

第2章

活 動

第2章 活 動

1. 研究方針



国土技術政策総合研究所 研究方針



国土交通省

平成29年11月1日

国土技術政策総合研究所の使命

住宅・社会資本分野における唯一の国の研究機関として、技術を原動力に、現在そして将来にわたって安全・安心で活力と魅力ある国土と社会の実現を目指す

基本姿勢

- 技術的専門家として行政の視点も踏まえ、国土交通省の政策展開に参画する**
 - ・ 技術政策の企画・立案のみならず、普及・定着まで一貫して、当事者として参画する
 - ・ 技術政策の必要性や妥当性を実証データにより明らかにし、説明責任を果たす
- 研究活動で培った高度で総合的な技術力を実務の現場に還元する**
 - ・ 現場の実情を踏まえた解決策を提示し、災害時等の高度な緊急対応も機動的に支援する
 - ・ 個々の対応事例を蓄積、一般化して広く提供するとともに、教訓を研究に反映する
- 国土・社会の将来像の洞察と技術開発の促進により、新たな政策の創出につなげる**
 - ・ 国土や社会を俯瞰し、変化を的確に捉え、将来の課題を見通す
 - ・ 広く産学官との技術の連携・融合を図り、新たな技術展開を目指す

根幹となる活動

- 国土交通政策の企画・立案、普及を支える研究開発**
 - ・ 直面する重要な政策展開を支える技術基準・手法を体系的に提示、現場実装し継続的に改良
 - ・ 将来的な対応が想定される課題を抽出し、政策の方向性を提案
 - ・ 国土・社会の動向を継続的・長期的に分析し、知見を蓄積
 - ・ 戦略的な国際標準化、途上国の技術者育成を通じて、我が国の技術の国際展開を支援
- 災害・事故対応への高度な技術的支援と対策技術の高度化**
 - ・ 発災直後から研究者を派遣し、二次災害防止や応急対策に関する現場の対応を支援
 - ・ 原因の究明、復旧・復興計画の検討、対策の実施について技術的に助言
 - ・ 災害等から得られる知見・教訓を蓄積し、防災・減災対策の高度化研究に反映
 - ・ 海外における大規模災害に対し、災害対応先進国として技術的に支援
- 地方整備局等の現場技術力の向上を支援**
 - ・ 現場が直面する課題に対し、実務を知る立場ならではの指導・助言を通じ、技術力を移転
 - ・ 人材の受入れ、研修等により行政知識と専門性を併せ持つ地域の中核技術者を養成
- 政策形成の技術的基盤となるデータの収集・分析・管理、社会への還元**
 - ・ 国の機関として、膨大な現場データを、客観性・正確性・信頼性を確保しつつ収集、管理
 - ・ 蓄積したデータは、自ら分析し研究へ反映するとともに、社会へ適切に公開

研究の心構え

- 行政・現場の真のニーズを理解し、本質的な技術的課題を明確化
- 課題を突破する仮説と検証方法、社会実装への道筋を含めた研究計画を策定
 - ・組織的に積上げてきた研究蓄積を活用し、既往研究の何を乗り越えるかを明確化
 - ・計画段階から社会実装を想定し、研究項目、手順、スケジュール、達成目標を設定
 - ・自らの強み・弱みを認識した上で、外部とも連携して効率的な研究体制を構築
- 得られた事実から研究全体の展開を見据え、柔軟に計画を見直し
 - ・データ、事実を客観的・中立的に解釈して仮説を検証
 - ・幅広い分野の専門家と議論を行い、多面的・多角的に考察
 - ・研究全体を見通し、常に結果の本質を見極め、計画を自発的・継続的に見直し
 - ・試行錯誤し、想定外の結果も柔軟に受けとめ、より良い研究成果の創出へと展開
- 知見を体系立てて取りまとめるとともに、現場で使える成果に昇華
- 成果の的確・円滑な社会実装に向けた戦略的な道筋を構築
 - ・行政・現場・研究、各々の特性を活かした実現性の高い実装プロセス、役割を明確化
 - ・広報を研究の一環として組み込み、伝わることを意識して積極的に社会へ発信
- 実装の結果をフォローアップし、技術的課題を抽出して次なる研究に反映

研究を支える環境整備

- 質の高い研究を支えるマネジメントの仕組みの構築
 - ・幅広い視点から、研究をより良くするために外部評価と所内評価を実施
 - ・第三者からの助言・意見等を積極的に取り入れ、自らも厳しく研究状況を検証し改善
 - ・多様で急速な技術の進展に応じ、外部との新たな連携の仕組みを機動的に整備
 - ・成果を知的基盤化する刊行物・データベースを作成、多様な広報手段を用意
- 技術を礎とし、研究と行政・現場の両面から政策展開を見通す人材の育成
 - ・データを読解し、現場を想像しつつ結論への道筋と社会実装手順を組立てる力を養成
 - ・先人の研究蓄積や経験・ノウハウを伝承し、行政・現場を経験する機会を提供
 - ・行政・現場、産学からの研究者など、多様な人材による研究組織を形成
- 住宅・社会資本分野の技術研究開発を支える実験施設等の保有・機能強化
 - ・実用環境下での性能検証に不可欠な、民間では保有困難な施設を適切に管理・運用
 - ・民間・大学等の幅広い技術研究開発を支援するため、外部への施設利用機会も提供

2. 令和4年度に実施した調査・試験・研究

2.1 調査・試験・研究一覧

課題名	研究室名		
国際的な社会経済情勢の変化を踏まえた海運動向、海外港湾の調査・分析	(国 際 業 務 研 究 室)	29	
下水道新技術の開発方向性及び導入促進に関する調査	(下 水 道 研 究 官 室) (下 水 道 研 究 室) (下 水 処 理 研 究 室)	30	
下水道施設を活用した住民生活の利便性等の付加価値向上に関する調査		(下 水 道 研 究 室)	32
下水道地震被害推定システムの精度及び利便性の向上等に関する調査		(下 水 道 研 究 室)	34
下水道管路の効率的なストックマネジメント実施に関する調査	(下 水 道 研 究 室)	36	
気候変動等の影響を踏まえた効率的な都市浸水対策推進に関する調査	(下 水 道 研 究 室)	36	
下水道革新的技術実証事業	(下 水 処 理 研 究 室) (下 水 道 研 究 室)	37	
下水処理水の衛生学的な安全性を考慮した技術基準及び管理手法に関する調査		(下 水 処 理 研 究 室)	38
下水道から排出される温室効果ガス対策に関する調査	(下 水 処 理 研 究 室)	40	
下水処理場におけるエネルギー最適化に関する調査	(下 水 処 理 研 究 室)	42	
放流先水域の水利用に影響を与える下水処理水中溶存有機物の探索と動態調査	(下 水 処 理 研 究 室)	44	
下水処理と廃棄物処理を連携させた資源循環システムの構築に向けた評価手法の検討	(下 水 処 理 研 究 室)	46	
下水汚泥からの生分解性プラスチック回収可能性に関する研究	(下 水 処 理 研 究 室)	46	
気候変動に伴う外力増大を見据えた堤防強化技術の開発	(河 川 研 究 室)	47	
実データを活用した河道管理計画の検討	(河 川 研 究 室)	49	
3次元点群データを用いた洪水解析手法に関する調査	(河 川 研 究 室)	49	
粘り強い河川堤防の機能を損なう変状に関する検討	(河 川 研 究 室)	50	
河道基盤情報化システム (RBCOM) 更新・管理検討業務	(河 川 研 究 室)	50	
粘り強い河川堤防の効果の確認に関する検討	(河 川 研 究 室)	51	
河川整備計画に係る水害リスク評価手法の検討	(河 川 研 究 室)	51	
河川堤防の耐浸透性能の評価手法に関する検討	(河 川 研 究 室)	52	
水害リスク管理型の河道計画策定手法の検討	(河 川 研 究 室)	52	
流域治水での河道制御施設等による土砂管理手法に関する調査	(河 川 研 究 室)	52	
河道計画における土砂・流木対策に関する検討	(河 川 研 究 室)	53	
河川環境情報図等作成支援システム構築	(河 川 研 究 室)	53	
河川技術に関する研究開発	(河 川 研 究 室)	54	
開発公募運営	(河 川 研 究 室)	54	
災害対策検討や災害予測等に資する情報提供等に必要の情報管理システム保守	(河 川 研 究 室)	55	
総合土砂管理の観点での河川現場での課題分析手法の整理	(河 川 研 究 室)	55	
気候変動を見据えた海岸防護の再構築手法に関する研究	(海 岸 研 究 室)	56	
波浪うちあげ高予測の精度向上に関する検討	(海 岸 研 究 室)	56	
衛星画像を活用した海岸線モニタリングの対象拡大に関する検討	(海 岸 研 究 室)	57	
波の多方向性を考慮した海岸保全施設の安定性に関する調査	(海 岸 研 究 室)	57	
高潮・高波の浸水危険度の予測高度化に関する検討	(海 岸 研 究 室)	58	
高波に対して粘り強い海岸堤防の構造に関する検討	(海 岸 研 究 室)	58	
海岸環境の簡易モニタリング手法の開発	(海 岸 研 究 室)	59	
客観的判断による空洞箇所把握に関する検討	(海 岸 研 究 室)	59	
観測水位を活用した傾向分析による中小河川の水位情報提供システムの開発	(水 循 環 研 究 室)	60	

課題名	研究室名	
気候変動影響評価のための流域規模でのダム貯水池・下流河川の熱収支解析技術の確立	(水 循 環 研 究 室)	62
VR技術を活用した洪水の見える化技術の開発	(水 循 環 研 究 室)	62
気候変動を考慮した氾濫可能性の影響評価手法の研究	(水 循 環 研 究 室)	63
流域対策を踏まえた河川整備計画の検討手法の検討	(水 循 環 研 究 室)	63
気候変動による渇水流量への影響・適応策の設定に関する研究	(水 循 環 研 究 室)	64
大規模洪水に対する多目的ダム・利水ダムの有効活用のための洪水予測システムの開発	(水 循 環 研 究 室)	64
高精度データの河川・流域管理への活用のためのCommonMPのシステム改良	(水 循 環 研 究 室)	65
ダムで計測された地震動データを活用した被災状況推定システムの開発	(大規模河川構造物研究室)	66
ダム事業におけるリスク認識・対処方法の体系化に関する調査	(大規模河川構造物研究室)	68
気候変動に伴う外力変化とその不確実性を考慮した有効なダム構造等の検討調査	(大規模河川構造物研究室)	70
ダム・堰管理データベース更新・分析業務	(大規模河川構造物研究室)	70
ダム管理者支援のための維持管理データの有効活用技術の開発	(大規模河川構造物研究室)	71
洪水氾濫に伴う地域の迅速な復旧のための残留土砂の低減方策に関する基礎的研究	(水 害 研 究 室)	72
氾濫シナリオ別ハザード情報図に基づく減災対策検討手法の研究	(水 害 研 究 室)	74
地域の人的被害・住宅全半壊防止によるレジリエンス強化検討手法の開発	(水 害 研 究 室)	74
既存水防工法の改良・水防資機材備蓄数量の見直し等に関する検討	(水 害 研 究 室)	75
河川整備等と防災まちづくりの総合的・多層的な取組の調査	(水 害 研 究 室)	75
水害リスク評価手法に関する研究	(水 害 研 究 室)	76
高頻度流域精密測量による短期・中期土砂流出対策手法高度化のための研究	(砂 防 研 究 室)	77
地震動特性を考慮した早期の地震時斜面崩壊発生場推定手法に関する研究	(砂 防 研 究 室)	79
土砂・洪水氾濫発生時の土砂到達範囲・堆積深を高精度に予測するための計算モデルの開発	(砂 防 研 究 室)	79
土砂・洪水氾濫対策施設の配置計画に関する検討	(砂 防 研 究 室)	80
中長期の活発な土砂流出に対する対策技術の検討	(砂 防 研 究 室)	80
不確実性を考慮した土砂生産・流出シナリオ設定手法の検討	(砂 防 研 究 室)	81
土砂・洪水氾濫対策技術検討リソースデータベースの構築	(砂 防 研 究 室)	81
中山間地における降雨観測精度の高度化のための画像雨量計の開発	(土 砂 災 害 研 究 室)	82
リモートセンシング技術を統合活用した効率的な災害調査手法に関する研究	(土 砂 災 害 研 究 室)	84
人工衛星データの統合活用による植生による土砂災害防止評価に関する研究	(土 砂 災 害 研 究 室)	86
がけ崩れ災害緊急対応のための意思決定支援システムの開発	(土 砂 災 害 研 究 室)	88
急傾斜地で発生する大規模表層崩壊の対策に関する調査	(土 砂 災 害 研 究 室)	90
土砂災害の被害情報の収集・蓄積の高度化	(土 砂 災 害 研 究 室)	92
気候変動影響により多発する崩壊土砂流動化に関する調査技術の開発	(土 砂 災 害 研 究 室)	92
災害時の交通マネジメントに関する基礎的研究	(道 路 防 災 研 究 官 室)	93
ビッグデータを用いた全国幹線道路の渋滞分析に関する調査	(道 路 研 究 室)	95
全国幹線道路における道路交通データ収集の高度化・効率化に関する調査	(道 路 研 究 室)	97
道路事業の多様な効果の把握・評価に関する研究	(道 路 研 究 室)	99
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)	99
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)	100
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)	100
信号交差点における飽和交通流率の基本値に関する研究	(道 路 研 究 室)	101

課題名	研究室名	
一般道で自動運転車両の混入を考慮した道路空間設計に関する研究	〔道路交通安全研究室 高度道路交通システム研究室〕	…… 102
ICT・ビッグデータ等を組み合わせた交通安全対策分析手法の検討	(道路交通安全研究室)	…… 104
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)	…… 106
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	(道路交通安全研究室)	…… 108
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)	…… 110
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)	…… 110
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)	…… 111
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)	…… 111
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)	…… 112
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)	…… 113
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)	…… 115
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)	…… 115
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)	…… 116
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)	…… 116
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	(高度道路交通システム研究室)	…… 117
道路情報DB更新システムの構築	(高度道路交通システム研究室)	…… 119
高速道路の合流支援システムの評価・検証	(高度道路交通システム研究室)	…… 121
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)	…… 123
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)	…… 123
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)	…… 124
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)	…… 124
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)	…… 125
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)	…… 125
地震時における主に道路橋を対象としたセンサ計測に関する分析的研究	〔道路研究官 道路構造物研究部〕	…… 126
緊急仮設橋の要求性能に関する解析・研究	(橋梁研究室)	…… 128
高強度材料の活用による橋梁構造合理化に関する調査	(橋梁研究室)	…… 130
部分係数設計法の適用性向上に関する調査検討	(橋梁研究室)	…… 132
道路橋の維持管理計画の継続的改善に関する調査	(橋梁研究室)	…… 132
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)	…… 133
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)	…… 133
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)	…… 134
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)	…… 135
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)	…… 135
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)	…… 136
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)	…… 136
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)	…… 137
道路舗装の層間はく離による早期劣化メカニズムの解明とその対策に関する研究	(道路基盤研究室)	…… 139
洪水・豪雨に対する道路構造物の強靱化に関する調査研究	〔構造・基礎研究室 道路基盤研究室〕	…… 141
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)	…… 141
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)	…… 142

