

# 国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of  
National Institute for Land and Infrastructure Management  
No.1091 January 2020

平成30年度

道路調査費等年度報告

Annual Report of Road-related Research  
in FY 2018

国土交通省 国土技術政策総合研究所

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

平成 30 年度  
道路調査費等年度報告

Annual Report of Road-related Research in FY 2018

概 要

本報告は、国土技術政策総合研究所において平成 30 年度に実施した道路調査費、地域連携道路事業費に関する調査・研究の結果をとりまとめたものである。

キーワード：道路調査費、地域連携道路事業費、年度報告、平成 30 年度

Synopsis

This report contains the results of the road-related research carried out by NILIM in FY 2018.

Keywords : Road-related Research, Annual Report, Fiscal Year of 2018

# ま え が き

本報告は、国土交通省国土技術政策総合研究所において、平成30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、有効利用を図る
- 領域3 新たな情報サービスを創造し、利用者の満足度を向上させる
- 領域4 コスト構造を改革し、道路資産を効率的に形成する（つくる）
- 領域5 美しい景観と快適で質の高い道空間を創出する
- 領域6 交通事故等から命を守る
- 領域7 災害時における対応をスピーディかつ的確に支援する
- 領域8 大切な道路資産を科学的に保全する
- 領域9 沿道環境を改善し、良好な生活環境を創造する
- 領域10 自然環境、地球環境を保全する

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

令和2年1月

道路交通研究部長  
道路構造物研究部長

福島 眞司  
木村 嘉富

# 平成 30 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

- ・交通流動把握手法の高度化に関する研究 (道 路 研 究 室) … 1
- ・渋滞対策実践支援 (道 路 研 究 室) … 3
- ・全国幹線道路における道路交通データの収集・整理手法に関する検討 (道 路 研 究 室) … 5
- ・道路整備のストック効果を把握するための経済分析手法に関する調査 (建 設 経 済 研 究 室) … 7

#### 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

- ・安全で快適に移動できる道路空間の創出に関する検討 (道 路 研 究 室) … 9

#### 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

- ・国際的動向を踏まえた ITS の研究開発・普及展開方策の検討 (高度道路交通システム研究室) … 11
- ・プローブ情報等を用いた道路行政支援に関する研究 (高度道路交通システム研究室) … 13
- ・ネットワーク状道路運用に活用可能な ITS 技術に関する研究 (高度道路交通システム研究室) … 15
- ・地域における ITS 技術の活用支援に関する研究 (高度道路交通システム研究室) … 17
- ・ETC2.0 プローブの効率的処理に関する研究 (高度道路交通システム研究室) … 19
- ・自動運転サービスの社会実装に関する調査 (高度道路交通システム研究室) … 21
- ・車両搭載センシング技術による道路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) … 23
- ・道路空間データの整備・活用手法に関する研究  
～点群データの取得条件と検知可能なポットホールの規模との関係の基礎分析～ (社会資本情報基盤研究室) … 25
- ・道路基盤地図情報を活用した道路管理支援システムの高機能化に向けた研究  
～道路案内標識の連続性・整合性の確認プログラムの構築及び試行～ (社会資本情報基盤研究室) … 27
- ・次世代の協調 ITS システム開発に関する研究※ (高度道路交通システム研究室) … 29
- ・ETC2.0 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) … 31
- ・大型車の通行適正化に関する調査※ (高度道路交通システム研究室) … 33

#### 4. 領域 4：コスト構造を改革し、道路資産を効率的に形成する（つくる）

- ・部分係数設計法の適用性向上に関する調査検討 (橋 梁 研 究 室) … 35
- ・部材連結部の損傷制御及び信頼性に関する調査検討 (橋 梁 研 究 室) … 37
- ・トンネルの維持管理手法及び覆工の合理的な設計法の調査検討 (構 造 ・ 基 礎 研 究 室) … 39
- ・既設道路構造物基礎の耐荷性向上に関する調査 (構 造 ・ 基 礎 研 究 室) … 41
- ・道路特性に応じた舗装の要求性能に関する調査検討 (道 路 基 盤 研 究 室) … 43

・地盤一橋全体系の耐震設計に用いる地盤震動特性の評価手法の検討	(道路地震防災研究室) … 45
・道路事業における入札・契約制度の改善効果の評価に関する検討	(社会資本マネジメント研究室) … 47
・CIM 展開のための 3 次元データ利活用の高度化に関する調査	(社会資本情報基盤研究室) … 49
・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) … 51
・道路トンネルの要求性能及び維持管理に関する調査検討*	(構造・基礎研究室) … 53
・盛土・切土・軟弱地盤対策工・自然斜面对策工の要求性能及び基準体系に関する調査検討*	(道路基盤研究室) … 55
<b>5. 領域 5 : 美しい景観と快適で質の高い道空間を創出する</b>	
・地域・住民との協働による効果的な道路環境保全の実現に向けた検討	(道路環境研究室) … 59
・沿道と道路空間の一体的な利活用の推進に関する検討	(道路環境研究室) … 61
・維持・修繕、小規模改築等における景観向上方策の充実にに関する検討	(道路環境研究室) … 63
・道路空間や地域特性に適応した道路緑化に関する研究	(緑化生態研究室) … 65
・道路空間再構築の計画・設計手法に関する研究	(緑化生態研究室) … 67
<b>6. 領域 6 : 交通事故等から命を守る</b>	
・効果的効率的な交通安全マネジメントに向けた手法・対策導入のための研究	(道路交通安全研究室) … 69
・生活道路の交通安全対策の導入推進に関する検討	(道路交通安全研究室) … 71
・路上交通安全施設の維持管理に関する検討	(道路交通安全研究室) … 73
・自転車活用推進に向けた自転車通行空間の計画・設計に関する調査	(道路交通安全研究室) … 75
・交通事故発生状況に関する統計データ分析	(道路交通安全研究室) … 77
<b>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</b>	
・雪に強い道路構造・施設等に関する調査	(道路交通安全研究室) … 79
・道路橋の耐震補強効果の評価に関する調査	(道路地震防災研究室) … 81
・災害時における道路通行可否の把握技術に関する調査	(道路地震防災研究室) … 83
・災害対応時の管理基準に関する調査	(道路地震防災研究室) … 85
・道路の雪対策に係る国際的な比較調査	(建設経済研究室) … 87
<b>8. 領域 8 : 大切な道路資産を科学的に保全する</b>	
・道路橋の点検体系に関する調査検討	(橋梁研究室) … 89
・道路橋管理におけるアセットマネジメント活用に関する調査検討	(橋梁研究室) … 91
・部分係数設計法の補修補強設計への適用に関する調査検討	(橋梁研究室) … 93
・道路橋の補修・補強設計法に関する調査検討	(橋梁研究室) … 95
・盛土・切土等の要求性能に対応した管理手法の調査検討	(構造・基礎研究室) … 97
・盛土・切土等の要求性能に対応した管理手法の調査検討	(道路基盤研究室) … 99
・土工構造物等の要求性能に対応した変状評価、性能向上に関する調査検討	(道路基盤研究室) … 101
・舗装の長期性能に関する調査検討	(道路基盤研究室) … 103
・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) … 105

9. 領域9：沿道環境を改善し、良好な生活環境を創造する

- ・無電柱化事業の低コスト化に関する調査 (道路環境研究室) … 107
- ・道路交通騒音の変化を踏まえた遮音壁の更新方針等の検討<sup>\*</sup> (道路環境研究室) … 109

10. 領域10：自然環境、地球環境を保全する

- ・環境調査・予測・対策等にかかる新技術・知見等の活用に関する調査 (道路環境研究室) …111
- ・自然が持つ多様な機能の活用による安全・快適な道路空間に関する調査 (道路環境研究室) …113

地域連携道路事業費

- ・監督検査の効率化に向けた有効な検査技術に関する調査 (社会資本システム研究室) …115
- ・働き方改革の実現に向けた労働条件等の改善に関する調査 (社会資本システム研究室) …117

<sup>\*</sup>平成29年度から平成30年度へと継続して実施した研究を平成30年度成果としてまとめたもの

# 道路調査費

## 領域 1 : 新たな行政システムの創造

# 交通流動把握手法の高度化に関する研究

Study on advancement of an estimation method for traffic flow of trunk roads

(研究期間 平成 30～令和 2 年度)

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

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

瀬戸下 伸介  
SETOSHITA Shinsuke  
松田 奈緒子  
MATSUDA Naoko  
瀧本 真理  
TAKIMOTO Masamichi  
坂ノ上 有紀  
SAKANOUÉ Yuki  
中田 寛臣  
NAKATA Hiroomi

In order to use the road wisely, it is necessary to grasp and analyze the daily fluctuation and temporal change of the road traffic situation. In this research, the authors examined a method of estimating OD matrix based on observation link traffic volume and improvement of the estimation method of traffic flow of trunk roads by using ETC2.0.

## [研究目的及び経緯]

国土交通省では、概ね 5 年に 1 度実施する全国道路・街路交通情勢調査内の OD 調査により、自動車の動き（いつ、どこからどこへ移動したのか、など）を把握している。しかし近年、調査票の回収率が低下するなど、OD 交通量調査の的確な実施が懸念されている。その対応策として、断面交通量を利用して OD 交通量を補正する、OD 交通量逆推定モデルが有効と考えられ、国土技術政策総合研究所では、OD 交通量逆推定手法を用いて OD 交通量を把握する研究に取り組んでいる。

## [研究内容]

国総研で開発を進めている OD 交通量逆推定手法の基本的フローを図-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率、OD ペア毎のリンク利用率および観測リンク交通量（断面交通量）を入力データとして、観測リンク交通量に整合するような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。

OD 逆推定の入力データとする OD ペア毎のリンク利用率としては、これまで「分割配分（5 段階均等）」、「確定的均衡配分」、「Dial 配分」および「ETC2.0 プローブ情報の集計値」を試行してきたが、それぞれ課題

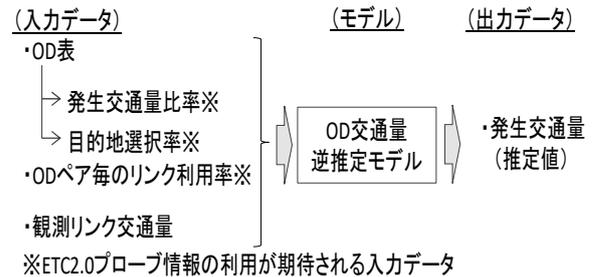


図-1 OD 交通量逆推定手法の基本フロー

がある。例えば、「ETC2.0 プローブ情報の集計値」を用いたケースでは、ETC2.0 プローブ情報から集計したリンク利用率は実測値であるものの、路側機の配置の偏り等のため、高速道路や直轄国道で実際より高く、規格の低い道路で実際より低くなる傾向がある<sup>2)</sup>。そのため、より現実に近いリンク利用率を推定することが必要である。

本研究では、リンク利用率をよりの確に算出する方法として、「ETC2.0 プローブ情報と成長率法による方法」を検討した。この方法は、ETC2.0 プローブ情報（以下、ETC2.0 という。）の経路情報から得られるリンク利用率を、OD ごと、経路ごとの ETC2.0 の取得率を用いた成長率法で補正するものである。なお、ETC2.0 で観測されなかった非観測 OD ペア（全国道路・街路交通情勢調査でも非常に交通量が小さい OD 等が該当）や ETC2.0 のサンプル OD 交通量が 2 台以下の OD

ペアについては、分割配分の結果を用いて補正した。

**[研究成果]**

近畿地方(福井県、滋賀県、京都府、大阪府、兵庫県、奈良県、和歌山県)における平成22年OD交通量を対象として、上述の補正方法を用いて補正したリンク利用率を入力して推定した結果について述べる。

ETC2.0の集計値によるリンク利用率(補正前)と補正後のリンク利用率を道路種別毎に比較した結果を図-2に示す。補正前と比べ、高速道路で小さく規格の低い道路で大きくなことが確認できた。次に、算定したリンク利用率を入力データとして、OD交通量逆推定手法によりOD交通量を推定し、その結果から算出されるリンク交通量(推定値)と観測値を比較した結果を表-1および図-3に示す。補正前と比較し、リンク交通量のRMS誤差は大きく減少した(表-1)。また、図-3からも補正後(右のグラフ)は補正前(左のグラフ)と比べ、より観測リンク交通量に近い交通量が算定されているといえる。よって、本補正方法を用いることで、より確からしいリンク利用率が得られると考える。

本研究において、ETC2.0プローブ情報の経路情報から得られるリンク利用率を、ODごと、経路ごとのETC2.0プローブ情報の取得率を用いた成長率法という方法で補正することで、より確からしいOD推定が可能となった。本研究では、ETC2.0の車載器搭載率が比較的高く、路側機も密に設置されている近畿地方を対象として検討を行っているため、その他の地域でも同様の結果が得られるかは検証が必要である。また、本手法から推定したリンク利用率が現実の経路とどの程度整合的であるかの検証はできていないことは課題として残される。正解データが存在しないため、検証は容易ではないが、他の確からしいデータ(民間プローブの経路データ等)との比較等により整合性が確認できれば、本手法による推定結果の信頼性が向上できると考えられる。

**[成果の活用]**

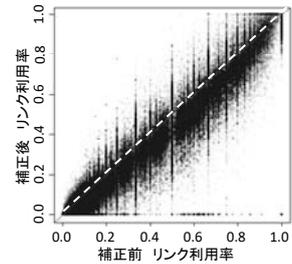
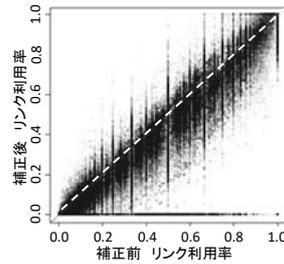
全国道路・街路交通情勢調査により把握しているOD交通量の補正に活用するとともに、毎時のOD交通量を把握可能とするマニュアルを作成し、交通マネジメント強化に活用する。

**[参考文献]**

1) 国土交通省国土技術政策総合研究所：国土技術政策総合研究所資料第1006号 平成28年度道路調査費等年度報告 pp.5-6

【道路種別：1\_高速自動車国道】

【道路種別：2\_都市高速道路】



【道路種別：3\_一般国道】

【その他主要地方道ほか】

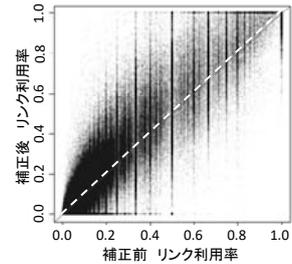
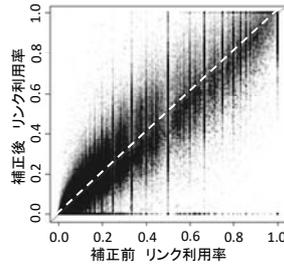


図-2 補正前と補正後のリンク利用率の比較

表-1 リンク交通量における推定値と観測値の比較

	相関係数	RMS 誤差	%RMS
補正前	0.937	10,542	45.1%
補正後	0.981	4,657	19.9%

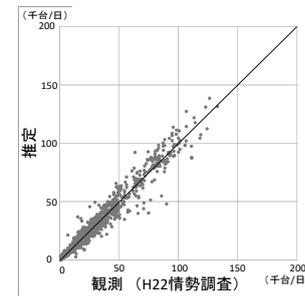
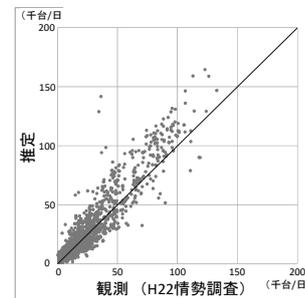


図-3 リンク交通量における推定値と観測値の比較  
(上：補正前、下：補正後)

2) 国土交通省国土技術政策総合研究所：国土技術政策総合研究所資料第1037号 平成29年度道路調査費等年度報告 pp.1-2

# 渋滞対策実践支援

A study on supporting practice of the measures against traffic congestion

(研究期間 平成 29～令和元年度)

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

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

瀬戸下 伸介  
SETOSHITA Shinsuke  
松田 奈緒子  
MATSUDA Naoko  
坂ノ上 有紀  
SAKANOUE Yuki  
中田 寛臣  
NAKATA Hiroomi

An analysis method for finding bottleneck points and its influence section was examined in this study. The Bottleneck Index, which was calculated using dot data of ETC2.0 probe data and represented a relation of traffic condition between upstream and downstream section, was applied.

## [研究目的及び経緯]

平成 28 年 3 月に設置された「国土交通省生産性革命本部」は、生産性革命プロジェクトの 1 つにピンポイント渋滞対策を選定した。また、道路分科会建議（平成 29 年 8 月）においては「局所的な渋滞要因の特定を更に高度化しながら、効果的なピンポイント対策を積極的に導入する必要がある」とされ、ボトルネック箇所をピンポイントで特定する手法の開発が求められている。

これらのニーズを受け、国総研ではピンポイントでボトルネック箇所を把握するため、ETC2.0 プローブ情報をはじめとする道路交通データを活用した道路の渋滞状況の把握・分析手法に関する研究を進めている。

本年度はピンポイントでボトルネック箇所を把握するボトルネック指数を用いた渋滞把握手法の有効性に関する研究を行った。

## [ボトルネック指数の概要]

ボトルネック指数（以下、BN 指数という。）は、ある道路区間における「渋滞の起点のなりやすさ」を 0～1 の BN 指数(+)として、「下流側での渋滞の影響の受けやすさ」を 0～-1 の BN 指数(-)として表す指標である。まず、分析対象路線を等間隔に区間分割し、区間毎の日別時間帯別の旅行速度より「渋滞」、「非渋滞」を判定する。次に、分析区間とその下流側に隣接する区間の「渋滞」と「非渋滞」の組み合わせからポイントを与える（図-1）。分析区間が「渋滞」、下流区間が「非渋滞」であれば分析区間が渋滞先頭となっていると判断し「+1」、分析区間と下流区

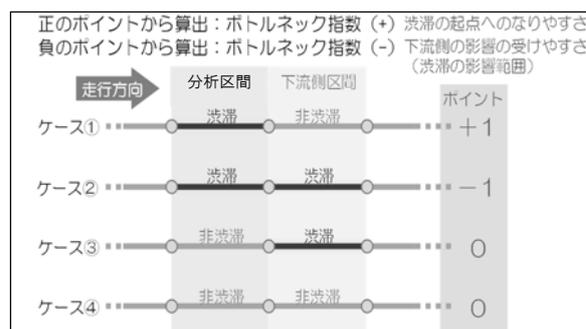


図-1 ボトルネック (BN) 指数の考え方

間がとも「渋滞」であれば分析区間は下流側の渋滞の影響を受けていると判断し「-1」のポイントを付与する。そして、BN 指数(+)は分析期間内の「+1」を、BN 指数(-)は分析期間内の「-1」を合算し、データ取得日数で除して算定する。BN 指数の絶対値により、渋滞発生頻度を示すことができる。

なお、本研究では区間分割を 100m 間隔とし、旅行速度は ETC2.0 プローブ情報の個車の走行履歴データよりデータ記録地点間の所要時間を分割区間で按分して算出した。また、「渋滞」と「非渋滞」の判定の閾値として、高速道路は時速 40km/h、一般道においては時速 20km/h を用いた。

## [研究内容]

本研究では、本手法の有効性を確認するために、サグ渋滞や交差点渋滞（右折レーン無し等含）等が確認される高速道路 2 路線および一般道 4 路線に対してケーススタディを実施した。平休別・時間帯別（7 時台～18 時台）の BN 指数を算定し、各道路管

理者へのヒアリングにより、現地で把握されるボトルネック箇所と一致するか確認を行った。

また、BN 指数に用いる旅行速度を簡易的に算出する方法として、データ地点の瞬間速度を用いる方法を試みた。

〔研究成果〕

(1) ボトルネック箇所把握の有効性確認

都市圏環状道路に位置し、サグ渋滞が確認される高速道路で実施した結果を図-2 に示す。渋滞起点を示す BN 指数(+)は 164kp のサグ後上り坂途中からサグ付近にかけて集中しており、渋滞影響を示す BN 指数(-)は 164kp 付近から上流にかけて伸びている。このことからサグ後上り坂 164kp 付近をボトルネック先頭とした渋滞が発生していることが判別できる。これを、道路管理者ヒアリング結果と照合すると、現地で把握されているボトルネック箇所はサグ後の上り坂 (164kp 付近) であり、BN 指数で判別したボトルネック箇所と一致した。よって、BN 指数は現地ボトルネックを適切に評価できているといえる。

また、ボトルネック箇所の検討に用いられる速度コンター図および、タイムスペース図 (個車 1 台毎の走行履歴を時間と位置で整理) と比較を行った。

図-2 に示す速度コンター図で 40km/h 未満の低速度はサグ手前の下り坂途中 (165.8kp) で発生している。ボトルネック箇所はサグ手前下り坂と判断されるが、現地で把握されているボトルネック位置

(164kp 付近) と異なる結果である。この結果より、速度コンター図では正確に捉えられないボトルネック箇所が、ボトルネック指数により把握できる可能性が確認された。

タイムスペース図 (図-3) では 40km/h 未満の低速度の先頭位置が 164kp 付近を示しており、BN 指数および現地ボトルネック位置と一致した。しかし、タイムスペース図は個車毎の挙動を全て整理して図化することから膨大な作業を要する。BN 指数は作業量がより少なく、区間毎にサンプルを集約整理して図示することができる。このため、BN 指数はボトルネックをより効率的に把握できる手法であるといえる。これらの結果より、本手法はボトルネック箇所把握の有効な手法となることが確認できた。

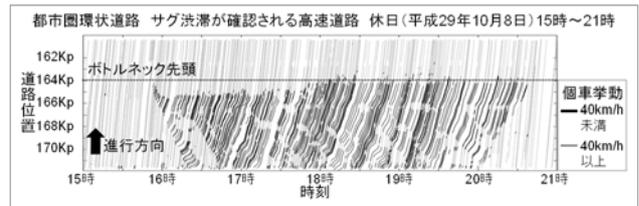


図-3 高速道路のタイムスペース図

(2) 旅行速度算定方法の簡易化による影響確認

BN 指数に用いる旅行速度の算定方法について、「旅行速度①：個車の走行履歴データよりデータ記録地点間の所要時間を分割区間で按分して算出する方法」と、作業がより簡易な「旅行速度②：分割区間内の車両の地点瞬間速度を平均する方法」で BN 指数を比較した結果を図-4 に示す。旅行速度②では BN 指数が過少となり正確なボトルネック箇所が把握できない結果が得られた。これは旅行速度②は信号等の停止車両からのデータが取得できないという ETC2.0 プローブデータの特性から、速度が速い方向に歪む傾向 (図-4 右) があるためと考えられる。よって、本手法に用いる速度算定方法については旅行速度①が旅行速度②より適切といえる。

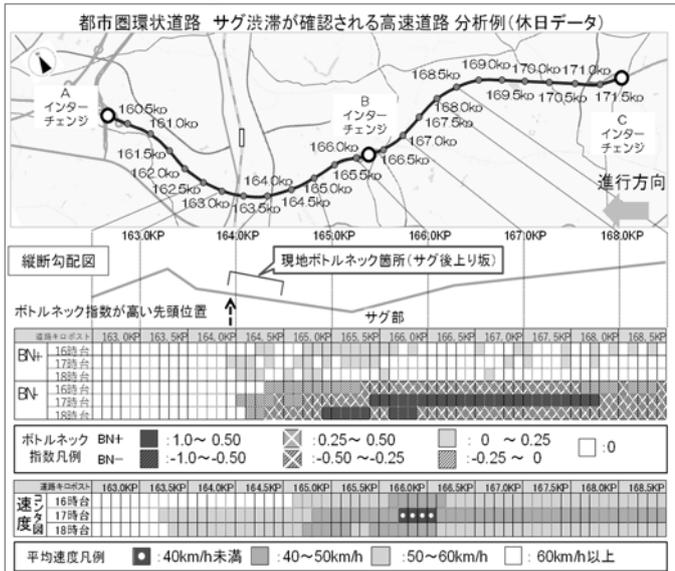


図-2 高速道路 算定結果 (時間帯・区間抜粋) と縦断勾配

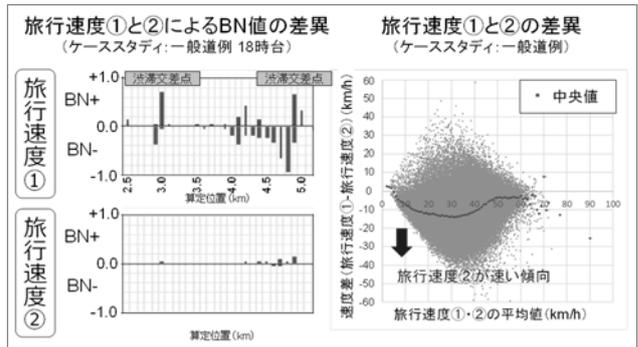


図-4 速度算定方法の違いによる BN 指数と速度差 [成果の活用]

「ETC2.0 プローブ情報を利用した道路交通状況の把握・分析方法分析手順書」として本研究の BN 指数による渋滞把握手法をとりまとめ、今後、地方整備局等が実施する ETC2.0 プローブ情報を活用した分析の精度・信頼性の向上に繋げる。

# 全国幹線道路における道路交通データの収集・整理手法に関する検討

Study on collection and organization of road traffic data on arterial road

(研究期間 平成 28～30 年度)

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

室長	瀬戸下 伸介
Head	SETOSHITA Shinsuke
主任研究官	松田 奈緒子
Senior Researcher	MATSUDA Naoko
研究官	瀧本 真理
Researcher	TAKIMOTO Masamichi
交流研究員	中田 寛臣
Guest Research Engineer	NAKATA Hiroomi
交流研究員	林 泰士
Guest Research Engineer	HAYASHI Taiji

From the CCTV image, the authors organized the current situation and problems of traffic volume observation technology using AI and examined the introduction method. In addition, the accuracy of the observation was verified using sample images.

## [研究目的及び経緯]

国土交通省では、これまでの 5 年に一度の全国道路・街路交通情勢調査を主体とした車に焦点をあてた調査体系から、ICT をフル活用した常時観測を基本とする平常時・災害時を問わない新たな道路交通調査体系への移行を目指し、人・自転車等を含めた道路空間に存在する全ての主体データ収集にあたっての課題抽出や具体のデータ利活用方策についての検討を進めている。

国土技術政策総合研究所では、この新たな道路交通調査体系の実現に向けた取組みの一つとして、既存の設備が活用でき、歩行者など車両以外の観測への応用も期待される道路管理用の監視カメラ (CCTV) 映像について、人工知能 (AI) を用いた画像認識型交通量観測 (以下、「AI 観測」という。) の実用化に向けた研究を行っている。

## [研究内容]

本研究における AI 観測技術は、深層学習による車両検出機能を用いた技術である。様々な方向から捉えた移動体 (車両や歩行者など) の特徴を学習した AI が映像内にて移動する対象を検出し車両や歩行者として認識することで交通量を観測するものである (図-1)。

本年度は、AI 観測技術の現状と課題の整理およびサンプル映像による AI 観測の精度検証を行った。

### (1) AI 観測技術の現状と課題の整理

AI 観測について、現状の国内技術の水準を把握する



図-1 AI 観測技術の一例

ため、技術開発を行っている企業 9 社に対して、観測可能な車線数、車種・歩行者・二輪車の判別可否、観測精度、精度に影響を与える事項等について、ヒアリング調査を実施するとともに、実用化に向けた条件や課題について整理を行った。

### (2) サンプル映像による AI 観測の精度検証

ヒアリング対象各社の技術を用いて、場所、時間帯等が異なる複数サンプル映像による AI 観測を実施し、目視による観測との結果比較により、複数の条件下での精度検証を行った。

## [研究成果]

### (1) AI 観測技術の現状と課題の整理

AI 観測技術のヒアリング調査の結果を表-1 に示す。車種等の判別については、小型車・大型車の 2 車種判別のほか、歩行者についても概ね判別可能であるが、二輪車については自転車とバイクの判別技術の開発が進んでいない状況にある。

昼間は追加学習を行うことで、概ね 90%以上の観測

表-1 AI 観測技術のヒアリング結果 (9 社)

項目	最大性能	最小性能	一定性能以上の企業数
①観測車線数	適切に映っていれば制限無し	車種判別を行う場合は1車線	4車線以上 7社/9社
②車種判別	7車種判定 乗用車・バン・SUV・ 小型トラック・中型バス・ 大型バス・大型トラック	車種判別不可	2車種 小型・大型計測 8社/9社
③歩行者の計測	歩行者観測可能 (車両と同時計測可能)	計測不可	歩行者計測可能 7社/9社
④自転車・バイクの計測	自転車・バイク 区別可能	計測不可	計測・区別可能 5社/9社
⑤映像毎のAI 追加学習の有無	不要 (必須ではない)	必要	不要:3社/9社 (不要には追加学習機能が 無いものも含む)
⑥観測精度 (ヒアリング時の 回答・追加学習 を行った場合)	昼	99%	90%以上精度 8社/9社
	夜 (道路照明有)	99%	精度規定困難 6社/9社
	夜 (道路照明無)	80%	観測不可 80%以上精度 1社/9社
⑦(気象)雨・雪の 計測への影響	影響ほぼ無し	未検証 (精度低下想定)	影響ほぼ無し 2社/9社 未検証7社/9社
⑧その他 精度への影響事項	<ul style="list-style-type: none"> <li>・カメラレンズへの光直射による白とび</li> <li>・オクルージョンによる観測対象の遮蔽</li> </ul>		

精度の確保が見込まれる。一方、夜間は移動体の検出が難しく、特に道路照明灯の無い場所での精度確保が課題となっている。

このほか、カメラレンズへのヘッドライトや太陽光の直射により映像が「白とび」(映像が白一色に塗りつぶされる状況)になった場合や、「オクルージョン」(車両の重なりにより観測対象が見えない状況)が続いた場合など、目視での観測が困難な状況下では AI 観測も同様に観測が困難であることが把握できた。

(2) サンプル映像による AI 観測の精度検証

ヒアリング対象を含む 6 社の技術により、サンプル映像 (図-1) による AI 観測を実施した。サンプル映像の概要を表-2 に示す。サンプル映像はカメラの設置高さ等が異なる 2 地点の 4 時間帯、計 8 時間分とし、観測対象は左側の車線 (手前から奥に交通が流れる車線) とした。地点 1 の朝夕において渋滞の発生、地点 1、2 ともに夜においては対向車線のヘッドライトの白とびがみられるなど、精度確保が難しいとされる状況の映像も含まれている。

表-2 サンプル映像の概要

設置箇所	地点1	地点2
時間帯	<ul style="list-style-type: none"> <li>・撮影時期:1月下旬~2月上旬</li> <li>・設置高:5.0m(低い)</li> <li>・車線数:片側2車線</li> <li>・やや側方からの映像</li> <li>・オクルージョンの可能性が高い</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・撮影時期:1月下旬~2月上旬</li> <li>・設置高:6.7m(標準的)</li> <li>・車線数:片側3車線</li> <li>・ほぼ中央からの映像</li> <li>・対象物が小さい</li> </ul>
朝 (7:00~8:00)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・天気:曇</li> <li>・ほとんどの車両がヘッドライトを点灯(映像への影響は小さい)</li> <li>・渋滞が発生(オクルージョンの可能性)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・天気:晴</li> <li>・ほとんどの車両がヘッドライトを点灯(映像への影響は小さい)</li> </ul>
昼 (12:00~13:00)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・天気:雨(映像では雨滴が目立たない)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・天気:曇</li> <li>・走行速度が比較的速度い</li> </ul>
夕 (17:00~18:00)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・天気:雨(暗くすると雨滴が目立つ)</li> <li>・時間帯の後半は夜と同程度の暗さ</li> <li>・ヘッドライトを点灯(映像後半で白とびが発生)</li> <li>・渋滞が発生(オクルージョンの可能性)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・天気:雨(映像で雨滴は目立たない)</li> <li>・時間帯の後半は夜と同程度の暗さ</li> <li>・ヘッドライトを点灯(映像後半で白とびが発生)</li> </ul>
夜 (22:00~23:00)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・天気:雨</li> <li>・照明が近く、比較的明るい</li> <li>・ヘッドライトの白とびが発生</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・天気:晴</li> <li>・車両以外に照明類はなく暗い</li> <li>・ヘッドライトの白とびが発生</li> </ul>

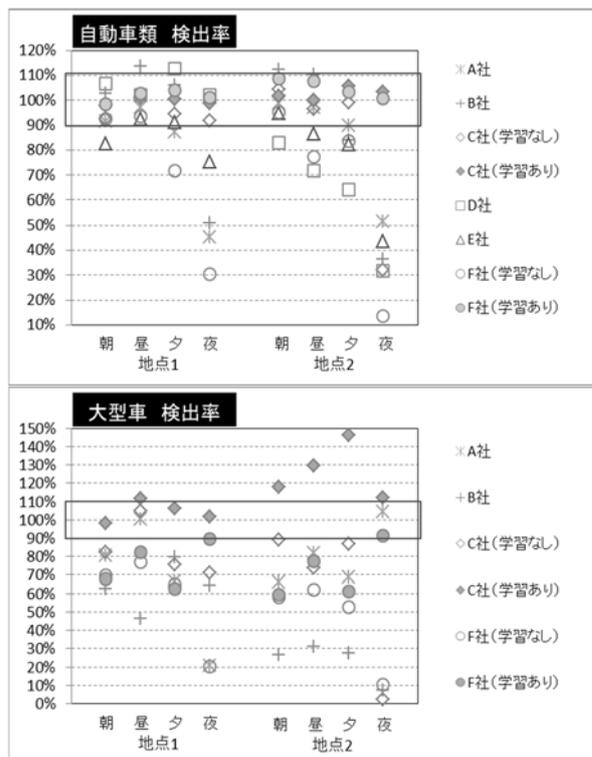


図-2 サンプル映像の観測精度比較

サンプル映像の観測精度として、AI 観測台数を目視観測台数で除した検出率を各社の技術別に算出した (図-2)。なお、6 社のうち C、F 社の 2 社はサンプル地点の別映像による追加学習を行っている。また、D、E 社の 2 社は車種分類を行っていない。

自動車類全体の検出率と比較すると、朝昼の明るい時間帯において、誤差±10%以内となったのは、地点 1 では 6 社中 5~6 社、地点 2 では 6 社中 4~5 社と高い割合であり、現状の技術でも十分な精度が得られているといえる。一方、夕方や夜の時間帯では、照明があり比較的明るい地点 1 において 6 社中 3~4 社、照明がない地点 2 においては 6 社中 2 社と低い割合となっているが、追加学習を行った 2 社に着目すると、F 社が学習後に誤差±10%以内に入り、誤差±10%以内であった C 社においてもより誤差が小さくなるなど、追加学習を行うことで更なる精度確保が期待される。

大型車だけの観測精度について、誤差±10%以内となった割合は 6 社中 1~2 社と低く、特に地点 2 では全社とも精度が確保できない時間帯が複数発生するなど、車種分類にはまだ課題が残っているといえる。しかしながら、こちらも追加学習を行った C 社、F 社の精度は向上しており、実用化に向け追加学習が有効となることが伺える。

過年度の研究成果も含め、新たな道路交通調査体系の構築に向けた検討が前進したものと考えている。

【成果の活用】

本成果は、令和 2 年度実施の全国道路・街路交通情勢調査における AI 観測の実用化に向け、機器使用の作成等に活用される予定である。

# 道路整備のストック効果を把握するための 経済分析手法に関する調査

Study on economic analysis method to grasp the stock effects by road construction

(研究期間 平成 29～30 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  
Head  
研究官  
Researcher

小俣 元美  
OMATA Motoyoshi  
齋藤 貴賢  
SAITOU Takayoshi

The purpose of this study is to propose the economic analysis method for grasping the stock effects of road investment. In this fiscal year, understanding the latest trends of measurement method of "Wider Economic Impacts" in the UK, case studies by using the economic analysis model draft based on the measurement method of UK, and verification of the economic effects of road investment by macro-econometric model were conducted.

## 〔研究目的及び経緯〕

国土技術政策総合研究所では、道路整備の経済効果を把握するための手法の調査研究を行っている。

本研究は、道路整備による地域経済等へのストック効果を把握するための経済分析手法について、英国の計測手法の最新動向を踏まえた経済分析モデル案によるケーススタディ、並びにマクロ計量経済モデルによる道路投資の経済効果の算出及びモデル改善のための情報収集を行うものである。

## 〔研究内容〕

### 1. 英国「幅広い経済的影響」計測手法の最新動向把握

英国交通省の「幅広い経済的影響 (Wider Economic Impacts)」の指針について、平成 30 年 5 月の改定等による最新情報を含めた内容の把握を行った。

### 2. 経済分析モデル案によるケーススタディ

道路整備のストック効果のうち「幅広い経済的影響」について、英国の手法を参考としつつ、我が国に適する経済分析モデル案により、国内における道路整備事業 (5 事業) を対象に試算した。さらに、試算結果や英国交通省の交通分析に関する指針 (TAG) 全体の評価方法を踏まえ、経済分析モデル案の国内道路整備事業等への適用条件を整理した。

### 3. マクロ計量経済モデルによる道路投資の経済効果の算出及びモデル改善のための情報収集

全国マクロ計量経済モデル (標準モデル) 及び金利・物価を内生化した改良モデルの 2 つのモデルについて、昭和 55 年度～平成 29 年度の経済データ (GDP、人口、消費者物価指数等) 及び道路による生活圏間所要時間データを収集し、パラメータを設定し、フロー効果及

びストック効果の算定・検証を行った。さらに、モデルの今後の改善や利活用に向け、国内外のマクロ計量経済モデルについて情報収集を行った。

## 〔研究成果〕

### 1. 英国「幅広い経済的影響」計測手法の最新動向把握

新しく更新されたガイダンスは旧ガイダンスと比較して従前の方法を概ね踏襲、具体的には計測する経済効果 (評価項目) が①集積経済効果、②生産増加、③雇用効果、という 3 項目はほぼ従前と同様であるが、算定式の一部追加を含めた資料の再構成と加筆修正等、大幅な修正が行われている。

また、分析手法の複雑さに応じて分析のレベルを 3 段階に区分しており、経済効果の分析プロセスは段階を追って行うことが示されている。ワイダー・インパクトの計測は不確実性が高いもので、追加的に計上が可能で便益とされる「調整された費用便益 (adjusted B/C)」とし、確立された貨幣化指標ではないと位置づけられている。

評価にあたっては、交通インフラの整備によってどのような効果が波及しうるかを、経済学の理論に基づいた記述 (Economic Narrative、以下エコノミック・ナラティブ) に沿った影響が見込まれる場合にのみ、どの効果がどのように発現されるかを特定した上で、便益を推計することが明記された。これは、ワイダー・インパクトを適用すればあらゆるプロジェクトで機械的に効果が上積みできることから、英国内で乱用が相次ぐという課題に対応するものである。分析の際にエコノミック・ナラティブとして示すべき情報のチェックリストを示している (表-1)。

表-1 エコノミック・ナラティブとして示すべき情報のチェックリスト（抄）

<b>1. 予測されるワイド・インパクトの有無と内容</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>●交通投資はワイド・インパクト（集積経済効果、生産増加、雇用効果）の影響が予想されるか。</li> <li>●影響がある場合、どのような影響が予想されるか。それは全国レベルでの追加か。</li> </ul>
<b>2. ワイド・インパクトの正当化</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>●交通投資によってワイド・インパクトが発生する伝達メカニズムは何か。</li> <li>●ワイド・インパクトがもたらされる根拠はあるか。（集積経済効果や雇用効果の可能性等）</li> </ul>
<b>3. ワイド・インパクトの社会的（厚生的）価値</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>●利用者便益に追加する効果に関して、どのような市場の失敗が存在するか。</li> <li>●市場の失敗を証明するためにどのような根拠の提示が可能か。</li> </ul>
<b>4. ワイド・インパクトの定量化と評価</b>
●ワイド・インパクトはどのように定量化及び評価されるのか。

（注）ガイダンスにおける実際のチェックリストは評価項目ごとに示されている。

## 2. 経済分析モデル案によるケーススタディ

英国の指針に準じた以下の算定式で構成されるモデル案によりストック効果を試算し、直接便益と比較した（図-1）。

### ①集積経済効果

交通整備によって、企業がアクセスできる財、サービス、雇用が拡大して、生産性が向上する効果  
**集積経済効果＝有効密度の伸び**

$$\times \text{一人あたり GDP} \times \text{雇用者数}$$

### ②生産増加

不完全競争市場下における、競争促進による効果  
**生産増加＝一定率×業務目的の利用者便益**

### ③雇用効果

労働者の移動や労働供給の増加による税収の増加による効果

$$\text{雇用効果} = \text{一定率} \times \text{労働供給増加による GDP 増加} + \text{一定率} \times \text{労働者移動による GDP 増加}$$

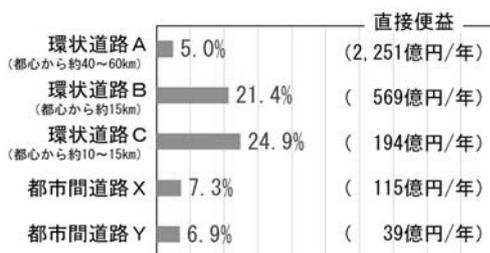


図-1 直接便益に対する「幅広い経済的影響」の割合

都心の近傍を通る環状道路B・Cで、「幅広い経済的影響」が直接便益に対して大きな割合で現れる結果となった。また、都心から一定程度離れている環状道路Aと都市間道路X・Yでは直接便益に対する割合が小さい結果となった。このことから、集積の大きい都市部付近を通過している路線において「幅広い経済的影響」が出やすいと考えることができる。

以上、英国指針の考え方及びケーススタディ等を踏まえ、経済分析モデル案の国内道路整備事業等への適用条件等を以下の通り整理した（表-2）。

表-2 経済分析モデル案の適用条件等の整理

<b>事業エリア</b>	DIDなど人口が集積する地域での適用を想定
<b>事業の種類</b>	大都市圏内の高速道路整備、大都市間を結ぶ鉄道整備などを想定
<b>適用段階</b>	事前評価が主（事後評価も可）
<b>適用の可否</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・簡易な定式により効果算定できるため、実用性が高い</li> <li>・事業間比較などの活用に有効</li> </ul>
<b>留意事項</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・エコノミック・ナラティブが記載できる事業に限定する必要（機械的な算定による効果の上積み防止）</li> <li>・英国のパラメータを適用するのではなく、我が国のエビデンスに基づいたパラメータを適用</li> </ul>

## 3. マクロ計量経済モデルによる道路投資の経済効果の算出及びモデル改善のための情報収集

金利や物価の動向を考慮した改良モデルでは、フロー効果は標準モデルよりも高くなる結果を得た。これは近年、公共投資の金利への反応が低く、なおかつ物価は上昇するため、実質金利がさらに低下することを反映しているためと考えられる。ストック効果も改良モデルで高い結果を得た。ストック効果は供給・需要サイドの両方に影響を与えるものであり、需要サイドの効果が高かったという理由が考えられる。

モデルの検証においては、現況再現性が確保されていることを確認した一方、定常性検定の結果、見せかけの相関の可能性が一部残ることが確認された。今後は、見せかけの相関の回避の方法として、階差を用いた構造式の構築の必要がある。

さらに、国内外のマクロ計量経済モデルについて情報収集を行った（表-3）。

表-3 マクロ計量経済モデルの情報収集概要

国	文献名	機関	分析目的	公表
日本	国土政策シミュレーションモデル	国土交通省	交通整備の効果計測	HP
日本	内閣府経済財政モデル	内閣府	公共投資効果等	HP
日本	国内外におけるマクロ計量モデルとMEAD-RIETIモデルの試み	経済産業研究所	政策効果	HP
米国	Transportation Infrastructure Investment	米国コンサルタント	公共投資効果	HP
欧州	TIPMAC	EU交通総局	交通網整備の需要予測	HP

### [成果の活用]

引き続き、英国指針等の海外における経済効果の計測方法の動向の情報収集・提供を行うとともに、「幅広い経済的影響」を考慮した経済分析モデルについて、算定事例の蓄積、簡易な計測手順の提示等、実務での適用を念頭に置いた検討を進めてまいりたい。

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

# 安全で快適に移動できる道路空間の創出に関する検討

Study on creation of road space for safe and comfortable movement

(研究期間 平成 30～令和元年度)

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

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

瀬戸下 伸介  
SETOSHITA Shinsuke  
田中 良寛  
TANAKA Yoshihiro  
河野 友佑  
KONO Yusuke  
森田 大也  
MORITA Tomoya

The authors conducted the experiment on the roadway width and traveling speed. In addition, the authors surveyed traffic volume at the intersection and organized the knowledge about road structure and road planning by collecting the case study in foreign countries.

## [研究目的及び経緯]

慢性的な渋滞が発生する箇所等においては、基準の弾力的な運用による路肩を含めた道路空間の有効活用が求められているが、知見が整理されておらず現場の判断に委ねられているのが実情である。

既存の車線幅員や路肩幅員を利用した道路空間の再編を行うことで交通容量の拡大を図る「ピンポイント渋滞対策」の推進のためには、暫定車線運用に関する幾何構造基準の作成が求められる。

## [研究内容]

本年度は、車道幅員と走行速度に関する走行実験を行い、走行速度に応じた必要な側方余裕幅を整理した。また、交差点部における実地観測調査を行い、直進車線・右折車線・左折車線ごとの飽和交通流率の実態を確認するとともに、国内外の道路幾何構造基準等に関する事例収集を行った。

本稿では、その中から、走行速度に応じた必要な側方余裕幅に関する検討内容について紹介する。

## [研究成果]

### 1. 実験概要

図-1 に示す実験パターンについて、被験者が安全と感じる範囲内で壁等に近づいて走行させ、走行位置等を観測した。被験者属性は表-1 のとおりとし、以下の条件を全て満たす者とした。

- ・ 運転経験 3 年以上
- ・ 年間走行距離 3,000km 以上
- ・ 高速道路を 1 年間に 1 回以上運転する者

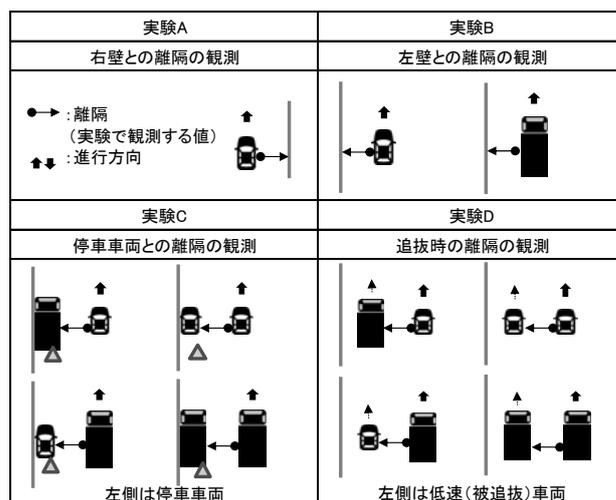


図-1 実験パターン

表-1 被験者属性

年齢階層	普通自動車運転免許保有者		大型自動車運転免許保有者
	男性	女性	男性
30～50歳代	4人	4人	4人
60歳以上	4人	2人	—

表-2 被験車両の車種と諸元

車種	分類	車幅(mm)	車長(mm)	車高(mm)
小型自動車	小型乗用自動車	1,695	4,050	1,455
普通自動車	普通貨物自動車	2,210	6,504	3,120

被験車両には、道路構造令における設計車両の諸元を踏まえて表-2 に示す車両を用いた。

観測項目は、走行速度および走行位置とし、指示走行速度は小型自動車（以下、「小型車」という。）で

60km/h、80km/h、100km/h、120km/h、普通自動車（以下、「大型車」という。）で60km/h、80km/hとした。

走行位置は、あらかじめ車両前端中央に設置したボールと、試験走路の路面に5cm間隔で貼付した幅5cmの粘着テープとの重なりをドライブレコーダ画像から2.5cm刻みで読み取ることにより車両中央の走行位置を観測し、ここから車幅の1/2の値を減じることで、車両側面から壁、停車車両や被追抜車両側面との間隔（以下、「離隔」という。）を算定した（図-2、図-3）。路側に設置したカメラの画像から2.5cm刻みで読み取ったタイヤの通過位置を突き合わせることで、補正を行った。実験Dでは、必ずしも路面にテープが貼られている区間で追抜きが観測できるとは限らないため、GPSベクトル速度計で測定した位置座標情報を参考にして走行位置の補完を行った。

## 2. 実験結果

走行実験結果をもとに速度と離隔との関係を統計的に分析した。具体的には、まず走行位置と速度との関係のプロファイルや分布状況を確認し、生データの特性や極端に異常なデータの有無を把握した。次いで、性別や年齢といった属性による傾向の差異を検証した。

全ての実験パターンにおいて、速度の増加に伴い、離隔が大きくなる傾向となった。また、男性は年齢に関係なく離隔が小さく、女性は年齢に関係なく離隔が大きい傾向となった（図-4）。

属性別（性別、年齢）に統計的に有意な差があるか共分散分析を用いて検定した。共分散分析は、各グループ間の回帰直線の比較を統計的に分析ことができ、共変量を用いることで走行速度を考慮した回帰直線の比較が可能となる手法である。

本分析では、まず回帰直線の平行性の検定を行った。ここでは、従属変数を「離隔」、共変量を「走行速度」、固定因子を「性別」または「年齢」として検定し、共変量と固定因子を合わせた交互作用項を算定式に組み込むものとし、「2直線は平行である」という帰無仮説に基づいて検定した。次に、回帰直線の有意性の検定を行った。ここでは、平行性の検定で組み込んだ交互作用項を除いた回帰直線において検定し、「2直線の切片は等しい」という帰無仮説に基づいて検定した。

共分散分析より、性別の違いによる離隔には有意差がある結果となった（図-5）。一方で、年齢の違いによる離隔には有意差がない結果となった（図-6）。

### [成果の活用]

本成果は、道路幾何構造基準の改正、既存ストックの柔軟な運用のための基礎資料として活用される。

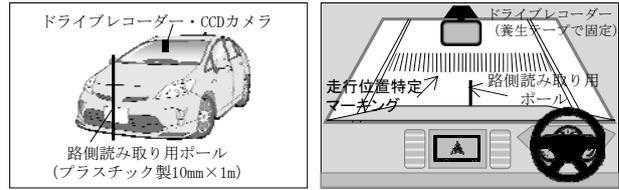


図-2 走行位置の観測方法

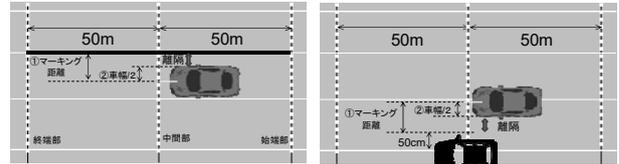


図-3 離隔の算定方法

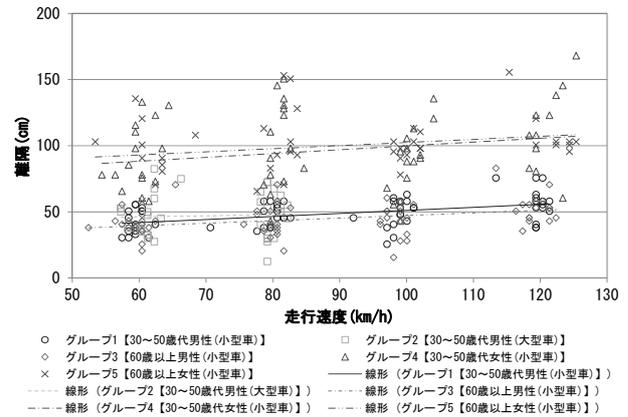


図-4 走行速度と離隔の関係（実験 A）

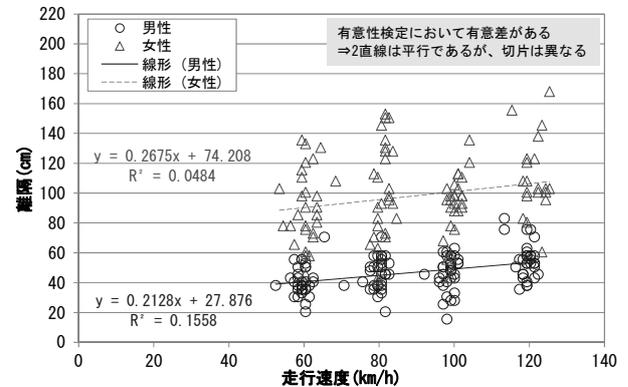


図-5 性別による共分散分析の結果（実験 A）

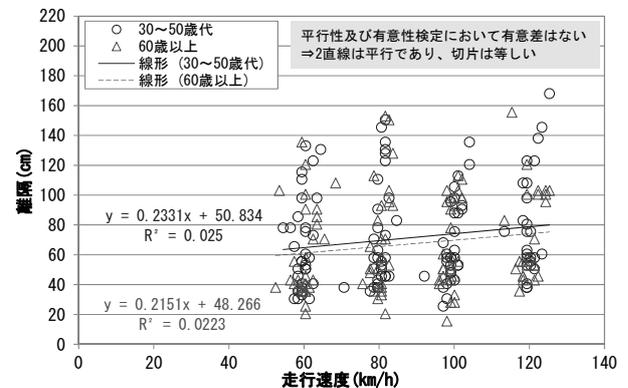


図-6 年齢による共分散分析の結果（実験 A）

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

# 国際的動向を踏まえた ITS の研究開発・普及展開方策の検討

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

(研究期間 平成 28～令和元年度)

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

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

池田 裕二  
IKEDA Yuji  
井坪 慎二  
ITSUBO Shinji  
後藤 梓  
GOTO Azusa  
岩里 泰幸  
IWASATO Yasuyuki  
榊 真  
SAKAKI Shin

The purpose of this study is to investigate up-to-date ITS abroad and to support overseas expansion of Japanese ITS technologies through an international cooperation as well as international standardization activities.

## 〔研究目的及び経緯〕

高度道路交通システム（ITS）の研究開発・普及展開については、世界に日本の取り組みを発信し情報共有することにより、諸外国と協調しつつ進めることが重要である。また、ITS など国際規格の存在する領域において、国内技術を海外展開するためには、国際標準規格として策定されていることが最低条件であることが多くなっている。発展途上国等が未知の分野の情報を収集する際には、国際標準規格や世界道路協会（PIARC）等の国際的な機関による発行文書等を参考にするため、それらに日本の技術が適切に掲載されていることも海外展開にあたっての重要な要素である。

以上のことから、国土技術政策総合研究所（以下、「国総研」という。）では、ITS 技術に関する国際動向の調査や日本の ITS 技術の海外展開支援を目的として、日米欧当局間での協力覚書に基づく共同研究、ITS に関する国際標準化機構専門委員会 204（ISO/TC（Technical Committee）204）への参画、道路関係の国際機関（PIARC、OECD/ITF（International Transport Forum））における技術委員会等への参画を通じた国際活動を継続的に実施しているところである。

## 〔研究内容〕

### (1) ITS に関する欧米当局との共同研究

国土交通省、米国運輸省（US-DOT）及び欧州委員会（EC）の三者は、協力覚書に基づき、長年にわたり ITS 技術の最新動向の収集や国際的な調和を図るための共同研究及び情報交換を行ってきている（図-1）。

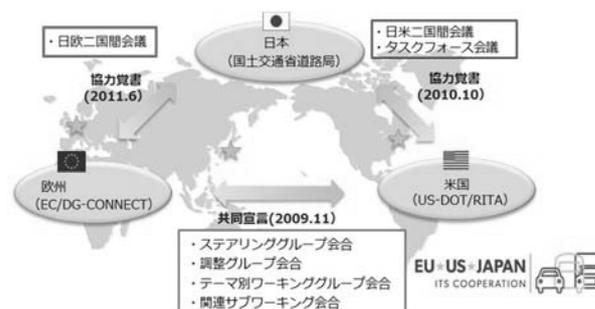


図-1 日米欧三極 ITS 協力会議

平成 30 年度は、欧米当局との実務者会議を 4 月（ウィーン）、7 月（サンフランシスコ）、9 月（コペンハーゲン）、11 月（東京）、平成 31 年 1 月（ワシントン DC）にて実施し、自動運転及び路車協調システムに関する施策や実証実験等について、各国の最新動向の情報共有と議論を行った。

### (2) ITS に関する国際標準規格策定に向けた調査

国総研では、ISO/TC204 において日本の ITS 技術に関する国際標準規格を策定するための取り組みを進めている。これまでは、ETC2.0 関連サービスについて、経路別道路課金サービスに関する規格案及び大型車通行管理サービスに関する規格案を作成し、提出先である第 5 分科会（自動料金収受を担当）及び第 7 分科会（商用貨物車運行管理を担当）と調整を進めてきた。

平成 30 年度は、新たに ETC2.0 プロブ情報の収集・活用に関する全体構成とユースケースに関する規格案

と、先読み情報（自転車単独では入手困難な道路前方の路上障害等の事象に関する情報）に関する規格案を作成するための準備を行った。上記に加えて、ISO/TC204における各分科会の審議項目についてヒアリング調査を実施し、関連動向を把握した。

### (3) PIARC における活動

国総研では、PIARC が設置する技術委員会及びタスクフォースの活動に参画している。技術委員会については、平成 28～令和元年の 4 年間は「道路ネットワーク運用と ITS」に関する技術委員会（TC B.1）として、「低コスト ITS アプリケーション」及び「道路交通におけるビッグデータ」について報告書をまとめると共に、その成果を活用して「道路ネットワーク運用と ITS に関するマニュアル」を更新する計画である。タスクフォースについては、平成 30 年 7 月から新たに「自動運転車～道路管理者・運用者の課題と機会～」に関するタスクフォース（TF B.2）が発足しており、平成 30～令和 2 年の期間で報告書をまとめる予定になっている。

国総研は、これら報告書に日本の ITS 技術の事例を反映することで日本企業の国際展開を支援するための活動を実施している。平成 30 年度は、TC B.1 の報告書に対する事例提供と意見提出を行ったほか、TF B.2 の会合に出席した。また上記の活動を通じて、海外の ITS に関する最新情報を収集した。

### (4) OECD/ITF における活動

平成 30 年 10 月に東京で OECD/ITF による「道路を賢く使うワークショップ (Smart Use of Roads Workshop)」が開催された。国総研はホスト国としてワークショップの企画、調整、運営に協力するとともに、日本における道路を賢く使う取組の事例を紹介した。

#### [研究成果]

#### (1) ITS に関する欧米当局との共同研究

日米欧共同研究では、平成 30 年度にステアリング会議を 3 回、自動運転ワーキングを 4 回実施した。

自動運転については、日米欧の各地域において課題解決に向けた動きがあり、法制度に関する動向や実証実験に関する進捗報告、C-ITS の開発動向等の情報共有を行った。その他、重点的に取り扱う分野として、効果評価、道路適用性検討、ヒューマンファクターの 3 分野を設定し議論を進めている。

#### (2) ITS に関する国際標準規格策定に向けた調査

経路別道路課金サービス及び大型車通行管理サービ

スに関する規格案については、いずれも内容に関する具体的な審議が概ね終了し、前者は技術仕様書、後者は国際規格としての発行に向けて準備が進んでいる。

ETC2.0 プロブ情報の収集・活用に関する全体構成とユースケースに関する規格案、先読み情報に関する規格案については、今後の国際会議で新規作業項目として提案することへの合意を得るため、概要や標準化の意義について国内関係者への説明を行った。

### (3) PIARC における活動

TC B.1 においては、「低コスト ITS アプリケーション」及び「道路交通におけるビッグデータ」に関する報告書の最終原稿が完成した。この中には、ETC2.0 により収集されるプロブ情報の活用事例や、日本企業が途上国等で実施する低コスト ITS に関する事例も紹介されている。

TF B.2 については、高速道路での自動運転を支援するための道路側からの情報提供等に関する官民共同研究の内容や、道の駅等における自動運転サービス実証実験の技術的検証結果等を会合で紹介しており、これらの内容を報告書に適切に記述するため、平成 31 年度も引き続き活動を行う予定である。

### (4) OECD/ITF における活動

国総研の協力のもと、道路を賢く使うワークショップの報告書（図-2）が OECD/ITF により作成、発行された。この中では、日本で実施されている ETC2.0 プロブ情報を活用したボトルネックの特定や、首都圏高速道路ネットワークにおける起終点を基本とした継ぎ目のない料金、首都高速道路におけるエスコートライトなどが、道路を賢く使う事例として参照されている。

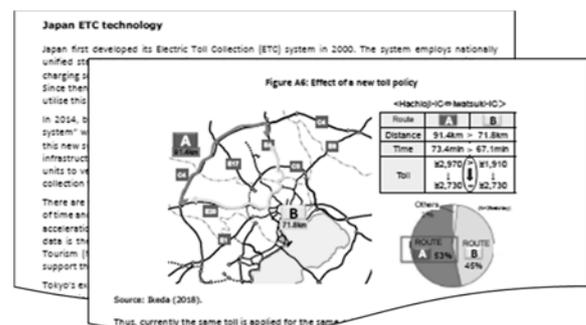


図-2 道路を賢く使うワークショップ報告書

#### [成果の活用]

本研究の成果は、日本の ITS 技術を海外諸国に周知すると共に、海外展開に必要な国際標準規格との整合性を確保していくために活用されている。

# プローブ情報等を用いた道路行政支援に関する研究

Research for supporting road administration by probe data

(研究期間 平成 28～30 年度)

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

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

池田 裕二  
IKEDA Yuji  
小木曾 俊夫  
OGISO Toshio  
後藤 梓  
GOTO Azusa  
牧 佑奈  
MAKI Yuna

The purpose of this research is to understand characteristics of ETC2.0 probe data and consider how to utilize it for more efficient road traffic management. In this fiscal year, the authors confirmed the change of ETC2.0 probe data, and analyzed the representativeness of the ETC2.0 probe data for traffic flow analysis. Also, the authors summarized frequently asked questions about the ETC 2.0 probe data, which can be referred to by the relevant organizations.

