部海外の事例を収集した。なお、収集対象は渋滞予測手法を原則とするが、他分野における予測手法で渋滞予測に活用可能なものを含めて収集した。また、道路利用者に対する情報提供を行うことによる道路交通マネジメント（経路誘導、時間分散等）に活用される点にも着眼した。

結果として、AI を活用した手法 17 事例と AI を活用しない手法 10 事例の計 27 事例の情報を収集した。

(2) 渋滞予測手法における特徴の整理

27 事例の情報収集の結果をもとに、以下の項目について、複数事例から把握された特徴の整理を行った。

① 予測手法のアルゴリズム

交通データのみを入力データとして AI を活用している事例では、交通状況の時系列的な変化や空間的な相関性を記述した予測モデルを AI によって構築し、予測を行うという方法が採用されているなどの知見を得た。

② 時間的分解能

AI を活用している事例は、AI を活用していない事例

※本報告は令和2年度から令和3年度へと継続して実施した研究の成果を令和3年度研究成果としてまとめたものである。

より短期予測が行われている傾向にある。また、ETC2.0 プローブデータ、トラカンデータなど、予測に必要な交通データを即時的に入手する必要があることが実用化に際してのハードルの1つとなる可能性があるなどの知見を得た。

③空間的分解能

AI を活用している事例は、AI を活用していない事例に比べて、予測対象の空間的範囲が狭い傾向にあるなどの知見を得た。

④入力データ項目

交通データに限定されないデータを入力データとしている事例では、人出・外出入口に関するデータ（携帯電話基地局データ）、気象要因（降水量、雲量、天気、気温等）に関するデータ、イベント（祭り、観光）に関するデータ、道路構造（車線数等）に関するデータが活用されているなどの知見を得た。

⑤出力データ項目

AI を活用している事例は、AI を活用していない事例に比べて、渋滞予測結果として出力される項目は、エリア・道路区間ごとの渋滞発生有無・渋滞レベルなど、離散的な数値等で表現している傾向にあるなどの知見を得た。

⑥予測の精度と検証方法

予測値と実績値の誤差、誤差率、決定係数を精度検証の指標としている事例が多いことや、既存の渋滞予測手法の予測精度を閾値に設定し、新たに開発した渋滞予測手法の予測精度との比較を行っている事例が多いなどの知見を得た。

⑦道路交通に影響を与える非定常的な事象の考慮

過去から蓄積された膨大な交通データに加えて、VICS の5分間隔の最新の交通情報、カメラ画像から作成される最新の交通情報、5～10分前の気象情報などを予測に逐次反映させて、リアルタイムに予測結果を更新する手法があるなどの知見を得た。

(3) 渋滞予測手法を確立するための要件整理

収集した渋滞予測手法事例の整理内容をもとに、一般道路における数十分から数時間程度先の短期的な渋滞予測手法を確立する上での要件（必要となるデータ、構築すべきアルゴリズムの概要、期待される予測精度等）の整理を行った。

表-1 渋滞予測の想定パターン

想定パターン	予測の目的
主要経路が特定できる地方の都市部と郊外を結ぶ幹線道路の朝夕の渋滞	渋滞予測情報の提供による通勤者・通学者・帰宅者の利用経路の分散化
観光地や大規模商業施設周辺の渋滞	渋滞予測情報の提供による観光客・買物客の来訪/来店・帰宅時間帯、利用経路の分散化

要件の整理にあたって、表-1 に示す2パターンの渋滞を想定した上で、それぞれAIを活用しない手法とAIを活用した手法について整理した。

①主要経路が特定できる地方の都市部と郊外を結ぶ幹線道路の朝夕の渋滞

①-1【AIを活用しない手法】

利用経路の分散化を目的に、道路区間別・時間帯別の交通量・所要時間等を予測する手法として、過去の交通データの統計分析結果に基づいて予測する方法が想定される。予測に必要なデータは、過去から現在にかけての道路区間別の交通データ（旅行速度、所要時間、交通量、渋滞長など）であり、季節・曜日・時間帯による変動を考慮できるように、季節別、曜日別、時間帯別に十分な分量（期間）のデータが必要である。また、予測精度の向上のため、リアルタイムの交通データを入力し、予測値の擦り合わせ等を行うことが有効と考えられる。

①-2【AIを活用した手法】

現時点では、AIを用いて、主要な経路ごとに道路区間別・時間帯別の交通量・所要時間等を網羅的かつ精度よく予測することは、予測対象の道路区間の数が多いこと、それゆえに複雑かつ多様な影響要因を読み込む必要があること、計算機的能力も求められることから、難しい可能性がある。道路区間別・時間帯別の断面交通量だけでなく、将来的に、ETC2.0プローブデータ等のデータもリアルタイムに取得できれば、予測精度を高められると考えられる。

②観光地や大規模商業施設周辺での渋滞

②-1【AIを活用しない手法】

来訪/来店時間帯の分散化を目的に、渋滞の深刻度を予測する手法として、過去の渋滞レベル、カレンダー要因、気象要因、イベント要因等を説明変数とした重回帰モデルを構築し、将来の渋滞レベルを予測する方法が想定される。

②-2【AIを活用した手法】

渋滞の深刻度を予測する手法として、ニューラルネットワークを用いてエリア単位で予測する方法が想定される。交通データ、カレンダー要因、気象要因、イベント要因に加え、観光地・大規模商業施設周辺のリアルタイムの滞在人口や、所要時間提供サイトの検索件数等のデータを用いることができれば、潜在的な交通需要の変化をきめ細かく捉えることが可能になり、予測精度の向上が期待される。

【成果の活用】

本研究成果等を踏まえて、道路交通マネジメントにおいて必要となる、精度の高い渋滞予測手法を確立するために、渋滞予測モデルの構築、渋滞予測の試行等を行う予定である。

交通流動把握手法の高度化に関する研究

A study on advancement of a method for traffic flow of trunk roads

(研究期間 平成 30 年度～令和 3 年度)

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

室 長 横地 和彦
Head YOKOCHI Kazuhiko
主任研究官 松岡 禎典
Senior Researcher MATSUOKA Sadanori
交流研究員 村野 祐太郎
Guest Research Engineer MURANO Yutaro

The National Institute for Land and Infrastructure Management has been developing a trip table estimation method. In this study on trip table estimation method, the authors investigated impact of the differences in the observation points, applicability of it to multiclass table and impact of acquisition rate of ETC2.0 probe data on it's results. In addition, the authors made a trial calculation assuming constant observation.

〔研究目的及び経緯〕

国土交通省では、全国道路・街路交通情勢調査（以下「センサス」という。）により、OD 交通量を把握しているが、当該調査は概ね 5 年に 1 度の調査である。一方、国土技術政策総合研究所では、任意の日の確からしい OD 交通量等を把握する OD 交通量逆推定手法の開発に取り組んでおり、一部の区間において常時観測を実施している断面交通量から遡って OD 交通量等を推定する手法を研究している。

本研究では、OD 交通量逆推定手法に用いる入力値が推定結果へ与える影響を分析・整理するため、(1)断面箇所数が推定結果へ与える影響の分析、(2)車種別の OD 交通量の推定、(3)車種別 ETC2.0 の取得率が推定結果へ与える影響の分析、(4)常時観測 OD 交通量の取得を目的とした OD 交通量逆推定を行った。

〔研究内容〕

OD 交通量逆推定手法の基本フローを図-1 に示す。この手法は、既存の OD 調査結果から得られる発生交通量比率と目的地選択確率、経路選択確率および断面交通量を入力データとして、各ゾーンの発生交通量を推定値として出力する方法である。出力される発生交通量を利用して、OD 交通量や OD ペア毎の利用経路などの交通流動を把握する。(1)～(3)の検討では、OD 逆推定の入力データとして、平成 27 年度道路交通センサスの OD 表、ETC2.0 プローブ情報と成長率法か

ら得られる経路選択確率、平成 27 年度道路交通センサスの断面交通量を用いた。なお、(4)の検討では、令和元年の GW の 1 日と 10 月の平日 1 日の常時観測交通量および ETC2.0 プローブ情報と成長率法による方法から得られる経路選択確率を用いた。

〔研究成果〕

(1) 断面箇所数が推定結果へ与える影響の分析

センサス等の大規模な交通量調査が実施される以外の任意の日の OD 交通量の推定で使用可能な断面交通量のデータは、トラフィックカウンター等、常時観測機器が設置された地点で収集されたデータに限られる。このように断面交通量の観測地点が少ない場合でも、十分な精度が確保できるか検証が必要である。そこで近畿地方に対して、表-1 に示すようにケース 0 の断面箇所数（高速道路+Bゾーン境界の観測箇所）から断面箇所数を減じた 3 つのケースで OD 交通量の推定を行い、断面箇所数減少の推定結果への影響を把握した。なおゾーンは、センサスで使用する B ゾーンを用いた。

高速道路と一般道路をそれぞれランダムに一部を減少させたケース（ケース 1・2）では、発生交通量の推定

表-1 検討結果

ケース	観測交通量の 入力断面箇所数	発生交通量		断面交通量 (高速+一般)	
		交通量 (万台)	%RMS誤差 (ケース0 と比較)	交通量 (万台)	%RMS 誤差
センサスの値		147		490	
ケース0 基本ケース	合計：2,264 一般：1,770 高速：494	145		482	18.1%
ケース1 一般40%減	合計：1,556 一般：1,062 高速：494	144	3.1%	478	18.3%
ケース2 一般60%減	合計：1,202 一般：708 高速：494	143	3.8%	476	18.3%
ケース3 高速+一般(常観)	合計：510 一般：32 高速：478	141	6.4%	469	18.9%

*%RMS 誤差：相対誤差の二乗平均平方根

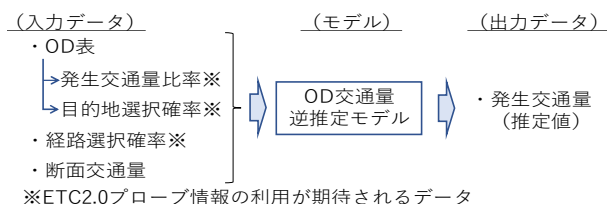


図-1 OD 交通量逆推

※本報告は令和 2 年度から令和 3 年度へと継続して実施した研究の成果を令和 3 年度研究成果としてまとめたものである。

値はケース 0 と大きな変化がなく、推定精度も同程度となった。以上から、断面交通量の観測地点が少ない場合であっても、観測地点の特性に極端に大きな偏りがなければ、推定結果への影響は限定的である。常時観測箇所のみを入力したケース（ケース 3）の推定精度は、ケース 1・2 と比較してやや悪化するものの、大きな違いはない。

(2) 車種別の OD 交通量の推定

車種別（小型車、大型車）の断面交通量を推定したところ、その再現性は車種計（車種は区別しない）の場合より低下する場合がみられた。特に大型車・一般道路の断面交通量の推計値が観測値より過小となり、再現性が低くなった。このメカニズムとして、大型車の経路選択確率（特に高速道路）の誤差が大きく、その誤差を補正する作用が大きく働くことで、一般道路の再現性が低下することが考えられた。

大型車の経路選択確率に誤差が生じる原因として、以下の事項が考えられる。

- ・ETC2.0 プローブ情報の取得率は、相対的に高速道路で高く、一般道路で低い傾向にあり、車種毎の通行する道路の偏りの影響を受ける
- ・本研究で利用した ETC2.0 プローブ情報の大型車は主に貨物車であり、バスを含んでいない
- ・複数の事業所の間を走行する貨物車においては、どこまでを 1 つの起終点とするかの定義によって OD 交通量が変わるおそれがある

(3) 車種別 ETC2.0 の取得率が推定結果へ与える影響の分析

近畿地方、大阪府、和歌山県を検討エリアとして、経路選択確率に用いる ETC2.0 プローブ情報のサンプル数を変化させて、車種別推定を行い、ETC2.0 プローブ情報の取得率が推定結果に及ぼす影響を把握した。

推定ケースは 15 日間（基本ケース）、10 日間相当（基本ケースから 33%減）、5 日間相当（同 67%減）、3 日間相当（同 80%減）、1 日間相当（同 93%減）とした。

各ケースの断面交通量と発生交通量の推定値について、基本ケース（15 日間）と比較すると、いずれの検討エリアでも、サンプル数を減じるほど基本ケースとの差異が増加したが、3 日間相当（同 80%減）までの変化は比較的緩やかであるのに対し、1 日間相当（同 93%減）では急激な変化がみられた（図-2）。

また、サンプル数を減少させると、推定対象 OD ペアに対してデータが取得できない OD ペアが増加する。これを取得率として数値化して、断面交通量の再現性をみると、小型車、大型車ともに取得率 50~60%以上では大きな変化はないが、それより低くなると再現性が線形的に低下することが確認できた。

同様に対 OD ペア取得率と発生交通量の推定値の関

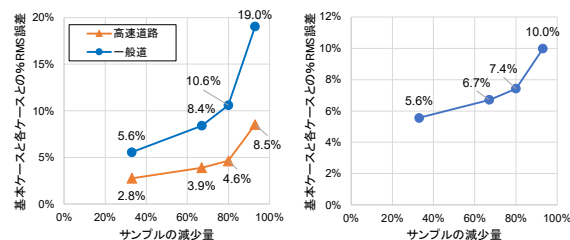


図-2 サンプルの減少割合と基本ケースとの差
(左：断面交通量、右：発生交通量) (近畿・大型車)

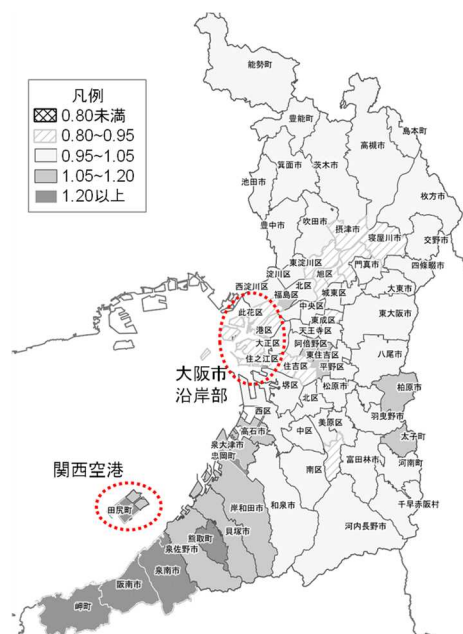


図-3 GW と平日の発生交通量の比較 (GW/平日)

係では、小型車・大型車ともに大きな影響がないことが確認できた。

(4) 常時観測 OD 交通量の取得を目的とした OD 交通量逆推定

大阪府（推計単位は市区町村単位）を検討エリアとして、断面交通量（常設トラカセン交通量）とリンク利用率（ETC2.0 プローブ情報）の算定に GW と平日の各 1 日分のデータのみを用いた OD 推定を行った。

GW、平日とも入力データに応じた妥当な推定結果を得ることができた。具体的には、GW の発生交通量は平日に比べ、関西国際空港で増加した（図-3）。

本検討では、目的地選択確率と発生交通量比率には、GW も平日も平成 27 年度道路交通センサスの集計値を用いているが、より確からしい推定値を得るためには、ETC2.0 プローブ情報等を用いた、曜日変動等を反映できる入力データの整備が課題となる。

【成果の活用】

全国道路・街路交通情勢調査により把握している OD 交通量の補正に活用するとともに、毎時の OD 交通量を把握可能とするマニュアルを作成し、今後の道路交通マネジメント施策等に活用する。

道路事業の効果算出手法の高度化に関する研究

A study on advancement of a method for calculating effects of road project

(研究期間 平成 30 年度～令和 3 年度)

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

室 長	横地 和彦
Head	YOKOCHI Kazuhiko
主任研究官	田中 良寛
Senior Researcher	TANAKA Yoshihiro
研 究 官	青山 恵里
Researcher	AOYAMA Eri
交流研究員	西岡 健太
Guest Research Engineer	NISHIOKA Kenta
交流研究員	茂田 健吾
Guest Research Engineer	SHIGETA Kengo

In order to accumulate knowledge on the measurement of various effects of road projects, the authors conducted a trial calculation on the improvement of disaster prevention functions by road projects. In addition, the authors collected information on methods for measuring the effects of road projects in response to new administrative issues.

〔研究目的及び経緯〕

国土交通省では、公共事業実施の妥当性担保のため、事業評価を実施しており、国土技術政策総合研究所では、道路整備に伴い生じる多様な効果の評価項目、算出手法に関する研究を行っている。

道路の新規事業採択時評価において実施する防災機能評価の現行評価手法は、「災害が発生した直後の道路状況」を想定し「地域の防災計画等に基づいた広域的な拠点・拠点ペアの設定」を基本とした評価を実施しているが、道路が段階的に復旧される状況の設定や、周辺地域の災害実情に即した拠点・拠点ペアを新たに設定するなど、評価手法に改良の余地があると想定される。

そこで本研究では、防災機能評価に関して、道路整備の効果をもり的確に表現できる評価方法を構築するため、「被災直後から道路の通行止め区間が段階的に復旧する【通行止め区間復旧シナリオ】を複数設定した場合」及び「地域の災害実情に即した拠点・拠点ペアを追加した場合」の脆弱度の変動状況を分析することで、防災機能評価手法の改良に関する検討を実施した。並びに道路事業評価における知見蓄積のため、新たな行政課題に対応した道路事業の効果計測手法等に関する情報収集・整理を行った。

〔研究内容と成果〕

1. 道路事業による防災機能向上に係る試算・結果整理
(1) 通行止め区間設定条件を変更させた場合の防災機能の算定に関する試算・結果整理

過去 10 年間に主な災害により被災した区間が実在

する地域を対象に、通行止め区間が発生し、その時点で仮に供用されていれば通行止めの影響を軽減できたであろう事業区間を、災害種別（豪雨、豪雪、地震）に計 8 区間選定した。選定した事業区間について、「VICS データから得られる実災害による被災履歴」及び「現行マニュアルにある災害種別の通行不能推定区間」の 2 種類を災害種別の通行止め区間として設定し防災機能評価を試算した。豪雨災害における事業区間及び通行止め区間の一例を図-1 に、試算結果の一例を表-1 に示す。通行止め区間については、「現行マニュアルにある災害種別の通行不能推定区間」の方が多い傾向を確認した。一方、試算結果については、同じ豪雨災害でも脆弱度の算出結果にばらつきが見られた。これは事業区間に並行する区間の通行止め有無による影響と考えられる。

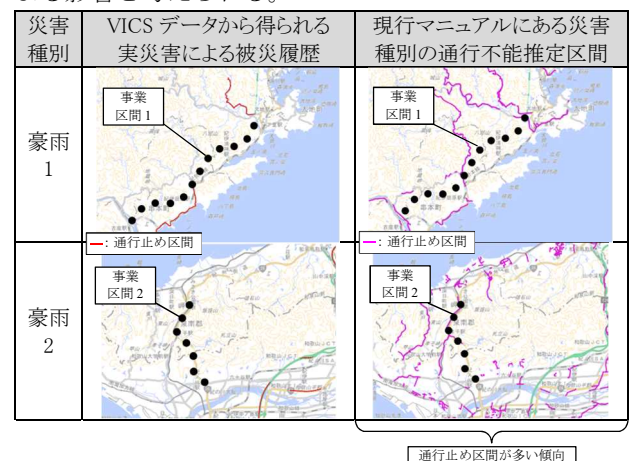


図-1 事業区間及び通行止め区間（豪雨災害）

※本報告は令和 2 年度から令和 3 年度へと継続して実施した研究の成果を令和 3 年度研究成果としてまとめたものである。

表-1 諸条件変更時における試算結果（豪雨災害）

諸条件		脆弱度	
事業区間	通行止め区間	整備無	整備有
事業区間 1 (豪雨 1)	VICS 実災害	0.56 (C)	0.37 (C)
	現行マニュアル	1.00 (D)	0.31 (B)
事業区間 2 (豪雨 2)	VICS 実災害	0.18 (B)	0.18 (B)
	現行マニュアル	0.06 (B)	0.05 (B)

(2)被災期間の長短を考慮した防災機能の算定に関する試算・結果整理

VICS データから得られる全国で発生した過去 10 年間の災害による通行止め履歴を基に、災害種別・道路種別の通行止め時間を 50%、95%タイル値等の分布別に整理した。整理した災害種別、道路種別、分布別の通行止め時間より、一定時間の経過毎に対象となる道路種別の通行止め区間が解除される標準的な通行止め期間①②③を設定した。なお、本研究では大規模災害を想定したリスク評価であることを考慮するために 95%タイル値を採用し、標準的な通行止め期間を設定した。豪雨災害における標準的な通行止め期間①②③を表-2 に示す。

表-2 標準的な通行止め期間①②③（豪雨災害）

標準的な 通行止め期間	通行止め解除の 対象となる道路種別	通行止め時間 (95%タイル値)
期間① 発災後 36 時間	高規格幹線道路	35.8 時間
期間② 発災後 48 時間	直轄国道(自専除く)	40.6 時間
期間③ 発災後 72 時間	補助国道(自専除く)	65.2 時間
	主要地方道	71.6 時間

選定した事業区間について、標準的な通行止め期間①②③を用いた防災機能評価を試算した。豪雨災害における過去の新規事業採択時評価結果より整備有無共に脆弱度が D ランクと評価された事業区間における試算結果の一例を表-3 に示す。設定した発災後 48 時間後にあたる期間②以降の時間経過による脆弱度の改善は確認できたものの、道路整備による脆弱度の改善効果までは表現しきれなかった。

表-3 標準的な通行止め期間を用いた試算結果（豪雨災害）

事業 区間	脆弱度							
	被災直後		期間①		期間②		期間③	
	解除無し		高規格幹線 道路を解除		①+直轄国 道を解除		②+補助国 道、主要地方 道を解除	
	整備 無	整備 有	整備 無	整備 有	整備 無	整備 有	整備 無	整備 有
事業 区間 3	1.00 (D)	1.00 (D)	1.00 (D)	1.00 (D)	0.43 (C)	0.45 (C)	0.00 (A)	0.00 (A)

(3)地域の災害実情に即した拠点・拠点ペアを追加した場合の防災機能の算定に関する試算・結果整理

地域特有の災害への対応活動が反映できるよう、現行のマニュアルでは設定されていない市役所あるいは町村役場の支所を新たな被災拠点として追加し、被災拠点と地域拠点を結ぶ拠点ペアを設定した。設定した拠点・拠点ペアを反映させた道路ネットワークを作成し、過去の新規事業採択時評価結果より整備有無共に脆弱度が D ランクと評価された事業区間を対象に、物資輸送や救急搬送等の移動を反映させた防災機能評価

を試算した。試算結果を表-4 に示す。津波被害が想定される被災拠点（支所）及び物資輸送や救急搬送を想定した拠点ペアを新たに設定することにより、脆弱度は整備無 D ランクから整備有 C ランクに改善され、道路整備による改善効果をよりの確に表現できた。

表-4 拠点・拠点ペア追加時の試算結果

事業 区間	拠点・ 拠点ペア設定	脆弱度	
		整備無	整備有
事業 区間 4	現行手法（拠点追加無）	1.00 (D)	1.00 (D)
	拠点・拠点ペア追加設定	1.00 (D)	0.67 (C)

(4) マニュアルの追記素案の作成

災害による通行止め状況の実態や拠点設定等について、道路管理者へヒアリングを実施し、災害時の被災状況や追加可能性のある拠点・拠点ペアを確認した。また、ヒアリング及び本研究の試算結果を踏まえ、現行マニュアルへ新たに追記する項目案を整理した。

2. 新たな行政課題に対応した道路事業の効果計測手法等に関する情報収集・整理

(1)集約型公共交通ターミナルの整備効果計測・評価

バスタプロジェクト推進検討会で整理されたコンセプトを基に、集約型公共交通ターミナルの整備により想定される整備効果を整理した。また、他事業の費用便益分析マニュアルを参照し、評価項目及び評価方法について整理した。

(2)多様な価値観の道路事業評価への反映

国民の多様な価値観を反映した道路事業効果の評価手法の検討として、「新しい生活様式に基づく物流の役割」、「自動運転車両の普及に伴う時間価値」、「脱炭素社会に向けた自動車の CO₂」の 3 つの観点で、現行の評価方法および既存研究等を取りまとめた。

(3)基本的権利の考え方の道路事業への反映

「権利と効率のストック効果に関する研究小委員会」におけるこれまでの公表資料を確認し、権利のストック効果に関する検討のフレームワークと基本的権利の定義について整理した。また、権利のストック効果を計測する方法について整理し、クロスセクター効果と近い概念であることを確認した。

(4)道路事業の多様な効果に関する意見聴取

本研究で実施した防災機能評価の試算結果や道路事業に係る最新の動向等について、有識者への意見聴取を行い、防災機能評価の改良可能性等について意見を頂戴した。

【成果の活用】

本研究では、道路事業による防災機能向上に係る試算・結果整理、新たな行政課題に対応した道路事業の効果計測手法等に関する情報収集・整理を実施した。

防災機能評価や道路事業評価に関する知見を蓄積することにより、従来よりも多様な効果を評価し、よりの確な事業評価の実施に寄与することが期待される。

交通量算定ツール等改良業務

一画像認識型交通量観測装置の常時観測への活用に関する研究一

Improvement of traffic volume calculation tool

—A study on use of image recognition type traffic volume observation for constant observation—

(研究期間 令和2年度～令和3年度)

道路交通研究部 道路研究室

Road Traffic Department

Road Division

室長

横地 和彦

主任研究官

松岡 禎典

Head

YOKOCHI Kazuhiko

Senior Researcher

MATSUOKA Sadanori

主任研究官

河本 直志

交流研究員

坂本 一誠

Senior Researcher

KAWAMOTO Naoyuki

Guest Research Engineer SAKAMOTO Issei

交流研究員

難波 秀太郎

Guest Research Engineer NAMBA Shutaro

The purpose of this work is to organize the method of correcting the traffic volume measured by the image recognition type traffic volume observation device using CCTV camera images and to create a traffic volume calculation tool.

〔研究目的及び経緯〕

国土交通省では、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。）や、常時観測等を通じた交通量や旅行時間の把握を行っている。また、常時観測体制の強化や交通量データの迅速な集約化を通じて、交通状況の迅速な情報提供に向けて取り組んでいる。その一環として、国土技術政策総合研究所では、常時観測区間の割合を高めるため、CCTV カメラ画像に画像認識技術を用いて交通量を把握する画像認識型交通量観測装置（以下、「CCTV トラカン」という。）による交通量の観測に関する研究を行っている。

〔研究内容〕

本研究では、常時観測に活用される CCTV トラカンで計測した交通量の補正方法の整理、交通量観測データ全国集約システム（以下、「トラボス」という。）内に設置される観測値を自動的に補正するための交通量算定ツールの作成を行った。

〔研究成果〕

(1) CCTV トラカンの休日夜間交通量の補正方法の整理

a. 補正方法の設定

CCTV トラカンで計測されるのは昼間 12 時間交通量である。平日夜間交通量については、CCTV トラカンで計測した昼間 12 時間交通量に過年度の道路交通センサスの結果から求められる昼間 12 時間交通量に対する夜間交通量の割合を乗じて補正することとしている。

一方、道路交通センサスの結果は、平日のみのため、休日夜間交通量への補正方法については確立されていない。そこで、CCTV トラカンの休日夜間交通量の補正方法について、3 つの方法を設定して比較を行った。検討対象データ及び期間を表-1 に、比較対象の補正方法を表-2 に示す。

表-1 検討対象データおよび期間

検討対象データ	常時観測点別・車種別の休日夜間（5、6、19、20 時台）の時間係数*
分析対象期間	2021 年 4 月～9 月（6 ヶ月間）の休日（土日祝日）61 日間
通常トラカンの常時観測点数	504 地点 （累計 2,016 地点（4 時間帯×504 地点））

表-2 補正方法の概要

補正方法	内容
①当該区間を活用	CCTV トラカン観測点が属する交通量調査単位区間における道路交通センサスの平日交通量を用いる
②類似区間（1 区間）を活用	CCTV トラカン観測点の近傍の基準常時観測点の休日交通量を用いる
③類似区間（複数区間）を活用	交通量、沿道状況、地域特性等の条件から CCTV トラカン観測点と時間係数*が類似すると考えられる複数の観測点（基準常時観測点を含む）における休日交通量の平均値を用いる

※時間係数＝時間帯 i の方向別車種別時間交通量／24 時間断面交通量（i は 19 時台～6 時台）

b. 補正精度の比較

設定した 3 つの補正方法について、実際に休日夜間

※本報告は令和 2 年度補正予算「交通量算定ツール等改良業務」について令和 3 年度へと継続して実施した研究の成果を令和 3 年度研究成果としてまとめたものである。

の観測値が得られている通常トラカンの交通量を基に算定した時間係数を真値として、精度検証を行った。

まず、各時間帯別で常時観測地点別に、算定した時間係数と真値を比較し、補正方法別に時間係数の相対誤差の二乗平均平方根（%RMS 誤差）を算定した。次に、%RMS 誤差が小さい補正方法順に 1 位～3 位の順位付けを行い、順位別の地点数を集計した（表-3）。

集計の結果、小型車では、「①当該区間」の補正方法の精度の 1 位が最も少なく、「②類似区間（1 区間）」の補正方法の精度の 1 位が最も多いことが確認できた。

大型車については、いずれの手法も 1 位の地点数は同程度であり、大きな相違は見られない。

表-3 補正精度の比較

補正方法	%RMS 誤差の順位別常時観測地点数					
	小型車			大型車		
	1 位	2 位	3 位	1 位	2 位	3 位
①当該区間を活用	382	467	1,167	665	550	801
②類似区間（1 区間）を活用	892	715	409	686	672	658
③類似区間（複数区間）を活用	742	834	440	665	794	557

※%RMS が低い順に 1 位～3 位と順位付けしている。

c. 補正方法案の整理

各補正方法案の特徴として、「①当該区間」は、H27 センサスの平日の時間係数であるため、特に通勤時間帯の影響が残る日没後や早朝において乖離が大きく、「③類似区間（複数区間）」は、一定の精度があるものの、運用を考えると手法が煩雑である。

これらのことと、b の結果を踏まえ、CCTV トラカンの休日夜間交通量の補正方法は、「②類似区間（1 区間）」を採用することが望ましいと考えられる（表-4）。

表-4 補正方法案の整理

補正方法	特徴
①当該区間を活用	H27 センサスの平日の時間係数であるため、特に通勤時間帯の影響が残る日没後や早朝において乖離が大きく、採用は不適切。
②類似区間（1 区間）を活用	当該手法の精度が最も高い常時観測地点数が多く、手法も簡潔で分かりやすいことから、採用は適切と考えられる。
③類似区間（複数区間）を活用	一定の精度があるものの、手法が煩雑であることを踏まえ、②の方が優位。

(2) 交通量算定ツールの作成等

a. 交通量算定ツールの作成

トラボスに収集された通常のトラカン及び CCTV トラカンによる交通量観測結果に対して、機器の故障や通信障害等によるデータの欠損、あるいは通常とは大きく異なる観測値が生じた場合等を自動的に検知し、

その補正値を算出するための交通量算定ツールの作成を行った（図-2）。

通常のトラカンによる交通量の補正値の算出は「交通量調査実施要綱 Ver1.1」に基づいて行い、CCTV トラカンによる交通量の補正値の算出については、(1) の検討結果及び通常のトラカンによる交通量の補正方法等を参考に行った。通常のトラカンと CCTV トラカンでは計測した交通量の補正方法が一部異なるため、交通量算定ツールは通常のトラカンによる計測結果を対象とするもの、CCTV トラカンによる計測結果を対象とするものの 2 種類を作成し、相互に連携しながら動作するものを作成した。

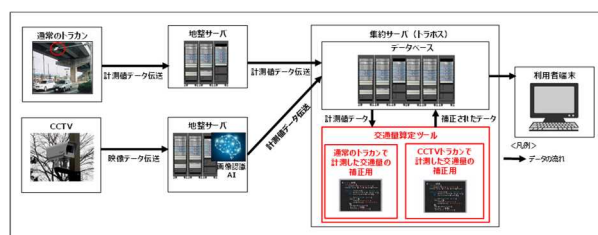


図-1 トラボスで実施する常時観測の概要

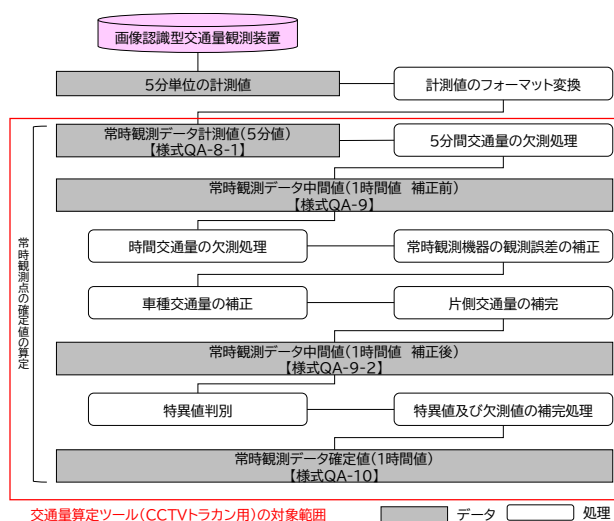


図-2 交通量算定アルゴリズム（CCTV トラカン用を抜粋）

b. 交通量算定ツールのマニュアル作成

a の結果を踏まえ、交通量算定ツールにおける交通量補正方法の考え方の概要、トラボスに配置する際の手順や設定等を記載したマニュアルを作成した。

また、トラボスの本稼働に備え、CCTV トラカンによる計測結果の補正値の算定に使用する交通量算定様式を各地方整備局等が作成するにあたり、手順書並びに様式の素案を作成した。

〔成果の活用〕

本業務の成果を踏まえて作成した、交通量算定ツールを搭載したトラボスにより交通量の常時観測が今後実施される予定である。

領域 2

経済・生活に活力を生む道路ネットワークを形成し、
有効活用を図る

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4年度)

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

室 長	横地 和彦
Head	YOKOCHI Kazuhiko
主任研究官	田中 良寛
Senior Researcher	TANAKA Yoshihiro
研 究 官	青山 恵里
Researcher	AOYAMA Eri
交流研究員	西岡 健太
Guest Research Engineer	NISHIOKA Kenta
交流研究員	茂田 健吾
Guest Research Engineer	SHIGETA Kengo

The authors aim to establish road design methods that reflect actual traffic conditions to be used appropriate hierarchically road networks. Therefore, firstly, actual traffic surveys were conducted at unsignalized intersections. Secondly, estimation method materials about saturation flow rate at signalized intersections were organized.

〔研究目的及び経緯〕

我が国の道路ネットワークは、一般道路における旅行速度が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ことが課題として挙げられている。本研究では、適切な道路ネットワークの階層化と、交通実態を反映した道路の設計手法の構築を目的として、沿道出入箇所における交通実態調査・分析の実施及び信号交差点の飽和交通流率の推定方法に関する基礎資料の整理を行った。

〔研究内容〕

1. 沿道出入箇所における交通実態調査・分析の実施

一般道路の旅行速度には、沿道からの出入りや中央帯の有無、信号交差点間隔等が影響することが明らかとなっている。沿道施設や無信号交差点からの出入りに着目すると、主道路の直進車線には、従道路から流入する車両に起因する遅れは発生しないとされているが、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、遅れが発生することにより旅行速度が低下することが考えられる。本研究では、幹線道路に接続する無信号交差点に着目し、従道路側車両と主道路側車両それぞれの交通実態を調査し分析を行った。

2. 信号交差点の飽和交通流率の推定方法に関する基礎資料の整理

信号交差点の計画・設計にあたり、飽和交通流率は、実測が困難なときには、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

れる要因を補正率として乗じることにより、式（1）のように推定している。

$$S_A = S_B \times \alpha_W \times \alpha_G \times \alpha_T \times \alpha_B \times \alpha_{RT} \times \alpha_{LT} \quad (1)$$

[S_A : 飽和交通流率の推定値（台 / 青 1 時間）、 S_B : 飽和交通流率の基本値（pcu/青 1 時間）、 α_W , α_G , α_T , α_B , α_{RT} , α_{LT} : 車線幅員、縦断勾配、大型車混入率、バス停留所、右折車混入、左折車混入による補正率]

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ことから、本研究では、基本値に補正率を乗じる現行の飽和交通流率の推定方法の枠組みを維持しつつ、近年の交通実態を踏まえた推定方法の見直し案を作成した。

〔研究成果〕

1. 沿道出入箇所における交通実態調査・分析の実施

調査は国道 17 号に接続する無信号交差点 10 箇所を対象に、各箇所とも 11 時間の観測を実施した。

(1) 無信号交差点における従道路の交通容量及び遅れ時間の分析

まず、各調査箇所の臨界ギャップ（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、4.1～6.6 秒となり、諸外国で示される値（5.5～6.9 秒）と比べて大きな差はない。一方で、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）は 4.0～7.8 秒となり、諸外国で示される値（2.0～3.9 秒）と比べて大きな値となった。

※本報告は令和 2 年度から令和 3 年度へと継続して実施した研究の成果を令和 3 年度研究成果としてまとめたものである。

取得した各箇所の臨界ギャップ、追従ギャップに加え主道路の交通量も取得し、従道路の交通容量を算出した。その結果、交通容量が最も小さい箇所は270(台/時)、最も大きい箇所は554(台/時)となった。

次に、従道路において主道路との接続箇所から一定の区間を設定し、従道路車両が主道路に流入するまでに要した当該区間の旅行時間と、当該区間を一定速度(30km/h)で走行したと仮定した際の旅行時間の差を従道路の遅れ時間とし、箇所別に1時間毎の平均値を算出した。その結果、1台あたりの遅れ時間は最小で3.8秒、最大で20.2秒となった。

(2) 無信号交差点における流出入車両による主道路の遅れ時間の分析

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主道路の後続車両の減速等により発生する場合と、従道路から主道路に車両が流入する際の主道路側の車両の減速等により発生する場合が考えられる。本研究では、計測断面間を通過する間に、前方で流出入車両が生じた車両を対象に、計測断面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速度を取得し、平均したものを自由流旅行時間とし、これと計測断面間距離から自由流旅行速度を求め、実旅行時間との差分を遅れ時間とした。

算出された主道路走行車両の遅れ時間を目的変数として重回帰分析を行った。説明変数を自由流速度、主道路交通量、無信号交差点出入時の主道路車両の位置、流出・流入ダミー(流出:0、流入:1)、車種ダミー(小型車:0、大型車:1)、混雑ダミー(非混雑時:0、混雑時:1)、従道路交通量、従道路幅員とし、強制投入法で実施した。その結果を表-1に示す。無信号交差点出入時の主道路車両の位置と主道路交通量の影響が大きく、主道路車両と無信号交差点の距離が近いほど遅れ時間は大きくなり、主道路交通量が増えるほど遅れ時間が大きくなる傾向にあることがわかる。

表-1 重回帰分析結果

変数名	偏回帰係数	標準偏回帰係数	t値
自由流速度(m/s)	-0.249	-0.125	-2.150
主道路交通量(pcu/時・車線)	0.006	0.381	6.447
出入時の主道路車両の位置(m)	-0.027	-0.342	-5.741
流出・流入ダミー(流出:0、流入:1)	0.231	0.038	0.642
車種ダミー(大型車:0、小型車:1)	0.401	0.054	0.981
混雑ダミー(非混雑時:0、混雑時:1)	1.384	0.098	1.749
従道路交通量(台/時)	-0.013	-0.104	-1.723
従道路幅員(m)	-0.047	-0.042	-0.670
定数	4.849		2.804
自由度調整済み決定係数	0.261		

(3) 信号交差点間の無信号交差点の出入車両による旅行速度推定モデルの作成

目標旅行速度 v_i を維持することができるように、信号交差点間隔 $s_{(i,i)}$ 及び下位階層からの接続間隔(無信号交差点) $s_{(i,i-1)}$ の関係を定量的に把握するためのモデルを式(2)に示す。階層 i は単路部では自由流速度 v_{fi} で走行でき、同階層 i との交差点では遅れ時間 $r_{(i,i)}$ 、一つ下位の階層($i-1$)である無信号交差点では遅れ時

間 $r_{(i,i-1)}$ を被るという仮説を設け、モデルを構築した。

$$v_i = \frac{1}{\frac{1}{v_{fi}} + \frac{r_{(i,i)}}{3600s_{(i,i)}} + \frac{r_{(i,i-1)}}{3600s_{(i,i-1)}}} \quad (2)$$

まず、(1)で観測した無信号交差点に加え、信号交差点4箇所においても遅れ時間を観測した。その結果、遅れ時間が最も小さい箇所は52.6(秒/台)、最も大きい箇所は88.5(秒/台)となった。その結果を用い、自由流速度を60km/hとし、図-1に示すような信号交差点と無信号交差点間隔で、無信号交差点に出入交通量があると想定し旅行速度を算出した。主道路旅行速度は、各交差形式で算出すると、無信号交差点:58.7km/h、信号交差点:33.6km/hとなり、信号・無信号交差点両方の遅れ時間を含めた旅行速度は、33.2km/hとなった。このことから、信号・無信号交差点の箇所数や交通量等により、区間全体の旅行速度への影響を定量的に算出できる可能性が示された。

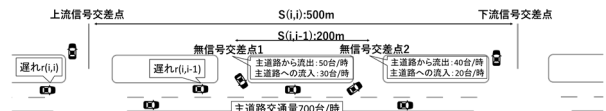


図-1 交差点模式図

2. 信号交差点の飽和交通流率の推定方法に関する基礎資料の整理

本研究では、飽和交通流率への影響が大きく、かつ補正率として設定可能な要因として、大型車混入による補正率に着目し、大型車の乗用車換算係数(E_T)について分析を行った。

我が国の信号交差点での大型車の乗用車換算係数(E_T)は、1984年に発刊された文献に示されている値である1.7が現在も使用されているが、大型車の車両性能の向上や運転者の特性や意識の変化等により、その値が変化していることが考えられるため、過年度までに取得した信号交差点23流入部(41直進車線)に加え、本研究にて取得した4流入部(5直進車線)、合計27流入部(46直進車線)のデータを基に E_T を算出した。その結果、 $E_T=1.54$ となり、この値を用いた大型車混入率別の大型車の補正率(α_T)を表-2に示すが、 E_T が小さくなることで大型車混入による飽和交通流率への影響が小さくなる。

表-2 大型車混入率別の補正率(α_T)

大型車混入率(%)	提案値($E_T=1.54$)		現在の基準値($E_T=1.7$)	
	α_T	飽和交通流率	α_T	飽和交通流率
0	1	2,000	1	2,000
10	0.948	1,896	0.935	1,869
20	0.901	1,803	0.877	1,754
30	0.859	1,718	0.826	1,653
40	0.820	1,641	0.781	1,563
50	0.785	1,570	0.741	1,481

【成果の活用】

本研究では、沿道出入箇所における交通実態調査・分析の実施、信号交差点の飽和交通流率の推定方法に関する基礎資料の整理を実施した。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。

領域 3

新たな情報サービスを創造し、利用者の満足度を向上させる

ETC2.0 プローブ処理の高度化に関する研究

Research on advanced processing of ETC 2.0 probe data

(研究期間 令和3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 小原 弘志
Senior Researcher OBARA Hiroshi
研 究 官 寺口 敏生
Researcher TERAGUCHI Toshio
交流研究員 清水 大輔
Guest Research Engineer SHIMIZU Daisuke

In this paper, we report the results of studying the functions required for managing ETC 2.0 probe data.

〔研究目的及び経緯〕

国土交通省では、ITS スポット等の路側機により ETC2.0 プローブ情報を収集し、道路管理に活用している。ETC2.0 プローブ情報には、急減速や方向転換等の車両挙動に加え移動軌跡が記録されており、それらを分析することで、観光地の渋滞分析や災害時の通行実績把握等が可能である。しかし、交通統計調査を目的として処理された ETC2.0 プローブ情報は、解析の単位時間やエリアが様式で固定されており、昨今の多様なニーズに柔軟な対応が難しいという欠点が指摘されてきた。

そこで、国土技術政策総合研究所では、システムの抜本的な回収を見込みながら、ETC2.0 プローブ情報の処理フローを見直し、様々な目的に活用可能な基礎データとなる「補正済み個車データ」を生成してから、交通統計調査や災害時の通行実績等、分析処理を実施する方式を検討している。

本報では、現状の ETC2.0 システムの課題や補正済み個車データに対するリクワイヤメントを整理した上で、ETC2.0 プローブ情報の管理に求められる機能を検討した成果を報告する。

〔研究内容及び成果〕

1. 現状の ETC2.0 システムの課題の整理

現在の ETC2.0 システムでは、地方整備局や高速道路会社に設置されたプローブ処理装置から ETC2.0 プローブ情報を収集し、データ伸長処理をした後、災害時等の道路の通行可否に係る基礎データを生成する逐次処理や DRM リンク単位の旅行時間・旅行速度等の交通統計調査に関わる統計データを生成するアーカイブ処理等が行われている。これと平行して、ASL-ID プローブ集計処理など、目的に応じた様々な処理が行われている。これらの処理内容を分析したところ、下記の課

題が抽出された。

- 交通統計調査以外の分析処理が追加実装された際、システムへの負荷が大きいマップマッチング処理を個別に実施しており、処理が重複している
- 統計データは、交通統計調査での利用を目的とした複数のデータが作成されているが、あくまで決められた単位（15 分、1 時間、月平均など）の統計データであり、柔軟な分析ができない

以上の分析結果より、ETC2.0 情報を様々な目的に活用するためには、目的とする処理に合わせたデータを個別に生成するのではなく、多様な目的に応じて利用可能なデータを生成する処理と分析に合わせてデータを解析する処理を切り分け可能なシステムが望ましい。

2. 補正済み個車データに対するリクワイヤメントの整理

既存のプローブ情報の活用目的を調査したところ、データの分析単位は、エリア／区間、期間／時間、車種、平日休日などの要素の組み合わせとなっていた。また、リアルタイムな情報が必要なシステムでの利用を想定した場合、時間指定によるデータの抽出要求があるものと考えられる。以上の分析結果を基に、補正済み個車データへのリクワイヤメントを下記の通り整理した。

- 時間指定（年月日時分）
- エリア指定（県指定、市区町村指定、緯度経度指定）
- 車種指定
- 平休指定
- 上記条件を組み合わせたデータ抽出要求に対応

また、将来的なニーズとして、他の機器で計測したデータとの連携の必要性が想定される。

3. ETC2.0 プローブ情報の管理に係るシステムの機能要件

上記の整理を踏まえ、将来的な ETC2.0 システム構

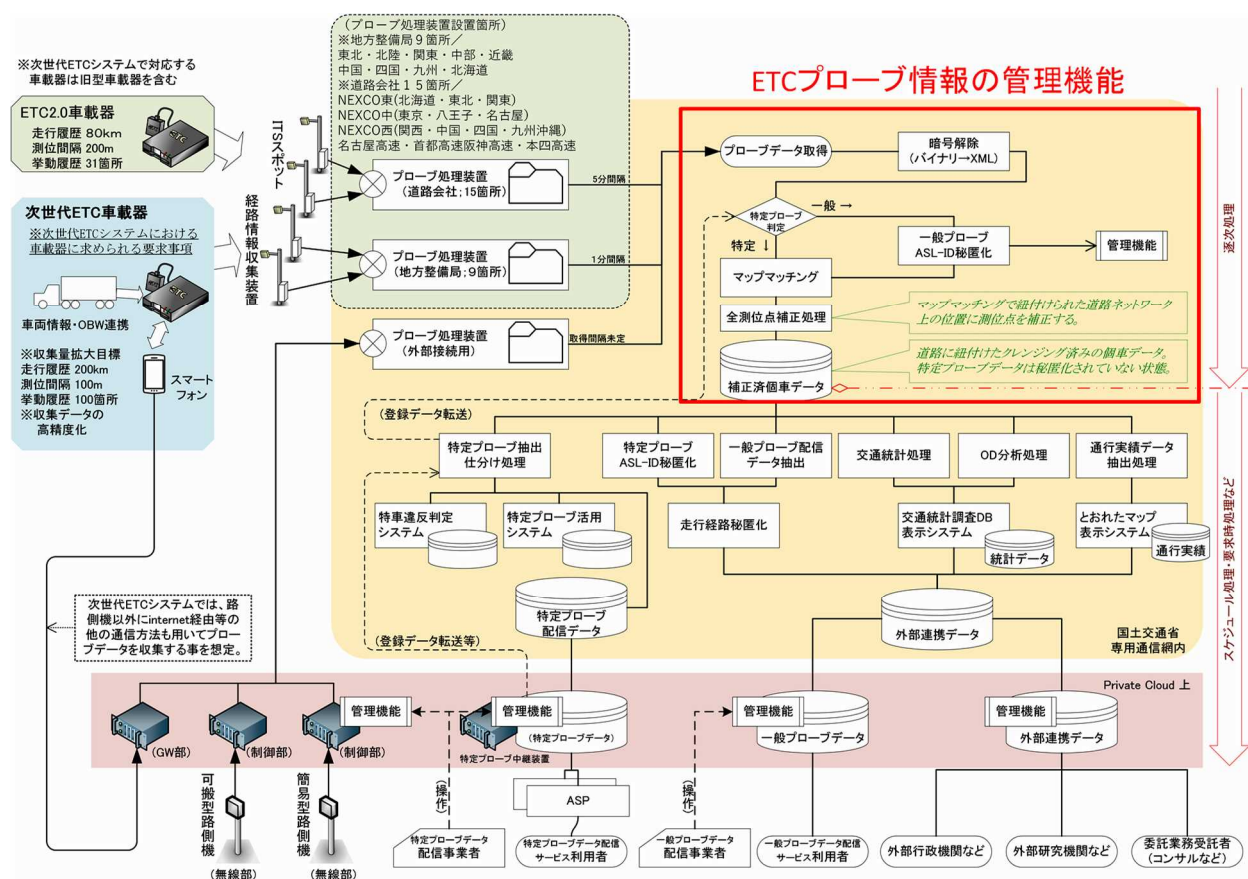


図-1 将来的な ETC2.0 システム構成案に対する ETC2.0 プローブ情報の管理機能のイメージ

成案（図-1）を整理した。さらに、そのシステム構成案に対応する ETC2.0 プローブ情報の管理機能（図-1 太枠内）の要件を検討・分析し、「上流サーバからのデータ受信、管理」、「下流システムのリクエストに応じたデータ抽出」及び「データ削除（退避）」の3項目について整理した。

(1) 上流サーバからのデータ受信管理

ITS スポットや経路情報収集装置等の路側機から地方整備局や道路会社に設置されるプロブ処理装置に集約されたプロブ情報は、時刻別や車両別等の単位で整理されたデータとして受信されるわけではない。また、将来的な展開として、外部センサから取得した動的データが追加登録されることも想定される。

これらの上流サーバから届くデータの特性を考慮し、必要に応じてデータ項目の見直しが行えるデータベースの構築が必要であることが分かった。これらの分析結果を基に、管理対象データの区分とデータ項目及びデータベース上の主キーとなる項目を整理した。

さらに、図-1 に示すシステム構成を実装した場合に想定される取り扱いデータ量を計算し、機能要件として整理した。

(2) 下流システムのリクエストに応じたデータ抽出

民間企業へのヒアリングを通じて、プロブ情報に対する利用ニーズを調査したところ、統計処理したデータだけでなく、個車を特定できない状態にしたもの

であっても、経路情報が分かるデータが求められる場合があった。このため、プライバシーに十分な配慮が可能な強度で匿名化する基準や技術が必要になることが分かった。その上で、プロブ情報を活用する多様な処理機能とデータ管理機能が直結せず、それぞれが独立したソフトウェア・ハードウェア構成となるよう、API (Application Programming Interface) 連携等の方策を検討した。

(3) データ削除（退避）

(2) の民間へのヒアリング時に、プロブ情報を利用する場合、プライバシー保護の観点を受けて個車を特定できないよう匿名化するが、ユーザが希望する場合に削除できる機構が必要との指摘があった。そのため、匿名化後であっても、ユーザ本人からの情報提供を受けて、対象となるデータを特定可能な仕組みを検討した。

【成果の活用】

本研究を通じて、プロブ情報の管理に求められる機能の要件を整理した。本成果を基に、「プロブデータ管理機能要件定義書（案）」を作成した。

今後は、上記機能要件定義書（案）に則ったテストシステムを開発し、課題の抽出とシステムの改善に取り組む予定である。

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

(研究期間 令和2年度～令和4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
研 究 官	中田 諒
Researcher	NAKATA Ryo
交流研究員	藤村 亮太
Guest Research Engineer	FUJIMURA Ryota

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。

〔研究内容〕

1. 海外動向調査

今年度調査した諸外国のITS・自動運転に関する取組について、以下に示す。

(1) 中国におけるインテリジェント・ハイウェイ

中国政府は、コネクテッドカーや自動運転車に対応したインフラ開発を重視している。既に「インテリジェント・ハイウェイ」の試験建設が行われており、プロトタイプが完成している。自動運転車の走行試験については、百度、BAICニューエナジー、BMW等が各都市で公道試験ライセンスを取得し、試験が行われている。現在、最も多くの試験免許を取得しているのは百度であり、5台の試験車両が、2021年4月と5月に合計2,000kmの公道走行試験を完了したところである。

(2) シンガポールのCOVID-19流行中の交通状況分析

シンガポールでは、道路ネットワーク上に設置されたITS機器で収集されたデータからヒートマップを製作し、COVID-19流行中の規制強化・緩和の5段階における交通状況の変化を調査している(図-1)。データは主に高速道路監視・案内システム(EMAS)と幹線道路(EA)システムから抽出されたものを利用している。EMASとEAのデータは、高速道路や主要幹線道路に設置された合計1,700台以上のカメラ映像が情報源となっている。

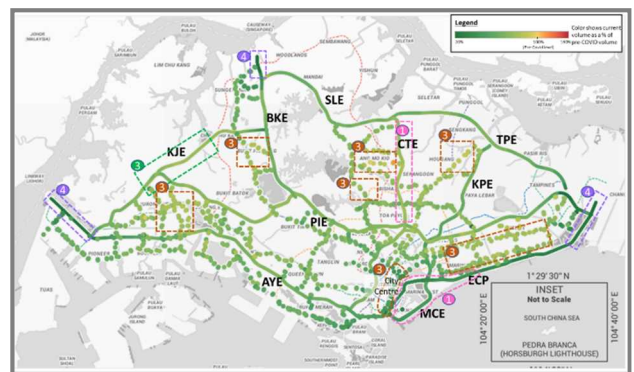


図-1 COVID-19流行中の交通状況調査

(3) 自動運転車を踏まえた道路管理者の課題

PIARCタスクフォースB.2では、自動運転車を踏まえた道路管理者の課題が検討されている。例えば、道路標識は重要な道路施設のひとつである(図-2)。人間のドライバーは、類似した標示でも比較的正しく意味を認識することができるが、機械(自動運転車)は必ずしも人間のドライバーほど適応能力があるわけではない。そのため、安全性を確保するための道路標識について、同タスクフォースにて、国際的な統一の必要性が議論されているが、我が国からは提言していないのが実情



図-2 各国の規制標識

(類似性はあるが、統一されていない)

である。

(4) 交通安全のためのコネクテッド・ビークル・データ・エコシステム

米国ユタ州交通省(UDOT)は、ソルトレイクシティ周辺地域の道路にV2X(車車間、路車間通信)装置を配備して、コネクテッド・ビークル・データ・エコシステムを運用している。このシステムは、車両からデータを収集し、道路気象情報ステーションの情報を組み合わせることで、警告メッセージを生成し車両に放送している。当初はDSRC路側機を活用していたが、現在はセルラーV2X(C-V2X)路側機の配備も進められている。

2. 国内事例の発信

諸外国へ発信する国内のITS・自動運転に関する取組について、以下に示す。

(1) ETC2.0プローブ情報の民間活用に向けた取組み

国土交通省では、ETC2.0プローブ情報をオープン化し、民間企業がビジネスに活用したり、大学が研究で活用したりする等の用途を拡大していくことを検討している。具体的には、1)車両運行管理支援のためのETC2.0特定プローブ情報配信事業、2)民間主体の地域モビリティサービス創出支援、3)大学主導のプローブ情報と民間企業データを用いた地域モビリティサービス創出支援を実施している。

(2) ビッグデータを活用した災害時の通行可能道路を特定するシステム

国土交通省では、ETC2.0のプローブ情報を使って通行実績を可視化する「通行実績表示システム」を開発・導入している。地図上に表示されるプローブ情報は15分ごとに更新され、ETC2.0車載器を搭載した車両が走行した道路の全区間を把握することができる。これにより、大規模災害時に被災地で通行可能な道路を特定することができる。また、このシステムと現地調査を組み合わせ「通れるマップ」を作成し、災害時に通行可能な道路、通行不可能な道路の情報をホームページで公開している(図-3)。

(3) ETC2.0プローブ情報を用いた高速道路ボトルネック位置の特定

国土交通省では、東名高速道路のサグ部を対象として、ETC2.0プローブ情報を用いたボトルネック位置の特定を試行している。

この取組では、ETC2.0プローブ情報の走行履歴情報に基づき速度変動図が作成される。速度低下位置は、「非渋滞時」の速度が最も低くなる地点であり、分析対象日毎に「非渋滞時」の速度低下位置を特定した結果から速度低下位置の分布を作成し、サグ部でのボトルネック位置を特定するものである。



図-3 公開された通れるマップ(初版)

(4) ETC2.0プローブ情報を用いた環状道路開通効果に関する分析

本事例では、個々の車両の走行経路や、急挙動の発生箇所が記録されたETC2.0プローブ情報を活用し、圏央道の開通効果が分析されている。この結果、圏央道経由の経路では都心経由に比べて、所要時間の時間帯変動や急挙動の発生が少なく、安定的な走行が可能であることが示された。また、圏央道開通前後のトリップ長分布の比較を通じて、中央環状線と圏央道と並行する一般道路の大型車の長距離トリップが圏央道に転換し、路線の機能分担が明確になったことが示唆されている。

(5) 一般道路における自動運転サービスの社会実装に向けた取組

国土交通省では「中山間地域における道の駅等を拠点とした自動運転サービスの実証実験」を2017年より実施してきた。特に歩道がなく路肩も狭い区間においては、円滑な走行のために解決すべき課題として、歩行者・自転車を車両センサが検知し走行停止するケース、沿道の植栽や除雪による道路脇の堆雪を車両センサが障害物として検知するケース、山間部や人家連坦部においてGPSの位置測定精度が低下するケースなどが明らかになっている。

【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。

自動運転サービスの実現に向けた研究

Research on realization of automated driving services

(研究期間 令和2年度～令和3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
研 究 官 中田 諒
Researcher NAKATA Ryo
交流研究員 藤村 亮太
Guest Research Engineer FUJIMURA Ryota

The purpose of this study is to gain the knowledge about the installation interval of magnetic marker according to the road alignment.