課題名	研究室名	
「スペクトル分析情報」の社会実装に関する研究	(道路地震防災研究室)	143
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)	145
冬期道路管理を踏まえた降雪予測情報に関する調査	(道路地震防災研究室)	147
既往災害のクロノロジー分析に基づく新たな災害対応に関する研究	(道路地震防災研究室)	149
重要インフラの地震等被害推定情報の即時配信システムの開発	(道路地震防災研究室)	149
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)	150
リモートセンシング技術を活用した災害時の道路状況把握に関する調査	(道路地震防災研究室)	150
地震時の道路施設変状の即時把握に関する調査	(道路地震防災研究室)	151
河川施設における強震計点検調査	(道路地震防災研究室)	151
成熟社会に対応した郊外住宅市街地の再生技術の開発	建築研究部長 基準認証システム研究室 材料・部材基準研究室 評価システム研究室 都市施設研究室 都市開発研究室 住宅性能研究官	152
社会環境の変化に対応した住宅・建築物の性能評価技術の開発	建築災害対策研究官 建築品質研究官 基準認証システム研究室 構造基準研究室 設備基準研究室 評価システム研究室 建築環境研究室 住宅生産研究室	154
木質混構造を活用した中層大型建築物の普及のための技術開発	建築新技術統括研究官 建築災害対策研究官 基準認証システム研究室 防火基準研究室 評価システム研究室	155
空き家の倒壊予防技術の実態に関する基礎的研究	(基準認証システム研究室)	156
木質系混構造建築物の設計・施工技術の標準化に関する検討	(基準認証システム研究室)	158
木造住宅等の外装材嵌合部からの雨水浸入要因と放湿型結露に関する研究	構造基準研究室 材料・部材基準研究室	159
高性能鉄筋コンクリート造壁の開発と損傷予測モデルの構築	(構造基準研究室)	161
建築物と地盤に係る構造規定の合理化による都市の再生と強靱化に資する技術開発	建築品質研究官 基準認証システム研究室 構造基準研究室 材料・部材基準研究室 都市防災研究室	163
既存建築物における屋根ふき材の耐風診断・補強技術評価に関する研究	(構造基準研究室)	163
鉛直ハンチを有するH形断面梁の幅厚比と変形性能に関する基礎研究	(構造基準研究室)	164
継続使用を可能とする鉄筋コンクリート造部材の性能評価に関する研究	(構造基準研究室)	164
非住宅建築物の防火性能の高度化に資する新しい性能指標および評価プログラムの開発	(防火基準研究室)	165
細街路の延焼防止性および避難時安全性に関する検討	(防火基準研究室)	167
飛び火ハザード地域分布の把握技術に関する研究	(防火基準研究室)	169
深層学習を用いた映像解析による火災性状解析手法の研究	(防火基準研究室)	171
BIMデータを利用した防火避難安全検証の標準化・自動化に関する検討	(防火基準研究室)	173
避難安全計画に関するエキスパートジャッジメントのヒートマップによる可視化手法	(防火基準研究室)	173
機械学習（類型化）を用いた設計用火災成長率の提案	(防火基準研究室)	173
火災時の避難環境体験型訓練施設の整備：避難行動の困難度に応じた仕様の設定	(設備基準研究室)	174
中高層木造建築普及に備えた実用性の高い重量床衝撃音遮断性能の測定方法の確立	(設備基準研究室)	176
災害時の避難行動に有効なスマート照明システムの技術的要件に関する検討	(設備基準研究室)	178
執務空間における窓の視環境性能：新たな眺望性評価を用いた一元的評価手法の確立	設備基準研究室 建築環境新技術研究官	178

課題名	研究室名	
コンクリート中の塩化物量測定器の技術評価に関する研究	(材料・部材基準研究室)	179
新しいコンクリート系技術の実態調査	(材料・部材基準研究室)	181
透明樹脂塗膜系複合改修構工法の塗膜の経年劣化に関する評価手法の研究	(材料・部材基準研究室)	183
R C造マンションの既存住宅状況調査等の効率化に向けたデジタル新技術の適合性評価基準の開発	(材料・部材基準研究室)	183
木質構造における柱梁接合部パネルの耐力評価法に関する基礎的研究	(評価システム研究室)	184
災害拠点建物群の早期復旧に資する衛星情報を活用した被災判定自動化技術の開発	(評価システム研究室)	186
鋼板挿入式集成材ブレース耐力壁の靱性能評価に関する研究	(評価システム研究室)	188
公共賃貸住宅に係るBuilding Information Modeling検証調査	{ 住宅性能研究官 住宅情報システム研究官 住宅生産研究室 }	190
共同住宅の維持管理等におけるデータ活用に向けたFS		192
空き家の管理不全化に対する予防的対策効果の定量化に関する研究	(住宅計画研究室)	194
民間賃貸住宅市場における家賃負担限度率の設定手法に関する研究	(住宅計画研究室)	196
マンション建替の合意形成における高齢者対応に関する研究	(住宅計画研究室)	198
マンションの省エネ性能向上改修効果の定量化に向けた事例調査	(住宅計画研究室)	200
H19 年度プロ研「歴史的文化的価値を踏まえた高齢建造物の合理的な再生・活用技術の開発」のフォロー	(住宅計画研究室)	202
マッチング理論を用いた既存住宅ストック活用可能性の定量化手法に関する研究	(住宅計画研究室)	204
3次元建築環境シミュレーション結果の解りやすい切り出し手法に関する基礎的研究	{ 建築環境新技術研究官 建築環境研究室 }	205
災害後における居住継続のための自立型エネルギーシステムの設計目標に関する研究		207
ライフライン途絶後における住宅・建築物のLCP向上技術に関する検討	(建築環境研究室)	209
ビッグデータ解析に基づく非住宅建築物の省エネ設計自動提案手法に関する研究	{ 建築環境研究室 建築環境新技術研究官 }	209
相隣環境を考慮した開口部の日照・日射評価手法の検討		210
既存オフィスビル等の省エネ化に向けた現況診断に基づく改修設計法に関する研究	{ 建築環境研究室 建築環境新技術研究官 }	210
負荷変動に対する動的応答を考慮したVRFエアコンのエネルギー消費性能評価法の開発		(建築環境研究室)
浴槽レス浴室のバリアフリー基準に関する研究	(住宅生産研究室)	212
水害等被災住宅の復旧に併せた住宅性能向上促進方策に関する研究	(住宅生産研究室)	212
複数回の大きな地震を受ける鉄骨造建築物の耐震性能に関する研究	(住宅生産研究室)	213
建物用途規制の合理化に向けた許可実例等のデータ整備に関する研究	(都市計画研究室)	214
都市環境分野における新技術活用事例の都市政策への反映に関する基礎的研究	(都市計画研究室)	216
立地適正化計画による都市機能の立地誘導効果等の分析	(都市計画研究室)	218
都市の管理・運営のための計画策定支援ツールの社会実装に関する研究	(都市計画研究室)	220
スマートシティ推進支援のための主要な都市問題解決に係る計画評価技術の開発	{ 都市計画研究室 都市施設研究室 }	220
密集市街地整備におけるソフト施策とその防災性評価方法に関する研究		221
スマートシティ実現のためのビッグデータを活用した都市内移動円滑化手法に関する調査	(都市施設研究室)	222
新たな生活様式を踏まえた都市機能とパブリックスペースのあり方に関する研究	(都市施設研究室)	222
老朽建築物の建て替えや除却等による地区防災性能の向上効果に関する研究	(都市防災研究室)	223
都市公園に求められるデザイン向上にかかる課題解決のための研究	(都市防災研究室)	223
都市関連データのオープン化と利活用の推進に関する研究	{ 都市開発研究室 都市防災研究室 }	224

課題名	研究室名	
3D都市モデルにおける樹木データの整備に関する研究	(都 市 開 発 研 究 室)	224
AIによる緑の分類を考慮した緑視率計測に関する研究	(都 市 開 発 研 究 室)	225
脱炭素化の推進に向けた沿岸環境保全技術における炭素貯留効果を最大化する手法に関する研究	(海 洋 環 境 ・ 危 機 管 理 研 究 室)	226
生物共生型港湾構造物におけるブルーカーボン生態系の増殖技術に関する調査	(海 洋 環 境 ・ 危 機 管 理 研 究 室)	226
東京湾における生息場間のネットワークに着目した生物の生息場の空間配置に関する研究	(海 洋 環 境 ・ 危 機 管 理 研 究 室)	227
3D・4Dデータによる点検診断システムの開発	(沿 岸 防 災 研 究 室)	228
主要港湾における潮位・波浪に関する研究	(沿 岸 防 災 研 究 室)	228
蔵置コンテナの耐風対策に関する研究	(沿 岸 防 災 研 究 室)	229
コンテナの漂流対策に関する研究	(沿 岸 防 災 研 究 室)	229
産業立地等にとまなう臨海部における空間利用の推進に関する研究	{ 沿 岸 海 洋 ・ 防 災 研 究 部 長 沿 岸 海 洋 新 技 術 研 究 官 沿 岸 域 シ ス テ ム 研 究 室 }	230
沿岸域におけるみなとまちづくりの評価手法に関する研究		230
国際的な海事動向に関するデータ分析	(港 湾 計 画 研 究 室)	231
全国AIS観測システム運営・分析	(港 湾 計 画 研 究 室)	231
コンテナ船の大型化に関する調査	(港 湾 計 画 研 究 室)	231
船舶緊急避難に対応した水域施設に関する調査	(港 湾 計 画 研 究 室)	232
国際コンテナ背後輸送の維持に関する調査	(港 湾 計 画 研 究 室)	232
将来港湾貨物量の算定高度化	(港 湾 シ ス テ ム 研 究 室)	233
港湾の事業評価手法の高度化	(港 湾 シ ス テ ム 研 究 室)	233
クルーズの需要動向とその効果に関する分析	(港 湾 シ ス テ ム 研 究 室)	234
物流の災害リスクに関する分析	(港 湾 シ ス テ ム 研 究 室)	234
社会情勢の変化を踏まえた次世代港湾基準の策定に向けた検討	(港 湾 施 設 研 究 室)	235
港湾分野における技術基準類の国際展開方策に関する検討	(港 湾 施 設 研 究 室)	235
港湾分野におけるi-Constructionの推進に関する調査研究	(港 湾 施 工 シ ス テ ム ・ 保 全 研 究 室)	236
港湾施設の計画的な維持管理の推進に関する調査研究	(港 湾 施 工 シ ス テ ム ・ 保 全 研 究 室)	236
港湾空港分野における品質確保の促進に関する調査研究	(港 湾 施 工 シ ス テ ム ・ 保 全 研 究 室)	236
港湾空港分野における環境負荷の低減に関する調査研究	(港 湾 施 工 シ ス テ ム ・ 保 全 研 究 室)	237
効率的な維持管理に向けた既存港湾施設のBIM/CIM 構築手法に関する研究	(港 湾 施 工 シ ス テ ム ・ 保 全 研 究 室)	237
自動運転空港除雪車両の導入に関する研究	(空 港 計 画 研 究 室)	238
航空需要予測手法改善調査	(空 港 計 画 研 究 室)	240
空港整備事業の評価手法検討	(空 港 計 画 研 究 室)	240
GSEの自動走行化に向けた基礎調査	(空 港 計 画 研 究 室)	241
空港アスファルト舗装の新しい材料規定に関する基礎研究	(空 港 施 設 研 究 室)	242
空港舗装の新しい評価手法等に関する研究	(空 港 施 設 研 究 室)	244
空港土木施設設計要領（舗装設計編）の改正	(空 港 施 設 研 究 室)	244
空港土木工事共通仕様書等の改定に関する検討	(空 港 施 工 シ ス テ ム 室)	245
空港土木請負工事積算基準の改定検討	(空 港 施 工 シ ス テ ム 室)	245
空港土木積算システムの改良	(空 港 施 工 シ ス テ ム 室)	246
空港施設CALSシステムの改良	(空 港 施 工 シ ス テ ム 室)	246
空港舗装巡回等点検システムの改良	(空 港 施 工 シ ス テ ム 室)	247

課題名	研究室名	
空港工事等帳票管理システムの構築	(空港施工システム室)	247
簡易型巡回点検技術の導入検討	(空港施工システム室)	248
道路事業及び河川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)	249
公共事業評価手法の高度化に関する調査	(社会資本マネジメント研究室)	249
調査・設計業務の品質確保に関する調査	(社会資本マネジメント研究室)	250
公共工事における総合評価落札方式に関する調査	(社会資本マネジメント研究室)	250
電力による建設現場施工でのCO2排出量試算に関する研究	(社会資本システム研究室)	251
施工データの3D・4D化による生産性の向上	(社会資本システム研究室 社会資本システム研究室 社会資本施工 高度化研究室)	253
検査データの3D・4D化及び3D・4Dデータを活用した全数検査技術の開発に関する研究	(社会資本システム研究室)	255
建設事業各段階のDXによる抜本的な労働生産性向上に関する研究	(建設マネジメント研究官 社会資本システム研究室 社会資本施工 高度化研究室 社会資本情報基盤研究室)	257
公共土木工事の積算手法に関する調査検討	(社会資本システム研究室)	258
土木工事の生産性向上に向けた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)	258
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	(社会資本システム研究室)	258
現場の環境変化を考慮した土木施工の安全対策の高度化に関する研究	(社会資本施工 高度化研究室)	259
河川工事における3Dデータを活用したICT施工の工種拡大検討	(社会資本施工 高度化研究室)	261
ICT活用工事の工種・技術拡大のフォローアップに関する調査	(社会資本施工 高度化研究室)	261
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)	262
河川機械設備の情報管理技術に関する研究	(社会資本施工 高度化研究室)	262
河川ポンプ設備の技術改善に関する研究	(社会資本施工 高度化研究室)	263
3次元点群データからAIを活用した3次元モデル自動作成技術に関する研究	(社会資本情報基盤研究室)	264
デジタルトランスフォーメーションセンターWEB会議システム構築	(建設マネジメント研究官 社会資本情報基盤研究室)	266
設計データの3D化による生産性向上、品質の確保	(社会資本情報基盤研究室)	268
オープンイノベーション等による各種データ加工・分析技術の開発	(建設マネジメント研究官 情報研究官 社会資本情報基盤研究室)	270
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—	(社会資本情報基盤研究室)	272
インフラ・データプラットフォームの構築	(情報研究官 社会資本情報基盤研究室)	274
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—	(社会資本情報基盤研究室)	274
道路標識DBに関する検討	(社会資本情報基盤研究室)	275
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)	275
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)	276
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)	277
社会経済環境の変化をふまえた建設経済分析に関する基礎的調査研究	(建設経済研究室)	279
災害時等の計画的な道路交通量抑制に関する調査	(建設経済研究室)	279
流域治水に資する緑地データの整備、活用に関する基礎的研究	(緑化生態研究室)	280
AIやIoT等の新技術を活用したパークマネジメント手法に関する研究	(緑化生態研究室)	282
新型コロナウイルスの感染防止対策を踏まえた公園等の計画・設計及び利活用に関する研究	(緑化生態研究室)	284

課題名	研究室名
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) …… 286
歴史的資産を活用した取り組みの持続可能なまちづくりへの効果に関する研究	(緑 化 生 態 研 究 室) …… 288
グリーンインフラ (GI) としての緑の評価手法及び整備・管理手法に関する研究	(緑 化 生 態 研 究 室) …… 288
都市における歴史的景観特性の把握手法に関する研究	(緑 化 生 態 研 究 室) …… 289
まち空間と融合した河川空間利用の実現プロセスに関する研究	(緑 化 生 態 研 究 室) …… 289
河川における都市公園等との一体的整備・連携方策に関する研究	(緑 化 生 態 研 究 室) …… 290
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) …… 290

2.2 成果の概要

2.2.1 管理調整部

国際的な社会経済情勢の変化を踏まえた海運動向、海外港湾の調査・分析

Research and analysis of maritime trends and overseas ports in the changing economic environment.

