

ISSN 1346-7328
国総研資料 第1255号
令和5年9月

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of
National Institute for Land and Infrastructure Management

No.1255

September 2023

令和4年度

道路調査費等年度報告

Annual Report of Road-related Research
in FY 2022

国土交通省 国土技術政策総合研究所

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

令和 4 年度
道路調査費等年度報告

Annual Report of Road-related Research in FY 2022

概要

本報告は、国土技術政策総合研究所において令和 4 年度に実施した道路調査費、地域連携道路事業費に関する調査・研究の結果をとりまとめたものである。

キーワード : 道路調査費、地域連携道路事業費、年度報告、令和 4 年度

Synopsis

This report contains the results of the road-related research carried out by NILIM in FY 2022.

Key Words : Road-related Research, Annual Report, Fiscal Year of 2022

ま え が き

この年度報告は、令和4年度に国土技術政策総合研究所（国総研）において、「道路調査費」及び「地域連携道路事業費」によって実施した研究の結果をとりまとめたものである。

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

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

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

令和5年9月

道路交通研究部長

吉田 秀範

道路構造物研究部長

星隈 順一

令和4年度 道路調査費等年度報告

目 次

道路調査費

1. 円滑なモビリティ

- ・全国幹線道路における道路交通データ収集の高度化・効率化に関する調査^{※2} (道 路 研 究 室) … 1
- ・ICTやAI等を活用した各種道路交通データ収集の高度化・効率化に関する調査 (道 路 研 究 室) … 3
- ・ビッグデータ等を用いた全国幹線道路の渋滞分析に関する調査^{※3} (道 路 研 究 室) … 5
- ・多様なニーズを持つ利用者に対応した走行空間の創出に関する検討^{※2} (道 路 研 究 室) … 7

2. 交通安全

- ・交通安全対策へのビッグデータ利用の高度化に向けた研究^{※2} (道 路 交 通 安 全 研 究 室) … 9
- ・幹線道路における交通事故の要因分析等に関する調査 (道 路 交 通 安 全 研 究 室) … 11
- ・交通安全計画・対策のためのETC2.0プローブデータ等の活用環境構築の検討^{※4} (道 路 交 通 安 全 研 究 室) … 13
- ・生活道路における交通安全対策の普及を図るための手法に関する調査 (道 路 交 通 安 全 研 究 室) … 15
- ・視認性能を踏まえた交通安全施設の維持管理方法に関する調査 (道 路 交 通 安 全 研 究 室) … 17
- ・交通事故発生状況に関する事故データ分析 (道 路 交 通 安 全 研 究 室) … 19

3. 高度道路交通システム (ITS)

- ・道路情報DB更新システムの構築^{※4} (高 度 道 路 交 通 シ ス テ ム 研 究 室) … 21
- ・特殊車両モニタリング高度化の検討 (高 度 道 路 交 通 シ ス テ ム 研 究 室) … 23
- ・ETC2.0プローブデータの生活道路マップマッチング機能等の開発^{※4} (高 度 道 路 交 通 シ ス テ ム 研 究 室) … 25
- ・ETC2.0プローブ処理の高度化に関する研究 (高 度 道 路 交 通 シ ス テ ム 研 究 室) … 27
- ・高速道路の合流支援システムの評価・検証^{※1} (高 度 道 路 交 通 シ ス テ ム 研 究 室) … 29
- ・次世代ETCの官民連携での取組に関する調査 (高 度 道 路 交 通 シ ス テ ム 研 究 室) … 31
- ・ITSの研究開発及び国際標準化に関する海外動向調査 (高 度 道 路 交 通 シ ス テ ム 研 究 室) … 33

4. 空間活用

- ・自転車活用推進に向けた自転車通行空間の評価に関する調査^{※2} (道 路 交 通 安 全 研 究 室) … 35
- ・自転車活用推進に向けた自転車通行空間の評価に関する調査 (道 路 交 通 安 全 研 究 室) … 37
- ・多様なニーズや新しい生活様式に対応した道路空間の利活用に関する調査 (道 路 環 境 研 究 室) … 39
- ・道路緑化の評価手法と持続可能な目標設定・維持管理方法に関する研究 (緑 化 生 態 研 究 室) … 41
- ・地域環境特性に配慮したのり面緑化工に関する研究 (緑 化 生 態 研 究 室) … 43
- ・道路における再生可能エネルギー資源の調査^{※2} (道 路 環 境 研 究 室) … 45

5. 施策提案（基礎的基盤的研究等）	
・道路事業の生産性向上に資する入札契約方式に関する研究	（社会資本マネジメント研究室）… 47
・ICTによるデータを用いた冬期交通障害検知に関する調査	（道路交通安全研究室）… 49
・道路整備等の生産性向上に資するICTを活用した施工及び維持管理の高度化に関する調査	（社会資本施工高度化研究室）… 51
・道路事業の多様な効果の把握・評価に関する研究 ^{※3}	（道路研究室）… 53
・道路管理データと連係した道路管理支援システムの高度化に向けた研究 ^{※2}	（社会資本情報基盤研究室）… 55
・道路管理のための点群データの効率的な管理手法に関する研究 ^{※3}	（社会資本情報基盤研究室）… 57
・道路管理のための点群データの効率的な管理手法に関する研究 ^{※2}	（社会資本情報基盤研究室）… 61
・道路整備のストック効果把握に関する比較分析調査	（建設経済研究室）… 63
・災害時等の計画的な道路交通量抑制に関する調査 （令和4年度当初予算の研究課題「災害時等の計画的な通行規制に関する調査」）	（建設経済研究室）… 65
6. 道路橋・附属物等の長寿命化・耐災害性向上のためのマネジメントとコスト縮減	
・道路橋等の性能評価方法の充実・高度化に関する調査検討	（橋梁研究室）… 67
・高強度材料の活用による橋梁構造の合理化に関する調査検討	（橋梁研究室）… 69
・既設道路橋の管理手法の高度化に関する調査検討 ^{※4}	（橋梁研究室）… 71
・道路橋の維持管理計画の継続的改善に関する調査検討	（橋梁研究室）… 73
・道路橋の点検の省力化・高度化に関する調査検討	（橋梁研究室）… 75
・損傷を受けた部材の耐荷性能評価への部分係数法の適用に関する調査検討	（橋梁研究室）… 77
・道路構造物の補修・補強に関する基本工法の充実に向けた試験調査	（橋梁研究室）… 79
7. 道路構造物（下部工・トンネル・大型カルバート等）の構造・維持管理・対災害性の高度化	
・トンネルの合理的な点検法及び設計・施工法に関する調査検討 ^{※2}	（構造・基礎研究室）… 81
・トンネルの合理的な点検法及び設計・施工法に関する調査検討	（構造・基礎研究室）… 83
・既設橋梁基礎の補修補強の調査・設計手法の調査検討 ^{※2}	（構造・基礎研究室）… 85
・大型カルバート等の要求性能に対応した維持管理手法及び信頼性設計に関する調査検討 ^{※2}	（構造・基礎研究室）… 87
8. 道路土工構造物（盛土・切土）、舗装の構造・維持管理・対災害性の高度化	
・盛土・切土等の要求性能に対応した維持管理手法及び信頼性設計に関する調査検討	（道路基盤研究室）… 89
・道路構造物としての舗装の要求性能に関する調査検討 ^{※2}	（道路基盤研究室）… 91
・舗装の長寿命化に向けた維持管理手法に関する調査検討	（道路基盤研究室）… 93
9. 道路の地震防災・減災対策	
・冬期道路管理を踏まえた降雪予測情報に関する調査 ^{※2}	（道路地震防災研究室）… 95
・道路災害リスクマネジメントに関する調査	（道路地震防災研究室）… 97
・動的耐震照査法の信頼性向上に関する調査	（道路地震防災研究室）… 99
・地震時の道路施設変状の即時把握に関する調査 （令和4年度当初予算の研究課題「地震時点検基準の高度化に関する調査」）	（道路地震防災研究室）…101
・リモートセンシング技術を活用した災害時の道路状況把握に関する調査 （令和4年度当初予算の研究課題「災害覚知技術を用いた道路被災状況調査の情報取得方策に関する調査」）	（道路地震防災研究室）…103

地域連携道路事業費

5. 施策提案（基礎的基盤的研究 等）

- ・ 土木工事の施工・監督・検査等の効率化に向けた新技術認証方法等の調査^{※3}（社会資本システム研究室）…105
（令和3年度当初予算の研究課題「監督・検査等の効率化に向けた検査技術の基準化等に関する調査」を
令和4年度に継続して得た結果及び令和4年度当初予算の標記の研究課題で得た結果をまとめたもの）
- ・ 道路工事の品質確保の推進に資する積算体系に関する検討調査^{※2}（社会資本システム研究室）…107
- ・ 土木工事の生産性向上に向けた効率的な積算体系の運用を実現する検討調査（社会資本システム研究室）…109

以上は、「道路調査費」及び「地域連携道路事業費」の令和4年度当初予算（審議会等公募型委託研究等を除く）の標記の研究課題で得た結果をまとめたものである。

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

※¹ 令和2年度補正予算の標記の研究課題を令和4年度に継続して得た結果をまとめたもの

※² 令和3年度当初予算の標記の研究課題を令和4年度に継続して得た結果をまとめたもの

※³ 令和3年度当初予算の標記の研究課題を令和4年度に継続して得た結果及び令和4年度当初予算の標記の研究課題で得た結果をまとめたもの

※⁴ 令和3年度補正予算の標記の研究課題を令和4年度に継続して得た結果をまとめたもの

なお、以下の研究課題は、令和5年度に継続して実施しているため、令和5年度道路調査費等年度報告に結果を掲載予定である。

道路調査費（令和4年度当初予算、ただし*は令和4年度補正予算）

1. 円滑なモビリティ

- ・OD交通量逆推定手法等を活用した常時観測ODの取得に関する研究（道路研究室）
- ・多様なニーズを持つ利用者に対応した走行空間の創出に関する検討（道路研究室）

2. 交通安全

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

3. 高度道路交通システム（ITS）

- ・一般道路における自動運転を実現するための調査研究（高度道路交通システム研究室）
- ・官民連携による路車協調ITSに関する研究（高度道路交通システム研究室）
- ・ITS技術の活用による道路交通サービスの高度化に向けた検討（高度道路交通システム研究室）

4. 空間活用

- ・多様な手法による無電柱化の推進に関する調査（道路環境研究室）
- ・道路空間におけるグリーンインフラの社会実装に向けた調査（道路環境研究室）
- ・道路における再生可能エネルギー資源の調査（道路環境研究室）

5. 施策提案（基礎的基盤的研究等）

- ・環境影響評価の運用実態に応じた技術手法の改定に関する調査（道路環境研究室）
- ・道路標識DBに関する検討（社会資本情報基盤研究室）
- ・道路管理データと連携した道路管理支援システムの高度化に向けた研究（社会資本情報基盤研究室）
- ・道路地図データ（道路基盤地図情報）の整備（社会資本情報基盤研究室）
- ・「xROAD」の設計・構築*（道路研究室）

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

- ・橋台背面アプローチ部等の土工性能検証項目等の調査検討（構造・基礎研究室）
- ・既設橋梁基礎の補修補強の調査・設計手法の調査検討（構造・基礎研究室）
- ・大型カルバート等の要求性能に対応した維持管理手法及び信頼性設計に関する調査検討（構造・基礎研究室）

8. 道路土工構造物（盛土・切土）、舗装の構造・維持管理・対災害性の高度化

- ・舗装の性能規定及び設計に関する調査検討（道路基盤研究室）

道 路 調 查 費

1. 円滑なモビリティ

全国幹線道路における道路交通データ収集の 高度化・効率化に関する調査

A study on advancement and optimization of road traffic data collection on arterial roads

(研究期間 令和元年度～令和3年度)

道路交通研究部 道路研究室

Road Traffic Department Road Division

室長 松本 幸司
 Head MATSUMOTO Koji
 主任研究官 山下 英夫
 Senior Researcher YAMASHITA Hideo
 交流研究員 難波 秀太郎
 Guest Research Engineer NAMBA Shutaro

主任研究官 尾崎 悠太
 Senior Researcher OZAKI Yuta
 研究官 瀧本 真理
 Researcher TAKIMOTO Masamichi
 交流研究員 杉山 茂樹
 Guest Research Engineer SUGIYAMA Shigeki

The National Institute for Land and Infrastructure Management has been conducting a study to improve the efficiency of traffic data collection through the entire road space. In this paper, the authors describe the results of verifying the accuracy of AI image recognition technology for observing traffic volume.

〔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道路交通調査体系から、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、車だけでなく人・自転車等を含めた移動データ収集にあたっての課題抽出や具体的なデータ利活用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、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、AIによる画像認識技術を用いて、既存の設備である道路管理用の監視カメラ(CCTV)映像から交通量を観測するシステム(以下「CCTV-AIトラカン」という。)の実用化に向けた研究を行ってきており、令和2年度より全国でシステムの導入が試験的に開始され、並行して精度向上に関する取り組みを行っている。

〔研究内容〕

本調査は、CCTV-AIトラカンの観測精度の向上に資する知見を得ることを目的として、交通量観測精度に影響する要因の分析、可搬型カメラの利用を想定した画像認識型交通量観測の歩行者等への活用可能性の検証を行ったものである。

〔研究成果〕

(1)CCTV-AIトラカンによる交通量観測精度と影響要因に関する分析

a. 観測精度の検証方法

観測精度に影響すると考えられる要因を抽出するた

めに、有識者及びAIによる画像認識に関する技術開発者6者に対しヒアリングを実施し、得られた知見を基に、全国のCCTV-AIトラカンを対象として、観測精度とこれに影響すると考えられるCCTV映像の取得条件やカメラの設置条件等の要因について分析を行った。

観測精度の検証は、CCTV-AIトラカンにより観測した交通量とCCTVカメラ映像を目視により計測した交通量を比較した。観測精度は次式により算出した。

$$\text{観測精度(\%)} = \frac{\text{CCTV-AIトラカン観測交通量(台)}}{\text{CCTVカメラ映像の目視計測交通量(台)}} \times 100$$

b. 車種別交通量の観測精度影響要因の分析

CCTV-AIトラカンで観測可能な車種別(大型車・小型車別)交通量の観測精度に特に影響すると考えられる要因として、ヒアリング結果より知見が得られた、カメラの設置高さについて集計を行った。

カメラの設置高さの影響を確認するため、昼間混雑時(7~9時)における車種別の観測誤差が大型車・小型車共に観測誤差±10%の範囲内となるCCTV-AIトラカンの割合を、カメラ設置高さ別に集計した結果を図-1に示す。

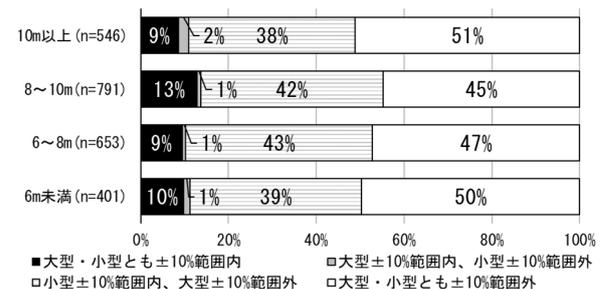


図-1 カメラ設置高さ別の車種別(大型・小型)交通量観測精度

※本報告は令和3年度当初予算の標記の研究課題を令和4年度に継続して得た結果をまとめたものである。

カメラ設置高さ別の観測精度は、カメラ設置高さが8~10mのとき、観測誤差±10%の範囲内となる CCTV-AI トラカンの割合が最も高い。

8~10mの高さは、**図-2(左図)**に示すようにある程度車両を見下ろすことができる高さである。車両の上面や側面等が分かりやすく、車両全体の特徴量を十分捉えることができるため、精度が高いと考えられる。一方で、8m~10mの高さにおいても、観測誤差±10%の範囲内となる CCTV-AI トラカンの割合は、1割程度にすぎない。これは、**図-2(右図)**に示すような一定の高さのカメラであっても、車種判別に最適なカメラ画角になっていないことが要因として考えられる。そのため、カメラ設置高さに加え、車両の特徴量を十分捉えることができる、車種判別に適したカメラ画角(俯角、水平角)の調整について検討することが重要であると考えられる。



図-2 車種別精度の一例(カメラ設置高さ8m)

c. 夜間交通量の観測精度影響要因の分析

夜間交通量の観測精度に特に影響すると考えられる要因として、ヒアリング結果より知見が得られた、照明の設置状況について集計を行った。

夜間の照明の設置状況別に、3種類の分類を行った。各分類の映像の例を**図-3**に示す。また、夜間(20~22時)の車種別(大型車・小型車別)交通量について、照明の設置状況の影響を確認するため、夜間における観測誤差が±10%の範囲内となる CCTV-AI トラカンの割合を、照明の設置状況別に集計した結果を**図-4**に示す。照明の設置状況別の観測精度については、照明が設置されている CCTV-AI トラカンの観測精度が高く、部分的に明るい映像では観測精度があまり向上せず、全体的に明るい映像では観測精度が高い傾向が把握できた。



図-3 照明の設置状況別の映像の一例

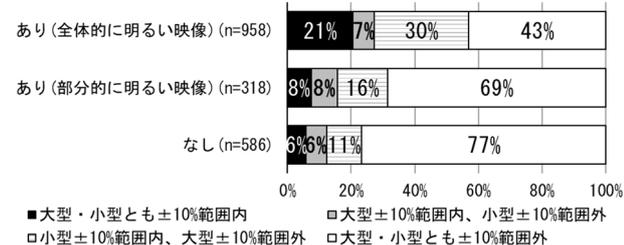


図-4 照明の設置状況別の車種別(大型・小型)交通量観測精度

(2) 可搬型カメラの利用を想定した画像認識型交通量観測の歩行者等への活用可能性の検証

a. サンプル映像を用いた交通量観測の観測精度検証

AIによる画像認識技術を活用した歩行者等交通量観測の技術開発を行っている国内の民間企業4社の技術により、6つのサンプル映像(2地点×3条件)を用いて、歩行者及び自転車の交通量観測を行い、観測精度の検証を行った。カメラの設置条件は、ヒアリング結果で得られた知見を踏まえ、カメラ設置高さ、カメラ俯角を変化させた3条件とした。各地点別のサンプル映像の例を**図-5**に示す。



図-5 地点別のサンプル映像の例

b. 歩行者等の交通量観測精度に影響する要因の整理

観測精度の検証結果を踏まえ、歩行者交通量、自転車交通量の観測における映像条件と観測精度の関係から、精度に影響する要因を整理した結果を**表-1**に示す。

本調査の結果では、カメラ高さ3.5m程度、俯角30度程度するとき、両地点ともに観測誤差±10%以内の結果となり、最も望ましい映像条件であることが示唆された。また、条件2のように俯角が大きく真上から撮影する条件では、条件1、3の画角よりも見通せる範囲が狭くなるため、対象物の全体が認識できないことや速い物体の検出が困難になることを確認した。以上より、適切な映像条件においては、現行の技術で十分な観測精度が確保できることが確認できた。

表-1 映像条件と観測精度の関係

映像条件	観測精度に影響する要因			観測精度への影響
	オクルージョン	対象物の映り方	その他	
条件1 高さ: 3.5m 俯角: 30度	○ オクルージョンの影響は小さい	○ 対象物が適切な大きさで映る	-	◎
条件2 高さ: 3.5m 俯角: 80度	△ 手前の対象物が大きく映るため、画面奥側の対象物と重なるなどオクルージョンの影響がある	× 対象物が大きく映りすぎており全体が認識できない	対象物との距離が近すぎると自転車等の速い物体の検出が困難	×
条件3 高さ: 2.0m 俯角: 10度	× 俯角が小さいため、オクルージョンの影響が大きい	○ 対象物が適切な大きさで映る	-	△

※オクルージョン: 対象物同士の重なりによる遮蔽

[成果の活用]

本成果を踏まえて、観測精度向上のための画角調整や新規でカメラを導入する際の要件を整理し、マニュアルとして取りまとめる予定である。

ICT や AI 等を活用した各種道路交通データ収集の 高度化・効率化に関する調査

A study on advancement and optimization of road traffic data collection using ICT and AI

(研究期間 令和4年度～令和6年度)

道路交通研究部 道路研究室

Road Traffic Department Road Division

室長 松本 幸司
 Head MATSUMOTO Koji
 主任研究官 山下 英夫
 Senior Researcher YAMASHITA Hideo
 交流研究員 難波 秀太郎
 Guest Research Engineer NAMBA Shutaro

主任研究官 尾崎 悠太
 Senior Researcher OZAKI Yuta
 研究官 瀧本 真理
 Researcher TAKIMOTO Masamichi
 交流研究員 杉山 茂樹
 Guest Research Engineer SUGIYAMA Shigeki

The purpose of this study is to improve the efficiency of traffic volume observation by using new technologies. The authors analyzed images taken by the cameras installed at the various environments and investigated the relationships between the camera installation conditions and the accuracy of traffic volume acquisition by using AI.

〔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道路交通調査体系から、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、車だけでなく人・自転車等を含めた移動データ収集にあたっての課題抽出や具体的なデータ利活用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、新たな道路交通調査体系の実現に向けて、AI等のICTの活用による高度化及びビデオ観測（自動計測）による効率化について研究を行っている。この取組みの一つとして、AIによる画像認識技術を用いて、既存の設備である道路管理用の監視カメラ（CCTV）映像から交通量を観測するシステム（以下「CCTV-AIトラカン」という。）の実用化に向けた研究を行ってきており、令和2年度より全国でシステムの導入が試験的に開始された。

本研究では、CCTV-AIトラカンの精度向上を目的として、様々なカメラ設置条件で撮影した走行実験の映像から交通量観測の精度の検証を行い、CCTV-AIトラカンに適したカメラ設置条件について分析を行った。

〔研究内容〕

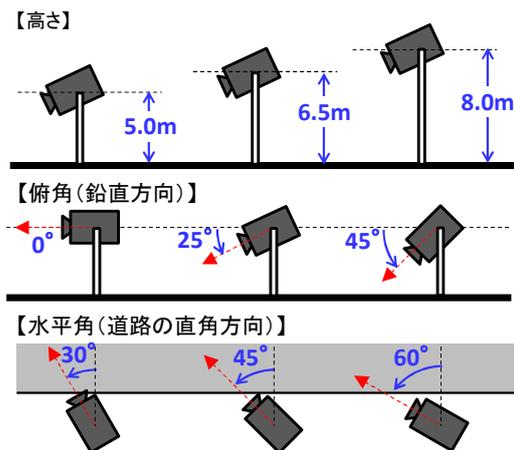
これまでに導入されたCCTV-AIトラカンの精度確認の結果からは、昼間の全車種自動車交通量は高精度が得られたが、一方で車種別交通量や夜間交通量の精度には課題が見られた。特に車種別交通量の精度はカメラの画角の影響が大きく、カメラ設置高さに加え車両の特徴量を十分捉えることができる、車種判別に適

したカメラ画角（俯角、水平角）の調整について検討することが重要であると考えられた。

そこで、国総研の試験走路において、複数の条件（高さ、俯角、水平角）で設置したカメラで走行する車両の映像を撮影し、その映像からAIによる交通量観測の車両検出及び車種判別を行い、カメラ設置条件と精度の関係を分析した。

(1) カメラの設置条件、走行車両・道路条件

カメラの設置条件は、高さ、俯角、水平角のそれぞれ3ケースを組み合わせた全27ケースとした（図-1）。



(いずれも、俯角45度、水平角30度)

図-1 カメラの設置条件と映像例



図-2 走行車両の概要 (括弧内は2車種区分/4車種区分)



図-3 車両検知・車種判別結果表示 (一例)

走行車両は図-2に示す4台とし、2車線道路を想定した車線において各車線を1往復走行させた映像を撮影した。2車種区分は小型車、大型車とし、4車種区分は乗用車、小型貨物車、普通貨物車及びバスとした。

(2) 交通量観測に用いたAIモデル

交通量観測に用いたAIモデルは、畳み込みニューラルネットワークを基にした「YOLOv8」により画像1フレームに存在する車両の検知及び車種判別を実施し、「Byte Track」によりフレーム間で検知された車両を関連付けて追跡するモデルである。

AIモデルにより車両検出・車種判別を行った結果(図-3)について、目視により、その正否を確認した。

【研究成果】

カメラ設置条件27ケース、走行車線2ケース(カメラから近・遠)を組み合わせた54条件において、映像上で各車両の重なりがないよう、単独で走行させた映像からAIにより車両検出及び車種判別(2車種区分)を行った結果を図-4に示す。車両前面部を捉える映像(画面奥から手前に車両が走行する映像)では、小型車は約9割、大型車は約8割の条件において車種を正しく判別できた。車両背面部を捉える映像(画面手前から奥に車両が走行する映像)では小型車、大型車とも7~8割の条件において車種を正しく判別できた。

小型車・大型車の誤判別は、俯角が小さい(0度)場合、カメラの設置高さが低い(5m)場合が比較的多い傾向にあった。具体的には、軽トラックやワンボックスを普通貨物車として、あるいは、2tトラックを小型貨物車として誤判別しており、大きさは異なるが形状が

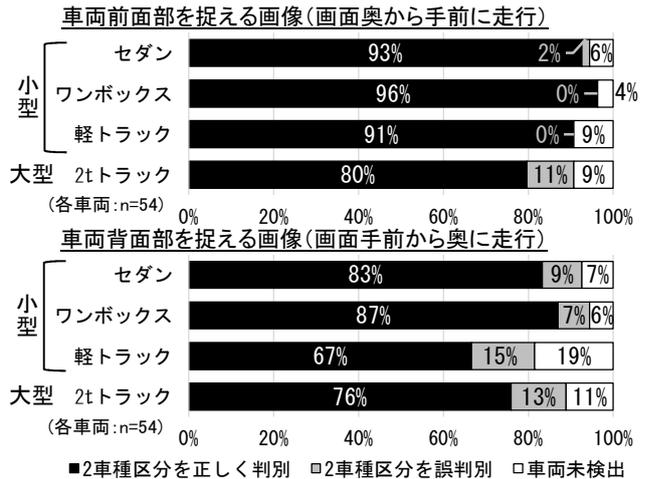


図-4 AIによる車両検出及び車種判別(2車種区分)結果

表-1 カメラ設置条件と車両検出率・車種判別精度の関係

高さ	俯角	水平角		
		60度	45度	30度
8m	0度	×	×	×
	25度	○	△	×
	45度	◎	◎	×
6.5m	0度	○	×	×
	25度	○	◎	○
	45度	◎	△	△
5m	0度	△	△	×
	25度	○	△	△
	45度	△	△	△

◎: 検出率・2車種判別・4車種判別ともに100%
 ○: 検出率100%かつ2車種判別100%
 △: 検出率100%、×: 車両検出に失敗がある

似ている車種に誤判別されやすいと考えられる。

次に、カメラの設置条件と検出率・車種判別の関係について整理した結果を表-1に示す。今回の検証では、「高さ8m、俯角45度、水平角60度」、「高さ6.5m、俯角45度、水平角60度」などの条件で4車種区分の判別も100%と精度が高い結果となった。水平角に着目すると、車両が映像に映る範囲が広がる水平角45度や60度の画角は、検出率・判別精度が高い傾向にある。また、俯角に着目すると、俯角0度の画角は、遠くまで見渡せるものの、映像内の車両が小さく映るため、検出率・判別精度がともに低い傾向にあり、俯角25度、45度の方が精度がよい傾向であった。

これらの検証結果より、カメラ画角の調整により、CCTV-AIトラカンの精度向上が十分見込めることを確認することができた。

【成果の活用】

今後、車両同士のオクルージョン等の影響の分析も行い、それらの結果を踏まえて、既存カメラの観測精度向上のための画角調整や新規でカメラを導入する際の要件を整理し、マニュアルとして取りまとめる予定である。

ビッグデータ等を用いた全国幹線道路の渋滞分析に関する調査

A study on traffic congestion analysis of national arterial roads using big data

(研究期間 令和2年度～令和4年度)

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

室 長 松本 幸司
Head MATSUMOTO Koji
主任研究官 尾崎 悠太
Senior Researcher OZAKI Yuta
研 究 官 瀧本 真理
Researcher TAKIMOTO Masamichi
交流研究員 杉山 茂樹
Guest Research Engineer SUGIYAMA Shigeki

The purpose of this research is to develop a model to accurately predict the occurrence of traffic congestion on arterial roads. The authors produced three empirical models to predict congestion and evaluated them by using the actual traffic speed data.

〔研究目的及び経緯〕

道路交通の円滑化のためには、道路ネットワークの適切な整備を行うとともに、既存の道路ネットワークの有効利用を目的とした道路交通マネジメントを検討することが重要である。適切な道路交通マネジメントのためには、将来の渋滞発生等の道路交通状況を精度良く予測し、その結果に基づく道路利用者等への適切な情報提供等を実施していくことが必要となる。

本研究は、道路交通マネジメントにおいて必要となる、精度の高い渋滞発生の予測手法を確立することを目的に、渋滞予測手法の構築および試行を、一般道を対象に行った。

〔研究内容〕

渋滞予測結果等の交通情報を利用した道路交通マネジメントとして、道路利用者への情報提供により、混雑を回避するための出発時刻の変更や経路変更、サービスエリア等での時間調整等の行動変容を促す方法が考えられる。これらの行動変容を効果的に促すためには提供される情報の内容に加え提供時期が重要である。

例えば、1日前に情報を得ていることにより、出発時刻の変更が容易になる。通勤等日常から利用する道路であれば、数分後の道路状況を知ることができれば経路変更で渋滞を回避することができる可能性がある。

そこで本研究では、道路利用者が行動変容の意思決定を行うタイミングに合わせて情報提供を行えるよう、1日以上前に渋滞を予測するモデル及び数分から数時間前に渋滞を予測するモデルの開発を目指し、3種類の渋滞予測モデルの構築を行った。

次に、構築した3種類のモデルの試行を行った。試行の際はモデル間の比較だけでなく、入力に用いる学

習データの種類を変えて、渋滞予測に有効な交通データを検証した。

〔研究成果〕

1. 渋滞予測モデルの概要

構築した渋滞予測モデルは、モデルA、モデルB、モデルCの3種類である。

モデルAは、統計的手法を用いたモデルで、予測対象となる月・曜日・時間帯の旅行速度を、過去の同一の月・曜日・時間帯の旅行速度データから予測するモデルである。前年までのデータを利用して予測するモデルであり、1年先の渋滞を予測可能なモデルとなる。

モデルBは、モデルAで予測した旅行速度を、予測当日の旅行速度データを用いて補正するものである。例えば、9時に15分先の旅行速度を予測する場合、1時間前まで(8～9時)の旅行速度データと、同一の月・曜日・時間帯の過去の旅行速度データから補正率を求め、モデルAで予測した9時15分の旅行速度に乗じるにより補正を行うモデルである。

モデルCは、時系列データの特徴抽出に秀でた深層学習の手法であるLSTM(Long-short Term Memory)を用いたモデルである。このモデルは、時系列のデータを使用して学習、予測することが可能であり、旅行速度等の交通状況に関するデータを使用することで、直前の交通状況の変動を考慮した予測を行うことが可能である。そのため、15分、30分等の短時間先の渋滞を予測可能なモデルとして採用した。

3種類のモデルともに、ETC2.0プローブ情報から得られる旅行速度データを用いてモデルを構築した。さらに、モデルCは旅行速度データに加えて、トラフィックカウンターにより収集した断面交通量データ、曜

※本報告は令和3年度当初予算の標記の研究課題を令和4年度に継続して得た結果及び令和4年度当初予算の標記の研究課題で得た結果をまとめたものである。

日、平日休日の別の情報及び降水量を組み合わせモデルを構築した。構築したモデルの出力は旅行速度であり、20km/h以下となる状態を渋滞と定義した。

各モデルの構築に使用したデータは、平成27年1月から令和元年7月までに観測した、平均旅行速度(ETC2.0)、時間帯別交通量(トラフィックカウンター)及び時間降水量を、15分単位に集計して使用した。

2. 渋滞予測の試行

渋滞予測モデルの試行では、一般国道のうち予測対象期間における渋滞発生頻度が1割程度の交通調査基本区間を予測対象とした。予測対象期間は令和元年8月から10月の休日午前7~11時とし、モデルB、Cではこの期間に観測した、平均旅行速度(ETC2.0)、時間帯別交通量(トラフィックカウンター)及び時間降水量を、15分単位に集計したデータを入力データとし、旅行速度を予測した。得られた予測値と真値のそれぞれについて渋滞有無を判定し、正解率、適合率、再現率及びF値の評価指標を算出した。

(1) 渋滞予測に有効な学習データの検証

モデルCに用いる学習データを検討するため、旅行速度、交通量、曜日、平日休日、降水量のデータの組み合わせによる5つのパターンを設定し、それぞれのパターンでモデルを構築した。各パターンを用いて渋滞の有無を予測した結果の比較図を図-1に示す。評価は、渋滞有無の予測結果を情報提供する場合には適合率と再現率の両指標で高い精度が必要であることから、両指標の調和平均であるF値により行った。この結果、F値の精度が最も高くなる旅行速度と交通量の組み合わせを採用することとした。

(2) モデル間の渋滞予測結果の比較

モデルA、B、Cで渋滞予測を行った結果を比較し、

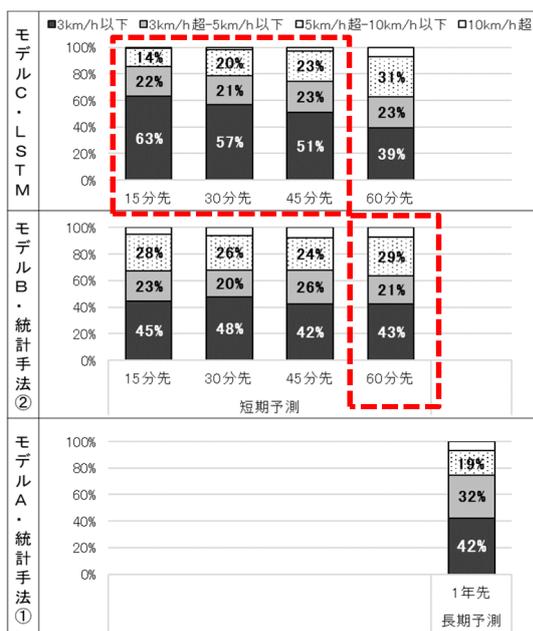


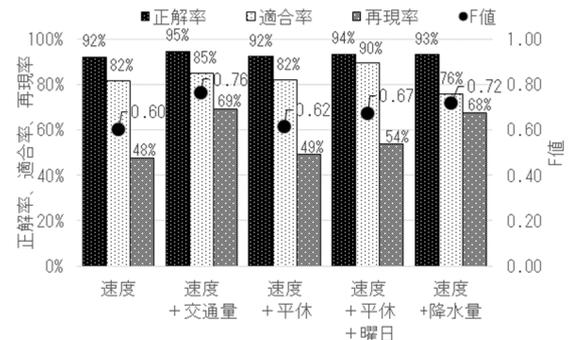
図-2 モデル別・予測先時間別の予測値と真値の誤差の割合

最も有効なモデルを図-2、図-3の点線の枠で示した。

図-2に示す予測値と真値の誤差の割合の比較では、誤差が±5km/h以内に占める割合は、45分先まではモデルCが、60分先になるとモデルBが高い結果となった。しかし、モデルBによる60分先の予測結果より1年先の予測が可能なモデルAの誤差が小さい結果となった。図-3に示す評価指標の比較は、(1)と同様にF値により評価を行った。誤差の割合の比較と同様に、45分先まではモデルCが、60分先になるとモデルBの精度が高い結果となった。また、モデルBによる60分先よりも1年先の予測が可能なモデルAの精度が高い結果となった。モデルCは、正解率ほどの予測結果も概ね同等の値であるが、適合率、再現率はより近い将来の予測結果において高くなる傾向があり、短期予測に有効なモデルであることが示唆された。

[成果の活用]

本研究成果を踏まえて、渋滞予測結果を活用した情報提供方法等の道路交通マネジメントによる渋滞対策の検討を行う予定である。



正解率：全予測数のうち、予測手法が渋滞有無を正しく判定した数の割合
 適合率：渋滞有りと予測した場合のうち、実際に渋滞が発生した割合
 再現率：実際に渋滞が発生した場合のうち、渋滞有りと予測した割合
 F値：適合率と再現率の調和平均

図-1 モデルC・学習データ別の各評価指標

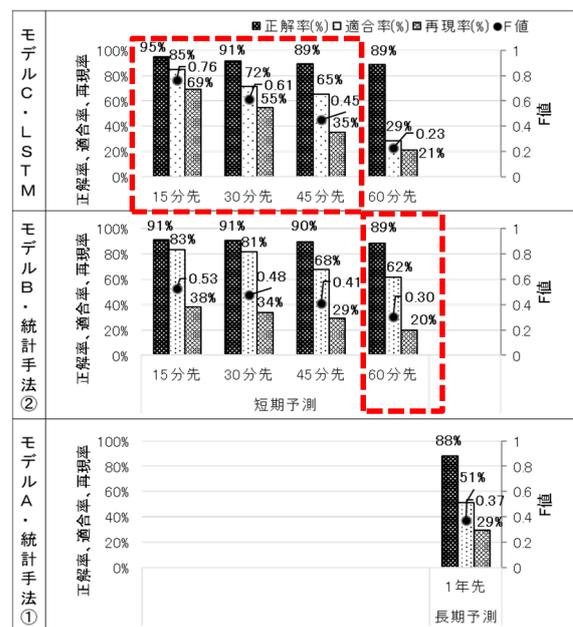


図-3 モデル別・予測先時間別の各評価指標

多様なニーズを持つ利用者に対応した走行空間の創出に関する検討

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

(研究期間 令和2年度～令和5年度)

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

室 長 松本 幸司
Head MATSUMOTO Koji
主任研究官 河本 直志
Senior Researcher KAWAMOTO Naoyuki
研 究 官 青山 恵里
Researcher AOYAMA Eri
交流研究員 茂田 健吾
Guest Research Engineer SHIGETA Kengo

The authors aim to establish road design methods that reflect actual traffic conditions and appropriate hierarchical road networks. In this study, the actual traffic surveys were conducted at unsignalized intersections as the first step and at signalized intersections as the second step. Finally, the case study samples of access control were collected.

〔研究目的及び経緯〕

我が国の道路ネットワークは、一般道路における旅行速度が道路種別に関係なく低水準に留まっており、高速道路との間を構成する中間的な旅行速度（おおむね60km/h）を確保する道路が少ないことが課題として挙げられている。本研究では、適切な道路ネットワークの階層化と、交通実態を反映した道路の設計手法の構築に資するため、無信号交差点及び信号交差点における交通実態調査・分析を実施するとともに、アクセスコントロールに関する事例収集等を行った。

〔研究内容と成果〕

1. 無信号交差点における交通実態調査・分析

無信号交差点において従道路から主道路へ流入する車両は、道路交通法上、主道路走行車両の通行を妨げてはならないため、従道路から流入する車両が主道路の旅行速度に与える影響は小さいと考えられる。実態としては、一般道路の旅行速度には、沿道からの出入りや中央帯の有無、信号交差点間隔等が影響することが明らかとなっている。本研究は、実際は従道路からの流入車両によって主道路の速度低下が生じ、遅れ時間が発生すること等、無信号交差点における流出入車両が主道路の旅行速度に与える影響を明らかにしようとするものである。具体的には、国道21号（岐阜県）と国道274号（北海道）に接続する無信号交差点10箇所を対象に、流出入車両並びに主道路の車両挙動に関する交通実態調査（8時間観測を3日間：合計24時間）を行い、その結果を踏まえ交通シミュレーションを用いて主道路の旅行速度への影響について検討した。

(1) 無信号交差点における流出入車両による主道路の遅れ時間の実態

主道路の遅れ時間は、主道路から従道路へ車両が流出する際に、後続の直進車両に発生する場合と、従道路から主道路に従道路側の車両が流入する際に主道路側の車両に発生する場合が考えられる。本研究では、主道路において無信号交差点の上流側及び下流側に設定した計測断面間を通過する間に、前方で流出入車両が生じた車両を対象に、計測断面間の通過時間を算出する。これを実旅行時間とする。それに対し、無信号交差点における出入りが無く、また、それ以外に速度を低下させるような事象が起きていない車両の通過時間を取得し、平均したものを自由流旅行時間とし、実旅行時間との差分を遅れ時間とした。その結果、流出車両による遅れ時間は1.27～3.49秒、流入車両による遅れ時間は、0.87～2.73秒となった。また、自由流旅行時間と計測断面間距離から自由流旅行速度を算出した。

(2) 従道路から主道路に流入する車両の挙動分析

各調査箇所の臨界ギャップ（主道路を連続して走行する2台の車両が交差点を通過する際の車頭時間（ギャップ）のうち、従道路から主道路流入に利用される確率と断念される確率が等しくなる値）を取得したところ、6.1～7.9秒となった。また、追従ギャップ（従道路側から連続して複数台が同一のギャップに流入することのできた場合の追従車頭時間の平均値）を取得したところ、4.5～6.2秒となった。

(3) 交通シミュレーションの実施

同一路線かつ近接する無信号交差点3地点を抽出し、その位置関係及び調査結果を参考に仮想の道路区間を設定し交通シミュレーションを実施した。構築した道路区間を図-1に示す。3地点の調査結果のうち、小型

※本報告は令和3年度当初予算の標記の研究課題を令和4年度に継続して得た結果をまとめたものである。

車の挙動の観測結果のみを用いて、第1車線で行われた流入挙動のみを対象とし、車線変更は行わない設定とした。現況再現を実施し、モデルの精度確認を行った上で表-1に示すケースにてシミュレーションを実施した。

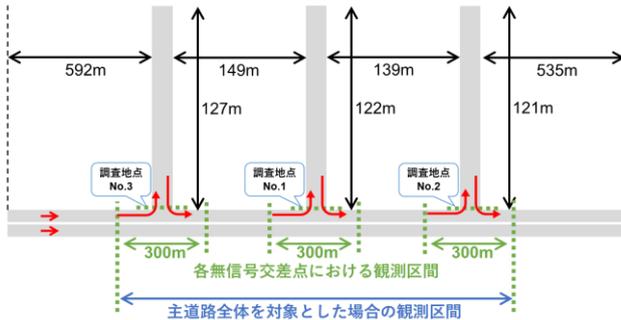


図-1 道路区間イメージ

表-1 交通シミュレーション実施ケース

ケース	パターン	主道路交通量 (台/h/車線)	流出交通量 (台/h/全箇所)	流入交通量 (台/h/全箇所)	無信号 交差点数
1	基本	600	120	70	3箇所
2	主道路交通量の増減	400	120	70	3箇所
3		750	120	70	3箇所
4	流出交通量の増減	600	60	70	3箇所
5		600	200	70	3箇所
6	流入交通量の増減	600	120	40	3箇所
7		600	120	150	3箇所
8	無信号交差点の減少	600	120	70	2箇所
9		600	120	70	1箇所
10	無信号交差点の減少	400	120	70	2箇所
11	+主道路交通量の減少	400	120	70	1箇所
12	無信号交差点の減少	750	120	70	2箇所
13	+主道路交通量の増加	750	120	70	1箇所
14	その他	750	200	150	3箇所
15		750	60	40	3箇所

本研究では、主道路を走行する車両が流入車両から受ける影響を検討するため、車両が主道路の全区間を走行した場合の遅れ時間と旅行速度を算出する。遅れ時間は、実旅行時間と自由流旅行時間（流入車両の影響が無い自由流で全区間を走行した場合に要する時間）との差分として各車両に対し算出した。旅行速度は、実旅行時間と走行距離から各車両に対し算出した。なお、主道路を実際に全区間走行した車両に加え、流入車両が主道路を走行した区間で他の流入車両から受けた影響も算出の対象とした。その際、流出後または流入前は主道路を自由流での速度で走行したものと仮定した。

実施ケースのうち、無信号交差点数の変化（比較ケース1, 8, 9）についての結果を下表に示す。

表-2 交通シミュレーション結果

	無信号交差点数		
	3箇所 ケース1	2箇所 ケース8	1箇所 ケース9
自由流速度(km/h)	52.63	52.63	52.63
平均旅行速度(km/h)	51.06	51.36	51.96
1台あたり遅れ時間(秒)	1.27	0.99	0.52

合計の流入車両台数を同一にしてシミュレーションを実施した結果、無信号交差点数の減少により、遅れ時間は減少し、旅行速度は上昇した。一方で、従道路側（流入車両）の遅れ時間の増加といった、主道路以外へ影響を及ぼしている可能性がある。

2. 信号交差点における交通実態調査・分析

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

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

表-3 車頭時間による飽和交通流率算出結果

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

3. アクセスコントロールに関する事例収集等

幹線道路の交通流円滑化を目的とした沿道からの出入りの抑制や信号交差点集約化といったアクセスコントロール手法及び信号交差点の交通容量に関する国内外の研究成果や事例、技術基準等について事例収集を行った。海外の事例の収集にあたっては、取組みの社会的背景や、日本に適用する場合の課題について整理した。

また、本研究の調査結果を踏まえ、道路ネットワークの適切な階層化のために整備・改訂が必要と考えられる法令や技術基準等の整理を行った。

[成果の活用]

本研究では、無信号交差点及び信号交差点における交通実態調査・分析を実施するとともに、アクセスコントロールに関する事例収集等を実施した。今後、技術基準等の改訂に資する基礎資料として活用する予定である。

2. 交通安全

交通安全対策へのビッグデータ利用の高度化に向けた研究

Research on the sophistication of bigdata analyzing for traffic safety countermeasures

(研究期間 令和元年度～令和3年度)

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

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

池田 武司
IKEDA Takeshi
成田 健浩
NARITA Takehiro
村上 舞穂
MURAKAMI Maho
鏡味 沙良
KAGAMI Sara

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 method for efficient extracting of hazardous events is grasped through trial analyses of the drive-recorder data.

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

本研究は、各種ビッグデータから「ヒヤリハット事象」(交通事故には至らなかったもののヒヤリとした事象)を効率的に抽出することを目的としている。

過年度までの成果で、交差点流入部(停止線～手前30mの範囲)での急減速データには、衝突を回避する減速挙動(危険事象)と、赤信号や一時停止線での減速挙動(非危険事象)が混在し、ETC2.0プローブ情報の前後加速度(閾値-0.3G以下)での判別が難しいことが判っている。一方、ドライブレコーダーより得られた計測データ(以下、ドラレコデータ)から取得される加速度波形の特徴量を用いると、精度良く危険事象と非危険事象を判定できる可能性が示された。

〔研究内容〕

今年度は、危険事象の割合が異なる複数の交差点で、ドラレコデータから取得された加速度波形の特徴量による判定結果の正解率を比較し、精度よく判定できる特徴量を確認した。そして、その特徴量について、他のデータとの整合性を整理し、現地調査により抽出方法の妥当性の確認を行った。

〔研究成果〕

a) 分析データの抽出及び特徴量の選定

静岡県内で記録されたドラレコデータ約50,000件^{*1}から、交差点流入部で記録された急減速データ3,803件(危険事象1,824件、非危険事象1,979件)を抽出した。抽出したデータを加速度波形の特徴量(表-1に示す13種類)で決定木分析^{*2}を行い、適合率、再現率、F値のいずれかの評価指標が優位となる特徴量(表-2に示す5種類)を選定した。表-2の1)、3)は13特徴量中で適合率が高い特徴量、表-2の2)、6)、4)は13特徴量中でF値が高い特徴量である。

b) 対象交差点の選定

a)で抽出したドラレコデータを、交差点単位で集計すると1,826箇所となる。この中から、選定した特徴量での判定を行う交差点を20箇所選定した。交差点の選定にあたっては、本研究では生活道路の交差点を対象として、ドラレコデータが3件以上、ETC2.0プローブ情報(1月分の挙動履歴)が1件以上、事故統合データ(4年分)が1件以上となる交差点を優先した。20箇所のうち、ETC2.0プローブ情報の危険事象発生状況、事故統合データの事故発生状況、ドラレコデータの記録件数や特徴量毎の判定結果より危険性が高い交差点を10箇所選定し、対象交差点とした。

c) 選定特徴量による判定結果

b)で選定した10交差点について、a)で選定した5特徴

※本報告は令和3年度当初予算の標記の研究課題を令和4年度に継続して得た結果をまとめたものである。

量により、ドラレコデータの加速度波形から危険事象・非危険事象を判定し、その正解率を対象交差点毎にまとめた結果を表-3に示す。

正解率の平均値では、F値の高い2)、6)、4)の特徴量による正解率は高いが、適合率の高い1)と3)の特徴量による正解率は低い結果となった。特に2)の特徴量では、いずれの交差点においても高い正解率となっている。

d) 現地調査による確認

b) で選定した10交差点について、道路構造や交通状況等を確認する現地調査を実施した。現地調査の結果から、特徴量による判定結果、特徴量による判定の意味、現地の状況との関連性についてとりまとめた。

交差点ごとの流入方向別に特徴量の判定結果を確認すると、再現率が高い特徴量は再現率以外の適合率やF

表-1 加速度波形の特徴量

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

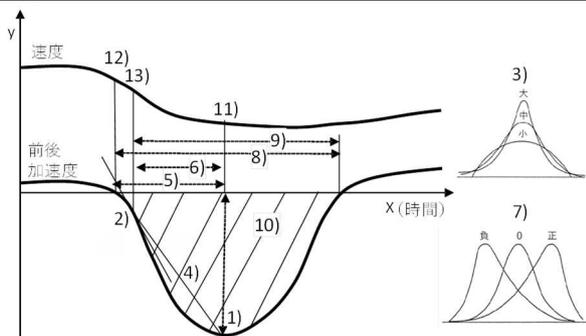


表-3 選定した特徴量での判定結果の正解率

交差点No	ドラレコデータ				選定した特徴量での正解率 (全サンプル中で特徴量での判定が正解したサンプルの割合)					ETC2.0データ (2019年10月)			事故統合データ (2016~2019年)	
	【正解】 危険事象 の件数	【正解】 非危険事 象の件数	合計 件数	危険事象 の割合	前後加 速度の 平均値	1)前後加 速度の最 小値	3)尖度	2)ジャーク の最小値	6)ジャークの最小値 ～前後加速度の最 小値までの時間	4)ジャーク の平均値	走行履 歴件数	挙動履 歴件数	前後加 速度の 平均値	件数
44	4	0	4	100%	-0.51	25%	0%	75%	0%	25%	103	4	-0.40	0
33	4	0	4	100%	-0.47	0%	25%	100%	100%	100%	7,699	1	-0.36	1
2	5	1	6	83%	-0.40	17%	33%	67%	67%	50%	16,737	5	-0.38	1
29	4	1	5	80%	-0.52	40%	20%	100%	80%	60%	0	4	-0.34	1
32	4	1	5	80%	-0.34	20%	40%	100%	100%	100%	10,289	4	-0.37	1
8	10	3	13	77%	-0.45	15%	23%	62%	62%	62%	0	5	-0.36	1
18	8	3	11	73%	-0.53	27%	27%	82%	91%	73%	35	1	-0.33	1
41	8	5	13	62%	-0.41	38%	31%	69%	77%	85%	2,497	2	-0.38	1
31	34	26	60	57%	-0.46	47%	43%	82%	75%	85%	543	3	-0.33	0
7	1	2	3	33%	-0.53	100%	67%	67%	33%	67%	0	1	-0.31	1
正解率平均値						33%	31%	80%	69%	71%				

値も高い結果となっているため、再現率の高い特徴量であれば、急減速の危険・非危険を高精度で判定できる可能性が高いことが分かった。

以上より、加速度波形の特徴量を用いた判定の場合、再現率の高い特徴量で危険事象と非危険事象が精度よく判定でき、危険箇所抽出の精度向上が期待される。

[成果の活用]

加速度波形の特徴量を用いた危険事象の判定については、限られた範囲での分析結果のみのため、沿道条件等を変化させての分析等を行い、判定精度への影響について検証を進めていく必要がある。

補注

- *1 2008年3月～2013年5月に収集された静岡県内を走行したタクシーのドラレコデータ。東京農工大学において、危険事象と非危険事象を判定済みのデータ。
- *2 データマイニングの手法の1つ。優位な指標の抽出、優位な指標の順序、その閾値、指標の組合せパターンを算出可能。

表-2 選定した特徴量と閾値

No.	特徴量	閾値	評価指標:率(順位)
1)	前後加速度の最小値	-0.64m/s ² 以下	適合率:0.71(1位)
3)	尖度	3.7以上	適合率:0.63(2位)
2)	ジャークの最小値	-1.0m/s ³ 以下	再現率:0.80(1位) F値:0.67(1位)
6)	ジャークの最小値～前後加速度の最小値の時間	-0.64s以下	再現率:0.73(2位) F値:0.64(2位)
4)	ジャークの平均値	-0.41m/s ³ 以下	F値:0.62(3位)

- ・正解率: 全サンプル中で特徴量での判定が正解したサンプルの割合。
- ・適合率: 危険事象を判定したサンプルのうち、判定が正解したサンプルの割合。数値が高いほど、誤検知が少ない。
- ・再現率: 危険事象のうち、判定が正解したサンプルの割合。数値が高いほど、見逃しが少ない。
- ・F値: 適合率と再現率の調和平均。

幹線道路における交通事故の要因分析等に関する調査

Research on analysis of traffic accident factors on arterial roads

(研究期間 令和4年度～令和6年度)

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

室 長 池田 武司
Head IKEDA Takeshi
主任研究官 丹野 裕之
Senior Researcher TANNO Hiroyuki
研 究 員 村上 舞穂
Research Engineer MURAKAMI Maho
交流研究員 鏡味 沙良
Guest Research Engineer KAGAMI Sara

This study investigates methods to identify accident hazardous spots, especially potential hazard spots that cannot be identified by traffic accident data, to reduce traffic accidents on arterial roads.

This paper reports on research for collecting road user opinions and other information necessary for identifying potential accident hazard spots.

〔研究目的及び経緯〕

国土交通省と警察庁では、幹線道路において集中的な対策を実施して交通事故を削減することを目的に、「事故危険箇所」を抽出・指定しており、指定された箇所について、道路管理者と都道府県公安委員会が連携して対策を実施している。この対策を効果的かつ効率的に実施できる箇所が指定されるよう、事故危険箇所の抽出方法は、適宜見直されてきている。

国土技術政策総合研究所では、幹線道路の事故が一層削減されることを目指し、事故危険箇所の抽出方法、特に、交通事故データでは把握できない潜在的な危険箇所の抽出方法に関する研究を行っている。

〔研究内容〕

今年度は、潜在的な事故危険箇所の抽出に必要な、①道路利用者の意見等収集方法に関する調査、②事故危険箇所・区間選定の考え方、及び③最新の事故危険予測技術についてとりまとめた。

①については、広く一般市民から位置情報と合わせて意見等を効率的に収集している事例を収集し、その結果をもとに、投稿者が労力や手間を感じることなく「交通事故には至らなかったもののヒヤリとした箇所」、あるいは「危険と感じて注意して利用している箇所」（以下、両箇所を「ヒヤリハット箇所」という。）の意見を入力する方法を検討した。②については、各地方整備局及び都道府県等により公表されている資料を調査し、「事故危険箇所・区間」選定の考え方を整理した。③については、公開されている最新の予測技術情報のうち、事故危険箇所の抽出に活用できそうな技術を11事例選定し、ヒヤリハット箇所を抽出する際の利

用方法やヒヤリハットの要因分析等、交通安全対策を検討する上で有益な活用方法や課題をとりまとめた。

本稿では、①の調査について紹介する。

〔研究成果〕

1) 事例調査

WEB 検索により、広く一般市民から位置情報と合わせて意見等を収集している事例を収集した。そのうち、「インセンティブ付与等の工夫がある」「投稿者の負担が軽減されている」「投稿数が多い」等の視点より14事例を抽出し（表-1）、とりまとめた。

表-1 意見収集事例

No	事例（管理者・実施者）
1	危険な道路地点に関する情報 （公益社団法人全日本トラック協会）
2	富山県の安全走行阻害箇所に関するアンケート （富山河川国道事務所）
3	事故ゼロプラン事故危険区間重点解消作戦 （新潟国道事務所）
4	SAFETY MAP（本田技研工業株式会社）
5	あんぜん my マップ（AIG 損害保険株式会社）
6	その通学路、安全ですか？（NHK 首都圏ナビ）
7	私のまちの7才の交通安全ハザードマップ （こくみん共済 coop）
8	もしかもマップ（イーデザイン損害保険株式会社）
9	吹雪の投稿情報 （国立研究開発法人土木研究所寒地土木研究所）
10	ポイ捨てごみゼロプロジェクト （京都府亀岡市・ソフトバンク株式会社）
11	TEKKON（NPO 法人 Whole Earth Foundation）
12	ウェザーリポート（株式会社ウェザーニューズ）
13	日本全国 AED マップ（株式会社アルム）
14	道路通報システム「My City Report」【ちばレボ】 （千葉県千葉市）

2) 道路利用者の意見等収集方法（案）の整理

今後の事故危険箇所抽出に活用することを想定し、一般の道路利用者が労力や手間を感じることなく、「ヒヤリハット箇所」の意見を入力・提供できる方法について検討した。

まず、必要な情報項目を設定するため、1)における意見収集事例（表-1）、各県の事故危険区間選定指標、及び事故危険予測技術で収集・使用している情報（データ）と、事故要因や対策立案に必要な情報（国総研資料第787号参照）との関連性を整理した（表-2）。その上で、表-2における収集・使用情報の出現回数（利用状況）や必要性、意見のしやすさから収集項目の優先度を評価し、必要な情報として抽出した（表-3）。

次に、「勘違いされないか」「設問が多すぎないか」等を踏まえて、設問数や設問内容等を検討した（図-1）。危険だと感じる場所や理由は、交通手段で異なる可能性があるため、交通手段ごとに設問を用意し情報を収集する。また、投稿者が労力や手間を感じることなく情報を収集するため、回答は選択式の項目を必須入力とし、地図・現在地と連携したシステムを想定している。

最後に、意見等を収集するためのシステムを構築した場合の運用体制や運用コスト等について検討し整理した（表-4）。

本研究で検討した意見等収集方法（案）のメリットとしては、全国統一したフォーマットによるデータの

表-2 事例等毎に収集・使用している情報項目（一部）

事例No. (連番)		1	2	3	11	12	13	14	①~④ 出現回数	
事例の分類		意見収集事例			事故危険予測技術					
道路利用者の意見収集項目		危険な道路地点に関する情報	SAFETY MAP	もしもマップ	北海道	青森	岩手	宮城		
大項目	小項目	詳細								
行動	進行方向	直進・右折・左折、横断中・停止中等								2
	事故を回避するための行動	急減速、急な車線変更等								18
	漫然運転	安全不確認、見落とし、居眠り等								1
	速度	速度超過								4
		幅員が狭い								4
		見通しが悪い								5

表-3 ヒヤリハット箇所を収集するために必要な情報

大項目	小項目	詳細
道路環境	道路構造	歩道がない・狭い
		見通しが悪い
		急カーブ・急勾配
		幅員が狭い
		乾燥・湿潤・凍結・積雪等
行動	事故を回避するための行動	急減速、急な車線変更等
手段	当事者	自動車・二輪車・自転車・歩行者・その他
個人属性	年齢	—
自由回答	危険な状況や理由等	—

蓄積が可能となること、フォーマットを全国統一することにより各県でデータ収集方法を検討する手間がなくなること、選択式の設問を想定しているため集計が容易になること等が挙げられる。また、収集したデータは、事故危険箇所の抽出だけでなく、事故要因分析等の場面でも活用できると考えられる。

【成果の活用】

本成果は、道路管理者等が交通事故データでは把握できない潜在的な事故危険箇所を発見するために、一般の道路利用者から意見を収集する方法としての活用が期待される。本成果を踏まえ、幹線道路の交通事故削減のため、道路管理者等が交通安全対策の必要な箇所を適確に抽出できるよう、引き続き研究を行う。

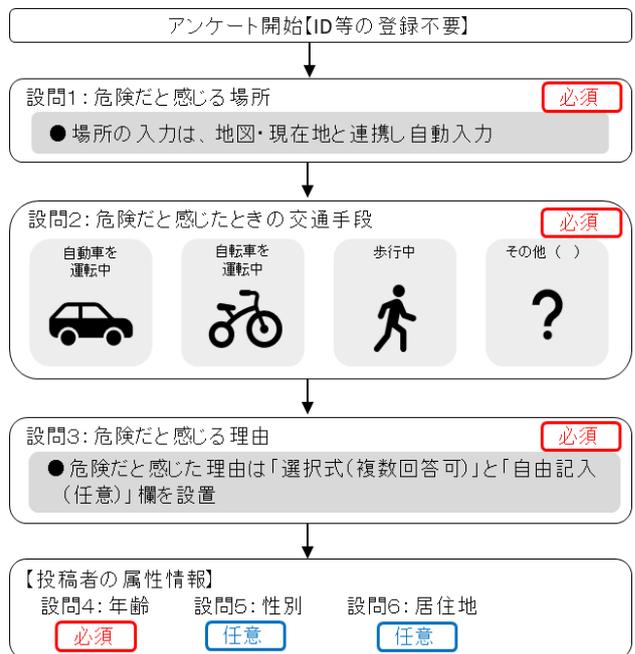


図-1 ヒヤリハット箇所を収集するための設問内容

表-4 意見等を収集するための仕組み・手順

整理項目	事例（管理者・実施者）
(1) 管理者	管理者について、想定される団体を整理。
(2) 運用体制	管理者直営/外部委託のメリット・デメリットを整理。
(3) 運用環境	動作環境やサーバ環境、セキュリティ対策を整理。
(4) コスト	システム構築コスト、維持管理コストを整理。
(5) 意見収集の手順	設問内容や設問の流れを整理。（図-1参照）
(6) 収集した意見等の整理方法	事例調査を踏まえ、投稿内容の確認方法、事故データとのマッチング、自由回答欄の活用について整理。
(7) 意見等を集めるための工夫	事例調査を踏まえ、意見を集めるための工夫として、周知方法やインセンティブ付与などを整理。
(8) 意見等を収集する時期	事例調査を踏まえ、「常時」または「期間限定」で意見収集した場合の特徴を整理。

交通安全計画・対策のための ETC2.0 プローブデータ等の 活用環境構築の検討

Study on building a system utilizes ETC2.0 probe data for traffic safety countermeasures

(研究期間 令和3年度～令和4年度)

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

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

池田 武司
IKEDA Takeshi
丹野 裕之
TANNO Hiroyuki
村上 舞穂
MURAKAMI Maho
鏡味 沙良
KAGAMI Sara

Traffic big data such as ETC2.0 probe information is known to be useful for effective traffic safety countermeasures especially on residential roads in spite of its inconvenience on applying to residential (often narrow and low-traffic) roads. In the purpose of supporting road administrator to make their decisions on traffic safety countermeasure effectively, the System utilizes ETC2.0 probe information for residential road has been built and started to be in service for national highway offices. The System is also being partially improved about its usability and efficiency.