〔研究目的及び経緯〕

国総研では、2017 年より国交省が実施している道の駅等を拠点とした自動運転サービス実証実験（実証実験）において、自動運転車が自動走行を継続できなくなる要因を明らかにした。その要因の一つとして、自車位置特定に関する課題があり、当該課題への対応として磁気マーカや電磁誘導線（路面施設）（図-1）を使用して道路側から自車位置特定の補助を行った。

実証実験において、路面施設が安定した自動走行に寄与する施設であることが確認されたことを受け、2020 年 5 月に道路法が改正され、路面施設が自動運行補助施設として道路附属物に位置づけられた。これを受け、国総研では、路面施設の計画・設計等に係る技術基準案を作成し、社会資本整備審議会道路分科会道路技術小委員会の審議を経て、同年 11 月に国土交通省道路局長より「自動運行補助施設（路面施設）設置基準」が地方整備局等に通知された。

一方、路面施設は実績の少ない技術であり、その設置方法や設置間隔に関する知見が乏しいこと、舗装への中長期的な影響が不明であることなど、技術的課題がある。このため、国総研では路面施設に係る調査研究を行っており、本稿ではその研究の一つである磁気マーカの設置間隔に関する研究について紹介する。

〔研究内容〕

これまでの実証実験では、磁気マーカは 2m 間隔での

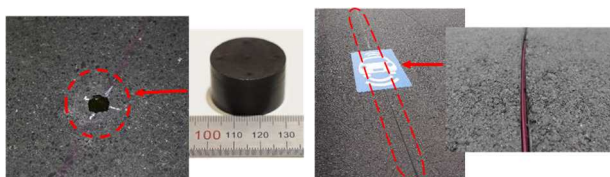


図-1 路面施設（左：磁気マーカ、右：電磁誘導線）

設置を標準としてきたが、磁気マーカの設置間隔を広げることで設置費用の削減が期待できる。一方で、設置間隔を広げることで自動運転車が走行する際の道路横断方向への走行ズレが大きくなることが想定される。また、磁気マーカの設置では、道路線形によって望ましい設置間隔が異なることが考えられる。そこで、道路線形に応じた適切な設置間隔に関する知見を得るため、磁気マーカの設置間隔等の条件を複数設定して、磁気マーカの設置間隔と自動運転車が走行した際の磁気マーカに対する道路横断方向への離隔距離（車両に搭載された磁気センサと磁気マーカ中心との離隔（磁気マーカからの離隔））を計測する実験を行った（表-1、図-2）。なお、実験の評価について、自動運転車の走行位置の平均値を「走行予定コース」とし、「走行予定コ

表-1 実験条件

道路線形	設置間隔	走行速度 (バスタイプ)	走行速度 (乗用車タイプ)
			
直線	2m間隔	5 [km/h]	5 [km/h]
	2m (2個) + 8m空き	10 [km/h]	10 [km/h]
	2m (2個) + 16m空き	20 [km/h]	30 [km/h]
単路カーブ (R=30m)	1m間隔	5 [km/h]	5 [km/h]
	1m間隔	10 [km/h]	10 [km/h]
	2m (2個) + 8m空き	20 [km/h]	30 [km/h]
交差点左折 (R=12m)	1m間隔	5 [km/h]	5 [km/h]
	2m間隔	10 [km/h]	10 [km/h]

※それぞれの設置間隔を下記のように定義する。

1m間隔を「密」、2m間隔を「標準」

2m (2個) + 8m空きを「やや疎」、2m (2個) + 16m空きを「疎」

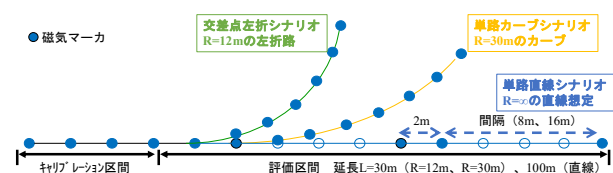


図-2 磁気マーカの設置イメージ

※本報告は令和2年度から令和3年度へと継続して実施した研究の成果を令和3年度研究成果としてまとめたものである。

ース」と「走行ごとの自動運転車の走行位置」の偏差（ズレ幅）を用いて評価を行った。

〔研究成果〕

表-1 に示した全走行パターンについて、ズレ幅の発生頻度を算出した。ここでは、車両がバスタイプ、走行速度が 10km/h の結果を以下に示す。設置間隔については、1m 間隔を「密」、2m 間隔を「標準」、2m 間隔と 8m 間隔の交互を「やや疎」、2m 間隔と 16m 間隔の交互を「疎」として、間隔を変えた場合の差異を確認した。

直線走行時におけるズレ幅の発生頻度は、表-2 の通りである。磁気マーカの設置間隔を広げるとズレ幅は大きくなる傾向にある。ズレ幅の発生は、「標準」の場合は 4mm 以内、「やや疎」、「疎」の場合は、ともに 19mm 以内である。「やや疎」と「疎」が同じズレ幅の範囲に収まっているが、4mm 以下のズレ幅の発生頻度を比べてみると「やや疎」の方が多い（「やや疎」が全体の約 95%、「疎」が全体の 75%）。ズレ幅が小さい方が自動運転車の走行は安定しているため、設置間隔が自車位置特定の補助に与えた効果はあると考えられる。単路カーブ走行時におけるズレ幅の発生頻度は、表-3 の通りである。ズレ幅の発生は、「密」の場合は 29mm 以内、「標準」の場合は 19mm 以内、「やや疎」の場合は 59mm 以内である。ここで、1 回だけであるが、「標準」の場合よりも「密」の時の方が大きいズレ幅があった。また、4mm 以下のズレ幅の発生頻度を見てみると「密」の場合は全体の約 61%、「標準」は全体の約 64%である。このことから、単路カーブにおいては設置間隔が広がることによる影響を明確には確認できなかった。交差点左折走行時におけるズレ幅の発生頻度は、表-4 の通りである。直線と同様に、磁気マーカの設置間隔を広げるとズレ幅は大きくなる傾向にある。ズレ幅の発生は、「密」の場合は 19mm 以内、「標準」の場合は 39mm 以内である。

〔成果の活用〕

本研究の成果は、自動運転サービスを地域に導入しようとする際に、走行ルート（磁気マーカの設置間隔）を設定する上での参考値としての活用が期待できる。例えば、表-2 より直線区間において 4mm 以下のズレ幅しか許容できないような場合は「標準」の設置間隔、約 20mm まで許容できる場合には「やや疎」若しくは「疎」の設置間隔という具合に設置間隔を設定することができる。

引き続き、自動運転サービスを実現に向け、路面施設等の調査研究を推進し、地方公共団体等に対する技術支援を実施していきたい。



図-3 実験の様子

表-2 ズレ幅の発生頻度（直線）

ズレ幅の範囲	設置間隔		
	標準	やや疎	疎
ズレ幅 ≤ 4mm	510	104	45
5mm ≤ ズレ幅 ≤ 9mm	0	4	12
10mm ≤ ズレ幅 ≤ 19mm	0	2	3
20mm ≤ ズレ幅 ≤ 29mm	0	0	0
30mm ≤ ズレ幅 ≤ 39mm	0	0	0
40mm ≤ ズレ幅 ≤ 49mm	0	0	0
50mm ≤ ズレ幅 ≤ 59mm	0	0	0
60mm ≤ ズレ幅 ≤ 69mm	0	0	0
70mm ≤ ズレ幅 ≤ 79mm	0	0	0
80mm ≤ ズレ幅 ≤ 89mm	0	0	0
90mm ≤ ズレ幅 ≤ 99mm	0	0	0
100mm ≤ ズレ幅 ≤ 109mm	0	0	0

表-3 ズレ幅の発生頻度（単路カーブ）

ズレ幅の範囲	設置間隔		
	密	標準	やや疎
ズレ幅 ≤ 4mm	188	103	20
5mm ≤ ズレ幅 ≤ 9mm	98	47	6
10mm ≤ ズレ幅 ≤ 19mm	23	10	8
20mm ≤ ズレ幅 ≤ 29mm	1	0	0
30mm ≤ ズレ幅 ≤ 39mm	0	0	2
40mm ≤ ズレ幅 ≤ 49mm	0	0	1
50mm ≤ ズレ幅 ≤ 59mm	0	0	1
60mm ≤ ズレ幅 ≤ 69mm	0	0	0
70mm ≤ ズレ幅 ≤ 79mm	0	0	0
80mm ≤ ズレ幅 ≤ 89mm	0	0	0
90mm ≤ ズレ幅 ≤ 99mm	0	0	0
100mm ≤ ズレ幅 ≤ 109mm	0	0	0

表-4 ズレ幅の発生頻度（交差点左折）

ズレ幅の範囲	設置間隔	
	密	標準
ズレ幅 ≤ 4mm	179	74
5mm ≤ ズレ幅 ≤ 9mm	90	31
10mm ≤ ズレ幅 ≤ 19mm	21	27
20mm ≤ ズレ幅 ≤ 29mm	0	12
30mm ≤ ズレ幅 ≤ 39mm	0	5
40mm ≤ ズレ幅 ≤ 49mm	0	0
50mm ≤ ズレ幅 ≤ 59mm	0	0
60mm ≤ ズレ幅 ≤ 69mm	0	0
70mm ≤ ズレ幅 ≤ 79mm	0	0
80mm ≤ ズレ幅 ≤ 89mm	0	0
90mm ≤ ズレ幅 ≤ 99mm	0	0
100mm ≤ ズレ幅 ≤ 109mm	0	0

自動運転社会に向けた道路交通運用に関する研究

Research on road traffic operation for automated driving society

(研究期間 令和2年度～令和3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
研 究 官	中田 諒
Researcher	NAKATA Ryo
交流研究員	花守 輝明
Guest Research Engineer	HANAMORI Teruaki
交流研究員	藤村 亮太
Guest Research Engineer	FUJIMURA Ryota

The purpose of this study is to conduct a traffic simulation to verify the effectiveness of merging support information provision system on expressways.

〔研究目的及び経緯〕

国土交通省では、高速道路等の合流部において、本線走行車に関する情報を合流車（自動運転）に提供し、安全で円滑な自動合流を支援する道路交通環境の構築を目指している。

国総研では、官民共同研究において合流支援情報提供システムの構築を進めている。この中で、合流部の道路構造、本線の交通特性等に応じた適切な合流支援のあり方を検討している。具体的には、「適切なシステムタイプ（DAY1 システム/DAY2 システムのどちらか）」、「路側機（車両検知センサ及び情報提供装置）の適切な設置位置・区間」、「本線交通流の観点からのシステムの適用限界」を明らかにすることを目指している。本研究では、交通シミュレーションを用いて合流支援情報提供システムの有効性を検証することとした。

なお、DAY1 システムとは、本線上流部の特定断面で車両の速度、車長等を検知し、合流車（自動運転）にス



図-2 シミュレーション対象・範囲

ポットで情報提供するシステムである。一方で、DAY2 システムは、本線上流部の一定区間で車両の速度、車長等を一定の時間間隔で複数回検知し、合流車に連続的に情報提供するシステムである（図-1）。

〔研究内容と成果〕

1. シミュレーションの構築

交通シミュレーション対象・範囲は、首都高速道路1号羽田線上り空港西入口の合流部とした（図-2）。範囲については、本線はソフトノーズ端から上流300m、下流200m程度、連結路についてはソフトノーズ端から手前120m程度とした。

2. 評価指標の設定

「適用するシステムタイプ（DAY1/DAY2 システムのどちらか）」、「路側機の適切な設置位置」、「本線交通流の観点からのシステムの適用限界」を明らかにするため、表-1 に示す6つの評価指標を設定した。

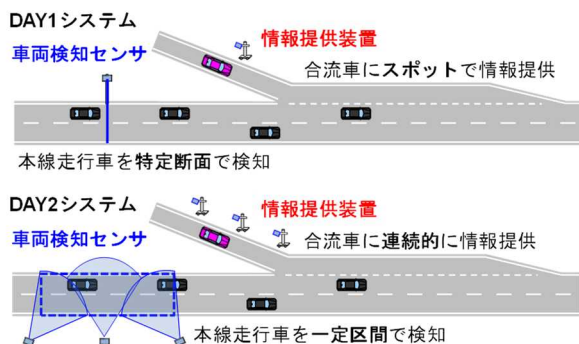


図-1 DAY1 システムと DAY2 システム

表-1 設定した評価指標

評価指標
(a) 本線上前後車両との車間時間
(b) 衝突危険性指標 (TTC・PICUD) ※HN 到達時
(c) 合流車前後車両との車間時間
(d) 衝突危険性指標 (TTC・PICUD) ※合流完了時
(e) 合流車と本線車の加減速度の変化
(f) ドライバーへの制御ハンドオーバー機会割合

3. シミュレーションの実施と評価指標の算定

1. で構築したシミュレーションを用い、合流車が本線走行車の間に合流する挙動のシミュレーションを行った。各シナリオにおいて、3,000 ケースの異なるタイミングで合流車を発生させた。なお、シミュレーション時のシナリオについては、「本線交通流の違い」、「システムの処理時間の違い」、「連結路での合流車の上限速度の違い」を考慮して、130 シナリオを設定した。

4. シミュレーションの実施と評価指標の算定

シミュレーション実行後に出力される車両のログデータをもとに、各評価指標を算定した。ここでは、結果の一例として、交通状況が「非渋滞」状態のハードノーズ (HN) 位置における本線先行車と合流車との車間時間 (図-3)、合流区間におけるシナリオ毎の危険事象割合 (PICUD がマイナスとなる割合) (図-4) を示す。

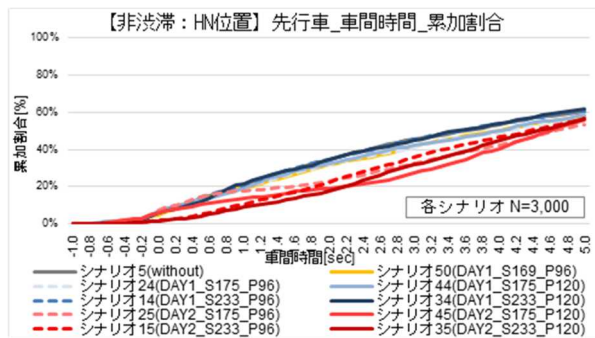


図-3 合流車と本線先行車の車間時間

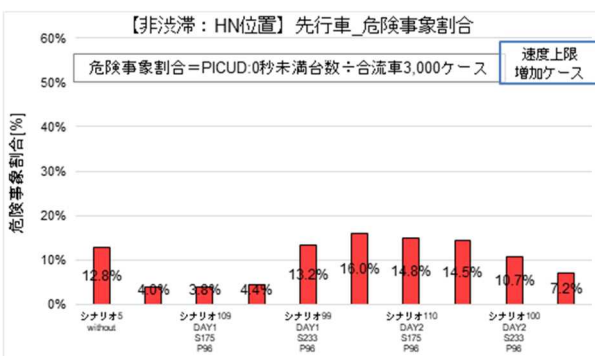


図-4 合流区間におけるシナリオ毎の危険事象割合

5. 評価指標の分析・整理

算定した評価指標について、以下の視点で分析し、整理した。

(1) 本線交通状況と指標算定位置の影響

本線交通流の違いにより、設定した評価指標がどのように変化するかの確認した。

- 本線先行車/本線後続車との車間時間：HN 位置および合流位置において、合流支援の効果に交通状況やシステムの違い(DAY1 システム/ DAY2 システム) への感度が認められた。
- 衝突余裕時間 (Time-To-Collision:TTC) : HN 位置での指標の優劣で合流位置での優劣をおおよそ評価できた。

(2) 合流支援の効果と本線交通状況の影響

合流支援情報の有無で比較したとき、車間時間や TTC が支援なしより優位であることから、合流支援の有効性が確認できた。

(3) システムの違いによる影響

DAY1 システムと DAY2 システムでは、連続してセンシングと情報提供ができる DAY2 システムの優位性が確認できた。

(4) システム遅延時間・合流車の速度上限の影響

システム遅延時間や合流車の連結路での速度上限の違いについては、シナリオによっては、合流支援の効果が十分に得られない場合もあることが確認された。

(5) 合流区間長の影響

情報提供位置に対してセンシング位置の HN までの距離が短すぎる設定では、適切ではない車間ギャップへの合流が生じてしまう可能性があることが分かった。

〔成果の活用〕

本研究では、合流支援情報提供システムについて、「システムの種類」、「本線交通流の違い」、「システムの処理時間の違い」、「連結路での合流車の上限速度の違い」など、多角的な観点からシステムの有効性を定量的に把握することができた。本研究の成果は、今後、合流支援情報提供システムの実用化（設置位置、適用すべきシステムタイプ、交通状況等に応じた有効性）を検討する上での有益な基礎資料となる。

今後の課題としては、現実の合流支援システムのロジックにより近づいたシミュレーションロジックの実装、及び他の合流部における実証実験結果との比較を実施していくことが挙げられる。

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

(研究期間 令和 2 年度～令和 4 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 小原 弘志
Senior Researcher OBARA Hiroshi
研 究 官 寺口 敏生
Researcher TERAGUCHI Toshio
交流研究員 清水 大輔
Guest Research Engineer SHIMIZU Daisuke

In this study, in order to understand the examination status of international standardization, we investigated the trends through hearings with members of domestic subcommittees and participation in international conferences. This report outlines the results of these research.

〔研究目的及び経緯〕

国土交通省は、日本の ITS 技術を国際標準として位置づけることにより、国内の ITS 産業の国際競争力を確保する事を目指している。

国土技術政策総合研究所（以下、「国総研」という。）では、ITS に関する国際標準化機構・専門委員会 204、専門委員会 22 及び専門委員会 268（以下、それぞれ「TC204」「TC22」及び「TC268」という。）における検討状況を調査し、国土交通省道路局の所掌事項に関する国際標準規格案の作成を行っている。

本研究では、国際標準化の作業や検討状況を把握するため、国内分科会委員へのヒアリングや国際会議への参加を通じ、表-1 に示す各 WG の動向を調査した。本報では、それらの調査結果を概説する。

〔研究内容及び成果〕

1. 国内分科会の作業状況及び動向調査

表-1 の ITS 関連の国際標準化を検討する各 WG の国内分科会の委員に WEB 会議によりヒアリングを行い、国際規格案の作業状況や会議動向を調査した。調査結果の内、特筆すべき内容を以下に列記する。

(1) TC204/WG1：システム機能構成

国内分科会の引き受け団体が事務局を辞めることとなり、自動車技術会が発行文書の見直しや見直し投票などの作業を行うメンテナンスタスクフォースとして活動することとなった。

(2) TC204/WG5：自動料金収受

日本から提案した IC カードを利用した車載器のセットアップ方法が TS (Technical Specifications) として発行された。

欧州の EETS (The European Electronic Tolling

表-1 ITS に関する ISO の WG リスト

TC	SC	WG	審議内容
TC204		WG1	システム機能構成
		WG3	ITS 地理データ
		WG5	自動料金収受
		WG7	商用貨物車運行管理
		WG8	公共交通
		WG9	交通管理
		WG10	旅行者情報
		WG14	走行制御
		WG16	通信
		WG17	ノーマディックデバイス
		WG18	協調 ITS 協調システム
		WG19	モビリティインテグレーション
TC22	SC31	WG6	データ通信
TC268	SC2	WG1, 2	持続可能なモビリティと輸送

Service：欧州統一課金サービス）で活用する課金技術 (ANPR：Automatic Number Plate Recognition) の国際標準化が検討された。

(3) TC204/WG7：商用貨物車運行管理

日本から車高クリアランスを提案し、国際標準規格案の新規項目として承認された。

(4) TC204/WG14：走行制御

日本から自動運転の遠隔操作に関する項目を提案し、国際標準規格案の新規項目として承認された。

(5) TC204/WG19：モビリティインテグレーション

日本が提案した ITS サービスのロールモデルが国際標準規格案の新規項目として承認されたため、道路附属物（自動運行補助施設）までを含めた国際標準化への提案が可能となった。

(6) TC22/SC31/WG6：データ通信

道路インフラシステムとの関わり合いにも十分な配慮が必要であり、エクステンディークル側との議論に

※本報告は令和 2 年度から令和 3 年度へと継続して実施した研究の成果を令和 3 年度研究成果としてまとめたものである。

積極的に係る必要があることを確認した。

2. 国際的な標準化の動向調査

下記4つのWGに参加する専門家（各1名）から、国際会議での標準化動向について情報収集を行った。

- ・ TC204/WG5：自動料金収受
- ・ TC204/WG16：通信
- ・ TC204/WG17：ノーマディックデバイス
- ・ TC204/WG19：モビリティインテグレーション

調査結果の一例として、TC204/WG5における道路課金制度に関する調査では、一般道の走行距離課金を検討もしくは実施している国（ドイツ、ベルギー、アメリカ、シンガポール、オランダなど）を調査し、

「GNSS（Global Navigation Satellite System）の位置情報から地図上の車両の位置を特定する技術」、「走行距離データの改ざんを防止する技術」や「新しい課金技術の調査」に関する技術開発の内容を重点的に整理した。

(1) 一般道の走行距離課金

走行距離課金はドイツ、ベルギーなどでは大型車を対象として、ニュージーランドでは大型車だけでなく乗用車を含む全車種を対象として実施されている。現在、全車種を対象に走行距離課金を実施しているのはニュージーランドのみだが、シンガポールや米国では今後導入される予定である。

(2) 車両の位置を特定する技術

現在使われている車両の位置特定の技術は、GNSSを使った位置測位を始めとして、測位衛星の増加と、広域通信や車載のカメラやセンサを利用した位置測位の高精度化が進みメートル級の測位が可能となっている。自動運転では高精度三次元地図を使い車線を区別するほどの位置測位が実現されている。

(3) 走行距離データの改ざんを防止する技術

現在利用されている走行距離のデータの改ざん防止は、路上に設置されたカメラによってナンバープレートを撮影し、走行経路を把握することによって、走行距離が改ざんされていないかどうかのチェックが行われている。また、将来の走行距離データの改ざんを防止する技術として、ブロックチェーンが検討されている。

(4) 新しい課金技術

多くの国で運用されている料金所での現金の支払いやETCの料金収受から、人と接触しないような料金収受やETCに変わる料金収受の新しい課金技術が欧米やアジア地域で検討されている。検討されている新しい課金技術を以下に列記する。

● ナンバープレートを利用した課金技術（ANPR）

車の所有者に通行料金の未払い請求が出来る仕組み（法制度）が出来ている国が多く、画像認識技術が向上したことから、車載器を搭載せずにナンバープレートを利用した課金技術（ANPR）を導入する国が増えて

いる。

● スマートフォンを利用した課金技術

多くの人が所有しているスマートフォンを活用し、スマートフォンの位置情報やスマートフォンを利用した二段階認証による個人特定によって、スマートフォンを車載器とした課金技術が米国で検討されている。

● ブロックチェーンを利用した課金技術

不正防止技術のブロックチェーンを利用し、GPS機能が搭載された専用の車載器を用いることで移動距離が計測でき、走行距離税や環境税などが米国で検討されている。

3. 国際標準化案の審議状況の調査と修正案の作成

下記3項目の国際標準規格案の審議状況を調査し、規格案がないものはドラフトを作成したり、ISOルール変更に対応していないものは語句の修正や説明の加筆等の修正を実施した。

- ・ Mobility integration -Digital infrastructure service role and functional model for urban ITS service applications (TC204/WG19)
- ・ Low speed automated driving system (LSADS) - part1 overall role and functional model (TC204/WG19)
- ・ Low speed automated driving system (LSADS) - part2 functional gap analysis (TC204/WG19)

また、2022年1月26日付けで国際標準化機構 ISO TC268 SC2にて新規作業予備項目として承認された

「フィジカル及びデジタルな道路インフラを活用した自動運転システムのアーキテクチャ」に関し、自動運転モビリティシステムの全体像の策定や具体的なモビリティインフラサービスの作業項目の国際標準化を推進するために必要な提案資料を作成した。

〔成果の活用〕

本研究を通じて調査した国内外の国際標準化に関する作業状況や検討状況は、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、これらの国際標準化に関する動向に対しては、国総研が主催するISO/TC204 インフラステアリング委員会等を通じて専門家の意見を仰ぎ、日本のITS技術を国際標準として位置づけるための方策の検討に利用する予定である。

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3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
研 究 官 中田 諒
Researcher NAKATA Ryo
交流研究員 藤村 亮太
Guest Research Engineer FUJIMURA Ryota

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]

限定地域での無人自動運転移動サービス（自動運転サービス）については、「2030年までに100箇所以上で社会実装」という目標を掲げ、政府全体で取り組んでいる。

国交省では、これまでに道の駅等を拠点とした自動運転サービス（図-1）の実証実験を全国18か所で行い、順次、社会実装を進めているところである。

国総研は、当該サービスについて「道路・交通」、「地域環境」、「社会受容性」等の観点で主に技術的な分析を実施するとともに、自動運転車を円滑に走行させるための方策等を検討している。

道の駅を拠点とする自動運転車が集落や施設間の移動サービスを提供



図-1 自動運転サービスのイメージ

[研究内容]

1. 自動運転サービスの手動介入の分析

自動運転車が自動運転を継続できなくなる事象である「手動介入」について、走行データ（運行日報、車載カメラ映像等）をもとに、手動介入の要因分析を行った。手動介入には、車両がセンサ検知情報をもとに自動停止する事象も含まれている。本調査研究では、福岡県みやま市及び山形県高畠町で実施された実証実験を対象に分析を行った。

図-2にみやま市と高畠町での実証実験の結果を示す。みやま市では、210便分の走行で2.47回/kmの手動介入が発生し、主な理由は「後続車による追い越し」であることを確認した。これは、走行ルートに自動運転車より速度の高い一般車が多く走行する区間の割合が多いことが原因と考えられる。対策としては、自動運転車の待避所の設定が有効と考えられる。高畠町では、90便分の走行で0.59回/kmの手動介入が発生し、主な理由は「駐車場内での駐車車両の回避」であることを確認した。これは、狭い敷地内で一般車との錯綜が多いことが原因と考えられる。対策としては、路面標示や交差点に回転灯や電光表示板を設置し自動運転車の存在を周知することが有効と考えられる。

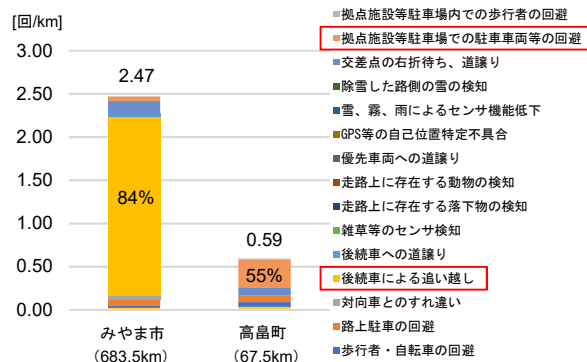


図-2 距離あたりの手動介入の発生状況
(カッコ内は分析データの総走行距離)



図-3 後続車による追い越し状況

※本報告は令和2年度補正予算「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」について令和3年度へと継続して実施した研究の成果を令和3年度研究成果としてまとめたものである。

2. 車道沿いの狭空間を活用した自動運転走行空間の検討

自動運転車は走行速度が小さいため、一般車両とは走行空間を分離することが有効と考えられる。しかしながら、既存の車道から新たに自動運転用の走行空間を創出することは困難である場合も多い。

そこで、本研究では、特例として橋梁上の歩道（幅員約2m、延長約140m）に電磁誘導線で自車位置特定の補助を行う自動運転車を走行させる実験を行った（図-4）。また、走行区間の両端には、歩行者や自転車等との一時的な分離を想定したゲート及び注意喚起標示を設置した。そのうえで、自動走行時と手動走行時の車両走行データを取得し、横ブレ（自動運転車の走行位置と電磁誘導線の位置の離隔）の発生状況を把握した。



図-4 歩道を活用した自動運転走行空間の実験

表-1 横ブレの計測結果

	最大ブレ幅	1走行平均ブレ幅※1
自動運転	3.4cm	0.75cm
手動運転	11.1cm	-7.88cm※2

※1 1回の走行で取得されるブレ幅の平均値がもっとも大きかった回の値
※2 電磁誘導線に対して左側がマイナス値

実験の結果は、最大ブレ幅が自動運転で3.4cm、手動運転で11.1cmであった（表-1）。また、1回走行平均ブレ幅が自動運転で0.75cm、手動運転で7.88cmであった。今回の条件においては、自動運転の方が手動運転よりもブレ幅が小さいことが分かり、幅員の小さな空間を走行させることの有効性が示唆された。なお、手動運転は1名のドライバーによる結果であることから、今後は複数属性のドライバーによる検証を行う必要がある。

3. 路車協調システムによるスムーズなすれ違いのための方策の検討

自動運転サービスの走行ルートは、細街路に設定される場合もある。この場合、狭隘区間での自動運転車と対向車（一般車両）の交互通行が課題となる。そこで、本研究では、路車協調システムによる円滑な交互通行のための方策を検証した。具体的には、自動運転車からは検知できない地点を走行する対向車を、路側に設置した車両検知センサが検知し、自動運転車に事前に通知することで、所定の待避所で対向車の通過を

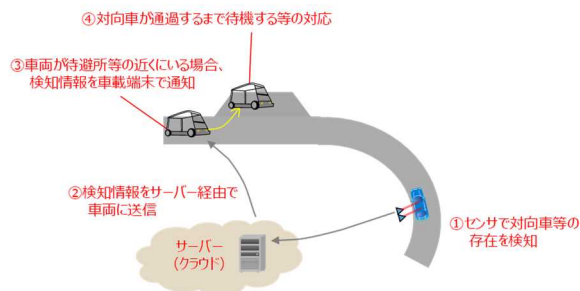


図-5 路車協調システムによるスムーズなすれ違い



図-6 実験状況

左：センサで対向車を検知、右：所定のスペースで待機

表-2 通知継続時間の検証（設定時間と実績時間の差）

	箇所1 (N=13)	箇所2 (N=11)	箇所3 (N=16)
(設定値)	101秒	18秒	13秒
平均値	-1.27秒	-1.55秒	2.35秒
最大値	2.77秒	0.60秒	7.10秒
最小値	-3.87秒	-3.53秒	0.17秒

※設定より実績時間の方が長いとプラス

待ち、円滑な交互通行を実現するものである（図-5、図-6）。実験では「対向車の検知位置」、「通信時間と確実性」、「自動運転車への通知継続時間」等を検証した。なお、通知継続時間については、自動運転車が待避所において対向車と確実に交互通行を実施するために必要な情報提供の時間を明らかにするために検証した。表-2は3箇所では対向車の速度を30km/時と仮定して設定した継続時間に対する実績時間の差である。今回の実験では、遅くて約4秒、早くて約7秒という結果となった。本実験で用いたシステムは既存の要素技術の組み合わせにより実施可能なものであり、実用化の可能性を有していると考えられる。

【成果の活用と今後】

本研究では、自動運転サービスの走行データをもとに、手動介入の要因分析を行った。また、自動運転車を円滑に走行させるための方策として、車道沿いの狭空間を活用した自動運転走行空間の実験や路車協調システムによる円滑なすれ違いの実験を行った。得られた知見については、当該地域や他地域で社会実装を展開していく上での活用が期待される。

引き続き、自動運転サービスの社会実装を支援するため、自動運行のための走行空間確保策や道路管理のあり方等について調査研究を推進するとともに、地方公共団体等に対する技術支援を実施していきたい。

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2年度～令和3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
研 究 官 寺口 敏生
Researcher TERAGUCHI Toshio
交流研究員 花守 輝明
Guest Research Engineer HANAMORI Teruaki

The National Institute for Land and Infrastructure Management (NILIM) has organized the requirements of lane markings to activate the lane keep assist system in terms of the "peeling ratio" of lane markings.

In this paper, we introduce the basic concept of the peeling ratio and report the results of the analysis of the relationship between the peeling ratio of lane markings and the detection status by on-board sensors.

〔研究目的及び経緯〕

国土交通省では、自動運転車の自律走行を支援するための道路環境の整備のあり方を検討している。これを受けて、国土技術政策総合研究所（以下、「国総研」という。）では、特に高速道路における自律走行を支援する方策として、合流部における合流支援情報の提供、車載センサが届かない進行方向の情報（先読み情報）の提供、区画線による自車位置特定補助等を研究している。本報では、「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」において検討を行った、区画線の整備による自車位置特定補助に関する研究成果を報告する。

自動運転車の運転支援システムとして、車線維持支援機能がある。車線維持支援機能は、車載センサで区画線（車線境界線及び車道外側線）を検知し、車線中央を走行するようにハンドル操作を自動で行う機能である。国総研では、車線維持支援機能が作動するために必要となる区画線の要件を「剥離率」という観点で分析・整理している。ここでは、剥離率の考え方を概説するとともに、区画線の剥離状況と車載センサによる区画線の検知状況との関係を分析した結果を報告する。

〔研究内容〕

本研究において「剥離率」とは、区画線の設置範囲（図-1に示す境界線内）における剥離部分（図-1境界内の黒領域）の面積割合で表される、区画線のかすれ度合いの指標である。また、剥離率の算定フローを図-2に示す。図-2に示す通り、車載センサとして車載カメラで撮影した画像を解析対象とし、まず事前に準備したテンプレートとの一致度合いをもとに区画線を認識する。次に、区画線の設置範囲の一部（1m×

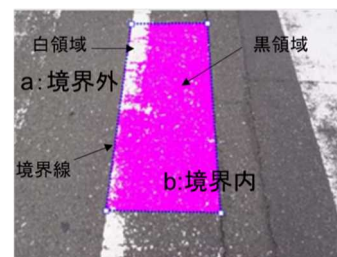


図-1 剥離率のイメージ

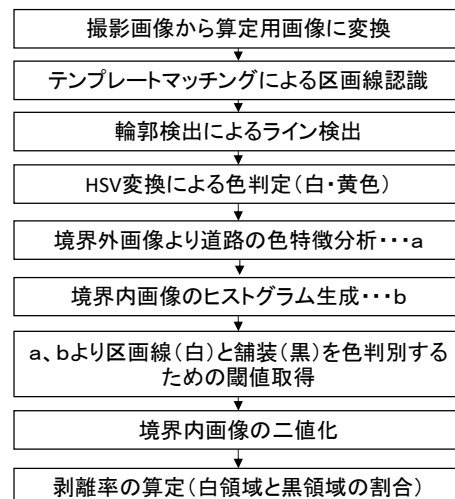
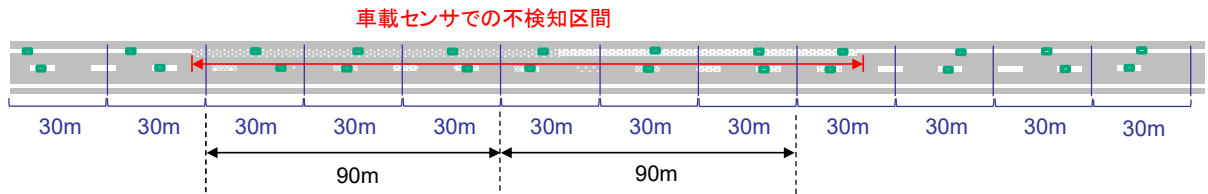


図-2 剥離率の算定フロー

1m) を解析境界として検出し、境界内外の色特徴をもとに剥離部分を取得し、剥離率を算定する。その後、上記の処理を一定間隔（今回の場合は 30m）で実施し、区画線の剥離率を算定する。なお、剥離率の取得間隔は 30m であるうえ、剥離率自体が 1m×1m の特定領域から算出するため、区間としての剥離率の評価に

※本報告は令和2年度補正予算「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」について令和3年度へと継続して実施した研究の成果を令和3年度研究成果としてまとめたものである。

パターン①：単純平均



パターン②：移動平均

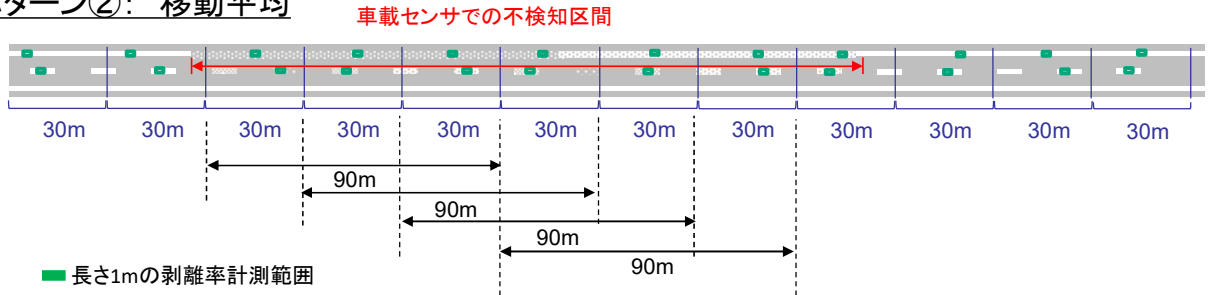


図-3 区間としての区画線の剥離率の評価方法

は工夫が必要となる。そこで、区間としての区画線の剥離率を評価する方法として、「連続する複数区間の剥離率の平均値を代表値とする方法（図-3のパターン①）」と、「2区間以上の剥離率の移動平均を組み合わせて代表値を算出する方法（図-3のパターン②）」を設定することとした。

〔研究成果〕

本研究では、車載カメラでは区画線が検知できなかった高速道路上の8箇所を抽出し、区画線の剥離状況と車載カメラによる区画線の検知状況との関係进行分析した。図-4と図-5に、車載カメラで検知できなかった箇所の例を示す（図-4は当該箇所前後での区画線の剥離率、図-5は車載カメラが検知できなかった箇所のカメラ映像）。

また、分析対象とした全箇所（8箇所）について、区

画線の剥離率と車載カメラの検知状況との関係进行分析した結果を図-6に示す。分析の結果、区画線の剥離率が85%以上の場合、不検知となる割合が相対的に高いことが分かった。

〔成果の活用〕

本研究の成果をもとに、引き続き、共同研究において区画線の剥離状況と車載カメラによる区画線の検知状況との関係进行分析・整理を進めたい。

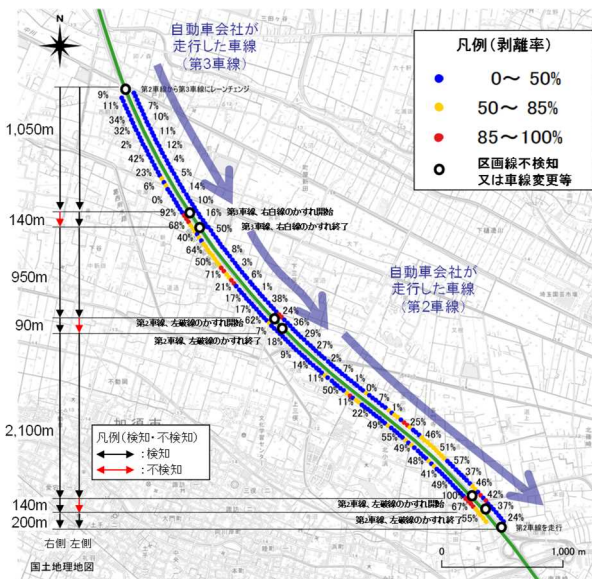


図-4 車載カメラで検知できなかった箇所例



図-5 車載カメラが検知できなかった箇所例

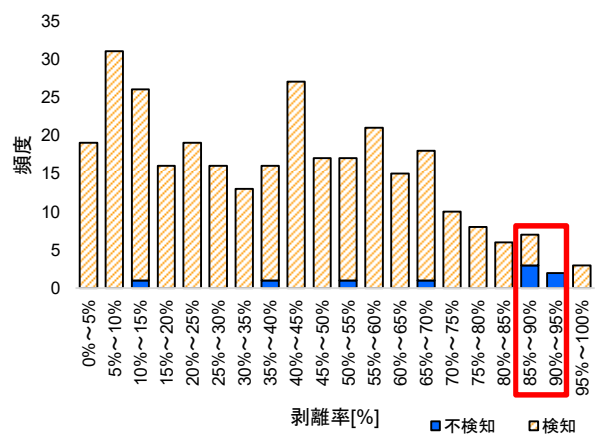


図-6 区画線の剥離率の頻度分布

ETC2.0 プローブ処理の高度化に関する研究

Research on advanced processing of ETC 2.0 probe data

(研究期間 令和2年度～令和3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 小原 弘志
Senior Researcher OBARA Hiroshi
研 究 官 寺口 敏生
Researcher TERAGUCHI Toshio
交流研究員 清水 大輔
Guest Research Engineer SHIMIZU Daisuke

In this research, we report the research results on the map matching method using the information accumulated when the traveling direction changes as the feature of ETC2.0 probe data.

〔研究目的及び経緯〕

ETC2.0 プローブ情報の新たな展開として、国土交通省は、平成30年5月に生産性革命プロジェクトの一つとして「ETC2.0のオープン化」を掲げ、その実現に向けた仕組み作りのための社会実験、共同研究や共同実験を行っている。これらの取り組みを通じて抽出したニーズを確認すると、ETC2.0 プローブ情報を利活用するためには、マップマッチング処理の高速化と処理負荷の軽減が必要であることがわかった。現在のETC2.0 プローブ情報のマップマッチング処理では、走行履歴として記録された座標の近傍ノードをすべて探索し、隣接ノードを接続する走行経路をすべて探索する方法でマップマッチング処理を行っているため、脇道が多い市街地等では探索対象の走行経路が膨大なものとなると考えられる。そこで、国土技術政策総合研究所では、処理の高速化と処理負荷の低減を目的としたマップマッチング手法を検討している。

本研究では、ETC2.0 プローブ情報の特徴である進行方向の変化時に蓄積される情報を用いたマップマッチング手法を提案し、試行するものである。

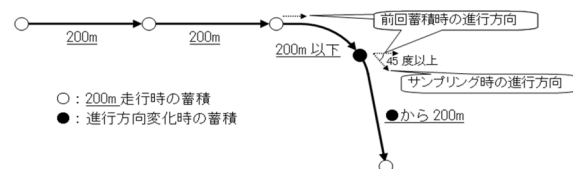
〔研究内容〕

1. ETC2.0 プローブ情報と提案手法の概要

ETC2.0 プローブ情報は主に、基本情報（車載器等の固有情報）、走行履歴（時刻、緯度経度）及び挙動履歴（前後加速度、左右加速度、ヨー角速度）の3種類の情報で構成される。このうち、走行履歴には、前回蓄積した地点から200m走行した地点、もしくは進行方向が45度以上変化した地点の情報が蓄積される（図-1）。

本研究の提案手法は、進行方向が45度以上変化した地点を屈曲点とし、屈曲点と屈曲点に挟まれた区間の走行履歴で形成される道路線形と付近のDRM (Digital

<蓄積のイメージ(200m走行毎、45度方向変化時の例)>



<進行方向変化時の蓄積(45度方向変化時の例)>

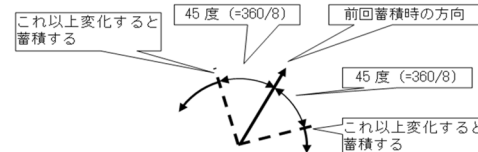


図-1 ETC2.0 プローブ情報の走行履歴の蓄積条件

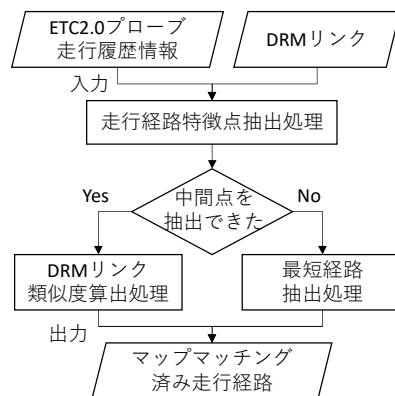


図-2 提案手法の処理の流れ

Road Map) リンクを比較し、その類似度を基にマップマッチングを実施するものである。

本提案手法の処理の流れを図-2に示す。本提案手法では、ETC2.0 プローブ走行履歴情報とDRMリンクを入力し、まずマップマッチング処理の起点となる屈曲点と中間点(2.で詳述)を走行経路特徴点として抽出し、走行経路特徴点を繋ぐ経路を走行経路候補と設定する。

※本報告は令和2年度補正予算「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」について令和3年度へと継続して実施した研究の成果を令和3年度研究成果としてまとめたものである。

次に、中間点が抽出された場合は DRM リンクとの類似度を評価し、中間点が抽出されなかった場合は最短経路を走行経路として抽出する。最後に、これらの処理を通じてマップマッチング済み走行経路を出力する。

2. 中間点の抽出及び DRM リンクとの類似度算出

2つの屈曲点に挟まれた区間の走行履歴にて、隣接する3つの測位点を直線で繋いで織りなす角度が一定の閾値を超えた場合、中央の測位点を中間点として抽出する（図-3）。中間点は、走行経路が変曲する点に対応するものと考えられる。

DRM リンクとの類似度の算出では、まず2つの屈曲点に挟まれた区間の走行履歴から中間点以外の測位点を除去し、始点と中間点で走行履歴を分割の上、距離延長をそれぞれ計算する。次に、対応する走行経路候補の DRM リンクと比較し、距離延長に基づく按分比率に則った地点に中間点に対応する疑似特徴点を設定する（図-4）。最後に、走行履歴と走行経路候補において、対応する中間点同士の距離を算出する。本提案手法では、この距離の和を類似度とし、値が小さいほど類似度が高いと評価して、そのような経路をマップマッチング済み走行経路として選定する。

【研究成果】

本提案手法によりマップマッチングが可能であることを確認するため、進行方向の変化が比較的単純な ETC2.0 プローブ走行履歴を用いて経路探索を試行した。試行対象は、神奈川県相模原市の津久井湖付近の国道 412 号と 413 号を走行した ETC2.0 プローブ情報である。なお、中間点の抽出時に用いる角度閾値は、経験的に屈曲点の抽出時の半分の角度である 22.5 度を用いた。

走行経路特徴点と各走行経路候補に発生させた疑似特徴点のみを抽出し、リンクで接続したグラフを図-5 に示す。図-5 の 8 組の走行経路特徴点と疑似特徴点の距離を地球の丸みを考慮してヒュベニの公式により算出し、和を比較（表-1）したところ、距離の和が小さい走行経路候補 1 がマップマッチング済み走行経路として選定された。

本年度は、提案手法の有効性を確認しやすい経路を試行対象としたが、今後は様々な特徴の道路を対象に試行を行い、適用条件の明確化に取り組む。

【成果の活用】

本研究を通じて、ETC2.0 プローブ情報の特徴である進行方向の変化時に蓄積される情報を活用したマップマッチング手法により経路探索が可能であることを確認した。

一方、屈曲点のマップマッチングが失敗した際に、経路探索が適切に行われないことが想定される。また、複数の道路が基盤の目状に交差している区間にて、適切にマップマッチングできるかどうかの検証が必要である。

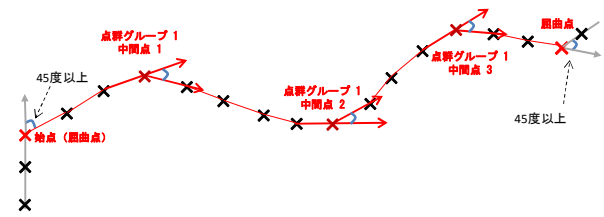


図-3 中間点の抽出

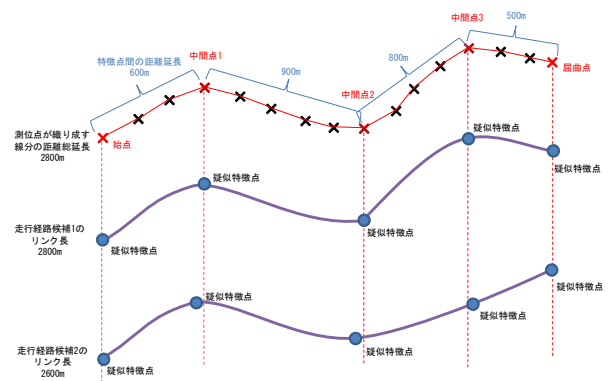


図-4 DRM リンクへの疑似特徴点の設定

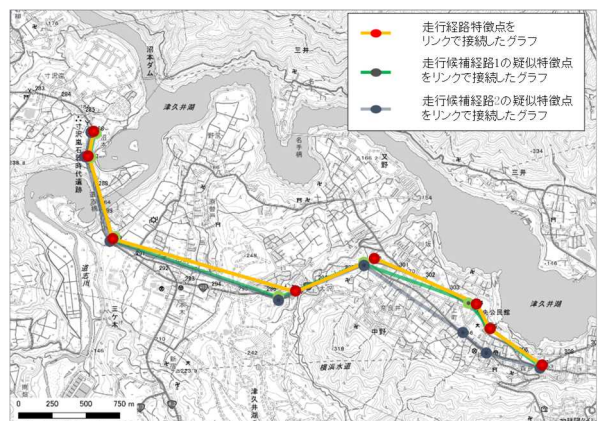


図-5 走行履歴と走行経路候補のグラフ

表-1 走行経路特徴点と疑似特徴点の距離算出結果

特徴点 No.	走行経路候補 1 の疑似特徴点との距離	走行経路候補 2 の疑似特徴点との距離
1	3.29 m	3.29 m
2	7.82 m	8.90 m
3	17.19 m	21.40 m
4	18.57 m	27.78 m
5	16.00 m	19.84 m
6	16.52 m	199.52 m
7	7.24 m	136.31 m
8	2.73 m	2.73 m
合計	89.36 m	419.77 m

今後は、これらの課題の抽出とアルゴリズムの改良に取り組む。また、処理に要する時間やシステムの処理負荷等を調査し、ETC2.0 プローブ情報の高速で低負荷なマップマッチング手法の実現に取り組む。

次世代 ETC の官民連携での取組に関する調査

Research on next-generation ETC in public-private partnership

(研究期間 令和2年度～令和3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 小原 弘志
Senior Researcher OBARA Hiroshi
研 究 官 寺口 敏生
Researcher TERAGUCHI Toshio
交流研究員 清水 大輔
Guest Research Engineer SHIMIZU Daisuke

In this research, we introduce the results of studying the uplink format of ETC2.0 probe data when the accumulated data volume increased in the ETC2.0 in-vehicle unit.