(研究期間 平成 28 年～)

管理調整部 国際業務研究室

研究官 寺西 裕之

[研究目的及び経緯]

世界経済のグローバル化が進むなか、新興国等の経済成長に伴う貿易の拡大や経済連携又は経済摩擦、新たな産業の展開や技術革新、物流インフラ整備等の経済環境変化等は、国際海上輸送等の国際物流に急速かつ大きな変化をもたらしている。

このため、グローバルな視点から経済連携や産業展開の進展、各国の政策やインフラ整備等の情勢、脱炭素化、資源エネルギーを巡る動向、経済安全保障、地政学的リスク等を踏まえて、その我が国や関係国等の国際経済・貿易活動に及ぼす影響を把握し、国際海上輸送を中心とした国際物流の動向等を分析していくことは、我が国港湾の国際競争力の強化等の港湾政策、並びに相手国や我が国、さらには関係国等にとっての利益や安定に資する「三方よし」の考え方で進める海外へのインフラの輸出政策を推進する観点から必要不可欠である。

本研究は、我が国や関係国等の国際物流に影響を与える経済環境変化等を踏まえて、国際船舶の動静に係るデータ等を分析し、国際海上輸送に関する今後の動向や物流インフラの将来の課題等を検討するものである。一部複線化が完了したスエズ運河の利用促進のための取り組みのために、本研究で開発した船舶動静データの分析技術を、JICAの技術協力を通じて、スエズ運河岸に協力した。

本年度までに、エネルギー分野の大きな情勢変化の一つであるシェール革命が進展しているアメリカにおいて、石油・天然ガス（LPG、LNG）の生産・輸出の増加や国内で余剰となった石炭の輸出の増加等の輸送環境の変化を踏まえて、2016年に拡張されたパナマ運河に関する分析を行い、国総研資料に取りまとめて公表した。本資料は、我が国の海外インフラシステムへの関与の必要性や合理性を示すとともに、エネルギー資源調達国の多角化等、地政学的な見地から、パナマ運河、一部競合関係が示されたスエズ運河等の海外インフラシステムや我が国港湾関係技術の海外展開の意義を考える一助となるものである。また、食料分野においては、気候変動等による食料生産の不安定化、食料需要の増大による調達競争の激化など、取り巻く環境は厳しさを増している。このように、エネルギー・食料等の安全保障の強化が国家の喫緊かつ最重要課題となっている中、社会・経済環境変化や地政学的リスク等を踏まえた、海外の港湾や運河等の利用・輸送動向について、引き続き分析を行っている。

下水道新技術の開発方向性及び導入促進に関する調査

Investigation on development direction and introduction promotion of new sewage technology

(研究期間 令和元年度～令和4年度)

下水道研究部	下水道研究官	小川 文章
Water Quality Control Department	Head	OGAWA Fumiaki
下水道研究部 下水道研究室	下水道研究室長	吉田 敏章
Water Quality Control Department	Head	YOSHIDA Toshiaki
Wastewater System Division	研究官	鈴木 航平
	Researcher	SUZUKI Kohei
下水道研究部 下水処理研究室	研究員	長寄 真
Wastewater and Sludge Management Division	Research Engineer	NAGASAKI Shin

National Institute for Land and Infrastructure Management has established the Sewerage Technology Development Conference, which consists of representatives from industry, academia, and government, in order to follow up on the technology vision and examine measures for technology development. This Conference has set six pillars, which are necessary subjects to achieve the goals, and decides and implements specific measures for each. In this paper, we report the results of the literature survey of related information and the results of the questionnaire and interview survey conducted in the above measures.

[研究目的及び経緯]

社会経済情勢が変化中、研究開発を的確に進めるには長期的展望が欠かせないことから、下水道分野においては、政策ビジョンである新下水道ビジョンが2014年に策定された。これを受け、国総研では、その目標達成に向けた下水道技術ビジョン¹⁾(以下「技術ビジョン」という。)を2015年12月に策定した。技術ビジョンでは、11の技術開発分野について、技術目標と目標達成に必要な項目を技術開発ロードマップ(以下「ロードマップ」という。)の形で示し、様々な実施主体(国、地方公共団体等の事業主体、民間企業、研究機関等)が取り組むべき内容を明確にしている。さらに技術ビジョンのフォローアップと技術開発の推進方策を検討するための場として、産学官の代表者から構成される下水道技術開発会議(以下「開発会議」という。)を設置し、毎年2回程度、国総研が事務局となり会議を開催している。

さらに2018年には省エネ・創エネ、資源利用等の分野における新技術の開発及び導入促進方策について集中的に議論する場として「下水道技術開発会議エネルギー分科会」を設置した。

開発会議では、検討課題として6つの活動の柱(表-1)を示し、それぞれの柱における具体的取組を毎年度会議で決定し実施している。取組の中には、関連情報について調査等を通じて収集し分析整理する必要のあるものがあり、これらについては本調査研究の中で継続的に実施している。以下、主な取組について示す。

表-1 開発会議の6つの活動の柱

＜6つの活動の柱＞	
活動の柱①	技術ニーズの把握と発信
活動の柱②	技術シーズの把握と発信
活動の柱③	ニーズとシーズの架け橋
活動の柱④	国などの技術情報の共有
活動の柱⑤	地方の技術開発・技術導入の支援
活動の柱⑥	技術開発全体の戦略・方針の提示

[研究内容]

1. 地方公共団体の技術ニーズ調査

開発会議では定期的に地方公共団体の技術ニーズ調査を実施しており、2019～2020年は新技術の導入が遅れている中小規模の7つの地方公共団体に対するヒアリング調査を実施した。ヒアリング項目は、①技術的課題やニーズについて、②新技術導入上の課題について、③新技術導入に必要な情報についての3項目であった。

管きょ関係の技術ニーズでは、水深や流速等がある箇所での管きょ更生工法やテレビカメラ調査技術、低コストで長いスパンを調査可能な技術、不明水対策に係る効果的な調査解析方法等の回答があった。処理場関係の技術ニーズでは、ダウンサイジング可能な水処理技術、老朽化施設(特に電気設備)の老朽化度判断手法や対応方法、インシヤルコストの低い技術や整備手法、汚泥処理の低コスト化、汚泥の有効利用手法、運転しながら調査や工事を実施可能な技術、未処理下水の紫外線消毒技術、LCC低

減が期待できる技術、ICTを活用した互換性のある監視制御システム等の回答があった。

さらに、2021年には、全国の下水道事業を実施中の市町村（一部事務組合を含む）及び都道府県を対象にアンケート方式による新技術のニーズ調査を実施した。1410団体から回答があり、その結果を表-2に示す。

技術ニーズの回答で「比較的高い」または「中程度」とする割合が最も大きい技術開発分野は③地震・津波対策であった。また、技術ニーズが「将来高い」とする割合が多かったのは、①持続可能な下水道システム1（再構築）、②同（健全化・老朽化対策、スマートオペレーション）であった。④雨水管理（浸水対策）や⑤同（雨水利用、不明水対策）、⑩創エネ、再生可能エネルギー、⑪低炭素型下水道システムについては、人口30万人以上の大都市での技術ニーズが高かった。

表-2 技術開発分野別の技術ニーズの回答割合

技術開発分野	1.比較的高い	2.中程度	3.中程度(将来高)	4.低い(将来高)	5.低い	6.不明	未回答他
①持続可能な下水道システム1（再構築）	6%	15%	13%	9%	38%	16%	2%
②持続可能な下水道システム2（健全化・老朽化対策・スマートオペレーション）	8%	17%	16%	10%	33%	16%	1%
③地震・津波対策	11%	25%	15%	7%	26%	13%	2%
④雨水管理（浸水対策）	4%	13%	10%	7%	45%	19%	2%
⑤雨水管理（雨水利用、不明水対策等）	4%	12%	8%	7%	47%	20%	2%
⑥流域管理	0%	4%	2%	5%	57%	29%	3%
⑦リスク管理	1%	8%	5%	7%	49%	28%	3%
⑧再生水利用	0%	4%	3%	6%	60%	22%	5%
⑨地域バイオマス活用	1%	4%	4%	6%	58%	24%	4%
⑩創エネ・再生可能エネルギー	1%	4%	4%	6%	56%	26%	4%
⑪低炭素型下水道システム	3%	8%	7%	7%	47%	24%	4%

2. 技術開発ロードマップの見直し

技術ビジョン策定当初に作られた技術開発分野毎のロードマップ（図-1）は固定されたものではなく、社会の変化や関係機関の意向・提案を踏まえ、開発会議で議論し適宜見直すこととされている。ロードマップには概ね20年後（技術開発分野⑩⑪については2050年）までの具体的な技術開発目標を示しているが、遅速や追加が必要となった目標について、これまで5度の見直しを行っており、2022年にはエネルギー分科会で策定された通称「カーボンニュートラルロードマップ」をロードマップに反映させるための見直し等を行った。

技術開発分野ごとのロードマップ ①持続可能な下水道システム-1（再構築）			
※①内は新下水ビジョンの該当するページを示す			
現状と課題	(1)未だに1300万人が汚水処理施設を使用できない状況にある上、地域的な偏りが見られる。 (2)今後、未普及対策への投資拡大はますます厳しくなるため、地域の実情に応じた早期形成の方策の検討が必要である。(4.119)		
長期ビジョン	(1)すべての国民が最も基本的なインフラである汚水処理施設に早期にアクセスできるようにするとともに、人口減少にも柔軟に対応可能なシステムへと進化させる。 (2)都市計画をも見据えた計画区域の検討・見直し、時間軸を考慮した早期かつ効率的な整備、既存ストックを活用した統合的管理等、計画・整備・管理の各段階において、複数の汚水処理施設の役割分担の最適化を図る。(3.118)		
中期目標	(1)人口減少等社会情勢の変化にも柔軟に対応可能な汚水処理システムへと進化させる。(4.119)【加速戦略Ⅱ(3)-(1)】 (2)早期、低コスト型下水処理設備手法の検討・水準展開を図るとともに、地域条件を考慮してコスト評価指標を設定し、これに基づいたシナリオに位置づけられた事業を重点的に支援する。(4.130) (3)管理の効率化を定量的に算定・評価するための手法を提示する。(4.131) (4)下水道の活用による付加価値向上を推進するための手法を提示する。【加速戦略Ⅱ1-5】		
中期目標達成のための課題	当面の技術目標(5年後)	中期技術目標(10年後)	将来技術目標(概ね20年後)
課題1 中期目標(1)に対して 人口減少に合わせた施設規模の増減や処理水質の変更等が可能な整備手法が明示されていない。 このため、整備・管理手法を提示及び効果分析が必要である。	●技術目標1 人口減少時代に適した施設整備や管理方法の明示		
	●技術開発項目1-1 整備・管理方法の検討 汚水処理の効率化にも対応可能な流域単位の広域管理(大規模化による対応) ●技術開発項目1-2 事後評価 各整備手法の導入による効果分析と改善方法の検討 ●技術開発項目1-3 社会情勢の変化に柔軟に対応可能な水処理技術等の開発 社会情勢の変化に柔軟に対応可能な水処理技術等 ●技術開発項目1-4 効果分析 社会情勢の変化に柔軟に対応可能な水処理技術等 ●技術開発項目1-5 効果分析 社会情勢の変化に柔軟に対応可能な水処理技術等 ●技術開発項目1-6 効果分析 社会情勢の変化に柔軟に対応可能な水処理技術等 ●技術開発項目1-7 効果分析 社会情勢の変化に柔軟に対応可能な水処理技術等 ●技術開発項目1-8 効果分析 社会情勢の変化に柔軟に対応可能な水処理技術等 ●技術開発項目1-9 効果分析 社会情勢の変化に柔軟に対応可能な水処理技術等 ●技術開発項目1-10 効果分析 社会情勢の変化に柔軟に対応可能な水処理技術等 ●技術開発項目1-11 効果分析 社会情勢の変化に柔軟に対応可能な水処理技術等 ●技術開発項目1-12 効果分析 社会情勢の変化に柔軟に対応可能な水処理技術等 ●技術開発項目1-13 効果分析 社会情勢の変化に柔軟に対応可能な水処理技術等 ●技術開発項目1-14 効果分析 社会情勢の変化に柔軟に対応可能な水処理技術等 ●技術開発項目1-15 効果分析 社会情勢の変化に柔軟に対応可能な水処理技術等		

図-1 ロードマップの例（技術開発分野①-1）

また、ロードマップは国交省が実施している下水道革新的技術実証事業（通称 B-DASH プロジェクト）においても重要な役割を果たしており、当プロジェクトで実証する技術テーマはロードマップの重点課題の中から選定することとされている。このため、毎年度、国交省がウェブサイトや業界紙を通じて公募し選定した技術提案が現行ロードマップに含まれていない場合には、開発会議において提案技術の重要性を検討し、ロードマップの重点課題の見直しを行った。

3. 課題解決技術支援ツールの開発と試行版の公開

地方公共団体等の下水道事業実施団体が抱える技術的な課題やニーズを把握するため、アンケートやヒアリング調査を数回実施した。その結果、各下水道事業実施団体が直面している課題やニーズを認識し、現存する効果的な解決手法を効率的に把握することが重要であることから、開発会議としても支援を行うことが必要との結論を得た。これを受け、技術情報の検索システムである「課題解決技術支援ツール（試行版）」（以下「技術支援ツール」という。）を作成し、2022年6月に国総研のウェブサイトで公開した。（図-2）

技術支援ツールでは、フリーワード、自治体名、詳細課題、ホットワード別の検索ができ、検索結果では、技術的課題解決策、関連ガイドライン・マニュアル名、各種事業制度等が表示される。さらに地方公共団体名での検索では、他の類似団体との比較や、技術的課題解決策の表示が可能である。ツールの公開後、特性の異なる6団体にツールの試用を依頼し、その使用感や改善点についてヒアリングを行った。各機能について好評を得ている一方で、あいまい検索機能の追加や新技術の導入実績数情報・導入団体情報名が欲しいとの意見が得られた。今後はヒアリング結果を踏まえて、更なるシステム改良を行う予定である。



図-2 ツールのウェブサイトのトップ画面

【成果の活用】

本調査研究の成果の一部は、国総研資料「下水道技術開発レポート」として発刊しており、研究成果をもとに引き続き下水道分野の新技術の開発や導入促進に取り組んでいく方針である。

下水道施設を活用した住民生活の利便性等 の付加価値向上に関する調査

Research on sewerage utilization for better living environment

(研究期間 平成 30 年度～令和 4 年度)

下水道研究部 下水道研究室
Water Quality Control Department
Wastewater System Division

室 長 吉田 敏章
Head YOSHIDA Toshiaki
研 究 官 濱田 知幸
Researcher HAMADA Tomoyuki
研 究 官 中村 裕美
Researcher NAKAMURA Yumi

This study examined the impact of accepting shredded disposable diapers into a sewage facility. Basic information on disposable diapers was organized. This information was used to examine the impacts on maintenance and management of sewers and sewage treatment facilities.