〔研究目的及び経緯〕

国土技術政策総合研究所では、道路管理者が効率的に生活道路における交通安全対策を計画・立案できる環境の構築を目的として、ETC2.0プローブ情報の生活道路への適用を支援するシステムの研究開発を進めている。開発システムは「全道路プローブ統合サーバ（以下「サーバ」という。）」及び「生活道路分析ツール（以下「ツール」という。）」から成り、サーバから出力した ETC2.0 プローブ情報をツールにて集計や地図上表示することにより、交通安全対策立案や資料作成の効率化を図るものである。

過年度までに、サーバは令和3年5月から全国の国道事務所等を対象に運用を開始しており、ツールは令和3年11月にプロトタイプ版にて3国道事務所を対象に試運用を実施し、改良点等を整理したところである。

〔研究内容〕

本年度は、システムの利便性と機能向上を目的とし、サーバ及びツールの機能改良に関する検討を行い、要件定義・基本設計を実施したうえで、ソフトウェア及びシステムの機能改良、動作検証及び実装を行った。

また、全国15国道事務所を対象に、1ヶ月間のシステム試運用を実施し、その効果や課題、要望等を整理した。要望の一部は機能改良において反映した。

さらに、今後の更なる利用促進や利用環境向上に向

け、システムを活用して生活道路が抜け道利用される状況を見える化する方法的整理、システムを活用した生活道路交通安全対策に関する講習会等での利用を想定した説明資料の作成、サーバ及びツールの利用マニュアルの更新等を行った。

〔研究成果〕

1. 全道路プローブ統合サーバの機能改良

全道路プローブ統合サーバは、ETC2.0プローブ情報を生活道路へマップマッチングし、町丁目単位でデータを集計し出力するものである。過年度までの利用状況や試運用での課題等を踏まえ、以下の機能改良を行った。

a) 利便性向上に関する改良

過年度までのシステムでは、サーバから出力した ETC2.0 プローブ情報をツールで分析する際に必要となる基礎的なデータ（以下「マスターデータ群」という。）を別途収集し、セットアップを行う必要があった。本年度は、必要なマスターデータ群を ETC2.0 プローブ情報と併せてサーバから取得できる仕様とした。これにより、マスターデータ群収集にかかる負担が軽減された。

また、全国の国道事務所等によるサーバの利用が増加している中、データ作成依頼時には順番待ちが生じている。本年度は、過去のデータ作成時における待機

※本報告は令和3年度補正予算の標記の研究課題を令和4年度に継続して得た結果をまとめたものである。

時間の傾向を調査したうえで、データ作成依頼時の順番待ち状況、依頼データのサイズ等に基づき、概ねの待ち時間を推定し表示する機能を設けた。これにより、各自のデータ作成依頼について、完了時間の概ねの目安を知ることができるようになった。

b) 急減速発生件数を集計する機能の追加

生活道路の交通分析結果を効果的に図化する方法の一つとして、交差点単位での急減速発生件数を表示する方法がある。これをツール上で図化するため、あらかじめサーバにて集計し、必要なデータを出力する機能を追加した。

2. 生活道路分析ツールの機能改良

生活道路分析ツールは、サーバから出力した ETC2.0 プローブ情報を簡易に直感的な操作で地図上表示や図化することを可能とするツールである。試運用での課題等を踏まえ、以下の機能改良を行った。

a) マスターデータ群の一括取り込み機能の追加

前述したマスターデータ群のセットアップに関して、サーバ側の機能改良と整合し、サーバから出力したマスターデータ群を一括で取り込む機能を追加した。

b) 交通分析結果を効果的に表示する機能の追加

生活道路の交通分析結果を効果的に図化する機能として、試運用等での要望も踏まえ、ツール内に新たに以下の機能を追加した。

前述した急減速発生件数の交差点単位での表示について、サーバ側での機能改良と整合し、ツール上での表示機能を追加した (図-1)。

速度モザイク図は、生活道路分析エリアの外周道路の交通状況を把握するうえで一般的かつ効果的なデータ表現方法の一つである。本業務において、ツール上で任意に選択した経路のモザイク図を作成・表示する機能を追加した (図-2)。

また、生活道路分析エリア内の生活道路を抜け道として利用する交通を見える化する方法として、過年度までに実装していたアニメーション表示に加え、静的に表示する機能を追加した (図-3)。

この他、地図上表示するデータの凡例区分及び表示色や閾値を任意に設定できる機能を追加した。

これらのデータ図化がツール上で簡易な操作により可能となったことにより、交通安全対策立案及び資料作成の更なる効率化が期待される。

3. 外周道路の渋滞回避により生活道路が抜け道利用される状況の見える化

生活道路における交通安全の課題の一つに、幹線道路等の外周道路の渋滞を回避するために生活道路が抜け道として利用される状況がある。システムを活用してこのような課題がある箇所を抽出できれば、さらに

効果的な交通安全対策に繋がると考えられる。

前述の速度モザイク図と抜け道利用交通の静的表示の組み合わせにより、「外周道路の渋滞回避により生活道路が抜け道利用される状況」を容易に可視化することが可能となる (図-4)。



図-1 急減速発生件数の交差点単位の表示機能



図-2 速度モザイク図の表示機能



図-3 抜け道利用の静的表示機能

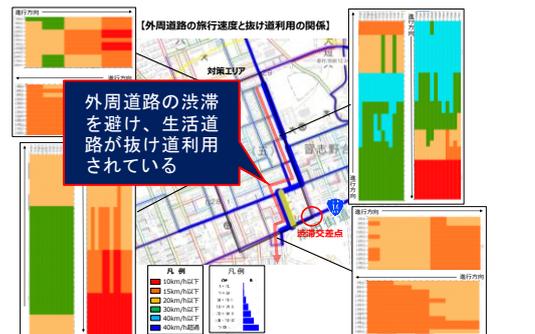


図-4 生活道路分析ツールを活用して、幹線道路の渋滞と生活道路の抜け道利用状況を図化した例

【成果の活用】

全国 15 国道事務所を対象としたシステム試運用後のアンケートでは、約7割の利用者がシステムの操作性、機能性等について「非常に使える」又は「使える」と回答している。本年度改良した機能について、運用中のサーバへの実装は完了し、全国の国道事務所等にて利用できる状態になっている。また、ツールについても改良した機能は実装済みであり、今後、利用環境を整備したうえで運用を開始する予定である。

生活道路における交通安全対策の普及を

図るための手法に関する調査

Research on methods to promote traffic safety countermeasures on residential roads

(研究期間 令和4年度～令和6年度)

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

室 長 池田 武司
Head IKEDA Takeshi
主任研究官 松田 奈緒子
Senior Researcher MATSUDA Naoko
研 究 員 村上 舞穂
Research Engineer MURAKAMI Maho
交流研究員 森山 真之介
Guest Research Engineer MORIYAMA Shinnosuke

In this study, effects and effect factors of hump with pedestrian crossing were grasped by analyzing effects of 40 ones that were established last year. Also, effect factors of deterioration of hump were grasped by using the result of investigating 8 humps of different materials and construction ways.

〔研究目的及び経緯〕

国土交通省では、生活道路における交通事故の一層の削減を目的とし、「ゾーン30プラス」(最高速度30km/hの区域規制と物理的デバイス(ハンプ・スムーズ横断歩道等)との適切な組合せによる道路交通安全対策)を推進している。国土技術政策総合研究所では、道路管理者の生活道路における物理的デバイスの設置について支援を行うため、物理的デバイスに関する技術的な知見やノウハウを得るための研究を行っている。

〔研究内容〕

今年度は、①スムーズ横断歩道(ハンプの平坦部に横断歩道を設置したもの)の効果分析、②ハンプの劣化に影響を与える要因分析を実施した。

①については、昨年度全国で設置された40箇所のスムーズ横断歩道の効果について、ビデオ計測によるハンプ上流側30mの速度低減割合(以下、「速度低減割合」という。)や横断歩道における停止・減速割合(横断歩道を渡ろうとする歩行者がいる場合の自動車の停止・減速割合)等を算出した。

次に、どのような箇所や条件で速度低減割合や車両の停止・減速割合等の効果が高まるかを把握するために、効果に影響を与える要因の分析を行った。要因分析は、まず効果に影響を与えると考えられる要因候補を4つの着眼点A～Dで列挙し(表-1)、各効果と各要因候補の1対1の相関分析を行った。なお、要因候補が歩道の有無など量的に表すことができない場合は、独立性の検定(例えば歩道の有無の違いにより効果に差があるかの検定)を行った。ただし、歩道の有無など

カテゴリー間でサンプル数に偏りがある説明変数は除外した。

更に、相関分析において相関が高い、もしくは独立性検定において関連がある要因候補を説明変数とし、速度低減割合等の効果を目的変数とした多変量解析を行った。多変量解析は目的変数が量的変数で、説明変数に質的変数が含まれる場合に適している数量化1類を採用した。

表-1 スムーズ横断歩道の効果に影響する要因候補

要因候補		要因候補
A	すりつけ部の角度	車線数
	傾斜部の着色の有無	1車線当り幅員
	平坦部の着色の有無	歩道幅員
B	付属物の有無	道路線形(直線/カーブ)
	物理的デバイスの連続性	一方通行規制の有無
	他の物理的デバイスの併用	車両用防護柵の有無
	設置箇所(交差点/単路)	標識(法定)の有無
C	交差点間距離(平均)	標識(法定外)の有無
	歩道の有無(片側・両側)	路面標示(法定)の有無
	路側帯の有無(片側・両側)	路面標示(法定外)の有無
	グリーンベルトの有無	対策前の車両交通量
	中央線の有無	対策前の平均速度

※着眼点(A ハンプの形状等、B 他の物理的デバイスの設置、C 道路条件等、D 交通量状況)

②については、考えられるハンプの劣化を、「はがれ・めくれ」、「ひび割れ・目地の開き」、「轍・くぼみ」、「ハンプの変形」の4種類とした。また、ハンプの劣化に影響を与える要因候補として、i 材質や施工方法、ii 経過日数(ハンプ設置後の日数)、iii 大型車交通量、iv 地盤強度、v 気象条件を設定した。

劣化状況と要因候補に関する調査方法を表-2に示す。なお、ハンプの変形については、過去にMMSを用いて計測したことのあるD市2箇所とE市①の計3箇所

所のみを対象とした。

調査対象とした8箇所のハンプ(表-3)の劣化の度合いと5つの要因候補について相関の傾向をみることにした。なお、劣化の度合いは表-4に示すように劣化ポイントとして点数づけを行った。

表-2 劣化と要因候補の調査方法

調査項目		調査方法
劣化	端部のはがれ・めくれ	目視
	ひび割れ・目地の開き	
	轍・くぼみ	
	ハンプの変形	MMS調査(3箇所のみ)
劣化に影響を与える要因候補	材質・施工方法	ヒアリング
	経過日数	
	大型車交通量	
	地盤強度	
	表層地盤増幅率	
	気象条件	平年降水量

表-3 調査対象箇所・ハンプの概要

対象箇所	設置月	ハンプの種類	材料・施工方法
A市	H26年3月	単路ハンプ	As舗装打ち換え
B市	R3年3月	交差点ハンプ	アスファルト+ゴム
C市	R1年1月	単路ハンプ	As舗装打ち換え
D市①	H29年10月	単路ハンプ	As舗装打ち換え
D市②	H29年10月	交差点ハンプ	As舗装打ち換え
E市①	H29年8月	単路ハンプ	As舗装オーバーレイ
E市②	H29年8月	単路ハンプ	As舗装打ち換え
F市	H30年1月	単路ハンプ	アスファルト+ゴム

表-4 劣化の度合い(劣化ポイント)

項目	0点	1点	2点
端部のはがれ・めくれ	確認されず	軽度な場合	明らかな場合
ひび割れ・目地の開き	確認されず	軽度な場合	重度な場合
轍・くぼみ	確認されず	轍がある	くぼみがある

[研究成果]

1. スムーズ横断歩道の効果分析

40箇所のスムーズ横断歩道の効果について表-5に示す。例えば、30km/hを超えて走行する自動車の割合は、約46%から約28%に低下(約4割減少)した。

効果に影響を与える要因分析について、ここでは速度低減割合に関する結果を述べる。各要因候補と速度低減割合との1対1の相関分析(要因候補が質的変数のものは独立性の検定)を行った結果を表-6に示す。相関が高かった、もしくは関連があった説明変数は3つであり、設置前の平均速度が高い方が効果が高まる結果であった。また、路側帯やグリーンベルトがない方が効果が高まる結果であった。更に、これらの説明変数を用いて多変量解析(数量化1類)を行った結果、設置前の平均速度、路側帯及びグリーンベルトの有無がスムーズ横断歩道の速度低減効果に与える影響が強いことが改めて確認された。

2. ハンプの劣化に影響を与える要因分析

まず、ハンプの変形については過年度との形状比較の結果、顕著な変形は確認されなかった。

次に、各調査箇所の劣化ポイントを表-7に示す。要因候補i(材質や施工方法)について、既存As舗装の「打ち換え」では顕著な劣化や傾向は確認されなかった。

表-5 全国40箇所のスムーズ横断歩道の効果

効果指標	設置前	設置後	効果
起点部までの30m区間の速度	29.2km/h	25.7km/h	-3.5km/h
30km/hを超える自動車の割合	46.1%	28.4%	-17.7%
自動車の遵守率	50.6%	64.2%	+13.6%
自動車の停止・減速割合	72.1%	89.0%	+16.9%

表-6 相関分析及び独立性の検定結果

量的変数	要因候補	分析結果※	質的変数	要因候補	分析結果※
		交差点間距離		0.009	
	1車線当り幅員	0.055	質的変数	グリーンベルト	0.087
	歩道幅員	0.002		中央線	0.595
	対策前交通量	0.001		車線数	0.579
	対策前平均速度	0.331		一方通行規制	0.435
質的変数	物理的デバイスの連続性	0.676		他の物理的デバイスの併用	0.327
	傾斜部の着色	0.327		道路線形	0.489
	平坦部の着色	0.233		車両用防護柵	0.279
	付属物	0.570		路面標示(法定)	0.365
	設置箇所	0.394		路面標示(法定外)	0.218

※量的変数は決定係数(R²)0.3以上を相関ありとした。質的変数は独立性の検定(p値)0.1以下を差があるとした。

「オーバーレイ」では端部のはがれや轍・くぼみといった劣化がみられ、「ゴム(アスファルト併用含む)」では端部のめくれやひび割れ・目地の開きといった劣化が確認された。要因候補ii~vについては、劣化ポイントを合計した劣化スコア(図-1)との相関の傾向を分析したが、明確な相関は確認されなかった(要因候補iiの場合を図-1に示す)。ただし、要因候補ii(経過日数)とiii(大型車交通量)とiv(地盤強度)において、比較的サンプル数のある「打ち換え」については、設置してからの日数が経過するほど、また大型車交通量が多くなるほど、地盤強度が弱いほどハンプの劣化が進行する可能性があることが示唆された(図-1)。

ただし、本調査の結果についてはサンプル数が少ないことに留意が必要である。なお、劣化状態に関わらず問題なく車両が走行できていることが確認された。

表-7 劣化ポイントと劣化スコア

施工分類	As舗装						ゴム(As併用含)	
	打ち換え					オーバーレイ	併用含	
	A市	C市	D市①	D市②	E市②		B市	F市
調査箇所	単路	単路	単路	交差点	単路	単路	交差点	単路
劣化ポイント	a	0	0	0	0	2	1	2
	b	1	0	0	0	1	2	2
	c	0	0	0	1	0	2	1
劣化スコア	1	0	0	1	1	5	4	4

※a 端部のはがれ・めくれ、b ひび割れ・目地の開き、c 轍・くぼみ

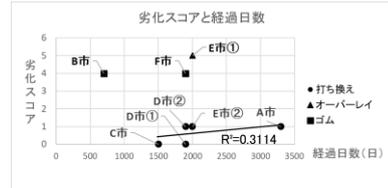


図-1 劣化スコアと経過日数との相関

[成果の活用]

本研究の成果の一部を、物理的デバイスの技術参考資料等として公表するとともに、講演会等を通じて、全国の道路管理者や技術者へ周知を図っていく。

視認性能を踏まえた交通安全施設の維持管理方法に関する調査

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

(研究期間 令和3年度～令和5年度)

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

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

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

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

【研究目的及び経緯】

第11次交通安全基本計画では、交通安全施設等の戦略的維持管理として、効用が損なわれないよう効率的かつ適切な管理の実施が重要視されている。今後は、道路標識や道路照明等の構造的な点検に加え、交通安全施設としての機能の発揮に重点を置いた点検・維持管理手法の確立が求められている。

本研究は、交通安全施設の適切な運用方法をとりまとめるため、交通安全上必要な夜間の視認性に関して維持すべき性能とその効率的な維持管理方法等を検討するものである。

【研究内容】

令和4年度は、視線誘導標・道路標識・区画線を対象に、1.性能を維持するための要件の設定、2.諸外国の維持管理手法の整理、3.視線誘導等のための施設の整理(設置目的別の分類)を行った。また、1~3について道路管理者(全国の国道出張所)に意見収集した。

【研究成果】

1. 性能を維持するための要件の設定

視線誘導標・道路標識・区画線を対象に、安全性に関する性能(見え方)を維持するための要件を整理した。各施設について、以下に示す考え方により設計速度60km/hの一般道と設計速度100km/hの高速道路において交通安全施設として視認可能であるべき距離(以下「視認距離」という。)の目安を表-1のとおり設定した。

- 1) 視線誘導標：視線誘導標により道路線形を見通して行動を判断できる距離として、制動停止視距をもとに設定
- 2) 道路標識：「道路標識設置基準・同解説(R2.6)((公社)日本道路協会)」に示された「道路案内標識の内容(文字)を判読し、行動を判断するために必要な距離」をもとに設定
- 3) 区画線：区画線(ガラスビーズ)の反射光量が少なく、制動停止視距を見通すことは期待できない場合

があるため、イギリスで用いられるプレビュー時間(運転者が区画線を視認してハンドル操作等を行うために必要な移動時間)をもとに設定
なお、区画線は、「望ましい」とされるプレビュー時間が定められており、これに基づいて望ましい距離を設定した。視線誘導標と道路標識は、降雨時の視認性の低下を考慮し、望ましい距離として設定した。

表-1 視認距離の目安

視認距離の目安		視線誘導標	道路標識	区画線
一般道 60km/h	視認距離	75m	85m	30m
	望ましい距離	90m	110m	40m
高速道路 100km/h	視認距離	160m	120m	50m
	望ましい距離	180m	140m	65m

道路管理者への意見収集では、「現状は、設置されている施設の交換の必要性等を判断できていないため、判断材料があることは良い」と概ね受け入れられた。しかしながら、「数量が多く基準のような運用にされると厳しい」との意見であった。

2. 諸外国の維持管理手法の整理

視線誘導標・道路標識・区画線を対象に、以下に示す4つの諸外国の維持管理手法について、各手法の概要、道路管理者の意見も踏まえた特長及び課題を表-2に整理した。

- 1) 日中と夜間に目視調査を行い、サンプルの反射輝度を計測して更新する手法(イギリス)
- 2) 寿命法(アメリカ)
- 3) ブランケット交換法(アメリカ)
- 4) コントロールサイン法(アメリカ)

道路管理者への意見収集では、「数量が多く限られた予算や体制の中では、諸外国の手法をそのまま導入することは難しい」との意見であった。なお、「グループ化による管理は効率的であるものの、機能に問題がない施設の交換には抵抗がある」とのことだった。今後は、計画的な管理を行えるように、反射材の段階的な劣化程度や劣化傾向を示すことが考えられる。

表-2 諸外国の維持管理手法の概要、道路管理者の意見を踏まえた特長及び課題

手法	概要	特長	課題
1) 日中と夜間に目視調査を行い、サンプルの反射輝度を計測して更新する手法 ※イギリス（ロードスタッド（道路鋸）を対象）	連続的に設置された施設を対象に、網羅的（個別）に日中及び夜間の目視調査を行う。さらに、連続する施設から検査対象をピックアップし、定量的な調査により反射性能を評価する	<ul style="list-style-type: none"> 交換等の要否判断を目視で判断することは現実的 事前に記録が必要な情報はなく、既存の施設への適用が可能 	<ul style="list-style-type: none"> 反射性能を計測する労力と必要性が見合わない 道路鋸（特に交差点中央部に設置された道路鋸）を近接目視しようとした場合は、大がかりな車線規制が必要となるため、近接目視は困難 反射材料の劣化は、退色し白くなると反射輝度は高くなるため、反射輝度だけで評価はできない
2) 各施設の寿命により更新（寿命法） ※アメリカ	各施設の設置時に、事前に設定された予想寿命の西暦を各施設へ直接貼付又は記録する	<ul style="list-style-type: none"> 寿命で交換するため計画が立てやすく、予算が平準化される <p>（支柱キャップの色による設置年の管理や点検済みの施設にシールを貼ることで設置時期・点検回数等を把握する方法もある）</p>	<ul style="list-style-type: none"> 施設設置時に貼付又は記録が必要のため、既存施設への適用は困難
3) グループ内で最も短い寿命の施設に合わせて一括更新する（ブランクセット交換法） ※アメリカ	地理的エリアや道路、施設の種類等で共通の特徴を持つものをグループ化し、グループ内で予想寿命が最も短いものに合わせて一括交換する	<ul style="list-style-type: none"> 個体毎の点検に比べて効率的である グループ化して管理することで確認・管理漏れを防止 予想寿命で交換するため予算が平準化される 	<ul style="list-style-type: none"> 施設設置時に予想寿命を設定しておく必要があるため、既設への適用は困難 機能に問題ない施設も交換対象となることに抵抗がある まだ使える施設を一度保管し、再利用する事例もあるものの、施設管理、在庫管理の労力負荷、引継ぎが懸念
4) 設定したサンプルの反射輝度を計測してグループ内を一括更新する（コントロールサイン法） ※アメリカ	地理的エリアや道路、施設の種類等で共通の特徴を持つものをグループ化し、メンテナンスヤードにサンプルを設置（もしくは、実際の施設のうちグループ内で代表サンプルを設定）し、定期的な代表サンプルの反射輝度の計測結果から最低値を下回った場合にグループ内の施設を一括交換する	<ul style="list-style-type: none"> 事前に記録が必要な情報はなく、既設への適用が可能 個体毎の点検に比べて効率的である グループ化して管理することで確認・管理漏れを防止 	<ul style="list-style-type: none"> 機能に問題ない施設も交換対象となることに抵抗がある 反射性能を計測する労力と必要性が見合わない 反射材料の劣化は、退色し白くなると反射輝度は高くなるため、反射輝度だけで評価はできない

3. 視線誘導等のための施設の整理

現行の視線誘導標設置基準は、狭義の意味での視線誘導標としてデリニエーターのみを扱っている。しかしながら、現場では道路鋸、線形誘導標示板（矢印板）、スノーポール、反射テープなども多く使用されている。そこで、これらも含めて、視線誘導等のための施設として広く普及している製品を調査した。調査は、道路視線誘導標協会に加盟する7社のカタログに“視線誘導標”として掲載されている施設（519製品）を対象とし、11分類、37施設に整理した。さらに、基準の視線誘導標の定義に則った観点及び施設の構造諸元（反射性能、大きさ、色等）により設置目的別に分類した（図-1）。

道路管理者への意見収集では、「実態との乖離はなく、設置する際の参考になる」との意見があった。

【成果の活用】

今後は、実行性が高く計画的な維持管理ができるように、反射材の段階的な劣化程度や劣化傾向を提示するための調査を行う。また、視線誘導等のための施設については、設置目的を踏まえた適切な運用方法を整

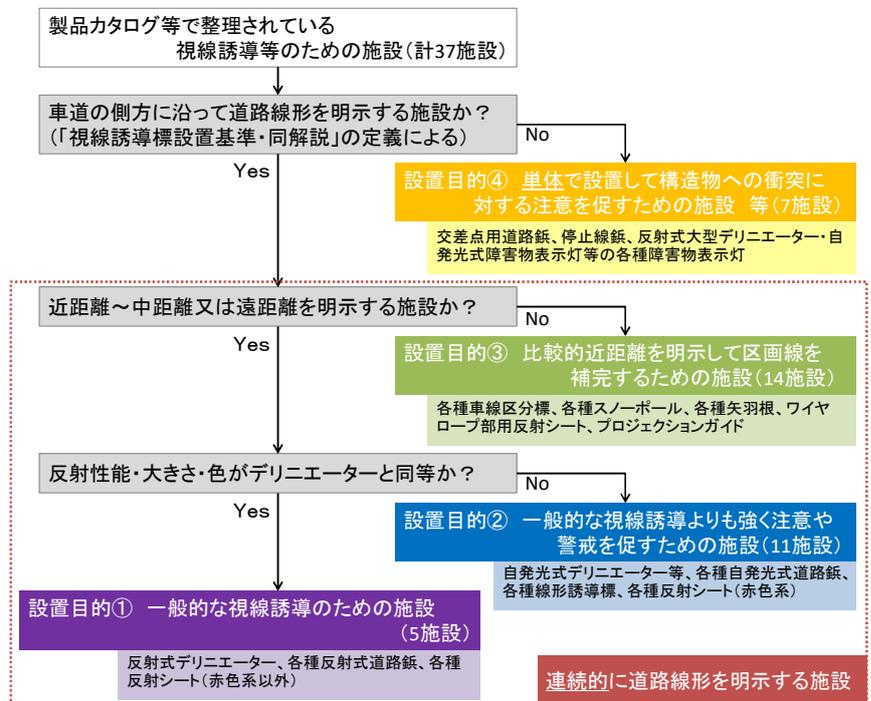


図-1 設置目的別の分類

理する予定である。

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

交通事故発生状況に関する事故データ分析

Traffic Accidents Data Analysis

(研究期間 令和2年度～令和4年度)

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

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

Guest Research Engineer MORIYAMA Shinnosuke

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

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

[研究目的及び経緯]

令和4年の交通事故死傷者数(=死者数+重傷者数+軽傷者数)は359,211人(対前年比5,556人減)、うち交通事故死者数は2,610人(対前年比26人減)であり、減少傾向が続いている(図-1)。一方、致死率は0.7%、重篤化率(=(死者数+重傷者数)/死傷者数×100)は8.0%であり、微増傾向から横ばい状態にあり(図-2)、死傷者数の減少に対して、死者数や重傷者数の減少が小さい傾向にある。

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

[研究内容]

(公財)交通事故総合分析センターが管理する交通事故に関するデータベースなどをもとに、交通事故発生状況の経年変化や道路形状別、事故類型別、当事者種別別などの近年の交通事故発生状況について集計・整理を行った。

本年度は、主に高齢者と子どもに関する事故、自転車に関する事故の分析等を実施しており、本稿では高齢者と子どもに関する事故について紹介する。

[研究成果]

(1) 高齢者の事故発生状況

令和3年の交通事故による死者数2,636人のうち、65歳以上の高齢者は1,520人であり、全体の57.7%を占める。致死率は2.5%と、他の年代は0.5%以下であることと比較すると非常に高い傾向にある(図-3)。

令和3年の死傷者の事故類型を確認すると、65歳未満は出会い頭が最も多く、次いで車両単独事故が多い。一方、高齢者は車両単独事故が最も多く、次いで出会い頭事故が多い傾向となっている。そこで、「高齢者の車両単独事故」に着目して分析し、事故の傾向を後述

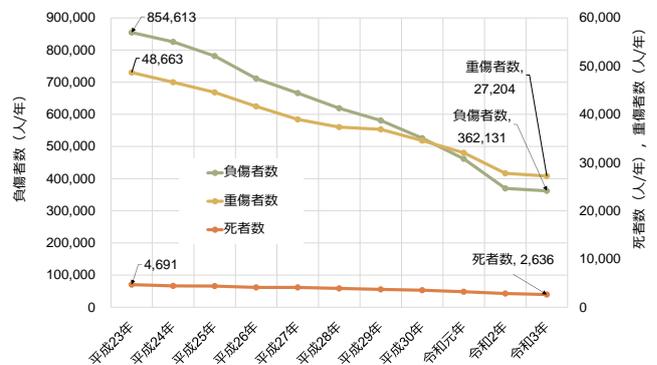


図-1 交通事故死傷者数等の推移

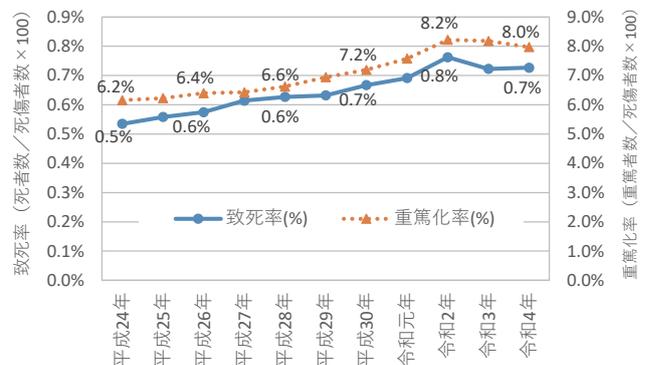


図-2 致死率、重篤化率の推移

のとおり確認した。

道路形状別の事故発生件数の割合では、単路84.0%、交差点16.0%であり、単路で多く発生しているものの、各事故のうち死亡事故件数の割合は単路9.7%、交差点11.0%と大きな差はなかった。

沿道土地利用別の事故発生件数の割合では、DID地区25.9%、DID地区以外の市街地22.1%、非市街地52.0%であり、半数以上が非市街地で発生していた。各事故のうち死亡事故件数の割合は、DID地区5.5%、DID地区以外の市街地8.0%、非市街地12.9%であり、非市街が若干多い傾向にあった。

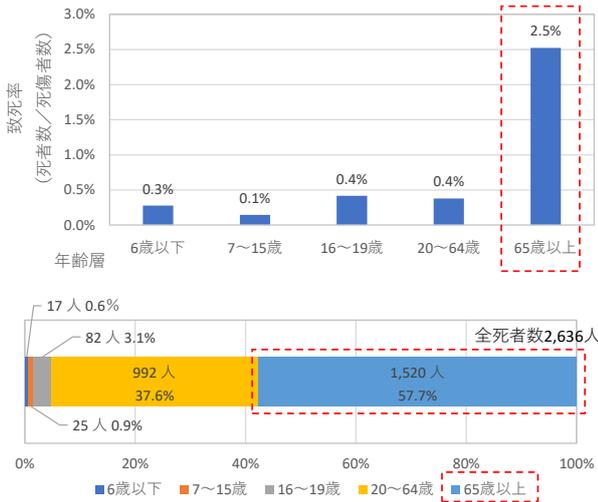


図-3 年齢層別の致死率(上段)と年齢層別の死者数の構成割合(下段)(R3)

車両単独事故の詳細な事故類型別の事故発生件数の割合は、電柱、標識などの工作物への衝突(66.5%)が最も多く、事故類型別の事故発生件数に占める死亡事故件数の割合は、工作物10.2%、駐車車両3.4%、路外逸脱19.9%、転倒7.7%と、路外逸脱が最も多く、次いで工作物への衝突が多い傾向にあった。

危険認知速度別の事故発生件数の割合では、30km/h以下(45.1%)が最も多かった。死亡事故は、危険認知速度が高くなるほど、死亡事故件数の割合も多くなる傾向にあった。

道路線形別の事故発生件数の割合では、直線・平坦部が最も多く、全体の63.1%であった。死亡事故件数の割合は10~20%であり、大きな差はなかったものの、「上り」、「平坦」よりも「下り」の方が死亡事故件数の割合が高かった。

以上のことから、高齢者の車両単独事故は、「非市街地の直線・平坦な単路で、危険認知速度30km/h以下で工作物に衝突する」事故件数が多いことが示された。これは、地方部の高齢者の日常の移動手段の確保が課題となることを交通安全の観点からも示唆する結果であると考えられる。また、死亡事故の特徴としては、危険認知速度の高さ以外に、「路外逸脱」、「下り勾配」で死亡事故になりやすいことが示された。これらは高齢者が多い地域で対策を行う際の着眼点の一つであるものの、対策の必要性や内容は個別に検討する必要があると考えられる。

(2) 子どもの事故発生状況

本集計では、子どもが関わる事故として、第一当事者が自動車で、第二当事者が歩行者もしくは自転車に乗車した子ども(0~18歳を対象とした。)である事故を対象とした。

子どもが関わる事故は平成24年~令和3年の10年間で246,441件あり、これらについて、子どもの法令違反の有無を確認した。違反なしは100,816件(40.9%)であり、違反ありは145,625件(59.1%)であった。

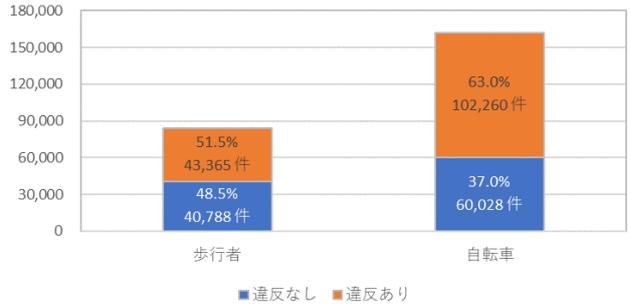


図-4 子どもの事故の当事者種別別の法令違反の有無(H24~R3)

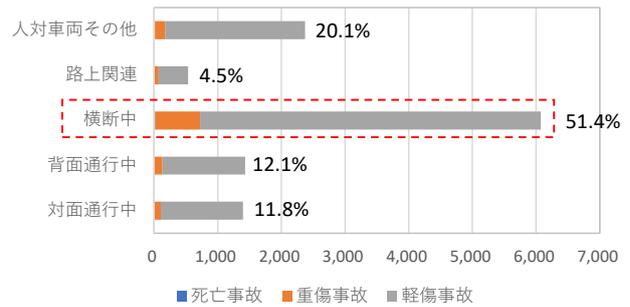


図-5 子ども(歩行者)の法令違反なしの単路での事故類型別の事故発生状況(H24~R3)

また、図-4に示すとおり、子どもの事故の状態別に違反の有無の割合を確認すると、歩行者は違反なし48.5%、違反あり51.5%であった。自転車は違反なし37.0%、違反あり63.0%であった。歩行者よりも自転車の方が事故に遭った際に法令違反をしている割合が多いことが分かった。このうち、道路構造等に関して交通安全対策を行う場合に直接的な効果が高いと考えられる法令違反なしの事故に着目して、歩行者と自転車に分けて以下の集計を行った。

道路形状別の事故発生件数の割合では、歩行者の場合は単路38.0%、交差点61.6%、自転車の場合は単路28.4%、交差点71.2%であり、歩行者、自転車ともに交差点で多く発生していた。

道路形状別に事故類型を確認した。歩行者については、交差点では、横断中が91.1%とほとんどを占めていた。単路では、図-5に示すとおり横断中が51.4%であり、対面通行中と背面通行中は10%強程度であった。自転車については、交差点では、出会い頭が最も多く51.8%であり、次いで左折時25.2%、右折時19.4%であった。単路でも出会い頭が最も多く43.1%であり、次いで左折時15.5%であった。

以上のことから、歩行者及び自転車が道路を横断方向に通行する部分に着目して対策を検討すべきことが示唆された。

[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。

3. 高度道路交通システム (ITS)

道路情報 DB 更新システムの構築

System construction for updating road information database

(研究期間 令和3年度～令和4年度)

道路交通研究部 高度道路交通システム研究室	室 長	井坪 慎二
Road Traffic Department	Head	ITSUBO Shinji
Intelligent Transport Systems Division	主任研究官	大橋 幸子
	Senior Researcher	OHASHI Sachiko

In order to maintain roads in good condition, it is important that routes of oversize or overweight vehicles was permitted properly. This permission can be granted automatically if road information of the route is stored in a database. In this study, a system through which road operators can easily update the road information online was constructed.

〔研究目的及び経緯〕

国土交通省では、健全なインフラの維持のため、ICT技術を活用して特殊車両の通行の適正化を図るとともに、物流生産性の向上のため、特殊車両の通行許可手続きを迅速かつ効率的に行うことを目指している。

特殊車両の通行の可否については、道路情報 DB に収録されている区間はシステムにより自動で判定できることから、通行許可手続きの省力化、迅速化の観点から道路情報 DB の多頻度での更新が望まれている。現行の道路情報 DB の更新は、これまで主に年1回の作業となっており、各道路管理者がオフラインの専用ツールにより情報を登録し、これらを主に手作業で統合したうえで行った。しかし、この方法では作業が煩雑であるとともに、複数の道路管理者が関係する交差点の登録などでは調整に時間を要していることが課題となっており、改善が望まれている。

これらのことを踏まえ、道路情報の更新作業を各道路管理者がオンラインで簡易に実施でき、道路情報 DB の多頻度での更新を可能にするシステムを構築した。

〔研究内容〕

(1) 更新システムの構築

過年度に設計した内容をもとに、プログラムの作成とテストの実施を経て、システムの構築を行った。システムの主な機能を示す。

- ・ オンラインで情報を更新する機能
- ・ オンライン地図による描画作業を可能にする機能
- ・ 関係者間の通知をオンライン化する機能
- ・ 入力情報を自動でチェックする機能
- ・ ベースの道路地図のバージョンに関わらず、不変の区間 ID・交差点 ID で情報を管理する機能

本システムはクラウド上での運用を想定しているため、クラウド環境においても作動するシステムの構築を行った。

(2) システムを利用した更新作業の試行

実際に道路管理者にとって使いやすいシステムとするため、道路管理者の協力を得て、更新作業の試行を行った。多くの種類の作業を試行できるよう、各道路管理者にあらかじめ作業内容を割り当てた。なお、作業の一部は過去に各道路管理者が実際に更新作業を行った内容とし、現行システムとの比較による評価がしやすいように工夫した。また、道路管理者間の調整が生じる作業についても、使いやすさを確認できるよう、シナリオを設定して調整を行う双方の道路管理者に伝え、試行期間内にシステム上での調整作業がなされるようにした。

試行の対象は四国地方整備局の6直轄事務所と管内の2自治体の計8道路管理者とした。試行期間として概ね2週間を設け、道路管理者が自由に作業を進められるようにした。作業後、使いやすさについて、メールによるアンケートを行ったうえで、ヒアリングによりアンケート回答を参照しながら詳細を確認した。

試行後、試行で得られた意見等に基づき、構築中のシステムを修正するとともに、新規に開発が必要となる内容については引継ぎ事項として整理した。

(3) システムの移行

本研究後に想定される、他の特車関連システムとの自動連携機能の構築等に向け、システムをクラウド上からハードディスクへ移行した。なお、今後の自動連携機能の構築において他のクラウドサービスの利用も可能にするため、他のクラウドサービスでの利用も想定し、移行手順書の作成を行った。

〔研究成果〕

(1) 更新システムの構築

開発環境のクラウド上にシステムを構築した。テストにより、各機能が正常に動作することを確認した。

(2) 試行結果

アンケートでは、試行作業を行った約7割の道路管理者が、「操作が分かりやすい」または「概ね分かりや

※本報告は令和3年度補正予算の標記の研究課題を令和4年度に継続して得た結果をまとめたものである。

すい」と回答した(図-1)。その後のヒアリングも含め使いづらかった点を確認したところ、画面表示が見づらかった点や分かりにくい語句に関する指摘、表示速度や一時保存機能に関する指摘があり、これらについて対応を実施、あるいは対応案を整理し引継ぎ事項とした。また、試行中にいくつかの動作の不具合が確認され、これらを修正した。

新たなシステムが作業の軽減につながるか質問したところ、約6割の道路管理者が、「作業負担が軽くなるを感じる」または「若干軽くなるを感じる」と回答し、作業負担が増えるとした道路管理者はいなかった(図-2)。なお、システム構築は当初より道路管理者の作業の軽減を目的としていたが、当初の想定以上に作業負担軽減の期待が大きいと考えられた事項があり、その一部をa)からc)に示す。

a) オンライン地図上での交差点指定による省力化

道路情報DBが扱う多くの情報については、対象となる交差点を指定して作業を始める必要がある。従来の交差点の指定では、道路情報便覧表示システム等を人の目で見て10桁の数字を手入力するものであったが、地図上で指定できるようにした(図-3、図-4)。

b) 提出用データの作成

従来はオフラインツールを利用していたため、データの提出を別途行う必要があった。このため道路管理者は、提出用のファイル(.mdbファイル)を作成し、別途メール等で提出していた。これを新システムではシステム上で提出できるようにした。

c) データの更新

従来はオフラインツールを利用していたため、更新作業時に最新版のデータをダウンロードし情報を更新する必要があった。しかし、最新のデータを反映したシステムにオンラインでアクセスして作業することから、各道路管理者でのデータの更新が不要となった。

(3) 移行

システムをハードディスクに移行するとともに、移行手順書を作成した。

【成果の活用】

今後、本研究で構築したシステムに、他システムとの連携に関する機能を追加予定である。また、本システムを用いて更新された道路情報による、連携先システムでの算定の試行が必要である。これらを経て、システムの実運用が始まる見通しである。

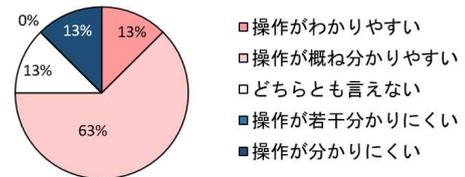


図-1 操作性に関するアンケート結果



図-2 作業負担に関するアンケート結果



図-3 道路情報便覧表示システム



図-4 新システムにおける交差点の指定

特殊車両モニタリング高度化の検討

Research on improving the monitoring of oversize or overweight vehicles

(研究期間 令和2年度～令和5年度)

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

室 長 井坪 慎二
Head ITSUBO Shinji
主任研究官 大橋 幸子
Senior Researcher OHASHI Sachiko
交流研究員 松永 奨生
Guest Research Engineer MATSUNAGA Shoki

Weight monitoring is particularly important because weight has a large impact on infrastructure condition. In order to monitor the oversize or overweight vehicles efficiency, it is important to use the ICT technology.

In this study, a method for collecting weight data by connecting On-Board-Weighing (OBW) and ETC2.0 on-board unit was drafted. In addition, a survey of measurement technology for running vehicle weight that are not commonly used in Japan was conducted.

[研究目的及び経緯]

国土交通省では、健全なインフラの維持のため、ICT技術を活用して特殊車両の通行実態を効率的に把握し、特殊車両の通行の適正化を図ることを目指している。構造物の劣化への影響が大きいのは重量であることから、重量モニタリングを適切に実施することが特に重要である。

現行の制度では、道路に設置された特殊車両自動計測装置 (Weighing-in-motion. 以降「WIM」という) による監視と取締基地での計測による取締りが行われている。しかし、これらは地点での計測であるため、面的なモニタリングとしては限界がある。そのため、国土技術政策総合研究所では、車載型重量計 (On-Board-Weighing. 以降「OBW」という) やETC2.0プローブ情報を活用したモニタリングの高度化の検討を行っている。

令和4年度は、OBWとETC2.0車載器を接続し、ETC2.0プローブ情報の一部として、OBWによる重量計測値を収集することを想定し、OBWによる重量記録方法案の作成を行った。

[研究内容]

(1) OBWによる重量記録方法案の作成

本研究では、OBWとETC2.0車載器を接続しETC2.0プローブ情報とともにOBWによる重量計測値を収集することを想定した(図-1)。また、令和4年度より始まった特殊車両通行確認制度では、車両を通行させた者がその経路や積載物の重量を記録することが規定されているが、OBWによる計測は、これらの記録の自動化への活用も考えられる。

令和3年度に重量値の計測のタイミングやデータ蓄積条件等OBWによる重量計測の方法の素案をまとめて

おり、本研究では、素案をベースに必要な機能を整理し、これら機能の実装を想定した場合に生じる課題、実装可能性等について、OBW関係事業者、ETC2.0車載器関係事業者にヒアリングを行った。そのうえで、これらの機能について、ETC2.0車載器側で取り込む場合、OBW側で取り込む場合、独立した機能の連携装置として設置する場合等を想定し、考えられる実装の構成を整理した。

(2) 新たな重量計測技術の調査

重量モニタリングの低コスト化や捕捉率向上等の高度化に向け、現時点で国内における新たな重量計測技術を調査した。

[研究成果]

(1) OBWによる重量記録方法案の作成

重量記録の方法として、ETC2.0プローブ情報の一部としてETC2.0車載器を通じて路側機にアップリンクすることを想定した。

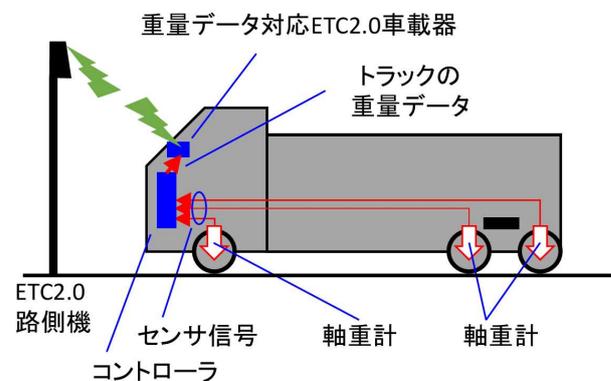


図-1 OBWとETC2.0車載器による重量収集のイメージ

重量計測タイミングについてエンジンがオンになり一定時間が経過した後に計測すること、停車して一定時間が経過した後に計測すること等を想定したため、電源状態検知機能やタイマ機能が必要と考えられた。また、車両の停止状態、あるいは一定の走行状態において重量値を計測することも想定したため、走行状態検知機能やタイマ機能が必要と考えられた。

これらの方法での計測のために必要な機能として、表-1 に示す7つを整理した。

表-1 計測に必要な7つの機能

	機能	内容
①	電源状態検知機能	OBWの電源が入ったことを検知する
②	走行状態検知機能	車両が停止状態または定速状態であることを判定する
③	時計・位置機能	他のデータと同期のため、時刻、位置を記録する
④	タイマ機能	エンジンオンからの一定時間、停車して一定時間を判定する
⑤	重量計測機能	重量値を計測、蓄積、記録する
⑥	重量計測データ記録機能	定められたタイミングで重量値を保存し、アップリンクデータを作成する
⑦	アップリンク機能	アップリンクデータを路側機にアップリンクする

これらの機能について、OBW または ETC2.0 車載器での分担の可能性、その場合の課題等を、それぞれのメーカー関連事業者ヒアリングを行った結果、現状の ETC2.0 車載器や市販の OBW では、流用できると考えられる機能がほとんどないことが分かった。

そのため、必要な機能を、OBW・ETC2.0 車載器とは別の連携装置として実装する場合、OBW の一部として実装する場合、ETC2.0 車載器の一部として実装する場合を想定し、機能構成を図-2 のとおりまとめた。そのうえで、OBW による重量記録方法案を作成した。

(2) 新たな重量計測方法の調査

WIM で利用される新たな計測方法として、光ファイバ方式、光フォトセンサ方式、振動弦センサ方式について整理した。また、橋梁部での WIM におけるひずみセンサ方式についても整理した。これらの方式は軸重が計測可能である。これらの方式の中には従来の WIM より低コストになる可能性があるものも見られたが、精度、施工、運用面などで課題も見られ、今後も引き続き調査を行うことが望まれる。

その他、総重量のみの計測になるが、車両の加速度による計測方式についても調査した。

[成果の活用]

OBW による重量記録方法案については、今後の OBW による重量モニタリング検討に向けた基礎資料として活用予定である。

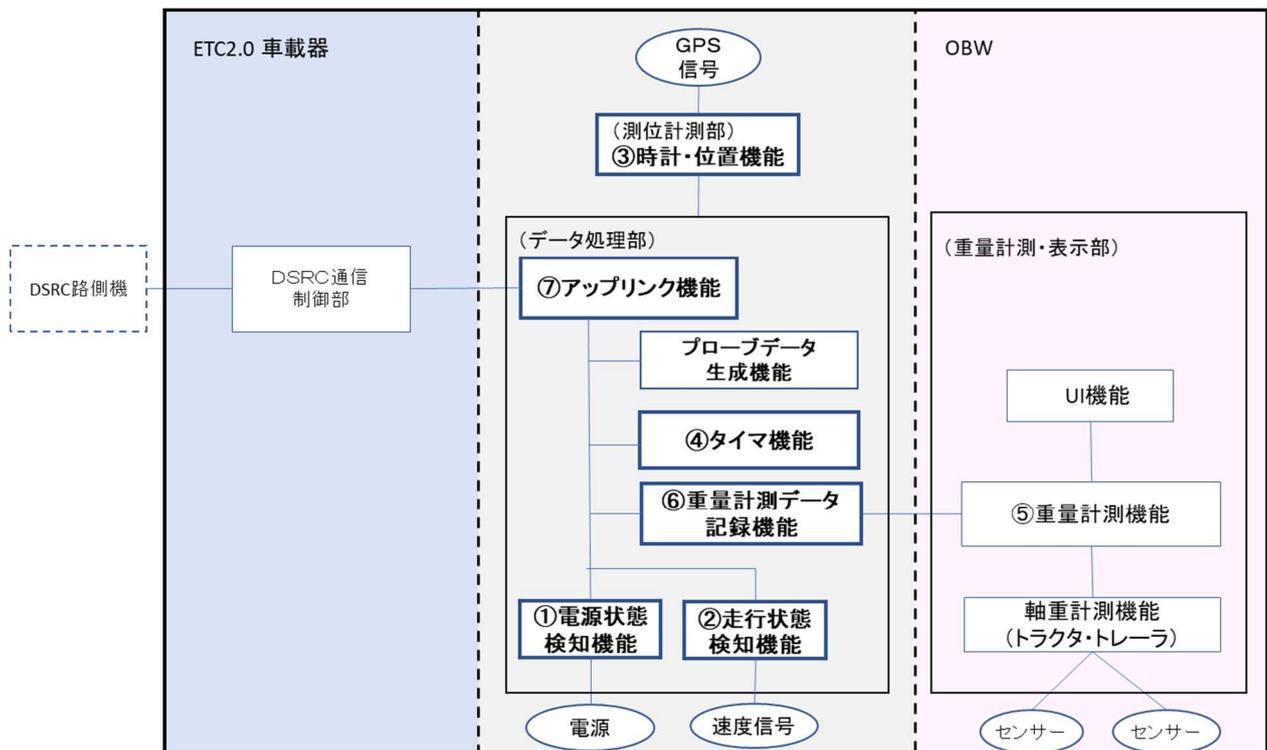


図-2 OBW による計測に必要な機能 (OBW・ETC2.0 車載器とは別の連携装置として実装する場合)

ETC2.0 プロブデータの生活道路マップマッチング機能等の開発

Development of a map-matching function for ETC2.0 probe data including community road

(研究期間 令和3年度～令和4年度)

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

室 長 井坪 慎二
Head ITSUBO Shinji
主任研究官 酒井 与志亜
Senior Researcher SAKAI Yoshia
研究官 寺口 敏生
Researcher TERAGUCHI Toshio
交流研究員 大住 雄貴
Guest Research Engineer OHSUMI Yuki

In this paper, the authors report the results of applying a map-matching method for probe information collected from ordinary roads that uses positioning information when the direction of travel changes, which is a feature of ETC2.0 probe information.

〔研究目的及び経緯〕

国土交通省は、社会実験、共同研究や共同実験を通じて、プローブデータの更なる活用方法を検討している。その一環として、交通安全分析時のニーズを確認したところ、生活街路を含む全道路ネットワークを対象としたマップマッチングが必要と分かった。そこで、国土技術政策総合研究所では、処理高速化と処理負荷低減の実現および、全道路ネットワークを対象としたマップマッチング手法を検討している。過年度の検討では、高速道路と一般道のプローブ情報を区別し、適用するマップマッチングアルゴリズムを使い分ける手法を検討した。

本報では、一般道から収集したプローブ情報に対し、ETC2.0 プローブ情報の特徴である進行方向の変化（45度以上の方位変化）時に蓄積される測位情報（以下、「分割点」と称する）を用いたマップマッチング手法について評価した結果を報告する。なお本研究は、「ETC2.0 プローブ処理の高度化に関する研究」と連携して検討を実施している。

〔研究内容〕

本研究では、図-1 に示す一般道走行用のマップマッチングアルゴリズムの精度を、実際の走行経路が既知であるテストデータを用いて評価した。検証に用いたテストデータは令和4年11月23日～11月24日、12月12日～12月13日4日分1台分のプローブ情報である。具体的な走行経路を図-2 に示す。データの作成にあたっては、既存のマップマッチング処理が苦手としている「道路ネットワークが基盤の目状に配置され交差する箇所（市街地）」、「GPS 受信感度が悪い箇所（高層ビル街）」、「高速道路と一般道路が並行する箇所（首

表-1 マップマッチングアルゴリズムのパラメータ

各点	定義
分割点	進行方向の変化(45度以上の方位変化)時に蓄積される測位情報
特徴点	進行方向角度が22.5～45度変化した測位点
疑似特徴点	分割点間の測位点群における特徴点の位置に対するDRM経路上の按分位置

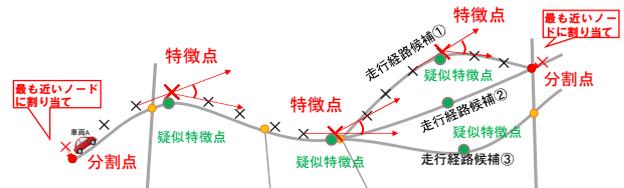


図-1 マップマッチングアルゴリズムの概要



図-2 今年度のテストデータの全体像

都高4号線等)」を含むルートを選定した。これらの個別の箇所におけるマップマッチング精度を評価し、本提案手法によってどの程度の改善が見込めるかを検証した。

※本報告は令和3年度補正予算の標記の研究課題を令和4年度に継続して得た結果をまとめたものである。

[研究成果]

(1) 特徴的な箇所におけるマップマッチング精度の評価結果

図-3 に示す5つの精度指標（正解率、生成率、一致率、欠損率、余剰率）を用いて、実走行経路のDRMリンク数と、そのリンク長の和を指標として精度評価を行った。これらの指標により、提案手法のマップマッチング時の精度と誤マッチング時の影響を分析した。

市街地におけるマッチング結果（図-4）では、正解率と一致率の両方で約99%と非常に高い精度でマップマッチングされていた。高層ビル群におけるマッチング結果（図-5）では、正解率は100%となったが余剰なリンクを生成していたため一致率が若干低下した。並行道路におけるマッチング結果（図-6）では、リンク数ベースの正解率が44.8%、リンク長ベースの正解率が63.1%と、他の評価箇所と比べ精度が低くなった。この原因として、高速の乗り降りが判定できない場合に継続して別道路に誤マッチングされてしまう点が考えられる。

(2) 誤マッチングの原因に関する分析

従来手法では苦手としていた市街地のような碁盤の目状に道路が整備された箇所や、高層ビル群のようなGPS受信感度が悪い箇所であっても、今回提案した手法では高い精度でマップマッチングが行えることを確認した。一方、高速道路と一般道路が並行している区間においては、誤マッチングする可能性が高いことがわかった。これは、今回のアルゴリズムが、進行方向の変化に依存する手法であり、高速道路の乗り降りを区別する場面向いていないためと考えられる。

高層ビル群のマップマッチング結果で発生した余剰リンクの原因を分析したところ、付近にノードやリンクが密集していると誤割り当てされ迂回経路を生成してしまうことが分かった。迂回経路が生成されないようにマップマッチング経路の内角和を算出する方法や、DRM協会が整備を進めている、パーマネントID（DRM）の「集約交差点」情報を活用することで、本来の走行経路にマップマッチングされる可能性を高める方法等の対策が考えられる。

[成果の活用]

本研究では、一般道走行用のマップマッチング手法の精度評価を実施した。

来年度は、本検証結果を踏まえ、一般道用アルゴリズムの改良検討を実施する。また、高速道路走行用のマップマッチング手法についても精度評価を実施する。これらの検討結果を基に、一般道走行用のアルゴリズムと高速道路走行用のアルゴリズムと連携し、処理速度と処理精度を両立させた最終的なシステム構成を整理する予定である。

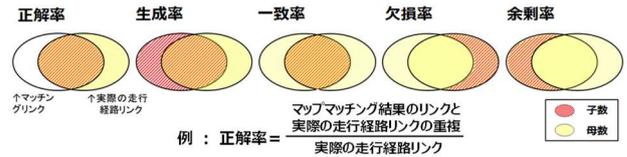


図-3 精度評価指標のイメージ

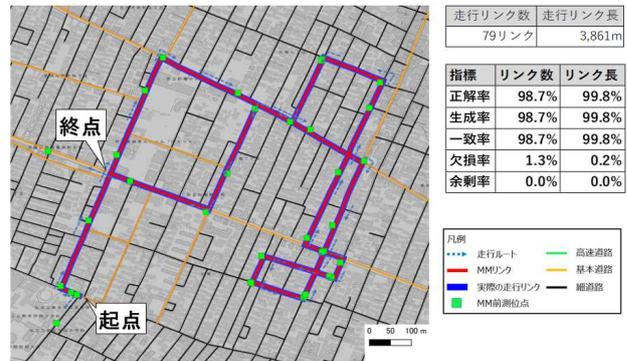


図-4 市街地におけるマッチング結果

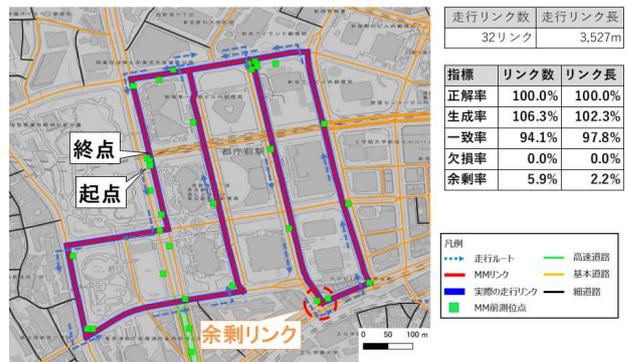


図-5 高層ビル群におけるマッチング結果

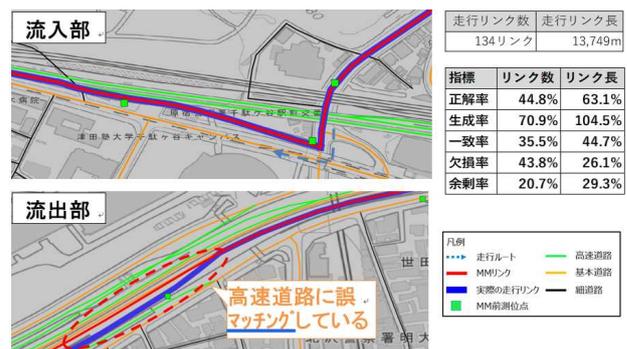


図-6 並行道路におけるマッチング結果（流入出部）

ETC2.0 プローブ処理の高度化に関する研究

Research on advanced processing ETC2.0 probe data

(研究期間 令和3年度～令和5年度)

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

室長 井坪 慎二
Head ITSUBO Shinji
主任研究官 酒井 与志重
Senior Researcher SAKAI Yoshia
研究官 寺口 敏生
Researcher TERAGUCHI Toshio
交流研究員 大住 雄貴
Guest Research Engineer OHSUMI Yuki

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

[研究目的及び経緯]

国土技術政策総合研究所(以下、「国総研」という)では、現行のETC2.0プローブデータの利活用に関する課題やニーズを把握した上で、より利便性の高い情報とすることを旨とした研究を行っている。

本研究においては、現行システムに対しての道路管理者からの活用ニーズ等を踏まえて、秘匿化処理の見直し、マップマッチングの細道路対応、システム機能構成の最適化・効率化、ETC2.0プローブデータの外部提供といった機能の追加・見直し等の検証を行い、最

終的には現行システムを拡張した ETC2.0 プローブ処理システムの構築を目指すものである。

なお、本研究は、「ETC2.0 プローブデータの生活道路マップマッチング等機能開発」と連携して検討を実施している。

[研究内容]

本研究では、現行システムのプローブ処理の課題について検証するための環境として「国総研テストシステム」の構築を実施した。図-1 にシステム概要を示す。

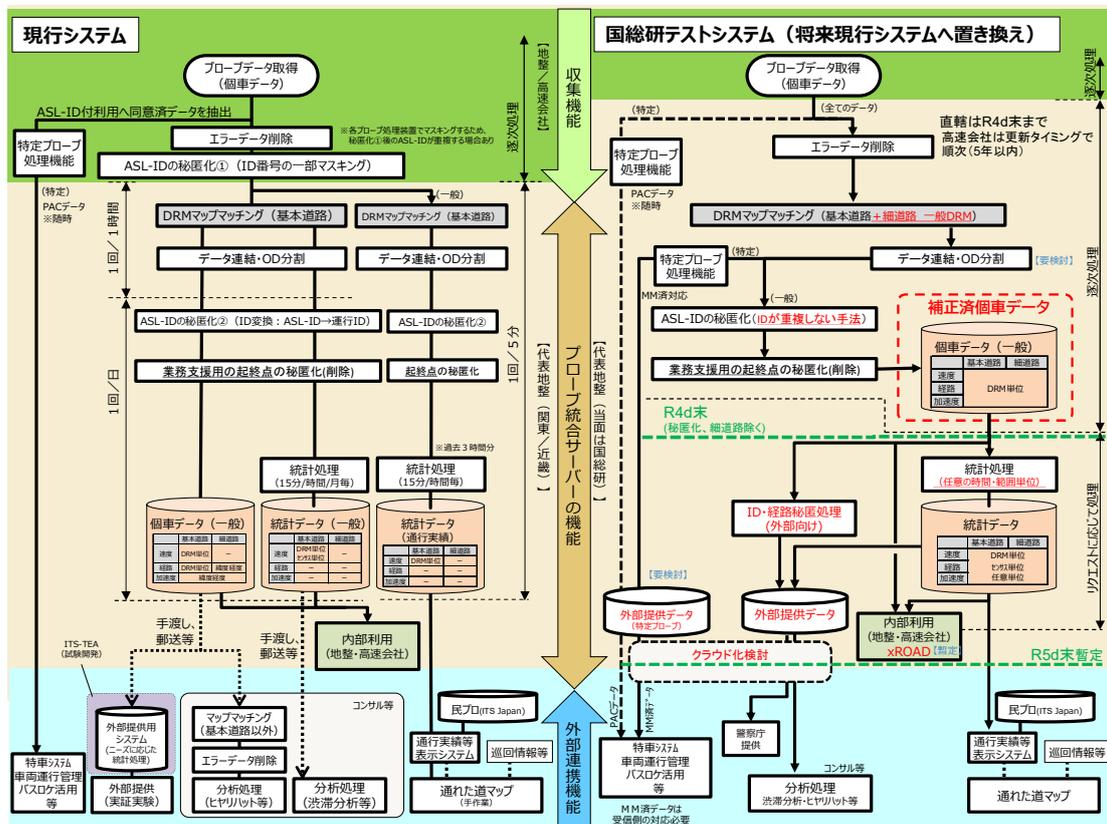


図-1. 国総研テストシステムの概要

高速道路の合流支援システムの評価・検証

Verification of effectiveness of merging support information provision system

(研究期間 令和2年度～令和4年度)

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

室 長 井坪 慎二
Head ITSUBO Shinji
主任研究官 中川 敏正
Senior Researcher NAKAGAWA Toshimasa
研 究 官 石原 雅晃
Senior Researcher ISHIHARA Masaaki
交流研究員 湯浅 克彦
Guest Research Engineer YUASA Katsuhiko

Merging into main lanes is a major issue in realizing automated driving on expressways. Therefore, it is essential to support the merging of automated driving vehicles from a road side. In this study, we conducted the field operational test for verifying the effectiveness of merging support information provision system (DAY2 system) at a test track by the National Institute for Land and Infrastructure Management of Japan.