〔研究目的及び経緯〕

国土交通省では、2009 年より高速道路や直轄国道に設置した ETC2.0 路側機を用いて車両の走行履歴や挙動履歴等からなるプローブ情報を収集し、道路の利用状況の把握に活用している。

国土技術政策総合研究所（以下、「国総研」という。）では、プローブ情報を蓄積する ETC2.0 車載器、車載器と通信して情報を収集する ETC2.0 路側機及び収集したプローブ情報を収集分析するシステムの開発を行ってきた。また、収集したプローブ情報を各種統計調査に活用する方法を研究してきた。これらの研究成果は、季節やイベント発生時の交通需要の調査や被災時の通行可能経路の分析等の場面で用いられている。

将来的な発展として、ETC2.0 プローブ情報の利用場面やニーズの調査をしたところ、分析可能な区間や挙動の拡充が求められていることが判明した。これらの要望に対応するため、国総研では、ETC2.0 車載器のソフトウェアやハードウェア、及び路側機との通信方法に関する検討を進めている。

本報では、上記のニーズに対応して ETC2.0 車載器のデータ量が増加した場合におけるアップリンク（車載器から路側機への通信）時のフォーマットの検討成果を概説する。

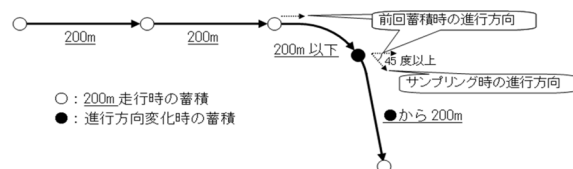
〔研究内容及び成果〕

1. アップリンクフォーマットに係る検討項目の整理

ETC2.0 車載器のデータ量が増加した場合でのアップリンクフォーマットの検討にあたり、ETC2.0 プローブ情報の利用場面やニーズに関する調査結果を基に、下記の検討項目を設定した。

A) 走行履歴データの収集距離を現行車載器の 80km から 200km に拡大。また、測位点の記録間隔を現

＜蓄積のイメージ(200m 走行毎、45 度方向変化時の例)＞



＜進行方向変化時の蓄積(45 度方向変化時の例)＞

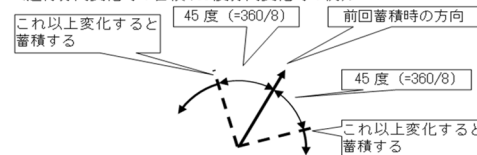


図-1 ETC2.0 プローブ情報の蓄積条件

行の 200m から 100m に短縮

- B) 挙動履歴データの収集量を現行車載器の 31 箇所から 100 箇所に拡大
 - C) 既存のプローブ情報に加え、車両から取得した情報（OBD、CAN 等）や、車両軸重計（OBW）などの計測機器から取得したデータをアップリンク可能なこと
 - D) データ増加に対応するため、ETC2.0 路側機によるデータ収集以外の、スマートフォン経由のインターネット通信など、複数の通信方法でプローブ情報をアップリンクできること
 - E) 生成するプローブ情報を可能な限り廃棄せず、繰り返しデータをアップリンクするなどの方法を用いて収集できること
 - F) ETC2.0 路側機によるデータ収集以外のインターネット回線などを用いたデータ収集に必要な暗号化機能を備えること
 - G) 情報項目の追加を行うために必要なデータ領域を有すること
- 以降では、特に項目 E) を紹介する。

※本報告は令和2年度補正予算「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」について令和3年度へと継続して実施した研究の成果を令和3年度研究成果としてまとめたものである。

項目 E) を検討するにあたり、現在の ETC2.0 車載器におけるプローブ情報の蓄積条件 (図-1) やメモリ上のタグ構成とデータ量を確認の上、具体的にどの項目の変更が必要か、どの程度データ量が増加するか等の項目を整理した。ETC2.0 車載器に蓄積されるデータ項目やデータ量が増加する場合、ETC2.0 路側機と一度に通信可能なデータ量を超過することが想定される。そこで、可能な限り今までのアップリンク方式との整合を図りながら、ETC2.0 車載器のデータ蓄積方法と蓄積データの路側機へのアップリンク手順との 2 つの観点を検討した。

(1) 拡張領域を用いたデータ蓄積方法

拡張領域を用いたデータ蓄積方法のイメージを図-2 に示す。図-2 に示すタグ①から⑧までは、現行の通信方式で車載器が路側機に、一度にアップリンク可能な範囲であるが、それを超過したデータは、タグ 21 以降の拡張領域に保管されるようにする。アップリンク完了後、タグ①から⑧までのデータは消去され、タグ 21 以降の拡張領域に保管されているデータをタグ②以降に移し替える。また、前回アップリンク以降に蓄積を開始した最初のプローブ情報は、必ず起点タグ①に格納することとしており、これによりデータ分析上の目印とする。以上の方式で、蓄積したプローブ情報を一度にアップリンクできなかった場合でも、プローブ情報を可能な限り廃棄せずにアップリンクする。特に、路側機の設置間隔が短い都市内高速の範囲では、一度のアップリンク時のデータ量は小さいことが見込まれるため、蓄積されたデータのアップリンクに有効であるものと期待される。

(2) 蓄積データの路側機へのアップリンク手順

(1) の方法で蓄積したデータを ETC2.0 路側機にアップリンクする際、現状の通信方式では拡張領域に格納されたデータの収集ができない。そこで、ETC2.0 車載器と ETC2.0 路側機の通信時におけるアップリンク手順を確認し、改良項目を抽出した。本研究にて検討した蓄積データの路側機へのアップリンク手順の見直しを図-3 に示す。図-3 に示すとおり、図-2 のタグ①から⑧内のデータをアップリンクした後、ETC2.0 路側機は追加でアップリンクするプローブ情報があるかを ETC2.0 車載器に問い合わせ (メモリ情報要求)、ある場合は改めてアップリンク手順を繰り返し実行する。以上の方式により、拡張領域内のデータのアップリンクに必要な通信プロセスが明らかとなるため、実際の改良が必要になった際の参考情報となることが期待できる。

【成果の活用】

本研究を通じて、将来的に ETC2.0 車載器のデータ量の増加が求められた際、ETC2.0 車載器と ETC2.0 路側機の改修に必要な項目が整理できた。そ

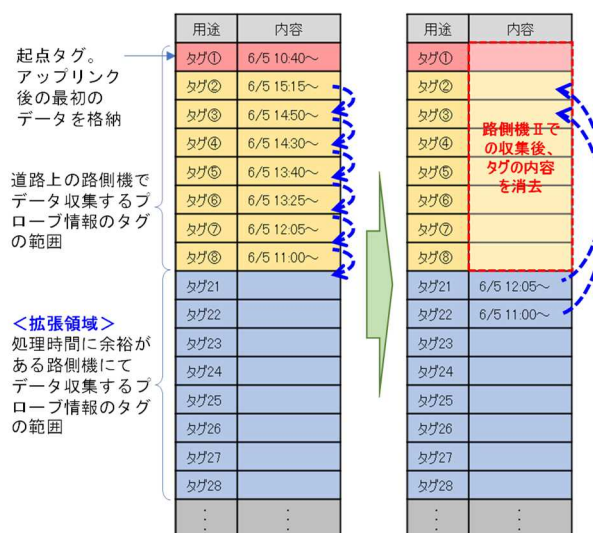


図-2 拡張領域を用いたデータ蓄積方法のイメージ

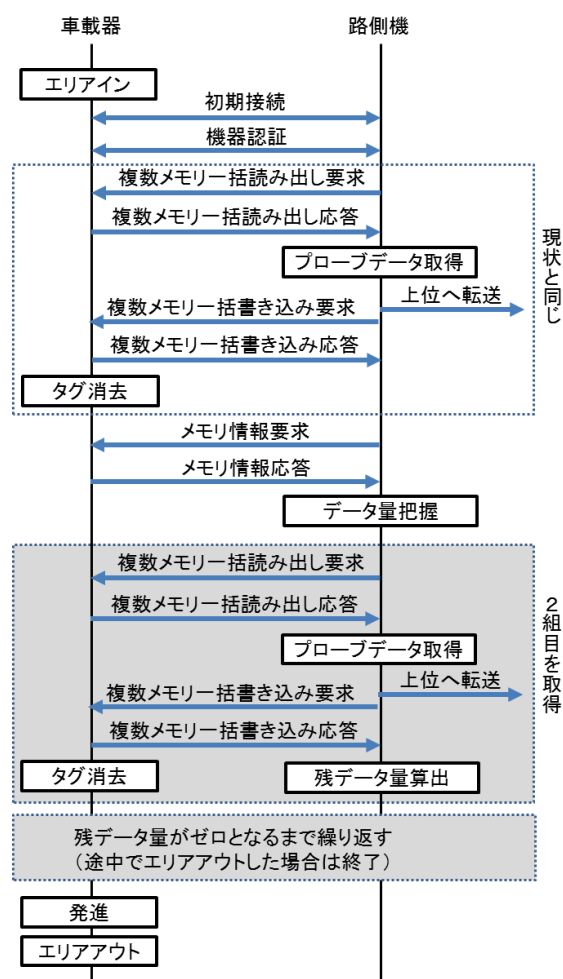


図-3 蓄積データの路側機へのアップリンク手順の見直し

の一方で、全ての機器が一度に変更されず、新旧の機器が混在した場合に、適切にプローブ情報が収集できないことが危惧される。そこで、次年度以降は、本研究成果を基に試作した ETC2.0 車載器と ETC2.0 路側機を用いた実験を通じて、新旧の機器が混在する環境での動作検証を実施する予定である。

簡易型路側機を活用した車両運行管理の高度化に関する研究

Research on advancement of vehicle operation management utilizing simplified roadside units

(研究期間 令和2年度～令和3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	小原 弘志
Senior Researcher	OBARA Hiroshi
研 究 官	寺口 敏生
Research Engineer	TERAGUCHI Toshio
交流研究員	清水 大輔
Guest Research Engineer	SHIMIZU Daisuke

In this report, we will summarize the requirements for the additional functions of the simplified roadside units in consideration of the usage situation, and report the results of verifying the operation through experiments.

「研究目的及び経緯」

国土交通省では、平成 22 年度より全国の高速道路や直轄国道の 3,000 箇所以上に ETC2.0 車載器を搭載した車両のプローブ情報（走行履歴等）の収集等を行える ITS スポット等の路側機（路車間通信用の無線アンテナ）を設置している。また平成 30 年度より、車両所有者の求めに応じて、車両を特定したプローブ情報（特定プローブ情報）を収集し、車両所有者の運行管理を支援する「ETC2.0 車両運行管理支援サービス」の本格運用を開始した。

これを受けて国土技術政策総合研究所では、路側機が設置されている主要幹線道路から離れた位置にある道の駅の交通状況把握や車両管理者が自社の敷地内で即時性の高い特定プローブの取得に用いる簡易型路側機を開発し、様々な現場での導入を通じて、その有効性を検証している。

本報では、簡易型路側機の運用にあたって追加すべき機能の要件を整理すると共に、実験を通じてその動作を検証した結果を報告する。

「研究内容及び成果」

1. 簡易型路側機の概要

簡易型路側機関連システムの概略構成（図-1）を以下に示す。簡易型路側機は、道の駅や物流拠点等の入り口に設置される無線部と、データセンター等に設置される制御部に分かれており、車載器とのデータ交換は基本的に制御部が担う。これにより無線部の機能や設置に係る手間は簡易なものとなるため、導入コストを抑制できるというメリットがある。

2. 簡易型路側機の追加機能の要件整理

簡易型路側機に追加すべき機能を整理するにあたり、まず導入から運用までの一連の手続きを時系列順に整理して、その手続きに關係する各者（無線免許

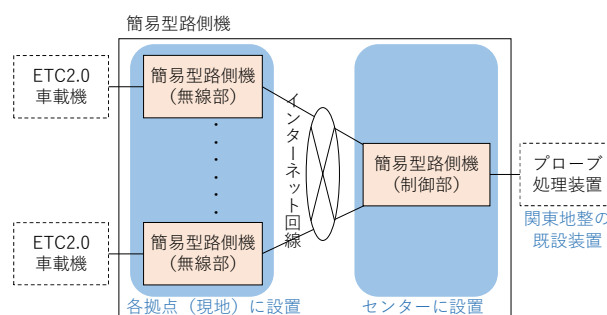


図-1 簡易型路側機関連システムの概略構成

人、制御部の管理・運用者、無線部の設置工事・点検保守作業員、無線部の管理・運用者及びデータ収集・活用者)の立場や役割を整理した。次に、各者の責任を明らかにした上で、必要機能の優先順位を「法的な必要性」や「現状の機能不足」を基準として整理した。特に法的な観点として、簡易型路側機が免許を必要とする基地局型無線設備であるため、稼働監視や停止操作等、電波法上の責務が簡易型路側機の運用者に求められる。本項目に対応した機能追加は優先的に検討した。

以上の流れで検討した結果、下記の 5 機能を追加すべき機能として整理した。

- 無線部の動作状況を確認し、異常を検知した場合に制御用端末の画面上に通知する機能
- 制御部から電波の発射や停波などの操作を実施できる機能
- 制御部において、各無線部で取得したプローブデータの件数を個別に把握する機能
- 上記３機能を、制御部設置箇所から離れた遠隔地で操作する機能
- 各無線部のプロフィール（設置位置住所等）が見渡せる機能

※本報告は令和2年度補正予算「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」について令和3年度へと継続して実施した研究の成果を令和3年度研究成果としてまとめたものである。

以上の追加機能を具体化し、改修する既存機器や設置場所、ユーザインタフェースやセキュリティ等の要件を整理した。

〔研究成果〕

1. 追加機能の動作検証

本研究にて検討した機能要件を基に、評価試験機器を構築し、機能検証を実施した。評価試験時の機器構成を図-2に示す。評価試験の項目は、下記のとおりである。

- 運用記録及びデータ受信記録を5年間分保存できること
- 遠隔地から制御部と無線部の動作状況、リソース使用率やプロフィール情報を表示できること
- 無線部の運用モード（運用／停止）や電波のオンオフの切り替え操作ができること
- 各無線部から受信したプローブデータを時、日、週、年、月でそれぞれ集計し、表示できること
- 無線部の操作やステータスの変化を記録し、その内容を表示すること
- 回線以上等の障害が発生した場合、Eメールで障害通知できること
- ユーザ種別毎に設定されたサービスが利用できること

以上の項目を実験するため試験環境を構築し、上記の試験項目を実施し、開発した追加機能が適切に動作することを確認した。追加機能の例として、遠隔地からのWebによる監視制御画面例を図-3に、集計データのグラフ表示画面例を図-4にそれぞれ示す。これらの機能を用いて、遠隔地から各機能を監視できることを確認した。

2. 関連資料の更新

本研究で得られた検証結果を基に、簡易型路側機運用マニュアルとプローブデータ外部連携機能要件定義書（案）の内容を更新した。

簡易型路側機運用マニュアルには、これまではメンテナンス端末の確認作業は国（または委託業者）に限定されていたところ、本研究で追加した機能によりWeb経由で端末の確認ができるようになり、無線部の運用者（物流拠点管理者など）でも確認ができるようになった点を反映した。また、試行結果を踏まえ、本業務で製作した状態監視画面等をマニュアルに掲載した。

プローブデータ外部連携機能要件定義書（案）には、プローブデータを外部連携する際に、「制御部の管理・運用者＝国（または委託業者）」と「無線部の管理・運用者＝特定プローブデータ利用者」の2つの立場の管理者それぞれに向けた管理機能が必要であることを記載に盛り込んだ。

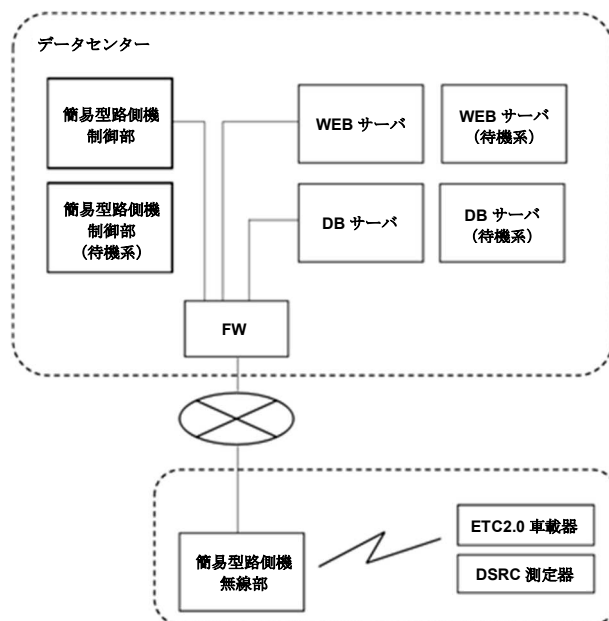


図-2 評価試験時の機器構成



図-3 Webによる監視制御画面例

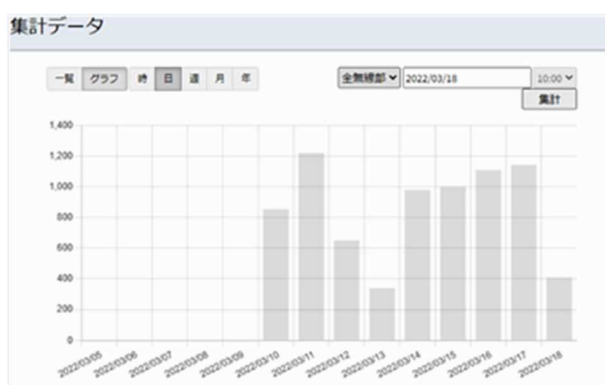


図-4 プローブデータの集計のグラフ表示画面例

〔成果の活用〕

本研究を通じて、簡易型路側機の具体的なステークホルダーを想定した機能の要件整理及び動作検証を実施した。

今後は、現場実験を通じて民間企業や地方自治体に簡易型路側機の利用を促進すると共に、利便性向上に必要な追加機能の確認・実装と検証を行う。

特殊車両モニタリングの高度化に関する調査

Research on improving the monitoring of oversize or overweight vehicles

(研究期間 平成2年度～令和3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 大橋 幸子
Senior Researcher OHASHI Sachiko
研 究 官 山本 真生
Researcher YAMAMOTO Masaki
交流研究員 松永 奨生
Guest Research Engineer MATSUNAGA Shoki

Efficiently monitoring oversize or overweight vehicles traffic with ICT technology to prevent overloading to maintain infrastructure integrity is important, and prompt, efficient procedures for oversize or overweight vehicle traffic is important to improve logistics productivity. In this study, a draft specification for weight recording using OBW based on driving experiments was written, a monitoring system using ETC2.0 probe data was built, and a system for easily updating the road information DB online was designed.

〔研究目的及び経緯〕

国土交通省では、健全なインフラの維持のための過積載の抑止に向け、ICT技術を活用して特殊車両の通行実態を効率的に把握するとともに、物流生産性の向上のため、特殊車両の通行手続きを迅速かつ効率的に行うことを目指している。国土技術政策総合研究所では、車載型重量計（On-Board-Weighing、以降「OBW」という）やETC2.0プローブ情報を活用したモニタリングの手法を検討するとともに、特殊車両の通行経路の審査に使用する情報を掲載した道路情報DBの更新などの作業を効率化するシステムの構築を行っている。

重量や寸法が一般的制限値を超えた車両が特殊車両であるが、重量については構造物の劣化への影響が特に大きいことから、重量モニタリングを適切に実施することが特に重要である。現行の制度では、道路に設置された特殊車両自動計測装置や取締基地での重量の計測・取締りも行われている。しかし、これらは地点での計測であり面的なモニタリングとしては限界があることから、車両に装着するOBWの活用等の面的な重量モニタリングが望まれる。

特殊車両のモニタリングのうち経路のモニタリングについては、特殊車両のETC2.0の特定プローブ情報（個車が特定できるプローブ情報）とその車両の許可経路情報を用いることで、適正な経路を通行しているかモニタリングを行うことが可能となる。特殊車両の通行の可否は区間により異なることから、経路のモニタリングも重要となる。しかし、特殊車両の通行許可件数は令和元年度に国が許可したもののだけで約48万件と膨大であり、効率的にモニタリングを行うことが

できるシステムが必要とされている。

特殊車両の通行の可否については、道路情報DBに情報が収録されている区間は判定が自動で実施できることから、通行手続きの省力化、迅速化の観点から更新の多頻度化が望まれている。現行の道路情報DBの登録は、各道路管理者がオフラインの専用ツールにより実施しており、主に年1回の作業となっている。また、作業が煩雑であるとともに、複数の道路管理者が関係する交差点の登録などでは調整に時間を要していることが課題となっており、改善が必要である。

これらのことを踏まえ、令和3年度は、OBWを利用した重量モニタリングに向け、重量記録タイミング等を検討するための走行実験を行い、重量記録仕様素案をまとめた。また、特殊車両の通行経路について、ETC2.0プローブ情報を活用したモニタリングシステムを構築した。あわせて、道路情報DBを各道路管理者がオンラインで簡易に更新作業を行うことを可能にするシステムを設計した。

〔研究内容〕

1. OBWによる走行実験と重量記録仕様素案作成

本研究では、OBWとETC2.0車載器を接続しETC2.0プローブ情報とともにOBWによる重量計測値を収集することを想定した。そのうえで、重量モニタリングに向け必要な重量計測値を記録できる重量記録仕様素案を作成することとし、重量記録タイミング等を検討するための構内走行実験を行った。走行実験では、2台の大型車両に種類の異なるOBWを装着し、発進、加速、定速、右左折、停止等の車両挙動と直線、カー

※本報告は令和2年度補正予算「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」について令和3年度へと継続して実施した研究の成果を令和3年度研究成果としてまとめたものである。

ブ、傾斜等の道路状況が、重量計測値に与える影響を調査した。

2. 特殊車両の通行経路モニタリングシステム構築

モニタリングを行う車両の抽出方法、常時モニタリングを可能とする処理能力等について検討を行い、ETC2.0 プローブ情報を活用したモニタリングシステムを構築した。

3. 道路情報 DB オンライン更新システムの設計

情報の正確性確保と管理者間調整等での作業量軽減を主眼に検討を行い、道路情報 DB オンライン更新システムを設計するとともに、システムのプロトタイプを作成し使いやすさに関して道路管理者にヒアリングを行った。

[研究成果]

1. OBW による走行実験と重量記録仕様素案作成

実験走行(図-1)の結果、いくつかの車両挙動、道路状況が計測値に大きく影響するものの、それらを除けば走行中であっても計測値は概ね安定していた(図-2)。なお、OBWは種類により計測方法(空気圧による計測、歪みによる計測等)が異なるため、車両挙動、道路状況の影響の出現具合に違いがみられた。結果を踏まえ、重量記録仕様素案を5案作成した。

2. 特殊車両の通行経路モニタリングシステム構築

検討の結果、日次でのモニタリング対象車両の入れ替えが可能なシステムとすることとし、1日分の対象車両の経路外走行判定処理が24時間以内に可能であり継続的にモニタリングを行うことができるシステムを構築した(図-3)。

3. 道路情報 DB オンライン更新システムの設計

検討の結果、DRM 更新情報を利用して道路情報 DB の更新漏れをなくすなど正確性の向上が期待される機能を備えるとともに、オンライン通知での管理者間の調整を可能にして効率化する機能等も備えた道路情報 DB オンライン更新システムを設計した(図-4)。また、ヒアリングの結果、区間延長など自動計測箇所の拡充に関する要望等があり、修正を行った。

[成果の活用]

本研究の成果のうち OBW による重量記録仕様素案については、今後の OBW による重量モニタリング検討に向けた基礎資料として活用予定である。特殊車両の通行経路モニタリングシステムについては、令和4年2月から試行運用され、令和4年度からの本格運用が予定されている。道路情報 DB オンライン更新システム設計に関する成果については、今後の道路情報 DB オンライン更新システム構築にあたっての基礎資料として活用予定である。



図-1 OBW 装着車両の実験走行の様子

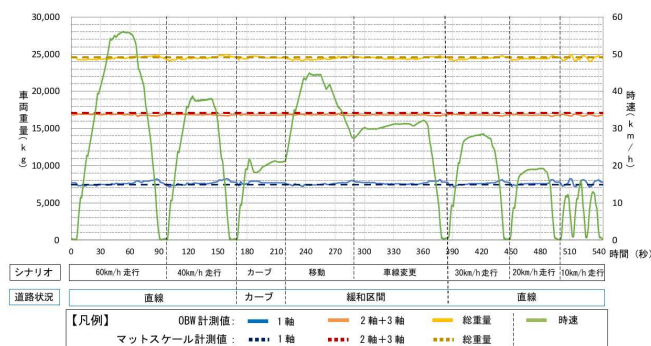


図-2 車両挙動・道路状況と重量計測値



図-3 モニタリングシステムでの経路確認イメージ

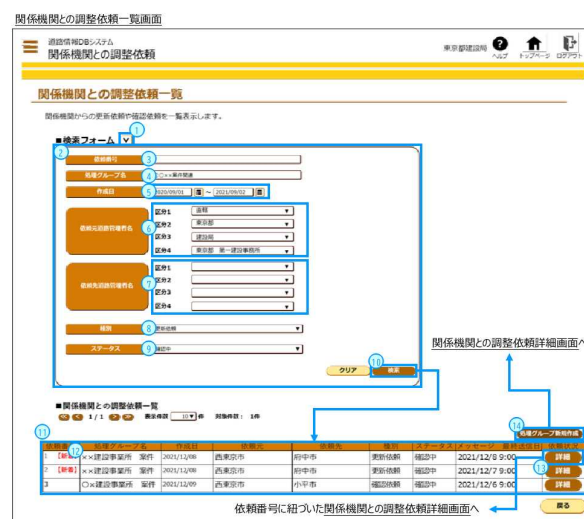


図-4 道路情報 DB 更新システムのイメージ

領域 4

コスト構造を改革し、道路資産の効率的な形成

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
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
岡田 太賀雄
OKADA Takao
五味 傑
GOMI Takashi

This study aims at improving the standard design methods to evaluate the bridge system performance and reliability, varying from loads and load combinations to the limit states of structural members. This year, we have investigated the load-bearing performance for corrugated steel-plate web PC box girder bridges based on the past bridge inspection reports. The investigation has clarified the needs to study on new design load combinations and the design method for diaphragms and lateral bracing systems for future bridge types expected.

〔研究目的及び経緯〕

平成29年7月に道路橋示方書が改定され、従来の許容応力度法に替えて部分係数法が導入された。この改定は、新形式の橋梁や構造部材の性能の評価を具体的に行う手順のガイダンスにも成り得るものである。たとえば、橋に対する作用の同時載荷状況を反映できるように設計に用いる荷重組合せも刷新された。しかし、新しい形式の橋梁や構造部材の技術は常に進歩しており、断面の大型化や少数部材化など従来とは異なる特性を有する多様な橋に対しても、実績評価を踏まえて的確に性能を評価できるように、性能の評価方法を充実していく必要がある。

平成14年の道路橋示方書の性能規定化以後、新しい形式の一つとして比較的採用数が増えたものに、波形鋼板ウェブPC箱桁橋がある。その多くが供用から10年以上経過しつつある。そこで、本年度は、これらの橋の現在の状態を把握することを通じて、道路橋の現在の性能評価方法の課題を把握することにした。

〔研究内容〕

波形鋼板ウェブPC箱桁橋は、コンクリート箱桁のウェブを鋼材に置き換えることで死荷重を小さくした橋である。結果的に剛性も小さくなっていることから、応答に占める変動作用の寄与分が増加していると考えられる。分析の対象としたのは国が管理する波形鋼板ウェブPC箱桁橋の全数である18橋である。表-1に、18橋の諸元等を整理した結果を示す。これらの橋は平成5年～平成23年の約10年間の間に完成している。完成年によらず、全ての橋で、隔壁、裏打ち、鋼コンクリートの接合部などに顕著なひび割れが見られる。これらの部材・部位は、特に薄肉材料を用いるとき、上部

構造の変形が大きくなるまで断面形状を保持し、断面の破壊形態や耐荷性能の信頼性を担保する上で重要な役割を果たすものである。

写真-1に隔壁のひび割れ事例を示す。波形鋼板ウェブPC箱桁橋では、コンクリート箱桁橋の設計に準じて隔壁等の諸元を決定している場合が多い。桁の平面曲率によらず損傷が生じていることから、活荷重によるねじりやそりは橋の動きにさほど影響していない可能性が考えられる。写真-1(a)では、上角部コンクリートが圧壊している様子が見られる。したがって活荷重だけでなくその他の日々変動する作用との組み合わせによる桁の応答で、図-1に示すように軸方向に断面のせん断変形が生じたり、断面方向にせん断変形が生じ、隔壁上角部に応力集中が生じていることが疑われる。

写真-1(b)では、隔壁下側にあるケーブル偏向部から隔壁板下側固定端、そして側面へ抜けるひび割れも見られる。偏向力による局所応力が影響している可能性もあるが、偏向力の影響だけで有れば局所的なひび割れに留まる可能性も考えられる。しかし、写真-1(c)に示すように、偏向部と壁の接合部にコンクリートの圧壊のような損傷形態も見られ、単に偏向力だけでなく、桁の応答と連動して損傷が生じていることが疑われる。この位置でのひび割れについて、補修記録がある橋が4橋あり、写真-1(d)に示すように補修後に別なひび割れが生じた例もある。持続的に働く偏向力やコンクリートの収縮の影響だけでなく、橋の応答との組み合わせで損傷が生じていることが疑われる。

写真-2に、波形鋼板ウェブとコンクリート下床版の接合部及び橋脚柱頭部のひび割れの例を示す。波形鋼

表-1 分析対象とした波形鋼板ウェブ PC 箱桁橋の諸元等とひびわれ発生状況

名称	A橋	B橋	C橋	D橋	E橋	F橋	G橋	H橋	I橋	J橋	K橋	L橋	M橋	N橋	O橋	P橋	Q橋	R橋
延長(m)	173	306	118	356.5	280	218	211.5	243	754	233.5	565	180	244	220	500	270	688	261
径間数	3連	4連	2連	5連	4連	4連	3連	3連	4連+4連	2連	7連	3連	3連	3連	5連	3連	8連	3連
曲率(m)	1,100	1,200	1,100	4,000	1,500	∞	1,200	1,500	1,500	4,000	5,800	∞	1,300	1,300	3,500	1,300	3,000	∞
桁高変化	有り	有り	有り	無し	有り	無し	有り	有り	有り	有り	有り	有り	有り	有り	有り	有り	有り	有り
ウェブ形状	斜	斜	斜	斜	斜	斜	斜	鉛直	鉛直	鉛直	鉛直	鉛直	鉛直	鉛直	鉛直	鉛直	鉛直	鉛直
ウェブと隔壁の接合	無し	有り	無し	無し	無し	有り	有り	無し	無し	有り	無し	無し	有り	有り	有り	無し	有り	無し
PCケーブル	内+外	外	内+外	外	外	外	内+外	内+外	内+外	内+外	内+外	内+外	内+外	内+外	内+外	内+外	内+外	内+外
柱頭部の接合	ラーメン	ラーメン	ラーメン	支承	ラーメン	支承	支承	ラーメン	ラーメン(P1-P3) 支承(P4-P7)	支承	ラーメン	ラーメン	ラーメン	ラーメン	ラーメン	ラーメン	ラーメン	ラーメン
完成年度	H18	H18	H18	H16	H17	H15	H20	H21	H23	H17	H21	H23	H20	H20	H20	H21	H21	H21
点検年度	H21 H26 R1	H21 H26 R1	H21 H26 R1	H21 H26 R1	H21 H26 R1	H25 H30	H25 H30	H30	H30	H21 H25 H30	H24 H29	H25 H30	H23 H28	H23 H28	H23 H28	H23 H28	H23 H28	H25 H30
ひびわれ補修年度	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	H25	H25	H25	H25	-
ひびわれ発生状況	隔壁	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	裏打ち	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	鋼材とコンクリートの接合部	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

板ウェブとコンクリート下床版の接合部のひび割れは、橋脚位置の近傍で生じている傾向が見られた。コンクリートの乾燥収縮も原因として考えられるが、それだけでなく桁せん断力の大きな断面で波形鋼板ウェブとコンクリート下床版の接合部のひび割れが生じていることも疑われる。

波形鋼板ウェブ橋の調査からは、今後、橋の性能の評価方法の高度化のためにも下記の検討が必要であることが分かった。

- 設計基準では、橋の形式によらず少なくとも考慮すべき荷重組合せが規定されているが、活荷重以外の変動作用の組み合わせの追加の必要性を検討する必要がある。
- 鋼桁やコンクリート桁では隔壁側面が桁ウェブに固定され、充実断面とされるが、波形鋼板ウェブ橋では側面は固定されない場合も多い。したがって、偏向力による局所応力に対して、隔壁が反力を得られていないことが疑われる。換言すれば、隔壁が、上部構造の断面の変形を拘束する効果や影響を適正に反映するために、隔壁に対して厳しい荷重組合せの規定の充実について検討する必要がある。
- 鋼桁でもコンクリート桁でも、現状の隔壁の間隔、厚さ、ウェブとの固定度の決定方法は要求性能との関係が明確でなく、一般には経験的な構造細目によっている。そこで、鋼桁やコンクリート桁においても、橋の条件に応じてこれらを調整・最適化できる設計法を検討する必要がある。

[今後の課題]

今年度は損傷から橋の挙動を推定するに留まっているが、これらの橋のモニタリングなどを通じて、上記の仮説について検証を進める。



(a) 上角部の圧壊 (b) 外ケーブル偏向部からのひび割れ



(c) 偏向部と壁の接合部の圧壊 (d) 下角部の補修後に新たにひび割れ

写真-1 隔壁のひび割れ事例



写真-2 鋼・コンクリート接合部、橋脚柱頭部のひび割れ事例

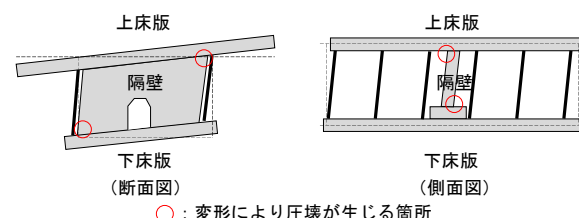


図-1 隔壁の断面方向/軸方向のせん断変形

[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。

高強度材料の活用による橋梁構造の合理化に関する調査検討

Research and study on rationalization of bridge structure by utilizing high strength materials

(研究期間 令和元年度～令和4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
研究官
Researcher
交流研究員
Guest Research Engineer

白戸 真大
SHIRATO Masahiro
佐々田 敬久
SASADA Yukihiro
石尾 真理
ISHIO Mari
佐藤 悠樹
SATO Yuki

The use of high-strength materials is expected to make bridge structures lighter and more rational. However, such materials sometimes are less ductile. In addition, as bridge structural members become thinner, they are subjected to higher variation in stress. Accordingly, more attention should be paid to preventing fatigue. This year, we conducted a cyclic bending loading test for a specimen of the beam-column connection for typical frame-type bridge columns, where a higher yield-stress steel was used. A special structural detail to relax stress concentration on the corner was tested to reduce the potential of fatigue crack. As a result, the tested structural detail worked well to reduce the stress concentration at the corner.

〔研究目的及び経緯〕

高強度材料を活用することで構造の合理化が期待できる。しかし、降伏強度が高くなるほど、降伏比（降伏点／引張り強さ）が高くなり塑性化後の強度の増加が見込めなかったり、伸び性能が小さくなる場合もある。また、一般的な鋼材と同様に、使用される部位や活荷重の変動により、疲労の発生が懸念される。そのため、高強度材料を構造体に適用する場合には、適用箇所の荷重状態を考慮した実験的な検討が欠かせない。本研究は、高強度材料を活用し、部材等の設計の合理化を図るための基礎的な試験結果等を得ること、また、適用にあたっての検証試験法を提案することを目的としている。

鋼製ラーメン橋脚の隅角部は、せん断遅れの影響で一般部よりも応力が大きくなる。その結果、ラーメン橋脚の板厚は隅角部のみならず、一般部まで板厚が厚くなる傾向がある。そこで、隅角部に高降伏点鋼（以下、SBHS）を適用することで、全体の板厚を抑えることができる可能性がある。一方で、隅角部近傍は応力の伝達が複雑であるため、活荷重の繰返しによる疲労に対しても有効な対策をとる必要がある。そこで、本年度は、鋼製ラーメン橋脚の隅角部に対して、従来の構造用鋼材より降伏点の高い、高降伏点鋼板を使用して、板厚を抑えつつ、フィレット構造を採用することで応力集中を緩和する方法について、その有効性を検証す

ることにした。

〔研究内容〕

写真-1 および図-1 に供試体形状と载荷試験装置図を示す。供試体は隅角部を模しており、470x470mmの矩形断面とし、材質は高降伏点鋼であるSBHS500を用い、板厚は6mmとした。フィレットの形状は、既往の研究成果を参考に決定した。

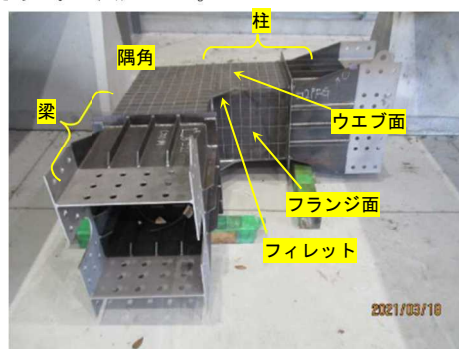


写真-1 供試体形状

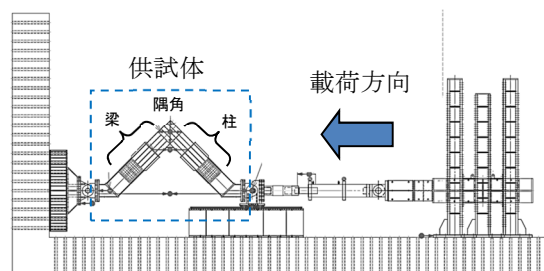


図-1 载荷試験装置図

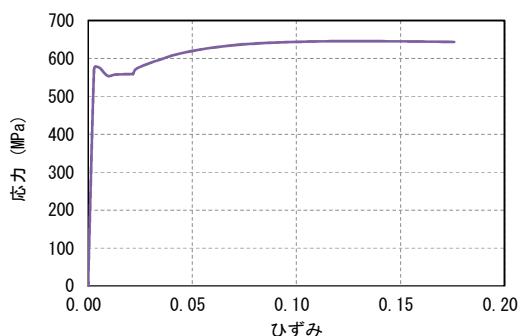


図-2 応力-ひずみ関係

今回使用した SBHS500 の応力-ひずみ関係を図-2 に示す。明確な降伏点、降伏棚が現れているとともに、降伏比は、0.90 となっている。载荷は、図-1 に示す载荷装置を用い、一方向の繰り返し载荷を与えた。载荷試験状況を写真-2 に示す。

[研究成果]

図-3 に载荷荷重が 0.5Py のときの、隅角部の三線交差部(図-4 参照)から 20mm の位置にあるフランジの応力分布を示す。ここに、Py は、図-4 に示す計測点においてフランジが降伏に達する荷重、実験値の応力は計測されたひずみにヤング率を乗じたもの、また、応力は降伏応力(σ_y)で無次元化したものである。また、奥村・石沢の方法で計算されるせん断遅れを考慮した応力に対応する計算値も示した。既往の研究により、フィレットが無い隅角部の応力分布は、奥村・石沢の方法でせん断遅れを考慮した応力の計算値と概ね一致することが分かっているが、実験値は、せん断遅れを考慮した計算値よりも小さく、フィレットの効果によりせん断遅れが低減されたことが確認できる。

フィレットは隅角部の強度を増加するためのものではなく、大きな荷重を受けたときに損傷が生じることを許容することも可能であるが、供用中に度々変形してしまうことは維持管理上避けるべきである。そこで、降伏荷重 Py に対して、安全率 2 程度をとることを想定し、0.5Py の载荷・除荷の繰り返しを 3 回実施した。繰り返し载荷によるフランジのひずみ分布の変化を図-5(a)に、フィレットの面外変位の変化を図-5(b)に、それぞれ示す。3 回という少ない繰り返しではあるが、载荷点、除荷点のいずれについてもひずみの変化は見られず、形状が維持されることが分かった。

以上より SBHS500 のような高強度鋼とフィレットを隅角部に適用することで、従来よりも合理的な隅角部の断面を設計できる可能性が確認出来た。



写真-2 载荷試験状況

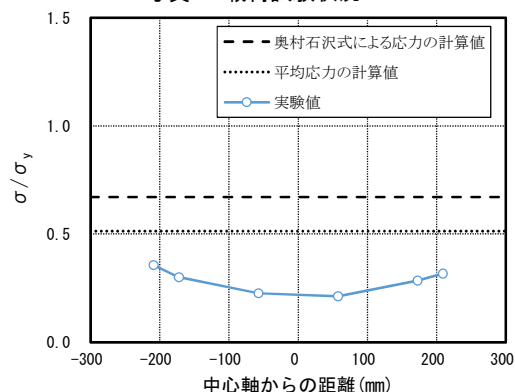


図-3 载荷荷重が 0.5Py のフランジの応力分布

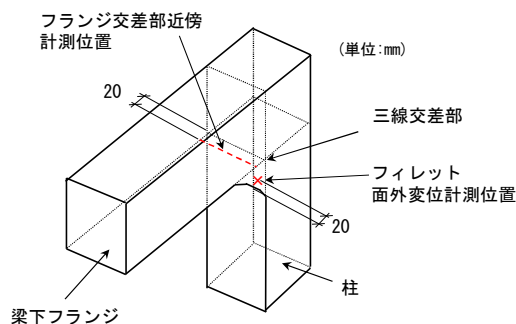
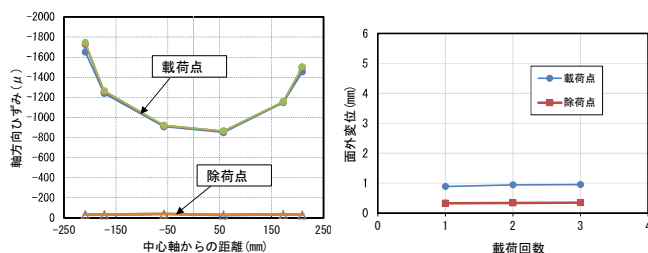


図-4 計測位置



(a) フランジのひずみ分布 (b) フィレットの面外変位

図-5 3 回繰り返しの伴う、フランジのひずみ分布およびフィレット面外変位の推移

[成果の活用]

得られた成果は、道路橋示方書の改定等に反映する予定である。

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 items to verify performance of earthworks at back approaches of bridge abutments

(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 Substructures Division

室 長

七澤 利明

Head

NANAZAWA Toshiaki

主任研究官

宮原 史

Senior Researcher

MIYAHARA Fumi

研究員

山田 薫

Research Engineer

YAMADA Kaoru

交流研究員

岡崎 貴斎

Guest Research Engineer OKAZAKI Takayoshi

Performance verification methods for structures other than normal embankments used for the back approaches of road bridges have not been established. In this study, the performance verification items and test methods for the structures other than the normal embankment are investigated. In this fiscal year, dynamic centrifuge model tests were conducted to investigate the behavior of reinforced soil walls in the direction perpendicular to the bridge axis. As a result, it was confirmed that there was no obvious difference in the earth pressure affecting on the back of the abutment compared to the normal embankment. In addition, field measurements of earth pressure were carried out.

〔研究目的及び経緯〕

道路橋の背面アプローチ部（以下、「アプローチ部」）には、荷重軽減や用地制約への対応の観点から、通常の盛土以外の新技術が用いられる場合がある。道路橋示方書（以下、「道示」）IV下部構造編では、アプローチ部から橋台への作用が明らかであることが求められている。通常の盛土を求められる場合は、道示の規定に従うことで橋としての性能が確保される一方、それ以外の構造を用いる場合は、橋台への作用等を個別に検証する必要がある。しかしながら、橋台への作用以外の条件も含め、アプローチ部の構造の性能検証方法は確立されていない。

そこで本研究では、新技術導入促進のため、アプローチ部に通常の盛土構造以外の構造を用いる場合の橋台への作用の明確化と、性能検証項目や標準的な試験方法の確立に向けた検討を行う。今年度は、アプローチ部に補強土壁を有する盛土（以下、「補強土壁」）を用いた場合の地震時の挙動とそのメカニズムについて、通常の盛土を用いた場合との比較により評価するために、橋軸直角方向に地震動を入力する動的遠心模型実験を行った。また、両条件における常時の土圧の実態を把握するため、土圧の現場計測を行った。

〔研究内容〕

1. 橋軸直角方向に地震動を入力する動的遠心模型実験

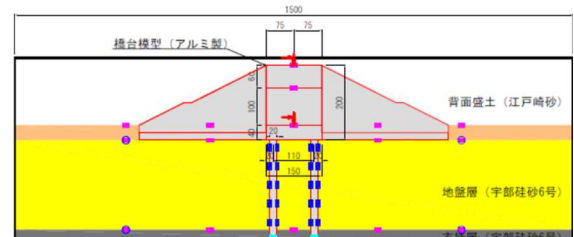
アプローチ部に通常の盛土を構築した場合と補強土壁を構築した場合それぞれの縮尺 1/50 倍の模型を構築し、表-1 に示すケースで橋軸直角方向に地震動を入力する動的遠心模型実験を実施した。

実験模型及び計測器配置を図-1 に示す。実験では、

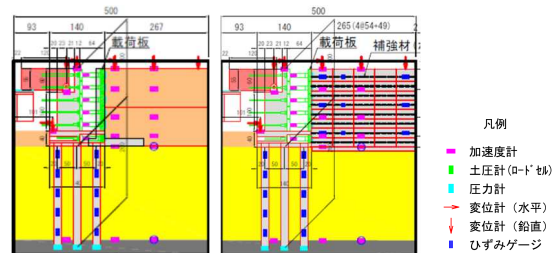
表-1 実験ケース

実験ケース	構造条件	
	背面構造	表層地盤
ケース 1	通常の盛土	砂質土地盤
ケース 2	補強盛土	

道示V耐震設計編に規定されるレベル1地震動（以下、「L1」）とレベル2地震動（以下、「L2」）を基盤面に引き戻した基盤波を土槽底面に入力した。さらに、設計において考慮する地震動の規模を超える地震動が作用した場合の挙動を把握することを目的に、振幅を300gal及び400galに調整したsin波を入力した。



(a)側面図（ケース1）



(b)断面図(ケース1) (c)断面図(ケース2)

図-1 遠心模型図及び計測器配置

2. 常時の土圧の現場計測

表-2 に示す箇所にて土圧計を設置し、計測を行った。

表-2 計測現場の条件

	背面構造	計測箇所
現場 1	通常の盛土	橋台背面 8 箇所(4 深度×2 側線)
現場 2	補強土壁	橋台背面 4 箇所(4 深度×1 側線) 補強土壁 4 箇所(4 深度×1 側線)
現場 3	通常の盛土	カルバート側壁背面 6 箇所 (3 深度×2 側線)
現場 4	補強土壁	橋台背面 4 箇所(4 深度×1 側線) 補強土壁 6 箇所(3 深度×2 側線)

〔研究成果〕

1. 橋軸直角方向に地震動を入力する動的遠心模型実験

図-2 に、L1 入力時の土圧合力の大きさ上位 5 位までの土圧合力の比較を示す。土圧合力は補強土壁の場合には通常の盛土の場合よりも一貫して小さかった。この傾向は、L2 以上の地震動入力時にも同様であった。補強土壁を用いた場合は補強材と壁面材の効果により通常の盛土と比較してアプローチ部が崩れにくくなったことにより、橋軸直角方向に地震動を入力した本実験の条件においては橋台に大きな土圧が作用しなかった可能性が考えられる。

図-3 に、土圧合力最大時の土圧分布と、道示Vに基づく設計土圧を示す。計測された土圧はケース 1,2 とも設計土圧の範囲内に収まっている。この結果は、L2 以

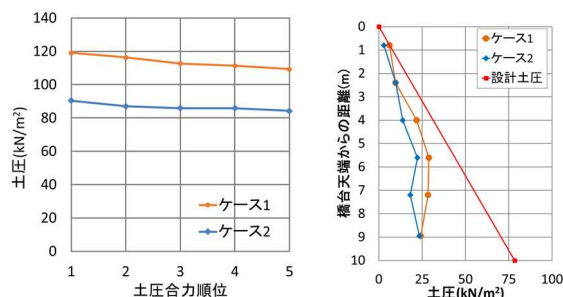
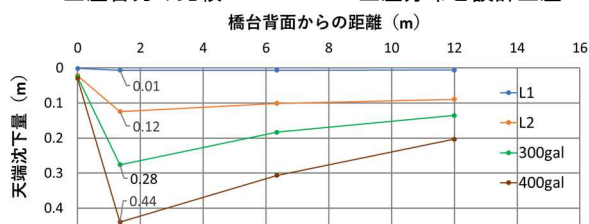
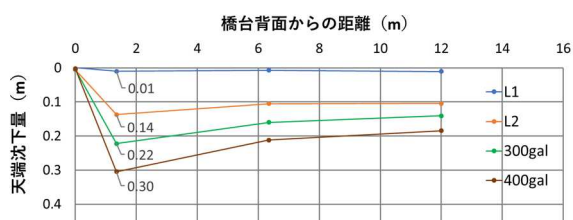


図-2 土圧合力上位 5 位の土圧合力の比較

図-3 土圧合力最大時の土圧分布と設計土圧



(a) ケース 1



(b) ケース 2

図-4 加振後の残留沈下量の比較

上の地震動入力時にも同様であった。

図-4 に、加振後の背面盛土の残留沈下量を示す。L1 入力時はケース 1,2 とも 10mm 程度であったものの、L2 以上の地震動入力時はケース 2 の沈下量がケース 1 よりも小さかった。補強土壁を適用した場合、L2 以上の地震動を受けた場合に補強材の効果により通常の盛土と比較して沈下が抑制されることが分かった。

2. 土圧の現場計測

図-5 に土圧の現場計測値と計算値（道示に基づく主働土圧）の比較を示す。ほとんど全ての計測値が計算値よりも小さかった。

また、現場計測値を計算値で除した値の統計量を算出した結果を表-3 に示す。平均値に着目すると、補強土壁の方が通常の盛土よりも土圧が小さかった。これは、補強材の効果により通常の盛土と比較してアプローチ部の自立性が高い可能性が考えられる。変動係数は両者に明確な差はみられなかった。

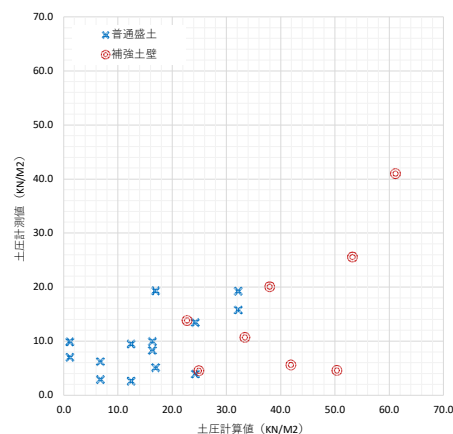


図-5 土圧の現場計測値と計算値の比較

表-3 土圧の現場計測値/計算値の統計量

	通常の盛土	補強土壁
データ数	12	8
平均値	0.56	0.38
変動係数	0.49	0.56

〔まとめ〕

アプローチ部に補強土壁を用いた場合の、橋軸直角方向に地震動が作用した時の挙動について以下のことを確認した。

- ・橋台に作用する土圧合力は補強土壁の場合には通常の盛土の場合よりも小さいこと
- ・L2 を超える地震後の沈下量は通常の盛土と比較して抑制されること

また、常時の土圧の実態について基礎的なデータを取得した。

〔成果の活用〕

本研究の成果は、道路橋示方書の改定及び道路土工構造物技術基準の改定に反映する予定である。

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
Road Structures Department
道路構造物研究部 道路地震防災研究室
Road Structures Department
Earthquake Disaster Management Division

部 長	福田 敬大
Director	FUKUDA Yukihiro
研 究 官	石井 洋輔
Researcher	ISHII Yosuke

The purpose of this study is to propose a dynamic seismic verification method that can reasonably meet the required reliability. In this study, the detailed behavior of the entire bridge system and the vibration characteristics of the bridge were calculated using the measured behavior observation data of the entire bridge system.