## 〔研究目的及び経緯〕

社会資本整備審議会の国土幹線道路部会では、「道路を賢く使う取組」を支える観点から、ETC2.0 車載器から収集されるプローブ情報（以下、「ETC2.0 プローブ情報」という。）などビッグデータを分析することによる「賢い投資」の実施を推進している。また、地域道路経済戦略研究会（平成 27 年 12 月設置）においても、情報通信技術や多様なビッグデータを最大限に利活用し、道路を賢く使う新たな道路政策への挑戦・実行が謳われている。このため、国土技術政策総合研究所では、ETC2.0 プローブ情報の基礎的な特性の把握・周知や、より分析に有用なデータを収集するための課題抽出を行っている。

平成 30 年度は、ETC2.0 プローブ情報収集状況の基礎的分析や、経年的なプローブ情報収集状況の変化の整理、道路ネットワークの面的評価に関する分析を行った。また、ETC2.0 プローブ情報を利用する道路管理者等の参考となるように、ETC2.0 プローブ情報の基本的な特性に関する FAQ の整理を行った。

## 〔研究内容及び成果〕

### (1) ETC2.0 プローブ情報の収集状況の確認及び整理

#### 1) ETC2.0 プローブ情報収集状況の基礎的分析

ETC2.0 プローブ情報の特性について確認するため、路側機からの距離に応じた走行履歴の取得状況などについて分析を行った。

ETC2.0 プローブ情報は、車載器を搭載した車両が

路側機の下を通過した際に収集されることから、路側機からの距離に応じてデータ取得状況が異なるものと考えられる。この現状を把握するため、2 次メッシュ（10km 四方）単位でメッシュの中心から路側機までの距離を計測し、そのメッシュ内で 30 台/月以上の走行履歴が取得された DRM リンクの延長が道路の総延長に占める割合を「データ取得割合」として、路側機からの距離分類別に整理した。その結果を図-1 に示す。路側機からの距離が 5km 未満のメッシュではデータ取得割合が 80%以上のデータ取得割合が 67%と高く、路側機から遠くなるほどこれが低くなる。これにより、路側機からの距離が近いほどデータが取得されやすいことが明らかとなった。また、路側機から 5km 未満のメッシュの 3 ヶ月毎の推移では、7～10 月が他の月と比べてデータ取得割合が高いことが確認されている。これは、夏休みや秋の行楽シーズンにより車両の移動量が増加するとプローブ情報を取得する量が増加するためと推察される。

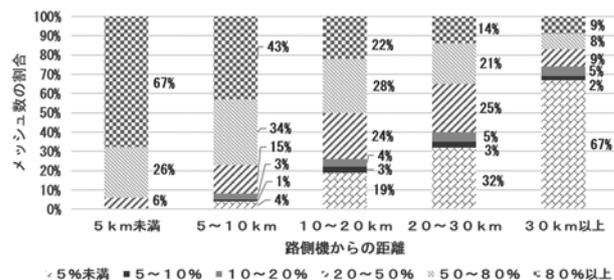


図-1 路側機からの距離別データ取得割合

## 2) 経年的なプローブ情報収集状況の変化の整理

地域別に車載器普及台数と車載器搭載車両の走行台キロの伸び率の関係性を分析し、収集状況から地域の特徴を把握するために、平成28年10月から平成29年10月までの車載器普及台数と直轄国道における車載器搭載車両の走行台キロの伸び率の関係性の分析を行った(図-2)。関東・関西主要都府県(東京、神奈川、千葉、埼玉、大阪、兵庫、山梨、茨城)は車載器普及台数の伸びに対して走行台キロの伸び率が高い。これは県内の道路総延長に対して、車載器の普及が進む地域(都市部、市街地部)の占める延長割合が高いためと考えられる。一方で、香川県は他県と比べて車載器の普及は進んでいるものの、車載器搭載車両の走行台キロの伸び率が悪い。これは、香川県では車載器普及台数の伸び率が高い大型車が県内を走行せず県外へ出て行くため、現在の路側機の位置ではデータが収集しにくいことによると考えられる。

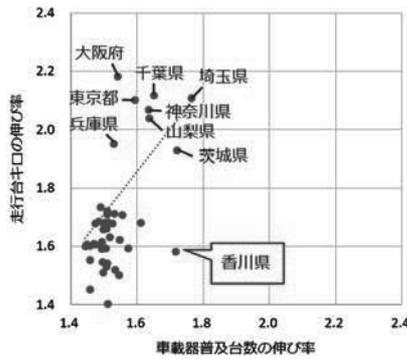


図-2 車載器普及台数伸び率と直轄国道における車載器搭載車両の走行台キロ伸び率の関係

## 3) 道路ネットワークの面的評価に関する分析

ETC2.0プローブ情報を用いて交通流動状況などの分析を行う際には、プローブ件数が交通量の代表となり得ることが重要である。しかし、ETC2.0プローブ情報は前述のとおり、車載器を搭載した車両が路側機の下を通過した際に収集されることから、各路線のプローブ件数の分布状況が実際の交通分布状況を代表可能であるかを把握するために、道路交通センサス交通量とプローブ件数の相関係数(図-3)について、50都市を対象に車載器普及率や路側機設置状況等が及ぼす影響を確認した(図-4)。その結果、「車載器普及率」、「路側機までの距離の分布状況」、「直轄国道の走行台キロ割合」が相関係数に影響している可能性が高いことがわかった。この結果に基づき、車載器の普及や、路側機配置計画の改善など、今後の課題を整理した。

さらに、図-4の矢印で示す相関係数が低く傾向か

ら外れる都市については、路側機の配置箇所や交通流動を踏まえたうえで、相関が低い要因を個別に考察した。例えば、直轄国道に限らず都市交通へ利用されている主要路線における路側機の配置状況を考慮する必要があることなどが考察された。

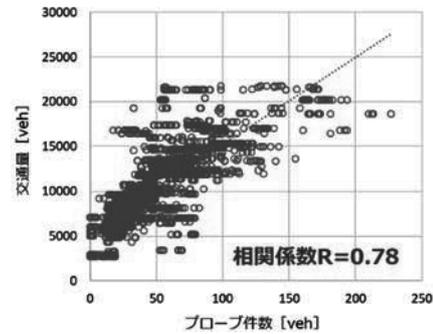


図-3 交通量とプローブ件数の相関関係(札幌市)

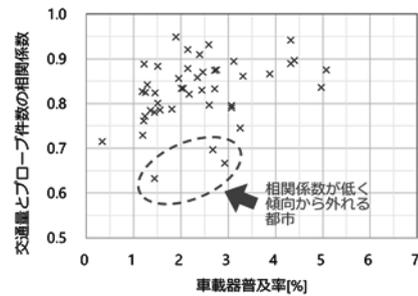


図-4 各都市の相関係数と車載器普及率の相関関係

## (2) ETC2.0 プローブ情報の基本的な特性に関するFAQの整理

道路管理者等が ETC2.0 プローブ情報を用いた分析を行う際に、認識すべき基礎的な情報や注意すべき点については、「ETC2.0 プローブポータルサイト」において関係機関に周知されているところであるが、必要な情報の掲載箇所が必ずしもわかりやすい構造になっていないという課題があった。このため、注意すべき点について、容易に検索可能となるようなFAQを整理した。FAQの質問項目については、これまでに実際にあった問い合わせなどを関係機関から収集した。

### [成果の活用]

道路ネットワークの面的評価の分析に関しては、交通量とプローブ件数の相関に影響を与える要因の精査を進めることで、今後、様々な分析に有用な ETC2.0 プローブ情報を収集するための路側機配置等に関する課題を明らかにすることができると期待される。

ETC2.0 プローブ情報の基本的な特性に関する FAQの整理については、今年度整理した資料を基にプローブポータルサイトに掲載する予定である。

# ネットワーク状道路運用に活用可能な ITS 技術に関する研究

Study on the ITS technology utilized for road network operation

(研究期間 平成 28~30 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	池田 裕二
Head	IKEDA Yuji
主任研究官	井坪 慎二
Senior Researcher	ITSUBO Shinji
研究官	後藤 梓
Researcher	GOTO Azusa
交流研究員	牧 佑奈
Guest Research Engineer	MAKI Yuna

This study had developed a methodology for monitoring traffic conditions of the radial-ring expressway network in the Tokyo Metropolitan area by fusing ETC2.0 probe data and detector into traffic simulation. In this fiscal year, the authors updated the route choice model based on ETC records. Besides, they developed another prototype simulator which did not require observed data and was applicable to prior evaluation of operational measures.

## 〔研究目的及び経緯〕

三環状九放射のネットワークが概成した首都圏高速道路においては、交通需要を複数の代替経路に適切に分散させ、道路ネットワークを効率的に運用していくことが可能となる。これを実現するためには、交通状態の日常的なモニタリングを通じて、渋滞を引き起こしている個々の車両の起終点や経路を把握し、情報提供や動的課金等の施策により交通需要の分散を図るための検討が重要である。施策の検討にあたっては、各施策がドライバーの運転挙動や道路ネットワークの交通状態に与える影響を把握し、各施策の導入が効果的な箇所や交通条件等を明らかにする必要がある。

このため国土技術政策総合研究所では、車両感知器や ETC2.0 プローブ等で観測可能なデータを元に首都圏高速道路ネットワーク上の全交通の流動状況を補完推計することで、日常的なモニタリングを行うための交通状態推計手法の開発、及びこれを用いた運用施策の評価に関する研究を行っている。また、運用施策のうち未だ実施例のない施策については、実データを用いた評価が困難なため、仮想実験環境（ドライビングシミュレータ）を用いてドライバーの受容性や挙動を評価するための技術開発及び手法の検討を行っている。

## 〔研究内容及び成果〕

### (1) 交通状態推計手法における経路選択モデルの改良

日常的なモニタリングのための交通状態推計手法の開発に関しては、商用の交通シミュレータに対して、過年度までに以下の①~③を実施することにより、首

都圏高速道路ネットワーク上の全交通状態推計が可能となっていた。

- ①シミュレーション上で、ETC2.0 プローブ車両に該当する車両が観測された軌跡の通り走行し、後続車がそれに追従することで渋滞発生を再現
  - ②車両感知器により観測された断面交通量とシミュレーション上の推計交通量の誤差が最小となるように OD 表を調整することで、交通量の再現性を担保
  - ③蓄積された ETC2.0 プローブ車両の観測軌跡に基づいて経路選択モデルのパラメータを設定し、距離や所要時間等に応じた経路選択確率の変化を再現
- しかしこのうち③の経路選択モデルについては、わずかな料金差や時間差で経路選択確率が大幅に変化するものとなっており、ETC2.0 プローブ車両の情報のみに基づく設定では全車の経路選択挙動を代表できていない可能性があることが課題となっていた (図-1)。

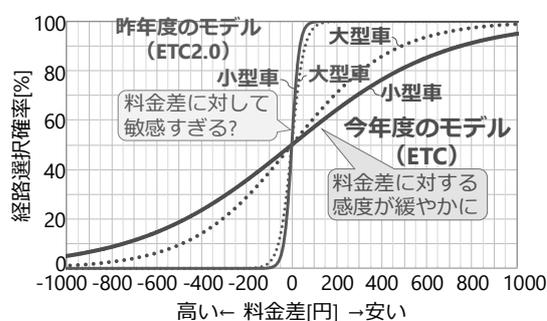


図-1 料金差に応じた経路選択確率の変化

そのため平成 30 年度は、ETC2.0 に限らない全 ETC

車両の料金所等における通行ログを用いてモデルの再構築を行った。その結果、昨年度に比べて所要時間や料金に対して感度が緩やかなモデルとなった。

このモデルをシミュレーションに実装することにより、昨年度の推計結果にみられたような極端な経路分担率が解消された（図-2）。

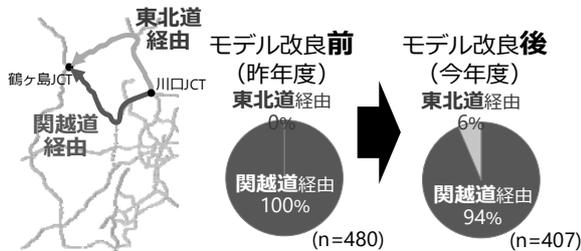


図-2 シミュレーションによる経路分担率の推計結果

## (2) 運用施策の事前評価が可能な交通状態推計手法への展開

これまでに開発した手法は、観測データを基に日々の交通状態を事後推計するものであったが、運用施策の検討にあたっては、施策を実施した場合に予想される交通状態を観測データなしで事前推計しなければならない。これを可能にするには、これまで ETC2.0 プローブ車両の軌跡によって再現していた渋滞を、渋滞が頻発するボトルネックの交通容量を予め設定しておく交通需要と交通容量の関係によって再現する施策評価用シミュレーションが必要である（図-3）。

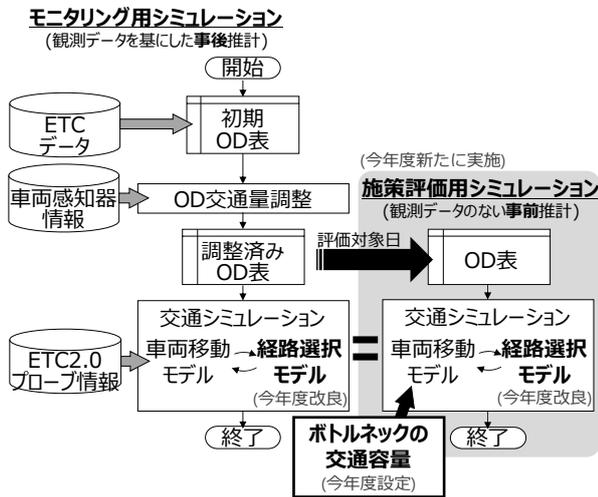


図-3 モニタリング用及び施策評価用の交通状態推計フロー

そこで平成 30 年度は、ETC2.0 プローブ情報により速度低下が頻繁に検知される箇所からボトルネックを抽出し車両感知器情報等と照合することで、首都圏高速道路ネットワーク 29 箇所のボトルネックの交通容

量を取得し、シミュレータに設定した。

これを用いて、過去のある平日 1 日分を対象に、施策評価用シミュレーションを実施した結果、観測データを使用するモニタリング用シミュレーションに近い再現性が確保されることが確認できた。さらに、OD 交通量や料金等を変更した場合の感度分析によって、料金等の影響を概ね妥当に表現できることが定性的に確認できた。ただし、これらの影響に関する定量的指標の妥当性については今後さらなる検証が必要である他、交通状況に応じた経路別の課金方法を現状のシミュレータには設定できないなどの制約があることが課題として残された。

## (3) 仮想実験環境に関する技術開発

平成 30 年度は、これまでに開発した仮想実験環境を用いて、高速道路に合流しようとする運転者（被験者）に対して音声や表示灯で本線上の車の存在を知らせる安全支援施策を実施し、運転者の生体反応やアンケート回答等による施策評価を行う実験を行った。図-4 は被験者から見える映像のスナップショットである。この実験を通じて、仮想実験環境を用いて施策評価を行う際の実験方法や留意事項等を整理した。



図-4 表示灯による合流支援施策の仮想実験映像

### 〔成果の活用〕

交通状態推計手法の開発に関しては、モニタリング用シミュレーションにより日々の交通流動状況を推計し、その結果を分析することで、局所的・広域的な運用施策が必要な場所・時間帯等の特定に役立つことが期待される。また、今後、施策評価用シミュレーションの機能を拡張することで、運用施策の事前評価への活用も期待される。

仮想実験環境の開発に関しては、今回開発された技術を用いることで、特に施策評価の初期段階において、試験走路や実道では検証することが困難な様々な条件を仮想して施策の有効性を確認することができると期待される。その際に、今回整理された実験方法や留意事項等が参考資料として活用可能である。

# 地域における ITS 技術の活用支援に関する研究

Research on utilization support of ITS technology in the region

(研究期間 平成 28～30 年度)

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

室長  
Head  
主任研究官  
Senior Researcher  
研究官  
Researcher

池田 裕二  
IKEDA Yuji  
小木曾 俊夫  
OGISO Toshio  
今村 知人  
IMAMURA Tomohito

NILIM organizes the short-term and long-term issues and needs of the region systematically, and compiles examples of application of domestic and international ITS technologies. And NILIM have prepared a specification draft and examined how to utilize low-cost ETC2.0 road-side units.

## 〔研究目的及び経緯〕

IT 総合戦略本部地方創生 IT 利活用促進プラン (H27.6)において、地方公共団体における IT 利活用支援等により、2020 年までに「実感できる地方創生」を実現することが求められている。そこで国土技術政策総合研究所では、地方が抱える課題やニーズに対応し、地方創生の取組みを支援できる ITS 技術について検討を進めている。この研究では、災害時等の突発的な状況把握ニーズに対応出来る可搬型路側機や、低速域を対象とすることで簡易かつ低コストで設置、運用することが可能な簡易型路側機の仕様書(案)を作成し、これらの仕様書を用いた機器を活用した調査事例の検討の他、簡易型路側機を活用した情報提供の仕様検討を行った。また、地域の短期・長期的な課題やニーズ把握、また既存事例の調査や広域展開に向けた課題整理を行うとともに、ケーススタディによる機能検証や実用性評価を行った。

## 〔研究内容及び成果〕

### 1. 簡易型路側機を活用した情報提供の仕様検討

#### (1) 簡易型路側機による情報提供サービスの整理

簡易型路側機で想定される各種情報提供サービスについて整理を行うとともに、サービスごとのコンテンツイメージ(図-1)、動作概要、必要なプローブ抽出項目、提供例について整理した(表-1)。

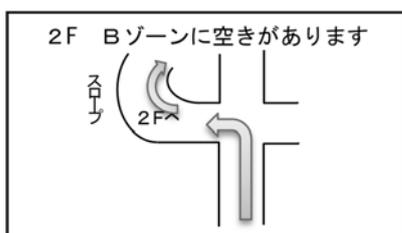


図-1 駐車場で空き駐車マスの案内イメージ例

表-1 動作概要、プローブ抽出項目および提供例

	簡易型路側機による情報提供の動作概要	プローブ抽出項目	提供する情報例
①	事前登録した個別の到着車両を対象に情報を提供	ASL-ID	物流車両の荷捌きブース案内
②	車両の事前登録は不要、到着車両の車種情報等を用いて情報を提供	車種情報等	空き駐車マスの案内
③	車両の事前登録は不要、到着車両の経路情報から情報を提供	走行履歴	遠方からの車両へ観光案内
④	車両の事前登録は不要、到着車両の前回ビーコン通過情報から来場方向を推定し、情報を提供	前回ビーコン情報	行き先の気象情報、規制情報の提供
⑤	車両の事前登録は不要、到着車両の急ブレーキ回数等に基づき、安全運転のための情報を提供	挙動履歴	安全運転の指導情報の提供
⑥	全車両に同一の情報を提供(時間帯で変更)	—	店舗や駐車場等の案内
⑦	上記①～⑥のいずれかを複合的に、あるいは、いずれかを選択して提供	複数のプローブ情報	複数の情報を複合、選択して提供

### (2) 簡易型路側機による情報提供サービスの機能の整理

(1)の整理結果をふまえ、簡易型路側機を通じて情報提供を担う装置に備えるべき機能を整理した。

#### 【備えるべき機能項目】

- ・サービス対象車両を特定するためのプローブ情報(ASL-ID、車種情報、走行履歴等)を抽出、登録、保持する機能
- ・対象車両へ提供する情報の内容を登録、保持する機能
- ・提供目的に応じた施設、規制等の外部情報の取得機能
- ・車両毎に提供する情報を生成する機能
- ・生成した情報を簡易型路側機に登録する機能 等

### (3) システムの性能要件に関する整理

(2) をもとに、簡易型路側機による情報提供を行うためのシステム構成案(図-2)を作成すると共に、新たに追加する簡易型路側機向け情報処理装置及び現地情報提供処理装置をはじめ、システムとして求められる処理時間(表-2)や取り扱うデータ量について整理し、性能要件として取りまとめた。

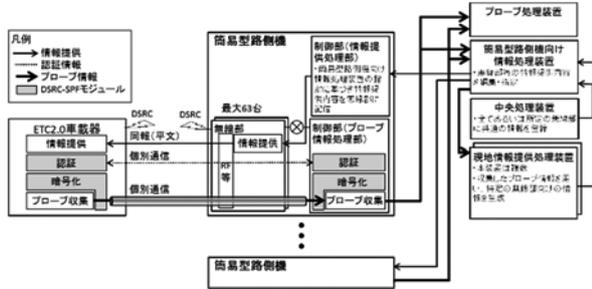


図-2 システム構成案

#### 【性能要件として整理した事項】

- ・各装置間の具体シーケンス
- ・システムとして情報提供までの時間(一時停止2秒以内を目標)
- ・複数情報の集約・選択・優先度
- ・各装置間のインタフェース
- ・各装置間の伝送データ量
- ・提供する情報の蓄積データ量と期間
- ・車載器へ提供する情報のデータ形式 等

表-2 システムとして情報提供までの処理時間

動作	処理時間[ms] (1[ms]=1/1000[S])
(a) 初期接続	約 20ms
(b) 機器認証	約 300ms
(c) プロープ収集	約 500 ms
(d) プロープ転送	約 50 ms
(e) プロープ情報から必要範囲の抽出	約 100 ms
(f) 抽出した情報から提供する情報生成機能への転送	約 100 ms
(g) 提供する情報の生成	約 300 ms
(h) 提供する情報の路側機への送り込み	約 300 ms
(i) 車載器への伝送	約 150 ms
合計	約 1820 ms
合計(目標値)	約 2000 ms

### (4) 仕様書素案の作成

簡易型路側機の情報提供に関する機能・性能の整理結果を踏まえ、各機器の仕様書(素案)及び各機器間インタフェースの仕様書(素案)を作成した。

#### 【作成した仕様書(素案)】

- ①簡易型路側機向け情報処理装置 仕様書(素案)
- ②現地情報提供処理装置 仕様書(素案)
- ③簡易型路側機制御部・簡易型路側機向け情報処理装置間インタフェース仕様書(素案)
- ④簡易型路側機向け情報処理装置・現地情報提供処理装置間インタフェース仕様書(素案)

## 2. 地域づくりに資する ITS 等の活用に関する検討

### (1) 既存事例の調査

既に実用化レベルに達している ITS 技術の既存事例について調査を行い、過去 2 年に整理した地域課題、ニーズ内容と比較し体系的に取り纏めた。既存事例調査には、北海道、東北、京都、沖縄の各地区にて意見交換会を実施したほか、有識者への WEB アンケートも行い整理した。

### (2) ITS 技術の他地域への展開に向けた課題整理

過去 2 年の研究成果を再検討し、ITS 技術の特性、地域特性を踏まえ、ITS 事業の地域での実用化、他地域への展開実現に向けた課題、制約等について、「制度」「組織」「仕組み」の観点から整理した。

#### 【地域における課題・制約：北海道地区の場合】

- ・制度：物流センサスに北海道～本州の流れがない
- ・組織：農業物流を統合管理する組織が無い
- ・仕組み：プロープ情報収集のための路側機の不足

### (3) ITS 技術の実用性および機能検証

平成 29 年度に計画を検討したケーススタディから、以下の 3 つのケーススタディを実施し、導入あるいは利活用する ITS 技術の実効性や有効性について検討を行った。また各ケースについて、実装、事業展開に必要な課題を整理した。

①我が国の食糧基地としての北海道の物流システムにおける ITS の適用

②訪日外国人を含む観光客の観光行動に関する研究

③旅行者を含む滞在者への防災・減災力の向上

なお、①についてはケーススタディの実施が難しいため、今後 ITS 技術の実効性や有効性について、どのような検証が必要か以下のとおり整理した。

- ・農業物流の十分な状況把握(道路と港湾のネットワーク区間別の農作物の輸送状況)
- ・農作物の輸送に着目した道路のストック効果
- ・農業物流の車両運行管理

上記の検証には、ETC2.0 プロープデータが有効と思われる、地域の物流拠点、トラックターミナル、大型車が駐車可能な駐車施設、農協施設等へ、可搬型路側機や簡易型路側機の整備が期待される。

#### 【成果の活用】

本研究では ITS 技術を用いて地域の課題やニーズに対応できる路側機の仕様を作成し、これを用いた情報収集や情報提供に関する活用方策を検討した。

この研究成果を用いる事で今後、ITS 技術を用いた状況把握や得られた情報を用いた政策の実施により、人や物の流通を喚起することで「実感できる地方創生」を目指す足がかりとなることが期待できる。

# ETC2.0 プローブの効率的処理に関する研究

Research on efficient processing of ETC2.0 probe data

(研究期間 平成 30～令和 2 年度)

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

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

池田 裕二  
IKEDA Yuji  
小木曾 俊夫  
OGISO Toshio  
今村 知人  
IMAMURA Tomohito  
大竹 岳  
OTAKE Gaku

In this research, NILIM will study techniques for efficiently processing ETC 2.0 probe data, and will also consider mechanisms for distributing ETC 2.0 probe data to the outside. This year, NILIM investigated the need for ETC 2.0 probe data delivery.

## [研究目的及び経緯]

高速道路・直轄国道に ITS スポット・経路情報収集装置が整備され、各車両に設置した ETC2.0 車載器から走行履歴や挙動履歴等のプローブ情報（以下、「ETC2.0 データ」）の収集が行われている。この ETC2.0 データについては、従来より道路交通分析等に活用されてきたが、データ公開の要望が近年大きくなってきている。

国土技術政策総合研究所では、それらの要望を踏まえ、ETC2.0 データの利活用促進を目的として、国が収集した ETC2.0 データを配信するサービスについて、プライバシー保護やセキュリティ確保を考慮しつつ、配信サービスの具体的な内容の検討等を行っている。この配信サービス内容の具体化にあたっては、ETC2.0 データを幅広く活用して貰うことを想定し、観光、エネルギーや防災等の様々な分野における活用ニーズを把握する必要がある。

平成 30 年度は、ETC2.0 データの民間活用に関するニーズを調査するため、プローブ等の民間提供サービスの調査を行うとともに、ETC2.0 を活用した配信サービス案を作成し、活用が見込まれる事業者へのヒアリング調査を実施した。

## [研究内容及び成果]

### (1) プローブ等の民間提供サービスの調査

#### 1) プローブ等の民間提供サービス事例の調査

プローブ等の民間が保有するデータについて、統計処理等によって個人を特定出来ない形で提供しているサービスの調査を行った。提供サービスの調査にあたっては、提供会社の業種等の項目を設定し、

表-1 に示す調査対象サービスを決定した。

- ①提供会社の業種（自動車、電機、通信、地図等）
- ②収集対象（乗用車、トラック、人等）
- ③データソース（プローブ、ドライブレコーダー、デジタコ、携帯電話等）

なお、提供サービスの調査は、提供データに関する項目や利用条件等を調査項目として設定し、ホームページやカタログによる調査を実施した。

表-1 調査した提供サービス

番号	サービス名（括弧内は会社名）
1	インターナビ（本田技研工業）
2	スマートループ（パイオニア）
3	ビッグデータ交通情報サービス（トヨタコネエティド）
4	カーウイングス（日産）
5	SPATIOWL（富士通）
6	MIMAMORI（いすゞ）
7	UD インフォメーションサービス（UD トラックス）
8	HINO CONNECT（日野自動車）
9	トラプロ（建設技術研究所）
10	商用車プローブデータ（富士通交通・道路データサービス）
11	混雑統計（ゼンリンデータコム）
12	Yahoo!カーナビ（ヤフー）
13	携帯カーナビプローブデータ（ナビタイムジャパン）
14	流動人口データ（Agoop）
15	Google Maps Platform（Google）
16	MapFan API（インクリメント・ピー）
17	交通データ利活用サービス（日立製作所）
18	モバイル空間統計（NTT ドコモ）
19	KDDI IoT クラウド ~データマーケット~（KDDI）
20	LocoMobi2.0（沖電気工業）

## 2) プローブ等の民間データの利活用事例の調査

ETC2.0 データの多様な利用方法を検討するため、民間が保有するデータの利活用事例について、過去5年間（平成26年1月～平成30年12月）で土木計画学研究発表会・講演集等に掲載された論文を調査した。なお、調査結果のとりまとめにあたっては、ETC2.0 データによる実現可能性を考慮するため、各データとの特徴を比較し、整理を行った。今回、調査した論文で主に使用されていた民間データは、モバイル空間統計や富士通交通・道路データサービスであった。ただし、ETC2.0 データで代替可能と考えられる富士通交通・道路データサービスの利活用事例は、主として道路交通分析となっており、観光等の他分野への利活用事例が見られなかった。

### (2) ETC2.0 データを活用したサービスに関する調査

#### 1) ETC2.0 データを活用したサービス案の作成

(1)で調査した民間データの特徴や利活用方法を参考に、ETC2.0 データを活用したサービス案の作成を行った。なお、サービス案の作成にあたっては、使用する ETC2.0 データをプローブ統合サーバより出力される様式データと想定することとした。下記に今回作成した ETC2.0 を活用したサービス案を示す。

#### ①ETC2.0 と貨物車プローブデータの統合による取得データの精度向上

貨物車プローブデータは、多くの貨物車が走行する路線（例えば、重さ・高さ指定道路など）ではデータ取得件数が多いが、乗用車が多く走行する路線（大型車混入率の低い路線など）では、データが取得出来ない時間帯が発生する。そこで、ETC2.0 データと貨物車プローブデータを統合することで、より精度の高い時間帯別速度データが取得可能になると考えられる。



図-1 ETC2.0 と貨物車プローブデータの統合による取得データの精度向上のイメージ

#### ②携帯電話の移動情報と ETC2.0 の統合による自動車経路情報の把握

携帯電話の移動情報は、サンプル数が豊富であるが経路が分からない。そこで、携帯電話の移動情報と ETC2.0 データを組合せることで、精度の高いゾーン間 OD 量（経路付き）を作成できると考えられる。図-3 に携帯電話の移動情報と ETC2.0 の統合による自動車経路情報の把握手法イメージを示す。

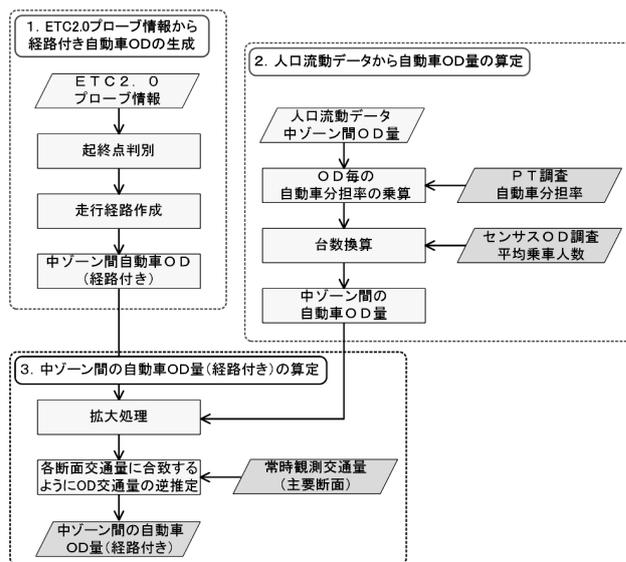


図-2 携帯電話の移動情報と ETC2.0 の統合による自動車経路情報の把握手法イメージ

#### 2) サービス案に関するヒアリング調査

1)で作成したサービス案について、実際に活用が見込まれる事業者（車載型機器で取得したデータを元に配信サービスを行っている企業と携帯電話で取得したデータを利用した配信サービスを行っている企業の2者）に対して、サービス案に求める要件等のヒアリングを行った。ヒアリングにおいては、自社で保有しているデータだけでは不足している郊外等の補完に有用であるとの回答が得られた。

#### [成果の活用]

プローブ等の民間提供サービスの調査を行い、民間が保有するデータの利活用方法を把握するとともに、ETC2.0 による実現可能性を把握することが出来た。また、民間データを活用した配信サービスを行っている事業者に対して、ETC2.0 データに求める要件等を確認することが出来た。上記の整理結果は、ETC2.0 データの配信サービスに関する共同研究で行っている配信サービス内容の検討等に活用される。

# 自動運転サービスの社会実装に関する調査

Study on social installation of automated driving service

(研究期間 平成 29～令和元年度)

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 池田 裕二  
Head IKEDA Yuji  
主任研究官 井坪 慎二  
Senior Researcher ITSUBO Shinji  
研究官 岩里 泰幸  
Researcher IWASATO Yasuyuki  
交流研究員 澤井 聡志  
Guest Research Engineer SAWAI Satoshi

The purpose of this study is to summarize the technological tasks for social installation of automated driving service and to clarify the solution.

## 〔研究目的及び経緯〕

国土交通省では、平成 28 年 12 月より国土交通大臣を本部長とする「国土交通省自動運転戦略本部」を設置し、中山間地域をはじめとする地域の公共交通への活用戦略、インフラ側の対応、車両の技術基準等、物流や自動運転にまつわる重要事項に関する国交省の方針について検討を行っている。その中で、超高齢化等が進む中山間地域において、自動運転車両を活用することにより、人流・物流を確保し地域活性化に繋げることを目的として、「道の駅」等を拠点とした自動運転サービス(図-1)の実証実験を計画し、平成 29 年度は全国 13 箇所の実証実験を実施した。

平成 30 年度は、昨年度に実施した実験箇所のうち 4 箇所ですべて 1～2 ヶ月間の長期実験を行うとともに、新たに 5 箇所ですべて 1 週間程度の短期実験を行った。

国総研は、地方整備局等が有識者や地元自治体等を含めた地域実験協議会（以下、協議会）の委員として参画し、実験実施に向けた技術的支援や、社会実装に向けた検証項目のうち、「道路・交通」「地域環境」「社会受容性」の評価・分析を担っている。

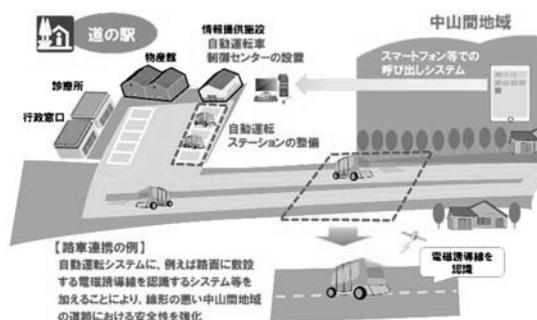


図-1 自動運転サービス実証実験のイメージ

## 〔研究内容と成果〕

### (1) 実証実験での技術的検証の内容

本研究では、自動運転サービスの社会実装に向けた技術的課題を整理し、解決策を検討した。様々な道路交通・地域環境下で行われた実証実験において、自動運転が困難となった状況のデータを取得し、自動運転の支障となる要因と解決策について検討した。また乗車モニター等へのアンケート調査により、自動運転技術への信頼、自動運転への期待等の社会受容性に関する分析を行った。

### (2) 実証実験に使用した車両とデータ取得方法

本実証実験において使用した自動運転車両は、図-2 の 4 車両である。いずれの車両も走行ルート上に障害物等があると、それらを検知して停車等するため、人による手動介入が必要となる。その手動介入が発生した時間や場所等を、運行日報やドライバーへのヒアリング内容、車載ドライブレコーダーや車内カメラの映像等と照合することで、自動運転の継続が困難である状況の把握や要因の推定を行った。

バスタイプ	乗用車タイプ
<b>1 株式会社ディー・エヌ・エー</b> 「車両自律型」技術 GPS、IMUにより自車位置を特定し、規定のルートを走行（点群データを事前取得） 定員：6人（着座） （立席含め10名程度） 速度：10km/h程度 （最大：40km/h）	<b>3 ヤマハ発動機株式会社</b> 「路車連携型」技術 埋設された電磁誘導線からの磁力を感知して、既定ルートを走行 定員：7人 速度：自動時 12km/h程度 手動時 20km/h未満
<b>2 先進モビリティ株式会社</b> 「路車連携型」技術 GPSと磁気マーカ及びジャイロセンサにより自車位置を特定して、既定のルートを走行 定員：20人 速度：35 km/h程度 （最大40 km/h）	<b>4 アイサンテクノロジー株式会社</b> 「車両自律型」技術 事前に作成した高精度3次元地図を用い、LiDAR（光を用いたレーダー）で周囲を検知しながら規定ルートを走行 定員：4人 速度：40km/h程度 （最大50 km/h）

図-2 実験車両

### (3) 道路構造に関する課題と対策の検討

歩道がなく路肩も狭い区間では、歩行者・自転車を車両センサが検知し走行停止する、もしくは円滑な走行のためにドライバーが手動運転により回避する場合（図-3）があった。路上駐車車両も同様に手動運転により回避する場合（図-4）があった。

このような箇所では平成 31 年度の実験に向けて、路上駐車や歩行者の車道の通行を減少させることを目的とした路面表示による走行空間の明示等の対策を実施している。



図-3 歩行者等の検知



図-4 走行ルート上の路上駐車車両の回避

### (4) 一般車両との速度差に関する課題と対策の検討

安全確保の観点から低速で走行することが多い自動運転車と、一般車両との間で速度差が発生し、後続車の滞留や、無理な追い越しが発生する場合があった。

このような箇所では今後の実験において、専用（又は優先）の走行空間の確保や、待避所の設置による後続車追い越し（図-5）などの対策を実施する予定である。また将来的には自動運転車の技術開発により走行速度が向上し、速度差が低減することも期待される。



図-5 待避所での追い越し

### (5) 道路管理に関する課題と対策の検討

沿道の民地等からの植栽や、道路脇への除雪により幅員が狭くなり車両センサが障害物として検知（図-6）して、走行停止や手動運転で回避する場合があった。

このような箇所では地元とも協力し、自動運転を考慮した道路管理レベルの設定や、除雪や積雪時を考慮した走行位置の設定が必要と考えられる。



図-6 積雪による狭小幅員（本来は2車線）

### (6) 社会受容性に関する分析

実証実験において、実験車両に乗車したモニターに対して自動運転車に関するアンケートを実施した。「自動運転技術への信頼度」に関するアンケート結果を図-7に示す。自動運転車両への乗車前と乗車後と比較すると、信頼度が向上していることから、乗車経験が信頼度の向上に寄与する傾向にあることがわかった。

問 自動運転の技術は信頼できると思いますか。

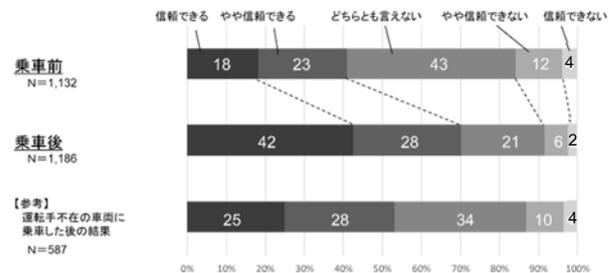


図-7 自動運転技術への信頼度

### [成果と今後の展開]

本研究では、平成 29 年度に実施した実証実験のデータを分析し、道路構造や一般車両との速度差、道路管理など、自動運転サービスの社会実装に向けた技術的課題を整理し、解決策の検討を行った。今後は、対策の試行や長期的に実験を行った平成 30 年度の実証実験のデータを分析し、自動運転車が円滑に走行するための道路空間の確保や地域との連携を含めた道路管理等、中山間地域におけるモビリティを確保するための自動運転の社会実装に向けた検討を進めていきたい。

# 車両搭載センシング技術による道路管理の高度化に関する研究

Research on the road management advancement using Mobile Mapping System

(研究期間 平成 28～30 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 池田 裕二  
Head IKEDA Yuji  
主任研究官 大嶋 一範  
Senior Researcher OSHIMA Kazunori  
研究員 大竹 岳  
Research Engineer OTAKE Gaku  
交流研究員 澤井 聡志  
Guest Research Engineer SAWAI Satoshi

The “Permission system for the use of oversize/overweight vehicles on roads” prescribed by MLIT requires users of vehicles that exceed the prescribed size and weight for a road to obtain approval from the road maintainer in order to use that road. It is believed that using digitized road maintenance drawings in the review process can help expedite and optimize the review process. NILIM studied ways to efficiently produce drawings for road maintenance by mounting sensing equipment on road patrol vehicles.

## [研究目的及び経緯]

国土交通省では、道路管理の高度化および省力化を目的として、近年技術進歩が著しいカメラ画像活用技術やレーザー計測技術等のセンシング技術の活用を目指している。

ITS 研究室では、巡視車両等に容易に装着・搭載が可能なセンシング技術について調査するとともに、道路管理の高度化、省力化を目的として活用する場合の要求性能、既存市販技術等の評価方法等について調査検討を進めている。

平成 30 年度は、地方整備局が調達した車両搭載センシング技術の機器構成及び機能・性能等を調査し、機能要件案の改定についての検討等を行った。

## [研究内容及び成果]

平成 29 年度に作成した「車両搭載センシング装置計測機器等 機能要件(案) Ver.1.1(以下、「機能要件案」という。))」について、各地方整備局が調達した機器等の調査を実施し、機能要件案に規定した各種マニュアルに記載すべき事項の追記やデータ保存方法の追記等の機能要件案の改訂に向けた検討を実施した。

### (1) 地方整備局へのヒアリング調査

各地方整備局が保有する車両搭載センシング機器を網羅的に確認するため、機器メーカーの異なる 3 地整(東北・関東・北陸)を選定し、調査を実施した。

表-1 各地整が所有する車両搭載センシング機器の概要

	東北	関東	北陸
メーカー	(株)パスコ Leica	アイサンテック ノロジー(株) 三菱電機(株)	国際航業(株) (株)D-e tech
型番	Pegasus : Two -ADAS	MMS-AT220	—
機器概形			
	一体型	分離型	一体型

機器を使用した際の課題について、計測から図化までの作業手順毎に課題がないか確認を行った。概ねマニュアルに記載された通り作業できるとの回答が得られたが、装置操作マニュアルの記載手順が機能要件案で示されておらず、各メーカーで記載内容にムラがあった。特に実際に取り付け・計測・取り外しの実績がある 2 地整から詳細な手順を具体化するような意見が見られた。

その他、三次元データ出力や図化作業では、複数のソフトウェアを介した作業であったり、外部サイトから補正用データをダウンロードする必要があるなど、手順が煩雑であったり、専門分野の技術者からすると当然の事項が割愛されている部分があるため、それらを具体的に記載することが必要であることが分かった。

表-2 機器の使用した際の主な課題

観点	留意事項や課題
車両への設置・取り外しの容易性	<p>【東北・北陸】 機器が一体型のため、設置や取り外しが比較的容易であった。</p> <p>【関東】 マニュアルに大きく記載されていない項目はないが、位置調整等の手順を把握していないことから手戻りが生じた例もある。</p>
走行前のキャリブレーションの容易性	<p>【東北・北陸】 電源、ソフトウェア起動、フォルダ作成などの簡単な作業のみで完了する。</p> <p>【関東】 装置を構成する各機器の位置・高さ情報の計測や走行単位のパラメータ入力などの細かい作業が必要となり、時間を要する。ただし作業そのものはマニュアル記載通りのため容易に実施することは可能である。</p>
点群データ作成の容易性	<p>【関東・北陸】 データ作成用の処理ソフトウェアをインストールする際に作業手間が発生する。</p> <p>【東北・北陸】 データ作成にあたって、位置補正用データを外部サイトからダウンロードする必要があるなど、若干の手間があるが容易に作業可能である。</p>

(2) 地方整備局が所有する機器等を用いた調査

各地方整備局が所有する車両搭載センシング機器について、実際に機器を使用することにより、マニュアル等の内容に基づき、取り付けから図化までを滞りなく使用できることを調査する他、(1)で確認できた課題や把握できなかった課題を網羅的に確認した。



図-1 車両搭載センシング機器の取り付け作業  
(左：東北、右：関東)



図-2 計測結果から作成した3次元データ

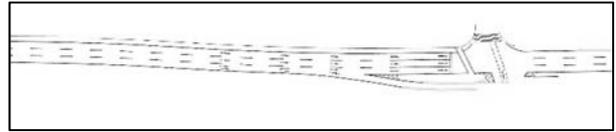


図-3 3次元データを使用した図化データ (図面作成)

表-3 機器使用調査結果

作業内容	主な留意事項
設置	分離型はマニュアルの記載項目は満足しているが若干わかりにくい部分があり、手順をフロー化した方が良い。
取り外し	—
計測	基本的に手順に従い作業可能。
3次元データ作成	自己位置姿勢の算出と3次元データ作成を別ソフトウェアで実施しているものについては、1つのソフトウェアで実施できるものと比べて若干作業に滞りが生じた。
保存・管理	基本的に1つのフォルダで計測データを管理できるので移動等の作業はあるが特に問題はない。
図化・図面作成	地物取得方法・手順が各地整で温度差があり、統一されていない。最低限の記述があれば滞りなく作業に入れる。

(3) 機能要件案の修正案の作成

(1)及び(2)で調査した車両搭載センシング機器等を使用した際の課題及び車両搭載センシング機器等の動向を踏まえ、機能要件案の修正案を作成した。

表-4 修正内容の概要

修正の観点	修正内容
各種マニュアル	地整意見を踏まえて、マニュアル必須記載事項を詳述
データ拡張性を考慮した精度管理に関するデータ保存項目・保存形式	データ利用者の意見を踏まえ、精度管理の必須項目としてGNSS時刻等を追加
図化精度確保のための機器性能	精度確保のために必要な機器性能を公開可能な範囲で記載してもらうよう追加

[成果の活用]

本研究で作成した修正案を元に、「車両搭載センシング装置 計測機器等 機能要件(案) Ver.1.2」を作成し、各地方整備局に発出した。今回発出した機能要件案を用いることで、精度管理を行う上で必要となる点群データの参照が分かりやすくなり、より適切な精度管理を行う事が期待される。

## 道路空間データの整備・活用手法に関する研究

### ～点群データの取得条件と検知可能なポットホールの規模との関係の基礎分析～

Basic analysis of relationship between point cloud data acquisition condition and detectable pothole size  
(研究期間 平成 30～令和元年度)

社会資本マネジメント研究センター  
社会資本情報基盤研究室  
Research Center for Infrastructure Management  
Information Platform Division

室長 関谷 浩孝  
Head SEKIYA Hiroataka  
主任研究官 糸氏 敏郎  
Senior Researcher ITOUJI Toshiro  
研究官 今野 新  
Researcher KONNO Arata  
交流研究員 森田 健司  
Guest Research Engineer MORITA Kenji  
交流研究員 北川 大喜  
Guest Research Engineer KITAGAWA Daiki

The purpose of this research is to analyze relationships between point cloud data acquisition conditions such as equipment performance or traveling conditions and detectable pothole size. The authors dug simulated potholes and acquired experimental point cloud data. And found out some acquisition conditions to detect potholes.

#### [研究目的及び経緯]

国土交通省では、低コストのMMS (Mobile Mapping System) を各地方整備局等に導入し、交差点形状等の点群データを収集することで特車通行許可の自動審査システムの強化を図り、手続きの迅速化に向けた取り組みを進めている。今後は取得した点群データを道路管理に活用することが期待されている。しかし、検知したい事象に対してどのような走行条件等で点群データを取得する必要があるかについては明らかにされていない。このため本研究では、路面損傷の確認のうち、道路管理者の活用ニーズが高い「ポットホール」を基礎分析の対象として、取得条件 (MMS の性能及び走行条件) と検知可能なポットホールの規模との関係を分析した。

#### [研究内容]

##### (1) 点群データの取得条件

###### ① ポットホールの種類

平成 27・28 年に関東地方整備局管内の道路で発生した事例をもとに、14 種類の模擬的なポットホールを試験走路に作成した。ポットホールの大きさは、直径 20cm, 30cm 及び 40cm の円形ならびに短軸 10cm かつ長軸 40cm の楕円形とした。ポットホールの深さも同様に現場の事例を参考に 5cm 及び 10cm とした。ポット

ホールの形状は「円柱状」及び「すり鉢状 (レーザの平均的な入射角である 45° を傾斜角とする。)」の 2 パターン設けた。

表-1 ポットホールの種類 (円形)

円形		深さ			
		5cm		10cm	
		円柱状 	すり鉢状 	円柱状 	すり鉢状 
直径	20cm	○	○	○	○
	30cm	○	○	○	○

###### ② MMS の種類

関東地方整備局が保有する MMS-AT220 (以下、「低密度 MMS」という。) と、比較のために高性能な MMS-X500ZL (以下、「高密度 MMS」という。) を用いた。

###### ③ 走行条件

走行位置は、「a)ポットホールが同一車線にある場合」、「b)隣接車線にある場合」、「c)中央分離帯を挟んで反対車線にある場合」の 3 種類を想定し、道路構造令を基にそれぞれポットホールから 0m, 3.5m, 5.25m 離れた位置とした (図-1)。走行速度は、「Ⅰ.都市部の平均旅行速度」、「Ⅱ.地方部の平均旅行速度」、「Ⅲ.制限速度」を想定し、全国道路・街路交通情勢調査を基にそれぞれ 20km/h, 40km/h, 60km/h の 3 種類とした。これらの走行条件の組合せ計 9 種類をそれぞれ 2 回計測した。

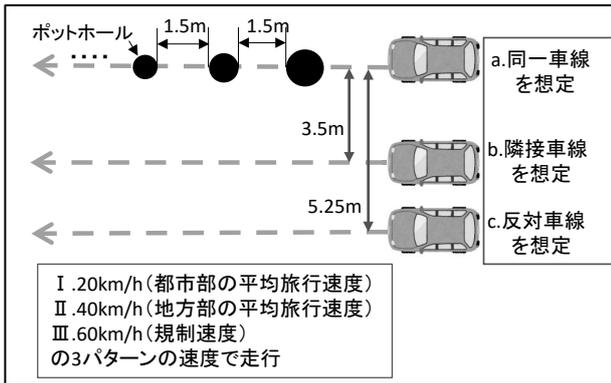


図-1 走行条件イメージ

(2) ポットホールの検知手法

取得した点群データから、ポットホールを検知する手法として、主に RANSAC 法、主成分分析(PCA)、スキャンライン追跡の 3 種類が挙げられる。ポットホールと判断した箇所を記した点群データである「ポットホール検知画像」を用いて、この 3 種類の中から道路管理の現場への適用を考慮し、本研究で用いる最適なポットホールの検知手法を決定した。なお、植栽部分等、分析が不要な領域については、決定要素から除外した。一例として同一車線を 40km/h で走行して取得した点群データを用いた「ポットホール検知画像」を図-2 に示す。図-2 より、以下のことが明らかになった。

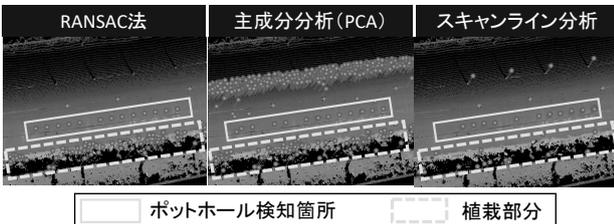


図-2 ポットホール検知画像（同一車線上、40km/h）

- ・ 14 種類のポットホールのうち、正確な位置に検知できたポットホールの個数は、主成分分析 (PCA)、RANSAC 法、スキャンライン分析の順が多い。
- ・ 主成分分析 (PCA) は、ポットホールではない箇所を誤ってポットホールとして判断してしまう箇所が多く存在する。
- ・ 他の取得条件の場合でも同様の傾向であった。

以上より本研究の分析には、正確な位置に検知できた個数がスキャンライン分析よりも多く、誤って判断してしまう場合が主成分分析 (PCA) よりも少ない RANSAC 法を用いることとした。

[研究成果]

14 種類のポットホールのうち、本稿は、すり鉢形状の直径 20cm、深さは 5cm の結果を述べる。2 種類の MMS（低密度 MMS、高密度 MMS）を用いて走行条件を変えた場合に、このポットホールが検知可能か分析した。

今回は、2 種類の MMS 共に走行条件毎に 2 回取得したため、2 回検知した場合に「○」、1 回のみ検知した場合に「△」、1 回も検知しない場合に「×」とした。

この結果、表-2 と表-3 を比較することで、次のことを明らかにした。

表-2 低密度 MMS の検知結果

低密度MMS		走行位置		
		同一車線 (0m)	隣接車線 (3.5m)	反対車線 (5.25m)
走行速度	20km/h	○	△	×
	40km/h	○	×	×
	60km/h	△	×	×

表-3 高密度 MMS の検知結果

高密度MMS		走行位置		
		同一車線 (0m)	隣接車線 (3.5m)	反対車線 (5.25m)
走行速度	20km/h	○	○	×
	40km/h	○	○	×
	60km/h	○	×	×

- (i) 同一車線上のポットホールを確実に検知するには、40km/h で走行する必要がある。
- (ii) 隣接車線上のポットホールについては、低速 20km/h で走行すると検知する可能性がある。ただし高密度 MMS を用いると、40km/h で走行しても確実に検知可能。
- (iii) 反対車線上のポットホールは、20km/h で走行した場合でも検知できない。

[成果の活用]

実環境での検証や、法面の変状などポットホール以外の事象においても走行条件と検知可能な規模との関係を明らかにし、地方整備局が道路管理に活用する際の条件を明らかにする予定である。

# 道路基盤地図情報を活用した道路管理支援システムの高機能化に向けた研究

## ～道路案内標識の連続性・整合性の確認プログラムの構築及び試行～

Construction and trial of check program of continuity and coordination of road information signs

(研究期間 平成 30～令和 2 年度)

社会資本マネジメント研究センター  
社会資本情報基盤研究室  
Research Center for Infrastructure Management  
Information Platform Division

室長	関谷 浩孝
Head	SEKIYA Hiroataka
主任研究官	糸氏 敏郎
Senior Researcher	ITOUJI Toshiro
研究官	今野 新
Researcher	KONNO Arata
交流研究員	森田 健司
Guest Research Engineer	MORITA Kenji
交流研究員	北川 大喜
Guest Research Engineer	KITAGAWA Daiki

The purpose of this research is to construct a check program of continuity and coordination of road information signs. The authors used the 108 series road information sign data in Nagasaki prefecture, and tried whether it was possible to confirm continuity and coordination. And it was possible to check road information signs that are likely to be discontinuous or incoordination.

### [研究目的及び経緯]

「地下埋設物を含む公益占用物件」及び「道路案内標識」については、社会資本整備審議会における答申等を踏まえ、管理に必要な諸元などの各種の情報を収集・整理し共有する仕組みの構築が求められている。

国土技術政策総合研究所では本答申等を受け、これらのデータを収集するための仕組みを構築し、収集したデータを一元的に管理して地図上で共有できる環境を整えることを目指している。

これらのデータのうち、道路案内標識については、整備主体がそれぞれの目的のために設置していることから、連続性や整合性が確保されていない事例が指摘されている。このため、適切な管理のためには連続性や整合性をチェックするプログラムが必要とされており、本研究で構築及び試行を実施したので報告する。

### [研究内容]

道路案内標識の連続性・整合性等を確認するため、以下の(i)～(ii)の手順でチェックプログラムを作成することとした。

- (i)各標識に表示された全ての方面案内地名(「長崎」など)に対応する目標地(長崎市役所など主要地点)を決定し、各標識(起点)と目標地(終点)のペアを作成。

- (ii)作成した起終点間の経路探索を行い、経路上に設置された各標識の連続性を確認し、連続性が欠けている箇所を抽出する。

### (1) 標識データについて

対象とする道路案内標識は、方面及び方向を案内する「108系標識」を対象とし、データが入手可能な長崎県内における国道同士の交差点に存在する156件の道路案内標識のデータを用いた。

そのデータを用いて、交差点の緯度経度を DRM (デジタル道路地図) データにマッチングし、交差点への進入リンクを特定し、交差点からの退出リンクと標識の案内地名との対応付けを行った(図-1)。

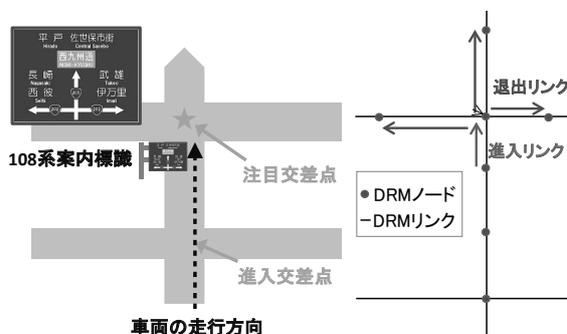


図-1 用いた道路案内標識データの例

## (2) 目標地リストの作成

案内地名の連続性を確認する際の経路探索に用いる目標地名は、以下の方針に基づき選定を行った。

- ・主要幹線道路／幹線道路の主たる案内地名である「重要地（基準地を含む）」「主要地」とする（長崎県だけでなく、他県も対象とする）。
- ・一般地は原則対象外とするが、案内標識の地名として5回以上出現するものは対象とする。
- ・目的地の特定が困難な案内地名は除外する（フェリー経由、〇〇道路、〇〇バイパス等）。

## (3) 連続性・整合性をチェックするプログラムの作成

### 1) プログラムの内容

以下の手順で連続性・整合性をチェックするプログラムを構築することとした。

- ① 目標地をリストから順に選択。
- ② 選択した地名を含む案内標識をデータから抽出。
- ③ 抽出した案内標識の中で、目標地からの直線距離が一番遠い案内標識から順に経路探索を実施。
- ④ 案内標識が存在する交差点の「DRM ノード番号」を出発地とし、目的地までの最短経路を探索。
- ⑤ 経路（DRM リンク）を順番に辿る。選択した地名を含む案内標識が求めた経路と異なる方向を示している場合、その方向の流出リンクを経由地とし、経由地から目的地までの最短経路を再度探索。
- ⑥ 目標地に辿り着くまで繰り返す（目標地に到達できなかった案内標識は到達エラーとして区別）。

### 2) プログラム設計

プログラムの作成にあたり、将来的には広範囲で大量の道路案内標識データを対象にすることが想定されるため、処理時間が大きい経路探索及びチェックを行うプログラムと結果を表示するプログラムとを分離する構成とし、処理時間の短縮を図ることとした（図-2）。

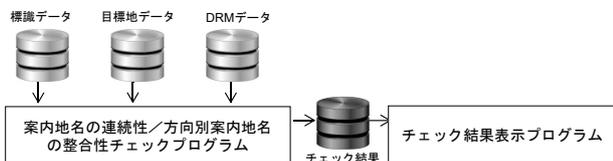


図-2 プログラムの構成イメージ

### 3) プログラムの作成及び試行

案内地名の連続性・整合性をチェックするプログラムを作成し、試行を行った。チェックプログラム画面及び案内地名の連続性確認の結果（不連続な場合）を図-3及び図-4に示す。

また、連続性の他にも、方向別案内地名の整合性や英語表記の整合性についてもチェックプログラムを作成し、試行を行った。



図-3 チェックプログラム画面



図-4 案内地名の連続性確認の結果（不連続な場合）

## 【研究成果】

本研究では、長崎県内の108系道路案内標識データを基に、チェックプログラムを作成し、連続性・整合性の確認が可能であるか試行を行った。

その結果、不連続・不整合等の可能性が高い道路案内標識を抽出することができた。しかし、航路を含めた経路探索や、「〇〇道路」等の目標地を特定しにくい案内地名に対する連続性の確認方法等、チェックプログラムを改良し、様々な事例に対応することの必要性が明らかになった。

## 【成果の活用】

道路案内標識は、整備主体がそれぞれの目的のために設置していることから、適正化のためには関係者（国、地方公共団体、高速道路会社、民間（カーナビゲーションソフト開発会社等））が連携したデータベースの構築が必要になる。

本研究の成果は、そのような官民連携による標識データベース構築のために不可欠なツールとして活用される。

# 次世代の協調 ITS システム開発に関する研究

## Research on system development of next-generation C-ITS

(研究期間 平成 28～30 年度)

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

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

池田 裕二  
IKEDA Yuji  
大嶋 一範  
OSHIMA Kazunori  
今村 知人  
IMAMURA Tomohito  
榊 真  
SAKAKI Shin

The purpose of this study is to investigate and examine cooperative ITS, which realizes various ITS service applications vehicles and infrastructure in common platform.

### [研究目的及び経緯]

国土技術政策総合研究所（以下、「国総研」という。）では、欧米政府機関においても実証実験や国際標準化が進められている協調 ITS の実現すべきサービスの技術的な検討を行っており、これまで民間と連携して協調 ITS 分野の研究・開発を推進してきたところである。

本研究は、車両から確認できない前方の道路状況の情報提供（先読み情報提供サービス）や、合流部における本線の交通状況の情報提供（合流支援サービス）など、安全で円滑な運転を支援する協調 ITS サービスの実現に向けた、システム構成、情報収集・提供フォーマットの検討を行うものである。

平成 29 年度は、事故や落下物等の路上障害等の先読み情報の生成にあたり、高速で走行する車両の位置を車線別に正確に収集する必要があることから、国総研試験走路にて走行実験による測位精度について検証を行った。

### [研究内容及び成果]

#### (1) 高精度測位技術を用いた走行実験計画、走行実験および測位精度検証

##### 1) 実験概要

現在の、測位精度を向上させる技術として代表的な、RTK-GPS および準天頂衛星を用いて、国総研試験走路にて複数の速度域による走行実験を行い、進行方向お

よび進行方向に対して垂直方向（横方向）の誤差を測定し、測位精度について検証を行った。

##### 2) 走行実験計画

走行実験に用いる車両（図-1）は、各種測位機器と国総研試験走路の既設磁気マーカを検知するための磁気センサを搭載し、車両の速度を 10km/h、20km/h、40km/h、60km/h、80km/h に設定し、検証に必要なデータが取れるように計画した。また磁気マーカによる測位を基準値とするため、事前に敷設位置の正確な緯度経度の測量を行った。



図-1 走行実験車両

##### 3) 測位精度検証

国総研試験走路にて測位精度検証を行うための走行

※本報告は平成 29 年度から平成 30 年度へと継続して実施した研究の成果を平成 30 年度研究成果としてまとめたものである。

実験を実施し、磁気システムより出力された座標値 (X,Y) を基準として、RTK-GPS・準天頂衛星で出力された座標値との間の2点間距離(誤差)を各走行パターンで算出した。また、これらの誤差が進行方向で発生しているのか、または、進行方向に対して垂直方向(横方向)で発生しているかを確認するため、それぞれ分解して検証・比較した。なお、進行方向の誤差については前方、後方の区別はせず、あくまで磁気システムの座標値との間の2点間距離とした。図-2に80km/hの速度における誤差の全分布状況を示す。

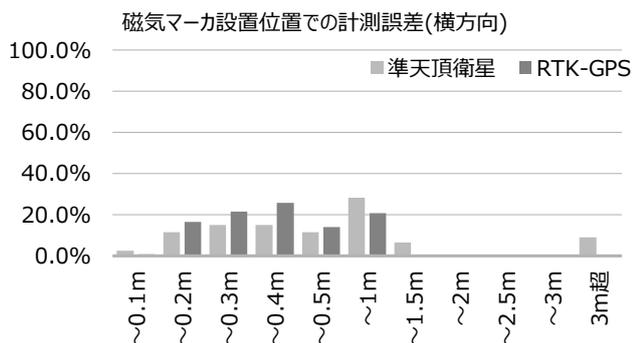
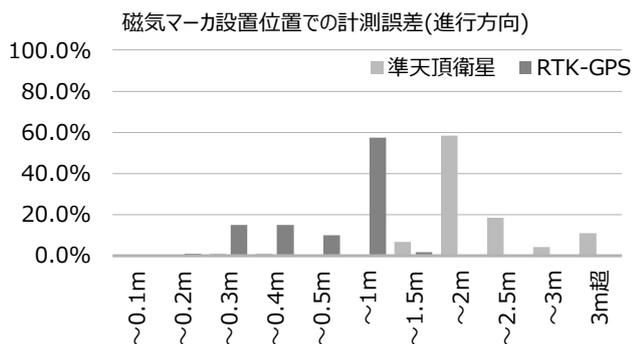


図-2 誤差の発生頻度分布(上:進行方向, 下:横方向)  
(車両の速度: 80km/h 時の誤差の全分布状況)

検証の結果、進行方向については、いずれの速度においても RTK-GPS の方が誤差は小さい傾向にあることを確認した。横方向については、準天頂衛星の誤差に多少ばらつきがみられるが、RTK-GPS とともに 1.5m 以内に分布していることを確認した。

さらに、衛星取得状況に着目し、走行実験において精度の良い結果が得られた RTK-GPS を活用して、測位状況と誤差の関係について、速度別の誤差の発生状況やばらつき等についても確認した(図-3, 4)。

その結果、測位状況が通常時とそれ以外に係らず、走行速度が高くなるに連れて、若干ではあるものの誤差は大きくなり、かつ、それぞれのバラつき(誤差の幅)も大きくなる傾向が確認された。

一方で、誤差は最大でも横方向で 0.7m 程度であり、高速道路に限って言えば 1 車線あたりの車道幅員が 3.5m 程度であることから、車線レベルでの判定および車線内の位置(左側/中心付近/右側)の判定には概ね利用することができると考えられる。

また、進行方向の誤差は最大 1.3m 程度であり、情報提供をもとにした行動にあたっては、1.0m 等のレベルでなく、より手前で回避を判断、車線変更するものと想定されることから、進行方向の誤差も許容範囲内(サービスへの適用は可能)であると考えられる。

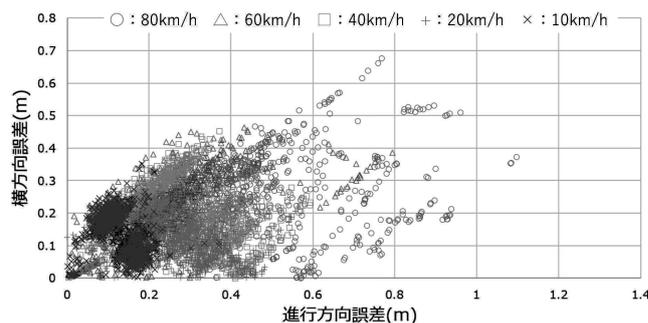


図-3 通常時の誤差の発生分布

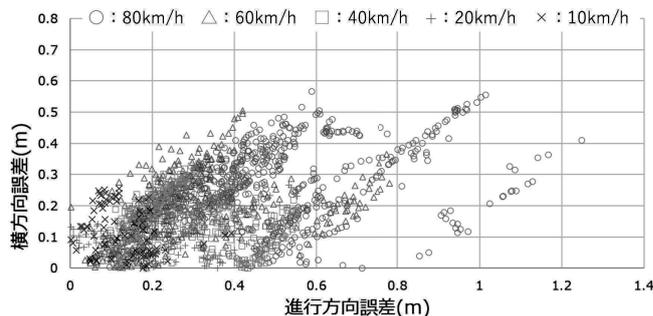


図-4 衛星測位状況が良くない時の誤差の発生分布

#### [成果の活用]

本研究では、事故や落下物等の路上障害等の先読み情報の生成をふまえ、車両の走行位置を車線別に正確に収集できるかを確認するため、国総研試験走路にて走行実験による測位精度について検証を行った。

検証の結果、RTK-GPS を用いることにより、高速走行時においても車線位置把握が可能な程度の位置特定精度が得られることが分かった。準天頂衛星については、現在の4機から今後7機体制になることから、より高精度な位置計測も可能になると考えられる。

これらの技術を活用することにより、走行する車両が道路上の障害物を発見し、正確な位置情報とともに通報するシステム等の実現が可能となり、路上障害物等の先読み情報提供や自動運転車の実現に寄与すると期待できる。

# ETC2.0 を活用した車両運行管理の高度化に関する研究

Research on the advancement of vehicle operation management using ETC2.0 probe data

(研究期間 平成 29~30 年度)

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

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

池田 裕二  
IKEDA Yuji  
大嶋 一範  
OSHIMA Kazunori  
今村 知人  
IMAMURA Tomohito  
牧 佑奈  
MAKI Yuna

The purpose of this research is to understand characteristics of ETC2.0 probe data and consider how to utilize it for more efficient road traffic management. The authors confirmed the change of ETC2.0 probe data, and analyzed the representativeness of the ETC2.0 probe data for traffic flow analysis. Also, the authors summarized frequently asked questions about the ETC 2.0 probe data, which can be referred to by the relevant organizations.