[研究目的及び経緯]

高速道路での自動運転については、高速道路本線への合流が自動運転を実現する上で大きな課題とされている。特に我が国の都市高速道路では、連結路から本線への見通しが悪く、かつ加速車線が短い合流部が存在する。そのため、高速道路における安全で円滑な自動運転を実現するには、路側に設置した車両検知センサが合流部より上流の本線を走行する車両の速度、車長、車間時間等を検知し、合流する自動運転車に情報提供する合流支援情報提供システムが不可欠となる。政府が策定している「官民 ITS 構想・ロードマップ」においては、「高速道路の合流支援情報の提供」を自動運転の一層の進展に向けた重点施策として位置づけており、官民挙げての迅速な取り組みが期待されている。

このような背景から、国総研では、路側インフラと車両とが協調した合流支援情報提供システムの実用化を目指し、合流支援情報提供システムを構成する基幹的な要素技術の現状の技術水準を把握するとともに、当該調査結果を踏まえた合流支援情報提供システムの技術仕様を作成している。

本研究は、自動運転車の本線合流を支援するため、車両検知センサの精度確認や試験走路及び実道でのシステムの有効性検証を行うものである。これまでに合流支援情報提供システム (DAY2 システム) の車両検知センサの精度確認をしてきており、本稿では、特に試験走路にて実施した DAY2 システムの効果検証実験の分析・評価の概要について述べる。

[研究内容]

DAY2 システムとは、車両検知センサが合流部の一定

区間の車両の速度、車長等を複数回検知し、自動運転車に連続的に提供するシステムである (図-1)。

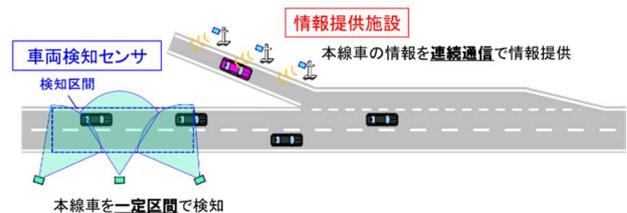


図-1 DAY2 システムの概要

試験走路に高速道路の合流部を模した区間を整備し、本線側に車両検知センサ、連結路側に情報提供施設を配置した (図-2)。車両検知センサは、本線車がセンサ検知区間を通過している間の速度、位置、車間時間等を 0.1 秒間隔で検知した。情報提供施設は、本線車の速度、位置、車間時間等を 0.1 秒間隔で合流車の車載器に情報提供した。なお、センサ検知区間長及び情報提供区間長は、国総研が作成している合流支援情報提供システムの技術仕様を踏まえて設定した。

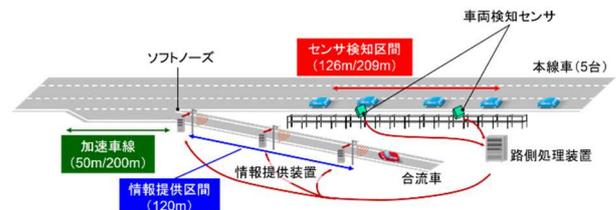


図-2 DAY2 システムの効果検証実験 (イメージ)

※ 本実験では、自動走行を模したドライバーの操作により本線合流を実施している。

※本報告は令和2年度補正予算の標記の研究課題を令和4年度に継続して得た結果をまとめたものである。

〔研究成果〕

(1) 合流車の本線合流の成功状況

合流成功割合は、「情報提供あり」では99.4%、「情報提供なし」では91.9%であった（図-3）。特に加速車線長が50mの場合、「情報提供あり」では全数が合流成功であったが、「情報提供なし」では本線車の速度が大きい場合に合流失敗が多発した。これは、「情報提供なし」では合流車がソフトノーズ端に到達時に本線車と横並びとなり、短い加速車線のみでは本線車との相対的な速度と位置の調整を完結できなかったためと考えられる（図-4）。

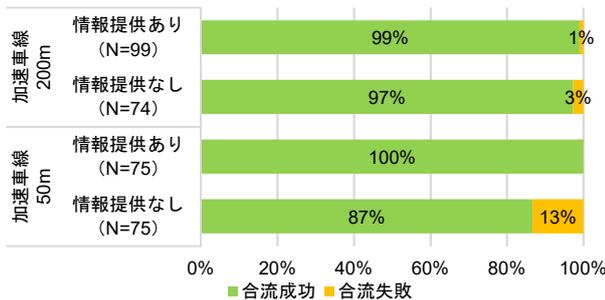


図-3 合流車の本線合流の成功状況



図-4 ソフトノーズ端付近での合流車と本線車の様子
(左：合流支援あり、右：合流支援なし)

(2) 合流車の加速度

合流車の加速度については、「情報提供あり」では最大加速度は連結路、「情報提供なし」では最大加速度は加速車線で発生した（図-5、図-6）。また、「情報提供あり」では加速度の最大値が0.2G程度に留まるのに対し、「情報提供なし」では加速度の最小値が-0.4Gを超えていた。これは情報提供により、合流車が連結路の段階で加速を開始し、ソフトノーズ端に到達時には本線車の速度と同等の速度に達していたことを示唆している。

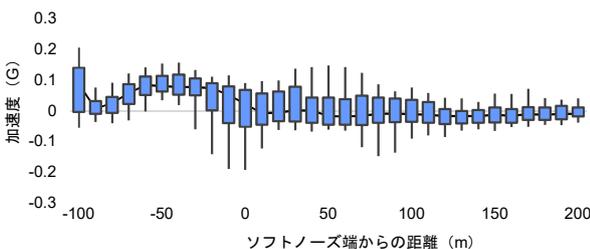


図-5 合流車の加速度（情報提供ありの場合）

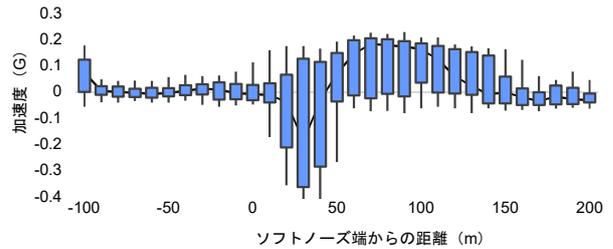


図-6 合流車の加速度（情報提供なしの場合）

※ 横軸のマイナス側は連結路、プラス側は加速車線である。
 ※ 縦棒の上端は最大値、下端は最小値、箱の上端は85%タイル値、下端は15%タイル値、折れ線は中央値である。

(3) 合流車の角速度

合流車の本線合流時の角速度については、加速車線長が200mの場合は小さかったが、加速車線長が50mの場合、「情報提供なし」では大きな角速度が発生したことが確認できた（図-7）。

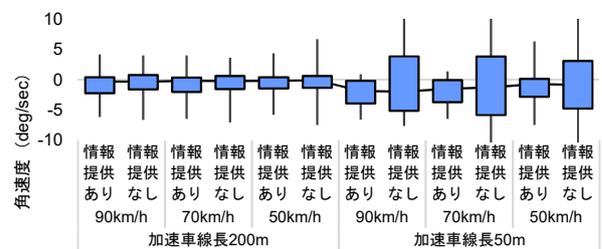


図-7 合流車の角速度

※ プラスの角速度は右旋回、マイナスの角速度は左旋回である。
 ※ 縦棒の上端は最大値、下端は最小値、箱の上端は85%タイル値、下端は15%タイル値、折れ線は中央値である。

(4) 合流車の走行軌跡

合流車が合流を開始してから終了するまでの走行軌跡については、「情報提供あり」では「情報提供なし」と比べて合流車がソフトノーズ端に近い位置で本線合流することが確認できた。特に加速車線長が200mの場合に情報提供により合流終了位置がソフトノーズ端に近い位置に移動することが確認された。

上記の通り、システムによる情報提供により多くの評価指標について向上することを確認した。合流車がシステムによる情報提供をもとに連結路の段階で本線車との相対速度の調整を行った結果、加速車線内での運転に余裕ができ、より安全・円滑な本線合流が実現したものと考えられる。

〔成果の活用〕

本稿で紹介した実験の成果等を活用して、国総研では合流支援情報提供システムの技術仕様を取り纏めた。システムの技術仕様について、自動車メーカー、道路管理者等に共有することで、合流支援情報提供システムの社会実装や自動運転の技術開発を促進することが期待される。

次世代 ETC の官民連携での取組に関する調査

Research on next-generation ETC in public-private partnership

(研究期間 令和2年度～令和6年度)

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

室 長 井坪 慎二
Head ITSUBO Shinji
主任研究官 酒井 与志亜
Senior Researcher SAKAI Yoshia
研究官 寺口 敏生
Researcher TERAGUCHI Toshio
交流研究員 大住 雄貴
Guest Research Engineer OHSUMI Yuki

In this research, the authors introduce the results of developments of the experimental environment for ETC2.0 data when increasing the amount of data stored in the ETC2.0 on-board units.

【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、プローブ情報を蓄積する ETC2.0 車載器、車載器と通信して情報を収集する ETC2.0 路側機及び収集したプローブ情報を収集分析するシステムの開発を行ってきた。これらは本運用され、季節やイベント発生時の交通需要の調査や被災時の通行可能経路の分析等の場面で活用されている。

将来的な発展として、ETC2.0 プローブ情報の利用場面やニーズを調査したところ、分析可能な区間や挙動履歴の蓄積量の増大や、蓄積するデータ種類の拡充が求められていることが判明した。

国総研ではこれらの要望に対応するため、機能を拡張した次世代 ETC 車載器のニーズに基づいた技術的検証を行うためのテスト環境を国総研内に構築し検証を実施する。

【研究内容】

国総研では、令和5年度に次世代 ETC 車載器のテスト環境を構築し、技術的検証を実施する予定である。構築するテスト環境は、現行のプローブ処理システム（以下「現行システム」という。）の機器構成を踏襲し、構成機器は、現行機器に技術的検証を行うための機能を付加した機器を用いる。現行システムの機器構成を表-1、構築するテスト環境を図-1に示す。

令和4年度においては、テスト環境の構成機器である試験用車載器、試験用路側機／簡易型路側機、試験用プローブ処理装置の機器の検討・製作を実施した。

なお、現行システムのプローブ統合サーバにあたる設備には「国総研テストシステム」を利用する。国総研テストシステムは、各地方整備局・高速道路会社から ETC2.0 プローブデータを収集し、現行のプローブ処

理の課題解消に向けた検証をするために国総研内に整備を進めているシステムである。

表-1 現行のプローブ処理システムの機器構成

構成機器名	設置場所	機 能
車載器	各車両	車両のプローブデータを収集蓄積し、路側機を通過する際に収集したプローブデータを路側機に送信する。
路側機	路上	車載器からプローブデータを受領し、プローブ処理装置に送付する。
プローブ処理装置	各道路管理者の拠点	複数の路側機から送付されてきたプローブデータを集約し、プローブ統合サーバに送付する。
プローブ統合サーバ	全国2箇所の拠点	全国のプローブデータを集約し、統計処理等を実施する。

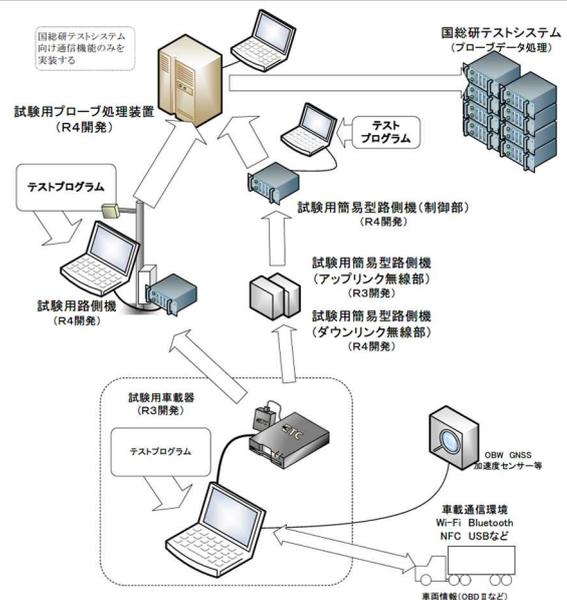


図-1 次世代 ETC 車載器のテスト環境

[研究成果]

本研究で検討・製作した機器やソフトウェアを表-2に示す。各機器等の詳細を以下に示す。

表-2 車載器テスト環境構築に関する開発機器

開発機器及びプログラム	数量
(1) 試験用プローブ処理装置	1台
(2) 試験用路側機（ソフトウェアのみ）	2種
(3) 試験用簡易型路側機	
・ 制御部	1台
・ ダウンリンク対応無線部	3台
(4) 試験用車載器機能追加	1台
(5) アップリンクデータ生成プログラム	1式

(1) 試験用プローブ処理装置の開発

現行システムでは、プローブ処理装置が各地整・高速会社に設置され、路側機からのデータを収集し、上位装置に転送する機能を有している。本業務においては、試験用プローブ処理装置1台を開発した。当該試験用プローブ処理装置において、現行の機能以外に、試験環境での検証のために実装した機能は以下のとおり。

- ・ 試験用プローブ処理装置を用いて試験を行う際に、データ通信の内容を詳細に記録できる通信ログ機能
- ・ プローブデータの収集に活用するアップリンクデータ（以下「アップリンクデータ」という。）を拡張した試験用車載器によるアップリンクデータを国総研テストシステムに中継する機能
- ・ 試験用路側機のソフトウェアインストールや通信ログの取り出しを、外部記憶装置等を経由して行える機能
- ・ 試験用路側機の稼働状況を画面で確認しながら通信試験を行える機能

(2) 試験用路側機の開発

現行の路側機は、道路管理者により一般道・高速道に設置され、ETC2.0 プローブデータを収集している。本業務においては、試験用路側機のソフトウェアを開発した。当該ソフトウェアについては、現行路側機のソフトウェアに倣い、切断手順が異なる2種類のソフトウェアを製作した。当該試験用路側機において、現行と同等の機能以外に、試験環境での検証のために開発した機能は以下のとおり。

- ・ 既存のETC2.0車載器の他に、通信手順に改造を加えた試験用車載器との通信機能
- ・ アップリンクデータのフォーマットを変更できる機能
- ・ データ通信の詳細な記録を収集できる通信ログ機能
- ・ 試験用路側機の稼働状況を画面で確認しながら車載器との通信試験を行える機能

(3) 試験用簡易型路側機の開発

現行の簡易型路側機は、道の駅や一般道など比較的車両の走行速度が低い場所へ安価に設置でき、物流拠点やバスセンターなど道路管理者以外（民間）が管理する施設内にも設置できることを目的に設計されたもので、現状はアップリンク機能のみ有した機器が製作されている。

試験用簡易型路側機において、現行と同等の機能以外に、試験環境での検証のために開発した機能は以下のとおり。

- ・ 試験用簡易型路側機から車載器に情報提供用データ等をダウンリンクする機能
- ・ 試験を行う際に、データ通信の詳細な記録、外部からの運用管理などを行える管理機能
- ・ 試験用簡易型路側機のソフトウェアインストールや通信ログの取り出しを、外部記憶装置等を経由して行える機能
- ・ 試験用簡易型路側機の稼働状況を画面で確認しながら車載器との通信試験を行える機能

(4) 試験用車載器の機能追加

プローブ情報を使用している道路管理者より、車両が一般道／高速道のどちらを走行しているか判別出来るようにするため、プローブ情報にETCゲート通過情報を追加してほしいとの要望があった。このことを踏まえて、製作済である試験用車載器に、「ETC通過情報」を試験用車載器内に保存し、アップリンクデータに組み込む機能を追加した。

(5) アップリンクデータ生成プログラムの試作

今後実施する次世代ETC車載器の機能開発テストに用いる試験用データを生成するためのアップリンクデータ生成プログラムを試作した。

具体的には、試験用車載器と接続したGNSS受信機、加速度センサー、模擬OBW（車載型重量計）及び模擬スイッチからの入力を受けて、試験用車載器内でアップリンク用のプローブデータを生成する仕組みを備えたプログラムである。また、当該プログラムの試作を通じて得た知見を基に、「車載器アップリンクデータフォーマット仕様書（案）」の記載内容を見直し、更新を行った。

[成果の活用]

本研究では、次世代車載器が社会実装された場合の影響や要検討事項を抽出・確認するためのテスト環境に関連する機器類・ソフトウェアを製作した。

次年度以降、本年度製作した機器類を国総研試験走路内に実際に設置し次世代ETC車載器のテスト環境を構築し、一連の技術的機能検証等を行った上で、現行のETC車載器の機能を拡張した次世代ETC車載器の機器仕様策定を目指す。

ITS の研究開発及び国際標準化に関する海外動向調査

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

(研究期間 令和4年度)

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

室 長

Head

主任研究官

Senior Researcher

主任研究官

Senior Researcher

研究官

Researcher

井坪 慎二

ITSUBO Shinji

中川 敏正

NAKAGAWA Toshimasa

酒井 与志亜

SAKAI Yoshia

石原 雅晃

ISHIHARA Masaaki

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

〔研究目的及び経緯〕

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

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

また、ITS技術に関する国際標準の対応として、国際標準化機構専門委員会204(ISO/TC(Technical Committee)204)の動向の整理等を実施した。

〔研究成果〕

1. ITS 海外動向調査

(1) 自動運転システムの事故報告に関する一般命令

2021年6月、米国道路交通安全局(National Highway Traffic Safety Administration:NHTSA)は、米国自動車技術会(Society of Automotive Engineers:SAE)によるレベル3~5の自動運転システム(Automated Driving Systems:ADS)を搭載した車両が関与した事故の報告を指定メーカーや事業者(報告主体)に求める常設一般命令を発行した。2022年5月15日現在、NHTSAは130件のADS搭載車衝突事故の事故報告書を受け取っている。事故のうち108件は他の車両との衝突であり、11件は自転車など交通弱者に関連している。

(2) 工事箇所データ相互交換(Work Zone Data Exchange)

工事箇所データ相互交換(Work Zone Data Exchange:WZDx)は、インフラ所有者および運営者が工事箇所デ

ータを統一された形式で第三者に提供するものである。工事箇所データを車両に提供することで、自動運転システム(ADS)や人間のドライバーの安全運転の実現を目指している。

1) WZDxの技術仕様

WZDxの技術仕様(WZDx Specification)は、2023年2月にver4.2がリリースされ、「Work Zone Feed(工事箇所フィード)」と「Device Feed(装置フィード)」の2つのデータフィードで構成されている。前者は、道路上の工事箇所の詳細情報(位置、車線、日時等)とそれに対応する迂回路情報で構成される。後者は、現地設置された機器(表示板、カメラ、センサー等)の情報で構成されている。

2) WZDxの活用事例1:道路閉鎖交通情報システム

アリゾナ州マリコパ郡交通局では、WZDxを活用し、幹線道路上の道路閉鎖交通情報システムを構築した。幹線道路MC-85での実証実験では、工事箇所の上流でトラックドライバーに情報を提供している。

なお、当該情報は、道路閉鎖情報や代替ルート情報に加え、速度超過等の個車を対象とした警報も含まれている。

3) WZDxの活用事例2:工事箇所データハブの開発

アイオワ州交通省では、WZDxを活用して、一元的な工事箇所データハブを構築する取組を行っている。ITS技術を活用したインテリジェント工事箇所(IWZ)を導入し、稼働中の事業に関する工事箇所の情報を常時収集している。収集されたデータは、交通管理センターに送られ、有効性、モビリティ、安全性への影響評価に利用されている。

2. 国内事例の発信

諸外国へ発信する国内の ITS・自動運転に関する取組について、以下に示す資料等を作成した。

(1) 可搬タイプの「経路情報収集装置」の開発

国土交通省では、ITS スポット等の経路情報収集装置を用いて ETC2.0 プローブ情報を収集し、道路管理に活用している。当該装置の設置箇所は高速道路と直轄国道が多く、設置箇所から離れた地域の ETC2.0 プローブ情報は収集されにくい状況にある。このため、国総研では、災害時等に被災地でも活用可能な可搬型の経路情報収集装置を開発した。

国総研では、可搬型路側機の活用促進を目的として、試行を通じて、可搬型路側機の設置場所・方法の検討や、設置に必要な地権者や電波利用などの協議、運用に係る諸手続き等の整理を行い、「可搬型路側機設置マニュアル(案)」及び「活用事例集(案)」として纏めている。

(2) ETC2.0 プローブデータの利便性向上への取組

次世代のプローブデータ処理システムには、ETC2.0 プローブデータの利活用の拡大が求められる。具体的には、生活道路安全対策などの新たなニーズに対応するためのデータ取得対象道路の拡大や、様々な外部機関とのデータ連携を実現するためのデータ共有環境の構築である。ETC2.0 プローブデータの利活用の拡大により、災害時における交通状況の迅速な把握とネットワークの確保、急減速などが多発する路線の把握、渋滞箇所の把握による交通円滑化施策の立案、高速道路での賢い料金施策、及び特殊車両通行手続きの簡素化や車両運行管理支援等への貢献が考えられる。国総研では、現行システムにおける課題(個人情報の秘匿化、マップマッチング手法、統計処理方法、システム構成、データ管理方法)を整理し、課題の解決手法を検討している。

(3) 自動運行補助施設(路面施設)の設置基準、点検要領の策定

限定地域の無人自動運転移動サービスについては、「2030年までに100箇所以上において社会実装」という政府目標が掲げられている。実証実験では、電磁誘導線や磁気マーカ等の路面施設を設置し、道路側から自車位置特定を補助する路車連携型の車両について、安定した運行の実現が確認できた。実証実験において路面施設の有効性が確認されたこと等を踏まえて、国土交通省道路局長から路面施設の設置基準及び点検要領が通知されている。今後、路面施設の設置を普及することにより、一般道における自動運転の社会実装を進めることとしている。

3. ITS 関連の国際標準化状況調査

国総研では、ITS に関する国際標準化機構 ISO/TC204、TC22 及び TC268 における各分科会の国際標準化活動の動向について情報整理を行うとともに、この活動を通して海外の ITS 路車間通信の状況などの調査を行った。具体的には、国際標準化の動向について各 WG に対応する国内分科会(表-1)の関係者にヒアリングを行うとともに、重要な WG においては受注者が国際会議に参加して情報収集を行った。

表-1 ヒアリングの対象とした国内分科会

TC	SC	WG
TC204		システム機能構成 (WG1)
		自動料金収受 (WG5)
		商用貨物車運行管理 (WG7)
		公共交通 (WG8)
		交通管理 (WG9)
		旅行者情報 (WG10)
		走行制御 (WG14)
		通信 (WG16)
		ノーマディックデバイス (WG17)
		協調 ITS 協調システム (WG18)
	モビリティ・インテグレーション (WG19)	
	ビッグデータと AI (WG20)	
TC22	SC31	データ通信 (WG6)
TC286	SC2	持続可能なモビリティと輸送

また、ISO/TC204 においては、日本の ITS 技術の国際標準規格(案)(ISO5255-2 低速度自動運転サービス)の作成支援を実施した。

[成果の活用]

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

4. 空間活用

自転車活用推進に向けた自転車通行空間の評価に関する調査

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

(研究期間 令和3年度～令和5年度)

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

室 長
Head
主任研究官
Senior Researcher
研 究 官
Researcher
交流研究員
Guest Research Engineer

池田 武司
IKEDA Takeshi
松田 奈緒子
MATSUDA Naoko
久保田 小百合
KUBOTA Sayuri
井上 航
INOUE Wataru

In this study, the author focused on traffic safety and verified the method of grasping the effect through comparative analysis of actual bicycle traffic space.

[研究目的及び経緯]

自転車事故の総発生件数は10年間で半減しているのに対し、自転車対歩行者事故件数は横ばいで推移している等の課題があり、自転車通行空間の整備が一層求められている。自転車通行空間の整備については、平成24年11月に国土交通省と警察庁が「安全で快適な自転車利用環境創出ガイドライン」を作成し、自転車は車道通行が大原則であるという観点に基づき、道路交通状況に応じた設計の考え方が示されている。しかしながら、これまで自転車通行空間の整備が進められてきているものの、整備延長は令和2年3月末時点で約2,900kmに留まり、整備形態の約7割が車道混在となっている。

自転車通行空間の整備が進まない要因の1つに、自転車通行空間の整備による効果(安全性向上)の把握が困難なことが挙げられる。交通安全対策の効果把握では、事故データを用いることが一般的であるが、自転車に関連する事故の件数は、事故全体と比較するとあまり多くはない(サンプル数が少ない)ため、ばらつきの影響により、想定した効果として把握できない場合が多いと想定される。そこで本研究は、自転車通行空間の安全性の観点から整備効果を把握するための、事故データによらない指標を検討し、走行試験による検証を実施したものである。

[研究内容]

本研究は、①文献調査による整備効果把握のための指標(以下、「指標」という)及び安全性に影響を及ぼす要因(以下、「影響要因」という)の検討、②走行試験による指標及び影響要因の妥当性検証を行った。①については、自転車の通行に関する安全性の把握に係る国内外の論文やガイドラインを収集し、用いられている指標を整理した上で、計測やデータ入手の

容易性などの観点を踏まえ、本研究で採用する指標及び影響要因を選定した。

②については、異なる整備形態(自転車専用通行帯、車道混在、整備なし)が連続する区間(図-1)を有する4路線において、10名～11名の被験者による走行試験を行い、ビデオ調査やアンケート調査により、①で選定した指標について、異なる路線・整備形態間の比較分析及び、指標間の相関分析により、指標としての妥当性検証を行った。

また、影響要因について主観評価による危険性との相関分析により妥当性の検証を行った。



図-1 調査対象路線のイメージ

[研究成果]

1) 文献調査に基づく指標及び影響要因の検討

自転車の通行に関する安全性の把握に係る国内及び海外の文献調査結果の概要を表-1に示す。

国内文献では、自転車通行空間利用率、自動車平均速度、交通量などの統計データや観測データのほか、アンケート調査などに基づく危険感や快適性などの主観評価値、身体的な影響を表す心拍変動などが主に用いられていることが分かった。

一方、海外文献では、主に幅員構成や路面状況など自転車通行空間の構造に係るデータを用いて把握を行っていることを確認した。

次に文献調査から整理した指標に関して、データの計測や入手の容易性や指標としての汎用性の観点を踏まえ、本研究での指標及び影響要因としての採用の適否を判断した。

※本報告は令和3年度当初予算の標記の研究課題を令和4年度に継続して得た結果をまとめたものである。

表-1 文献調査結果の概要

文献で用いられている指標		本研究での採用適否/調査手法	
主観値	危険感	採用	直接的に安全性を表す「指標」
	快適性		
事故・挙動	危険と感じた回数	採用	間接的に安全性に影響を及ぼす「影響要因」
	挙動変化(回数)		
道路構造交通状況	自転車通行空間利用率	採用	ビデオ調査
	自動車平均速度		
	交通量		
	大型車混入率		
	路上駐車台数		
身体影響	心拍変動	不採用	計測容易性の面で課題あり 適用モデルとして未確立 研究段階のモデル
	自転車サービスペル		
統合指標	安全感評価モデル	不採用	計測容易性の面で課題あり 適用モデルとして未確立 研究段階のモデル

2) 指標の妥当性評価

路線・整備形態間の比較においては、1) で採用した5つの指標(危険感、快適性、危険と感じた回数、挙動変化回数、自転車通行空間利用率)のうち、本稿では危険感、自転車通行空間利用率(上下双方向の総自転車通行台数に対する自転車通行空間(整備なしの場合は車道左側端)を順方向で通行する自転車台数の割合 [%])による比較結果を示す。

危険感については、被験者による5段階評価を点数化(点数が低いほど危険)し、路線・整備形態毎の平均点を比較に用いており、全路線で危険感の低いものから、自転車専用通行帯、車道混在、整備なしの順となっている(図-2)。

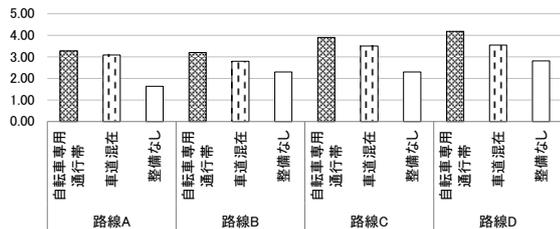


図-2 路線・整備形態別の危険感

自転車通行空間利用率については、路線B及び路線Dにおける整備形態の指標の大小関係について、想定していた仮説(自転車通行空間利用率が高いものから、自転車専用通行帯、車道混在、整備なしの順となる)の順序との逆転が生じており(図-3)、当該路線の実走時に撮影したビデオ映像から、路上駐車車両を避け歩道を通行する状況が確認されたことから、路上駐車車両の有無が指標に影響している可能性が考えられる。

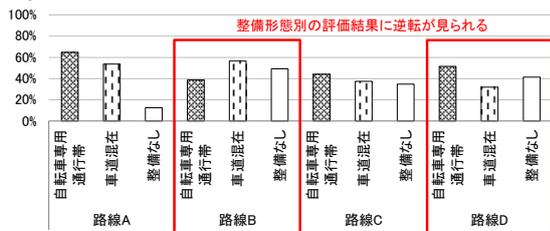
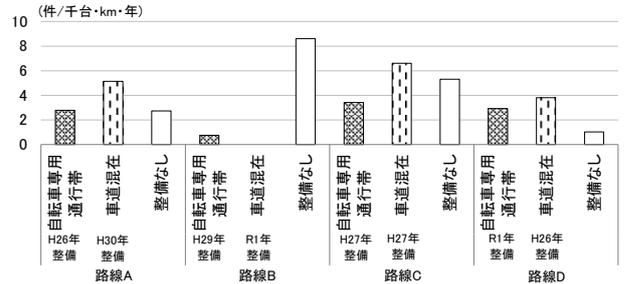


図-3 路線・整備形態別の自転車通行空間利用率

なお、確認のため、自転車が関連する事故の件数による比較も実施したが、冒頭で述べたとおり、自転車関連事故件数が少ない(サンプル数が少ない)ことに

起因して、路線・整備形態毎で指標のばらつきが大きく、指標の大小関係について、想定通りとはならないことが確認された(図-4)。



※通行空間整備後(整備なしの場合は、H21~R2に発生した事故件数(1年あたり0~6件程度)を調査区間の日当たり自転車台数(千台)および調査区間延長(km)、整備後からR2年までの期間(年数)で除して算出
図-4 路線・整備形態別の自転車関連事故件数

次に、指標間の相関分析を行った(表-2)。その結果、危険感、快適性や危険と感じた回数、挙動変化(よろめきやふらつき)回数や自転車通行空間利用率との間には「強い~やや強い相関関係」が確認され、自転車通行に関する安全性を表す想定通りの結果が得られた。以上より、危険感、快適性、危険と感じた回数、挙動変化回数、自転車通行空間利用率については、自転車通行空間の安全性を把握する指標として妥当である可能性が高いことが示唆された。

表-2 指標間の相関分析結果

	危険感	快適性	危険と感じた回数	挙動変化回数	自転車通行空間利用率
危険感	-	0.966	-0.743	-0.659	0.447
快適性	-	-	-0.592	-0.646	0.492
危険と感じた回数	-	-	-	0.628	-0.128
挙動変化回数	-	-	-	-	-0.538
自転車通行空間利用率	-	-	-	-	-

※危険感との相関係数の符号については、危険感は5段階評価を点数化し、点数が低いほど危険が高まることを表現する指標であることに注意

3) 影響要因の妥当性検証

危険感と影響要因との相関分析を行うことで自転車通行空間の安全性に影響を及ぼす要因を把握した(表-3)。その結果、危険感と自動車平均速度、路上駐車台数には相関係数は小さいものの、自動車平均速度が高くなる・路上駐車台数が多くなるほど、危険感が高まる傾向が確認された。一方で、自動車交通量や車道部幅員とは明確な相関関係は見られなかった。また、大型車混入率が高まるほど危険感が低下する傾向が確認された。これは、調査路線の自転車通行空間以外の車道部の幅員が広く、大型車混入率が高くても危険性が低いと判断されたことが要因と考えられる。

表-3 危険感と影響要因の相関分析結果

	自動車交通量	自動車平均速度	1km当たり路上駐車台数	大型車混入率	車道部幅員
危険感	-0.032	-0.292	-0.303	0.362	0.161

【成果の活用】

本成果は、自転車通行空間の整備を促進するための施策検討の基礎資料として活用される予定である。

自転車活用推進に向けた自転車通行空間の評価に関する調査

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

(研究期間 令和3年度～令和5年度)

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

室 長
Head
主任研究官
Senior Researcher
研 究 官
Researcher
交流研究員
Guest Research Engineer

池田 武司
IKEDA Takeshi
松田 奈緒子
MATSUDA Naoko
久保田 小百合
KUBOTA Sayuri
井上 航
INOUE Wataru

In this study, the author grasped swinging width and traffic safety of the electric kick scooter by comparing bicycle ones on running test course.

[研究目的及び経緯]

平成24年11月に国土交通省と警察庁が「安全で快適な自転車利用環境創出ガイドライン」を作成し、自転車通行空間の整備を進めてきた。このような中、令和4年4月の道路交通法の改正（令和5年7月施行）により、一定の要件を満たす特定小型原動機付自転車（以下、「電動キックボード」という）が、16歳以上であれば免許不要で乗車可能であり、車道に加え自転車歩行者道以外の自転車通行空間での走行が可能になり、自転車通行空間をとりまく環境が変わろうとしている。

これまでに、電動キックボードの自転車通行空間の走行の安全性等の確認のため、実道での実証実験が行われている。一方で、自転車通行空間の幅員を決めた際は自転車の蛇行幅を参考としており、それと同様に電動キックボードの蛇行幅を確認しておく必要があるが、実道で確認するのは難しい。また、タイヤ径が小さい電動キックボードについて、段差等のある路面状況における走行安全性の確認も実道では難しい。そこで本研究は、国総研試験走路において、電動キックボードの蛇行幅や段差等における走行安全性に関する走行試験を行ったものである。

[研究内容]

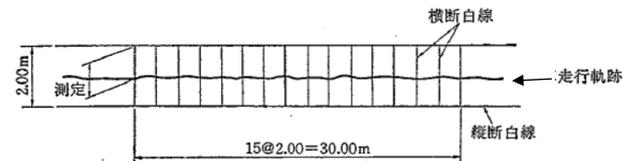
電動キックボードの①蛇行幅や②段差等における走行安全性の確認にあたり、電動キックボードだけでなく、比較対象として、自転車、電動立乗り車の3種類のモビリティ（写真-1）を用いて走行試験を行った。

①については、被験者10名（男性5名、女性5名（20～50代9名、65歳以上1名））により行った。幅員2m×延長30mの走路を単独で走行する「単独走行」（図-1）と、幅員3m×延長30mの走路を2台が、車両間隔1mで横に並んで走行する「並列走行」を行った。単独走行、並列走行においては、ビデオ撮影に

より2mおきに蛇行幅を計測するとともに、並列走行においては、車間距離（各モビリティのハンドル中心間の距離とここでは定義する）も計測した。



写真-1 実験に使用したモビリティ



(出典「自転車道等の設計基準解説」（日本道路協会）「技術基準作成のための実験結果資料」)

図-1 単独走行の蛇行幅のイメージ

②については、被験者8名（男性4名、女性4名（20～50代7名、65歳以上1名））が、表-1に示す3種類の走路において、「段差、落ち葉、砂」の有無の2パターンで、各モビリティで走行した。なお、「段差、落ち葉、砂がある状態」を図-2に示す。段差については、モビリティで段差上を通行することを前提とし、進行方向に対して横方向に設置した高さ8mm及び20mmの段差と、進行方向に対して縦方向に設置した高さ8mmの段差の3種類を用いた。これらの走行の都度、危険と感じた回数や安全性（5段階評価）等について、被験者から回答（質問紙に記入）を得た。

表-1 走行試験の走路のパターン

想定する自転車通行空間	走行試験の走路		
	幅員	延長	車道との境界
2.0m自転車道	2.0m	100m	縁石
1.5m自転車道	1.5m		縁石
1.5m自転車専用通行帯	1.5m		白線

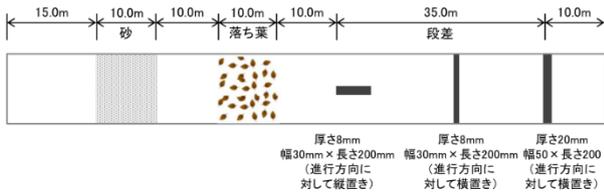


図-2 走行実験の走路イメージ

【研究成果】

1) 蛇行幅の確認

単独走行における蛇行幅の平均値は、自転車、電動キックボード、電動立乗り車で同程度であった（表-2、図-3）。最大値（蛇行幅が最も大きかった被験者の蛇行幅）においても、自転車と電動キックボードは同程度であり、電動立乗り車はそれよりも少し大きい大きな違いはない結果であった。

表-2 単独走行における蛇行幅の平均値と最大値

	自転車	電動キックボード	電動立乗り車
平均値(cm)	14	12	12
最大値(cm)	49	47	58

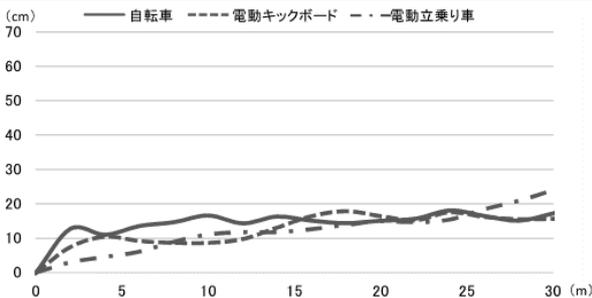


図-3 蛇行幅（単独走行・平均値）

また、並列走行における車間距離についても、自転車、電動キックボード、電動立乗り車の蛇行幅の平均値と最大値は同程度であった（表-3）。

表-3 並列走行における車間距離の平均値と最大値

	自転車	電動キックボード	電動立乗り車
平均値(cm)	150	144	148
最大値(cm)	212	217	214

2) 走行安全性の確認

走行安全性の確認結果について、本稿では、2mの自転車道を想定した走路パターンの結果について述べる。なお、1.5m自転車道および1.5m自転車専用通行帯においても同様の結果であった。

主観評価による危険と感じた回数の平均値を表-4に示す。どのモビリティにおいても障害物なしに比べ障害物ありの方が高い値であったが、障害物の有無に関わらず危険と感じた回数は多くはなかった。

障害物なしにおいては、自転車は、他のモビリティ

より若干高い値であった。これは、回答の理由をみると、風の影響によるものであった。障害物ありにおいては、電動立乗り車が最も低い値であり、自転車と電動キックボードは同じであった。どのモビリティも、進行方向に縦方向に設置した高さ8mmの段差において危険と感じることが最も多かった（図-4）

表-4 アンケートによる危険と感じた回数の平均値（2m自転車道を想定した走路）

	自転車	電動キックボード	電動立乗り車
障害物なし	0.38	0.13	0.13
障害物あり	0.63	0.63	0.38

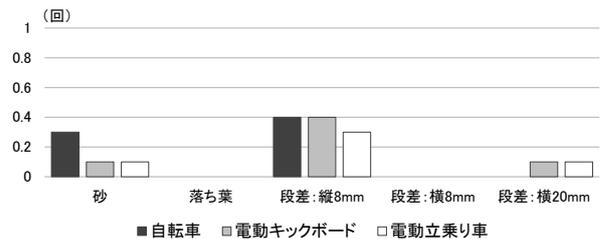


図-4 障害物ごとのアンケートによる危険と感じた回数の平均値（2m自転車道を想定した走路）

主観評価（アンケート）による安全性については、5段階評価を点数化し、8名の被験者の平均値により評価を行った（表-5）。その結果、どのモビリティにおいても障害物ありに比べ障害物なしの方が平均点が高くなっており、障害物がある場合に安全性が下がる傾向が確認された。また、どのモビリティにおいても安全性は同程度であった。

表-5 アンケートによる安全性の平均値（2m自転車道を想定した走路）

	自転車	電動キックボード	電動立乗り車
障害物なし	4.63	4.38	4.50
障害物あり	3.58	3.28	3.70

以上の研究結果から、電動キックボードの蛇行幅および走行安全性に関しては、自転車と同程度であり、自転車通行空間の走行時における蛇行・走行安全性の観点で大きな問題はないことが示唆された。ただし、本研究の結果は国総研の試験走路における、段差等の存在も事前に周知された状況での結果であることに留意が必要であり、引き続き実道での実験の結果に着目していく必要がある。

【成果の活用】

本成果は、電動キックボードの通行も踏まえた自転車通行空間の構造等の検討における基礎資料として活用される予定である。

多様なニーズや新しい生活様式に対応した

道路空間の利活用に関する調査

Research on utilizing road spaces considering diverse needs and new lifestyles

(研究期間 令和3年度～令和4年度)

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

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

The purpose of this research is to create lively road spaces that can solve regional issues and meet diverse needs. Through case studies related to the utilization of road spaces, technical knowledge is collected and organized, feedback is given to the site, and problem-solving efforts are researched and examined in order to promote the utilization of such spaces. In FY2022, “Research of the utilization of Road shoulders, parking spaces, etc.” and “Research of Pedestrian Priority road” were conducted.

〔研究目的及び経緯〕

国土交通省では、審議会等での議論を通じて、歩道や路肩等の柔軟な利活用、道路全断面で歩行者が優先通行可能で歩行者と車が共存する空間の実現など、人中心の道路を実現する空間の創出についての検討が進められている。

国土技術政策総合研究所では、歩道、植樹帯、路肩からなる道路の部分（以下「歩車道境界部」という。）の利活用手法、道路全断面で歩行者が優先通行可能で歩行者と車両が共存する道路空間（以下「歩行者優先道路」という。）の導入手法に関する調査を行っている。

令和4年度は、「歩車道境界部の利活用の実践事例の調査」及び「歩行者優先道路の導入事例の調査」を行った。

い施設や休憩施設等、多様な機能をもたせる空間を設置するなど、交差点間などにおいて道路の延長方向（縦断方向）に用途を変化させている事例

2. 歩行者優先道路の導入事例の調査

歩行者優先道路の導入に向けては、導入場所の特性に応じた道路構造や設置施設に関する知見の整理が必要となる。

そこで、道路全断面で歩行者が通行可能で、自動車が歩行者に配慮して通行している事例を選定し、導入における工夫や課題点を調査した（表-2）。調査結果を元に歩行者優先道路の導入の推進のためのポイントの整理を試みた。

〔研究内容〕

1. 歩車道境界部の利活用の実践事例の調査

歩車道境界部の柔軟な利活用の推進に向けては、多様な用途に応じた歩車道境界部の道路構造や設置施設、歩車道境界部の管理・運用に関する知見の整理が必要となる。

そこで、以下に示す観点から歩車道境界部の利活用の実践事例を選定し、事例の工夫や課題点を調査した（表-1）。調査結果を元に歩車道境界部の柔軟な利活用の推進のためのポイントの整理を試みた。

（歩車道境界部の利活用の実践事例選定の観点）

- ・時間帯別の利活用：時刻に応じて歩道や荷さばきスペースに使い分けるなど、任意の道路断面において時間帯別に用途を変化させている事例
- ・道路の延長方向（縦断方向）の利活用：路肩へ賑わ

表-1 歩車道境界部の利活用事例

事例番号	調査箇所	所在地
1-1	さっぽろシャワー通り	北海道札幌市
1-2	さやもーる	群馬県高崎市
1-3	花園町通り	愛媛県松山市
1-4	ハニカムスクエア	静岡県静岡市
1-5	KOBE パークレット	兵庫県神戸市

表-2 歩行者優先道路の導入事例

事例番号	調査箇所	所在地
2-1	サンキタ通り	兵庫県神戸市
2-2	神門通り	島根県出雲市
2-3	かんなわ鉄輪温泉いでゆ坂	大分県別府市
2-4	国際通り	沖縄県那覇市
2-5	元町通り	神奈川県横浜市

〔研究成果〕

1. 歩車道境界部の利活用の推進のためのポイント

調査結果を元に、歩車道境界部の利便性、安全性の観点からポイントを整理した（表-3）。

利便性の観点では、既設建造物の活用、道路構造の改良および施設の設置など、用途に照らした利活用空間の形成がポイントと考えられる。安全性の観点では、防護策やポラード等を用いた物理的な分離、案内標識や注意喚起看板等を用いた周知がポイントと考えられる。

表-1の事例1-1では、可動式のポラードを時間帯により移動することで、歩道と荷さばきの用途を使い分ける利活用空間を形成している。荷さばき利用時は、入口端部のポラードの間にチェーンを掛けるとともに、歩行者に荷捌き時間を明示することで、歩行者の安全確保が図られている（写真-1）。

表-1の事例1-3では、道路空間の再配分により歩行空間の拡幅が行われ、利活用空間が形成されている。利活用空間と車道との間に自転車道が整備され、利活用空間と車道との物理的な分離が図られている。また、自転車道と車道との間に約5cmの高低差があり、自動車が利活用空間へ乗り入れる際の乗り入れ速度の低減効果が期待できる。

2. 歩行者優先道路の導入の推進のためのポイント

調査結果を元に、歩行者の利便性、安全性の観点からポイントを整理した（表-4）。

利便性の観点では、歩車道境界の段差低減による通行機能の確保や賑わい施設の設置など、歩行空間の形成がポイントと考えられる。安全性の観点では、交通規制と連携した通行車両の制限・抑制や車両走行空間の限定による通行車両の速度低減など、車両通行のマネジメントがポイントと考えられる。

表-2の事例2-2では、車道と歩行空間をフラットにしつつ、歩行空間の舗装パターンを外側線の車道側までにじみ出し、歩行空間を広く見せることで、通行車両の速度抑制を図っている（写真-3）。

表-2の事例2-3では、舗装の高質化により歩行者優先の歩行空間を形成するとともに、20km/hの速度規制、路側線の位置への雨水排水側溝（グレーチング）の配置などにより車両走行位置を示すことで、車両通行のマネジメントを図っている（写真-4）。

両事例とも、車線区分のない道路であるものの、舗装デザイン等の工夫により、歩行空間の形成と車両通行のマネジメントが行われている。

〔成果の活用〕

引き続き事例調査を進め、歩車道境界部の利活用の推進、歩行者優先道路の導入の推進、それぞれのポイントをまとめていくことを予定している。

表-3 歩車道境界部の利活用の推進のためのポイント

観点	ポイント
歩車道境界部の利便性	【用途に照らした利活用空間の形成】 ー既設建造物の活用 ・時間制限駐車区間や停車帯の有効利用 ・屈曲部のデッドスペースの有効利用 ー道路構造の改良 ・舗装の高質化 ・可動式のポラード等の設置 ー施設の設置 ・賑わい施設や滞留空間の設置 ・電気水道施設の設置
歩車道境界部の安全性	【利活用空間の明確化】 ー物理的な分離 ・防護柵等 ・ポラード、車止め ー周知 ・区画線、舗装デザイン ・案内標識、注意喚起看板



写真-1 事例1-1の状況



写真-2 事例1-3の状況

表-4 歩行者優先道路の導入の推進のためのポイント

観点	ポイント
歩行者の利便性	【歩行空間の形成】 ー通行機能の確保 ・沿道民地との一体利用による歩行空間の確保 ・舗装の高質化 ・歩車道境界の段差低減 ー賑わい・滞留機能の確保 ・賑わい施設や滞留空間の設置
歩行者の安全性	【車両通行のマネジメント】 ー通行車両の制限・抑制 ・交通規制との連携（時間・曜日限定の歩行者用道路化、特定車両以外を除車両通行止め） ー通行車両の速度抑制 ・歩道舗装の車道部へのにじみだし ・車両走行位置の限定



写真-3 事例2-2の状況

写真-4 事例2-3の状況

道路緑化の評価手法と持続可能な目標設定

維持管理方法に関する研究

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

(研究期間 令和3年度～令和5年度)

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

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

〔研究目的及び経緯〕

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

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

〔研究内容〕

(1) 街路樹の現況評価に関する調査

過年度に試案として作成した街路樹の現況評価票について、既存の街路樹を対象とした評価の試行を行うことで、複数の評価者による評価結果の相違や判断基準の揺らぎ等の問題点を抽出し、現況評価票の評価方法の修正や評価項目の見直しによる適応性の向上を図った。

(2) 道路緑化に対するニーズ把握手法に関する調査

道路緑化の整備や維持管理を実施する際に配慮すべきステークホルダーのニーズを的確かつ効率的に把握する方法について文献及び事例調査により整理した。

〔研究成果〕

(1) 街路樹の現況評価に関する調査

現況評価の試行は、街路樹として多用されているイチョウ、サクラ類、ケヤキ、ハナミズキ、トウカエデ、クスノキの6樹種を対象に、各樹種で生育状況の異なる3路線(100m程度)で、評価者2名により行った。

1) 現況評価票の問題点の抽出とその改善

評価における主な問題点として、以下が抽出された。

① 路線毎に異なる維持管理や周辺環境による影響

剪定後の経過時間による樹冠形状や枝葉密度の違いは、生育状況が良好であってもマイナス評価となる傾向がある。また、道路に隣接した緑地とつながっている場合、緑地のボリュームや修景などの景観向上に関する機能においてプラス評価が過大となる傾向がある。

② 評価者による相違

評価項目によっては、心理的な評価手法を基にした単純な形容詞対(例:街路樹により「圧迫を感じる」～「感じない」までを5段階評価)を判断基準としており、評価者の感受性の違いに影響されることがある。

③ 調査時期による相違

落葉樹の場合、着葉の有無により景観向上や緑陰形成等の緑化機能の評価に違いが生じる。

以上の問題点に対して、調査時期(剪定直後や落葉期を除く)を統一するとともに、樹冠の緑量を評価する際には樹冠欠損率や緑視率(人の目に見える緑の割合で撮影写真から定量的に算出可能)を活用すること、感受性に強く左右される評価項目の判断基準の補完説明や削除等を適宜行うことで(図-1)、評価項目と判断基準を再設定した評価手法としてとりまとめた。

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

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

図-1 現況評価の判断基準(案)

2) 現況評価の手順と評価における配慮事項

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

現況評価の試行により、評価する際の街路樹のとらえ方については、以下のとおり整理した。

- ①単木：健全度においては、単木ごとに倒伏や落枝につながる樹体の弱点を把握。また、道路交通への影響においても、単木ごとの建築限界の越境や視距の阻害等を把握。
- ②並木：緑化機能と周辺環境への影響においては、一定のまとまりをもつ並木として機能を発現あるいは影響を及ぼすものが多いため並木全体で把握。

さらに、周辺環境への影響においては、主に周辺住民の生活にかかわる内容となることから、現地調査での確認のほかに住民からの情報や行政相談等の履歴も把握しておく必要があることがわかった。

(2) 道路緑化に対するニーズ把握手法に関する調査

道路緑化に対するニーズ把握を行う方法については、「社会資本整備における住民とのコミュニケーションに関するガイドブック」(国総研プロジェクト研究報告第10号、2006年12月)に示されている手法を参考にし、実施事例があり道路緑化に適用できることを条件に抽出を行った。

その結果、住民ニーズを直接的に収集する方法としてアンケート調査とインタビュー調査等、ニーズを把握する前に道路緑化の正確な情報を迅速に知ってもらうための情報提供の方法としてイベント実施やメディア活用、さらに、対話により情報収集と提供を同時に行いながら方針や具体的な方法を議論する委員会・検討会議、ワークショップ等を事例とともに整理した(表-1)。なお、イベントや委員会、ワークショップでは街路樹の見学会などにより緑化の効果や課題についての現状認識が現場でも行われていた。

収集データの解析方法としては、研究段階ではあるものの行政相談や住民要望等の文章データから重要キーワードを抽出したうえでキーワード間の関係性をマッピング化することにより住民要望の全体像を把握できるテキストマイニング法が行われており、街路樹に

Step I : 事前調査 (机上調査)

1. 評価対象路線・区間の設定
2. 基礎データの把握(道路位置・概況、植栽地・植栽概況、周辺土地利用、地域特性等)

Step II : 現況評価 (現地調査・机上調査)

1. 基礎データの把握・樹木形状(毎木)、樹間距離、樹冠形状、日照状況、写真撮影等

ポジティブ評価		ネガティブ評価	
2. 緑化機能 ①景観向上 ②生活環境保全 ③自然環境保全 ④地球温暖化緩和 ⑤緑陰形成 ⑥交通安全 ⑦防災 ⑧地域の価値向上	3. 健全度 ①枝葉の生育 ②落枝の安全性 ③幹の生育 ④幹の傾き ⑤幹折れの安全性 ⑥根の生育 ⑦樹体の揺れ ⑧根返りの安全性	4. 道路交通への影響 ①建築限界の越境 ②視距・見通し阻害 ③信号等の視認性阻害 ④道路照明との競合 ⑤架空線との競合 ⑥防護柵との競合 ⑦根上りによる損傷 ⑧沿道施設との競合	5. 地域への影響評価 ①落ち葉の処理 ②花粉や果実の臭気 ③花粉や果実の飛散 ④日照阻害 ⑤病害虫の拡散 ⑥薬剤散布時の飛散 ⑦不快害虫の大発生 ⑧野鳥等による被害

Step III : 評価結果の総括 (現況評価総括票)

<ケヤキの評価例>

調査区間 ○○市 ○○区 ○○町 ○○丁目 緑化目標 「都市景観としての機能的な活用」、「適正な歩道管理の推進」、「街路樹管理体制の確立」	路線名 ○○通り 区間延長 150m (緑化本数 10本)	区間全貌
基礎データ 樹種 ○○ケヤキ 幹高 12.3m 幹周 19cm 樹冠径 13.5m 樹形 樹冠広がり	樹木形状(ケヤキ) 樹冠形状 樹冠広がり 幹の傾き 1.5° 幹折れの安全性 良好 根の生育 良好 樹体の揺れ 良好 根返りの安全性 良好	現況写真 樹木形状(ケヤキ)
緑化機能 ①景観向上 良好 ②生活環境保全 良好 ③自然環境保全 良好 ④地球温暖化緩和 良好 ⑤緑陰形成 良好 ⑥交通安全 良好 ⑦防災 良好 ⑧地域の価値向上 良好	健全度 ①枝葉の生育 良好 ②落枝の安全性 良好 ③幹の生育 良好 ④幹の傾き 良好 ⑤幹折れの安全性 良好 ⑥根の生育 良好 ⑦樹体の揺れ 良好 ⑧根返りの安全性 良好	道路交通への影響 ①建築限界の越境 良好 ②視距・見通し阻害 良好 ③信号等の視認性阻害 良好 ④道路照明との競合 良好 ⑤架空線との競合 良好 ⑥防護柵との競合 良好 ⑦根上りによる損傷 良好 ⑧沿道施設との競合 良好
地域への影響評価 ①落ち葉の処理 良好 ②花粉や果実の臭気 良好 ③花粉や果実の飛散 良好 ④日照阻害 良好 ⑤病害虫の拡散 良好 ⑥薬剤散布時の飛散 良好 ⑦不快害虫の大発生 良好 ⑧野鳥等による被害 良好	総合評価 総合評価 良好 全体的に生育状況は健全で、自然に近い樹形をもち一木もあるため、緑化機能に優れている。 20m以上の根上りが出て、歩道の緑陰が生じている。 過去に幹折の経験があり、樹形の維持に努められている。	街路樹全貌(単木)

図-2 街路樹の現況評価の手順

表-1 道路緑化に対する住民等のニーズ把握手法

目的	方法	概要
情報収集	アンケート調査	道路に隣接する住民やその周辺の住民等に対して、対面や書面等により道路緑化事業に関する意見の傾向を把握する
	インタビュー調査	ステークホルダーの代表者などに対して、インタビュー形式により道路緑化に関する具体的なニーズや問題点等を把握する
	行政相談・コメントカード	住民等が事業に関する意見や提案を行政機関に設置された窓口(HP・SNSも含む)で受け付けることで、道路緑化に関するニーズを広く収集する
	委員会・検討会議	道路緑化に関する主要な関係者や専門家、学識者などが目標設定や整備内容、改善計画等について、会議形式により具体的な検討を行う
情報提供	ワークショップ	参加者が自発的に発言できる場において、住民や行政等の関係者が主体となってファシリテーターのもとで道路緑化に関する課題について議論を行い、改善計画等を立案する
	ブリーフィング	道路緑化に利害関係を持つ団体や代表者等の対し、事業の内容や検討状況に関する最新の情報を個別に説明し、対話により意見を把握する
	オープンハウス	住民が集まりやすい場所でパネル展示やリーフレット等の資料配布を行うことで、具体的な取り組みを知ってもらいながら、具体的な道路緑化の整備内容等に関する意見について、聞き取りやアンケート調査により把握する
情報提供	イベント	道路緑化に関する内容を題材に、シンポジウム、フェア、見学会、学習会等の住民参加イベントを行い、対話により意見を把握する
	メディア	新聞、ラジオ、テレビ等のメディアを通じて、積極的かつ広範囲に道路緑化に関する情報提供を行う

対する住民側の課題を的確に把握し、改善するための効果的な維持管理計画の策定の根拠として活用できると考えられた。

【成果の活用】

今後は、現況評価結果を受けた緑化目標の再設定と維持管理手法について検討し、持続可能な道路緑化方法(技術資料)をとりまとめる予定である。

地域環境特性に配慮したのり面緑化工に関する研究

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

(研究期間 令和2年度～令和4年度)

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

松本 浩
 Head MATSUMOTO Hiroshi
 主任研究官 飯塚 康雄
 Senior Researcher IIZUKA Yasuo

The objective of this study was to enhance technical knowledge of and compile technical materials on slope revegetation methods that do not use nonnative plants in consideration of the conservation of regional ecosystems.