〔研究目的及び経緯〕

橋の耐震設計は、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。それを踏まえ、本研究では、所要の信頼性を合理的に満たすことができるような動的耐震照査法を検討している。

従前は橋全体系の詳細な挙動を確認できていなかったが、近年、国土技術政策総合研究所では、橋全体系の挙動観測を目的として一つの橋に地震計を密に配置し、加速度を多点で連続観測している。橋全体系の挙動をきめ細やかに観測することで、実測結果が少ない減衰特性などの橋全体系の振動特性や地震応答特性の分析が可能になる。

本研究は、科学的な根拠に基づいて、現行基準で示される設定値を検証することを目的とした。令和3年度は、まず、従前観測できていなかった橋全体系の挙動観測記録を確認し、それぞれで得られた観測記録の振動特性を検証した。また、実測した橋全体系の挙動観測データを用いて、橋全体系の振動特性を算出し、設計モデルで用いられている設定値と比較した。

〔研究内容〕

1. 橋全体系の挙動観測記録の検証

地震時と常時の違い、周波数特性、振動の経時特性、振動の伝達距離を検証するため、観測記録のフーリエスペクトル、フーリエスペクトル比（観測点／基盤）、コヒーレンス、群遅延時間を算出した。

2. 実測記録から求めた橋の振動特性の評価

挙動観測記録より対象橋の振動特性（周波数特性、減衰特性）を算出した。観測記録より振動特性を算出する方法には、図-1 に示すシステム同定手法を用いた。

システム同定は、図-2 の橋を対象とした場合、図-3 のように対象橋と周辺地盤を一つのシステムとして考え、図-1 のフローを基に、それぞれの観測記録を同定することで対象の振動特性（固有振動数、減衰特性）を推定する手法である。本検討では、システム同定で算出した振動特性と、設計モデルで適用されている振動特性を比較し、対象橋の振動特性を検証した。なおシステム同定は、レベル1地震動より小さい加速度を対象記録としているため、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を用いた。

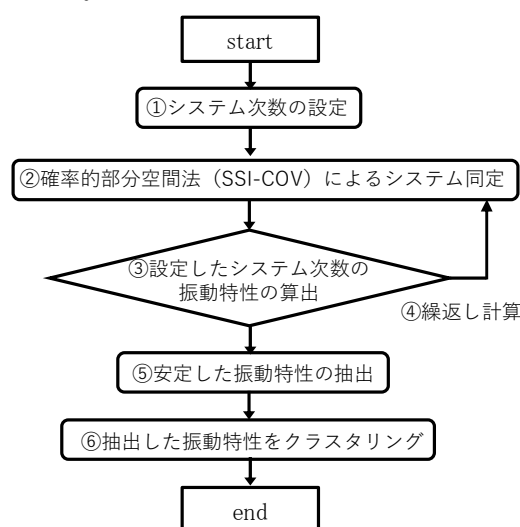


図-1 システム同定のフロー図

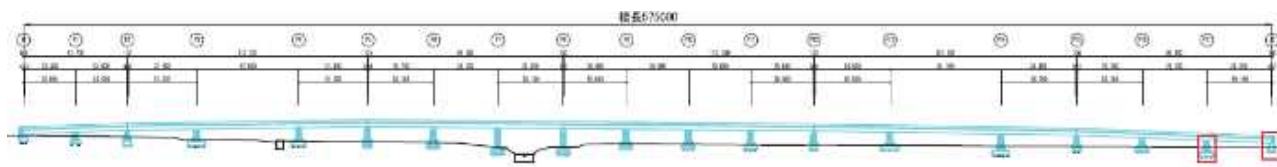


図-2 対象橋の例

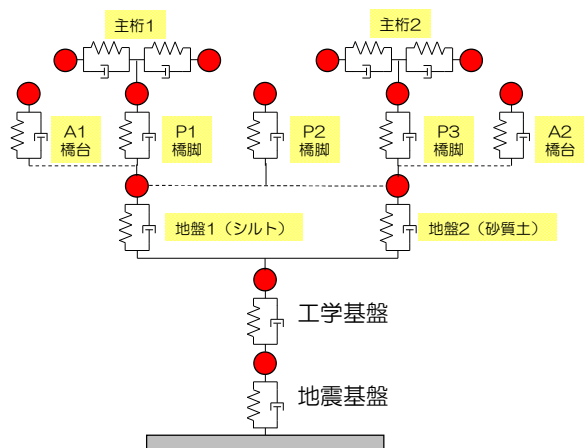


図-3 対象構造物のイメージ図

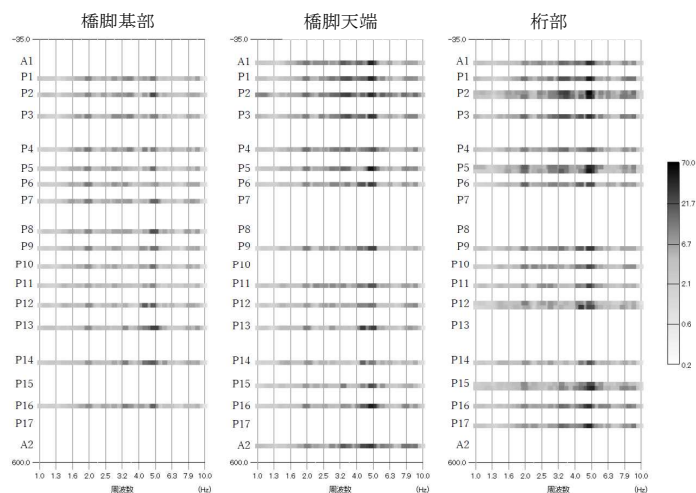


図-4 観測波形のフーリエスペクトル比
(それぞれの観測点／工学的基盤)

[研究成果]

1. 橋全体系の挙動観測記録の検証

本項では代表して、図-2 に示す対象橋（18 径間連続鈑桁橋）のフーリエスペクトル比（それぞれの観測点／工学的基盤）による周波数特性を示す。図-4 に 2021/11/1 06:14 に発生した地震を観測した対象橋の挙動観測記録のフーリエスペクトル比（観測点／工学的基盤）のコンター図示す。なお、フーリエスペクトル比は対数で表示であり、コンター図が濃くなるほど大きい値となり、卓越周期を示している。

図-4 より、観測記録のフーリエスペクトル比は、橋脚基部、橋脚天端、桁部の順に全体的に色が濃くなり、上部構造に伝達するにつれて振動が増幅される傾向がみられる。また、それぞれの橋脚で卓越周期がみられ、橋を構成する部材それぞれで固有周期をもっていることが確認できる。これらより、現在の観測システムで橋の振動特性を観測できることを確認した。

2. 実測記録から求めた橋の振動特性の評価

本項では代表して、同橋（図-2）のシステム同定結果を示す。図-5 にシステム同定と設計モデルの固有値解析で得られた固有振動数と減衰定数およびレーリー減衰を示す。

図-5 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等であった。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小さくなった。今後、他の構造形式の橋で

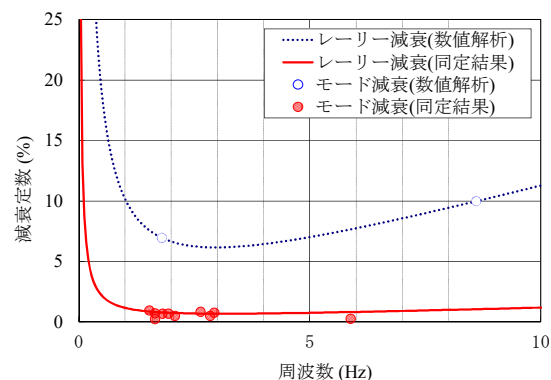


図-5 システム同定結果と設計モデルの固有値解析
で得られた振動特性の比較

も観測記録より振動特性を算出し、定量的な評価を実施する。

なお、システム同定で算出された減衰特性が小さくなった原因として、システム同定に地盤と構造物の相互作用などが考慮されている影響が考えられる。今後、地盤震動特性が橋の振動特性へ与える影響も検討していく。

[成果の活用]

基準に記載されている動的耐震照査の設定値の検証結果等を技術基準類に反映し、耐震設計の一層の合理化に貢献する。

道路事業における入札・契約方式の実用性・実効性向上に関する研究

Study on improvement of practicality and effectivity on the bidding and contracting system

(研究期間 平成 31 年度～令和 3 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	中洲 啓太	主任研究官	星野 誠
Head	NAKASU Keita	Senior Researcher	HOSHINO Makoto
主任研究官	大城 秀彰	主任研究官	光谷 友樹
Senior Researcher	OHSHIRO Hideaki	Senior Researcher	MITSUTANI Yuki
研究官	木村 泰	研究官	森本 恵美
Researcher	KIMURA Yasushi	Researcher	MORIMOTO Emi
交流研究員	林 基樹	交流研究員	木地 稔
Guest Research Engineer	HAYASHI Motoki	Guest Research Engineer	KIJI Minoru
交流研究員	秋元 佳澄		
Guest Research Engineer	AKIMOTO Kasumi		

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〕

「公共工事の品質確保の促進に関する法律（品確法）」の成立を契機に、国土交通省発注の工事では、平成 17 年度より総合評価落札方式を拡大し、また、調査・設計等業務においても、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ている。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を適用する考え方が示された。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。

本稿は、技術提案・交渉方式、事業促進 PPP（事業監理業務）、工事・業務の入札・契約方式に関する調査結果について報告する。

〔研究内容・研究成果〕

(1) 技術提案・交渉方式

令和4年3月現在、国土交通省直轄工事では、28工事で技術提案・交渉方式が適用されている（図-1）。施工に着手している工事について、詳細設計や技術協力の報告書等により技術協力、工事の実施状況を確認するとともに、発注者、設計者、施工者にヒアリングを行い、技術提案・交渉方式の適用工事における、リス

ク対処事例、適用効果（①プロセス改善効果、②施工者提案技術活用効果、③リスク低減効果、④施工条件改善効果、⑤ICTを活用しやすい体制構築）を把握・整理した。

また、調査の結果、技術協力・施工タイプにおいても、設計の一部を施工者が担うことにより、効率的に設計できる場合があることや、大規模な事業においては、全工区の技術協力、設計完了前から段階的に工事契約することにより、工事の早期着手、完了が可能になる場合があること、これらをガイドラインに明示的に示すことのニーズがあることを把握した。

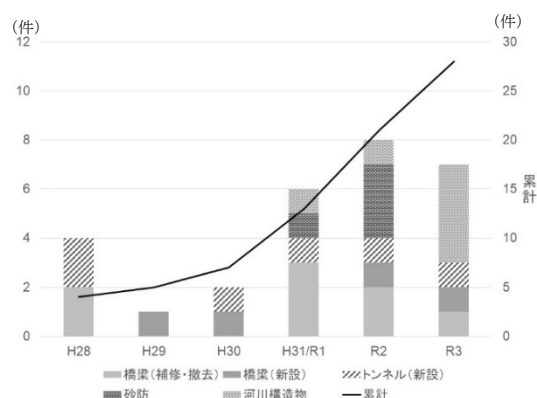


図-1 技術提案・交渉方式の実施状況

(2) 事業促進 PPP（事業監理業務）

事業促進 PPP（事業監理業務）については、CM/PM 業務等を含む事業監理に関する業務 19 業務を対象に、発注図書等から、参加要件、業務内容等を整理するとともに、発注者、受注者それぞれにヒアリング調査を実施した。調査した結果、マネジメント業務に求められる能力を把握した（表-1）。これらを分析し、計画、調査・設計、施工等の各段階におけるマネジメント能力を整理した。

また、事業監理に関する業務の事例整理、発注者（調査職員）へのヒアリングを通じて、BIM/CIM、管理段階の業務等への対応等、事業の特性や事業段階に応じた多様な発注ニーズへ対して事業促進 PPP の枠組みを拡張することで対応できる余地があることを把握した。

表-1 事業促進 PPP で求められる能力の例

		発注者意見	受注者意見
受注者側	共通	- 行政の手段、立場、考え方を理解 - 人間関係を構築 - コミュニケーション力 - 発注者に遠慮せず必要な意見を言う - 全体を見ながら行動	- 事業の流れ、予算の流れを理解 - 人間関係を構築 - 調整力、コミュニケーション力 - 受け身にならず行動 - フェーズ間（設計・施工等）の橋渡し
	管理技術者	- 受発注者が一体となって行う業務において、課題等に関し、無数のシナリオを想定 - 他社の技術者をまとめるリーダーシップ - 様々な状況をリアルタイムで把握・管理	- 事業全体を俯瞰してマネジメント - 発注者と対等に渡り合う - 若手の指導、教育
	主任技術者	- 発注者意図を理解し、専門的立場から助言 - 多数の関係者、業務受注者との調整 - 発注者に意見・催促できる関係構築	- 専門分野に精通 - 他分野の技術者とも広くコミュニケーション - 担当技術者等への指導力
	担当技術者	- 指示事項を理解し、迅速に実施 - 業務受注者への的確な指示 - 情報交換や情報共有を密に行う	- 広範な実務知識 - 発注者ニーズに即して対応 - 周囲の意見をよく聞き、連携する協調性
発注者側調査職員		- 発注者が柱となり、速やかな判断が必要 - 受注者の知識・経験を吸収しスキルアップ - 言いたいことを言い合える環境作りが重要	- 判断力、技術力を持った職員であるべき - 受注者を職員の一部のように捉える - 風通しのよい情報交換が重要

(3) 総合評価落札方式（工事）

総合評価落札方式を適用した工事を対象に、発注図書、工事完成図書等から、工事種別、工事価格、競争参加者数、契約後の施工条件変更の有無に関する事項、競争参加者数が少ない工事における工事特性等に関する内容を整理・分析した（表-2）。また、競争参加者数と工事難易度の関係を分析するため、工事難易度評価表の該当項目数を整理した結果、一般土木工事等において、競争参加者数が少ない工事は、工事難易度評価表の項目に該当する特性を有する例が多い傾向にあることを把握した。

表-2 競争参加者の少ない工事に見られる特性の例

不確定要素への対応	橋梁補修工事の特性（例）	
	他工区調整	- 他工事調整により施工内容を変更 - 他工事で設置した仮設を共用
	施工時期・時間帯	行楽期等の現道工事抑制が工期に影響
	交通規制	一般交通との事故の危険性が高い
	処分地・受入地	- 廃棄物の種類を分別不可能等で変更 - 受け入れ条件が合わず処分先を変更
	支障物、埋設物	- 既設工作物が多い施工条件 - 地下埋設物、支障物移設の影響を受ける
	関連調査、設計	補修対象の性状（損傷、材質）や範囲が設計時の想定と大きく変わる
	関係機関協議	鉄道等の関係機関協議を伴う

(4) 業務の入札・契約方式

調査・設計業務については、地域特性の理解が重要な業務の入札・契約方式の検討を目的に、地方整備局等がプロポーザル方式・総合評価落札方式・価格競争で発注した業務を対象に、発注図書等を整理・分析した。地域特性を踏まえた検討が必要な業務を特定し（表-3）、その実施状況、入札・契約方式と成果品質等との関係を整理・分析した。

業務特性、技術評価項目を分析した結果、これらの業務の評価テーマについては、類似の現場での知見や一般的な知見に基づく評価テーマの設定が多く、当該現場固有の環境や条件に関する特性を評価テーマの設定にあたり考慮する余地があることを把握した。

表-3 地域特性を踏まえた検討が必要な業務の例

業務内容（例）	
現地作業が必要となる業務	- 現場作業において、地域住民への配慮、関係行政機関との調整が必要となる業務 - 河川・道路）〇〇調査業務、〇〇利用状況調査、〇〇台帳作成業務、被災状況調査
地域課題を踏まえた対策検討が必要となる業務	- 渋滞対策、事故対策等、地域課題を踏まえた検討が必要となる業務 - 道路）〇〇渋滞対策検討業務、〇〇交通安全対策検討業務
地域特有のリスクに関する知見が必要となる業務	- 防災・構造物点検、自然条件等、地域特有のリスクに関する知見が必要となる業務 - 河川・道路）〇〇防災点検業務、〇〇構造物点検業務、〇〇リスク検討業務 - 河川）〇〇水系流量観測業務（洪水痕跡調査）
地元及び関係行政機関等との協議・調整が必要となる業務	- 計画や設計にあたり、地元及び関係行政機関等との協議・調整を適切に行うことにより、成果品の品質や、後工程への引き継ぎの改善につながる業務 - 河川・道路）〇〇設計業務、〇〇協議会資料作成業務、〇〇施工計画検討業務、
地域の特色や意向を踏まえた検討が必要となる業務	- 事業の計画・評価において、地域の特色や意向を踏まえた検討が必要となる業務 - 河川・道路）〇〇利活用検討業務、〇〇地域連携調査業務、〇〇効果整理業務

【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等に反映された。今後は、各種ガイドラインに成果を反映し、現場での活用を予定している。

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
研究官
Researcher
交流研究員
Guest Research Engineer IKEDA Kazutoshi

山下 尚
YAMASHITA Hisashi
小塚 清
KOZUKA Kiyoshi
荻原 勇人
OGIHARA Hayato
日出山 慎人
HIDEYAMA Shinto
農添 允之
NOHZOE Masayuki
池田 和敏

In this research, our research team have improved the standards for road earthwork 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。本研究では、ICT 活用工事の基準化が行われた道路土工を対象に、基準類の改善を行った。

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、施工に用いた 3 次元データ等を活用し道路関係設備の維持管理を効率化する方策を立案した。

〔研究内容・研究成果〕

1. ICT 活用工事（土工）の基準類改善（無人航空機（UAV）の多様な飛行・撮影方法の基準類への反映） のための検証

（1）UAV の等対地高度撮影の要領化に向けた検証
平成28年3月に制定された「空中写真測量（無人航空機）を用いた出来形管理要領（土工編）（案）」においては、UAV は等高度で飛行し撮影することを前提とし、標定点・検証点の設置、精度確認方法など各種規定が定められていた。一方、地表面の高度差が大きい現場においては、等高度撮影では飛行経路により画素寸法に差異が生じるため、複数回の飛行を要すること、撮影写真を点群化するための画像処理に多大の時間を要することなどが発生し、生産性向上の阻害となっていた。

近年、UAV 飛行の自動制御技術の向上等により多様な飛行・撮影が可能になった。その一環として、対地高度を一定とする飛行による撮影（以下、「等対地高度撮影」という。：図-1 参照）を行うことが可能となり、UAV の飛行時間・回数や撮影枚数の削減などの効果が期待できることが明らかとなった。本検証においては、等対地高度撮影の有効性を確認し、基準類の改正につなげることを目的とした。

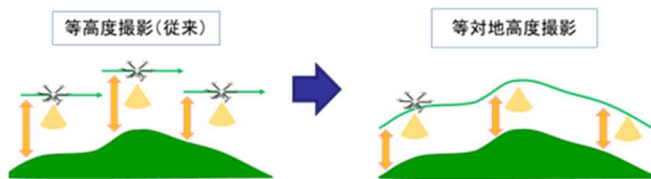


図-1 UAVの等対地高度撮影のイメージ

検証においては、UAVの等対地高度撮影による計測値が土工の出来形に要求される精度を満足しているか否か、等対地高度撮影により出来形管理の手間がどの程度削減（生産性向上の程度）されるかに着目して行った。

1) 等対地高度撮影による出来形計測精度の確認

高低差があり等高度での飛行では画素寸法に大きな変化が生じる試験場にて、「オーバーラップ率や地上画素寸法が同一になるように2回に分けた従来の撮影手法」と、「等対地高度飛行での撮影手法」による計測を行った。撮影条件は、既存要領の規定に準拠し、地上画素寸法を10mm/Pixel、進行方向のラップ率（オーバーラップ）は90%、隣接コースとのラップ率（サイドラップ）は60%に設定した。検証点を14点設置し、画像解析により生成した点群上の検証点座標と、現場内に設置された基準点を用いてTS（トータルステーション）で測量した検証点座標（真値）との差分が土工の出来形計測に要求される精度（±50mm以内）を満足するか否かすることにより実施した。

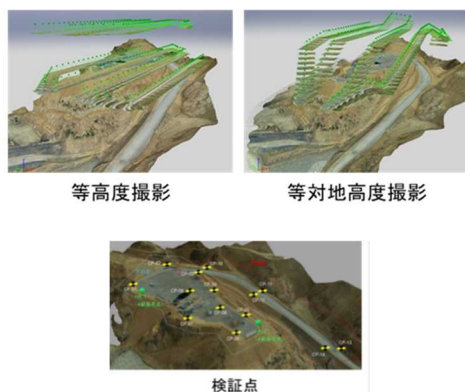


図-2 飛行ルート及び検証点設置状況

表-1 精度検証結果

	等高度撮影			等対地高度撮影		
	ΔX	ΔY	ΔZ	ΔX	ΔY	ΔZ
最大値(差)	0.050	0.029	0.023	0.045	0.034	0.033
最小値(差)	0.021	0.006	-0.001	0.014	0.014	-0.009
平均値	0.030	0.020	0.010	0.025	0.026	0.012
ばらつき	0.009	0.007	0.007	0.008	0.006	0.012

単位: m N=14

結果を表-1に示す。どちらの撮影手法も14点の検証点すべてにおいてICT土工における空中写真測量を用いた3次元出来形計測における要求精度±50mm以内を満足した。従って、等対地高度撮影による出来形

管理は土工へ適用可能であることを確認した。

2) 等対地高度撮影による生産性向上効果

両手法による飛行回数、延べ撮影枚数、延べ撮影時間を比較した。結果を表-2に示した。加えて、画素寸法の画像解析時間の短縮も可能となるため、本手法による生産性向上への一定の寄与が認められた。

表-2 生産性向上効果の計測結果

	等高度飛行	等対地高度飛行
飛行回数	2回	1回
延べ撮影枚数	257枚	186枚
延べ撮影時間	11分	8分

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) BIM/CIMモデル参照情報の作成・更新手法

国土交通省では、機械設備の維持管理を効率化するためBIM/CIMの導入を図っているが、BIM/CIMモデルの参照情報の作成労力が課題となっている。

道路関係設備の点検情報は、地方整備局が整備を進めているデータベース（以下「DB」）に蓄積されている。DBからのデータ抽出は、DBのクエリ機能やAPIにより行うことが一般的である。道路関係設備は設備数と点検回数が多いため、データの抽出手間が大きい。そこで、職員のデータ抽出作業を大きく省力でき、かつ抽出するデータを自由に選ぶことができる機能を開発するための方策について調査を行った。

DBを改変せずデータ抽出が可能なEAI（Enterprise Application Integration）には、ICTスキルを有さない人でも機能を開発できるノーコードの製品が存在していた。そこで、ノーコードのEAIの技術情報を収集し検討したところ、データ抽出機能を職員が問題なく作成できることを確認した。（図-3参照）

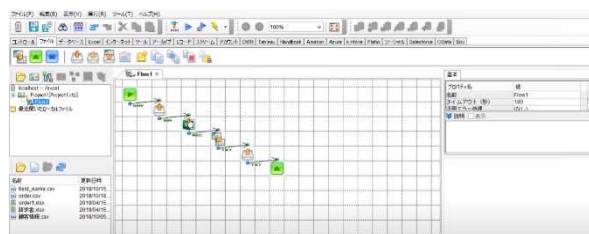


図-3 ノーコードによる機能開発（イメージ）

〔成果の活用〕

施工における成果は、3次元計測技術を用いた出来形管理要領（案）へ反映され、令和4年3月に改正要領が公表された。今後とも各工種において検証を進め、基準類の改善を継続する予定である。

また、道路関係設備のBIM/CIMモデルにおける参照情報の作成・更新手法では、EAIによるBIM/CIMモデルの参照情報作成・更新機能の構築に取り組みながら、地方整備局において試行を実施する予定である。

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 items to verify performance of earthworks at back approaches of bridge abutments

(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 Substructures Division

室 長 七澤 利明
Head NANAZAWA Toshiaki
主任研究官 宮原 史
Senior Researcher MIYAHARA Fumi
研究員 山田 薫
Research Engineer YAMADA Kaoru
交流研究員 岡崎 貴斎
Guest Research Engineer OKAZAKI Takayoshi

Performance verification methods for structures other than normal embankments used for the back approaches of road bridges have not been established. In this study, the performance verification items and test methods for the structures other than the normal embankment are investigated. In this fiscal year, dynamic centrifuge model tests were conducted to investigate the behavior of reinforced soil walls in the direction of the bridge axis. As a result, it was confirmed that there was no obvious difference in the earth pressure affecting on the back of the abutment compared to the normal embankment.

〔研究目的及び経緯〕

道路橋の背面アプローチ部（以下、「アプローチ部」）には、荷重軽減や用地制約への対応の観点から、通常の盛土以外の新技術が用いられる場合がある。道路橋示方書（以下、「道示」）IV下部構造編では、アプローチ部から橋台への作用が明らかであることが求められている。通常の盛土を求められる場合は、道示の規定に従うことで橋としての性能が確保される一方、それ以外の構造を用いる場合は、橋台への作用等を個別に検証する必要がある。しかしながら、橋台への作用以外の条件も含め、アプローチ部の構造の性能検証方法は確立されていない。

そこで本研究では、新技術導入促進のため、アプローチ部に通常の盛土構造以外の構造を用いる場合の橋台への作用の明確化と、性能検証項目や標準的な試験方法の確立に向けた検討を行う。令和2～3年度は、アプローチ部に補強土壁を有する盛土（以下、「補強土壁」）を用いた場合の地震時の挙動とそのメカニズムについて、通常の盛土を用いた場合との比較により評価するために、橋軸方向に地震動を入力する動的遠心模型実験を行った。

〔研究内容〕

アプローチ部に通常の盛土を構築した場合と補強土壁を構築した場合それぞれの縮尺1/50倍の模型を構築し、表-1に示すケースの動的遠心模型実験を実施した。なお、背面盛土の有無が橋台の挙動に与える影響を把握するため、背面盛土を構築しないケースも実施した。

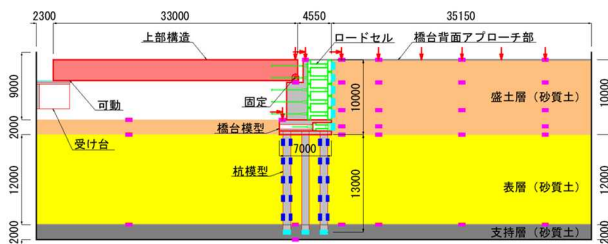
実験模型及び計測器配置を図-1に示す。杭基礎形式の逆T式橋台、アプローチ部、上部構造及び上部構造

表-1 実験ケース

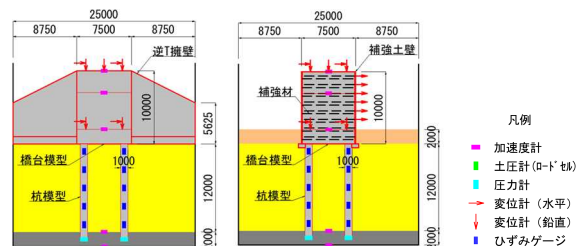
実験ケース	構造条件	
	背面構造	表層地盤
ケース1	通常の盛土	砂質土地盤
ケース2	補強土壁	
ケース3	通常の盛土	粘性土地盤
ケース4	補強土壁	

の支点を想定した受け台を設置した。上部構造の支持条件は橋台側を固定、受け台側を可動とした。

実験では、道示V耐震設計篇に規定されるレベル1地震動（以下、「L1」）とレベル2地震動（以下、「L2」）を基盤面に引き戻した基盤波を土槽底面に入力した。



(a) 側面図（ケース1）



(b) 断面図（ケース1） (c) 断面図（ケース2）

図-1 遠心模型図及び計測器配置

※本報告は令和2年度から令和3年度へと継続して実施した研究の成果を令和3年度研究成果としてまとめたものである。

さらに、設計において考慮する地震動の規模を超える地震動が作用した場合の挙動を把握することを目的に、振幅を 300gal 及び 400gal に調整した sin 波を入力した。

背面盛土に補強土壁を用いた場合の橋台への作用の大きさのみならずメカニズムも把握するため、土圧に加えて橋台と背面盛土のフーリエスペクトル比、加速度、変位の位相にも着目して考察することとした。

〔研究成果〕

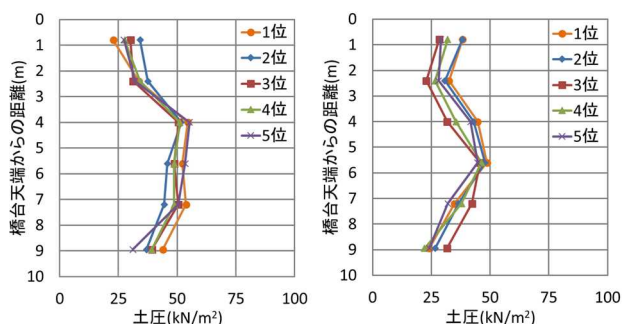
本稿ではケース 1,2 の結果と得られた成果を示す。

(1) レベル 1 地震動入力時

ケース 1,2 において L1 を作用させたときのフーリエスペクトル比に着目すると、両ケースとも橋台と背面盛土の固有周期のピークは 0.3s に現れたことから、橋台と背面盛土が概ね一体として挙動していることが確認された。橋台単独で加振した場合のピークが 0.2s であることから、橋台が背面盛土に同調して挙動したと推察される。

図-2 に土圧合力の大きさ上位 5 位までの土圧分布及び土圧合力の比較を示す。(a)(b)に示すように、補強土壁と通常の盛土で分布形状に大きな差はない。また、上位 5 位までの土圧合力は補強土壁の場合は通常の盛土の場合よりも 1~2 割程度小さかった。

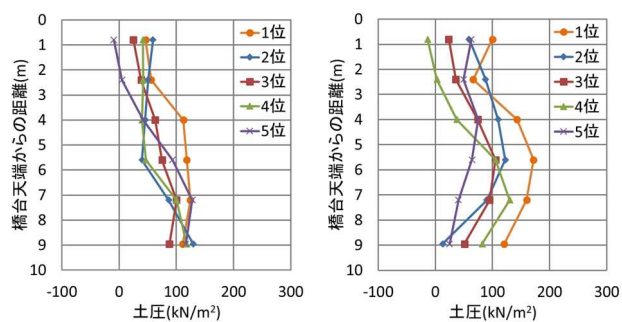
図-3 に、土圧合力最大時の土圧分布と、橋台背面盛土の応答加速度から算出した土圧及び道示Vに基づく設計土圧を示す。計測された土圧は補強土壁の天端付近を除き設計土圧と同程度であり、応答加速度から算出した土圧の範囲内に収まっている。天端付近で計測



(a) ケース 1

(b) ケース 2

図-2 土圧合力上位 5 位の土圧分布 (L1 地震動入力時)



(a) ケース 1

(b) ケース 2

図-4 土圧合力上位 5 位の土圧分布 (L2 地震動入力時)

された土圧が大きくなったのは、前方変位をした際に、壁面材に作用する慣性力が影響したためと推察される。なお、土圧合力は橋台と背面盛土がいずれも前方に変位したタイミングで最大となっていた。しかし、土圧合力が上位 2~5 位となる時刻にも着目したところ、挙動は必ずしも同じでないことが分かった。このことは、ケース 1 も同様であった。

(2) レベル 2 地震動入力時

フーリエスペクトル比から、(1)の L1 入力時と異なり、橋台と背面盛土は独立して挙動していること、橋台は背面盛土に同調せず自らの振動特性で挙動したことが推察された。

土圧合力上位 5 位までの土圧分布形状(図-4)は(1)と比較してばらつきが大きかった。ケース 1,2 間での土圧合力の大小関係も一定では無く、挙動もばらばらであった。また、土圧合力最大時の土圧分布(図-5)は、補強土壁の天端付近を除き設計土圧と同程度であり、応答加速度から算出した土圧の範囲内に収まっていた。土圧合力は(1)と異なり橋台と背面盛土がいずれも後方に大きく変位したタイミングであった。なお、図-5 は図-3 と比較してばらつきが大きい中での比較であるため、必ずしもこのような土圧合力の大小関係にはならない点に注意が必要である。

(3) sin 波入力時

土圧計測値は L2 入力時に比べて大きかったものの、補強土壁と通常の盛土で土圧分布形状に大きな違いは見られなかった。また、土圧合力の大小関係は L2 と同様で一定ではなかった。

〔まとめ〕

アプローチ部に補強土壁を用いた場合の地震時の挙動について以下のことを確認した。

- ・L1 時は橋台と背面盛土が概ね一体として挙動し、土圧分布や土圧合力は通常の盛土と比較して明らかな違いはないこと

- ・L2 時及びこれを超える地震時は橋台と背面盛土が独立して挙動し、土圧分布や土圧合力のばらつきが大きくなるものの、このことは通常の盛土においても同様であり、土圧の大きさも同程度であること

〔成果の活用〕

本研究の成果は、道路橋示方書の改定及び道路土工構造物技術基準の改定に反映する予定である。

土工構造物等の要求性能に対応した信頼性設計に関する調査検討

Study on reliability design of earthwork structures and other structures to meet performance requirements

(研究期間 令和2年度～令和3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 七澤 利明
Head NANAZAWA Toshiaki
主任研究官 谷 俊秀
Senior Researcher TANI Toshihide
研 究 員 山田 薫
Researcher YAMADA Kaoru
交流研究員 栗原 勇太
Guest Researcher KURIHARA Yuta

Although technical standards for road earthwork structures were established in 2014 and the required performance was indicated, specific verification methods corresponding to the required performance are not sufficient.

This paper presents the results of analyses of the effects of the interconnection structure of the precast culverts and the longitudinal slope on the longitudinal action of precast culverts, both under normal and seismic conditions.

〔研究目的及び経緯〕

道路土工構造物については平成26年に技術基準が制定され要求性能が示されたが、要求性能に対応した具体的な照査手法は十分ではない。

国総研では道路ネットワーク機能を確保するための道路を構成する各道路構造物の統一的な要求性能の確保を目的に調査検討を行っている。道路土工構造物の一つである大型のカルバートに関しては、プレキャストカルバート（以降、「PCa」と称す。）活用に向けた環境整備が進められているものの、カルバートのプレキャスト化に対応した具体的な設計法は不明確となっている。

本報では、PCaの縦断方向への作用に対する常時・地震時の解析を行い、PCaの各ブロック相互の連結構造や縦断勾配等の影響について整理した結果について示す。

〔研究内容〕

1. ブロックの連結数に関する解析

連結数等の違いによる躯体の縦断方向変位や連結部材の発生断面力等への影響の確認を行うため、躯体規模の異なる4ケースに対し、ブロックの連結数を変化させた各5ケース（合計20ケース）の2次元FEM解析を実施した（表-1参照）。解析モデルは図-1に示すとおり、継手部（PC鋼棒、止水ゴム）に非線形ばねを付与した連結ブロック数の異なるカルバートモデルとした。このモデルに対し、縦断方向に単位荷重Pを与え、躯体挙動の確認を行った。躯体に作用させる縦断方向荷重は、各ブロックの頂版上面に一律与え漸増載荷することとし、荷重の最大の大きさは連結しているPC鋼棒が降伏に至らない最大荷重とした。ケース4の2パターンの解析結果を図-2に示す。

表-1 連結数に関する解析ケース

ケース	躯体高.m	ブロック長.m	ブロック連結数.個 (各5パターン)	想定土被り厚.m
1	3.00	1.5	1, 2, 3, 4, 5	3
2	4.50		1, 2, 3, 4, 6	3
3	5.70		1, 2, 4, 6, 8	3
4	6.80		1, 2, 4, 6, 9	3

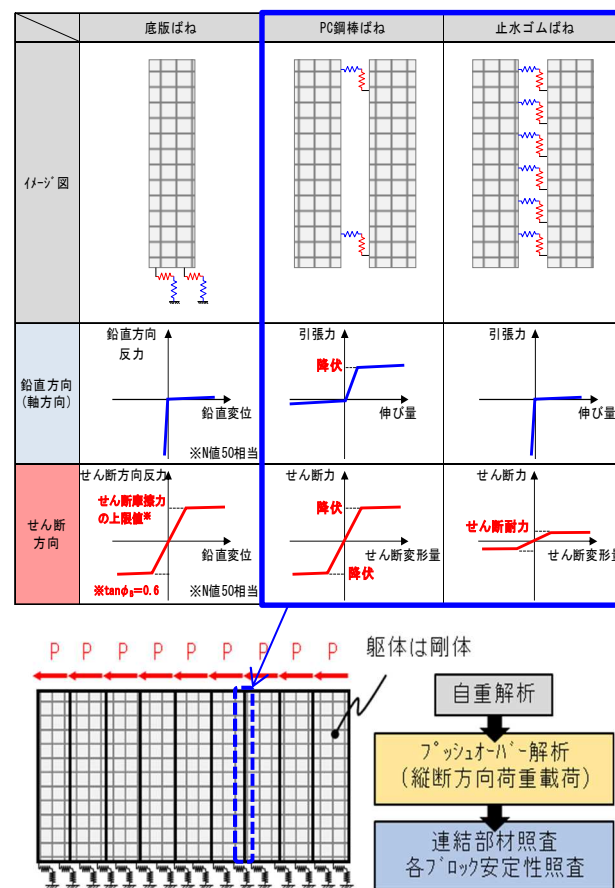


図-1 2次元FEM解析モデル

※本報告は令和2年度から令和3年度へと継続して実施した研究の成果を令和3年度研究成果としてまとめたものである。

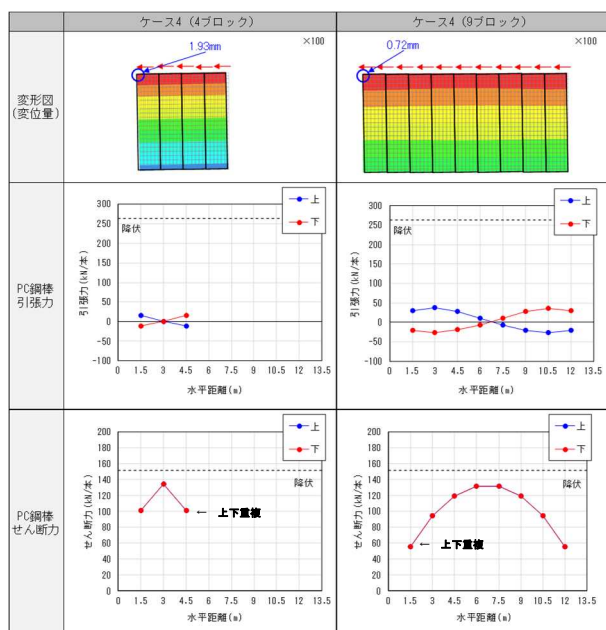


図-2 連結数に関する解析結果

躯体に荷重を作用させると、縦断方向へ倒れ込み、ブロック連結部材のPC鋼棒における発生断面力は、引張力に比べせん断力が卓越する結果となった。

各ケースの縦断方向変位量と躯体縦横比の関係に着目すると、PCaの延長が躯体高さを越えたところから変位量が小さくなる傾向を確認した。連結するブロック数が多くなる（縦断方向の延長が延びる）程、縦断方向変形量が小さくなっていると考えられる。以降の解析では、連結するブロックは9ブロック、内空高6.0mを基本に解析を行うこととした。

2. 土被り厚及び縦断勾配を変化させた解析

土被り厚や縦断勾配の変化による影響を確認するため、以下の①～②の手順で解析を行った。

①表-2に示す各ケースで土被り厚及び縦断勾配を変化させた場合における、PCaの躯体外周面（頂版及び側壁）に作用する縦断方向荷重等を算定するために、躯体を含む盛土（土被り厚）をモデル化した3次元FEM（図-3参照）を用いてレベル2地震動（タイプⅠ及びタイプⅡ）に対する応答解析を実施した。その際、連結部材による縦断方向の変形のし易さを表現するために躯体モデルでは継手等をモデル化せず（連続体とする）、別途算出した換算躯体剛性を設定した。

②表-2に示す各ケースで①3次元FEMによって得られた縦断方向荷重等を用いて1章で実施した躯体のみの2次元FEMモデル（図-1参照）を用いて、躯体の安全性及び安定性の照査を実施した。なお、解析時の連結部のばね長さは2ケース（5mm、100mm）想定しモデル化を行った。

3次元FEM解析のケースⅠとケースⅢの比較結果を図-4に示す。軸方向摩擦力は、躯体全体に一樣に作

用しており、土被り厚が大きい程、軸方向摩擦力が大きくなることがわかった。

2次元FEM解析結果の各ケースにおける、連結部材が降伏に至らない必要鋼材量の関係を図-5に示す。

常時及び地震時において、土被り厚が高い程、また、縦断勾配の傾斜が大きい程、必要鋼材量が増える傾向であることが分かる。これは、①の解析結果に示したとおり、土被り厚が大きい程、軸方向摩擦力が大きくなっているためと考えられる。

表-2 土被り厚及び縦断勾配を変化させたケース

	ケース	躯体高. m	ブロック連結数	土被り厚. m	縦断勾配. %	地震動レベル
①土被り厚を変化させた解析	I	6.80	9	0.5	0.0	レベル2
	II		9	3.0	0.0	
	III		9	6.0	0.0	
②縦断勾配を変化させた解析	IV	6.80	9	6.0	2.0	レベル2
	V		9	6.0	4.0	
	VI		9	6.0		
	VII		4	6.0	10.0	
	VIII		9	3.0		レベル1
	IX		9	6.0	0.0	
	X		9	6.0	2.0	

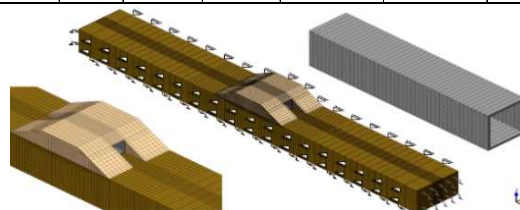


図-3 3次元FEM解析モデル

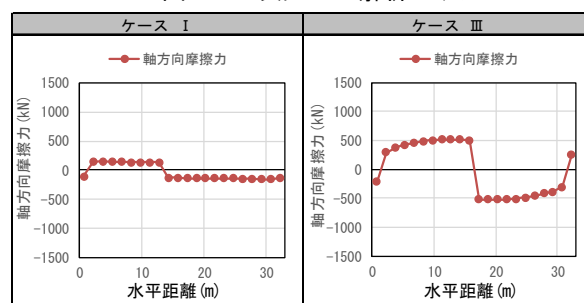


図-4 3次元FEMによる応答解析結果（地震時）

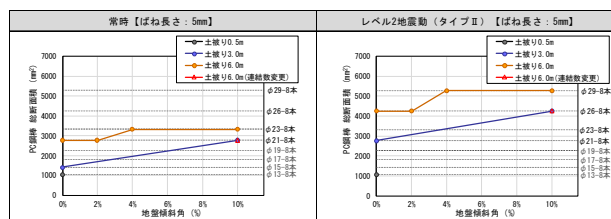


図-5 2次元FEM解析結果（必要鋼材量）

【まとめ】

令和2～3年度の研究では、PCa縦断方向荷重を与えた際に発生する躯体の縦断方向変位や連結部材の発生断面力を確認した。また、3次元FEM解析等により、土被り厚や縦断勾配が変化した場合の地震時における必要鋼材量の確認等を行った。

今後、モデル化の妥当性の検証や構造特性の異なるPCaの検討等を実施していく予定である。

〔成果の発表〕 国総研資料や各種論文で発表予定

〔成果の反映〕 各種基準類へ反映予定

道路整備等の生産性向上に資するロボット及び ICT 技術の利活用に関する調査

Survey on utilization of robot and ICT technology that contributes to productivity improvement of road construction

(研究期間 平成 28 年度～令和 3 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
研究官
Researcher
交流研究員
Guest Research Engineer

山下 尚
YAMASHITA Hisashi
小塚 清
KOZUKA Kiyoshi
日出山 慎人
HIDEYAMA Shinto
大岩 憲史
OOIWA Kenji

In this research, our research team verified the application method to the finished form management of earthwork using the construction history data of “machine-guidance roller”.

〔研究目的及び経緯〕

国土交通省では、i-Construction 施策として、平成 28 年度からの ICT 土工開始以降、様々な工種へ適用を拡大している。これら ICT 活用工事では、3 次元起工測量、3 次元設計データ作成、ICT 建機による施工、3 次元出来形管理等の施工管理、3 次元データの納品の各段階で ICT を活用することとしている。

このうち「3 次元出来形管理等の施工管理」の段階においては、UAV 写真、レーザースキャナなど、面的な計測が可能な計測機器に対応した基準類を順次整備しているところであるが、建設機械が記録する施工履歴データを適用することにより、従前より実施されていた施工者による自主管理の結果をそのまま出来形管理へ活用できることとなり、計測頻度、時間の大幅な縮減が期待できる。本研究では、土工の出来形管理において、これまで可能であった ICT バックホウ・ブルドーザの施工履歴（刃先履歴）データに加え、マシンガイダンスローラ（以下、「MG ローラ」という）の施工履歴データを活用することが可能か否かを確認するため、試験ヤード等における検証を行った。

〔研究内容・研究成果〕

1. 施工履歴データの出来形管理への活用の課題と対応方針

施工履歴データは、ICT 建設機械から取得できる作業機軌跡や車体位置などのログデータを用いて出来形を計測する技術である。ICT 建設機械の作業装置の位置情報の算出過程では、測位技術を用いた建設機械の

位置情報と建設機械の動作によって変化する作業装置の位置情報を用いており、位置情報を取得する機材毎に生ずる誤差要因が累積される。そのため、計測機器を用いた計測よりも計測精度は低くなる傾向にある。また、ICT 建設機械の位置情報取得には衛星測位が多く用いられており、衛星の配置による測位の揺らぎや機械の摩耗等による精度劣化が懸念される。以上を踏まえ、施工履歴データの出来形管理への活用の可否を判断するにあたっては、①作業装置の位置情報精度の確認、②出来形計測値としての信頼性の確認、③既存の出来形計測手法との整合性の確認が必要となる。

2. MG ローラの作業装置位置の測定精度の確認

MG ローラの作業装置位置の測定精度を確認するため、施工開始前に静止状態での精度確認を実施した。

MG ローラを任意の場所（平坦/傾斜）で静止させ、ローラの鉄輪左右接地点のシステム出力座標を取得し、同時に TS 等光波方式で計測し、これを真値とした。その後、MG ローラを任意の場所に移動し、同様の計測を各 10 地点で実施した（図 - 1）。

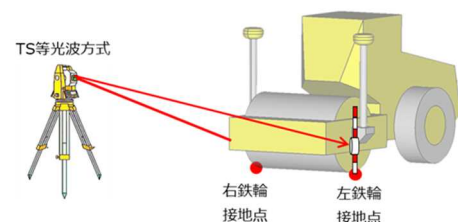


図-1 MG ローラの TS 等での測定箇所

※本報告は令和 2 年度から令和 3 年度へと継続して実施した研究の成果を令和 3 年度研究成果としてまとめたものである。

鉄輪接地点の水平・鉛直方向（ Δx 、 Δy 、 Δz ）の計測誤差を図-2に示した。計測誤差は土工の出来形管理における要求精度である $\pm 50\text{mm}$ 以内となり、本システムの鉄輪接地点座標の精度が基準値以内であることを確認できた。

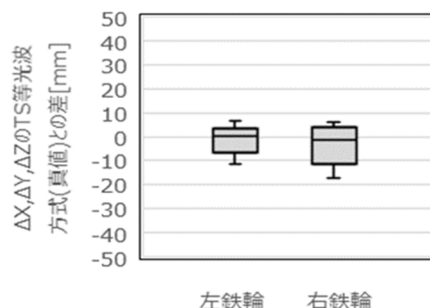


図-2 MGローラとTS等光波方式との計測誤差

3. MGローラの出来形計測値としての信頼性の確認

試験ヤードは実際の転圧作業を想定して5%程度の勾配を設けた。精度確認試験は、システムから出力する施工履歴データとTS等光波方式で計測した座標との較差を算出し、バックホウやブルドーザによる施工履歴データを活用した出来形管理で求めている精度と同等のものである水平・鉛直方向（ Δx 、 Δy 、 Δz ） $\pm 50\text{mm}$ 以内であるか否かを確認することとした。また、TS等光波方式による計測座標については、鉄輪の両端及びセンターの座標を1m間隔で60点（右端部20点、左端部20点、センター20点）計測するとともに、施工履歴システム出力座標はTS等光波方式で取得した座標の平面的な近傍点を使用することとした。（図-3、図-4、図-5参照）。

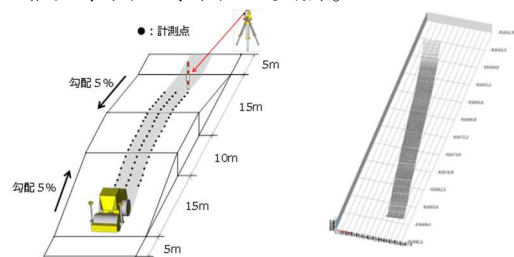


図-3 施工履歴データの計測箇所

図-4 点群データ



図-5 試験風景

精度確認結果を図-6に示す。全計測箇所における水平・鉛直方向の各誤差範囲は、 Δx ： $-20 \sim 19\text{mm}$ 、 Δy ： $-21 \sim 23\text{mm}$ 、 Δz ： $-34 \sim 11\text{mm}$ となり、誤差の「平均 $+2\sigma$ 」が出来形計測の要求精度である $\pm 50\text{mm}$ 以内を満足する結果となった。これにより、MGローラの出来形計測値には一定の信頼性があることを示していると考えられる。

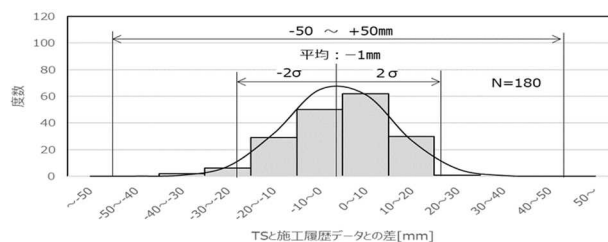


図-6 施工履歴データとTS等光波方式との差分の分布

4. MGローラの施工履歴を用いた出来形計測と既存の出来形計測手法との整合性の確認

同一のフィールドにおいて、MGローラの施工履歴による出来形と、既に要領化されているTLS（地上設置型レーザースキャナ）による出来形評価結果とを比較した。出来形評価の比較は、3次元設計データと施工履歴データ、TLSそれぞれによる出来形評価用データとの標高較差により行った。結果を表-1に示す。

表-1 履歴データとTLSの出来形評価結果の比較

設計データとの標高較差／面管理規格値（ $\pm 50\text{mm}$ ）	全データに占める該当データ数の割合	
	施工履歴データ データ点数：1798	TLS データ数：1837
100%（ $\pm 50\text{mm}$ ）以内	100%	100%
80%（ $\pm 40\text{mm}$ ）以内	99%	100%
50%（ $\pm 25\text{mm}$ ）以内	77%	70%
40%（ $\pm 20\text{mm}$ ）以内	60%	50%
30%（ $\pm 15\text{mm}$ ）以内	37%	33%
20%（ $\pm 10\text{mm}$ ）以内	20%	19%
10%（ $\pm 5\text{mm}$ ）以内	8%	8%

標高較差ランク別の出来形評価用データ数の分布をみると、TLSと施工履歴との間で同等の結果が得られた。従って、施工履歴を用いた出来形管理データの信頼性が十分であるとの結論を得た。

〔成果の活用〕

上記の結果を踏まえ、MGローラによる施工履歴データの精度確認方法、出来形管理の具体的な手順等を、「3次元計測技術を用いた出来形管理要領（案）土工編」の改正版としてとりまとめ、令和4年3月に公表したところである。

今後、本要領を活用した実際の工事において検証を実施し、生産性の向上を意識した要領の改善を実施する予定である。

大型車が橋梁に与える影響に関する調査

Survey on negative influence of large vehicles on bridges

(研究期間 令和2年度～令和3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
研 究 官 伊原 岳宏
Researcher IHARA Takehiro

The Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism is working to strengthen logistics functions, such as relaxing the upper limit on the total weight of large vehicles. Road bridges need to be designed and maintained to ensure strength and fatigue durability, and regular confirmation of the traffic conditions of large vehicles is required. Therefore, in this study, we measured the vehicle weight and axle load of passing vehicles on a road bridge. In result, it was confirmed that changes in the traffic permit system may affect the safety and fatigue durability of road bridges.