## [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本線および直轄国道上の 3,000 箇所以上に ITS スポット（路車間通信用の無線アンテナ）等の ETC2.0 路側機（以下、『路側機』）を設置している。路側機は、ETC2.0 車載器を搭載した車両のプロブ情報（走行履歴等）を収集し、関東地方整備局が管理する統合サーバーに送信している。

プロブ情報は、個人情報保護に配慮し、車両 ID が消され、個車が特定されない情報となっているが、車両の所有者の了解のもと、個別の車両を特定したプロブ情報（特定プロブ情報）も収集しており、これを利用し、個々の車両の挙動や移動状況を把握・管理することができる。

国土技術政策総合研究所では、過去の研究において、ETC2.0 を活用した車両運行管理の高度化に向けて、既存の ETC2.0 システムを活用し、物流車両の車両位置等の特定プロブ情報を収集し、車両の動態管理に活用できる情報を低コストで物流事業者へ提供できる物流支援システムを構築した（図-1）。

本研究では、物流支援システムを活用して、物流車両の動態管理に活用できる情報を低コストで物流事業者へ提供できるサービスを行う社会実験を実施し、物流の効率化等の効果について検証をおこなったものである。

## [研究内容及び成果]

(1) ETC2.0 車両運行管理支援サービスの社会実験

### 1) システムの概要

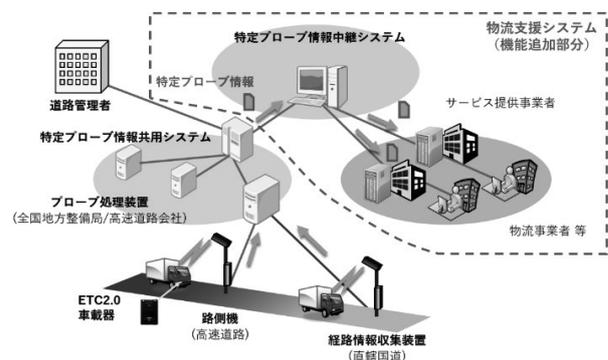


図-1 物流支援システムの仕組み

物流支援システムは、特定プロブ情報中継システムによって抽出、送信された、対象となる個別の車両を特定できる特定プロブ情報をもとに、物流事業者に対して車両の移動の状況や急制動の発生状況等の情報を提供するものである。物流事業者は受け取った特定プロブ情報をパソコンに表示するなど使いやすい形に加工し、物流車両の効率的な運行経路の選択や急制動運転の防止に役立てることが期待される。

※本報告は平成 29 年度から平成 30 年度へと継続して実施した研究の成果を平成 30 年度研究成果としてまとめたものである。

## 2) 社会実験の概要

物流支援システムが物流の効率化にどのように活用できるのかを評価するため、平成 28 年 2 月から平成 30 年 8 月まで「ETC2.0 車両運行管理支援サービス」の社会実験を行った（参加者：サービス提供事業者と物流事業者を一組として、計 20 組）。実験は、参加者が表-1 に示す各サービスを利用し、自らの物流事業の効果に関する評価を行った。国総研は物流事業者の評価を基に ETC2.0 車両運行管理支援サービスの効果を検証した。

サービス名	内容
A. 車両の位置把握	路側機通過時に地図上に位置を表示
B. 到着時刻予測	A に渋滞情報等を踏まえて到着時刻を予測
C. 経路把握 (運行計画改善)	蓄積した走行履歴を車両毎に OD として整理
D. 日報作成	日報作成の一部自動化を実施
E. 安全運転啓発 (ヒヤリハット)	急ブレーキ箇所等の挙動履歴を提供し、運転指導に活用

表-1 サービス項目



図-2 車両の位置把握の例

## 3) 社会実験の評価

### i) 実験参加者によるサービス評価

各サービスに対する実験参加者の主なアンケート結果を以下に示す。

#### a) 車両の位置把握

〈運行管理者〉

- ・高速道路上の走行は、概ね現在位置や運行経路を確

認することができた。

〈ドライバー〉

- ・移動中の電話による問い合わせ対応のための一旦停止が不要となり、安全性が向上した。

#### b) 安全運転啓発（ヒヤリハット）

〈運行管理者〉

- ・運転特性を数値的に把握し提示することで、具体的な安全指導ができた。

〈ドライバー〉

- ・急減速箇所が地図上で見えるサービスは、記憶に残りやすい。
- ・自身の運転特性がわかったため、安全運転への意識が向上した。

### ii) ETC2.0 車両運行管理支援サービスの評価

ETC2.0 車両運行管理支援サービスを用いた車両走行履歴や急ブレーキ情報を得ることによる価値は、大きく以下の2つであることがわかった。

- ・準リアルタイムの車両位置把握による物流の効率化
  - ・データ蓄積による配送企画の改善及び安全運転支援
- 一方で、ETC2.0 車両運行管理支援サービスに対する課題が浮かび上がってきた。特に大きな課題は以下の2つである。

- ・走行履歴の欠測の発生

ETC2.0 車載器で走行履歴が蓄積可能な容量は概ね 80km であり、長距離にわたり路側機がない道路を走行すると走行履歴が欠測する可能性がある。今回の評価では、都市間輸送等の車両は高速道路や直轄国道を通ることが多いため走行履歴等の欠測は殆ど発生しないが、都市内輸送等の車両については、履歴の欠測が発生する可能性があるということが明らかとなった。

- ・走行履歴の収集遅延の発生

また路側機を通過するまで、プローブ情報は車載器の中に蓄積されたままであり、物流事業者は走行履歴を確認することができない。そのため、車両が長期間路側機を通過しない場合は、走行履歴確認の遅延が発生することが明らかとなった。

### [成果の活用]

本研究では、ETC2.0 のシステムを活用した物流支援システムを構築し、社会実験を通じて物流事業の効率化について検証をおこなった。

今後は、物流拠点に拠点用路側機を設置することで、現状の走行履歴の欠測や収集遅延の改善のための検証を行い、車両運行管理サービスの向上を図る。

# 大型車の通行適正化に関する調査

Research on proper road use by heavy vehicles

(研究期間 平成 28～30 年度)

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

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

池田 裕二  
IKEDA Yuji  
大嶋 一範  
OSHIMA Kazunori  
大竹 岳  
OTAKE Gaku  
榊 真  
SAKAKI Shin

The purpose of this study is to investigate weight measurement technologies for proper road use by heavy vehicles, which is considered to have a significant impact on the life span of road infrastructure.

## 〔研究目的及び経緯〕

国土交通省では、道路を賢く使う取り組みの1つとして、ITを活用した賢い物流管理を推進しており、平成28年1月25日より、ETC2.0装着車への特車通行許可を簡素化する特車ゴールド制度を開始している。高度道路交通システム研究室では、特車ゴールドの実施にともない、実際のETC2.0装着車から得られる走行履歴等のデータを用いて、特車ゴールドにおける特殊車両通行モニタリング状況の確認等に取り組んでいる。

平成29年度は、現地取締時の大型車の行動分析、効果的な取締方策案の作成および効率的な現地取締方法事例の整理を行った。

## 〔研究内容及び成果〕

### (1) 現地取締時の大型車の行動分析及び効果的な取締方策案の整理

平成29年度の直轄国道における現地取締時等のデータを用いて、大型車の行動分析を行った。

迂回行動等の分析を行うにあたり、現地取締時に特車による迂回行動（待機行動や連行を含む）が異なると想定される環境要因を分類化した。表-1に分類したうち、現地取締場所の204箇所が存在したパターンは25パターンであった。セル内の数字がパターン毎の箇所数を示している。そして、表-1に分類した中から代表箇所として21箇所を抽出し、ETC2.0プローブデータ及びWIMデータを用いて、大型車の行動特性を分析した。

表-1 特車取締基地の分類集計結果

		待機場所の有無による比較					
		待機場所無し	待機場所の位置による比較				
			近い(10km以内)	中位(20km以内)			
		駐車場	路肩	駐車場	路肩		
迂回路の有無による比較	迂回路なし	2	5	1	1		
	迂回のしやすさによる比較	一般道	7	90	18	9	3
		軽い負担で迂回可能(経路増10km程度以内)		9	1	2	1
		30分程度の時間増で迂回可能(経路増20km程度以内)		2			
	高速道	1時間程度の時間増で迂回可能(経路増30km程度以内)					
		軽い負担で迂回可能(経路増10km程度以内)		17	2	2	
		一般道での迂回が30分増(経路増20km程度以内)		5			
		一般道での迂回が1時間増(経路増30km程度以内)		2	1		
	一般道路迂回路なし		1	4	1	1	
	迂回路が多数		17				

### 1) ETC2.0 プローブデータによる大型車行動特性調査

選定箇所における大型車の平常時の交通と特車取締時の交通の変化を整理した。整理した結果は、以下の通りである。

迂回路への回避行動については、一般道路への迂回距離が短く容易に迂回が可能な取締基地及び迂回路が多数ある取締基地において、取締時には大型車の交通が減少する傾向が確認できた。

なお、今回の分析にあたっては、一般道路におけるETC2.0車載器の搭載率が低いと想定されたため、交通量が比較的多い取締基地を選定したが、結果的にプローブデータの取得台数が少なかった。特殊車両の交通量は総交通量との相関もあるが物流関係施設の立地など地域性が大きいと考えられる。

※本報告は平成29年度から平成30年度へと継続して実施した研究の成果を平成30年度研究成果としてまとめたものである。

## 2) 自動重量計測装置で計測したデータによる大型車行動特性調査

表-1 で選定した 21 箇所の中から、自動重量計測装置（以下、「WIM」という。）が取締基地の道路上流に近接して設置されている 7 箇所に着目し、WIM で計測した重量データによる大型車行動特性の分析を行った。

まず、取締実施日に特殊車両の交通量が激減するような行動特性があるかを確認するために、取締実施月の 1 ヶ月分について 1 日当たりの全交通台数、違反台数の変化を整理した。その後、取締が始まると特殊車両の通行量が減るような行動特性があるかを確認するために、取締日と平常日の通行台数を 30 分毎にデータ整理し、平常日の取締時間帯の通行台数と取締日の取締時間帯の通行台数について比較した。さらに、取締時間と同じ時間幅で、取締時間前・取締中・取締時間終了後における通行台数を比較した。

分析結果を表-2 に示す。No.3 及び No.4 においては、取締が始まると特殊車両の通行台数が減少し、取締が終了すると通行台数が増加する現象（迂回行動と考えられる現象）を確認した。

表-2 WIM データによる大型車の行動分析結果

No	平常日と取締日の比較		取締日の取締時間前後比較			通行データ確認結果
	取締時間帯 通行台数 【平常日】	取締時間帯 通行台数 【取締日】	取締直前 通行台数	取締中 通行台数 (基準)	取締直後 通行台数	
1	87台	88台	全通行台数	125	88	75
			基準からの増減率	142.0%	100.0%	85.2%
			傾向	減少のみ		
			違反車通行台数	38	31	25
2	62台	78台	全通行台数	75	78	63
			基準からの増減率	96.2%	100.0%	80.8%
			傾向	減少なし		
			違反車通行台数	11	7	11
3	110台	44台	全通行台数	98	44	69
			基準からの増減率	222.7%	100.0%	156.8%
			傾向	減少傾向		
			違反車通行台数	14	4	10
4	409台	125台	全通行台数	327	125	191
			基準からの増減率	261.6%	100.0%	152.8%
			傾向	減少傾向		
			違反車通行台数	27	10	14
5	137台	139台	全通行台数	101	139	110
			基準からの増減率	72.7%	100.0%	79.1%
			傾向	減少なし		
			違反車通行台数	27	29	29
6	300台	297台	全通行台数	245	297	360
			基準からの増減率	82.5%	100.0%	121.2%
			傾向	減少なし		
			違反車通行台数	19	13	14
7	21台	26台	全通行台数	5	26	43
			基準からの増減率	19.2%	100.0%	165.4%
			傾向	減少なし		
			違反車通行台数	0	5	6

## (2) 効率的な現地取締方法事例の整理

現状の特殊車両の現地取締方法について、関東地整管内にある 3 つの国道事務所へヒアリングを実施するとともに、現地取締状況の調査を行った。そして、ヒアリング及び調査結果を参考に、効率的な取締方法を抜粋して取りまとめ、各事務所での取締の参考となるよう「効率的な事例」を整理した。整理結果の一例を図-1 及び図-2 に示す。

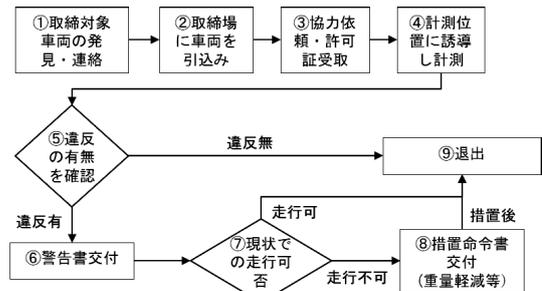


図-1 特殊車両の現地取締の手順フロー

表-3 現地取締における役割分担

役割	作業内容	対応する手順	担当者数	配置担当例
1 総括責任者	全体管理 処分の判断	-	1人	職員
2 発見係	取締対象車両を発見し、引込係の他関係者に無線連絡する。	①	1~2人	委託
3 引込係	発見係からの無線連絡を受け、所轄署の警察官に取締対象車両を伝える	②	2人	委託警察
4 運転手対応係	運転手と直接対応する係で、基本的に同一職員が引込から退出まで一貫して対応する。	③~⑧	1~2人	職員
5 計測係	車両の寸法及び重量を計測、記録し取締責任者に伝える。移動式重量計の場合人数が多い。	④	3~4人	委託
6 撮影係	取締対象車両を写真撮影し記録する。 計測係を兼ねる場合がある	④	1人	委託
7 許可証検索係	「通行許可証検索システム」を用いて、許可の有無を確認する。	⑤	1人	委託
8 警告書作成係	違反の内容を記載した警告書を2部作成する。	⑥~⑧	1~2人	職員
9 退出係	手続きが完了した車両を、取締場から道路に退出させる。	⑨	2人	委託警察

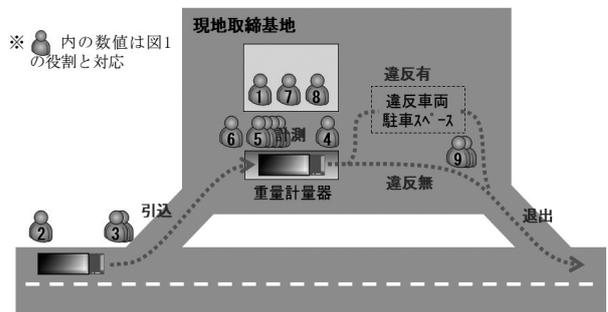


図-2 現地取締における役割分担の配置例

### 【成果の活用】

迂回行動等を考慮した現地取締方策の検討に活用されるとともに、効率的な現地取締方法の事例を各国道事務所で共有することで、現地取締の効率的な実施が期待される。

領域4：コスト構造を改革し、  
道路資産を効率的に形成する（つくる）

# 部分係数設計法の適用性向上に関する調査検討

Study on the enhancement of partial factor design for road bridges

(研究期間 平成 29～令和 2 年度)

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

主任研究官 猪狩 名人  
Senior Researcher IGARI Meito  
交流研究員 横田 剛  
Guest Research Engineer Yokota Go

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  
岡田 太賀雄  
OKADA Takao  
高橋 慶  
Takahashi Kei  
高山 文郷  
TAKAYAMA Fumisato

The performance of whole bridge system is usually evaluated as per individual parts, because there are no standards to evaluate the system reliability considering the evolution of plasticity at parts. This study seeks a standard design method to evaluate the bridge performance as a system including loads and load combinations as well as the limit states of structural members.

## 〔研究目的及び経緯〕

H29.7 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。橋の限界状態を部材の限界状態で代表させ、部材単位で照査するという設計体系となった。部材毎の照査に用いる制限値には部分係数を考慮することとされ、限界状態の評価に関わる統計的な信頼性を考慮する部分係数のみならず、ぜい性的であるかどうかなど部材の非弾性挙動の違いを考慮する部分係数も導入された。一方で、部材の損傷や破壊が橋全体に与える影響も加味し、橋全体での性能を直接評価する方法は未だ確立していない。橋全体での性能を直接評価できれば、部材単位の設計を合理化しつつも、橋全体として粘り強い形式を創出したり、既設橋梁の性能をよりの確に評価できると考えられる。

橋全体の破壊過程を調べている既往の研究事例では、活荷重を想定した鉛直荷重、または、地震の影響を想定した水平荷重など、一つの種類の荷重を漸増させたときの挙動に基づき、様々な考察がされていることが殆どである。しかし、実際の橋は、複数の荷重の同時載荷状況に置かれる。そこで、平成 30 年度は、橋全体の耐荷性能を評価するにあたって、鉛直荷重と水平荷重を組み合わせた荷重漸増解析を行った。

## 〔研究内容及び研究成果〕

### 1. 荷重漸増解析

図-1 に試算対象とした鋼アーチ橋（ニールセンローゼ橋、支間長 123m）を示す。主部材の形式の違いに

よる橋全体の耐荷力の差を確認するために、補剛桁を箱桁形式とした場合と鉸桁形式とした場合を対象とする。なお、諸元の設定にあたって、いずれの橋梁もレベル 2 地震動に対する設計までは行っていないが、その他の項目については道路橋示方書を満足するように設計している。

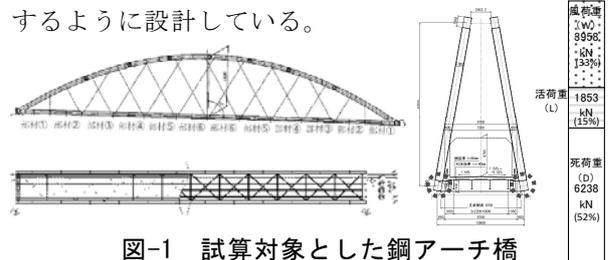


図-1 試算対象とした鋼アーチ橋

先に記述したとおり、全体の破壊挙動を検討する方法は基準には規定されていないが、既往の研究では、鉛直荷重の漸増載荷、又は、水平荷重の漸増載荷を行い、各部材の損傷の進展に伴う全体の挙動の変化を考察することが多い。しかし、実際の橋は複数の荷重の同時載荷を受けるので、橋の性能の検討方法を高度化するためには、鉛直荷重だけではなく、組み合わせ荷重に対しても橋全体の挙動を制御できるのがよいと仮定し、その必要性について検討することにした。

まず、荷重の同時載荷状況に関するモンテカルロシミュレーションを実施し、各部材の曲げモーメントの 100 年最大値を評価した。結果を図-2 に示す。断面力最大値分布は稀な荷重同時載荷状況として道示設計断面力を上回る規模となった。そこで、本研究では、図-2 の結果を参考に 1.05D を載荷した状態で、

道路橋示方書では考慮していない比率の組み合わせとして  $0.5L+1.50W$  (Dは死荷重、Lは活荷重、Wは風荷重) を基本に、この比率を保ったまま荷重を漸増される荷重漸増解析を実施した。

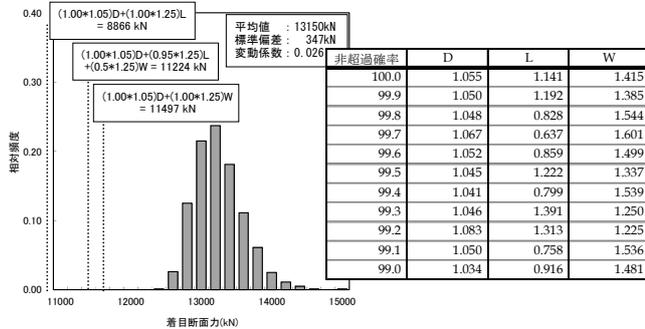


図-2 補剛桁(支間 1/4 点)の断面力最大値分布

## 2. 鉛直荷重と水平荷重の組み合わせの影響

漸増解析は、既往の研究で多く行われるように、各部材の曲げ挙動についてのみ非線形性を考慮して行った。図-3 に示すとおり、U 点(部材が終局を迎える点)を超えた後でも部材強度は低下しないというモデルになっている。図-4 に鉛直荷重のみの場合及び鉛直荷重と水平荷重を組み合わせた場合の鉛直方向変位の漸増解析結果、図-5 に水平荷重のみの場合及び鉛直荷重と水平荷重を組み合わせた場合の橋軸直角方向変位の漸増解析結果を示す。LFy とは部材が降伏したとき(図-4、図-5 の Y 点)の荷重倍率、LFu とは部材が終局を迎えたとき(図-4、図-5 の U 点)の荷重倍率である。

箱形式と鉸桁形式の二つの橋では、鉛直荷重に対しては挙動に大きな差が生じなかったものの、水平荷重に対する挙動の差が大きい。たとえば、水平荷重のみを漸増させたときは、水平方向の剛性が小さい鉸桁形式の方が荷重倍率が小さい値で部材が終局に達している。鉛直荷重と水平荷重を同時に漸増させたときにも、水平荷重のみを漸増させたときと挙動が類似する。したがって、一般的な材料や部材配置の橋であり、かつ、各部材の曲げに対する非線形挙動についてのみ着目した今回の例では、大地震に対する設計を適切に行うことで、設計計算では考慮していない荷重組み合わせに対しても計算上は脆弱な挙動をしない結果になった。しかし、写真-1 に示すように既存の橋の損傷事例からは、床組み等が損傷したのちには、ねじりが厳しい状態におかれるが、図-4、図-5 の解析では各部材の強度が低下するような挙動は考慮できていない。今後の技術の発展を考えると、これまで着目することがあまりなかったねじり挙動についても安全側に考慮できるように、モンテカルロシミュレーションの方法やシミュレーション対象とする橋の諸元の与え方、荷重漸増解析の方法など、検討方法を抜本的に見直す必要がある

と考えられる。

また、図-5 では、鉛直力のみを漸増させたときに比べて、鉛直力の漸増と水平力の漸増を組み合わせることで部材①が終局に達する変位は逆に大きくなっている。この結果からは、逆に、地震の鉛直動も考慮すれば、橋の挙動の特性は異なる可能性がある。

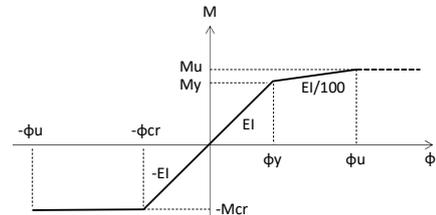
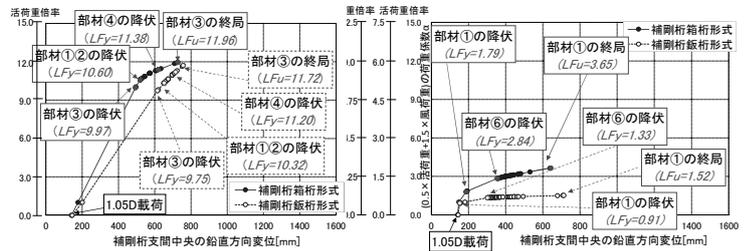


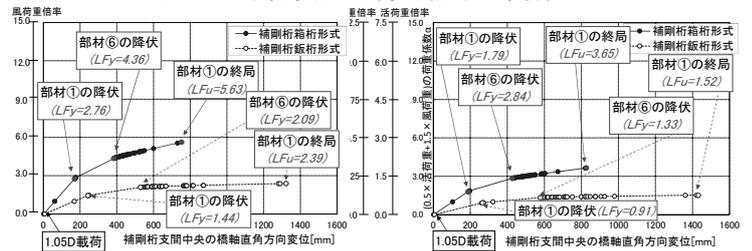
図-3 本検討で考慮した曲げモーメントを受ける部材の骨格曲線



1) 鉛直荷重のみ

2) 鉛直荷重と水平荷重

図-4 鉛直変位と荷重倍率の関係



1) 水平荷重のみ

2) 鉛直荷重と水平荷重

図-5 水平変位と荷重倍率の関係

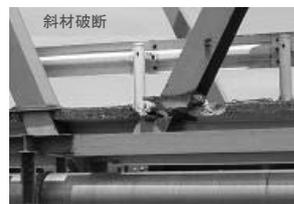


写真-1 橋が厳しいねじれの状況に陥る損傷の例

## 3. まとめ

橋全体系の耐荷力を評価するための荷重組合せやねじり挙動を生じさせる載荷方法や計算モデルの構築等、引き続き、様々な構造形式や分析の観点でシミュレーションを行い、データを蓄積したい。

### 【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予定である。

# 部材連結部の損傷制御及び信頼性に関する調査検討

Study on the damage control reliability of bridge joints and members

(研究期間 平成 27～30 年度)

道路構造物研究部 橋梁研究室

Road Structures Department

Bridge and Structures Division

主任研究官

Senior Researcher

研究官

Researcher

岡田 太賀雄

OKADA Takao

大西 諒

ONISHI Ryo

室長

Head

主任研究官

Senior Researcher

交流研究員

Guest Research Engineer TAKAYAMA Fumisato

白戸 真大

SHIRATO Masahiro

猪狩 名人

IGARI Meito

高山 文郷

In the limit state design (partial factor design), the failure process must be clarified and controlled in a reliable manner. But the failure process of the headed stud shear connectors in composite steel I-girders is not clarified. In this study, with the aim of enabling rational and highly reliable design of joints, we examined the fracture processes for setting the limit state using earlier experimental data.

## [研究目的及び経緯]

鋼とコンクリートの合成構造では、その接合にずれ止めが用いられる。道路橋の技術基準である道路橋示方書では、ずれ止めの方法が頭付きスタッド（以下、スタッドという）の場合の耐力や材質、断面形状及び構造細目等が示されている。道路橋示方書は平成 29 年に改定され、設計体系が許容応力度設計法から限界状態設計法（部分係数設計）へ移行した。許容応力度設計法では、許容応力度を超えていないことが照査されるだけであったが、限界状態設計法（部分係数設計）では、破壊過程が明らかであり、それが複数の限界状態で定義されていること、及びその再現性が明らかであることが照査されるようになった。

本研究では、スタッドを用いた接合部について、合理的で信頼性の高い設計が行えるようにすることを目的とし、破壊過程を明らかにし、限界状態を設定するための検討を行った。

## [研究内容及び成果]

### 1. 実験結果からの限界状態の設定と特性値の抽出

スタッド 1 本あたりの荷重と接合面のずれ量の関係に着目し、既存の試験データ（31 データ）の調査を行い、スタッドの押抜きせん断試験による荷重-ずれ変位の履歴図から、損傷・破壊イベントの整理を行った。損傷・破壊イベントは、履歴図から読み取れる以下の 4 点を設定した。

**限界状態 1:** 履歴図でずれ変位が 0 でなくなる点（12 データ）

**限界状態 2:** スタッドに張り付けられたひずみゲージを

もとにスタッドが降伏したと推測される点（27 データ）

**限界状態 3:** 履歴図を対数グラフ化してずれ変位が急増する点（15 データ）

**限界状態 4:** 荷重の最大を示す点（31 データ）

図-1 に損傷・破壊点となる限界状態の概念を示す。

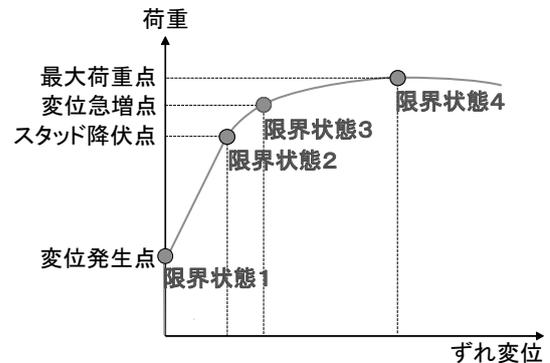


図-1 限界状態（概念）

### 2. 特性値の耐力評価式の整理

設定した 4 点の損傷・破壊イベントに対して、限界状態 1 は鋼とコンクリートの付着耐力の限界、限界状態 2 はスタッドのせん断に対して降伏する限界又はコンクリートの割裂ひび割れが発生する限界、限界状態 3 はスタッドの降伏又はコンクリートの割裂ひび割れ発生後のずれ変位が急増する限界、限界状態 4 はスタッドがせん断により破断又はコンクリートが割裂により破壊する限界と仮定したときに、既往提案式の提案の経緯にもとづいて実験結果を考察し、あてはめてみたのが表-1 である。式 1 及び式 2-①は本研究の試みで新たに設定してみた式である。

表-1 提案した耐荷力評価式

損傷・破壊イベント	提案式
限界状態 1 鋼とコンクリートの接合面の付着切れ	$V_{0ad} = A_{0a} \cdot \tau_{0a} \dots \text{式1}$ ここに、 $V_{0ad}$ : 鋼とコンクリートの付着耐力(N) $A_{0a}$ : 鋼とコンクリートの接触面積(mm <sup>2</sup> ) $\tau_{0a}$ : コンクリートの許容付着応力度(N/mm <sup>2</sup> ) 本研究での検討式
限界状態 2 スタッドの降伏又はコンクリートの割裂ひび割れ発生	スタッドの降伏に対して $V_{ssvd} = A_{ss} \cdot f_{ssvd} = 235 \cdot A_{ss} \dots \text{式2-①}$ ここに、 $V_{ssvd}$ : スタッドの降伏耐力(N) $A_{ss}$ : スタッドの断面積(mm <sup>2</sup> ) $f_{ssvd}$ : スタッドの降伏強度(N/mm <sup>2</sup> )で235N/mm <sup>2</sup> とする。 本研究での検討式 コンクリートの割裂ひび割れ発生に対して $V_{sscd} = 1.72 \cdot d_{ss} \cdot h_{ss} \cdot \sqrt{f'_{cd}} \dots \text{式2-②}$ ここに、 $V_{sscd}$ : コンクリートの割裂ひび割れに対する耐力(N) $h_{ss}$ : スタッドの高さ(mm) スタッドの降伏強度は235N/mm <sup>2</sup> とする。 $d_{ss}$ : スタッドの軸径(mm) $f'_{cd}$ : コンクリートの設計基準強度(N/mm <sup>2</sup> ) 出典: 道路橋示方書・同解説 II 鋼橋編 平成24年3月 日本道路協会
限界状態 3 ずれ変位の急増点	$V_{ssdj} = 0.5 \cdot V_{ssud} \dots \text{式3-①}$ ここに、 $V_{ssdj}$ : スタッドのずれ変位に対する限界耐力(N) $V_{ssud}$ : スタッドの終局耐力(N) スタッドの引張強度は400N/mm <sup>2</sup> とする。 出典: 鋼・合成構造標準示方書 2016年制定 総則編・構造計画編・設計編 土木学会 $V_{ssud} = 9.4 \cdot d_{ss}^2 \cdot \sqrt{f'_{cd}} \dots \text{式3-②}$ ここに、 $V_{ssud}$ : スタッドの終局耐力(N) $d_{ss}$ : スタッドの軸径(mm) スタッドの降伏強度は235N/mm <sup>2</sup> とする。 $f'_{cd}$ : コンクリートの設計基準強度(N/mm <sup>2</sup> ) 出典: 道路橋示方書・同解説 II 鋼橋編 平成24年3月 日本道路協会
限界状態 4 スタッドのせん断破壊又はコンクリートの割裂破壊	スタッドのせん断破壊に対して $V_{ssud} = A_{ss} \cdot f_{ssud} = 400 \cdot A_{ss} \dots \text{式4-①}$ ここに、 $V_{ssud}$ : スタッドの終局耐力(N) $A_{ss}$ : スタッドの断面積(mm <sup>2</sup> ) $f_{ssud}$ : スタッドの引張強度(N/mm <sup>2</sup> )で400N/mm <sup>2</sup> とする。 出典: 鋼・合成構造標準示方書 2016年制定 総則編・構造計画編・設計編 土木学会 コンクリートの割裂破壊に対して $V_{ssud} = 31 \cdot A_{ss} \cdot \sqrt{(h_{ss}/d_{ss}) \cdot f'_{cd}} + 10000 \dots \text{式4-②}$ ここに、 $V_{ssud}$ : スタッドの終局耐力(N) $h_{ss}$ : スタッドの高さ(mm) スタッドの引張強度は400N/mm <sup>2</sup> とする。 $d_{ss}$ : スタッドの軸径(mm) $A_{ss}$ : スタッドの断面積(mm <sup>2</sup> ) $f'_{cd}$ : コンクリートの設計基準強度(N/mm <sup>2</sup> ) 出典: 鋼・合成構造標準示方書 2016年制定 総則編・構造計画編・設計編 土木学会 スタッドのせん断破壊に対して $V_{ssud} = 130 \cdot d_{ss}^2 \cdot \sqrt{f'_{cd}} \dots \text{式4-③}$ ここに、 $V_{ssud}$ : スタッドの終局耐力(kgf) スタッドの引張強度は4,850kgf/cm <sup>2</sup> とする。 $d_{ss}$ : スタッドの軸径(cm) $f'_{cd}$ : コンクリートの設計基準強度(kgf/cm <sup>2</sup> ) 出典: 鋼構造設計指針 PART B 合成構造物 平成9年版 土木学会 コンクリートの割裂破壊に対して $V_{ssud} = 24 \cdot d_{ss} \cdot h_{ss} \cdot \sqrt{f'_{cd}} \dots \text{式4-④}$ ここに、 $V_{ssud}$ : スタッドの終局耐力(kgf) $h_{ss}$ : スタッドの高さ(cm) スタッドの引張強度は4,850kgf/cm <sup>2</sup> とする。 $d_{ss}$ : スタッドの軸径(cm) $f'_{cd}$ : コンクリートの設計基準強度(kgf/cm <sup>2</sup> ) 出典: 鋼構造設計指針 PART B 合成構造物 平成9年版 土木学会

実験値と計算値を比較した結果を図-2に示す。限界状態1と4については、計算値は実験値をモデル化できていると考えられる。限界状態2と3については、結果として限界状態2、3に相当する強度の違いは大きくなく、限界状態2と3をまとめて1つの限界状態と置きなおし、式2-①と式2-②を特性値とすることで、スタッドの降伏やコンクリートのひびわれという物理的な状態とも対応させやすく、また、ずれ変位が急増しない限界の状態を安全側に評価できると考えられる。

3. まとめ

図-1の過程を表す荷重-変位関係の特性を一定の信頼性で評価することができた。今後、この結果を踏ま

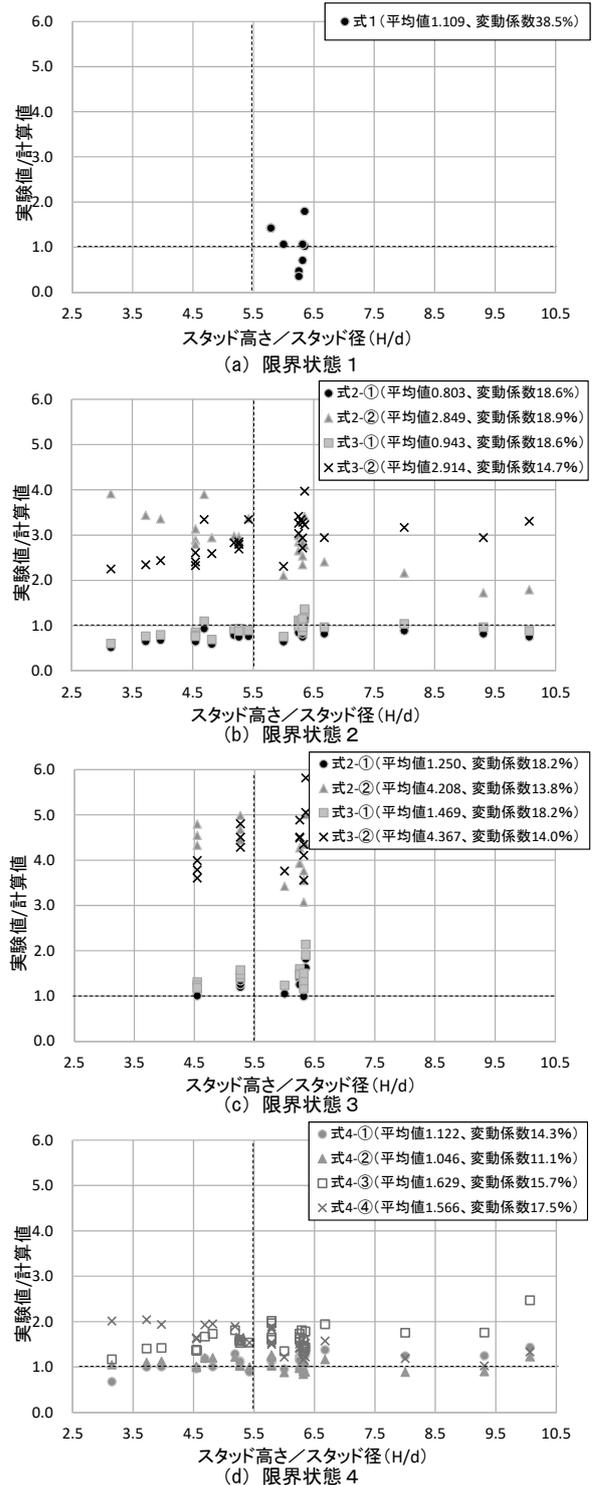


図-2 提案する耐荷力評価式の信頼性の検証結果

えて、各限界状態の制限値を算出するための部分係数を設定できると考えられる。

【成果の活用】

本研究で得られた成果は、道路橋示方書等、技術基準改定のための基礎資料として活用予定である。

# トンネルの維持管理手法及び覆工の合理的な設計法の調査検討

Study on rational method for maintenance and lining design of road tunnel

(研究期間 平成 30～令和 2 年度)

道路構造物研究部 構造・基礎研究室

Road Structures Department

Foundation, Tunnel and Substructures Division

室長

Head

主任研究官

Senior Researcher

研究官

Researcher

七澤 利明

NANAZAWA Toshiaki

森本 和寛

MORIMOTO Kazuhiro

上原 勇氣

UEHARA Yuki

The purpose of this research is to improve the efficiency of maintenance including periodic inspections and securing the safety of users in the event of a fire in a tunnel. For this purpose, the authors analyzed tunnel inspection results and the frequency of fire occurrence in the tunnel.

## [研究目的及び経緯]

道路関係法令の改正により、平成 26 年度から、トンネル等の道路構造物について 5 年に 1 度の定期点検が義務付けられたことを踏まえ、本研究では定期点検を含む維持管理の効率化に関する研究・検討を行っている。

また、近年の自動車の排出ガス削減に伴う換気施設の減少や、海外で発生した重大な火災事故に関する知見及び新技術の開発状況等を踏まえて、トンネル内で火災が発生した際の利用者の更なる安全性確保に関する研究・検討を行っている。

本年度は、平成 26 年度～平成 29 年度に国管理の道路トンネル（山岳工法のトンネル（n=1,223））で実施した定期点検の結果から、変状の特性に関する分析を実施し、定期点検の合理化に向けた提案を行った。また、近年のトンネル火災の発生状況に関する分析を行い、基準改定に向けた提案を行った。

## [研究成果]

### 1. 道路トンネル定期点検結果の分析

これまでの定期点検結果の分析から、材質劣化が健全性に大きな影響を与えており、そのうちうき・はく離が大部分を占めていることが確認されている。このうき・はく離について、発生個所の傾向を把握するため、建設年次の異なる 40 トンネルを施工法の違いを考慮して選定し、変状展開図に記載されている発生位置を整理した（n=815）。整理に当たっては、変状展開図上の発生位置を読み取り、「目地部（横断方向目地・縦断方向打継ぎ目を中心とした 2m の範囲）」「過去の変状箇所や補修箇所（変状箇所、補修箇所の外縁から 1m の範囲）」「その他（過去の変状箇所周辺（変

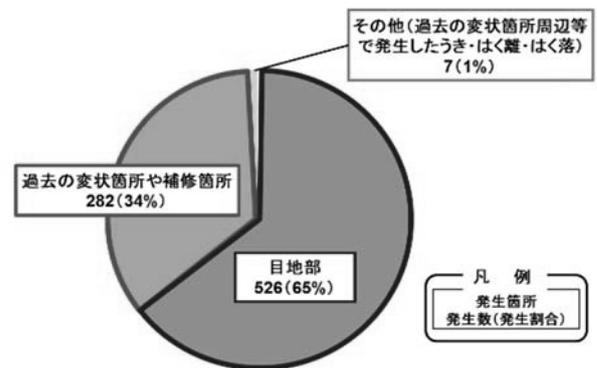


図-1 うき・はく離の発生傾向

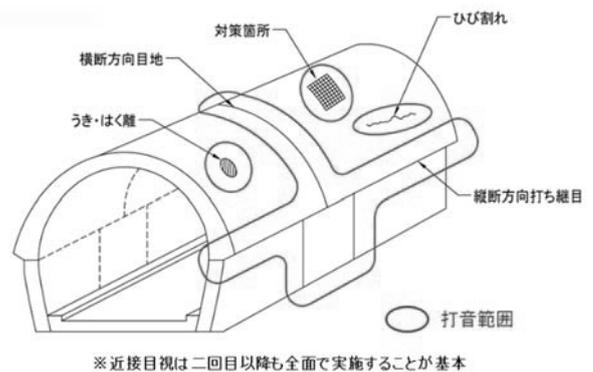


図-2 二回目以降の打音検査範囲イメージ

状箇所として定義した範囲の外側 2m の範囲) 等で発生したうき・はく離、はく落)」に分類した（図-1）。

図-1 から、うき・はく離等の変状は、「目地部」が 65%、「過去の変状箇所や補修箇所」が 34%であり、その他の箇所は 1%程度であることが確認された。

通常、国管理の道路トンネルにおいては、トンネル完成後 2 年以内に行う初回の点検に際し、覆工全面に

対して打音を行っている。また、うき・はく離は、覆工表面上の変化を伴わずに新たに発生又は進行が生じているとは考えにくい。これらと図-1の結果を考慮すると、一度覆工全面に対して打音を行い、うき・はく離箇所を把握したトンネルについては、打音範囲の限定による点検作業の合理化が図れるものと考えられる(図-2)。

一方、今回の定期点検においては、変状の評価に当たって一部評価が分かれる事例等も見受けられたことから、点検における健全性の診断の質の向上に資する検討が必要であると考えられる。

## 2. トンネルにおける火災発生状況の把握

平成18年から平成27年までの過去10年以内にトンネル内で発生した火災(n=272)に関する資料等を基に、それぞれの等級における火災の発生状況について分析した。

はじめに、火災発生件数の内訳(道路の種類別)と原因について整理を行った(図-3, 4)。

図-3から、火災は高速道路等(自動車専用道路を含む)で多く発生しており、全体の約8割を占めていることが確認できる。高速道路等では、走行速度が高く、一般に移動距離が長い傾向にある。図-4から、車両火災の主な原因が車両の不具合であることが確認できる。具体的な不具合箇所としてエンジン部や排気管・マフラー等が多いことは、こうした高速道路での交通特性が影響しているものと考えられる。

次に、火災発生頻度について分析を行った。なお、トンネル延長、交通量、道路種別(一般道、高速道路等(自動車専用道路を含む))等の各要素の影響度を考慮するため、交通量の判明している火災(n=242)を対象とし、発生頻度を「過去10年間のトンネル内火災件数/現在のトンネル本数(件数/本数)」としている。また、非常用施設設置基準に定める等級区分表を参考に、トンネル等級別の整理を行っている(図-5)。

図-5より、AA等級とA等級で火災の発生頻度が大きく異なっており、従前の等級区分が実際のトンネル火災の発生状況をよく表していることを改めて確認した。その他、A等級でも発生頻度に差が生じていることが明らかとなった。具体的には、交通量が10,000台/日以上又は延長3,000m以上の場合において、火災発生頻度が高くなる傾向にあることが確認できた。従って、この範囲に該当するトンネルについては、非常用施設の設置検討にあたって留意が必要であると考えられる。

### [今後の課題]

定期点検の質の向上に資する道路管理者・点検者向

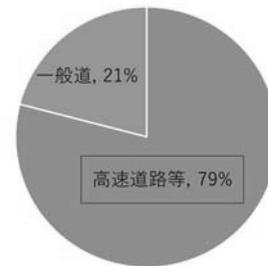


図-3 火災発生件数内訳(道路の種類別)

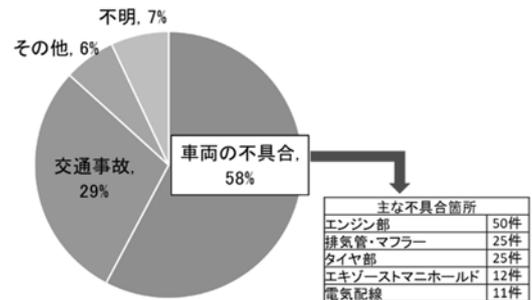


図-4 火災発生件数内訳(火災発生原因別)

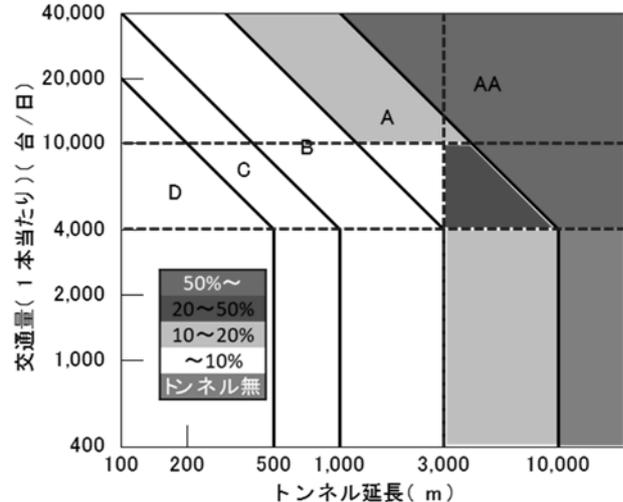


図-5 火災発生頻度(高速道路等)

けの参考情報を充実化させていく必要がある。また、今後の維持管理の合理化に関する検討に向けて、変状の状態や進行性がトンネルに及ぼす影響とその評価手法について整理する必要がある。加えて、非常用施設の合理化に資する新技術の導入を可能とするための評価指標等の検討が必要と考えられる。

### [成果の発表]

各種論文等で発表した。

### [成果の活用]

道路トンネル定期点検要領や道路トンネル非常用施設設置基準・同解説の改定に反映された。

# 既設道路構造物基礎の耐荷性向上に関する調査

Research on improving loading capacity of foundation of existing road structures

(研究期間 平成 29～令和元年度)

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

室長  
Head  
主任研究官  
Senior Researcher  
研究官  
Researcher

七澤 利明  
NANAZAWA Toshiaki  
宮原 史  
MIYAHARA Fumi  
木村 崇  
KIMURA Takashi

The purpose of this research is to clarify the conditions of road structures that need to be reinforced, aiming for robust road network against for huge disasters. In FY2018, structural and hydraulic characteristics of the bridges across the rivers that tend to be scoured by floods were analyzed applying linear discriminant analysis to disaster records and periodic inspection data.

## 〔研究目的及び経緯〕

災害に強い強靱な道路ネットワークを実現するためには、大規模地震や大雨による洪水等に対して道路機能への影響を最小限に留められるようにすることが求められる。この状態を早期にかつ合理的に実現するために、耐荷性向上対策を実施すべき既設道路構造物基礎（橋梁基礎等）の構造条件等の提示を目的とする。

本年度は、橋梁基礎の洗掘に着目し、洪水等で洗掘した橋梁群と同じ洪水等を経験したにも関わらず洗掘しなかった橋梁群を対象に、構造条件、河川条件を説明変数とした洗掘の有無に関する統計的分析を行った。

## 〔研究内容及び成果〕

### 1. 洗掘の有無に関する線形判別分析

洗掘しやすい構造条件、河川条件を抽出する目的から、統計的分析の手法として、洗掘の有無を目的変数とした線形判別分析を行った。

#### (1)分析対象とする橋梁群データの抽出

##### a)洪水等で洗掘した橋梁群データ

平成 23 年から 28 年までに洪水で被災した道路災害査定データ（347 橋）と、平成 30 年 7 月豪雨で被災した橋梁データ（169 橋）を用いた。データ上の被災内容に洗掘が含まれている橋梁に加え、洗掘が含まれていないものの沈下、傾斜、倒壊、流出のいずれかが含まれている橋梁についても、洗掘していると判断し、分析対象とした。また、洪水規模の条件の影響を極力排除するため、位置が特定可能であり、かつ、同水系において b)に示す橋梁データが確認された橋梁のみを分析対象とした。以上により、前述の 347 橋、169 橋のうち、それぞれ 108 橋、40 橋を抽出した。これらに b)で後述する定期点検結果において洗掘している

ことが確認された橋梁群（35 橋）を加えた合計 183 橋を分析対象とした（以後「A 群」と呼ぶ。）。

##### b)洪水等で洗掘しなかった橋梁群データ

線形判別分析を行うため、a)で抽出した A 群と同水系の河川を渡河する、洗掘していない橋梁群を抽出する。今回は、橋梁諸元データなど比較的多くのデータが利用可能であることから、国土交通省地方整備局、同北海道開発局、内閣府沖縄総合事務局が平成 29 年度までに橋梁定期点検要領に基づいて実施した定期点検データを用いた。洗掘していないことの判断は、直近の定期点検結果において洗掘に関する損傷程度の評価が a（洗掘なし）のみであることと、洗掘に関する補修履歴が記録されていないことに基づいて行った。その結果、207 橋を抽出した（以後「B 群」と呼ぶ。）。ここで、B 群のうち、平成 23 年から 28 年までに洪水で洗掘した橋梁群と同水系の河川を渡河する橋梁群は、いずれも当該洪水以後に定期点検が行われていることを確認している。また、B 群のうち、平成 30 年 7 月豪雨で洗掘した橋梁群と同水系の河川を渡河する橋梁群は、いずれも当該豪雨以前に定期点検が行われているものの、平成 30 年 7 月豪雨で被災していないことを別途調査により確認している。なお、以上の抽出過程で定期点検結果において洗掘していることが確認されている橋梁群（35 橋）も抽出されたため、これらは a)に示したとおり A 群に加え分析対象としている。

#### (2)説明変数の設定

##### a)既往研究のレビュー

洗掘深の推定式には、Tarapore、Andru、小川ら、須賀らなど多くの提案式がある<sup>1)</sup>。これらの提案式では、説明変数として、流速、水深、円柱径、河床材料

の粒径が用いられている。鉄道橋脚周りの河床低下量の推定を試みた佐溝<sup>2)</sup>では、これらに加え、流量、河道の曲率が用いられている。さらに、佐溝は鉄道橋脚周りの洗掘の有無の予測も試みており、推定式には分担阻害率（橋脚毎の河積阻害率）、流路内位置比、橋脚と水際線の距離、植生の有無が含まれている。

**b)統計的分析における定量的説明変数の設定**

(1)で選定した分析対象の橋梁群が有する定量的データを表-1に示す。統計的分析を行うには、a)で示した既往研究で用いられている説明変数を極力揃えることが望ましい。しかし、今回は利用可能なデータの制約から、建設年次、橋長、径間数、最大支間長、流域面積、河床勾配、河川形状を用いることとした。なお、これらの説明変数の内部相関の有無を確認した結果、いずれの組合せも相関係数は0.7以下であったため、内部相関は見られないと判断し、いずれの説明変数も線形判別分析に用いることとした。

**c)定性的説明変数の取扱**

橋脚形式、橋脚基礎形式といった定性データは線形判別分析にそのまま適用し難い。そこで、A群とB群間での傾向を整理した結果、橋脚形式、橋台形式は洗掘しやすさに影響していることが想定された。そこで、橋脚形式、橋台形式の観点から予め分析対象をグルーピングした上での線形判別分析も行うことで、洗掘しやすさへの影響を考慮することとした。

**(3)線形判別分析の結果**

(2b)で設定した定量的説明変数を用いて、洗掘の有無に関する線形判別分析を行った。線形判別分析では、分析対象とする変数の組合せによって、有意な説明変数として採用される変数が異なる可能性がある。そこで、全ての説明変数の組合せが考慮されるよう網羅的に分析を行った上で、実際の洗掘の有無との適合率の高い説明変数について考察することとした。

分析結果から、代表として2つのケースにおける判定結果を表-2に示す。ケース1は最も適合率が高かつ

表-1 洪水による被災要因分析のために抽出した項目

	洗掘した橋梁群 (A群：183橋)	洗掘しなかった橋梁群 (B群：207橋)
建設年次	114	206
橋長	135	206
径間数	139	206
最大支間長	115	204
橋脚幅	34	13
流域面積(※)	84	129
河川勾配(※)	142	206
河川形状(※)	183	207
河川幅	9	6
河床材料	4	0
被災時流量	12	0

※流域面積、河床勾配、河川形状は国土数値情報データから推定

表-2 洗掘の有無に関する線形判別分析の結果

ケース	建設年次	橋長	径間数	最大支間長	流域面積	河床勾配	河道形状	適合率
1	-0.4273	-0.8830	0.8208	—	—	0.4530	—	74%
2	—	—	0.5198	—	—	0.9375	-0.2521	65%

たケースである。建設年次が古いほど、橋長が小さいほど、径間数が多いほど、河床勾配が急であるほど洗掘しやすいという結果となった。ケース2は、適合率は比較的低いものの、河道形状が説明変数として採用されたケースである。河道形状が湾曲の方が直線よりも洗掘しやすいという結果となった。最大支間長と流域面積はいずれのケースにおいても有意な説明変数として採用されなかった。以上の分析結果から、建設年次、橋長、径間数、河床勾配、河道形状が、洗掘のしやすさに優位に影響していることが確認された。

次に、(2c)で示したように橋脚形式、橋台形式の観点から予め分析対象をグルーピングした上で線形判別分析を行った。その結果、グルーピングをしたことで分析対象橋梁が減少するものの、洗掘有りに限ればケース1を上回る適合率が得られる結果も得られた。この結果から、橋脚形式、橋台形式も洗掘のしやすさに影響する可能性があると考えられる。

**2. 判別式が適合しなかった橋梁の洗掘要因の考察**

線形判別分析の結果最も適合率の高かったケース1にて洗掘無しと判別されるものの中には洗掘した橋梁(33橋)は、線形判別分析で考慮した説明変数とは別の要因が洗掘原因となった可能性が高い。そこで、滯筋の経年変化の影響を検証するため、橋梁毎に空中写真により砂州の変遷を空中写真で確認した。その結果、滯筋の変化が確認されたのは1橋に留まった。

**3. まとめ**

1. 線形判別分析に用いたB群は国管理の橋梁から抽出したため、比較的橋長や径間数が大きい橋梁が多く、この偏りが分析結果にも影響した可能性がある。今後、国管理の橋梁以外からも対象橋梁を抽出するとともに、2.で考察した滯筋の経年変化の有無なども説明変数として分析対象とすることが考えられる。

**[成果の活用]**

より信頼性の高い道路網を構築するための施策、通達等に反映させる予定。

**[参考文献]**

- 1) 建設省土木研究所：治水上から見た橋脚問題に関する検討，土木研究所資料第3225号，1993
- 2) 佐溝昌彦他：統計的手法による鉄道橋梁の増水時における被災注意橋脚抽出手法，No.3，Vol.69，土木学会論文集D3（土木計画学），2013

# 道路特性に応じた舗装の要求性能に関する調査検討

Study on pavement serviceability requirement based on road characteristics

(研究期間 平成28～30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

渡邊 一弘  
WATANABE Kazuhiro  
桑原 正明  
KUWABARA Masaaki

This study aims to promote performance specification and advanced techniques of pavement construction fitting for the road condition. This fiscal year, the relationship between various structural pavement deterioration and road conditions, are shown by the analysis of results of investigation on national highways.

## 〔研究目的及び経緯〕

我が国の道路構造物のストック量は膨大な量にのぼっているが、ライフサイクルコストを抑え効率的に管理するためには、一律の基準で管理するのではなく、地域性、沿道条件、劣化特性、道路構造等の道路特性に応じ、改築・管理していくことが合理的である。

特に舗装については、上記道路特性に応じて必要とされる性能が異なってくると考えられるため、一定のひびわれ率やわだち掘れ量などを目標値として敷設・管理することが効率的といえない可能性がある。

そのため、道路特性による劣化の特徴を把握した上で、各道路特性下における舗装に求められるべき性能を設定し、それに適した設計・管理を行えるよう、技術検討を行うこととしている。

## 〔研究内容〕

今年度は、直轄国道の調査データ等をもとに、交差点部・橋梁部に着目し劣化状況を整理した。そのうえで特に橋梁上の舗装に要求される性能の検討を目的とし、橋梁床版と道路舗装の損傷の相互影響について整理した。また、舗装の特徴的な劣化形態の1つであるポットホールに着目してその発生状況を道路特性等の観点から整理した。

## 〔研究成果〕

### (1) 道路特性に応じた舗装劣化特性の抽出

単路部よりも損傷の進行が早いと言われている交差点部、および橋梁部材の劣化との関係性に配慮すべき橋梁部において、平成28年度までに実施された全国の直轄国道の路面性状調査のデータを用い、舗装種別毎に早期劣化状況（ひび割れ率、わだち掘れ量、平坦性の3指標）を整理した。

交差点部においては、ひび割れ率については明確な

違いが見られなかったものの（図-1参照）、わだち掘れに関しては交差点手前で顕著になり、さらに排水性舗装よりも通常のアスファルト舗装のほうが顕著になることを確認した。

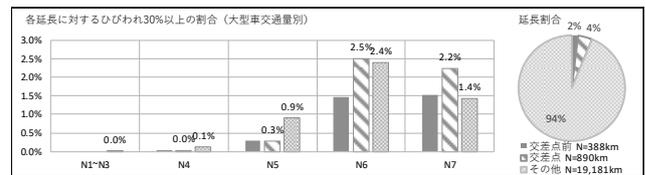


図-1. 交差点部における交通量別のひび割れ状況 (アスファルト舗装の場合)

橋梁部においては、アスファルト舗装の場合、橋梁部以外よりも、ひび割れ率およびわだち掘れ量が少ない傾向にあることを確認した。（図-2参照）

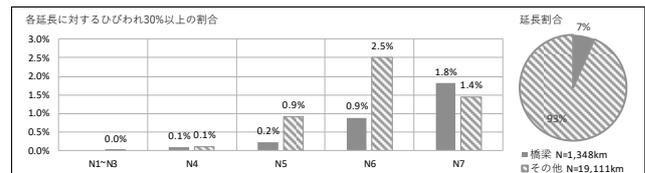


図-2. 橋梁部におけるひび割れ率30%以上の割合 (アスファルト舗装の場合)

### (2) 橋梁上の舗装と床版との関係性整理

#### 1) 橋梁定期点検データによる整理 (全国)

全国のコンクリート床版を有する直轄国道の橋梁の定期点検（平成24～28年）における床版及び舗装の対策区分判定結果の関係を整理した結果、「床版の対策区分が芳しくないほど、舗装の対策区分が芳しくない（C判定以上）割合が高い傾向」及び「舗装の対策区分が芳しくないほど、床版の対策区分が芳しくない（C判定以上）割合が高い傾向」を確認した。（図-3参照）

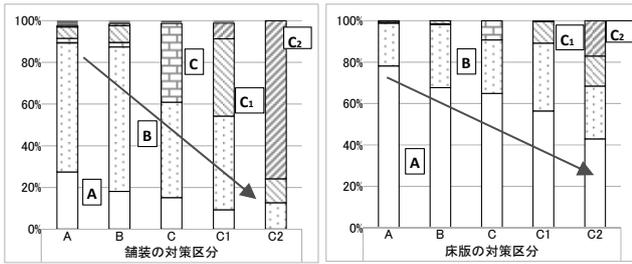


図-3. 舗装対策区分と床版対策区分との関係

### 2) 橋梁定期点検データ及び路面性状調査結果による整理（全国）

床版の対策区分判定と路面性状調査におけるひびわれ率（当該径間上の最大値及び平均値）の関係について整理した。

結果としては、床版の対策区分が芳しくないほど、路面性状調査におけるひびわれ率20%以上の割合が高い傾向が確認できた。（図-4参照）

一方で、床版の対策区分判定と路面性状調査におけるわだち掘れ、平坦性等との関連性については、特徴的な傾向は確認できなかった。これらのことから、床版損傷との関係性を検討すべき舗装の損傷内容として、ひび割れに着目すべきことがうかがえる。

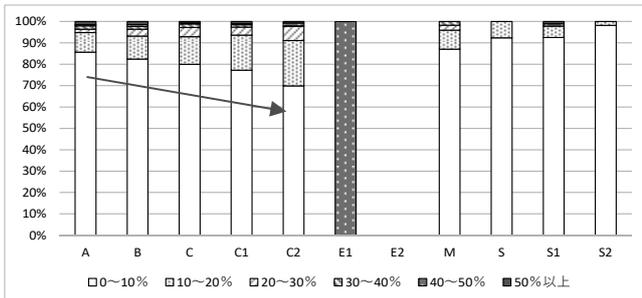


図-4. 床版の対策区分とひびわれ率

### 3) 橋梁と舗装の損傷進行の関係性整理

床版の損傷程度が顕著なコンクリート床版橋を抽出し、それぞれの橋梁で複数回の定期点検結果を追跡して、舗装損傷と床版の損傷について整理した。

最新点検において比較的重度の床版ひびわれが発生している57橋を抽出し、過去2～3回分の定期点検における損傷図、損傷写真を確認し、床版ひびわれが生じている箇所、その上面の舗装状況、及びその進行性について整理した。

整理対象57橋のうち、34橋（約60%）において床版損傷位置直上の舗装に異常（ひびわれ、うき、凹凸、土砂の噴出し、補修跡等）が生じていることが確認できた。このことは、橋梁床版の損傷と舗装面の異常との関係性に着目することの意義を示唆するものである。

### (3) ポットホールの発生状況整理

直轄国道の3出張所6路線のパトロール日誌2年分における写真やメモを用いて、道路特性等による、ポットホールの発生状況の特徴の概要を把握した。

道路横断方向におけるポットホール発生位置は、わだち部（左）が最も多く、次いでわだち部（右）、車線中央の順となっている。

発生車線については、走行車線での発生が多くなっており、沿道の出入りや重交通走行の影響を受けているものと推察される。

なお、水が多く集まると考えられる縦断サグ部について、発生状況をサグ部以外と比較したが、今回調査では明確な差が見られなかった。

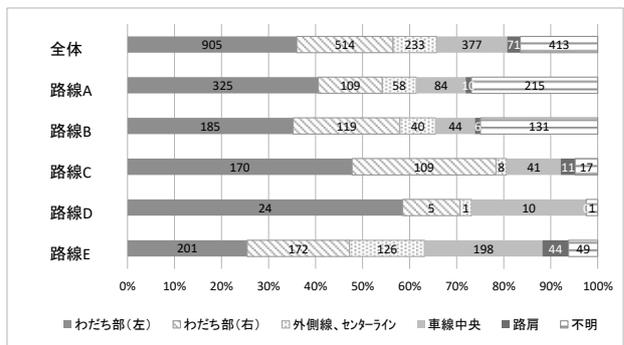


図-5. ポットホール発生位置（道路横断方向）

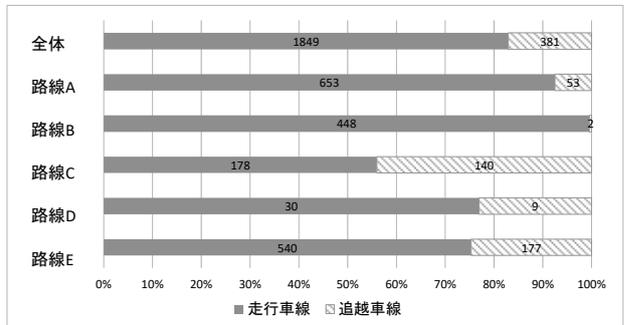


図-6. ポットホール発生位置（車線別）

### [成果の活用]

本研究の成果については、舗装への要求性能の在り方に関する検討材料とし、今後、舗装の設計基準書などに反映していく予定である。これらを通じ、ライフサイクルコストをより考慮した舗装の設計・管理の実現に取り組んでいく所存である。

# 地盤-橋全体系の耐震設計に用いる地盤震動特性の評価手法の検討

Study on evaluation method of ground shaking characteristics used for seismic design of soil-bridge system  
(研究期間 平成 30～令和 2 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 片岡 正次郎  
Head KATAOKA Shojiro  
研究官 猿渡 基樹  
Researcher SARUWATARI Motoki  
研究員 石井 洋輔  
Research Engineer ISHII Yosuke

The purpose of this research to propose the evaluation method of ground shaking characteristics that contributes to the improvement of seismic design of bridges. The evaluation method of the bridges considering the reduction effect of the earthquake motion is verified using the damage reproduction analysis and the earthquake observation record of the highway bridges.