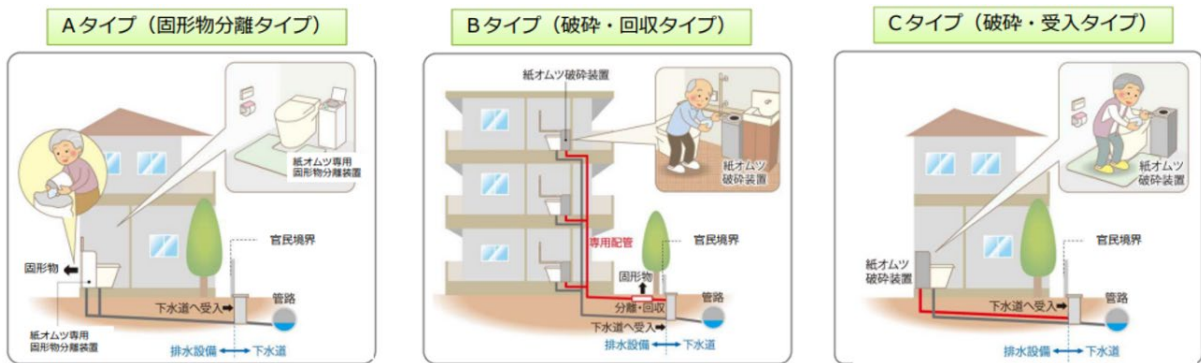
〔研究目的及び経緯〕

新下水道ビジョン加速戦略の重点項目の一つとして、下水道の活用による付加価値向上を掲げ、高齢化社会等への対応として、下水道への紙オムツ受入れ可能性を検討することとした。そこで、下水道に紙オムツを受け入れた場合に想定される影響ならびに実現のために必要となる検討事項について整理し、その上で下水道への紙オムツ受入実現に向けた検討について、多角的に検討・審議するため、「下水道への紙オムツ受入実現に向けた検討会（以下、検討会）」を設置している。紙オムツ受入にあたって、使用済み紙オムツの破碎の有無、下水道への受け入れ方の違いによって、図1に示すとおり3つの紙オムツ受入タイプを設定している。検討会では、宅内回収するAタイプ等の社会実験

などの検討を行っており、それらの成果が令和5年3月に報告書¹⁾として成果が取りまとめられた。

一方で、破碎した使用済み紙オムツを下水道施設に受け入れるCタイプについては、下水道施設の維持管理への影響が大きいと予想されること、紙オムツ処理装置の開発が進んでいないことから、具体的な検討が進んでいない状況にある。

そのような状況を踏まえ、国土技術政策総合研究所では、Cタイプの紙オムツ処理装置で処理した使用済み紙オムツ（以後、紙オムツ破碎物）を下水道施設に受け入れた際の維持管理上の影響について、机上検討やラボ試験を行い、具体的な課題等の明らかにした。



	Aタイプ（固形物分離タイプ）	Bタイプ（破碎・回収タイプ）	Cタイプ（破碎・受入タイプ）
利用方法	トイレ個室内で使用済紙オムツから汚物を分離させ、紙オムツはゴミとして回収。	トイレ個室内から投入した使用済み紙オムツを破碎装置で破碎し、建物外での分離・回収装置で固形物のみ分離してゴミとして回収。	トイレ個室内の破碎装置で使用済紙オムツを破碎し、そのまま下水道に流す。
想定されるユーザー	一般住宅・介護施設での利用	一般住宅・介護施設、特に集合住宅や規模の大きい介護施設での利用	一般住宅・介護施設での利用
メリット	紙オムツ保管時の悪臭とゴミ出し時の重さが軽減される。	紙オムツの保管・ゴミ出しが不要。	紙オムツの保管・ゴミ出しが不要。
デメリット	軽量化した紙オムツの保管・ゴミ出しが必要。	破碎の他に分離・回収装置の維持管理が必要。	下水道施設や水環境への影響を十分に評価する必要がある。

図1 紙オムツ受入タイプ¹⁾

〔研究内容〕

紙オムツを下水道施設に受け入れる際に、下水道施設への維持管理上の影響を明らかにするため、以下の検討を実施した。

（１）紙オムツの基礎的情報の整理

下水道施設の維持管理への影響を把握するため、紙オムツの基礎的な情報として、重量、素材等を整理した。また、紙オムツ破砕物の各素材について、素材の形状、比重、水解性、汚濁負荷等を調べた。更にこれらの素材の沈降性など、下水道施設内の挙動を推定するための室内実験を行った。

（２）下水道管路施設への影響

紙オムツ破砕物を下水道管路施設に受け入れる場合、管きよ内に堆積することで流下阻害が発生し、清掃回数の増加や汚水の溢水というような影響が懸念される。管きよ内における紙オムツ破砕物の挙動を把握し、維持管理上の影響を推定するため、管きよ水理模型を用いて紙オムツ試験体の掃流状況を観測する水理実験を行った。

（３）ポンプ場施設及び下水処理施設への影響

紙オムツ破砕物の素材毎のポンプ場施設及び下水処理施設内の挙動は、個別施設の構造や設備構成・設備種類によって異なる。ポンプ場施設や下水処理施設の維持管理上の影響の検討の一例として、基礎情報整理結果を踏まえ、下水処理施設規模毎に標準的な設備構成・設備種類と、基礎情報整理結果を参考に紙オムツ破砕物の素材毎の挙動を設定した。この紙オムツ破砕物の挙動を踏まえ、ポンプ場施設及び下水処理施設の固形物収支を試算することで、個別設備毎の維持管理項目について影響を検討した。

〔研究成果〕

（１）紙オムツの基礎的情報の整理

紙オムツの重量は、パンツタイプは 52 g～107g、テープタイプは 84g～178g、パッド類は 27g～124g であった。素材ごとの重量は、吸収材（綿状パルプ、SAP、吸収紙）が 5 割以上、表面材（ポリオレフィン不織布）が 3 割程度を占め、それ以外に防水材（ポリオレフィンフィルム等）、伸縮材（ポリウレタン等）、止着材（ポリオレフィン等）があった。パンツタイプの素材毎の平均重量比率は、表面材 29.1%、綿状パルプ 42.6%、SAP 15.6%、吸収紙 6.9%、防水材 5.0%、伸縮材 0.5%、止着材 0.3% だった。



写真1 表面材



写真2 綿状パルプ



写真3 吸収紙



写真4 SAP

（２）下水道管路施設への影響

管きよ水理模型を用いた水理実験において、管きよ上流部から紙オムツ試験体を投入した実験では流速 0.090m/s 未満で模擬堆積物の下流に掃流された。一方で、実験において、管きよ内に模擬堆積物が高く、紙オムツ試験体の寸法が 200mm の条件では、管きよ内の水深が上昇し、管きよ内径の 8 割水深程度まで上昇した。

下水道施設計画・設計指針と解説では、管きよの流速を計画下水量に対し 0.6～3.0m/s としており、いずれの実験でも、設計流速の最低流速である 0.6m/s よりも低い流速で掃流されることが確認された。一方で、末端管きよにおいて、流量・流速が低い時間帯が長い。この流量が少ない条件で紙オムツ破砕物の堆積により管きよ内の水深が上昇しており、流量が少ない時間帯に紙オムツ破砕物が投入されると、管きよの流路が紙オムツ破砕物で閉塞されるため、流下阻害が懸念される。

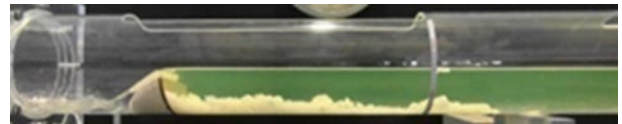


写真5 試験体 20mm、模擬堆積物高 0.075m、流量 0.5L/s

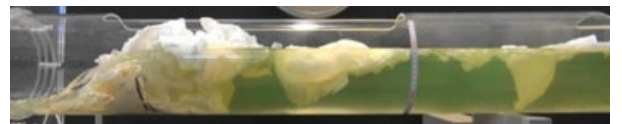


写真6 試験体 200mm、模擬堆積物高 0.075m、流量 0.5L/s

（３）ポンプ場施設及び下水処理施設への影響

紙オムツ処理装置普及率 6.0～23.3% の条件で、SAP、綿状パルプ及びスクリーンで回収されなかったプラスチック繊維が汚泥に移行するものと仮定し、汚泥量を試算した結果、紙オムツ処理装置が普及していない場合と比べ 1.2～3.3 倍に汚泥量が増えた。従来の汚泥処理設備での対応が難しくなることが予想され、維持管理に係る負担が大きいことが分かった。紙オムツ処理装置の普及が進むと、固形物を回収・処理するための設備の負担が大きくなる。

〔成果の活用〕

C タイプの紙オムツ処理装置の開発が進んでいない状況を踏まえ、本技術資料により下水道施設の維持管理への影響に関する問題点を明らかにすることで、下水道施設の維持管理への影響を考慮した紙オムツ素材や紙オムツ処理装置の開発などが期待される。

〔参考文献〕

- 1) 紙オムツの下水道への受入検討に関する報告書、国土交通省水管理・国土保全局下水道部、2023.3
- 2) 下水道施設計画・設計指針と解説 前編 2019年版、公益社団法人日本下水道協会

下水道地震被害推定システムの精度及び利便性

の向上等に関する調査

Research on improvement of estimation system of sewerage damage by earthquake

(研究期間 令和2年度～令和4年度)

下水道研究部 下水道研究室
Water Quality Control Department
Wastewater System Division

室 長 吉田 敏章
Head YOSHIDA Toshiaki
研究官 濱田 知幸
Researcher HAMADA Tomoyuki

This research is aimed at improving the accuracy of the "improvement of estimation system of sewerage damage by earthquake" by organizing the damage ratio of sewers by pipe attribute conditions and also at improving the algorithm of this system.

〔研究目的及び経緯〕

阪神・淡路大震災以降、頻発する大地震により、下水道施設が被災する事態が相次いでいる。2011年東北地方太平洋沖地震においては、下水道管路600km以上、マンホール15,000基以上、下水処理場120箇所、ポンプ場112箇所が被災した¹⁾。ポンプ場及び下水処理場の被災箇所の多くは津波によるものであるが、下水道管路の被害の多くは液状化現象等によるもので、下水処理場の被害が軽微であっても、下水処理場に至る途中で、下水の流れが滞るケースも多く発生した。下水道管路が被災すると、下水道サービスの停止や、道路陥没等の2次災害が発生するなど、地震後の避難や生活再建、災害復旧等に多大な影響を及ぼす恐れがある。そのため、発災時に支援体制を整え影響を最小限に抑えようとするとともに、限られた予算・人員で効率的に耐震化を進めていく必要がある。

下水道研究室では、発災時に支援体制を整える取組として、下水道地震被害即時推定システム(以下「本システム」という。)を開発している。情報の空白期において支援の目安となる概算の被災延長及び必要調査人数を算定することで、地方公共団体(以下「団体」という。)における体制構築や支援機関の初動体制をサポートすることを目指している。本システムは、下水道管路の管種及び液状化危険度に対応した震度別の被災率(被災延長/布設総延長)を用い、各地方公共団体の管種(鉄筋コンクリート管、硬質塩化ビニル管・陶管)別の布設総延長から概算の被災延長を算定し、被災延長から概算の必要調査人数を設定するものである。

また、効率的に耐震化を進めるための取組として、下水道管路の管属性条件別の被災率(被災延長/布設総延長)を整理・分析している。優先的に耐震化を行う下水道管路を抽出することができ、耐震化計画の技術資

料としての活用も期待される。また、被災可能性の高い下水道管路の管属性条件を把握することで、地震後に効率的な調査を行うことができる。団体の下水道台帳等に記載された下水道管路の情報を表形式に整理し、被災下水道管路の情報²⁾を用いて下水道管路の管属性条件別の被災率を整理した。これらの結果について分析し、被災可能性の高い下水道管路の管属性条件を検討した。

〔研究内容〕

本システムにおける震度を手入力する機能に関して、流域下水道の管路に係る震度の手入力を必要とせず、市町村の震度から自動的に流域下水道の管路の被災延長を推定できるよう改良した。

2011年東北地方太平洋沖地震で被災した3団体、2016年熊本地震で被災した8団体、2018年北海道胆振東部地震で被災した4団体に協力いただき、GIS形式の下水道管路台帳等のデータを収集した。同じ震度でも被災率が異なっており(表1)、下水道管路の管属性により被災する危険性が大きく異なるものと考えられる。下水道管路の被災率について、布設年度、土被り、微地形区分、管種、管径、施工管理方法の整理等の管属性条件別について整理した。一例として、布設年度別の被災率の整理結果を下記に示す。

〔整理項目〕

- ① 基本情報(管種、管径、土被り、布設年度等)
- ② 施工管理方法
- ③ 地震情報(地震名、各団体の代表計測震度)
- ④ 地盤条件(微地形区分)