【研究目的及び経緯】

物流は社会経済活動を支える不可欠なものである。国土交通省では、物流の効率化の観点から、総重量の一般的制限値を20tから25tに緩和した重さ指定道路を指定したり、平成30年からは、重要な道路を重要物流道路として大臣が指定し、たとえば国際海上コンテナを運搬するセミトレーラ連結車の通行許可申請を不要とするなど、道路の物流機能の強化に取り組んでいる。道路橋は道路本体の一部であり、交通流への大型車の混入・連行の状況に応じた強度と疲労耐久性が確保されるよう、設計及び維持管理を行う必要がある。そのためには、大型車の通行の現状や将来の動向を定期的に把握し、必要に応じて道路橋の設計基準等を見直すことが求められる。

そこで、本研究では、大型車の通行頻度が高いと思われる道路橋において通行車両の車重・軸重（以下活荷重と呼ぶ）の計測を行った。

【研究内容及び研究成果】

1. 対象橋梁の選定と計測の方法

国総研では、最近では、平成15年から平成16年に全国の複数の橋で活荷重計測を行い、国土技術政策総合研究所資料第295号にまとめている。前回計測から今回までの間に、国土交通省では、国際海上コンテナを運搬するセミトレーラ連結車を始めとする連結車両8車種について特殊車両としての通行を許可するにあたり、エアサスペンションを装着するなど特別な保安基準に適合することを条件に駆動軸の軸重を11.5t（通常は10t）に、総重量の上限を44tに緩和する措置を行っている（図-1）。そこで、今回は、車種別の比率や各車両の総重量や軸重を比較できるように、前回の活荷重計測された橋の中でも大型車通行台数の多かった国道357号の美浜大橋を対象とした（表-1）。

計測は、全橋梁部材のひずみ応答から通行車両の重量等を測定するシステム BWIM（Bridge Weigh-in-

Motion、国総研資料第188号）を用いて、72時間行った。BWIMは、橋梁部材をいわばセンサーとして計測しているため、車両毎の重量の変換誤差が存在することや、乗用車のような軽量車両の応答がノイズと区別できなかったり、渋滞時には車種の区別が困難になったりなどの課題もあり、この点に注意して結果を活用すれば、大型車両の通行実態の傾向を多数の橋で簡易且つ安価に把握するためには適する計測方法である。

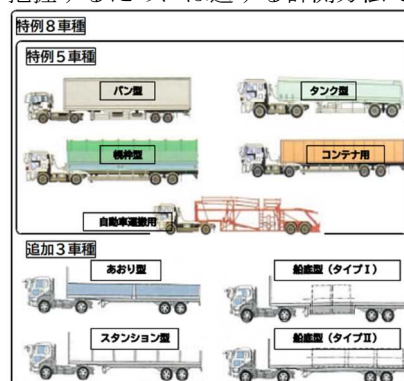


図-1 総重量の緩和の対象車両

表-1 計測対象橋梁（美浜大橋）の基本情報

名称	美浜大橋
橋長	262.9m
形式	8径間(PC中空床版+連続鋼鉄桁+PC中空床版)
車線	4車線(上下線分離 片側2車線)
路線	国道357号
場所	千葉県市川市塩浜
計測期間	上り:令和3年11月24日(水)から連続3日間 下り:令和3年12月1日(水)から連続3日間
大型車通行量※	H11:17,340(台/日/方向)、H27:14,539(台/日/方向)
大型車混入率※	H11:45.2%、H27:44.4%

※H11:平成11年度 全国道路交通情勢調査より

H27:平成27年度 全国道路・街路交通情勢調査より



※本報告は令和2年度補正予算「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」について令和3年度へと継続して実施した研究の成果を令和3年度研究成果としてまとめたものである。

2. 計測結果

美浜大橋の上り線の計測結果について、付近の信号により渋滞が生じたため、車両により生じたひずみの正確な検出ができなかった。そのため、本調査では、美浜大橋の下り線の計測データについて比較することとした。下り線について平成16年及び令和3年における総重量の台数分布を比較した結果を図-2に示す。平成16年及び令和3年とも同じ72時間の計測結果である。計測した全体の車両通行台数が減少しているが、トレーラー連結車を始めとする連結車両である総重量36t以上の車両台数が増加している(図-3)。これは、平成15年からの特殊車両の許可制度の変更が影響している可能性が考えられる。大型車の並走・連行などの同時载荷の確率は変化している可能性があり、現在の設計活荷重の信頼性水準について今後詳細な検討が必要と考えられる。

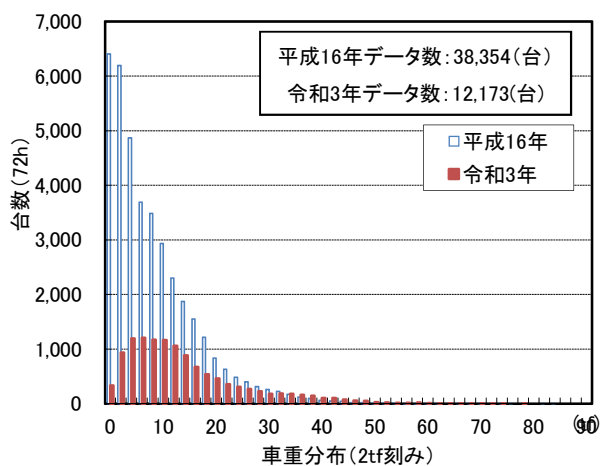


図-2 総重量の台数分布の比較

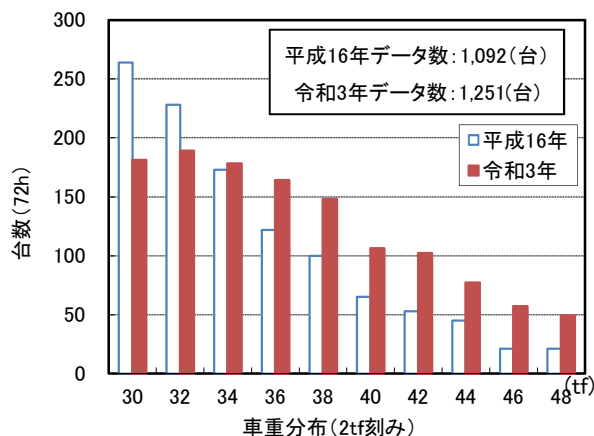


図-3 総重量36t以上の台数分布の比較

鋼部材の疲労耐久性については、重量が大きい車両の単純な増加台数の比較だけで考察するのではなく、疲労耐久性に及ぼす影響が一般に作用応力の3乗に比例することを考慮する必要がある。したがって、総重量の計測結果に対して、図-4に示すように計測車両重量を3乗し、車両台数分を乗じた疲労損傷度(車重損傷度)の分布で比較する必要がある。平成

16年及び令和3年における疲労損傷度の分布を図-5に示す。コロナ禍での計測のため、各階級の車両通行台数は従前の計測結果と単純に比較できない可能性があるが、それでも、令和3年の計測結果では、36t～44tの車両が疲労耐久性に与える影響は大きくなっている。コロナ禍の収束に伴う18tから34tの車両の通行量の回復具合によっては、平成16年時点よりも、疲労耐久性にとって厳しい活荷重の载荷状況になることも想定される。今後も全国で計測を行い、大型車の通行特性を把握するとともに、定期点検結果の分析等も行い、道路橋への疲労耐久性への影響について、検討して行く必要がある。

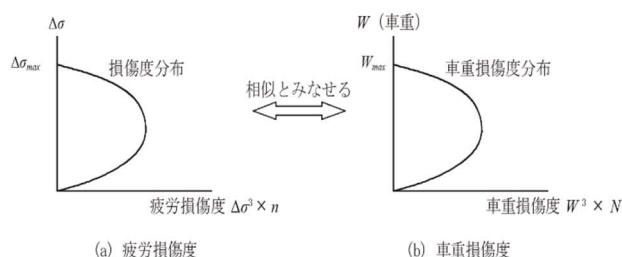


図-4 鋼部材の疲労損傷度と車重損傷度の関係

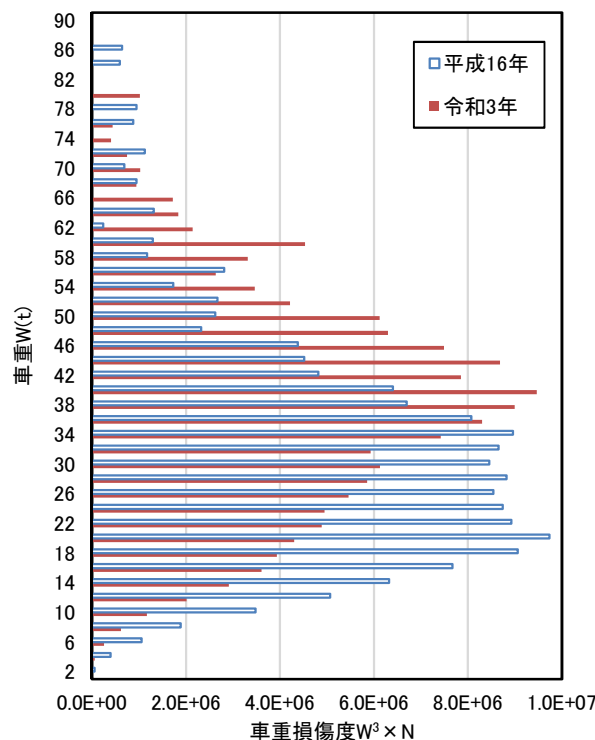


図-5 車重損傷度の分布の比較

〔成果の活用〕

今回の活荷重計測により得られた大型車の車重や台数等の通行特性に関するデータは、道路橋の設計基準の改定に反映される予定である。

領域 5

美しい景観と快適で質の高い道空間の創出

無電柱化事業の施工の効率化に関する調査

Research on efficient work of utility pole removal

(研究期間 令和元年度～令和3年度)

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

室 長 大城 温
Head OSHIRO Nodoka
主任研究官 小川 裕樹
Senior Researcher OGAWA Hiroki
研究官 瀧本 真理
Researcher TAKIMOTO Masamichi

In order to further eliminate utility poles, it is important to speed up the work of removing them and reduce the cost related to this work. This research aims to shorten the project period and reduce the construction cost by improving the efficiency of constructing common-use cable tunnels. In FY2022, this survey organized the issues involved in simultaneously or continuously carrying out the construction work required for constructing common-use cable tunnels.

〔研究目的及び経緯〕

我が国では、国土強靱化や景観等の観点から無電柱化を推進しているが、そのより一層の推進のため、整備にかかる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。低コスト化及びスピードアップのさらなる推進のためには、材料の低コスト化や1日の施工延長を延ばす等の施工の効率化を推進することが重要である。

そこで本調査では、電線共同溝の整備に必要な各工事を同時または連続して実施することにより、電線共同溝事業の事業期間を短縮する可能性を検討するため、道路管理者や電線管理者等に対するアンケートやヒアリングを通して、同時施工・連続施工の実施状況や可能性、実施にあたっての課題等の把握を行った。

〔研究内容〕

電線共同溝事業の施工の効率化につながると考えられる同時施工や連続施工の実施可能性やその課題を明らかにするため、電線共同溝事業に関係する事業者等に対し、同時施工・連続施工に対する考えをアンケート及びヒアリングにより調査した。

アンケートの対象は、全国の道路管理者、電線管理者、およびそれぞれの工事を担当する施工業者とし、ヒアリングはそれらの者に加え、設計を担当する設計コンサルタントに対しても実施した。

また、今回の調査は、共通した認識の上でアンケート・ヒアリングを行い、目的とする同時施工や連続施工の実現可能性や課題を的確に把握するため、工事種類や施工パターンを明確にして行った。同時施工・連続施工で実施する工事を、「本体管路・特殊部を設置する工事」、「引込管路（道路区域内）を設置する工事」、「引込設備（道路区域外）を設置する工事」の3種類と

し、同一施工業者が複数の工事を同時に施工する「同時施工」と、異なる施工業者が別々の工事を連続して実施し、工事間の空き期間や掘削埋め戻しの作業を省略する「連続施工」の2種類の施工パターンとした。これらの組合せの中から現実的と考えられる6パターン（図-1）を対象に、工事の定義等を説明した上でアンケートやヒアリングを実施した。なお、アンケート・ヒアリングの際は、それぞれの定義とともに、施工分担がわかりやすいように、図による説明と同時・連続施工により期待できる施工期間の短縮イメージをバーチャートで示すことで、回答者がそれぞれのパターンを想像しやすいように留意した。

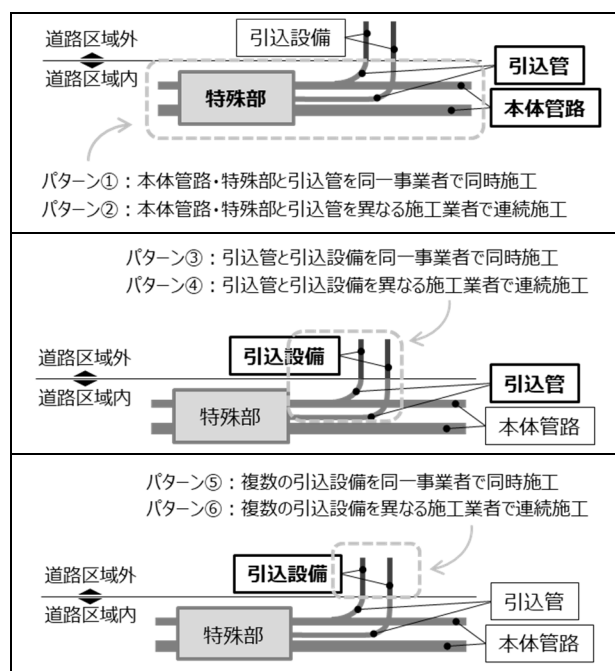


図-1 同時施工・連続施工の対象とする工事の組合せ

〔研究成果〕

図-2 にアンケートより得られた各パターンの実施経験および実施可能性の整理結果を示す。パターン①は、もともと管理者と施工者が一致している範囲での同時施工のため、実績も多く、可能と思われるとする回答も多く得られた。また、同時施工と連続施工を比較すると、同じ工事の組合せであれば、同時施工のほうが実施できる期待が大きいことがわかった。アンケートの自由意見欄には、連続施工のパターンでは、同時施工のパターンには見られない「責任分担」に関する内容が多く回答されており、この責任分担に関する懸念が、実施への期待の差に現れていると考えられる。

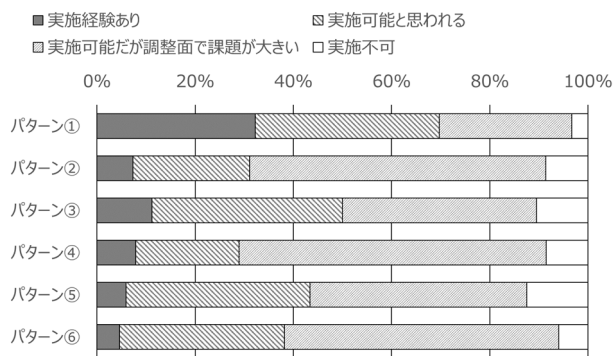


図-2 各パターンの実施可能性

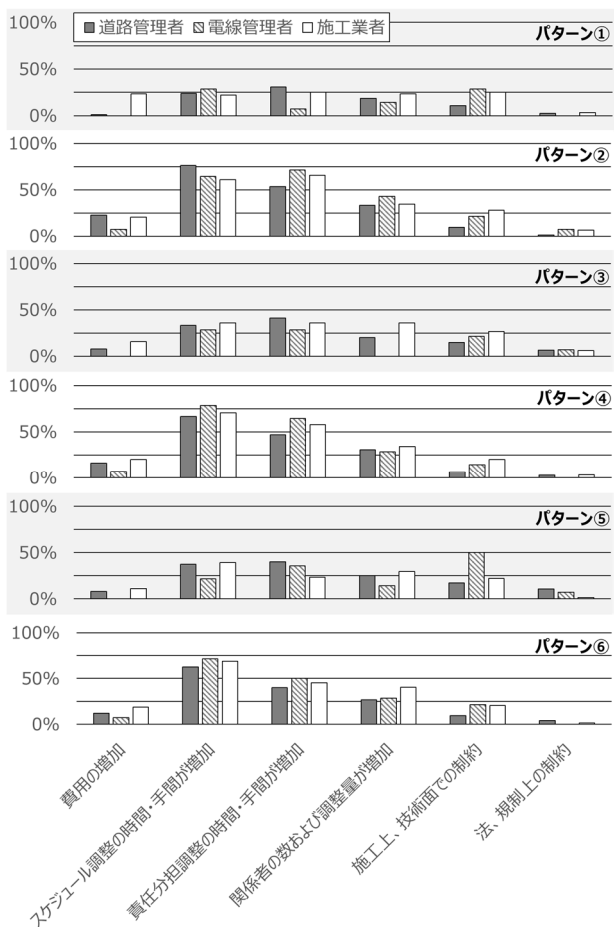


図-3 各パターンにおいて各対象者が感じる課題

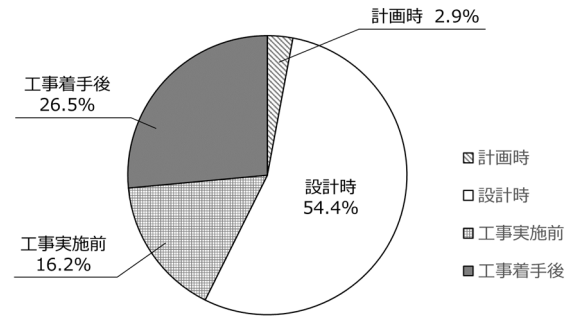


図-4 引込み位置の決定時期の例

なお、いずれのパターンとも「実施経験あり」の回答と「実施不可」の回答が共存する結果となった。これは、地域によって、一般的に実施されている施工分担が異なる場合があることから、検討のベースとなる前提条件が異なっていることや、同じ課題に対する解決・解消の難易度のとらえ方が異なることが要因ではないかと推察される。

次に、同時施工、連続施工を実施する際の課題を詳細に見てみると、スケジュール調整、責任分担調整に要する時間や手間が増えることが課題として多くあげられていることがわかる。対象者によってあまり傾向は変わらないが、施工パターンごとに見ると、実施可能性の結果の傾向と同様に、異なる施工業者による連続施工のほうが、課題が多いと捉えられていることがわかる（図-3）。

また、自由記載意見やヒアリングにおいては、引込位置の決定時期に対する意見が多く得られた。引込管・引込設備の施工は、その前提として引込位置が確定していることが必要であるが、現状、事業によって引込位置の決定時期に差があること（図-4）、また、位置が早期に決定している場合も、決定後着工までの期間が長いと、沿道の利用状況が変化し、需要家の要望によって引込管の本数や位置などの設計変更が必要となることも多いため、同時施工や連続施工のためには、引込位置の早期決定と決定から施工までの期間を短縮することが必要ではないかとの意見が道路管理者、電線管理者、施工業者を問わず多くあった。

これらにより、本調査で想定した6パターンの同時施工や連続施工の実施に対しては、道路管理者、電線管理者、施工業者のいずれもが施工期間の短縮に対する効果が期待できると考えている一方、その実施にあたってはスケジュール調整や、特に連続施工を行う場合に責任分担を明確にするための調整に時間と手間がかかると考えていることが明らかになった。

〔成果の活用〕

本研究の成果は、「無電柱化事業における合意形成の進め方ガイド（案）」の改定等における基礎資料として活用する予定である。

多様なニーズや新しい生活様式に対応した

道路空間の利活用に関する調査

Research on utilizing road spaces considering diverse needs and new lifestyles

(研究期間 令和3年度～令和4年度)

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

室 長 大城 温
Head OSHIRO Nodoka
主任研究官 橋本 浩良
Senior Researcher HASHIMOTO Hiroyoshi
研 究 官 長濱 庸介
Researcher NAGAHAMA Yosuke

The purpose of this research is to create lively road spaces that can solve regional issues and meet diverse needs. Through case studies related to the utilization of road spaces, technical knowledge is collected and organized, feedback is given to the site, and problem-solving efforts are researched and examined in order to promote the utilization of such spaces. In FY2021, “Collection of technical knowledge supporting the utilization of road spaces” and “Examination of issues for utilization of road spaces according to various needs” were conducted.

〔研究目的及び経緯〕

近年の社会・経済情勢の変化に応じて道路空間に対するニーズが変化している。道路に対し、歩行者が滞在し交流する賑わい空間となる「道」としてのニーズが高まっている。国土交通省では、“道路政策ビジョン『2040年、道路の景色が変わる』”に提示された「行きたくなる、居たくなる道路」を目指した施策を進めている。

国土技術政策総合研究所では、地域特有の課題や多様なニーズに応じた道路空間における賑わいの創出を実現するため、道路空間の利活用に関わる事例研究を通じ、技術的知見の収集・整理を行い現場へフィードバックするとともに、利活用推進に向け、各種課題の抽出と解決策に関する調査・検討を行っている。

令和3年度は、道路空間の利活用を推進するための、「道路空間の利活用を支える技術的知見の整理」、「多様なニーズに応じた道路空間の利活用のための課題と対処方法の整理」等を行った。

〔研究内容〕

1. 道路空間の利活用を支える技術的知見の整理

道路空間の利活用にあたり、解決が求められた課題と課題に対する有用な工夫を整理するため、道路空間の利活用事例を調査した。具体的には、過年度の調査資料、ウェブサイトや公表資料などを用いた文献調査により取組状況を調査した。さらに、一部の取組について関係者に対するヒアリングを行い、取組後の経過や最新情報を補完した(表-1)。

調査によって得られた課題と工夫について、道路空間の利活用に係る構想段階、事業化段階、運用段階の3段階に分け、道路構造・設置施設、体制・組織の構

築・運営、利活用資金の確保のどれに該当するかという観点から分類・整理した。

2. 多様なニーズに応じた道路空間の利活用のための課題と対処方法の整理

1.の結果を踏まえ、取組において解決ができなかった課題や安全性・利便性のさらなる向上のためのニーズを前述の3つの分類で併せて10程度選定し、国内外の先行事例を参考に、解決方策及び解決により期待される効果等を整理した。

〔研究成果〕

1. 道路空間の利活用を支える技術的知見の整理

道路空間の利活用に取り組んでいる事例それぞれに道路空間の状況、沿道地域の事情、ニーズ、課題が

表-1 調査対象事例

都市	地区または路線
岩手県大船渡市	大船渡地区
宮城県仙台市	宮城野通
新潟県南魚沼市	牧之通り
群馬県高崎市	高崎駅西口
千葉県柏市	柏の葉
東京都千代田区	大手町丸の内有楽町
東京都新宿区	西新宿
東京都港区	新虎通り
大阪府大阪市	うめきた
兵庫県神戸市	三宮中央通り
鳥取県鳥取市	市道駅前太平線
福岡県北九州市	魚町サンロード
埼玉県さいたま市	大宮駅西口
三重県津市	県道津停車場線
広島県福山市	市道福山駅西町線

様々であり、個々の地域の状況に応じた工夫と対応がなされ、取組が進められている。

これから取り組もうとする地域では、先行事例の取組を参考に、自身の地域の事情に合わせた取組方策を検討することが有用と考えられる。本研究では、先行事例における事業経緯、取組の目的、目的達成のための検討課題、課題解決に関わる対処方法をそれぞれ対応づけて技術的知見を整理することとした。これにより、これから取り組もうとする地域が自らの事情に応じて、関心ある技術的知見から個別事例における有用な工夫、工夫に関わる取組事例を参照しやすいよう配慮してとりまとめた（図-1）。

道路空間の利活用推進に向け、引き続き、不足する知見について、収集・整理・蓄積を行う予定である。

2. 多様なニーズに応じた道路空間の利活用のための課題と対処方法の整理

解決ができなかった課題や安全性・利便性のさらなる向上のためのニーズの選定結果は表-2の通りである。

例えば、①の電源、水道等の設置については、占用物件として設置している事例、道路附属物として設置された施設を二次利用している事例、道路区域外の公有施設等の電源、水道を活用している事例が見られた。利活用にあたり、どのような施設・設備が求められるか、施設・設備の位置づけ、設置主体はだれか、運用・維持・管理について、あらかじめ、まちづくりを担う自治体等とともに検討しておくことが求められる。

〔成果の活用〕

研究を通じて得られた技術的知見については、道路管理者、自治体職員、道路空間の利活用を検討する組織などの関係者向けの資料としてとりまとめ、現場へフィードバックすることを予定している。

また、解決ができなかった課題や安全性・利便性のさらなる向上のためのニーズについては、利活用推進のための、今後の研究企画や調査・検討の基礎資料とする予定である。

表-2 解決が期待される課題・利活用を見据えたニーズ

分類	解決が期待される課題 利活用を見据えたニーズ
道路構造 設置施設	① 飲食施設等の店を見据えた電源、水道等の設置
	② 賑わい空間としての夜間照明の明るさの確保
	③ 車道との一体利用を見据えた歩車道境界の段差の考え方
	④ イベントを想定した中央分離帯の構造（可動性確保）
	⑤ 道路空間全体のデザイン（歩車道境界、横断面構成、縦断的な施設の配置の考え方）
道路構造 設置施設 (占用に関わるもの)	⑥ 通常占用手続きの簡素化 手続き期間の短縮
	⑦ イベント等における新たな占用手続きの柔軟対応
体制・組織の 構築・運営	⑧ 構想段階から運用段階までの活動体制の構築と継続
	⑨ 利活用の効果計測方法
利活用資金の 確保	⑩ 活動継続のための安定的な財源の確保方策

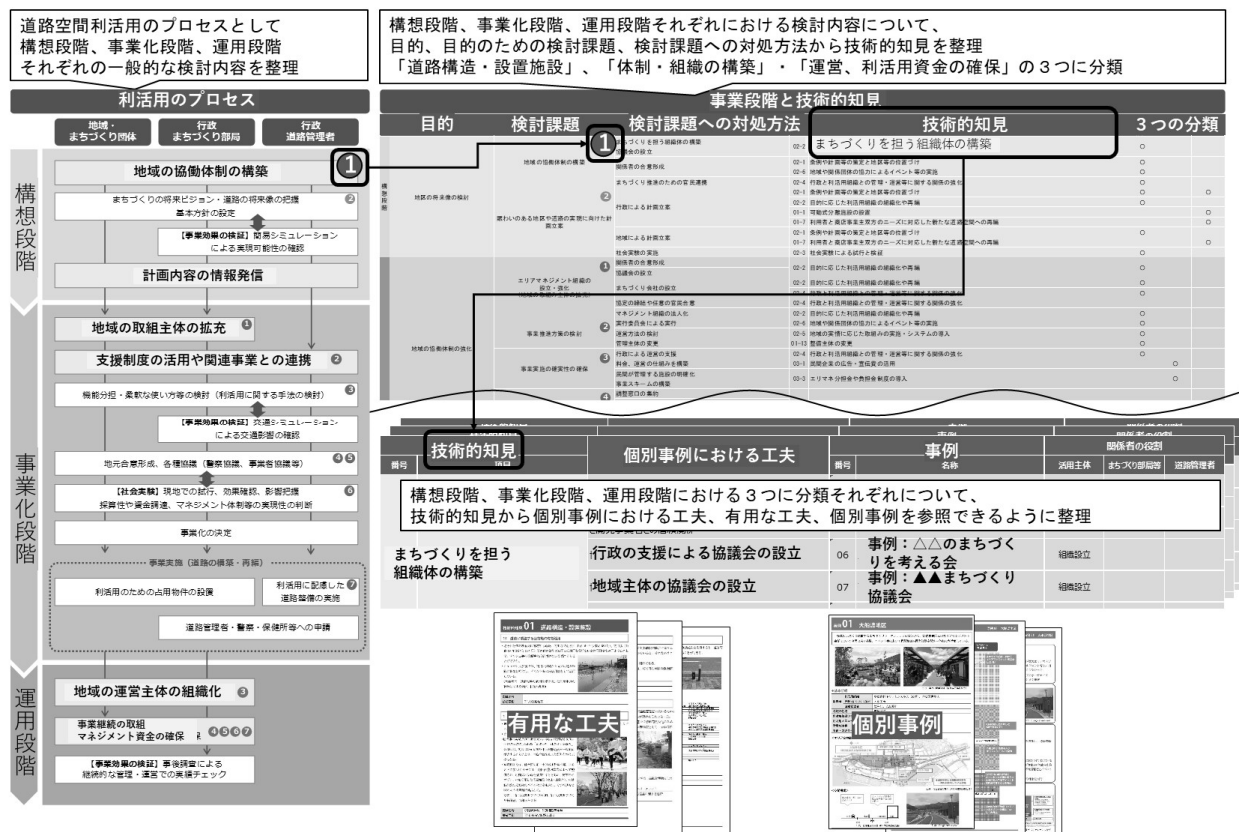


図-1 道路空間の利活用を支える技術的知見のとりまとめ例

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 on green infrastructure in road spaces

(研究期間 令和3年度～令和4年度)

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

室長	大城 温
Head	OSHIRO Nodoka
主任研究官	橋本 浩良
Senior Researcher	HASHIMOTO Hiroyoshi
研究官	長濱 庸介
Researcher	NAGAHAMA Yosuke

The purpose of this research is to promote green infrastructure efforts in road spaces. The content of the research is to develop a strategy for green infrastructure in road spaces for road administrators. In FY2021, “Case study on landscape improvement and shade formation by greening roads” and “Literature survey on technology related to rainwater storage and infiltration” were conducted.

〔研究目的及び経緯〕

社会資本整備や土地利用等のハード・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、令和元年に「グリーンインフラ推進戦略」を策定し、グリーンインフラの普及・促進に向けた取組みを進めている。道路空間においては、道路緑化が有する、景観向上機能、環境保全機能、交通安全機能、緑陰形成機能、防災機能等を向上・維持することで、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、道路管理者向けのグリーンインフラへの取組み方策をまとめるものである。令和3年度は「道路緑化の景観向上機能や緑陰形成機能を向上する取組みに関する調査」、「道路緑化に雨水の貯留浸透機能を付加する技術に関する調査」を行った。

〔研究内容〕

1. 道路緑化の景観向上機能や緑陰形成機能を向上する取組みに関する調査

道路空間におけるグリーンインフラの取組みの一つとして、道路緑化の景観向上機能や緑陰形成機能を向上する取組みが考えられる。樹木や草花等の植栽の充実、植栽の配置の工夫を行うことで、道路の利用者や沿道住民にとって快適な道路空間を形成することが期待できる。一方、景観向上機能や緑陰形成機能を維持するためには、道路管理者だけでは困難な場合があるため、沿道の関係者（例えば、公園管理者、民間事業者、まちづくり活動に取り組んでいる団体等）が連携することも有効だと考えられる。

そこで、道路緑化の景観向上機能や緑陰形成機能の向上又は持続的な維持を目的として道路管理者と沿道

の関係者が連携した道路緑化の取組みに関する事例調査を行い、取組みの内容や連携の仕組み等について整理した。そして、事例調査の結果から、道路管理者が景観向上機能や緑陰形成機能の向上・維持に取組む際に参考となる技術的知見について、計画・設計段階、供用・管理段階に分けて整理した。

2. 道路緑化に雨水の貯留浸透機能を付加する技術に関する調査

近年、雨水貯留浸透機能を付加した植栽帯の設置が試みられている（写真-1）。この植栽帯については、雨水を貯留浸透させる仕組みを持たせることで、生物の生息・生育地の創出、ヒートアイランド現象の緩和、良好な景観形成等の機能だけでなく、雨水の貯留浸透による冠水被害の軽減、雨水の流出抑制、地下水涵養等の機能も期待することができる。

そこで、道路管理者が雨水貯留浸透機能を付加した植栽帯の設置にあたり参考となる資料を作成するため、参考資料に取り上げる技術的知見の項目及び内容について、植栽に関する技術基準や雨水の貯留浸透に関する技術基準等の既存文献を参考に、企画・計画・設計・施工・維持管理の各段階で整理した。



写真-1 雨水貯留浸透機能を付加した植栽帯（雨庭）の事例
（左：京都市四条堀川交差点、右：同 堀川通）

〔研究成果〕

1. 道路緑化の景観向上機能や緑陰形成機能を向上する取組みに関する調査

事例調査の結果から整理した技術的知見について、表-1に示す。計画・設計段階においては、(1) 全体計画の策定に関する技術的知見、(2) 設計・供用・管理に向けた体制等の構築に関する技術的知見、(3) 全体計画を踏まえた道路空間の設計に関する技術的知見を整理した。供用・維持管理段階においては、2項目の技術的知見を整理した。

具体的には、快適な道路空間として目指す目標の設定として「上位・関連計画を確認し、夏季における暑熱環境の緩和、周辺の緑地をつなぐ緑のネットワーク形成、四季折々の景観を楽しめる歩行空間の形成、道路空間の活用につながる滞留空間の確保など、地域のまちづくりの課題と方向性を踏まえた目標設定に配慮することが必要である。」等の技術的知見を整理した。

2. 道路緑化に雨水の貯留浸透機能を付加する技術に関する調査

既存文献を参考に整理した技術的知見の項目案について、表-2に示す。雨水貯留浸透機能を付加した植栽帯を設置する際の技術的知見を示す必要がある項目について、企画・計画・設計・施工・維持管理の各段階で検討した。そして、各項目の具体的な内容について、既存の技術基準等の調査により整理した。なお、既存文献から得ることができない知見や根拠については、今後の課題として対応策を整理した。

〔成果の活用〕

本研究の成果は、道路管理者向けのグリーンインフラへの取組み方策をまとめる際の基礎資料として活用する予定である。

表-1 道路管理者が景観向上機能や緑陰形成機能の向上・維持に取組む際に参考となる技術的知見

段階	技術的知見の分類	技術的知見の項目
計画・設計段階	(1) 全体計画の策定に関する技術的知見	① 快適な道路空間として目指す目標の設定 ② 空間確保・緑化のための各種制度等の活用の検討 ③ 維持管理時に活用が考えられる各種制度等の検討 ④ 沿道等の関係者との連携等の考え方・留意点等 ⑤ 道路維持管理費のコスト縮減を見据えた空間設計
	(2) 設計・供用・管理に向けた体制等の構築に関する技術的知見	① 沿道等の関係者との連携体制づくり ② 連携による整備・維持管理を意識した検討 ③ 合意形成等の考え方・手法の検討
	(3) 全体計画を踏まえた道路空間の設計に関する技術的知見	① 樹木や草花等の植栽を充実させる工夫 ② 植栽の配置の工夫等の考え方・留意点 ・道路空間の夏期における暑熱緩和を意識した植栽計画 ・地域の歴史性、地理的位置づけ等を意識した植栽計画 ・利用者特性に配慮した植栽計画・施設配置計画 ③ 維持管理を考慮した設計
供用・維持管理段階	—	① 植栽の成長・変化を踏まえた管理の考え方・留意点 ② 沿道等の関係者との連携体制づくり

表-2 参考資料に取り上げる技術的知見の項目案（例として、企画～設計段階を示す）

段階	大項目	中項目	細目
企画	事業計画	事業の流れ	適用範囲、用語の定義、導入プロセス
		事業エリアの選定	道路空間での設置可能性の判断
		整備計画	整備手法、整備費（LCC含む）の算定、費用分担
		運用計画	管理者の引継ぎ、手続き、維持管理の役割分担、費用分担
計画	調査検討	既存資料調査	各種関連の法令、洪水ハザードマップ等の計画、既存施設との位置関係
		現地調査	浸透試験、ボーリングやサンプリング調査、水質調査 等
		設置可否の検討	雨水貯留浸透施設（従来型・緑化型）の設置適地の判断基準
	目標設定	雨水浸透効果 緑化目標	目標設定の方法 植栽計画
設計	雨水貯留浸透施設の構造検討	形式選定	選定フローを基に構造形式を選定
		植栽配置	樹種・樹形・樹高、植栽間隔、地上構造物や地下構造物への影響防止、留意事項
		土壌調査・分析	調査項目と方法、分析項目と方法
	雨水貯留浸透施設	植生基盤	種類、機能と構造
		種類・機能	雨水貯留浸透施設（従来型・緑化型）の機能、機能概要
		雨水浸透施設の能力算定	浸透能力の定量化、雨水浸透施設の設置による効果の下水道計画への見込み方
	雨水貯留浸透施設（緑化型）の設計	雨庭型 植栽樹型	雨水貯留浸透施設（緑化型）計画時の機能、構造要件、留意点
		雨水貯留浸透基盤	

地域環境特性に配慮したのり面緑化工に関する研究

Study on the slope revegetation method for the conservation of regional ecosystems

(研究期間 令和2年度～令和4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
Research Center for Infrastructure Management
Landscape and Ecology Division

室長 大石 智弘
Head OHISHI Tomohiro
主任研究官 飯塚 康雄
Senior Researcher IIZUKA Yasuo

The objective of this study was to enhance technical knowledge of and compile technical materials on slope revegetation methods that do not use nonnative plants in consideration of the conservation of regional ecosystems. In fiscal year 2021, a nationwide vegetation study was conducted on sites where the using topsoil method, natural plant invasion method, and local planting stocks method, which are slope revegetation methods that do not use non-native species, as well as the vegetation base material spraying method, which uses non-native pasture seed species, were implemented. The study showed that the percentage of vegetation cover for established vegetation communities was 80% or more and the community height was generally good at 2 to 26 m, although some cases of poor vegetation conditions resulting from damage caused by animals were identified. Also, over 10 years have passed since plant succession was executed, and the study suggested that it is progressing steadily.

〔研究目的及び経緯〕

のり面緑化では、生物多様性保全の必要が高い地域において、従来の外来牧草類を主体とした緑化に対し、外来種による希少在来種の被圧や生態系の攪乱等を抑制する緑化工が導入されつつある。しかし、これらの工法は植物材料を使用しない植生基盤の施工が中心であり、目標とする植生を達成できるかについての判断基準が明確でないことが普及上における課題である。また、近年では、シカやイノシシ等の生息数の増加に伴って、食害や踏み荒らしによる被害が増加していることも問題となっている。

そのため、過去に施工されたのり面緑化工で成立した植生を把握することにより、植生遷移の過程と周辺植生との調和に対する効果検証を行うとともに、害獣別の効果的な対策工を検討することで、地域環境に配慮したのり面緑化工に関する技術的知見の充実と技術資料をとりまとめることを目的としている。

〔研究内容〕

外来種を使用しないのり面緑化工である以下の工法を施工したのり面を対象として、施工後に成立した植生状況と植生遷移を把握するための植生調査を実施した。

- 表土利用工：施工地周辺の森林等から採取した表土をのり面の植生基盤として活用し、その表土に含まれている埋土種子から植生の成立を期待する工法
- 自然侵入促進工：のり面の表層侵食を抑制するとともに周辺から飛来する種子を捕捉するためのマット等を敷設し、自然に依存して植生を回復する工法
- 地域性種苗利用工：施工地周辺に自生する植物の種子

表-1 のり面緑化工の調査地数

地 域	工法 表土利用工		自然侵入促進工		地域性種苗利用工		植生基材吹付工		合計	
	調査地箇所	調査地箇所	調査地箇所	調査地箇所	調査地箇所	調査地箇所	調査地箇所			
北海道	1	1	2	4	3	5			6	10
東 北	6	8	8	9	3	4	10	15	27	36
関 東	3	3	9	14	1	1	13	17	26	35
北 陸	1	1	2	2					3	3
中 部	1	3	1	1			1	1	3	5
近 畿	5	12	4	8	1	1			10	21
中 国	5	12	7	13			3	4	15	29
四 国	2	2	3	6					5	8
九 州	3	5	7	11	3	4			13	20
沖 縄	1	1	1	2	3	4			5	7
合 計	28	48	44	70	14	19	27	37	113	174

※表土利用工は令和2年度調査分も含む

等を採用し、植物材料として植生基材に混入して吹き付けることにより植生を成立させる工法

また、外来種である牧草種子を使用した植生基材吹付工を施工したのり面についても植生調査を行った。

調査地の選定は、のり面緑化工により成立する植生が地域で異なることから全国を対象とした(表-1)。ただし、表土利用工については令和2年度に調査できなかった北海道と沖縄を対象とし、結果の整理において全国とした。なお、1 調査地で異なる優占種が存在した場合は複数の調査箇所を設定したことから、調査地数と箇所数は異なる。主な調査項目は、のり面構成、施工方法、成立植生、周辺植生(50m程度の範囲)、施工後の維持管理、獣害の有無等とし、1 箇所における調査範囲はのり面全体で優占する植生を代表できる幅5m×のり長2m程度とした。

〔研究成果〕

1. のり面植生の植被率と群落高

施工後月数における植被率を図-1、群落高を図-2に示

す。植被率は、施工後10年以上を経過し、多くの調査地で80%以上に達したが、表土利用工と自然侵入促進工では獣害と植栽基盤の流亡により不良となっている箇所が確認された。このうち、自然侵入促進工で施工され裸地に近い状態の調査地では、地山が軟岩で植物の根系が侵入しにくい条件において植生マットのみが植栽基盤となる造成であったことから、イノシシの掘り返し被害を受けた際に植栽基盤の全面的な流亡につながったと考えられた。群落高は、0.5~26mまで幅広い範囲で確認された。植生基材吹付工では施工後年数が30年以上経過しているのり面が多いことから、他工法よりも高い調査地がみられた。また、群落高が2mに達しない箇所も多くあるが、これらは獣害やクズの被覆による成長阻害を受けて植生不良となった箇所を除き、多くは道路等の立地環境に応じて必要となる草刈りによる抑制管理が行われたもので植生は良好であった。

2. のり面に成立した植生群落

のり面に成立した植生群落を代表する主な優占種について、のり面緑化工法別に森林帯(温度指数による区分)毎に表-2に示す。全ての工法で確認された優占種は、ヌルデ、ススキ、コナラ、アカメガシワ、ミズキ類、ハゼノキ類の6種であった。また、ヤシヤブシ類、ヤマハンノキ類、アカマツ、オニグルミ、ネムノキ、ウツギの6種は3工法、さらに19種が2工法、15種が1工法で確認された。森林帯別では、冷温帯でシラカンバ、カラマツ、ミズナラ等、亜熱帯でリュウキュウマツ、オオバギ、シマグワといった地域特有の在来種が確認された。本調査において確認された種の多くは植生遷移の先駆種に位置づけられるものの、暖温帯ではコナラ、クリ、ヤマザクラ、ケヤキ等の陽樹やアラカシ、シラカシ等の陰樹の広葉樹林を構成する種も確認され、のり面植生の遷移が進行し周辺樹林と調和が図られつつあると考えられる。

一方、シカの食害を受けた調査地では、低木林からササガヤが優占する草本植生に退行遷移する事例やイノシシの掘り返しによる植栽基盤の流亡が確認された。また、自然侵入促進工として設置された植生マットが地山の軟岩から剥離して流失することで植生が衰退する事例もあった。さらに、つる植物のクズがのり面植生の全面を覆うことで他の植物の成長を被圧している事例や侵略的外来種であるニセアカシアが優占する事例も確認された。

のり面緑化における植生遷移を順調に進行させるためには、のり面条件に応じた適正な工法選択、獣害対策や侵略的な植物の駆除等の維持管理が重要であることが再認識された。

【成果の活用】

本結果は、今後の継続調査によりデータを蓄積したうえで、緑化目標となる植生成立に導くための維持管理技術や留意点を明らかにし、地域生態系に配慮したのり面緑化方法の構築に活用する予定である。

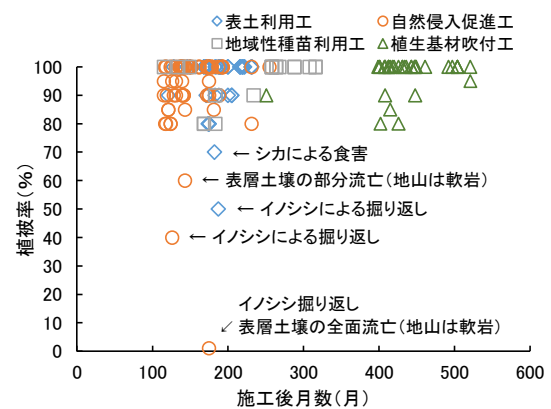


図-1 施工後の経過月数と植被率

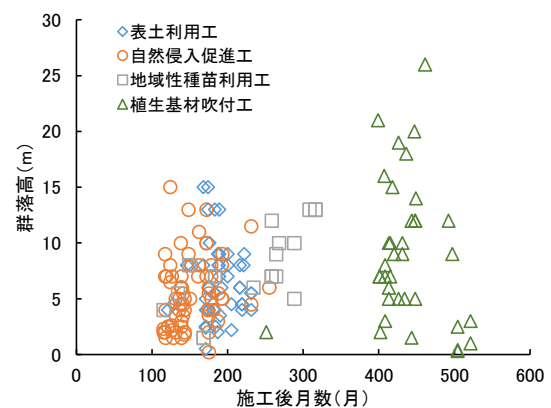


図-2 施工後の経過月数と群落高

表-2 のり面の植生群落における主な優占種

優 占 種	表土利用工				自然侵入促進工				地域性種苗利用工				植生基材吹付工			
	冷温帯	暖温帯	亜熱帯	亜熱帯	冷温帯	暖温帯	亜熱帯	亜熱帯	冷温帯	暖温帯	亜熱帯	亜熱帯	冷温帯	暖温帯	亜熱帯	亜熱帯
ヌルデ	◎	◎			◎	◎			◎	◎			◎	◎		
ススキ					◎								◎	◎		
コナラ					◎	◎	◎						◎	◎		
アカメガシワ					◎	◎							◎	◎		
ミズキ類					◎	◎							◎	◎		
ハゼノキ類					◎								◎	◎		
ヤシヤブシ類	○	○			○	○							○			
ヤマハンノキ類	○	○			○	○			○							
アカマツ					○										○	
オニグルミ					○										○	
ネムノキ					○										○	
ウツギ					○								○			
オノエヤナギ	◇	◇			◇	◇										
ウリハダカエデ					◇	◇			◇							
バコウヤナギ		◇			◇	◇										
タラノキ		◇			◇	◇										
カラマツ	◇				◇											
エノキ		◇													◇	
カラスザンショウ		◇				◇										
キリ		◇			◇											
クマイチゴ		◇													◇	
クリ		◇													◇	
タニウツギ		◇				◇										
ムクノキ		◇													◇	
リュウブ		◇				◇										
シラカンバ					◇				◇							
イタヤカエデ					◇										◇	
イヌシデ						◇									◇	
ウミズザクラ						◇									◇	
ヤマザクラ									◇						◇	
リュウキュウマツ			◇				◇									
イイギリ	△	△														
フサザクラ					△	△										
センダン												△	△			
ニセアカシア															△	△
ヤマナラシ		△														
ヒメコウゾ		△														
ミズメ						△										
アラカシ						△										
ヤマボウシ						△										
ミズナラ											△					
ケヤキ																△
シラカシ																△
ヒノキ																△
オオバギ														△		
シマグワ																△

※表中の記号は確認された工法数により、◎を4工法、○を3工法、◇を2工法、△を1工法とした。

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
Research Center for Infrastructure Management
Landscape and Ecology Division

室長 大石 智弘
Head OISHI Tomohiro
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. In fiscal year 2021, existing methods for quantitatively evaluating the functions of revegetation of road areas, which included evaluations of urban green spaces in both domestic and overseas locations, were consolidated, and the current status of green space management data required for evaluation was identified. As a result of this study, details on the “I-Tree Eco,” “CTLA,” and “GI-Val” evaluation methods were organized, and reflected in evaluation formats for the current status of roadside trees. Furthermore, the evaluation formats were revised for improvement after responding to issues found by field trials.

〔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、道路緑化における定量的な機能評価手法と、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、現場で活用できる技術資料をとりまとめることとしている。

〔研究内容〕

1. 道路緑化の機能評価手法に関する調査

道路緑化技術基準に示されている緑化機能について、適用可能となる評価手法として①心理測定法、②外部経済評価法、③シミュレーションに基づく評価手法、④交通データ解析に基づく評価手法、⑤評価関数に基づく評価手法、⑥樹木や緑化の専門家による評価手法に6分類した上で、国内外の論文や既存文献等から各2～5種の評価手法を収集した。さらに、「データ収集・入力の手易性」、「対外的な説明力」、「明確性（代替案の比較可否）」および「評価対象の多機能性」の観点から3手法を抽出

してヒアリング調査により詳細な内容や評価事例を把握した。

2. 道路緑化のデータベースに関する調査

道路緑化の管理台帳について、道路管理者を対象としたヒアリング調査により記載項目と内容等を整理した。調査は、国、都道府県、市町村から5つの管理者を対象として行い、街路樹管理における課題や要望についても把握した。調査結果を基に、道路緑化の機能評価にあたって活用可能となるデータの記録について把握した。

3. 街路樹の機能評価に関する試行調査

道路緑化の機能評価に関する調査結果と道路緑化のデータベース調査結果を踏まえ、街路樹の緑化機能に関する現況評価様式を試案した。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。

〔研究成果〕

1. 道路緑化の機能評価手法に関する調査

道路緑化の機能評価手法として「i-Tree Eco（米国）」、「CTLA（米国）」、「GI-Val（英国）」を抽出し、概要、長短所、道路緑化における適用可能性を整理した（表-1）。

i-Tree Eco 及び GI-Val は、都市緑地の生態系サービスを定量的に評価できる手法で、特に i-Tree Eco は街路樹に特化した機能評価が行えるとともに日本での街路樹評価が試行されていることなど、適用可能性を有して

表-1 樹木の機能評価手法

名 称	・i-Tree Eco	CTLA(Council of Tree and Landscape Appraisers)	・Gl-Val(Mersey Forest's Green Infrastructure Valuation Toolkit)
開 発 者	・米国農務省フォレストサービス	・米国の樹木コンサルティング協会、造園建設業者の専門家等からなる評議会	・経済開発、都市開発、自然環境保護を目的とした英国のコンソーシアム
概 要	・都市緑化の構造、環境への影響、地域社会にとっての価値を定量化するアプリケーションツールであり、大気汚染、気象データ等の基礎データが搭載されている。 ・URLのサイトから使用登録(無料)を行った上で、アプリケーションからダウンロードし、樹木に関する実測データを入力することで、生態系サービスが提供する定量的な価値が算出される。	・樹木の経済的価値を算出する評価方法であり、評価目的に応じて原価法、収益法、取引価格比較法を用いる。 ・樹木の形状により設定する基礎価値に、樹種・健全度・場所的価値等の係数を掛け、貨幣価値を求める。	・グリーンインフラの価値を評価するためのツール。 ・URLのサイトに無償で公開されている算定ツール(Excelファイル)をダウンロードし、データを入力することで各種係数や原単位等を元に自動計算がなされ、「費用便益評価」のシートが作成される。 ・既存の緑地の資産価値を評価するだけでなく、整備後の資産価値も評価することができる。
長 所	・街路樹を含む都市樹木に特化した機能別評価が可能である。 ・他の評価手法と比較して、相対的に多機能な評価が可能である。 ・現地調査を全数調査・標本調査等、収集状況に応じて柔軟に対応可能である。 ・現地調査ではモバイル機器が活用できる。	・樹木の評価額という相対的に判断しやすいアウトプットが得られる。 ・幹の断面積が算定基準となり、他の入力データが少ないため、評価が迅速に行える。 ・樹木の状態(健全性・樹体構造・樹木形状)や植栽地の制約条件について、個別の評価基準が示されており、街路樹管理における基礎データとして活用できる。	・街路樹を含むプロジェクト対象地の総合的评价が可能である。 ・他の評価手法と比較して、相対的に多機能な評価が可能である。また、定量的な評価だけでなく、定性的な評価についても可能である。 ・街路樹に関する必要なインプットデータとしては、樹木の被覆面積のみでデータ取得が容易である。
短 所	・算出された定量的な結果の妥当性について、必ずしも実測値等を用いた十分な検証はされていない。 ・入力データは現地調査から取得することを前提としたものが多いため専門調査員が必要である。 ・計算におけるパラメーターの多くがアメリカ基準であり、日本で適用する場合は気象や大気、エネルギー価格等のデータを別途用意する必要がある。 ・倒木等によるマイナスの評価(経済的損失)は評価できない。	・基礎となる樹木価格がないと算出できない。樹木価格が対象木との形状に差があると誤差が大きくなる。 ・入力データは現地調査から取得する樹木の品質や状態、植栽環境であり、専門的知識を有する調査員が必要である。 ・評価は基本的に樹木そのものの状態に基づく価格であり、外部に与える緑化機能については対象外である。	・算出された定量的な結果の妥当性について、必ずしも実測値等を用いた十分な検証はされていない。 ・街路樹に特化した評価手法ではなかったため、街路樹単木や詳細な評価は望めない。 ・独自データ(例えば道路台帳や現地踏査から得られたデータ)への柔軟な対応ができない。 ・倒木等によるマイナスの評価(経済的損失)は評価できない。
道路緑化の適用性	・大気汚染物除去、炭素固定、炭素蓄積、雨水流出削減の物理量の算出に活用できる。 ・樹木の評価基準票による現場対応が可能。	・樹木形状と健全度に応じた樹木原価としての評価に活用できる。 ・樹木の評価基準票による現場対応が可能。	・街路樹のみの評価には適用が困難。

いると考えられた。ただし、街路樹による見通し阻害や倒木等の交通の安全性に対するマイナス面の評価は含まれていなかった。また、CTLA は評価時点での街路樹の樹木形状や健全性から樹木価格として算出する手法であり、その適用可能性を確認できた。なお、3 手法ともに評価結果の妥当性については精度検証が必要と考えられた。

2. 道路緑化のデータベースに関する調査

調査対象とした全ての管理者は、独自のマニュアルを策定の上で街路樹の維持管理を行っており、データ管理方法は表計算ソフト（位置図は紙ベース）が3者、GISシステムが2者であった。把握している樹木情報としては、樹種、樹高、幹周、枝張りが基本となっていたが、樹高と枝張りは記録していない管理者があった。ただし、5者ともに街路樹の点検・診断を独自の様式で実施しており、この項目には樹木情報が全て記録され、健全性や樹体構造の脆弱性なども把握されていた。これらのデータは街路樹の機能評価に活用できるものであったが、視認性の障害や根上りによる舗装への障害などの負の影響に関する記録は不足していた。

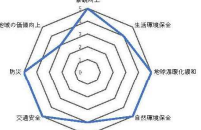
3. 街路樹の機能評価に関する試行調査

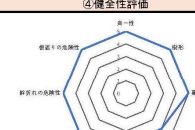
街路樹の機能評価に関する現況評価様式は、ポジティブ評価としての「緑化機能」、ネガティブ評価としての「道路・交通への影響評価」、「街路樹の周辺環境等への影響」、「街路樹の健全性評価」の4分類で構成した試案を作成した(図-1)。さらに、現地での試行により把握した適用性や効率性の課題に対応できるよう各項目を8説明項目に細目化し、それぞれを5段階評価とすることとした。5段階評価は、二酸化炭素固定や緑陰形成(気温抑制)等の物理量を定量的に示す基準と、景観や地域の価値向上等の印象を定性的に判別できる項目を基準として試行的に作成したが公表できるまでは至っていない。なお、

街路樹の現況評価票

管理主団体	〇〇市	路線名・区間	〇〇線
路線名・区間	〇〇	区間延長	〇〇m
緑化目標	〇〇		

基本データ			
樹種	樹木形状	■ A □ B □ C □ D □ E	
土地利用	■ 住宅地 □ 商業地 □ 工業地 □ その他	活力度	■ A □ B □ C □ D □ E
植栽年次		健全度	■ A □ B □ C □ D □ E
道路幅員	車道 〇〇m 歩道 〇〇m	病虫害	■ 無 □ 有 (病名・虫名)

現状評価																																	
①機能評価	②道路・交通への影響評価																																
例  <table border="1" style="width:100%; margin-top: 10px;"> <tr><td>景観向上機能</td><td>5</td><td>緑地形成機能</td><td>4</td></tr> <tr><td>生活環境保全機能</td><td>4</td><td>交通安全機能</td><td>4</td></tr> <tr><td>地球温暖化緩和機能</td><td>5</td><td>防災機能</td><td>3</td></tr> <tr><td>自然環境保全機能</td><td>5</td><td>地域の価値向上機能</td><td>3</td></tr> </table> ・下核判定により樹冠に若干の欠けはあるものの、自然樹冠に近く育ちもあり、景観に優れる	景観向上機能	5	緑地形成機能	4	生活環境保全機能	4	交通安全機能	4	地球温暖化緩和機能	5	防災機能	3	自然環境保全機能	5	地域の価値向上機能	3	例  <table border="1" style="width:100%; margin-top: 10px;"> <tr><td>縦上りによる緑石・積装損傷</td><td>-5</td><td>道路照明との競合</td><td>-1</td></tr> <tr><td>道路建設阻害との競合</td><td>-5</td><td>ガードレール等との競合</td><td>-1</td></tr> <tr><td>沿道建築物・施設との競合</td><td>-4</td><td>沿道建築物・施設との競合</td><td>-1</td></tr> <tr><td>視認・見通し阻害</td><td>-1</td><td>視認・見通し阻害</td><td>-1</td></tr> </table> ・街路樹の大径化が進んでおり、縦上りや架空線との競合等の弊害がみられる。	縦上りによる緑石・積装損傷	-5	道路照明との競合	-1	道路建設阻害との競合	-5	ガードレール等との競合	-1	沿道建築物・施設との競合	-4	沿道建築物・施設との競合	-1	視認・見通し阻害	-1	視認・見通し阻害	-1
景観向上機能	5	緑地形成機能	4																														
生活環境保全機能	4	交通安全機能	4																														
地球温暖化緩和機能	5	防災機能	3																														
自然環境保全機能	5	地域の価値向上機能	3																														
縦上りによる緑石・積装損傷	-5	道路照明との競合	-1																														
道路建設阻害との競合	-5	ガードレール等との競合	-1																														
沿道建築物・施設との競合	-4	沿道建築物・施設との競合	-1																														
視認・見通し阻害	-1	視認・見通し阻害	-1																														

③周辺への影響評価	④健全性評価																																
例  <table border="1" style="width:100%; margin-top: 10px;"> <tr><td>景観(街並み要素)</td><td>-3</td><td>生物多様性(昆虫等)</td><td>-1</td></tr> <tr><td>生活環境(臭気)</td><td>-1</td><td>生活環境(臭気)</td><td>-3</td></tr> <tr><td>交通安全(歩行者)</td><td>-1</td><td>交通安全(歩行者)</td><td>-1</td></tr> <tr><td>防犯(防犯カメラ)</td><td>-1</td><td>防犯(防犯カメラ)</td><td>-1</td></tr> </table> ・特になし。	景観(街並み要素)	-3	生物多様性(昆虫等)	-1	生活環境(臭気)	-1	生活環境(臭気)	-3	交通安全(歩行者)	-1	交通安全(歩行者)	-1	防犯(防犯カメラ)	-1	防犯(防犯カメラ)	-1	例  <table border="1" style="width:100%; margin-top: 10px;"> <tr><td>同じ樹種・植栽時期の場合、樹高や樹形に育一性があるか</td><td>5</td><td>根の生育</td><td>4</td></tr> <tr><td>樹根の目録樹形と比べて、良好な樹形を保っているか</td><td>5</td><td>落枝の危険性</td><td>5</td></tr> <tr><td>葉の生育</td><td>5</td><td>幹折れの危険性</td><td>5</td></tr> <tr><td>花・葉の生育</td><td>4</td><td>根返りの危険性</td><td>5</td></tr> </table> ・ぶら下がり枝や樹皮の欠損等が少しみられる。	同じ樹種・植栽時期の場合、樹高や樹形に育一性があるか	5	根の生育	4	樹根の目録樹形と比べて、良好な樹形を保っているか	5	落枝の危険性	5	葉の生育	5	幹折れの危険性	5	花・葉の生育	4	根返りの危険性	5
景観(街並み要素)	-3	生物多様性(昆虫等)	-1																														
生活環境(臭気)	-1	生活環境(臭気)	-3																														
交通安全(歩行者)	-1	交通安全(歩行者)	-1																														
防犯(防犯カメラ)	-1	防犯(防犯カメラ)	-1																														
同じ樹種・植栽時期の場合、樹高や樹形に育一性があるか	5	根の生育	4																														
樹根の目録樹形と比べて、良好な樹形を保っているか	5	落枝の危険性	5																														
葉の生育	5	幹折れの危険性	5																														
花・葉の生育	4	根返りの危険性	5																														

資産的評価(CTLA法)	雨水流出抑制量(=Tree eco)
円	m³/年

図-1 街路樹の現況評価様式（試案）

CTLA による樹木価格、i-Tree Eco による雨水流出抑制
量については参考として記載した。

[成果の活用]

街路樹の現況評価様式は、試行を積み重ねて道路管理者が活用できる内容に改善する予定である。

領域 6

交通事故等から命を守る

生活道路対策エリアにおける交通安全の向上に関する調査

Research on improvement of traffic safety on residential roads

(研究期間 令和元年度～令和3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	小林 寛
Head	KOBAYASHI Hiroshi
主任研究官	池田 武司
Senior Researcher	IKEDA Takeshi
研 究 員	村上 舞穂
Researcher	MURAKAMI Maho
交流研究員	平川 貴志
Guest Research Engineer	HIRAKAWA Takashi
交流研究員	森 文香
Guest Research Engineer	MORI Fumika

Insufficient knowledge of safety methods on residential roads prevent road administrators from installing them. In this study, we propose the method of installing devices such as humps in snowy cold region through case studies, and the shape of hump which is appropriate for high speed route through driving experiment. Also, we estimate the effect of reducing traffic congestion on outer roads to reduce shortcut traffic into residential area.