〔研究目的及び経緯〕

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

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

〔研究内容〕

(1) 地域生態系に配慮したのり面緑化目標の検討

地域生態系に配慮したのり面緑化工法（自然侵入促進工、表土利用工、地域性種苗利用工）について、過年度に把握した各工法で成立した植生を基に緑化目標の設定方法を検討した。

(2) のり面緑化における獣害対策に関する調査

のり面緑化地で発生しているシカによる採食や踏み荒らし等の獣害実態について、被害の状況を把握するとともに成立している植生を調査した。調査地は、東北、関東、中部、中国地方の9市町から、のり面69箇所（獣害対策・有：43箇所、無：26箇所）を抽出し、のり面の侵食状況と植生状況を把握した（表-1）。施工後年数は1年から18年とばらついていた。侵食状況については、のり面地山の露出やのり尻への土壌流出等を目視で観察し、植生状況は全体で優占する植生を代表できる幅5m、のり長2m程度の範囲をブラウン・ブランケ法により調査した。さらに、獣害を受けて成立した植生は、(1)の緑化目標における獣

害が予想される場合の配慮事項として反映させた。

〔研究成果〕

(1) 地域生態系に配慮したのり面緑化目標の検討

緑化目標は、のり面緑化工法の特徴に応じて成立する植生と植被率及び群落高について、施工後3～5年の成立過程で確認すべき緑化目標群落と、施工後50年後以降に到達させる地域の自然植生や代償植生である最終目標群落に段階毎で区分し、表-2のとおり試案を作成した。

(2) のり面緑化における獣害対策に関する調査

調査地で行われていた獣害対策は、面的な防除として防護柵工(14事例)、浮体式ネット敷設工(20事例)、その他として客土注入マット工や厚層金網の敷設工等(7事例)であった(図-1)。また、単木防除として苗

表-1 獣害を受けたのり面緑化の調査対象地

所在地	シカ生息密度 (頭/km ²)	のり面数		合計
		獣害対策:有	獣害対策:無	
宮城県 女川町	25~30	2	6	8
		7	1	
埼玉県 飯能市	5~10	2	4	6
		4	3	
静岡県 小山町	20~40	8	3	11
		1	1	
愛知県 設楽町	20	1	1	2
		9	6	
広島県 三次市	30~40	5	2	7
		5	0	
島根県 出雲市	10	5	0	5
		43	26	

※シカ生息密度は県と環境省が公表しているデータを参考にした概数

表-2 緑化目標（試案）

緑化工法	表土利用工・自然侵入促進工	地域性種苗利用工
緑化目標群落 (施工3~5年後)	のり面の周辺環境に適応した先駆植物が優占した植生 例)ススキ、ヌルデ、アカメガシワ、カラスザンショウ、ヤシヤブシ、アカマツ、オノエヤナギ、ヤマハシノキ、タニウツギ、リュウキュウマツ等	のり面に播種あるいは植栽された植物が優占した植生 例)ススキ、ヌルデ、アカメガシワ、ヤマハシノキ、ヤマハゼ、センダン、ネズミモチ、シャリンバイ等
	植被率 80%以上	90%以上
最終目標群落 (施工50年後以降※1)	緑化対象地域の自然植生あるいは代償植生(人為的管理により成立) 例)自然植生 常緑針葉樹林:アカマツ群落 落葉広葉樹林:ミズナラ群落、ケヤキ群落 常緑広葉樹林:スタジイ群落、シラカン群落 例)代償植生 ススキ群落 クスギ・コナラ群落	
	植被率 概ね100%	自然植生:15m以上※2 代償植生:人為的管理による目標を適宜設定 例)ススキ群落であれば2m程度

※1:最終目標群落の施工後年数は、代償植生とする場合には目標種に応じて異なる。

※2:群落高は、地形、地質、のり面勾配、気候条件等によっては15mに達しない場合がある。



図-1 獣害対策工の種類

木保護工（2事例）、1防除（試験施工）として忌避材利用工（1事例）、植物選択による防除として不嗜好性・採食耐性の種苗利用工（1事例）があった。

防護柵、浮体式ネットの単独工とこれに苗木保護工を加えた組み合わせによる対策工では、植被率が70%以上と高く、対策工が行われていないのり面においてものり面全面を植生マットやシートの資材で被覆する緑化工法では70%程度の植被率であった（図-2）。

シカの食害や踏み荒らしによって発生するのり面の土壌侵食は、忌避材（試験施工）や不嗜好性植物による対策工、対策工なしにおいて全面的な被害が確認された（図-3）。木本植生の成立後に防護柵を撤去した場合には、草本植生の食害などにより部分的や全面的な侵食が発生していた。また、防護柵や浮体式ネットを設置したのり面で発生している原因は、柵やネットの資材が劣化したことにより侵入され被害を受けたものであった。

二元指標種分析によるのり面植生の分類では、対策工が行われた場合に、アカメガシワ、トベラ、ヤマハンノキ、ナンキンハゼ、アカマツを代表とした木本群落、メドハギ、ヨモギ、トールフェスクを代表とする草本群落、イノモトソウによるシダ植物群落が成立していた（図-4）。対策工を行わない場合には、オオバアサガラ、アカマツを代表とする木本群落とススキ、クリーピングレッドフェスク、ダンドボロギク、フジアザミ、シソ類、メリケンカルカヤを代表する草本植生が成立していた。このうち、木本種のナンキンハゼ、アカマツ、オオバアサガラ、草本種のススキ、クリーピングレッドフェスク、ダンドボロギク、フジアザミ、シソ類、シダ植物のイノモトソウはシカの不嗜好性植物とされており、獣害対策なしののり面ではほとんどが周辺地域の自然植生とは異なる偏向植生となっていることが確認された。

以上の結果から、地域生態系に配慮したのり面緑化地においてシカ等の獣害が予想される場合には、その目標植生に応じた獣害対策工の実施と維持管理が重要であると示唆された。さらに、獣害が予想される際の緑化目標における目標群落の設定とその際の配慮事項として、目標群落を変更しない場合には防護柵等の効果が高い対策工が必要であること、偏向植生による群落となるのが容認できる場合は実施可能な獣害対策工で成立する緑化目標に変更することを整理した（表-3）。

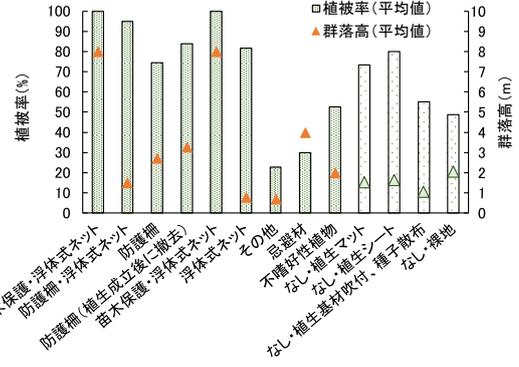


図-2 獣害対策別の植被率及び群落高

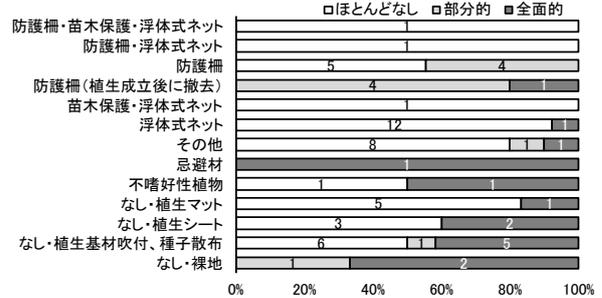


図-3 獣害対策工別の土壌侵食

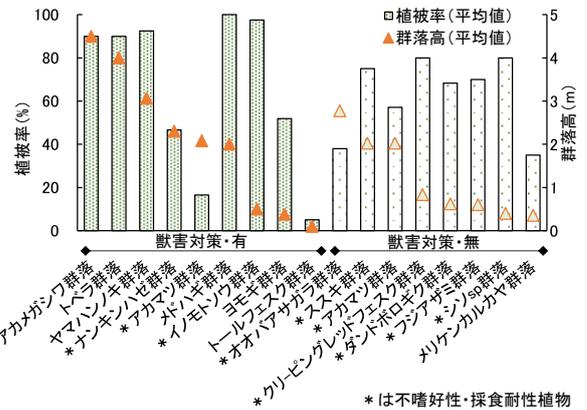


図-4 獣害対策別の成立植物群落

表-3 獣害が予想される場合の緑化目標と配慮事項

目標群落	配慮事項
標準的な目標群落 (表-2)	獣害対策として防護柵工、苗木保護工、浮体式ネット工による十分な植物保護を行うことを条件とし、表-2の植被率と群落高とする。
不嗜好性や採食耐性植物が優占する群落	不嗜好性・採食耐性植物を利用した緑化工を行うことを条件とし、植被率は表-2と同じ、群落高は使用植物種に応じた設定とする。
のり面の侵食防止を主目的とした草本群落	浮体式ネット工などによる植物保護を行うことを条件とし、植被率は表-2と同じ、群落高は20cm以上とする。

【成果の活用】

今後、本結果にのり面緑化における最終目標群落に導くための維持管理技術や留意点についての検討を加え、地域生態系に配慮したのり面緑化方法の技術資料を作成する予定である。

道路における再生可能エネルギー資源の調査

Research on introducing renewable energy to road management equipment

(研究期間 令和3年度～令和5年度)

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

室 長 大城 温
Head OSHIRO Nodoka
主任研究官 澤田 泰征
Senior Researcher SAWADA Yasuyuki
主任研究官 吉永 弘志
Senior Researcher YOSHINAGA Hiroshi

National Institute for Land and Infrastructure Management has been conducting surveys on power consumption and the amount of power generated from renewable sources at National Highway Offices with the aim of promoting measures to reduce power consumption and to quantify the efficacy. In addition, it has been surveying to create explanatory materials for road administrators on various power-saving technologies to be applied to road management facilities and on the introduction of photovoltaic power generation systems. In fiscal 2022, the specifications and power consumption of road management equipment (lighting equipment, snow melting equipment, etc.) at 10 National Highway Offices were surveyed and the power consumption by equipment category was aggregated on a trial basis. Based on the results of the trial survey, draft guidelines were laid out for the survey on power consumption at all National Highway Offices. In addition, a study was conducted to investigate practical cases of planning, designing and operating photovoltaic power generation systems, and to check related laws, regulations and guidelines that are in place. Matters to be noted at the planning stage regarding the planning, designing, constructing, and maintaining the systems were summarized as well.

[研究目的及び経緯]

国土技術政策総合研究所では、電力を使用する道路管理設備（以下「電力使用設備」という。）の消費電力量を削減する施策の立案や効果測定のため、直轄国道を管理している事務所（以下「国道事務所等」という。）における省エネルギー技術導入等による消費電力の削減、再生可能エネルギーによる発電電力の増量に関する研究を行っている。また、道路管理者向けに、電力使用設備への各種の省エネルギー技術の導入や太陽光発電設備の設置に関する解説資料の作成を行っている。

令和4年度は、10か所の国道事務所等における道路照明・消融雪等の電力使用設備の設置場所、設備分類、諸元（定格消費電力、方式等）及び消費電力量を整理し、設備分類別の消費電力量を試算した。試算結果をふまえ、今後、全ての国道事務所等を対象に消費電力量を調査するための調査要領（案）を作成した。また、太陽光発電設備の計画・設計・運用の事例及び関連する既存の法令・指針等を調査し、計画段階において留意すべき事項を整理した。

[研究内容]

(1) 電力使用設備の消費電力量の調査

国道事務所等において、消費電力量の削減効果の測定や電力使用設備への省エネルギー技術導入計画の立案を行うためには、電力使用設備ごとに設置場所（トンネル、地下横断歩道、橋梁、道路（車道）、道路（歩

道）等）、設備分類（照明、消融雪、トンネル換気、排水ポンプ等）、諸元（定格消費電力、方式等）及び、消費電力量の実態を把握し、設置場所別、設備分類別の消費電力量の集計や、省エネルギー技術の導入が可能な電力使用設備の選定ができることが望ましい。

しかしながら、国道事務所等においては、電力契約及び電力料金請求の書類の記載内容からでは、電力使用設備との対応関係が明らかではない。

そこで、北海道開発局、各地方整備局及び沖縄総合事務局から国道事務所等を1か所ずつ合計10か所選定し、電力使用設備に係る消費電力量を調査した。この際、電力使用設備の台帳類から、各電力契約と対応する電力使用設備を確認し、電力使用設備の名称、設備の諸元（定格消費電力、方式等）、設置場所、設備分類、令和2年度の消費電力量等について整理した。

この結果を踏まえ、全国の国道事務所等の電力使用設備に係る消費電力量を調査するための調査要領（案）を作成した。

(2) 太陽光発電設備の調査

2050年カーボンニュートラルの実現に向け、道路区域での太陽光発電設備の設置や、発電した電力を電力使用設備で使用することが求められている。そのため、道路管理者が道路区域に太陽光発電設備の設置を計画する際の、技術面の考え方を整理する必要がある。

※本報告は令和3年度当初予算の標記の研究課題を令和4年度に継続して得た結果をまとめたものである。

そこで、直轄国道の5か所の太陽光発電設備を対象に、計画・設計時における検討経緯・検討事項・課題等や、発電電力量の記録を調査した。この調査結果を元に、道路区域内に太陽光発電設備を設置する際に、技術的な観点から留意すべき事項について整理した。

また、道路区域内に太陽光発電設備を整備する際に、遵守すべき、又は参考とすることが望ましい法令・技術基準等を調査し、該当する法令・技術基準等について、遵守すべき内容又は参考とすべき内容を整理した。

[研究成果]

(1) 電力使用設備の消費電力量の調査

10か所の国道事務所等における電力使用設備の総数は50,148基であり、電力契約の総数は20,667件であった。全体の消費電力量に占める設備分類別の割合は、道路照明44%、トンネル（換気、非常用設備等。一部のトンネル照明を含む。）5%、消融雪7%、排水1%及びその他（情報通信設備、昇降機等及び分類不明の設備）44%（図-1）であった。なお、トンネルについては、トンネル全体で1つの電力契約となっており、トンネル照明を分離して集計することができなかった場合がある。この場合は「トンネル」の消費電力量にトンネル照明が含まれている。

今回調査では、トンネル照明の様に複数の電力使用設備が1つの電力契約となっている場合や、電力契約と電力使用設備との対応付けするための情報がなく電力使用設備の分類ができない場合があった。このような場合に、電力使用設備分類別の消費電力をどのように整理していくかが課題と考えられる。

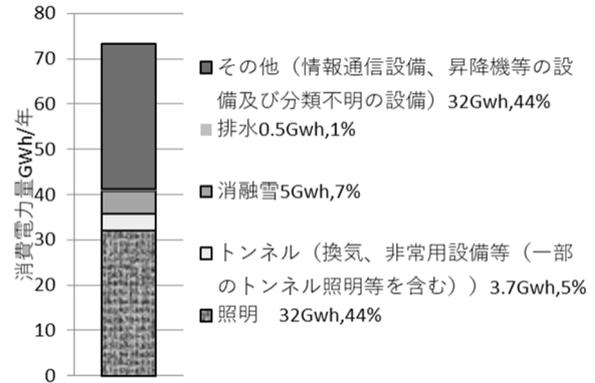
調査結果をふまえ、全国120か所の国道事務所等を対象に消費電力量を調査するための調査要領（案）を作成した。調査要領（案）では以下の事項を整理している。

- ・ 設置場所、設備分類
- ・ 「電力使用設備の諸元調査」において台帳等から収集する電力契約番号（又は識別番号）、定格消費電力、光源の種類、消融雪の方式等の情報
- ・ 「電力使用設備の消費電力量調査」において電気料金請求の書類のなかから抽出する電力契約番号（又は識別番号）、電力契約の名称、消費電力量の情報
- ・ 「電力使用設備の諸元調査」と「電力使用設備の消費電力量調査」を紐づけて整理する方法（一体化した様式等）

(2) 太陽光発電設備の調査

道路区域に太陽光発電設備を設置する際に留意すべき事項の主な整理結果は以下のとおりである。

- ・ 太陽電池パネルによる反射光の視界への影響を運転者に与えないこと（設置場所、設置高さ・方位・



※割合を四捨五入しているため内訳の計は100%になっていない。

図-1 電力使用設備分類別の消費電力量

傾斜角等への配慮が必要であること)

- ・ 道路からの飛び石による破損の可能性を考慮すること（例えば、道路からの離隔距離の確保やフェンスの設置の必要性を検討すること）
- ・ 逆潮流（売電）の要不要を検討した上で太陽光発電設備の定格出力を決定する必要があること（逆潮流する場合には電力会社との事前協議が必要である。逆潮流しない場合には電力使用設備で使用する電力量の下限を上回らないように発電量を計画する必要があること）
- ・ 太陽光発電設備による発電電力を他の道路施設に供給する際に、送配電事業者の系統（送配電線）を利用して供給する「自己託送」の活用が可能であること（必要に応じて「自己託送」の導入可能性を検討することが望ましいこと）

[成果の活用]

(1) 電力使用設備の消費電力量の調査

今回調査から得られた課題の一つである、複数の電力使用設備が1つの電力契約となっている場合や、電力契約と電力使用設備との対応付けするための情報がなく電力使用設備の分類ができない場合の対処方法について検討する予定である。

策定した調査要領（案）については、今後全国の国道事務所等で消費電力量を調査する際に活用する予定である。

(2) 太陽光発電設備の調査

引き続き、太陽光発電設備の調査を進め、道路区域内に太陽光発電設備を設置する際に、技術的な観点から留意すべき事項を整理していく予定である。

本研究でとりまとめる留意事項は、国土交通省道路局の「道路における太陽光発電設備の設置に関する技術面の考え方（令和5年3月）」を補完する技術資料として取りまとめる予定である。

5. 施策提案（基礎的基盤の研究 等）

道路事業の生産性向上に資する入札契約方式に関する研究

Study on improvement of productivity on the bidding and contracting system

(研究期間 令和4年度～令和6年度)

社会資本マネジメント研究センター 社会資本マネジメント研究室

Research Center for Infrastructure Management

Construction and Maintenance Management Division

室長	中洲 啓太	主任研究官	星野 誠
Head	NAKASU Keita	Senior Researcher	HOSHINO Makoto
主任研究官	大城 秀彰	主任研究官	光谷 友樹
Senior Researcher	OHSHIRO Hideaki	Senior Researcher	MITSUTANI Yuki
研究官	木村 泰	研究官	森本 恵美
Researcher	KIMURA Yasushi	Researcher	MORIMOTO Emi
交流研究員	木地 稔	交流研究員	楠 隆志
Guest Research Engineer	KIJI Minoru	Guest Research Engineer	KUSUNOKI Takashi

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

[研究目的及び経緯]

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

令和4年度は、総合評価落札方式、技術提案・交渉方式、設計・工事連携型、調査・設計業務及び維持管理の入札契約に関する調査を実施した。

[研究内容・研究成果]

(1) 工事の入札・契約方式

1) 総合評価落札方式の多様な試行効果の分析

国土交通省直轄工事の総合評価落札方式では、直轄実績のない企業、地元企業、若手技術者等の参画を促す多様な試行が行われている。本調査では、試行による新たな担い手の参入・継続受注状況、工事成績への影響、受発注者等の意見等を整理・分析し、試行の効果や、実施に際しての留意点を整理した。

例えば、直轄工事の同種実績、成績、表彰等の配点の縮小等を行うチャレンジ型では、入札参加者の2割

弱、落札者の1割強で直轄工事の実績の無い企業が参入し、参入企業の約半数が、試行工事後、他の直轄工事を受注していた(図-1)。また、試行工事で工事成績の顕著な低下傾向は確認されず(図-2)、受発注者双方から、直轄実績の無い企業の受注機会確保や技術者育成の観点から、試行を評価する意見があった。そのため、チャレンジ型は、難易度が標準(通常の技術で対応可能で高度な技術を要さない)の工事において、担い手不足が課題となる場合に有効と考えられる。



図-1 直轄実績有無による受注状況 (チャレンジ型)

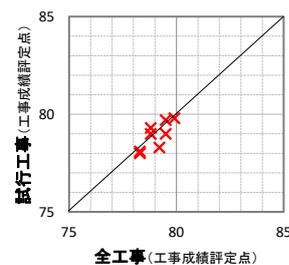


図-2 試行工事の工事品質 (チャレンジ型)

2) 技術提案・交渉方式の実施状況等の整理

平成26年6月の品確法改正により規定された技術提案・交渉方式は、令和5年3月現在、国土交通省直轄の32工事（港湾・空港を除く）で適用されている。地方整備局等への適用支援、実施設計・技術協力業務報告書等の整理、発注者・設計者・施工者へのヒアリングにより、当方式の適用効果、課題を整理した。令和4年度は、大規模工事を中心に、着手可能な工種・工区から、段階的に契約するニーズを踏まえ、実施手法を提案した。技術提案・交渉方式を適用した橋梁補修工事を対象に、発注図面にない損傷・支障物等、施工段階のリスク発現過程の分析を行い（図-3）、技術提案交渉方式を適用した工事に限らず、橋梁補修工事における点検業務、台帳作成業務等の品質確保の重要性を把握した。

また、北陸地方整備局が試行する設計・工事連携型の実施状況を調査し、標準図等による発注・積算ができない工種では、入札時の工事費算定に必要な予備・詳細設計の実施範囲、施工者の協力による修正設計との責任分界点の整理の必要性をヒアリングにより把握

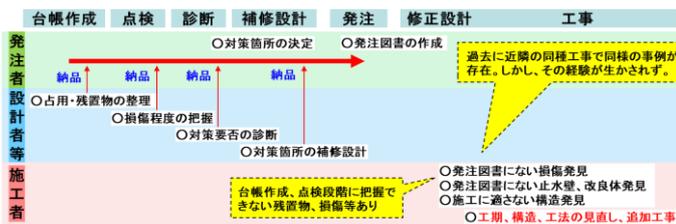


図-3 リスク発現過程の分析例（発注図面にない損傷等）

した。

(2) 調査・設計業務の入札・契約方式

1) 発注方式選定手法の改善

調査・設計業務の入札・契約においては、業務の特性に応じて「建設コンサルタント業務等におけるプロポーザル方式及び総合評価落札方式の運用ガイドライン」に示された発注方式選定表を踏まえ、入札契約方式を選定している。実際の選定状況とガイドラインの選定表との適合状況を調査し（表-1）、選定方法の改善案を整理した。例えば、構造物詳細・補修設計では、大型であっても特殊な構造でない場合は、業務内容を踏まえプロポーザル方式ではなく、総合評価落札方式とした。また、氾濫解析では、既存の解析モデルの改良や高度化の検討が含まれる場合は、プロポーザル方式を適用することとした。

表-1 発注方式選定表の適合状況の整理例

業務区分	標準的な発注方式	プロポーザル	総合評価	価格競争
構造物詳細・補修設計(大型・特殊)	プロポーザル	39.3%	27% 59.8%	0.0%
氾濫解析②【既存の解析モデル・・・】	総合評価	62.5%	27% 37.5%	0.0%
道路詳細設計(修正)	価格競争	1.8%	56.0%	27% 42.2%

2) 調査・設計等業務の多様な試行効果の分析

調査・設計等業務においても工事と同様、多様な試行が行われており、本調査では、試行による新たな担い手の参入状況、業務成績、受発注者の意見等を分析し、試行の効果や実施に際しての留意点を整理した。

例えば、若手技術者の育成を目的として、配置予定管理技術者に一定年齢以下の制限を設ける要件指定型では、他の業務に比べ若い技術者が配置され、顕著な成績低下も確認されず（図-4）、受発注者双方より技術者育成の観点から試行を評価する意見があった。

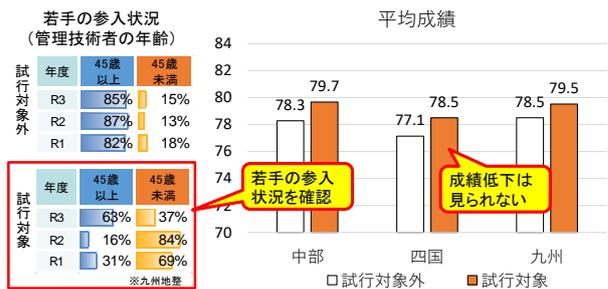


図-4 配置技術者の年齢状況と業務成績（要件指定型）

(3) 維持管理における入札・契約方式

代表的な河川・国道事務所における維持管理に関わる業務・工事のタイムラインを整理し（図-5）、多くの事務所に共通して、毎年度、通年、又は、複数年で継続的に維持管理の業務・工事が発注され、建設（新設）事業とは異なる特徴を把握した。また、橋梁補修工事で、発注図面にない損傷等が施工段階に発見され、維持管理に関わる業務の品質確保のため、透明性、競争性に限らず、継続性、効率性の観点からの改善検討（フレームワーク方式、条件付複数年契約（確認型随意契約）、複数年契約＋共同受注等）の必要性を整理した。

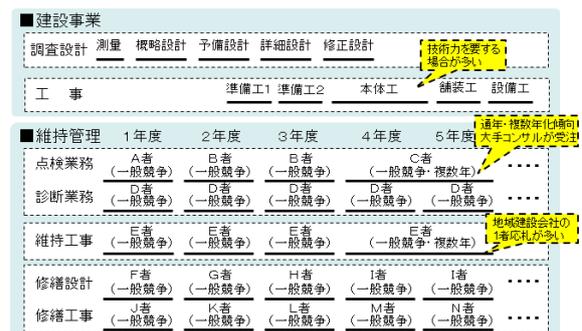


図-5 建設事業及び維持管理のタイムライン

[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、工事の総合評価落札方式、調査・設計業務の入札・契約に関する各種ガイドラインに成果を反映された。

ICTによるデータを用いた冬期交通障害検知に関する調査

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

(研究期間 令和2年度～令和5年度)

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

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

池田 武司
IKEDA Takeshi
池原 圭一
IKEHARA Keiichi
久保田 小百合
KUBOTA Sayuri
鏡味 沙良
KAGAMI Sara

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

【研究目的及び経緯】

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

本調査は、ETC2.0プローブ情報をリアルタイムに得られると仮定して、走行車両の挙動の変化や、それに起因する交通流の変化から、冬期交通障害の発生を検知等を行うものである。

【研究内容】

令和3年度に通行止めデータを用いて作成した冬期交通障害の検知手法（フロー）について、令和4年度は、立ち往生車発生箇所データ（立ち往生車の発生箇所及び発生箇所の状況を詳しく示すデータ）を用いて再検証することにより、見逃しと誤検出を改善するための検討を行った。

また、貨物商用車の位置や瞬間速度等が1秒毎に記録されたデータ（以下「詳細プローブデータ」という。）とETC2.0プローブ情報を用いて、冬期交通障害の発生に至る前に、その予兆を把握する実現可能性を調査した。

【研究成果】

1. ETC2.0 プローブ情報を用いた検知フローの再検証

1) 使用したデータ

分析の対象は、立ち往生車発生箇所データ（令和2年度）に記載のある215件（東北、北陸、中国地方整備局管内の直轄国道）とした。詳細は以下に示す。

【立ち往生車発生箇所データ】

期間：2020年12月～2021年3月

条件：立ち往生車発生箇所データに記録のある交通量が一定数（上下24時間交通量が1.5万台）以上の事例

場所：東北地方、北陸地方、中国地方整備局管内

件数：215件

東北地方整備局管内87件、北陸地方整備局管内95件、中国地方整備局管内33件

【ETC2.0 プローブ情報】

期間：立ち往生発生時及び発生前2週間

場所：立ち往生発生箇所の前後合わせて5km

【気象情報】

期間：立ち往生発生時及び発生前2週間

場所：立ち往生発生箇所に最も近い国土交通省（直轄国道）のテレメータデータ（気温、積雪深、降雪量等）

なお、検知は、1km、30分単位のデータを使用し、平均値速度では外れ値の影響を受けやすいため、中央値速度を用いることにした。対象範囲は、立ち往生発生地点前後5km区間、発生前2日間を対象とした。

2) 見逃しと誤検出を抑制した検知フローの構築

令和3年度に作成した検知フローの改善の観点とその検知指標を表-1に示した。

表-1 検知フローの改善の観点と検知指標

改善の観点	検知指標
1. 発生しない状況の除外	(発生の絞り込み)
冬期交通障害が発生しない気象条件として除外	a) 気象条件が、いずれかにあてはまる場合 ・気温が3℃以上 ・気温が0℃より高く3℃未満で、かつ降水量、累積降水量、降雪量、積雪深のいずれも存在しない
ETC2.0 プローブ情報を分析できない条件として除外	b) 当日のETC2.0のデータ数が0以下 (ただし、上流側の1km区間の当日のデータ数が平常時と比較して半減、または30分前の時間帯の当日のデータ数が平常時と比較して20%以下 ⇒交通障害による停止状態として、「発生あり」と判定)
高速走行できる条件として除外	c) 当日の中央値速度が55km/h以上

2. 平常時の交通状況との違いにより検知	
高速走行車両の速度低下	d) 当日の 85%マイル速度が平常時の中央値速度を下回る
低速走行車両のさらなる速度低下	e) 当日の 15%マイル速度が平常時の5%マイル速度を下回る
一般的な走行車両の速度低下	f) 当日の中央値速度が平常時の 15%マイル速度を下回る
3. 見逃し・誤検出の改善	
見逃しの改善	g) 当日の中央値速度が前の時間帯と 2 つ前の時間帯の中央値速度を下回る ⇒平常時との比較ではなく発生時の 1 時間前から速度が低下している状態は「発生なし」としない
誤検出の改善 (平常時の速度のばらつきが小さい場合の対応)	h) 平常時の中央値速度と平常時の 5%マイル速度の差が平常時の中央値速度の 5 割未満、かつ当日の中央値速度が平常時の 15%マイル速度に対して 5 割以上 ⇒検知指標 f に対して、下回る程度が小さければ「発生なし」と判定

※立ち往生発生当日と比較する「平常時」とは、立ち往生発生前の同時間帯・同区間（検知指標 a の気象条件の場合で、発生前日を除く。）とした。

これら指標を用いて図-1 のように改善を加えた検知フローを再作成した。

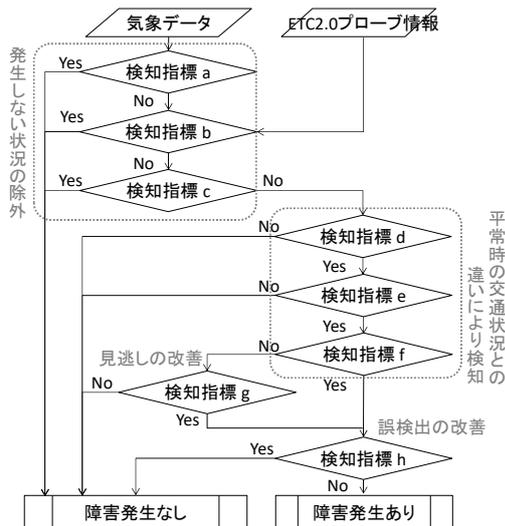


図-1 検知フロー（略図）

3) 検知の再試行結果

図-1 に示す検知フローを用いて、立ち往生車発生箇所データに登録された事例の検知を行った結果を表-2 に整理した。

表-2 発生判定の検知の試行結果

		実事象（発生の記録の有無）	
		発生の記録あり	発生の記録なし
検知フローによる判定	発生判定	291 (正解) A	22, 123 (誤検出) B
	未発生判定	126 (見逃し) C	54, 013 (正解) D

- ▶ 全体正解率 = 70.9% [= (A+D) / (A+B+C+D)]
- ▶ 再現率 = 69.8% [= A / (A+C)]
- ▶ 適合率 = 1.3% [= A / (A+B)]

また、全ての事例についてタイムスペース図を作成し、時空間での速度の変動状況から、立ち往生車発生箇所データには登録されていないものの、交通への影響が明らかにあると考えられる「発生なし・影響あり」

(以下「見なし発生」という。)と、登録はされているものの、交通への影響はないと考えられる「発生あり・影響なし」(以下「見なし未発生」という。)を設定した。これについて検知を行った結果を表-3 に示す。

表-3 影響判定の検知の試行結果

		実事象	
		見なし発生	見なし未発生
検知フローによる判定	発生判定	7, 754 (正解) A	13, 234 (誤検出) B
	未発生判定	596 (見逃し) C	58, 410 (正解) D

- ▶ 全体正解率 = 82.7% [= (A+D) / (A+B+C+D)]
- ▶ 再現率 = 92.9% [= A / (A+C)]
- ▶ 適合率 = 36.9% [= A / (A+B)]

図-1 に示す検知フローにより、表-2 及び表-3 のとおり見逃しを少ないまま、誤検出を抑制することができた。今後は、各地域や路線で道路や交通の状況は異なることから、その特徴を考慮した指標の閾値を設けられるようにすることで精度を高めることができると考えている。

2. 詳細プローブデータ及びETC2.0プローブ情報を用いた予兆把握の可能性

1) 使用したデータ

期間：令和2年12月1～31日
 区間：東北地方整備局管内 国道4号（5km程度）
 速度データ（取得間隔）：詳細プローブデータ：1秒間隔
 ETC2.0プローブ情報：200m間隔

2) 詳細プローブデータを用いた予兆把握

詳細プローブデータから得られる個車の瞬間速度（y軸）とその瞬間の位置（x軸）を図に示すと、「信号交差点で停止後に加速されない状態」及び「上り勾配の単路部でゆるやかに減速している状態」が見られた。積雪期のうちこれを予兆として考えられる時間帯として、それ以外の時間帯の速度と比較すると有意な速度差があり、予兆として把握できる可能性が示唆された。

また、タイヤの回転による車測速度（Va）と位置情報による空間速度（Vb）により、タイヤが空転している状態（Va>Vb）を想定することができ、予兆として把握できる可能性が示唆された。

3) ETC2.0プローブ情報を用いた予兆把握

ETC2.0プローブ情報は200mごとに記録されるため、取得時間の間隔が一定ではなく、短い区間での減速や停止の状態を把握しにくい。本研究では、ETC2.0プローブ情報で停止状態を推測する方法を検討したうえで、積雪期のうち予兆として考えられる時間帯とそれ以外の時間帯の速度（200m間隔で取得）を比較した。その結果、「信号交差点で停止後に加速されない状態」と「上り勾配の単路部でゆるやかに減速している状態」については、詳細プローブデータと同様に予兆を把握できる可能性があることが分かった。

[成果の活用]

検知の精度を高めるために、各地域や路線の特徴を考慮した閾値を設けることができる冬期交通障害の検知システムの構築を目指す。

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

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

(研究期間 令和3年度～令和5年度)

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

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

山下 尚
YAMASHITA Hisashi
小塚 清
KOZUKA Kiyoshi
荻原 勇人
OGIHARA Hayato
鈴木 達規
SUZUKI Tatsunori
農添 允之
NOHZOE Masayuki
池田 誠

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

〔研究目的及び経緯〕

国土交通省では、建設現場の生産性を向上させ、魅力ある建設現場の実現を目指す i-Construction を推進している。この i-Construction のトップランナー施策の一つである「ICT の全面的な活用」については、平成 28 年度の土工への活用を皮切りに、舗装工（新設・維持修繕）、土工周辺構造物工について、ICT 建設機械を用いた情報化施工に必要な基準類を順次整備してきたところであるが、更なる建設現場の生産性向上を実現するためには、これらの工種における ICT 活用工事の施工実態を調査し、生産性向上のための課題を明らかにし、この結果に基づき、基準類の改善を進める必要がある。本研究では、ICT 活用工事の基準化が行われた道路土工、舗装工等を対象に、基準類の改善を行った。

また、施工に用いた 3 次元データ等を維持管理段階へ効果的に活用すること等により、道路関係設備の維持管理を効率化する必要がある。本研究では、施工に用いた 3 次元データ等を活用し道路関係設備の維持管理を効率化する方策を立案した。

〔研究内容・研究成果〕

1. ICT 活用工事（土工、舗装工等）の基準類改善（トータルステーション〔以下「TS」〕等光波方式及び移動体搭載型プリズムを用いた出来形管理）のための検証

(1) 移動体搭載型プリズムの要領化に向けた検証

令和 4 年現在の「3 次元計測技術を用いた出来形管理要領（案）」においては TS 等光波方式を用いて出来形計測を行う際に利用するプリズム（位置を計測したい場所に設置し、TS 等光波方式の機器から発せられる光波をキャッチするターゲット）は、「傾きがないように正しく設置すること」と記述されており、設置ごとにプリズムの整準が必要なため、計測点が増えるほど計測時間及び手間を要している。このような問題を解決する技術として、TS 等光波方式を用いた多点計測を簡便化する技術として、プリズムを地上移動体に搭載し、計測面に沿ってプリズムを移動させながら、自動追尾機能が搭載された TS 等光波方式により連続測距する技術が開発された。

この技術を用いることにより、短時間での多点計測が可能となるとともに測定作業に要する時間及び手間の縮小、計測費用の低減が期待できる。

本検証においては、移動体搭載型プリズムの有効性を確認し、基準類改正につなげることを目的とした。

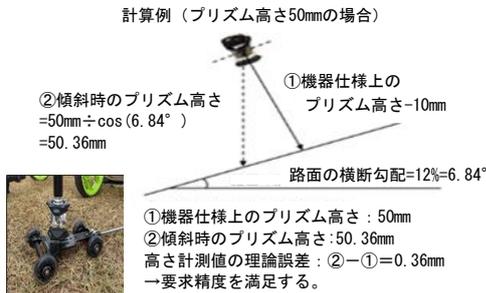


図-1 地上移動体搭載型プリズム及び理論誤差の計算例

1) 発生が想定される誤差と検証条件・方法

地上移動体搭載型プリズムを用いた計測には、計測対象面の縦断勾配の影響を受けてプリズムが傾斜することによる誤差を内在している。この誤差は、図-1に示すようにプリズム高及び計測面の傾斜から幾何計算によって求めることができる。今回の検証試験に使用した地上移動体の車輪は比較的小さく、プリズム高さが低いことから誤差が小さい一方で、計測面の条件や歩行速度の影響を受け測定精度が悪化する懸念があるため、それらを考慮した条件で検証試験を行う必要がある。計測面の条件（土工面・舗装面）及び傾斜（平坦・坂路）、歩行速度（歩き・小走り）の条件で検証試験を実施した。図-2に検証実験状況の一部を示す。従来の固定式プリズムを用いて計測した数値を真値と見なし、計測値との比較を行った。



図-2 検証実験の状況

表-1 精度検証結果

計測面	土工面 mm				舗装面 mm			
	歩き		小走り		歩き		小走り	
傾斜	平坦	登り	下り	平坦	平坦	登り	下り	平坦
平均誤差e	2.8	5.7	7.7	10.1	3.3	5.3	6.4	1.8
標準偏差σ	1.7	2.5	4.2	5.7	0.8	0.9	1.5	1.3
e + 2σ	6.1	10.6	16.1	21.5	4.9	7.1	9.5	4.5
要求精度と評価	e + 2σ ≤ 50 全て○(満足)				e + 2σ ≤ 20(路床) 全て○ e + 2σ ≤ 10(路盤) 全て○ e + 2σ ≤ 4(基層・中間層・表層) 全て×超過			

2) 検証結果及び考察

計測結果を表-1に示す。結果から、以下のような条件において測定精度の悪化がみられた。

- ・プリズムを移動する際の移動勾配（勾配の大きさ、登り方向か下り勾配か）
- ・移動の速度（歩きか小走りか）

このため、出来形管理要領では、計測する現場において最大傾斜や歩行速度での事前精度確認試験を規定する必要があることが明らかとなった。これらを踏まえ、従って、具体的に事前精度確認試験を規定すれば、地上移動体搭載型プリズムを用いた出来形計測・出来形管理を土工・舗装工へ適用可能であることを確認した。

2. ICTの活用による道路関係設備の維持管理の効率化に関する検討

(1) 既存道路関係設備の3次元データの取得手法

機械設備の維持管理を効率化するためBIM/CIMの導入を進めているが、既存の道路関係設備の3次元データは取得方法が難しい。道路構造物中にある道路関係設備の設置空間が狭小であるため、現実を詳細に再現できる地上型レーザスキャナ（以下「TLS」）によるデータ取得が有効であるが、自動車等交通への影響と自動車等による3次元データの品質低下が懸念される。そこで、道路関係設備のうちアンダーパス排水を対象としてTLSによる3次元データ取得の特性を調査した。

TLSとしてレーザの照射距離が中距離の製品（以下「中距離TLS」）と長距離の製品（以下「長距離TLS」）を用意し撮影を行った。中距離TLSは、1回の撮影時間が2分以内で終えたが、長距離TLSは1回8分を要した。一方、取得した3次元データは長距離TLSが優れていた。よって、TLSの設置に制約が無い現場であれば中距離TLSが適しているが、アンダーパスでは歩道等に制約があるため、アンダーパスの両端側から撮影できる長距離TLSの方が有利と判断した。

ただし、長距離TLSは1回の撮影時間が長いため、通行する自動車等による3次元データの品質への影響が大きと思われる。よって、自動車等の「ノイズ」を除去しつつ、構造物の形状を適切に表示できる3次元データとするため、撮影回数等の要素による3次元データの違いを調査する必要がある。

【成果の活用】

施工段階における成果は、「3次元計測技術を用いた出来形管理要領（案）」へ反映され、令和5年3月に改正要領が公表された。今後とも各工種において検証を進め、基準類の改善を継続する予定である。

また、維持管理段階における3次元データ取得手法の成果は、「BIM/CIM活用ガイドライン（案）」の令和5年度末改定における反映を目指し、引き続きTLSの撮影密度と撮影回数による作業効率の明確化及びハンディレーザースキャナの併用など、手法の構築に取り組む予定である。

道路事業の多様な効果の把握・評価に関する研究

A study on grasping and evaluating various effects of road projects

(研究期間 令和3年度～令和5年度)

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

室 長 松本 幸司
Head MATSUMOTO Koji
主任研究官 河本 直志
Senior Researcher KAWAMOTO Naoyuki
研 究 官 青山 恵里
Researcher AOYAMA Eri
交流研究員 茂田 健吾
Guest Research Engineer SHIGETA Kengo

In order to accumulate knowledge that will contribute to the enhancement of effectiveness measurements of road projects, the authors compiled basic data related to the evaluation of the appropriateness of road network use, and tried calculations of the evaluation indices. The authors also collected information on methods of measuring the effectiveness of road projects in response to new administrative issues.

〔研究目的及び経緯〕

国土交通省では、公共事業の効率性及びその実施過程の透明性の一層の向上を図るため事業評価を実施しており、国土技術政策総合研究所では、よりの確な評価の実施に向け、道路整備による多様な効果の評価に資する基礎データの収集、事業実施の効率性等を評価する手法に関する研究を行っている。

〔研究内容・成果〕

本研究では、道路ネットワークの利用の適切性の評価として、幹線道路から生活道路までの各道路が、重視する交通機能（通行機能、アクセス機能等）に応じた利用がなされているか評価する手法の構築や、道路事業の多様な効果計測の充実に向けて必要となる各種調査・情報整理を実施した。

(1) 道路ネットワーク利用の適切性の評価に関する基礎資料の整理

a) 道路ネットワークの利用の適切性を評価する上で有効な評価指標の候補の抽出

道路ネットワークの利用の適切性の評価に関連する文献等の情報を収集し、国内12件・国外5件の論文等をレビューした。そして、レビュー結果を踏まえ、適切性を評価する上で有効と想定される評価指標の候補を表-1の通り整理した。整理にあたっては、道路利用特性や道路幾何構造等の複数の視点から実施するとともに、データ入手の容易性・継続性、作業の簡便性等に着目した。

b) 実都市における評価指標の試算

特性の異なる都市で評価指標の数値がどの程度差異が生じるか等を確認するため、人口10～50万人規模の

表-1 評価指標の候補

No.	評価指標の候補
①	道路種別（階層）別利用率： 主要な利用経路の道路種別（階層）別の走行延長割合
②	時間帯別旅行速度
③	リンクフロー（OD分布）： 特定断面を通過した車両が利用したリンクの分布
④	トリップ長構成比： 特定断面を通過した車両のトリップ長の分布
⑤	トリップ目的構成比： 特定断面を通過した車両のトリップ目的構成比
⑥	一次・二次ネットワークの接続割合： ICへのアクセス道路が指定最高速度50km/h以上である割合
⑦	主要道路網の割合： 全道路延長に対する一般国道以上または主要地方道以上の割合
⑧	幹線道路における自転車用インフラの割合
⑨	公共交通機関の移動を受け入れる幹線道路の割合
⑩	歩道設置延長割合（中心市街地）
⑪	歩道設置延長割合（市域内）

実在する2都市（A市・B市）を対象に、a)で整理した評価指標候補の試算を行った。なお、本研究では、道路の階層を図-1のフローにより設定している。

図-2にA市・B市で指標①（道路種別（階層）別利用率）を試算した結果を示す。指標①については、各市内の主要な施設（空港、港湾、第三次医療施設、都道府県庁、観光資源、商業施設）を拠点として設定し、各拠点ペア間で最も利用率が高い経路を対象に分析を行っており、分析の結果、高階層（Ar、Au、Bu）の道路の利用率はB市の方が高いことが確認できた。これは、A市に比べB市の都市面積が広く、市内の拠点位置が広く分散していることから、対象とする拠点ペア間の経路長も長くなり、経路上に高速道路が含まれることが要因として考えられ、都市特性の違いが反映された結果と考えられる。

※本報告は令和3年度当初予算の標記の研究課題を令和4年度に継続して得た結果及び令和4年度当初予算の標記の研究課題で得た結果をまとめたものである。

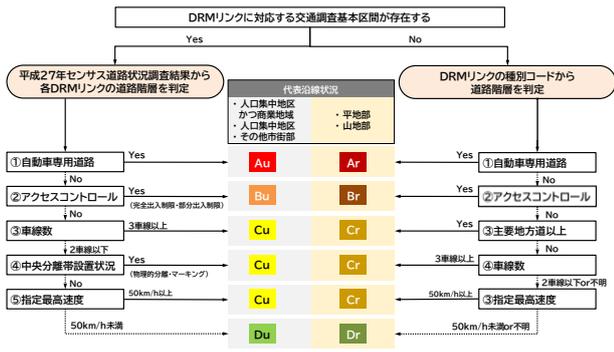


図-1 階層の設定フロー

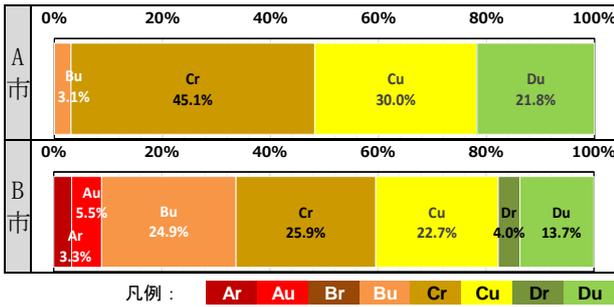


図-2 道路種別（階層）別利用率の比較

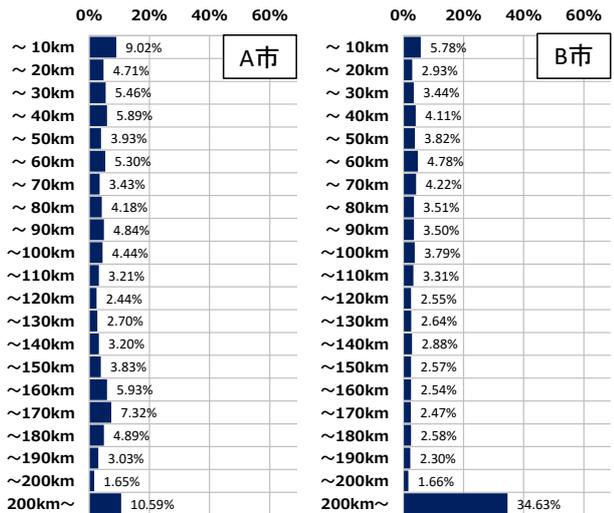


図-3 高階層道路の代表断面のトリップ長構成比の比較

図-3にA市・B市内のある高階層道路の代表断面における指標④（トリップ長構成比）を試算した結果を示す。A市に比べB市の「200km～」の割合が3倍程度高く、同じ高階層の道路でもB市では特に足の長い交通を担っていることが確認できた。これは、B市に日本の東西移動を担う主要な高速道路が通っていることや、B市内にトリップの起終点となる港湾施設が存在していない（A市内には港湾施設が存在している）こと等、物流の通過都市としてのB市の特性が反映された結果であると推察される。

c) 道路事業の整備前後での評価指標の試算

実際の道路事業の整備前後における評価指標の値の改善状況を確認するため、近年整備が完了した2事業

(C事業・D事業)を対象に、a)で整理した評価指標候補の試算を行った。

図-4、図-5に、それぞれC事業、D事業の整備前後での指標①（道路種別（階層）別利用率）を試算した結果を示す。これは、各事業の周辺エリアを対象に、主要な施設を拠点として設定し、各拠点ペア間で最も利用率が高い経路について、経路長「0～40km」、「40～80km」、「80km～」の区分で分類し、各区分で階層別に利用距離の割合を算定したものである。「40～80km」、「80km～」の中長距離の経路に着目すると、整備後に高階層の道路の利用率が増加し、低階層の道路の利用率が減少していることが分かる。これは、中長距離トリップの交通が利用する道路が低階層から高階層へ転換したものと考えられ、道路整備によって道路ネットワーク利用の適切化が図られた結果がこのようなグラフで表現できる可能性が示唆された。

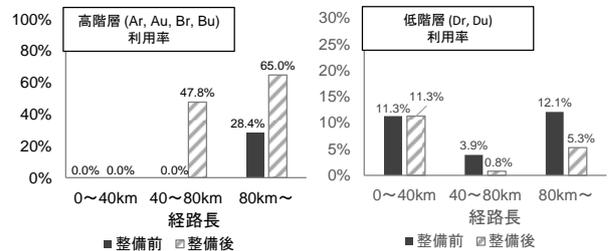


図-4 C事業整備前後での道路種別（階層）別利用率

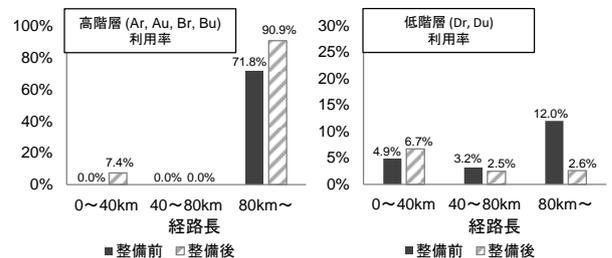


図-5 D事業整備前後での道路種別（階層）別利用率

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

貨物輸送の評価に関する国内外の文献・事例等の情報収集・整理を行い、以下の知見を得た。

- ・日用品等（軽くて高価な財）の時間価値が高く、林業等（重くて安価な財）の時間価値は低い。
- ・鮮度が重視される商品、在庫費用の高い商品、窃盗リスクの高い商品の時間価値は高い。
- ・短距離輸送の時間価値は長距離輸送と比べ高い。

[成果の活用]

本研究では、道路ネットワークの利用の適切性の評価に関する基礎資料の整理等を行った。

引き続き、道路事業評価に関する新たな知見を蓄積することにより、多様な効果を用いた評価の実施に寄与することが期待される。

道路管理データと連係した道路管理支援システムの 高度化に向けた研究

Study on sophistication of road management support system linked with road management data

(研究期間 令和3年度～令和5年度)

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

室長	西村 徹
Head	NISHIMURA Toru
主任研究官	大手 方如
Senior Researcher	OOTE Masayuki
研究官	新倉 功也
Researcher	NIIKURA Katsuya

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

【研究目的及び経緯】

国土交通省道路局では、道路に関する様々なデータを API 連携で紐付けることにより、道路管理等におけるデータ活用を促進する、道路データプラットフォーム (xROAD: クロスロード) の構築を進めている。より具体的には、モバイルマッピングシステム (MMS) による 3次元点群データや、デジタル道路地図データベース (DRM-DB)、道路基盤地図情報等の各データを中心とする基盤データ上に、交通量や構造物諸元等のデータを紐付け、道路管理に必要なデータを利活用する 3次元プラットフォームの構築を目指す取組である (図-1)。

ム開発等を行っている。



図-2 道路基盤地図情報の例

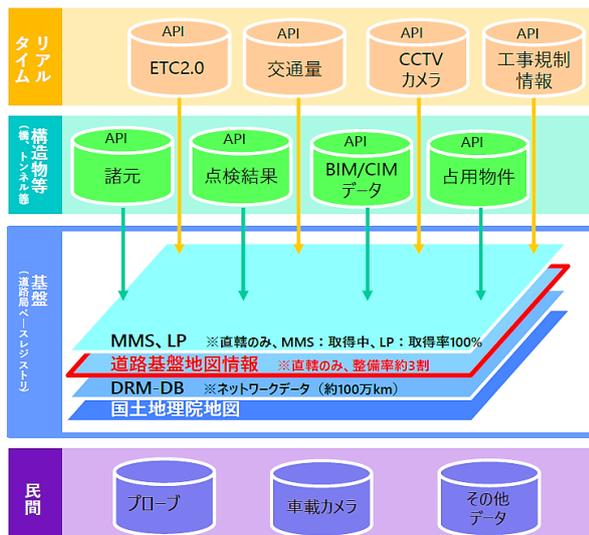


図-1 xROAD のイメージ

これを踏まえ、社会資本情報基盤研究室では、大縮尺道路地図である「道路基盤地図情報」(図-2) の整備・活用を促進するために必要な基準類の整備や、システ

【研究内容】

社会資本情報基盤研究室では、道路基盤地図情報の基となる道路工事完成平面図の集約・登録・管理を行うと同時に、道路基盤地図情報の活用を促進する「道路管理支援システム」の改良を実施しており、道路管理者による実運用を通じて整備や活用に関する課題の分析を行っている。また道路管理におけるデータ活用促進のため、社会資本情報基盤研究室で運用している他システムとの連携について検討を実施している。

本稿では、これまでに実施した研究の成果について記載する。

【研究成果】

(1) 電子納品保管・管理システムとの連携

道路の舗装工事等が完了した際、工事受注者は「道路工事完成平面図」(図-3) という CAD 図面を作成し、それを「電子納品保管・管理システム」に納品する決まりとなっている。この CAD 図面を活用し、道路区域内

※本報告は令和3年度当初予算の標記の研究課題を令和4年度に継続して得た結果をまとめたものである。

の構造物を 30 種類の地物ごとにレイヤ分けして作成された GIS データが「道路基盤地図情報」である。

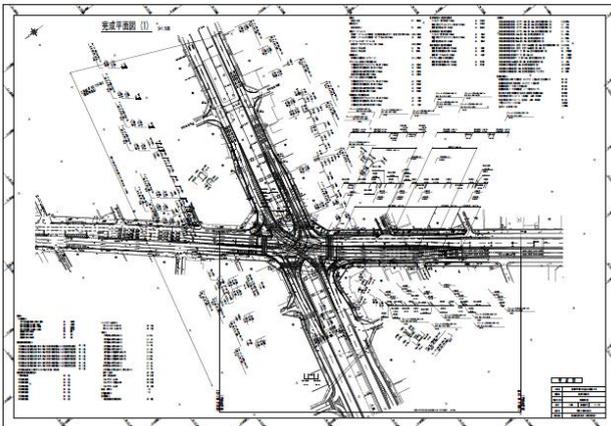


図-3 道路工事完成平面図の例

道路管理支援システムでは、電子納品保管・管理システムに納品された道路工事完成平面図の CAD データを専用回線経由で取得し、システム内で自動的に道路基盤地図情報へと変換している。また、変換した道路基盤地図情報をシステムに蓄積し、それを地理院地図等に重ね合わせて表示できるビューア機能が実装されており、ビューア機能では、地図データの閲覧だけでなく GIS データや CAD データのダウンロードも可能となっている。

これらの機能により、道路工事完成平面図の納品から道路基盤地図情報の登録まで、途中で人の手を介することなくデータが整備・蓄積され、利用者がシステム上でデータの閲覧・取得ができるようになっている。

(2) 他システムに対するデータ提供機能

道路管理支援システムでは、道路基盤地図を外部システム等に提供するための API 連携機能も実装しており、現在は Web Map Service (WMS) による PNG 形式の画像データの提供が可能である (図-4)。



図-4 API 連携機能のイメージ

WMS は地図画像をインターネット経由で提供する際の標準仕様で、当システムでは任意の 2 点の座標によって矩形範囲を指定すると、範囲内の地図画像データが出力される仕組みになっている (図-5)。

また、道路工事完成平面図や工事諸元情報等について、CAD 形式や CSV 形式での出力による API 連携が可能となるよう、システムの改良及び検討を行っている。

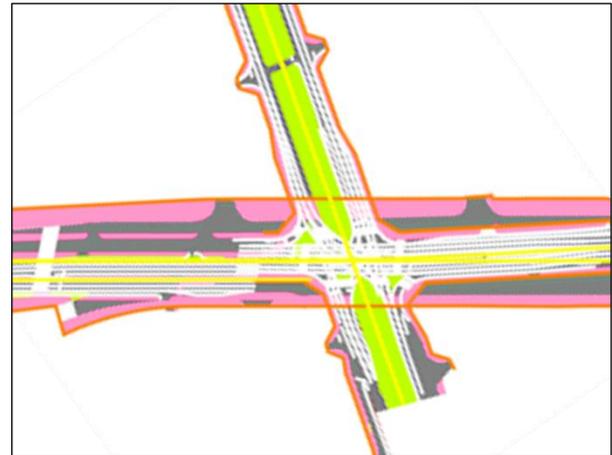


図-5 道路基盤地図情報の画像の出力例

(3) その他システムの改良

社会資本情報基盤研究室では、上記の道路管理支援システムの他に「道路基準点案内システム」というシステムも運用している。国土交通省が直轄管理する国道では、高精度の位置情報を持った「道路基準点」が整備されており、測量により求めたこれら道路基準点の位置座標等を、道路基準点案内システム上で一般に向けて公開している (図-6)。



図-6 道路基準点案内システムの画像の出力例

また、画面上での閲覧だけでなく、事務所や路線を指定することで、対象のデータを CSV 形式で出力することも可能である。

現在、道路基準点案内システムについても API 連携機能の実装に向けた検討を行っており、道路基準点の測量成果の更なる活用を目指して取組を進めているところである。

【成果の活用】

本研究のように、様々なデータを整備し、それらを幅広く連携させていくことにより、道路管理においてデータの活用が促進されるはずである。社会資本情報基盤研究室においても、各システムのデータ連携機能の拡充など、xROAD の施策の一助となるような取組を引き続き進めていく必要があると考えている。

道路管理のための点群データの効率的な管理手法に関する研究

—MMS データの保管管理及び利活用に関する研究—

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

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

(研究期間 令和2年度～令和4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

交流研究員

Guest Research Engineer YAMAZAKI Koji

西村 徹

NISHIMURA Toru

大手 方如

OOTE Masayuki

新倉 功也

NIIKURA Katsuya

山崎 廣二

The Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism collects the point cloud data on national highways for maintenance and management. NILIM constructed a system to store and share the point cloud data to consult road administrators' utilization. The system was constructed on Digital Transformation Data Center, which was built in MLIT.