〔研究成果〕

布設年度別の被災延長を整理したところ、耐震指針

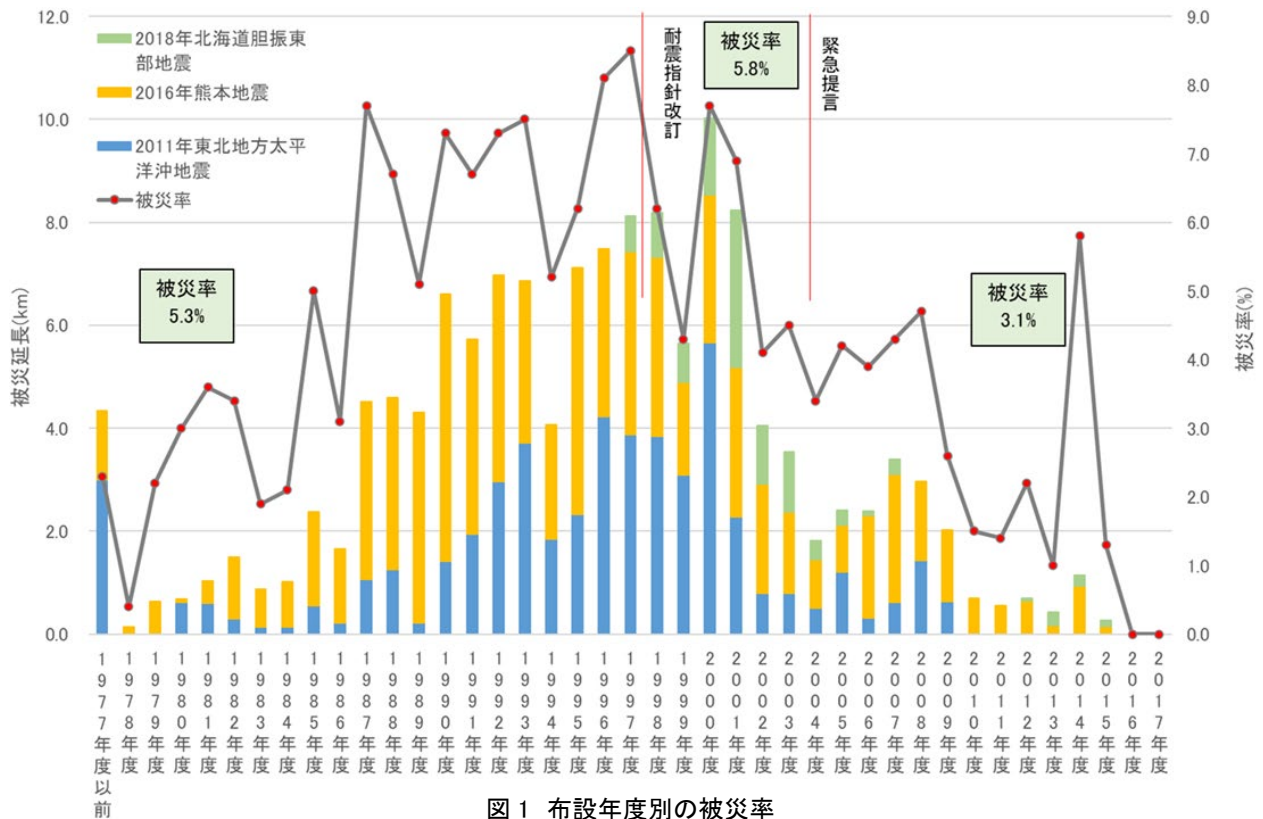


図1 布設年度別の被災率

表1 下水道管路の布設延長及び被災延長

地震名	震度	布設延長(km)	被災延長(km)	被災率(%)
2011年 東北地方太平洋 沖地震 (3団体)	5強	197.2	14.5	7.3
	6弱	255.3	29.0	11.3
	6強	104.4	6.2	6.0
	7	89.0	3.8	4.3
	計	645.9	53.5	8.3
2016年 熊本地震 (8団体)	6弱	212.7	16.8	7.9
	6強	1836.2	38.7	2.1
	7	155.0	22.0	14.2
計	2203.8	77.5	3.5	
2018年 北海道胆振 東部地震 (4団体)	5強	2487.5	3.6	0.1
	6弱	1524.6	0.5	0.04
	6強	101.1	8.1	8.0
	7	19.1	3.2	16.8
計	4132.3	15.4	0.4	
合計		6982.0	146.4	2.1

が改訂³⁾された1997年度までに布設された下水道管路の被災率は1.7%、1998年度から埋戻し部における液状化対策工法の緊急提言⁴⁾(以下「緊急提言」という。)の前年度である2003年度までに布設された下水道管路の被災率は4.5%、緊急提言の2004年度以降に布設された下水道管路の被災率は2.2%であった。耐震指針改訂や緊急提言以降に布設された下水道管路の被災率が低いことを見込んでいたが、1997年度の耐震指針改訂以前に布設された下水道管路の被災率が低くなった。そのため、各団体の施工管理方法についてヒアリングしたところ、2004年度より前から緊急提言の施工管理

基準と同様に、埋戻し部の締固め度を90%で管理してきた団体があった。この団体を除外して布設年度毎の被災率を整理した(図1)。1997年度までに布設された下水道管路の被災率は5.3%、1998年度から2003年度までに布設された下水道管路の被災率は5.8%、2004年度以降に布設された下水道管路の被災率は3.1%となった。緊急提言以降に布設された下水道管路の被災率が低く、液状化対策工法により被災率が低減したものと考えられる。

また、土被りや微地形区分等、管属性条件別の被災率を整理し、被災しやすい管属性条件を明らかにした。

[成果の活用]

本システムの被災時の活用方法について、関連機関と被災時情報共有に向けて協議を行う予定である。また、地方公共団体が下水道管路の耐震化計画を策定する際の参考とするために下水道管路の管属性条件について取りまとめた技術資料を作成し、管理する下水道管路の被災しやすさの情報を提供する。

[参考文献]

- 1) 下水道地震・津波対策技術検討委員会：下水道地震・津波対策技術検討委員会報告書、2012.3
- 2) 国土技術政策総合研究所、下水道管路地震被害データベース
https://www.nilim.go.jp/lab/ebg/zishin_db.html
- 3) 下水道施設の耐震対策指針と解説－2014年版－、社団法人日本下水道協会、2014.5
- 4) 下水道地震対策技術検討委員会：管路施設の本復旧にあたっての技術的緊急提言、2004.11

下水道管路の効率的なストックマネジメント実施に関する調査

Research on efficient physical asset management of sewers.

下水道研究部 下水道研究室

(研究期間 令和4年度～令和6年度)
室長 吉田 敏章
研究官 鈴木 航平
交流研究員 成瀬 直人

[研究目的及び経緯]

日本の下水道管路総延長は、令和3年度末時点で、約49万kmであり、そのうち標準耐用年数50年を超える老朽管は約3万km存在している。老朽管は今後急激に増加することが見込まれており、老朽管の劣化特性を把握した上で、管路施設の適切な維持管理を行うことが重要である。

下水道管路に用いられている硬質塩化ビニル管については、経過時間と劣化程度との相関が小さいことから、妥当な劣化予測式が確立されていない。今年度は、経過時間以外の要因に着目し、政令指定都市3団体のテレビカメラ調査結果や布設環境等情報のデータを機械学習に活用することで、新たな劣化予測式の構築を試みた。

また、令和3年度末時点の下水道管路の管理延長等及び令和3年度に発生した下水道起因の道路陥没の実態について、地方公共団体へのアンケート結果を基に整理するとともに、陥没件数の増加又は減少の大きかった団体にヒアリングを行い陥没要因の調査を行った。

気候変動等の影響を踏まえた効率的な都市浸水対策推進に関する調査

Research on efficient measures for urban stormwater management based on climate change effects.

下水道研究部 下水道研究室

(研究期間 令和4年度～令和6年度)
室長 吉田 敏章
主任研究官 松浦 達郎
主任研究官 橋本 翼

[研究目的及び経緯]

国土交通省は、気候変動を踏まえた下水道による都市浸水対策を推進するため、「雨水管理総合計画策定ガイドライン(案)」(以下「ガイドライン」という。)を令和3年度に改訂した。ガイドラインでは、気候変動の影響を踏まえた計画降雨は、現在の計画降雨に降雨量変化倍率を乗じて設定することになっている。そのため、現在の計画降雨は、気候変動の影響を受けていない定常と見なせる期間の降雨資料を用いて作成する必要がある。また、気候変動を踏まえた浸水対策は、現計画よりも規模が大きくなるため段階的に整備を進めていく必要がある。

本調査は、下水道事業者が実施する気候変動の影響を踏まえた計画降雨の設定や浸水対策を支援することを目的に、全国の降雨観測地点における過去の降雨資料の定常性について整理するとともに、圧力状態を許容した浸水対策施設の段階的整備の考え方等について検討を行う。

令和4年度は、下水道事業における計画降雨の作成に使用されることが多い気象庁所管の降雨観測地点を対象に、降雨資料の定常性の確認及び降雨資料の定常性に影響を与える要因について調査を行った。

下水道革新的技術実証事業

Breakthrough by Dynamic Approach in Sewage High Technology Project

		(研究期間 平成 23 年度～)	
下水道研究部 下水処理研究室	室 長	重村 浩之	
	主任研究官	太田 太一	
	研 究 官	中村 憲明	
	研 究 官	高濱 俊平	
	研 究 官	山田 裕史	
	研 究 官	松橋 学	
	研 究 官	石井 淑大	
	研 究 員	長寄 真	
	交流研究員	安倉 直希	
下水道研究部 下水道研究室	室 長	吉田 敏章	
	主任研究官	松浦 達郎	
	研 究 官	鈴木 航平	

〔研究目的及び経緯〕

国土交通省では、新技術の研究開発及び実用化を加速することにより、下水道事業における低炭素・循環型社会の構築やライフサイクルコスト縮減、効果的・効率的な浸水対策、老朽化対策、施設の運転管理等を実現し、併せて本邦企業による水ビジネスの海外展開を支援するため、平成 23 年度より下水道革新的技術実証事業（B-DASH プロジェクト）を実施している。

本事業における研究は、大幅なコストの縮減と消費エネルギーの削減、再生可能エネルギーの創出等を実現する革新的技術を対象に、実規模レベルでの施設を整備して実証研究を行い、その結果を評価して導入ガイドラインを作成することを目的としている。

令和 2 年度採択技術において、「災害時に移設可能な水処理技術」及び「中小規模処理場間の広域化に資する低コスト汚泥減量化技術」については、コスト縮減、エネルギー消費及び温室効果ガス排出量削減等の効果を取りまとめ、導入ガイドライン（案）を策定した。

令和 3 年度採択技術において、「AI を用いた分流式下水道の雨天時浸入水対策支援技術」については、コスト縮減、エネルギー消費及び温室効果ガス排出量削減等の効果を取りまとめ、導入ガイドライン（案）を策定した。「AI を活用した水処理運転操作の最適化支援技術」及び「分流式下水道の雨天時浸入水量予測及び雨天時運転支援」については実規模実証施設を用い、研究結果を取りまとめた。「下水処理場の土木・建築構造物の劣化状態を効率的に点検・調査する技術」については、技術性能や事業性の予備調査結果を取りまとめた。「ICT を活用した下水道施設広域管理システム」については、繰越を行い、次年度にかけて実規模実証施設の設置及び研究結果のとりまとめを行う予定である。

令和 4 年度採択技術である、「最初沈殿池におけるエネルギー回収技術」及び「深槽曝気システムにおける省エネ型改築技術」については、繰越を行い、次年度にかけて実規模実証施設の設置及び研究結果のとりまとめを行う予定である。

令和 5 年度は、「消化汚泥から効率的にリンを回収する技術」、「MAP により脱水ろ液から効率的にリンを回収する技術」、「新たなリン回収システムによる下水道の資源化技術」、「縦型密閉槽による下水汚泥の肥料化技術」及び「汚泥の高付加価値化と低炭素社会に貢献する超高温炭化技術」について実規模実証を行うとともに、「下水汚泥焼却灰の低コスト肥料化技術」、「活性汚泥併用型生物膜処理システム」、「膜曝気バイオフィーム法（MABR）を用いた排水処理の省エネ、 N_2O 発生抑制技術」について FS 調査を行う予定である。

実証研究成果を踏まえ作成した導入ガイドラインについては、国総研資料として刊行し、革新的技術を全国に普及展開するとともに、本邦企業による水ビジネスの海外展開を支援する。

下水処理水の衛生学的な安全性を考慮した技術基準 及び管理手法に関する調査

Research on technical management methods based on hygienic risks of treated wastewater.

(研究期間 平成2年度～令和4年度)

下水道研究部 下水処理研究室
Water Quality Control Department
Wastewater and Sludge Management Division

室 長 重村 浩之
Head SHIGEMURA Hiroyuki
研究官 松橋 学
Researcher MATSUHASHI Manabu
研究官 山田 裕史
Researcher YAMADA Hirofumi

It is discussed to change total coliforms to E.coli as an index of same several national standard. Therefore, it is necessary to consider the change the index of the fecal contamination of environmental standard also about the technical standard of the water quality of the effluent water from the sewer. Therefore, it is necessary to determine the regulation value of E. coli as the technical standard of the effluent water from the sewer and establish the technology evaluation method to achieve that regulation value.

In this study, E. coli measurement method was verified accuracy to Inter-laboratory study. As a result, the measurement accuracy of the measurement method was confirmed by comparing the coefficient of variation between three different analysis companies result.

〔研究目的及び経緯〕

下水道から公共の水域又は海域に放流される水の水質は、下水道法施行令の「放流水の水質の技術上の基準」及び、水質汚濁防止法の一般排水基準により定められており、その指標の一つとして、大腸菌群数が挙げられる。大腸菌群数の基準は、昭和13年の日本水道協会協定「放流水の水質標準」において「1 ccにつき3000個」とされており現在に至るまで放流水の基準として用いられてきた。しかし、平成25年8月の「水質汚濁に係る生活環境の保全に関する環境基準の見直しについて（諮問）」を受け、環境基本法に基づく水質汚濁に係る環境基準のうち、生活環境の保全に関する環境基準について、令和4年4月から、大腸菌群数から大腸菌数へ変更されており、下水道からの放流水の水質の技術上の基準についても大腸菌群数から大腸菌数への変更について検討する必要がある。そのため、国土技術政策総合研究所では、下水道における大腸菌数の指標に関する実態の把握や測定方法、基準検討に必要な情報の収集、整理を行っている。

本調査では、下水試料を用いた特定酵素培地平板法による大腸菌数の測定精度に与える影響について基礎的な検討を実施すると共に、実下水を用いた3分析機関による分析室間精度の確認を行った。

〔研究内容〕

下水試料を用いた特定酵素培地平板法による大腸菌数の測定精度に与える影響を把握するため、測定機関

へのヒアリング及び、それらの回答に基づいて、混釈時間変更試験、培地温度変更試験、実下水による確認試験を実施した。本調査では、6種類の特定酵素培地（(A)～(F)）を用いて、1培地当たり5回の繰り返し試験により検討を行った。評価方法として、回収率を用いた評価は、大腸菌数を100（個/cm³）に調整した試料を作成し、5回の測定結果の平均値が120%～70%の範囲であれば測定精度を確保できていると判断した。また、繰り返し測定精度については、5回の測定結果に基づき式-1により求めた変動係数（CV）が30%以内であれば、繰り返し精度が確保できていると判断した。次に、実下水を対象とした大腸菌数の測定における分析室間精度を把握することを目的に、表-1に示す下水処理場の二次処理水、放流水について、3つの測定機関で大腸菌数を測定し分析室間精度を検討した。分析室間精度の評価方法は、5種類の特定酵素培地（(A)～(E)）を用いて、1培地当たり5回の繰り返し試験により検討を行った。3つそれぞれの分析機関で測定した5回の測定結果の平均値を用いて算出した変動係数が35%以内になれば精度が確保できていると判断した。

$$CV = \frac{\sigma}{\bar{x}} = \frac{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x - \bar{x})^2}}{\bar{x}}$$