〔研究目的及び経緯〕

生活道路における交通安全の対策は、対象エリアにおいて、速度規制等の交通規制、ハンプや狭さく等の物理的デバイスの設置、及び外周道路の円滑化対策を適切に組み合わせ、エリア内走行車両の速度抑制や、エリアを通過する交通の抑制を図ることが基本となる。このうち物理的デバイスや外周道路対策については、導入の方法や効果に関する知見が乏しい状況にあり、道路管理者が導入を躊躇する一因となっている。本研究は、生活道路における交通安全対策のさらなる普及のために、設置にあたっての知見や、対策効果をまとめるものである。

過年度は、ハンプの施工方法や、エリア外周道路における海外の対策事例について整理するとともに、複数のハンプを連続設置した際の速度抑制効果や、各種対策実施時の通過交通抑制効果についてとりまとめた。

〔研究内容〕

今年度は、①積雪地域での物理的デバイス設置・管理方法、②エリア外周の幹線道路の渋滞対策による通過交通抑制効果、及び③速度を40km/hに抑制するハンプ形状の案についてとりまとめた。

①については、積雪に対応した設置や管理を実施している北海道や北陸の7箇所を対象に、道路管理者や除雪業者へのヒアリングや現地調査により、設置・管理方法の整理や、夏冬の交通状況の比較を実施した。②については、エリア内での交通安全対策と同時期に外周道路で渋滞対策（交差点改良）を実施した2箇所において、道路管理者のヒアリングにより対策の目的

や内容について把握するとともに、ETC2.0プローブ情報を用いて、対策前後の通過交通の割合の比較を行い、通過交通抑制の効果を整理した。③については、30km/h超の車両を減速させることを目的とする従来ハンプより、高さや傾斜部の勾配を緩和した4つのハンプ代替案について、試験走路で被験者に実走させる実験を実施し、速度の変動や被験者の主観（不快感や危険感）を取得して、各代替案の比較を行った。

〔研究成果〕

1. 積雪地域での物理的デバイス設置・管理方法

現地調査や、道路管理者・除雪業者へのヒアリングによる調査結果の概要を表-1に示す。

調査対象箇所のうち、北海道では、機械除雪（除雪グレーダによる除雪と、ロータリー・ダンプによる運搬排雪）を実施していた。ハンプ設置箇所ではブレードを上げることで、支障なく除雪を実施しており、この操作の目印として、ハンプ位置にポール等を設置することが望ましいことがわかった。

一方、北陸の調査対象箇所では、消雪パイプを設置し、散水により、融雪を実施していた。このうちハンプの例では、通常は道路の縦断方向に沿って散水ノズルを設置するところ、ハンプの平坦部上で横断方向に設置する工夫がされていた（図-1）。

通過車両の速度について、物理的デバイス設置箇所の夏期と冬期、及び同箇所近傍の物理的デバイス未設置箇所（夏期）の間で比較したところ、物理的デバイス設置箇所の方が速度が抑制され、冬期（圧雪路面）ではさらに速度が抑制される状況が観測された（図-2）。

表-1 調査結果の概要

	地域	デバイス	冬期管理の特徴
冬期も存置	北海道	ハンプ	機械除雪
		ハンプ	機械除雪
		ハンプ	機械除雪
	北陸	ハンプ	消雪パイプ(新設)
		狭さく	消雪パイプ(既存)
撤去	北海道	狭さく	狭さく(ラバーポール)を撤去
	北陸	ハンプ	ハンプ(可搬型)を撤去

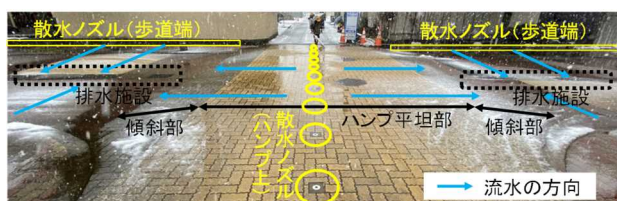


図-1 消雪パイプの設置事例

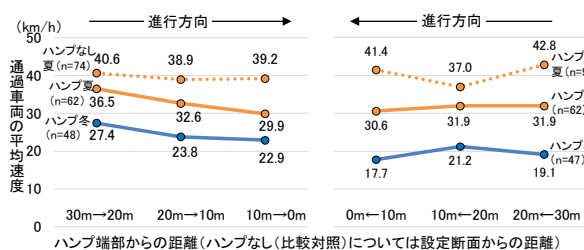


図-2 ハンプ通過車両の速度比較（圧雪箇所の例）

2. 外周幹線道路の渋滞対策による通過交通抑制効果

調査箇所のうち、A地区の結果を示す。図-3の断面①⇔断面②を通過する車両が、交差点aの渋滞を避けるため、手前の交差点でエリア内の生活道路に進入、通過する状況にあった。交差点aにおいて、渋滞対策として、北行きの右折車線を26m延伸する対策を実施するとともに、信号現示の調整を実施している。

ETC2.0プローブ情報により分析した結果、まず、この対策により、交差点付近の速度が改善していることを確認した（図-4）。次に、断面①～断面②を通過する車両について、エリア内を一部でも通行した車両の割合（エリア内通行車両割合）を算出した結果、断面①→断面②については対策後5.1%→3.2%（△1.9）、②→断面①については、14.9%→10.0%（△4.9）に減少していることを把握した（図-5）。以上より、小規模な交差点改良であっても、通過交通抑制に寄与する可能性が示唆された。



図-3 A地区の概要

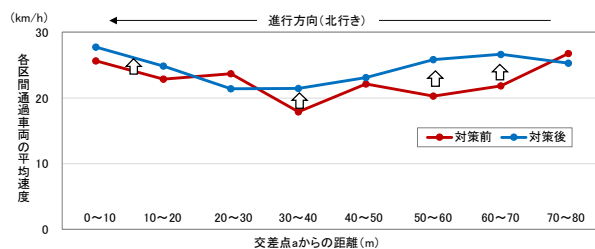


図-4 交差点a北行き車両の速度の変化（ピーク時1時間における各区間通過車両の平均速度）

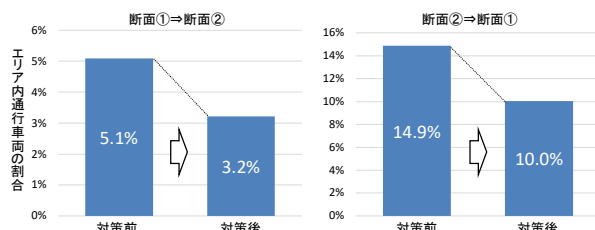


図-5 断面①～②間のエリア内通行車両割合の変化

3. 速度を40km/hに抑制するハンプの形状検討

各形状別の、危険感と不快感の結果を図-6に示す。いずれの形状でも、走行速度（ハンプ手前45mまでの指示速度）が高いほど、危険感や不快感が高いこと、及び30km/hと40km/hの差より、40km/hと50km/hの差が大きかったことがわかった。すなわち、40km/hを超えた場合に危険感や不快感が高まることから、40km/hを超える車両を減速させる効果を示すことが示唆された。

ただし、形状によっては、傾斜部が長いために50km/hでも不快感がやや低いもの（10cm-3.3%）や、高さが低いため警戒せず進入し、ハンプ進入時に急減速するとともに、40km/hでも不快感が高いもの（5cm-5%）がみられた。これらの結果の精査とともに、騒音や振動の面について、引き続き検討が必要である。

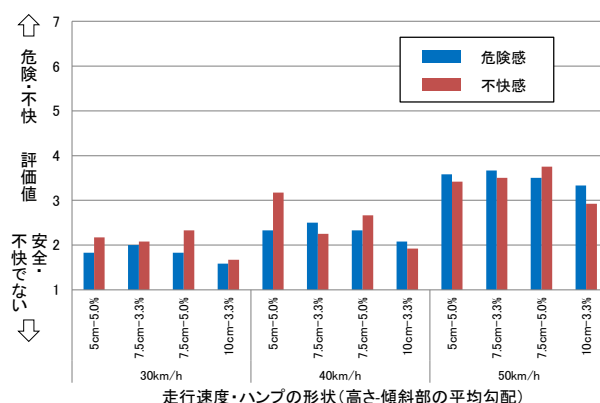


図-6 被験者の危険感・不快感（7段階評価による12名の被験者の回答の平均値）

〔成果の活用〕

本研究の成果の一部を、「ハンプの施工に関する参考資料（案）」（R3.12）として公表するとともに、「ゾーン30プラスセミナー」（R4.1）等を通じて、全国の道路管理者や技術者へ周知を図っている。

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	室 長	小林 寛
Road Traffic Department	Head	KOBAYASHI Hiroshi
Road Safety Division	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、道路標識や道路照明等の構造的な点検に加え、交通安全施設としての機能の発揮に重点を置いた効率的な点検・維持管理手法の確立が求められている。

国土交通省では、防護柵、道路標識、道路照明等の交通安全施設の技術基準、ガイドライン等を作成しており、国土技術政策総合研究所では、技術基準、ガイドライン等の作成を支援するため、交通安全施設に求められる性能、整備の考え方、維持管理手法について検討を行っている。

本研究は、維持管理費の低減を考慮した交通安全施設の適切な維持管理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に関する初期性能と維持性能、その効率的な評価方法を検討するものである。

【研究内容】

令和3年度は、各交通安全施設の性能や構造、維持管理方法等に関する諸外国の技術基準等を整理するとともに、視認性に関する技術動向の調査を行うことにより、交通安全施設の適切な運用に向け、必要な知見を整理し、今後の方向性を整理した。

【研究成果】

1. 諸外国の技術基準等の調査

交通安全施設として夜間にも機能を発揮する、道路標識、視線誘導標、区画線の3施設について、アメリカ、イギリス、オーストラリア、EUを対象として、性能や構造、維持管理方法等に関する技術基準等を調査した。

特徴的な記載のあったアメリカとイギリスについて、今回調査した範囲内での主な結果を表-1に示した。各

交通安全施設は仕様の一部として反射性能を規定しつつ、形状や色、材料等も概ね仕様が定められていた。形状や色、材料等の仕様の規定することで、使用目的に応じた使い分けをしており、統一感を重視していると考えられる。特徴的な性能の設定を以下に示す。

【視線誘導標；アメリカ】

- ・1,000フィート（約300m）の距離で視認可能（ヘッドライトの光が反射体に反射して、ドライバーの目の位置に帰ってくること（再帰反射）が可能。）

【区画線；イギリス】

- ・プレビュー時間（60歳以上の運転者が最低1.8秒手前（2.2秒手前が望ましい）から視認できる）により、速度制限ごとに必要となる視認距離を提示

日本においても、視認可能な距離の設定として、制動停止視距を用いたり、プレビュー時間のように、道路標識を視認後に判断して動作する時間に基づく距離を設定することで、交通安全上必要な視認性能の設定は可能ではないかと考えられる。さらに、その性能を有する仕様の提示することで、統一性のある施設を設置でき、道路利用者が直感的に認識しやすい情報（共通のサインのようなもの）を提供できると考えられる。

また、施設を供用中に視認性能を評価（維持管理）する方法として、目視調査による主観的な方法と計測等による客観的な方法があり、これらの特徴的な方法を以下に示す。

【道路標識；アメリカ】

- ・予想寿命法：各標識の寿命により交換
- ・ブランク交換法：グループ内で最も短い寿命の標識に合わせて一括交換
- ・コントロールサイン法：サンプル標識を設定して反射輝度を計測してグループ内を一括交換

【視線誘導標；イギリス】

- ・日中と夜間に目視調査を行い、10個のサンプルを現地から取り外して光度を計測

日本において、効率的な維持管理方法として、予想寿命法やブランケット交換法を適用する場合、設置年等の情報の管理が課題ではないかと考えられる。

2. 交通安全施設の視認性に関する技術動向

近年の技術動向を 20 事例程度調査することで、現状

において求められている技術や製品を把握した。

道路標識と区画線は、効率的な点検等の実施が求められていると考えられ、走行する車両の車載カメラ等から視認性を判断できる技術が開発されている。

視線誘導標は、安価なため交換による対応が多いと

考えられ、点検や補修などの維持管理に関する新技術の情報は見当たらなかった。

3. 交通安全施設の適切な運用のための今後の方向性

以上を踏まえて、各交通安全施設の適切な維持管理に向け、今後検討すべき内容を整理した。検討すべき内容として、各交通安全施設に共通して以下 3 点が挙げられる。

①交通安全上必要な視認性能（初期性能）の設定

②初期性能に見合う仕様（みなし規定）の設定

③交通安全上必要な視認性能と評価（維持管理）方法の設定

なお、評価（維持管理）方法の設定にあたっては、維持管理に必要な基礎情報（設置年や素材等）を整理するとともに、効率的な維持管理方法として予想寿命法やブランケット交換法等の実施における課題を道路管理者の意見も踏まえて確認し、実現性を検討する必要がある。

〔成果の活用〕

本成果は、交通安全施設に関する本省主催の会議の基礎資料として活用されている。また、各交通安全施設の技術基準改定時の検討資料としての活用を予定している。

表-1 諸外国の技術基準の調査結果（アメリカ、イギリス）

【道路標識】		アメリカ	イギリス
構造	形状	規定あり	規定あり
	色	規定あり	規定あり
	材料	・ ガラスビーズ ・ プリズム	・ ガラスビーズ ・ マイクロプリズム ・ <u>非再帰反射材</u>
	反射性能	・ 再帰反射輝度値を規定	・ 輝度係数 β を規定
維持管理方法		【アセスメント方法】 ・ 目視検査法（ <u>訓練された検査員</u> による） ・ 機器による計測 【マネジメント方法】 ・ <u>予想寿命法</u> ・ <u>ブランケット交換法</u> ・ <u>コントロールサイン法</u>	・ 機器による計測 ※車道上の標識は6年、それ以外は3年間隔で清掃

【視線誘導標】		アメリカ	イギリス
性能の設定		・ 目視調査により <u>1,000フィート（約300m）の距離で再帰反射可能</u>	—
構造	形状	大きさ等の規定あり	大きさ等の規定あり
	色	【反射体】 ・ 黄色：路側右側 ・ 白色：2車線道路、双方向道路左側 ・ 赤色：貨物車避難傾斜路 【矢印板】 ・ 背景：黄色、矢印：黒色	・ 白色、黄色、琥珀色（くすんだ黄色）、赤色、緑色など
	材料	・ プラスチックでコーティングされた金属 ホイルバックキング	・ ガラス ・ プラスチック ・ 耐摩耗性プラスチック
	反射性能	・ 再帰反射輝度値を規定	・ 光度係数を規定
維持管理方法		—	・ <u>日中及び夜間の目視調査と計測</u> ／定期的に実施

【区画線】		アメリカ	イギリス
性能の設定		—	・ <u>プレビュー時間</u> に基づく視認性を確認（ <u>調査員の年齢</u> によって視認距離に <u>補正</u> をかけている）／明暗エリアそれぞれに再帰反射輝度を規定
構造	色	・ 白、黄	記載なし（統一はされている）
	材料	・ ガラスビーズ	・ ガラスビーズ
	反射性能	・ 再帰反射輝度値を規定	・ <u>プレビュー時間に基づき、速度制限ごとに視認できる必要がある距離が示されている</u>
維持管理方法		・ 夜間の目視調査 ・ 再帰反射率想定 ・ 期待耐用年数法 ・ ブランケット交換法	・ 機器による計測（輝度）と目視調査（摩耗）／定期的に実施

交通事故発生状況に関する事故データ分析

Traffic accidents data analysis

(研究期間 令和2年度～令和4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 MORI Fumika

小林 寛

KOBAYASHI Hiroshi

池原 圭一

IKEHARA Keiichi

久保田 小百合

KUBOTA Sayuri

森 文香

This study looks at the incidence of traffic accidents over recent years based on traffic accident databases and so on, summarizing changes in traffic accidents over the years, summarizing accidents according to road conditions, type of accident, persons involved, and the like, and analyzing trends and characteristics of traffic accident incidence.

〔研究目的及び経緯〕

令和3年の交通事故死傷者数（＝死亡者数＋重傷者数＋軽傷者数）は364,404人（対前年比7,911人減）、うち交通事故死者数は2,636人（対前年比203人減）となり、近年は減少傾向が続いている。しかしながら、近年は致死率、重篤化率（＝（死亡者数＋重傷者数）／死傷者数）ともに微増傾向にあり（図-1）、さらなる交通事故削減に向けた取り組みが必要である。

本研究は、今後の道路交通安全施策を展開するための基礎資料とすることを目的として、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道路形状別、事故類型別、当事者種別別などの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、主に自転車に関する事故、夜間のカーブでの事故の分析を実施しており、本稿では自転車に関する事故について紹介する。

〔研究成果〕

(1) 自転車の事故発生状況

道路種別別、状態別の死傷者数、重篤者数の構成割合を平成23年と令和2年で比較した。自転車の死傷者数の構成割合は、幹線道路（＝一般国道＋主要地方道＋一般都道府県道）では3位から2位になっており、幹線道路及び一般市区町村道で自動車に次いで2番目に多い構成となっている（図-2）。また、自転車の重篤者数の構成割合は、幹線道路での変化は見られないものの、一般市区町村道では、重篤者数は2位から1位に増加している（図-3）。

また、諸外国と比較した自転車乗用中の致死率につ

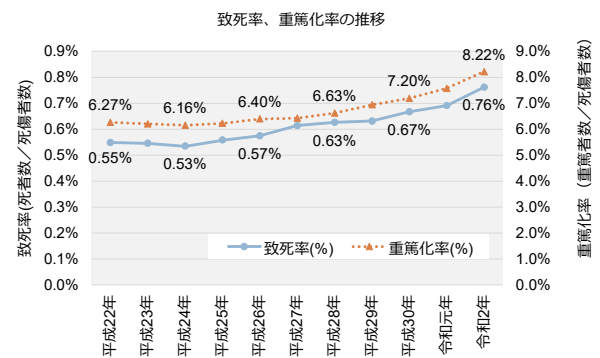


図-1 致死率、重篤化率の推移

H23 (計828,171人)

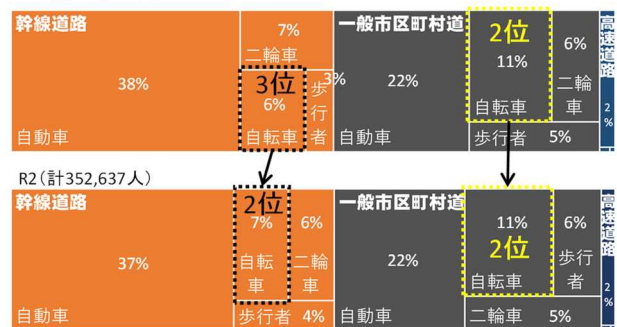


図-2 道路種別別、状態別の死傷者数の構成割合の変化

H23 (計51,405人)

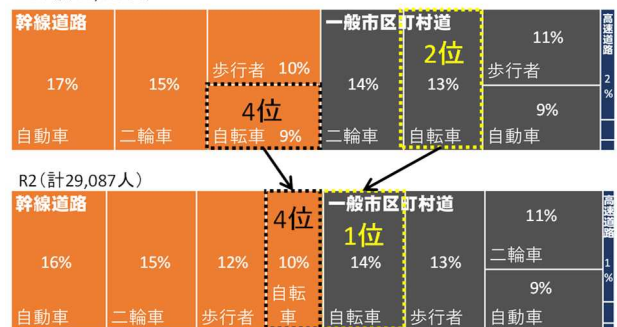
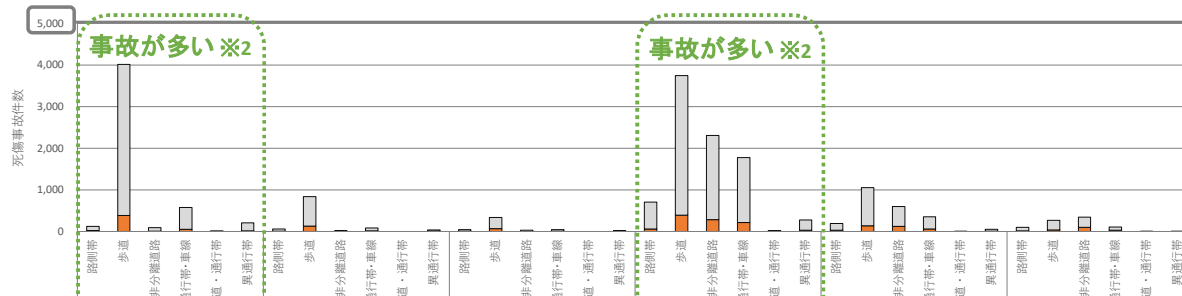


図-3 道路種別別、状態別の重篤者数の構成割合の変化

※ツリーマップ：割合を面積比で表したもの。

【自転車と歩行者】(7%)



【自転車と車両(自転車含む。)](93%)

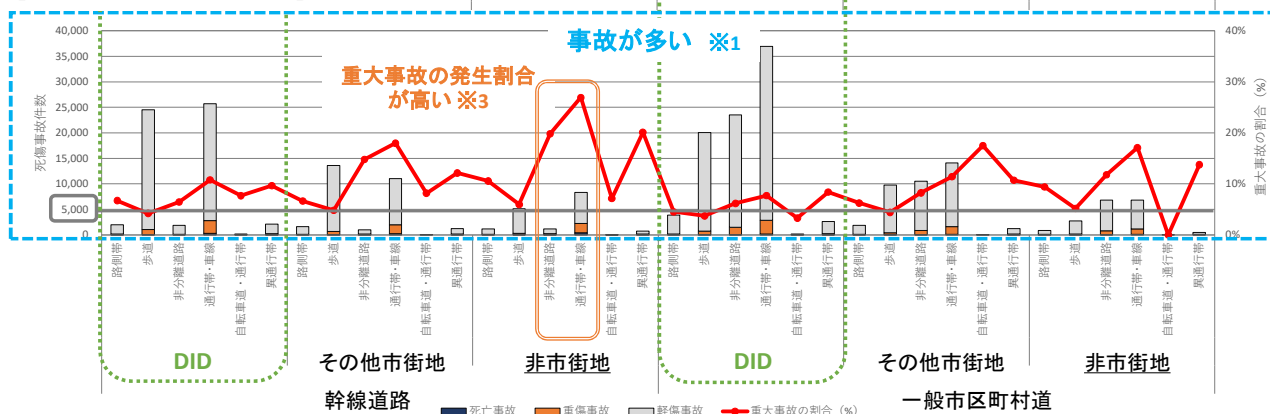


図-4 道路種別別・沿道土地利用別・衝突地点別の事故件数と重大事故率 (H23～R2)

※自転車道、自転車専用通行帯の区分はH29～、衝突地点「その他」は除く

いても、日本は高い傾向にあり、自転車の交通事故削減に向けた取り組みが必要である。

自転車事故の約65%は交差点で発生しており、約30%は単路部で発生している。交差点における自転車事故の分析については、平成30年度に実施していることから(国総研資料第1091号「平成30年度道路調査費等年度報告」)、今年度は、単路部の自転車事故に着目して、分析を行うこととした。

(2) 単路部の自転車の事故発生状況

単路部の自転車事故の発生状況(自転車単独を除く。)を図-4に示す。93%が「自転車と車両(自転車を含む。)」であり(※1)、7%が「自転車と歩行者」の事故^{*)}であった。^{*)}「自転車と歩行者」の事故は、特に軽症の場合は交通事故として届出をされず記録に残らない場合もあると考えられることに留意する必要がある。

(3) 道路種別・沿道土地利用・衝突地点別の発生状況

図-4に道路種別別・沿道土地利用別・衝突地点別の事故発生状況を示した。

道路種別・沿道土地利用別に「自転車と歩行者」及び「自転車と車両」の事故を見ると、幹線道路及び一般市区町村道のDID地区で多く発生していた(図-4 ※2)。DID地区では、「自転車と歩行者」の事故は歩道で多く発生しており、「自転車と車両」の事故は通行帯・車線(車道)及び幹線道路の歩道で多く発生していた。

非市街地は、「自転車と歩行者」の事故発生件数は非常に少ないため、「自転車と車両」の事故に着目して、重大事故(死亡事故+重傷事故)の発生割合を確認した。「自転車と車両」の事故も発生件数は少ないものの、

特に幹線道路の通行帯・車線(車道)及び非分離道路(中央線等により道路の中央が定められていない道路)で重大事故の発生割合が高い(図-4 ※3)。

以上のことから、DID地区では、歩道上の「自転車と歩行者」及び車道上の「自転車と車両」の分離又は区分を図ることで事故を防ぐことが有効だと考えられ、対策の一つとして、自転車道や自転車専用通行帯の整備が挙げられる。また、幹線道路の非市街地において重大事故を減らすためには、場合によっては、歩道部の有効活用を含めた空間構成の検討が有効だと考えられる。

また、歩道で発生する「自転車と車両」の事故は、歩道内で自転車同士が衝突したり、車両の沿道店舗等への出入り時に、歩道を走行していた自転車と衝突したためではないかと考えられる。そのため、自転車を歩道通行させる場合には、この点にも注意する必要がある。

自転車道や自転車専用通行帯の整備には、予算や道路幅員の問題等から、時間を要することもある。そのため、より効果が期待できる箇所への整備を優先的に行うとともに、新たな通行空間の整備だけでなく、交通や道路の状況に応じて柔軟な対応を取ることも必要だと考えられる。

【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。

交通安全対策へのビッグデータ利用の高度化に向けた研究

Research on the sophistication of bigdata analyzing for traffic safety countermeasures

(研究期間 令和元年度～令和3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

小林 寛
KOBAYASHI Hiroshi
掛井 孝俊
KAKEI Takatoshi
成田 健浩
NARITA Takehiro
郭 雪松
GUO Xuesong

In this study, the method using big data for road safety countermeasures such as identifying dangerous areas, and measurement of effect is considered.

In this paper, the characteristics of the emergency braking data included in the ETC 2.0 probe information is grasped by analyzing the drive-recorder data. Also, the correlation between the time interval of the Walker probe information and the possibility of grasping travel route is estimated.

〔研究目的及び経緯〕

国土交通省では、交通安全対策を効果的に推進していくため、自動車から得られる ETC2.0 プローブ情報等のビッグデータの交通安全対策への活用を推進している。これまで、国土技術政策総合研究所では、危険箇所の抽出等、交通安全対策の各場面での ETC2.0 プローブ情報の活用方法を提案してきたところである。

本研究では、ETC2.0 プローブ情報から得られる急減速データから、効率的に危険箇所を抽出するために、前後加速度の波形が把握できる詳細な急減速データを動画とともに記録しているドライブレコーダデータ（以下、ドラレコデータ）を利用し、効果的に危険事象を見極める方法について分析を行った。また、事故危険箇所の抽出に向け、歩行者プローブデータの適切な活用方法についても検証を行った。ここでは、その検討内容について説明する。

〔研究内容及び成果〕

1. ドライブレコーダデータを活用した危険事象を判定する指標の検討

1) 危険事象と非危険事象のデータ整理

交差点流入部（停止線～手前 30m の範囲）での急減速データには、衝突を回避する為の減速挙動をとった事象（危険事象）と、事故を回避する為ではない赤信号や一時停止線での単なる急ブレーキ（非危険事象）が混在し、前後加速度（閾値-0.3G 以下）での判別が難し

いことが分かっている¹⁾。そこで、ドライブレコーダーで計測されている加速度波形に着目し、危険事象と非危険事象の判別に適した指標について分析を行った。本研究では、交差点流入部に発生する急減速事象 1,520 件（危険事象 760 件、非危険事象 760 件）を分析対象データとした。

2) 加速度波形の特徴の整理

加速度波形を表-1 に示す 13 の特徴量で整理し、危険事象と非危険事象とで、ブレーキの発生分布に違いがみられるかを確認した。

表-1 加速度波形の特徴量

No.	特徴量	単位
1)	前後加速度の最小値	m/s ²
2)	ジャーク(前後加速度の時間変化量)の最小値	m/s ³
3)	尖度	-
4)	ジャークの平均値	m/s ³
5)	減速開始～前後加速度の最小値までの時間	s
6)	ジャークの最小値～前後加速度の最小値までの時間	s
7)	歪度	-
8)	全減速過程の持続時間	s
9)	ジャークの最小値～前後加速度が 0 以上に戻る時間	s
10)	加速度波形と時間軸に囲まれた面積	m/s ²
11)	前後加速度最小値時の速度	m/s
12)	減速開始時の速度	m/s
13)	ジャークの最小値時の速度	m/s

3) 非階層クラスター分析による指標の抽出

表-1 に示す 13 の特徴量について、非階層クラスター分析を用いて、危険事象（ないしは非危険事象）の判定に優位となる特徴量を抽出した。

非階層クラスター分析とは、分析対象を互いに似た属性を持つ者どうしのグループ（クラスター）に分類するクラスター分析のうち、あらかじめクラスター数

※本報告は令和2年度から令和3年度へと継続して実施した研究の成果を令和3年度研究成果としてまとめたものである。

を指定し分類する手法である。今回はクラスター数は20、特徴数（各クラスターの属性を示す特徴量の数）は2に設定した。2つの特徴量の組み合わせを様々に変えて分析を実施し、得られるクラスターのうち危険事象が80%以上（もしくは非危険事象が80%以上）のクラスターに分類できる割合の多い特徴量の組合せ上位5組を抽出した（表-2）。

表-2 非階層クラスター分析結果（上位5組）

番号	特徴量の組合せ	分類できた事象の割合
①	4) ジャークの平均値 7) 歪度	50%
②	11) 前後加速度最小値時の速度 13) ジャークの最小値時の速度	48%
③	11) 前後加速度最小値時の速度 12) 減速開始時の速度	46%
④	2) ジャークの最小値 7) 歪度	45%
⑤	5) 減速開始～前後加速度の最小値までの時間 13) ジャークの最小値時の速度	42%

4) 決定木分析による指標の検討

分類できた事象の割合が最も多い特徴量の組合せ①について、決定木分析を実施した結果を図-1に示す。特徴量7)のみで78%の確率で危険事象を判定でき、7)と4)のみで81%の確率で非危険事象を判定できることを示している。以上より、加速度波形の特徴量により危険事象を概ね判定できる可能性が示唆された。

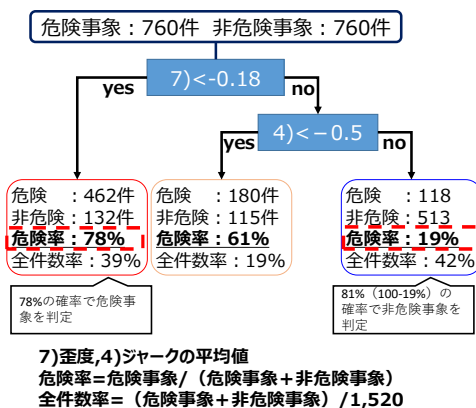


図-1 決定木分析の結果（一例）

2. 歩行者プローブデータ活用時の条件整理

1) 歩行者プローブデータに関する情報収集

スマートフォン等のGPS機能で取得されるデータが歩行者の移動経路推定に活用可能を確認する目的で、取扱企業への基礎情報等の確認を行った。ヒアリング結果の一例を表-3に示す。

表-3 取扱企業へのヒアリング結果（一例）

1) 測位誤差	10～30m ※端末の仕様等に依存
2) 計測時間間隔	iOS: 最短1分間隔 Android: 最短40秒間隔 ※スマートフォンのOSに依存
3) その他	年齢を取得している企業もあるが、スマートフォンの利用対象者の関係上、10代未満・70代以上の交通弱者のデータ取得が難しい可能性がある

2) 歩行者プローブデータを用いた移動経路の推定 歩行者の移動経路推定に適した計測時間間隔について

て調査するため、計測時間間隔を変えて移動経路を推定し整理を行った。

本研究では、過去にスマートフォンのGPS位置情報を分析する調査で取得した562トリップ（計測時間間隔1秒）を用いた。計測時間間隔1秒で推定した経路を正解経路、計測時間間隔を長くして（位置情報を間引いて）最短と算出された経路を推定経路とし、正解経路と推定経路の重複率（経路正解距離率）を算出した（図-2）。計測時間間隔は、以下の4ケースとした。

ケース1（最小ケース）：30秒

ケース2（最大ケース）：300秒

ケース3（交差点間隔から設定）：97秒

ケース4（経路正解距離率推定から設定）：180秒

経路正解距離率と計測時間間隔の関係を図-3に示す。線形関係であることが示唆され、全体の9割の経路を正確に把握するためには、約180秒が適した計測時間間隔であることが推察される。

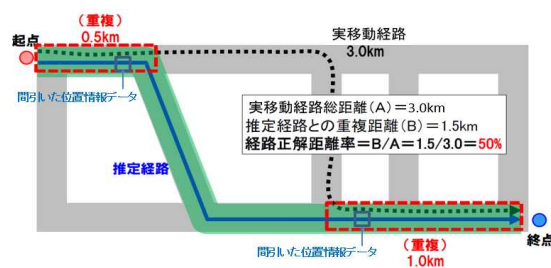


図-2 経路正解距離率の算出イメージ

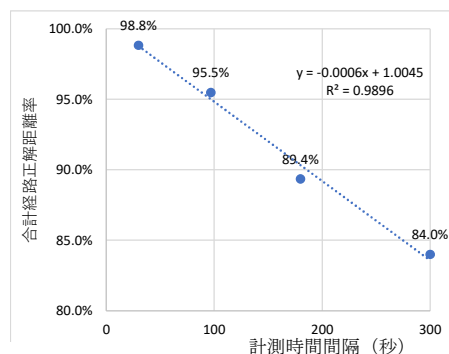


図-3 経路正解距離率と計測時間間隔の関係

【成果の活用】

本研究で実施した加速度波形の特徴量による危険事象の判定方法、歩行者プローブデータから歩行者の移動経路を推定する方法については、引き続き効果的・効率的な交通安全対策の実施のため検討を進めていく。

【参考文献】

- 1) 掛井ら：交通安全対策へのETC2.0プローブ情報の効果的な活用方法の提案、国総研レポート2020、pp_61-62
- 2) 高橋ら：自転車のGPSデータを用いた自転車通行経路の効率的な把握手法に関する研究、第39回交通工学研究発表会論文集、pp_69-74、2019

領域 7

災害時における対応をスピーディかつ的確に支援する

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4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

小林 寛
KOBAYASHI Hiroshi
池原 圭一
IKEHARA Keiichi
久保田小百合
KUBOTA Sayuri
鏡味 沙良
KAGAMI Sara

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。立ち往生車が発生した直後において、迅速な対応を実現できればこれらへの影響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プローブ情報の時系列変化をもとにした冬期交通障害の検知の試行を行うものである。

【研究内容】

令和3年度は、令和2年度に東北、北陸、中国、九州地方整備局管内の直轄国道で発生した通行止めの実績をもとに、検知フローを構築し、検知の試行を行った。検知フローは、気象状況や交通状況から時系列変化の段階的なリスクの高まりを捉える検知指標を検討し、それらを用いて構築した。

【研究成果】

1. 使用したデータと特徴

分析の対象箇所は、第5回冬期道路交通確保対策検討委員会の直轄国道の通行止め一覧（令和2年度）に関する資料をもとに、通行止めの理由が立ち往生車両などによる冬期交通障害である20箇所（上下線別に24箇所、東北、北陸、中国、九州地方整備局管内の直轄国道）とした。なお、通行止め一覧からは、詳細な区間や実際に交通障害が発生した時間のデータを得られないことなどを踏まえて、1km、30分単位のデータを検知に使用した。

2. 検知フローの構築と検知の試行結果

冬期交通障害の検知を行うにあたっては、ETC2.0プローブ情報の時系列変化の特徴を分析し、図-1に示す

冬期交通障害の発生メカニズムを考慮した段階的なリスクの高まりを捉えることとし、表-1に示す検知指標を設定した。また、一度“障害発生あり”として検知した後に、その状態が継続しているかを判断する指標についても設定した。これら発生メカニズムや指標をもとに図-2に示す検知フローを構築した。なお、表-1と図-2は、「見逃し（実際に発生した冬期交通障害を見逃していること）」を少なくするために繰り返し検討し、設定及び構築した結果を示している。

構築した検知フローを用いて、全車両、8t以上の大型車、11t以上の大型車の3つの車両区分を対象に検



図-1 冬期交通障害の発生メカニズム

表-1 検知指標の設定結果

発生メカニズム	検知指標
気象条件の悪化 ⇒ リスクの高まり	a) 気象条件が、いずれかにあてはまる場合 ・気温が0℃以下 ・気温が3℃未満で、かつ降水量、累積降水量、降雪量、積雪深のいずれかが存在
高速度域の走行が困難になる ⇒ リスクの高まり	b) 当日の85%タイル速度が、平常時の平均速度を下回る
局所的に走行継続が困難な箇所が生じる ⇒ リスクの高まり	c) 当日の15%タイル速度が平常時の速度の5%タイル速度を下回る
冬期交通障害の発生 ⇒ 発生の検知	d) 当日の平均速度が、平常時の5%タイル速度を下回る e) 当日の85%タイル速度が、平常時の速度の5%タイル速度を下回る
冬期交通障害の継続 ⇒ 状態の継続	f) 一つ前の時間帯がc)の条件に当てはまる g) ETC2.0のサンプル数が冬期交通障害発生前の5割の水準に戻っている

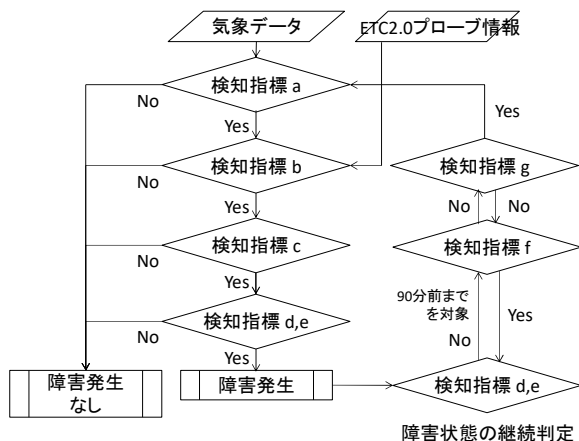


図-2 検知フロー（略図）

表-2 検知の試行結果（混同行列）

		実事象	
		発生	未発生
検知フローによる判定	発生判定	3,524 (正解) A	10,302 (誤検出) B
	未発生判定	1,632 (見逃し) C	16,150 (正解) D

➢ 全体正解率 = 62.2% [= (A+D) / (A+B+C+D)]

➢ 再現率 = 68.3% [= A / (A+C)]

➢ 精度 = 25.5% [= A / (A+B)]

知を行った。なお、どの車両区分で“障害発生あり”と検知しても、その区間・時間は“障害発生あり”として扱うこととした。

検知の試行結果は、混同行列を用いて整理し、3つの評価指標で試行結果を評価した（表-2）。再現率（見逃さなかった割合）は70%を超えており、見逃した割合は

30%以内に収まっている。その一方で、精度（誤検出しなかった割合）は30%程度であり、誤検出（実際には発生しなかった冬期交通障害を検出してしまったこと）した割合は70%程度となった。

3. 見逃し・誤検出の原因分析

図-2の検知フローは、「見逃し」を少なくすることを前提に構築したものであることから、現状は「誤検出」が多い結果となっている。この「誤検出」の原因を確認するため、冬期交通障害発生時の速度状況に「誤検出」等が発生した時間と区間を表した例を図-3に示した。

「誤検出」は平常時の速度のばらつきが小さい箇所でも多く発生しており、これは、小さな速度変化でも“障害発生あり”と検知されてしまうためである。そのため、速度のばらつきが小さい箇所では、異なる検知指標や閾値を採用し、検知フローに組み込むことにより、精度を向上させることができると考えられる。

なお、「誤検出」の中には、冬期交通障害発生の直前及び直後に発生しているものも含まれていた。発生直前は、平常時よりも速度が低下した状態が継続していることを確認でき、予兆を捉えている可能性がある。発生直後は、進行方向の後ろ側の速度が低くなっていることが確認でき、滞留していた車両が捌ける様子を捉えていると推察できることから、まだ障害が解消していないと判断することで、精度を向上させることができると考えられる。

「見逃し」は、平常時の速度のばらつきが大きい箇所

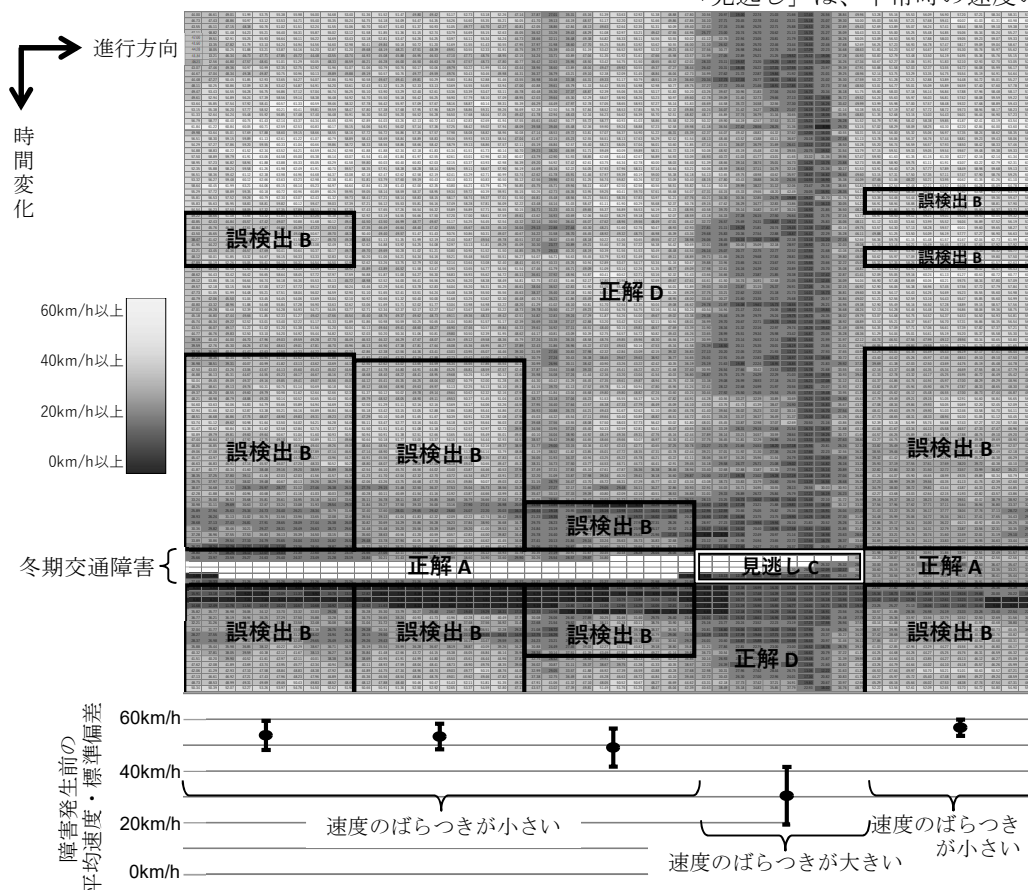


図-3 冬期交通障害発生時の速度状況と検知結果（例）

所で発生しており、場所ごとに検知指標や閾値を変更するなどの調整を行うことで、さらに再現率を向上させる余地があると考えられる。

[成果の活用]

今後は、速度のばらつきが小さい箇所では、異なる検知指標や閾値を採用することを検討し、冬期交通障害の検知の精度を高める予定である。また、冬期交通障害の予兆を捉えられる可能性があることも示唆されたことから、予兆を把握する手法を検討する予定である。

災害時調査支援のための道路管理技術の高度利用に関する調査

Study on enhanced use of road management technologies for disaster investigation support

(研究期間 令和元年度～令和3年度)

道路構造物研究部

Road Structures Department

道路構造物研究部 道路地震防災研究室

Road Structures Department

Earthquake Disaster Management Division

部長

Director

研究官

Researcher

福田 敬大

FUKUDA Yukihiro

梅原 剛

UMEBARA Takeshi

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 road management technology and remote sensing technology is studied in cooperation with a municipality.

〔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、被災が甚大で広範囲にわたる場合や夜間など、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道路管理技術に加えリモートセンシング技術（以下、道路管理技術等という。）を活用した災害時の調査支援の検討を行っている。

昨年度までは、道路管理技術等の活用条件の整理や自動航行 UAV を活用した海岸部の道路被災状況把握精度の確認及び課題の整理を行ってきた。

本年度は、主に平地及び山間部での夜間の道路上の被災状況把握精度の確認を目的として、赤外線カメラ及びレーザスキャナを装備した自動航行 UAV の現場飛行実験を行った。

〔研究内容〕

現場飛行実験は、現在通行止めとなっている石川県加賀市の防風林の中にある片側一車線、道路延長 1km 程度の片野町市道（図-1）及び九谷ダム左岸の市道で実施した。実験では、路面が土砂に覆われた状況や路面

障害物等を想定した模擬被災事象（図-2）を片野町市道に再現するとともに、九谷ダム左岸市道の路面亀裂（幅 1～8cm）、ガードレールの損傷等の事象を用いて、昼夜の道路被災状況把握精度の確認を行った。

なお UAV は、飛行速度 5m/s で道路からの離隔 30m（平時の航空法上の第三者又は物件との最低離隔）、飛行高度 30m での飛行とした。飛行機種は、DJI 社の Matrice300RTK を用い、昼間は解像度 1920×1080（動画）のカメラを、夜間は赤外線カメラ（解像度：640×512（動画））やレーザスキャナ（Zenmuse L1）を装備した。

〔研究成果〕

1. 平地及び山間部における被災状況把握（昼間）

航空法の規定から、道路上の被災箇所にも最も近寄った位置（高度 30m、離隔 30m）での撮影を実施した場合、昨年度の海岸部での実験同様、数十 cm 程度のブロックまでの確認は可能であった。また、LTE 回線を用いたリアルタイム配信映像では、平地部であったこともあり、電波状況は昨年度と比べ良好であったが、場所により配信が不鮮明となる状況が発生した。



図-1 現場飛行実験場所（片野町市道）

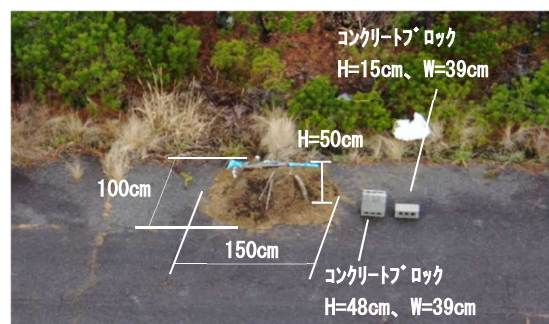


図-2 模擬被災事象（片野町市道）の一例

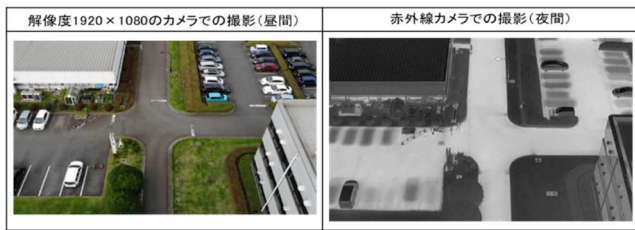


図-3 赤外線カメラ映像(研究所敷地内での試験)

本結果より、通信状況は同日であっても時間帯や回線の混み具合等により電波速度等の影響を受けることから、リアルタイム映像配信のためには、衛星通信や国交省所有の光ファイバーの活用、UAV 専用帯域の整備等に関する検討を行い、災害時にも安定した通信体制を確保することが望ましい。一方で、リアルタイムにこだわらず、UAV の離着陸場に通信機器を設置し、そこから UAV の撮影映像を展開する手法など、代替案の検討も必要と考えられる。

2. 夜間における被災状況把握

(1) 赤外線カメラによる被災状況把握

現場飛行実験の実施に先立ち、研究所敷地内で夜間、試験的に赤外線撮影を実施した結果、構造物等が鮮明に映ることが確認できた(図-3)。しかし加賀市での実験では、悪天候(曇り時々雨)の影響で、道路と周辺土砂等との温度差が小さかったこともあり、5m/s の飛行では、人物、車両のみの確認しかできなかった。一方、現場上空で停止(ホバリング)することで、模擬被災事象の路面に覆われた土砂やガードレールの損傷は確認できた(図-4、5)。

結果を踏まえ、気象条件により、道路被災箇所の視認性が大きく変化することが明確となったことから、今後、夜間時の赤外線カメラの効果的な活用方法(例えば、効果的な撮影時期、撮影地域、撮影対象物、大気温度等)の検討が必要であると考えられる。

(2) レーザスキャナによる被災状況把握

レーザスキャナを用いて取得した点群から変換した3D 画像を図-6、7に示す。なお3D 画像は、装着スキャナ内に蓄積した処理データを現地のノートパソコンで表示したものであり、蓄積データ取得後、数分程度で表示できる。

今回の実験では、数 cm 程度の路面亀裂の確認は困難であった(図-6)。一方で、図-7に示すように、赤外線カメラの映像同様、人物や車両、ガードレールの損傷状況の確認は可能であった。模擬事象は、3D 画像の角度を変化させることにより、路面に何らかの障害物が存在していることは確認できたが、土砂かコンクリートか、といった材質の判断は難しかった。また、そもそも対象物が、災害時に新たに発生したものかど

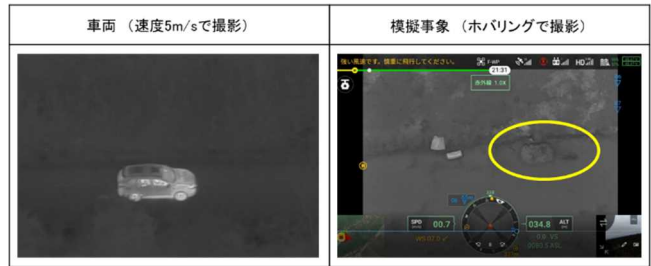


図-4 赤外線カメラ映像(片野町市道での実験)



図-5 ガードレールの損傷(ホバリング撮影)

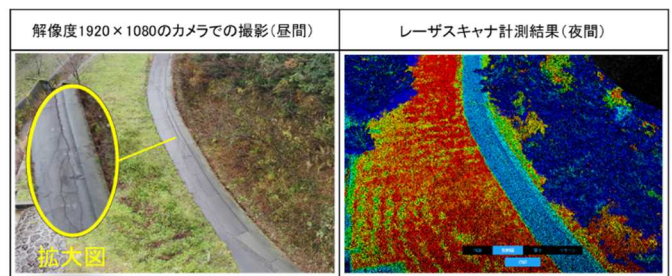


図-6 道路路面の亀裂

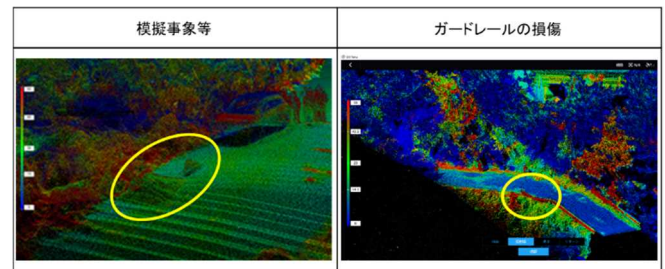


図-7 レーザスキャナ計測結果

うかの判断をするためには、事前に平時のデータを取得しておく必要があることがわかった。

最後に、本実験を通じて、夜間飛行では周囲の障害物等が全く見えない場所もあり、安全に飛行させるには、事前にコース設定した自動航行技術が有効であることが明らかとなった。

【成果の活用】

実道での昼夜間の飛行実験を行うことで、UAV の実運用に向けての課題の抽出や活用方法の提案を行うことができた。本研究の成果は UAV の活用方法の事例として技術資料にとりまとめ、道路の危機管理・災害対応に関する技術基準類に反映していく予定である。

道路災害リスクマネジメントに関する研究

Research on road risk management against natural disasters

(研究期間 令和2年度～令和4年度)

道路構造物研究部

Road Structures Department

道路構造物研究部 道路地震防災研究室

Earthquake Disaster Management Division

部 長

Director

研究官

Researcher

福田 敬大

FUKUDA Yukihiro

川嶋 祥之

KAWASHIMA Yoshiyuki

In order to improve the resilience of the roads, it is important to estimate the exposure of roads to natural hazards and the condition of the roads. The natural hazards occur in various situation that affect the road availability. We analyze the records of road closures and the data of road structure to clarify the factors that affect road closures.