〔研究目的及び経緯〕

国土交通省では直轄国道の維持管理等に活用するために、MMS^{注1}を各地方整備局等に導入し、主に直轄国道上の点群・画像データからなるMMSデータの取得を進めている。

国総研では、各地方整備局等が取得したMMSデータの利活用の方法や、保管・管理等を行うためのしくみについて研究を行っており、各地方整備局等が収集した直轄国道の点群等データを集約して保管・共有するためのシステム（以下、本システムという。）を構築し、試験的に運用している。

〔研究内容〕

本研究では、本システムをDXデータセンター^{注2}内のオンプレミス環境に構築した。また、MMSデータを道路管理へ活用するために必要となるビューシステムの機能について、6箇所の地方整備局の国道事務所に対してヒアリング調査を行った。この結果から直轄道路の管理者が点群データを閲覧するビューに求める機能を整理した。

また、工事等で一部分道路の形状が変化した場合に、簡便な方法で点群データを取得し、速やかに本システム内データの部分更新を行える手法について検討を行った。

〔研究成果〕

1. 点群データを保管・共有するためのシステム構築

本システムのプロトタイプは、過年度にクラウド環境で稼働するシステムとして開発している。これを基に、実運用を視野に入れたオンプレミス環境で動作するシステム開発を行い、DXデータセンター内のオンプレミス環境に当該システムを構築した。

本システムは、「データ処理システム」、「データ保管・管理システム」、「データ提供システム」の3つのサブシステムによって構築されている（図-1）。

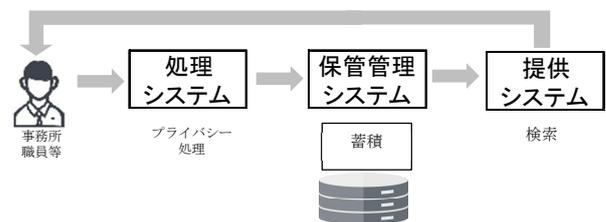


図-1 サブシステムの構成イメージ

(1). データ処理システム

データ処理システムは、MMSで取得された画像データに対してプライバシー処理を行うシステムである。プライバシー処理は、個人情報（人の顔、車のナンバープレート）を対象としてAIを用いて自動マスキングを行う。

(2). データ保管・管理システム

データ保管・管理システムでは、各地方整備局等から

※本報告は令和3年度当初予算の標記の研究課題を令和4年度に継続して得た結果及び令和4年度当初予算の標記の研究課題で得た結果をまとめたものである。

集約した点群データ等を管理するための保管、メタデータの抽出、ダウンロード機能等、以下の機能を実装している。

- ・収集した MMS データを登録及び削除する。
- ・収集した MMS データから、データの場所・日時・取得機材等のメタデータを抽出し登録する。
- ・データ提供システムで検索・特定されたデータを抽出しダウンロードする。

(3). データ提供システム

データ提供システムには、登録されたデータを検索できる検索機能と検索されたデータを閲覧できるビュー機能がある。

本研究では検索機能のみを構築した。検索機能は、地図上に取得路線を表示するとともに、検索したいデータの特が容易になるよう、(1) で抽出されたメタデータを用いて検索ができる機能を実装した。データ検索・特定機能に係るシステムのキャプチャ画面を図-2 に示す。



図-2 データ検索・特定機能 (キャプチャ画面)

(4). 登録 MMS データの状況

本システムには、令和3年度までに取得された直轄国道約 24,000km のうち約 19,000km 分の MMS データが登録されている (図-3)。



図-3 登録 MMS データの状況

2. MMS データのビューシステムに関するヒアリング
国土交通省では、道路分野における DX の推進を目的とした「xROAD」の構想が進められている。

MMS データも xROAD での活用検討が進められている一方、MMS データはデータ量が膨大であり、閲覧に特殊なソフトウェアが必要となることから、各地方整備局等の道路管理者は、MMS データを具体的に閲覧する機会が少ないため、利活用のイメージもあまり保有していない状況であった。

そこで MMS データを道路管理へ活用するために必要となるビュー機能について、ビュー機能の試行環境を6箇所の地方整備局の国道事務所に対して整備し、ヒアリング調査を行った。

(1). 試行環境の構築

過年度に開発したデータ提供システムのうちビュー機能をクラウド環境に構築し、各事務所ごとにアカウントを作成し、MMS データを閲覧できるよう試行環境の準備をした (図-4)。

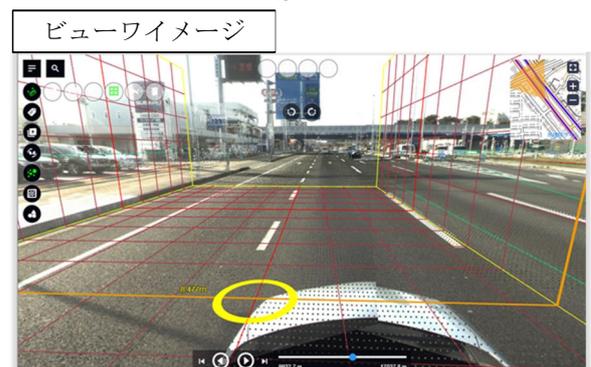
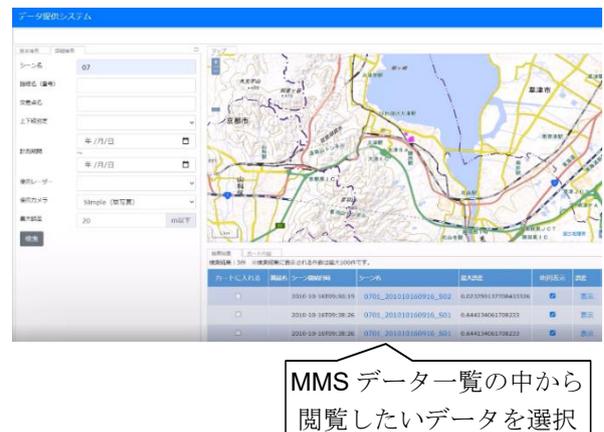


図-4 MMS データビューシステム (キャプチャ画面)

(2). ヒアリング調査

選定した代表事務所に MMS データ閲覧に係わる機能や運用に関する意見・要望を収集するため、アンケート調査を実施した。試行環境を実際に操作してもらい、MMS データによる現況確認や閲覧に求められる要件等の確認を行った。

アンケート調査の結果を踏まえ、Web 会議形式によ

るヒアリングをおこなった。

ヒアリングの結果、ビューワに必要な主な機能は表-1のとおりとなった。

表-1 ビューワに必要な主な機能一覧

大項目	小項目
ログイン管理	ログイン後、ユーザが管理している路線の初期表示機能
	ユーザ毎の各種設定保存機能
MMSデータ閲覧	MMSデータを再生・逆再生機能
	位置の距離標表示機能
	上下左右360度の視点移動機能
	拡大・縮小機能
	表示個所の路線情報の画面表示機能
	過年度データの閲覧機能
その他	複数MMSデータの並列表示機能
	位置情報共有機能
	カメラの明るさを調整できること

3. 工事等で習得されたデータによる本システムデータの部分更新を行う手法について

本システムには令和3年度までに取得された直轄国道約24,000kmのうち約19,000km分のデータが保管されている。一方、工事等で道路の形状が一部変化した場合に速やかにMMSデータを取得することは予算的な制約もあり困難である。そこで、工事終了時に安価な機材を用いた簡便な方法で点群を取得し本システムのデータの部分更新を行う手法について検討を行った。

(1) 機種を選定

一般的な点群を取得するLiDAR^{注3}という装置は数百万円程度と高額なものがほとんどであるが、一部のスマートフォンにLiDARの機能が付いているため、実際に国総研内の試験走路で点群の取得実験^{注4}を行った。また、同時にウェアラブルカメラでも画像の取得実験^{注5}を行い、SfM^{注6}という多数の画像から点群データを生成する技術を用いて点群データを生成した(図-5)。さらに、これらのデータについて精度確認を行った。

(2) 実験結果

今回の実験の範囲内では、ウェアラブルカメラから生成された点群データは鉛直方向・平面方向±20mm以内の精度があり、MMSデータを補完するデータとして十分利用できることを確認した。一方、スマートフォンのLiDAR機能で交差点を一周して点群データを取得した場合、高さ方向に20cm程度のずれが生じたが、計測範囲を区切って計測することでMMSデータを補完するデータとして利用できることを確認した。さらに、工事等で取得されたデータを本システムに登録できる形に変換するための仕様も検討し、「車両搭載センシング装置取得データ納品仕様(案)Ver2.0」を作成した。今後は仕様案の意見照会を行った後、既存の納品仕様(ver.1.0)のアップデートを検討している。

(3) 本システムデータの部分更新の流れ

点群データ等の扱いに不慣れな工事等の受注者にと

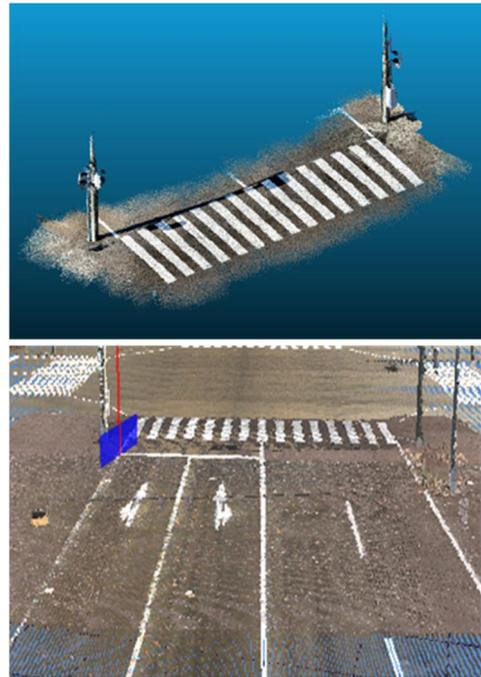


図-5 スマートフォン(上)、ウェアラブルカメラ(下)により取得された点群

ってSfMを用いた画像から点群データの生成や仕様に則したデータ変換のような作業は大きな負担になると考えられる。

そこで、工事等の受注者はスマートフォンやウェアラブルカメラの撮影データを提出するまでとし、その後の工程は一定ロットのデータを集めた後、点群データ等の処理が得意な受注者へ一括で委託することを想定している(図-6)。

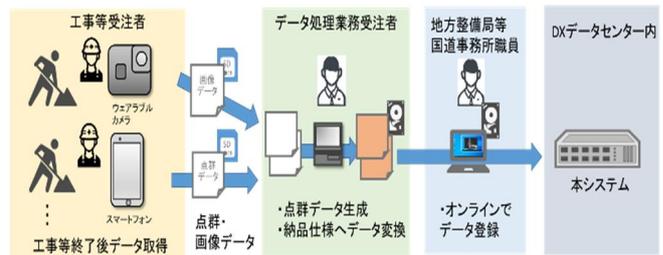


図-6 本システムデータの部分更新を行う手法のイメージ

本研究では、過年度に開発した点群データの保管・共有を行うためのシステムについて、実運用を見据えた形でDXデータセンター内に構築し、約1.9万kmのデータを登録した。MMSデータの活用促進に向けたビューワシステムの機能について、道路管理者から直接ヒアリング調査を行い、機能要件を把握することができた。また、工事等で習得されたデータを用いてデータの部分更新を行う手法を検討し、工事等で習得されたデータを当該システムへ登録できる形式に変換するための納品仕様案を作成した。

[成果の活用]

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

注 1) Mobile Mapping System (車載写真レーザ測量システム) の略。走行軌跡周辺の点群データや画像データを取得できる。

注 2) 国土交通省の工事・業務の受発注者間での 3D データの情報共有を主目的として国総研内に構築されたデータセンター。

注 3) パルス状に発光するレーザー照射に対する散乱光を測定し、点群データを取得する装置。

注 4) 本研究では iPhone 14 pro https://www.apple.com/jp/iphone-14-pro/?afid=p238%7CGX1Zblc8-dc_mtld_20925qtz40402&cid=wwa-jp-kwyh-iphone--iPhone14Pro- を用いて取得実験を行った。

注 5) 本研究では GoPro HERO 11 <https://www.tajima-motor.com/gopro/product/specifications/> を用いて取得実験を行った。

注 6) Structure from Motion (多視点画像からの 3D 形状復元) の略。ある対象を撮影した複数枚の写真から、対象の形状を点群データとして復元する技術。本研究では pix4Dmapper <https://www.pix4d.com/product/pix4dmapper-photogrammetry-software/> を用いて点群を生成した。

道路管理のための点群データの効率的な管理手法に関する研究 —道路標識データベースの構築—

Research on an efficient method of data management of point cloud data for road management
- Development of Road Signs Database -

(研究期間 令和2年度～令和4年度)

社会資本マネジメント研究センター

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

交流研究員

Guest Research Engineer YAMAZAKI Koji

西村 徹

NISHIMURA Toru

大手 方如

OOTE Masayuki

新倉 功也

NIIKURA Katsuya

山崎 廣二

The Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism has aimed to improve the contents of the road signs. So NILIM developed the “Road Signs Database” and a system to support data creation for “Road Signs Database” from MMS data (which include point cloud data and image data) efficiently. This system uses multiple AIs for finding road signs and OCR.

“Road Signs Database” was developed on Digital Transformation Data Center, which was built in MLIT.

〔研究目的及び経緯〕

国土交通省では、道路案内標識における道路管理者間での不整合やカーナビ等の民間サービスとの不整合を改善し、適切な道案内や自動運転の支援等への活用を図るため、官民それぞれが提供すべき情報を整理し、道案内全体の体系化・統一化を図ることを目指している。このため、国総研では、MMS (Mobile Mapping System)^{注1}で得られた点群データ及び画像データから AI を用いて道路案内標識に関する情報を取得することで道路案内標識の板面情報を効率的にデータベース化する技術の研究を行っている。

〔研究内容〕

本研究では、過年度までに研究した標識位置及び道路案内標識の板面情報を抽出する要素技術を高度化するとともに道路案内標識全体に拡張し、これらの技術を組み合わせることで、「道路標識データベース構築支援システム」及び「道路標識データベース」を構築した。

〔研究成果〕

1 要素技術の開発について

1.1 点群データ及び画像データから道路標識位置を推定する技術の開発について

MMS データは車載カメラで撮影された画像データ

と LiDAR^{注2}で取得された点群データに大別される。画像データからは AI^{注3}を用いて道路標識を抽出した。一方、画像データからは正確な位置を把握することは困難であるため、画像が取得された付近の点群データから近傍の柱状及び板状の物体を探すことで正確な標識の位置を特定する技術を開発した(図-1)。



図-1 標識位置を特定する技術の概略図

なお、精度検証の結果、1253 枚のサンプルのうち位置を正確に抽出できたのは、14%程度であった。一方、106 系/108 系の比較的板面サイズが大きい標識については、位置を正確に抽出できたのは、73%程度であった。

1.2 画像データから道路標識の板面情報を抽出する技術の開発について

※本報告は令和3年度当初予算の標記の研究課題を令和4年度に継続して得た結果をまとめたものである。

1.1 で用いた AI を用いて、標識板面の画像を抽出した後、OCR (Optical Character Reader) 用の AI^{注4}を用いて文字及び矢印の方向情報を抽出した。

106 系/108 系の地名が記載されている道路案内標識は一般的に日本語とローマ字が一对で記載されているため、文字と板面上の位置を同時に抽出することで対になる日本語とローマ字を抽出した (図-2)。

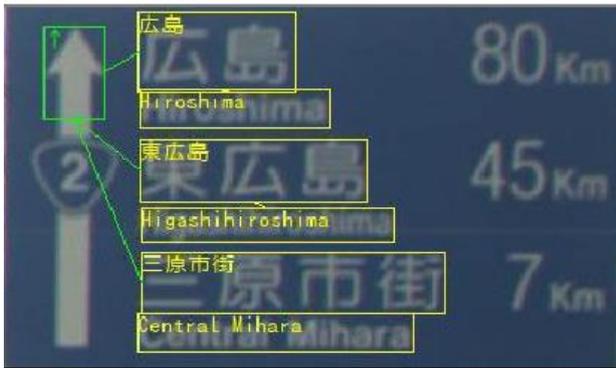


図-2 標識板面からの文字抽出例

なお、抽出精度検証の結果、1027 枚の標識のサンプルのうち、日本語地名とローマ字の完全一致地名数は、597 件であり、全体の約 58.1%であった。ただし、比較的板面のサイズが大きい標識 (106 系/108 系) については、626 枚のサンプルのうち日本語地名とローマ字の完全一致地名数は、全体の約 84.7%であった。

また、矢印の抽出精度については、190 枚のサンプルのうち、矢印を抽出でき、かつ、角度が正しいものは、181 件であり、全体の約 95.3%であった。

1.3 道路標識データベースデータ項目の整理について

各地方整備局等で整備している標識台帳を網羅する形で、登録する標識の座標 (高さ含む)、設置方位、画像、地名、矢印、設置箇所の住所、路線番号、管理者、種別、現旧区分、上下区分、距離標、板面色彩等をデータ項目としている。

また、登録される各矢印には道路種別・路線番号・案内地名の距離が登録されている。

1.4 整合性チェック機能の開発について

道路標識データベースに登録されている情報を用いて、標識データの整合性を自動的に確認する機能を開発した。具体的には、案内地名の連続性のチェック、交差点内の整合性のチェック、地名の標記揺れをチェックする機能からなっている。

2 道路標識データベース構築支援システム及び道路標識データベースの構築について

1.1 で示した「道路標識抽出プログラム」及び 1.2

で示した「板面内容抽出プログラム」を「道路標識データベース構築支援システム」とし、PC 上にインストールして利用できるようにした。また、今後、当該システムは DX データセンター^{注5}内の VDI サーバ上に構築される予定である (図-3)。

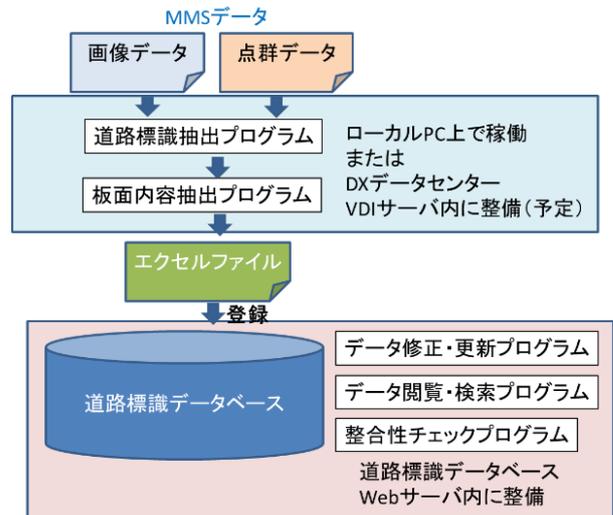


図-3 道路標識データベースに関連するシステムの概略構成図

今後、各地方整備局等の国道事務所職員またはデータ作成受注者が当該システムを用いて MMS データから道路標識データベースのデータを整備することが想定されている。

一方、「道路標識データベース」は、データベース本体に加え「データ修正・更新プログラム」、「データ閲覧・検索プログラム」及び 1.4 で示した「整合性チェックプログラム」から構成されており、DX データセンター内に構築されている。

[成果の活用]

案内標識の表記の不整合や冗長な記載内容の改善をめざし、今後、各地方整備局等において「道路標識データベース構築支援システム」を用いて「道路標識データベース」のデータ整備が進められる予定である。

注1) Mobile Mapping System (車載写真レーザ測量システム) の略。走行軌跡周辺の点群データや画像データを取得できる。

注2) パルス状に発光するレーザー照射に対する散乱光を測定し、点群データを取得する装置。

注3) YOLOX という物体認識を行う AI モデルを用いた。

注4) 日本語及びアルファベットに特化した AI を独自開発した。

注5) 国土交通省の工事・業務の受発注者間での 3D データの情報共有を主目的として国総研内に構築されたデータセンター

道路整備のストック効果把握に関する比較分析調査

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

(研究期間 令和3年度～令和4年度)

社会資本マネジメント研究センター
建設経済研究室
Research Center for Infrastructure Management
Construction Economics Division

室長 小俣 元美
Head OMATA Motoyoshi
主任研究官 原野 崇
Senior Researcher HARANO Takashi

The purpose of this study is to identify the characteristics and issues of various economic analyses methods for understanding the economic effects of road investment by economic analysis of stock effects, examining measures to improve macro-econometric models, and identifying trends in overseas guidelines on transport analysis.

[研究目的及び経緯]

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

本調査は、道路整備によるストック効果の分析手法の把握、全国マクロ計量経済モデルの改善方策の検討及び海外の交通分析に関する指針の動向等の把握を行うことを目的としている。

[研究内容及び成果]

1. 道路整備ストックが生産に与える効果の分析方法の収集整理

道路整備ストックが生産に与える効果(GDP向上等)の分析方法(推計方法等)について、実証分析を行っている既往研究の情報収集を行った。

具体的には、社会資本全体の効果に関する既往研究又は交通インフラの効果に関する研究をリストアップし、各文献について、分析目的、利用データ、社会資本の対象、推定方法等について整理した(表-1)。そして、生産に与える効果と既存の費用便益分析との関係性、効果分析手法の分類等の視点で取りまとめを行った。

(1) 生産に与える効果と既存の費用便益分析との関係

道路整備が生産に与える効果を計測するためには、既存の費用便益分析では計測対象外となる生産関数の変数であるTFP(全要素生産性)(図-1における変数A)が、道路整備によりどれほど向上するかを明らかにすることが重要である。Graham et al(2009)は、イギリスにおける交通インフラ整備の評価を念頭に、Effective Density(有効密度)と呼ばれるアクセス性の指標がTFPに与える影響を検証しており、道路整備の評価に適用することが可能な手法となっている。日本国内でも、Graham et al(2009)と類似したアプローチで、織田澤ら(2022)、足立ら(2022)等の実証分析がされているものの、現時点では便益計測が可能な研究とはなっていない。また、林(2009)、中東(2017)等では、民間投資と公共投資が生産拡大へ与える影響の差異を確認しているが、道路以外の

部門も含め都道府県別の社会資本ストック全体を対象とした推計となっている。

表-1 社会資本ストックが生産に与える効果に関する主な既往研究

題目	著者	出典	分類	概要
公共資本の生産効果-動学パネルによる再考	林正義	財政研究, 5, p119-140, 2009年10月	社会資本全体の効果	都道府県別パネルを用いて公共資本が地域生産に与える効果について、生産要素の投入から生産に寄与するまでの時間的遅れ等の既存研究で十分でない点に留意し、民間資本と対比しつつ推定。
社会資本の生産力効果に基づいた日本の社会資本の資産価値	中東雅樹	会計検査研究(56) p13-26 2017年9月	社会資本全体の効果	社会資本の資産価値評価の妥当性について、社会資本の稼働率を考慮した生産関数を用いて推計する産業別の社会資本の生産力効果より、公共投資の経済的価値を推計。
交通投資と集積効果の距離減衰	Graham et al	Centre for Transport Studies, London, Jan.2009	交通インフラの効果	企業レベルのパネルデータを用いて、経済規模へのアクセス性(Effective Density)が全要素生産性(TFP)に及ぼす影響を検証。集積の弾力性パラメータ、距離減衰パラメータを推定。
都市間高速道路網整備が地方部の都市雇用圏の地価に及ぼす因果効果の推定	織田澤利守ほか	土木学会論文集 D3(土木計画学), Vol. 77, No.5 195-1105, 2022	交通インフラの効果	高速道路網整備が地方部の都市雇用圏に及ぼした影響について、一般均衡型の都市間交易モデルを用いて地価とマーケットアクセスの関係式を導出し、高速道路網が地価に及ぼす因果効果を推定。
地域間異質性に着目した高速道路ネットワーク整備の因果効果の推定	足立理子ほか	第66回土木計画学研究発表会・講演集, 2022	交通インフラの効果	都市雇用圏間・都市雇用圏内のマーケットアクセス指標を算出し、高速道路ネットワーク整備による地域のアクセス性の改善が生産拡大(製造品出荷額)に及ぼす影響について検証。

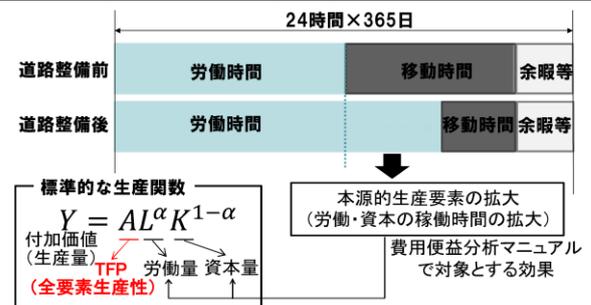


図-1 付加価値(生産量)算定と費用便益分析との関係性

(2) 効果分析手法の分類

道路整備の効果分析手法は構造系、誘導系に分類されるが、本調査で考察した既往研究は、多くの研究が誘導系のアプローチである。構造系のアプローチは、空間的応用一般均衡モデルのように、経済理論に基づき経済メカニズムを構築して効果を計測する手法に対して、誘導系のアプローチは、過去データを踏まえた政策変数と被説明変数の関係性から、将来の道路整備効果を計測する手法であり、生産への効果のような経済メカニズムが解明されていない要素であっても効果計測が可能という利点がある。

2. 全国マクロ計量経済モデルの特徴整理等

「道路の中期計画(素案)」(2007年11月)に用いられたマクロ計量経済モデルについて、モデル構造や使用データ、アクセシビリティの定義や特徴について整理するとともに、有識者から改善方策の意見を伺った。

マクロ計量経済モデルは、道路投資の評価に用いられる代表的な他の経済モデルである空間的応用一般均衡モデル(SCGE)、応用都市経済モデル(CUE)と比較して、フロー効果を期待する政策とインフラのようなストック効果を期待する政策双方を同じモデルで評価することが可能であることや、好景気、不景気といった経済全体の景気状況を前提としたフロー・ストック効果の計測が可能という利点を有する(表-2)。

表-2 主な経済モデルの特徴比較

マクロ計量経済モデル	空間的応用一般均衡モデル	応用都市経済モデル
理論的立脚点	ケインズ理論(マクロ経済)	ワルラス型一般均衡理論(ミクロ経済)
対象地域	国・県単位	市町村単位
産業分類	全産業・3分類程度	全産業・細分類
理論の定式方法	過去の経済指標やデータから推計された帰帰式を用いた連立方程式体系による表現	複数地域における財市場の均衡状態での連立方程式体系による表現
効果計測特性	過去から現在の社会構造を固定化した計測	一時点の需給均衡下での計測
アウトプット指標例	生産変化、帰着便益、消費変化、投資変化、雇用・税収変化、フロー効果	産業別生産変化、帰着便益、消費変化、所得変化、交易変化(地域別・産業別)

なお、当マクロモデルに対する有識者への意見聴取からは、インフレ期等におけるクラウンディングアウト対策となるメカニズムをモデルに導入する場合の有効性はあるものの、本来は、DSGE(動学的確率的一般均衡)モデルのような確率型の均衡モデルなどの様々なモデルを作成し、政策の良し悪しを検討していくことが求められる等の示唆を頂いた。

3. 海外の交通分析に関する指針等の動向把握

(1) オーストラリアの「広範な経済効果(ワイダー・エコノミック・ベネフィット)」に関する指針の更新状況

2022年4月に更新された「広範な経済効果(ワイダー・エコノミック・ベネフィット(WEB))」のガイドラインについて、更新箇所の確認を行った。当WEBガイドラインはインフラ交通省の交通評価・計画ガイドラインの一部を構成するもので、2022年版は従前版(2016年版)と比して詳細に記載された内容となっている(表-3)。

表-3 オーストラリアのWEB指針(2022年更新)の主な内容

オーストラリア「広範な経済効果(ワイダー・エコノミック・ベネフィット)」更新指針の主な内容	
(1) 計測指標	
①WB1:集積効果	● 算定式はイギリスと同じ。必要となるパラメータ(生産性の弾力値と減衰パラメータ)は、オーストラリアの都市において推計を試みたものの、統計的に有意な結果が得られなかったため、推奨値として、イギリスの数値を簡略化したものを掲載。
②WB2:労働市場および税制への影響	● 労働者数の増加によって生じる所得に対して、税率を乗ずることで税収増加を算出する点は、イギリスと同じ。(労働供給量の増加としての労働供給に対する弾力性では、イギリスは実効賃金に対する弾力性、オーストラリアは限界(追加)労働者の賃金に対する弾力性)
③WB3:不完全競争下における生産量変化	● 算定式はイギリスと同じ。パラメータ(アップレート率)は、イギリスと同じ数値を推奨。
(2) 対象事業	
● 大都市圏に位置、又は大都市圏へのアクセスが改善されるような大規模プロジェクトで適用。	
(3) エコノミック・ナラティブに関する説明(WEB 計測適用要件として効果発現の文脈を記載)	
● WEBで計測した結果に対して、記載すべきナラティブの一例を示したものを掲載されている。英国では、ビジネスケース内の戦略的説明において詳細に語られるべきであることに対して、オーストラリアでの記載内容は、比較的シンプルなものとなっている。	

WEBの計測指標としては、WB1:集積効果、WB2:労働市場および税制への影響、WB3:不完全競争下での生産変化、WB4:競争の変化の4種類を挙げているが、WB4については該当しないとしており、分析方法の記載はない。

(2) 英国の COVID-19 による集積経済への影響調査

COVID-19による在宅勤務の増加は、WEI (Wider Economic Impacts:広範な経済効果) の中で代表的な効果である「集積の効果」に影響を及ぼす可能性があることが2021年5月の英国交通省のTAG(交通分析指針)アップデートレポートに示されるとともに、COVID-19による行動変容(在宅勤務の増加等)による集積効果への影響についての調査報告「Agglomeration under Covid(コロナ下での集積)」も同省から公開されている。

TAGにおける集積の効果の計測^{*}は、域内の雇用者数、一般化費用及び距離減衰パラメータから算出される「有効密度」の変化率、産業の弾力性、域内総生産等を用いて算出されるが、当調査報告では、在宅勤務の増加が生産、弾力性や減衰パラメータに影響を与える可能性等について、集積経済の源となる各メカニズム(シェアリング(共有)、マッチング(組合せ)、ラーニング(学習))における影響(変化の方向性)を推測している。具体的には、在宅勤務は旅行費用(通勤コスト)を下げることでマッチングメカニズムを強化する可能性があるが、ラーニング(学習)メカニズムが対面の接触に依存している場合に集積効果が損なわれる可能性(弾力性の低下)がある等の影響(予測)が記載されている(表-4)。

※【TAG(英国指針)における集積効果の算定式(概略)】

$$\text{集積効果} = [(\text{有効密度の変化率})^{\rho^k}] \times \text{域内総生産(GRP)}$$

$$\text{有効密度} = \sum_j (\text{雇用者数}) / (\text{一般化費用}_{i,j})^{\alpha^k}$$

ρ^k : k産業の有効密度の弾力性、 α^k : k産業の距離減衰パラメータ、 i, j : 地域

表-4 在宅勤務が集積経済源泉の各メカニズムに与える影響(抜粋)

源泉メカニズム(外部経済項目)	在宅勤務による集積経済関連の生産性への影響	集積経済の外部性に対する在宅勤務の追加的影響
(1) 在宅勤務が「シェアリング(共有)」に与える影響		
不可分なモノや施設のシェアリング(共有)	● 都市内では、公共インフラ(交通等)の共有利益を得られることから、在宅勤務は完全な代替とはならない可能性が高い。在宅勤務への移行は生産性を低下させる。	● 生産の弾力性は低下する可能性が高く、外部の不可分な財の共有に大きく関連する産業で最も低下。
多様性から得られる利益のシェアリング(共有)	● 物理的な財やインフラについては、在宅勤務は代替になりそうにないが、バーチャルに供給される財については、在宅勤務は代替になりうる(例:ビジネス・サービスなど)。	● 距離による集積力の減衰が減少し、減衰パラメータが低下していると解釈できる。
(2) 在宅勤務が「マッチング(組合せ)」に与える影響		
マッチング(組合せ)のチャンス(機会)の向上	● 在宅勤務は、職場から離れた場所に在宅勤務者を配置することができるため、労働市場の規模を拡大し、マッチングの可能性を高めることができる。生産性は向上する。	● BtoB(企業対企業)に基づくアクセシビリティの経験的推定では減衰パラメータを低下させる可能性が高い。
(3) 在宅勤務が「ラーニング(学習)」に与える影響		
知識の創出	● 創造性が対面での交流にどの程度依存するか、必要な対面の頻度によって異なる。在宅勤務は接触レベルを低下させることで、知識生成を低下させる可能性が高い。	● 弾力性が低下する可能性が高いが、知識創出に必要な対面での交流の頻度に大きく依存する。
知識の普及	● 学習効果は最近移動してきた人や若い人に重要。生産性の低下は、最近移動してきた人で最大と予想。企業は、早い段階でオフィスでの勤務を義務付けることで対処可能。	● 知識創出と同様、ただし、都市に長く拠点を置く人は限界生産性の低下が小さいことに注意。

(注) 集積経済の源泉となる外部経済の10項目として、上記以外に、個々の専門性から得られる利益のシェアリング、リスクのシェアリング、マッチングの質の向上、マッチングの容易化によるハードアップ問題の軽減、知識の蓄積がある。

【成果の活用】

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

災害時等の計画的な道路交通量抑制に関する調査

A study on systematic traffic regulation in the event of disaster

(研究期間 令和4年度～令和5年度)

社会資本マネジメント研究センター
建設経済研究室
Research Center for Infrastructure Management
Construction Economics Division

室 長 小俣 元美
Head OMATA Motoyoshi
主任研究官 原野 崇
Senior Researcher HARANO Takashi

The Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism is aiming for measures to avoid large-scale stagnation of vehicles on highways in the event of short-term concentrated heavy snowfall. In March 2021, the winter road traffic securing measures review committee proposed a change in policy regarding winter road securing measures. In response to this, we investigated how the response of road administrators in various places changed in the winter of 2021.

[研究目的及び経緯]

近年、短期間の集中的な大雪により、幹線道路上で大規模な車両滞留が発生するケースが発生している。このため国土交通省道路局が設置した冬期道路交通確保対策検討委員会は「大雪時の道路交通確保対策中間取りまとめ（令和3年3月改訂版）」（以下、「中間取りまとめ」とする。）において、大雪時に幹線道路上の大規模な車両滞留を回避する新たな方針を提言した。これは、高速道路と並行する国道を同時通行止めにならないなど道路交通ネットワークの断絶を極力避けるという従来の方針を転換し、人命を最優先に広範囲な通行止めや高速道路と並行する国道等の同時通行止めも躊躇なく実施するなどという、新しい対応方針の提言であった。これを受けて各地方整備局や高速道路会社等の道路管理者が、提言に沿った新しい対応方針で冬期道路管理に当たることを関係機関らと合同で記者発表する事例も見られたが、各地域で冬期の気象や道路交通事情等が異なる状況に則し、それぞれ異なる対応となっている。

本研究では、各地域の道路管理者の冬期道路管理における新しい方針への対応状況を整理するとともに、主に令和3年度冬期における道路管理の実施状況について情報の収集と整理を行った。

[研究内容]

各地方整備局や道路事務所等の道路管理者が令和3年以降、冬期道路管理に関する新たな対応方針について発表した事例についてその内容を情報収集・整理した。

また、令和3年度冬期の道路管理において、大雪対応を行った事例を収集し、その大雪時の道路管理者からの情報発信や道路管理実施状況について整理した。

これらの情報を踏まえ、冬期道路管理の実施状況等

について各地方整備局からのヒアリングを行い、その結果を取りまとめた。

[研究成果]

(1) 大雪時の道路交通確保に向けた新たな取り組みの発表事例の収集・整理

中間取りまとめを受けて大雪時の道路交通確保に対する新たな方針が各地方整備局や関係機関から発表されている。それらの発表事例の中から数例抽出し、それぞれの発表内容について情報収集・整理した。発表内容は各地方整備局や国道事務所、高速道路会社が記者発表した公表資料を基とした。

調査の結果、新たな対応方針での取り組みを本局が記者発表を行った事が確認できたのは北陸、中部、近畿の3地方整備局で、地域を管轄する高速道路会社等と合同で実施していた（表-1）。その他の地方整備局では異なる方法で発表しており、例えば東北地方整備局や関東地方整備局は、管内で大雪が予測された際に道路利用者へ注意を呼びかける記者発表の中で、予防的通行規制や、国道と高速の同時通行止めを行う可能性があることを説明している。

また、関東地方整備局では、関東甲信越地方の冬の道路情報を取りまとめた「関東甲信地方の冬道ポータルサイト」を開設しており（令和3年11月22日記者発表）、その中で予防的通行規制や広範囲での通行止め、並行する高速道路と国道の同時通行止めを行う可能性に言及している。

その他、仙台河川国道事務所ではHPの冬道情報コーナーに東北自動車道と国道4号の同時通行止めを行う際のタイムラインや、その際の広域迂回路について公表している。

以上、発表主体や方法に差異はあるものの、各地域の実情に即した発表がなされたものとみられる。

表-1 資料記載項目の整理（一部抜粋）

	北陸 R3.11.9	中部 R3.11.26	福井 R3.1.25
日付	R3.11.9	R3.11.26	R3.1.25
合同発表者	北陸地整道路部、NEXCO 東日本新潟支社	中部地整道路部、中部運輸局総務部、名古屋地方气象台、NEXCO 中日本名古屋支社	近畿地整道路部、NEXCO 中日本金沢支社（福井県冬期道路情報連絡室臨時会議）
1. 予防的通行止めに関する方針	一部 IC の予防的閉鎖に加えて、複数 IC 間にまたがる広域的な通行止めの可能性	計画・予防的な高速・国道の通行止め実施の可能性	交通状況等を踏まえて通行止めを実施。通行止めに応じた対応方針等
2. 高速道路と国道の同時通行止めの実施に関する方針	高速道路と並行する国道の同時通行止めも含め、躊躇のない通行止めを実施	交通状況、降雪状況に応じて高速道路と並行する一般国道などの同時通行止めを躊躇なく実施	北陸道と国道8号の同時通行止めの実施
3. 関係機関との連携・情報共有に関する方針	大雪が予想される場合には事前に情報連絡本部を設置、関係者間の調整を図る	関係機関4者の分担や各段階の行動計画策定における連携	応援要請に関する方針や、連絡室の情報共有、沿線自治体との情報共有について記載
4. 情報提供に関する方針	事前の情報提供頻度の強化、緊急発表の前倒し、SNS アカウントを利用した情報提供手段強化などが記載	事前の段階的な情報提供、同時通行止めを含む計画的・予防的な通行規制の予告を実施する旨が記載	滞留発生時の現地での情報提供のほか、広域広報の実施方針も記述

(2) 令和3年度冬期の道路交通確保状況調査

直轄管理国道および高速道における令和3年度冬期の道路確保策実施状況について、情報収集を行った。実施状況について、予防的通行止め及び同時通行止めの実施有無、実際の立ち往生の発生有無、および通行止め以外の新たな対策等、の観点から整理した。結果概要を表-2に示す。

北海道、北陸、及び関東地整管内では豪雪前の予防的通行止めを実施しており、関東、中部及び近畿地整管内では国道と並行高速道路の同時通行止めを実施していた。

(3) 道路管理者からのヒアリング

ここまでに収集した情報を踏まえ、道路管理者に対して web ヒアリング調査を実施した。対象は関東、北

陸、近畿、中国、の各地方整備局の道路管理課担当者等で、主な結果を以下に示す。

1) 同時通行止めに対する地元関係者からの反応

国道と高速道路の同時通行止めに対して、概ね各自治体から強い反対はなかったが、同時通行止めを実施した場合に県道へ交通が集中する可能性への懸念や、同時通行止めができるだけ発生しないような除雪体制強化への要望があった。また、地方では高速道路や並行する一般道が日常生活で利用されているため、同時通行止めの判断が難しい場合があるとの指摘がされた。

2) 予防的通行止め

予防的通行止めにより車両の立ち往生を防ぐ効果や、速やかな除雪・早期通行止め解除につながったとの意見があった。また、降雪は予測精度が低く路面状況はさらに予測が難しいため、予防的通行止めを実施する場合は広報が難しい、との指摘があった。

3) タイムラインの作成について

各地整においてタイムラインは作成済みで、作成した効果はあった。但し、内容はあくまで基本的な事項で、実施に当たっては気象に応じて臨機応変な対応が求められたことや、突発的な降雪が生じた場合は運用に時間を要したケースがあった。

4) その他の対策や課題等

いずれの地整も情報発信を重視しており、現地の情報板やラジオ、Twitter を使うことでリアルタイム性を高める、迂回ルートの地図と写真を添付して発信することでわかりやすくする、等の工夫が見られた。また、SNS による広報の活用によりフォロワーが増えた国道事務所の事例が確認された。また、地整間や NEXCO 各社間との情報連携を密にすることを重視し、WEB 会議システムの常時接続など新たな連絡体制を整備した事例が見られた。

[成果の活用]

本成果を踏まえ、改善策の検討や同時通行止めの効果の定量評価等について研究を進めていく。

表-2 令和3年度冬期における道路管理の実施状況（概要）

	予防的通行止め・同時通行止めの実施	立ち往生等の交通障害の発生有無	通行止め以外の新たな対策
北海道	予防的通行止め区間を含む管理国道 24 路線 34 区間で通行止めを実施(R4.1.11)。	函館江差自動車道で降雪時の事故の発生を確認。	予防的通行規制区間の設定などのソフト対策と雪堆積場の拡充などのハード対策を実施。
東北	東北自動車道、国道で排雪・除雪を目的とした通行止めや、吹雪・大雪等で視界不良のため通行止めを実施。高速道路と並行する国道の同時通行止めはなかった。	国道 4 号等で立ち往生の発生事例を確認。	広報の新たな取り組みとして、工業団地の企業を訪問し協力の依頼を行っていた。
関東	国道 1 号箱根新道(予防的通行止め)、関越道と国道 17 号の同時通行止めなど。	首都高速や、一般国道で立ち往生やスリップによる事故が発生していた。	「冬道ポータルサイトの開設」、情報発信の拡充。
北陸	関越自動車道において、計画的 IC 閉鎖を実施している事例が見られた(予防的通行止め)。	関越自動車道で立ち往生及び立ち往生等に起因する車両滞留が 11 件発生。このうち路面積雪が要因となった立ち往生も 2 回発生。	チェーン指導訓練や気象道路状況に応じた情報発信などのソフト対策に加えて、消雪パイプの設置などのハード対策を行っていた。
中部	名神高速道路と並行する国道 21 号の同時通行止めをしている事例が見られた。	国道 21 号において、立ち往生の発生事例を確認。	記者発表による呼びかけ等により一定の出控え等や広域迂回があり効果があったと考えられる。
近畿	国道 8 号と北陸道の並行区間を同時に通行止めしている事例がみられた。	北陸道や国道 8 号で立ち往生や雪に起因する事故の発生事例を確認。	タイヤ規制を実施し、合わせて SNS 等で情報発信を行っていた。
中国	排雪・除雪を目的として通行止めは実施。事前通行止めや同時通行止めはなかった。	高速道路上での立ち往生の発生事例を確認。	降雪期前にタイムラインを作成していた。

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

道路橋等の性能評価方法の充実・高度化に関する調査検討

Study on the sophistication of performance evaluation method for bridges

(研究期間 令和2年度～令和6年度)

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

室長 白戸 真大
Head SHIRATO Masahiro
主任研究官 上田 晴気
Senior Researcher UEDA Haruki
交流研究員 五味 傑
Guest Research Engineer GOMI Takashi

The reliability of bridges is usually evaluated for individual parts based on nominal stress levels while assuming each part behaves within the beam theory. However, recent bridge design and construction pursues to reduce the number of structural members and concrete-steel composite structure to reduce weights and such bridges are likely to behave in a complexed way. Accordingly, this study has sought a further measure to ascertain the structural reliability for such new structural types. The numerical simulation for a concrete-steel composite superstructure has shown that secondary stresses can develop noticeably due to not live loads but thermal effects and the need for additional rules to incorporate such secondary effects into the structural reliability evaluation for new types of bridges.

〔研究目的及び経緯〕

平成29年7月に道路橋示方書が改定され、従来の許容応力度設計体系に替えて部分係数設計体系が導入された。この改定により、形式や材料によらない橋の普遍的な要求性能がより具体的に規定され、新形式の橋梁や構造部材を具体的に照査しやすい環境が整った。これらの橋の設計では、形式・構造に合わせて、不利になりえる荷重の組み合わせ、載荷方法、応答の評価方法を個々に検討することが求められているが、多くの場合で従来構造の設計方法が踏襲されており、新形式の橋梁・構造部材に対して適当な設計がされていない可能性がある。よって、これらの橋の性能を適切に評価する方法を充実、高度化していく必要がある。

令和3年度は、新しい形式の一つとして比較的採用数が多い波形鋼板ウェブPC箱桁橋について、点検結果から損傷の特徴を整理し、性能評価方法の課題を示した。損傷事例を写真-1、写真-2に示す。上部構造の各部の安全性は、部材が軸線方向には梁理論にしたがって挙動すると仮定して評価されるが、損傷事例からは、桁の各部が複雑に挙動していることが疑われる。たとえば、隔壁の上部の4つの隅角部で損傷が生じていることから、上下床板、ウェブ、それらの接合部は橋軸方向にも橋軸直角方向にも軸線方向以外の挙動を

し、2次応力が生じている可能性が疑われる。そこで、今年度は、国が管理する波形鋼板ウェブPC箱桁橋のうち1橋をとりあげ数値解析を行い、様々な荷重を与えて橋の応答の特性を把握した。



写真-2 鋼・コンクリート接合部の損傷事例

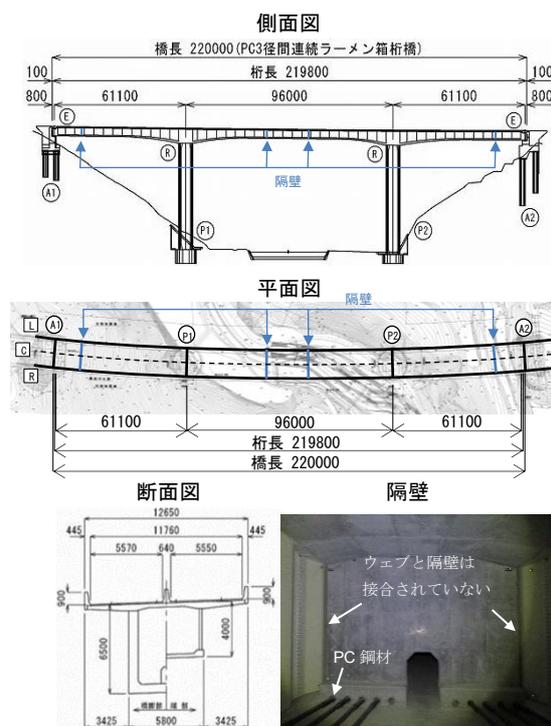


図-1 試算対象



上角部の圧壊 外ケーブル偏向部からのひび割れ
写真-1 隔壁の損傷事例

[研究内容]

1. 試算の対象橋梁

試算対象橋梁を図-1に示す。3 径間連続の波形鋼板ウェブ PC ラーメン箱桁橋の曲線橋で、隔壁は支点部及び 40m 程度に一区間の間隔で設置されている。

本研究では、上部構造全体を断面変形が再現できるシェル要素またはソリッド要素でモデル化し、断面の上下左右にそれぞれ温度差を見込んだり、活荷重の偏載荷の影響を見込んだりすることで、断面のせん断変形、そり、ねじりの影響が大きくなるように載荷し、二次応力の発生状況を調べることにした。

2. 解析結果

通常的设计では、桁全体に一樣に温度変化が生じる時の影響を考慮している。そこで、上下床版と左右ウェブの温度分布を一樣に+15 度とした場合の桁の変形図を図-2に示す。桁は支間中央でそり上がる。支間中央付近の隔壁に生じる最大主応力(引張が正)分布図を図-3(a)に示す。隔壁と上床版の接合部に大きな応力が生じている。コンクリートにひび割れが生じる主応力の大きさは計算上では 3.0N/mm² 程度であり、接合部が損傷してもおかしくない応力が生じている。

次に、上述の一樣な温度分布に加えて活荷重を載荷する場合を考慮した。通常コンクリート箱桁の設計では考慮しないが、隔壁位置での上下床版の変位差が最大となるように活荷重を載荷した。活荷重の載荷位置図を図-4に示す。その時の下床版の変位を図-5に示す。活荷重の載荷により橋は下にたわむ。隔壁に生じる最大主応力分布を図-3(b)に示す。PC 鋼材の偏向部付近に最大主応力分布の偏りが見られる。しかし、かなり極端な分布の活荷重を載荷しても、発生する応力はひび割れが生じるほどの大きさではなく、隔壁上部の角部で応力集中する様子は見られなかった。

次に、通常的设计では考慮しない荷重の組み合わせについて検討した。実際の供用状態では日射の影響に

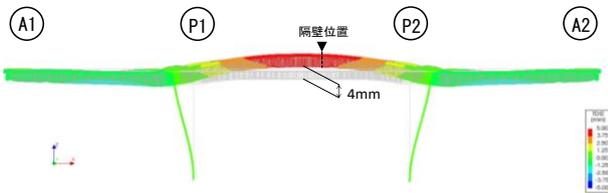


図-2 変形図 (一樣な温度分布を考慮、活荷重なし)

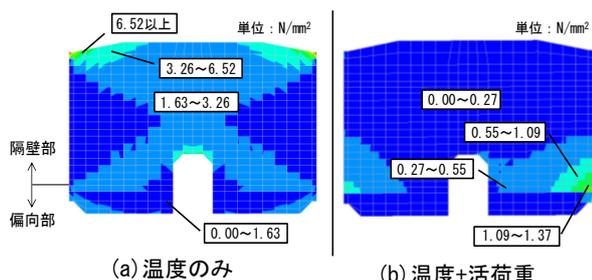


図-3 隔壁の主応力分布図 (一樣な温度分布を考慮)

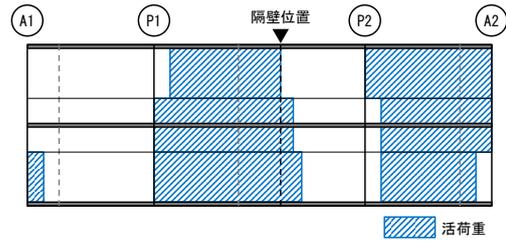


図-4 活荷重載荷位置図

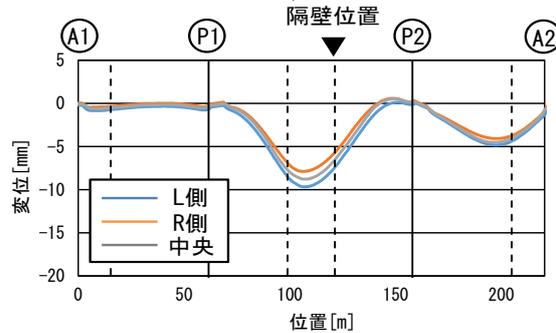


図-5 温度+活荷重作用時の下床版の変位

より上下左右の床版やウェブの温度に差があることから、断面内で非一樣の温度分布を考慮した。下床版と比較して、上床版で+5℃、左ウェブで+35℃、右ウェブで+5℃(左右ウェブの温度差は30℃)とした。この温度分布は、過去の実橋での計測結果を参考に設定したものである。支間中央近傍の隔壁の主応力分布を図-6に示す。ここで活荷重は載荷していない。隔壁の角部に何らかの損傷が生じてもおかしくない大きさの主応力が生じるという計算結果になり、写真-1に見られる隔壁上下の角部の損傷位置とも一致する。

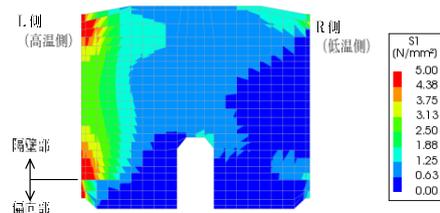


図-6 隔壁の最大主応力度分布
(床版・ウェブで温度差を考慮、活荷重なし)

[研究成果]

以上の解析結果から、今後の技術開発の動向を考えると、橋の設計では、主桁断面としての曲げモーメントやせん断力に厳しくなるような活荷重の載荷を行うだけでなく、各部に生じる2次応力を的確に把握し、それが無視できるような構造となるように設計することが必要であり、たとえば断面の上下左右の温度差の影響と温度変化の影響を組み合わせることが必要となる可能性が認められた。

[成果の活用]

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

高強度材料の活用による橋梁構造の合理化に関する調査検討

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

(研究期間 令和元年度～令和4年度)

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

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

白戸 真大
SHIRATO Masahiro
佐々田 敬久
SASADA Yukihisa
佐藤 悠樹
SATO Yuki

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

〔研究目的及び経緯〕

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

鋼製橋脚については、兵庫県南部地震での被害を踏まえ、道路橋示方書（以下、道示）において塑性域での耐力および変形能に着目した設計法が導入された。しかしながら SM570、SBHS400、SBHS500 を使用した鋼製橋脚については、水平耐力や塑性変形能に関する研究は少ない。また、JIS における鋼材の規定では降伏点や引張強さの規格保証値は定められているものの、降伏比に関する規定が無い。降伏比が高い（1に近い）ことから、これを部材として使ったときの耐荷力の算出や塑性変形能の評価に注意が必要である。例えば、道示では、これら鋼材を使用した鋼製橋脚に塑性化を期待した設計をする場合には、十分に注意する必要があるとされている。そこで本年度は、SBHS500 を使用した鋼製橋脚を対象に、正負交番載荷実験を実施し、塑性域

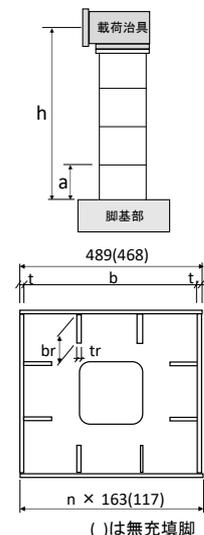
での耐力、変形能について検討を行った。

〔研究内容〕

今年度対象とした鋼製橋脚は、コンクリートを充填した鋼製橋脚（以下、充填脚）、コンクリート充填しない鋼製橋脚（以下、無充填脚）の2体である。各供試体の幅厚比パラメータ RR、RF、細長比パラメータ λ の値（いずれも材料試験値を使って計算）を表-1 に示す。載荷は、鋼断面のみの降伏軸力（材料値）の10%の一定軸力を作用させた状態で、降伏水平変位を基準とした正負交番載荷実験を行った。載荷状況を写真-1 に示す。今回使用した、2つの供試体の SBHS500 の応力-ひずみ関係の一例を図-1 に示す。明確な降伏点、降伏欄が現れているとともに、降伏比は、0.85 となっている。

表-1 試験体諸元

試験体		充填脚	無充填脚
鋼種		SBHS500	SBHS500
鋼材の特性値 (材料試験値)	σ_y (N/mm ²)	562.2	563.9
載荷点高さ	h (mm)	2700	2920
外径寸法	-	489	468
板厚	t	6	6
横リブ間隔	a	477	456
縦リブ寸法	br	41	46
	tr	6	6
補剛材の全幅	b	477	456
パネル	n	3	4
幅厚比パラメータ	RR	0.739	0.531
	RF	0.717	0.527
細長比パラメータ	λ	0.462	0.523



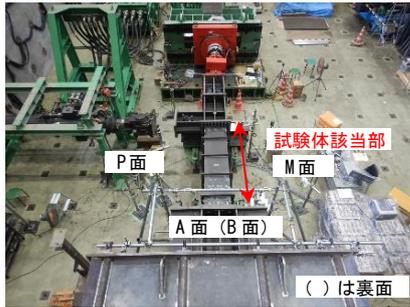


写真-1 試験体載荷状況

これは、既往のSBHS500の降伏比に関する調査結果¹⁾の下限値に近く、SM570の公称板厚区分Iの降伏比の平均値0.905よりも小さい値であった。また、道示に耐震設計法の適用範囲であるSM490の公称板厚区分Iの降伏比の平均値は0.745であり、それと比べると大きい値であった。

【研究成果】

図-2に充填脚、図-3に無充填脚の正負交番載荷実験結果を示す。図-2の充填脚は、+5 δ_y の载荷の途中で、橋脚基部のフランジが破断し、水平荷重が急減に低下したため、実験を終了した。図-3の無充填脚は、+4 δ_y のループで最大水平荷重が観察され、最終的にフランジおよび腹板に座屈変形が生じ、荷重が低下したため実験を終了した。このように破壊形態が変わった。写真-2に試験終了時の試験体状況を示す。

SM490材を用いた既往の研究²⁾で、今回の無充填脚と同程度の幅厚比パラメータ(RR=0.53, RF=0.49)、細長比パラメータ($\lambda=0.51$)を有する無充填脚に、降伏軸力の11%を作用させた正負交番載荷実験を実施したものがあ。今回のSBHS500(降伏比0.85)の無充填脚の実験結果とSM490材(降伏比0.76)の無充填脚の実験結果を比較したものを図-4に示す。図-4は、正負交番載荷試験の水平荷重-水平変位関係から得られる包絡線を降伏水平荷重、降伏水平変位で無次元化している。結果的には、今回の実験ケースでは、高強度材料と一般的な鋼材の降伏比の差が1割程度であれば耐力、塑性変形能とも違いがでず、高強度材料の適用性の拡大が図れる可能性が見いだされた。今後は、これまでの実験結果をベースに、鋼材の降伏後の特性が鋼製橋脚の挙動に与える影響について数値解析等も行い、精査していきたい。

【成果の活用】

得られた成果は、道路橋示方書の改定等に反映する予定である。

【参考文献】

1) 令和3年度土木学会全国大会第76回年次学術講演会, V-143, 北山ら, 各種SBHSの機械的性質に関する整理と考察

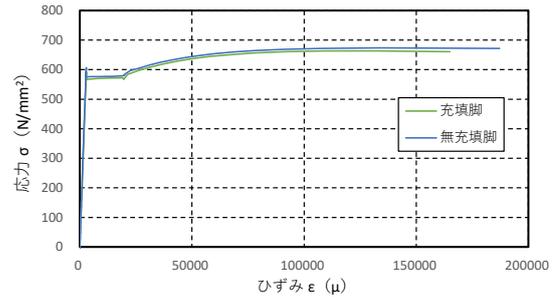


図-1 応力-ひずみ関係 (材料試験)

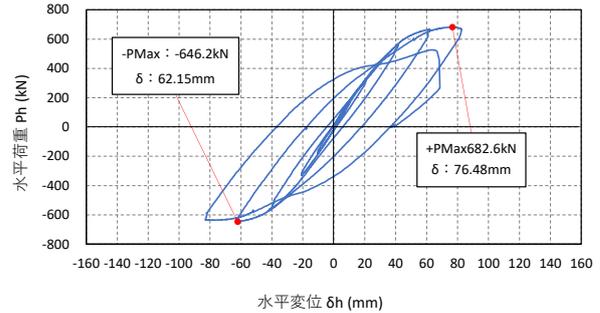


図-2 水平荷重-水平変位関係 (充填脚)

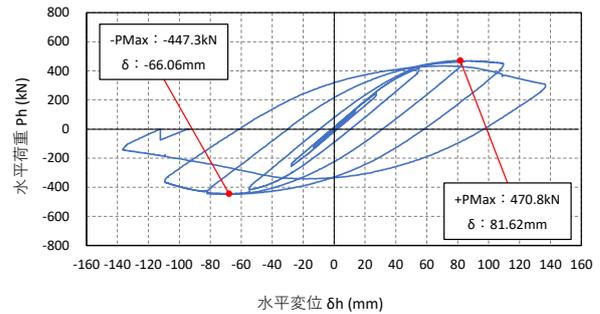


図-3 水平荷重-水平変位関係 (無充填脚)



写真-2 試験後試験体状況 (M面)

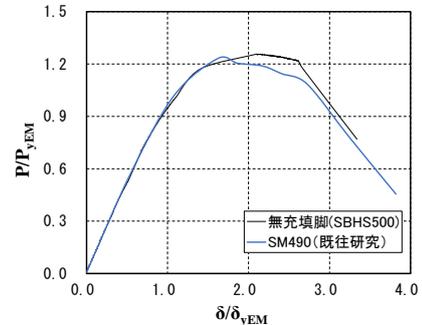


図-4 水平荷重-水平変位関係の既往研究との比較

2) 土木学会論文集 A Vol.66 No.3, 576-595, 2010.9, 岡田ら, 高圧縮軸力が作用する矩形断面鋼部材の耐震性能評価に関する研究

既設道路橋の管理手法の高度化に関する調査検討

Research on strategic management for existing bridges

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

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

(研究期間 令和4年度)
白戸 真大
SHIRATO Masahiro
岡田 太賀雄
OKADA Takao
石尾 真理
ISHIO Mari

Fatigue is one of the major factors to cause damage to bridges. It should be effective to keep an eye on truck traffic characteristics on the highway network such that bridge management plan can involve possible future truck traffic trends with the change of deterioration rate. Accordingly, the present study has conducted to measure the vehicle weight and axle load distribution for passing vehicles on different road bridges. The result has indicated an increasing tendency of truck traffic with a weight range of approximately 40 tons and around. It has also shown the importance of further observations on the truck traffic trends.