CV: 変動係数
σ: 標準偏差
x̄: 平均値

式-1 変動係数（CV）の算出式

表-1 調査対象処理場

	A 処理場	B 処理場
処理方式	オキシデーション ディッチ法	嫌気無酸素好気法
現有能力	17,600 m ³ /日 (晴天日最大)	53,200 m ³ /日 (晴天日最大)
滞留時間	51 時間 24 分	17 時間 15 分
消毒方法	次亜塩素酸ナトリウム	次亜塩素酸ナトリウム
接触時間	25 分	50 分
採水場所	流入水、二次処理水、放流水	
採取条件	晴天時、同一業者の採水、同一時間での採水	

【研究成果】

はじめに、特定酵素培地平板法による大腸菌数の測定精度に与える影響を把握するために実施した混釈時間変更試験、培地温度変更試験、実下水による確認試験の結果について述べる。まず、混釈時間変更試験の結果について図-1 に示す。試料をシャーレに入れてから培地と混ぜ合わせる（混釈する）までの時間の違いにより、各培地の回収率、繰り返し精度を算出した結果、各条件において、精度が確保できており、混釈時間での測定影響は少ない結果となった。次に、培地温度変更試験の結果について図-2 に示す。特定酵素培地の説明書に記載の使用温度範囲内の 45℃ では、すべての培地において、回収率及び繰り返し精度が確保されていたが、使用温度を超える 50℃ 及び 60℃ では回収率、繰り返し精度が確保されていないことから、培地投入温度は、特定酵素培地平板法により大腸菌数の測定精度に大きく影響することが示唆された。加えて、実下水による確認試験について図-3 に示す。培地投入温度 45℃ ではすべての培地において繰り返し精度が確保された一方で、50℃ では、A 培地において変動係数が 30% を超え、繰り返し精度を確保できなかったことから、実下水を用いた場合でも培地投入温度が特定酵素培地平板法による大腸菌数の測定精度に影響を与えることが確認された。

次に、下水を対象とした大腸菌測定方法の室間精度の検討結果について述べる。まず繰り返し精度を各分析機関で測定し、変動係数を算出した際に一部の放流水において、変動係数が 30% を確保出来なかった。その原因について検討した結果、大腸菌数が 10CFU/mL 以下の低濃度であり、測定の際に計数するシャーレのコロニー数と精度の関係を整理すると、計数する数が少なくなると誤差が大きくなる傾向があった。このことから、試料の希釈倍率を変更することで計数値を増やし精度の確保が可能であることが分かった。一方で、低濃度の試料では、メンブレンフィルター法など他の方法による定量的な評価が必要であることが示唆された。

次に分析機関間の測定精度の検討結果を図-4 に示す。1 分析機関当たり 1 試料 5 回の大腸菌測定を実施し、その平均値を用いて 3 つの分析機関で変動係数によ

て室間精度を評価した結果、5 培地で概ね平板法で 35% 以内となった。14 試料のうち A 処理場 2 月放流水の A 培地について 39.2% となった。コロニーの視認性や培地温度による変動の加可能性も考えられたが具体的な原因は不明ではあった。また、測定回数を重ねるごとに変動係数も減少しており、測定技術を習熟することで制度が確保できるものと考えられた。

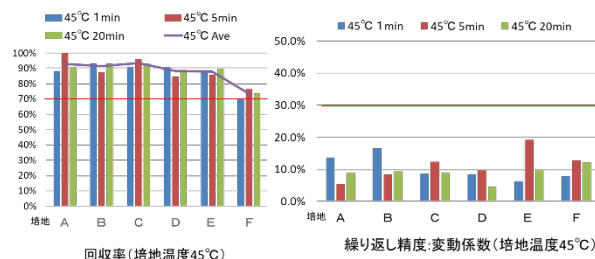


図-1 混釈時間変更試験結果

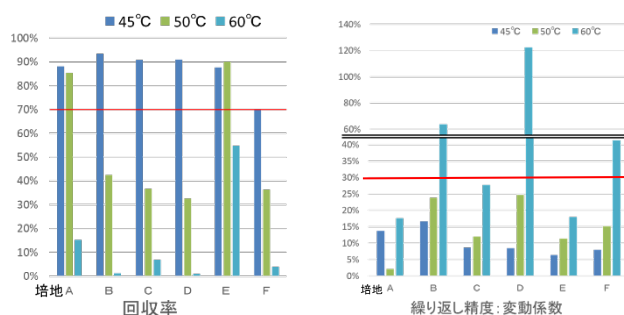


図-2 培地温度変更試験結果

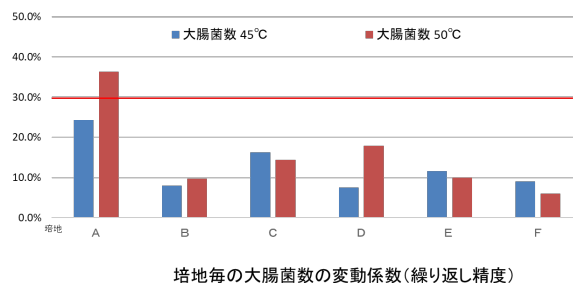


図-3 実下水による確認試験結果

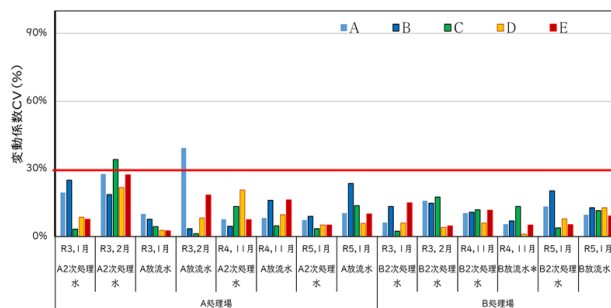


図-4 実下水による確認試験結果

【成果の活用】

本研究の成果の一部は、国土交通省下水道部及び実施する「下水道における水系水質リスク検討会」の資料として提示し、「放流水の水質の技術上の基準における大腸菌数の検討」に活用された。

下水道から排出される温室効果ガス対策に関する調査

Research on countermeasures against greenhouse gas emission from wastewater treatment.

(研究期間 令和2年度～令和4年度)

下水道研究部 下水処理研究室
Water Quality Control Department
Wastewater and Sludge Management Division

室 長 重村 浩之
Head SHIGEMURA Hiroyuki
研究官 石井 淑大
Researcher ISHII Yoshihiro
研究官 松橋 学
Researcher MATSUHASHI Manabu
交流研究員 安倉 直希
Guest Research Engineer AGURA Naoki

It is necessary to determine the actual amount of N₂O discharged by wastewater treatment and to suggest countermeasures to control emissions of N₂O. In this study, actual surveys were conducted to evaluate the effects of time variation, seasonal variation, and difference of treatment methods on N₂O emissions. In addition, the feasibility of continuous monitoring using an automatic N₂O measuring device was examined in order to obtain more accurate emissions data.

〔研究目的及び経緯〕

地球温暖化対策のため、下水道事業においても温室効果ガス（GHG）の排出量削減が強く求められており、エネルギー由来のCO₂だけでなく水処理、汚泥処理において発生する一酸化二窒素（N₂O）の排出も抑制していくことが重要である。N₂OはCO₂の約300倍の温室効果を持つ人為由来の主要なGHGの一つとされており、下水道事業全体におけるGHG総排出量の内、水処理に伴うN₂O排出が約8%、汚泥処理に伴うN₂O排出が約20%を占めているとされる。特に、水処理において活性汚泥中の生物反応によって発生するN₂Oについては、その排出実態や排出量を決定する要因について依然不明な点が多く、明確な対策が講じられていない現状である。このような背景のもと、国総研下水処理研究室では、経済的で導入しやすい、エネルギー消費量、処理水質、N₂O排出量を考慮した低炭素型水処理について検討を行っている。

本研究課題では、実下水処理場におけるN₂O排出量の実態調査を通じ、N₂O排出量の時間変動や季節変動、処理場内の場所による変動を明らかにするとともに、処理方式の違いがN₂Oの排出量に与える影響を評価することを目的とした。また、より簡便にかつ詳細なN₂O排出量のデータを得られると期待される、N₂O濃度の自動測定機を用いた連続モニタリングの活用可能性を検討することを目的とした。

〔研究内容〕

国総研下水処理研究室では、これまで全国各地の下水処理場においてN₂O排出量の実態調査を実施してきた。これらのデータは、N₂O排出量を推定するための

排出係数の改定等に活用されている。しかし、N₂Oの排出量は時間変動や季節変動が大きく、また流入下水の水質、処理の方式や設備にも影響を受けるため、処理場ごとの変動も大きいとされる。そのため、現行の排出係数は個別の処理場の実態と乖離している可能性が指摘されており、引き続き実態調査を進めていくとともに、自治体等の処理場管理者がN₂O排出量の実態調査を進められるように、簡便かつ正確な調査方法の確立を行う必要がある。

本研究では、同一の流入下水を複数の処理方式で処理している処理場において、N₂O排出量の実態調査を行った。N₂O排出量の時間変動に対応するため、1度の調査において、24時間中に4時間ごとに計7回試料採取を行う24時間調査を実施した。また、反応槽の場所による変動に対応するため、最初沈殿池および最終沈殿池の1カ所ずつからと、反応槽の4カ所から試料採取を行った。さらに、季節変動に対応するために、この24時間調査を春夏秋冬の4回実施した。24時間調査で採取したガス試料のN₂O濃度をガスクロマトグラフで分析することにより、各処理系列におけるN₂Oの排出量を計算した。

次に、より簡便に正確なN₂O排出量を把握するために、N₂O濃度の自動測定機の活用について検討した。多くの処理場では反応槽が開放系になっており、そこから排出される空気はそのまま大気へ排出されているが、都市部などの一部の下水処理場では、臭気対策等のため、反応槽に覆蓋して排気ガスを排気ダクトで収集し脱臭設備に通している。このような場合は、排気ダクトから空気を採取し自動測定機へ導入すること

で、 N_2O 濃度を連続的にモニタリングし、処理場からの N_2O 排出量をより正確に把握できると期待される。本手法は国内における報告事例が少ないため、本研究において活用可能性を検討した。

【研究成果】

国内処理場の4系列(A:標準活性汚泥法(標準法)、B:嫌気好気活性汚泥法(AO法)、C:嫌気無酸素好気法(A2O法)、D:ステップ流入式多段硝化脱窒法(ステップ法))における、単位処理水量あたりの N_2O 排出量 (mg/m^3) の調査結果を、現行の排出係数と共に表1に示す。どの系列においても、春夏秋冬4回の調査結果の平均値は、現行の排出係数と比較して小さい値になっていた。これは、本調査対象の処理場における流入下水の有機物および窒素の負荷量が全国平均と比較して小さいことや、いずれの系列においても N_2O 排出量が少なくなるとされる硝化促進運転を実施していたことが理由であると考えられる。特に、標準法を採用しているA系列においては、調査結果と現行の排出係数とで100倍近い差が見られた。標準法と区分される処理方式の中には、硝化の促進や抑制、段階的高度処理等、様々な運転方式が含まれるため、より正確に N_2O 排出量の実態を把握するために、多様な処理場において実態調査を進めていくことが重要である。

系列B~Dでは、冬期に N_2O の排出量が高くなっている。これは、冬期に水温が低下し、微生物の活動が変化した影響であると考えられる。 N_2O の排出量を正確に把握するためには、季節変動も考慮した調査が必要である。また、全ての系列において、図1に示すように、反応槽の場所によっても N_2O の排出量の変動していることが確認された。なお、図1は系列Bの結果を示している。 N_2O はアンモニア態窒素の硝化に伴う副産物として生成されると言われており、硝化が進む好気槽において主に生成され、排出されていると考えられる。

次に、反応槽が覆蓋となっている処理系列において、 N_2O 濃度の自動測定機を設置し、約3週間連続的にモニタリングした結果を図2に示す。図2から、本系列に

おける N_2O の排出量は概ね24時間周期で変動していることが分かり、深夜0時ごろに N_2O 排出量が最大に、正午ごろに最小になる傾向があることが分かる。この24時間変動は、流入下水の有機物および窒素の負荷の時間変動に対応していると推定される。1時間あたりの N_2O 排出量は24時間以内で最大18倍変動しており、1日あたりの N_2O 排出量は、この3週間で最大約5倍変動していた。これらのことから、 N_2O の排出量を正確に把握するためには、単発の調査だけでなく、継続的な調査が必要であることが改めて示された。また、 N_2O 排出量を正確に把握するために、自動測定機を用いた連続モニタリングが有効であることが示された。

【成果の活用】

本研究の成果の一部は、国総研が開催する下水道技術開発会議エネルギー分科会において審議され、2050年までの脱炭素に向けたGHG排出削減のための推進方策の検討に活用された。

表1 N_2O 排出量の調査結果および現行の排出係数 (mg/m^3)

	春期	夏期	秋期	冬期	平均	現行値
系列A(標準法)	2.8	0.3	0.5	2.7	1.6	142.0
系列B(AO法)	6.8	3.6	8.2	76.6	23.8	29.2
系列C(A2O法)	6.1	3.6	6.3	19.3	8.8	11.7
系列D(ステップ法)	3.4	0.4	3.1	7.5	3.6	11.7

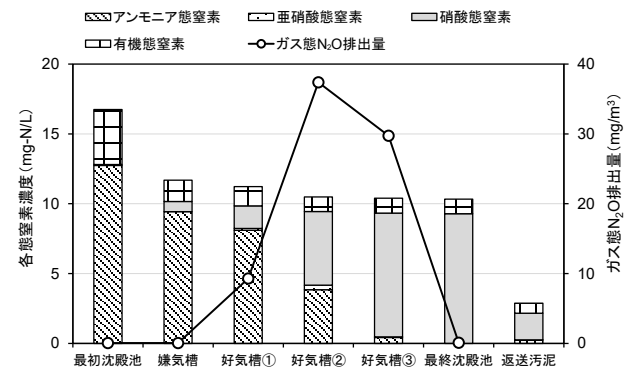


図1 系列Bの冬期におけるガス態 N_2O 排出量と各態窒素濃度の測定結果

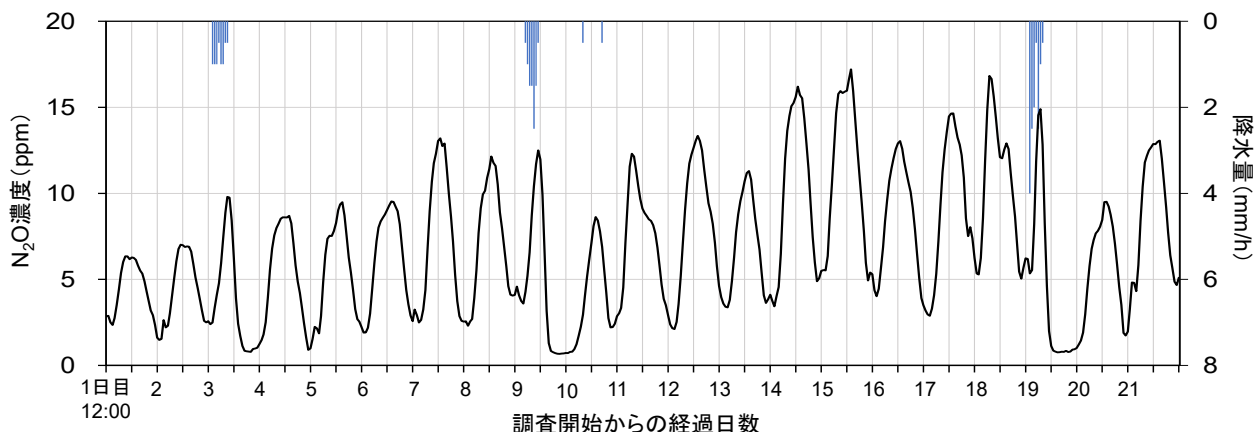


図2 N_2O 排出量の連続モニタリング結果およびその間の降水量

下水処理場におけるエネルギー最適化に関する調査

Research on optimization on wastewater treatment plant for energy plan.