[研究目的及び経緯]

国土交通省では、頻発化・激甚化する災害を踏まえて、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指しており、災害に強い道路ネットワークを効率的・効果的に確保するために、道路の耐災害性能を評価する手法の検討を行っている。

それを受けて国総研では各種道路構造物の性能評価の手法を検討しているほか、道路地震防災研究室では道路ネットワークの通行止めリスクの類型化・評価およびそれらを可視化する手法等を検討している。

今年度はリスクを評価するための指標を検討するため、道路の通行止めに影響を与える要因を明らかにし、その影響の程度を分析した。本稿では直轄国道における過去の通行止めの記録を整理し、通行止めを発生させた災害の種類や地域別の傾向、通行止めとなった路線の道路構造等、通行止めに影響を及ぼす要因を分析した結果を述べる。

[研究内容]

2000年度以降に発生した直轄国道の通行止めの事例を収集し、1週間以上通行止めとなった事例について、その要因となった災害を区分した。その内、降雨・出水により通行止めとなった事例を対象に被災前後の24時間連続雨量の確率年を算出した。算出にあたっては、気象庁の異常リスクマップで公表されている「確率降水量の推定方法」¹⁾の手法を用い、「水文統計ユーティリティ」²⁾にて算出を行った。

100年以上の確率年を推定するにあたって、概ね50年以上の記録のある、全国152箇所の地上気象観測施設等の記録を対象とした。なお、より観測密度の高い地域気象観測システム(アメダス)は全国約1300箇所あるものの、記録が最長でも45年分と、長期間の推計を行った際の誤差が懸念されるため、本検討の対象外とした。

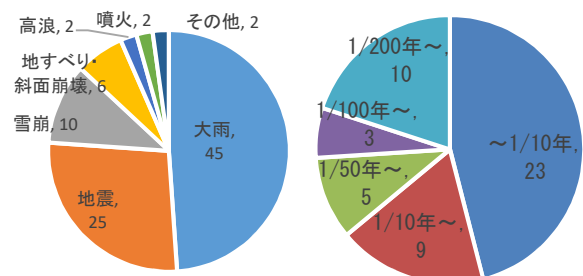


図-1 直轄国道における1週間以上の通行止め事例
図-2 降雨により通行止めとなった事例の確率降水量(24時間連続雨量)

次に地域による通行止めの傾向の差を明らかにするため、2016～2020年度に発生した1時間以上の直轄国道における通行止めについて、災害の種類等についてマクロ分析を行った。さらに、道路管理上のリスクの評価に必要な指標を検討するため、通行止めの記録とデジタル道路地図データベース(以下、DRM-DB)を結合させ、道路幅員や車線数、道路縦断勾配等と通行止め時間や回数の相関分析を行った。

[研究成果]

通行止めに影響を与える災害の種類や程度によって対策の方法が異なることから、リスクの評価において、適切に災害の種類や程度を想定する必要がある。そこで、2000年度以降に1週間以上直轄国道が通行止めとなった事例を災害種別に整理し、図-1に示した。なお、東日本大震災の津波の被害による通行止めは、地震による被害との区別が困難なため「地震」に分類した。

1週間以上直轄国道が通行止めになった事例は92事例あり、その内、降雨による通行止めが45事例と約半数を占めた。これらの事例を対象に、通行止めの開始前後の24時間連続雨量の確率降水量を算出し、図-2に示した。1週間以上、降雨・出水により通行止めとなった事例の内、約8割が1/100年確率以上の降雨、約4割が1/10年確率以上の降雨であった。

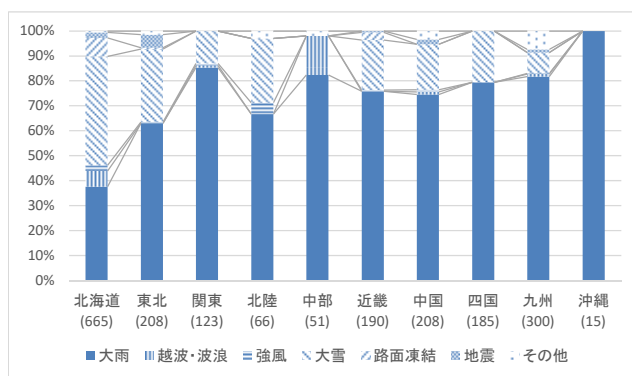


図-3 地方整備局等毎の直轄国道における通行止めの災害種別の割合(2016~2020)※括弧内は通行止め回数

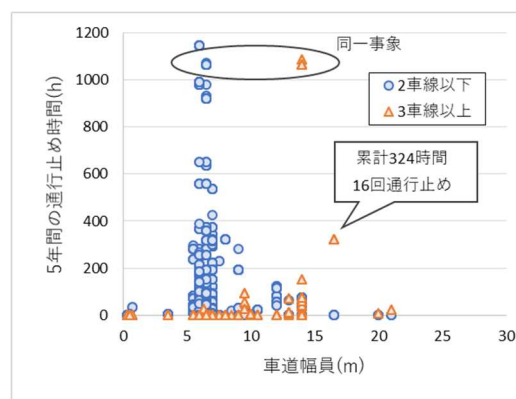


図-4 北海道の直轄国道の DRM 区間別の累積通行止め時間と車線数・車道幅員

なお、被災箇所によっては最も近傍にある観測点が50km以上離れているものもあるため、局地的な大雨の影響は考慮できていない。また、24時間連続降雨を対象に分析を行っているため、短時間に集中した降雨についても検討できていない。今後、テレメータ等の記録を活用することで、より詳細な分析が可能になると考えられる。

地域によって通行止めに影響を与える災害の傾向に差があると考えられるため、地方整備局等毎に通行止めの要因となった災害の割合を図-3のように整理した。全国的な傾向として大雨による通行止めの割合が高いものの、北海道・東北・北陸等は大雪(吹雪による視程障害、雪崩等を含む)による通行止めの割合が比較的高い。近畿・中国・四国等は、降雪量は少ないものの、勾配が大きく、標高の高い山間部の路線で通行止めとなっていた。同じ災害の程度であっても、地域によっては災害の受容度に差があるため、リスクの評価にあたっては地域の特性を加味する必要がある。

地域によって通行止めに影響を与える災害の傾向が異なることから、地方整備局等別にリスクを評価するための指標の検討を行った。例えば北海道開発局の直轄国道を対象にした分析では、前述のとおり大雪による通行止めの割合が他の地域に比べて高い。特に3月は大雪の他、雪崩の危険性が高まるため、他の月に比べて通行止め回数が多い。同じ雪を原因とする通行止めであっても、大雪であれば除排雪の体制や道路幅員、雪崩であればシェッドや雪崩防止柵等、通行止めに影響を与える要因や対策方法が異なるため、今後、災害の種別だけでなく、発生した事象についても記録を収集することで、より適切なリスク評価のための指標を検討できると考えられる。

図-4に車線数および道路幅員と通行止め時間の関係を示した。枠で囲んだ通行止めは、国道38号の白鳥大橋(2車線)が強風や着雪により通行止めとなったものであり、前後の4車線の区間も含めて通行止めとなっ

たため、同一事象であるものの、複数の点が図に掲載されている。

上記の事象を除くと、車線数が多く道路幅員の広い道路の方が、通行止めが長期化しにくい傾向にあることがわかる。災害の発生時に幅員が広いことで作業帯が確保しやすく、復旧が容易になることなどが考えられる。

また、4車線区間でも通行止めが長期化する事例もあり、国道450号では4車線区間で吹雪による視程障害や大雪等を理由に5年間で累計324時間・16回、通行止めとなっていた。他の地域の路線において、霧による視程障害を理由に4車線区間で長時間通行止めとなる事例もあり、視程障害による通行止めは道路幅員の影響を受けにくいと考えられる。

なお、国道334号の冬期間の通行止め、および1年以上通行止めとなった平成28年の国道274号の通行止めの事例は本検討の対象外とした。前者は約8%の勾配がある箇所があり、例年11月初旬から4月下旬頃まで路面凍結の恐れのため通行止めとなる区間である。後者は平成28年8月の豪雨により、橋梁損傷10箇所等、合計66箇所が被災し1年以上通行止めとなった事例である。

本検討では、道路の通行止めの区間に基づいてリスク評価の指標として分析を行ったが、今後、道路の通行止めの要因となった箇所や発生した事象を類型化することで、より詳細な分析が可能になると考えられる。

【成果の活用】

本研究の成果の一部は、国土交通省道路局が策定した「道路リスクアセスメント要領(案)」(令和4年3月)に反映された。

1) 気象庁、

https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/riskmap/cal_qt.html

2) (一社) 国土技術研究センター、

<https://www.jice.or.jp/tech/software/rivers/hydrology>

冬期道路対策への住民参加の促進に関する調査

Research on promotion of community participation in countermeasures against snowfall on the road

(研究期間 令和元年度～令和3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
Head OMATA Motoyoshi
主任研究官 原野 崇
Senior Researcher HARANO Takashi

In recent years, very strong snowfall has been intensive and continuous, and large-scale, long-term vehicle stagnation has occurred.

This study investigated the cause of "occurrence of stranded vehicles on snowy roads," which is the main cause of large-scale vehicle stagnation.

〔研究目的及び経緯〕

国土交通省は、近年特に積雪地域において集中的な大雪が頻発する中、大雪による大規模な車両滞留の発生や長期化を回避することを目指している。このため国土技術政策総合研究所では、車両滞留の主要原因であり除雪作業の大きな支障となる「雪道における立ち往生車両の発生」について、その原因と対策の検討を行っている。

本研究では、冬期の道路交通対策に住民が果たせる役割について、道路除雪活動や道路利用の面から検討を行った。このうち住民による道路除雪活動についての検討結果は昨年および一昨年の年次報告に掲載した。本稿では道路利用に関連し、豪雪時の立ち往生車両の発生要因を既存データ等から検討した結果について述べる。

〔研究内容〕

全国の登坂不能車発生箇所データを用いて、大雪による車両滞留の発生要件を分析した。登坂不能車発生箇所データは、全国の直轄管理道路で発生した雪氷による道路通行不能状況を記録したもので、発生日時、発生箇所、道路勾配や車両の気象データ、車両やタイヤなどの諸データが揃っている。なお、今回の分析に当たっては、2011年11月から2021年3月末までの発生データ、計6,775件を用いて分析を行った。また、分析結果を踏まえて豪雪地帯の道路管理者にヒアリングを行った。

〔研究成果〕

整備局別の発生件数を表-1に示す。豪雪地帯を含む東北地整管内と北陸地方整備局での発生件数が全国の半数を超える一方、件数は比較的少ないものの四国や九州でも車両の立ち往生が発生している。

表-1 整備局別 立ち往生発生件数

整備局	発生件数	整備局	発生件数
北海道	736	近畿	423
東北	2,186	中国	662
関東	764	四国	168
北陸	1,420	九州	25
中部	391	合計	6,775

図-1に勾配別の立ち往生発生件数を示す。1%から6%程度までは勾配が急であるほど立ち往生発生のリスクが高まると考えられる。6%以上で発生件数が減少しているが、道路構造令の規程もありこのような区間が少ないことが要因であると推察される。0～1%でも多くなっているが、これは交差点等の停止が発生する区間の影響が考えられる。

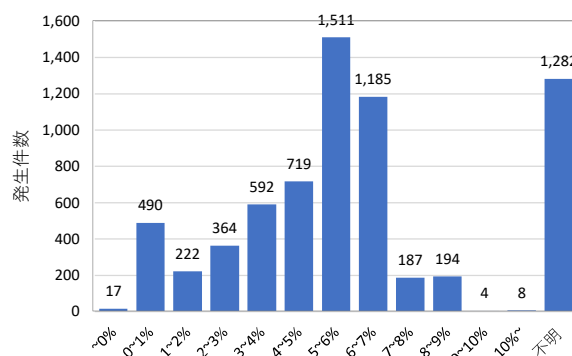


図-1 全国合計勾配別 立ち往生発生件数

図-2に時間帯別の立ち往生発生件数を示す。気温の下がると考えられる夜間での発生が多いことも考えられたが、日中での発生が多くなっており、交通量の推移と概ね類似しているものと見られる。

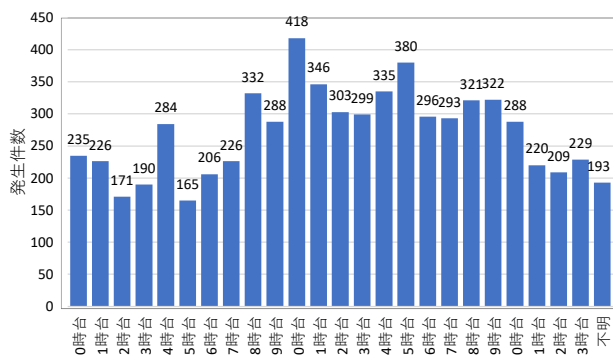


図-2 全国合計 時間帯別立ち往生発生件数

表-2 に各分析項目の整備局別の最頻値を示す。

- ① 近畿の積雪量が突出して多くなっているが、令和3年1月7日からの大雪によって非常に多くの立ち往生が発生していることに起因する。
- ② 九州及び四国では大型車以外で立ち往生が多く発生しており、路面状況も圧雪でなく、勾配も他と比較して急勾配である。雪道に不慣れなドライバーが勾配のある山間部で立ち往生したとみられる。
- ③ 積雪が少ない関東、中部、四国、九州地域ではノーマルタイヤで立ち往生が多く発生している。スタッドレスタイヤの装着率が低く、雪道を走行する機会が少ないドライバーが立ち往生を発生させているとみられる。
- ④ 北海道、東北では注意報等がない時間帯での立ち往生も多く発生しており、他地域よりも気温が低い。通常時から降雪量が多いが、気温の低下による路面凍結によって立ち往生が発生している可能性が考えられる。
- ⑤ 雪以外の原因による立ち往生発生が、他地域では1割以下に対して、北海道では約2割の発生を占めている。路面凍結などの気温が低いことによる影響

でも立ち往生が発生していると考えられる。

次に、上記の分析結果等を踏まえて北陸地方整備局北陸技術事務所（北陸雪害対策技術センター）、および近畿地方整備局福井河川国道事務所からのヒアリングを行った。主なヒアリング結果を以下に示す。

- ① 立ち往生の発生に関して、その時点での降雪状況よりも路面状況が主な要因で、圧雪等が融解している状況が特にリスクが高いと認識している。
- ② 縦断勾配4%以上で登坂不能車両が発生しやすい。福井河川国道事務所管内の道路では4%以上の急勾配区間では消雪パイプなどの対策をしていることが多く、消雪パイプ等が設置されていない区間で登坂不能リスクが高いという認識である。
- ③ 勾配が0～1%の区間は平地の市街部等と見込まれるが、これは交差点や渋滞などで一時停止をして再発進する際に発生しているものと見込まれ、交差点密度が高い場合が多いのではないかと。交差点や渋滞等で車両が一旦停止するとタイヤによって路面の雪氷が解けて小さな窪みが発生し、そこから抜け出せなくなることで立ち往生が発生している。
- ④ 雪道渋滞が大規模化につながる要因として、交通量の増加による容量超過があげられる。高速道が通行止めになって降ろされた交通量が国道に流入し、これに路面状況が重なって大規模な立ち往生が発生している印象がある。

〔成果の活用〕

本研究の成果から、雪道で交通障害が発生しやすい要因について、地域毎の傾向がある程度判明した。道路管理者の対応に資するとともに、道路利用者へ豪雪時の道路利用を控えるよう注意喚起を促す根拠として利用できるよう、基礎資料として取りまとめる予定である。

表-2 整備局別 最頻値の整理

記録	車種	タイヤ種類	チェーン装着	発生時間帯	発生交通状況	天候	気温	注意報等	路面状況	積雪量	勾配
北海道	大型車 (53%)	スタッドレス (96%)	装着なし (90%)	10時台 (10%)	一部車線閉塞 (62%)	雪 (79%)	-4~-3 (14%)	なし (41%)	圧雪 (82%)	~5 (51%)	5~6% (28%)
東北	大型車 (75%)	スタッドレス (84%)	装着なし (84%)	10時台 (6%)	一部車線閉塞 (70%)	雪 (91%)	-3~-2 (18%)	なし (41%)	圧雪 (81%)	~5 (80%)	5~6% (38%)
関東	大型車 (48%)	ノーマル (72%)	装着なし (88%)	11時台 (7%)	一部車線閉塞 (67%)	雪 (94%)	-1~0 (22%)	大雪警報 (48%)	圧雪 (51%)	5~10 (32%)	5~6% (20%)
北陸	大型車 (78%)	スタッドレス (87%)	装着なし (82%)	15時台 (7%)	一部車線閉塞 (54%)	雪 (92%)	-1~0 (24%)	大雪注意報 (40%)	圧雪 (76%)	~5 (69%)	5~6% (19%)
中部	大型車 (54%)	ノーマル (50%)	装着なし (83%)	15時台 (9%)	一部車線閉塞 (75%)	雪 (98%)	-2~-1 (26%)	大雪注意報 (38%)	圧雪 (44%)	~5 (60%)	5~6% (31%)
近畿	大型車 (57%)	スタッドレス (73%)	装着なし (86%)	10時台 (8%)	一部車線閉塞 (55%)	雪 (94%)	-1~0 (31%)	大雪警報 (60%)	圧雪 (60%)	50~100 (30%)	4~5% (21%)
中国	大型車 (70%)	スタッドレス (61%)	装着なし (90%)	19時台 (8%)	一部車線閉塞 (48%)	雪 (92%)	0~1 (21%)	大雪注意報 (50%)	圧雪 (51%)	~5 (62%)	5~6% (24%)
四国	中型車 (66%)	ノーマル (63%)	装着なし (96%)	4時台 (48%)	一部車線閉塞 (83%)	雪 (95%)	0~1 (82%)	大雪注意報 (85%)	新雪・積雪 (84%)	~5 (70%)	8~9% (70%)
九州	小型車 (68%)	ノーマル (100%)	装着なし (100%)	19時台 (70%)	一部車線閉塞 (76%)	雪 (96%)	-4~-3 (60%)	大雪警報 (56%)	新雪・積雪 (76%)	~5 (80%)	7~8% (72%)

災害時調査支援のための道路管理技術の高度利用に関する調査

Study on enhanced use of road management technologies for disaster investigation support

(研究期間 令和元年度～令和3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
Head
研究官
Researcher

増田 仁
MASUDA Hitoshi
梅原 剛
UMEBARA Takeshi

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 road management technology and remote sensing technology is studied in cooperation with a national highway office.

〔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道路管理技術やリモートセンシング技術（以下、道路管理技術等という。）を活用した災害時の調査支援の検討を行っている。

令和2年度は、前年度の机上検討結果を踏まえ、道路管理技術等のなかでも迅速かつ精度良く道路被災状況調査が可能であり、通常の道路点検にも活用可能性がある自動航行 UAV に着目し、実際の現場において自動航行 UAV の試験飛行を行うとともに、試験飛行の際の被災箇所の把握精度及び課題の整理を行った。

〔研究内容〕

災害時の迅速な点検及び被災箇所の把握を想定し、図-1 に示した市道富士小目井線の通行止め区間～旧国道220号の富士遮断機（往復約10km）間の現場において、自動航行 UAV の試験飛行を行った。また、試験飛行の実施にあたり支障となった法規制や運用上の課題及び UAV 映像による被災箇所の状況把握精度について整理した。ここで、自動航行 UAV とは、任意の場所から自動で UAV が飛行し、リアルタイムに映像配信を行い得る技術である。

〔研究成果〕

1. 実現場における自動航行 UAV の試験飛行

現地での自動航行 UAV の試験飛行は、表-1 に示す3ケースを行った。ケース1は長距離飛行による道路の線的な調査、ケース2は調査精度の把握を念頭においたケース、ケース3は遠隔地からの自動操作による調



図-1 自動航行試験飛行ルート（往復約10km）

表-1 試験飛行概要

Case	ケース1	ケース2	ケース3
飛行場所	市道（通行止め区間）～富士遮断機（往復約10km）	市道（通行止め区間）（往復約3km）	市道（通行止め区間）（往復約3km）
使用機体	DJI社 Matrice300RTK		Easy Aerial社 Falcon
搭載カメラ	Zenmuse H20 解像度：（動画）3840×2160 （静止画）5184×3888 ズーム：20倍		FLIR Duo 解像度：（動画）1920×1080 （静止画）1920×1080 ズーム：なし
発着場	市道（通行止め区間）の道路上		ドローンポート
通信方法	2.4GHz帯 （※操縦機のリモコンをLTE回線を用いて配信）		LTE回線
操作方法	自動航行 （伴走車を併走）		自動航行 （遠隔地からの操作）

査を念頭においたケースとした。また、試験飛行は海上飛行とし、速度5m/s、道路からの離隔30m、飛行高度を30m、50mに変化させて実施した。なお、今回の試験飛行は航空法上の災害時の特例にあたらなことから、通常の点検時でも活用可能な航空法上の最低離隔30m以上での飛行を基本とした。

一例として、ケース3の飛行状況を図-2に示す。ケース3の飛行から、電源の確保、離発着スペースの確保、遠隔操作に耐えうる通信環境の整備等の条件を満たせば、ドローンポートを用いて、遠隔操作によるボ

※本報告は令和2年度から令和3年度へと継続して実施した研究の成果を令和3年度研究成果として令和3年9月時点でまとめたものである。

ートの開閉、離着陸、自動航行の全てを自動で実施できることが確認できた。またケース 1 より、長距離飛行においてもほぼルート設定通りの飛行が確認できた。以上より、災害時において進入不可能となるような事態が発生した場合でも自動航行プログラムを組んでおくことで、調査可能となることが示された。

2. 被災箇所の把握精度の整理

ケース 2 では、市道富士小目井線の通行止め区間（往復約 3km）において、図-3 に示す被災事象の視認性確認飛行を行い、被災箇所の抽出がどの程度可能か整理した。被災事象は、①擁壁のクラック（幅約 3cm）、②厚さ 10～20cm 程度のブロックの散乱、③路面クラック（幅約 1.5cm）、④厚さ 35cm 程度のブロックの散乱、⑤道路路肩崩壊とした。なお、被災箇所は、あらかじめズームでの確認を行えるようルート設定に組み込んでおくこととした。

結果の一例を図-4 に示す。図-4 に示すように、飛行高度 50m においても厚み 10～20cm 程度のブロックの散乱は確認可能であったが、数 cm 程度のクラックはズーム機能なしでは確認できなかった。また高度 30m と 50m では、飛行高度の違いによる明確な視認性の相違はみられなかった。

また、ケース 2 は通行止め区間での飛行のため、災害時の特例として実施する可能性がある、高度 15m 道路直上の飛行も実施した。ここまで高度を下げると、約 1.5cm 幅の路面のクラックまで確認可能であるが、道路周辺状況等の把握が不可能となるため、確認事象の違いによる撮影方法（飛行高度、撮影範囲等）の検討の必要性が明確となった。

3. 運用上の課題や法規制等の整理

試験飛行を実施した上で確認された課題を表-2 に整理した。機体の課題として、今回のマルチコプター型のドローンでは、バッテリーの関係から、30 分、10km 程度の飛行が限界であり、道路調査のようなスポット的な調査のみならず、線的な調査を行う必要がある場合には、数台のドローンを連携させることやバッテリーの性能を向上させる必要があることが明確となった。また自動航行や被災箇所の確認において、設定したルートからのずれが生じ、確認不可能となる場合もあり得たことから、ドローンに搭載する電波センサーの高度化や準天頂衛星システムの活用等の対策が必要であることもわかった。

通信技術においては、今回、飛行中のリアルタイム配信を動画配信サイト等で行ったが、通信速度が不足するエリアでは配信映像の乱れが生じることや配信不能となることもあったため、衛星通信や 5G 通信を活用したより安定的な通信体制の整備の必要性が明確と



図-2 自動航行 UAV の離陸及び遠隔操作状況



図-3 飛行ルートと被災事象及び被災箇所

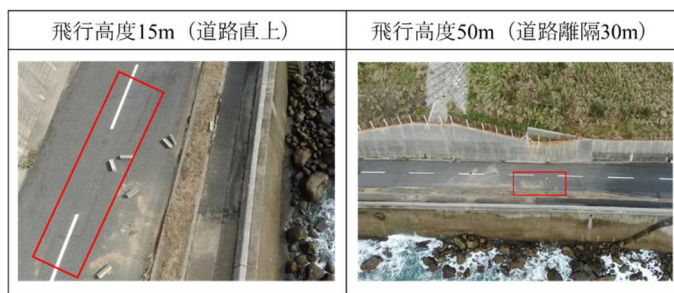


図-4 確認結果（厚さ 10～20cm 程度のブロック散乱）

表-2 試験飛行での課題一覧

項 目	試験飛行を実施した上で確認された課題
①機体、カメラ	・時間30分、距離10km程度の飛行が限界 ・自動航行や視認設定箇所は、GNSS受信性能に依存するため、設定ルートから数mずれる場合がある
②通信技術	・日時や場所によりLTE回線の通信速度が変動し、速度が不足すると、配信映像の乱れもしくは配信不能となる
③法規制	・LTE回線の空中利用の申請に4ヶ月程度要した ・供用中の道路からの離隔が30m以上必要

なった。

法規制においては、電波法において LTE 回線の空中利用申請が必要なこと、航空法において道路との離隔が 30m 以上必要なこと、道路交通法において道路上での離発着には道路占有許可申請が必要であること、道路上空飛行の際、安全面から警察協議が必要なこと等、自動航行 UAV の実用化には、未だ種々の運用上の課題があり、現状の法規制の改正等も考慮した道路調査での活用方法の検討も必要であることがわかった。

【成果の活用】

今回、現地で実際に試験飛行を行うことで、実運用に向けての様々な課題を抽出することができた。本研究の成果は、今後の国等による UAV の運用に関する法の改正や明確化に資する検討資料や自動航行 UAV 開発者及び通信事業者等の技術開発の一助となることが期待される。

領域 8

大切な道路資産の科学的な保全

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4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
研 究 官 伊原 岳宏
Researcher IHARA Takehiro

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. However, in order to deal with various issues, it is desirable to update the maintenance plan based on the vulnerability of the road network. The present study proposed a method to assess the risk for bridge closure due to heavy rain and earthquakes this year, and proved that the proposed method is feasible when comparing road closure risks between road sections.

【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橋の定期点検結果のデータから維持修繕費を推定したり耐震補強の状況を把握し、予算措置に努めている。また、各道路管理者も経年劣化を対象に道路構造物の長寿命化修繕計画や耐震補強計画などの修繕の計画を策定している。しかし、様々な課題に対して同時的かつ効率的に対応していくためには、随時更新・蓄積される構造物の諸元や定期点検等のデータに基づき、個別の課題やそれらを総合したときについて、道路ネットワークの脆弱性を的確に把握すること、それに基づき道路の改良や修繕の計画を更新することが望まれる。

そこで、令和3年度は、道路を構成する構造物の組み合わせや構造形式や適用基準などの道路構造の特性、3次元地形データなどの立地条件、定期点検結果や防災点検結果、幅員などの道路の幾何線形情報を活用し、豪雨や地震が道路橋の通行機能に与えるリスクを評価する方法を提案した。

【研究内容及び研究成果】

1. 道路としてのリスク評価の原理の提案

本研究では、最近の道路の通行規制の要因となっている災害である豪雨や地震をハザードとして考慮する。リスクは、ハザードにより道路の構造に損傷が生じる可能性と、それが生じたときに通行機能の低下や回復性に与える影響の度合いの組み合わせとして考慮することにした。図-1 にハザードに対する道路のリスク評価のフロー、表-1 及び表-2 に本研究でのリスクの定義を示す。道路のリダンダンシーも評価できるように、構造物の損傷が道路の通行機能に与える影響は、規制の有無と種類、規制が生じたときの解除までの期間を考慮できる定義とした。

ハザードに対して各道路断面がどのような状態になるのかを評価するには、断面に含まれる構造物の組み合わせとそれぞれの構造物の特性を評価すべきである。そこで、ある道路断面に盛土、切土がある場合には、盛

土、切土に分けて、ハザードに対する状態を評価することになる。なお橋、高架の道路は、橋や高架が道路本体そのものであるため、道路断面内で構造物を区分することは一般にはない。

次に、各構造物に生じ得る状態は、最新の技術基準への適合性の度合いに応じてA（状態がよい）～D（落橋等が生じる）に区分することにした。諸元や適用基準は、既存データが存在し、情報の入手が容易であること、そして、各技術基準は、道路の性能と関連付けて要求性能が提示され、それを満足するための照査法や構造の前提条件が規定されている。そこで、基準への適合度を基本に想定される状態を区分することは、容易かつ一定の信頼性が確保できると考えた。一方で、個々の構造物の実際の諸元や立地条件を考慮して安全余裕の違いを的確に評価するようなものでない。つまり、道路の中での被災個所の予測としての活用は難しいが、道路区間の中に含まれる様々な構造物の相対的な脆弱性の違いを反映した道路区間同士のリスクを比較するためであれば適当な結果になると考えられ、検証が必要である。

また、定期点検結果等で劣化が見られる場合には、状態の区分を補正し、下位の区分へと移すことにした。これは、老朽化についても複合的に考えたリスク評価になるようにするためである。

次に、ハザードに対する構造物の状態が道路の通行の障害となるかどうかを評価する。通行の障害の種類は①段差凹凸、②線形不正、③障害物、④耐荷力不足に区分し、程度を小中大に区分することにした（表-2）。そして、最終的に、この通行の障害の種類と程度の区分を道路のリスクに変換する。

以上のように、各構造物の設計基準を性能の評価のツールとして用いることで、道路構造物の技術基準の性能規定化が進めば、道路に含まれる構造物の種類や組み合わせが異なる区間でも統一的な尺度でリスクを比較できることが分かる。一方、現在は異なる構造物間で設計基準の照査体系や評価の考え方が異なっており、道路のリスクを的確に評価するためには各種構造物の設計基準の整合性を図る必要があることが分かる。

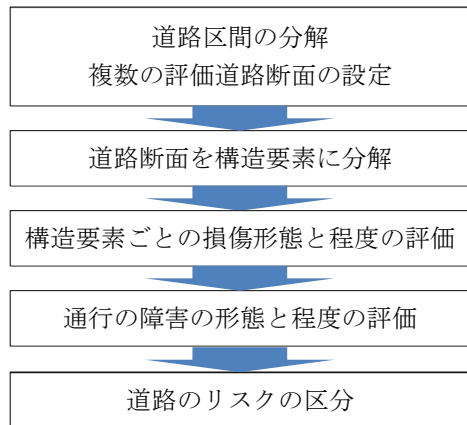


図-1 ハザードに対する道路のリスク評価のフロー

表-1 道路区間のリスクの程度の区分

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

表-2 道路のリスクと通行の障害の関係

道路のリスク	通行機能	通行の障害
速度規制	走行性	①段差凸凹 ②線形不正 ③障害物
車線規制	容量の確保	②線形不正 ③障害物 ④一部の幅員で耐荷力不足
重量規制	荷重の支持	④耐荷力不足

2. 道路橋のリスク評価方法

例として、道路橋区間について、地震により生じ得る障害の種類や程度を評価する方法を示す。過去の設計で考慮される作用の規模や、構造細目等の違いに応じた安全余裕の違いを踏まえ、表-3 及び表-4 のとおり評価することを提案した。最終的には、これらの A から D を一定の手順にしたがって道路のリスク区分 I から III に変換する。本研究ではその方法も検討したが、詳細は「道路リスクアセスメント要領（案）、道路局環境安全・防災課、R4」を参照されたい。

表-3 各構成要素の状態評価

設計基準	想定される構成要素の状態								橋台背面アプローチ部	上下部接続部
	上部構造		下部構造							
	主桁・横桁・床版	横構・対傾構	躯体	基礎			基礎周辺斜面の崩壊の影響あり			
				基本	液状化の影響あり	流動化の影響あり				
T15 道路構造に関する細則案以前 S46 道路橋耐震設計指針 S55 道示 V 編 H2 道示 V 編 H7 復旧仕様 H8 道示 V 編 H14 道示 V 編 H24 道示 V 編 H29 道示 V 編	A	B：その他 D：上路式／中路式アプローチ橋ノトラス橋など	D	C：その他 D：パイルベント、石積み、木杭の場合	D	D	C：杭基礎や組杭深礎基礎で複数列となる組杭構造の場合 D：その他	D		
			C	C						
			B	B	B	B	B	A		

表-4 通行の障害の種類と程度の区分の評価

構成要素の状態	通行の障害の種類と程度の区分			
	①段差凸凹	②線形不正	③障害物	④耐荷力不足
上部構造（主桁・横桁・床版）	D の場合：大 A の場合：小	—	—	D の場合：大 A の場合：小
上部構造（横構・対傾構）	—	—	D の場合：大 B の場合：小	—
下部構造（躯体・基礎）	D の場合：大 C の場合：中 A, B の場合：小	D の場合：大 C の場合：中 A, B の場合：小	—	D の場合：大 C の場合：中 A, B の場合：小
橋台背面アプローチ部	D の場合：大 A の場合：小	—	—	—
上下部接続部（支承部）	D の場合・支承高が高く（20cm 以上）通行止めに至る場合は大。それ以外では中・負反力支承の場合は大 C の場合：中 A, B の場合：小	D の場合・斜角等を有し、回転できる条件の場合（道示 V13.3.4）は大。それ以外では中。 C の場合：中 A, B の場合：小	—	D の場合：大 C の場合：中 A, B の場合：小

3. リスク評価の試行結果

提案した方法で、平成 28 年熊本地震により被災した国道 57 号の道路橋を対象にリスク評価を試行した。結果を図-2 に示す。道路区間 AB においては、全 5 橋のうち全てリスク III となった橋梁が 4 橋あり、うち 1 橋が被災した。道路区間 BC においては、全 13 橋のうち全てリスク III となった橋梁が 9 橋あり、うち 3 橋が被災した。リスク評価上は、リスクの高い橋梁の多い区間の方が被災の生じる可能性が高いと考えられる。このように実際に被災した橋梁区間は、リスク評価では III となった橋の中でも限定される。しかし、構造物単位で評価することは困難であっても、道路区間毎のリスクを判別し、比較することで、対策の優先度が高い区間を判別できる可能性があることが検証できた。



図-2 平成 28 年熊本地震での被災橋梁の試行結果

〔成果の活用〕

本研究におけるリスクの評価方法の提案は、「道路リスクアセスメント要領（案）令和 4 年道路局環境安全・防災課」に反映された。

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 to increase reliability and decrease labor intensity in inspection

(研究期間 令和2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 白戸 真大
Head SHIRATO Masahiro
主任研究官 上田 晴気
Senior Researcher UEDA Haruki
交流研究員 五味 傑
Guest Research Engineer GOMI Takashi

The purpose of this study is to show bridge inspection planning standards and propose a method for verifying if the proposal for the use of inspection support technologies is appropriate. This year, we showed the bridge geometry data may identify the possibility of collapse of prestressed concrete girders based on the relationship between the decrease in safety margin and the increase in deflection.

〔研究目的及び経緯〕

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おり、点検の質の向上と作業の省力化への期待が大きい。本研究は、点検支援技術を適切に組みあわせて活用するための点検計画の作成方法や、対象とする橋にとって点検計画が適当であることを判定するための照査要領を提案することを目的に行っている。

近年、画像解析や点群データから橋の状態を把握するための研究が多数行われている。画像等の解像度や記録方法が規定できれば検出できるひびわれ幅などは決まるため、記録したい内容に応じて機器等を選択できる環境が整ってきている。一方、点検の最大の目的は、橋が有する安全余裕を評価するための情報を得ることであるが、この観点で機器等を選定したり、得た情報を活用するための方法論は確立されていない。そこで、令和3年度では既設のプレストレストコンクリート桁の安全余裕に関して、これらの機器等の精度に応じてどの程度有用な情報が取得できるかを検討した。

〔研究内容〕

たとえば、P C鋼材の健全性はP C桁の安全余裕の評価において最も重要な情報の一つであるが、P C鋼材は部材内部にあるため、その健全性を直接目視することはできない。そこで、画像解析技術等でP C桁の外観を記録しつつも、さらに、安全余裕を評価するのに参考となる情報が取得できれば有用である。

機器等を選定したり、得た情報を活用するための方法論の確立のためには、点検支援技術で得られる情報の質を力学的な耐荷メカニズムや材料等の劣化過程と関連づけて議論することが必要である。そこで、本研究では、ある任意の時点間のたわみ形状の変化量から安全余裕を評価することとした時に、機器等に求められる精度を検討する。検討を単純化するため、極端な

例として、桁全体にわたって一様にP C鋼材の断面積が低下し、プレストレスが減少したことで桁がたわんだ状態を仮定する。また、時点間のたわみ形状の差分を用いる一方で、最初に計測した時点では桁は健全であることや、各時点で計測されるたわみはクリープの影響や温度変化の影響を受けないと仮定する。換言すれば、単純化を優先し、P C鋼材の一部が著しく腐食している状態など、実際に生じそうな劣化、損傷状態を網羅した検討ではないことに留意する必要がある。また、本研究では桁の諸元や材料定数のばらつきまでは考慮していない。

プレストレスの減少に伴い桁の耐荷力が減少していくにつれて、桁の状態は表-1のように変化する。国総研資料第613号「P C道路橋の健全度評価の高度化に関する共同研究」では、我が国で一般的に実績の多い形式であるポストテンション方式T桁橋を対象に、典型的な諸元を仮定し(表-2)、計算上、P C鋼材の断面積を減少させることでプレストレスを減少させたとき、支間中央部のたわみの変化と表-1に示す領域の区分との関係を求めている。ここではこの結果を用いて検討する。各ケースについて、縦軸にたわみ領域の境界、横軸にたわみ量を示した関係図を図-1に示す。支間45mのケースを例に、領域CからDに移るとき、すなわち死荷重時において下縁側コンクリートが引張強度に達するときには、たわみのオーダーは150mm程度である。他の計算結果からも、各領域の境界に対応するたわみのオーダーは大凡10mmから200mmの間である。一方、既往の設計計算例などを見ると、橋の諸元や形式にもよるが、P C橋は温度変化によっても日々数mmから10数mm程度はたわむ。したがって、10mm程度のオーダーより小さい変位が計測できたとしても5年の間のプレストレス量の減少に直接結びつく影響は得られにくい。

以上から、P C鋼材の腐食の分布に極端な仮定をおけば、たとえば、時刻 $t_1=t$ (年) と $t_2=t+5$ (年) の間に形状の変化が 10mm から 200mm のオーダーで把握できる機器であれば、桁の安全余裕度の大小の程度はともかく桁の異常を疑えることが期待できる。

表-1 プレストレス減少に伴う桁の状態

領域	桁の状態
A	健全な状態から、設計荷重時において下縁側コンクリートが引張強度に達するまでプレストレスが減少した状態
B	領域Aから、死荷重時においても下縁側コンクリートに引張応力が発生するまでプレストレスが減少した状態
C	領域Bから、死荷重時において、下縁側コンクリートが引張強度に達するまでプレストレストが減少した状態
D	領域C以後、P C鋼材が降伏し、その後コンクリートが圧壊し、破壊に至るまでの領域

表-2 感度解析ケース

支間長	材料	断面図
①20m	7S12. 7, N=4	
②25m	7S12. 7, N=5	
③30m	12S12. 7, N=4	
④35m	12S12. 7, N=5	
⑤40m	12S15. 2, N=4	
⑥45m	12S15. 2, N=5	

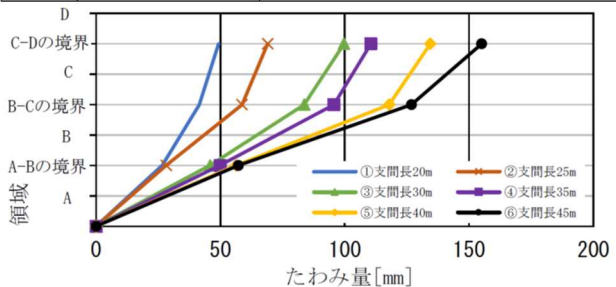


図-1 各支間長における領域とたわみ量の関係

そこで計測精度が 10mm, 25mm, 50mm, 100mm, 200mm のオーダーの機器を想定する。ここでいう 10mm オーダーの精度とは、0 から 20mm の間にあることはほぼ確実と言えるということを指し、誤差精度が $\pm 100\%$ だということを意味する。異なる 2 時点の桁支間中央の座標の計測値を X_1 と X_2 とする。それぞれ誤差が分散 σ_1 及び σ_2 を有する正規分布であり、平均値 $\pm 3\sigma$ が誤差 $\pm 100\%$ に対応すると仮定する。このとき、異なる時点における形状の変化 δ の平均値は計測値の差であり、分散は誤差の二乗和となる。

たとえば、計測精度のオーダーが 10mm と 50mm の機器を想定する。図-1 から支間 45m のときの結果を取り出し、そこに計測値の誤差範囲を、誤差棒を用いて重ね書きしたものを図-2 に示す。図-2 には、表-1 に示す領域と領域の境界となるたわみ量 (以下、閾値という) について、A と B の境界の値を破線、B と C の境界の値を一点鎖線、C と D 境界の値を二点鎖線で表し、計測されたたわみ量 (計測値 X_1 と計測値 X_2 の差) が、各領域の閾値の寸前の値であったと仮定する。計測精度が 50mm のオーダーの場合、計測たわみ量が領域 B の限

界の点であったとしても、実際の桁の状態は領域 D にある可能性も否定出来ないことになる。一方、計測精度が 10mm のオーダーの場合、同じく計測たわみ量が領域 B の限界の点であったとしても、実際の桁の状態は領域 C にあることは否定しないが、領域 D にあることまでは考えなくてよいと考えられる。

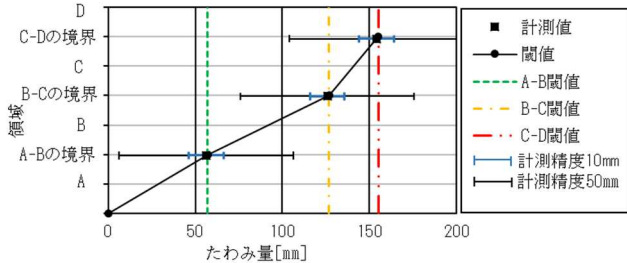


図-2 計測精度の範囲と各領域の閾値との関係

点検支援機器の計測精度に応じて捉える可能性がある領域の範囲に有用性があるかどうかについて、本研究では次の観点で判定した。たとえば、2 時点の計測値の差としてのたわみ量が領域 B の範囲にあると計測されたときに、計測誤差を考えると領域 D の状態にあるなど、2 段階危険側であることも否定出来ないと考えられるときや、逆に、領域 B 又は C に到達する限界のたわみが計測されたときに、計測誤差を考えると実際には 1 段階安全側の領域にあることも否定出来ないと考えられるときには有用性が低いと判定した。以上の整理により、計測された領域に対して有用性があると判定した結果を表-3 に示す。「A, B, C, D」と記載したケースにおいては、たわみ量がいずれの領域の範囲で計測されても、計測された領域から大きくかけ離れていないという判定となることを示している。P C桁橋の外観を点検支援機器を用いて記録するのであれば、橋の各部座標を 10mm 程度のオーダーで計測できる機器等で行っておくことで、結果の活用の可能性が広がると言える。

極端な仮定、限られたケースの範囲内であるが、このような考え方で検討を重ねることで、外観の記録を行うときに、計測結果の更なる活用の可能性を考える際の機器選定の目安を提示できる可能性がある。ここに、目安としているのは、前述のように、実際の橋の損傷の分布等を予め網羅した検討ができるわけではなく、あくまでもオーダーの検討であることに留意が必要なためである。

表-3 計測された領域に対して有用性があることを計測精度毎に整理した結果

計測精度 [mm]	有用性がある領域 (※計測された領域を示している)					
	支間長=20m	支間長=25m	支間長=30m	支間長=35m	支間長=40m	支間長=45m
10	A	A, B	A, B, C, D	A, B, C, D	A, B, C, D	A, B, C, D
25	x	A, B	A	A	A	A, B, C, D
50	x	x	x	x	A	A
100	x	x	x	x	x	x
200	x	x	x	x	x	x

[成果の活用]

国が管理する道路橋の点検などで活用を図っていく予定である。

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 design
for evaluation of 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 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 木下 貴史
Guest Research Engineer KINOSHITA Takashi

The performance evaluation for existing bridges is vital in bridge maintenance and management. The existence in deteriorated structural elements and the variation in the strength of reinforcement materials must be considered in the evaluation, but no technical guidance is available so far in bridge design codes. This study aims at showing the detailed technical guidance to show the method to evaluate bridge limit states and modify partial factors in consideration of deterioration and damage. This year, we have proposed a new method to evaluate bridge limit states that consider load path redundancy.

〔研究目的及び経緯〕

既設道路橋の性能の評価や修繕設計に関する技術基準類は整備されておらず、実務では、新設道路橋の技術基準である道路橋示方書が準用されることが一般的である。しかし、既設橋の損傷の箇所や程度は様々であり、材料の強度や有効な断面を評価するための調査の質、量も多様である。また、修繕のために追加する材料も多様である。したがって、これらを設計でどのように見込むのかによって、性能の評価や修繕設計の信頼性がばらつくことになる。

本研究では、既設橋の性能評価や修繕設計に特有の部分係数の補正方法や橋の限界状態の評価法を体系化することを目的としている。

本年度は、損傷が生じた上部構造について、部材間の荷重伝達のリダンダンシーも考慮して安全性を評価する方法を検討した。

〔研究内容〕

1. 新設橋の設計における橋の限界状態の評価法に関するレビューと課題の抽出

平成29年に改定された道路橋示方書では、限界状態設計法が導入されている。設計で考慮する状況（作用の組合せ）において、橋が適切な機能・状態（抵抗）にあることを照査するために、状態を適切に区分したうえで区分の境界となる限界状態が定義されている。例えば、上部構造の状態は、上部構造を構成する部材や接合の状態で代表し、照査できるとされている。したがって、作用の組合せに対して、各部材が所要の限界

状態を超えないこと、例えば、降伏しないことを照査すれば、上部構造の状態の照査に代えることができる。

新設橋であれば、すべての部材において、作用の組合せに対して降伏しないような断面諸元を与えることができる。しかし、既設橋の上部構造を考えたとき、部材に損傷がある場合には損傷がない場合と比べて、作用の組合せに対して降伏する危険度が高まる。また、建設時点と比べて、大型車の通行の増加が無視できない場合や大きな地震動を考慮する必要が生じた場合などにおいても、計算上は一部の部材が降伏することになる。したがって、部材の一部が降伏する場合でも、供用に必要な安全余裕を有するかどうか照査する方法を構築できれば、既設橋の性能照査をよりきめ細かく行うことができるようになると考えられる。

2. 荷重経路の代替性や補完性の評価方法の提案

上部構造を構成する部材は、機能の異なる部材種別の組合せにより設計される。鉛直力に対して機能別に部材の種別を分類し、橋の通行機能の喪失を頂上現象として Fault Tree 状に整理したものを図-1 及び図-2 に示す。図-1 が桁断面の強度に床版コンクリートを見込まない場合（本文では非合成桁という）、図-2 が桁断面の強度に床版コンクリートを見込む場合（本文では合成桁という）である。例えば、図-2 では、主桁の強度に床版コンクリートの強度も見込むことから、床版、ずれ止め、鋼断面のいずれも塑性化しないことが必要となることが表現されている。

上部構造では、複数の種別の部材が同じ機能を担う

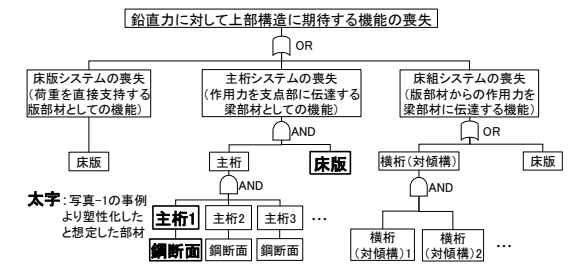


図-1 部材の機能別分類の例（非合成桁の場合）

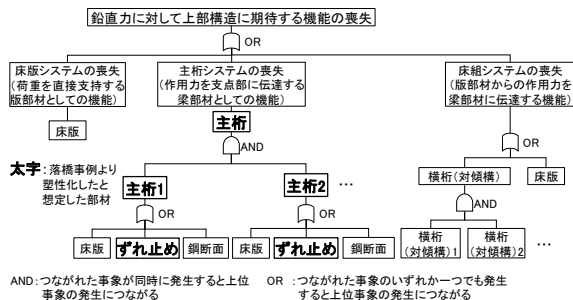


図-2 部材の機能別分類の例（合成桁の場合）

ことも多く、例えば、鉛直力に対しては、横桁と床版が同じ役割を果たす。ある作用の組合せに対して、一つの部材種別で一部の部材等が塑性化したとしても、同じ機能を担う別の種別の部材が塑性化せず、作用に対して可逆性を有するのであれば、塑性化している部材を代替して主桁間の荷重分配の役割を果たす可能性がある。

また、主桁が複数設置されているとき、一部の主桁が塑性化したとしても、残りの主桁が塑性化しないのであれば、塑性化した主桁を補完し、主桁系（主桁という部材種別全体）としては鉛直力に対して安全性と復元力を失わずにすむ可能性がある。

以上をまとめると、既設橋の上部構造について、部材の一部の塑性化が見込まれる場合であっても、上部構造全体として必要な機能が確保できるかどうかを評価するための方法として、以下の手順を提案できる。

- ・上部構造の各部材種別について、鉛直力、水平力が作用したときに果たされる機能別に分類する。そして、塑性化した部材については塑性化後の強度を見込んだうえで、その機能を担う部材種別間で代替性が発揮されるように少なくとも一つの種別では可逆性を有することを確認する。
- ・ある機能を果たす部材種別が一つのときに、その中の一部が塑性化することが見込まれる場合には、塑性化した部材では塑性化後の強度を見込んだうえで、残りの部材では塑性化せず、可逆性を有することを確認する。

3. 方法論の妥当性の検証

写真-1は、地震により、主桁の変形や床版のひび割れ等が生じた橋である。床版は主桁の機能とは関係しないように設計されていること、主桁としてはすべてが塑性化したわけではないことから、提案方法によれば、主桁システムとしては落橋に至るような致命的な

状態ではなかったことが図-1のように説明できる。なお、復旧については、現在の技術基準の改定前であつたこともあり、許



写真-1 5主鋼非合成I桁橋の事例

容応力度設計法で実施されている。変形した桁については、変形部の抵抗を考慮しない鋼断面として、当初断面より見込める強度は小さくなるが、許容応力度を超えないように設計された。また、補剛材を追加することで、载荷に対して降伏したとしても急激な耐荷力の低下を防ぐことができるようにされている。さらに、変形が大きい部分と並行して、別途の桁が新たに追加されている。復旧後の橋の状態については、仮に変形を残した主桁が供用中に降伏したとしても、急激に強度が低下するわけではなく一定の荷重分担ができ、かつ、他の主桁が塑性化せず、可逆性を有するのであれば、提案方法より、主桁システムの機能を満足できるといえる。そのため、上部構造としての供用に問題が生じる可能性は低いと予想できる。

次に、写真-1の事例と同様に、落橋事例に対して提案方法の妥当性を検証した。対象とした落橋事例は、2021年にメキシコで起きた地下鉄の地上高架部の落橋事故である（出典：[メキシコ地下鉄高架橋崩落、原因は梁の座屈 調査報告書 | 日経クロステック \(xTECH\) \(nikkei.com\)](#)）。報道などによれば、橋梁形式は2主鋼I桁橋で、桁は合成桁とされている。そして、鋼断面と床版を接合するずれ止めの溶接不良が確認され、破断していたとされる。また、報道などの写真からは、横桁の断面積が比較的小さく見える。本落橋事例を提案方法にしたがって分析すれば、桁全長に渡って二つの主桁の大半のずれ止めが外れた場合には、主桁間の補完性がいないため、致命的な状態に至ることが図-2のように説明できる。また、仮に一つの主桁でずれ止めが外れたとしても、もう一つの主桁に十分な強度があり、かつ、横桁の荷重分配が機能するならば、落橋には至らなかったと考えられる。しかし、本橋の横桁の強度・剛性が小さく、荷重分配機能が発揮されなかったならば、橋としてはやはり致命的な状態に至ったと予想できる。

以上のように、提案した部材の機能の代替性や同じ機能の部材の補完性の評価法により、一部の部材が損傷、また、降伏するような場合の既設橋の性能評価、並びに、修繕設計を合理的にできると考えられる。

【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。

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
研究官
Researcher
交流研究員
Guest Research Engineer

白戸 真大
SHIRATO Masahiro
佐々田 敬久
SASADA Yukihiro
石尾 真理
ISHIO Mari
佐藤 悠樹
SATO Yuki

Several techniques are available to maintain or add strength and deformation capacities to existing structures, such as steel plate fastening, concrete jacketing, FRP bonding etc. However repair design methods are not as well established as design specifications for new bridges. This study aims at providing the information on design methods and know-hows for major repair and strengthening methods in the limit state design format. This year a method of steel plate fastening to connect horizontal stiffeners to vertical ones was tested to improve plastic strength and deformation capacity of existing steel beams. The test result showed that the proposed steel plate fastening worked as expected.