## [研究目的及び経緯]

橋の基礎構造物の耐震設計および耐震補強設計は、地盤との相互作用を性能照査に取り入れることで、合理的な設計が可能となるものがある。これは、橋の基礎構造物に地震動が作用する際、基礎構造物と周辺地盤の相互作用の働きで地震動が低減する効果を期待するものである。

本研究は、橋の耐震設計基準の合理化に資する地盤震動特性の評価手法の確立が目的である。そのため、地盤との相互作用など、地震動の低減効果を考慮した橋の耐荷性能照査手法を被災再現解析や橋の地震観測記録等を用いて検討している。

平成 30 年度は、既往研究等で提案されている地盤と橋の動的相互作用を評価できるモデル化手法を整理し、橋の地震被害の再現解析の結果を基に、地盤と橋を一体の解析で得られる被災再現性のばらつきを整理した。

## [研究内容]

既往研究で提案されている地盤や構造物のモデル化が解析結果に及ぼす影響を確認するため、東北地方太平洋沖地震で杭のせん断破壊等により基礎構造物が被災した橋(図-1)を対象に被災再現解析を行った。解析は、地盤と橋を一体でモデル化し(図-2)、工学的基盤面に地震動を作用させる地震応答解析手法を用いた。

モデル化する際の地盤パラメータによる解析結果の違いを整理するため、地盤の非線形特性やバネの設定を変更して解析し、それぞれの解析で得られた変位量を確認した。さらに橋全体で解析した結果と、橋台や橋脚をそれぞれ地盤と一体で解析し、変位を算出して結果のばらつきを確認した。

## [研究成果]

P1 橋脚を対象に地盤の構成則の設定による解析結

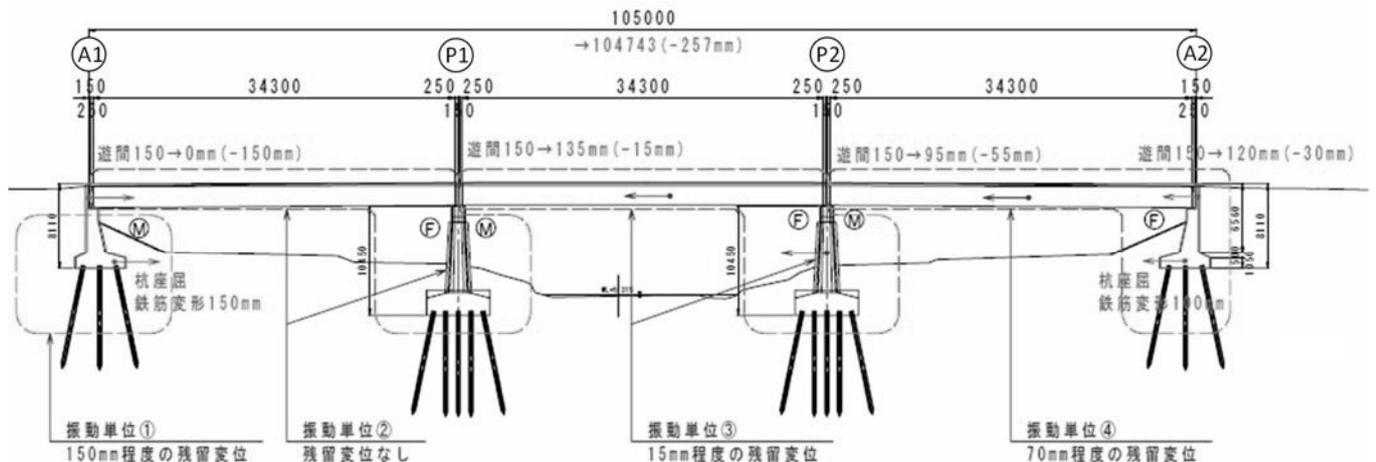


図-1 解析対象とした橋の被災状況

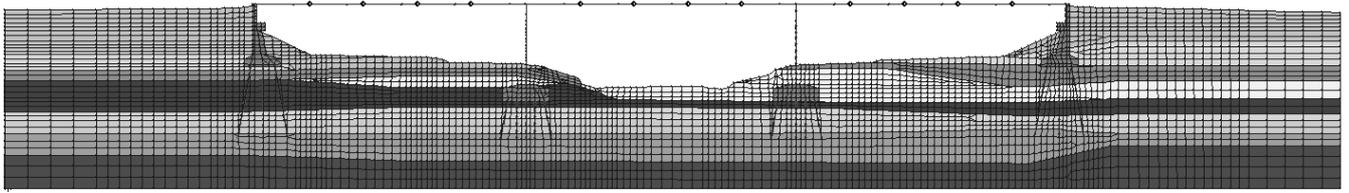


図-2 橋全体系と地盤を一体とした地震応答解析モデル

表-1 地盤と橋を一体とした解析での照査結果の整理

解析範囲	解析コード	地盤の構成則	地盤と構造物の相互作用バネ	桁と橋台の衝突バネ	被災後変位量(mm)	
					解析値	実測値
P1橋脚	A	i	考慮しない	-	0.0 (橋脚基部)	0
		ii			0.0 (橋脚基部)	0
		iii			0.0 (橋脚基部)	0
	B	iv	考慮する		0.0 (橋脚基部)	0
A1橋台	B	iv	考慮する	考慮する	126 (前面杭頭)	150
					345 (前面杭頭)	150
				C	考慮しない	考慮しない
	67 (前面杭頭)	150				
						76 (前面杭頭)
A2橋台	B	iv	考慮する	考慮する	76 (前面杭頭)	100
橋全体	B	iv	考慮する	考慮する	A1 : 101 (前面杭頭)	150
					P1 : 52 (橋脚基部)	0
					P2 : 9 (橋脚基部)	15
					A2 : 112 (前面杭頭)	100

果のばらつきを検討した。構成則は既往研究で提案されているモデルを3つ選定した。次に、A1橋台を対象に地盤と構造物の相互作用や衝突バネの設定等、モデルの間のバネの設定を検討した。最後にモデル化の影響を検討するため、同じ解析コード等を用いるなど、同条件で橋全体系をモデル化して解析し、それぞれの部位ごとの解析で得られた変位量と比較した。

それぞれの再現解析で得られた変位量を整理した結果を表-1に示す。P1橋脚を対象に、解析コードAを用いた3つの構成則での解析結果では、有意な差は見られなかった。A1橋台の解析では、桁と橋台の衝突を考慮することで変位量が実測値に近づく傾向がある。これは、実際の地震中に発生する衝突による影響が大きいことが考えられ、モデル化を行う際に衝突の影響を精度よく設定する必要がある。

橋全体の解析では、同じ解析コードを用いた個別の解析結果と比較すると、P1橋脚やA1橋台の変位量は、個別の解析範囲での結果が実測値に近く、A2橋台の変位量では、橋全体の解析結果の方が実測値に近い。これより、解析対象橋では、全体系で解析を行っても結果に有意な差は得られないことが考えられる。また、図-3より、深さごとのせん断力にばらつきはあるものの、全体系と個別範囲の両方の解析で杭頭付近のせん断耐力を超える結果となり、実際の被災状況と同様の傾向が得られた。本解析で得られた成果を以下にまとめる。

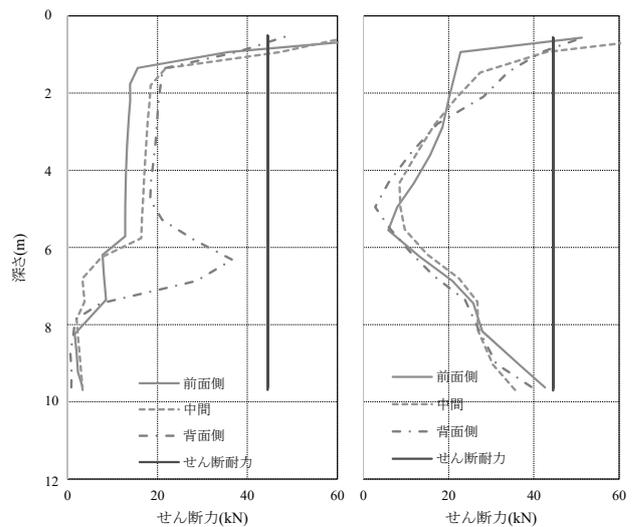


図-3 A1橋台の杭一本あたりの最大せん断力 (左側:A1橋台のみの解析, 右側:橋全体の解析)

- ①解析範囲や地盤の構成則を変えても被災後の変位量に及ぼす影響は小さい結果となった。
- ②橋台と桁の衝突が解析結果に影響する可能性があるため、衝突バネを精度よく設定する必要がある。
- ③本稿で検討した地盤と一体とした解析は、被災後に確認された変位量を概ね再現できている。

【成果の活用】

一体解析を行う際のモデル化手法や地盤に起因する地震動の低減効果等を取りまとめ、構造物に関する技術基準に反映し、耐震設計基準の合理化に貢献する。

# 道路事業における入札・契約制度の改善効果の評価に関する検討

Study on the evaluation of improvement effect on the bidding and contracting system

(研究期間 平成 28~30 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	吉野 哲也
Head	NAKASU Keita	Senior Researcher	YOSHINO Tetsuya
主任研究官	菊田 友弥	研究官	島田 浩樹
Senior Researcher	KIKUTA Tomoya	Researcher	SHIMADA Hiroki
研究官	光谷 友樹	研究官	鈴木 貴大
Researcher	MITSUTANI Yuki	Researcher	SUZUKI Takahiro
交流研究員	川上 季伸	交流研究員	石本 圭一
Guest Research Engineer	KAWAKAMI Toshinobu	Guest Research Engineer	ISHIMOTO Keiichi
交流研究員	後藤 和彦		
Guest Research Engineer	GOTO Kazuhiko		

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 and Public Private Partnership for project acceleration.

## [研究目的及び経緯]

「公共工事の品質確保の促進に関する法律」の成立を契機に、国土交通省発注の工事では、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。2014 年 6 月 4 日に公布され、即日施行された「公共工事の品質確保の促進に関する法律の一部を改正する法律（平成 26 年法律第 56 号）」を踏まえ、国土技術政策総合研究所では、工事の性格、地域の実情等に応じた多様な入札契約方式に関する研究を行っている。

本稿は、技術提案・交渉方式及び事業促進 PPP に関する検討結果を、工事・業務の入札・契約制度の改善・試行の改善効果の評価について報告する。

## [研究内容・研究成果]

### (1) 技術提案・交渉方式

技術提案・交渉方式は、2019年2月現在、国土交通省直轄工事では、6工事で技術提案・交渉方式が適用されている。施工に着手している3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・施工者双方にヒアリングを行い、技術提案・交渉方式の適用効果、課題、

及び課題への対応策を整理した。

### 1) 技術提案・交渉方式の適用効果の整理

技術提案・交渉方式の適用工事のうち、施工中もしくは施工を完了した工事の実施状況を表-1に示す。例えば、犀川大橋橋梁補修工事では、施工契約前に損傷の原因や範囲の特定や、狭隘部の施工性等に配慮した設計等ができ、工期の延長や工事費の増加は生じていなかった。技術協力期間をある程度確保できた工事では、追加で地質調査や損傷原因を特定する調査を行うことで、設計変更に関係すると思われる想定外の条件変更が少なくなっており、受発注者双方の発注・設計変更の事務手続、工程に対して有効なことがわかった。

表-1 技術提案・交渉方式の実施状況

淀川大橋	二重峠トンネル	犀川大橋
		
<b>設計段階の実施事項</b> ・合同点検 ・施工性に優れる構造への変更 ・契約前の警察協議 ・新たな損傷発見時の設計変更の考え方協議 【実施設計：約2ヶ月】	<b>技術協力実施事項</b> ・追加地質調査 ・沈下量モニタリング ・代替機の配置 ・濁水プラント増設 ・工区毎の完成予定時期に応じた施工延長変更 【技術協力：約4ヶ月】	<b>技術協力実施事項</b> ・合同点検 ・損傷原因、範囲を特定する追加調査 ・施工性に優れる構造への変更 ・契約前の警察協議 【技術協力：約6ヶ月】
<b>施工段階の状況</b> ・新たな損傷発見等は、概ね想定範囲内	<b>施工段階の状況</b> ・順調に進捗(H31.2に本坑貫通式)	<b>導入効果(施工完了)</b> ・工期延長なし ・工事費増額なし

## 2) 技術提案・交渉方式の課題

発注者からは、工事契約締結までの手続期間の長期化を課題として指摘する意見が多くあった。一方、設計者や施工者は、初めての経験で、実施設計や技術協力において、何から着手して良いかわからないとの意見があった。これらの受発注者からの指摘を踏まえ、手戻りを回避し、技術協力を効率的に進めるために、技術協力業務の標準的な手順を①着手手段階から⑤価格協議の5段階に分類し、それぞれの段階で重要となる留意点を整理した(図-1)。

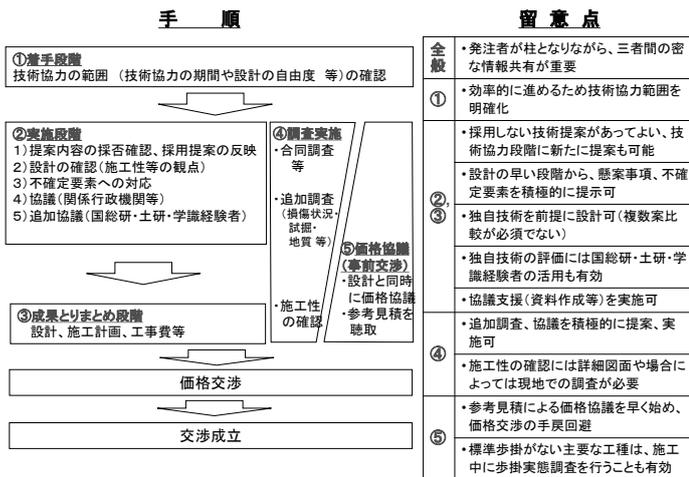


図-1 技術協力業務の手順(案)

## (2) 事業促進 PPP

業務の指導・調整、地元・関係機関協議、工程・コスト管理等のマネジメント業務を官民の技術者が一体となつて行う事業促進 PPP は、平成 24 年度以降、東北の復興道路等で導入しているものの、標準的な実施手法が確立しておらず、必要なときに速やかに導入する上で課題となっていた。そこで、事業促進 PPP の実施状況、課題等を調査し、事業促進 PPP の実施手法を整理した。

業務・工事の履歴から事業タイムラインを整理し、多くの事業で 1) 被災状況の把握、2) 予備検討・設計、3) 詳細検討・設計、4) 準備工事、5) 本体工事の共通する流れを把握した。タイムラインとの関連づけにより、発災直後は既存の維持工事や災害協定を活用し、本復旧に向けて事業促進 PPP を導入する効果的な導入時期の考え方を整理した(図-2)。

また、直轄職員が柱となり、受発注者が一体となった業務の進め方、事業促進 PPP の常駐・専任の負担軽減に配慮した効果的な体制構築の考え方を整理した(図-3)。

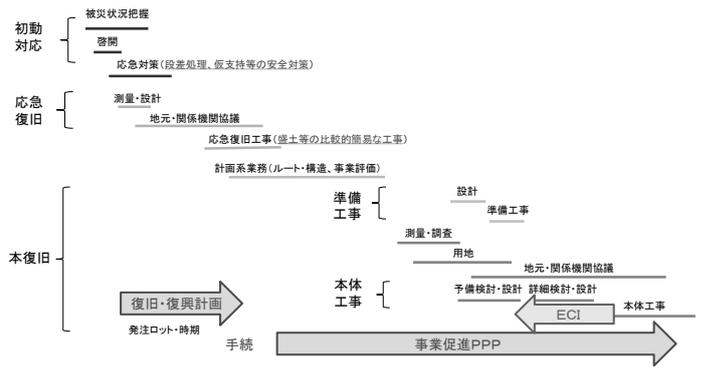


図-2 復旧・復興事業のタイムラインの例

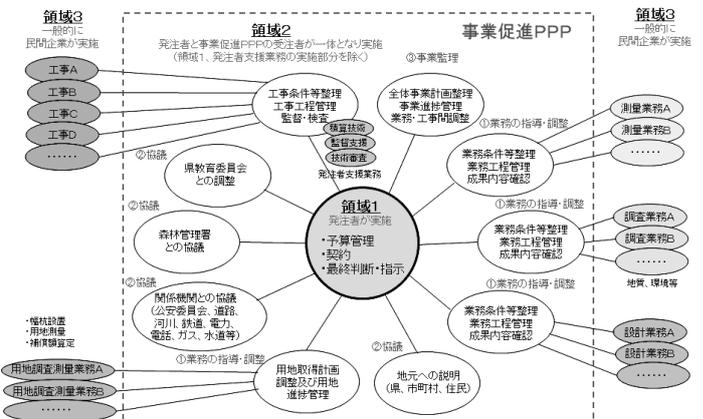


図-3 事業促進 PPP の業務内容の考え方

## (3) 工事・業務の入札・契約制度の改善・試行の評価

直轄工事における総合評価落札方式の技術評価点差の分布状況を分析し、PC(プレストレスト・コンクリート)工事におけるPC桁の耐久性やトンネル工事におけるコンクリートの耐久性等の得点差の付きにくい技術提案テーマを把握した。また、担い手(若手技術者)確保・育成に係る試行の効果を分析した。

調査・設計業務については、総合評価落札方式の落札決定要因の分析により、技術優位の落札傾向とその程度を確認するとともに、若手技術者の配置を促す入札・契約方式の試行状況の分析と参加者への意見聴取により、試行の効果(OJTを通じた技術継承等)と課題(対象年齢の設定等)を把握した。

### 【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。

また、事業促進 PPP の検討成果は、国土交通省直轄の事業促進 PPP に関するガイドライン(平成 31 年 3 月)に反映された。

# CIM 展開のための 3 次元データ利活用の高度化に関する調査

Research on highly utilizes 3D data for spread CIM

(研究期間 平成 29～令和元年度)

社会資本マネジメント研究センター  
社会資本情報基盤研究室  
Research Center  
for Infrastructure Management  
Information Platform Division

室長  
Head  
主任研究官  
Senior Researcher  
研究官  
Researcher

関谷 浩孝  
SEKIYA Hiroataka  
青山 憲明  
AOYAMA Noriaki  
寺口 敏生  
TERAGUCHI Toshio

The Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism is working on the introduction and diffusion of CIM (Construction Information Modeling / Management). In this research, the authors study the inspection simulation of bridges and the management method of inspection results.

## 〔研究目的及び経緯〕

国土交通省では、インフラの安全安心と建設生産性の向上を図るために 3 次元モデルを活用した建設生産システムを構築し、公共調達の品質向上、コスト縮減、維持管理の高度化を達成することを目標として、CIM (Construction Information Modeling / Management) の導入普及に取り組んでいる。具体的には、CIM 導入推進委員会を設置し、CIM の運用に関する基準として「CIM 導入ガイドライン」や「CIM 事業における成果品作成の手引き」等を策定してきた。

しかしながら、3 次元モデルの利活用については、設計・施工段階での利活用が進み、その有効性も確認されつつあるが、維持管理での利活用および建設生産プロセス全体で 3 次元モデルを円滑に利活用する方法やその有効性については、未だ十分な検証が行われていない。

そこで、本研究では、3 次元モデルの維持管理における利活用場面として、橋梁点検時に近接目視が確実に実施できる構造物の設計を支援する事を目的とした橋梁 3 次元モデルの点検等シミュレータや、橋梁点検の結果を効率的に管理するシステムの機能要件および運用案を検討した。

## 〔研究内容〕

### 1. 設計段階で設計照査に用いる「点検等シミュレータ」の開発

本研究では、橋梁を対象に、維持管理しやすい設計になっているかを確認するための点検等シミュレータを検討している。点検等シミュレータでは、点検路や橋梁点検車両、高所作業車を用いて近接目視が可能な範囲を可視化し、設計照査時に確認する際に用いること

を想定している。平成 29 年度は、従来の橋梁設計や点検計画立案の場面で要点となる項目を整理し、点検等シミュレータが確認すべき項目とそれに対応した機能要件を整理した。その成果を受けて、平成 30 年度にデモンストレーション用のモデルを構築し、専門家へのヒアリングを通じてその有効性を確認した。また、想定する機能の一部を備えた点検等シミュレータを試作した。

### 2. 維持管理段階において取得する点検結果を 3 次元データ上で効率的に管理する方法の整備

本研究では、橋梁点検の結果を効率的に管理するため、CIM モデルに紐付ける方法を検討している。平成 29 年度には、点検結果の「紐付け方法 (モデルに直接紐づけるか外部リンクか)」と「紐付け単位 (構造物全体に紐づけるか部材単位か)」を検討し、利用場面にに基づき比較した。また、実際にデータを保存する際のフォルダ構成の案を作成し、ヒアリングを通じて評価した。その成果を受けて、平成 30 年度は、複数のユースケースを想定し、どのようにデータを管理すれば点検業務の効率化に資するかを、デモンストレーションを通じたヒアリングにより調査した。

## 〔研究成果〕

主な研究成果の概要を以下に示す。

### (1) 設計段階で設計照査に用いる「点検等シミュレータ」の開発

専門家へのヒアリング結果を受けて作成した設計時の点検等シミュレータの利用場面を表-1 に示す。また、表-1 の各利用場面にに基づき作成した点検等シミュレーションのデモンストレーション例を図-1 に示す。

デモンストレーション例を通じて、改めて専門家に有効性をヒアリングしたところ、特に複雑な形状をした橋梁の場合は、橋梁点検車両や高所作業車を用いて点検可能な範囲を確認する際に、点検等シミュレータは有効であることを確認した。その一方で、単純な構造をした橋梁の場合は、2次元図面でも十分であるとの指摘があった。また、橋梁の場合は、植生等の自然環境の影響を考慮する必要があるとの指摘があった。これらの成果を基に、点検等シミュレータに求められる機能を具体化した。

(2) 維持管理段階において取得する点検結果を3次元データ上で効率的に管理する方法の整備

鋼橋やPC橋の点検時におけるユースケースを以下の5種類想定し、デモンストレーション(図-2)を用いた専門家へのヒアリングを通じて、CIMにおける点検記録の管理方法を整理した。

- 画像からひび割れを検出してCADデータを自動的に作成し、時系列で比較
- 点検結果を条件に色分け表示等で描画し、その表示結果から修繕計画の要否や修繕範囲を判断
- 対象部材の変状が進展しているかを確認するため、過去の変状図を抽出し、並べて比較
- 正確なひび割れの位置や変状を記録・管理
- 劣化の進行度の高い構造物の点検結果推移を確認

ヒアリングの結果、橋梁の場合、従来は過去の損傷位置の確認に苦労していることから、BIM/CIMの導入により、現場でタブレット等を用いて損傷の種類や区分、位置及び経年変化が確認できるとよいとの回答がえられた。また、時系列順に並べて表示し、ひび割れをスケッチしたり、AR(Augmented Reality)技術を活用し、過去の写真と重ね合わせて表示することで変化を確認する等の活用場面が提案された。さらに、GPS(Global Positioning System)を搭載したカメラを用いて撮影された写真を自動的に3次元モデルに紐付けすることで、登録作業や管理作業の軽減につながるなどの提案があった。その一方で、橋梁調査会が提供する点検調査作成システム等と連携が必要との指摘があった。

点検記録等を3次元モデルに紐付けする方法として、ファイル名をメタタグとして扱う方策(オブジェクトストレージ)を検討した。その結果、従来のフォルダ単位でデータを管理する方策に比べ、データの格納に係る手間が軽減できることが明らかとなった。

表-1 設計時の点検等シミュレータの利用場面

検査路を用いた点検方法	検査路の設置位置、上部工と下部工での検査路の接続、検査路のアプローチ方法、検査路を用いた点検可能範囲
橋梁点検車等を用いた点検方法	地上点検、梯子点検、高所作業車、橋梁点検車、ロープアクセス、点検可能範囲
その他	マンホールの位置、作業限界の確認、箱桁内の点検

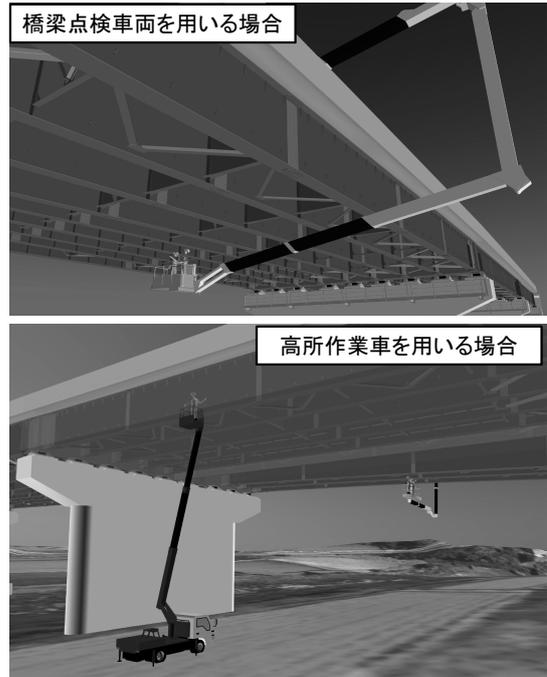


図-1 点検等シミュレータのデモンストレーション例

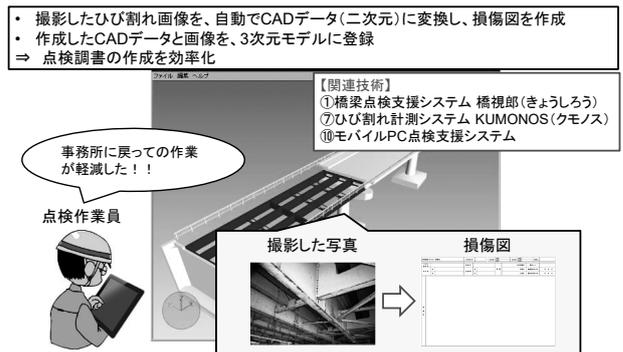


図-2 橋梁の紐付け単位(クラス構造)の例

[成果の活用]

本年度の成果を受けて試作した点検等シミュレータの設計照査等での有効性を検証する。また、3次元モデル上での点検記録の管理方法は、既存のシステムやデータベースとの連携を考慮した検討を進める。

# 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 such as road construction

(研究期間 平成 28～令和元年度)

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

森川 博邦  
MORIKAWA Hirokuni  
大槻 崇  
OTSUKI Takashi  
川邊 好世  
KAWABE Yoshitsugu

In this research, our research team tested verification method of the accuracy in order to utilizing machine as-built data to calculate the yield of earthwork and prototyped a viewer for supervision and inspection that complies with the standard for exchanging control data for embankment compaction.

## 〔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 ICT 土工を、平成 29 年度から ICT 舗装工を導入している。これら ICT 活用工事では、①3 次元起工測量、②3 次元設計データ作成、③3 次元出来形管理等の施工管理、④3 次元データの納品の各段階で ICT 技術を活用することとしている。

本研究では、上記の③に関し、「施工履歴データによる土工の出来高算出要領(案)」等に規定する精度確認試験方法の検証を行い、精度確認試験を実施する際の手引き作成のための資料整理を行った。さらに、監督・検査の合理化を検討する目的で、「TS・GNSS による盛土締固め管理データ交換標準(案)」に対応した監督・検査での使用を想定したビューワの作成を行った。

## 〔研究内容・研究成果〕

### 1. ICT 施工により取得される施工履歴データの出来高や出来形への活用を想定した精度確認方法の検証

#### (1) 施工履歴データの精度確認試験方法の検証

「施工履歴データによる土工の出来高算出要領(案)」等に規定する精度確認試験方法について、市場で流通する ICT 油圧ショベルを使用して検証を実施した。検証の状況を図-1 に示す。また、試験方法

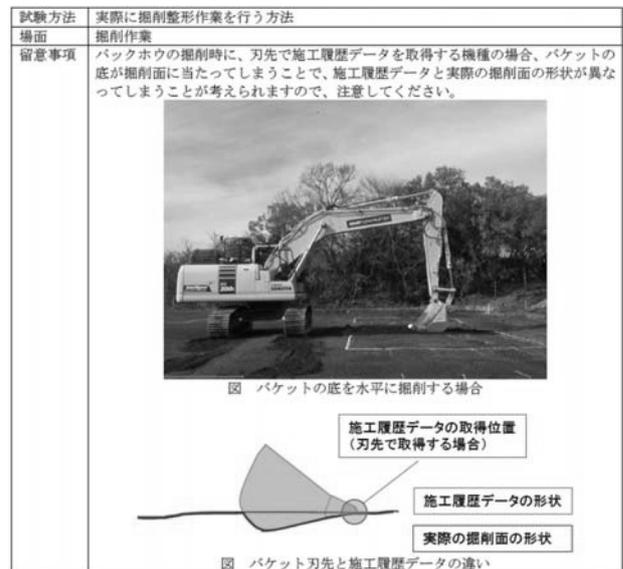


図-1 検証試験

は、要領に記載されている「実際に掘削整形作業を行う方法による検証」等にて行った。

#### (2) 精度確認試験方法の手引き資料の整理

上記の精度確認試験で収集した写真等を用いて、精度確認試験を実施する際の注意点やノウハウを含む手引きおよび解説動画を作成した。



### 2. TS・GNSS による盛土締固め管理データ交換標準(案)に対応した監督・検査での使用を想定したビューワの作成

#### (1) ビューワ機能検討

「TS・GNSS による盛土締固め管理データ交換標準

(案)への対応と並行し、監督・検査での使用を想定したビューワの必要機能検討を行った。

ICT活用工事では、3次元設計や3次元出来形管理が行われているが、監督員や検査官が確認するときには、**図-4,5**のような2次元（紙で印刷できる形式）の情報で活用されることが多い。そのため、監督・検査で3次元情報をタブレット等の情報機器で手軽で便利に使えるソフトウェアの機能について検討を行い、最低限必要と考えられる機能を整理した。

(2)ビューワの作成

ビューワの作成に際して、締固め判定アルゴリズムの検討のほか、詳細画面・帳票の設計を行い、締固め回

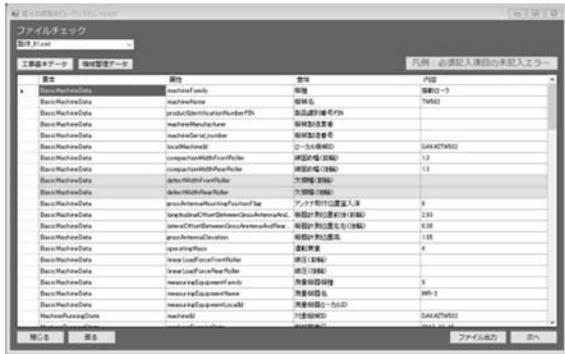


図-3 XML ファイルチェック画面

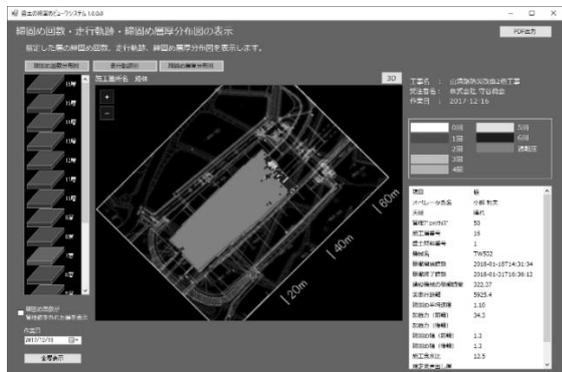


図-4 締固め回数分布図の2D表示画面

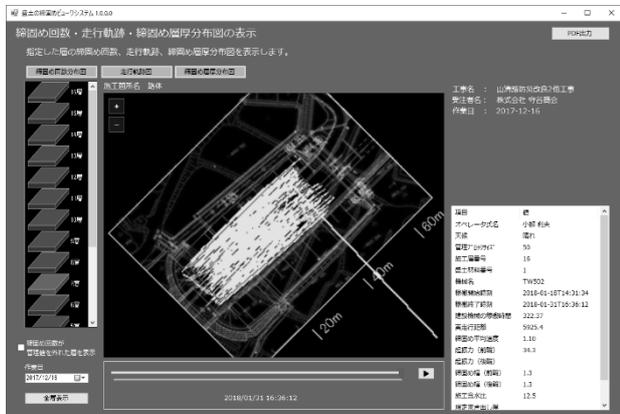


図-5 締固め走行軌跡図の2D表示画面

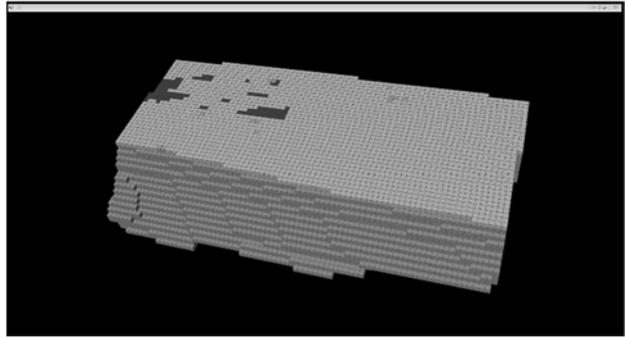


図-6 締固め層厚分布図の3D表示画面

数分布図、走行軌跡図、締固め層厚分布図を表示、帳票のPDF出力に加えてボクセルモデルによる3次元表示を可能とした。また、ビューワは、ブルドーザ及び振動ローラに対応するものとした。**図-3**にXMLファイルチェック画面、**図-4**に締固め回数分布図の表示画面、**図-5**に締固め走行軌跡図の表示画面、**図-6**に締固め層厚分布図の3D表示画面を示す。

(3)ビューワに関する監督等職員へのヒアリング

当該ビューワの使用が想定される、工事の監督等の経験のある検査官にヒアリングを行った。ヒアリングで得られた主な意見を**表-1**に示す。

表-1 主な意見・要望

No	意見・要望
1	時系列で全層分の走行軌跡、回数分布の情報を重ね合わせて見られると、監督作業の効率化につながる。現在は5分単位で閲覧しているため、ここを動画で確認できるとよい。
2	3次元のボクセルをクリックして、実際の転圧回数を確認できる機能があると良い。
3	出来形を3次元表示する機能があると良い。
4	データチェック画面の要素/属性は右側に、データの内容を左側に表示したほうがよい。
5	建設機械が走行するに従い、メッシュが塗られていくのが時系列で確認できるとよい。
6	背景図面を3次元オブジェクト上に表示する機能があると良い。

[成果の活用]

ICT施工により得られる施工履歴データの精度検証方法と検証の結果については、要領にかかる施工会社等からの問い合わせ対応に活用していく。また、ビューワについては、ヒアリングでの意見やデータ標準の修正等への追加的対応を行い、令和2年度の活用試行に向けて、地方整備局へ提供する予定である。

# 道路トンネルの要求性能及び維持管理に関する調査検討

Study on required performance and maintenance of road tunnel

(研究期間 平成 27～30 年度)

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

室長  
Head  
主任研究官  
Senior Researcher  
研究官  
Researcher

七澤 利明  
NANAZAWA Toshiaki  
森本 和寛  
MORIMOTO Kazuhiro  
上原 勇気  
UEHARA Yuki

The purpose of this research is to improve the efficiency of maintenance including periodic inspections and securing the safety of users in the event of a fire in a tunnel. For this purpose, the authors analyzed tunnel inspection results and analyzed smoke behavior in the tunnel.

## 〔研究目的及び経緯〕

道路関係法令の改正により、平成 26 年度から、トンネル等の道路構造物について 5 年に 1 度の定期点検が義務付けられたことを踏まえ、本研究では定期点検を含む維持管理の効率化に関する研究・検討を行っている。

また、近年の自動車の排出ガス削減に伴う換気施設の減少や、海外で発生した重大な火災事故に関する知見及び新技術の開発状況等を踏まえて、トンネル内で火災が発生した際の利用者の更なる安全性確保に関する研究・検討を行っている。

本年度は、平成 26 年度～平成 28 年度に国管理の道路トンネル（山岳工法のトンネル（n=954））で実施した定期点検<sup>1)</sup>の結果から、変状の特性に関する分析を実施した。また、道路トンネル内で火災が発生した際の煙挙動について縦断勾配や歩行速度を考慮した試算を行い、避難環境への影響について分析を実施した。

## 〔研究内容〕

### 1. 道路トンネル定期点検結果の分析

トンネルの施設単位の健全性の割合を図-1 に示す。健全性 I（健全な状態）と診断された割合が少なく、II（予防保全の観点から措置を講ずることが望ましい状態）と診断された割合が約半数を占めている。また、III（早期に措置を講ずべき状態）及びIV（緊急に措置を講ずべき状態）の合計も全体の約半数弱を占めていることが確認でき、総じてトンネルの施設単位の健全性が悪いと見受けられる結果となっている。しかし、変状区分（変状現象の要因を外力、材質劣化、漏水の

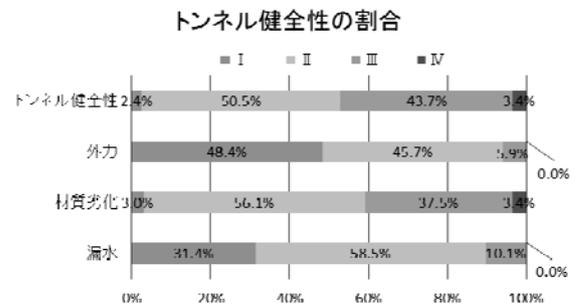


図-1 トンネルの健全性割合

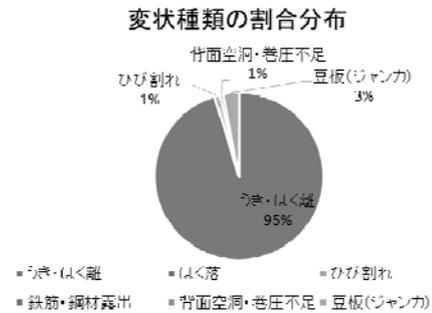


図-2 変状種類の割合分布(材質劣化かつ健全性Ⅲ・Ⅳ)

3 種類に区分したもの）毎に分類すると、外力や漏水と比較して材質劣化における II、III または IV の割合が大きく、トンネルの健全性が材質劣化による影響を大きく受けていることが確認できる。ここで、材質劣化により III または IV と診断されたトンネルに発生した実際の変状を代表的な 6 種類に分類すると（図-2）、うき・はく離が全体の 95% を占めていることが確認できた。

※本報告は平成 29 年度から平成 30 年度へと継続して実施した研究の成果を平成 30 年度研究成果としてまとめたものである。

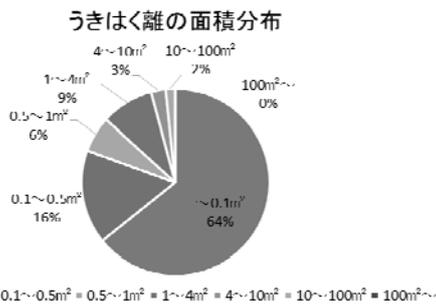


図-3 うき・はく離の面積分布（健全性Ⅲ・Ⅳ）

さらにうき・はく離を面積毎に分類すると（図-3）、 $0.5\text{m}^2$ 以内のうき・はく離が全体の約8割を占めていることが確認できた。うき・はく離は変状の状態（閉合ひび割れの有無等）や発生した位置（天井アーチ部等）によっては、利用者被害に繋がるおそれがある。

これらのことから、トンネルにおいては構造安定性の観点よりも利用者被害の観点から施設としての健全性の診断に大きく影響していることが確認できた。

## 2. トンネルにおける煙挙動の把握

縦断勾配の違いによる煙挙動を、既往の火災実験の結果との適合性が確認されている数値解析手法により試算した（図-4）。火災規模等は既往の知見を参考にしているが、主な試算条件は以下のとおりである。

- ・ 縦断勾配：0, 2.5%
- ・ 構内風速：0m/s
- ・ 火災規模：30MW（大型車火災に相当）
- ・ 試算時間：火災発生後10分  
（既往の知見より、火災発生後火勢が拡大するまでの時間として設定）

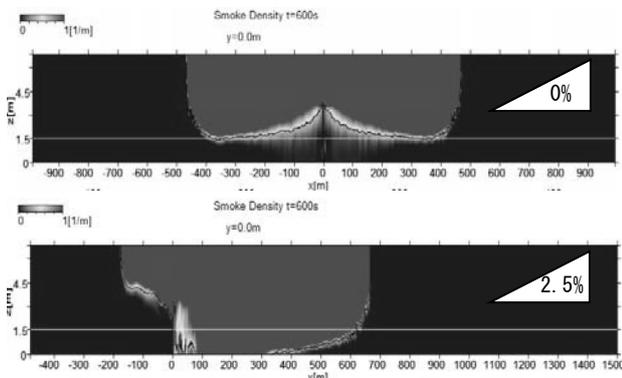


図-4 縦断勾配と煙挙動の変化

図-4より、縦断勾配が0%の時には、煙は成層流を維持し、縦断方向に等長に拡散していくことが確認さ

れた。一方、縦断勾配2.5%の場合は、勾配の上側に煙が拡散していき、火災発生地点遠方への拡散速度が速くなることが確認された。

この結果と、利用者の歩行速度との比較から、火災発生地点の近傍にいる利用者の避難環境について検討を行った。検討にあたっては既往の知見等を参考に、見通し距離を示す煙濃度に関する指標であるCs濃度（減光係数、単位 $\text{m}^{-1}$ ）を避難環境に関する評価指標とし、歩行者位置で煙濃度が指標値（0.4）に達するまでの避難開始地点からの歩行者の移動距離を比較した。解析結果から、縦断勾配が0%に対し2.5%では移動距離が約3割程度となり、縦断勾配が移動距離に大きな影響を及ぼしていることが確認された。これは、縦断勾配に応じて煙が拡散する速度が速くなることにより、1.5m高さ地点（利用者の目の高さを想定）での煙の先端が避難中の歩行者に追いつくまでの時間が短くなることを意味している。したがって、縦断勾配が厳しい条件においては、非常用施設の設置等に関して以下の検討を行うこと等により、利用者の避難環境の確保・向上を図っていくことが考えられる。

- ・ 移動距離の低減（非常口間隔を密にする等）
- ・ 避難開始時間の前倒し（火災発生時の利用者への迅速な周知等）
- ・ 歩行速度の向上又は低下の抑制（誘導表示を密にする等）
- ・ 縦断勾配による煙の拡散の偏りの解消（排煙設備の高度な操作による煙の制御等）

### 【今後の課題】

定期点検結果の整理・分析を進め、定期点検の合理化に向けた検討を引き続き行っていく必要がある。

また、近年の国内外のトンネル内火災の発生状況等を踏まえ、利用者の安全性向上が必要なトンネル条件について整理を実施する必要がある。

### 【成果の発表】

各種論文等で発表した。

### 【成果の活用】

道路トンネル定期点検要領や道路トンネル非常用施設設置基準・同解説の改定に反映された。

### 【参考文献】

- 1) 国土交通省 道路局：道路トンネル定期点検要領 平成26年6月

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

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

(研究期間 平成 29～30 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

渡邊 一弘  
WATANABE Kazuhiro  
木村 一幸  
KIMURA Kazuyuki

As one means of natural slope measures, the entry to the section is prohibited based on the weather condition and the road condition. With regard to “pre-passing regulations”, in recent years changes in meteorological conditions and the accuracy of observation methods have improved, so we examined the introduction of a radar rain gauge and the application of a new rainfall index.

## 〔研究目的及び経緯〕

盛土・切土・軟弱地盤対策工・自然斜面对策工の要求性能及び基準体系に関する調査検討において、特に自然斜面对策の 1 つとして、大雨や台風による土砂崩れや落石等の恐れがある箇所については、過去の記録などをもとに規制の基準等を定め、災害が発生する前に通行止めなどの規制を実施し、道路利用者の安全を確保する事前通行規制を実施している。しかし、近年の増加傾向にある短時間・局地的な集中豪雨への対応など課題も多い。このため、雨量観測の精度向上を目的としてレーダー雨量計の適用性を検討するほか、通行規制基準のもととなる新たな雨量指数について調査検討を行うものである。

## 〔研究内容及び研究成果〕

### 1. 事前通行規制におけるレーダー雨量の適用性

直轄国道の事前通行規制区間 175 区間 (H26.4 時点) について検討を行った。事前通行規制区間には基準となる実測雨量観測所が 1 箇所以上設置されている。事前規制区間は 1 区間あたり 0.5km～26km であり、1 基当たりがカバーする範囲は概ね 5km となる。そのため、観測精度の向上として、区間を代表観測所で評価する「点」での降雨データの取得から、区間全体をレーダー雨量により「面」での降雨データの取得について検討した。

レーダー雨量を活用することで、実測雨量計を密に設置するものと同程度の精度であることを確認が出来れば、省コストで精度が高い観測が可能となると共に、事前通行規制区間外を含む周辺地域の降雨量の把握も可能となる。

今回の検討にあたり道路管理者で取得できる特徴の異なる 2 つのレーダー雨量 (表-1) について、175 区間のうち「被災の実績」有するもの、ある程度の「区間延長」を有するもの、降雨特性における「地域」の偏りなどを考慮し、30 区間を抽出し検討を行った。

表-1 レーダー雨量計の特徴

	XRAIN	レーダー雨量解析
所管	国土交通省(河川局)	国土交通省(気象庁)
名称	合成レーダー雨量	解析雨量
雨量計	CバンドMPレーダー+XバンドMPレーダー	Cバンドレーダー+地上雨量計(補正)
解像度	250mメッシュ	1kmメッシュ ※5kmメッシュは1kmメッシュを換算
配信時間	1～2分遅れ	30分更新(15分速報値)
予想	なし	あり(6時間後) ※5kmメッシュ15時間後
エリア	北海道除く(17.8現在)	全国
特徴	MP化+雨量算定アルゴリズムにより算出。地上雨量計の補正を必要としない	気象庁・国交省レーダー+気象庁・国交省・都道府県地上雨量計によりレーダー雨量で面的にとらえ地上雨量で補正

検討手法としては各区間において検証期間内の降雨を一連の降雨に整理したうえで、実測雨量と解像度 (250m、1km、5km メッシュ (図-1)) の異なるレーダー雨量について累計雨量の相関を分析した。(図-2、表-2)

検証期間については、レーダー解析雨量は 2006/1～2017/12、XRAIN 2016/7～2017/11 とし、一連の降雨については、前後に 24 時間以上の無降雨期間があるひとまとまりの降雨とした。なお、事前通行規制区間の運用では、一連の降雨の間隔は 3 時間 2mm/h 以下としているが、後述する新たな雨量指数の検討 (断続で続く長雨などを評価) との関係から、本検討においては無降雨期間を 24 時間以上としている。

※本報告は平成 29 年度から平成 30 年度へと継続して実施した研究の成果を平成 30 年度研究成果としてまとめたものである。

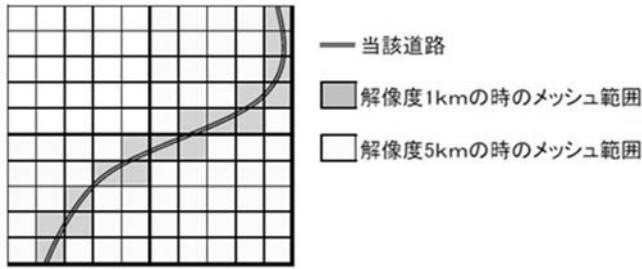


図-1 解像度のイメージ (メッシュ割図の作成)

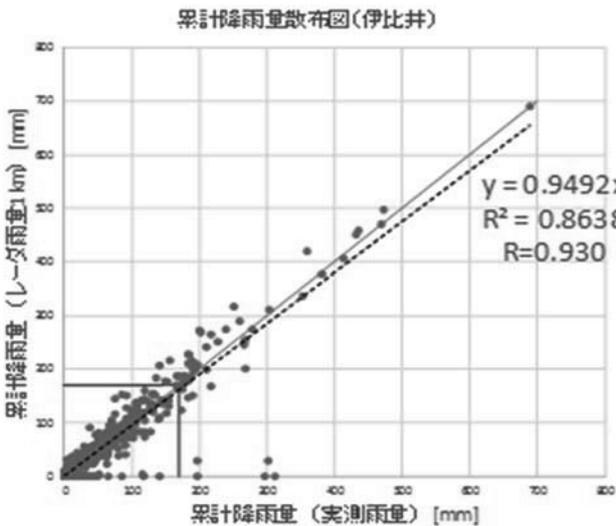


図-2 事前通行規制区間のレーダー雨量 (1km メッシュ) 平均累計降水量と実測雨量の散布図例

表-2 各雨量規制区間のレーダー雨量との相関結果

番号	事前通行規制区間名	区間延長 (km)	250mメッシュメッシュ数	1kmメッシュメッシュ数	5kmメッシュメッシュ数	観測所数	1kmメッシュ(平均)と実測雨量との相関係数	1kmメッシュ(平均)と実測雨量との相関傾き	5kmメッシュ(平均)と実測雨量との相関係数	5kmメッシュ(平均)と実測雨量との相関傾き	250mメッシュ(平均)と実測雨量との相関係数	250mメッシュ(平均)と実測雨量との相関傾き
1	日の出	17.7	95	23	5	1	0.844	0.875	0.851	1.037		
2	金山(北海道)	12.0	67	17	3	1	0.954	1.161	0.961	1.325		
3	金山(山形)	4.7	41	8	2	1	0.956	0.897	0.947	1.006		
4	横川	15.6	71	17	2	1	0.958	0.972	0.951	1.184		
5	野平	17.7	100	28	4	6	0.958	1.165	0.948	1.348		
6	大巻水	4.8	21	5	1	1	0.932	0.896	0.924	1.067		
7	方沢	4.8	19	5	2	1	0.950	0.870	0.956	0.995		
8	古藤敷	2.4	13	4	2	1	0.974	1.138	0.968	1.292		
9	栗山	4.5	22	6	2	1	0.972	0.949	0.978	1.115		
10	上原生	11.4	58	14	4	2	0.984	1.050	0.978	1.198		
11	馬山	11.4	44	14	4	3	0.985	0.870	0.980	0.985		
12	小山	6.2	34	8	2	5	0.939	0.999	0.923	1.155		
13	大比田	10.7	61	14	3	2	0.955	1.199	0.949	1.479		
14	小浜	5.0	26	7	1	1	0.899	0.975	0.890	1.182	0.924	0.775
15	木戸山	4.0	22	5	1	1	0.985	0.965	0.974	1.065	0.886	0.922
16	藤折	4.4	20	4	2	1	0.924	1.066	0.922	1.226	0.948	0.965
17	柳井	1.2	7	2	2	1	0.968	1.032	0.968	1.158	0.964	1.450
18	高崎	0.5	4	2	1	1	0.986	1.086	0.981	1.225	0.957	1.525
19	三原上	8.7	43	8	2	1	0.975	0.962	0.966	1.083	0.768	0.726
20	横倉	20.3	96	24	5	1	0.984	1.015	0.978	1.280	0.941	0.427
21	福井	10.1	54	11	3	4	0.968	1.000	0.968	1.183	0.978	1.088
22	佐賀井	8.9	54	15	4	1	0.968	1.174	0.952	1.415	0.842	1.120
23	四家	1.5	10	3	1	1	0.983	1.043	0.981	1.210	0.939	0.756
24	庵ヶ水	11.3	53	15	2	1	0.991	1.019	0.995	1.236	0.984	0.802
25	雲仙	8.2	29	6	2	1	0.966	0.866	0.964	1.063		
26	藤葉	3.3	10	2	1	1	0.993	1.091	0.989	1.205	0.927	1.222
27	八木山	2.4	14	4	2	1	0.829	0.844	0.825	0.988	0.967	1.327
28	伊比井	4.5	27	6	2	1	0.930	0.949	0.921	1.071	0.854	0.604
29	宮瀬 - 風田	11.2	63	13	3	3	0.984	1.063	0.973	1.260	0.823	0.589
30	国領	10.4	54	13	3	2	0.935	0.940	0.927	1.125		

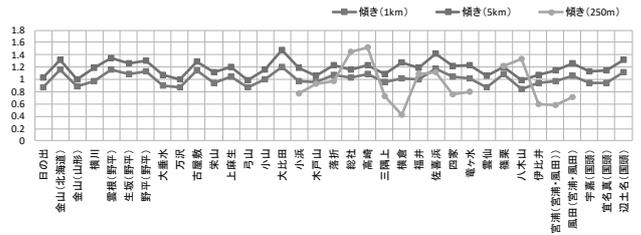
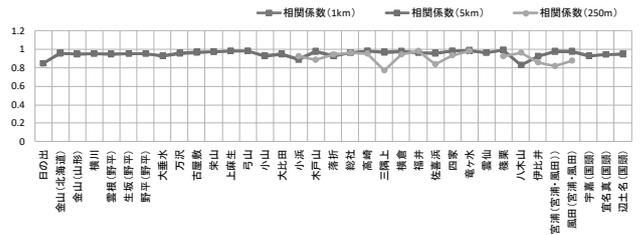


図-3 レーダー雨量および実測雨量の累計降水量の相関係数(上)及び傾き(下)

実測雨量と解像度の異なるレーダー雨量との相関分析の結果について以下に示す。

- 地上の実測雨量で補正される 1km メッシュレーダー雨量と 5km メッシュレーダー雨量については、ほとんどの区間で実測雨量と高い相関(相関係数 0.9 以上)を示している。(図-3 (上))
- 地上の実測雨量で補正されない 250m メッシュレーダー雨量については区間によっては実測値と多少のばらつきが有る。(図-3 (上))
- 事前通行規制区間延長や、対象となるメッシュ数による相関低下は今回の区間では確認できなかった。
- 5km メッシュレーダー雨量は 1km メッシュレーダー雨量から気象庁の作成方法にない算出している。5km メッシュレーダー雨量は、1km メッシュレーダー雨量より安全側に算出されるため、その結果は傾きにも現れている。(図-3 (下))
- レーダー雨量 (250m メッシュ) については傾きに傾向は無く、実測雨量観測所と C・X バンドレーダー観測所からの距離による精度低下を確認したが相関は確認できなかった。

次に事前通行規制区間において、「点」である実測雨量と「面」であるレーダー雨量について降雨状況の相違を確認するため、選定した 30 区間の 1km メッシュレーダー雨量を用い、事前通行規制区間を構成する 1 メッシュ毎の累計降水量について実測雨量との比較を行った。

分析の結果について以下に示す。

- 降雨ごとに分布傾向は異なるが、同一の事前通行規制区間内においても、メッシュ単位で累計降雨

量がそれぞれ異なる。(図-4)

- ・降雨規模が大きいと各メッシュ間で累計降雨量に降雨量 200mm 当たり 50mm 程度の差異が出る箇所もある。
- ・各メッシュの累計雨量と実測雨量の相関は概ね高い結果が得られたが、近似式の傾きにはバラツキがあり、また規模の大きい降雨の場合は累計雨量に大きな差異が発生することも確認された。

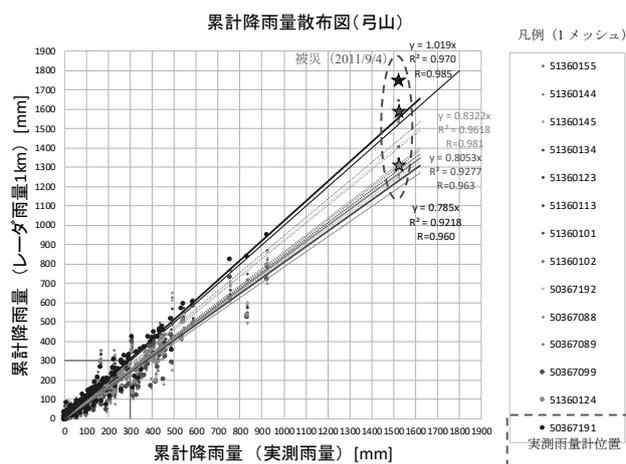


図-4 1メッシュ毎のレーダー雨量と実測雨量の累計雨量散布図例

また、事前通行規制区間において特徴的な降雨特性があるか確認するため、選定した30区間の「被災した降雨」、「基準雨量を超過した降雨」における一連の降雨について、メッシュ割図(1kmメッシュ)を基に累計雨量による降雨分布図を作成し確認した(図-5)。

確認の結果について以下に示す。

- ・降雨イベントごとに累計雨量の分布傾向は異なり、ある一定メッシュが常に降雨が多いといった偏りは認められない。
- ・降雨イベントごとに降雨分布には空間的なばらつきがあることから、実測雨量観測所が必ずしも区間を代表する降雨とは限らない。(図-5 NO.208, 266)
- ・降雨分布図を集計し累計分布図を作成したが、事前通行規制区間周辺で累計雨量が多い地区や、山地の縁辺部で累計雨量が多い地区も認められる区間もあるが、一連の降雨の集計ではなく、特定の降雨のみの集計のため、規模の大きい降雨の影響が大きいことから、地形要因等による特定の地域に雨が降りやすいか否かなどの降雨特性については引き続き調査が必要である。(図-5(右下)累計降雨分布図)

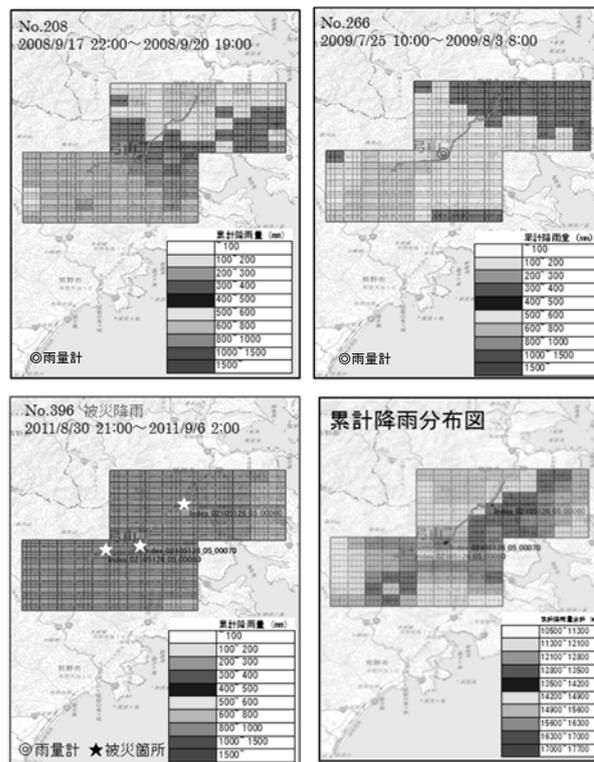


図-5 一連の降雨累計分布図例

これまでの結果から新たなデータ収集方法として、レーダー雨量の適用性について以下にまとめる。

- ・一連の降雨累計分布図などから、事前通行規制区間における降雨分布は一様で無く、実測雨量計が必ずしも区間を代表するとは限らないことから、レーダー雨量による補完が望ましい。
- ・適用するレーダー雨量については解像度を分析した結果から、レーダー解析雨量が地上雨量計での補正もあり相関が高い。事前通行規制区間へ適用については1メッシュ毎の累計降雨量と実測雨量の比較において路線の再現性が高い1kmメッシュ、事前通行規制区間外も含む広域監視については、土砂災害警戒基準の算定根拠となっている5kmメッシュの適用が考えられる。
- ・XRAINは特徴であるリアルタイムな情報収集のリットがあるが、観測地点によってはバラツキがある。また、250mメッシュとなるとデータ量が膨大になり今回の検証期間も短くなった。特長を生かした適用についてはさらに調査が必要である。
- ・レーダー解析雨量は特徴である実測雨量の補正によりタイムラグが発生する。一方で降雨予測(6時間先)が可能となっており、道路管理体制(注意体制、警戒体制、解除)への利用や、精度の高い道路利用者及び地域への情報提供も可能となる。(例：土砂災害警戒情報の避難勧告では2時間先

までの予測値が土砂災害警戒情報の判断基準以上となる場合に発令している。)

## 2. 道路管理における土壌雨量指数の適用の調査

1. で抽出した降雨データを基に複数の被災箇所を有する7区間を選定し、「国土交通省砂防部と気象庁予報部の連携による土砂災害警戒避難基準雨量の設定手法(案)」に倣い、土壌雨量指数の適用について検討を行った。

設定手法(案)では短期降雨指数である60分間積算雨量と長期降雨指標である土壌雨量指数(地下への浸透を評価したタンクモデル)の2指標の組み合わせ(スネーク曲線)から基準を設定し、基準線(土砂災害発生基準線)は過去の災害の非発生降雨を用いて設定した災害が発生する危険性が低いとされる安全領域と、過去の災害発生状況を総合的に判断して設定している。なお、算定で対象とする災害規模は、設定手法(案)では、土石流や集中的に発生するがけ崩れを対象としているが、本検討では道路災害で発生する単発的な「表層崩壊」も対象とし分析を行った。

分析の結果について以下に示す。

- ・災害を捕捉できるように土砂災害発生危険基準線(CL)の設定を捕捉率100%となるように設定したが、降雨ピーク後に発生し本手法では評価が難しい災害もあり課題を残した。
- ・土壌雨量指数下限値の設定においては、各区間の災害数が少なく、少ない事例をもとにした下限値が設定されることとなり、下限値の設定に当たって課題を残した。(図-6)

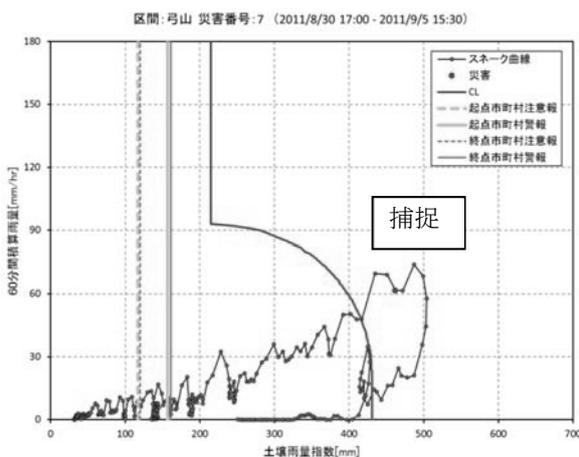


図-6 スネーク曲線と基準曲線の設定例

また、新たな雨量指数に基づく事前通行規制を実施した際には、解除するための基準も必要となる。直轄国道での連続雨量における解除基準は3時間2mm/h以下としている。これは、道路利用者、地域活動への影響も考慮した運用である。このため、基準雨量を超過した降雨から、時間雨量、土壌雨量指数との時系列の関係を整理し解除を判断する材料の抽出を行った。(図7)

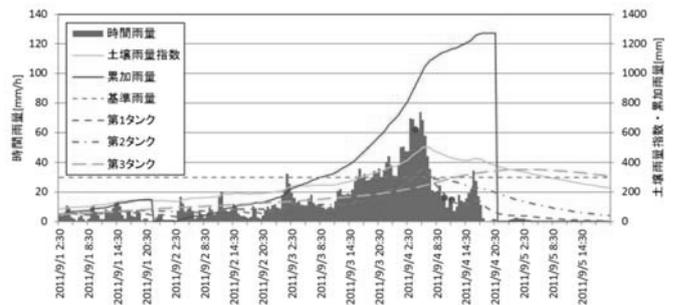


図-7 時間雨量、及び土壌雨量指数及び各タンクモデルのグラフ例

図-7の様に連続雨量では降雨が3時間2mm/h以下でリセットされる。しかし土壌雨量は高い位置にあり解除のタイミングを判断するには難しい。そこで、土壌雨量を構成する3つのタンク(「表面流出」第1タンク、「表層浸透流出」第2タンク、「地下水流出」第3タンク)別に確認するが、表層崩壊に係わると考えられる第2タンクを中心に見ても適切な解除のタイミングが判断できる材料が少なく解除の基準についても課題を残す結果となった。

## 3. まとめ

事前通行規制におけるレーダー雨量の適用について今年度の検討結果について整理する。

事前通行規制におけるレーダー雨量の適用については、実測雨量の補完として、区間全体の降雨状況を把握出来るレーダー解析雨量の導入するメリットは高い。また、レーダー解析雨量の特徴である降雨予測は管理体制の構築、情報提供への活用期待できる。

道路管理における土壌雨量指数の適用については、小規模な降雨で発生する災害への対応、検証材料となる災害が少ない中でのCL設定方法の確立、解除基準の検討について引き続き検討が必要と考える。

### [成果の活用]

事前通行規制基準への反映予定。

領域5：美しい景観と快適で質の高い道空間を創出する

# 地域・住民との協働による効果的な道路環境保全の実現に向けた検討

Research on Implement of the Conservation Measures of Road Environment with Civic Collaboration

(研究期間 平成 29～30 年度)

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

室長  
Head  
主任研究官  
Senior Researcher  
研究官  
Researcher

間渕 利明  
MABUCHI Toshiaki  
大城 温  
OSHIRO Nodoka  
長濱 庸介  
NAGAHAMA Yosuke

In this study, case studies and interview survey were conducted on actual situation of activities regarding collaboration between river / road administrator and civil society. And we thought about effective conservation measures of road environment with civic collaboration.