(研究期間 令和2年度～令和4年度)

下水道研究部 下水処理研究室

Water Quality Control Department

Wastewater and Sludge Management Division

室 長

Head

研 究 官

Researcher

重村 浩之

SHIGEMURA Hiroyuki

中村 憲明

NAKAMURA Noriaki

Electricity consumption at sewage treatment plants and pumping stations across Japan has the largest amount of greenhouse gas emissions among administrative projects carried out by local governments, and reducing electricity consumption and greenhouse gas emissions is an urgent issue in sewage works. Furthermore, as it has been announced that Japan aims to reduce greenhouse gas emissions by 46% compared to 2013 by 2030, there is a need to further promote energy conservation and energy creation measures in the sewage works. To solve these issues, we created a formula to calculate power consumption and estimated the effect of reducing power consumption through the introduction of energy-saving equipment and energy creation technology, with the aim of optimizing energy at sewage treatment plants.

〔研究目的及び経緯〕

日本全国の下水処理場及びポンプ場における電力消費量は平成30年度の時点で合計約75億kWh/年、電力由来の温室効果ガス排出量は約370万t-CO₂/年であり、自治体を実施する事務事業のなかでも温室効果ガス排出量が大きく、電力消費量や温室効果ガス排出量の削減が下水道事業における喫緊の課題となっている。さらに、令和3年4月の気候変動に関する首脳会議において、温室効果ガス排出量について2030年度までに日本全体で2013年度比46%削減を目指すことが表明されたことから、下水道事業における省エネルギー・創エネルギー施策のさらなる推進が求められている。

こうした課題の解決に向けて、下水処理場におけるエネルギー最適化を目的として、電力消費量を算出するための算出式の作成、省エネ機器の導入や創エネ技術の導入による電力消費量削減効果の試算等を行った。

〔研究内容〕

オキシデーションディッチ法（以下、OD法）、標準活性汚泥法（以下、標準法）、高度処理法について必要空気量等に応じた機器の仕様や運転時間等を設定し、電力消費量を試算した。試算にあたっては、散気装置や汚泥濃縮機、汚泥脱水機の型式を変えたケースを設定し、機器の組み合わせによる電力消費量の違いについて比較整理を行った。

試算では、OD法、標準法（硝化促進運転）、循環式硝化脱窒法（以下、循環法）、嫌気無酸素好気法（以下、A2O法）の水処理設備（最初沈殿池、反応タンク設備、最終沈殿池）、汚泥処理設備（汚泥濃縮設備、消化設備、汚泥脱水設備）を対象とし、場内ポンプ場、沈砂池設備、消毒設備は対象外とした。

試算にあたってはまず、処理場規模、流入・放流水質、

水処理方式、汚泥処分方法に応じた物質収支を整理し、公益社団法人日本下水道協会の「下水道施設計画・設計指針と解説」（以下、設計指針）を参考として、処理に必要な槽容量や反応槽の必要空気量、水理学的滞留時間、汚泥量を算出した。次にこれらの条件に基づく水処理・汚泥処理を行うために必要な機器の仕様（ろ過速度や薬注率、濃縮汚泥や脱水汚泥の汚泥濃度等）、設置台数、稼動時間を設定し、

電力消費量＝電動機容量×台数×負荷率×稼動時間の式から各機器の電力消費量を算出した。

各処理方式において、表-1に示す機器の組み合わせの違いによる電力消費量の違いについて試算を行った。OD法のような最初沈殿池のない処理法で反応タンクから直接引き抜いた汚泥の脱水を行う場合、多重板型スクリーンプレスが用いられることがあるため、試算ケースとして〔多重板型スクリーンプレスー汚泥濃縮なし〕と〔遠心式又はベルトプレスー重力濃縮あり〕を設定した。

表-1 比較検討を行った機器

OD法	脱水機	多重板型スクリーンプレス（汚泥濃縮なし） 遠心式またはベルトプレス（重力濃縮あり）
標準法 循環法 A2O法	散気装置	散気板（旋回流式）または 低圧損型メンブレン式散気装置
	汚泥濃縮機	遠心式またはベルトプレス
	汚泥脱水機	遠心式またはスクリーンプレス

また、他処理場からの下水汚泥の受け入れを考慮した電力収支の考え方を整理するため、汚泥受け入れを

実施している処理場の消費電力量や水質に関するヒアリング調査を実施した。

[研究成果]

OD法の汚泥処理設備の電力消費量算出結果を図-1に示す。日平均流入水量700m³/日、7,000m³/日どちらの処理規模においても遠心脱水機を設定したケースが最も電力消費量が大きく、日平均流入水量が700m³/日では他のケースの約1.5倍、日平均流入水量7,000m³/日では他のケースの2倍近い値となった。日平均流入水量が700m³/日では多重板型スクリーンプレスを設定したケースが最も電力消費量が小さい結果となったが、日平均流入水量7,000m³/日ではベルトプレスを設定したケースの電力消費量が最も小さい結果となった。

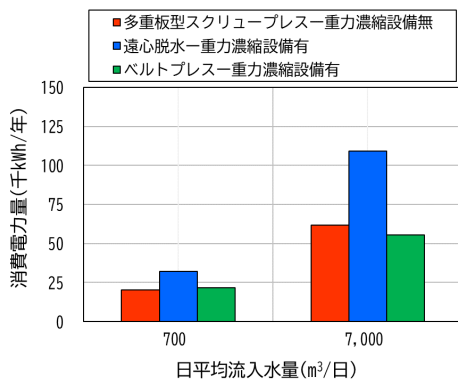


図-1 OD法における汚泥処理設備の消費電力量

標準法、循環法、A2O法の電力消費量については、試算を行った2つの流入水量のうち日最大流入水量100,000m³/日(日平均流入水量80,000m³/日)における試算結果について述べる。図-2に、各処理方式における水処理設備の電力消費量を示す。処理方式別に見ると、標準法はMLSSの値が高度処理より低く必要な酸素量が少なくなることで、嫌気槽・無酸素槽用の攪拌機がないこと等から、循環法・A2O法に比べて電力消費量は20~30%程度小さくなった。また、循環法のMLSS濃度を2,400mg/L、A2O法のMLSS濃度を2,100mg/Lと設定しているため、循環法に比べてA2O法の内生呼吸に必要な酸素量は減り、送風機の電力消費量が小さくなること、無酸素槽容量の違いから循環法に比べてA2O法の攪拌機電動機容量が小さくなることから、A2O法の水処理設備の電力消費量は循環法より数%程度小さくなった。なお、消化ありの場合、返流水負荷が高くなるため、水処理に要する電力消費量がわずかではあるが高くなる結果となった。

散気装置の違いについて見ると、散気板の酸素移動効率を20%、低圧損型膜タンク式散気装置の酸素移動効率を30%と設定しており、低圧損型膜タンク式散気装置を設置した場合は散気板に比べて送風機必要

空気量が少なくなるため、水処理設備の電力消費量はいずれの処理方式でも散気板を設定したケースより25%程度小さくなった。

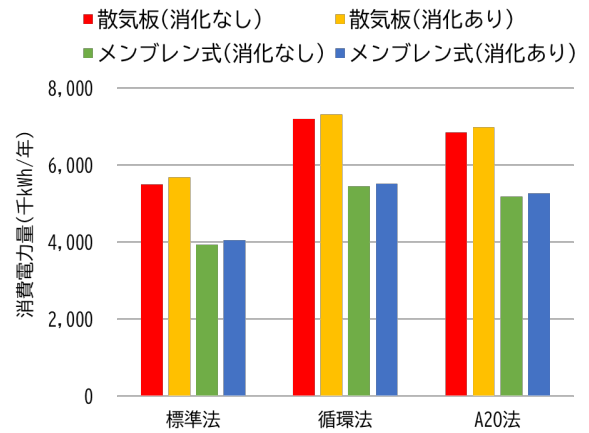


図-2 標準法、循環法、A2O法における水処理設備の消費電力量

図-3に消化設備がない場合の汚泥処理設備の電力消費量を示す。今回の試算では、流入水質と放流水質から各処理方式の負荷除去率を設定しているが、実際のBOD等の値が低く、設計指針で示されている標準的な値より高い除去率となっている。このことから、今回の試算では高度処理法は標準法より処理汚泥量が減り、電力消費量が10%程度小さいという結果となったと考えられる。しかし、この結果は一般的に知られている傾向とは異なっており、今後精査が必要である。

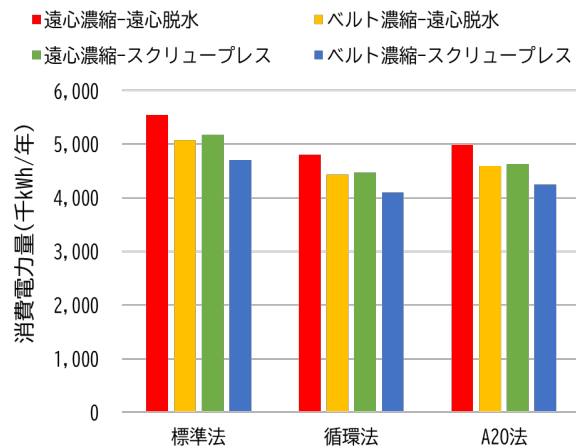


図-3 標準法、循環法、A2O法における汚泥処理設備の消費電力量(汚泥消化なし)

他の処理場から脱水汚泥を受け入れることによる、水処理系への返流水の水質や水処理設備の消費電力量への影響については、今回の調査では見られなかった。

[成果の活用]

本研究の成果は、下水処理場の各種機器において、エネルギー消費量の最適化に資する選定を行うための技術資料として活用される予定である。

放流先水域の水利用に影響を与える

下水処理水中溶存有機物の探索と動態調査

Investigation of dissolved organic matter in treated wastewater that affects water reuse in destination water bodies.

(研究期間 令和3年度～令和4年度)

下水道研究部 下水処理研究室

研究官

石井 淑大

Water Quality Control Department

Researcher

ISHII Yoshihiro

Wastewater and Sludge Management Division

It is important to understand the dynamics of trace organic micropollutants in treated wastewater discharged into environmental water bodies in order to manage the drinking water resources and estimate the impact on the ecosystem. In this study, dissolved organic matters in wastewater samples were analyzed at a molecular level using high-resolution mass spectrometry after clarifying the suitable analytical parameters for wastewater samples. The removal rates of individual organic matter in four treatment process were roughly estimated. It was revealed that even though the removal rates of overall organic matter evaluated by BOD and DOC were comparable among four wastewater treatment processes, the removal rates of some individual organic matter were differed greatly among treatment processes.

〔研究目的及び経緯〕

多くの河川流域において、上流地域で排出された下水処理水が含まれる河川水を下流地域において水道水源として用いる循環的な水利用、または非意図的な下水処理水再利用が行われている。このような現状で、より高度な水道水の安全管理のためには、下水処理水中に存在する化学物質を監視することが有効であると考えられる。日常的、工業的に使用される化学物質は多種多様であり、膨大な種類の溶存有機物 (Dissolved Organic Matter; DOM) が下水処理場へ流入している。これらの中には、活性汚泥中の微生物の働きにより除去されるものもあるが、除去されずにそのまま、もしくは一部のみ分解された分解物として放流先へ排出されるものもある。放流先の河川における生態系や水道水源としての活用を考慮すると、下水処理水中に含まれる個別の DOM について、網羅的に分析し、動態を明らかにしていくことが重要になる。

近年では、高分解能質量分析計 (High-Resolution Mass Spectrometry; HR-MS) の開発と水環境分野への活用が進められてきており、水中の DOM を一度に網羅的に分析することが可能となってきた。特定の分析対象物質を定めず、水中の DOM を一斉に検出することが可能であり、下水処理水中の DOM を網羅的に監視することにも活用可能であると考えられる。

本研究では、下水処理水中に含まれる DOM の中で、生態系に対して毒性を持つものや、浄水処理で除去が困難であるものなど、放流先における水利用に影響を与える可能性のある DOM について、その下水処理工程における特性や動態を明らかにすることを目的とした。

そのために、まず、下水試料を HR-MS で分析するために最適なパラメーターや、DOM の濃縮および脱塩のための前処理である固相抽出法の検討を行った。次に、複数の実下水処理場を対象に流入下水および下水処理水を採取し DOM の分析を行った。その結果から、複数の処理行程における個別の DOM コンポーネントの動態解析を行った。

〔研究内容〕

本研究では、実下水処理場で採取した下水試料中の DOM を HR-MS により分析することで、個別の DOM コンポーネントの下水処理工程における動態を明らかにすることを試みた。

まず、下水試料を HR-MS により分析するために最適なパラメーターと固相抽出法を明らかにするために、下水試料を複数回試験し、DOC の回収率や DOM コンポーネントの検出数の比較を行った。

これにより決定されたパラメーターおよび固相抽出法を用いて、国内 4 ヶ所の実下水処理場の流入下水および下水処理水中の DOM を分析した。DOM の分析は、液体クロマトグラフに接続した Orbitrap 型質量分析計を用い、ネガティブイオン化モードとポジティブイオン化モードで 1 回ずつ、対象 m/z を 50-750 として行った。得られたマススペクトル等はピーク抽出ソフトウェア Compound Discoverer 3.2 により解析し、同位体ピーク等を一つにまとめて DOM コンポーネントを抽出するとともに、精密質量数等から分子式を推定し、検出強度を計算した。

[研究成果]

流入下水と下水処理水に対して、2種類の固相抽出法を用いて試料の前処理を行い、DOMの回収率と検出されたピーク数を比較した。1種類目は充填剤にPPLを、2種類目は充填剤にHLBをそれぞれ用いた方法である。DOCの回収率は、1種類目が46~61%であったのに対し、2種類目は19~21%であった。また、Orbitrap型質量分析計による分析の結果検出されたピーク数は、1種類目の手法の方が大きかった。これらのことから、本研究では1種類目の固相抽出法を用いて試料の前処理を行うこととした。