[研究目的及び経緯]

物流は社会経済活動を支える不可欠なものである。国土交通省では、物流の効率化や国際競争力の強化に取り組んでおり、近年、たとえば、特殊車両通行許可が必要とする条件として特例8車種のトレーラ車両総重量を28tfから36tf（総重量44tf）に緩和する措置を行ったり、国土交通大臣指定の重要物流道路では、国際海上コンテナ車の特車許可を不要としたりするなどの対応を行ったところである。

一方で、大型車両の通行の増加は、道路構造物の疲労耐久性に影響を与えることが懸念される。特に道路橋は、これまでも疲労損傷事例が報告されており、構

造の特性と路線ごとの大型車の交通特性の変化も考慮し、疲労損傷が発生する前に床版や桁の疲労耐久性を向上させるための補強等を順次進めていくことも既設道路橋の維持管理に効果的であると考えられる。

そこで、本研究では、路線ごとに戦略的な予防保全を検討する方法の提案に向けて、Bridge Weigh-In-Motion（車両重量計測システム、以下、「BWIM」という。）

（国総研資料第188号）を用い、交通特性が異なると考えられる複数の路線で、車両重量を計測し、交通特性の変化と疲労耐久性へ及ぼす影響を分析した。

[研究内容]

2021, 2022年度に、いずれも重要物流道路に位置している直轄国道5地点で、通行する車両重量の計測を行った（以下、「R4計測」という。）。この5地点では、2004年度にも計測を行っている（国総研資料第295号。以下、「H16計測」という。）。そこで、平日3日間（72時間）の計測結果どうしを比較し、車両重量の分布特性の変化を調べる。

なお、以下では、3tf以上の車両を対象に分析する。BWIMは、橋梁部材の応答から車両毎の重量を計算により求めるものあり、応答が小さすぎるとノイズと車両の応答の区別が困難となるためである。

[結果と考察]

(1) 計測結果

図-1に、R4計測とH16計測における車両重量分布の比較結果を示す。2tfごとの重量帯別に台数を整理したものである。図中Nが計測された車両総台数である。C地点では、R4計測はH16計測と比較して車両総台数が増加しているが、その他の地点ではいずれも減少していた。また、重量帯別の台数で見ると、A, B, D地点では、14tf以下の重量帯で台数の減少が顕著である。逆にC, E地点では、14tfまでの重量帯で台数が大幅に増加している。E地点では、さらに特徴的な点として、

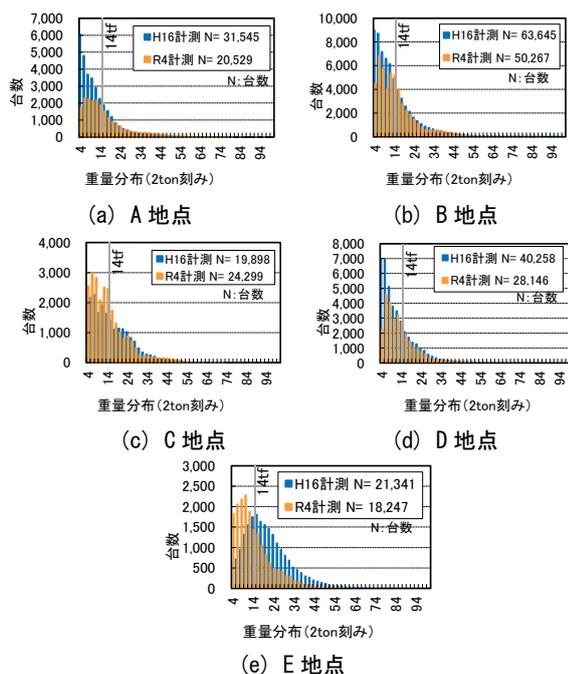


図-1 車両重量分布の比較(3tf以上)

※本報告は令和3年度補正予算の標記の研究課題を令和4年度に継続して得た結果をまとめたものである。

14tfを超える重量帯で台数が大幅に減少していることが挙げられる。「持続可能な物流の実現に向けた検討会（第1回）」(国土交通省)によると、国内貨物輸送量自体が2020年度は大幅に減少していること、新型コロナウイルス感染の拡大に伴い工業生産が大きく低下しており、2022年5月時点でもコロナ以前の水準には戻っていないという報告がされている。

R4計測とH16計測の結果を単純には比較できないことに留意が必要であるが、これを踏まえると、大まかにみれば、AからD地点では、交通特性は従前と大差がないと考えられる。一方で、E地点は何らかの理由により交通特性が大幅に変化した可能性がある。

一般に、特別な許可を得ることなく道路を通行できる車両の重量の制限値である20tfであることから、20tf以上の重量を有する車両について、A,B,C,D地点の車重分布を再整理した。結果を図-2に示す。図-2は、A,B,C,D地点の計測結果を合算した分布である。図中のNは、図中の車両の総台数を示す。R4計測(図-2(b))とH16計測(図-2(a))を比較すると、20tfから36tfまでの重量帯では台数が減少しているが、逆に40tf付近では台数の増加が目立ち、上に凸の分布を形成している傾向がみられる。結果として、20t以上の車両の総台数Nは約8割に減少しているが、36tfから48tfの重量帯だけでみれば台数は1割増加している。なお、これらの傾向は、A,B,C,Dの地点別でも、割合は異なるものの同様の傾向であった。

BWIMでは、車両ごとの軸重および車軸間の距離も計測できる。そこで、車軸間の距離に基づいて車種を21車種に分類した。図-2(a)(b)の棒グラフにおいてそれぞれ異なる色で示すように、少なくとも5軸セミトレーラの台数が増加していることが分かった。5軸セミトレーラは、図-3に示すように、特に2軸トラクタが3軸トレーラを牽引するものであり、国際海上コンテナの輸送に使われることが多い。5年に1度に実施される「全国輸出入コンテナ貨物流動調査(2018(H30)年)」によると、輸出入コンテナの貨物量は、調査開始から継続的に増加しており、2003(H15)年から輸出は21%、輸入は41%増加している。R4計測の結果も、これを反映して、コンテナ輸送に用いる総重量40tf付近の車両数も増加していることも考えられる。また、この傾向が続けば、40tf付近の車両数は今後も増加し続ける可能性がある。

(2) 疲労耐久性への影響 (車重損傷度分布の比較)

H16計測と交通特性が大幅に変化したE地点を除く、おおむね同じ交通特性のままであると考えられるA,B,C,D地点のR4計測及びH16計測の結果を用いて、車両損傷度分布を算出した。ここでいう車重損傷度とは、各車両の重量の区分帯について、各区分帯の重量の中央値を3乗し、それに当該区分帯の車両数を乗じた値である。実際の橋の各部の応力振幅が重量に比例するという仮定をおいたものであり、必ずしも個々の橋の疲労損傷の発生実態を正確に反映するものではないが、疲労環境は車両重量と载荷の繰り返し回数の関数でモデル化することができ、

一般に、鋼部材の疲労は、応力範囲の3乗に、また、繰り返し回数の1乗に比例すると言われていることを反映した指標である。

図-4に車両重量分布と車重損傷度分布を示す。車重損傷度分布の面積が累積損傷度であり、面積が大きいほど疲労の環境の厳しいことを意味する。R4計測は、H16計測に比べて累積損傷度が約16%減少している。この理由は主として、20tfから36tfの重量帯、及び、50tf以上の重量帯の車両台数が減っていることが理由である。一方で、36tfから48tfの重量帯では車重損傷度が増加し、橋に与える疲労耐久性に与える影響度が増している。

国内輸送量が回復し、多くの重量帯で車両の通行台数がH16計測並みになった場合には、従前に比べて道路橋の疲労環境は厳しくなることが予想される。

【研究成果】

R4計測とH16計測の活荷重実態と比較すると、直轄国道では、通行する車種の構成や車両重量分布に変化がみられ、橋の疲労環境が悪化する可能性も見られた。また、今後も広範囲に計測を行い、活荷重実態を把握することの必要性も確認された。

【成果の活用】

得られた大型車の交通特性のデータは、道路構造物のマネジメントの高度化に向けた基礎資料として活用する予定である。

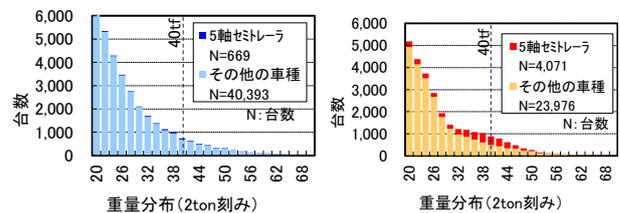


図-2 車両重量分布(20tf以上)(A,B,C,D地点の合計)



図-3 5軸セミトレーラの例(特殊車両ハンドブック2022より)

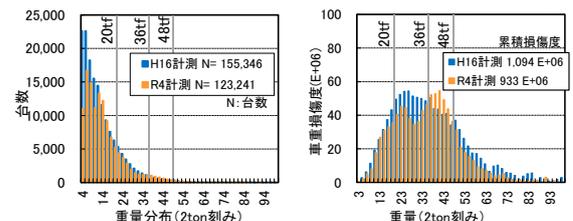


図-4 疲労耐久性への影響(A,B,C,D地点の合計)

道路橋の維持管理計画の継続的改善に関する調査検討

Study on the continuous improvement methodology for road bridge management plans

(研究期間 令和2年度～令和4年度)

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

室 長 白戸 真大
Head SHIRATO Masahiro
主任研究官 岡田 太賀雄
Senior Researcher OKADA Takao
研 究 官 石尾 真理
Researcher ISHIO Mari

Truck traffic is one of the major factors to affect bridge durability. However, few studies have conducted to estimate the influence of the difference and future change in truck traffic characteristics on the long-term maintenance cost for existing bridges. Accordingly, the present study has tackled to characterize the relationship between truck traffic and bridge maintenance costs. The estimation results have indicated that truck traffic characteristics should play a major parameter in the estimation of the future maintenance cost and it is important to keep tracking the truck traffic characteristics in different points of road networks.

[研究目的及び経緯]

道路は物流を担う基本的なインフラであり、長期にわたる機能不全に道路が陥らないように適切な維持管理及び適切な改良を行っていくことが求められる。道路橋ではこれまでも大型車の通行による疲労損傷事例が報告されており、大型車の交通特性の変化が道路橋の疲労耐久性に影響を与える可能性が高い。そこで、本研究では、交通データの取得とそれを維持管理計画の見直しに適切反映することを継続的に行うことの有用性を検討するため、交通特性の異なる交通モデルや橋の疲労劣化特性を仮定して、モデル橋の経年の維持修繕費を試算する。そして、大型車の通行の特性の違いが橋の維持修繕費に与える影響を考察する。

[研究内容]

試算で用いた仮定を以下に示す。

1. 計算対象橋梁と試算期間

車両の走行に伴う、鋼桁、鋼床版、RC床版の疲労対策を維持修繕費の試算対象とする。試算は仮定の橋梁で行う。試算に用いる橋梁の形式、床板材料、適用基準、架設年、諸元を表-1に示す。橋梁形式は、鉄筋コンクリート(RC)床版を有する単径間の鋼単純桁橋及び鋼床版を有する鋼単純箱桁橋である。鋼橋に比較的多い支間長と幅員(2車線相当)を仮定し、基本的には1972(S47)年の道路橋示方書を満足するように断面諸元を仮定した。ただし、RC床版については、鉄筋量が少ない傾向を有する、1964(S39)道路橋示方書を満足するように断面諸元を設定したケースも設定した。試算期間は、表-2に示すように、1980年を起点に、現在から約50年後である2079年までとした。なお、本試算では、簡単のため、1980年以前の応力履歴は考

表-1 試算対象橋梁

橋梁 No	上部工形式	床版材料	設計基準	構造諸元	
				橋長(m)	幅員(m)
1	鋼単純桁	RC	1964(S39)	40	10 (2車線相当)
2			1972(S47)		
3	鋼単純箱桁	鋼	1972(S47)		

表-2 交通流モデル

交通流モデル	大型車混入率(%)	期間		
		A 1980～ 1987	B 1988～ 2004	C 2005～ 2079
①	50	1987(S62)	1987年と2004年の計測値	ケース0: 期間Bの変化率を保つ
②	20			ケース1: 3軸車及び5軸車の台数の変化率を高める。

慮しない。

2. 交通流

表-2に交通流モデルの概要を示す。過去の研究にて、大型車混入率が異なると、重量が大きい車両に占める車種の比率が異なることが分かっている。そこで、大型車混入率の違いをパラメータとし、過去の車両重量計測結果から交通モデルを仮定する。大型車の混入が多い路線での計測結果に基づくモデルを①、直轄国道の平均的な大型車混入率である大型車混入率20%に近い路線での計測結果に基づくモデルを②と呼ぶ。いずれの交通流モデルも1987(S62)年と2004(H16)年の2度にわたって同一地点で車両重量計測が実施されている。

車両重量分布は表-2に示すように、毎年変化するようにした。表-2でいう期間A(1987年以前)は1987年の計測結果を毎年当てはめる。期間B(1988年から2004年)では、2回の計測分布の間を時間方向に線形補間する。期間C(2005年以降)も期間Bにおける重量分布の毎年の変化率を保ったまま外挿する(ケース0と呼

ぶ)。ただし、海上コンテナの輸送に用いられることが多い3軸車、5軸車の台数の増加率が大きいケースも仮定することにした(ケース1)。3軸車と5軸者についてのみ毎年の変化率を調整し、2020年時点で、ケース0に対してケース1の台数が2倍になるようにした。また、軸重分布も同様に毎年設定しなおす。交通流モデル①②の1987年、2004年、2020年、2052年の大型車(11t以上)の車両総重量分布を図-2に示す。

3. 試算上の対策判定と対策費

参考文献に示す既往の研究1)から3)では、大型車の通行頻度の高い路線にある橋を対象に、実橋における大型車通行台数と鋼桁、鋼床版、RC床版の疲労損傷の有無の関係について整理されている。たとえば、鋼桁では大型車の通行台数が累計139百万台程度、鋼床版では累計が33百万台程度に達すると疲労損傷が発生する傾向がみられている。

しかし、一口に大型車といっても、様々な重量の車があり、それぞれに疲労損傷度に与える影響が異なる。鋼材の疲労損傷度は応力振幅の3乗と乗荷回数、RC床版の疲労損傷度は応力振幅の12乗と乗荷回数に比例するといわれている。また、過去の交通流計測結果からは、大型車の通行頻度が高い路線ほど重量分布の上位5%の重量は大きくなるなど、重量の大きな車両が通行する傾向もわかっている。そこで、車両重量分布の違いに応じた疲労特性を仮定するために、試算に用いる車両重量分布を反映した損傷度Dを定義し、損傷度Dに比例するように試算に用いる各年の大型車の通行台数Nを補正して累計通行台数を算出する。

交通流モデル①は、参考文献1)及び2)で分析された橋の交通特性に近いと仮定する。そして、交通流モデル①の1987年の重量分布に対応する疲労損傷度D₀と、試算で考慮する各年の重量分布に対応する疲労損傷度D_kを下記のように定義する。

$$D_0 = \sum W_{0i}^n N_{0i}, \quad D_k = \sum W_{ki}^n N_{ki}$$

ここに、部材の応力振幅は車両重量に、乗荷回数は通行台数に比例すると仮定しており、W_iは階級iの車両重量、N_iは階級iの車両重量に対応する通行台数であり、nは鋼桁および鋼床版の試算に用いるときは3となる。そして、試算で考慮する各年の大型車の総通行台数N_kを下記のとおり補正し、大型車通行量の累計に用いる。

$$N_k' = N_k \times D_1 / D_0$$

なお、RC床版についても、軸重・軸数の頻度分布を用い、文献3)を参考にn=12を仮定し、鋼桁や鋼床版の場合と同様に軸数を補正した。

対策費は、表-3のとおり仮定した。実際の橋では、損傷分布も対策工法の選定や費用も足場条件等により変化するので、この対策費も一つの仮説であり、金額の絶対値の扱いには注意を要する。

[結果と考察]

計算上の維持修繕費の変化を図-3に示す。図中の①②(赤線、青線)は交通流モデル①②を表す。計算上、混入率が高い交通モデル①(赤線)では、鋼桁、鋼床版、RC床版とも疲労に対する対策が必要になる一方で、混入率が低い交通モデル②(青線)では鋼床版では対策が必要なまで損傷度は累積しなかった。図中の(0)(1)(破線と実線)は、3軸及び5軸車の台数の変化率の違いを表す。3軸車、5軸車の台数を増加させたケース(1)(実線)の方が、ケース(0)(破線)と比較して、損傷度が累積し、対策が必要になるまでに早く至る傾向がわかる。以上のように、試算上は、過去及び将来の交通特性が橋の修繕費の見通しに影響を与える傾向が現れた。

[研究成果]

本研究の試算は様々な仮定と限られた条件で計算した結果ではあるものの、交通特性の違いや変化によって疲労耐久性や維持修繕の見通しに無視できない変化が生じることが分かった。交通特性の違いが我が国の橋の維持修繕に与える影響を把握するために、今後も継続的に複数個所の交通特性の変化について計測、分析を行っていく必要性が確認された。

[成果の活用]

道路構造物のマネジメントの高度化に向けた基礎資料として活用する予定である。

[参考文献]

- 1) 戦-54 古い年代の鋼部材の材料・強度特性から見た状態評価技術に関する研究, 土木研究所, 2008-2010.
- 2) 鋼部材の耐久性向上策に関する共同研究, 国総研資料第471号, 2008.
- 3) 道路橋の計画的管理に関する調査研究—橋梁マネジメントシステム(BMS)—, 国総研資料第523号, 2009.

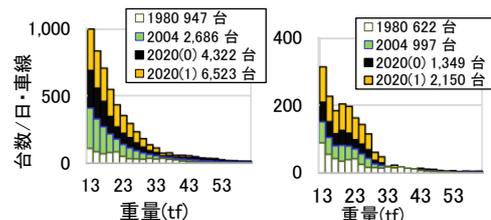


図-1(a) 交通モデル① 図-1(b) 交通流モデル②

表-3 修繕費用

部材	想定する補修方法	費用(億円/橋)
鋼桁	あて板	1.68
鋼床版	あて板	0.43
RC床版	打替え	2.80

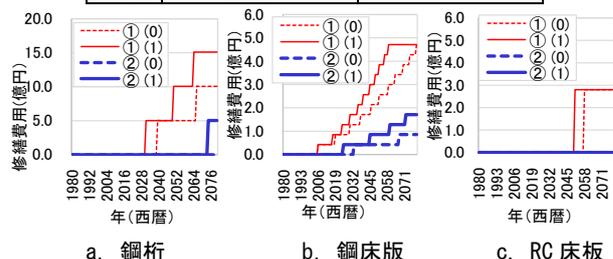


図-2 修繕費用の累積の傾向

道路橋の点検の省力化・高度化に関する調査検討

Development of bridge evaluation protocols to increase reliability and decrease labor intensity in inspection

(研究期間 令和2年度～令和5年度)

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

室 長 白戸 真大
Head SHIRATO Masahiro
主任研究官 岡田 太賀雄
Senior Researcher OKADA Takao
主任研究官 上田 晴気
Senior Researcher UEDA Haruki
研 究 官 塚原 宏樹
Researcher TSUKAHARA Hiroki

It is of importance for bridge inspection to improve the reliability of diagnosis and to reduce work burden and traffic restrictions on site. Thus, this study has been developing a methodology and criteria to evaluate the reliability and relevancy of applying different bridge inspection methods depending on the structural and site characteristics of each bridge. This year, the proposed risk-based methodology has been tested in the inspection of a cable-stayed bridge. The result has shown that the proposed risk-based methodology has a good potential to account for the relevancy level of choosing bridge inspection methods.

[研究目的及び経緯]

道路構造物の定期点検が法定化され 10 年が経とうとしている。現在、これまでの定期点検の実施実績から、質の向上と作業負担の軽減という両課題の解決が求められている。解決のためには、定期点検の目的を踏まえた診断に必要な情報が明らかになれば、橋梁ごと、また、同じ橋の中でも部材ごとに適当な点検方法を取ることが考えられる。しかし、現在は、点検方法の選択が診断に必要な十分な情報を与えること、または、不足の可能性が高いことを確認するための理論的な枠組みがなく、適当な方法の選択であることを説明するための手順や内容が明らかでない。そこで、本研究では、診断に必要な情報の充足性という観点で、統一的な体系で、かつ、客観性をもって点検方法の選択や組合せの信頼度を説明できる方法論の検討を行っている。今年度は、提案する方法を斜張橋の定期点検に適用することで方法の適用性と有用性について評価した。

[研究内容と研究成果]

1. 提案する方法

診断に用いる情報の質の向上と作業負担の軽減を両立させるためには、部位ごとに部材等の異常を見逃したり過小評価したりしたときに、橋に与える影響の大きさを考慮して、点検方法を選んだり組み合わせたりすることが考えられる。そこで、表-1 に示す維持管理リスクマトリクスを考案した。なお、部材名等は試行対象橋梁の結果について示したもので後述する。ここでいうリスクとは、部材等の異常を見逃したり、過小評価したりする可能性の大小と、異常を見逃し・過

表-1 維持管理リスクマトリクス

変状の種類		部位の重要度			
		破壊が橋の致命的な状態をもたらす可能性がある部位	劣化が進むと修繕が大規模になる可能性がある部位	通行者・第三者の事故懸念がある部位	その他
見逃し易さ	急激な進行の可能性				
	有り				
高い	有り				
	なし		ケーブルの腐食 主塔鉄筋コンクリート橋脚の塩害		
低い	有り	鋼製主塔の亀裂	主桁の亀裂 鋼床板の亀裂	鋼床板の亀裂	
	なし	鋼製主塔の腐食	主桁の腐食 鋼床板の腐食	主塔防食機能の劣化	主桁防食機能の劣化

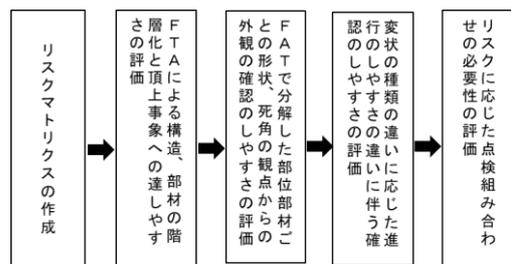


図-1 リスクマトリクス作成の一般的な手順

小評価したときに道路管理に与える影響の大小の組み合わせからなる。マトリクスのグラデーションがリスクの大小であり、赤は特にリスクが高く、橙、黄色、緑とリスクが低くなっていく。

リスクマトリクスを作成する手順（フロー）を図-1 に示す。まず、表-1 の横軸に関連して、Fault tree analysisを行うなどにより、ある部材がある損傷により機能が不全になったときに橋の落橋等に与える影響の大きさを評価する。Fault tree analysisを例とした理由は、評価に客観性を与えるためであり、主観的な評価を極力排除するためである。頂上事象を橋の落橋や耐荷力不足等による機能喪失とし、橋の構造を主な

部位・部材に分解し、部位・部材レベルでの損傷の生起が、落橋や機能喪失に発展するメカニズムを階層的に表現する。

加えて、分解した部位・部材ごとに、修繕のしやすさ、コンクリート片や腐食片の剥落による第三者被害をもたらす可能性の有無を評価する。

次に、表-1の変状の種類のカテゴリーについて、分解された部位・部材ごとに、異常を見逃し・過小評価する可能性を2つの観点から評価する。1つ目の観点は、部材の形状や構造、外観の変状の種類によって変わる。例えば、見えない部位・変状や、部材の形状が複雑で死角が多い部位では、外観に生じるはずの変状を見逃す可能性が高くなる。2つ目の観点は、変状の種類の違いや原因、メカニズムである。亀裂などはいったん発生すると突発的に進行する可能性があるため、腐食とは進行の度合いが異なる評価とする必要がある。

最後に、リスクマトリクスを作成結果に基づいて、点検方法を選択する。リスクが高いほど信頼性が高い点検結果を選択するとしたときに、ここでは、リスクが高いときには、複数の方法を組み合わせるという方法を考えた。

2. 試行結果

提案する方法を検証するためには、単純な形式ではなく複雑な構造であること、置かれる環境が厳しいこと、作業負担が大きな橋梁を対象に行うことが効果的である。そこで、写真-1に示す海上部を跨ぐ橋長680mの鋼3径間連続斜張橋を対象に試行した。主塔は鋼製、主塔橋脚は鉄筋コンクリート製、桁断面は鋼箱桁であり、海上部のため、腐食、風環境も厳しく、かつ、橋長の長い橋である。非破壊検査の適用による診断に用いる情報の質の向上や点検支援機器の適用による点検作業量の軽減の余地が高いと思われる。

本橋の主な部位・部材と想定される各変状の種類に対して、図-1のフローに従って、維持管理リスクを区分し、表-1を作成した。例えば、ケーブルについては、図-2に示すようにFault Treeを整理できる。本橋では上部構造を複数本のケーブルで支持しており、一本のケーブルが突発的に破断したとしても残りのケーブルが健全である場合は、急激な落橋等に至る可能性は低いことがわかる。一方で、腐食等が進行した場合、複数のケーブルで交換が生じるなど大掛かりな修繕が必要になる可能性が残る。

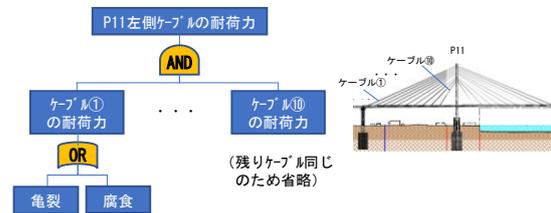
そして、表-2のように、リスクマトリクスを作成結果に基づき点検方法の信頼性と診断に必要な情報の充足性の観点で、経済性にこだわらずできるだけ非破壊検査や点検支援技術を活用するように部材毎に点検方法を選定した。たとえば主桁の亀裂を考えたときに、溶接線が多い桁内面や桁端部の外面や排水周りについては見逃しやすく、桁外面についてはそれよりは見逃しにくいとすれば、内面側の近接目視に対して外面側

は画像情報というように方法に違いを持たせられる。

従来の点検方法与表-2の方法で、費用の比較を机上で検討した結果を表-3に示す。質の向上と作業量の軽減の両面から資機材の費用は増加するものの、ケーブル、主塔、主桁それぞれの点検のための通行規制にかかる期間が大幅に短縮でき、交通規制費が大幅に縮減できる可能性があるという結果になった。



写真-1 試行対象斜張橋全景



AND：つながれた事象がいくつか複数同時に発生すると上位事象の発生につながる
OR：つながれた事象のいずれか一つでも発生すると上位事象の発生につながる

図-2 試行対象橋梁のFault Tree Analysisの例

表-2 各部材の点検方法

部材		点検方法
主桁	内面	近接目視
	外面	UAVを用いた画像取得
鋼製主塔	内面	近接目視
	外面	壁面移動ロボットを用いた画像取得 橋面に設置した遠望カメラによる画像取得
ケーブル	一般部	ケーブル登攀ロボットを用いた画像取得
	定着部	近接目視

表-3 従来方法と提案方法でのコスト比較

		基本ケース		試行ケース	
ケーブル 主塔 外側	点検費	ローブ点検 橋梁点検率	0.35	画像取得	0.46
	規制費	全面通行止め	0.65	車線規制	0.05
合計			1.00		0.51

3. 成果

維持管理リスクに応じて部材毎の点検方法に求める信頼性を差別化し、点検方法を選定する方法を検討、実橋で試行した。リスクマトリクス、Fault Tree、リスクに応じた点検方法の組み合わせという3項目をルール化することで、質の向上と作業負担の軽減が両立できる点検計画を策定できる可能性を見出した。今後、事例の充実と、Fault Treeの作成方法などの一般化が課題として挙げられる。

【成果の活用】

本研究で得られた成果は、定期点検の省力化・高度化のための点検計画策定にあたっての参考情報として活用される。

損傷を受けた部材の耐荷性能評価への 部分係数法の適用に関する調査検討

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

(研究期間 令和3年度～令和6年度)

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

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

白戸 真大
SHIRATO Masahiro
岡田 太賀雄
OKADA Takao
黒川 修吾
KUROKAWA Shugo

The aim of this study is to advance and rationalize the bridge performance evaluation methods for the repair and retrofit design of existing road bridges. Especially, the present performance evaluation process in design codes should be adjusted in consideration of unique features of individual existing structures, such as damage to structural elements, ductility and post-buckling behavior, load-path redundancies, etc. The retrofit of pile foundations is usually conducted by adding new piles that have different structural details or are driven by a different piling method. Accordingly, a new method has been proposed to evaluate the load bearing performance of a grouped pile comprising of an existing pile group and newly added piles of different type.

〔研究目的及び経緯〕

本研究は、既設橋の性能評価法を高度化・合理化するための知見を得ることを目的としている。既設橋の場合、損傷の有無や現在とは異なる材料や構造細目が適用されたりするなど既設橋特有の条件があり、必ずしも現在の技術基準で示されている耐荷力式や制限値がそのまま適用できるとは限らない。たとえば、既設基礎についても耐震性の評価や耐震補強が必要な場合もあるが、技術基準に定めのある制限値は現在の構造細目を満足することが前提条件であることに対して、制限値に既設構造の特性を反映する方法として標準的な考え方は確立されていない。そこで本研究では、既設の杭基礎の耐震性の評価や耐震補強設計を標準化するための課題を整理し、標準化の可能性を検討した。

〔研究内容〕

1. 新設橋の照査方法を適用するにあたっての課題

現在の標準的な杭基礎の耐震性の照査法と既設杭に適用するにあたっての課題の例を示す。

(1) 水平力（せん断力）に対する群杭の耐力の照査

杭体のせん断強度は、杭体に生じている軸力に応じて変化し、引抜き側の杭ではせん断強度は小さく、押し込み側の杭では大きくなる。計算上、引抜き側の杭が破壊している結果が考えられる一方で、これまで杭体がせん断破壊した被災事例は多くない。そこで、引抜き側の杭が分担するせん断力に対して現在のせん断強度式で得られるせん断強度と比較すると、実態に合わ

ない照査結果が得られることもある。このため、現在の設計実務では、同じ杭種・諸元の杭により構成されていることを前提に、初期死荷重反力に相当する杭頭反力を仮定して杭体毎のせん断強度を算出し、その総和を群杭としての強度とし、杭基礎に作用する水平力を上回ることを照査している。しかし、既設杭基礎の補強では、異なる杭種・諸元の杭を混在させることになるため、杭毎の水平力の分担割合やせん断強度が異なる。そこで、異なる杭が組み合わせられたときの水平力に対する照査法を明らかにしておく必要がある。

(2) 転倒モーメントに対する群杭の変形能の照査

杭基礎の変形能は群杭としての降伏点を基準とした塑性率で定義することが現在の標準的な考え方である。後述するような載荷実験結果から各杭の損傷過程と群杭としての荷重変位曲線を関係づけた結果に基づいて、現行の構造細目を満足した、同じ杭種・諸元の杭からなる杭基礎に対して限界状態と対応する塑性率の制限値が定められている。しかし、既設杭基礎の補強では、異なる杭種・諸元の杭を混在させることになるため、そのような場合にも適用できる照査法を明らかにする必要がある。

2. 提案する方法

新設橋の照査方法の根拠の一つとされた載荷実験について、既設橋の耐震補強設計の観点で改めて見直すことで、従来とは異なる群杭基礎の限界状態の評価方法を取り入れることを考えた。通常、杭基礎が水平力

と転倒モーメントを受けるときには、引抜き側の杭とフーチングの結合部では、全ての結合鉄筋が引張を受け、降伏後も伸び出しながら抵抗し続ける。せん断力に対しても鉄筋が分担できる範囲で抵抗する。一方、押し込み側の杭では、せん断力又は圧縮力と曲げモーメントの組み合わせに対して杭体が抵抗できるうちは安定した挙動を示すが、杭にせん断破壊や曲げ圧縮破壊が生じると杭基礎全体が不安定になることが想定される。そこで、各杭の荷重分担を適切に反映した応答解析を行ったうえで、押し込み側の杭が発生断面力に抵抗できるか否かを照査することで、杭基礎の安全性を評価できると考えた。

表-1に、既設杭基礎に増杭を行う場合の照査法として、今回提案する照査法（提案法という）、「既設道路橋基礎の補強に関する参考資料（日本道路協会、平成12年）」に示されている照査法（従来法という）、及び、道路橋示方書に示されている新設基礎の照査法（新設という）の比較を示す。従来法では、既設杭、増杭いずれかの杭のうち1本（1列）以上が降伏しないことを照査しているが、群杭基礎が複数の杭からなることから考えれば安全側の評価となると考えられる。一方、提案法では、既設杭、増杭ともに杭体の塑性化（全塑性）を考慮できることから、調査や復旧の負担が増えても橋の供用という観点で十分な安全性を与える点では、補強量を減じられる可能性がある。

表-1 基礎杭の性能評価方法の比較

比較項目	既設		新設
	提案法	従来法	
地盤抵抗のモデル化	鉛直地盤抵抗 ⇒ 杭頭パネ（非線形） 水平地盤抵抗 ⇒ 分布パネ（非線形）		
杭体のモデル化	N-M-φモデル （軸力の変動に応じて変化するM-φ関係）	M-φモデル （軸力の変動に応じたM-φ関係の変化は考慮しない）	
杭基礎の降伏	杭基礎全体の荷重変位曲線の変曲点の一つとして定義される降伏点		
転倒モーメントに対する杭体照査	押し込み側の最外縁の杭の状態を杭基礎の状態を代表させて、発生軸力下で、発生曲げモーメント < 終局曲げモーメントを満足させる。	発生曲げモーメント < 降伏曲げモーメントを満足する杭が既設杭、増杭のうち1本（1列）以上あることを確認する。	杭基礎の降伏点を基準として、応答塑性率 < 塑性率の制限値を満足させる。（基礎に塑性化を考慮する場合）
水平力（せん断力）に対する杭体照査	既設杭、増杭それぞれの押し込み側の最外縁の杭の状態を杭基礎の状態を代表させて、発生軸力下で、発生せん断力 < せん断耐力を満足させる。	既設杭、増杭それぞれで、発生せん断力の合計 < せん断耐力の合計を満足させる（死荷重反力に対応する軸力を考慮して算出する）	基礎底面の水平力 < 各杭のせん断耐力の和を満足させる。（死荷重反力に対応する軸力を考慮して算出する）

3. 組杭実験の数値解析による検証

表-1に示した提案法で、図-1に示すPHC杭からなる2×3列の組杭模型実験の結果と比較した。既設杭基礎に増杭を組み合わせた杭基礎を模擬した実験ではないが、提案法において、既設杭と増杭のそれぞれの押し込み側の最外縁の杭に着目することの妥当性の検証は、一種類の杭からなる組基礎を模した実験からも可能であると考えた。実験結果と提案法による解析結果（表-2）の比較を図-2に示す。ここで、Yは杭体降伏（杭内部の鋼材の降伏）、Uはかぶりコンクリートの圧壊を示

す。計算上の水平力は実験値に比べて小さめの評価となっている。基礎全体の荷重変位関係における全杭が降伏するまでの挙動や降伏する杭の順序、押し込み側の杭のコンクリートの圧壊に至るまでの損傷の進展は、実験と解析ではほぼ一致する。実験では、押し込み杭のコンクリートが圧壊することで顕著な荷重の低下が始まり、その時の変位は24mmである。また、解析では、押し込み杭でコンクリートの圧壊が生じるのは14mmであり、計算上、水平力は最大となる。また、実験では、最終的に押し込み側の杭がせん断破壊したが、計算でも、各杭の発生せん断力と軸力を用いて（発生せん断力）/（せん断耐力）を算出した結果、押し込み側の杭が1.0に最も近い（厳しい）結果となっていた。以上から、押し込み側の最外縁の杭で杭基礎の限界状態を代表させるという提案法によっても、杭基礎が抵抗できる限界の水平力や変位を安全側に評価できる可能性がある。

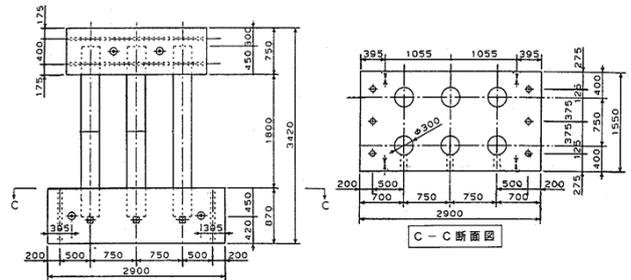


図-1 組杭模型

表-2 解析結果

ステップ	水平変位 (m)	水平力 (kN)	イベント(※)			
			引抜側杭3	中央杭2	押し込み側杭1	備考
15	0.0042	330.7				
27	0.0084	444.0	Y下部			
32	0.0102	479.3		Y下部		全杭降伏
38	0.0125	505.6	U下部			
42	0.0140	515.3		U下部		
56	0.0195	529.8		U下部		

※ Y: 杭体降伏, U: 杭体終局

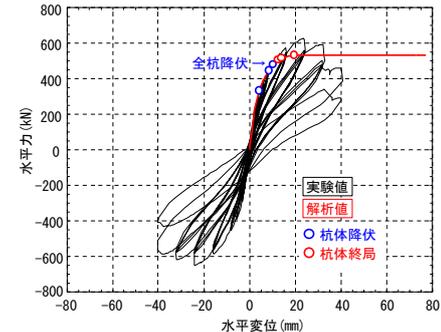


図-2 実験結果と解析値の比較（荷重変位関係）

【研究成果】

杭基礎の損傷過程を工学的に解釈し、既設杭に対して、異なる杭種・諸元の増杭を行う場合も考慮できる杭基礎の照査方法を提案し、検証した。今後、さらなる検証を行うことで既設杭基礎に増杭を行う場合の標準的な照査法の提案に結ぶことが期待できる。

【成果の活用】

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

道路構造物の補修・補強に関する基本工法の充実に向けた試験調査

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

(研究期間 令和3年度～令和6年度)

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

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

白戸 真大
SHIRATO Masahiro
佐々田 敬久
SASADA Yukihisa
佐藤 悠樹
SATO Yuki

Several techniques are available to maintain or add strength and deformation capacities to existing structures, such as steel plate fastening, concrete jacketing, FRP bonding etc. However, repair design methods are not as well established as design specifications for new bridges. This study aims at providing the information on design methods and know-hows for major repair and strengthening methods in the limit state design format. This year a method of steel plate fastening to connect horizontal stiffeners to vertical ones was tested to improve plastic strength and deformation capacity of existing steel beams. The test result showed that the proposed steel plate fastening worked as expected.

〔研究目的及び経緯〕

我が国が管理する道路橋は全国で約70万橋あり、そのうち、鋼橋は38%を占めている。それらが損傷する原因の多くは腐食による劣化が大半を占める。

強度が不足する既設鋼桁に対しては、腐食したフランジや腹板にあて板をし、あて板設置後に発生する応力に対して、必要な強度を確保するのが一般的である。あて板補強は、既設部材とあて板部材を摩擦接合によって一体化し、作用力を協同で分担させるものであるが、腐食等によって凹凸が生じている既設部材では期待される摩擦力が発揮できず、あて板への応力分担が機能しないことが懸念される。

そこで、従来の腐食部にあて板を設置する方法にかわり、健全部にあて板設置することで、追加したあて板に荷重を分担させ、損傷部に作用する応力を軽減させることで、桁の破壊強度をコントロールする方法を考えた。また、腹板の剛性が上がることで面外変形を抑制されれば、元々の断面の中での塑性域の広がりが大きくなることが期待でき、耐荷力の向上を図ることができると考えられる。

本年度は、この方法の効果を把握し、基準化を行うための基本的な知見を得るために、大型試験体による載荷試験を行った。

〔研究内容〕

試験体概要図を図-1に示す。構造諸元が同じで、同様の腐食を模擬した加工（以下、腐食模擬加工）を施した試験体を2体製作して、それぞれに異なるあて板補

強を行った。当て板の設置は、供用期間中では、交通規制の制約や無載荷状態を再現するためのベント設置などが困難な場合が多いことから、死活荷重が載荷された状態で行うのが一般的である。しかし、まずはあて板の荷重分担の確実性について基礎的な知見を得るため、あえて無載荷状態であて板した供試体を用いる。

試験体のあて板設置状況を写真-1に示す。腐食模擬加工部は機械切削により、下フランジを9mm、腹板を3mm切削している。ケース1は腐食模擬加工部と健全部との段差部に調整プレートを設置し、健全部と連続するようにあて板を配置して高力ボルト（S10T）により接合した。ケース2は、腐食模擬加工部より上方の健全な腹板に、T型のあて板が腹板と十字となるよう

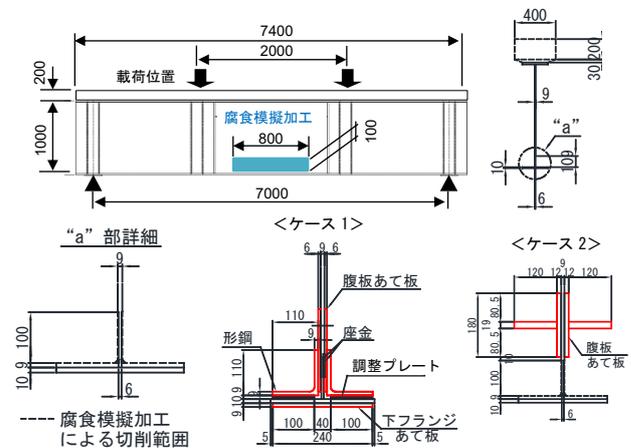


図-1 試験体概要図

に配置し、高力ボルト(S10T)により接合した。あて板の材質は両ケースともに母材と同様の SM400 材とした。母材とあて板の接触面は、すべり係数のばらつきが大きいとされる 2 種ケレンとした。

荷重は、2 点荷重 2 点支持の曲げ荷重である。供用期間中の大型車交通の影響で桁が瞬間的に降伏を繰り返す状態を想定し、腐食模擬加工部の下フランジが降伏に達した際の桁中央の鉛直変位 (δ_y) を基準に、繰り返し漸増荷重を与えた。

〔研究成果〕

図-2 に荷重-鉛直変位の関係を示す。荷重は母材の降伏荷重 (P_y) で無次元化した。両ケースともに P_y までは可逆性を有しながら荷重が増加した。また、最大荷重 (P_{max}) を P_y で除した P_{max}/P_y がどちらも 1 を超え、ケース 1 で P_{max}/P_y が 1.8 程度、ケース 2 で P_{max}/P_y が 2.3 程度となり、ケース 2 の方が降伏から破壊に至るまでの安全余裕があることが確認できる。両ケースともに最終的に $6.0 \delta_y$ 程度に到達した時点で試験は終了した。

図-3 に荷重時のひずみ分布を示す。両ケースとも支間中央断面の値を示している。ひずみは母材の降伏ひずみ (ϵ_y) で無次元化した。なお、あて板設置部はあて板表面のひずみである。両ケースとも $0.5 \sim 0.8 \delta_y$ まではひずみ分布の勾配がほぼ一定であることから、母材とあて板は協働できていることがわかる。一方で、 $1.0 \delta_y$ を超えるとあて板部分のひずみに変化が見られない。これは、あて板と母材にずれが生じ、荷重が伝達されなくなったためと推測される。

図-4 に荷重除荷時における面外残留変位の関係を示す。ケース 1 の面外残留変位は $1.2 \delta_y$ で 0.2mm 程度となり、 $1.5 \delta_y$ で 0.3mm 程度となった。一方で腹板にあて板を設置することで面外変形は抑制され、ケース 2

の面外残留変位は $1.2 \delta_y$ では 0.1mm 程度で推移し、 $1.5 \delta_y$ で 0.2mm 程度となった。

以上から、健全な腹板にあて板を設置することで、あて板と母材は協働すること、腹板の局部座屈変形が抑えられることで、より曲げに対する耐力を向上させられることが確認できた。

〔成果の活用〕

得られた成果は、道路橋示方書の改定等に反映する予定である。

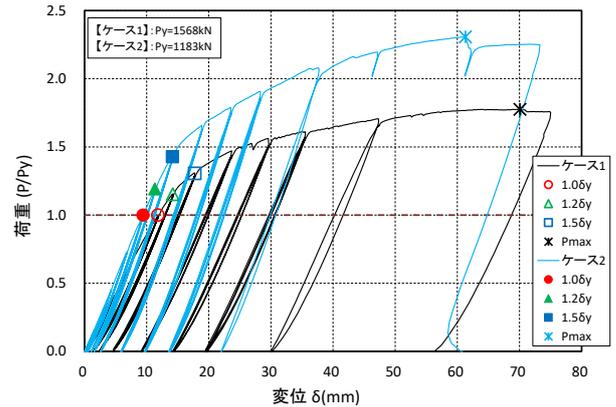


図-2 荷重-変位曲線

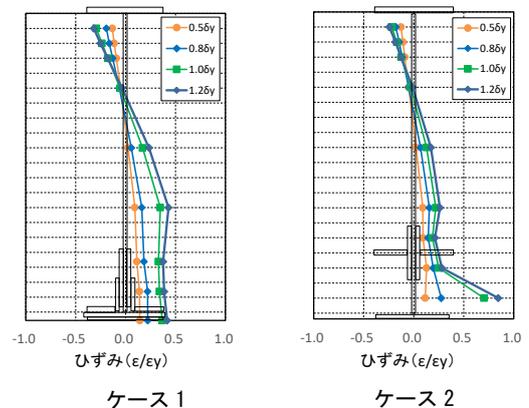


図-3 荷重時ひずみ分布

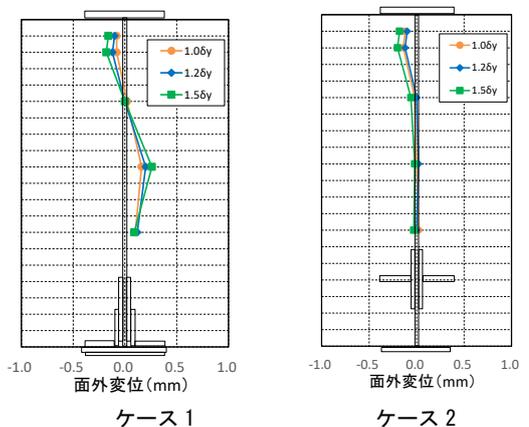


図-4 荷重除荷時における腹板の面外残留変位

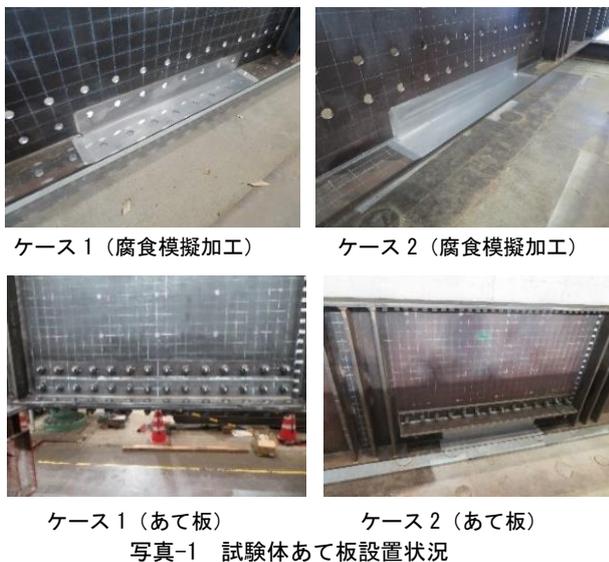


写真-1 試験体あて板設置状況

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

トンネルの合理的な点検法及び 設計・施工法に関する調査検討

Study on rational method for inspection, design and construction of road tunnels

(研究期間 令和3年度～令和5年度)

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

室長 西田 秀明
Head NISHIDA Hideaki
主任研究官 佐藤 正
Senior Researcher SATO Tadashi
研究員 藤原 茜
Researcher FUJIWARA Akane
交流研究員 近藤 健太
Guest Research Engineer KONDO Kenta
交流研究員 澤口 啓希
Guest Research Engineer SAWAGUCHI Hiroki

The purpose of this study is to improve the efficiency of tunnel maintenance and rationalize the design of tunnels. In FY 2021, the results of tunnel inspections were analyzed, the capacity of the lining was studied using analytical methods. In addition, considerations for geological and geotechnical uncertainties at the tunnel investigation and planning stages are summarized.

〔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、本研究では点検等の効率化・高度化に関する調査・検討を行っている。また、トンネル新設時の要求性能に応じた合理的な設計・施工法に関する研究・検討を行っている。

本研究は、道路トンネル定期点検の信頼性向上及び合理化の手法に関する検討に必要な基礎資料を得るため、定期点検の1巡目と2巡目の比較等に基づく構造条件・環境条件・部位別の変状の傾向等に関する分析を行った。また、道路トンネルに関する技術基準の性能規定化に向けた検討に必要な基礎資料を得るため、覆工の耐荷力を評価するための解析手法の検討及び調査・計画段階における配慮事項の整理を行った。

〔研究内容及び研究成果〕

1. 道路トンネル定期点検結果の分析

2巡目(令和1～2年度)の定期点検を実施したトンネルのうち、1巡目点検のデータがある659施設について、同スパンにおける健全性診断結果を分析し、1巡目と2巡目でスパンの判定区分が変化しない、または悪化した割合を工法及び変状区別に整理した結果を図-1に示す。措置や対策により判定区分が改善したと診断されたものは除いた。なお、ここでは判定区分の悪化や改善とは、スパンの健全性診断における判定区

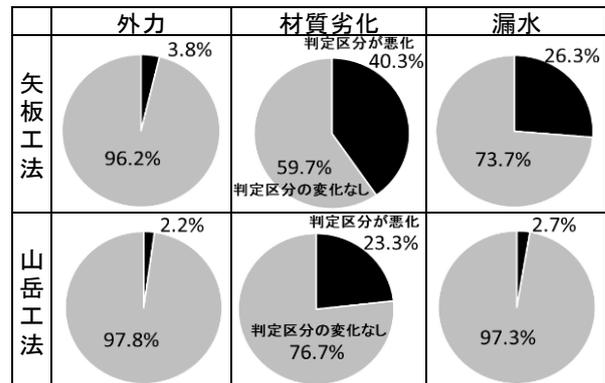


図-1 同スパンにおける判定区分悪化、変化なしの割合

分の状態の定義に照らし合わせ、区分がⅠからⅡ、ⅡからⅢと遷移することを悪化、その逆を改善と称す。1巡目から2巡目で判定区分が悪化したスパンの割合は、矢板工法の材質劣化が最多で約40%、次いで矢板工法の漏水で約26%、山岳工法の材質劣化で約23%、その他、外力による変状や、山岳工法の漏水では約2～4%と少ない。この結果から道路トンネルにおける判定区分の悪化には、矢板、山岳工法ともに外力や漏水よりも材質劣化が大きく影響していることが分かる。

上記で判定区分が悪化したスパンの割合が最も多い矢板工法の材質劣化について、変状の状態等を踏まえて判定された対策区分の遷移を整理した結果を図-2に示す。なお、2巡目の対策区分は、たたき落としなどの応急措置を行う前の状態で評価した結果を対象として整理した。2巡目点検時に1巡目点検で確認され

※本報告は令和3年度当初予算の標記の研究課題を令和4年度に継続して得た結果をまとめたものである。

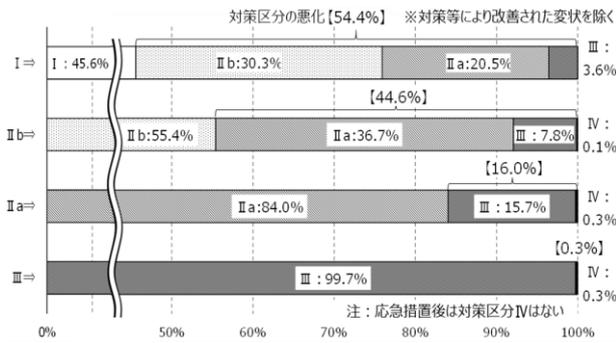


図-2 対策区分の遷移 (矢板工法・材質劣化)

た変状の進行がみられ、対策区分が悪化したスパンの割合は、対策区分 I から II b、II a または III 54.4%、II b から II a、III または IV で 44.6%、II a から III または IV で 16.0% であり、矢板工法における材質劣化では対策区分 I および II b と判定された変状が次回点検時までに行進する割合が高いことが分かった。このことから、利用者に対して影響を及ぼす可能性が低い段階の変状に対する予防保全としての措置・対策の重要性がこの分析により裏付けされたといえる。

2. 覆工の耐荷力に関する数値解析的検討

現在、山岳トンネルは、トンネル内空を保持するための耐荷構造を実績に基づき地山等級毎に標準的な支保パターンとして定められている。本検討では、性能規定化に向けて、その耐荷メカニズムを明らかにするために、地山の変形係数をパラメータとした数値解析を実施し、破壊モードおよび耐荷力に与える変形係数の影響について検証を行った。なお、解析には曲げ圧縮破壊に対する再現性を確認した数値解析モデルを用いた。

コンクリートの圧縮強度は 18 [N/mm²]、弾性係数は 18 [kN/mm²]、引張強度は 1.6 [N/mm²] とし、地盤ばねのばね定数は地山の変形係数をもとに設定した。地山の変形係数は 2000 [N/mm²] から 150 [N/mm²] までの全 4 ケースとした (表-1)。荷重は、図-3 に示すように天端を中心に 30° の範囲に鉛直下向きの作用を、計算が不安定になるまで漸増させて与えた。

各変形係数における天端変位と荷重の関係を図-4 に示す。このとき、地山の変形係数が小さいほど荷重に対する変形量が大きくなった。また、ひずみが卓越し

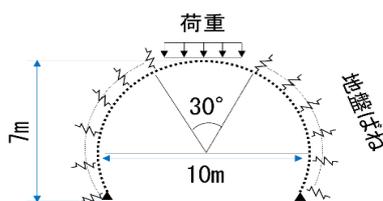


図-3 解析モデルの概要図

表-1 解析ケース

ケース名 (相当する地山等級)	C I	C II	D I	D II
地山の変形係数 [N/mm ²]	2000	1000	500	150

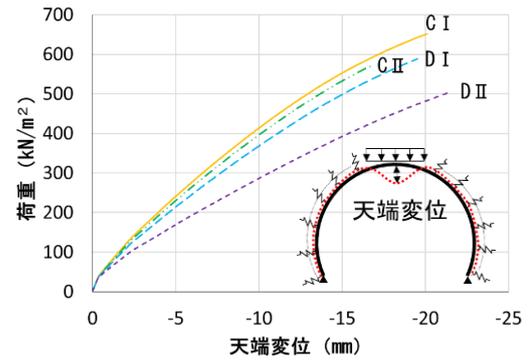


図-4 天端変位と天端荷重の関係

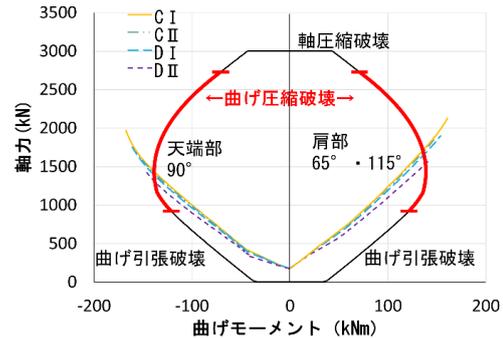


図-5 曲げモーメントと軸力の関係

た 90°、65°、115° に着目して、曲げモーメントと軸力の関係を図-5 に示す。天端部、肩部ともに曲げ圧縮破壊をしており、変形係数の違いによらず破壊モードが変わらない。今回の検討条件では、変形係数の影響を考慮した性能の検証が必要ないことが確認できた。

3. 調査・計画段階における配慮事項の整理

新設トンネルの調査・計画段階において基準等で規定・配慮すべき事項を、工法に関わらず整理した。まず、過去の不具合事例を収集整理し、事業者等へのアンケートやヒアリング等を実施した。都市部では地質・地盤等に起因する不具合に対し、調査・計画段階でリスクを適切に評価するとともに、不確実性を事業の進捗に応じて小さくするなどのリスクマネジメントが重要であることを確認した。他にも「複雑な地質の場合では高品質ボーリングが有効な場合があること」、「透水性の高い地質が存在する場合は、古地図により旧河道等の存在を把握する必要があること」、「土地利用状況や履歴を考慮し、切羽前方探査等を実施して埋設物などを確認すること」など、調査等に関する配慮事項を整理した。

[成果の活用]

本研究成果等を踏まえて、更なる点検の効率化・合理化の提案につなげていく予定である。また、これまでの定期点検結果を基に、覆工コンクリートのひび割れや、うき・はく離などの変状等を写真と解説により分かりやすくまとめた事例集を公表した。

トンネルの合理的な点検法及び 設計・施工法に関する調査検討

Study on rational method for inspection, design and construction of road tunnels

(研究期間 令和3年度～令和5年度)

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

室長 西田 秀明
Head NISHIDA Hideaki
主任研究官 佐藤 正
Senior Researcher SATO Tadashi
研究員 藤原 茜
Researcher FUJIWARA Akane
交流研究員 近藤 健太
Guest Research Engineer KONDO Kenta
交流研究員 澤口 啓希
Guest Research Engineer SAWAGUCHI Hiroki

The purpose of this study is to improve the efficiency of tunnel maintenance and rationalize tunnel design. In FY 2022, we analyzed the periodic inspections results of road tunnel, studied the capabilities of tunnel lining through experiments, and collected case studies on the design of tunnels under special conditions.

〔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、本研究では点検等の効率化・高度化に関する調査・検討を行っている。また、トンネル新設時の要求性能に応じた合理的な設計・施工法に関する研究・検討を行っている。

本研究は、道路トンネル定期点検の信頼性向上及び合理化の手法に関する検討に必要な基礎資料を得るため、定期点検の1巡目と2巡目の比較等に基づく構造条件・環境条件・部位別の変状の傾向等に関する分析を行った。また、道路トンネルに関する技術基準の性能規定化に向けた検討に必要な基礎資料を得るため、覆工耐荷力の評価手法に関するデータ取得実験及び個別具体的に設計している低土被りなどの特殊条件における山岳トンネルの覆工設計に関する事例収集・整理を行った。

〔研究内容及び研究成果〕

1. 道路トンネル定期点検結果の分析

2巡目(令和1～3年度)の定期点検を実施したトンネルのうち、1巡目点検のデータがある927トンネルについて、同スパンの変状の進行推移(1巡目→2巡目の健全性の変化)を対策区分毎に整理した。

図-1に示すとおり、材質劣化のうき・はく離変状箇所数の推移は、1巡目と2巡目で大きな変化はみられない。

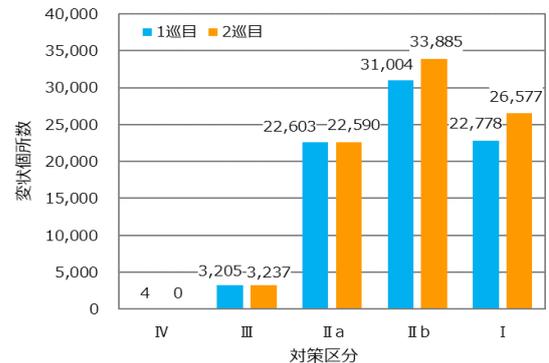


図-1 うき・はく離変状箇所数の推移

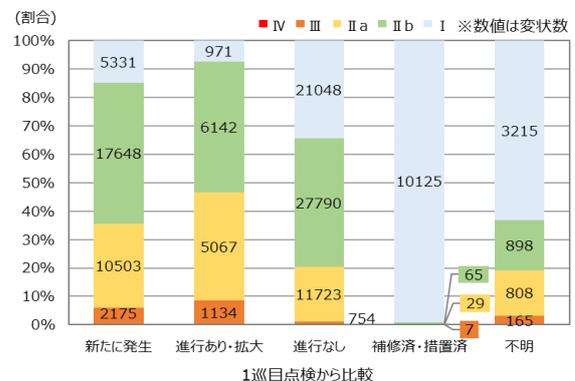


図-2 変状(材質劣化)の対策区分

2巡目点検における材質劣化の変状の対策区分(1巡目点検からの進行程度)を図-2に示す。前回点検から補修又は措置済みの変状数をみると、対策区分IIIの

変状はほとんどなく、対策区分Ⅰの変状が多い。このことから、適切な補修又は措置が行われたことが分かる。一方で、前回点検から変状が「新たに発生」、「進行あり・拡大」したものは対策区分Ⅱa及びⅢの変状の割合が比較的高い。

2. 覆工の耐荷性能確認実験

山岳トンネル工法における覆工の耐荷力評価手法の検討に必要なデータ取得の一環として、実物大の覆工供試体を作成して載荷実験を行い、覆工の曲げ引張破壊時の耐荷力や変形能等を確認した。覆工供試体は、2車線道路トンネルに相当する内径9.1m、覆工厚30cm、延長100cmの半円形で、コンクリートの配合は表-1に示す。実験装置は、外周10°ピッチ、全17箇所に油圧ジャッキが設置可能で、ジャッキは個別に制御可能である。(写真-1)

載荷形式はジャッキのバネ化制御により変形係数500MPa程度(地山等級DⅠ相当)の地盤を再現し、天端にあたる90°のジャッキの変位制御により0.2mm/ステップで載荷する方法とした(図-3)。

実験の結果、以下の結果が得られた。

- ・天端内側、肩部外側、側部内側の順にひび割れが発生し、破壊に至る。天端ひび割れは最大荷重の85%程度で発生し、ひび割れ発生後も荷重は増加する。肩部ひび割れ発生直前で最大荷重となり、ひび割れ後の荷重増加は見られない。側部ひび割れ発生により耐荷力が完全に失われる。(図-4)

- ・ひび割れに分散性は見られず、ひび割れ発生と同時にひび割れ深さが覆工厚の50%に達し、脆性的な挙動を示す。(写真-2)

- ・覆工供試体の地山側への変位は、最大で2mm程度とわずかな変位量で破壊に至る。

- ・肩部ひび割れ発生により、背面空洞を模擬した範囲の外側への変位が現れ始める。変形モードが変化し、耐荷力が失われたと考えられる。

今回得られたデータを踏まえ、現状の覆工の耐荷力や変形能等について解析的検討を進める予定である。

表-1 コンクリートの配合

セメント種類	呼び強度 [N/mm ²]	スランブ [cm]	粗骨材最大寸法 [mm]	W/C [%]	s/a [%]	空気量 [%]
普通	21	15	20	61.8	46.7	4.5



写真-1 実験装置・覆工供試体

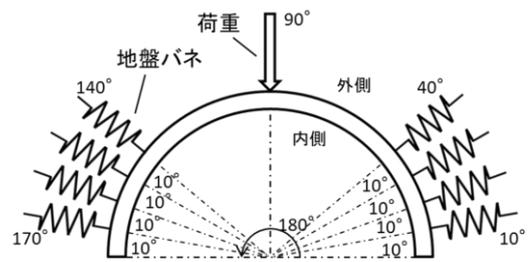


図-3 載荷形式

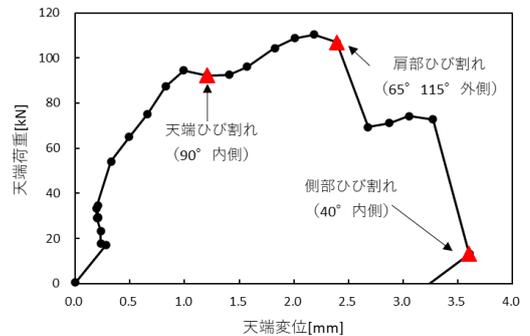


図-4 天端荷重と天端変位



(a) 供試体内側

(b) 供試体上面 (厚さ)

写真-2 90° 周辺のひび割れ発生状況

3. 特殊条件における山岳トンネルの設計手法

山岳トンネル工法では、これまでの経験や実績による地山分類に応じた標準支保パターンを適用しているが、低土被り部や偏土圧の影響が予想されるなどの特殊条件区間では、個別の設計が必要となる。しかし、特殊条件に応じて見込むべき作用やその大きさ、設計手法等が道路トンネル技術基準に具体的には示されておらず、技術者の判断により行われているのが現状である。そこで、これまでに実施された特殊条件におけるトンネルの設計データを収集し、設計実態の整理を行った。その結果、特殊条件における山岳トンネルの設計は、地山の緩む範囲や程度、覆工等に作用する応力や変形をFEMやFDMといった解析手法により求めて設計する事例よりも、過去の類似事例や標準設計の支保工・覆工をもとに設計する事例が多いこと等が確認できた。

[成果の活用]

道路トンネルの性能規定化に向けて、山岳トンネル工法における設計時の作用の考え方や、覆工コンクリートに新技术を採用する場合の耐荷力検証例として反映する予定である。

既設橋梁基礎の補修補強の調査・設計手法の調査検討

Research on investigation and design methodology for repair and reinforcement of existing bridge

(研究期間 令和2年度～令和4年度)

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

室 長 西田 秀明
Head NISHIDA Hideaki
主任研究官 上原 勇気
Senior Researcher UEHARA Yuki
研 究 官 山田 薫
Researcher YAMADA Kaoru
交流研究員 平神 拓真
Guest Researcher HIRAGAMI Takuma

The National Institute for Land and Infrastructure Management is conducting a study to establish an evaluation method to determine the necessity of repair and reinforcement of existing bridge foundations and a design method to enable rational repair and reinforcement.