## 〔研究目的及び経緯〕

行政サービス及びそのニーズが多様化・複雑化する一方、道路構造物の維持管理費用の増大により維持管理費用の確保が厳しい状況であるため、継続的な維持管理が必要な環境保全対策のすべてを道路管理者だけで維持し続けることは難しい。

そこで、地域の共有財産である道路の環境保全について、保全内容や地域の状況を踏まえ、地域・住民との協働による保全対策を検討する必要がある。

## 〔研究内容〕

平成 30 年度は、道路事業における地域・住民との協働による自然環境保全を実施する際の留意点を整理した。そして、道路事業における地域・住民との協働による自然環境保全手法を検討した。

## 〔研究成果〕

### 1. 地域・住民との協働により自然環境保全を実施する際の留意点の整理

過年度に実施した、道路事業や河川事業等における地域・住民との協働に関する事例収集の結果及び関係者（道路管理者、河川管理者又は活動団体）へのヒアリング調査結果等から、道路管理者が自然環境の保全対策を地域・住民との協働により持続的に実施する際の留意点を整理した（表-1）。

なお、留意点の整理は、地域・住民との協働体制の構築に関するスキーム（図-1）を組み立てた際に明らかとなった、協働において重要な要素である「活動のモチベーション」、「活動の中心主体」、「活動の資源」の観点から実施した。

表-1 道路管理者が自然環境の保全対策を地域・住民との協働により持続的に実施する際の留意点

項目	概要
活動のモチベーションをどうつくるのか	地域の思いを反映した計画とし、親近感、興味、誇り等を持ち、仲間と共に活動する場として達成感を共有する
活動の中心となる主体をどう見つけるのか	多くの主体と意見交換・連携を行いながら中心となる主体を探す
活動の資源をどう確保するのか	「人的資源」「物的資源」「活動拠点や資金」が、持続可能な体制の構築をサポートする

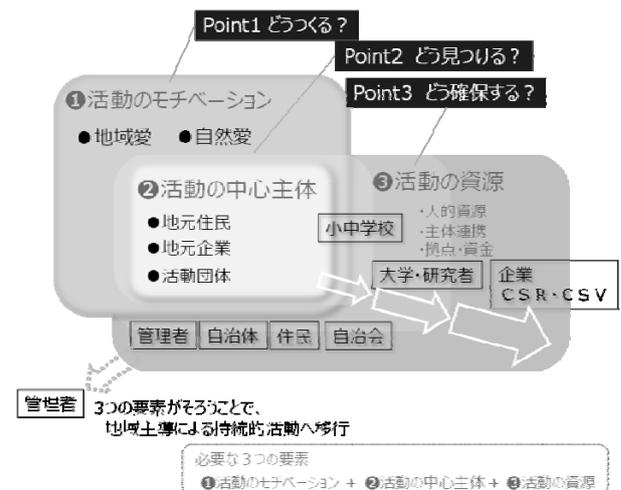


図-1 地域・住民との協働体制の構築に関するスキーム

## 2. 道路事業における地域・住民との協働による自然環境保全手法の検討

これまでに実施した、道路事業や河川事業等における地域・住民との協働に関する事例調査及びヒアリング調査、並びに地域・住民との協働により自然環境保全を実施する際の留意点の整理結果を踏まえ、主に以下の観点から検討した。

### (1) 地域・住民との協働で得られるメリット

地域・住民と協働の取組みを開始しようとする場合、関係者が増加するため、一見すると事業者単独で自然環境保全を実施したほうが進めやすいように感じられる。しかし、地域・住民が関わることで、事業自体への理解促進、地域の思いを踏まえた効果的な保全の実施、供用・維持管理段階における継続的な自然環境保全の実現等、協働により得られるメリットが大きいものと考えられた(図-2)。

### (2) 協働体制を構築するためのポイント

持続的かつ安定的な地域・住民との協働体制を構築するためのポイントは、「①活動のモチベーション」、「②活動の中心主体」、「③活動の資源」の3点が重要と考えられた。これらの3つのポイントが揃うことにより、地域主導による持続的活動に繋がることが期待される。さらに、道路事業者がこれらの3点をどのように組み立てることができるかという点も重要であるものと考えられた。

### (3) 地域・住民との協働による自然環境保全の進め方

地域・住民との協働体制を構築し実行していくためには、事業段階別にどのような取組みが必要であるのかを明らかとするため、地域・住民との協働による自然環境保全の進め方について、地域・協働の実施が期待できる保全対策別に整理した(図-3、図-4)。

### [成果の活用]

本研究成果は「道路事業における地域・住民との協働による自然環境保全に関する手引き」としてとりまとめ、道路管理者が効率的かつ効果的な道路環境保全を検討する際の基礎資料として活用する予定である。



図-2 地域・住民との協働で得られるメリット

段階	協働による取組み (イメージ)	
構想・計画		■移植先・移植手法・対象種等について、多様な主体でコミュニケーションを取りながら検討を進める(検討会の立ち上げ等、協働体制の構築)
事業実施		■移植作業やモニタリング、除草等の維持管理作業を協働で実行する。地域団体等との協力で、維持管理やモニタリングの頻度を上げる等、きめ細やかな対応が可能になる。
供用・維持管理		■道路供用後の維持管理作業を地域主導で実行する。地域団体等の活動を通じて継続的な取組みをめざす。

図-4 事業段階別の自然環境保全の取組み例(植物の移植)

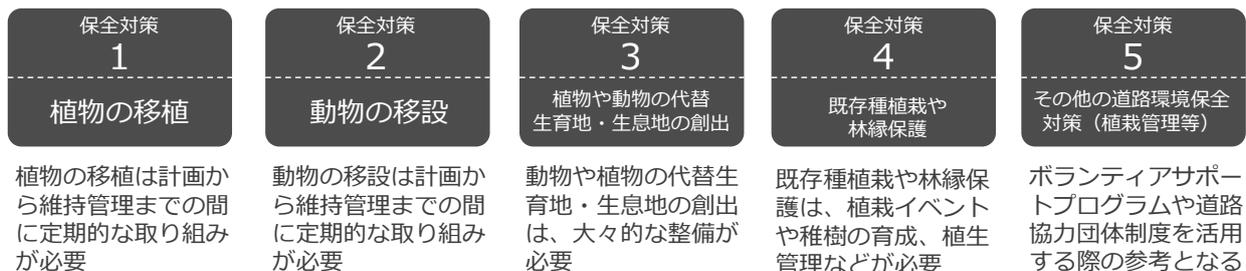


図-3 道路事業における自然環境保全において地域・協働の実施が期待できる保全対策

# 沿道と道路空間の一体的な利活用の推進に関する検討

Study on Promotion of Integral Utilization of Road Space and Private Land

(研究期間 平成 30～令和元年度)

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

室長  
Head  
主任研究官  
Senior Researcher  
研究官  
Researcher

間渕 利明  
MABUCHI Toshiaki  
小栗 ひとみ  
OGURI Hitomi  
長濱 庸介  
NAGAHAMA Yosuke

In order to make the best use of the road space according to the needs of the area, integrated use of the road and private land is required. The purpose of this research is to organize measures for developing diverse utilization by integrating road and private land, and to create technical data for the implementing agency.

## 〔研究目的及び経緯〕

より一層魅力的な道路空間を創造し、地域のニーズに応じた最大限の活用を実現するために、道路と沿道の民間所有地との一体的利用による「道路空間の利活用の更なる高度化」が求められている。高度化を推進するためには、道路特性や沿道特性に応じ、利活用の持続性も考慮した空間利用・利活用展開方法に関する情報の共有化が必要である。

そこで、本研究では、道路と民間所有地との一体的利用により多様な利活用を展開するための取組み方策（空間の利用方法、利活用メニュー、取組みプロセス・効果、持続性を確保するための方法等）を整理し、実施主体向けの技術資料を作成するものである。

## 〔研究内容〕

道路を含むまちづくり活動に取り組んでいるエリアマネジメント団体等とその所在地の地方公共団体を対象として、道路と民間所有地との一体的利用に関する実態調査を行い、38事例について活用している空間の構成、利活用内容、適用制度、実施体制等の基礎情報を収集

した。それらの情報をもとに、一体的利用が行われている空間構成タイプを、道路特性、沿道特性等に注目して分類し、タイプに応じた利活用メニューを整理するとともに、計画から実施に至る取組みプロセスについて分析を行った。

## 〔研究成果〕

### 1. 一体的利用における空間構成タイプと利活用メニュー

#### (1) 空間構成タイプ

一体的利用における空間構成タイプ（空間の使われ方）は、道路横断方向の断面構成に着目した道路空間タイプ（表-1）と、民間所有地の空地部分に着目した民地敷地タイプ（表-2）の組合せにより分類した。民地敷地タイプA・Bは、比較的大規模な空地で広場的な活用が可能となるのに対し、C・D・Eは面積が小さく線的あるいは点的な活用が想定される。そこで、民地敷地タイプを大規模型（A・B）と小規模型（C・D・E）の2通りに分け、道路空間タイプとの組み合わせによる空間構成タイプ（16タイプ）を模式的に整理した（図-1）。

表-1 道路空間タイプ

道路断面	区分	幅員	占用位置	タイプ
複断面	歩道	広い (有効幅員3.0m以上)	車道側	1
			民地側	2
		狭い (有効幅員3.0m未満)	車道側	3
			民地側	4
	車道	広い(複数車線)	部分	5
			全幅(交通規制あり)	6
単断面	-	-	全幅(交通規制あり)	7
			全幅(交通規制あり)	8

表-2 民地敷地タイプ

沿道の空地(空間)の有無	種別	利用空間	タイプ
あり	街区単位	地区計画や特定街区制度による壁面後退や公開空地等	A
	大規模建築施設単体	総合設計制度による公開空地等	B
	小規模建築施設単体	制度等によらない店舗前の空地	C
	更地	建物がない空地	D
なし	空地(空間)なし	建物内部空間との一体的利用	E

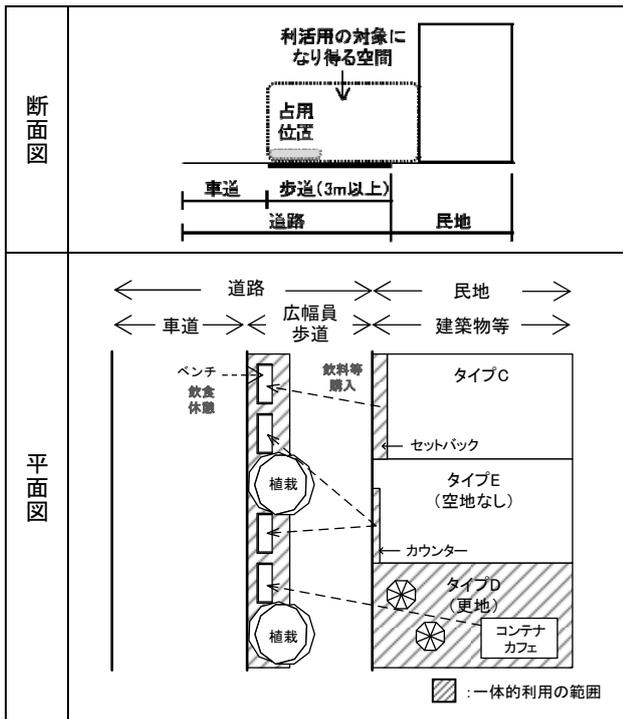


図-1 空間構成タイプの例  
道路空間タイプ1×民地敷地タイプC・D・Eの場合

実態調査では、道路空間タイプ1（広幅員歩道）と民地敷地タイプ大規模型（A・B）および小規模型（C・D・E）の組み合わせ、道路空間タイプ8（単断面道路）と民地敷地タイプ小規模型（C・D・E）の組み合わせに、事例が集中する傾向が見られた。道路空間と民間所有地の一体的利用を図っていく上では、特定の空間構成タイプだけではなく、複数のタイプを組合わせた面的・線的な活動の展開が必要と考えられる。

また、道路空間タイプ5のような車道の部分利用については、国内では社会実験として取組まれている例はあるが、海外においては、米国マウンテンビュー市のフレキシブルゾーン、ニューヨーク市のプラザプログラム等の恒常的な取組みがあり、今後その適用性についても検討していく必要がある。

## （2）利活用メニュー

実態調査における利活用メニューを機能別に整理すると、「経済的な賑わいを創出する利活用メニュー」と「公益的な空間を創出する利活用メニュー」の2つに大別された（表-3）。一般的には、賑わい創出の観点から、経済活動を伴う利活用を想定することが多い。しかし、誰もが無料で心地良く待つことや過ごすことができる空間を創出することは、住みやすさや快適性を向上させる上で重要であり、そういった観点からも一体的利用を進めていく必要がある。

表-3 利活用メニュー

分類	機能	一体的利用における活用メニュー	活動位置	
			道路	民地
賑 経 済 的 な 創 出	飲食機能	オープンカフェ（飲食施設）	○	○
		キッチンカー	○	○
		コンテナカフェ （更地・空地の暫定利用）	—	○
空 間 的 な 創 出	購買機能	購買施設（歩道内建築物）	○	—
		マルシェ（歩道・民地）	○	○
	自転車 レンタル機能	サイクルポート（歩道・民地）	○	○
公 益 的 な 創 出	交流機能	各種イベント場所としての利用 （道路・民地）	○	○
		休憩スペース・待合スペース （歩道・民地）	○	○
	休憩機能	パークレット（車道）	○	—
	通路機能	歩行者通路（民地内）	—	○

## 2. 一体的利用の取組みプロセス

実現に向けた取組みプロセスは、企画段階、初期合意形成段階、検証段階、本格運用準備段階、本格運用段階の5段階のプロセスを経ていることがわかった。道路空間の活用を図るための手順は、従来の道路空間のみの利活用と同様であるが、一体的利活用では、民地側の空間活用を図るための手順が新たに加わり、民地敷地タイプによって相違がある。公開空地等を利用する民地敷地タイプA、Bにおいては、条例等でその利用が一部制限されている場合があり、その許可を取る等の利用手続きのプロセスが必要になる。また、民地敷地タイプD（更地の利用）では、民地所有者の意向に合わせて利用期間を設定するなど調整が必要になり、借地、活用方法の検討、事業者の募集など総合的なマネジメントを実施できる組織体制の構築も必要になる。

このように空間構成タイプにおいて若干の違いはあるものの、すべてのタイプに共通して重要と考えられるプロセスは、以下の4つに整理することができる。

- ① まちづくりの観点から地域全体の創意を形成するプロセス（発意の過程）
- ② 沿道店舗や商店街組合等との合意プロセス（体制づくり）
- ③ 民地所有者との合意形成プロセス（民地所有者が共感、自分たちの利益になることを理解）
- ④ 民地敷地の利用手続きに関するプロセス（公開空地等利用許可手続き等）

### 【成果の活用】

本研究では、「道路と民間所有地の一体的利用による持続的な利活用の進め方ガイドライン（案）」（仮称）を作成し、実施主体が利活用に取組む際の技術資料として活用を図る予定である。

# 維持、修繕、小規模改築等における景観向上方策の充実に関する検討

Study on Effective Improvement Method for the Good Road Landscape in Maintenance, Repair and Small-scale Reconstruction

(研究期間 平成 29～30 年度)

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

室長  
Head  
主任研究官  
Senior Researcher  
研究官  
Researcher

間渕 利明  
MABUCHI Toshiaki  
小栗 ひとみ  
OGURI Hitomi  
長濱 庸介  
NAGAHAMA Yosuke

This research aims to provide more easy-to-use information on concrete landscape design methods related to road accessories in road maintenance, repair and small-scale reconstruction. The authors analyze effective landscape improvement measures and prepare a collection of ideas and tips for creating a good landscape and environment of the road while keeping costs low.

## 〔研究目的及び経緯〕

インバウンド観光の増加等を踏まえて、道路のデザインへの要請が高まっていることを受け、国土交通省では、平成 29 年 10 月に「道路デザイン指針(案)」の改定および「景観に配慮した道路附属物等ガイドライン」の策定を行った。地域にふさわしい道路空間の実現に向けては、道路附属物等(防護柵、標識・照明柱、視線誘導標等)のデザイン改善が求められている。

そこで、本研究では、「道路デザイン指針(案)」等に示された考え方・方針を踏まえ、供用中の道路における各種事業(維持・修繕、交通安全対策、電線共同溝整備等)の際に、コストを抑えつつ景観向上を実現するための具体的なデザイン手法を、現場で実践しやすい情報として提供するための検討を行うものである。

## 〔研究内容〕

道路の小規模工事・維持管理等における景観向上策のうち、①施設の集約化、整理・撤去、②施設の小型化・小規模化、③暫定供用時の対応、④他の部材や施設による代替を対象として、市街地、郊外部、自然・田園地帯の標準的な道路における具体的な対策メニューを検討した。それら対策メニューについて、景観改善効果を整理した上で、コストの考え方、維持管理の容易さ、安全性との両立に関する分析を行い、景観向上策の有効性を検証するとともに、整備主体へのヒアリングにより実現プロセスについて整理を行った。それらの結果を踏まえ、景観向上策の適用の考え方や具体的な工夫・ヒントをとりまとめた現場技術者向けの

技術資料を作成した。

## 〔研究成果〕

### 1. 道路附属物等を「必要最小限にする」という考え方の提案

道路空間には、多様な主体が設置した様々な道路附属物等が存在する。個々の道路附属物等は小さくても、数が多くなれば、道路景観は雑然とした印象になる。場合によっては、視距が確保しにくくなることや、注視すべき対象が多くなって安全上も問題となることがある。維持管理のための人員・予算が縮減傾向にある現状にあっては、最小限の道路附属物等で必要な機能を満たすという考え方が必要である。道路附属物等を新たに設置する場合には、機能が重複する既設の道路附属物等の撤去や整理を検討し、道路附属物等の総量を抑えることで、維持管理のためのコスト・労力の低減と、景観向上を同時に実現することができる。

### 2. 維持管理における 5 つの基本的手法の提案

維持管理において、景観向上を図る手法としては、「代替」(他の部材や施設に変更する)、「撤去」(重複した施設や機能が発揮されていない施設を取り去る)、「小規模化」(小さく見える工夫を行う)、「整理」(蓄積された数多くの施設を揃え整える)、「集約」(同種、異種の施設をひとつにまとめる)の 5 つの基本的手法がある(図-1)。このうち、「代替」は基本的に道路管理者の判断のみで実施可能であるが、その他の手法では、交通管理者等の複数事業者と合意

形成が必要になる場合がある。手法によって取組みやすさに違いはあるものの、上位計画における位置づけや事務所における指針の策定等、取組む姿勢を組織として明確にすれば、いずれも十分に対応可能である。

### 3. 暫定供用時における景観向上の考え方の提案

道路は、人々が暮らす生活空間の一部である。暫定供用であっても、その期間が長期にわたる場合には、未供用部分も含めて、周辺住民や道路利用者の日常的な景観となることから、完成供用と同様の景観配慮が求められる。暫定供用時の状態は、「A. 区間整備は完了しているが、前後区間が未整備のため使わせない」、「B. 用地買収は完了しているものの、道路工事未着手のため、用地買収した空間を使わせない」、「C. 一部使わせているが、仮設の縮切施設のデザインが粗悪」の3つに整理できる。暫定供用時の基本的な対応は、これら3つの状態に応じて、①空間の積極的な有効利用、②縮切施設等を設置しない、③やむを得ず設置する場合には生活環境維持の観点から景観に配慮する、という3つの段階で考えることを基本とする(図-2)。現状では、③の対応が最も現実的であるが、仮設縮切施設を設置する場合は、景観色の採用など、できるだけ良質な仮設物を使用することや、暫定供用期間が長期に及ぶ場合には、仮設品とのコスト比較を行った上で本設品を積極的に採用することを考える必要がある。

### 4. 維持管理・コストに配慮しながら景観向上を図る具体的な対策メニューの提案

1. ～3. の考え方に基づいて、供用中の道路において各種事業を行う際に、本来機能を満足しつつ、経済性・維持管理性の観点からも有利となり、かつ景観向上も実現する具体的な対策メニューをとりまとめた。

提示した対策メニューは、供用中の道路の維持管理に活用できるもの35事例、暫定供用が一定期間続く場合に活用できるもの12事例の合計47事例である。それぞれについて、景観上の課題、適用の考え方、期待される効果、維持管理性・安全性・経済性の観点からの評価、適用にあたっての留意点等の情報を、適用前後のイメージ画像とともにシートの形で整理した。

#### 【成果の活用】

「維持、修繕、小規模改築等における景観向上のための工夫・ヒント集(仮称)」は国総研資料にとりまとめ、供用中の道路における各種事業の際の道路空間デザインの参考資料として現場での活用を図る予定である。

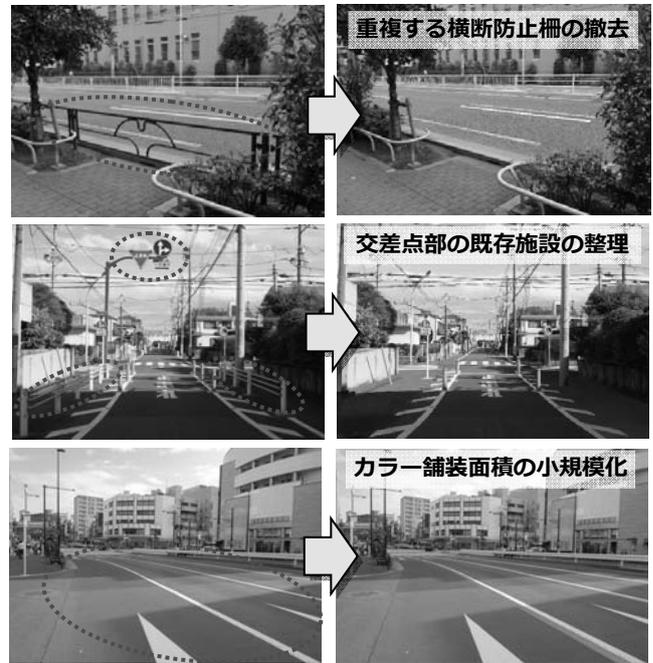


図-1 維持管理における基本的手法の例

出現例	対応例	
<b>B. 用地買収済+未整備</b>	<b>①空間の積極的な有効活用</b> <b>②縮切施設等を設置しない</b> ●何も置かず歩行空間として活用する	<b>③やむを得ず設置する場合</b> ●歩行空間を確保しつつ、分離施設は人が直接触れることを想定した優しい形状にする。

図-2 暫定供用時における対応の例

# 道路空間や地域特性に適応した道路緑化に関する研究

Study on road greening adapted to road space and regional characteristics

(研究期間 平成 29～30 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 舟久保 敏  
Head Funakubo Satoshi  
主任研究官 飯塚 康雄  
Senior Researcher Iizuka Yasuo

This study aims to compile of design and management methods to achieve high-quality road greening adapted to road space and regional characteristics while traffic functions.

## 【研究目的及び経緯】

道路緑化においては、道路空間との適合性や植栽後の維持管理水準の設定が不適切と考えられる事例が見られ、植物の経年的な成長とともに道路利用者の見通しの阻害や通行障害等が発生している。このような状況の中で、平成 27 年 3 月 31 日に改定された道路緑化技術基準においては、道路交通機能の確保を前提として、緑化機能を総合的に発揮できる質の高い緑化を行うことにより道路空間や地域の価値向上を図ることとしている。

本研究では、現行の道路緑化技術基準にも対応した、道路交通機能の確保を前提として道路空間や地域特性に応じた質の高い緑化を行うための設計・管理手法をとりまとめることを目的としている。

## 【研究内容】

### 1. 道路緑化に起因する交通障害と対策手法の検討

道路緑化（樹木）による交通障害（見通し阻害、信号や標識の視認阻害、防護柵との接触、建築限界への越境、照明の照射障害、歩道の不陸、縁石の持ち上げ等）について、現地調査により発生状況を把握した。また、交通障害の改善策を試案するとともに、現場での適用事例を調査した。

### 2. 植栽空間と樹木成長に対応した維持管理方法の整理

道路の植栽空間（地上部及び地下部）において、空間の大きさと樹木が競合する道路標識や道路附属物等との関係を整理するとともに、道路緑化に使用されている代表的な種（高木 21 種）について成長特性を整理した。この結果を基に、街路樹が成長する過程において、道路空間内で交通障害を発生させることなく緑化機能も維持することが可能となる管理方法を検討した。

### 3. 地域特性を活かした道路緑化手法の検討

地域の自然環境、歴史・文化、産業、土地利用等の特性を活かした道路緑化事例を全国から抽出し、アンケートやヒアリング等により道路緑化デザインや特徴等を把

握した。

## 【研究成果】

### 1. 道路緑化に起因する交通障害と対策手法の検討

交通障害は、①見通し阻害、②標識視認阻害、③信号視認阻害、④照明照射阻害、⑤建築限界越境、⑥架空線干渉、⑦防護柵接触、⑧縁石持ち上げ・歩道不陸、⑨歩行者通行障害、⑩隣接公園樹木との競合の 10 タイプが確認された。

交通障害の発生要因は、主なものとして①樹木や道路附属物の配置が不適切、②植栽樹種が道路空間に対して不適合、③樹木の維持管理が不十分ということがあげられた。さらに、この改善策としては、①設計時における交通障害を発生させない植栽配置、②道路附属物との配置調整、③植物の成長特性を踏まえた樹種選定、④維持管理時における適切な樹木剪定や道路附属物の補修等が考えられた（図-1）。

### 2. 植栽空間と植物成長に対応した維持管理方法の整理

植栽空間と競合する道路標識や道路附属物等の配置を整理した結果を図-2 に示す。関連法令においては、道路標識を設置する高さや自転車道の幅員等の一部の施設について具体的な位置や寸法が定められ、その他の施設については管理者が定めている基準・ガイドライン類にて

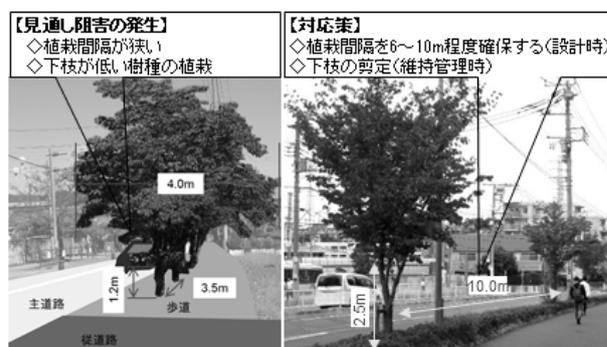


図-1 街路樹による見通し阻害と対策事例

具体的な位置や寸法が定められているものの、平面配置については各施設との調整により決定するといった記述であることが多かった。

樹木成長に対応した維持管理方法を取りまとめるにあたっては、対象種として街路樹で使用実績の多い 21 種を抽出した。

対象種：イチョウ、ソメイヨシノ、ケヤキ、トウカエデ、モジバフア、プラタナス、コブシ、トチノキ、カツラ、ユリノキ、ハナズメ、ナカマド、イロハモジ、クスノキ、ヤマボウシ、クロガネモチ、シラカシ、ヤマモモ、ナンキンハゼ、クロマツ、サルスベリ

上記樹種における樹齢に対する樹木形状（樹高、胸高幹周、枝張り）は、推定樹齢と樹木形状の実測データから成長予測式を導き、植栽 5 年後、10 年後、30 年後、50 年後の大きさを算出した。

これらのデータから、植樹帯幅を 1.5m に設定した道路空間（樹木生育空間）において、対象種毎に経年成長に伴って発生する交通障害の要因と改善方法を整理するとともに（図-3）、成長段階に応じた維持管理計画（改善の時期、方法等）を取りまとめた（図-4）。

### 3. 地域特性を活かした道路緑化手法の検討

道路緑化の事例結果を基に、地域特性を創出するための主な活用目標を以下の 6 区分に分類し、特徴を整理した（写真-1）。

#### ①シンボル

都市のメインストリートにおいて、街路樹が主体となり、道路の連続性や整然とした街並み、隣接する商業施設などとの一体感を形成する。

#### ②季節感

樹木が持つ季節的な変化（新緑、開花、緑陰、紅葉、果実、樹姿）や、雪吊りやイルミネーションといった装飾により、四季の景観を演出する。

#### ③文化・イベント

地域に根付いた文化や地域色あるイベントに配慮した樹種の活用や、植栽配置等により、地域活動との連携を図る。

#### ④歴史性

地域の歴史にはぐくまれた樹木を活用することにより、地域景観との調和を図る。

#### ⑤地域特産物

地域で生産されている特産果実で道路を装飾することにより、地域の産業をアピールするとともに、観光地としての演出を図る。

#### ⑥グリーンインフラ

街路樹としての一般的な機能と併せ、緑地における雨水貯留・浸透や防火（延焼防止）などの防災、花壇づくりを通じた地域活性化などの多機能性を発揮させる。

### [成果の活用]

本研究成果は、図表や写真での解説や事例を加えて、道路管理者が活用できる技術資料として取りまとめる予定である。

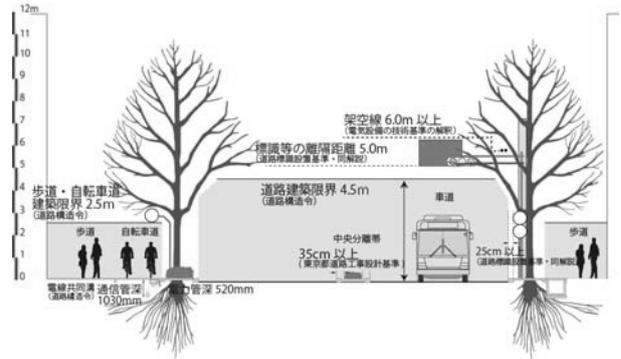


図-2 街路樹と競合する道路標識や道路附属物等の配置

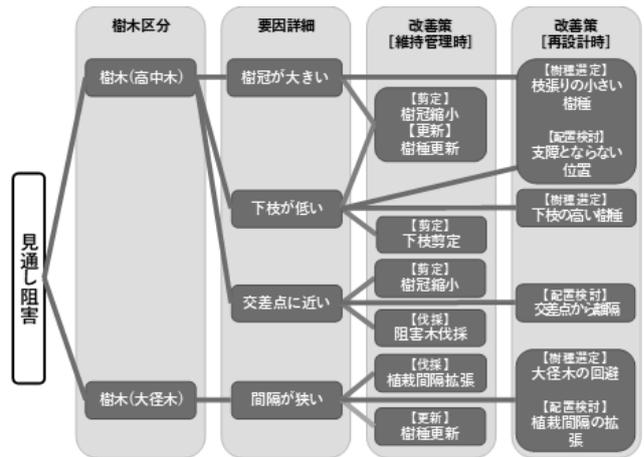


図-3 交通障害の発生要因と改善方法（見通し阻害）

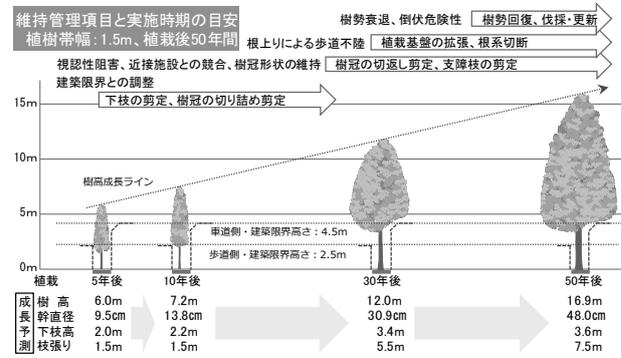


図-4 樹木成長段階に応じた維持管理計画（イチョウ）



写真-1 地域の価値向上・創出を目的とした道路緑化事例

# 道路空間再構築の計画・設計手法に関する研究

Study on planning and design techniques for urban street reconstruction

(研究期間 平成 30～令和元年度)

社会資本マネジメント研究センター  
Research Center for  
Infrastructure Management  
緑化生態研究室  
Landscape and Ecology Division

室長 舟久保 敏  
Head FUNAKUBO Satoshi  
招へい研究員 西村 亮彦  
Visiting Researcher NISHIMURA Akihiko

This study aims to figure out key points for successful planning and design of urban street reconstruction project. In the first year, the authors collect information on 88 domestic street reconstruction projects, in order to carry out analysis of the relationship between their design conditions and spatial features. In order to propose a set of indicators to measure the effectiveness of an urban street reconstruction project, the authors also carry out different kind of surveys on 8 projects, such as interviews, speed measurement and activity observation.

## [研究目的及び経緯]

近年、まちなかの道路空間について、都市再生や中心市街地の活性化、観光振興等の一環として、歩行者中心の公共空間へと転用する動きが高まっている。既成市街地における歩行者中心の道路空間の創出にあたり、元の道路幅員を維持したまま幅員再構成や施設更新等によって多様なモビリティ・アクティビティの共存を図ることが基本となるが、事業目的や計画・設計条件に応じた空間構成の考え方は整理されていない。

そこで、道路空間再構築の先行事例の調査・分析を通じ、計画・設計条件に応じた空間構成の考え方を整理するとともに、各取組の効果を把握し、まちなかにおける交通機能と空間機能が両立した道路空間の計画・設計手法について調査・研究を実施している。

## [研究の内容]

H30 年度は、全国各地のまちなかにおける道路空間再構築の取組事例 88 件を対象に、道路規格や交通量等の計画・設計条件に関するデータ、及び幅員構成や歩車分離方式等の空間構成に関するデータを収集し、両者の関係を分析した。

次に、この内の 8 件の事例について、道路空間再構築の取組に伴う運転者・歩行者・沿道関係者の意識や行動の変化等、利用状況に関するデータを調査・収集し、取組前後の比較や、空間構成が異なる事例間での比較を通じ、取組の効果を分析した。

また、道路空間再構築に関する講習会を開催し、これに参加した地方公共団体を対象に、道路空間再構築を計画・実施する上での課題に係る意見聴取を行った。

## [研究の成果]

### 1. 計画・設計条件と空間構成の相関分析

計画・設計条件と空間構成に関するデータのクロス集計を行なった結果、4 項目の計画・設計条件（規制速度、計画交通量、事業目的、道路幅員）について、空間構成との関係が見られたことから、これら 4 項目について、採用された空間構成等の工夫との関係を示すパターン分類を行い、全体的な傾向と特異事例の分析を行った。各計画・設計条件についての分析結果は以下の通りである。

1) 規制速度について、歩道がない路線では、特に規制速度 30km/時以下の路線において、限られた道路空間を有効利用するべく、地上機器を沿道に設置するタイプの無電柱化の採用率が高かった。特異事例として、40km/時の路線において、舗装パターンによる路側帯の強調やハンブ・イメージ狭さく等、歩行者の安全を確保するための工夫が見られた。(写真-1)

2) 計画交通量について、歩道がない路線では、特に 1500 台/日以上路線において、限られた道路空間で



写真-1 (左) イメージ狭さく (新町通り・佐伯市)

写真-2 (右) 駐停車禁止路側帯 (山町筋・高岡市)

歩行空間を最大限確保するべく、舗装パターンによる歩車分離、及び地上機器を沿道に設置するタイプの無電柱化の採用率が高かった。特異事例として、5000台/日以上以上の路線において、車道を石畳舗装とすることで歩行者優先であることを示す、駐停車禁止路側帯を設置する等、歩行者の安全を確保するための工夫が見られた。(写真-2)

3) 事業目的について、歩道がある路線では、「安全・安心の歩行環境づくり」を目的とする取組において、車道におけるブロック舗装・カラー舗装の採用率が高かった。また、歩道の有無を問わず、「まちなかにおける歩行空間の復権」を目的とする取組では、車両通行規制の採用率が高かった。前者は、自動車の速度抑制を意図したもの、後者は時間帯や曜日に応じた歩行者回遊性の向上を意図したものであると考えられた。

4) 道路幅員について、特に歩道がない場合では、道路幅員が小さいほど、歩行者の安全を確保するべく、一方通行規制等の採用率が高かった。また、歩道がある場合、幅員が20m以上になると、歩道幅員に余裕があることから無電柱化に伴う地上機器を路上に設置する割合が高くなるとともに、コストや走行性能等の理由から車道におけるブロック舗装・カラー舗装の採用率が低くなることが分かった。

## 2. 道路空間再構築の取組の効果計測

道路空間再構築の取組との関連性が直接的で、かつ事業効果を実感しやすい評価指標として、19項目を設定した上で、8事例を対象に、文献調査、動画調査、マッピング調査、聞き取り調査を行い、各指標に基づくデータ計測と事例の比較・評価を行なった。(表-1)

道路空間再構築の取組前後の変化について、四条通における調査では、公共交通の交通量や歩行者通行量の増加が見られたほか、交通事故件数の減少、横並びで歩くグループの割合の増加、平均歩行速度の増加、地価の上昇など、質的向上を示す様々な変化が見られた。また、日本大通りと松陰神社通りでも、聞き取り調査から、歩行者数の増加や来訪者の属性の多様化、地域活動の活発化等の変化が見られた。

歩行空間の幅員の違いによる変化については、松陰神社通りにおける動画撮影から、車両通行止め時間帯は、車道中央部を通行する歩行者の割合が増加するとともに、縦並びに歩くグループの割合が減少することが分かった。また、日本大通りと大棧橋通りの比較から、歩道幅員が大きい方が、縦並びに歩くグループが少なく、多様な滞留行動が発生することが分かった。

道路内の着座空間の有無による変化については、九品仏川緑道におけるマッピング調査から、着座装置が

ある区間の方が、飲食や読書、休憩をはじめ、滞留者による多様な行動が見られるとともに、平均滞留間が長くなることが分かった。

舗装パターンや物理的・視覚的な自動車速度抑制策の違いによる変化については、複数路線における動画調査の結果から、ボラード等の物理的デバイスを設置した歩行空間ほど歩行者の通行率が高いことが分かった。また、さかさ川通りと酒蔵通りの比較から、スラロームを採用した場合の方が、直線的な線形よりも平均走行速度が低いことが分かった。

調査対象	* 比較対象として調査を実施した、道路空間再構築を行っていない路線													
	京都市	四條通	東山区	松陰神社通り	日本大通り	神奈川通り	大棧橋通り	九品仏川緑道	東山区	浮世小路	健康と歴史の路	神奈川通り	さかさ川通り	酒蔵通り
効果分類	評価指標													
運転者の意識や行動	自動車交通量	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	自動車の平均走行速度		○						○	○			○	○
	ヒヤリハット発生数												○	○
	交通事故件数	○												○
歩行者の意識や行動	歩行者数	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	属性別歩行者数													
	歩行者の通行位置		○						○	○				
	歩行形態	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	歩行速度	○												
	歩行者密度		○											
	滞留行動		○	○	○	○	○	○						
	属性別滞留者数		○	○	○	○	○	○						
沿道関係者の意識や行動	フアンチャーレの設置状況				○									
	道路占用許可申請数				○									
	沿道関係者の印象・意識		○	○										
沿道地域	地価	○												
	沿道店舗の未店者数・売上	○												

表-1 評価指標と調査事例一覧

## 3. 道路空間再構築の課題に関する情報収集

11月1日(木)に近畿地整、11月16日(金)に関東地整において、「地域づくりを支える道路空間再編に関する講習会」を開催し、参加団体に対するアンケート調査を実施したところ、93団体から回答を得た。調査結果から、関係者の理解醸成と効果的な合意形成、利活用の状況や取組効果の把握、計画・設計条件に応じたデザインが主な共通課題であることが分かった。

### [成果の活用]

令和元年度は、今年度調査を実施した88事例について、空間構成の検討に係る意思決定のプロセスを調査・分析し、今年度成果と併せて、計画・設計条件に応じた空間構成の考え方を解説した手引き形式の技術資料としてとりまとめる予定である。

また、効果計測に係る成果については、過年度調査の成果と併せて、道路空間再構築の事業主体向けに、取組評価の基本的な考え方と、具体的な評価指標と効果測定の方法を解説した手引き形式の技術資料をとりまとめる予定である。

## 領域 6 : 交通事故等から命を守る

# 効果的効率的な交通安全マネジメントに 向けた手法・対策導入のための研究

Research on the introduction of methods and countermeasures for effective and efficient traffic safety management

(研究期間 平成 28~30 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  
研究員  
Research Engineer  
交流研究員  
Guest Research Engineer

小林 寛  
KOBAYASHI Hiroshi  
尾崎 悠太  
OZAKI Yuta  
川瀬 晴香  
KAWASE Haruka  
川松 祐太  
KAWAMATSU Yuta

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 ETC 2.0 probe information is grasped by analyzing the drive-recorder data. And effect analysis of installation of portal ETC2.0 road side units is conducted.

## [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検討への活用を進めている。これまで、国土技術政策総合研究所においては、危険箇所抽出等、交通安全対策検討の各場面での ETC2.0 プローブ情報の活用方法を検討してきたところである。

上記に加え、ETC2.0 プローブ情報から得られた急減速データをより効果的に活用するための急減速データの特徴整理、ETC2.0 プローブ情報を効率的に収集するための ETC2.0 可搬型路側機の効果的な設置方法の検討を行っている。

## [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

#### 急減速データの特徴整理

国土交通省では、ETC2.0 プローブ情報等から得られる、急減速が発生した際に収集されるデータ（急減速データ）を活用し、潜在的事故危険箇所への効果的・効率的な対策を推進している。急減速データは、衝突を回避する為の減速行動をとった事象が含まれているという特徴がある。一方で、一定の前後加速度以下の減速行動を記録したものであり、事故を回避するため

ではない単なる急ブレーキも含まれていると考えられる。また、危険な事象には、急ブレーキ以外の方法で事故を回避する行動や、回避行動がなくても自動車同士が急接近する状況等があると考えられる。

そこで、本研究では、上記に対して、急減速と危険な事象の発生パターンの把握を行った。具体的には、急減速が起きた際に動画や加速度データ等を記録するイベント記録型ドライブレコーダデータ（約2,000件）を用いて、急減速データにより収集可能な危険事象(図-1 中 B)と非危険事象(図-1 中 A)の発生パターンの整理を行った。また、走行中常に動画や加速度データ等を記録する常時記録型のドライブレコーダデータ（約2,000時間分）で観測された約500件の危険事象を分析し、急減速データにより収集可能な危険事象(図-1 中 B)と収集が難しい危険事象(図-1 中 C)の発生パターンの整理を行った。

その結果、急減速データで取得されてしまう非危険事象(A)には、信号停止時や右左折旋回前の減速行動が見られ、急減速データでは観測できない危険事象(C)には、自転車や歩行者との接触回避や自転車との出会い頭(自転車側の危険回避)等が見られた。

急減速データを活用した交通安全対策検討を行う際には、これら収集可能な事象の特徴を理解した上で、適切に取り扱うべきである。

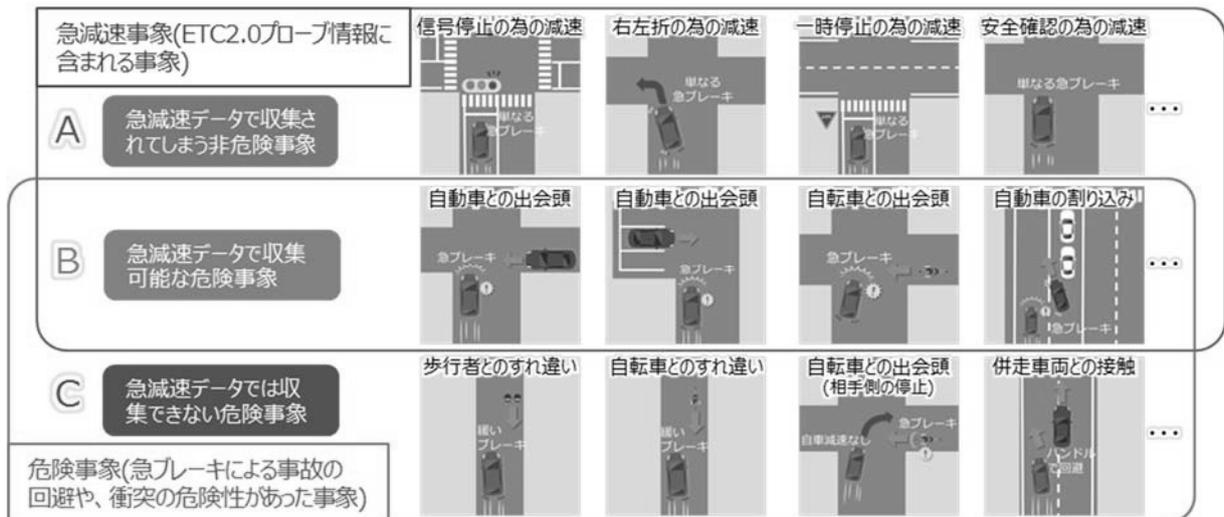


図-1 急減速事象と危険事象の発生パターン

(2)ETC2.0 可搬型路側機の設置効果分析

ETC2.0 プローブ情報には、地域によって既存の路側機で捕捉できないデータが存在するという課題が存在する<sup>1)</sup>。路側機までの距離や車載器のデータ蓄積容量の問題から、既存の路側機から遠い地域のデータは欠損が生じやすい状況となっている。そのため、地域によっては、ETC2.0 プローブ情報を使った分析ができない場合がある。

そこで、ETC2.0 可搬型路側機<sup>2)</sup>について、その設置効果について分析を行った。この ETC2.0 可搬型路側機は、小型で既存の道路標識等に取り付けることができ、常設の路側機と同様のデータを収集することが可能である。

図-2 に、設置された ETC2.0 可搬型路側機の位置と分析対象とした地域の範囲を示す。この範囲内における ETC2.0 プローブ情報の設置前後 1 ヶ月間に収集されたデータ数を集計し、1 日当たりのデータ数を算出した。図-3 がその結果である。ETC2.0 可搬型路側機を設置したことでデータ数が増加する結果となった。車両の経路等を記録する走行履歴データ数は設置前の 2.1 倍となり、車両の前後加速度等を記録する挙動履歴データ数は 17.2 倍となった。走行履歴データと挙動履歴データの結果に差があるのは、走行履歴データと挙動履歴データそれぞれで車載器におけるデータ蓄積容量が設定されており、走行履歴データの蓄積容量に比べ、挙動履歴データの蓄積容量の方が少ないことから欠損しやすい傾向にあるためと考えられる<sup>1)</sup>。

以上のように、ETC2.0 可搬型路側機を設置することで、設置前には取得されずに欠損していたデータが取得できるようになったことがわかる。ETC2.0 可搬型路側機を適切な場所に設置することで、ETC2.0 プローブ情報の課題の解決につながると考えられる。



図-2 ETC2.0 可搬型路側機の位置と分析対象地域

	①設置前1か月	②設置後1か月
1日当たり走行履歴データ数	4,555	9,568
2.1倍		
1日当たり挙動履歴データ数	166	2,851
17.2倍		

図-3 履歴点数集計結果

【成果の活用】

本研究で実施した急減速データの特徴整理、ETC2.0 可搬型路側機の効果的設置方法の検討については、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) 小木曾ら：多様なシーンに機動的に対応できる可搬型 ETC2.0 路側機の開発、土木技術資料、Vol.59、No.4、pp.40-43、2017

# 生活道路の交通安全対策の導入推進に関する検討

Study about promoting traffic safety measures for residential roads

(研究期間 平成 28～30 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  
交流研究員  
Guest Research Engineer

小林 寛  
KOBAYASHI Hiroshi  
大橋 幸子  
OHASHI Sachiko  
野田 和秀  
NODA Kazuhide

To promote traffic safety measures for residential roads, it is important to take effective measures of reducing vehicle speed such as installing road humps. In March 2016, "Technical standards of installing humps, narrowings, chicanes" were published, but many road managers lack know-how on installation methods and consensus building methods, and the support for sharing knowledge is necessary for promoting measures. Because of these reasons, the purpose of this research is to promote the formation of consensus on measures, to understand the effective installation shape of traffic calming device, and the effective installation method. This year, hearing surveys was conducted with the road administrators in order to create casebooks, In addition, by analyzing the effect of measures using ETC 2.0 probe data, it was understood how to effectively install traffic calming devices on residential roads. And effective shapes for speed control were grasped by investigating the traffic situations of humps with different flats, slaloms with different flexion intervals and line of sight.

## [研究目的及び経緯]

生活道路の安全確保に向け、全国の「生活道路対策エリア」をはじめとする各地域で交通安全対策が進められている。対策の実施にあたっては、車両速度を確実に低減させるハンプ等の設置など実効性の高い手法の導入が望まれる。ハンプ等の設置については、平成 28 年 3 月に「凸部、狭窄部及び屈曲部の設置に関する技術基準（以下、「技術基準」）」が策定されたところであるが、各地域で具体的な設置手法や合意形成手法などのノウハウを十分に有しているとは言えず、対策推進のためには設置に関する知見の共有などの支援が望まれる。そこで本研究では、実効性の高い交通安全対策の導入推進を目指し、ハンプ等の運用状況の調査、対策実施時の合意形成の円滑化に資する事例集の作成、物理的デバイスの効果的な設置形状の把握を行うものとする。

平成 30 年度は、技術基準のフォローアップを目的として、生活道路対策エリアにおいて、発出後約 3 年経過時点の技術基準の運用状況を調査した。また、対策時の合意形成の円滑化を図ることを目的として、道路管理者に対して設置の工夫等をヒアリング調査し、事例集を作成した。その他、ハンプ等の物理的デバイスの活用推進に向け、平坦部の長さが異なるハンプや屈曲間隔・見通し幅等が異なるスラロームの速度抑制効

果の把握、ETC2.0 プローブデータによる物理的デバイスの設置方法（設置位置、設置数、種類）に着目した効果分析を行った。

## [研究内容]

### 1. 技術基準の運用状況に関する調査

平成 30 年 12 月末時点で登録のあった生活道路対策エリア（806 エリア）に対し、表-1 に示す技術基準の運用状況について調査を行った。

表-1 技術基準運用状況調査の内容

調査項目	主な調査内容	
(1) 計画	選定理由	・対策エリアの選定理由
	対策の段階	・対策エリアにおける検討の段階
	調査・データ	・利用した調査結果・データとその有用性
	対策の種類	・検討した対策の種類と検討結果、選定・非選定の理由
	地域住民との連携	・地域住民と連携して行った取組み
(2) 凸部・狭窄部・屈曲部の構造	技術基準の参考の有無	・構造検討における技術基準の参考の有無
	構造	・具体的な構造と設定根拠
	視認性	・視認性に関する配慮事項
	景観・積雪への配慮	・景観への配慮事項、積雪への配慮事項
(3) 全般	住民との合意形成	・合意形成を図る上での工夫点や今後の課題
	交通安全対策全般	・共有してほしい技術情報、ノウハウ、その他意見等

### 2. ハンプ・狭さくの設置事例調査

ハンプや狭さくを設置した自治体に対し、情報共有の方法、設置の際の技術的な工夫点、合意形成のポイントをヒアリング調査した。これらをもとに道路管理者が活用可能な事例集としてとりまとめた。

### 3. スラローム・ハンプの速度抑制に効果的な形状調査

スラロームやハンプの速度抑制に効果的な形状を把握するため、生活道路への設置を想定したスラローム（図-1）及びハンプ（図-2）を国総研構内に仮設し、通行実験を行った。スラロームは、屈曲の間隔や見通し幅、路肩幅の組み合わせが異なる複数のパターンを対象にした。ハンプは、平坦部の長さが異なる複数のパターン（2m～14mの2m毎）を対象にした。これらの通行時の車両挙動（車両の速度、加速度等）を観測し、速度抑制や車両挙動と形状の関連について整理した。



図-1 スラローム

図-2 ハンプ

### 4. 生活道路対策エリアにおける対策による効果の調査

ハンプ・狭さくが設置された10の生活道路対策エリアを対象に、ETC2.0プローブデータを用いて、ハンプ・狭さくの設置方法（設置位置、設置数、種類）による効果の違いを分析した。

#### 【研究成果】

#### 1. 技術基準の運用状況に関する調査

対象とした806の生活道路対策エリアのうち、約8割にあたる610エリアから回答を得た。そのうちの約半数のエリアで対策に向けた現況調査、対策検討が実施されている状況にあった。また、ハンプの形状は、多くのエリアで技術基準を参考に検討されており、実際に設置された9割近くが技術基準の標準形状と同様であった。自由意見では、ハンプ等の設置事例や設置の際の住民との合意形成に関する情報を求める声が多く、これら情報の共有の必要性が確認された。

#### 2. ハンプ・狭さくの設置事例調査

調査の結果、設置の特徴では、地域の状況（既設道路の幾何構造、積雪寒冷地域、沿道への乗り入れ等）を考慮した形状、視認性を向上させる工夫、既設路面への擦り付け方法等に関する情報が得られた。合意形成のポイントとして、対策に対する意見を共有する機会の創出（協議会等の発足）、ビックデータや動画の活用による課題の明確化、社会実験や体験会の実施による対策イメージの共有などが確認された。これらについて整理し、事例集としてとりまとめた（図-3）。



図-3 事例集

### 3. スラローム・ハンプの速度抑制に効果的な形状調査

スラロームでは、駒止、区画線、見通し幅の違いに比べ、屈曲間隔が速度抑制に強い影響を与えていることが確認された。ハンプについては、いずれの形状も、ハンプ進入時に比べハンプ上の速度が低く、速度が抑制されていることを確認した（図-4）。また、平坦部が短くなるほどハンプ上の速度抑制の効果が大きく、平坦部が長くなるほどハンプ上の速度が大きくなる傾向が見られた。これらより、平坦部が長くなるとハンプ上の速度が高くなる恐れもあるが、いずれの形状においても30km/h以上の高い速度を抑制する効果が見込めること等を確認した。

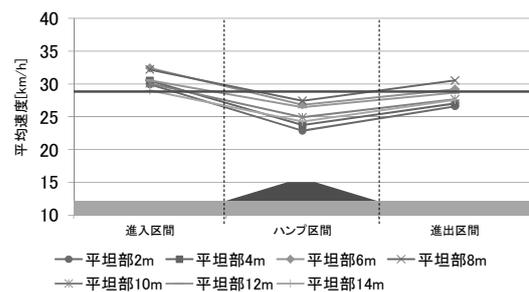


図-4 ハンプ前後区間の速度推移

### 4. 生活道路対策エリアにおける対策による効果の調査

ハンプ・狭さくの設置方法（設置位置、箇所数、種類）の違いに着目した効果を分析した。例えば、急減速が多い、車両の速度が高い、通過交通が流入するといった課題が特定の路線に集中するエリアでは、特定の路線上に物理的デバイスを複数設置することで、路線を通じて速度が抑制されていることを確認した。一方で、対策の前後で通過交通の経路や急ブレーキの発生頻度に大きな変化は見られなかった。また、交差点等の特定箇所で急減速が多いエリアでは、交差点ハンプを設置することで、交差点付近の急挙動の発生割合が減少したことなどを確認した。これらのことから、エリアの課題に応じて設置方法を変えることで、より効果的な対策を推進できると考えられた。

#### 【成果の活用】

「ハンプ・狭さくの設置事例集」、「生活道路対策エリアにおける凸部等技術基準の運用状況調査結果（H30年度）」の公表を予定。

# 路上交通安全施設の維持管理に関する検討

## Study of maintenance management of roadside traffic safety equipment

(研究期間 平成 29～令和元年度)

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

小林 寛  
KOBAYASHI Hiroshi  
池原 圭一  
IKEHARA Keiichi  
久保田小百合  
KUBOTA Sayuri

The base of poles etc. of roadside traffic safety equipment are the parts that deteriorate most with age, but the fact that they do not deteriorate uniformly and require a huge number of inspections makes it difficult to determine their condition from ordinary inspections and to find countermeasures. Considering the functions required of traffic safety equipment, this study summarizes the most effective inspection methods and countermeasures.

### [研究目的及び経緯]

路上にある交通安全施設（主にガードレールなどの防護柵）の支柱の地際部や連結部などは、経年劣化しやすい部位であるものの、設置環境の違いで一様には劣化しない。また、点検総数が膨大であるにもかかわらず、着目すべき部位が明確ではないことから、日常的な巡視や点検のみで状態を把握し、対応策を見出すことは難しい。本研究は、交通安全施設として求められる機能を踏まえ、有効な点検手法、対策手法をまとめるものである。

29年度は、海岸に近接した路線や凍結防止剤を散布している路線を対象として、30年度は一般的な路線を対象として、施設の損傷状況や現状の巡視・点検の状況を調査した。主な調査結果としては、「変形」、「ゆるみ・脱落」、「腐食」の出やすい部位の特徴などを整理し、今後の巡視や点検における対応の方向性をとりまとめた。

### [研究内容]

各種の防護柵（30年度は主にガードレール）を対象に、日常的な巡視・点検の状況、施設の管理状況、実際の損傷状況等を整理するため、管理者ヒアリングと現地調査を行った。30年度の調査路線は、一般的な路線（2路線）とし、各路線の防護柵設置延長は5km程度とした。また、実務上、簡易に点検できる手法として、打音検査と車両からのビデオ撮影を国総研構内と調査路線において試行した。さらに、腐食の対策手法を調査し、予防技術、補修技術（腐食進行防止）に関し、技術の特徴等を整理した。

### [研究成果]

#### 1)管理者ヒアリング結果

防護柵の巡視・点検状況等について、道路管理者にヒアリング調査を行った。表-1にヒアリング結果の概要を示す。なお、表-1には参考情報として、29年度の調査結果（海岸に近接する路線と凍結防止剤を散布する路線）を含めている。管理台帳は、県道d以外は道路施設基本データ（MICHI）により管理していた。ただし、部分的な改修等にはデータ更新が対応していないことが多いことを把握した。多くの場合、防護柵の更新計画は立案されていない一方で、一部では損傷をランク付けし、予算に応じた更新を行っていた。日常的な巡視活動は、通常巡回（道路パトロール）時に車内から防護柵全体の外観観察が主体であることと、路肩が狭い箇所を除いて定期巡回（徒歩巡回）を行っていることを確認した。ただし、他の施設の巡視も兼ねており、防護柵に特化したものではないことを把握した。

表-1 防護柵の巡視・点検状況

	一般的な路線		海岸に近接する路線		凍結防止剤を散布する路線		
	国道 a	国道 b	国道 c	県道 d	国道 e	国道 f	国道 g
管理台帳	MICHI	MICHI	MICHI	なし	MICHI	MICHI	MICHI
更新計画	なし	損傷をランク付け、予算に応じて更新	なし	なし	なし	損傷をランク付け、予算に応じて更新	なし
更新の判断	近傍の工事に併せて実施	設置年数と目視の組合せで判断	腐食等の損傷を目視で判断	腐食等の損傷を目視で判断	腐食等の損傷を目視で判断	設置年数と目視の組合せで判断	腐食等の損傷を目視で判断
防護柵に特化した点検	実施していない	実施していない	実施していない	実施していない	実施していない	実施していない	実施していない
通常巡回（道路/パト）	1回/2日	1回/2日	1回/1~2日	2回/週	1回/2日	1回/2日	1回/2日
定期巡回（徒歩巡回）	1日に6km（過去に事故が発生した箇所に特に注意）	2ヶ月（4~5月）で集中して実施	500m程度毎順次実施	年1回（徒歩で近接目視）	1回あたり2km毎3ヶ月で一巡	路肩が狭く実施しない	主要路線を1ヶ月で巡回
巡視・点検時の着目点	連結部のガタツキ、支柱の変形、異物の付着等	支柱、ビームの接続金具、袖ビーム	支柱基部	ポラードのチェーン、支柱基部	支柱基部	支柱、ビームの接続金具、袖ビーム	支柱基部、接続金具、ゆるみ、歩道が多い区間、事故多発区間

## 2)現地調査結果

一般的な路線において、施設の損傷状況を調査し、「変形」、「ゆるみ・脱落」、「腐食」の出やすい部位などの特徴を整理した。

「変形」に関しては、交通事故による横部材（ガードレールのビーム）の変形の他に、歩行者等に危害を及ぼすおそれを踏まえて袖ビーム（ガードレールの端部）の変形にも着目すべきことを整理し、通常巡回時の巡視で見つけ出すことを提案した。「ゆるみ・脱落」に関しては、車両衝突時の防護柵機能を確保する観点から特に横部材同士の連結部に着目すべきことを整理し、定期巡回（徒歩巡回）時の巡視で見つけ出すことを提案した。「腐食」に関しては、支柱地際部に着目すべきことを整理し、今後は設置環境の違いに応じた予防技術の採用や詳細点検による対応を検討する必要があることを整理した。

今後は、巡視・点検による対応の枠組みについて、道路管理者の意見を踏まえて整理する必要がある。

## 3)打音検査の試行結果

国総研構内の試行では、健全な支柱と孔空き支柱（腐食は再現していない）等を金属ハンマーで叩き、打音の聞き分けをブラインド試験により検証した。その結果、孔空き等が生じた状態を打音で判別できる可能性があることを確認した。また、音を録音して周波数分析を試みた結果、現状では人が感じ取れる違いを超える精度での音の判別は難しいことを確認した。

現地調査の際には、異音として現れる変状としては、①支持構造の違い、②支柱内部の異物、③連結部のゆるみ、④支柱地際部の腐食損傷があることと、①から④の順で異音を聞き取りやすいことを確認した。また、異音が生じた場合には、ボルトのゆるみや支柱地際部の腐食の目視確認と、横部材や支柱をゆすることで異音が生じた原因をおおよそ特定できることを確認した。

以上を踏まえ、打音に関しては、異音と変状の内容とを直接的には結びつけられないものの、点検時に打音を補完的に取り入れることで、点検者が変状の存在に効率よく気づけるこ

とが期待できる。写真-1



写真-1 打音の状況

では、支柱が植生に覆われた状況で、地際から約30cmの高さを金属ハンマーで叩いている。打音を取り入れることは、地際を目視確認しにくいような状況であった場合に、効率のよい点検になり得ると考えられる。

## 4)車両からのビデオ撮影の試行結果

国総研構内の試行において、振動に強いビデオカメラ（いわゆるアクションカメラ）を車両に取り付け、走行しながら防護柵の状況を撮影し、適した走行速度や天候、映像から確認できる腐食の大きさなどを事前検証した。その結果、走行速度は30km/h程度が適しているものの、道路パトロール時の走行状況を想定して50km/hまでは許容できることを確認した。天候は、晴天時は太陽光の反射により局所的に見えないことがあり、曇天時の方が安定した画像が撮影できることを確認した。映像から確認できる腐食の大きさは直径で10mm程度以上となった。

国総研構内での試行結果を踏まえ、実際に調査路線で車両からのビデオ撮影を試行したところ、映像から支柱地際部の腐食、ボルトの脱落、ボルトの浮き上がりを確認することができた。

以上を踏まえ、車両からのビデオ撮影は、路肩が狭い箇所や交通量が多く徒歩による巡視・点検が難しい箇所で有効な手法になると期待できる。また道路地区と連動した映像記録が容易であり、定期的に防護柵の変状を記録する有効な手法になり得ると考えられる。

## 5)腐食の対策手法の調査

NETIS等をもとに、腐食の対策手法を調査し、表-2に示す23の技術情報をまとめた。また表中のAとBの観点をもとに17技術を選定し、技術の特徴、従来技術との比較、利用実績等を整理した。今後は、これら対策手法のコスト等を精査し、防護柵全体のライフサイクルコストを踏まえた実用性検討を行う必要がある。

### 【成果の活用】

本成果をもとに、今後は巡視・点検による対応の枠組みと実務上求められる巡視・点検の要領をまとめる予定である。

表-2 腐食の対策手法の調査結果

対象部位	技術の分類	対策目的	該当する技術数	選定技術	
				A	B
支柱基部	①技術	鋼材の劣化がみられない場合(新設を含む)の腐食の予防	4技術(シート貼り付け工法)	○	○
	②技術	腐食程度が軽い場合の腐食進行の防止	3技術(シート貼り付け工法) 2技術(塗装工法)	○	○
	③技術	腐食がある程度進行した場合の腐食進行の防止と補強	3技術(シート貼り付け工法)	○	○
	④技術	腐食が進行し腐食孔が発生した場合の腐食進行の防止と補強	1技術(パテ塗布工法)	○	
	⑤技術	腐食が進行した場合の補強	1技術(モルタル充填工法)	○	
ビーム	⑥技術	鋼材の劣化がみられない場合(新設を含む)の連結部の腐食予防	1技術(シート貼り付け工法) 2技術(塗装工法) 1技術(パテ工法)		○
	⑦技術	鋼材にさび等の劣化が見られる場合の腐食進行の防止	1技術(塗装工法)	○	○
防護柵全体	⑧技術	防護柵全体にさび等の劣化が見られる場合の腐食進行の防止	1技術(塗装工法)	○	○
ボルト・ナット類	⑨技術	ボルト・ナット類の高耐食化	3技術(塗装工法)	○	○
計			23技術	17技術	

凡例 A:技術の詳細内容が把握できた技術 B:防護柵が持つべき性能を大きく低下させるおそれのない技術

# 自転車活用推進に向けた自転車通行空間の計画・設計に関する調査

Study on planning and design of bicycle traveling space for promotion of utilization of a bicycle

(研究期間 平成 30～令和 2 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  
尾崎 悠太  
OZAKI Yuta  
久保田小百合  
KUBOTA Sayuri  
高橋 歩夢  
TAKAHASHI Ayumu

In order to form a safe and comfortable bicycle passage space, NILIM are studying effective and efficient method of measures car stopping on the road with a bicycle lane, bicycle parking on the road and the utilization method of communication technology for bicycle.