〔研究目的及び経緯〕

道路構造物の維持管理では、点検などで腐食等の劣化が見られた場合、性能の維持や回復のための補修を着実に実施することが必要である。また、車両の大型化や災害に対する国土の強靱化のために、構造物へも必要な補強を進める必要がある。一方、補修補強工法は様々提案され活用されているものの、その適用にあたっては、個々の現場で様々な検討、工夫がされている状況である。そこで、本研究では、補修補強の円滑化と適正化のために、複数の代表的な工法について、調査方法や設計、適用上の留意点をまとめることを目的としている。

強度が不足する既設鋼桁に対しては、フランジや腹板にあて板をすることで強度の増大を図ることが一般的であるが、重量の増加が問題となる。そこで、重量の増加を減らしつつ既設桁の耐荷力を向上させる方法として、連結板を用いて水平補剛材と垂直補剛材を連続化する方法が考えられる。図-1に概念図を示すように、連結板を用いて水平補剛材と垂直補剛材を連続化すると、水平補剛材の境界条件が単純支持から固定に変わり、さらには水平補剛材に囲まれた腹板の板縁も4辺固定となる。そこで、腹板の座屈変形の抑制が抑制され、曲げモーメントに対して腹板内での塑性域の広がりが大きくなることで桁の耐荷力の増加が見込まれることから、補修補強への適用が期待できる。本年度は、

この方法の効果を把握し、基準化を行うための基本的な知見を得るために、大型試験体による載荷試験を行った。

〔研究内容〕

実験は、既設鋼桁を想定した試験体を2体製作し、行った。試験体概要図を図-2に示す。そこで、写真-1に示すように、ケース2の試験体においてL型の鋼連結板とボルトにより既設の水平補剛材と垂直補剛材を

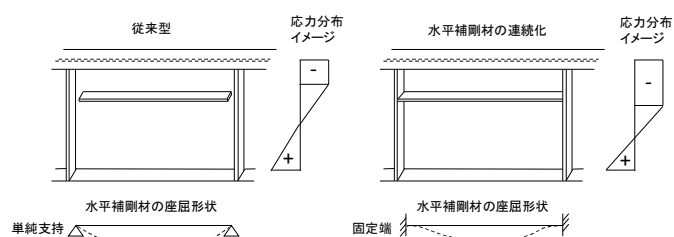


図-1 水平補剛材の固定方法の違いによる座屈形状および応力分布の概念図

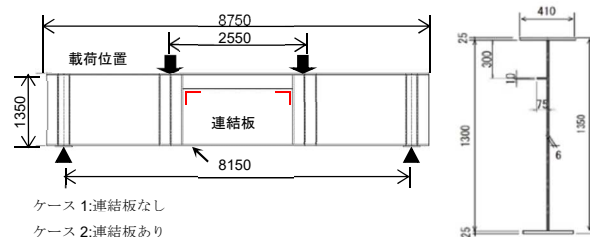


図-2 試験体概要図

一体化させ、試験を行った。連結板を接合するボルトができるだけ厳しい応力状態に置かれるように桁の鋼材は、既設橋よりも高い降伏点を有する SBHS500 とし、腹板の板厚も通常よりも薄くした。水平補剛材の剛度は道路橋示方書を満足するように設定した。連結板は桁と同じ SBHS500 鋼を用いて水平補剛材と同じ板厚であり、一般的な高力ボルト (F10T) を用いて設置した。

荷重条件は、2 点荷重 2 点支持の曲げ荷重である。また、本実験では、活荷重や地震の影響などにより桁が繰り返し降伏することも仮定し、下フランジが降伏に達した際の桁中央の鉛直変位 (δ_y) を基準に、繰り返し漸増荷重を与えた。最終的には最大荷重後に荷重が低下する変位までを目標とした。

[研究成果]

荷重試験結果を以下に示す。以下、基準となる鉛直変位 $1.0\delta_y$ に対する変形量を示す。

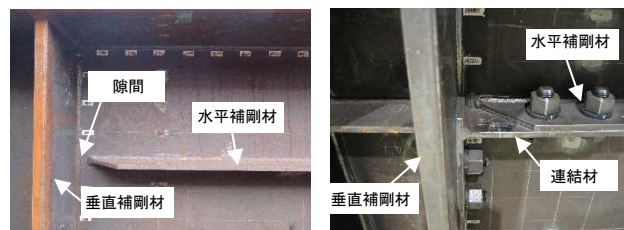
図-3 に荷重-鉛直変位の関係を示す。荷重は降伏荷重 (P_y) で無次元化した。ケース 1、ケース 2 ともに P_y までは可逆性を有しながら荷重が増加した。また、最大荷重 (P_{max}) を P_y で除した P_{max}/P_y がどちらも 1 を超えたことから最大荷重は降伏荷重を超えたことがわかる。ケース 2 において、最終的に $2.0\delta_y$ に到達した時点で荷重が低下し試験は終了した。

次に、ケース 1 とケース 2 の降伏後の荷重を比較した。ケース 2 では残留変位の急増が抑制されたことに対応し、ケース 1 に対し $1.2\delta_y$ に達する荷重では 6% 向上し、 P_{max} については 9% 向上した。一方、 $1.0\delta_y$ については 4% 程度の向上に留まっていた。

写真-2 に試験体の試験完了時の変形を示す。着目パネルの上フランジ、腹板、水平補剛材には座屈が見られた。写真-3 に連結部の変形状況を示す。連結板は垂直補剛材から引き離される形で、変形していることがわかる。これは腹板の座屈に追随する形で水平補剛材も座屈したためと考えられる。また、荷重の低下がみられた際には大きな異音が生じたことから、連結板の滑りも生じたものと推測される。

荷重除荷時における面外残留変位の関係を図-4 に示す。ケース 1 の面外残留変位は $1.2\delta_y$ で 4mm 程度となり、 $1.5\delta_y$ で 10mm 程度となった。一方で、連結板を設置することで、期待されたとおり、ケース 2 の面外残留変位は $1.2\delta_y$ まで 1mm 程度で推移し、降伏変位を上回る $1.5\delta_y$ まで、面外残留変位が抑制された。

以上から、想定したとおり、水平補剛材と垂直材補剛材を連続化し、腹板の板縁の境界条件を 4 辺固定とすることで腹板の局部座屈変形が抑えられ、曲げに対する桁の耐荷力を向上させられることが確認出来た。



(a) ケース 1 (b) ケース 2

写真-1 水平補剛材連結部

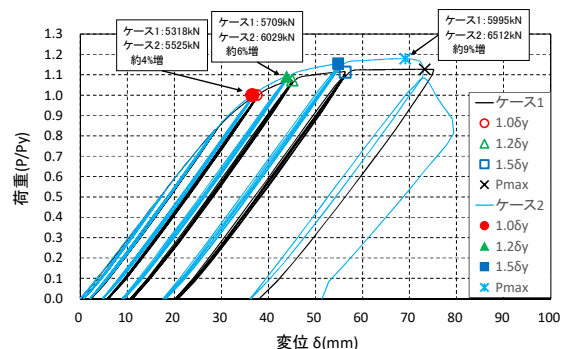


図-3 荷重-変位曲線

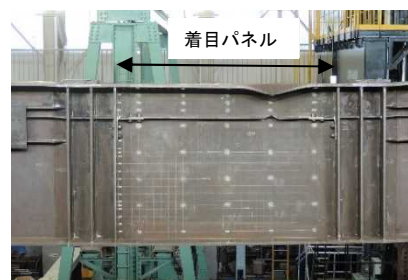


写真-2 試験後試験体状況

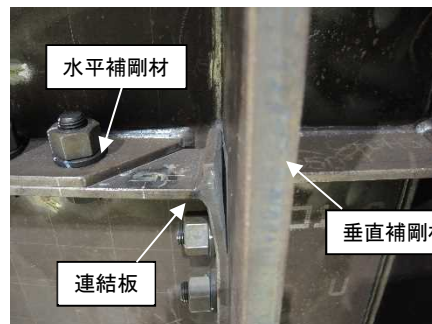
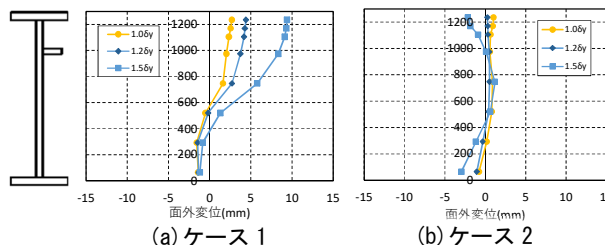


写真-3 水平補剛材連結部 (試験後)



(a) ケース 1

(b) ケース 2

図-4 荷重除荷時における腹板の面外残留変位

[成果の活用]

得られた成果は、道路橋示方書の改定等に反映する予定である。

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

Study on maintenance management method and reliability design for required performance of embankment and cut

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

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

(研究期間 令和3年度～令和5年度)

渡邊 一弘
WATANABE Kazuhiro
青山 淳
AOYAMA Jun
吉川 昌宏
YOSHIKAWA Masahiro

In this report, “damage factors” and “the basis for soundness diagnosis of damaged cases” were analyzed and organized from the inspection reports of periodic inspections of road earthwork structures. These results will be used as basic data to revise the guidelines.

〔研究目的及び経緯〕

平成27年3月に「道路土工構造物技術基準」が、平成29年8月には「道路土工構造物点検要領」が定められ、道路構造物に対して体系的な観点から調査・設計・施工及び維持管理などを行うこととなった。

本年度は、被災事例における損傷の要因や道路土工構造物の定期点検の点検調書における健全性診断の根拠に着目し、整理・分析を行い、指針類等へ反映の基礎資料とするものである。

〔研究内容〕

本研究では、長大法面の崩壊事例を対象に、既存の点検結果及び点群データによる地形等の確認を行い、長大切土及び長大盛土の損傷要因の特徴を整理・分析した。

また、点検結果の信頼性を一層向上させる観点から、着目した変状と道路土工構造物全体の構造的安全性が関連付けられ、的確に健全性の診断がされている事例を整理・分析するとともに、健全性診断の所見の根拠として記載すべき項目を整理した。

〔研究成果〕

1. 長大法面における被災リスクの分析整理

長大切土及び長大盛土法面について、令和元年・2年度の直轄国道の被災資料から机上にて被災形態等を整理し、被災した箇所と非被災箇所を比較する観点で、特徴的な項目を抽出し、今後の基準類及び点検要領へ反映する基礎情報を整理した。

(1) 被災箇所の特徴の整理

被災箇所の整理は、長大法面が崩壊した21箇所を対象とし、道路土工指針の被災形態（切土A～C・盛土C・D）に整理した。切土の崩壊形態は、表層崩壊

[B]が多く、比較的小規模な崩壊が発生していた(写真-1)。

また、盛土の崩壊形態は、表面水がのり面に流出し崩壊[B3]するものが多い結果となった(写真-2)。



写真-1 長大切土崩壊 写真-2 長大盛土崩壊

(2) 非被災箇所の選定

被災箇所と対比する非被災箇所の選定は、被災箇所を含む概ね3kmの区間から選定するものとした。

また、具体的な箇所は、崩壊の予兆となる損傷等の要因を抽出する目的から、経過観察等の記録を有している道路土工構造物点検及び防災点検を実施している箇所とし、表-1に示す箇所数とした。

(3) 検証における損傷区分の設定と基礎情報収集

被災箇所及び非被災箇所を検証する上で、損傷等の程度については、表-1に示す損傷区分として整理した。また、道路構造、道路線形、地形については、道路台帳附図及びLPデータ等を活用し整理した。

表-1 既往の点検結果による損傷区分

損傷区分	被災区分・箇所数	道路土工構造物点検	道路防災点検
A	非被災箇所 N=167 (切土99箇所・盛土68箇所)	I: 健全	対策不要
B		II: 経過観察段階	カルテ対応
C		III: 早期措置段階	要対策
D	被災箇所 N=21 (切土12箇所・盛土9箇所)	IV: 緊急措置段階	【被災箇所】

(4) 長大切土・長大盛土の被災リスクの検証

長大切土について、建設後の経過年数による損傷度を検証するため、表-1 に示す被災、非被災箇所に対し建設年次と損傷区分の関係を図-1 に示す。同図より、建設年次が 2010 年以降の比較的近年建設された長大切土は、健全である損傷区分 A の割合が高い一方、損傷区分 C、D の割合も高い。これは、切土後の応力解放による二次的強度低下や、切土直後の露出面の急速な風化により地山が脆弱化し変状が発生したと考えられる。このような初期変状を早期に捉えるためには、建設後に初回点検を実施することが重要と考えられる。

次に、長大盛土について、路面の表面水がのり面に流れ出し崩壊した事例に対し、カーブ区間（平面曲線半径 100m 以上 800m 未満）・排水施設に対し損傷区分（C、D）の関係を整理した結果を図-2 に示す。この結果、アスカーブ構造にて多くの損傷が発生している一方、カーブの外側と内側の損傷は、同数であった。また、アスカーブ構造のカーブ外側と内側に対し、縦断勾配 4%を閾値とし整理した結果を図-3 に示す。同図より、横断勾配上表面水が集まりやすいカーブ内側の損傷が多い傾向である一方、カーブ外側でも損傷が発生しており、今後の点検や基準類への留意点となりうるものと考えられ、引き続き検討が必要である。

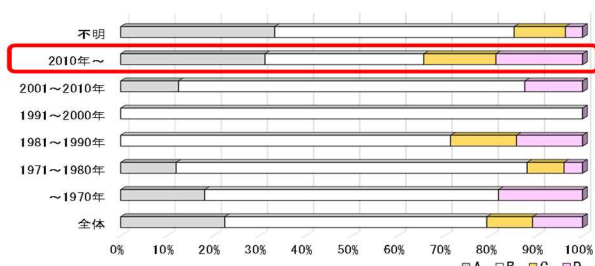


図-1 長大切土における建設年次と点検結果の分布

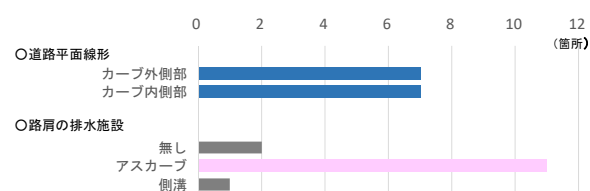


図-2 長大盛土の道路線形における損傷の程度

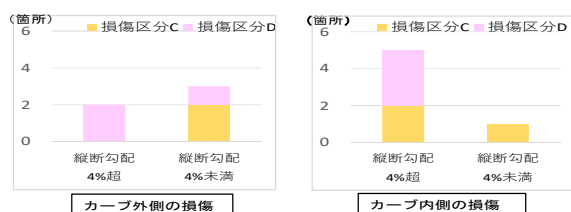


図-3 アスカーブ設置部における損傷の程度

2. 定期点検結果がⅢ判定箇所の健全性診断が的確な事例の抽出

各地方整備局等が管理する道路土工構造物の平成30、令和元、令和2年度定期点検結果(9,829 データ)のうち、Ⅲ判定箇所に関し、点検調書における健全性診断の所見の根拠の記載内容が、着目した変状と道路土工構造物全体の構造的安全性が明確に関連付けて記載され、その内容を基に的確に健全性の診断がされている事例を抽出するため、先ず着目すべき項目を検討した。

道路土工構造物点検要領では、健全性診断の所見等(点検調書様式 1:その 2)には、施設の変状等から当該区域にどのような懸念があり判定区分(I～IV)としたか、診断に至った理由を記載することとされており、「着目した変状」と懸念事項である「想定される現象」を着目する項目とした。

また、同要領では、Ⅲ判定は道路の機能への支障が予想される状態であるとされており、変状のメカニズムがある程度明らかになっている必要がある。よって、「変状のメカニズム」についても着目する項目とした。さらに、判定に当たっては「構造物の安定性」、「変状の進行性」、「道路機能への影響」といった着眼点を踏まえ診断を行うとされているため、この3項目も着目する項目とし、加えて診断は道路土工構造物自体に限らず、周辺の地形・地質などの様々な要因を考慮して総合的に行うことが求められるため、「地質的な特徴」についても着目する項目とした。

以上、7つの着目する事項の記載内容等より、盛土と切土別に各10件の的確な健全性診断事例を抽出するとともに、7つの着目する事項に措置対応を加えた健全性診断の所見の定型文の構成をとりまとめた。

3. 今後の課題

崩壊事例や点検結果のデータを今後も収集整理することにより、被災の素因や点検における診断内容についての精度向上が期待できる。また、盛土の崩壊は、路面の表面水の処理により抑制が可能と考えられ、道路の線形、排水構造物構造や周辺地形等を詳細に調査し検証を進めていく必要がある。

【成果の活用】

道路土工構造物の性能確保に向けた技術基準類や防災点検要領、道路土工構造物点検要領への改定に反映するとともに、今回抽出した着目した変状と道路土工構造物全体の構造的安全性が明確に関連付けて記載され、その内容を基に的確に健全性の診断がされている事例を今後の点検の精度向上のための参考資料として、各地方整備局等に周知する予定である。

舗装の長寿命化に向けた維持管理手法に関する調査検討

Research on the maintenance method for extending the life of pavement

(研究期間 令和2年度～令和4年度)

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

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

渡邊 一弘
WATANABE Kazuhiro
桑原 正明
KUWABARA Masaaki
若林 由弥
WAKABAYASHI Yuya

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 background, the "pavement inspection guidelines", formulated in October 2016, requires road administrators to try to extend the life of pavements by maintaining them with an awareness of the number of years until the next repair.

In this research, for further rationalization of pavement management based on the "pavement inspection guidelines", we organized the inspection results of national highway for the past four years.

〔研究目的及び経緯〕

道路構造物を管理する国や地方自治体等では人口減少や少子高齢化に伴う技術者不足や財政難が深刻化している。その中でも舗装は更新周期が短い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、長寿命化によるライフサイクルコスト削減を目指すことが喫緊の課題である。こうした中、平成28年10月に「舗装点検要領」が策定され、道路管理者が道路を表-1のように交通量や路線の重要度等に応じて4つの区分に分類し、メリハリをつけた管理を行うことが示された。例えば、分類B以上の道路では5年に1回程度の頻度で点検を行うことが規定された一方、分類Dの道路では、巡視の機会を通じた路面の損傷の把握及び措置・記録による管理とすることができると示されている。直轄国道については、平成29年3月に直轄版の「舗装点検要領」（以下、「直轄版点検要領」という）が示され、全ての直轄国道について5年に1度定期的に点検を行うことなどが示されている。

本研究では、舗装点検要領に基づく舗装マネジメントのさらなる合理化を目的とし、直轄版点検要領に基づき実施された過去4年分の直轄国道の点検結果について整理した。

表-1. 「舗装点検要領」における道路の分類

大分類	小分類	分類
損傷の進行が早い道路等 (例えば、大型車交通量が多い道路)	高規格幹線道路等(高速走行など求められるサービス水準が高い道路)	A
		B
損傷の進行が緩やかな道路等(例えば、大型車交通量が少ない道路)		C
	生活道路等(損傷の進行が極めて遅く占用工事等の影響が無ければ長寿命)	D

〔研究内容〕

平成29年度から令和2年度の4年間に実施された舗装点検結果について、点検データの整理を実施した。

表-2に各地方における点検実施延長を示す。これらのデータについて、使用目標年数や表層の供用年数と健全性診断結果などの整理を行った。なお、点検は各路線について上下線の全車線に対し実施されており、下りの第1車線のみ点検実施延長を集計すると18,085kmとなり、道路統計年報で公開されている直轄国道の全管理延長22,429kmの約80.6%にあたるため、点検は順調に実施されていることが分かる。

直轄版点検要領では直轄高速道路を分類A、その他を分類Bと定めており、コンクリート舗装の割合が分類Aでは約13.3%、分類Bでは2.4%であった。全ての直轄国道での点検が完了していない段階ではあるものの、直轄高速道路においてコンクリート舗装が多く採用されている傾向がみられた。

〔研究成果〕

図-1に分類Bのアスファルト舗装における、使用目

表-2. 点検実施道路延長の内訳

	道路分類A		道路分類B		分類不明		総計
	As	Co	As	Co	As	Co	
北海道	1034.0	64.6	10566.3	244.7	203.4	0.0	12113.0
東北	1163.0	338.4	4332.4	283.7	10.0	0.0	6127.6
関東	104.9	0.0	4897.1	91.2	176.2	0.0	5269.4
北陸	98.2	0.7	2145.6	70.3	290.7	0.0	2605.5
中部	303.9	11.0	4370.1	88.6	2.7	0.0	4776.4
近畿	942.4	63.9	2256.3	40.8	48.9	0.0	3352.3
中国	843.5	177.8	3155.7	79.0	45.7	0.0	4301.6
四国	128.0	37.4	2490.4	48.3	0.0	0.0	2704.2
九州	465.8	90.7	3729.1	22.5	0.0	0.0	4308.1
沖縄	10.9	0.0	672.5	0.3	252.4	4.2	940.3
全国	5094.6	784.6	38615.6	969.5	1030.0	4.2	46498.5

単位: km

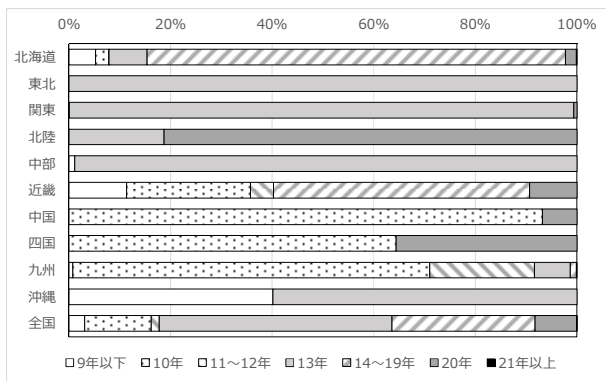


図-1. 使用目標年数の設定状況

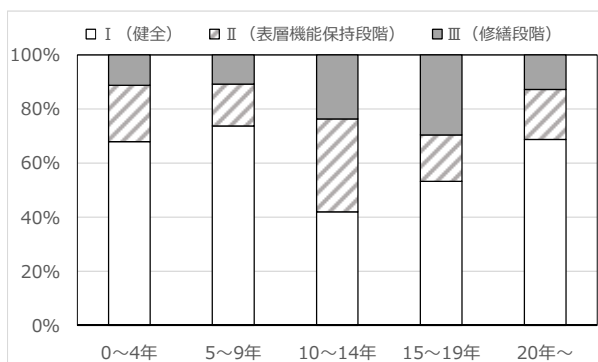


図-2. 表層の供用年数別の健全度の割合
(アスファルト舗装, 分類 A)

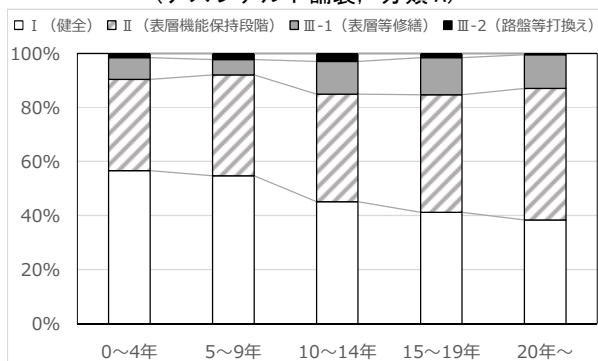


図-3. 表層の供用年数別の健全度の割合
(アスファルト舗装, 分類 B)

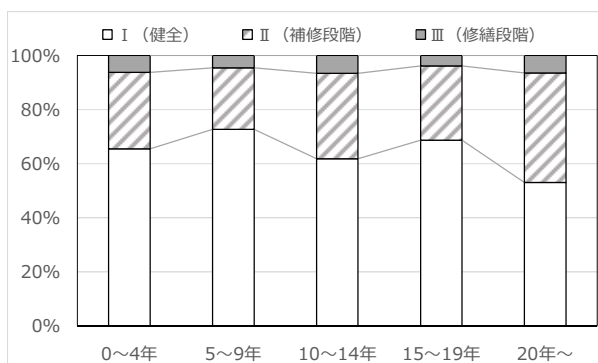


図-4. 表層の供用年数別の健全度の割合
(コンクリート舗装)

標年数の設定状況を示す。直轄版点検要領では、分類 A の直轄高速道路のアスファルト舗装について使用目標

年数を当面設定しないこととされている。使用目標年数は東北、関東、中部、沖縄では整備局内で一律の設定をしており、その他の地域では使用目標年数の設定にバラつきがみられ、設計年数や地域ごとの劣化傾向などをふまえて設定されたものと推察された。使用目標年数の全体的な傾向としては、13 年が最も多く、続いて 14～19 年が多かった。このことから、近年の直轄国道においては概ね 13～19 年で舗装の修繕が行われる傾向にあると考えられる。舗装点検要領では、使用目標年数よりも早期に修繕が必要な状態になった区間について、詳細調査を実施し適切な修繕設計を行うことが示されており、今後早期劣化区間の解消により使用目標年数が長くなることが考えられる。そのため、2 巡目以降の使用目標年数の設定状況についても引き続き把握していく必要がある。

続いて、図-2～4 に表層の供用年数別の健全性診断結果を示す。アスファルト舗装については、分類 B では年数の経過に伴い診断区分 I (健全) の割合が低くなっているのに対し、分類 A では 10～14 年付近における診断区分 I (健全) の割合が最も小さくなった。これは、分類 B の路線は供用後相当年数経過しているものが多く、繰り返しの修繕により劣化傾向が類似しているものが多いと考えられるのに対し、分類 A の路線は、供用してからの期間が短く、劣化の進行にバラつきがあるためと考えられる。また、分類 B の方が診断区分 II (表層機能保持段階) の割合が全体的に高い傾向にあり、これは車両の加減速の影響が出やすいことなどにより比較的早期に劣化が進行しやすい傾向にあると推察される。一方、コンクリート舗装については、年数が経過するにつれて、診断区分 I (健全) の割合が低下していく傾向にあるが、診断区分 III (修繕段階) の割合は年数によらず 1 割未満にとどまっており、コンクリート舗装が長寿命であることを示している。ただし、診断区分 II (補修段階) の割合は年数に伴い増加する傾向にあり、点検要領に示されているとおり、構造的弱点である目地への目地材の再充填など、適切な補修を実施していく必要があると考えられる。

点検およびその結果を受けた適切な措置の実施についてその効果が発揮されるのは 2 巡目以降であり、引き続き点検結果についてとりまとめ、舗装を長寿命化しライフサイクルコストを削減していくための有効な施策について評価・提案していく予定である。

[成果の活用]

研究成果は、2 巡目の点検結果と比較し、点検要領を導入したことにより道路管理者が実施した措置の効果を検証するための基礎資料とするとともに、点検要領改定時に点検結果の整理方法の参考とすべく、技術図書などに反映していく予定である。

地震災害復旧対策技術に関する研究

Research on recovery technique of the bridge damaged by earthquake

(研究期間 平成 29 年度～令和 3 年度)

社会資本マネジメント研究センター

熊本地震復旧対策研究室

Research Center for Infrastructure Management

Kumamoto Earthquake Recovery Division

室 長

Head

研 究 官

Researcher

西田 秀明

NISHIDA Hideaki

西村 海知

NISHIMURA Kaichi

This study performs the rational diagnosis, design method and the improvement of the reliability of restoration of the road structures damaged by the earthquake so as to perform prompt recovery of the road function. In this study, a maintenance method using 3D point cloud data that contributes to the early and areal understanding of the deformation of slope along the road were considered. Additionally, a case study was given of reasonably recording/storage useful data which should be taken in the restoration work of the bridge and slope damaged by the earthquake through the use of BIM/CIM.

〔研究目的及び経緯〕

平成 28 年熊本地震では、地震動の揺れとともに地盤変位の影響も伴って、橋梁等の構造物に被害が生じた。このような被害を受けた橋の復旧においては、地盤変状等の不確実性の高いリスクが橋に及ぼす影響を軽減する観点や、損傷した橋の状態評価とその復旧設計への見立てに含まれている不確実性に配慮する観点からモニタリング等の技術を活用して復旧の信頼性の向上等を図る必要がある。また、速やかな復旧が行えるようにする観点から、道路構造物の地震被災リスクを低減できる構造形式にするとともに、早期復旧を合理的・効果的に行うための調査・診断技術や対策技術が必要となっている。本研究では、道路橋と近接した急峻な斜面において早期かつ面的に地盤変状が橋に与える影響を把握するため、UAV レーザにより取得した 3 次元点群データを活用した斜面の変状把握の考え方を提示することを目的とする。また、道路橋と斜面の相互関係が把握可能なデータの記録・保存方法を提示することを目的とする。

〔研究内容〕

1. 斜面変状把握手法の検討

過年度は UAV レーザで取得した 3 次元点群データの差分から、ある程度の斜面の変状が把握可能であることを示した。本年度は、3 次元点群データを用いて斜面の変状を把握するにあたり、把握できる変状の精度に影響を与える誤差要因を分析した。

計測から 3 次元モデル作成までの一連は、「UAV レーザ搭載型レーザスキャナを用いた公共測量マニュアル（案）」に示される標準にて実施した。オリジナル点群データの要求点密度は、植生の影響等を考慮して 400 点/㎡以上とし、これを満たすよう計測条件を設定した。計測により取得した 3 次元点群データから、植生等の

影響を除去するフィルタリングを行い地表面の高さを示すデータのみを抽出したグラウンドデータを作成し、これを元に斜面の 3 次元モデルとしての面データ



図-1 戸下大橋下側斜面

(TIN: 不等三角網) を作成した。本研究では変状の評価は、比較 TIN データから基準 TIN データまでの最短距離を求めることにより行い、本研究ではこの距離を差分として定義した。計測は、熊本地震で被災し復旧工事が行われた村道栃の木～立野線戸下大橋下側斜面(図-1)に対して行い、表-1 に示す着目点で比較整理を行うため、異なる時期や飛行条件で実施した。

表-1 本研究における比較項目の着目点

着目点	着眼点	分析方法
取得時期	季節の違いによる植生の影響等を確認する	取得時期の異なる計測データを比較する
計測機器の位置	UAV レーザ機器の位置の違いによる影響を確認する	同時期に同条件で2回計測したデータを比較する
点密度	点密度の違いによる影響を確認する	異なる飛行速度の違いにより取得できる点密度に差が生じるため、飛行速度の異なる計測データを比較する
状態変化	施工前後の変化を捉えられるかを確認する	法面対策工の施工前後の計測データを比較する

2. 維持管理段階における BIM/CIM モデルの活用

斜面の変状が生じた場合に、変状箇所の地形・地質や直上の道路橋の構造から危険度を把握し、維持管理や再来地震への対応を効率的に行う観点から、道路橋と斜面の相対的な位置関係を把握することが必要である。そこで、本研究では道路橋と斜面の情報を統合した BIM/CIM モデルを検討した。本研究で取り扱う情報の対象は、1 において取得した斜面の点群データ、2 次元の CAD データとして記録されている戸下大橋の構造

一般図及び被災に関する情報及び地形・地質情報とした。

〔研究成果〕

1. 斜面変状把握手法の検討

本報告では計測機器の位置及び点密度の違いによる影響の分析結果を抜粋して示す。まず、計測機器の位置の分析について、同時期に同条件で計測した結果の比較による差分図を図-2に示す。起伏の変化が緩やかな岩塊部や法枠の平面部分はほとんど差が無いことが確認できたが、法枠の角部や凹凸が激しい法面部で±3cm程度の差分が確認された。これは、点群が法枠等のエッジ部をとらえられたかどうかで角部の形状が変わることによる影響と考えられる。同条件で飛行した場合でも、完全に同じ位置の点を取得するわけではないため、特に法枠の角部では再現性が低下する。

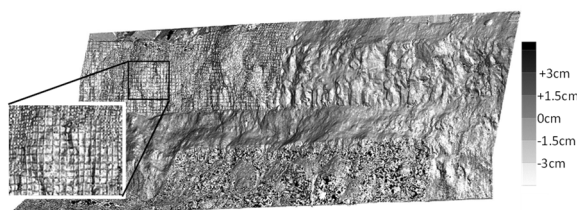


図-2 差分図（計測機器の位置の違い）

次に、点密度の比較検討の結果を表-2に示す。点密度分布図より飛行速度をあげると点密度が低下することが確認できる。点密度の差が大きい場合、特に法枠の角部で大きい差分が生じる。これは、点密度が低いと法枠の角部周辺をとらえる点の数が少なくなり、点の分布状態の違いにより、TINモデルの形状が変わることによる影響と考えられる。

以上のような要因を整理すると表-3となる。UAVレーザで取得した3次元点群データを用いて道路斜面の変状把握を行う場合には、表-3の誤差要因があることを踏まえた上で計測条件を明示し、適切に変状を評価する必要がある。

表-2 点密度分布図及び差分図（点密度の違い）

	飛行速度 4m/s	飛行速度 6m/s
点密度分布図		
差分図		

表-3 変状の把握精度に影響を及ぼす要因の例

分類	誤差要因	要因
オリジナルデータの取得に起因する誤差	計測方法	・レーザ計測機器（UAVレーザ・地上レーザスキャナ等）の違いによる誤差
	計測機器の位置	・計測機器位置が飛行毎に異なることによる誤差 ・差UAV自体の精度（機体の揺れ、GPSの精度など総合的な精度）により生じる誤差
	点密度	・要求する点密度が低い場合、正確な面データが形成されないことによる誤差 ・計測条件（飛行速度や飛行ルート）の違いによる誤差 ・地表面の形状の違いによる誤差
	調整点	・調整点の設置位置・設置数の違いによる誤差
フィルタリング・3次元モデル作成に起因する誤差	フィルタリング方法	・フィルタリング方法（使用ソフトウェアやパラメータの設定方法等）が異なる場合による誤差
	3次元モデル作成	・3次元モデルの種類（点群データ・面データ）による誤差 ・3次元モデル作成方法（使用ソフトウェア）が異なる場合の誤差
差分の評価方法に起因する誤差	差分の評価方法	・差分の評価方法の違いによる誤差

2. 維持管理段階における BIM/CIM モデルの活用

BIM/CIMモデルでは、道路橋（上部構造並びに下部構造）と道路橋下側斜面の3次元モデルを統合することで、地盤と道路橋の相互位置関係を視覚的に把握できるようにした。その上で、地質断面とボーリング情報を調査位置が確認できるようモデル化し、地盤情報と道路橋の位置関係を把握できるようにした。さらに、各種調査結果（横断測量、地質調査、構造物に関する損傷調査等）は属性情報やリンク先の資料として保存した。また、情報は各部材のリンク先にエクセルの一覧表を作成し、その中にハイパーリンクで資料にアクセスできるような構成とした。これにより、今後3次元モデルを更新する際に情報を増やす場合は、エクセルに追記し資料をリンクさせることで、経年的な情報の整理が容易となると考えられる。以上のように被災した情報や地盤情報を入れることにより今後の維持管理に役立てることが可能である。

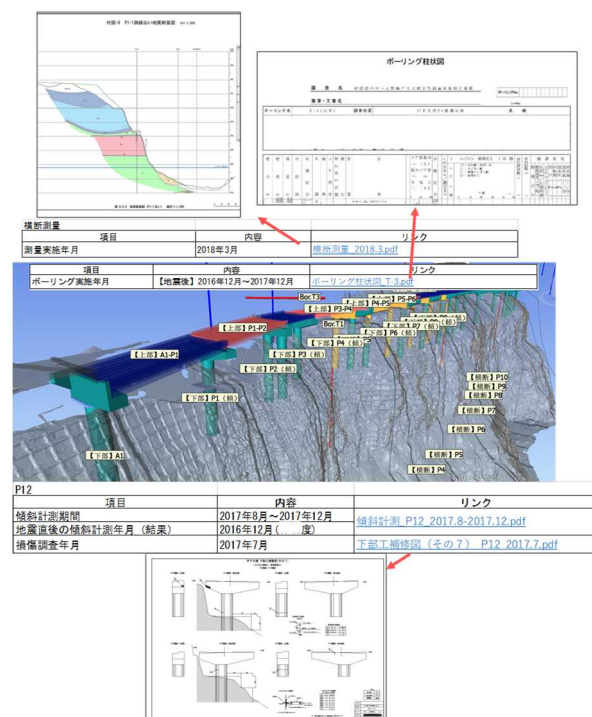


図-3 道路橋に係る情報等を追加した斜面の BIM/CIM モデル

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 foundations

(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 七澤 利明
Head NANAZAWA Toshiaki
主任研究官 宮原 史
Senior Researcher MIYAHARA Fumi
研 究 員 山田 薫
Researcher YAMADA Kaoru
交流研究員 島田 裕貴
Guest Researcher SHIMADA Hiroki

A design method has been introduced for new road bridge construction that allows rational design in response to uncertainties. However, neither performance evaluation methods nor design methods for repair and reinforcement have been established for existing bridge foundations, and it is necessary to present methods for evaluating uncertainties. In this research, a study to establish an evaluation method for judging the necessity of repair and reinforcement and a design method that enables rational repair and reinforcement of existing bridge foundations are conducted. In this fiscal year, the actual conditions were summarized from existing data.

〔研究目的及び経緯〕

現行の道路橋示方書は新設橋梁を対象として支持力の推定精度や施工精度のばらつき等による不確実性の大きさに応じて安全余裕を考慮した設計法を採用し、不確実性に応じた合理的な設計が可能になっている。しかし、既設橋梁基礎を対象とした不確実性を考慮した性能評価手法や補修補強の設計法については確立されておらず、地盤調査や施工時データを活用した既設橋梁基礎の地盤の不確実性の評価方法を提示する必要がある。

そこで、国土技術政策総合研究所では、既設橋梁基礎の補修補強の必要性判断のための評価手法及び合理的な補修補強を可能とする設計手法の確立に向けた検討を行っている。

今年度は、既設橋梁基礎の性能評価や補強設計法等の実態を既存資料から整理した。

〔研究内容〕

1. 補強設計事例等の収集資料と整理方針

既設橋梁下部構造の性能評価や補強設計に関する事例について、各道路管理者（直轄・高速道路会社）の設計成果や学会論文等、合計 465 件を収集しデータを整理した。

収集した事例の整理は、基礎データ、既設橋梁基礎の性能評価、既設橋梁基礎の補強設計の3つの観点で、表-1 に示す項目で整理を行った。

2. 基礎データの整理

収集した事例の基礎データを表-1 に示す内容で整理した。収集した事例の設計等の年代は、2000 年代が 8 件、2010 年代が 433 件、不明が 24 件となっている。

表-1 性能評価や補強設計の事例の整理項目

確認項目	整理内容
基礎データ	
構造諸元等	路線、橋梁名、竣工年度または供用年度、調査・設計年度、基礎形式 等
既設橋梁基礎の性能評価	
①基礎の諸元	基礎の諸元
②不明基礎の調査	調査の有無、評価結果
③健全性評価	評価の実施の有無、評価方法等
④健全性評価結果	評価結果
⑤限界状態等の設定	限界状態等の設定方法
⑥地盤の評価	追加地盤調査等の有無
既設橋梁基礎の補強設計	
⑦基礎の補強設計	基礎の補強設計の有無
⑧地盤改良	基礎の補強のための地盤改良方法
⑨補強方法	具体的な補強方法
⑩補強部材の接合方法	既設部材と補強部材の接合方法
⑪部分係数等の設定	部分係数等の設定方法

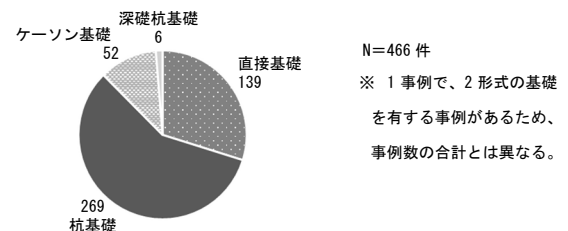


図-1 補強対象の基礎形式の分類

補強設計の事例における補強対象の基礎形式の分類を図-1 に示す。

補強対象の基礎形式は、直接基礎が 139 件（約 30%）、杭基礎が 269 件（約 57%）と大部分を 2 形式で占めていることがわかった。

※本報告は令和2年度から令和3年度へと継続して実施した研究の成果を令和3年度研究成果としてまとめたものである。

3. 既設橋梁基礎の性能評価に関する項目の整理

既設基礎の性能評価に関する項目の整理結果を表-2に示す。

②不明基礎の調査は、23 件のうち 21 件で調査が行われていた。調査は、復元設計による構造の推定やボアホールレーダー、電磁探査といった非破壊試験等による方法で行われていた。なお、記載がなかったものは調査未実施とした。

③健全性評価については、455 件のうち 12 件の事例にしか記載がなく、④健全性評価結果まで記載があった事例は 6 件であった。健全性の評価は、衝撃振動試験や IT 試験等の非破壊試験やボアホールカメラ、掘り起こし等による直接観察を用いて行われていた。

⑥地盤の評価については、455 件のうち 262 件に記載があった一方で、193 件には記載がなかった。地盤の評価は過去に調査されているデータを使用している事例がほとんどで、追加で地盤調査を行っている事例は 12 件であった。

上記より、健全性評価は地震時等の被災後を除きほとんどの事例で行われていないという実態が確認された。また、不明基礎の調査を実施する必要がある場合があること、推定精度が異なると考えられる様々な調査方法が採用されている実態が確認された。

4. 既設橋梁基礎の補強設計に関する整理

既設基礎の補強設計に関する項目の整理結果を表-3に示す。

⑦基礎の補強設計の内容は、全体 465 件のうち 76 件で実施されていた（図-2）。基礎の補強設計が未実施の事例のうち、252 件では橋脚躯体の巻立て等の基礎以外の補強設計を実施していた（図-3）。

⑩部分係数等の設定については、基礎の補強設計を行っている 76 件全てで部分係数法を用いた事例はなかった。

〔まとめ〕

令和 3 年度に収集整理した結果より、不明基礎の諸元の推定や健全性評価の不確実性に応じた合理的な設計法を確立する必要がある実態に基づき確認された。

今後、橋脚杭基礎の補強設計において、新設設計と同等の信頼性が得られる部分係数設計法を検討していく必要がある。

〔成果の発表〕 国総研資料や各種論文で発表予定

〔成果の反映〕 各種基準へ反映予定

表-2 既設橋梁基礎の性能評価の整理

確認項目		件数
①基礎の諸元	諸元有り	432
	諸元無し（不明基礎）	23
	資料なし	10
②不明基礎の調査	調査実施	21
	調査未実施	2
③健全性評価	評価実施	12
	未評価	443
④健全性評価結果	健全	4
	不健全	2
	不明	6
⑤限界状態等の設定	記載有り	211
	記載無し	244
⑥地盤の評価	記載有り	256
	記載無し	199

表-3 既設橋梁基礎の補強設計の整理

確認項目		件数
⑦基礎の補強設計	実施	76
	未実施	379
⑧地盤改良	実施	5
	未実施	71
⑨補強部材の接合方法	記載有り	40
	記載無し	36
⑩部分係数等の設定	記載有り	0
	記載無し	76

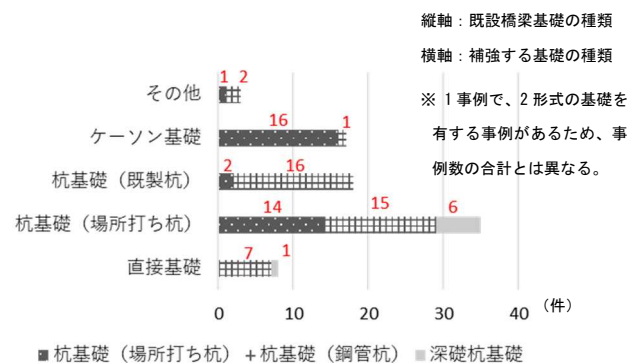


図-2 既設橋梁基礎と補強基礎

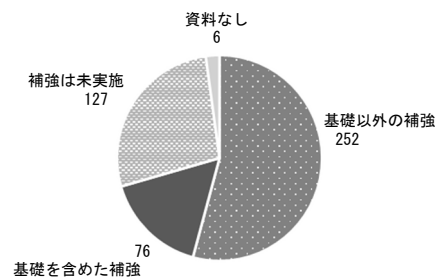


図-3 補強設計の内容

領域 9

沿道環境を改善し、良好な生活環境を創造する

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

Survey on revision of technological method according to the operational status of environmental impact assessment

(研究期間 令和3年度～令和4年度)

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

室 長	大城 温
Head	OSHIRO Nodoka
主任研究官	澤田 泰征
Senior Researcher	SAWADA Yasuyuki
主任研究官	吉永 弘志
Senior Researcher	YOSHINAGA Hiroshi
主任研究官	橋本 浩良
Senior Researcher	HASHIMOTO Hiroyoshi
主任研究官	小川 裕樹
Senior Researcher	OGAWA Hiroki
研究官	長濱 庸介
Researcher	NAGAHAMA Yosuke
研究官	瀧本 真理
Researcher	TAKIMOTO Masamichi

The purpose of this research is to enhance the content of a technological method for assessing the environmental impact of road projects.

The authors organized the issues in preparing a report on environmental conservation measures for groundwater and soil pollution, investigated the sound power level of vehicle noise as vehicles drive over drainage asphalt pavement, and grasped the actual situation of an environmental impact assessment related to familiar natural landscapes.

〔研究目的及び経緯〕

国土技術政策総合研究所では、国立研究開発法人土木研究所と分担・協力し、道路事業者が環境影響評価（環境アセスメント）を実施する際に参照する手引き書である「道路環境影響評価の技術手法」（以下、「技術手法」という）を作成し、数度の見直しを行ってきた。近年は、平成25年施行の改正環境影響評価法において新たに義務づけられた、配慮書手続き（計画段階配慮事項の検討等）、報告書手続き（環境保全措置の報告等）の実施を支援するために技術手法の内容の充実を検討している。また、環境影響評価への信頼性を維持していくために、最新の科学的知見を収集・分析し、技術手法に反映するための検討を行っている。

令和3年度は、道路環境影響評価の報告書手続きの手引き作成に向けて、地下水・土壌汚染に関する環境保全措置・事後調査の実施及び「報告書」作成における課題の整理を行った。また、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に関する調査を行うとともに、地域の人々が日常的に利用している場所や地域の人々に古くから親しまれてきた身の回りの景観（以下「身近な自然景観」という。）に係る環境影響評

価に関する調査等を行った。

〔研究内容〕

1. 地下水・土壌汚染に関する環境保全措置・事後調査の実態及び「報告書」作成上の課題の調査

地下水または土壌汚染に関する事後調査を実施した道路事業（地下水：8事業、土壌汚染5事業）を対象として、環境保全措置及び事後調査結果から「報告書」に記載すべき内容を整理した。整理結果を踏まえて報告書手続きにおける「報告書」を試作し、試作をとおして環境保全措置・事後調査の実施及び「報告書」の作成における課題を整理した。

2. 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に関する調査

自動車専用道路以外（一般道）の排水性舗装について、自動車専用道路と同様に、近年の舗装耐久性向上に伴い騒音低減効果がより長期間持続する可能性が指摘されているため、パワーレベルの実測調査を継続的に行っている。過年度にパワーレベルを測定した箇所のデータ取得状況をもとに、パワーレベルの測定に適

した道路の候補区間及び測定箇所を候補を選定した。

3. 身近な自然景観に係る環境影響評価に関する調査

身近な自然景観に係る環境影響評価の実態及び一般的な手法（地域特性の把握手法、調査・予測・評価の手法等）について、道路事業（18事業）及び道路以外の事業（発電所や飛行場等の43事業）の環境影響評価図書、道路事業及び道路以外の事業における、主務省令・技術手法・手引き等を用いて整理した。整理結果から環境影響評価の実態を踏まえた「身近な自然景観」に係るニーズ等を整理した。

〔研究成果〕

1. 地下水・土壌汚染に関する環境保全措置・事後調査の実態及び「報告書」作成上の課題の調査

地下水または土壌汚染に関する環境保全措置・事後調査の実施状況の整理から、課題の参考となる条件として下記①、②等を勘案して「報告書」の試作対象を選定した。なお、各事業は実際には報告書手続きが義務づけられた事業に該当していない。

- ①事後調査結果に応じた環境保全措置の追加・修正
- ②環境影響評価書では環境保全措置の具体的な内容が決まっておらず、その後に詳細な内容を検討

地下水・土壌汚染に関する環境保全措置及び事後調査の特徴として、環境影響評価時点では具体的な環境保全措置や事後調査の内容が決まっておらず、工事着工前に行う詳細な調査の結果や専門家の意見を踏まえて具体的な内容を検討する、と位置づけたもの（上記の②に該当）が多く見受けられた。

整理した環境保全措置・事後調査の実施及び「報告書」の作成における課題の一例を以下に示す。

- 環境保全措置の実施に関する課題：工事着工前の詳細な調査結果から環境保全措置の実施が必要ではなくなったと判断する際の根拠等
- 事後調査の実施に関する課題：モニタリングの終了基準が明確でない項目（土壌汚染における重金属以外の項目（特にpH））における判断の根拠等
- 「報告書」の作成に関する課題：「報告書」は工事完了後に、工事前から実施している環境保全措置及び事後調査に関する記録を整理して作成するため、記録の作成方法に「報告書」作成の省力化の観点からの工夫が必要

2. 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に関する調査

過年度の測定では、大型車、中型車に関して、複数車両が同時に走行してくるなどの条件が重なり、単独走行のサンプルデータが得られにくい箇所が存在した。そのため、大型車、中型車の単独走行サンプルデータの取得を増やすことを目的として、測定箇所の選定基

準を以下のとおり見直した。①夜間の大型車交通量を一定以上とすること、②測定箇所選定時の現地確認において信号交差点からの離隔だけでなく、信号現示により車群が形成されやすい状況でないか等、単独走行の車両が測定しやすい交通条件であるか観測すること。

見直した選定基準にしたがい、今後測定を予定している地方整備局のエリア毎に車線数等の道路条件、昼夜別の交通量、大型車混入率等の交通条件を整理し、測定の候補区間を道路交通センサスの区間を単位として10～20区間程度抽出・整理した。

3. 身近な自然景観に係る環境影響評価に関する調査

3-1. 実態及び一般的な手法の整理

身近な自然景観に係る環境影響評価の実態を整理した結果、身近な自然景観に係る景観資源や眺望点を選定している事業は、道路9事業、道路以外の事業25事業であった。道路事業では、景観資源として水田、並木等が選定されており、眺望点として集落、神社等が選定されていた。道路以外の事業では、景観資源として公園等が選定されており、眺望点として集落、駅等が選定されていた。

主務省令、技術手法、手引き等を用いて一般的な手法を整理した結果、主務省令では身近な自然景観に関する記述は確認されなかった。道路事業では、観光資源となるような有名や眺望点や傑出した景観資源等からなる眺望景観だけでなく、身近な自然景観も含むものとしていた。発電所事業では、主要な眺望点として、地域住民が日常生活上慣れ親しんでいる場所も含むことが手引き等において確認された。

3-2. 実態を踏まえたニーズ等の整理

道路事業における身近な自然景観に係る環境影響評価の実態と一般的な手法の違いを整理したうえで、身近な自然景観に係る環境影響評価における環境影響評価実施者のニーズとニーズへの対応策について整理した（表-1）。

表-1 環境影響評価実施者のニーズと対応策の例

環境影響評価実施者のニーズ	ニーズへの対応策
身近な自然景観の考え方が明確でなく、身近な自然景観に係る景観資源や眺望点の選定が難しい。	身近な自然景観に係る景観資源や眺望点の定義を明確化する。
身近な自然景観は観光などで多くの人が眺望するものではないことから、既存資料を用いて身近な自然景観に係る景観資源や眺望点を調査することは難しい。	地方公共団体への聞き取り調査の実施が重要であることを示す。

〔成果の活用〕

本調査結果は、今後の「技術手法」の改定に向けた基礎資料として活用する予定である。

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of NILIM

No.1221 August 2022

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