In FY2021, the variation of response values and resistance values were evaluated by Monte Carlo Simulation, and partial coefficients were estimated, considering combinations of pile types and pile construction methods, for foundations reinforced with additional piles to the existing pier pile foundations.

〔研究目的及び経緯〕

国土技術政策総合研究所では、既設橋梁基礎の補修補強の必要性判断手法及び合理的な補修補強を可能とする設計手法の確立に向けた検討を行っている。

令和3年度は、橋脚杭基礎の補修補強設計において、新設設計と同等の信頼性が得られる設計手法を検討するため、増し杭により補強した既設橋脚基礎を対象として、杭種・杭工法の組合せ等を考慮し、モンテカルロシミュレーションによる応答値（杭頭鉛直反力等）と抵抗値（曲げ耐力）のばらつきの評価及び部分係数の試算を行った。

〔研究内容〕

1. 研究の方法

杭基礎の新設設計に対する部分係数に関する既往の研究成果である土木研究所資料4382号（以下、土研資料）¹⁾を参考に、平成24年道路橋示方書（以下、道示）を適用した新設設計と同等の信頼性となる補修補強設計に対する部分係数を検討した。なお、本検討では補修補強特有の条件（例えば杭の諸元や間隔の違いに起因する群杭効果等の影響）については考慮していない。

2. 既設橋脚杭基礎及び増し杭補強の試設計

(1) 既設橋脚の試設計

最初に既設橋脚杭基礎の試設計を行った。本検討においては昭和55年道示を適用した既設杭基礎を対象とした。既設杭基礎の杭種は鋼管杭、RC杭及び場所打ち杭の3種とし、鋼管杭・RC杭については杭工法の違い（打込み・中掘り）を考慮した。また、それぞれ杭頭曲げモーメントが卓越するパターン（正曲げ）と地中部曲げモーメントが卓越するパターン（負曲げ）の2種

類の杭体曲げモーメント分布となるように、地盤条件や橋脚高さを調整した試設計ケースを設定した。

次に、試設計を実施した既設橋脚杭基礎に対して、平成24年道示を適用して、増し杭工法による補修補強の試設計を行った。既設杭と増し杭の杭種と杭工法の組合せは表-1に示す11通りとし、既設橋脚杭基礎の試設計と同様に、それぞれ2種類の杭体の曲げモーメント分布となるように杭配列を調整した試設計ケースを設定した。

モデル化や荷重分担の考え方は、「既設道路橋基礎の補強に関する参考資料（平成12年2月、（社）日本道路協会）」を参考とした。ただし、既設杭がRC杭の組合せでは、レベル2地震動を考慮する設計状況において、既設杭・増し杭の荷重分担では増し杭の本数が膨大となり、現実的な補強ではないため、この場合においては増し杭のみで負担するという条件とした。

表-1 既設杭と増し杭の杭種と杭工法の組合せ

杭種	杭工法	増し杭		
		鋼管杭	RC杭	場所打ち杭
既設杭	打込み杭	○	○	○
	中掘り杭	○	○	○
	打込み杭	○	○	○
	中掘り杭	○	○	○
	場所打ち杭			○
	場所打ち杭			○

3. ばらつきの統計量の評価

(1) 評価方法

増し杭による補強を行った橋脚基礎における既設杭と増し杭の応答値と抵抗値のばらつきの統計量を、土研資料を参考に、地盤抵抗等の不確実性を考慮したモ

※本報告は令和3年度当初予算の標記の研究課題を令和4年度に継続して得た結果をまとめたものである。

ンテカルロシミュレーションを行い算出した。このうち水平方向地盤反力係数 k_H の不確実性については、地盤の変形係数の推定方法等の違いによるばらつきを考慮した(表-2)。なお、今回検討対象とする設計状況はレベル1地震動を考慮する状況とし、応答値の算出に際しては地震荷重を確定値として算出した。また、既設杭の杭頭接合部の接合条件は、平成29年道示における構造細目と異なる場合があることを考慮し、剛結に加えヒンジと仮定した場合についても試算した。

表-2 水平地盤反力係数 k_H の不確実性の統計量

ケース	水平方向地盤反力係数又は地盤の変形係数の推定方法	平均	変動係数
Case-1	杭の水平載荷試験から水平方向地盤反力係数を推定	1.00	0.25
Case-2	標準貫入試験に加えて室内試験又は孔内水平載荷試験を行って変形係数を推定		0.45
Case-3	N 値のみから変形係数を推定		0.60
Case-4	砂質土($N \geq 5$)		0.70
Case-5	粘性土($N < 5$)		1.00

(2)ばらつきの評価結果

ここでは代表として既設杭(RC杭、場所打ち杭)と増し杭(場所打ち杭)それぞれの応答値(杭頭鉛直反力等)と抵抗値(曲げ耐力)の前述した不確実性に起因する主なばらつきの評価結果について以下に概要を記載する。なお、統計量に関する記載は特性値で基準化した値に対するものである。

1) 応答値に関するばらつきの評価結果

最大杭頭鉛直反力(最大軸力)については、既設杭に比べて増し杭の方が変動係数は最大で3倍程度大きく、既設杭の杭頭接合条件(剛結、ヒンジ)の違いが最大軸力のばらつきに及ぼす影響に有意な差は確認されなかった。

杭頭水平変位については、平均値及び変動係数は既設杭の杭頭接合条件が剛結の場合より、ヒンジの場合の方がそれぞれ最大で2割程度大きくなった。

2) 抵抗値に関するばらつきの評価結果

杭体の曲げ耐力については、既設杭の平均値は1.0前後、変動係数は10%程度以下である。これに対して増し杭では、平均値は既設杭と同程度であるが、降伏曲げモーメントの変動係数は杭頭曲げ卓越で10%以下であるのに対して、地中部曲げ卓越では5-20%とケースにより幅がある結果となった。

4. 部分係数の試算結果

押込み力、水平荷重(水平変位)及び杭体部材のそれぞれの限界状態の照査に用いる部分係数を試算した。本報では限界状態1に対する試算結果についてのみ示す。試算にあたっては土研資料を参考に目標信頼性指標 β_T を0.5と設定して行った。

(1) 押込み力の照査における部分係数

杭の降伏支持力の特性値に対して考慮する部分係数を算出した結果を表-3に示す。部分係数は増し杭基礎の既設杭、増し杭いずれに対しても新設杭を対象とした部分係数の試算結果と同程度となった。

表-3 押込み力の限界状態1の照査に用いる部分係数の試算結果

杭工法	試算結果の平均値	新設杭検討(土研資料)
打込み杭	【既設杭】 0.72	0.71
中掘り杭	【既設杭】 0.79	0.77
	【増し杭】 0.79	
場所打ち杭	【既設杭】 0.75	0.74
	【増し杭】 0.77	
回転杭	【増し杭】 0.84	0.85

(2) 水平変位の照査における部分係数

杭頭における杭の降伏水平変位の特性値に対して考慮する部分係数を算出した結果を表-4に示す。いずれも新設杭を対象とした部分係数の試算結果と同程度であった。

表-4 水平変位の限界状態1の照査に用いる部分係数の試算結果

K_H のばらつき	試算結果の平均値			新設杭検討(土研資料)
	既設杭頭条件		比率②/①	
	①剛結	②ヒンジ		
Case-1	0.78	0.78	1.00	0.76
Case-2	0.72	0.71	0.98	0.70
Case-3	0.65	0.63	0.97	0.63
Case-4	0.62	0.60	0.96	0.60
Case-5	0.51	0.48	0.94	0.49

(3) 部材(杭体)の照査における部分係数

鋼管杭は降伏強度(応力度)の特性値に対して、RC杭・場所打ち杭は降伏曲げモーメントの特性値に対して、それぞれ部分係数を算出した結果を表-5に示す。一部の条件(負曲げ・増し杭・コンクリート杭)では新設杭を対象とした部分係数の試算結果より小さいものの、そのほかはおおむね同程度であった。

表-5 部材の強度に関する限界状態1の照査に用いる部分係数の試算結果

K_H のばらつき	正曲げ			新設杭検討(土研資料)	負曲げ				新設杭検討(土研資料)
	試算結果の平均値				試算結果の平均値				
	既設杭	増し杭	既設杭		既設杭	増し杭	既設杭	増し杭	
Case-1	0.94	0.93	0.93	0.94	0.86	0.91	0.84	0.82	0.86
					(0.92,0.83)	(0.94,0.90)	(0.88,0.80)	(0.86,0.77)	
Case-2	0.91	0.89	0.88	0.88	0.86	0.91	0.84	0.82	0.86
					(0.92,0.83)	(0.93,0.89)	(0.88,0.80)	(0.86,0.78)	
Case-3	0.86	0.84	0.83	0.83	0.86	0.90	0.85	0.83	0.86
					(0.92,0.83)	(0.93,0.88)	(0.88,0.81)	(0.87,0.78)	
Case-4	0.84	0.82	0.81	0.81	0.86	0.91	0.84	0.83	0.86
					(0.92,0.83)	(0.93,0.88)	(0.88,0.80)	(0.87,0.79)	
Case-5	0.77	0.74	0.73	0.73	0.86	0.91	0.84	0.84	0.85
					(0.91,0.83)	(0.92,0.86)	(0.88,0.81)	(0.87,0.80)	

※負曲げ中の数値…上段：全平均、下段：(鋼管杭、コンクリート杭)

【まとめ】

増し杭補強した橋脚杭基礎を対象に、レベル1地震動を考慮した設計状況における増し杭基礎の押込み力、水平変位、部材(杭体)の限界状態の照査に用いる部分係数を試算した結果、新設設計における部分係数の検討結果とおおむね大きな差がないことを確認した。

引き続き、新設基礎とは異なる既設の補修補強に特有な条件を踏まえた汎用性のある設計法を検討する。

【成果の反映】各種基準へ反映予定

【参考文献】1) (国研) 土木研究所：道路橋杭基礎の性能規定及び部分係数設計法に関する研究、土木研究所資料第4382号、2018。

大型カルバート等の要求性能に対応した維持管理手法 及び信頼性設計に関する調査検討

Investigation of maintenance management methods and reliability design for required performance of large culverts

(研究期間 令和3年度～令和5年度)

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

室 長 西田 秀明
Head NISHIDA Hideaki
主任研究官 谷 俊秀
Senior Researcher TANI Toshihide
研 究 官 山田 薫
Researcher YAMADA Kaoru
交流研究員 澤口 啓希
Guest Research Engineer SAWAGUCHI Hiroki

In this research, we are investigating and examining the efficiency and sophistication of periodic inspections of sheds, large culverts, etc. In addition, we are conducting research and examination on rational design and construction methods according to the required performance when installing new large culverts.

In FY 2021, we used the results of periodic inspections to grasp the characteristics of deformations and analyze data on their occurrence tendencies in order to obtain the basic data necessary for examining methods for improving the reliability and rationalization of periodic inspections of sheds, shelters, and large culverts.

[研究目的及び経緯]

本研究ではシェッド、大型カルバート等の定期点検の効率化・高度化に関する調査・検討を行っている。また、大型カルバート新設時の要求性能に応じた合理的な設計・施工法に関する研究・検討を行っている。

令和3年度は、シェッド、シェルター及び大型カルバートの定期点検の信頼性向上及び合理化の手法に関する検討に必要な基礎資料を得るため、定期点検結果を用いて、変状の特性把握および発生傾向に関するデータ分析を行った。

[研究内容及び研究成果]

1. シェッドの定期点検結果の分析

2巡目（令和1～2年度）の定期点検を実施した国管理シェッドのうち、1巡目点検のデータがある277施設について、1巡目から2巡目における施設の健全性診断の判定区分の遷移を材質毎に割合で整理した結果を図-1に示す。RC製では2巡目で早期に措置を講ずべき状態（判定区分Ⅲ）の施設の増加に伴い、構造物の機能に支障が生じていない（判定区分Ⅰ）および予防保全の観点から措置を講ずべき状態（判定区分Ⅱ）の施設が減少している。一方、PC製および鋼製では、判定区分Ⅲが減少し、判定区分Ⅰ、Ⅱの増加がみられた。なお、いずれの材質でも、1、2巡目ともに緊急に措置を講ずべき状態である判定区分Ⅳの施設はなかった。

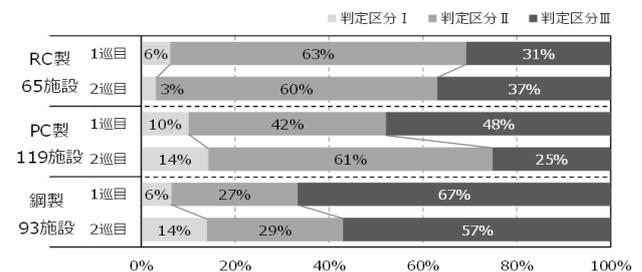


図-1 シェッドの材質毎の健全性診断の判定区分の遷移割合

次に、2巡目の点検結果について、材質別に、主要部材（頂版、主梁、壁・柱、受台）毎の部材等の健全性診断の判定区分の割合を整理した結果を図-2に示す。判定区分Ⅲの割合が最も多い部材は、RC製では頂版で28%、PC製では主梁で16%、鋼製では壁・柱で36%であった。それぞれの材質における変状発生の傾向としては、RC製では頂版でひびわれ、剥離・鉄筋露出、うきといったコンクリートの変状が多く、PC製では現場打ち部材が多い山側受台でコンクリートの変状が多い傾向にある。鋼製では鋼製部材の腐食や防食機能の劣化が多く、鋼部材全体の30～50%で発生している¹⁾。

判定区分からだけでは読み取ることができない、部材毎や変状種類毎の発生状況の現状や劣化の遷移を分析するため、客観的データである変状程度の評価を用い、Ⅲ判定の施設や部材が最も多い鋼製シェッドについて、変状程度に着目し、谷側柱と主梁の腐食について、2巡目2か年分の点検結果を用いて作成した劣化

※本報告は令和3年度当初予算の標記の研究課題を令和4年度に継続して得た結果をまとめたものである。

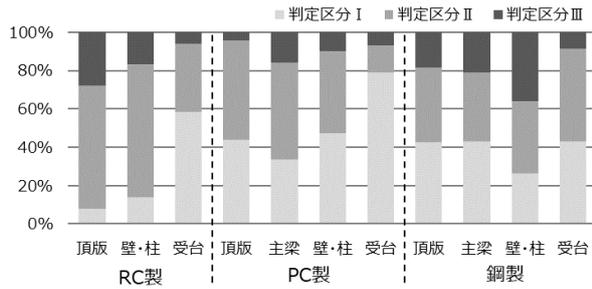


図-2 材質別シェッドの主要部材における判定区分割合

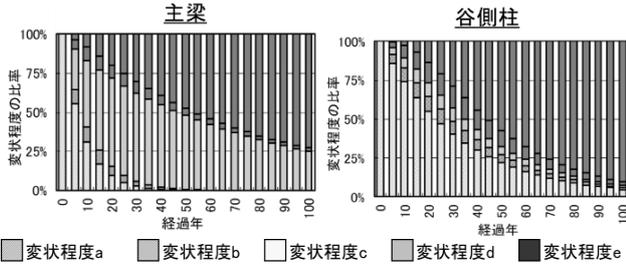


図-3 鋼製シェッドの劣化曲線（腐食）

曲線を図-3に示す。劣化曲線から、主梁よりも谷側柱の方が最も状態の悪い変状程度 e へ至る比率が大きく、より早く劣化する傾向にあることが分かる。

これらの要因の一つとして、シェッド全体の85%が積雪寒冷地域に設置されていることから、凍結防止剤や飛来塩分等の影響を受けやすい環境にあることが考えられる¹⁾。

2. 大型カルバートの定期点検結果の分析

2巡目（令和1～2年度）の定期点検を実施した大型カルバートのうち、1巡目点検のデータがある814施設について、1巡目から2巡目における施設の健全性診断の判定区分の遷移を材質毎に割合で整理した結果を図-4に示す。場所打ち・プレキャストともに、施設健全性の判定区分は区分Iが減少、区分IIが増加している一方で、区分IIIの施設は減少している。これは、早期措置段階の施設の減少により、維持管理の段階が予防保全型へ移行しつつあることを示唆している。なお、カルバートでもIV判定施設は確認されなかった。

次に、2巡目の点検結果について、場所打ち、プレキャストごとにカルバート本体（頂版・側壁）と継手について、部材等の健全性診断の判定区分の割合を整理した結果を図-5に示す。判定区分の割合は、場所打ちの本体でIIが58%、IIIが7%、継手はIIが20%、IIIが約1%、プレキャストではIII判定はなく、II判定が本体で23%、継手で11%であり、場所打ち、プレキャストともに本体に変状が多い傾向にある。

前述のシェッドと同様に劣化の遷移分析のため、ボックスカルバートにおける変状程度 a～e の各変状の発生割合を図-6に示す。場所打ちでは頂版、側壁ともにひびわれが部材全体の6割以上と最も多い。プレキャストでは、場所打ち部材であるウイング部の漏水・遊離石灰が最も多く、部材全体の3割程度の部材に発

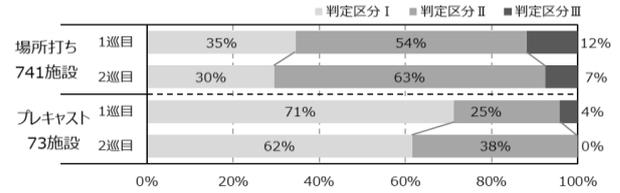


図-4 大型カルバートの健全性診断の判定区分の遷移割合

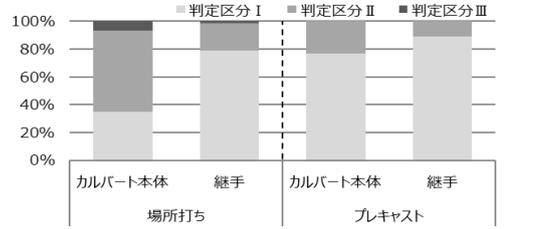


図-5 大型カルバートの主要部材における判定区分割合

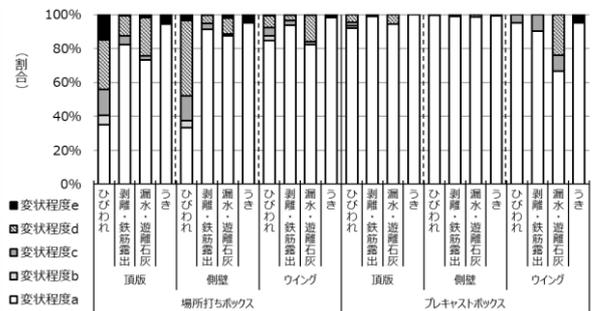


図-6 ボックスカルバートの各部材における変状発生割合

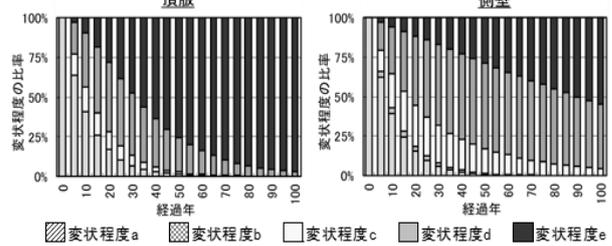


図-7 場所打ちカルバートの劣化曲線（ひびわれ）

生している。

更に、判定区分II、IIIの施設が多い場所打ちカルバート本体について、頂版と側壁のひびわれに着目し、2巡目2か年分の点検結果を用いて作成した劣化曲線を図-7に示す。両部材ともに変状程度cへの劣化進行は同程度であるが、変状程度d、eへ移行する比率が頂版の方が大きく、より早く劣化が進行する部材が多いことが分かる。頂版のひびわれについては、土かぶりや上部道路の交通量、斜角など、こういった要因が影響しているのか等について多角的な分析・整理を続けていく予定である。

【成果の活用】

本研究成果等を踏まえて、更なる点検の効率化・合理化の提案につなげていく予定である。

参考文献

- 1) 谷 俊秀、澤口啓希、谷口勝基、西田秀明：シェッドの健全性及び変状の傾向と特徴、土木技術資料 64-12 (2022) P44-49

8. 道路土工構造物（盛土・切土）、
舗装の構造・維持管理・対災害性の高度化

盛土・切土等の要求性能に対応した維持管理手法及び信頼性設計に関する調査検討

Study on maintenance management method and reliability design for required performance of embankment and cut

(研究期間 令和3年度～令和5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
青山 淳
AOYAMA Jun
吉川 昌宏
YOSHIKAWA Masahiro

In this report, “damage factors” and “the basis for soundness diagnosis of damaged cases” were analyzed and organized from the inspection reports of periodic inspections of road earthwork structures. These results will be used as basic data to revise the guidelines.

[研究目的及び経緯]

平成27年3月に「道路土工構造物技術基準」が、平成29年8月には「道路土工構造物点検要領」が定められ、道路土工構造物に対して体系的な観点から調査・設計・施工及び維持管理などを行うこととなった。

本年度は、盛土のり面を対象とした被災事例における損傷の要因や道路土工構造物の定期点検の点検調査における健全性診断の根拠に着目し、整理・分析を行い、指針類等へ反映の基礎資料とするものである。

[研究内容]

盛土のり面の崩壊は、路面の表面排水がのり面に流れ出す事例が散見され、複数の要因が重なり被災していると考えられる。そのため、道路線形、周辺地形及び排水構造に着目し、被災パターンを分類、被災箇所を含む一連の区間を設定し、被災箇所と非被災箇所の条件に関し整理・分析を行った。また、点検結果の信頼性を一層向上させる観点から、4年間の点検結果の特徴などを分析し、個々の施設の変状内容から道路土工構造物全体として適切に診断するために不足している知見などをとりまとめた。

[研究成果]

1. 盛土のり面の崩壊について

1) 検討箇所の抽出及び被災パターンの整理

平成30年～令和3年度の直轄国道の被災資料から机上にて被災形態等を整理し、道路構造・排水施設・地形等により、盛土自体に起因する被災事例としてN=36箇所を抽出し、表-1に示す被災パターンに分類した。また被災パターンの被災模式図を図-1に示す。

2) 盛土のり面の被災リスク分析

排水施設の能力について確認を行うほか、検証箇所

表-1 被災パターンの整理

被災パターン	箇所数
①表面排水の溢水等	5
②排水施設の有無等	6
③地形による盛土内水位の上昇等	20
④その他(路面クラックからの浸水等)	5

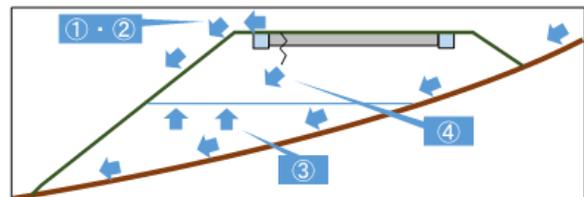


図-1 被災パターン被災模式図

所3箇所(10km/区間)について、被災パターン①～③の発生が考えられる箇所を、現場条件を踏まえて選定し(表-2)、被災箇所・非被災箇所の分析を行った。

(1) 表面排水計算

道路表面排水の能力について確認するため、被災を受けやすい道路線形・周辺地形と考えられる箇所において排水計算を実施した。被災箇所・非被災箇所とも、排水施設を設置していれば、表面排水が盛土のり面に溢水することなく、十分に通水可能であることが確認できた。このため、他の路線においても、適切に維持管理された排水施設では、溢水等による被災の可能性は小さいと考えられる。

(2) 被災パターンごとの被災リスク分析

表-1に示す被災パターンごとの代表箇所について、「盛土工指針(平成22年度版)」に記載されている注意が必要な盛土、被災事例から発生要因と考えられる条件および高盛土(3段以上)を指標とするほか、点検実施の有無、被災履歴も指標(表-3)とし被災リスクの分析を行った。

(3) 分析結果

表-2 被災パターンの整理

被災パターン	理由
①表面排水の溢水等	山地部,急勾配区間が多い,表面排水集中等の影響を判断しやすい
②排水施設の有無等	平坦地,排水施設がない区間が多い,排水施設有無等の影響を判断しやすい
③地形による盛土内水位の上昇等	山地部,沢地形・傾斜地が多い,地形による盛土内水位の上昇等の影響を判断しやすい

表-3 被災リスク分析指標の整理

引用	指標
1) 表面排水による被災の指標 (①表面排水溢水②排水施設有無)	
盛土工指針 [B1]*	排水施設の不備:排水施設がなく、盛土のり面に表面排水が流出するか
盛土工指針 [B3]*	表面排水集中:曲線内側で片勾配による表面排水が集中しやすい盛土か
盛土工指針 [B3]**	表面排水集中:縦断勾配がサグもしくは勾配が緩くなり滞水しやすい盛土か
盛土工指針 [B3]**	横断管渠閉塞:横断管渠が閉塞等により沢水が路面に流出するおそれがあるか
追加指標 盛土工指針 [B1]**に追加	表面排水流出:排水施設が屈折(路側側溝→タテ溝等)、接続柵がない等により、溢水が生じやすい状況か
2) 盛土内水位の上昇による被災の指標 (③地形による盛土内水位の上昇等)	
盛土工指針 [C1]**	沢部の盛土:沢部を横断する盛土(谷埋め盛土)か
盛土工指針 [B4]**	傾斜地盤上の盛土:傾斜地盤上の盛土か
盛土工指針 [A1]**	軟弱地盤:軟弱地盤上の盛土か
追加指標 盛土工指針 [C1]**に追加	沢筋等の集水地形:上流側に沢筋などの集水地形があるか
追加指標 盛土工指針 [B4]**に追加	レベルバンク:雨水が滞水し、盛土内に浸水しやすいレベルバンクがあるか
1)、2) 共通の指標	
特定土工点検の高盛土条件	盛土段数:盛土段数3段以上の高盛土か
防災カルテ、特定土工点検	カルテ点検箇所:防災カルテ点検、特定土工点検により継続的に点検している盛土か
防災カルテ、特定土工点検	被災履歴:過去に被災を受けたことがある盛土か

*道路土工-盛土工指針 p7~p14 に示す変状・崩壊の分類

a) 表面排水による被災(被災パターン①)

盛土 33 箇所/10km (横軸) に対し、表-3 に示す項目にいくつチェックが入ったか(縦軸)を示したものを図-2 に示す。複数の指標に該当している盛土が、実際に被災した盛土と合致している。排水施設がなく、曲線内側・サグ部など表面排水が集まりやすい条件が重なる盛土で被災リスクが高い傾向であることがわかる。

b) 盛土内水位の上昇による被災(被災パターン③)

盛土 24 箇所/10km (横軸) に対し、表-3 に示す項目にいくつチェックが入ったか(縦軸)を示したものを図-3 に示す。複数の指標に該当している盛土が、実際に被災した盛土と合致している。沢部の盛土など地下水が集まりやすい条件が重なる盛土で被災リスクが高い傾向であることがわかる。

2. 点検時の留意事項の抽出及び「判定の参考となる変状事例」に追記すべき内容のとりまとめ



図-2 表面排水による被災



図-3 盛土内水位の上昇による被災

各地方整備局等が管理する道路土工構造物の平成30~令和3年度の定期点検結果を対象に、現行の点検要領の「判定の参考となる変状事例」において更新すべき内容を検討するために、点検結果の特徴や施設毎の変状傾向などを整理及び分析した結果、以下の通りとなった。

- ・ 切土の判定区分Ⅲ、Ⅳでは、「崩壊」「湧水」「亀裂」「肌落ち」に関する変状が比較的多く、「湧水」「亀裂」が顕在化する場合や、「崩壊」に繋がった場合に判定区分Ⅲ、Ⅳになると考えられる。
- ・ 盛土の判定区分Ⅲ、Ⅳでは、「崩壊」「侵食」「湧水」に関する変状が比較的多く、集水地形における盛土では「湧水」に伴う「侵食」が発生し「崩壊」に繋がる場合が多いと考えられる。

以上、点検結果の整理と特徴を踏まえ、「判定の参考となる変状事例」に追記すべき内容を取りまとめた。

3. 今後の課題

崩壊事例や点検結果のデータを今後も収集整理することにより、被災の素因や点検における診断内容についての精度向上が期待できる。また、盛土の崩壊は、未被災箇所でも被災を受けやすい条件が重なる盛土は留意すべきと考えられ、複数の被災事例について検証し、被災リスク箇所の抽出精度を向上させるためにも抽出指標の重み付けの必要性について検討を重ねる必要がある。

【成果の活用】

道路土工構造物の性能確保に向けた技術基準類や防災点検要領、道路土工構造物点検要領への改定に反映する。なお、「判定の参考となる変状事例」に追記すべき内容については、令和5年度より実施される2巡目点検に活用するため、道路土工構造物点検要領(令和5年3月)として各地方整備局等に通知された改定版に反映されているところである。

道路構造物としての舗装の要求性能に関する調査検討

Research on required performance of pavement as a part of road structure

(研究期間 令和元年度～令和3年度)

道路構造物研究部 道路基盤研究室	室 長	渡邊 一弘
Road Structures Department	Head	WATANABE Kazuhiro
Pavement and Earthworks Division	主任研究官	堀内 智司
	Senior Researcher	HORIUCHI Satoshi
	研究官	若林 由弥
	Researcher	WAKABAYASHI Yuya

Since pavement is not a structure that stands alone, but is built on foundations such as other road structures (bridge slabs, cutting and embankment) and the original ground, it is necessary to organize the relationship with these foundations. However, little information is available on the design of pavements in special areas such as bridges and tunnels. In addition, since there have been almost no results of surveys on serviceability, there is a lack of basic data for examining the limit state of pavement.

In this study, the author surveyed the current state of design and construction of pavement in special areas and created an investigation manual for fixed-point investigations to collect basic data.

[研究目的及び経緯]

現行の道路舗装の技術基準である「舗装の構造に関する技術基準」(以下、「技術基準」)は平成13年に発出され、舗装に要求される性能を規定することで材料や設計・施工方法等を限定しない性能規定化がなされた。しかし、技術基準においては、施工直後に確認される性能指標値が基準値を満足することとされており、それと性能指標値が本来指し示す性能や、またその性能が保持される期間(耐久性)との関係が必ずしも明確になっておらず、ライフサイクルコスト(LCC)の観点からも技術の相違が適切に反映されていないという課題がある。

舗装は単体で成立する構造物ではなく、施工の基盤となる構造物(橋梁床版や切土・盛土)や原地盤の上に構築されるものであることから、舗装に求められる性能について、これら基盤との関係についても整理が必要である。一方、橋梁上の舗装やトンネル内といった特殊部の舗装については、体系的な調査研究がなされておらず、供用され得る状態を検討するための基礎データが不足している状況にある。

本研究では、様々な箇所の舗装に求められる性能や許容され得る状態を検討するため、現在特殊部の舗装に対して行われている設計施工の実態について調査するとともに、供用性に関する基礎データを収集するための定点調査のマニュアルを作成した。

[研究内容]

はじめに、橋梁上の舗装やトンネル内の舗装の設計の考え方や品質管理基準、出来形管理基準について、各道路管理者がホームページ等で公開している設計要領や設計業務等共通仕様書、出来形・品質管理基準で

の記載情報を調査し、現状を把握した。調査対象は、47都道府県、6政令指定都市(仙台市、新潟市、横浜市、川崎市、静岡市、広島市)、10地方整備局等、3高速道路会社(東日本高速道路株式会社、首都高速道路株式会社、阪神高速道路株式会社)とした。収集結果を表-1に示す。

続いて、令和5年度以降に舗装の供用性データを取得するための定点調査を実施するにあたり、統一した調査方法やとりまとめ結果、その他留意事項を整理した定点調査マニュアルを作成した。

[研究成果]

(1) 特殊部舗装に関する設計施工の実態把握

はじめに、各道路管理者が公表している設計要領を確認した。橋梁上の舗装について、多くの道路管理者が表層材料や基層材料、及び各層の厚さを具体的に指定しており、仕様規定となっていた。しかし、一部の道路管理者では、交通量や縦断勾配や気候条件などを元に材料を使い分けた例が確認された。群馬県の設定例を表-2に示す。一方、トンネル部の舗装については、ほとんどの道路管理者の設計要領に記載がなく、明かり部と同様の考え方で設計されていると考えられるが、例えばトンネル内に床版がある場合の舗装の設計の考え方などについては、今後検討を進める必要があると考えられる。

表-1 資料の収集結果

整理対象		都道府県	政令指定都市	地方整備局	高速道路会社
設計要領	橋梁	23/47	6/6	10/10	3/3
	トンネル	13/47	2/6	7/10	3/3
出来形管理基準		46/47	5/6	10/10	3/3
品質管理基準		45/47	5/6	10/10	3/3

※本報告は令和3年度当初予算の標記の研究課題を令和4年度に継続して得た結果をまとめたものである。

表-2 橋梁上の舗装材料の設定例（群馬県）

交通量	車道（舗装厚 80mm 2層仕上げ）				歩道（舗装厚 30mm 1層仕上げ）	
	基層（40mm）	表層（40mm）			一般地域	積雪地域
		一般地域	積雪地域	勾配6%以上		
N ₁ ~N ₃	密粒度アスコン(20) [改質II型]	密粒度アスコン(13) [改質I型]	密粒度アスコン(13) [改質I型]	密粒度キヤップ アスコン(13) [改質I型]	密粒度アスコン(13) (再生も可)	密粒度アスコン(13) (再生も可)
N ₄						
N ₅	密粒度アスコン(20) [改質II型]	密粒度アスコン(20) [改質II型]	密粒度アスコン(20) [改質II型]	密粒度アスコン(20) [改質II型]		
N ₆						
N ₇	密粒度アスコン(20) [改質III型-W]	密粒度アスコン(20) [改質III型-W]	密粒度アスコン(20) [改質III型-W]	密粒度アスコン(20) [改質III型-W]		

表-3 定点調査の項目

As：アスファルト Co：コンクリート

調査内容	土工上		橋梁上		トンネル内	
	As舗装	Co舗装	As舗装	Co舗装	As舗装	Co舗装
ひび割れ展開図	○	○	○	○	○	○
横断 プロファイル	○	-	○	-	○	-
縦断 プロファイル	○	○	○	○	○	○
目地材の 劣化状態調査	-	○	-	○	-	○
FWD調査	○	○	-	-	○	○
電磁波レーダ	○	-	○	-	○	-
すべり抵抗値	○	○	○	○	○	○
きめ深さ	○	○	○	○	○	○
コア採取	△	△	△	△	△	△

○：調査対象 -：調査対象外 △：目的に応じて実施

続いて、各道路管理者が公開している品質管理基準や出来形管理基準について確認した。その結果、東京都では設計施工要領の中で独自の管理基準を設けていたが、それ以外の全ての道路管理者は、国土交通省が公表している管理基準と同じ基準を用いていた。トンネル内については、設計要領同様にほとんどの道路管理者の設計要領に記載がなく、明かり部と同様の考え方で施工されていると考えられる。今後、設計の前提を満足するための施工条件などについて、引き続き検討していく必要があると考えられる。

(2) 舗装の定点調査マニュアルの作成

土工上のアスファルト舗装、コンクリート舗装、橋梁上のアスファルト舗装、トンネル内のコンクリート舗装の4種類の舗装について、供用性データとして取得すべき調査内容やその様式について整理した。表-3にそれぞれの箇所の調査項目を示す。

例えば、土工上の舗装では、路床に対して交通荷重を分散する性能を確認するために、舗装たわみ測定装置（FWD）による調査を実施する。一方、橋梁上の舗装では、床版が交通荷重を支える設計になっているため、舗装に荷重を分散する性能は求められてお



図-1 定点調査のフロー

らず、FWD調査は実施しない。一方で、舗装のひび割れなどを通じて床版に水が浸入すると土砂化を引き起こし床版の早期破損につながるため、水の浸入を把握するための電磁波レーダー調査を実施する。

このほか、舗装の劣化に影響を与える環境条件などの机上調査の手法もとりまとめ、マニュアルを作成した。図-1に調査のフローを示す。マニュアル内では、単に各種調査の方法をまとめただけでなく、同じ箇所を定期的に調査し、比較するための留意点についても記載した。

[成果の活用]

今回実施した特殊部舗装における設計施工の実態調査の結果や、作成した定点調査マニュアルに基づき取得した様々な箇所の舗装の供用性データを踏まえ、より合理的な舗装設計を行うことができるような設計体系を提案し、令和4年11月の社会資本整備審議会道路分科会道路技術小委員会にてキックオフした技術基準の改定や関連する技術図書への反映を目指す。

舗装の長寿命化に向けた維持管理手法に関する調査検討

Research on the maintenance method for extending the life of pavement

(研究期間 令和2年度～令和4年度)

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

室 長
Head
主任研究官
Senior Researcher
研究官
Researcher

渡邊 一弘
WATANABE Kazuhiro
堀内 智司
HORIUCHI Satoshi
若林 由弥
WAKABAYASHI Yuya

Since the renewal cycle of pavements is short and the amount of stock is huge, it is an urgent issue to reduce the life cycle cost by extending the service life under an appropriate maintenance cycle. In this background, the "pavement inspection guidelines", formulated in October 2016, requires road administrators to try to extend the life of pavements by maintaining them with an awareness of the number of years until the next repair.

In this research, for further rationalization of pavement management based on the "pavement inspection guidelines", we organized the inspection results of national highway for the past five years and overseas cases of calculation methods for the life cycle cost of pavement at the design stage.

[研究目的及び経緯]

道路構造物を管理する国や地方自治体等では人口減少や少子高齢化に伴う技術者不足や財政難が深刻化している。その中でも舗装は更新周期が短いストック量が膨大であるため、メンテナンスサイクルを確立し、長寿命化によるライフサイクルコスト削減を目指すことが喫緊の課題である。こうした中、平成28年10月に「舗装点検要領」が策定され、道路管理者が道路を交通量や路線の重要度等に応じて4つの区分(A～D)に分類し、メリハリをつけた管理を行うことが示された。直轄国道については、平成29年3月に直轄版の「舗装点検要領」(以下、「直轄版点検要領」とする。)が示され、全ての直轄国道について5年に1度定期的に点検を行うことなどが示されており、平成29年度から令和3年度に全直轄国道の一巡目点検が終了した。

本研究では、舗装点検要領に基づく舗装マネジメントのさらなる合理化を目的とし、直轄版点検要領に基づき実施された直轄国道の一巡目点検結果について整理した。さらに、設計段階における舗装のライフサイクルコスト(以下、「LCC」とする。)の算定手法について、国外の事例を整理した。

[研究内容]

平成29年度から令和3年度の5年間に実施された舗装点検結果について、点検データの整理を実施した。表-1に各地方における点検を実施した車線延長を示す。平成29年度から令和2年度の点検データの合計は46,597kmであり、令和3年度の点検データ14,899kmを加えて合計61,496kmとなった。これらのデータについて、使用目標年数や表層の供用年数と健全性診断結果などの整理を行った。

[研究成果]

分類Bのアスファルト舗装における、使用目標年数の設定状況を図-1に示す。直轄版点検要領では、分類Aの直轄高速道路のアスファルト舗装について使用目標年数を当面設定しないこととされている。使用目標年数の割合としては「13年」と設定されている場合が約45%と最も高く、次いで「14年」や「17年」、「10年」が高くなっている。アスファルト舗装の長期保証制度においては、導入時には13年後の性能担保を見据えて3から5年後の性能保証を求めていたこと、技術基準制定(平成13年)以前のアスファルト舗装の設計期間は10年とされていたこと、さらには修繕実績や劣化予測を踏まえて適宜設定されたものと考えられる。舗装点検要領では、使用目標年数よりも早期に修繕が必要な状態になった区間について、詳細調査を実施し適切な修繕設計を行うことが示されており、今後早期劣化区間の解消により使用目標年数が長くなることが考えられる。そのため、2巡目以降の使用目標年数の設定状況についても引き続き把握していく必要がある。

表-1. 点検実施道路延長の内訳

点検延長(km)						
地整	H29	H30	R1	R2	R3	計
北海道	2,310	3,143	3,583	3,088	2,676	14,801
東北	1,298	1,357	1,651	1,823	2,963	9,092
関東	1,409	1,430	1,149	1,251	2,002	7,242
北陸	611	760	492	743	1,269	3,875
中部	1,341	1,141	1,089	1,207	1,936	6,715
近畿	634	1,040	1,251	511	1,180	4,616
中国	3,956	228	119	0	227	4,528
四国	209	144	880	1,471	634	3,338
九州	572	1,500	1,091	1,176	1,807	6,146
沖縄	142	340	207	252	205	1,145
計	12,481	11,082	11,513	11,522	14,899	61,496

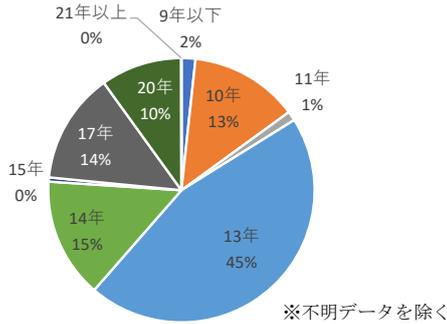


図-1. 使用目標年数の設定状況 (分類Bのアスファルト舗装の車線延長の割合)

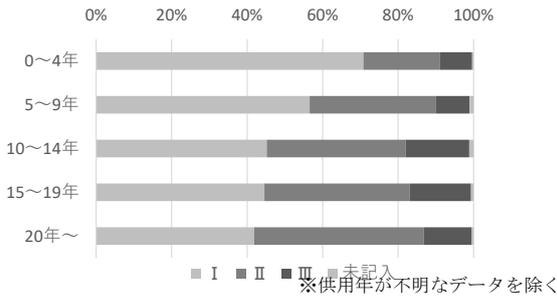


図-2. 表層の供用年数別の健全度 (アスファルト舗装の車線延長の割合)

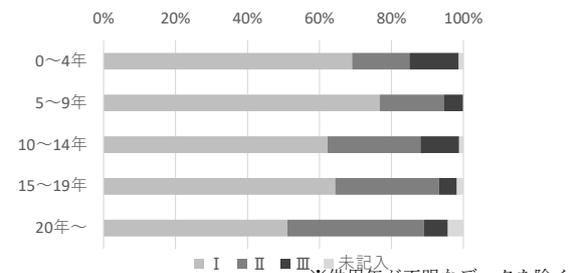


図-3. 表層の供用年数別の健全度 (コンクリート舗装の車線延長の割合)

表層の供用年数別の健全性結果を図-2、図-3に示す。アスファルト舗装は、経過年数が長くなるにつれて健全度Ⅱ及びⅢの延長割合が高くなり、状態が悪くなる傾向が見られた。また、コンクリート舗装も同様の傾向がみられるものの、その延長割合は比較的lowく、健全度Ⅰの状態を維持している割合が高いことが分かる。コンクリート舗装は従前よりアスファルト舗装に比べ

て耐久性に優れているとされているが、直轄国道の実務における点検結果からも証明するものとなった。

次に、設計段階における舗装のLCCの算定手法について、国外の事例を整理した。文献収集が可能であり、かつ収集文献に修繕間隔の設定方法などの必要情報が5項目以上記載されていた4地域(A米国テキサス州、Cカナダオンタリオ州、E英国イングランド、Gオーストラリア)を調査対象に選定し、各地域の舗装LCCの算出手法を調査した。

調査対象地域のLCC算定項目について調査した結果を表-2に示す。道路管理者費用だけでなく、道路利用者費用や、沿道及び地域社会の費用について、具体的な算出方法を示したマニュアルを整備している地域があるものの、その多くは必須項目ではないことがわかった。

LCCの中で多くの割合を占める修繕費用を算出する際に必要となる修繕間隔の設定について、海外では工法や舗装構成に応じた標準的な耐用年数を明示し(表-3)、また、繰り返し修繕する場合には修繕間隔が短くなるように設定している場合があることもわかった。

【成果の活用】

研究成果は、2巡目の点検結果と比較し、点検要領を導入したことにより道路管理者が実施した措置の効果を検証するための基礎資料とするとともに、点検要領改定時に点検結果の整理方法の参考とするべく、技術図書などに反映していく予定である。また、海外の事例を踏まえ、国内のLCC算定手法を提案し、技術図書などへの反映を目指す。

表-3. 舗装打換え/修繕間隔の設定方法

地域	舗装打換え/修繕間隔の設定方法
A	州の実績データまたは対象地区の交通量が同等の10件以上の工事実績に基づいて設定
C	・ 州の舗装LCCガイドラインが示す平均耐用年数の適用を推奨 ・ 平均耐用年数は、州高速道路の舗装修繕データ調査および舗装破損解析により算出した数値
E	過去の修繕データや類似の材料性能を参考に設定

表-2. 調査対象地域のLCC算定項目

調査地域	調査文献における活用場面	道路管理者費用						道路利用者費用							沿道及び地域社会の費用		
		調査計画費用	建設費用	維持管理費用		修繕費用	関連行政費用	車両走行費用			時間損失費用		その他の費用	環境費用/便益	その他の費用		
				調査費、設計費	建設費、現場管理費			維持費	除雪費	補修・再建設・廃棄処分費等	広報費	工事規制区間を通行				工事規制区間や渋滞区間による減速	迂回に伴う車両走行費用
米国 テキサス州	プロジェクトレベル	●	●	●	-	●	-	○	○	○	-	○	○	-	-	-	○
	ネットワークレベル	-	-	●	-	●	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
カナダ オンタリオ州	プロジェクトレベル	-	●	-	-	●	-	○	○	-	○	○	-	-	-	研究開発中	-
英国 イングランド	プロジェクトレベル	-	●	●	-	●	-	-	-	-	-	●	-	-	-	-	-
オーストラリア	不明	●	●	●	-	●	-	-	-	-	○	-	-	-	-	-	-

【凡例】●：マニュアルありかつLCC算出必須項目、○：マニュアルあり

9. 道路の地震防災・減災対策

冬期道路管理を踏まえた降雪予測情報に関する調査

Study on snowfall forecast information applicable to winter road management

(研究期間 令和元年度～令和4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 中尾 吉宏
Head NAKAO Yoshihiro
主任研究官 長屋 和宏
Senior Researcher NAGAYA Kazuhiro

In order to set a timeline for proper snow removal, it is necessary to know the snow depth on the road. This study aims to develop the method of estimating the snow depth on the road using the weather forecast by the Japan Meteorological Agency (JMA). The method for estimating the snow depth on the road was developed and verified by field observation data.

[研究目的及び経緯]

近年の集中的な大雪時に備え、道路管理者は広域的に連携し、除雪体制を強化すること等が検討されている。そのため、タイムラインを作成し、道路ネットワークへの影響を最小化する取り組みが求められている。現在の道路管理の現場では、気象庁等が発表する予測情報を活用して降雪量を推定し、除雪等の判断を行っている。しかしながら、これらを実施するためには、精度の高い積雪量推定が必要となる。また、その判断にあたっては、除雪機械の移動等を考慮した早期の積雪量推定が必要である。

本調査では、路面積雪量の予測手法の開発を目的として、気象状況等と路面積雪量との関係を明らかにするとともに、実際の気象観測データおよび気象庁等により配信されている気象予測データを用いて路面積雪量の予測手法の検証を行った。

[研究内容]

(1) 路面積雪量の観測及び路面積雪量推定手法の検証

本調査により過年度に概成した路面積雪量推定手法について、現地気象観測を通じた検証を行った。

検証にあたっては、令和3年度冬期に宮城県仙台市の国道48号作並除雪ステーションで表-1に示す気象観測を行うとともに、同地点の道路テレメータの気温、降水量等の観測値を入手した。その上で、降水量、気温、路面(積雪面)温度等より路面積雪量の推定値の算出を行い、実測の路面積雪量との比較を行った。

表-1 路面積雪量予測手法検証を目的とした観測要素と機器

観測要素	観測機器	備考
路面積雪の温度	放射温度計	表面温度を計測
日射量・大気放射量	長短波放射計	
降雪量	積雪深計	積雪深差から推定
降雪強度	降雪強度計	積雪しない降雪を観測
積雪状況	WEBカメラ	積雪の開始や状況を把握

なお、本調査で扱う路面積雪量推定手法は、融雪と圧密により積雪層ごとに生じる沈降量を推測し、各層厚から沈降量を差し引いた積算値と新たな積雪量とを足し合わせて路面積雪量とするものである。

(2) 路面積雪量予測の試行及び有用性評価

(1)に示した路面積雪量推定手法を用い、12時間～72時間先の路面積雪量の予測値を算出するとともに、その精度の評価を行った。

路面積雪量の予測は、気象テレメータ等で積雪深を観測している表-2の直轄道路箇所等(21箇所)で12時間、24時間、48時間及び72時間先の路面積雪量を対象とし、気象庁より発表される降雨量、気温などの予測情報を用いて行った。その後、比較的多くの降雪があった時間帯を抽出し、実測の路面積雪量と予測による積雪量の比較検証を行った。

路面積雪量予測の試行終了後には、試行を行った箇

表-2 路面積雪量予測の実施地点

	管理事務所	路線	予測実施地点
東北	仙台河川国道	48号	作並
	湯沢河川国道	13号	峰吉川、上院内
	山形河川国道	112号	月山沢
北陸	長岡国道*	8号	中之島、長岡
	高田河川国道*	8号	親不知、糸魚川、玉ノ木
	富山河川国道	8号	富山
関東	高崎河川国道	17号	三国
中部	高山国道*	41号	数河峠
近畿	福井河川国道	8号	熊坂、大良
		161号	山中
	滋賀国道*	8号	彦根
中国	鳥取河川国道	鳥取道	下味野
		9号	宇谷
	松江国道	54号	上赤名
四国	三次河川国道	54号	横谷
	大洲河川国道	56号	鳥坂

※はヒアリング実施事務所

※本報告は令和3年度当初予算の標記の研究課題を令和4年度に継続して得た結果をまとめたものである。

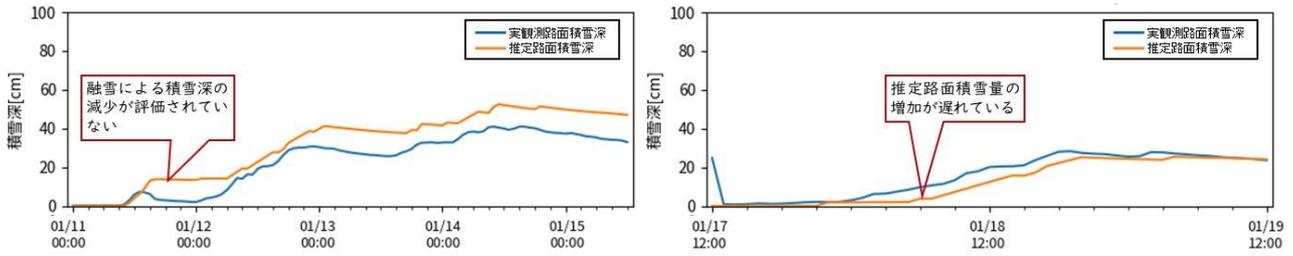


図-1 道路雪害時の気象観測データによる検証結果

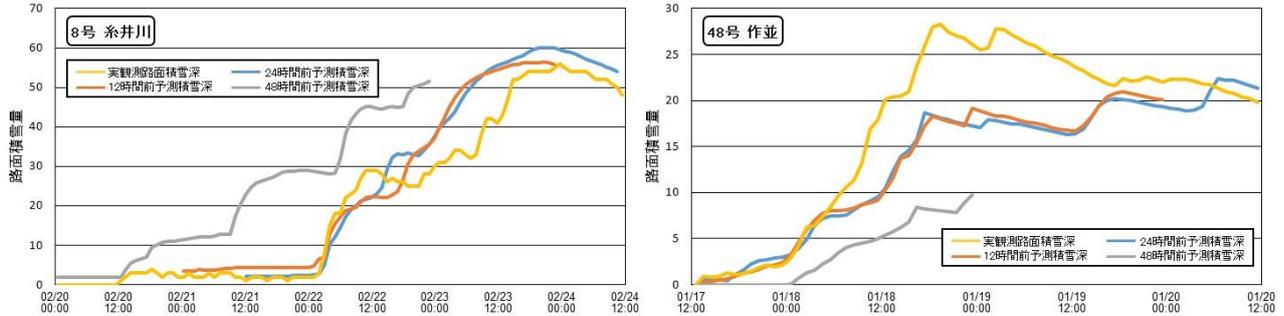


図-2 降雪事例による路面積雪量予測手法の検証結果

表-3 感度分析結果による気象要素ごとの路面積雪量予測への影響

気象要素	感度分析の結果
気温	雨雪判別に影響を与える可能性があり注意を要する
降水量	路面積雪量に直接影響し、精度に大きな影響を与える
風速	風速が路面積雪量の大小に与える影響は小さい
相対湿度	相対湿度が路面積雪量の大小に与える影響は小さい
全天日射量	全天日射量が路面積雪量の大小に与える影響は小さい
長波放射量(雲量)	長波放射量(および雲量)が路面積雪量の大小に与える影響は小さい

所のうち4地点の道路管理者を対象にヒアリング調査を実施し、路面積雪予測情報の有用性の評価を行った。

[研究成果]

(1) 路面積雪量の観測及び路面積雪量推定手法の検証

気象観測により得られた実測の積雪量と観測地点のテレメータより得られた実測の降水量、気温等より算出した積雪量の推定値の一例を図-1に示す。この結果、実際の積雪に比べて融雪による積雪量の減少が過小となったり、推定値がやや遅れて立ち上がった状態が見られたものの実測の気象観測値を用いた路面積雪量の推定値は実際の路面積雪量と概ね一致することが確認された。

なお、路面積雪量の推定情報を実際に活用する場合は、気象予測情報を活用して数時間先を予測することとなる。一方、気象予測値にも予測精度による実際の気象値との誤差があることから、それぞれの気象値の差異が路面積雪量推定にどの程度影響を及ぼすかの感度分析を行った。分析の整理結果を表-2に示す。この結果より、気温や降水量は、路面積雪量の推定に大きく影響することが明らかとなった。特に、気温は、雨雪判別にも関ることから路面積雪量の精度に与える影響

が大きい。一方、その他の気象要素は、路面積雪量推定に与える影響は小さく、予測精度の改善には、気温、降水量の推定精度が重要であることが把握された。

(2) 路面積雪量予測の試行及び有用性評価

予測の試行結果の一例を図-2に示す。路面積雪量の予測精度は事例によって異なるが、概ね24時間先までは、一定の精度で予測可能であることが明らかとなった。24時間より先の予測については、気温の予測精度が確保されておらず、特に気温0℃前後では、雨となるか雪になるかの気象状況の違いが路面積雪量の予測のぶれに影響を及ぼす結果となった。

予測情報の有用性に関するヒアリング調査では、いずれの道路管理者も従前より降雪時の管理等で業務委託等による気象予測情報を活用しており、その予測精度が課題である認識を有していた。本検討で用いた路面積雪量予測手法では、24時間先までの予測には一定の精度が確保されており、24時間前より実施する体制強化、道路表示板やSNSなどを通じた広域迂回の呼びかけ等の活用により有効な情報となり得ることが示された。

また、降雪時対応の経験が少ない管理事務所等で突発的に大規模降雪が発生する場合での活用を期待する意見が示された。

[成果の活用]

本調査で検証した手法は、道路管理者の降雪時タイムラインを運用する上で、降雪発生時の24時間前から体制強化等に活用可能である。今後の事例の積み重ねによる予測精度の向上を行うことで、道路管理の実情に即した情報として展開できる。

道路災害リスクマネジメントに関する調査

Study on road risk management against natural disasters

(研究期間 令和2年度～令和4年度)

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

室長 中尾 吉宏
Head NAKAO Yoshihiro
研究官 中川 拓真
Researcher NAKAGAWA Takuma

Guidelines for Road Risk Assessment against Natural Disasters were tentatively compiled. In this research, we verified the validity of the guidelines by applying the evaluation method to real road structures and road networks which have suffered from past disasters.

[研究目的及び経緯]

国土交通省では、発災後、1日以内の緊急車両の通行の確保、1週間以内の一般車両の通行の確保を目標に掲げ、災害に対して強靱な道路ネットワーク整備の加速化・深化を推進している。

国総研では、道路構造物の耐災害性能に着目した道路ネットワークのリスクを評価する手法に関する研究を行い、その成果として「道路リスクアセスメント要領(案)」(以降、「要領(案)」という。)の原案をとりまとめ、令和4年3月に第16回道路技術小委員会にて審議されたところである。

本研究では、要領(案)の実装に先立ち、リスク評価のケーススタディを行い、その有効性について検証するとともに、要領(案)に基づくリスク評価が被災リスクをどの程度適切に捉えられているか検証を行った。本稿ではそれらの成果について報告する。

■ケーススタディ

[研究内容]

大規模な被災・通行止めが発生した10ケースを対象に要領(案)に基づく道路のリスク区分(表-1)によるリスク評価を行った。ここでは、令和2年7月豪雨で発生した国道41号の洗掘被災に対し、リスク評価を適用した結果(個別断面のリスク評価)と、令和3年8月の大雨で被災した国道9号(島根県出雲市)と並走するE9山陰自動車道に対し、リスク評価を適用した結果(道路ネットワークのリスク評価)について報告する。



図-1 国道41号における洗掘被災の様子

表-1 道路空間のリスクの程度の区分

I	通行規制が生じない可能性が高いと認められる。
II	一時的に通行止めになる可能性があるが、一定期間内に一定の規制で通行できる可能性が高いと認められる。
III	通行止めとなる可能性が高いと認められる。

[研究成果]

(1) 個別断面のリスク評価事例

令和2年7月豪雨では、岐阜県の国道41号の河川隣接区間において、洗掘による道路流出が発生し、40日間の通行止めが発生した(図-1)。要領(案)に基づく河川洗掘のリスク評価を行った結果は図-2のとおりであり、当該箇所の河川洗掘リスクはIIIである。リスク評価を適用することで、被災リスクをあぶり出すことができることを確認できた。

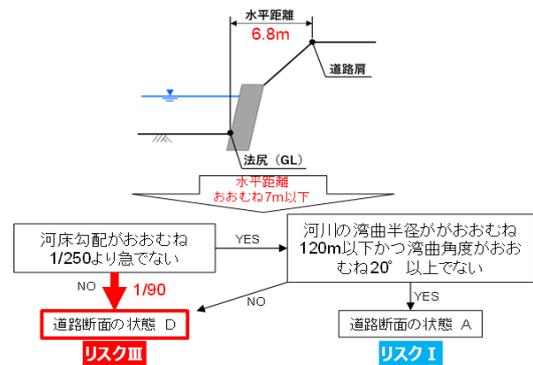


図-2 国道41号の洗掘被災箇所のリスク評価フロー

(2) 道路ネットワークのリスク評価事例

令和3年8月の大雨により島根県出雲市の国道9号において幅約100m、高さ約30mの地すべりが発生し、約2ヶ月にわたり全面通行止めとなり(図-3)、並行するE9山陰自動車道が迂回路として活用された。

被災箇所を含む上記の全面通行止め区間と当該区間に並行するE9山陰自動車道の出雲多伎IC～大田朝山ICを対象に要領(案)に基づくリスク評価を実施した結果を図-4に示す。

国道9号の被災箇所周辺はリスクⅢであるのに対し、E9山陰道は全てリスクⅠの評価となっており、相対的なリスクの大小をあぶり出せることが確認できた。



図-3 令和3年8月豪雨による国道9号の交通規制



図-4 国道9号およびE9山陰自動車道のリスク評価結果

■被災事例検証

【研究内容】

平成28年度から令和3年度の間発生した自然災害により道路が被災し、通行止めを実施した全国の直轄国道の事例のうち、全国道路施設点検DBや道路管理者からの提供データ等により要領（案）に基づくリスク評価が可能であった141件を対象に、要領（案）がどの程度リスクを的確に捉えることが可能かを検証した。

【研究成果】

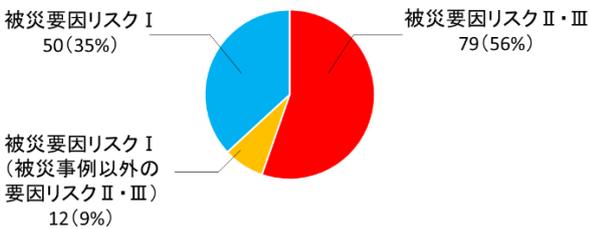


図-5 要領（案）に基づくリスク評価結果

図-5は、要領（案）に基づきリスク評価を実施した141事例を評価結果に基づき分類した結果を示す。

凡例の「被災要因リスクⅠ（被災事例以外の要因リスクⅡ・Ⅲ）」は、被災した道路構造物の被災要因に対するリスク評価はⅠであったが、被災事例以外の要因のリスク評価により構造物全体のリスクがⅡ・Ⅲとなった分類を表す。具体の事例としては、図-6の切土の斜面崩落が挙げられる。実際の被災要因となった切土

影響範囲のリスクはⅠであるが、河川隣接区間に位置しており、実際の被災要因ではない河川洗掘のリスクはⅢとなっていた箇所である。実際の被災要因のリスクはⅠであることから、被災リスクを適切に評価できているとは言えない分類である。

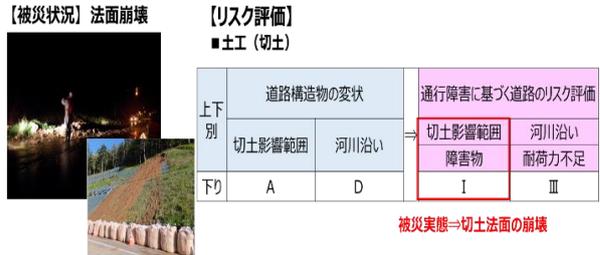


図-6 被災要因と構造物全体のリスクが異なる事例

また、凡例の「被災要因リスクⅠ」は、被災要因も含め構造物全体のリスク評価はⅠとなったが被害が生じたものであり、先と同様にリスクを適切に評価できたとは言えない分類である。適切にリスクを評価できたといえるのは被災要因のリスク評価がⅡまたはⅢとなった「被災要因リスクⅡ・Ⅲ」の55%である。適切に評価できなかった事例から評価項目の見直しなど要領（案）の改訂を検討していくことが必要である。

一方で、医学の世界の事例に目を向けると、高血圧は50%以上の脳卒中発症に寄与するとされる¹⁾。また、高血圧治療ガイドライン2019でも同様のことが示唆されており、こうしたスクリーニングによる経過観察、健康管理により歴史的に死亡率の改善が図られてきたとされる²⁾。

こうした他分野での事例も踏まえると、要領（案）に基づくリスク評価は、実際に生じる一つ一つの被災を捉えるものではないが、同様に50%程度以上の事象を捉えることができている、各道路ネットワークがどの程度リスクを有しているのかの傾向をあぶり出し、道路管理の高度化に繋げていく有力な参考情報となり得るものであると考えられる。

【成果の活用】

本研究の成果は、第18回道路技術小委員会の資料で活用されるとともに、今後の要領（案）の改定や道路リスクアセスメントに関する施策に関する基礎資料として活用していく予定である。

参考文献

- 1) (国研) 国立がん研究センターHP, 血圧区分と循環器疾患発症リスクおよび死亡リスクとの関連, <https://epi.ncc.go.jp/jphc/outcome/347.html>
- 2) 伊藤貞嘉, 高血圧治療ガイドライン2019のエッセンス, 日本内科学会雑誌109巻3号

動的耐震照査法の信頼性向上に関する調査

Study on reliability improvement of dynamic seismic verification method

(研究期間 令和3年度～令和5年度)

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

室 長
Head

中尾 吉宏
NAKAO Yoshihiro

研 究 官
Researcher

石井 洋輔
ISHII Yosuke

This study verifies the standard parameters employed in the dynamic seismic verification method for highway bridges in order to improve the reliability of the method. Therefore, the vibration characteristics of entire bridge systems were calculated by using their observed behavior.