In this study, the authors examined the structure of car parking on the road, the structure of bicycle parking on the road, and the method to grasp traffic routes of bicycles using ICT.

## [研究目的及び経緯]

自転車活用推進法（2016年12月公布、2017年5月施行）に基づき、自転車活用推進計画が2018年6月に閣議決定された。本計画では、自転車の活用推進に向け、実施すべき施策として「自転車通行空間上の駐停車車両対策」や「地域の駐輪ニーズに応じた駐輪場の整備」、「自転車のIoT化の促進」が盛り込まれている。

本研究では、駐停車対策の一つである植樹帯の一部を活用した駐停車ますの詳細構造、車道走行自転車が利用しやすい路上自転車駐輪場の詳細構造及びICTを活用した自転車利用経路等の把握手法を検討した。

## [研究内容]

### 1. 駐停車ますの詳細構造の検討

駐停車ますの構造は、①自転車が安全に自転車通行空間を走行でき、②駐停車ますの需要に沿った形（数多く設置できる、荷捌きスペースの確保）である必要がある。

本年度は、①を考慮し「自動車が自転車通行空間にはみ出すことなく駐停車ます内に停車が可能で、自転車通行空間を長時間塞がずにスムーズに停車できる（停車に時間をかけない）駐停車ますの構造」に関する自動車の走行実験を行った（イメージは図-1を参照）。なお、駐停車ますの長さは②を考慮し、全長約15m～7mの中で段階的に設定して実験を行ったが、ここでは全長約15m、13m、7mの結果を紹介する。

### 2. 路上自転車駐輪場の詳細構造の検討

路上自転車駐輪場の設置にあたっては、車道を走行する自転車の利用しやすさを考慮し車道から出入りができ、子乗せ自転車が安心して子どもを乗降させることのできる構造である必要がある。そのため、路上自転車駐輪場はこれまで通り歩道に設置し、その近くに車道からの乗り入れ部を設けることとした。

この場合、自転車に乗車した状態での歩道走行、手前の交差点から歩道へ進入等の想定外の利用といった、歩行者の安全を脅かすおそれがある。本年度はこれらに関して、転回部の長さとお有効長さを変更して、自転車の走行実験を行った（構造は表-1を参照）。なお、使用した自転車は一般的な自転車として、シティサイクル、子乗せ自転車及びスポーツ自転車を使用した。

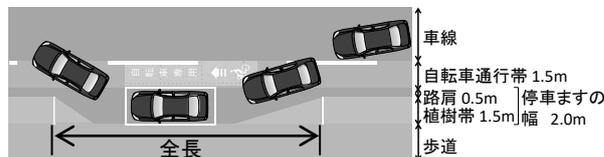


図-1 駐停車ますの走行実験のイメージ

表-1 路上自転車駐輪場の構造の一部

ケース	転回部の形状	転回部の長さ	有効長さ
a	緑石有 駐輪スペース	2.0m	1.5m
b	緑石有	2.0m	1.25m
c	緑石有	2.0m	1.0m
d	緑石有	2.5m	転回部の長さと同じ
e	緑石有	2.0m	転回部の長さと同じ
f	緑石無	1.5m	転回部の長さと同じ

※緑石については、自転車の降車を促すための工夫として設置したもの（高さ2cm）

### 3. ICT を活用した自転車利用経路等の把握手法の検討

計画的な自転車通行空間の整備にあたっては、自転車の行動（通過経路等）を効率的に把握する必要がある。そのための手法の一つとして、ICT を活用した手法に着目した。

本年度はシェアサイクルの GPS データ等の活用を想定し、約 3 分間隔で取得した位置情報データから正しく通過経路を推定できるのか、実際の経路との比較により精度検証を行った。また、経路探索が可能なデータ取得間隔はどの程度なのかについて検証を行った。

#### [研究成果]

本稿では、研究内容 1 と 2 の結果を紹介する。

#### 1. 駐停車ますの走行実験

図-2 に車道側へのはみ出し状況に関する実験結果を示した。全長 15m と 13m は 9 割以上が駐停車ます内をはみ出さずに停車可能であった。全長 7m は約 7 割がはみ出さずに停車可能であったものの、約 3 割は 0~50cm のはみ出しがあった。

図-3 に平均停車所要時間に関する実験結果を示した。全長 15m と 13m は 20 秒前後、全長 7m は 50 秒程度、停車に時間を要した。停車所要時間は、自転車通行空間を塞いでいる時間であることから、自転車交通量・自動車交通量が多い場所では停車所要時間が長い駐停車ますは適用できない。このことから、自転車交通量等に応じて適用可能な駐停車ますの長さを検討する必要があると考えられる。

#### 2. 路上自転車駐輪場の走行実験

図-4 に降車位置に関する実験結果を示した。ケース b、c、f で約 50%以上が自転車から降車して歩道を通行した。

図-5 に利用意向に関するアンケート結果を示した。ケース c と f は、「1（使用しない）」の回答があり、1 又は 2 の回答も 30%以上と、利用意向が低い結果であった。利用意向が低いと、路上自転車駐輪場の歩道乗り入れ部を使用せず、手前の交差点等から歩道へ進入するおそれがある。

図-4 及び図-5 を見ると、自転車が歩道で降車する構造では利用意向が低く、反対に利用意向が高い構造では自転車から降車せずに歩道を走行する傾向がある。しかしながら、その中でも、自転車から降車して歩道を通行し、かつ利用意向が高い（自転車の歩道への進入を決められた場所（路上自転車駐輪場の歩道乗り入れ部）に限定できる可能性がある）構造として、ケース b が適当と考えられる。

#### [成果の活用]

駐停車ますや路上自転車駐輪場の設置手法をとりまとめた技術基準の案の作成、安全で快適な自転車利用環境創出ガイドラインへの反映を行う予定である。

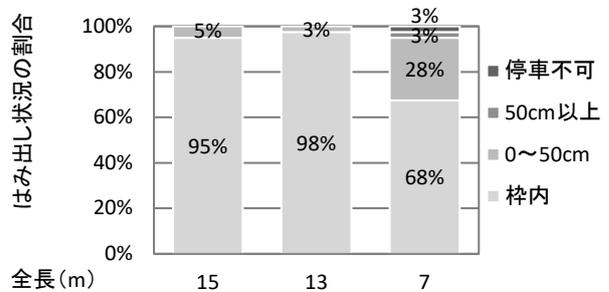


図-2 車道側へのはみ出し状況

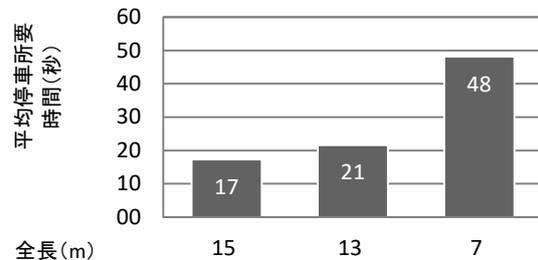


図-3 平均停車所要時間

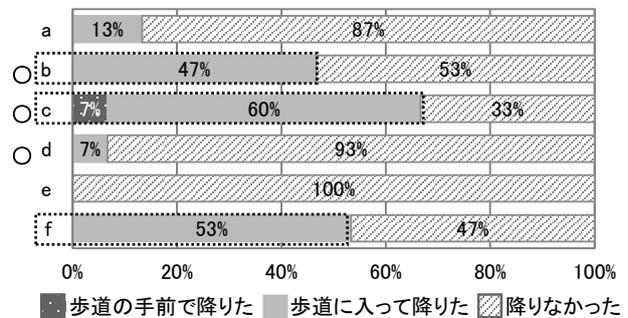


図-4 降車位置

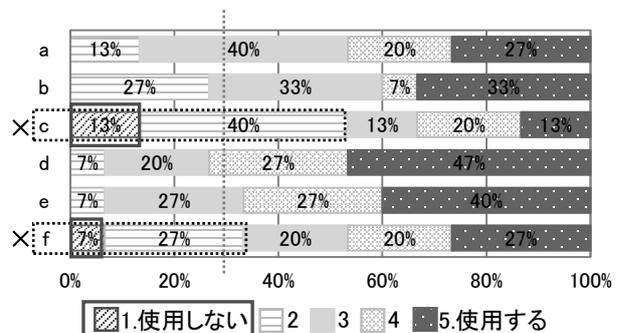


図-5 利用意向

# 交通事故発生状況に関する統計データ分析

## Statistical Data Analysis of Traffic Accidents

(研究期間 平成 29～令和元年度)

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  
野田 和秀  
NODA Kazuhide

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]

平成 30 年の交通事故死傷者数は 529,378 人 (対前年 55,166 人減)、うち交通事故死者数は 3,532 人 (対前年 162 人減) となり、近年は減少傾向が続いている。諸外国との比較では、自動車乗車中の死者数 (人口 100 万人あたり) は先進国の中でも少ない一方で、自転車乗用中や歩行中の死者数 (人口 100 万人あたり) は先進国の中で多いことから、更なる交通事故削減に向けた取り組みが求められている。

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]

交通事故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状況別、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。

### [研究成果]

#### (1) 当事者別交通事故発生状況

当事者別死傷者数の構成割合の経年変化を見ると (図-1)、平成 29 年の自転車乗用中の構成割合は 15.3% となり、自動車乗車中に次いで 2 番目に大きい。同じく、歩行中の構成割合は 9.0% と少ないが、当事者別死者数の構成割合 (図-2) では、歩行中の構成割合が最も大きい。以上のことから、主に自転車事故と歩行者事故に関する分析結果を紹介する。

#### (2) 自転車事故に関する分析結果

##### ① 自転車事故の特徴

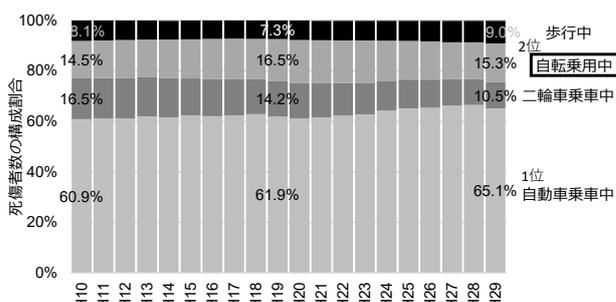


図-1 当事者別死傷者数の構成割合の経年変化

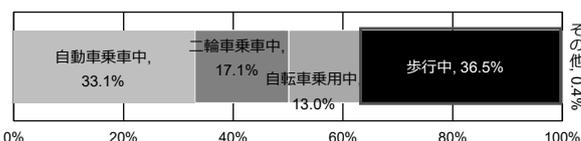


図-2 当事者別死者数の構成割合 (H29)

自転車乗用中の死傷事故件数は、約 95% が自転車と車両 (二輪車や自転車を含む) の事故である。そこで、自転車と車両の事故について、衝突地点別の死傷事故件数を事故当事者のうち最も過失の重い第 1 当事者 (以下単に「1 当」という。)、2 番目に過失の重い、もしくは過失が無い第 2 当事者 (以下単に「2 当」という。) 別に整理した。自転車が 1 当の場合、2 当の場合ともに約 70% が交差点内での事故であった。

次に交差点内での事故について、自転車と車両の死傷事故の事故類型別構成割合を図-3 に示す。自転車が 1 当の場合は約 90%、2 当の場合は約 60% が出会い頭の事故であることが分かった。

##### ② 交差点内での出会い頭事故の特徴

1 当の交差点進入側道路の車道幅員 (以下「交差点

規模」という。)に着目した自転車と車両の死傷事故の構成割合を図-4に示す。1当が自転車、車両ともに、出会い頭以外の事故類型では、中規模交差点(1当側車道幅員5.5m以上13.0m未満)で事故が多い傾向にあるが、出会い頭事故は小規模交差点(1当側車道幅員5.5m未満)で多いことが分かった。

出会い頭事故では1当が小規模交差点(1当側車道幅員5.5m未満)で起こす事故が多いことから、小規模=非優先とは限らないが、非優先(小規模)側で一時停止や安全確認を怠ったことによる事故が多いのではないかと考えられる。

※図-3、図-4の1当車両には自転車を含まず、2当車両には自転車を含む。

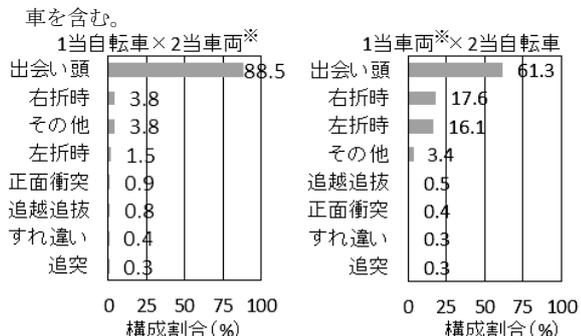


図-3 交差点内での自転車と車両の死傷事故の事故類型別構成割合(H20~29合算)

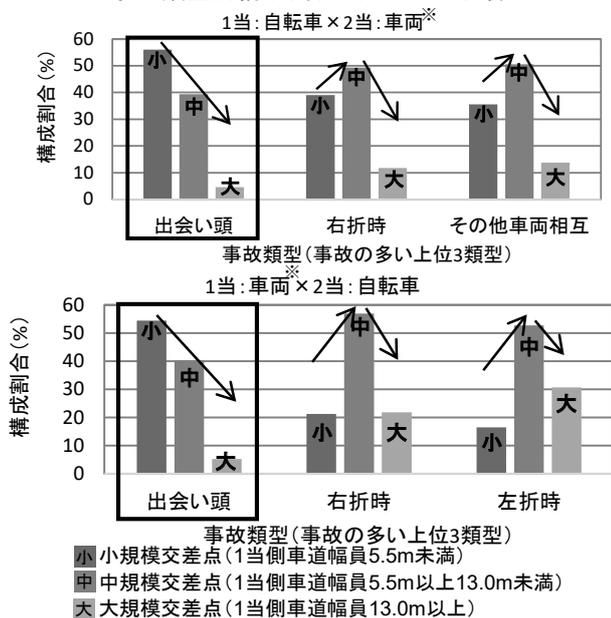


図-4 交差点規模に着目した自転車と車両の死傷事故の構成割合(H20~29合算)

(3) 歩行者事故に関する分析結果

① 歩行者事故の特徴

死者数の構成割合が最も大きい歩行中事故については、致死率(死者数/死傷者数)が1.5%であり、他の状態(自動車乗車中0.3%、二輪車乗車中0.4%、自転車乗車中0.5%)と比較して高い状態にある。また、死

亡事故率(死亡事故件数/死傷事故件数)を見ると(図-5)、生活道路に比べ、幹線道路での死亡事故率が高いこと、また、“横断歩道横断中”の死亡事故率は低いものの、特に幹線道路の“横断歩道付近横断中”、“横断歩道橋付近横断中”、“その他横断中”の死亡事故率は高いことが分かった。

② 幹線道路での横断中事故の特徴

幹線道路における横断中事故について、車線数別・事故類型(横断中)別の死傷事故件数を図-6に示す。幹線道路では、“横断歩道横断中”と“その他横断中”の事故件数が多いこと、加えて2車線や4車線道路で多いことが分かった。

幹線道路の“その他横断中”の事故に関しては、死亡事故率も9.8%と高い(図-5)ことから、特に重大事故に繋がる可能性が高い事故形態と考えられる。また、2車線道路での事故に関して交通量を確認すると、5,000台/日~20,000台/日の道路で多く発生しており、2車線相当の設計基準交通量と同等もしくは超過するような交通量が多い道路で多く発生していることが分かった。

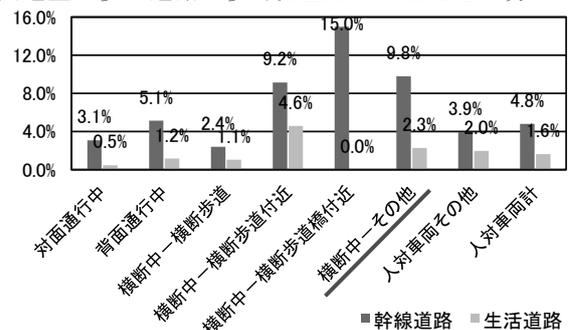


図-5 幹線道路、生活道路での事故類型別の死亡事故率(H29)

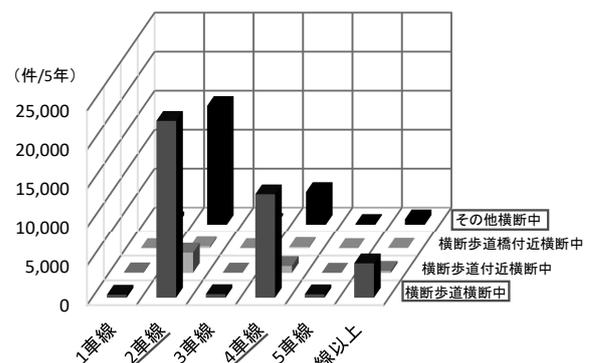


図-6 幹線道路での車線数別・事故類型(横断中)別の死傷事故件数(H24~H28合算)

[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。

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

# 雪に強い道路構造・施設等に関する調査

## Study of snow-resistant road structures and facilities

(研究期間 平成 29～令和元年度)

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  
研究員  
Research Engineer  
交流研究員  
Guest Research Engineer

小林 寛  
KOBAYASHI Hiroshi  
池原 圭一  
IKEHARA Keiichi  
川瀬 晴香  
KAWASE Haruka  
高橋 歩夢  
TAKAHASHI Ayumu

This study investigates the incidence of stuck vehicles in order to set out the causes, challenges, and the like that should be shared nationwide and to summarize the trends in finding solutions through road structure in particular.

### 【研究目的及び経緯】

近年、異常降雪に伴う交通障害として、大規模な車両滞留や長時間の通行止めが発生している。国土交通省では「冬期道路交通確保対策検討委員会」を設置し、集中的な大雪に対する道路交通への障害を減らすための対策等の提言をとりまとめた（2018年5月「大雪時の道路交通確保対策 中間とりまとめ」）。

本研究では、立ち往生車の発生に関し、全国で共有すべき原因、課題等を整理し、特に道路構造上の工夫によって解決する方向性をまとめるための研究を行っている。

30年度は北海道開発局、東北地方整備局、北陸地方整備局（以下「北海道、東北、北陸」という。）を対象に、立ち往生車の発生状況の特徴と予防的対策の適用条件・効果について整理した。

### 【研究内容】

北海道、東北、北陸における立ち往生車の発生は毎年のように多く、これらの地域で行われている対策を調査、整理することで、その他の地域において立ち往生車発生の予防的対策を検討する際の参考情報になると考えられる。

平成 23～28 年度に発生した立ち往生車発生箇所から北海道、東北、北陸それぞれで発生が多い箇所を抽出した。そのうち北海道で 10 箇所（9 事務所）、東北で 20 箇所（8 出張所）、北陸で 20 箇所（10 出張所）を抽出し、アンケート調査により各箇所の発生要因と対策の実施状況について調査を行った。

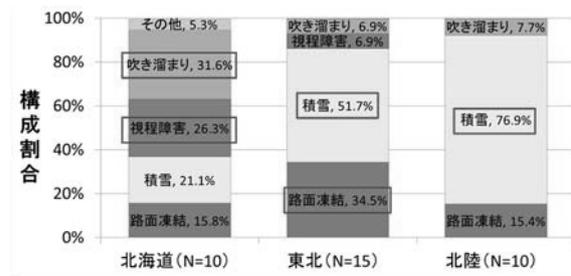


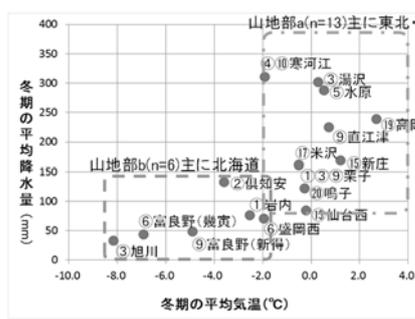
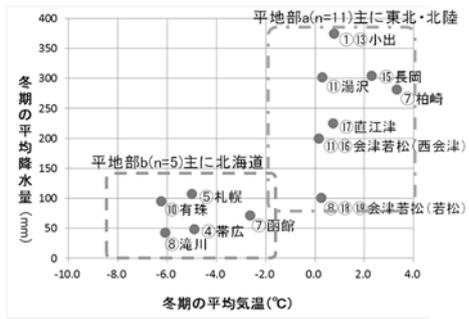
図-1 立ち往生車発生の主な要因

### 【研究成果】

北海道10箇所、東北20箇所、北陸20箇所を対象にアンケート調査を行った。各箇所について、立ち往生車の発生要因、発生につながる道路特性、対策状況、新たな対策の必要性等について調査した。

図-1に立ち往生車発生の主な要因の回答結果を示す。図より、それぞれの地域で立ち往生車発生につながる主な要因は異なることがわかる。特に北海道については、積雪や路面凍結の他に、雪質が軽いことで発生する地吹雪などによる視程障害等が要因となっている。それぞれの地域の対策は、発生要因に応じた対策が実施されていると考えられる。

北海道、東北、北陸における調査結果を整理するにあたり、図-2のとおり調査箇所を降水量と気温の分布によりaとbの2つのグループに分けた。さらに平地部と山地部に分けて4つのグループに分類した。平地部と山地部では、速度が低下する要因が異なり対策も異なると考えられる。ETC2.0プローブ情報で速度を確認すると、現状データが少ない状況ではあるが、山地部では主に急カーブ区間、平地部では主に信号交差点付近で



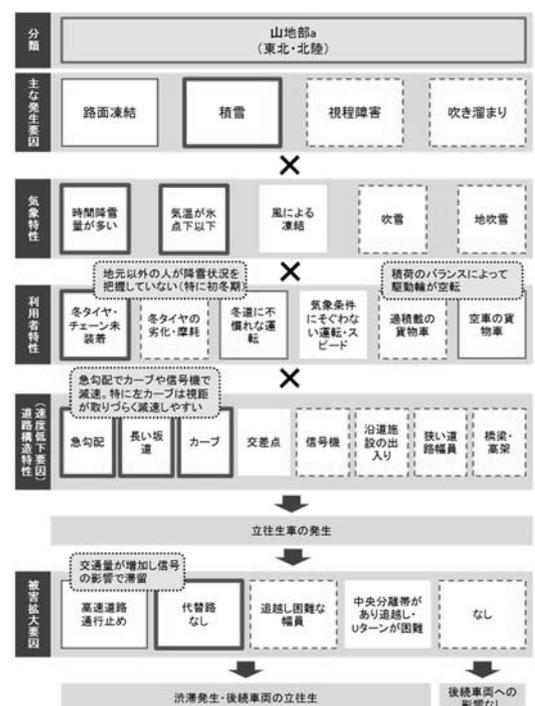
- a は平均気温が 0°C 前後でかつ平均降水量が多い地域
- b は平均気温が -5°C 前後でかつ平均降水量が比較的小さい地域

※降水量・気温は最寄り観測所における冬期（12月～2月）の平均値（対象年：H22～H28）

図-2 調査箇所のカテゴリ

積雪時に速度が低下していることが確認できた。この4つのグループに分類することで、他の地域において参考となるグループを選びやすくなると考えられる。例えば、北関東や山陰地方はaグループに該当することから、平地部aと山地部aの調査結果が参考になると考えられる。

一例として、山地部aについて、図-3に発生状況の特徴をツリー形式で整理した結果を示す。この地域の主な発生要因は積雪であり、気象特性は、時間降雪量が多い大雪時や気温が氷点下以下のときに発生している。利用者特性は冬タイヤ・チェーン未装着による発生が多くなっている。道路構造特性としては、急勾配や長い坂道、カーブがある道路で速度が低下することにより発生している。また、代替路がないといった箇所が多く、立ち往生が発生した際に被害の拡大につながる恐れがある。



※アンケートの回答が50%以上の選択肢を太枠、25～50%を細枠、25%未満を破線枠、ヒアリングで把握したことを点線枠で表示。

図-3 山地部 a の発生状況の特徴

図-4に予防的対策の実施状況を示す。立ち往生を発生させないため、凍結防止の強化や冬タイヤ・チェーン着用の指導といった対策が実施されていた。冬タイヤ・チェーン未装着の車に対し、指導や着脱場の整備等を実施しているが、装着率は低く、対策の効果が低いといった回答が多くなっている。

また、関係機関との連携についても多くの箇所で行われていた。これにより、早急に周囲の高速道路等の通行止め情報を把握し、それによる影響への迅速な対応が可能となる。

今回は主にハード的な対策に関して調査を行った。今後はハード的な対策に加えて行っているソフト的な対応や工夫に関して調査を行う必要がある。

【成果の活用】

本成果に加え、防災や減災の観点からソフト的な対応や工夫に関する調査を引き続き行っていく予定である。

また、ETC2.0 プローブ情報を利用した効果計測といった新技術の活用について検討を行っていく。

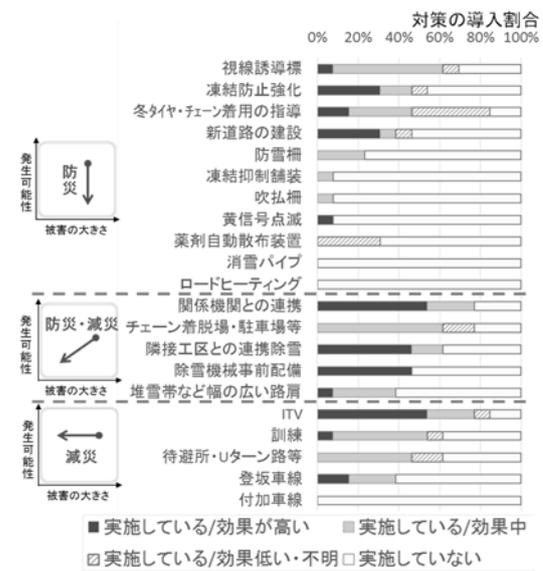


図-4 山地部 a の対策の実施状況

# 道路橋の耐震補強効果の評価に関する調査

Study on effectiveness of seismic retrofit for highway bridges

(研究期間 平成 28～30 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

片岡 正次郎  
KATAOKA Shojiro  
猿渡 基樹  
SARUWATARI Motoki

Damage to highway bridges caused by the 2016 Kumamoto earthquake has occurred in a wide range and various investigations have been carried out. There are highway bridges that are estimated to have been alleviated damages by seismic retrofit. In this study, in order to effectively carry out seismic retrofit of highway bridges, the effect of seismic retrofit that has been promoted mainly by directly controlled national highway is analyzed quantitatively and statistically.

## 【研究目的及び経緯】

本研究は、道路橋の耐震補強を効果的に進めていくため、これまでに直轄国道等を中心に進められてきた耐震補強の効果を定量的、統計的に確認し、未補強橋梁に対する今後の耐震補強の進め方を検討するものである。

平成 28 年度は、熊本地震を対象に、道路橋の被害情報を、国土交通省、NEXCO 西日本、熊本県及び大分県から収集した上で、道路橋被害の分析を行った。

平成 29 年度は、平成 28 年度に収集した情報のほか、震度 6 弱以上の市町村から収集した道路橋の被害情報を基に、道路橋被害の分析を行った。また、道路橋被害が緊急活動に及ぼした影響の分析を行った。

本年度は、熊本地震を対象に、緊急輸送道路の道路橋の耐震補強の実施状況による社会経済活動に対する影響の分析を行った。

## 【研究内容】

### 1. 社会経済活動に対する影響の分析

緊急輸送道路が被災すると、緊急車両の走行距離の増加や速度の低下により移動時間が長くなるため、様々な活動に与える影響は大きい。そこで、熊本地震を対象に、緊急輸送道路の道路橋の耐震補強の実施状況により、旅行時間にどのような影響を及ぼすか分析した。分析するパターンは、i) から iii) とした。

出発地点及び到着地点は、社会経済活動に対する影響を分析するため、緊急物資の輸送ルートに着目した地点とした。そのため、出発地点及び到着地点は、熊本地震の際に民間物資拠点及び一次物資拠点として活用された場所とし、a) から d) とした。

分析するパターン

i) 熊本地震前の最適路線(パターン 1)

- ii) 熊本地震本震発生後 24 時間、24 時間後から 3 日目、4 日目から 7 日目、8 日目から 14 日目ごと実際に使用された路線 (パターン 2～5)
- iii) 耐震補強の効果を評価するための路線 (パターン 6、7)

出発地点及び到着地点 (図-1)

- a) 福岡県久山町から KK ウイング
- b) 福岡県久山町からグランメッセ熊本
- c) 佐賀県鳥栖市から KK ウイング
- d) 佐賀県鳥栖市からグランメッセ熊本

道路橋の耐震補強の実施状況による被災度は、道路橋の被災度推定手法 (国総研資料第 485 号、平成 20 年 7 月) を用いて判定した。

## 【研究成果】

### 1. 社会経済活動に対する影響の分析



図-1 出発地点及び到着地点

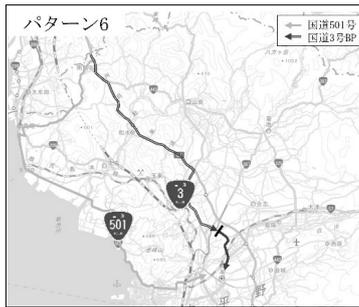


図-2 耐震補強の効果を評価するための路線

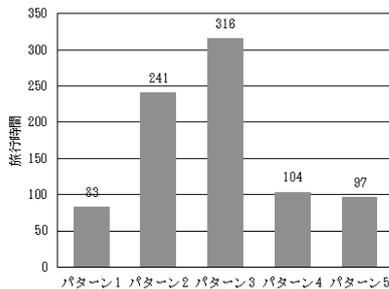


図-3 パターン別旅行時間  
(福岡県久山町から KK ウイング)

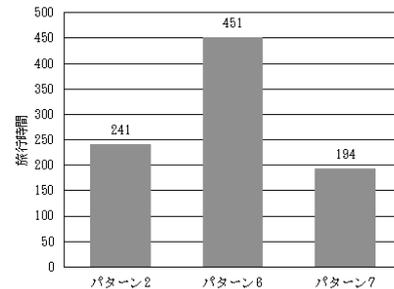


図-4 パターン別旅行時間 (地震発生後 24 時間)  
(福岡県久山町から KK ウイング)

分析するパターンのうち、耐震補強の効果を評価するためのパターン 6、7 (図-2) の考え方を以下に示す。

パターン 6：「緊急輸送道路の橋梁耐震補強 3 箇年プログラム (平成 17～19 年度)」(以下、3 プロ) を基に耐震補強を実施した場合の通行可能ルート

パターン 7：現在の耐震補強の状況に加えて、段差防止対策が実施済みだった場合の通行可能ルート

所要時間は、熊本地震本震発生後 24 時間のプローブデータを用い、ルート毎に時間帯別旅行時間を算出した。なお、プローブデータが欠測している時間帯は、道路交通センサスの時間帯別交通量を用いて、隣接区間の交通容量及び旅行時間から推定できる BPR 関数で算出した値とした。

九州自動車道は、熊本地震により橋梁のほか盛土も損傷し長時間通行止めとなっていたため、パターン 6、7 では通行不可能とする。また、パターン 6 に関して、地震発生前に 3 プロにより耐震補強されていた道路橋は、実被害を反映させることとした。

出発地点及び到着地点に対するパターンごとの分析結果のうち、福岡県久山町から KK ウイングに対するパターンごとの分析結果を整理した。なお、耐震補強未実施の場合は、全てのルートに通行不可能な被災度と評価される道路橋があり、通行可能ルートがなくなるため分析対象からはずしている。

図-3 に、地震発生後から 14 日目までに実際に使用されたルートのパターン別旅行時間を示す。旅行距離は、パターン 1、5 は同ルートで 111km であり、パターン 2～4 は同ルートで 113km である。地震発生後、道路施設の被災により九州自動車道の一部が通行止めとなったため、緊急車両のほか、一般車が国道 3 号などに集中して大規模な渋滞が生じ、地震発生後から 3 日目まで (パターン 2、3) の実旅行時間は地震前 (パターン 1) の 3～4 倍も増加している。なお、4 日目以降 (パターン 4、5) は地震前と同程度まで低下している。

図-4 に、地震発生後 24 時間の旅行時間を耐震補強別に示す。旅行距離は、3 パターンとも同ルートで 113km である。耐震補強が未実施だった場合、通行可能ルートがないため旅行時間はとてつもない長さとなるが、3 プロによる耐震補強を実施すると、通行可能なルートができるため、パターン 6 (3 プロ) の旅行時間はパターン 7 (現況+段差防止対策) の 2.3 倍に収まっている。このため、未補強橋梁をもつ路線は、少なくとも 3 プロによる耐震補強を実施することで、通行可能な路線を確保する必要がある。パターン 2 (実績) では、パターン 6 の 6 割弱まで減少しており、3 プロ以上の耐震補強を進めてきた効果も見られる。

#### [成果の活用]

耐震性の改善効果を取りまとめた上で、道路の震災対策に関する技術基準等に反映する。

# 災害時における道路通行可否の把握技術に関する調査

Study on technologies to grasp whether the road is passable at the time of slope disaster

(研究期間 平成 30～令和 2 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

片岡 正次郎  
KATAOKA Shojiro  
猿渡 基樹  
SARUWATARI Motoki

If a large earthquake occurs, road manager carries out elimination of road obstacles that will open up routes where emergency vehicles can move. In this study, in order to avoid secondary damage caused by slope failure and re-failure at the time of survey of affected areas and elimination of road obstacles activity, focusing on Unmanned Aerial Vehicle (UAV), the measurement conditions that can judge danger caused by slope failure and re-failure are investigated.

## 〔研究目的及び経緯〕

大規模地震が発生した際、道路管理者は、緊急通行車両が移動できるルートを切り開く道路啓開を実施している。

国土技術政策総合研究所では、道路啓開活動前の被災箇所調査や道路啓開活動時の斜面の崩壊・再崩壊の危険性把握のため、航空機を含めた被災状況の早期把握技術の活用を検討している。本研究は、被災箇所調査時や道路啓開活動時の斜面の崩壊・再崩壊による二次被害を回避するため、無人航空機 (UAV) に着目し、斜面の崩壊・再崩壊の危険性が判断できる計測条件の検討を行い、道路啓開活動前後に UAV がどのように活用可能か検討するものである。

本年度は、段差や陥没などの斜面の状態を、どの程度の精度で計測可能か検討を行った。

## 〔研究内容〕

### 1. 検討に使用するカメラ及びレーザの選定

UAV を用いて情報収集する際、最良の結果を生み出すため、市販されているカメラ及びレーザの性能等を整理し、検討に使用する機材を選定した。

### 2. 計測精度の影響の検証

計測精度は、斜面条件 (斜面勾配、植生密度など) や計測条件 (基準点配置、飛行高度など) により影響される。そのため、計測精度に影響を与える条件を抽出し、条件ごとに検証を行った。

## 〔研究成果〕

### 1. 検討に使用するカメラ及びレーザの選定

表-1 及び表-2 に、カメラ及びレーザの重量と解像度の関係を示す。

UAV に搭載可能なカメラ及びレーザは、UAV の最大積載量に依存する。一般的に、最大積載量を大きくす

表-1 重量と解像度の関係 (カメラ)

区分	カメラ					
	A	B	C	D	E	F
有効画素数	1200万	1620万	2000万	2080万	2420万	2620万
対地50m時地上解像度	約1.7cm	約1.3cm	約1.4cm	約1.0cm	約0.9cm	約0.6cm
重量	116g	251g	—	461g	522g	1055g

※地上解像度は計算値

表-2 重量と解像度の関係 (レーザ)

区分	レーザ	
	G	H
測定ポイント数	30万ポイント/秒	55万ポイント/秒
重量	830g	3600g

るには、推進力を上げる必要があるため、プロペラ数が増え、バッテリーを多く積まなければならない。そうすると、UAV の総重量が大きくなり、飛行時間及び飛行距離が短くなってしまふ。

以上から、UAV を用いて情報収集する際、最良の結果を生み出すためには、情報収集したい範囲、解像度等を事前に計画を立て、カメラ、レーザ及び UAV を選定する必要がある。

本研究では、まずは、市販されているカメラ及びレーザでどの程度の情報が収集できるか把握するため、市販されており、ある程度解像度の良いカメラ及びレーザを使用して各種検証を実施することとした。そのため、本研究で使用するカメラは、表-1 から、対地高度 50m で撮影した際の地上解像度が中程度で、比較的軽量の C 及び D を採用した。ここで、対地高度は、地面から撮影地点 (カメラ) までの高さである。

また、レーザは、表-2 から、高性能型の H を採用し、レーザに搭載する慣性計測装置 (IMU) や、レーザを搭

表-3 検証項目と検証方法

検証項目	検証方法
斜面勾配	縦断測量との較差
植生密度	開空度と地盤到達点の関係
基準点配置	調整用基準点数と誤差の関係
計測方向	スキャン角度とロール角精度の関係
飛行高度	飛行高度と誤差の関係
GNSS測位状況	衛星数と周辺地形の関係

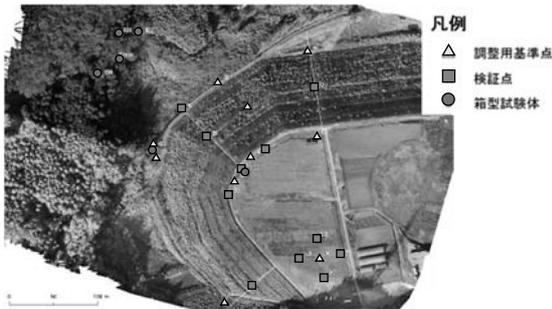


写真-1 試験フィールド

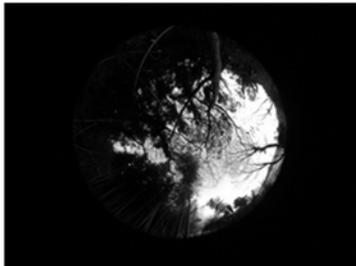


写真-2 全天空写真（開空度 30.6%）

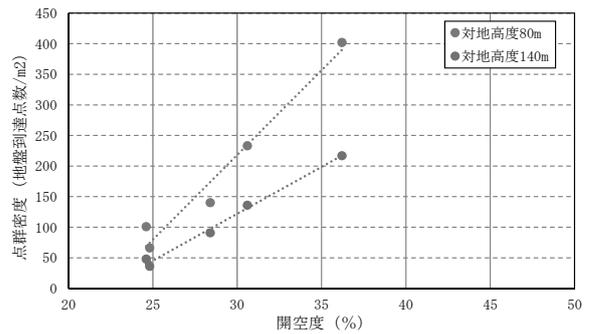


図-1 開空度と点群密度の関係

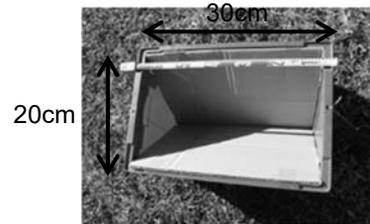


写真-3 地上に設置した試験体（V字型）



写真-4 試験体周辺の点群データ（開空度 30.6%）  
（左：対地高度 80m、右：対地高度 140m）

載する UAV を選定した。

## 2. 計測精度の影響の検証

検証項目による計測精度の影響を検証した結果のうち、植生密度による計測精度の影響の検証結果を示す。計測は、ドローン飛行場の一部を試験フィールド（写真-1）として実施した。また、検証する点群データは、対地高度 80m 及び 140m の 2 パターンで計測したものとした。

植生密度の指標は、魚眼レンズで撮影した全天空写真から算出した樹冠の空隙の割合（開空度）で表現することとし、開空度と 1m<sup>2</sup> あたり地盤到達点数（点群密度）の関係を整理した。ここで、今回検証した 5 地点の開空度は、20%から 40%の間であった。例として、写真-2 に、開空度 30.6%の全天空写真を示す。

図-1 に、開空度と点群密度の関係を示す。同図から、対地高度 80m、140m とともに点群密度と開空度は相関関係があり、開空度が大きくなると点群密度は大きくなることが分かる。また、開空度の増加による点群密度の変化は、対地高度 140m より 80m の方が増加の傾向が大きいことが分かる。

次に、地盤到達点数の違いにより、地形の再現にど

の程度違いがあるか、5 地点それぞれに、地形の変状（段差・陥没・亀裂）を模した V 字型の試験体を設置して検証した。

写真-3 に、地上に設置した V 字型の試験体を示す。また、例として、写真-4 に、対地高度 80m 及び 140m、開空度 30.6%の場合の試験体周辺の点群データを示す。写真-4 から、対地高度を低くすることにより、試験体をよく再現できていることが分かる。

以上から、対地高度を低くすることにより点群密度が大きくなるため、地形を把握しやすくなる。しかし、点群密度の大きさは、開空度とレーザの性能にも影響される。このように、どの程度詳細に地形を把握できるかは、対地高度、開空度及びレーザの性能に依存するため、この 3 つの関係から、把握できる地形の変状を明確にした上で調査する必要がある。

### 【成果の活用】

災害時にカメラ及びレーザを搭載した UAV を用いて地形データを取得する際の計測条件を取りまとめた上で、各地方整備局の道路啓開計画に反映させ、道路啓開計画の高度化に貢献する。

# 災害対応時の管理基準に関する調査

Survey on management standards at the time of disaster response

(研究期間 平成 28~30 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  
主任研究官  
Senior Researcher

片岡 正次郎  
KATAOKA Shojiro  
横田 昭人  
YOKOTA Akito

In order to set a timeline and perform snow removal properly, it is required to know the exact snowfall situation on the site. This study aims to investigate snowfall prediction to improve their effectiveness. By organizing the relationship between the occurrence of stuck vehicles and the situation of snowfall at that time, it is examined whether the traffic regulation criteria can be set based on the snowfall prediction.

## 〔研究目的及び経緯〕

近年豪雪のため大規模に車輛が滞留し、通行再開までに数日間要する事象が多数発生している。道路管理者は、降雪前、降雪時、滞留発生時の各段階で設定したタイムラインに基づいて対応を行う。降雪前では出控え、広域迂回の呼びかけを行うことや、チェーン未装着車輛を通行させないため規制人員の体制構築、通行制限の実施判断を行う。

適切に降雪対応するために、現場では正確な降雪状況の把握が求められ、降雪予測の活用が有効とされている。本研究では降雪予測を用いたタイムラインの実効性を高めるため以下の調査を行った。

平成 29 年度までに XRAIN を活用しリアルタイムで降雪の範囲、降雪の量を把握する方法について研究を行った。

今年度は、雨量規制のような通行の制限を、降雪の予測値(路面の状態を要素としないもの)から設定し、通行規制の実施判断基準の設定が可能であるか調査を行った。

## 〔研究内容及び成果〕

道路管理者は降雪予測の情報として、気象庁から配信される予測解析情報を用いて、管理区間内の必要な地点毎で時間降雪量を把握している。この情報を活用し、規制実施の判断ができる基準を設定することがよい。そこで過去の走行不能車輛の発生とその時の降雪の状況を整理して、関係性を見ることにより、規制判断基準の設定が可能か検討を行うこととした。

### (1) 走行不能車輛の発生時の降雪状況の推定

平成 23 年度から平成 28 年度に大型車輛が直轄道路(北海道を除く)において、スタッドレスタイヤ装着の状態で行き止まりとなった 753 事象について、発生箇所の降雪状況の再現を行う。

降雪の状況としては、降り始めた時間から走行不能車輛発生までの時間降雪深を推定する。図-1 は国道 18 号新潟県(湯沢)での 2017/2/21 に発生した事象を対象に再現したものである。走行不能車輛発生時の気象庁が配信した 3 種類の解析結果を使用し、発生箇所の降雪状況を再現する。図-2 のフローに示す手順で、再現性が高い推定結果を用いた。

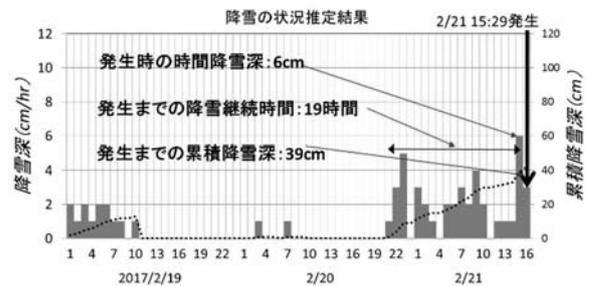
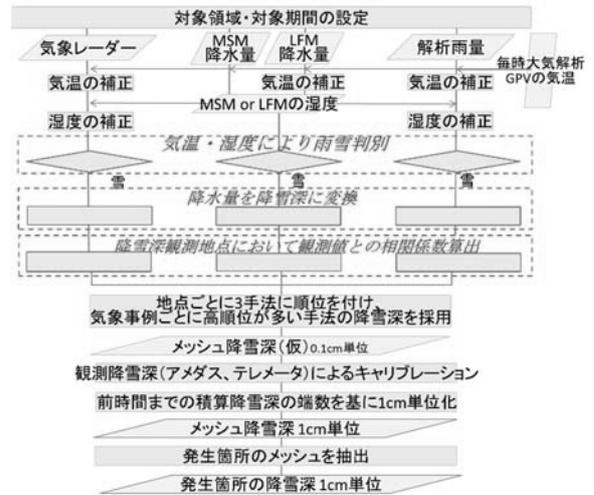


図-1 走行不能車輛発生箇所の降雪の状況推定 (例)



MSM]日本及びその近海の大気を対象とした気象庁の数値予報モデル  
LFM]日本領域の大気を対象とした気象庁の数値予報モデル  
GPV]大気中もしくは地表などに設定された格子点上の気象要素などの値

図-2 降雪の状況推定のフロー

(2) 推定結果の検証

再現した降雪状況は、北陸地方整備局のテレメータによる降雪観測記録との検証を行い、24 時間降雪深では 0.954、1 時間降雪深で 0.771 の相関を得た。

(3) 降雪状況と走行不能車両発生 の整理

降雪の状況と走行不能車両発生 の関係性を表-1 の①～⑨の要素で整理し、要素毎に相関を確認した。表-1 には降雪の地域性と道路勾配との相関について示している。⑧に示す降雪の地域性は、気象庁の警報基準から雪の多い地域、少ない地域を設定した。

表-1 走行不能車両発生 の各要素との相関関係性

	⑧		⑨	
①発生までの降雪継続時間	A	0.214	B	-0.220
②発生までの累積降雪深	C	0.267	D	-0.267
③発生時の時間降雪深	E	0.113	F	0.115
④発生前3時間累積降雪深		-	G	0.075
⑤発生前6時間累積降雪深		-	H	-0.026
⑥発生前1.2時間累積降雪深		-	I	-0.186
⑦発生前2.4時間累積降雪深		-	J	-0.391
⑧発生箇所 の降雪の地域性			K	0.000
⑨発生箇所 の道路勾配	K	0.000		

(4) 降雪の状況と走行不能車両発生 の関係性分析

降雪継続時間と道路勾配 (B) では、道路勾配が大きい程、降雪初期から発生する傾向は見られたが 0.220 と相関は低い。継続時間が長くなるほど路面状況が悪化し発生すると想定すれば、初期で発生する傾向が強く見られたことから、道路勾配の要素が大きく影響することを示すと考えられる。

累積降雪深と降雪の地域性 (C) では、雪が多い地域ほど、降雪深が大きな値のとき、走行不能車両が発生している傾向はあるが、0.267 と相関は低い。

累積降雪深と道路勾配 (D) では、累積降雪深が少ない場合でも勾配が大きくなれば走行不能車両が発生する傾向が見られたが、この関係性も -0.267 と低い。

時間降雪深と道路勾配 (F) では、道路勾配が大きいほど少ない時間降雪深で発生する傾向があると想定したが、その傾向は見られず、1 時間の降雪量には左右されない結果となった。

降雪の地域性と道路勾配 (K) では、雪が多い少ないの地域性に関係なく、道路勾配が 4 % を越える箇所 で発生する傾向がある。

以上のように、降雪の状況と走行不能車両の発生には強い相関が見られず、降雪の予測結果のみから明確な規制の判断基準値を設定することは、可能性が低いという結果を得た。

(5) 管理基準の設定の方向性

今回の調査では、降雪の予測情報を活用して、チェーン規制の実施を判断する際、道路勾配は要素として取り入れるべきであることは把握できた。

降雪の予測情報として、1 時間降雪深、降雪継続時

間といった要素は有効でないが、表の (G) ~ (J) の相関を見るに、24 時間累積の降雪状況といった大まかな捉えの方が相関は高い。これらを用いて管理基準の設定の方向性を次の様に示す。

大規模車両の滞留では以下の流れがある。降雪時に走行不能車両が発生し、除雪作業を中断して、この車両の排除作業に当たる。その作業が頻繁になり除雪ができず、更なる走行不能車両、大量の積雪、全車両が走行不可能となる。よって走行不能車両の排除を除雪作業の中で許容しつつ、車両滞留を発生させないことを前提とした判断基準の設定方法を提案する。

図-3 は道路勾配と 24 時間累積降雪深で見ると走行不能車両の発生分布であり、実線はこれを下回る 24 時間累積降雪深で発生していた走行不能車両の割合を示す。例えば道路勾配 4 % 以上を含む管理区間において、走行不能車両を 40 % まで減少させなければ車両滞留が発生すると想定した場合、24 時間累積降雪深の予測値が 25cm 以上の時はチェーン規制を判断することになる。

しかしながら図-3 のばらつきは非常に大きく、降雪の状況だけでは、走行不能車両発生時の路面状況は表現されない。気温、除雪状況、交通量など、その他の要素で路面状況は変わるため今後降雪と路面状況の関係について把握する必要がある。

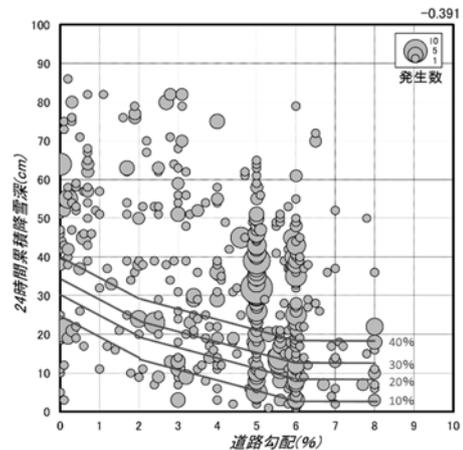


図-3 走行不能車両の発生分布 (管理目安)

[成果の活用]

前年まで行った降雪の範囲、降雪量を広い地域で把握することは、除雪部隊を他の場所へ応援に向かわせる可否判断をする上で必要な情報であり、現場での活用が期待される。降雪の予測結果は体制の構築を判断する上で有効な情報であるが、降雪の予測を基に制限実施の判断を行うタイムラインの設定にはさらに調査を進める必要がある。本研究の成果は、タイムラインの実効性を向上していく上での基礎資料として活用される。

# 道路の雪対策に係る国際的な比較調査

Study on countermeasures against snowfall on road of other countries

(研究期間 平成 29～30 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
課長補佐	大城 秀彰
Deputy Head	OSHIRO Hideaki
研究官	齋藤 貴賢
Researcher	SAITOU Takayoshi

The purpose of this research is to propose useful countermeasures against snowfall on the road. In this fiscal year, the authors surveyed outlines of the legislation and practice of overseas winter road management and applicability to our country. Furthermore, the authors tried calculations of effects when those legislation and practice were applied to our country.

## [研究目的及び経緯]

本研究は、海外の冬期道路管理に関する制度・運用について、適用可能性を検証した上で、我が国に有用な雪対策を提案することを目的とする。そのため、海外の冬期道路管理の制度・運用の概要と我が国への適用性を整理し、その結果を踏まえ、我が国への適用が期待される制度・運用を選定し、それらを我が国へ適用した場合の効果を試算するものである。

## [研究内容]

### 1. 海外の冬期道路管理に関する制度・運用の整理

海外の冬期道路管理に関する制度・運用のうち、我が国の幹線交通の確保に資するという観点のもと、10の制度・運用を選定し、制度・運用の概要、及び我が国への適用性について整理を行った。

### 2. 海外の冬期道路管理に関する制度・運用の我が国への適用による効果の試算

1. で整理した海外の制度・運用から2つを選定し、我が国に適用した場合の効果について試算を行った。選定基準は、冬期幹線交通確保に資する道路管理であること、我が国への適用性が期待されること、効果計測の可能性があること、とした。なお、効果の試算は我が国の実際の冬期道路管理の事例を選定した上で、費用便益分析マニュアル(国土交通省道路局・都市局、平成30年2月)の考え方にに基づき、実際の対策と、海外の制度・運用を適用した場合とを定量的に比較するものとした。

## [研究成果]

### 1. 海外の冬期道路管理に関する制度・運用の整理

海外の冬期道路管理に関する制度・運用の概要と我が国への適用性についての整理結果の一部を示す(表-1)。

オーストリア、フィンランド等ヨーロッパ諸国では、道路の除雪水準にカテゴリを付しており、各国の管理する国道、高速道路等において、交通量、道路種別、車種構成等に応じ、冬期道路管理の水準(除雪頻度、最大許容積雪深等)を変えている。一方、我が国では、同一管理者が管理する道路では、基本的に同一の水準で冬期道路管理が行われているため、上記のカテゴリ分けを導入することで、道路利用者への損失削減の効果や除雪費用削減の効果が考えられる。他にも、カナダでは、定量的な冬の深刻度指標を設定・モニタリングすることで効率的な予算配分のもとで冬期道路管理を行う基盤を整備していたり、アメリカの各州では、天候に応じた段階的な交通規制やチェーン携帯・装着等の義務づけを行っていたり、我が国に適用することで一定の効果が得られると考えられる制度・運用が確認できた。

### 2. 海外の冬期道路管理に関する制度・運用の我が国への適用による効果の試算

1. で整理した制度・運用のうち、ヨーロッパ諸国の道路ランク付けによる冬期道路管理及びアメリカペンシルベニア州の段階的な交通規制を我が国に適用した場合を想定し、効果を試算した。

表-1 海外の冬期道路管理に関する制度・運用の概要と我が国への適用性の整理結果の一部

制度・運用の概要		我が国への適用性			
制度・運用の概要		国・地域	メリット	デメリット・課題	適用条件
除雪水準のカテゴリ	交通量、道路種別、車種構成等に応じてサービスレベルをクラス分けし、冬期道路管理を実施	オーストリア、フィンランド、アイスランド、ノルウェー	限られた予算内で効率的な維持管理が可能	サービスレベルが低い路線のユーザに対する理解増進が難	交通量や沿道状況の異なる路線を一括で管理する政令市等での効果が期待
サービス水準の指標	冬の深刻度指標等をねらいとして、種々の深刻度指標を開発	カナダ	定量的なモニタリングにより、継続的に適切な予算を確保することが可能	何を従属変数とするかが課題	気象データや交通量データ等の充実した道路交通センサス区間等での適用が想定
交通規制	インターステート・ハイウェイの交通規制	ペンシルベニア州（アメリカ）	悪天候時の通行規制について、意思決定の手順を定めておくことで円滑な対処が期待	米国と異なり道路管理者が交通を規制できないため、警察との情報共有、調整が不可欠	迂回路が充実していることが必要
	チェーン規制	カリフォルニア州（アメリカ）	チェーン装着によりスタック車両の減少が期待	チェーン装着に不慣れな運転手への対応が必要	チェーンの着脱場が整備されていることが必要
管理方法	Clear Roads 除雪ルートの最適な選択	アメリカ	除雪ルートの最適化により、冬期道路管理の費用を削減することが期待	必ずしも利用者の便益を最大化するための最適化とは限らない	管理する道路延長が長い県や市町村が管理する道路

(1) 対象とする適用事例へのシナリオ設定

平成 26 年に発生した福島県の大規模な立ち往生を伴った事例を対象に、ケース①（平成 26 年福島の状態を踏まえたケース）、ケース②（ヨーロッパ諸国の道路ランク付けによる管理ケース）、ケース③（アメリカペンシルベニア州の段階的な交通規制による管理ケース）の 3 ケースを設定した（表-2）。

表-2 ケース別シナリオの概要

ケース	概要
ケース①	平成 26 年福島の状態を踏まえたケース
ケース②	高速道路等で、除雪出動の早期化と除雪車両数の増加を実施
ケース③	まず大型車の規制、次に全車種の通行規制を実施し、集中的な除雪を実施

(2) シナリオ適用による効果の試算

1) 除雪コスト削減の考え方

除雪作業のコストは、除雪機材 1 台あたりの作業時間（稼働時間と他事務所からの移動時間を想定）を除雪機材台数で積算した時間に比例するものと仮定した。平成 26 年福島の事例での作業時間をもとに、各ケースでの削減可能性を想定して、ケース②・③の作業時間を算出し、ケース①と比較するものとした。

2) 道路利用者の損失削減の考え方

費用便益分析マニュアルの考え方に基づき、積雪時の道路利用者の損失額（走行時間、走行経費および交通事故）と平常時の損失額の差を積雪による道路利用者の損失とした。ケース②・③の積雪による道路利用者の損失を算出し、ケース①と比較するものとした。なお、積雪による道路利用者の損失は、通行止め発生及び解除を境とし、段階別・車両走行状況別に、「速度低下」、「迂回」、「立ち往生」及び「移動の取り止め」を考慮して算出した（図-1）。

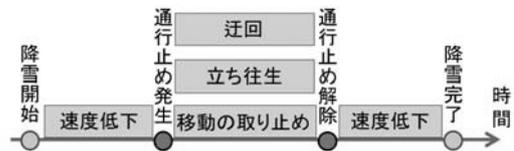


図-1 段階別・車両走行状況別に考慮する被害項目

3) 除雪コスト及び道路利用者の損失の試算結果

除雪コスト及び道路利用者の損失について、ケース②・③について、ケース①に対する比（ケース①の除雪コスト及び道路利用者の損失をそれぞれ 100%とする）で表した（図-2）。

ケース②は現状の約 55%、ケース③は現状の約 12%程度に除雪コストが削減できることが見込まれる。積雪による道路利用者の損失は、移動の取り止めによる損失が大半を占める結果となった。合計の損失については、ケース②が現状の約 56%、ケース③が現状の約 13%程度にまで減少することが見込まれる。

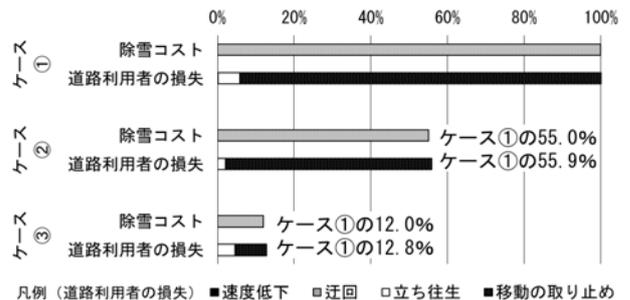


図-2 除雪コスト及び道路利用者の損失の算定結果

【成果の活用】

本研究では、海外の冬期道路管理の制度・運用を調査し、定量的な効果の考え方を示した上で、我が国へ適用した場合の効果を試算した。引き続き、冬期道路管理手法の基礎的知見の拡充に努めてまいりたい。

## 領域 8 : 大切な道路資産を科学的に保全する

# 道路橋の点検体系に関する調査検討

Study on inspection system of road bridge

(研究期間 平成 30～令和 2 年度)

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

主任研究官 前田 文雄  
Senior Researcher MAETA Fumio  
交流研究員 林 佑起  
Guest Research Engineer HAYASHI Yuki

室長  
Head  
主任研究官  
Senior Researcher  
研究官  
Researcher

白戸 真大  
SHIRATO Masahiro  
岡田 太賀雄  
OKADA Takao  
大西 諒  
ONISHI Ryo

This study examines inspection data to obtain practical knowledge to improve both the quality and the efficiency of inspection procedure. This year, three cycles of data set for regular inspections has been utilized to examine characteristics of deteriorations focusing on younger bridges, bridge locations, repair work experiences and interactions of different deteriorations.