[研究目的及び経緯]

道路橋の耐震設計では、橋全体を構成する部材の耐荷性能を動的な解析で照査することが一般的である。道路橋示方書・同解説に示される動的耐震照査に用いる標準的な設定値は、不確実性を踏まえて安全余裕を考慮して設定しているものが存在し、設定値の説明性や照査手法の信頼性のさらなる向上が求められている。

国総研では、一つの橋に地震計を密に配置し、加速度を多点で観測することで全体系の挙動を観測するシステムを全国24橋に設置している。橋全体系の挙動をきめ細やかに観測することで、固有振動数や減衰特性などの地震応答特性の分析が可能になる。

そこで本研究は、システムで観測された挙動記録から橋の振動特性（固有周期、減衰特性）を直接的に評価し、算出した振動特性より標準的な設定値を検証する取り組みを実施している。

令和4年度は、複数の橋に対して観測記録より振動特性を算出し、既往の振動実験で得られている値と比較検証した。また、地震時の挙動が桁橋と比較して複雑な構造形式の橋の振動特性を詳細に分析して減衰特性を評価し、設計に用いる減衰特性を検証した。

[研究内容]

1. 実測記録から求めた橋の振動特性

橋全体系の挙動観測記録より、対象橋の振動特性（固有周期、減衰特性）を算出した。観測記録より橋の振動特性を算出する方法は、システム同定手法を用いた。システム同定は、観測データの入力信号 $\{u_k\}$ と出力信号 $\{y_k\}$ から状態方程式と出力方程式を解き、観測記録から直接的に振動特性（固有周期、減衰特性）を推定する手法である。システム同定を橋の挙動観測に対応させた概念図を図-1に示す。

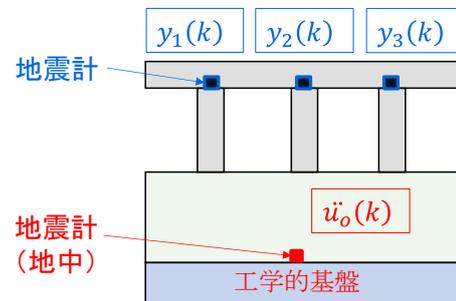


図-1 橋の観測点へのシステム同定の適用

表-1に示す14橋にシステム同定手法を適用し、それぞれの橋の固有周期と減衰特性を算出した。また、算出した振動特性について、土木研究所が従前の振動実験で明らかにした橋の固有周期と減衰特性の関係と比較した。

2. 解析モデルによる橋の振動特性の評価

本研究では、桁橋より比較的挙動が複雑と考えられる逆ランガー橋と曲線橋を対象に解析モデルを構築し、地震応答解析を用いて詳細に振動特性を検証した。システム同定で算出した振動特性と、設計モデルで適用されている振動特性を比較し、地震応答解析を用いて応答に与える影響を検証した。なおシステム同定に用いた記録は、レベル1地震動より小さい加速度であり、比較対象の設計モデルは線形状態としてモデル化する場合のものを用いた。

[研究成果]

1. 実測記録から求めた橋の振動特性

地震時の記録を対象にしたシステム同定で得られた各橋の固有周期と減衰特性の関係について、前述した既往実験結果との比較を図-2に示す。システム同定で得られた固有周期と減衰定数の関係は、概ね固有周期0.2-1, 減衰定数0.005-0.05の範囲であり、

表-1 本研究の対象橋

	形式等	橋長 (m)	センサー 数	
			橋	地盤
1	4径間連続鋼桁橋	152	13	1
2	ランプ橋	133	19	1
3	3径間合成箱桁橋	150	12	1
4	鋼逆ランガー橋	152	9	1
5	8径間鋼箱桁橋	470	9	1
6	15径間連続鋼桁橋	439	9	1
7	16径間鋼桁橋	240	9	1
8	10径間PC箱桁橋	886	10	1
9	7径間箱桁橋	280	10	1
10	10径間PC桁橋	268	9	1
11	18径間連続鋼桁橋	575	55	4
12	7径間連続鋼非合成箱桁橋	443.65	17	3
13	7径間連続鋼非合成箱桁橋	443.65	18	3
14	9径間連続鋼床版2主鋼桁橋	515	31	4

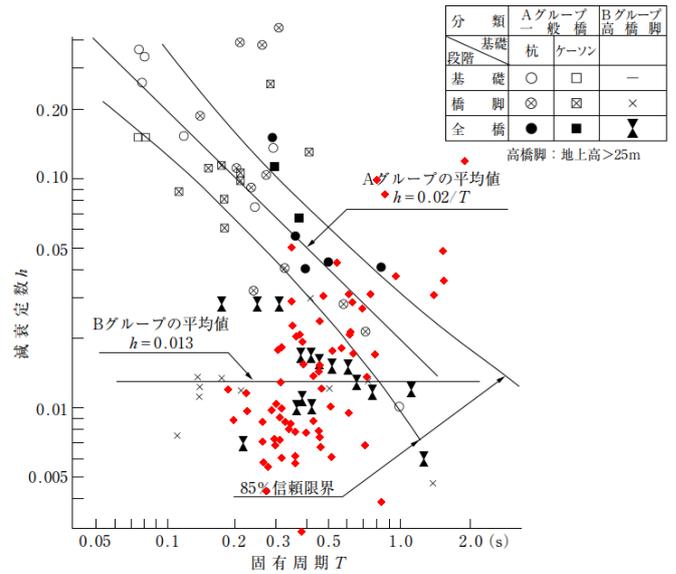
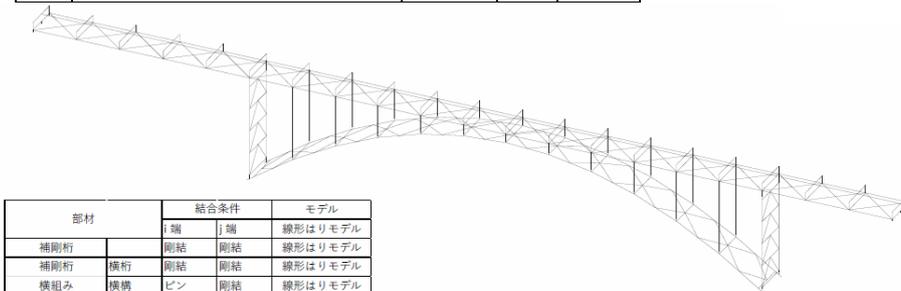


図-2 推定した固有周期と減衰特性の関係
(既存資料にひし形点を加筆)



部材	結合条件		モデル	
	I端	J端		
補剛桁	剛結	剛結	線形はりモデル	
補剛桁	横桁	剛結	線形はりモデル	
横組み	横構	ピン	剛結	線形はりモデル
アーチリブ	剛結	剛結	線形はりモデル	
アーチリブ	横桁	剛結	剛結	線形はりモデル
横組み	横構	ピン	剛結	線形はりモデル
鉛直材	剛結	剛結	線形はりモデル	
鉛直材端部(EP)	横桁	剛結	剛結	線形はりモデル
アーチクラウン	剛結	剛結	線形はりモデル	
支承		剛結		
床版拘束ブレース		ピン	剛結	線形はりモデル

図-3 対象橋(逆ランガー橋)の解析モデル

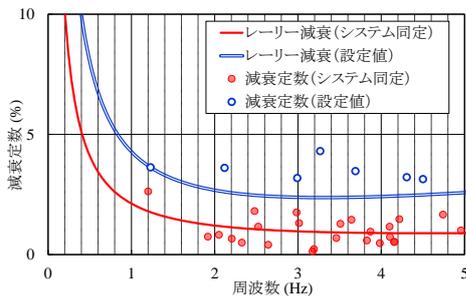


図-4 解析モデルに設定する減衰特性の比較

既往実験結果の B グループ (全橋および橋脚単体) で得られている範囲と概ね整合していた。一方、一部既往実験結果と整合しない結果も得られており、今後、構造形式や算出に用いた観測データを踏まえ詳細に分析する。

2. 解析モデルによる橋の振動特性の評価

本項では代表して、図-3に示す逆ランガー橋の検証結果を示す。システム同定で算出した固有周期と減衰定数を解析モデルに反映した場合と、設計基準に示される値を用いた場合に、解析で設定されるレーリー減衰の比較を図-4に示す。

図-4より、システム同定と固有値解析で算出されたそれぞれの固有周波数は概ね同様の帯域であった。一方、システム同定で算出された減衰定数は、設計モデルと比較して概ね2%小さく設定された。これは、システム同定で対象とした地震が微弱であり、部材間の振動伝達で生じる減衰など、地震時に想定されているような減衰が生じていない可能性があり、システム同定で算出された減衰特性が小さくなったと考えられる。今後は大きい地震の記録を用いて分析し、地震の大きさによる解析結果のばらつきを検討する。

【成果の活用】

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

地震時の道路施設変状の即時把握に関する調査

Study on technology for immediate detection of road facility damage by earthquakes

(研究期間 令和4年度～令和6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 中尾 吉宏
Head NAKAO Yoshihiro
主任研究官 長屋 和宏
Senior Researcher NAGAYA Kazuhiro

Various sensors and wireless communication devices are becoming smaller, less costly, and less power consuming due to advances in technology. The purpose of this research is to realize simple and inexpensive detection of road deformation that occurs in the event of a disaster. We organized the road surface deformation detection technology, etc., made a prototype of the road surface deformation detection system, and conducted an operation test.

[研究目的及び経緯]

頻発化・激甚化する災害に対し、二次災害の防止や災害復旧業務への早期着手を一層推進するため、災害の発生時刻等に依らず、施設の被害状況等を迅速に把握することが求められている。

国総研では、被害状況把握の迅速化を進めるため、無人航空機や衛星、センサ等を活用した道路施設被害の把握に関する調査、実証実験を道路管理者と連携して実施してきている。

本調査では、技術進展により各種センサ及び無線通信機器が小型化、低コスト化、省電力化されていることを踏まえ、災害発生時の道路面に生じる変状の検知を簡便かつ安価に実現することを目的とする。

[研究内容]

(1) 道路面変状を検知するセンサ及び伝送技術の調査

災害時には、道路を通行中の車両や災害対応を行う緊急車両の通行に支障を及ぼす道路面変状をいち早く把握できることが求められる。

そのため、変状を検知するセンサ要件の整理を行うとともに要件を満たすセンサに関する市場調査を行った。想定する路面の変状の対象は、路面そのものの変状及び路面上への土砂等の堆積、冠水等とした。なお、調査対象とするセンサは、車両が通行する路面の変状を検知することから、非接触で対象物の変位等を検知するものとした。

また、地震等により発生した道路面の変状は、管理事務所等に伝送し、施設管理者等が把握する必要がある。そのため、検知結果を伝送する技術についても同様に要件整理と対応する技術の市場調査を行った。

(2) 道路面変状検知システムの動作試験

(1)の検討結果を踏まえ、災害により発生した道路面の変状をセンサで検知し、検知結果を伝送して汎用PCの画面等で結果を表示させる道路面変状検知システム

の試作を行った。試作にあたり伝送装置と組み合わせるセンサは、超音波センサおよび光学レーザセンサをそれぞれ1組ずつ用いた。

試作後は、変状の検知および検知結果の伝送の動作試験を行った。動作試験では、模擬した道路面の変状をセンサが検知し、伝送の上、PC画面に表示される一連の流れを確認するとともに精度検証を行った。

[研究成果]

(1) 道路面変状を検知するセンサ及び伝送技術の調査

センサの要件整理に先立ち、災害時に把握すべき車両の通行に支障をきたす恐れのある道路面の変位量について、車両の構造特性、段差の走行実験に基づく既往研究より調査を行った。その結果、徐行走行では5cm程度の段差、災害対応等を行う緊急車両の通行では20cm程度の段差で支障をきたすことが明らかとなった。また、道路の管理瑕疵判例の調査では、多くの場合5cm程度以上の段差で瑕疵が問われることが明らかとなった。これを踏まえ、センサの精度要件は、5cmの段差を検知できるものとした。

災害時に道路面変状を検知するセンサに求められるその他の要件項目を含む整理を行った。整理結果を表-1に示す。

表-1 センサに求める要件項目と内容（抜粋）

要件項目	要件内容
検知処理速度	・地震発生前後の状況が分かること ・職員が参集時（地震発生後30分程度以内）までに検知結果が分かること
検知精度	・自動車の運行に支障が生じると考えられる5cm程度の段差が検知できること
検知範囲	・車道の建築限界を考慮し、道路上路面から4.5m以上離れた位置から検知できること
検知結果の出力	・データ量が少ないこと
測定環境	・雨・雪などの天候の影響、夜間の明るさの影響を受けないこと
消費電力	・省電力で、電池やソーラー電源等により単独で稼働可能であること
機器の大きさ 価格	・道路付属物等に設置し、計測できること・既存の道路付属物等に設置できるようにコンパクトであること ・安価であること

※本報告は、令和4年度当初予算「地震時点検基準の高度化に関する調査」の成果をまとめたものである。

表-2 非接触で道路面変状を検知可能なセンサ技術(抜粋)

要件	超音波センサ	光学レーザセンサ
概要	超音波を放射し、障害物等にぶつかり反射して戻ってくるまでの時間から距離を計測。超音波は、周波数が高く、人間の耳には音として感じるができない。	レーザ光を照射し、障害物等にぶつかり反射して戻ってくるまでの時間から距離を計測。レーザ光は、一定方向に向けた単色の光がまっすぐに届く。
検知処理速度	1秒	1秒
検知精度	1cm 単位	数 mm 単位～数 cm 単位
検知範囲	最大 10m 程度	数十 m 程度
検知方向(設置方法)	超音波ビームと反射面を直角にセンサを設置した状態で計測可、斜め方向の検知は不可	計測方向の距離を計測可能
測定環境	天候不良・明るさに影響されない 音を吸収する素材を対象として計測はできない	雨・雪・霧などの天候不良時は難がある場合がある
消費電力	0.1～1W 程度	2W 程度
価格	数百円～数千円程度	数百円～数万円程度
活用例	水位計測、車両検知 等	人体検知 等

さらに、表-1の要件を満たすセンサの市場調査を行った結果の例を表-2に示す。

検知結果の伝送技術に関する市場調査にあたり情報伝送のタイミング(周期)については、施設管理者が管理事務所等に参集し、状況を把握する流れより、地震発生後30分程度以内に伝送できるものを目安とした。これは、従来の被害検知システムでは、検知結果を可能な限り早く伝送するために過剰な伝送周期を求めた結果、伝送コスト、消費電力が負担となるものが多く見られたことから、伝送コストと消費電力を低減させる目的より、被災情報が求められる時系列から必要となる伝送のタイミングを見直したものである。

(2)道路面変状検知システムの動作試験

動作試験状況を図-1に示す。動作確認にあたっては、基準となる正確な距離を同時に計測し、精度評価を行う必要がある。このため、高額であるが計測精度が担保されたレーザ測距器と動作確認対象となる超音波センサ、光学レーザセンサを一体化させる治具を作成し、同一の長さを計測することで計測精度の確認を行った。また、計測対象は道路面と類似する素材としてコンクリートブロックを用いて変状を模擬した。

動作試験の計測結果を表-3に示す。光学レーザセンサでは、道路照明柱などの道路の付属施設にセンサを設置して計測することを想定し、計測対象に対して斜めにレーザを照射した動作試験を行った。一方、超音波センサでは、計測特性より計測対象に対して垂直に照射する必要があることから、計測対象を真下とした。

動作確認試験の結果、対象物との距離計測には、1%

程度の計測誤差があることが分かったが、地震等が発生した際の変状検知としては、十分な分解能を有していることが確認された。

【成果の活用】

本調査で検証した路面の変状検知手法については、今後、実道路での試験観測を通じ、地震発生時の道路の異常検知手法として確立する。

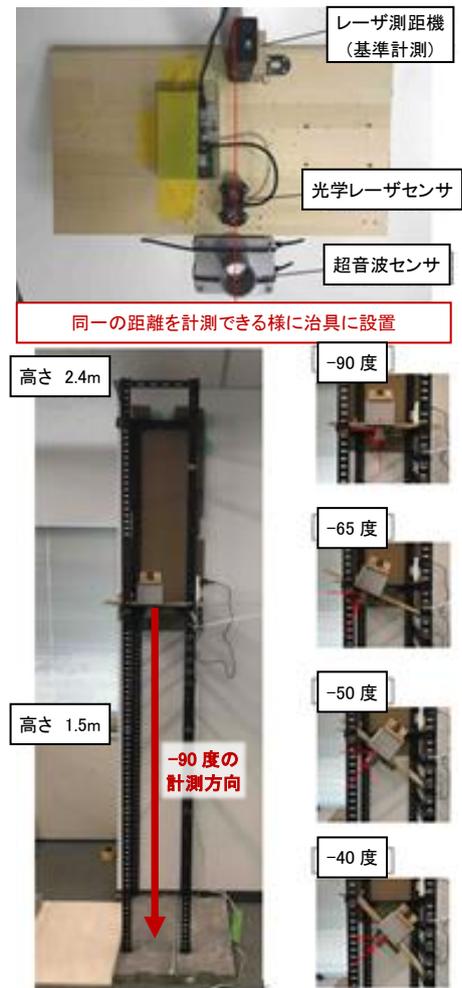


図-1 道路面変状検知システムの動作試験状況

表-3 動作確認結果(抜粋)

実測角度[度]		超音波センサ						光学レーザセンサ								
		-90			-90			-65			-50			-40		
レーザ測距器	段差	無	5 cm	10 cm	無	5 cm	10 cm	無	5 cm	10 cm	無	5 cm	10 cm	無	5 cm	10 cm
		計測値[cm]	235.2	230.2	225.4	235.2	230.2	225.4	255.7	250.3	244.8	290.1	283.6	278.0	335.9	328.8
	段差無との差[cm]	-	5.0	9.8	-	5.0	9.8	-	5.4	10.9	-	6.5	12.1	-	7.1	15.0
	計測値と角度から求めた段差[cm]	-	5.0	9.8	-	5.0	9.8	-	4.9	9.9	-	5.0	9.3	-	4.6	9.6
	センサの計測値[cm]	234.9	229.9	224.7	237.9	232.6	227.6	258.1	250.9	245.4	293.1	286.4	280.9	341.9	334.0	325.8
	レーザ測距器との誤差[cm]	0.3	0.3	0.7	2.7	2.4	2.2	2.4	0.6	0.6	3.0	2.8	2.9	6.0	5.2	4.9
	誤差割合[%]	0.15%	0.11%	0.30%	1.15%	1.04%	0.98%	0.94%	0.24%	0.25%	1.03%	0.99%	1.04%	1.79%	1.58%	1.53%
	段差無との差[cm]	-	4.9	10.1	-	5.3	10.3	-	7.2	12.7	-	6.7	12.2	-	7.9	16.1
	計測値と角度から求めた段差[cm]	-	4.9	10.1	-	5.3	10.3	-	6.5	11.5	-	5.1	9.3	-	5.1	10.3
	レーザ測距機とセンサの段差の誤差[cm]	-	0.1	0.3	-	0.3	0.5	-	1.6	1.6	-	0.2	0.1	-	0.5	0.7

リモートセンシング技術を活用した災害時の道路状況把握 に関する調査

Study on road disaster investigation by utilizing remote sensing technologies

(研究期間 令和4年度～令和5年度)

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

室 長
Head
研 究 官
Researcher

中尾 吉宏
NAKAO Yoshihiro
梅原 剛
UMEBARA Takeshi

When a large-scale disaster occurs, it may take a lot of time to grasp the damage situation since serious damage could distribute widely. Therefore, for the purpose of quickly grasping the damage situation of road facilities due to earthquakes, heavy rain disasters, etc., efficient methods to grasp the damage situation by using remote sensing technologies are studied.

〔研究目的及び経緯〕

地震や豪雨等による大規模災害が発生すると、被害が甚大となりその分布が広範囲にわたる場合など、被災状況の把握に多大な時間を要することがある。そこで、地震や豪雨災害等による道路施設の被災状況の迅速な把握を目的として、リモートセンシング技術を活用した災害時の調査支援の検討を行っている。

本年度は、リモートセンシング技術のなかでも衛星に着目し、災害時の道路被災状況調査への活用可能性について検討した。

〔研究内容〕

熊本地震において、震度6強以上を記録した市町村の国道57号、国道325号、県道28号を対象に、震災前後の衛星アーカイブ画像を用いて、道路被災箇所の抽出を試み、実際の被災状況と比較すること等により、道路被災状況調査への衛星画像の活用可能性について検討した。

〔研究成果〕

(1) 衛星画像を用いた道路被災箇所の把握

平成28年熊本地震の被災箇所について、震災後の現地調査資料等を用いて、道路被害(路面クラック、段差等)、橋梁被害(落橋、橋台の破損、伸縮装置の段差等)、土砂崩壊等に区分した上で、ALOS-2(Lバンド衛星)の分解能3m画像(常時観測モード)を用いた一時期強度解析、二時期強度差解析、干渉解析により、道路被災箇所と推測される箇所の目視判読を行い、実被害箇所と比較した。ここで、強度解析は電波の振幅に、干渉解

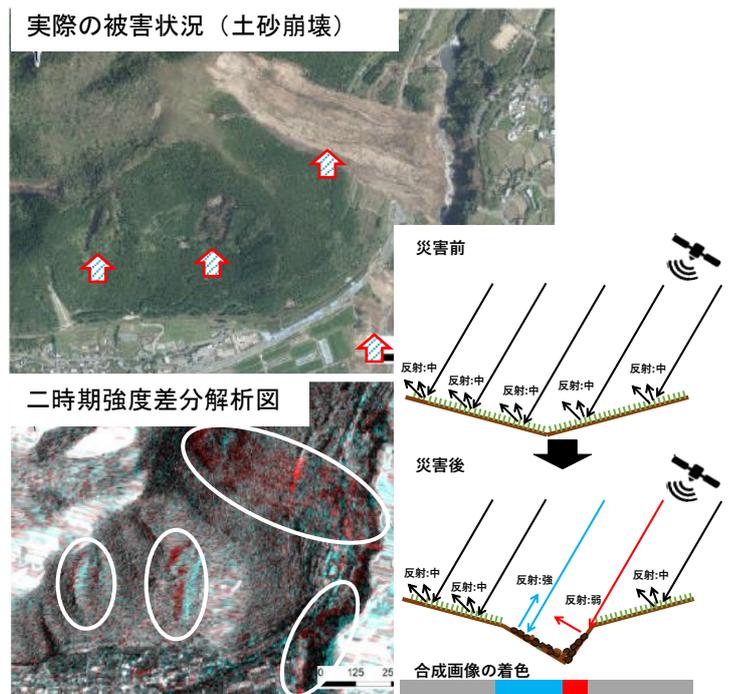


図-1 Lバンド衛星画像による判読結果

析は電波の位相に着目した解析である。

今回の事例では、一時期強度解析と干渉解析による被災箇所の判読は難しかったが、図-1に示すように二時期強度差解析では大規模土砂崩壊のような規模の大きい事象についての判読は可能であった。なお、紙面の関係で詳細な報告はしないが、いずれの解析においても路面クラックや路面段差のような小規模な事象は判読が困難であることも分かった。

※本報告は、令和4年度当初予算「災害覚知技術を用いた道路被災状況調査の情報取得方策に関する調査」の成果をまとめたものである。

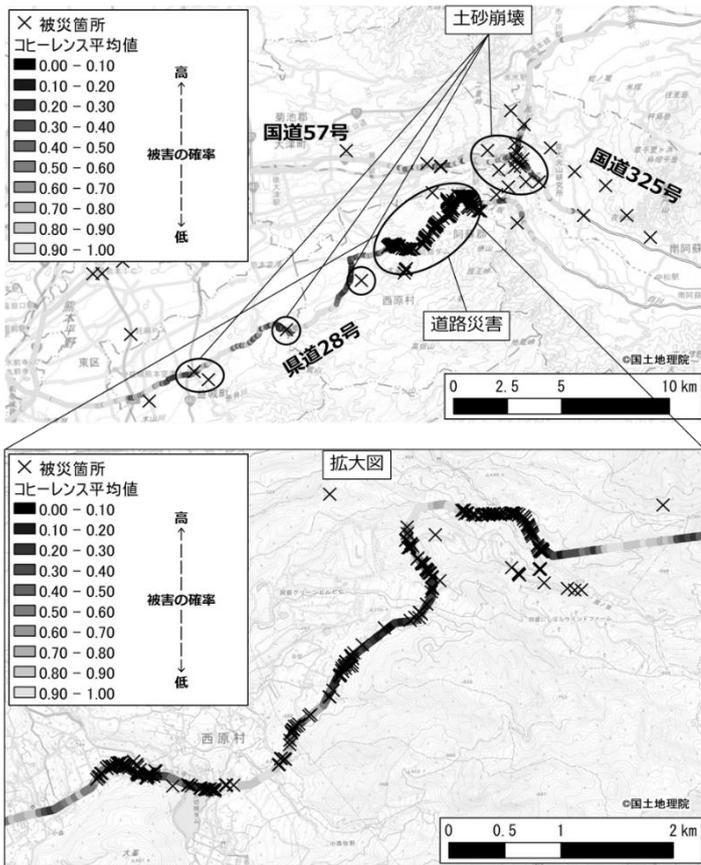


図-2 コヒーレンスヒートマップと被災箇所

(2) コヒーレンス値を用いた道路被災箇所の把握

衛星画像からコヒーレンスを算出し、その値から、被災箇所の絞り込みができなさを検討した。ここで、コヒーレンスは、干渉 SAR 処理において、地震発生前後の2つの SAR 画像の干渉度合い（電波の振幅と位相の双方に着目した二時期電波の相関性）を示す値で、1に近いほど干渉度合いが高いことを、また、0に近いほど干渉度合いが低いことを示す。本検討は、地震前後の電波の振幅、位相の双方に着目して算出した干渉度合いが低くなった箇所を抽出すれば、振幅又は位相の何れかのみに着目した前述の(1)よりも、道路変状で引き起こされた地表面の乱れを把握することができるのではないかと考えて進めたものである。なお、コヒーレンスは、分解能 3m の SAR 画像ピクセル毎に求められるものではあるが、レーダー特有のノイズに起因する乱れが含まれているため、本検討では、係るノイズの低減を図るための処理を施した上で、コヒーレンス値を算出し、路線を道路中心から幅各 15m の計 30 m、延長 50m に分割した道路ポリゴン内で平均化したコヒーレンス平均値を求めている。そして、その大きさを道路ポリゴンを色分け表示したコヒーレンスヒートマップを作成した。さらに被災箇所と重ね合わせて図化することで、コヒーレンスヒートマップにより道路被災箇所の絞り込みが可能であるかを評価した。

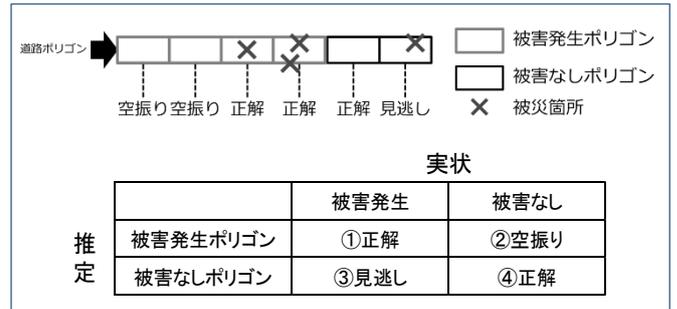


図-3 評価概念図

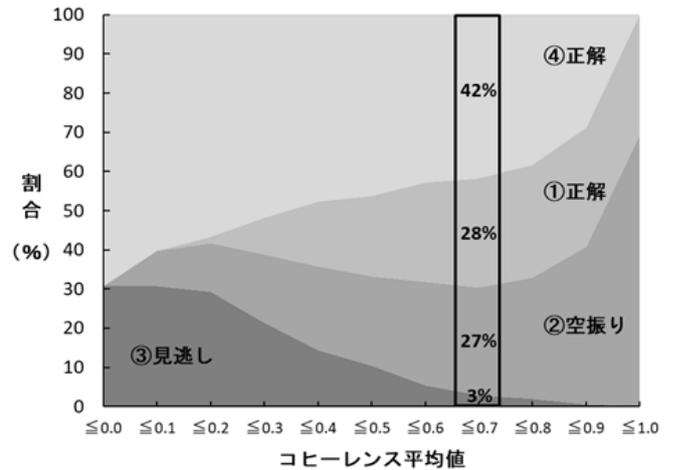


図-4 評価整理結果

図-2 にコヒーレンスヒートマップと被災箇所の関係を示す。被災箇所の多くでは、コヒーレンス平均値が小さくなっており、被災箇所とコヒーレンス平均値には関連性があることが認められる。今回、コヒーレンスヒートマップを用いることで道路被災箇所の絞り込みはある程度可能であることが確認できた。

ここで、道路被災箇所の絞り込みの推定精度を把握するため、ある閾値以下のコヒーレンス平均値を持つ道路ポリゴンを被災があった箇所と推定し、実状と比較することで、当該道路ポリゴンの推定結果を図-3 に示す正解、見逃し、空振りに分類、整理する試みを行った。被災があったとみなすコヒーレンス平均値の閾値を変化させ、正解、見逃し、空振りの構成がどのように変わるかを整理した結果を図-4 に示す。本結果から、0.7 以下のコヒーレンス平均値を持つ道路ポリゴンを被災箇所と推定すれば、7 割の正解率を確保しつつ、見逃しの発生を抑制できることがうかがえる。

今回、コヒーレンスヒートマップを活用した被害発生箇所の推定手法を提案したが、今後、他の地震災害でも同様の検証を行うことで、衛星を活用した道路被災箇所の把握手法を取りまとめていく予定である。

[成果の活用]

衛星画像を用いた道路被災状況調査において、今後、本提案手法が活用されることが期待される。

地域連携道路事業費

5. 施策提案（基礎的基盤の研究 等）

土木工事の施工・監督・検査等の効率化に向けた 新技術認証方法等の調査

Research on investigation of new technology certification methods for efficiency improvement of civil engineering construction, supervision, inspection, etc.

(研究期間 令和4年度～令和5年度)

社会資本マネジメント研究センター
社会資本システム研究室
Research Center
For Infrastructure Management,
Construction and Maintenance Systems Division

室 長 瀬崎 智之
Head SEZAKI Tomoyuki
主任研究官 近藤 隆行
Senior Researcher KONDO Takayuki
研 究 官 市村 靖光
Researcher ICHIMURA Yasumitsu

The National Institute for Land and Infrastructure Management is conducting a study with the aim of creating guidelines that stipulate the implementation method so that this technology can be used as an alternative to conventional methods in construction work under the direct control of the Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism.

〔研究目的及び経緯〕

鉄筋コンクリート構造物を構築する建設工事では、品質が確保されていることを確認するため、現場において発注者立ち会いのもと、配筋間隔等の段階確認が行われているが、工事受注者から「事前準備等で多大な手間と時間を要している」という意見が根強い。これに対し、画像処理を活用した計測技術が開発され、デジタルデータを用いることによる書類の削減や遠隔臨場による効率化といった取り組みが試行されている。

国土技術政策総合研究所では、本技術が国土交通省の直轄工事で従来手法の代替として使用できるよう、実施方法等を定めたガイドラインを作成することを目的に調査・検討を行っている。

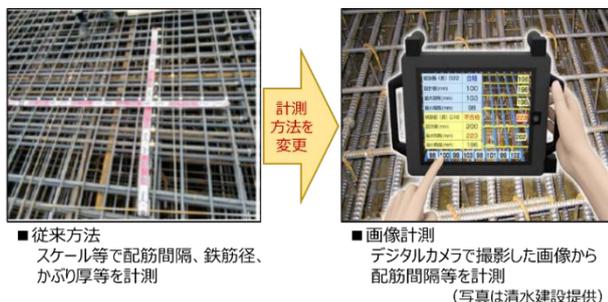


写真 従来方法と画像計測の比較

〔研究内容〕

調査・検討にあたり、全国の23の国土交通省発注工事で試行工事を実施し、以下①～⑤について検証を行った。

①配筋間隔での計測精度に起因する誤判定の発生状

況：画像計測の精度が施工誤差の許容値の判定に影響を及ぼすか確認する。なお、国土交通省出来形管理基準及び規格値(案)で、設計値との施工誤差の許容値について、一般構造物は10スパン程度の平均値で鉄筋径以内、床版は20mm以内と定めているため、一般構造物、床版それぞれについて整理する。

②配筋間隔以外の計測結果：鉄筋径、かぶり厚等について、正解率を使用技術ごとに整理する(本稿では鉄筋径のみ記載)。

③本技術が使用できない条件がないかの確認：計測部位、光の影響など画像計測不可となる条件がないかを確認する。

④生産性向上効果：従来計測と画像計測それぞれに要した時間と人数を計測し比較する。

⑤その他課題の抽出(アンケート調査)：試行工事の発注者、受注者、画像計測技術開発者を対象に本技術の有用性や課題を把握する。

〔研究成果〕

試行工事の結果について、以下、項目別に示す。

①計測精度に起因する誤判定の発生状況

従来計測を真値と仮定して、画像計測との差を計測較差であると見なした場合、計測較差が許容値の判定にどのように影響を与えるかについて考察する。

計測較差について、図-1に一般構造物分を図-2に床版分をそれぞれの許容値の単位に整理して示す。標準偏差は、一般構造物では直径の17.5%($2\sigma=35.0\%$)、床版は2.46mm($2\sigma=4.92\text{mm}$)であった。

※本報告は令和3年度当初予算の研究課題「監督・検査等の効率化に向けた検査技術の基準化等に関する調査」を令和4年度に継続して得た結果及び令和4年度当初予算の標記の研究課題で得た結果をまとめたものである。

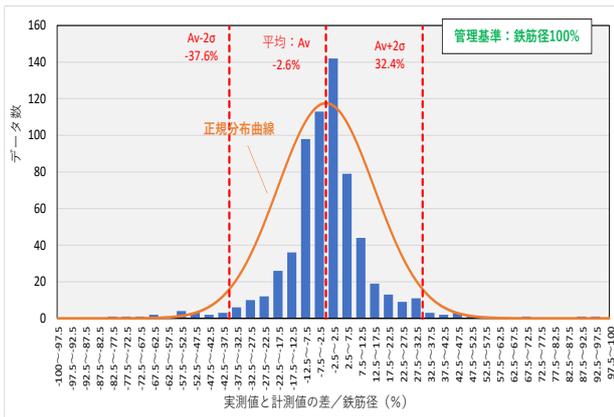


図-1 配筋間隔の計測較差（一般構造物）

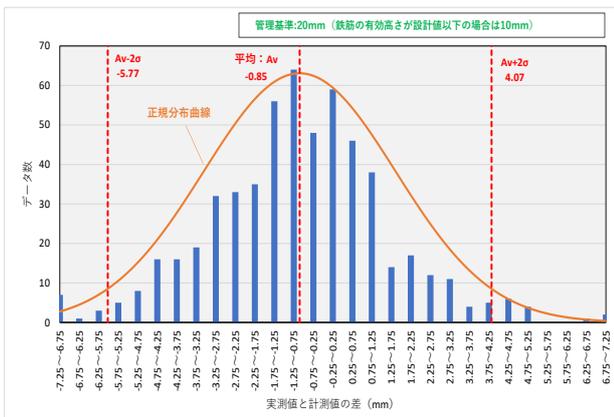


図-2 配筋間隔の計測較差（床版）

次に、設計値と従来計測値の差を施工誤差と定義し整理したところ、一般構造物の標準偏差は22.1%であり許容値である鉄筋直径の±100%の範囲に収まっていた。床版の標準偏差は8.74mmで許容値の±20mmの範囲に収まっていたが、一般構造物に比べてばらつきは大きい結果であった。

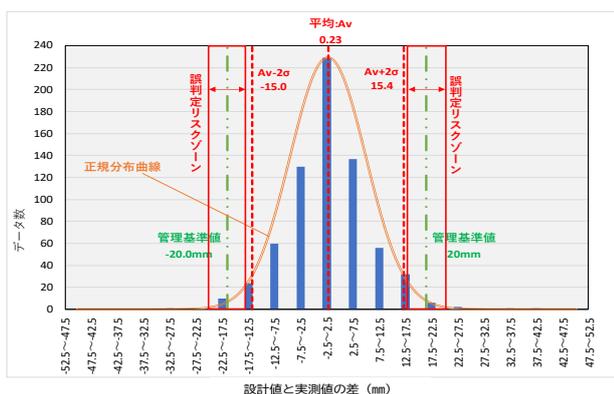


図-3 配筋間隔の施工誤差（床版）

以上に示した計測較差と施工誤差の結果から、新技術による誤判定リスクについて考察する。仮に、前述した2σの計測較差を一般的に生じる計測較差であると仮定すると、まず、本試行工事の一般構造物においては許容値の判定に全く影響がない。一方、管理基準が厳しい床版においては、図-3に示すとおり、管理基

準±20mmの前後2σの範囲が誤判定リスクゾーンとなり、この範囲に含まれるデータの割合は15.3%であった。現場実装の際には誤判定リスクゾーンを考慮した対策が必要となる。

②本技術が使用できない条件がないかの確認

計測較差が極端に大きくなって、適用不可となる条件がないか確認するため、工種別（一般構造物及び床版工）、部位別（水平部材、鉛直部材、曲面部材）、鉄筋径別（D13～D51の11種類）、計測時の光の状態別（日射し、薄暗い等）に分けて整理した。一部にばらつきが大きい値があったが、その要因は、逆光や薄暗い、日差しへの向きによる影などの光の影響と、橋脚など過密配筋の構造物で奥側の鉄筋が計測できない、または周囲の鉄筋を誤認識するなどの配筋状況による影響が確認できた。

③配筋間隔以外の計測結果（鉄筋径）

鉄筋径の計測結果を工種別、部位別、鉄筋径別に整理した。正解率は一般構造物で88%、床版工で98.9%であり、100%の正解率とはならなかった。また、部位別、鉄筋径別での整理では10～20%程度の誤判定となることが多くあった。

④生産性向上効果

試行工事全23工事で、従来方法に比べて作業量が削減され、生産性が向上したことが確認でき、受注者が行う準備作業と自主検査での削減が大きい結果となった。発注者の立会確認では、橋梁上部工での削減はあまりなかったが、その他の工種では効果が確認できた。

⑤アンケート調査結果

受注者より、撮影角度が鉄筋に対して正対できない部位では計測精度が低減する、撮影距離の規定から配筋間隔が広い場合は分割撮影となり手間がかかるといった意見があった。また、画像計測だけで対応することが難しい条件として、鉄筋の重複部、2重配筋の内側鉄筋、かぶり厚があげられた。

以上①～⑤の結果より、管理基準が厳しい床版工では場合により従来計測によるダブルチェックを行う対策が必要であること、計測精度を確保するため規定された撮影角度、撮影距離の範囲内で撮影すること、鉄筋過密部位では画像での計測は難しいこと、光の条件により計測精度に影響が出ることが確認できた。

【成果の活用】

今回の試行工事で把握した課題を踏まえ、実施方法等を定めたガイドラインを作成し、令和5年度内より現場実装する予定としている。

道路工事の品質確保の推進に資する積算体系に関する検討調査

Research on estimation system that contributes to promotion of quality assurance of road construction

(研究期間 令和3年度～令和4年度)

社会資本マネジメント研究センター
社会資本システム研究室
Research Center
For Infrastructure Management,
Construction and Maintenance Systems Division

室 長 瀬崎 智之
Head SEZAKI Tomoyuki
研 究 官 細田 悟史
Researcher HOSODA Satoshi
交流研究員 蔵島 清志
Guest Research Engineer KURASHIMA Kiyoshi
交流研究員 関根 健太
Guest Research Engineer SEKINE Kenta

Statistical analysis of the use of the cost estimation standards was carried out to use the database of estimation results for construction works of MLIT. And the function of the cost estimation system for construction work was studied. Based on the results of the study, a renewal plan for the cost estimation system was formulated.

〔研究目的及び経緯〕

土木工事積算基準は、施工に関する技術的な動向や社会情勢を調査し、調査結果を踏まえて、適宜、実態に則したものに更新を図る必要がある。また、土木工事積算システムは、直近の大幅なシステム改良から20年以上経過しており、毎年の積算基準改定の他に、積算実績データの収集機能など逐次機能改良・拡張を進めてきた結果、システムは肥大化し、複雑化をしている。近年ではシステム改良に際して、多大な時間とコストを要しており、迅速な改良が困難である点も課題となっている。

本調査では、これらの課題の解決に向けて、以下の技術的検討を行った。

〔研究内容〕

1. 積算実績データベースによる積算データ分析

積算基準の改定内容を検討するための基礎的な調査として、施工数量、施工条件等の情報を把握するため、地方整備局等が発注した工事設計書データを収集・整理した。

2. 次期積算システムの構想検討

現行の土木積算システムについて、業務の効率化を進める機能を拡充するとともに近年の情報技術や情報通信環境の変化に対応できる新システムに移行するための開発要件等を検討した。

〔研究成果〕

1. 積算実績データベースによる積算データ収集

各地整等から収集した積算データを、発注者別・業務規模別・工種別などに分類し、構成比等を整理した。

2. 次期積算システムの構想検討

次期積算システムは、積算基準を網羅し、円滑に積算業務がおこなえることを前提に、高度化、利便性向上が図られたものとなるよう、機能及びシステム構成等の検討をおこなった。

まず、システムの機能関連以外の基礎的な構造としては、今後の管理や改良時の効率性等を考慮し、64bitOS対応、オープンソースソフトウェアの活用及びコンポーネント化や高頻度に発生する土木工事標準積算基準や歩掛・単価の改定を短期間にシステムに反映できることを要件とした。更に、将来的な機能の拡張に対して柔軟性を有すること、災害時等にシステム障害が短期間、かつ限定的な範囲に収まるようなレジリエンスを有するとともに、作成した積算データの消失がしにくく、業務継続への影響が少ないシステムであること、目標とする期間内に開発を行うことができ、必要に応じて、現行システムで活用されているデータやプログラム等を利用することを妨げないことも非機能要件として整理した。

図-1は将来の積算関係データの流れをイメージ化したものである。

現在のクライアント・サーバ方式を更に発展させ、DXデータセンターを活用して、積算過程における受発注者間のデータ通信を効率化する提案である。詳細設計成果のうち、積算に必要な数量等のデータを官民が共通の積算ソフトを使用することにより、シームレスなデータ連係を図るものであり、手入力を極力減らすことにより発注時のミス回避することもできるものと考えている。

※本報告は令和3年度当初予算の標記の研究課題を令和4年度に継続して得た結果をまとめたものである。

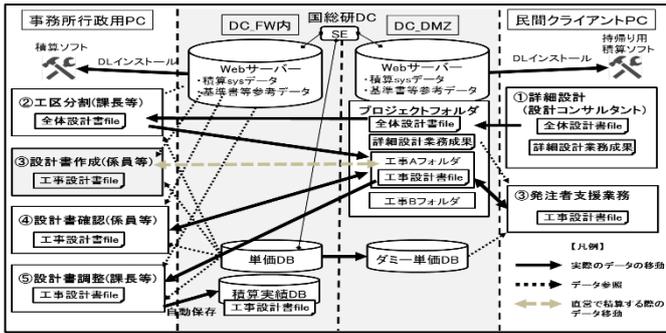


図-1 将来の積算関係データの流れ

また、設計書を分割したり、概算工事費を算出する機能についても検討を行った。これは、CIMデータを活用し、積算業務の効率化を図る観点から、ユーザからの要望に応じて検討した機能である(図-2)。

サポートを行うために、積算基準書、数量算出要領、各種通達類・事務連絡類、及び施工関連情報(「土木施工等の実際と解説」等の施工図や施工状況写真の取得機能)等の網羅的かつ理解しやすい情報サポート機能を備えることを検討した。

参照情報としては、①土木工事標準積算基準書(赤本) ②通知類(本省、各地整等) ③施工等の参考資料④QA記録簿等を予定しているが、情報の更新の運用については、引き続き検討が必要である(図-3)。

また、市販されている書籍(電子データ含む)を利用する場合には、著作権にも留意が必要であり、使用料等の費用が一時的または定期的に発生することも課題である。

【詳細設計コンサル】
 ①ツリーを作成し、入力条件(J条件)を選択
 ②積算システムの機能拡張により、区間(測線)別の数量と数量の内訳・小計を読み込む機能により入力・表示

【工区分割のための工事費概算】
 ③分割する工事数分の枠を設定し、各工事の受け持ち範囲を選択。詳細設計段階で選択されたJ条件以外は、1)最安単価、2)デフォルトJ条件単価(最多選択条件等)、3)最高単価の3種類の概算額が表示され、これを参考に工区分割を設定
 ④工区分割した設計書として分割して保存

【施工計画等を踏まえた設計書の作り込み・確認】
 ⑤分割された設計書について、J条件を正確なものに置き換えるなどして、従前どおり、設計書を完成

図-2 設計書分割及び概算工事費算出機能(イメージ)

国土交通省は2023年までに小規模を除く全ての公共事業にBIM/CIMを原則適用することとしており、当該機能は、現行積算システムにも搭載可能で、先行して開発する必要がある機能である。

さらに、新型コロナウイルスの感染拡大防止やワーク・ライフ・バランスの確保等によって発注者のテレワークが拡大するなか、積算業務経験の多少にかかわらず、担当者が積算を実施するために必要な情報の

システム開発後の次期積算システムのサービス提供開始初年度は移行期間として、現行システムと併用するとともに、その前年にプロトタイプでリハーサルを行うことを想定した移行計画(案)も策定した。

なお、リハーサルには、各地方整備局等の担当職員や詳細設計業者、発注者支援業務受注者等の関係者も参加することを想定している。

本研究では、以上の検討結果をとりまとめて、次期積算システムの要件定義書(案)、開発に係る調達仕様書(案)、費用積算書(案)、評価基準書(案)、移行計画書(案)を作成した。

【積算情報参照機能】
 ・テレワーク時の積算を支援するため、積算システム中から、積算基準、通知類、参考資料等を参照できる機能。

参照を検討中の情報

①土木工事標準積算基準書(赤本) ②通知類(本省、各地整等)
 ③施工等の参考資料(例:建設物価調査会発行『土木施工の実際と解説』)
 ④QA記録簿(鮮度)に留意)

外部図書等イメージ図
 (例:建設物価調査会発行『土木施工の実際と解説(上巻)』より)

図-3 テレワーク時に参照する積算情報(イメージ)

【成果の活用】

積算実績データベースによる積算データ分析の結果は、令和4年度の積算基準の改訂における基礎資料として活用した。また、次期積算システムの構想検討結果は、令和4年度に行う次期積算システムの拡張機能についてのプロトタイプの作成及び令和5年度以降のシステムの本格的な開発及び調達において活用される予定である。

土木工事の生産性向上に向けた効率的な積算体系の運用を 実現する検討調査

Efficient operation of quantity estimation system for improving productivity in civil engineering work

(研究期間 令和4年度～令和5年度)

社会資本マネジメント研究センター
社会資本システム研究室
Research Center
For Infrastructure Management,
Construction and Maintenance System Division

室 長 瀬崎 智之
Head SEZAKI Tomoyuki
研究官 細田 悟史
Researcher HOSODA Satoshi
交流研究員 関根 健太
Guest Research Engineer SEKINE Kenta
交流研究員 木村 俊介
Guest Research Engineer KIMURA Shunsuke

Useful data analysis method that can obtain useful information for revising the estimation standards for design quantity data for the type of work ordered for construction, and to calculate the effects of introducing technologies that contribute to productivity improvement and CO2 emission reduction from the quantity of machines input.

[研究目的及び経緯]

国土交通省では、土木工事に関する技術開発や社会情勢の変化を反映して予定価格が設定できるよう、多面的に情報収集を行い、積算基準やその運用について必要な改定等を行っている。一方、国土技術政策総合研究所では、全国の事務所等で作成された積算データ及び応札情報について、データ整理や分析を行い、国土交通本省や地方整備局等に積算基準の改定等に参考となる情報を提供している。

毎年、全国の事務所等で約1万件の工事積算が行われ、その成果である設計書データ（以下、「積算実績データ」という）が存在する。このデータは、工事発注した工種別の設計数量のデータであり、どのような工種が使われたかといった積算基準の改定に有益な情報を得たり、あるいは投入された機械、労務、材料の数量から生産性向上やCO2排出量削減に寄与する技術を投入した場合の全直轄事業における効果の算出に活用したりできる有用なデータとなりうる。

現在、開発を検討している次期積算システムでは、システムに積算データを格納することにより、抽出・分析する機能を実装し、本省や整備局の職員が統計値を自由に抽出できる環境整備を目指している。本研究は、このデータ分析機能の具体的な機能要件等について検討した結果を報告するものである。

[研究内容]

これまで外部への委託により設計書データから統計量の抽出は行ってきた。外注せざるを得なかったのは、下記の2点の制約があったためである。

制約1) データ量が膨大かつデータ構造が複雑である

主に統計量の抽出対象となる過去10年分の設計書データは、CSV形式で推定240GBあり、単一シートをそのまま表計算ソフトで扱うことはできない。一方で、データベース化して利用しようとしても、工事工種体系に沿った階層構造になっており、さらに細別の単価を決める上でも多重の階層構造がある非常に複雑なデータとなっている。

制約2) データ整形作業に手間がかかり、複雑な工程を必要とする

統計値の抽出を行える形のデータに整形するために、特殊なデータ加工ツールが必要であり、このソフトとExcelを用いた手動操作を加えて11工程に渡るデータ処理を行ってデータ整形を行っていた。1年間分のデータを抽出可能な状態にするまでに、例年約2箇月を要していた。

本研究では、次期積算システムで実装することを目標に、上記制約1) 2)の解決方法について検討を行い、これをもとにプロトタイプ（「土木工事積算実績データ分析ツール」。以下、「分析ツール」という）を構築し、有用性を確認した。

方法1) 大容量・複雑なデータに対して、研究室内に配備する汎用PCでもデータ抽出・分析処理を実行可能とするために、検索対象とするデータの保存方法等、データ形式について検討する。

方法2) 複雑・難解なデータ抽出準備作業に対して、分析ツールによってこの作業を自動化するために、除外データ選別作業の自動化等、データ整形方法について検討する。

【研究成果】

(1) 積算実績データの容量及び構造の検討

これまで、積算実績データとして登録されている全データ(表-1)を検索処理対象にしていたため、データ容量が大きく、かつデータ構造が複雑な状態であったが、検索内容毎に必要なデータ項目は「工種毎の直接工事費の検索に、種別以下の情報は不要」、「細別毎の実績数量の検索に、STコードや単価コードは不要」等、限られている。

そこで、設計書の内容をXML形式で保存したSEKKEISYO.XMLとSYUKEI.XMLの項目から「データセット」及び「データベース」を作成することで、課題であった「データ容量が膨大かつデータ構造が複雑である」の解決を図った。

表-1 XMLファイルのデータ項目一覧

XMLファイル	区分	出力項目
設計書情報ファイル SEKKEISYO.XML	設計書情報 83項目	設計書ID,工事番号,工事名,識別子,事務所コード,事務所名,工事名,工事地名,発注年月,設計年月,工事番号,実回回数,スライト区分,スライト回数,スライト基準日,契約区分,契約区分名称,主たる工種の区分,主たる工種,工事量,工期日数,工期開始年月日,工期終了年月日(当初),工期終了年月日(変更),単価適用年月,歩掛適用年月,施工票コード,施工票,施工地区コード,施工地区,河川,路線コード,河川,路線,補正1,補正2,補正3,設計概要コード1~10,設計概要,項目名称1~10,設計概要,設計内容1~10,資料目録1~4,目録1~4,目録の細分1~4,事業者1~4,設計書ID,最終設計書区分
	設計書情報 1051項目	設計書ID,工事番号,工事名,データ部(単価情報),識別子,レベル,オプションフラグ,複写フラグ,工種体系区分,細別種類区分,計上区分,工事区分,工種,種別,細別,単価名称,規格,工種体系コード,親単価コード,単価コード,単価区分,単位,前回単価数量,今回単価数量,前回数,今回数量,今回単価,今回金額,今回金額,官積算単価,官積算金額,設計,出資率,単価,出来高,残工工事数量,残工工事金額,合意区分,合意率指定,合意率,合意情報,単価適用年月,歩掛適用年月,管理費区分,支給品/賃料,労務補正,規制,労務調整係数,労務補正,超過時間,労務補正,超過時間,機械補正情報1~9,案件,案件番号1~99,案件,案件番号1~99,案件,回答名称1~99,案件,回答値1~99,施工箇所,メモ,施工方法,施工P構成識別子,業者No1~99,応札額1~99,落札者1~99,投入調査基準価格以上1~99,特別重点調査基準価格以上1~99,応札率1~99
集計情報ファイル SYUKEI.XML	集計情報 83項目	設計書ID,工事番号,工事名,識別子,事務所コード,事務所名,工事名,工事地名,発注年月,設計年月,工事番号,実回回数,スライト区分,スライト回数,スライト基準日,契約区分,契約区分名称,主たる工種の区分,主たる工種,工事量,工期日数,工期開始年月日,工期終了年月日(当初),工期終了年月日(変更),単価適用年月,歩掛適用年月,施工票コード,施工票,施工地区コード,施工地区,河川,路線コード,河川,路線,補正1,補正2,補正3,設計概要コード1~10,設計概要,項目名称1~10,設計概要,設計内容1~10,資料目録1~4,目録1~4,目録の細分1~4,事業者1~4,設計書ID,最終設計書区分
	集計情報 27項目	設計書ID,工事番号,工事名,データ(集計情報),識別子,工事区分,工種,種別,細別,規格,工種体系区分,工種体系コード,STコード,ST名称,単価区分,単価コード,機務材名称,機務材規格,単位,集計数量,集計金額,集計出来高数量,集計出来高金額,集計残工工事数量,集計残工工事金額,支給品/賃料,使用頻度

※STコードとは、歩掛WBや施工パッケージCB等の細別の構成要素となる対象に振られるコード
※単価コードとは、労務、材料等の単価を持つ対象に振られるコード

1) データセットとデータベース

まず、検索対象のデータ容量を小さくし、データ構造を単純化するために、これまでの検索実績等から、検索内容に応じて必要な項目だけを格納した「データセット」を作成し検索対象とすることとした。データセット化により、検索作業が容易になり、処理速度の向上も図る。

ただし、検索内容によってはデータセットからの抽出では対処できない場合もある(例:道路維持または河川維持等の複数工事区分に該当する直接工事費の検索)。このような検索内容にも対応するため、別途「データベース」として全データを登録し、データベース言語を用いた検索もできる選択肢を用意した。

2) データセットの作成

検索実績(表-2)と研究目的に沿って、データ抽出・分析に必要な項目を確認し、特定のSTコード・単価コード(指定コード)の集計が多いことが判明した。

表-2 検索実績の整理

主な作業内容	件数
指定コードの集計(件数・金額・数量・人工・J条件、等)	58
指定コードの追加時期別集計	10
指定工事工種体系集計	4
指定対象を含む工事の全データ抽出	4
工事規模別の発注合計金額対象データ集計	3
工事別集計	2
指定コードの下位で使用されているコードの集計	2
緊急工事補正使用工事一覧	1
指定工事の新土積ファイル抽出	1
施工箇所点在設計書主たる工種の一覧	1
対象工事の集計(金額・人工)	1
総計	87

※H31~R3年度業務における作業発生累計回数

そこで、1行に設計書ID及び工事工種体系レベル毎のデータを格納するA~Eと、指定コード毎のデータを格納するF~Hのデータセットを設定した(表-3)。

データセット化することにより、検索対象のデータ容量は、最も大きくなるデータセットでも約24GBとなった。

表-3 データセットの分類

データセット 識別	1行ごとに格納する データの範囲	格納する主なデータ	主な用途	データ容量 (概算)
A	設計書ID	設計書ID,工事工種,工期(自,至),地盤,事務所,合計金額,直(計,機,労,材),共,現場,一般,税,(×応札のセット),(×最終変更のセット),請負代金比率,応札代金比率,直,共通,現場,一の合意率,総個別の別,補正適用の種類別フラグ	設計書の属性情報で検索・集計	100MB
B	工事区分	設計書ID,工事工種,直(計,機,労,材),(×応札のセット),(×最終変更のセット)	工事区分毎の検索・集計	130MB
C	工種	設計書ID,工事工種,工事区分,直(計,機,労,材),(×応札のセット),(×最終変更のセット)	工種毎の検索・集計	420MB
D	種別	設計書ID,工事工種,工事区分,工種,種別,直(計,機,労,材),(×応札のセット),(×最終変更のセット)	種別毎の検索・集計	1GB
E	細別	設計書ID,工事工種,工事区分,工種,種別,直(計,機,労,材),(×応札のセット),(×最終変更のセット)	細別毎の検索・集計	3.6GB
F	STコード	設計書ID,工事工種,工事区分,工種,種別,細別,STコード,ST名称,ST単位,ST集計数量,ST機務材集計(計,機,労,材,直,共,諸)	STコード(WB・CB等)毎の検索・集計	5.4GB
G	機務材(ST毎)	設計書ID,地盤,事業区分,工事区分,工種,種別,細別,STコード,ST名称,ST単位,機務材集計(数量,金額),使用頻度	STコード毎の機務材の検索・集計	24GB
H	機務材(細別毎)	設計書ID,地盤,事業区分,工事区分,工種,種別,細別,単価区分,単価コード,単価名称,単位	細別毎の機務材の検索・集計	4.3GB
高度検索用 データセット	すべて	XMLファイルの内容をDBIに出力		-

※データ容量は単年度、全地整分の概算値である。

(2) 積算実績データの抽出作業の効率化

積算実績データとして登録されたデータに対し、特殊なデータ加工ツールとExcelを用いた手作業で「不要データの除外」や「集計用の用語整理」等を行っていた。これら作業を自動化することで、データ抽出準備作業の効率化を行った。

1) 不要データの除外

実際の工事実績ではなく、試験的に作成された等の工事設計書はデータから除外する必要がある。そこで、除外すべきデータの内容を調査したところ、特定の語句が含まれている場合が多いことが判明した。これらキーワードを定義し、当該キーワードが工事名に含まれている場合はデータセット化しないこととした。

キーワード例:テスト、算定用、ダミー、試算、係長 等

2) 集計用の用語整理

積算システムは利便性向上のためにオプション入力が可能のため、入力データ内容を整理する必要がある。「同一内容にもかかわらず、単位が半・全角、大・小文字の差異により別の文字列となっている」、「オプション入力された体系名称が標準名称と異なる」、「コード毎に登録単価名称が異なるため『バックホウ』等の分類検索ができない」ことが判明した。これら単位、体系名称、単価名称について、変換元と変換先のコードやキーワードを定義し、入力内容が合致する場合はデータ置換してデータセットに出力することとした。

【成果の活用】

「データ量が膨大かつデータ構造が複雑」、「データ抽出準備作業が複雑・難解」という制約に対し、分析ツールと表計算ソフトを用いた積算実績データの抽出・検索が可能となったことで、施策検討・分析が自由に行えるようになった。

今後は、次期積算システムの開発を進め、分析ツールにより積算データの抽出・分析する機能を実装することを目指す。

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of NILIM

No. 1255

September 2023

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