## [研究目的及び経緯]

道路の老朽化や大規模な災害の発生の可能性等も踏まえた道路の適正な管理を図るため、平成 25 年に道路法の一部が改正され、道路管理者は適切な時期にトンネル、橋その他道路附属物について点検を行うことが義務付けられた。国では平成 26 年に「道路橋定期点検要領」を制定し、その要領によって行う定期点検開始から平成 30 年度末で 5 年が経過し点検が一巡した。本研究では定期点検で確認された損傷データの分析等を行い、点検の品質を確保しつつも合理的な点検体系の提案のための知見の抽出を行う。

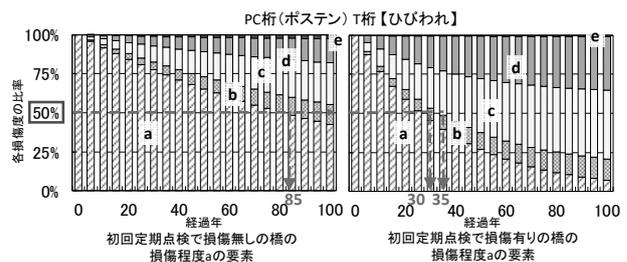
平成 30 年度は、国が管理する道路橋の定期点検で平成 16 年～29 年度に蓄積された 3 巡分の点検データを活用し、供用後早期に発生した損傷の特徴や補修補強の有無、複合的損傷の影響等による劣化傾向の違いについて分析した。

## [研究内容及び研究成果]

### 1. 初回定期点検の損傷の有無による劣化特性の違い

供用後 2 年以内に実施される初回定期点検での損傷の有無の違いによる劣化特性の違いを把握するため、着目する損傷について、初回定期点検で全要素の損傷程度の評価が a (損傷無し) の上部構造と損傷程度の評価が b 以上 (損傷有り) が 1 要素でも存在した上部構造の損傷程度の評価が a の要素を抽出し、初回定期点検から 2 回目定期点検のそれぞれの遷移確率を算出した。図-1 は PC 橋 (ポステン) の T 桁のひびわれの劣化曲線を示したものである。それぞれの劣化曲線に

おいて、損傷程度の評価が b 以上となる割合が 50% を超える年齢を矢印で示している。これらと比較すると、初回定期点検で損傷無しの上部構造では b 以上となる割合が 50% を超える年齢が 85 年であるのに対して、初回定期点検で損傷有りの上部構造では 30 年であることがわかる。さらに、初回定期点検で損傷有りの上部構造では損傷程度の評価が c 以上となる割合が 50% を超える年齢が 35 年であることがわかる。これらの結果から、初回定期点検において損傷が発生している上部構造の場合、健全な要素であっても劣化が進行しやすいことがわかった。



評価区分	a	b	c	d	e
損傷の程度	小	-----	-----	-----	大

図-1 初回定期点検での損傷の有無による劣化傾向

### 2. 早期に劣化が進行した事例

早期に劣化が進行する橋の特徴を把握するため、供用から 15 年以内の定期点検において「構造物の機能に支障が生じる可能性があり、早期に措置を講ずべき状態」と診断された橋の損傷種類を図-2 に示す。

それらの橋を対象に定期点検調査に記載の損傷原因を集計したところ、かぶり不足や初期ひびわれに代表される「施工品質のばらつき」、水処理の問題や耐候性鋼材の異常に代表される「環境条件のばらつき」が主な損傷原因であった。一方、橋の規模や交通量には依存しないことがわかった。

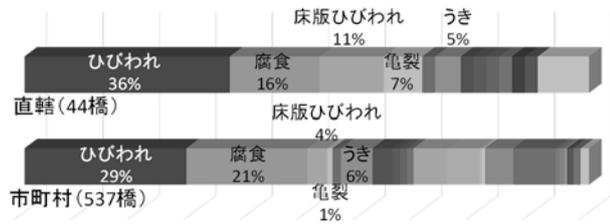


図-2 供用から15年以内に「早期に措置を講ずべき状態」と診断された橋の損傷種類

### 3. 損傷程度の評価が2段階以上進行する条件

i 回目の定期点検と i+1 回目の定期点検における損傷程度の評価が2段階以上進行した部材が、部位・環境条件、同一要素に生じた別の損傷、着目部材の近傍の別の部材に生じた損傷の有無などの観点でどのような特徴を有しているかを確認するため、i 回目定期点検から i+1 回目定期点検で損傷程度の評価が2段階以上進展した損傷の発生状況を統計的に整理した。図-3は鋼鉄桁橋の床版ひびわれに着目したときの同一要素における他の損傷の発生状況を示したものである。鋼鉄桁橋の床版ひびわれで損傷程度の評価が2段階以上進行した要素の60%は漏水・遊離石灰が生じていることがわかる。

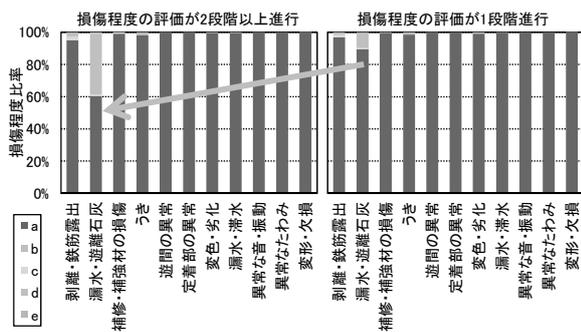


図-3 同一要素における別の損傷の発生状況と損傷程度の評価の進行の関係（鋼鉄桁橋の床版ひびわれ）

### 4. 同一要素に別の損傷が発生している事例

3.の結果を踏まえて、漏水・遊離石灰の有無による床版ひびわれの劣化特性の違いを把握するため、i 回目定期点検で漏水・遊離石灰が生じている要素と漏水・遊離石灰が生じていない要素における i 回目定期点検から i+1 回目定期点検の床版ひびわれの遷移確率を算出した。図-4にその結果を示す。この結果から

も、漏水・遊離石灰が生じていると床版ひびわれの劣化が進行しやすいことがわかる。

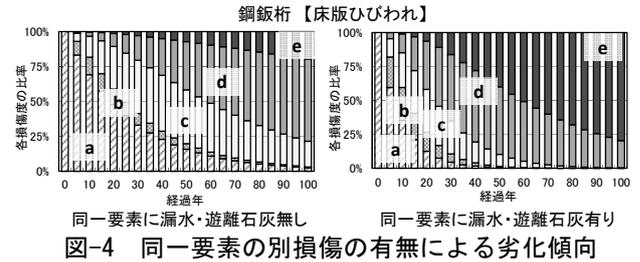


図-4 同一要素の別損傷の有無による劣化傾向

### 5. 補修した部材が再劣化した事例

補修の有無の違いによる劣化特性の違いを把握するため、i 回目定期点検から i+1 回目定期点検の間に損傷程度の評価が回復した（補修された）要素とそれ以外の要素に着目し、i+1 回目定期点検から i+2 回目定期点検の劣化傾向を整理した。図-5は鋼主桁（鉄桁）における補修の有無による腐食の劣化傾向を示したものである。この結果から、補修無し部材に比べて補修有り部材の方が劣化が進行しやすいことがわかる。この鋼主桁の腐食について、代表橋梁の点検調査を確認したところ、再劣化の要因として飛来塩分の影響や伸縮装置からの漏水が推定された。このことから、補修効果をできるだけ長く保つには採用する工法の適用範囲や劣化要因の除去などを考慮したうえで適切な施工を行う必要があることがわかった。

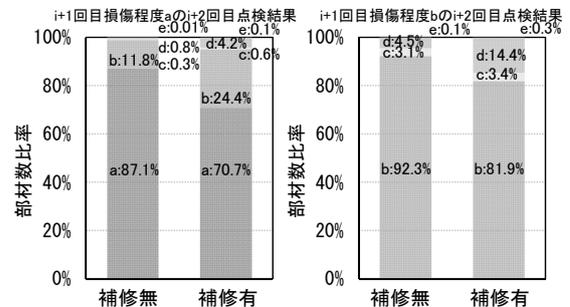


図-5 補修の有無による劣化傾向

### 6. まとめ

点検データを統計的に集計することによって得られる結果は物理化学的な原理を再現するものではないが、損傷の種類や発生傾向が把握でき、劣化の現在状態や将来状態を知る手段として有効である。これらの結果をもとに、点検の品質を確保しつつも合理的かつメリハリのある点検体系の実現が可能であることが明らかになった。

#### 【成果の活用】

本研究で得られた成果は、道路橋定期点検要領（H31.2）、橋梁定期点検要領（H31.3）の改定に反映された。

# 道路橋管理におけるアセットマネジメント活用に関する調査検討

Study to utilize asset management for road bridges

(研究期間 平成 30～令和 2 年度)

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

主任研究官 前田 文雄  
Senior Researcher MAETA Fumio  
交流研究員 林 佑起  
Guest Research Engineer HAYASHI Yuki

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 大西 諒  
Researcher ONISHI Ryo

Life cycle costs (LCC) are commonly utilized as one of the indicators to investigate and plan long-term bridge management. However, many parameters are involved in LCC analyses with various uncertainties. This research tackles to clarify the uncertainty in the estimation of LCC and give notices to bridge owners on the planning for long-term bridge management. This year a parametric study was conducted for estimating the uncertainty in LCC varying with the difference in the assumption of repair and maintenance timings.

## [研究目的及び経緯]

道路橋維持管理に関する中長期計画を検討するにあたって、将来の維持管理費用（以後、この報告では、ライフサイクルコスト又はLCCと呼ぶ）の計算値が指標の一つとして用いられ、様々な比較検討がなされる。しかし、様々な計算上の仮定がLCCの計算では必要であり、また、それらを精緻化できたとしても仮定と現実とは一致しない。したがって、計算値を確定値として活用することはできず、使用目的に応じた仮定の与え方や結果を解釈する方法論を確立する必要がある。そのためには、網羅的な試算を積み重ね、ノウハウを構築することが求められる。

図-1 に LCC を計算するときに必要な仮定の例を示す。平成 30 年度は、図-1 に示す各種設定のうち、計算上の劣化過程や修繕実施の判定式の与え方で LCC 計算値がどのように変わるのかを調べた。

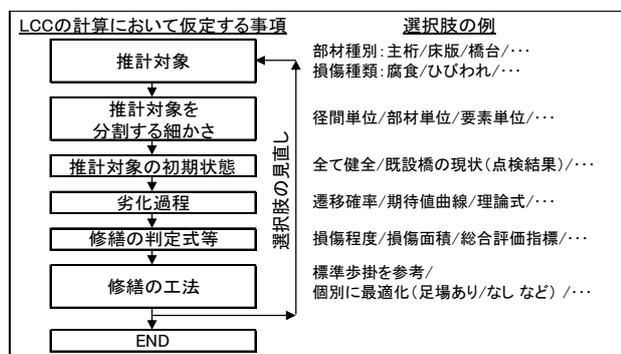


図-1 LCC 推計のフローと選択肢の例

## [研究内容及び研究成果]

### 1. LCC 推計を行う対象

#### (1) 推計を行う対象橋梁

橋梁群単位の LCC 推計を行うために、既設橋の構造形式や橋長の内訳を調査し、実際の分布を模擬した 30 橋の群の橋長および橋梁形式の内訳を図-2 に示す。

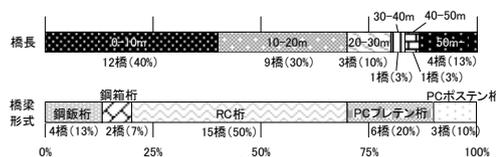


図-2 橋長及び橋梁形式の内訳

#### (2) 対象部材・損傷種類と分割の細かさの仮定

対象の部材は、上部構造の主桁と横桁と RC 床版、下部構造の橋台と橋脚、支承、伸縮装置とした。さらに、主桁については、図-3 に示すとおり、各径間では、各主桁はそれぞれ橋軸方向を端部とそれ以外（中間部）に分割した。また、RC 床版は橋軸方向で端部と中間部、橋軸直角方向で一般部と張出部に分割した。損傷の種類は鋼部材では腐食、コンクリート部材ではひびわれ及び床版ひびわれと剥離・鉄筋露出、支承は支承部の機能障害、伸縮装置は路面の凹凸とした。橋には他にも様々な部材、損傷の種類があるが、これらについては考慮している部材・損傷種類について補修されるときに必要なに応じて同時に補修されるという仮定である。計算開始時点のそれぞれの分割単位における損傷の状態は、損傷種類毎に定期点検で得られた損傷程度を当てはめた。

### (3) 劣化過程の仮定

各部材の劣化予測手法として、国管理の定期点検で記録する損傷程度の評価の移り変わりをパラメータとする「遷移確率」とその期待値を表す「劣化曲線」とを用いる。主桁については、外桁と内桁で異なるパラメータを与え、相対的には、外桁が劣化の進展を速くした。いずれも国総研資料第 985 号の巻末データ集から与えた。

### (4) 修繕判定式、修繕範囲の仮定

修繕を行う判定式には様々な考え方があるが、ここでは、径間単位で判定した。判定式は以下のとおり仮定した。

**判定式 1:** 主桁については、損傷種類別に、損傷程度 d 又は e の発生している単位数を径間内の単位数で除した値を指標にした。例えば、鋼主桁の腐食の場合、約 4 割の区画で d および e が発生した時点で修繕を行うこととした。本来は、たとえば主桁については、桁端と中間部で長さや面積が異なるため、その影響を考慮する必要があると考えられるが、ここでは簡単のため考慮していない。また、下部構造や伸縮装置は、損傷程度が d 又は e に達したとき、支承については主桁と同様で、1 基の下部構造上の支承数に対して、d 又は e に達した支承数の比率を用いて判定した。以上は、分割した単位毎の損傷が進展したときにその部分だけを修繕するというのではなく、部材種類全体として状態を考察し、補修の判断をすることもあり得ることを意図している。

**判定式 2:** 判定式 1 と組み合わせて、国総研資料第 822 号で構造物の状態を区分する指標として用いている「総合評価指標」を指標とし、耐荷性・災害抵抗性・走行安全性の指標値のいずれか一つでも 100 点（満点）から 30 点に低下したときに修繕を行うという判定式を与えた。これは、各部材種別だけでなく、橋全体の状態も加味して補修等を判断することもあり得ることを意図している。

次に、修繕の判定式だけでなく、修繕する方法や範囲も計算上の仮定が必要である。

**修繕方法:** 標準的な歩掛かり等が明らかになっている方法から選んで与えた。

また、修繕範囲は、損傷程度が悪化している分割単位のみとする考え方もある。さらに、損傷種類についても、判定された損傷のみを対象とするのか、修繕する部材等の範囲に含まれる損傷種類全てを対象とするのかでも、LCC の計算値は異なる。ここでは、以下のとおり仮定した。

**修繕範囲 1:** 判定式 1 で判定された損傷種類のみが修繕されると仮定した。

**修繕範囲 2:** 判定式 2 で判定された径間の全ての損傷種類が修繕されると仮定した。

いずれも現実には、このような判断が行われるわけでも、求められるわけでもないことの注意を要する。

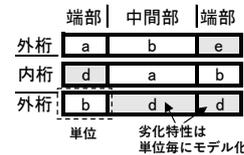


図-3 径間の分割の概要（鋼鉄桁の場合）

## 2. LCC 計算値の比較

計算は、50 年を対象に行った。各橋の 50 年間の LCC 累計値の 30 橋分の合計値を求める。さらに、劣化過程の仮定に遷移確率を用いる場合には、LCC 累計合計値の計算をモンテカルロシミュレーションにより 100 回繰返し、合計値 100 通りに対して、平均値と変動係数を算出した。

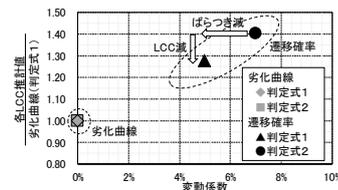


図-4 LCC 推計結果の比較

計算結果を図-4 に示す。図の縦軸は、劣化曲線（判定式 1）による推計値 1.0 として無次元化した。図の横軸は、変動係数を示す。劣化曲線を用いる場合は、劣化過程は各橋で 1 通りにしかならないので、劣化過程の仮定に対して計算値も 1 通りであり、ばらつかない（ばらつきの幅は 0 になる）。劣化について遷移確率と劣化曲線を用いた計算値は、4 割程度異なった。これは、劣化曲線を用いる場合、劣化曲線の関数形に依存し、今回用いた曲線は、損傷程度が一定値を下回りにくいためである。また、モンテカルロシミュレーションの計算値どうしも判定式の違いに応じて 2 割程度の差が生じた。これは、判定式 2 にて総合評価指標が一定点を下回った時に、その径間に含まれる全ての損傷種類と部材種類を対象に修繕が行われ、判定式 1 よりも多くの費用が累積されたためである。

## 3. まとめ

LCC 推計では、閾値や劣化予測手法などの設定にそれぞれ特徴があり、設定の内容に応じて推計値が大きく変動することが確認できた。設定方法とその結果の解釈について普遍的な留意点をまとめるように、さらに試算等を通じた分析を行う必要がある。

### 【成果の活用】

国総研資料等で公表する予定。

# 部分係数設計法の補修補強設計への適用に関する調査検討

Study on application of partial factor design for existing bridges

(研究期間 平成30～令和2年度)

道路構造物研究部 橋梁研究室

Road Structures Department

Bridge and Structures Division

主任研究官

Senior Researcher

研究官

Researcher

交流研究員

Guest Research Engineer

岡田 太賀雄

OKADA Takao

大西 諒

ONISHI Ryo

横田 剛

YOKOTA Go

室長

Head

主任研究官

Senior Researcher

交流研究員

Guest Research Engineer

白戸 真大

SHIRATO Masahiro

猪狩 名人

IGARI Meito

高山 文郷

TAKAYAMA Humisato

The present study has been developing the partial factor design method for the rational structural evaluation of existing road bridges. This year, a statistical estimation method of live load and live road factor corresponding to the assumed service period using measured values of traffic flow of existing road bridge was studied by the Monte Carlo simulation considering a stochastic loading model.

## [研究目的及び経緯]

国土技術政策総合研究所では、信頼性設計の考え方を基礎とし、国際的技術基準の標準書式でもある部分係数設計体系への転換を目的に道路橋の技術基準の見直しに必要な検討を進めており、新設橋の設計を対象とした成果は平成29年に改定された道路橋示方書に反映された。既設橋の補修補強設計においても新設橋の設計と同様に、求める性能の水準と適用基準を明らかにし設計作業を進める必要があり、適用基準として平成29年道路橋示方書を用いる場合には、そこに規定されている新設橋の設計に用いる設計活荷重や活荷重係数を適用して設計することとなる。一方で、規制の必要性、補強の必要性を検討するため、又は、当面の間に供用させることができるかどうかの判断においては、新設橋の設計に用いる設計活荷重や活荷重係数をそのまま用いるのではなく、想定する供用期間や架橋地点特有の交通特性に応じて荷重極値分布を評価し、架橋地点の特性を踏まえた活荷重や活荷重係数の調整をすることで、より合理的な判断を行える可能性がある。従来、以上の判断にあたっての交通流計測を行うときには72時間連続計測によることが多い。しかし、想定する供用期間に生じる主要部材の最大断面力に与える影響の大きな大型車の単位時間あたりの通過台数は橋ごとに異なるため、例えば通過台数が少ない橋では72時間で計測される大型車の影響だけでは、次回の定期点検までの数年間に橋が経験する応答の最大値と

の乖離が大きくなる可能性も考えられる。そこで本年度は、想定する供用期間に応じた活荷重規模を統計的に推定するために必要となる交通流の計測方法を提案するための基礎データを得るため、実在する複数の橋梁に対し活荷重実態調査から得られた交通流データを基に確率過程を考慮したモンテカルロシミュレーション(以下「荷重シミュレーション」という。)を実施し、交通特性や構造特性をパラメータとして計測期間と断面力最大値との関係を整理した。

## [研究内容及び研究成果]

### 1. 荷重シミュレーション

対象橋梁は平成29年道路橋示方書の活荷重係数の検討に用いられた国総研資料第1031号の8橋を用いた(表-1)。交通流を模擬するために参照する交通流モデルは、国総研資料第295号の活荷重実態調査において得られた3橋の交通流データ(BWIM記録)を基に平均大型車混入率を調整した交通流モデルを用いた(表-2)。荷重参照期間は3日、6日、12日、1年、3年、5年、10年、25年、50年としてそれぞれ1,000回実施した。

### 2. 荷重参照期間と断面力最大値の関係

荷重参照期間と断面力最大値の関係は、既往の応力頻度測定との関連を考慮して、断面力最大値分布の上位11番目値とTL20荷重による断面力との比率で整理した。各シミュレーションで得られた1,000個の断面力は

全て各荷重参照期間の断面力最大値であるが、今回は試みに非超過確率99%値に対応する断面力最大値を尺度として比較してみる。荷重参照期間と断面力比率の関係を整理した例として図-1(a)~(c)に橋梁番号01~03の結果を示す。

表-1 対象橋梁の概要

(活荷重係数は参照期間100年、大型車混入率30%)

橋梁形式	橋長 (m)	最大支間長 (m)	活荷重係数
01 鋼単純非合成鉄桁橋	19.8	18.3	1.01
02 PC単純ポステンT桁橋	31.7	30.5	0.93
03 鋼単純鋼床版箱桁橋	75.0	75.0	0.99
04 鋼2径間連続非合成鉄桁橋	83.0	40.8	1.01
05 鋼2径間連続非合成鉄桁橋	98.0	49.0	0.98
06 PC2径間連続箱桁橋	98.0	49.0	1.09
07 PC5径間連続合成鉄桁橋	181.3	35.2	1.21
08 鋼単純トラス橋(下路式)	97.0	95.1	0.92

表-2 交通流ケース

交通流ケース	BWIM記録	特徴	平均大型車混入率
ケース1	データ1	大型車混入率30%以下の代表点。車重上位5%を占める車種が比較的均一に出現する。	15%
ケース2	小山跨道橋		30%
ケース3	データ2	既往の活荷重研究の検討地点。最大120tonを越える大型車両が0.2%程度の確率で出現する。	30%
ケース4	有明曙橋		45%
ケース5	データ3	大型車混入率30%以上の代表点。混入率の大きい橋梁の中で車重上位5%値が大きい。	45%
ケース6	甲子橋		60%

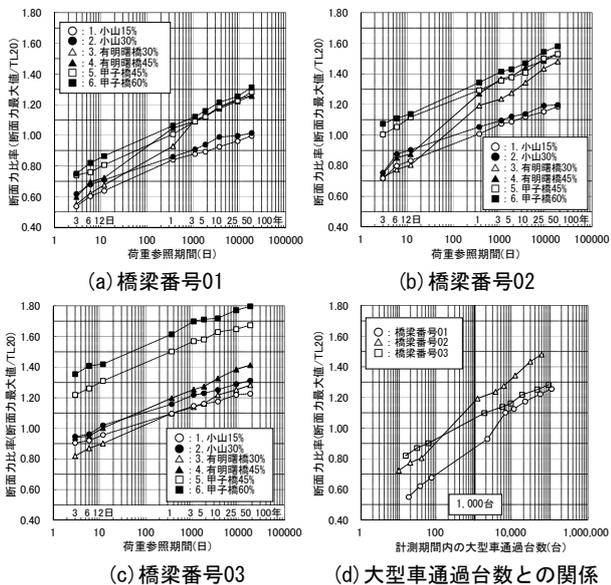


図-1 荷重参照期間と断面力比率の関係

荷重参照期間1年を超えると断面力比率の増加傾向に変化が見られる。この傾向は稀に車重の重い大型車両が出現するケース3,4に顕著である。これは参照期間が長くなると出現確率の低い車重の重い大型

車両が出現し断面力最大値に影響を与えているからだと考えられる。図-1(d)は交通流ケース3における大型車通過台数と断面力比率の関係である。大型車通過台数が概ね1,000台を超えると傾きが変化している。これより、大型車両の通行が想定される場合には、従来実施されてきた72時間の計測時間を越えた場合でも大型車通過台数が少なくとも1,000台程度以上となるまで計測をしなければ大型車両の影響を把握しきれない可能性があることがわかった。

### 3. 支間長と断面力との関係

図-2(a)は、大型車通過台数10,000台程度における支間長と断面力比率の関係である。支間長が長くなるほど断面力比率は概ね大きくなる傾向だが、ケース3,4では支間長30.5m(橋梁番号02)に対して75.0m(橋梁番号03)の比率が小さくなっている。これは、図-2(b)に示すケース3の断面力比率の頻度分布のとおりに、支間長が短い橋梁番号01,02では出現確率の低い大型車両単体の影響が支配的になり頻度分布のばらつきが大きくなる一方で、支間長の長い橋梁番号03では大型車の車両列として与えられる荷重が支配的になり出現確率の低い大型車両単体の影響が低減さればらつきが小さくなるためと考えられる。これより、大型車の合計通過台数が同じでも支間長が異なる場合には断面力最大値に対する大型車の同時載荷の影響が異なるため、計測期間の設定には支間長や交通特性に応じた場合分けが必要となることが分かった。

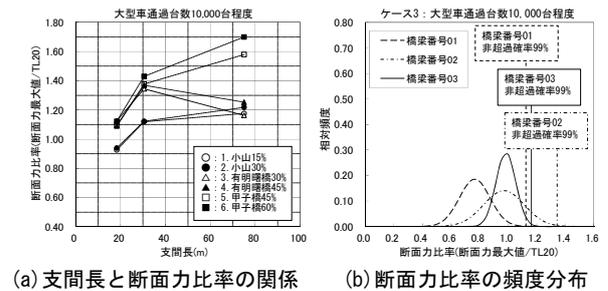


図-2 支間長と断面力最大値の関係

#### [今後の課題]

本年度は、荷重シミュレーション結果を整理することで、交通流計測において留意しなければならない観点を統計的に抽出することができた。今後は、交通流計測結果から想定する供用期間に応じた活荷重規模を推定するための方法について検討する必要がある。

#### [成果の活用]

補修補強設計の技術資料作成の基礎資料として活用する予定である。

# 道路橋の補修・補強設計法に関する調査検討

Study on Design Standards for Repair and Reinforcement Works of Highway Bridges

(研究期間 平成 28～令和元年度)

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

主任研究官 岡田 太賀雄  
Senior Researcher OKADA Takao  
交流研究員 高山 文郷  
Guest Research Engineer TAKAYAMA Fumisato

室長  
Head  
主任研究官  
Senior Researcher  
研究官  
Researcher

白戸 真大  
SHIRATO Masahiro  
猪狩 名人  
IGARI Meito  
高橋 慶  
TAKAHASHI Kei

The purpose of this test is to collect basic data to decide the allowable range of damage to bridge after yielding and establish the steel girder design method considering plasticity. For this purpose, one-sided cyclic loading experiments of three I-girders were conducted. The results suggested that the limit state of I-girders under bending moment can be clarified by focused on the sudden increase of residual out-of-displacement in web panel.

## [研究目的及び経緯]

平成 29 年の道路橋示方書改定で、橋を構成する部材の一部に塑性化を考慮する限界状態設計法(弾塑性設計)が導入されたことにより、部材や橋の破壊過程を直接確認して設計することが可能となった。これにより、将来の車両大型化や大地震時に対する設計の合理化が可能となり、既設橋の補修補強設計についても、部材の一部に塑性化を考慮することができる限界状態設計法のメリットを活かすことで合理化も期待できる。

部材の一部に塑性化を考慮する設計手法は、柱などの一部の部材では考慮されているが、上部構造に対する設計法は整備されていない。特に桁に関しては、活荷重や地震荷重の繰り返しに対して、塑性化しつつも残留変位が急増しないなど、桁として機能を発揮しつつ、かつ耐荷力を失うまでには十分余裕がある状態にあること、そしてその再現性が一定の信頼性で制御される必要がある。

鋼桁、コンクリート桁のそれぞれに対して多様な補修補強材料や方法があり、それぞれの材料、方法が信頼性を評価するためのデータを蓄積するためには、载荷試験の方法やデータ整理の方法のルール化が必要である。そこで、平成 30 年度は、鋼桁を対象に一方向繰り返し载荷試験を行い、塑性化後の限界状態及びその現象を工学的指標と関係付けることを試みた。

## [研究内容及び研究成果]

### (1) 曲げ载荷試験概要

#### 1) 供試体

供試体は鋼 I 桁断面とし、フランジとウェブに共に同

じ鋼種を用いた。表-1 に供試体の諸元、図-1 に供試体概要図及び供試体断面図を示す。既設橋に多い非合成設計された鋼桁を想定し、テストパネル内には水平補剛材を 1 段配置している。

表-1 供試体の諸元

鋼種	ウェブ高	ウェブ厚 $t_w$	フランジ幅	フランジ厚	テストパネル	ウェブの幅厚	ウェブ幅厚比
	$D_w$		$b_f$	$t_f$	長さ $L_b$	比 $D_w/t_w$	パラメータ $R_w$ <sup>※</sup>
	mm	mm	mm	mm	mm	—	—
SM 490Y	1250	6	410	22	1875	208	1.888

※幅厚比パラメータは、弾性係数  $2.0 \times 10^5 \text{N/mm}^2$  で算出

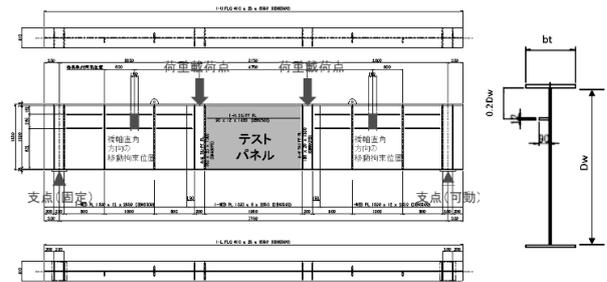


図-1 供試体概要図・供試体断面図

### 2) 载荷試験方法

供試体の境界条件を図-1 に示す。曲げ载荷試験の荷重载荷方法は、単純桁の 2 点载荷とし、供試体のテストパネルに等曲げモーメントが作用するようにし、同荷重値で 3 回の片押し繰り返し载荷を行った。同荷重値で片側繰り返し载荷を行った理由は、部材が供用中に何度か塑性化を経験したとしても、残留変位が増加しないための桁の塑性化の範囲や変形モードが制御できれば、そこからの変化点を限界状態として設定できると考えたためである。

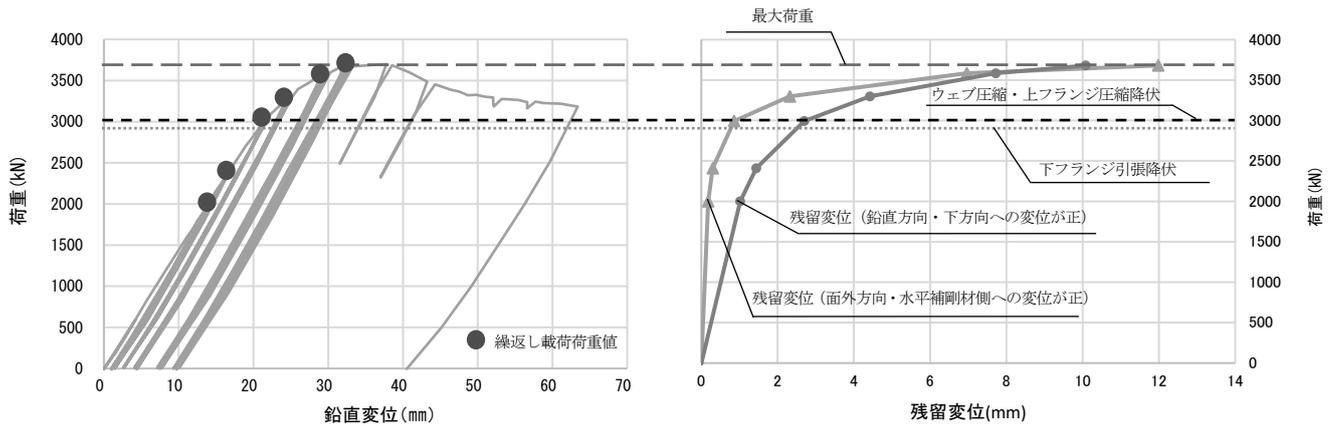


図-2 (左) 荷重—鉛直変位関係図 (右) 3回繰返し後の残留変位

また、繰返し回数を3回としたのは、繰返しを行いつつ、低サイクル疲労の発生を避けるためである。

(2) 繰返し曲げ載荷試験結果

図-2 (左) に荷重—鉛直変位関係、図-2 (右) に鉛直方向と面外方向の残留変位を示す。鉛直方向の変位は、テストパネル部の下フランジ中央部での変位である。写真-1 に示すように最終的には上フランジの変形による横倒れ座屈が生じている。また、図-3 に、各荷重ステップにおいて計測した面外変位の最大値を示す。図-3 のとおり、計測点は、テストパネル中心線に沿った鉛直方向に7点であるが、計測点のうち最も面外変位が大きかったのは、水平補剛材の直下の位置であった。図-2 (右) には、各載荷ステップの載荷荷重とそれぞれの計測点における鉛直、面外の残留変位の関係を整理した。残留変位は、各載荷ステップ3回繰返しの後に除荷したときの变位である。表-2 に実験で確認された事象と計算値との比較結果を示す。表-2 に示す残留変位の急増点は、図-2 (右) に示す荷重—残留変位関係で勾配が急増した荷重である。

以上を相互に比較すると、鉛直方向の残留変位の増加点と面外方向の残留変位の増加点は、同じ載荷荷重であり、鉛直方向の残留変位は下フランジが降伏しても急増することはないが、ウェブが圧縮降伏に伴い増加していることがわかる。面外方向にはらみだしが生じ残留変位が急増することで、最終的に横倒れのような破壊性状に至ったと考えられる。したがって、単調載荷し、材料の降伏点や荷重の最大点に着目して実験結果を整理するだけでなく、繰返し載荷をすることで、残留変位の急増に着目した限界状態点を明らかにできる可能性が確認された。また、鋼桁の場合には、ウェブの変形モードを制御できるように補強することで、既設桁にある程度の塑性化も許容し、合理的な補強設計ができる可能性が分かっ

た。

表-2 実験で確認された事象と設計計算値の比較

イベント	荷重	計算値
下フランジ引張降伏	2882kN	3691kN
ウェブ圧縮降伏 <sup>※1</sup>	2996kN	3885kN
上フランジ圧縮降伏 <sup>※1</sup>	2985.7kN	3691kN
鉛直方向の残留変位の急増点	2996kN	-
面外方向の残留変位の急増点	2996kN	-
横倒れ座屈荷重	-	3623kN
最大荷重 (計算値は全塑性時の荷重値)	3700kN	-
座屈応力発生時荷重 (ウェブパネル上部)	-	4790.7kN

※1 圧縮降伏は、各部位のひずみゲージに始めて圧縮降伏ひずみが現れた時としている。

なお、降伏ひずみは引張試験より得られた結果を用いている。

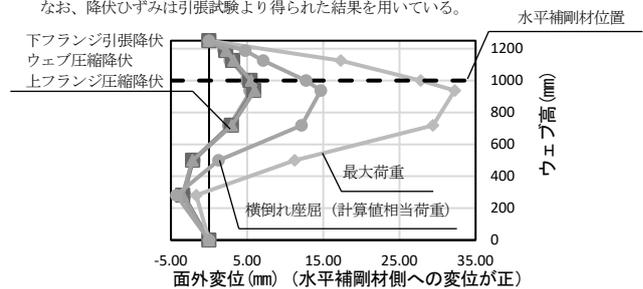


図-3 面外変位



写真-1 実験後テストパネル

(3) まとめ

引き続き、同じ載荷ステップでの繰返しの履歴ループの一致度など、さらに様々な観点での分析を行うことや、様々な桁材料、補強方法についても様々な載荷パターンでの載荷試験を行うことで、載荷試験法の適用性拡大や、合理的な鋼桁、コンクリート桁の補修補強設計法確立に向けた検討を行う予定である。

【成果の活用】

塑性化後の上部構造の耐荷力評価に向けた試験法の開発のための基礎データとして活用予定である。

# 盛土・切土等の要求性能に対応した管理手法の調査検討

Study on Management method corresponding to required performance for cut slope and embankment

(研究期間 平成 30～令和 2 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

藤山 一夫

主任研究官

森本 和寛

Senior Researcher

FUJIYAMA Kazuo

Senior Researcher

MORIMOTO Kazuhiro

研究官

木村 崇

研究官

上原 勇気

Researcher

KIMURA Takashi

Researcher

UEHARA Yuki

It is required to efficiently maintain and manage road structures concentrated in the high economic growth period in the future, and from July 2014, road structures such as tunnels are once every five years Legal inspections are conducted. This research analyzes the inspection results in order to maintain and manage the road structure efficiently, and examines how to reflect it on asset management in the revision of inspection request.

## [研究目的及び経緯]

高度経済成長期に集中的に整備された道路構造物を将来にわたり効率的に維持管理していくことが求められており、平成 26 年度から、トンネル等の道路構造物について 5 年に 1 回の法定点検が行われている。

本研究は、道路土工構造物を効率的に維持管理していくために点検結果を分析し、点検要領の改定並びに資産管理への反映方法について検討するものである。

平成 30 年度は、平成 26～29 年度の 4 箇年で定期点検を実施した国が管理するシェッド 688 施設、カルバート 1907 施設を対象として、その定期点検結果から構造形式や設置環境などの条件毎の変状傾向や特性等を分析した。

## [研究内容及び研究成果]

### 1. シェッドの定期点検結果分析

平成 26～29 年度の直轄国道を対象とした定期点検結果より変状及び健全性に関する分析を実施した。

図-1 に管理者別のシェッドの施設数比率を示す。

北海道、北陸、中部で全体の約 7 割を占めており地域により施設数にばらつきが見られる。

健全性の診断結果は I (健全) が約 1 割、II (予防保全段階) が約 4 割、III (早期措置段階) が 5 割で、IV (緊急措置段階) は無かった。これを材料別 (上部構造) で整理した結果を図-2 に示す。施設数では鋼製シェッドが約 7 割の施設で健全性 III となっており、RC 製、PC 製に対して高い結果となっている。

また、健全性の診断結果について、構造物の建設年次との関係を建設年次別に整理した結果を図-3 に示す。建設年次が古い施設ほど健全性 III の割合が高くなり、健全性 I の割合が低くなる傾向が見られる。

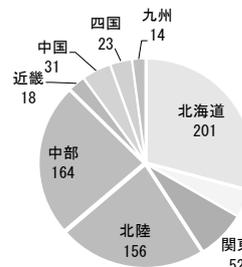


図-1 管理者別施設数の比率(シェッド)

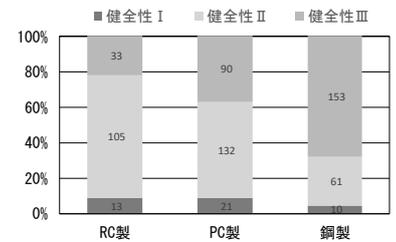


図-2 材料別の健全性の割合(シェッド)

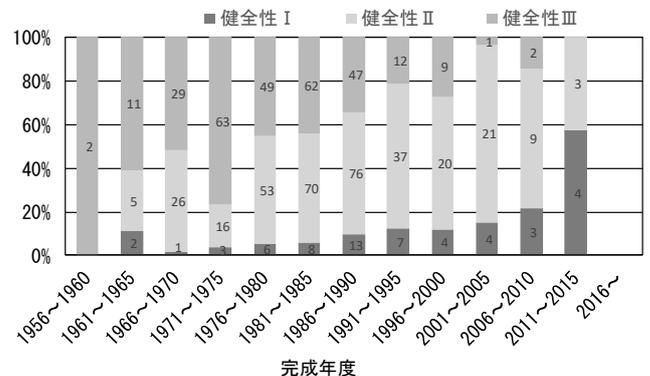


図-3 建設年次別の健全性の割合(シェッド)

シェッドの設置環境と部材の変状程度（a：変状無し～e：変状程度大）及び発生位置の傾向を確認するために、PC製シェッドの谷側構造（谷側柱・谷側受台）における剥離・鉄筋露出について、塩害対策区別に整理した結果を図-4に示す。塩害の影響が激しいS区分ではその他の区域に比べ変状の程度が大きいeの割合が大きくなり、またその発生位置は下部に限らず、全体に見られる。

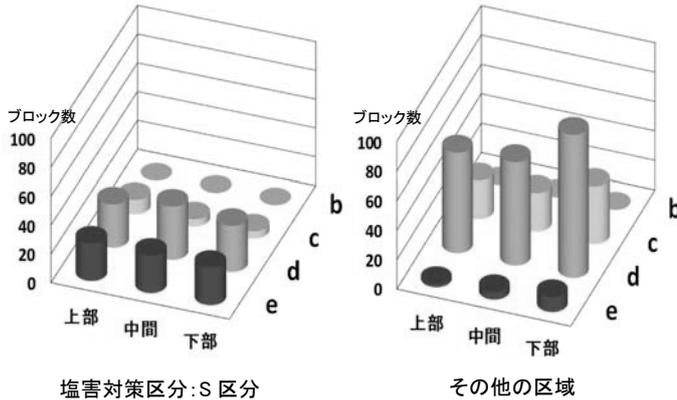


図-4 塩害の影響と剥離・鉄筋露出の程度（PC製シェッド谷側構造）

## 2. 大型カルバートの定期点検結果分析

大型カルバートの健全性の診断結果は、Iが約4割、IIが約5割、IIIが約1割で、IVはなかった。

構造形式と建設後の経過年数毎の健全性の割合について図-5に示す。供用開始後5年程度で健全性IIIとなっている施設や、供用開始間もない施設でも健全性IIが存在している。断面規模（全幅員）と健全性との関係を図-6に示す。全幅員が15m以上となると健全性IIIの割合が大きくなる傾向となっている。このうち、部材の健全性において約8割の施設で頂版が軸方向のひびわれにより健全性IIIと診断されており、これはスパンが長い場合、施工時の盛土や車両等の上載荷重の影響を受けやすく、曲げひびわれが発生していると考えられる。

大型カルバートの部材毎の健全性の判定結果と割合を図-7に示す。大型カルバート本体を構成する「頂版」、「側壁」の健全性の判定区分の割合については、同じような傾向となっており、健全性においては差が見られなかった。また、健全性IIIの占める割合が最も高い部材は、「その他（付属物）」の約10%であった。これは道路照明等の付属物の異常について、利用者被害防止の観点から健全性IIIと診断されていることが考えられる。

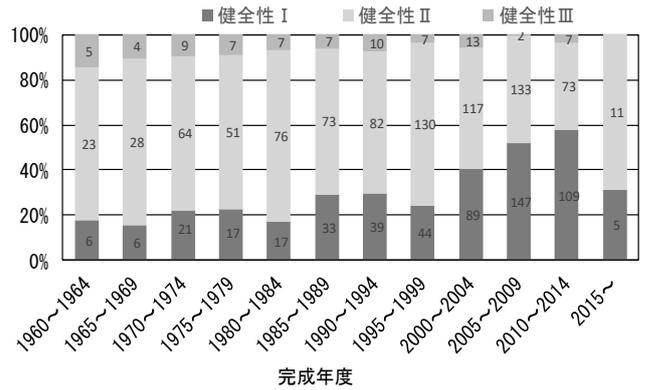


図-5 建設年次別の健全性の割合（大型カルバート）

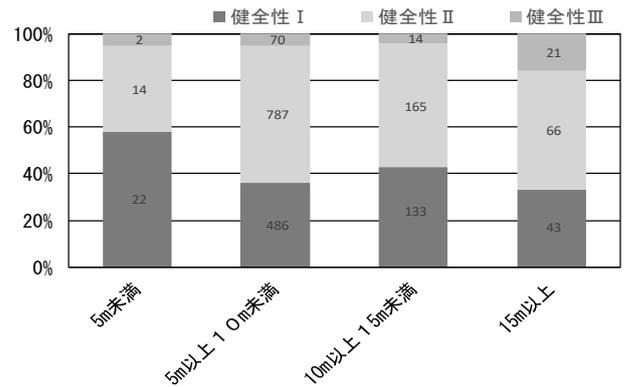


図-6 断面規模別（全幅員）の健全性の割合（大型カルバート）

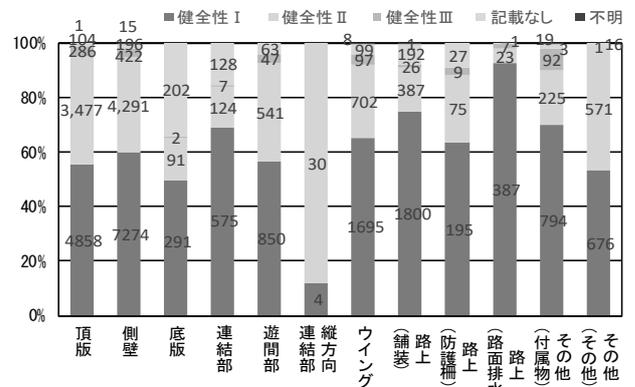


図-7 部材毎の健全性の割合（大型カルバート）

### [まとめ]

現時点では1巡目の点検結果しかないが、引き続き、劣化傾向等の健全性に影響を与える変状や変状の進行性等を分析し、維持修繕計画や定期点検の合理化等につなげていくことが重要である。

### [成果の発表]

各種論文等で発表した。

### [成果の反映]

「シェッド、大型カルバート等定期点検要領（平成31年2月）」、「シェッド、大型カルバート等定期点検要領（平成31年3月）」に反映された。

# 盛土・切土等の要求性能に対応した管理手法の調査検討

Survey and investigation on management method corresponding to required performance of road embankment and cut  
(研究期間 平成 29～30 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

渡邊 一弘  
WATANABE Kazuhiro  
木村 一幸  
KIMURA Kazuyuki

In addition to preparing a tree diagram that clarifies the process leading to the transformation and collapse of structures for the purpose of rational inspection and diagnosis of earth-work structures, prepare a collection of examples of disaster restoration work.

## 【研究目的及び経緯】

道路土工構造物点検要領が H29.8 に策定され H30 年度から全国的な点検が実施されている。本研究は切土・盛土の道路土工構造物を対象に、構造物の変状から崩壊に至る過程を明確にし、道路土工構造物の合理的な点検・診断を支援する技術資料の作成を目的とするものである。

## 【研究内容】

本研究では、道路土工構造物の変状から崩壊に至る過程を明確にするため、災害事例と防災点検結果をもとに分析・整理する方法で行った。手順としては災害事例から災害に至った「素因」と防災総点検の記録から変状の発生・進行に至った「素因」を抽出し、相互に補完することで、「被災」に至るような重要度の高い「変状」を把握し、道路土工構造物点検における点検時の「着目点」を抽出するものである。

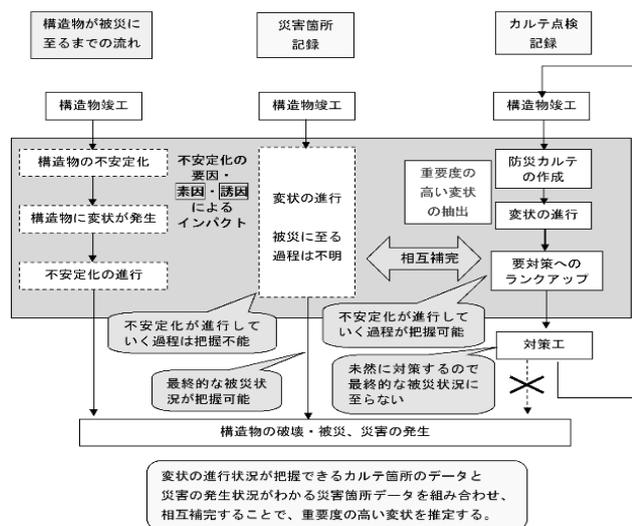


図-1 構造物における変状の進行・崩壊の発生過程とカルテ点検による変状の把握

## 【研究成果】

### (1) 切土・盛土の変状・崩壊過程の抽出

#### 1) 災害記録の整理

災害事例として災害記録約 400 件から災害ごとに分類し「切土の崩壊」131 箇所、「盛土の崩壊」94 箇所を抽出した。抽出した切土・盛土の災害記録から「誘因」別に「素因」及び「崩壊」を抽出しマトリクス図により整理した。なお、素因として抽出すべき評価項目については、『道路防災点検の手引き（豪雨・豪雪等）』（財）道路保全技術センター、H19.9) の安定度調査表、『防災カルテ作成・運用要領』（財）道路保全技術センター、H8.12)、『道路土工構造物点検必携』（財）日本道路協会、H30.7) の記載の項目を参考として設定した（表-1）。

表-1 素因における評価項目（災害記録の例）

切土の崩壊		盛土の崩壊	
大分類	小分類	大分類	小分類
地形	崖地形	盛土区分	片切・片盛(覆け含む)
	崩壊跡地		深流通過(谷埋)
	オーバールン		両盛土
	集水型地形		傾斜地
	地すべり地形		平地
地下水・表面水	湧水	基礎地盤・地形	地すべり・クレーブ
	ガリ浸食		軟弱地盤
	洗掘		崖壁
	凍上		沼地・湿地
	パイピング孔		集水型地形
土質・地質	脆弱な土質・地質	地下水・表面水	河川・波浪の影響
	風化岩		湧水
	流れ盤		ガリ浸食
崖高・勾配	受け盤	盛土高	洗掘
	H≧15m		パイピング孔
	30° ≦ θ < 45°		H≧10m
排水不良	θ ≧ 45°	排水不良	路面(表面)排水
	水路断面不足		水路断面不足
	水路閉塞		水路閉塞
	水路・管渠漏水		水路・管渠漏水
	地下水排除施設		地下水排除施設
		盛土材	材料不良

#### 2) 点検記録の整理

防災点検の記録（以降「防災カルテ」）約 4 万件から、「落石・崩壊」、「盛土」約 2 万件を抽出し、さらに変状が進行している箇所（ランクアップ箇所）から「切土の崩壊」156 箇所、「盛土の崩壊」119 箇所を抽出

出した。抽出した防災カルテから「誘因」毎に「素因」及び「変状」を抽出しマトリクス図により整理した。抽出した素因の評価項目は災害事例との整合を図るため共通とした。

### 3) 崩壊プロセスの作成

災害事例、防災カルテにおける各素因の全体箇所数に対する割合について、災害事例とカルテ箇所における差異を確認するため、散布図を作成し切土、盛土の素因ごとのマッチングを確認した(図-2、3)。

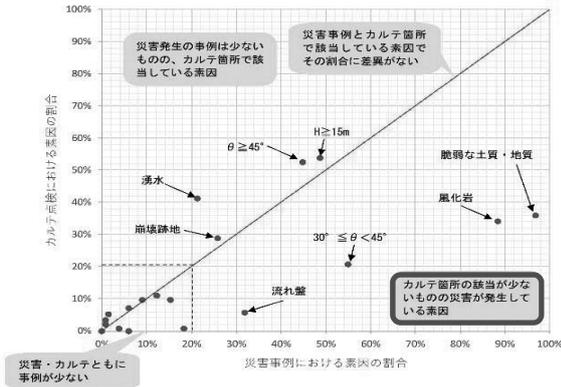


図-2 切土法面におけるカルテ点検と災害事例における素因の割合

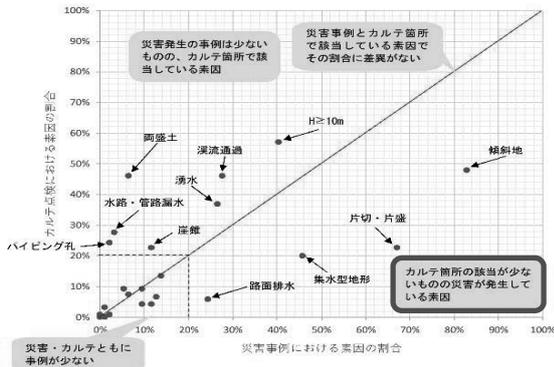


図-3 盛土におけるカルテ点検と災害事例における素因の割合

素因のマッチング結果から、切土・盛土とも災害事例、防災カルテの間に素因の分布の偏りが認められる。切土では「流れ盤」「 $30^\circ \leq \theta < 45^\circ$ 」「風化岩」「脆弱な土質・地質」は、災害箇所において多数認められている素因にも関わらず、防災カルテでは災害事例と比較して比率が低い。盛土では「路面排水」「集水型地形」「片切・片盛」「傾斜地」は、災害箇所において多数認められる素因にも関わらず、防災カルテにおいて災害事例と比較して比率が低く、特に「路面排水」はカルテ着目点において20%に満たない。以上の災害時に注視する素因を抽出し、防災カルテの着目点(変状)と素因との対応関係に加え星取り形式に整理した(表-2)。

表-2 素切土法面におけるカルテ箇所の着目点(変状)と素因との対応

点検時の着目点(変状) 小分類	崩壊跡地		湧水		脆弱な土質・地質		風化岩		流れ盤		H $\geq$ 15m		30 $^\circ$ $\leq$ $\theta$ < 45 $^\circ$		$\theta \geq$ 45 $^\circ$	
	大分類	小分類	大分類	小分類	大分類	小分類	大分類	小分類	大分類	小分類	大分類	小分類	大分類	小分類	大分類	小分類
法面 状態	亀裂の発生・拡大		×	●	●	●	●	●	×	●	×	●	×	●		
	はらみだし・陥没		●	●	×	×	×	×	×	●	×	×	×	●		
	剥離の発生・拡大		×	●	●	●	●	●	×	●	×	●	×	●		
	地山の露出		×	●	●	×	×	×	×	●	×	●	×	●		
湧水・地下水	湧水・地下水		×	●	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×		
	小崩壊の発生 状態	小崩壊の発生		●	●	×	●	●	×	×	●	×	×	●		
		はらみだし		●	●	●	●	×	×	×	●	×	×	●		
		浸食の発生・拡大		●	×	●	×	×	×	×	●	×	×	●		
湧水・陥没 状態	湧水		●	●	●	●	●	×	●	●	●	●	●			
	湧水・陥没地形		●	●	●	●	●	×	●	●	●	●	●			
	亀裂		●	●	●	●	×	×	●	●	●	●	●			
植生異常	植生異常		×	●	●	×	×	×	×	●	×	×	●			
	等小崩壊の発生 状態	崩壊・変形の発生・進行		×	●	●	●	●	×	×	●	×	×	●		
		排水工の機能低下(閉塞)		●	●	×	×	×	×	×	●	×	×	●		
		排水工の機能低下(湧水)		●	●	●	●	●	×	×	●	×	×	●		

※ ●は着目点と素因の相関をヒストグラムにより高いものを抽出した結果を記載

### 4) 崩壊プロセスの整理

これまでの抽出・整理した結果をから切土、盛土の構成する部材(工種)毎に3段階の階層のFT解析図で整理した。最も上位の階層から、「被災」「変状」「素因」とし、それぞれに「被災内容」「点検時の着目点」「カルテ箇所、被災事例における素因」を整理した(図-4)。

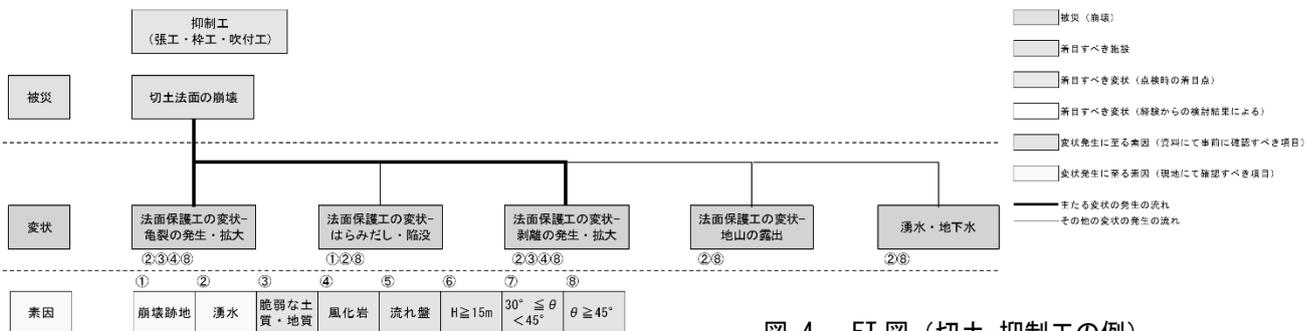


図-4 FT図(切土-抑制工の例)

### [成果の活用]

道路土工構造物は複合施設であり、また不確実性を内包する構造物である。今回の検討は崩壊プロセスを記録類から分析し整理した。今後は工学的な知見による検証を行ない崩壊プロセスの検証を進め、点検者・道路管理者の技術力向上を図る点検時の技術資料として本研究は活用される。

# 土工構造物等の要求性能に対応した変状評価、性能向上に関する調査検討

Study on deformed state evaluation according to required performance and performance improvement of substructures

(研究期間 平成 29～30 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

渡邊 一弘  
WATANABE Kazuhiro  
木村 一幸  
KIMURA Kazuyuki

The purpose of this research is to make full-scale inspection of road workmanship structures occupying the majority of roads, and an efficient inspection method is required from now on. Inspection of stability by existing materials such as design report, construction record, maintenance record, etc. verify accuracy by inspection of in-situ position and soil quality test etc.

## 〔研究目的及び経緯〕

道路土工構造物点検要領が H29. 8 に策定され H30 年度から全国的な点検が実施されている。本年度は既設盛土構造物の効率的な照査方法に関する調査研究を実施し、不確実性を内包する道路土工構造物について、合理的かつ効率的な照査方法の確立を目的とするものである。

## 〔研究内容及び研究成果〕

研究内容としては、設計図書、施工図書、管理図書などの既存資料及び、簡易調査、詳細調査結果に基づく盛土の安定性の照査を実施し、課題の抽出及び各照査結果の比較を行うなどの検証を行った。

安定性の照査では、図-1 に示す盛土形状、基礎地盤形状、盛土材料、盛土定数 ( $\gamma, c, \phi$ )、盛土内水位に着目し、既存資料調査、簡易調査、詳細調査から得られる情報量の違いによる安定性の照査結果について取りまとめ、照査にあたっての課題を整理し、既設盛土構造物及び新設盛土構造物における効率的な照査のあり方について整理した。

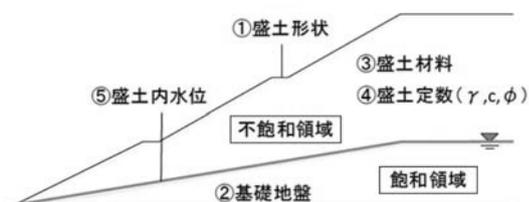


図-1 安定性の照査で着目したパラメータ

## 1. 検証箇所の選定

検証箇所として直轄国道の盛土のり面緊急点検箇所 (H23) 等から、以下の条件に該当する北陸地方整備局管内の 6 箇所 (長岡 1、富山 3、金沢 2) を検証

箇所として選定し、表-1 に示す資料を収集した。

- ・ H22 年の盛土工指針改訂前の 10 年間に完成した盛土 (H22 指針では排水施設の重要性に着目)
- ・ 盛土高が 10m 程度以上 (大規模構造物)
- ・ 集水地形の盛土 (水の影響)
- ・ 道路周辺に泥岩、頁岩、凝灰岩等の地質が分布している (盛土材料として使用の可能性)
- ・ 変状進展や崩壊履歴がある (変状進行の可能性)

表-1 収集する資料

	調査方法	主な資料
既往資料調査	既往資料から読み取る調査	設計図書 (土質報告書、設計報告書) 施工図書 (完成図、品質管理データ) 管理図書 (防災カルテ、H21 緊急点検資料) その他 (地形図、道路土工指針等)
簡易調査	盛土表面で行う調査	簡易動的コーン貫入試験、土壌水分測定、現場密度試験、室内土質試験
詳細調査	盛土内部で行う調査	ボーリング、標準貫入試験、室内土質試験、水位観測

## 2. 既存資料調査の結果

既存資料調査から、照査に必要な情報の有無を表-2 に示す。その結果、盛土・基礎地盤の形状に関する情報は得られるが、盛土材料、盛土定数、盛土内水位に関する情報は殆ど無く、既存資料では安定性の照査の条件設定が難しい状況にあることがわかった。

表-2 既存資料から確認できる情報

	設計図書	施工図書	管理図書 (防災カルテ)	管理図書 (緊急点検)
盛土形状	×実際の形状は確認できない	○完成図より読み取れる	×概略図面しかない	×概略図面しかない
基礎地盤形状	○地形図や設計図で読み取れる	○完成図より読み取れる	×情報なし	×情報なし
盛土内水位	×実水位は確認できない	×情報なし	×法面湧水の有無しかない	×法面湧水の有無しかない
盛土材料	×実際の盛土材は確認できない	×土質試験結果等が少ない	×情報なし	×周辺地山の情報しかない
盛土定数 $\gamma, c, \phi$	×実際の物性値は確認できない	×土質試験結果等が少ない	×情報なし	×情報なし

○: その情報に基づいて耐震性照査の条件が推定できる  
×: その情報だけでは耐震性照査の条件が設定できない

### 3. 土質調査

詳細調査の未実施の富山3箇所について、図-2に示す簡易調査と詳細調査を実施した。その結果、以下のことが明らかとなった。

- ・ 盛土表層部の簡易調査では内部材料・物性値が推定できない。(施工図書で同材であれば推定可)
- ・ 盛土のせん断強度は深さ方向に強度増加する。
- ・ 不飽和せん断強度は飽和せん断強度の約2~3倍である。
- ・ 砂質土は粘性土より強度が大きく、盛土材の土質区分に応じて強度設定が必要である。
- ・ 盛土内水位は、砂質土では降雨応答が高く、粘性土では低い傾向にある。

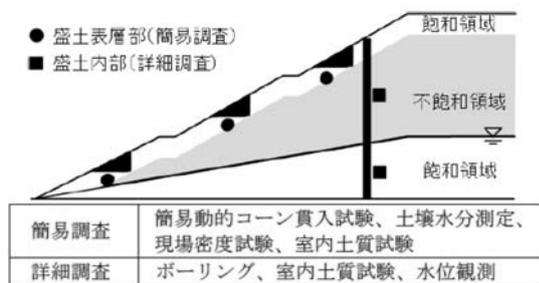


図-2 現地調査の内容

### 4. 安定性の照査

盛土6箇所について得られた照査条件に基づき、円弧すべり法による安定性の照査を実施した。その結果、以下のことが明らかとなった。

- ・ 設計時のN値からの推定や指針の仮定値や簡易調査による照査では現状の安定性を評価することは出来ない。
- ・ 盛土のせん断強度は、盛土内水位によっては間隙水圧だけでなく、飽和・不飽和強度を反映し評価した方が精度の高い照査結果が得られる。

### 5. 今後の照査のあり方

これまでの結果を踏まえ、既設盛土構造物の安定性の照査条件の設定方法とその留意点を表-3に示す。現状を把握するために照査に影響を及ぼす盛土材料、盛土定数、盛土内水位の情報を得るには、基本的に詳細調査が必要であることがわかった。

新設盛土構造物の照査では、土工構造物は多くの不確実性、例えば使用材料の不均質性・不均一性、地下水・気象条件の変化、照査・施工精度等があり、設計段階では十分な情報が得られない場合が多い。調査→設計→施工→管理のプロセスの中で、設計段階では仮定値で設計し、施工段階でより詳細な情報により再照査を行い、不確実性を低下させながら施工して行くこととなる。したがって、盛土構造物の設計段階では、盛土

材料、盛土定数、盛土内水位が明らかでないことから、設計段階で安定性を満足する盛土強度の組み合わせの範囲を求めておき、施工段階で使用材料にて再照査を行い、使用材料の強度から適用性を判断し、必要に応じて安定処理等を行い施工する方法が考えられる。盛土内水位については、施工段階に任意場所で盛土内水位を観測し、降雨量と盛土内水位の関係から、常時、降雨時の水位を求める方法も考えられる。また、スレーキングし易い脆弱岩等のように時間の経過とともに土の性状、強度、透水性等が変化する盛土材を使用する場合は、施工段階でも強度低下を見越して照査を行うほか、管理段階で盛土材料のチェックや盛土内水位の観測を行い、耐震性を照査、検証することにより、設計、施工、管理の各段階で不確実性を低下させていくことが重要となる。

表-3 安定性の照査条件の設定方法と留意点

	情報の有無			照査条件の設定方法及び設定にあたっての留意点
	資料	簡易	詳細	
盛土形状	○	×	×	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 完成図</li> <li>・ 完成図が無い場合は現地測量により設定</li> <li>・ 供用後に改変している場合もある</li> </ul>
基礎地盤形状	○	×	○	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 完成図</li> <li>・ 完成図が無い場合は施工前の地形図等から推定</li> <li>・ 地形図等から推定する場合は、沖積層の厚さや地盤改良の有無が読み取れない</li> </ul>
盛土水位	×	△	○	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 水位観測</li> <li>・ 水位観測がない場合は盛土表面の湧水箇所から推定</li> <li>・ 盛土内の雨水にも注意</li> </ul>
盛土材料	×	△	○	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 盛土材に関する記録が殆どないので詳細調査(ボーリング)で設定</li> <li>・ 詳細調査ができない場合は盛土表面の土質から推定</li> <li>・ 盛土材料とその施工範囲は重要</li> <li>・ スレーキングし易い脆弱岩等は時間の経過に伴い性状が変化する</li> </ul>
盛土定数	×	△	○	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 盛土材に関する記録が殆どないので詳細調査(土質試験)で設定</li> <li>・ 詳細調査ができない場合は盛土表面の土質や盛土工指針の一般値から推定</li> <li>・ <math>\gamma, c, \phi</math> は、土質区分や飽和度により値が変わる</li> <li>・ N値(Nd値)から <math>c, \phi</math> を推定する方法は <math>c</math> 材(<math>\phi=0</math>)又は <math>\phi</math> 材(<math>c=0</math>)と仮定している</li> <li>・ 盛土工指針の値は中間土の特性を表していない</li> </ul>

○：その情報に基づいて耐震性照査の条件が設定できる  
 △：その情報に基づいて耐震性照査の条件が設定できない  
 ×：その情報だけでは耐震性照査の条件が設定できない

### 6. まとめ

道路土工構造物技術基準(H27.3)4-1(3)では「道路土工横構造物の設計にあたっては、その施工条件を定めるとともに、維持管理の方法を考慮しなければならない」としている。既設盛土構造物の照査の結果から、既存資料から得られる情報が少ないことがわかる一方で、建設プロセスの中で残すべき情報を整理し残すことで維持管理での精度の高い照査が可能であることも確認が出来た。今後は調査報告書、完成図書で残すべき記録の詳細について検討する予定である。

#### [成果の活用]

道路土工構造物の維持管理に必要な設計・施工情報の記録のあり方について具体的な提案

# 舗装の長期性能に関する調査検討

Study on long-term pavement performance

(研究期間 平成 29～令和元年度)

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  
主任研究官  
Senior Researcher

渡邊 一弘  
WATANABE Kazuhiro  
桑原 正明  
KUWABARA Masaaki  
谷口 聡  
TANIGUCHI Satoshi

This study aims to investigate cause of early deterioration pavement to reduce long-term costs by prolonging the life span of pavement. This fiscal year, core sampling and FWD survey were conducted in 6 early deterioration pavement sections of the national highway managed by the MLIT. As a result, it is found that the causes of the early deterioration are top-down cracking, detachment of the asphalt concrete layer and stagnant water in the asphalt concrete layer.

## [研究目的及び経緯]

アスファルト舗装においては、使用目標年数に達せずに早期に劣化する区間（以下、「早期劣化区間」という）が存在し、維持管理上の課題となっている。そのため、本研究は早期劣化原因の究明及び破損メカニズムの解明を目的としている。

平成 29 年度は、早期劣化原因の究明と破損メカニズムを解明するため、直轄国道の 1 路線において、非破壊調査及び開削調査を実施し、ひび割れ部、パッチング箇所、施工目地等からの水の供給や層間はく離が早期劣化の原因であると推察した。

## [研究内容]

平成 30 年度は、平成 29 年度に確認した早期劣化現象が一般的なものかどうか確認するため、直轄国道 4 路線 6 区間の早期劣化区間においてコア採取及び FWD 調査を実施した。

## [研究成果]

### (1) 調査区間の概要

早期劣化区間における調査は、舗装種別、大型車交通量、気象条件、沿道状況（以下、「基礎条件」という）を勘案し、表-1 のとおり区間 A～F の 6 区間を設定した。

表-1 調査区間の基礎条件

調査区間名	舗装種別	交通量	気象条件	沿道状況
区間 A	密粒度	N7	一般地域	平地
区間 B	ポーラス	N6	一般地域	市街地
区間 C	ポーラス	N6	一般地域	山地
区間 D	ポーラス	N6	雪寒地域	平地
区間 E	ポーラス	N6	雪寒地域	平地
区間 F	密粒度	N7	雪寒地域	平地

### (2) コア採取及び FWD 調査の概要

それぞれの調査区間の早期劣化区間及び比較的健全であるその近傍においてコア採取及び FWD 調査を実施した。調査は基本的には図-1 に示すとおり、コア採取は 1 区間あたり外側車輪通過部(以下、「OWP」という)より 2 点、車輪非通過部(以下、「BWP」という)より 1 点から計 3 試料を採取し、また、FWD 調査は 1 区間あたり OWP から 4 点、BWP から 1 点の計 5 点で実施した。なお、BWP 及び内側車輪通過部(以下、「IWP」という)にひび割れが発生している場合等、区間の状況によっては、コア採取及び FWD 調査の点数を増やし対応した。結果、表-2 に示すとおり、コアは早期劣化区間の 22 点及び早期劣化区間近傍 23 点の計 45 点で採取した。また、FWD 調査は早期劣化区間の 36 点及び早期劣化区間近傍 42 点の計 78 点で実施した。

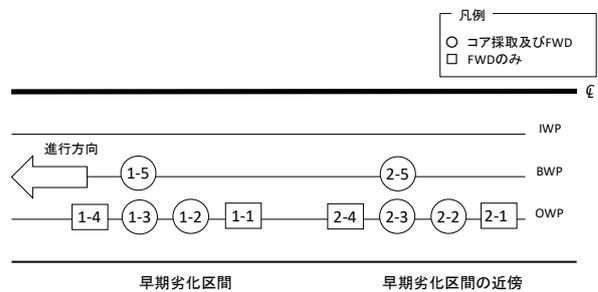


図-1 調査区間での測点（基本）

表-2 コア採取数及びFWD測定点数

早期劣化区間／近傍	コア	FWD
早期劣化区間	22	36
早期劣化区間近傍	23	42
計	45	78

### (3) コア採取結果

#### ① ひび割れ発生状況

早期劣化区間のコア 22 試料のひび割れを観察した結果、ひび割れの発生が著しい OWP については全層崩壊しているコアは 4 試料、上からひび割れが発生しているコアは 10 試料あり、下から発生しているコアは見られなかった。そのうち 5 試料が中間層に、3 試料が基層に、ひび割れが達していることが確認された。BWP については、ひび割れが発生している 1 区間から採取した結果、3 層目まで達していた。なお、平成 29 年度の調査においても表層からのひび割れが確認されている。以上のことから、今回の早期劣化区間におけるひび割れは、表層で発生した上下方向ひび割れが発達したものと推察される。

#### ② 層間はく離発生状況

車輪通過位置の観点からみた、層間はく離の有無を図-2 に示す。層間はく離については、OWP29 試料、IWP14 試料の計 43 試料を調査したところ、OWP で 29 試料中 9 試料、BWP で 14 試料中 4 試料と、いずれも約 3 割の区間で層間はく離の発生が見られた。

層間はく離が発生したのは 13 試料であるが、発生深さで見ると、表層と中間層の間で発生したものが 5 試料、中間層と基層の間で発生したものが 5 試料、基層とアスファルト安定処理層（以下、「アス安層」という）の間で発生したものが 6 試料であり、様々な深さで発生している傾向が見られた。また、複数の層間で発生している試料が 3 試料あった。

なお、平成 29 年度の調査でも層間はく離がみられたことから、層間はく離が早期劣化の原因の 1 つであると推察される。

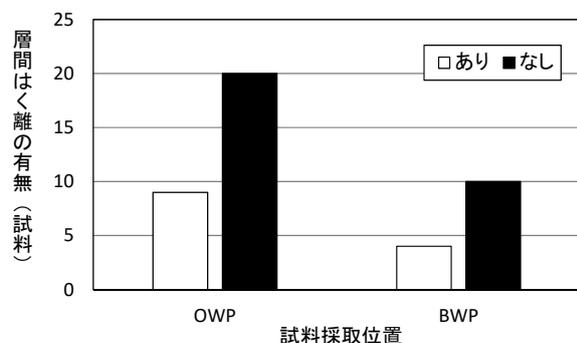


図-2 試料採取位置による層間はく離の有無の違い

#### ③ 滞水状況

ドライカッターで切削した 30 試料のコアについてアスファルト混合物の滞水状況の確認を行った結果、滞水が見られなかったのは 3 試料のみであり、27 試料については滞水が見られた。なお早期劣化区間全てのコアが滞水していた (13/13 試料)。

したがって、アスファルト混合物層の滞水も早期劣化の原因の 1 つと推察される

#### ④ FWD たわみ量

各調査区間の測点毎において、FWD 調査を実施し、載荷版直下のたわみ量から舗装全体の健全度を評価した。今回は一例として区間 A の結果を図-3 に示す。調査の結果、早期劣化区間で許容たわみ量を超過する傾向が見られた。

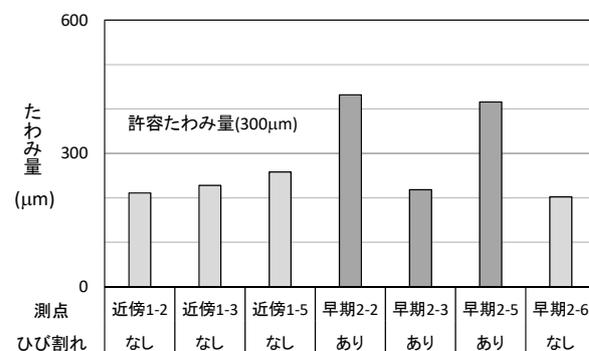


図-3 ある区間 A におけるたわみ量

### (4) 総括

アスファルト舗装の早期劣化の原因として、路面からの上下方向ひび割れ、層間はく離、滞水があることを確認した。

もとより、ひび割れ・層間剥離を起こさない舗装構造とすることが好ましいが、起きてしまった場合は早期に発見したうえで、シール材などで止水を行うなど水の供給を抑制することが劣化の進展を遅らせるためには有効であると考えられる。

#### [成果の活用]

本研究の成果は、早期劣化への対応の留意点としてとりまとめられ、その内容は関連する技術図書にも反映される予定である。

# 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～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  
主任研究官  
Senior Researcher  
研究官  
Researcher  
交流研究員  
Guest Research Engineer

星隈 順一  
HOSHIKUMA Jun-ichi  
西田 秀明  
NISHIDA Hideaki  
瀧本 耕大  
TAKIMOTO Kodai  
鈴木 慎也  
SUZUKI Shinya

This study performs the rational diagnosis, investigation, 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 road function. In FY 2018, a shear loading test for a prototype model of the damage-controlled rubber bearing support was performed and the test result showed that only the damage-controlled structural member was deformed though it was not broken. Additionally, useful data which should be taken in the restoration work of the bridge damaged by the earthquake were proposed to utilize the bridge maintenance.

### 〔研究目的及び経緯〕

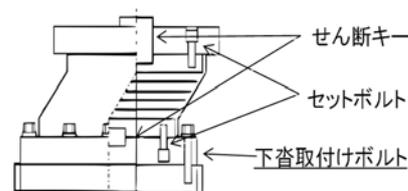
平成 28 年熊本地震では、地震動の揺れとともに地盤変位の影響も伴って、橋梁等の構造物に被害が生じた。このような被害を受けた橋の復旧においては、地盤変状等の不確実性の高いリスクが橋に及ぼす影響を軽減する観点や、損傷した橋の状態評価とその復旧設計への見立てに含まれている不確実性に配慮する観点を考慮して復旧の信頼性の向上等を図る必要がある。また、速やかな復旧が行えるようにする観点から、道路構造物の地震被災リスクを低減できる構造形式にするとともに、早期復旧を合理的・効果的に行うための調査・診断技術や対策技術が必要となっている。

### 〔研究内容〕

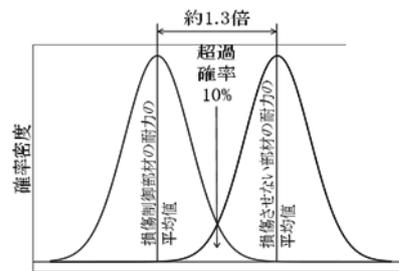
#### (1) 地盤変状が橋に及ぼす影響の最小化に向けた検討

本研究では、斜面崩落等による地盤変状に伴い上下部構造間に大きな相対変位が生じて橋の機能回復に及ぼす影響を最小限に留めることができる橋の破壊形態について検討している。このような橋とするために破壊を誘導する箇所として支承部を選定するとともに、さらに、支承部の中でどの部位を最初に破壊させるのかをあらかじめ定め、その破壊形態が一定の信頼性をもって実現するように設計する考え方を昨年度検討した。本年度はこの設計思想により試作した積層ゴム支承（以下、「損傷制御型支承」という）が、その設計思想通りの破壊形態となるかを検証するために、一定の面圧を作用させた状態でせん断試験を行った。支承部

を構成する部材はゴム支承本体や取付けボルトなど複数あるが、破壊によって生じる桁端部での段差を小さくする等の機能回復性ととも、損傷制御の確実さ、交換のしやすさ等の観点を考慮し、今回試作した損傷制御型支承では下査取付けボルトを最終



(a) 損傷制御部材



(b) 耐力階層化

図-1 損傷制御型支承の設計思想

的に破壊させる部材として選定した。また、破壊形態の制御は、破壊を生じさせる部材と、それ以外の部材の間に有意な耐力の差（耐力階層化）を設けることにより行った。耐力階層化については、ゴム支承のせん断ひずみ（水平変位／ゴム支承本体高さ）が 300%のときのせん断力に対して、下査取付けボルトは終局せん断応力度に達するが、下査取付けボルト以外の部材はその 1.3 倍以上の耐力が確保されるように設計した（図-1）。

(2) 震災復旧工事を行った橋の維持管理に必要な施工段階で取得すべき情報の検討

地震の影響によって何らかの損傷や変状が生じている橋を所要の性能を有するように復旧するためには、新設の橋を設計する時にはない復旧工事特有の不確実性があることを考慮した上で、補修補強の効果が得られるようにする必要があり、このような不確実性は、復旧設計や施工の段階でも考慮して行う。しかし、損傷状況によってはこのような不確実性を全て定量的に評価することが難しい場合もあり、このような残余の不確実性については、復旧後の維持管理段階において、補修補強を行った部材の状態確認や補修補強した部材の維持管理段階で懸念される事象が生じていないかを確認できるようにする等、監視が適切に実施できるように措置しておく必要がある。このような観点から、震災復旧した橋の状態確認を的確に実施できるようにするために、復旧工事の過程で得ておくべきデータとその維持管理段階での活用方法を補修工種ごとに整理した。

[研究成果]

(1) 損傷制御型支承の破壊形態確認検証試験結果

せん断試験では、積層ゴム支承のせん断ひずみが300%までを4段階で正負交番载荷した後、使用した試験装置の耐衝撃性も考慮したうえで最大350%まで片押し载荷した(図-2)。試験の結果、350%の载荷レベルではどの部位も破壊には至らなかった。ただし、試験後に詳細に調査をすると、損傷制御部材である下杵取付けボルトだけは残留変形が生じ、ゴム支承本体や他のボルトなどには損傷や変状は確認されなかった(図-3)。また、250%の载荷レベルを超えると、载荷途中で瞬間的に荷重が低下したのち再び増加する挙動が見られた(図-4)。これは、ボルト遊間(ボルト孔のキリ径とボルト外径の差)を超える相対変位が下杵とベースプレートの間に生じていたことから、すべりによると推測される。以上の結果から、耐荷力のばらつきがより小さい部材に損傷を誘導する観点から、(a)設計で想定した耐荷力を超えることのない損傷制御構造への改良 (b) 損傷制御部材の耐荷力の評価精度の向上(特性値の評価、ばらつきの評価)、が必要であることが明らかとなった。



図-2 支承のせん断試験状況

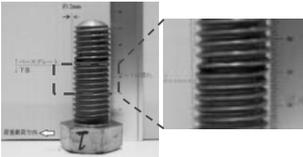


図-3 下杵取付けボルトの変形状況

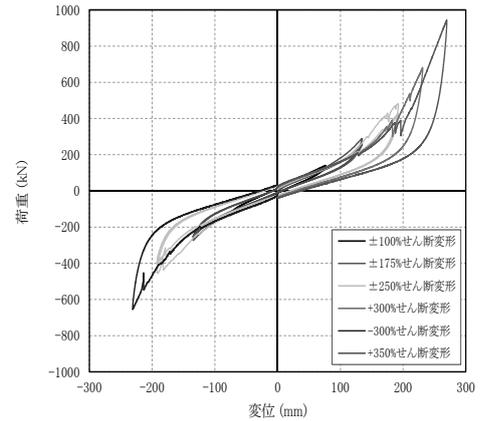


図-4 積層ゴム支承の荷重変位履歴

表-1 維持管理に活用するために取得しておくべき情報の整理項目

損傷部位	損傷・変状の種類と程度	損傷・変状が生じた原因(破壊形態など)	補修・補強の目的(左記を踏まえて補修・補強により確保する必要がある性能)	適用する補修・補強工法		①補修・補強工法で懸念のある不確実性	②補修・補強に関する不確実性を踏まえて維持管理段階において確認する必要がある事項	③の事象(不具合)が生じる要因	④に対応するために取得しておくべき情報	⑤情報の取得方法
				主工法	詳細工法					
										うち、補修・補強の施工段階に取得しておくべき情報

(2) 震災復旧工事を行った橋の維持管理に必要な施工段階で取得すべき情報

取得すべき情報の整理にあたっては、地震後の橋の点検、診断、措置(補修)を行うにあたって有用であった情報や、データを取得していれば不確実性を低減することができたと考えられる情報、施工段階までに得られるデータでは不確実性を解消しきれないと考えられる要因を踏まえて、供用再開後の維持管理段階において適宜確認が必要になると考えられる項目などを、熊本地震など既往の地震の復旧対応などを考慮して行った。これらの観点を踏まえて、震災復旧工事で用いられる補修工種毎に表-1の項目に対して整理した。

例えば、鋼板巻立法であれば、巻立てる鋼板の内面側に水の浸入が生じると点検が不可能な箇所では鋼材の腐食が進行し、最終的には減肉して設計で考慮している補強効果が低下する懸念がある。この場合に、維持管理段階に引き継いでおくべき復旧工事段階での情報としては、巻立て鋼板の上端部における止水材の特性とその施工状況に関する情報とともに、当該部位への水の供給ルートや供給源対策の措置状況などが考えられる。

[成果の活用]

本研究で得られた橋の早期復旧に資する構造や、震災復旧工事を行う橋の維持管理での活用を考慮した情報等に関する知見は、技術資料として取りまとめ提示していく。

領域 9 : 沿道環境を改善し、良好な生活環境を創造する

# 無電柱化事業の低コスト化に関する調査

Research on cost reduction of utility pole removal projects

(研究期間 平成 29～30 年度)

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

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

間渕 利明  
MABUCHI Toshiaki  
大城 温  
OSHIRO Nodoka  
小栗 ひとみ  
OGURI Hitomi  
大河内 恵子  
OHKOUCHI Keiko

This research focuses on cost reduction of utility pole removal projects for promoting further utility pole removal. The site conditions that influence the selection of cost reduction methods were categorized, and the cost reduction methods that were superior in terms of construction cost were clarified for each of the field conditions. And, the impact of road geometry conditions and power and communication demand conditions on construction costs was analyzed for two types of cost reduction methods in the 4 model cases.

## [研究目的及び経緯]

国土交通省では、道路の防災能力の向上、安全で快適な通行空間の確保、良好な景観の形成や観光振興等の観点から無電柱化を進めているが、欧米の主要都市では無電柱化が概成しているのに対して、日本の無電柱化は立ち遅れている。平成 28 年 12 月には「無電柱化の推進に関する法律」が公布・施行され、無電柱化への期待が高まっている。

これまで日本で実施されている電線共同溝では、一般的な現場条件で整備費用が約 5.3 億円/km (電気・通信設備に係る費用を含む) と高く、コスト縮減が必要である。そのため、現場条件に適した低コスト手法を選択できるよう、コスト等の影響要因を明らかにすることが本調査の目的である。

## [研究内容]

### 1. 低コスト化手法の選定方法の整理

現場条件に応じてコスト面で優位となる低コスト手法を明らかにするため、無電柱化手法の選択に影響を与える現場条件を類型化し、現場の条件ごとにコスト面で優位となる無電柱化方式を整理した。

### 2. 低コスト手法の違いによる工事費用の比較

整理した選定方法を踏まえ、低コスト化手法における効果及び適用した場合の課題を具体的に把握するため、従来深さの埋設、浅層埋設、小型ボックスそれぞれの手法について施工費用を試算し、費用の違いが生じた理由を整理した。

## [研究成果]

### 1. 低コスト化手法の選定方法の整理

無電柱化手法の選択に影響を与える要因として、道路状況、沿道状況、交通状況、占用物件状況、気候状況等のうち、車線数や幅員等のように定量的に設定できる道路状況、無電柱化手法の選択に大きく影響する沿道状況の 2 つに着目し類型化した。

道路条件は、過去の無電柱化の実績の多いものを表-1 のケース①～④のように類型化した。次に沿道状況については、店舗の電力消費原単位は住宅の数倍である等の知見と過去の無電柱化実績から、無電柱化が行われた沿道の用途地域および指定容積率を整理した。整理された沿道状況の土地利用イメージ (用途地域および容積率) に基づき、電力・通信需要特性を「疎・低・中・高」の 4 段階に類型化した(表-2)。

表-1 道路条件の類型と優位となる方式

ケース	道路条件		沿道条件(電力・通信需要)	
	車道	歩道	高、中(都市部)	低、疎(地方部)
ケース①	2車線	なし	浅層埋設	浅層埋設
ケース②	2車線	2.5m未満	小型ボックス	小型ボックス
ケース③	2車線	2.5m以上	小型ボックス	浅層埋設
ケース④	区分無し	なし	小型ボックス	小型ボックス

表-2 沿道状況による類型化(電力・通信需要)

需要特性	沿道状況の土地利用イメージ
疎	郊外地・用途指定なし
低	低層住宅地・容積率 200%未満
中	住商混在地・容積率 200～300%
高	商業地・容積率 400%以上

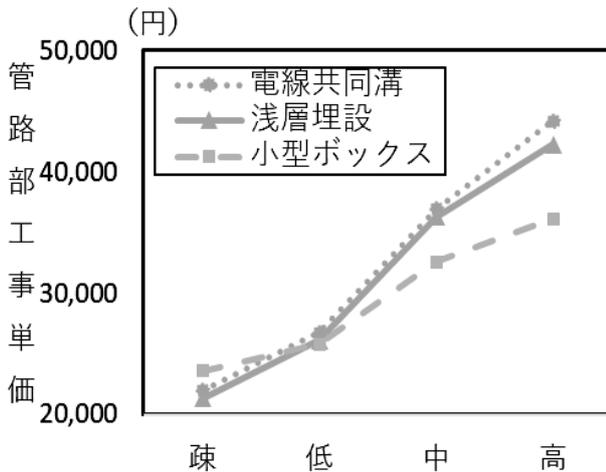


図-1 需要密度ごとの管路部工事単価(1mあたり)

密度ごとに整理した結果、需要密度が疎では、浅層埋設が最も安価になったが、需要密度が高くなるにつれて小型ボックスが安価となった(図-1)。これは、小型ボックスが、浅層埋設や電線共同溝方式のように直接管路を埋設する方式に比べ、ケーブル条数の増加によるコスト増加の影響が小さいためと考えられる。

①～④のケースを沿道条件別に比較すると、コスト面で優位となる方式は表-1に示す結果となった。

## 2. 低コスト手法の違いによる工事費用の比較

低コスト手法の無電柱化工事費の削減効果を把握するため、実在する道路4区間(表-3)で無電柱化を実施するものと想定して仮想設計を実施し工事にかかる費

表-3 対象箇所の現場条件

ケース	条件設定	イメージ写真
I	<ul style="list-style-type: none"> <li>区画街路 W=8m ・歩道無し</li> <li>地下埋設物少 ・交差点無し</li> <li>電力需要密度: 中</li> <li>管路曲線部なし ・柱上トランス</li> </ul>	
II	<ul style="list-style-type: none"> <li>片側1車線 ・歩道幅員 2.0m</li> <li>地下埋設物多 ・交差点少</li> <li>電力需要密度: 中</li> <li>管路の曲線区間が約 8 割</li> </ul>	
III	<ul style="list-style-type: none"> <li>片側2車線 ・歩道幅員 2.5m</li> <li>地下埋設物多 ・交差点少</li> <li>電力需要密度: 高</li> <li>車道部に管路敷設約 5 割</li> <li>管路の曲線区間が約 6 割</li> </ul>	
IV	<ul style="list-style-type: none"> <li>拡幅工事に合わせた施工</li> <li>歩道幅員 4.5m ・交差点多</li> <li>地下埋設物多</li> <li>電力需要密度: 高</li> <li>管路の曲線区間は約 2 割</li> </ul>	

用を積算した。ここでは、工事費用には直接工事費の他に諸経費を含んでおり、既存占用物件の支障移設が生じないように設計しているため支障移設費は計上していない。

表-4に示すように、ケースIでは、柱上トランスを採用するいわゆる「ソフト地中化」の場合は柱上トランスの価格が高いため、従来方式と浅層埋設や小型ボックスの価格差は約5%と小さい。

ケースIIでは、従来方式や浅層埋設方式の場合は、車道部の施工延長が長く曲管比率が高いため、他のケースと比較すると費用が高い。小型ボックスの場合は歩道部に直線的に施工できることから、従来方式と比較して3割近いコスト削減が可能との結果となった。

ケースIIIでは、従来方式や浅層埋設方式の場合は、管路の曲管比率が高いため、歩道部に直線的に配置できる小型ボックスの場合、従来方式と比較して約24%のコスト削減が可能との結果となった。

ケースIVでは、ケースIIIと比較して曲管比率が小さく地上機器の数が多くなるため、小型ボックスの場合のコスト削減率が小さくなった。

以上から、従来方式と比較して、浅層埋設、小型ボックスでコスト削減できることが分かった。特に、従来方式で曲管を多く使用する場合には、小型ボックスを活用することで、2～3割程度コスト削減できることが分かった。

### [成果の活用]

無電柱化事業において、低コスト手法を検討する際に活用され、今後広く現場で活用されるよう周知を図る予定である。

表-4 従来方式からの工事費縮減率

試算ケース	1kmあたり工事費(百万円)	従来方式からの工事費縮減率
ケースI 従来方式	143.7	
浅層埋設	143.2	-0.3%
小型ボックス	136.4	-5.1%
ケースII 従来方式	171.3	
浅層埋設	168.1	-1.9%
小型ボックス	122.1	-28.7%
ケースIII 従来方式	149.4	
浅層埋設	136.2	-8.8%
小型ボックス	113.0	-24.4%
ケースIV 従来方式	155.2	
浅層埋設	152.1	-2.0%
小型ボックス	132.9	-14.4%

# 道路交通騒音の変化を踏まえた遮音壁の更新方針等の検討

Research on update policy of noise barrier considering the change of road traffic noise

(研究期間 平成 28～30 年度)

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

室長  
Head  
主任研究官  
Senior Researcher  
研究官  
Researcher

間渕 利明  
MABUCHI Toshiaki  
澤田 泰征  
SAWADA Yasuyuki  
大河内 恵子  
OHKOUCHEI Keiko

Noise barriers are installed as facilities for reducing road traffic noise. In order to properly maintain, repair, and update the sound insulation walls, the National Research Institute of Advanced Industrial Science and Technology is conducting research on the status of aging and inspections.

## 〔研究目的及び経緯〕

遮音壁は道路交通騒音の低減のための施設として設置されている。直轄国道の遮音壁は約 860km（沿道延長）あるが、設置からの経年変化により劣化が進んでいる箇所も存在する。国総研では、遮音壁を適切に維持管理や補修・更新していくため、経年変化や点検の状況について調査を実施している。

## 〔研究内容〕

本研究では、遮音壁の性能・安全性に関する知見の収集整理、道路構造物・道路附属物の維持管理に関する技術基準の特徴整理、これらを参考とした遮音壁の維持管理に関する考え方のとりまとめを行った。

## 〔研究成果〕

### (1) 遮音壁の性能・安全性に関する知見の収集・整理

#### 1) 遮音壁の性能

遮音壁に求められる性能を音響性能、基本性能、安全性能、耐候性能、透光性能として整理した。

#### 2) 遮音壁の性能の経年変化

知見として、以下を整理した。

- ・遮音壁の金属部分は防食処理が施され、その耐用年数（めっき皮膜の効果）は 25～30 年と推定される。
- ・金属遮音板の正面板は、アルミニウム板またはアルミニウム合金板であり、20 年程度の耐候性能がある。
- ・ガラスウールは気温や降雨などの外的要因の影響により劣化する。ただし、劣化速度（実年数）、劣化程度と吸音率の関係は明らかになっていない。
- ・透光性遮音板に用いられているポリカーボネート板

は、平成 17 年以前のもので劣化が顕在化しているが、製品の耐候性向上により比較的新しいものには現時点では変色等がほとんどみられない。

#### 3) 遮音壁の経年変化や劣化の事例

道路管理者 HP に公表されているパネル落下等の事例は平成 20 年～30 年の間で 10 件あった。

#### 4) その他遮音壁の維持管理に関する事項

・高速道路会社、自治体（東京都）、国道事務所ともに、何らかの遮音壁の点検を実施しているが、その頻度や方法は統一されていない。

### (2) 道路構造物・道路附属物の維持管理に関する技術基準の特徴整理

表-1 に示す道路構造物等の定期点検要領を用いて特徴を整理した。

表-1 参考とした道路構造物等の定期点検要領

整理対象	点検要領
橋梁	橋梁定期点検要領 (H26.6)
トンネル	道路トンネル定期点検要領 (H26.6)
舗装	舗装点検要領 (H29.3)
道路土工構造物	道路土工構造物点検要領 (H30.6)
立体横断施設	歩道橋定期点検要領 (H26.6)
小規模附属物 <sup>注)</sup>	附属物(標識、照明施設等)点検要領 (H26.6)
防護柵	防護柵の設置基準・同解説 (H28.12)

注) 門型標識等を除く

#### 1) 道路構造物等の定期的な点検の手順

各種道路構造物等の定期点検の大まかな手順は概ね図-1 のとおりである。

#### 2) 定期点検の特徴

道路構造物等の定期点検の特徴を整理した。

・定期点検は、法で定められた「5 年に 1 回」が基本。

※本報告は平成 29 年度から平成 30 年度へと継続して実施した研究の成果を平成 30 年度研究成果としてまとめたものである。

- ・いずれの構造物・附属物も、部位・部材別の損傷の程度を確認している。
- ・点検結果の評価方法は、損傷の種類ごとに評価区分を設け、損傷の程度を診断する。その結果を基に、対策の要否や対策方法を判定するとしている。
- ・構造物としての健全性の診断は、法に定められた5工種（橋梁、トンネル、舗装、特定土工構造物、立体横断施設）で実施、他は行っていない。5工種は倒壊、落下等の異常が生じた場合に、交通や道路そのものに大きな支障を及ぼすためと考えられる。

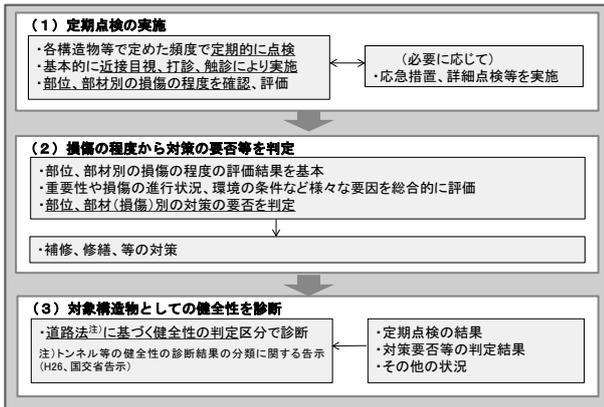


図-1 定期点検の大まかな手順

### (3) 遮音壁の維持管理の考え方の整理

#### 1) 遮音壁の維持すべき性能の要求水準

遮音壁の損傷・劣化と遮音性能・安全性の低下を関連付けることにより、遮音壁も他構造物等と同様に損傷・劣化の程度として要求水準を設定できるとした。関連づけの例を表-2に示す。

表-2 性能と損傷・劣化の種類の関係  
(金属製パネルの音響性能の例)

損傷・劣化の種類	材料	音響性能	
		遮音性	吸音性
腐食	鋼	○	
防食機能の劣化			
亀裂		○	○
破断		○	○
ゆるみ・脱落		○	
変形・欠損		○	○
植物の繁茂	ガラスウール		○

#### 2) 点検方法の考え方

遮音壁の構造的な特徴から、類似する道路構造物等として、橋梁、トンネル（附属物）、小規模附属物、防護柵を取り上げ、点検方法の考え方を整理した。

- ・点検では、いずれも損傷を点検している。遮音壁でも1)の考え方により、性能を直接点検するのではなく、損傷を点検することでよいと考えられる。
- ・対策要否の判定の考え方は、各構造物等で大幅な違いはなく、これらを基本とした判定区分を遮音壁に適用することは可能と考えられる。
- ・遮音壁は、倒壊等が生じた場合でも撤去すれば交通

機能は回復できること、本来の性能回復には部分的な補修ではなく取り替えで対応するのが一般的なことから、小規模附属物等と同様に健全性の診断は行わなくてもよいと考えられる。

#### 3) 点検頻度

遮音壁の点検を行う場合の頻度は、以下の理由から安全性の観点から他構造物と同様に5年に1回程度とすることは一つの考え方である。

- ・金属板の耐用年数は20年以上あり、吸音率も長期の機能維持を有すると認識されている。その間の急激な劣化は少ないと考えられる。ただし、日常点検等により点検間で生じる大きな損傷の確認を行うことは必要。
- ・透光性遮音板(ポリカーボネート)の黄変・劣化は3年程度でみられるが、透光性能は安全性への影響度がさほど大きくないことから、他の構造物と同様に暫定的に点検を5年間隔とする考え方もある。

#### 4) 修繕・更新の考え方

修繕・更新についての統一的な判断基準はなく、以下のような考えで個別対応となる。

- ・損傷パネルの交換：遮音壁は支柱に遮音パネルをはめ込んだ形状になっている。車両衝突による損傷も部分的な場合が多く、損傷部分のみの交換で対応できる。これにより遮音性能も確保される。
- ・全面更新：基礎部分が広範囲に損傷した場合、設置当時と比較して騒音が大幅に変化した場合、道路拡幅・改良等に伴い遮音壁位置を変更する場合、その他（住民要望、景観の観点、周辺土地利用の変化等）。

#### 5) 修繕・更新の優先度

第三者被害の観点から修繕・更新の優先度を図-2のとおり整理した。

土工部は部材が落下しても重大な被害が起こる可能性が小さいので、優先度を低くすることができると考えられるが、カルバート上など一部の第三者被害のリスクが高い箇所には、留意が必要である。

設置場所	土工	土工部（カルバート上）	高架部（郊外）	高架部（都市内）	立体交差点
代表的遮音パネル	金属・透光板・コンクリート	金属・透光板・コンクリート	金属・透光板	金属・透光板	金属・透光板
点検状況	統一的な遮音壁の点検は行っていない		「橋梁定期点検要領」で遮音壁も定期点検対象		
第三者被害のリスク	低	高（部材の落下事例あり）	第三者被害のリスクに応じて修繕・更新の優先度は高い		
修繕・更新の優先度	低	高			

図-2 設置場所別にみた遮音壁の修繕・更新の優先度

#### 【成果の活用】

本研究の成果をもとに、遮音壁の点検方法、留意点、修繕/更新の考え方についての参考資料を作成し、遮音壁の維持管理に活用する。

領域 10：自然環境、地球環境を保全する

# 環境調査・予測・対策等にかかる新技術・知見等の活用に関する調査

Survey on New Technology and Knowledge of Utilization Regarding Environmental Investigation, Prediction, Measures, etc.

(研究期間 平成 30～令和 2 年度)

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

室長  
Head  
主任研究官  
Senior Researcher  
研究官  
Researcher

間渕 利明  
MABUCHI Toshiaki  
大城 温  
OSHIRO Nodoka  
大河内 恵子  
OHKOUCHI Keiko

The purpose of this research is to collect and analyze the latest knowledge and reflect them in the environment impact assessment technique for road project as needed. As a result, it is necessary to maintain the reliability of environmental impact assessment. In this research, we mainly investigated the trend of prediction models for quality of air.

## 〔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（アセス）を実施する際に、項目（評価する影響要因・環境要素）や調査・予測・評価手法の選定、環境保全措置の検討を行う上で参照する手引き書である「道路環境影響評価の技術手法」（以下、「技術手法」という。）を作成してきている。環境影響評価の調査及び予測の手法を選定するにあたっては、最新の科学的知見を反映するよう努めるとともに、最適な手法を選定しなければならないことが、主務省令第 23 条で定められているところである。そこで、環境影響評価にかかる最新の科学的知見を収集・分析し、必要に応じて技術手法に反映することにより、環境影響評価への信頼性を維持していく必要がある。

## 〔研究内容〕

本調査では、前回の技術手法改定（平成 25 年 3 月）以降の主に大気質の予測・評価手法の動向を調査した。また、技術手法全般にかかる関連法令、引用文献、参考図書等を整理した。

## 〔研究成果〕

### (1) 技術手法にかかる大気質の動向調査

国内の道路事業以外の環境影響評価では、予測対象の性状や範囲、評価値等が道路とは異なっており、重点化の手法も採用されることがある。そこで、国内外の環境影響評価において採用されている予測・評価手

法を調査した。

### 1) 国内における大気拡散予測モデル

表-1 に示す各事業の手引きやその他資料を基に、現在公的な目的で使用される大気拡散予測モデルを調査した。結果の概要は次のとおりである。

- ・国内の公的な予測モデルは、拡散を阻害する障害物がなければ、約 50 年前に開発されたプルーム式・パフ式が主体である。
- ・CFD モデルは、発電所アセスにおいて地形や建物により拡散性状が変化すると考えられる場合に使用される。

表-1 国内の大気拡散予測手法の調査対象の資料

資料名	省庁等	年
道路環境影響評価の技術手法	国総研	2012
発電所に係る環境影響評価の手引	経産省	2017
廃棄物処理施設生活環境影響調査指針	環境省	2006
窒素酸化物総量規制マニュアル	環境省	2008
有害大気汚染物質に係る発生源周辺における環境影響予測手法マニュアル	経産省	2012
CFD モデル(DiMCFD)による大気環境アセスメント手法ガイドライン	大気環境学会	2013

### 2) 海外における予測手法

海外の大気質の予測手法においては、解析モデルであるガウス型モデルを中心とした拡散計算が実施されており、また簡易的な手法の採用や状況に応じた予

測手法の選択等も行われている。そこで、アメリカ合衆国環境保護庁（US EPA）、欧州環境機関（European Environment Agency）等が環境影響評価に適用するものとして公表している大気質の予測手法の動向を整理した。整理項目は、現在適用されている予測手法の概要（解析モデル、数値モデルおよびその他手法の別、適用範囲等）、対象とする事業種、改定が検討されている場合の改定方針等とした。また、海外の道路環境影響評価における簡易的な手法も含めて調査した。結果の概要は以下のとおりである。

- ・米国の環境影響評価で用いられる予測手法は、米国環境保護庁が WEB 上で公開している推奨モデルであり、いずれもガウス型モデルである。道路の予測はガウス型モデルの一種のプルームモデルである AERMOD、CAL3QHCRCR が推奨されている。
- ・欧州の大気質予測では、検証されたモデルを使用することとしており、特定のモデルを指定することはしていない。開けた道路周辺の大気質予測にはガウス型モデル、ラグランジュ型粒子モデルが適している。ただし、ラグランジュ型粒子モデルは応用範囲が広いものの、コストが高く、実際にはプルームベースのモデルが使われている。CFD モデルはガウス型モデルとほぼ同じスケールに適用できるが、非常に高価である。

### 3) 我が国の道路事業における予測手法のあり方

他事業・各国の予測手法に関して、我が国の道路事業の環境影響評価の大気質予測への適用性と適用における課題を整理した。我が国の他事業の環境影響評価、欧米の環境影響評価ではプルーム・パフモデルが主体となっていることがわかった。予測範囲を 20km とする発電所で用いられる CFD モデルの優位性が発揮できるのは、拡散場が複雑な場合である。予測範囲を 200m とする道路事業では、20km 範囲を対象とする発電所のように拡散場に地形の極端な変化が存在することは多くない。そのため、高価な CFD モデルを積極的に採用する必要性は低いと言える。

また、予測モデルは、検証の後に使用することが原則であるが、技術手法の予測モデルは日本の気象条件、道路条件等で多くの検証が行われている。

以上を踏まえると、我が国の道路事業の大気質予測では、汚染物質が滞留しやすい地形である等のように極端に複雑でない地形であれば、現行の技術手法の予測モデルを今後も用いることが妥当であると考えられる。

### (2) 技術手法の関連法令等の資料整理

平成 24 年度版の発行から約 5 年が経過していることから、関連法令等、地域特性の把握に用いる文献その他資料の改訂内容を整理し、技術手法への影響を検討した。

#### 1) 関連法令等

技術手法の更新が必要な内容として、地域特性の把握に係わる対象項目の追加、最終改正情報の更新、名称変更、目標値の更新などがあった。

#### 2) 地域特性を把握するために「入手可能な最新の文献その他の資料」の例

地域特性の把握に用いる文献その他資料は、詳細な図書名称などが記載されていないため、大きな改訂などはみられないが、一部刊行が終了している雑誌があった。

#### 3) 保全措置の動向整理

過去 5 年に公表された道路事業の環境影響評価書を対象に、記載されている環境保全措置の内容と、技術手法に記載されている環境保全措置の内容について比較検討した。

その結果、技術手法で取り扱われていない「文化財」、「水質（温泉）」以外の項目では、技術手法に記載されている環境保全措置が用いられていた。

### (3) 技術手法にかかる引用文献の現状

技術手法に掲載されている引用文献（113 文献）および参考図書（125 文献）の現状を確認した結果、12 文献が改訂されていた。改定時に内容を更新する必要がわかった。

### (4) 学識経験者への意見聴取

本調査の整理方針や結果について、学識経験者への意見聴取を実施した。意見聴取対象は、大気質および騒音の専門家である。意見聴取の主な結果は次のとおり。

大気質：プルーム・パフ式は 50 年前に開発されて以来、多くの国で研究・検証がされている。古いからといって使えないということはなく、現在の大気質予測モデルとして十分な精度を有している。

騒音：パワーレベルの経年変化の検証では、一定の場所の継続的なデータが利用できれば大変有効である。

### [成果の活用]

道路環境影響評価の項目のうち、主に大気質の動向について調査した。次年度以降は、他の項目の動向等についても調査し、技術手法の次期改定時の基礎資料として活用する予定である。

# 自然が持つ多様な機能の活用による安全・快適な道路空間に関する調査

Research on utilization of various functions of nature on road space

(研究期間 平成 30～令和元年度)

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

室長  
Head  
主任研究官  
Senior Researcher  
研究官  
Researcher

間渕 利明  
MABUCHI Toshiaki  
大城 温  
OSHIRO Nodoka  
長濱 庸介  
NAGAHAMA Yosuke

In this study, examples related to utilization of various functions of nature on roads were collected and technologies that can be expected to be utilized for green infrastructure of road space were grasped.

## 〔研究目的及び経緯〕

社会資本整備重点計画において、自然環境が有する多様な機能を積極的に活用する「グリーンインフラ」への取組み等、生活の質の向上に寄与する取組みを強化することが示されている。

本研究は、自然が有する多様な機能の道路事業への導入可能性について把握することを目的とする。

## 〔研究内容〕

平成 30 年度は、道路における自然が有する多様な機能を活用している事例を収集し、自然が有する機能の活用状況や得られる効果を把握した。そして、道路空間へグリーンインフラを導入する場合に活用が期待できる技術を整理した。

## 〔研究成果〕

### 1. 道路における自然が有する多様な機能を活用している事例の収集・整理

道路の機能は、道路本来の機能である交通機能と、道路空間による副次的機能である空間機能に大きく区分される。さらに、交通機能は自動車の交通を処理する機能と、歩行者・自転車の交通を処理する機能に区分できると考えられ、空間機能は、市街地形成、防災空間、環境空間、収容空間を形成する機能に区分できると考えられる。そこで、これらの機能に該当する事例を収集し、自然の活用により得られると考えられる効果を整理した。

その結果、景観向上、環境保全、防災・減災、交通安全等、自然の活用により様々な効果が得られる可能性があることを把握した（表-1）。

表-1 道路における自然が有する多様な機能を活用している事例

道路が持つ機能の区分		取り組み例	主な自然の活用による効果				
			景観向上	環境保全	防災・減災	交通安全	健康・レク
交通機能 (道路本来の機能)	交通処理機能 (自動車)	道路沿道法面における緑化	○	○	○	○	
		中央分離帯における遮光のための緑化	○	○		○	
		防風・防砂林、防雪林の配置	○	○		○	
	交通処理機能 (歩行者・自転車)	歩車道境界部への樹木を含む植栽帯の設置	○	○		○	
		バス・タクシー・LRT線路敷きの路面緑化	○	○		○	
		歩行者・自転車の通行スペースの物理的分離構造の緑化	○	○		○	
空間機能	市街地形成機能	植栽帯への樹冠のある樹木の植栽	○	○		○	
		並木道の整備、河川と一体となった道路整備	○	○	○	○	○
	防災空間機能	道路沿いにおける緑地帯の確保	○	○	○	○	○
		駅前広場における環境空間の確保	○	○		○	
	環境空間機能	植栽帯への連続した高木の植栽	○	○	○		
		雨水の一部を地下へ浸透させることのできる植栽樹の整備	○	○	○	○	
		主要な幹線道路沿いへの緩衝緑地の整備	○	○	○		
		透水性舗装とその下部への浸透土壌の設置	○	○	○		
		道路沿いや交差点の植栽帯の設置と、地域による維持管理	○	○	○		
収容空間機能	高速道路JCT等へのピオトープの設置	○	○	○			
	道の駅等休憩施設の緑化	○	○	○	○		
		駐車場内の路面緑化、転倒防止柵等の緑化		○	○		

## 2. 道路空間へグリーンインフラを導入する場合に活用が期待できる技術の整理

### (1) 道路空間へグリーンインフラを導入する際のメリット及びデメリットの把握

道路空間へのグリーンインフラを導入するにあたり、管理者や利用者（地域住民、歩行者、ドライバー等）が受けるメリットやデメリットについて、収集した事例を参考に整理した（表-2）。

### (2) 道路空間へグリーンインフラを導入する際のポイントの把握

事例収集の結果も踏まえ、道路空間へグリーンインフラを導入する場合に活用が期待できる技術について、道路の種別（自動車専用道、幹線道路、生活道路）及び地域特性（都市部、地方部）ごとに区分して導入イメージを整理するとともに、道路空間へグリーンインフラを導入する際のポイントを把握した（図-1）。

#### 【成果の活用】

今後、自然が有する多様な機能の具体的な活用方法、手順及び課題点を明らかにしたうえで、道路空間へグリーンインフラの導入を検討する際の基礎資料として活用する予定である。

表-2 道路空間へグリーンインフラを導入する際のメリット及びデメリット（例）

事例	高速道路JCT等へのビオトープの設置		
道路用地の空間区分	空間区分:道路区域内、道路沿いのエリア 適用場所:道路区域内の余剰空間		
期待する機能	新たな生態系育成の場の確保		
区分	メリット	デメリット	
緑の成長又は自然機能の劣化など、経年変化	良好な自然環境の保全により、多様な生物が生息する自然環境を創出	環境の悪化により、期待される機能が低下	
影響を及ぼす対象	管理者	地域・住民との連携により、持続した維持管理の実現	多様な生物が生息する環境を維持するために、継続的な管理が必要
	利用者（地域住民）	ビオトープの管理を地域との協働で実施することにより、地域コミュニティの形成に寄与 また、生涯学習、学校の総合学習の場としての活用が期待される	(特になし)

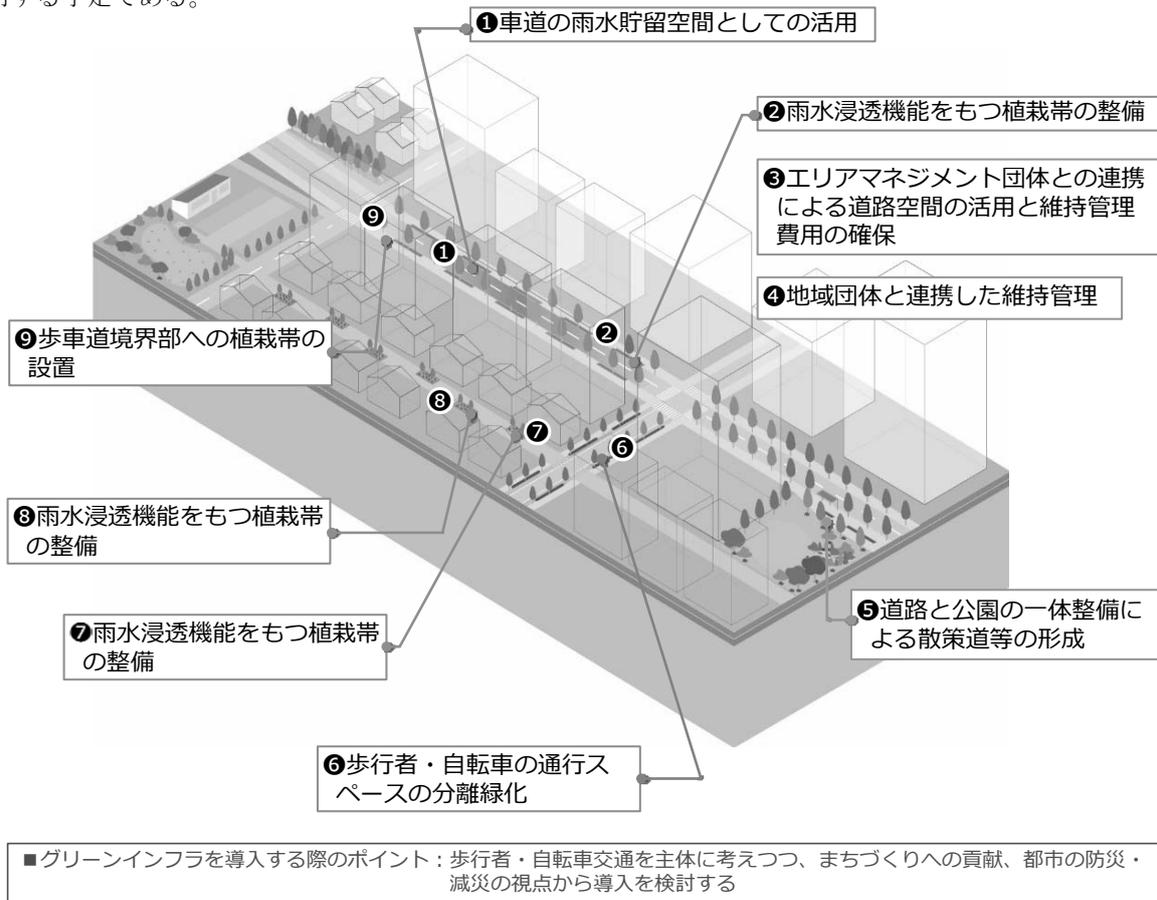


図-1 道路空間へグリーンインフラを導入する場合に活用が期待できる技術（例：都市部の生活道路）

## 地域連携道路事業費

# 監督検査の効率化に向けた有効な検査技術に関する調査

Survey on effective inspection technology for efficiency of supervision inspection

(研究期間 平成 30～令和元年度)

社会資本マネジメント研究センター  
社会資本システム研究室  
Research Center  
for Infrastructure Management ,  
Construction and Maintenance Systems Division

室長 関 健太郎  
Head SEKI Kentaro  
主任研究官 市村 靖光  
Senior Researcher ICHIMURA Yasumitsu  
研究官 大嶋 大輔  
Researcher OSHIMA Daisuke

In response to the current situation that public inspection personnel are decreasing, in order to improve the efficiency of inspection technology, we investigated inspection technology in a wide range of fields including construction industry.

## 〔研究目的及び経緯〕

国土交通省では、平成 29 年 3 月に決定された働き方改革実行計画や平成 26 年の公共工事の品質確保の促進に関する法律の改正等を踏まえ、生産性向上や品質管理システムの高度化等の実現を図るため「今後の発注者のあり方に関する中間とりまとめ(平成 30 年 4 月)」を策定した。これにより、建設工事の品質に係わる不正事案の発生や発注者側の品質管理に関する人員削減といった課題に対応するため、監督・検査を効率化し、現場立ち会いによるサンプリング確認を代替する全数確認（施工時連続計測データや完成時の非破壊検査の活用等）への転換の取り組みが求められている。

本研究では、これらの取り組みに寄与する技術の基礎資料を得ること目的に、建設業の分野以外を含む、幅広い分野の検査技術等について調査した。

## 〔研究内容〕

監督・検査業務において行うこととなっている現場確認の補完や代替となりうる新たな技術について調査し、その適用性について整理した。なお、新たな技術には、土木分野での利用実績はあるが基準化されていない技術、医療等他分野で活用されている検査技術、海外では基準化されている技術、取得データの 3 次元化や応用により結果確認を容易・高精度化する技術を含んでいる。

## 〔研究成果〕

### 1. 検査技術等の情報収集

検査技術についてインターネットにより幅広く情報収集を図るとともに、計測機器や検査機器を取り扱っ

ている団体等（日本計量機器工業連合会、日本検査機器工業会等）へヒアリングを行い、新たな検査技術について調査した。

### 2. 検査技術等の調査結果

収集した検査技術等について、代表例を紹介する。

今後、新たな検査技術について検討するための着想を得る観点から、幅広い分野の検査技術を調査した。

表-1 新たな検査技術の概要（1/2）

技術名称	技術分野・原理	技術概要
① 超音波トモグラフィ	超音波（複数波同時処理）	12 成分×4 列から成る振動子の送受信を自動的に切替えて多数の反射記録を処理することでコンクリート内部構造を 3 次的に可視化する。
② 宇宙線ミュオンラジオグラフィ	宇宙	宇宙線中に含まれる X 線よりも格段に高い透過力を持つ素粒子“ミュオン”を用いる事で X 線で見ることができない火山やピラミッド、原子炉などの“厚い”対象物の内部を非破壊でイメージングする技術
③ 中性子による内部可視化技術	医療	小型中性子源を用いた可視化技術で、構造物の欠陥（空隙・帯水箇所）を検出する。

表-1 新たな検査技術の概要 (2/2)

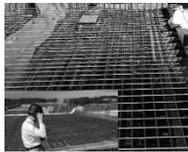
技術名称	技術分野・原理	技術概要
④ MRデバイス配筋検査	VR (仮想現実)、MR (複合現実)	MR デバイスを使用し、検査対象物に設計図を投影表示。 
⑤ 画像粒度モニタリングシステム	画像解析	デジタルカメラ画像で撮影した情報から土質材料の粒度分布を推定する方法。
⑥ 橋梁桁変異自動計測システム	常時観測	構造物の 3 次元位置をトータルステーションや GNSS でリアルタイム計測し、パソコン上で記録・確認できる技術。
⑦ 深い基礎の低ひずみ衝撃完全性試験	海外基準	細長い構造物 (柱・杭) の衝撃加速度データを基に、断面積および長さ、パイルの完全性および連続性ならびにパイル材料の一貫性を評価。

表-2 監督検査への適用性

技術名称	適用場面	特徴・適用性等
① 超音波トモグラフィ	配筋検査	・従来技術ではできなかった、多段配筋の検査が可能。 ・本法による評価方法や適用事例について学会論文あり。
② 宇宙線ミュオンラジオグラフィ	大規模構造物の出来形検査	・福島第一原子力発電所の原子炉内部の状況調査、火山観測、ピラミッド内部調査に活用されている。 ・研究開発が進められている技術。
③ 中性子による内部可視化技術	裏込め状況検査	・実構造物への適用やマニュアルなどについては現在検討がなされている。
④ MRデバイス配筋検査	配筋等の出来形検査	・面的な確認が可能 ・直轄工事の現場にて試行中の技術
⑤ 画像粒度モニタリングシステム	材料の品質検査	・従来 CSG 材の粒度分布は、人力によるふるい分け試験により確認していたが、本法により、連続的で迅速な確認が可能。 ・7現場で試行がなされている。
⑥ 橋梁桁変異自動計測システム	構造物の出来形検査	・トータルステーションによる人的な測量作業がなくなり、常時記録・確認ができる。 ・多くの現場で試行がなされている。
⑦ 深い基礎の低ひずみ衝撃完全性試験	基礎杭の出来形検査	・完成後に杭長等の確認が可能であることから、施工中の立会を低減することが考えられる。 ・海外では基準化されており、国内では土木研究所によるマニュアルあり。

### 3. 監督・検査への適用性の整理

収集した検査技術等について、監督・検査への適用場面、試行事例や技術としての熟度を踏まえた適用性を表-2のとおり整理した。

ここで紹介する技術は監督・検査に用いる場合の適用性を整理したもので、固有技術のもつ性能を評価したものではないことに留意頂きたい。

#### [成果の活用]

今回の報告は、監督・検査の効率化を図るための技術を模索するため、建設分野にとらわれない幅広い分野を対象に検査技術等の調査を行い、その適用性について一次スクリーニングレベルの整理を行ったものである。今後、適用性の高い技術については、具体的な活用場面を想定した検査手順等を検討し、現場での試行を図るなどの提案を行って参りたい。

# 働き方改革の実現に向けた労働条件等の改善に関する調査

Survey on Improvement of Labor Conditions, etc. for Realization of Worker Reform

(研究期間 平成 30～令和元年度)

社会資本マネジメント研究センター  
社会資本システム研究室  
Research Center  
for Infrastructure Management ,  
Construction and Maintenance Systems Division

室長 関 健太郎  
Head SEKI Kentaro  
主任研究官 市村 靖光  
Senior Researcher ICHIMURA Yasumitsu  
研究官 大嶋 大輔  
Researcher OSHIMA Daisuke

In order to contribute to efforts such as securing appropriate wage standards listed in Reform of Working Way, we investigated domestic and foreign price differences regarding labor costs, material expenses, machine costs, etc.

## 〔研究目的及び経緯〕

労働の機会や生産性を高めることなどを目的とした「働き方改革実行計画」が、働き方改革実現会議（議長・内閣総理大臣）により 2017 年 3 月 28 日に決定された。これにより、建設業においては、適切な賃金水準の確保などの取組の推進が求められている。

本研究では、建設業における適切な賃金水準の確保等の取組の推進に寄与することを目的に、労務費の水準について米国及び欧州の現状を把握し、我が国との比較を行った。また、工事費を構成する、材料費、機械損料について、合わせて比較を行った。

## 〔研究内容〕

本研究は、米国と欧州、2 構成でとりまとめている。

米国においては、比較対象とする労務費・材料費・機械損料（以下「機労材価格」という）の種類選定を行い、継続的な調査を行う観点から文献・統計情報を基として、機労材価格の内外比較を行った。

欧州においては機労材価格を把握するための、コストブックの存在について文献調査を行い、この結果を踏まえ、機労材価格の内外比較を行った。

## 〔研究成果〕

### 1. 機労材価格の比較対象の選定（米国）

日本の土木工事において代表的に使用されている機労材を内外比較の対象とした。代表性について、労務費は公共事業労務費調査結果や直轄土木工事における積算上のシェア、材料費は各種物価資料における主要資材、機械損料は販売台数等を踏まえ抽出するとともに、米国のコストブックにおける掲載種別との整合（例えば、米国における「大工 (Carpenter)」は、日本にお

ける建築系の「大工」と土木系の「型わく工」を兼ねていること等。）に留意し、数種類選定した。

### 2. 機労材価格の内外比較（米国）

最新の平成 30 年度の機労材価格を以下のとおり調査した。

#### ① 労務費

日本は「公共工事設計労務単価」の 47 都道府県平均、米国は「labor Rates for Construction Industry」の Total Wage Rate を採用した。換算レートは機労材共通で、公共土木工事の契約が貿易財ではないこと等から、OECD の購買力平価を採用することとした。

図－1 より、労務単価は米国に対して低い傾向であることが分かった。なお、近年の国内単価は米国ともに上昇傾向にある。

#### ② 材料費

日本は「物価資料」、「積算資料」の 4 月版平均値、米国は「Engineering News-Record Construction Economics」の 4 月版を採用した。

図－2 より、材料単価については、種類によりばらつきがあり明確な傾向は見られなかった。なお、近年の国内単価は、日本では輸入関連資材（鋼材関係、アスファルト）が上昇傾向にあり、米国では鋼材関係が上昇傾向にある。

#### ③ 機械損料

日本は「建設機械等損料算定表」、米国は「Equipment Watch Custom Cost Evaluator」の 4 月時点を採用した。

図－3 より、機種により差はあるものの、全体の傾向としては、大きな格差は見受けられなかった。

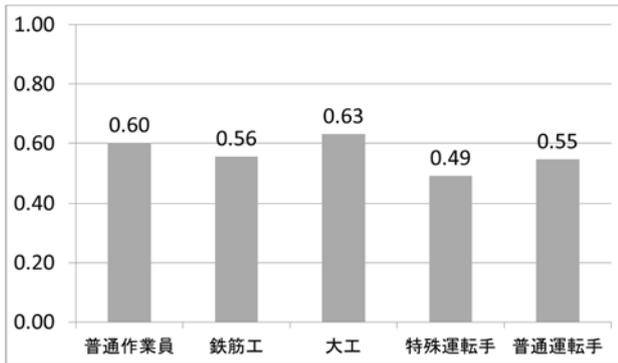


図-1 日米の労務単価比 (日本/米国)

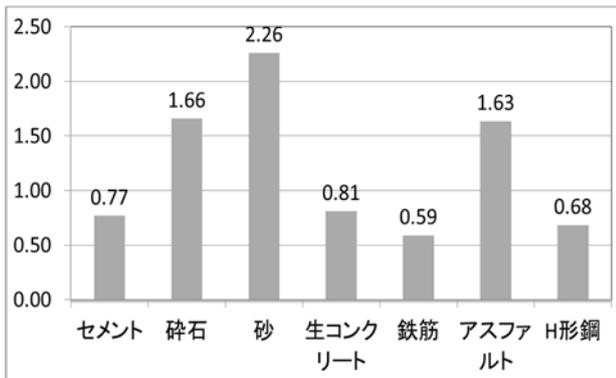


図-2 日米の材料単価比 (日本/米国)

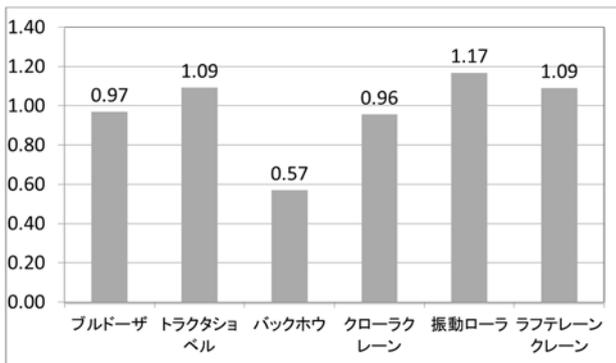


図-3 日米の機械損料比 (日本/米国)

なお、近年の国内損料は、日本では横ばい傾向にあり、米国ではやや上昇傾向にある。

### 3. コストブックの調査 (欧州)

欧州 (イギリス、フランス、ドイツ、スイス) のコストブックについてインターネットや文献により調査した。その結果、掲載される項目や価格情報の定義などが一様で、横並びで複数の国の価格比較することが可能なコストブックとして3資料 (①2018 Global Construction Costs Yearbook、② International construction market survey、③Hourly labor costs) を得た。

### 4. 機労材価格の内外比較 (欧州)

得られたコストブックの情報を基に、欧州の機労材価格について、内外比較を行った。労務単価は、「2018 Global Construction Costs Yearbook」より整理した。これによると、先に述べたとおり米国と比較では労務単価は低い傾向であったが、欧州諸国と比較すると、瑞西 (スイス) に対しては低い傾向にあるものの、英国 (イギリス) とは同程度、その他2国よりは、高い傾向であった。ただし、今回採用したコストブックの単価は先に述べた米国パートの単価と比較して高い傾向を示していることから、情報ソースなどの確認により精査が必要である。

また、機械損料、材料単価については、同様に整理したが明確な内外格差は見受けられなかった。

#### [成果の活用]

米国及び欧州の機労材価格の内外比較では、労務費の内外価格差が顕著に表れている。

米国においては、技能労働者の最低賃金やその支払いを現場で確認することを規定した、デービスベアコン法の存在が、高い賃金水準となっている要因と考えられる。一方、日本での土木工事の労務単価調査は、国土交通省によって毎年行われ、市場を的確に反映した価格が設定されるが、現場での確認を行う制度は存在しない。

欧州諸国では賃金水準などの扱いを含めた労働条件を「労働協約」として文書化し、雇用主を代表とする業界団体と、技能労働者を代表する労働組合の間で合意することで、技能労働者の権利が守られる仕組みとなっていることから、適切な賃金が確保されているものと考えられるが、日本と賃金の現状を比較する手法については精査が必要である。

今回は、建設コスト関連の内外比較を行い、日本の現状を把握したものであるが、労務費における内外価格差の要因や欧州諸国との労務単価比較方法についてはさらなる研究を行い、社会的背景の違いを踏まえたうえで建設業における働き方改革の効果的な取組の提案を行って参りたい。

---

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of NILIM

No.1091

January 2020

---

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