以下では、国内のA処理場において流入下水および下水処理水中のDOMを分析した結果を示す。A処理場では、同一の流入下水を、4種類の処理方式（標準活性汚泥法；標準法、ステップ流入式多段硝化脱窒法；ステップ法、嫌気好気活性汚泥法；AO法、嫌気無酸素好気法；A2O法）で処理している。各処理方式におけるBODおよびDOC濃度を測定した結果、有機物の除去率はBODベースで97.4~98.5%、DOCベースで74.1~80.5%であった（図1）。また、流入下水および下水処理水を固相抽出処理した結果、DOCの回収率はAO法の処理水のみ90%と高く、その他の4種類は55~61%であった（図1）。

Orbitrap型質量分析計による分析で検出された解析対象ピーク数は、ポジティブイオン化とネガティブイオン化の両モードの合計で、流入下水が1,417個と最も多く、下水処理水は973~1047個であった（図1）。この中で、4種類の下水処理水全てで共通して検出されたピーク数は868個であり、下水処理によって完全には除去されずに放流されるDOMコンポーネントの8割以上は共通であることが分かった（図2）。一方で、各処理方式の下水処理水のみで検出されたDOMコンポーネントは19~43種類であった（図2）。これらは、各処理方式で特に除去できないか、活性汚泥により分解生

成されたDOMコンポーネントであると考えられる。

4種類の処理方式による下水処理水全てで検出されたDOMコンポーネントの中で、検出強度が上位であり、除去特性が特徴的であったものとして、 $C_7H_8O_3S$ を抽出した。このDOMコンポーネントは、MS/MS分析による構造推定の結果、界面活性剤の分解生成物と考えられ、処理方式の違いにより下水処理水中の検出強度が100倍以上異なっていたため、処理方式に応じて除去率が大きく異なる可能性が示された。

以上のことから、下水処理方式が異なる場合、BODやDOCで評価した際の有機物除去率が同程度であったとしても、個別のDOMコンポーネントを見るとその除去特性は様々である可能性が示された。

[成果の活用]

本研究により、下水および下水処理水中DOMの動態を網羅的に把握するためにHR-MSを用いた分析が有効であることが示されたため、今後、多くの下水処理場等において活用されることが期待される。

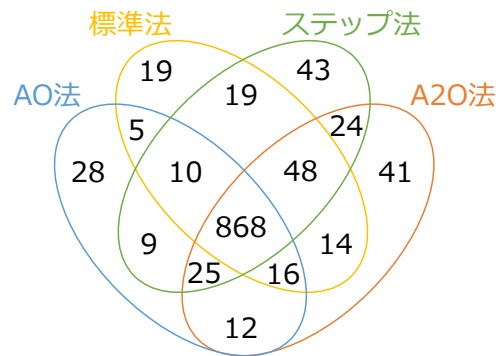


図2 各処理方式の下水処理水から検出されたDOMコンポーネントの共通性

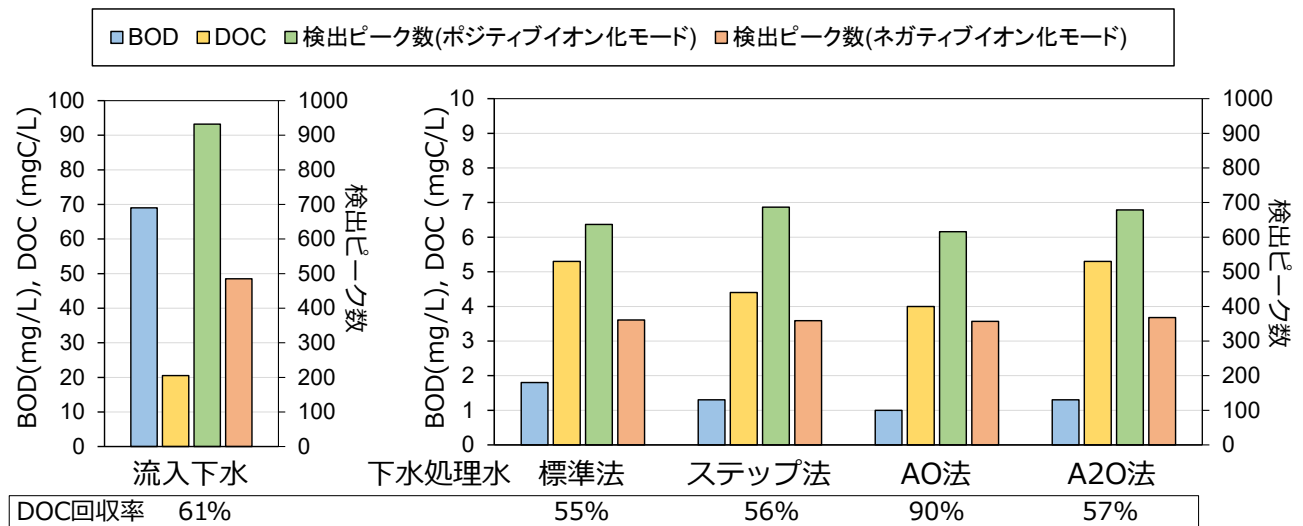


図1 各試料中のBODおよびDOC濃度と検出されたDOMコンポーネント数

下水処理と廃棄物処理を連携させた資源循環システムの構築に向けた評価手法の検討

Study of evaluation methods for the establishment of the resource recycling system that connects wastewater treatment and waste treatment

下水道研究部 下水処理研究室

(研究期間 令和3年度～令和5年度)

室長 重村 浩之

研究官 高濱 俊平

研究員 長寄 真

[研究目的及び経緯]

パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略に基づき、エネルギーシステムの強靱化が求められており、下水処理過程で発生する下水汚泥の利活用に留まらず、地域全体で更なる創エネ・省エネ、資源回収を推進していく必要がある。このような背景のもと、下水処理と廃棄物処理を連携させ、廃棄物処理施設で焼却処分されている生ごみ等を下水道に受け入れる新たな資源循環システムの構築を促進すべく、その際必要となる評価手法の確立を目的とした検討を行っている。

令和4年度は、既往の文献や下水処理施設に生ごみ等の地域バイオマスを受入れる業務に携わった実績のあるメーカー等から情報を収集・整理し、経済性や環境性の評価手法を作成するとともに、収集した情報を基に令和3年度に類型化した下水処理と廃棄物処理の連携パターンを更に実現性が高いものとするため再精査を行った。

下水汚泥からの生分解性プラスチック回収可能性に関する研究

Research on the possibility of generation biodegradability plastics from biosolids.

下水道研究部 下水処理研究室

(研究期間 令和4年度～令和5年度)

室長 重村 浩之

研究官 長寄 真

研究官 石井 淑大

[研究目的及び経緯]

下水道は、水、下水汚泥中の有機物、希少資源であるリン、再生可能エネルギー熱である下水熱など多くの水・資源・エネルギーポテンシャルを有するが、その利用は未だ低水準である。本研究では枯渇性資源の使用削減、海洋プラスチックごみ汚染の抑制に資すると考えられる生分解性プラスチックの原料であるポリヒドロキシアルカン酸 (PHA) に着目した。下水汚泥からのポリヒドロキシアルカン酸回収は実用化されておらず、下水汚泥の新たな価値の創出に向けて回収可能性の検討が必要であると考えられる。

令和4年度では、余剰汚泥のポリヒドロキシアルカン酸生産ポテンシャルを把握するため、日本全国の下水処理場から採取した様々な処理方式の余剰汚泥試料を対象にポリヒドロキシアルカン酸生産実験及び賦存量の試算を行った。

気候変動に伴う外力増大を見据えた堤防強化技術の開発

Development of levee reinforcement to prepare for increased external force due to climate change.

(研究期間 令和2年度～令和4年度)

河川研究部 河川研究室
River Department
River Division

室長 福島 雅紀
Head FUKUSHIMA Masaki
主任研究官 三好 朋宏
Senior Researcher MIYOSHI Tomohiro
交流研究員 西嶋 貴彦
Guest Research Engineer NISHIJIMA Takahiko

We are studying a structure that makes the levee persistent against overtopping by protecting the surface of the levee with concrete blocks. In order to study the stability of the block during overtopping, we conducted an experiment to measure the fluid force acting on the concrete block placed on the back slope by overflow water, and proposed a method for calculating the fluid force.

〔研究目的及び経緯〕

令和元年東日本台風による出水では全国で 142 箇所
の堤防決壊が発生し、そのうち 122 箇所は越水が主要
因とされた。越水による堤防決壊は、堤防から溢れた
水（以下「越流水」という。）が、宅地側の堤防の斜面
（以下「裏法面」という。）を流れる際に、裏法面を侵
食することで発生するケースが多い。こうした状況を踏
まえ、国総研では、裏法面を吸出し防止材（厚さ約 10mm
の不織布）やコンクリートブロック（以下「ブロック」
という。）で保護すること等により、越水による堤体の
侵食を遅らせる機能を有する構造について検討してい
る。

越水時に裏法面がブロックで保護された状態を維持
するため、越流水によってブロックが流出しないよう
に、安定性の検討を行うことが重要となる。しかし、越
水時の裏法面の流れが水深の浅い速い流れとなるため、
越流水によってブロックに働く力（以下「流体力」とい
う。）の評価が難しいという課題があった。

そこで、本研究では、越水時にブロックに働く流体
力を計測する水理模型実験（縮尺 1/4）を行い、流体力
の算出方法を提案した。本稿では、特に、実験方法及び
実験結果について述べる。

〔研究内容〕

幅 1m、高さ 1.5m の実験水路内に、図-1 に示す堤防
模型を製作した。裏法面には、木製のブロック模型と
流体力の計測対象となるアクリル製のブロック模型
（以下「計測ブロック」という。）を設置した。越流水
は、裏法面を流れ下るにつれて加速するため、裏法面
の下方でブロックに大きな流体力が働く。最も大きな
流体力を計測するため、計測ブロックは、なるべく下
方に設置した。ブロック形状は、既存の覆土タイプの
ブロック形状を参考に図-2 及び表-1 のように決めた。

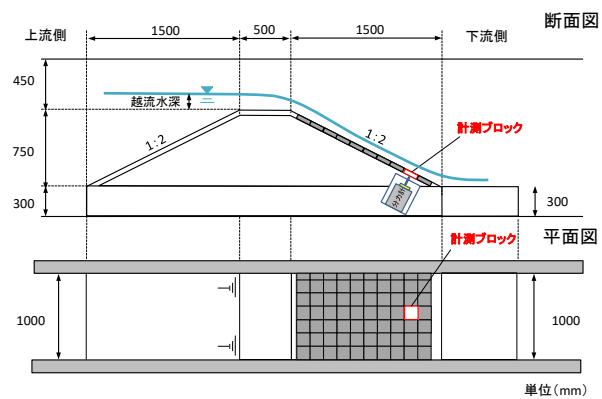


図-1 堤防模型概略図

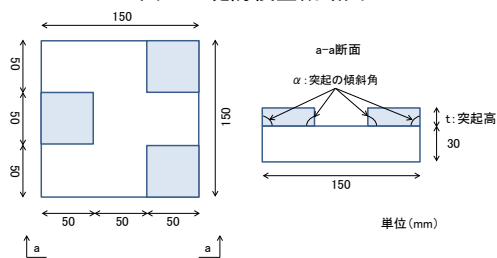


図-2 計測ブロック形状図

表-1 実験ケース一覧

ケース	1	2	3	4	5	6
突起高:t (mm)	15	15	15	12	9	6
突起角:α	90	60	45	90	90	90

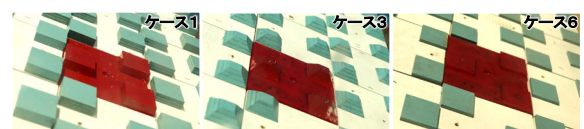


図-3 計測ブロックの形状の例示（ケース 1、3、6）

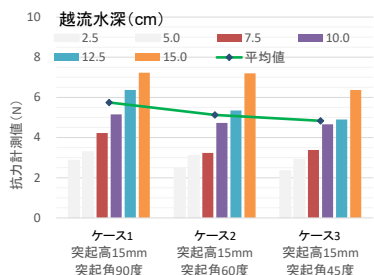


図-4 各ケースの越流水深毎の抗力の計測値

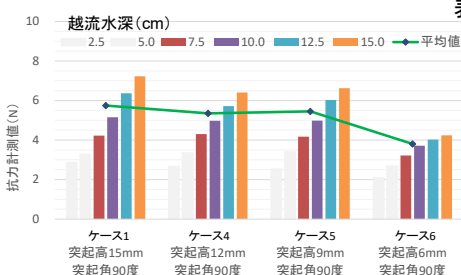


表-2 流れ方の違いによる抗力係数の比較

	①水深が浅く速い流れ ※越水を想定	②水深が深く遅い流れ ※川の中の流れを想定	①/②
ケース1	0.411	0.119	3.5
ケース2	0.339	0.128	2.6
ケース3	0.376	0.136	2.8
ケース4	0.456	0.130	3.5
ケース5	0.463	0.143	3.2
ケース6	0.405	0.162	2.5

※着色箇所は最大値を示す

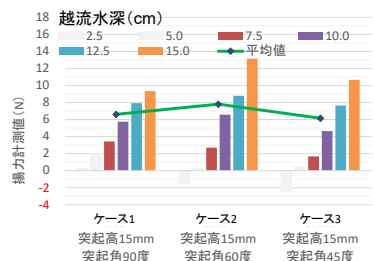


図-5 各ケースの越流水深毎の揚力の計測値

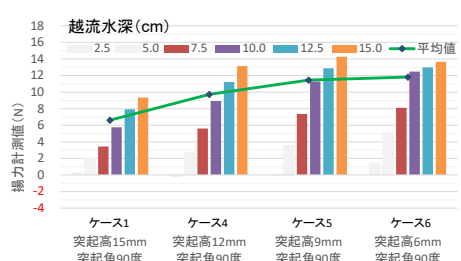


表-3 流れ方の違いによる揚力係数の比較

	①水深が浅く速い流れ ※越水を想定	②水深が深く遅い流れ ※川の中の流れを想定	①/②
ケース1	0.080		0.8
ケース2	0.063		0.6
ケース3	0.039		0.4
ケース4	0.131	0.100	1.3
ケース5	0.164		1.6
ケース6	0.180		1.8

※着色箇所は最大値を示す

堤防模型を越水させ、4分力計を用いて、ブロックに作用する斜面平行方向の力（抗力）、斜面垂直方向の力（揚力）、モーメントの3つの作用力を同時に計測した。越流水深は、過去の越水事例を参考に、2.5cm～15.0cm（越流水深10cm～60cmの縮尺1/4）とした。

表-1に実験ケースを示す。実験は、図-3に例示するように、計測ブロックの突起の角度や高さを変えて、合計6ケース実施した。

【研究成果】

図-4、図-5に、各ケースの越流水深毎の抗力及び揚力の計測値を示す。越流水深が5cm以下の時は、計測ブロックが完全に水没しておらず、浮力がどの程度働いているかが不明なため、分析の対象から除外した。

一般に、ブロックに作用する流速が大きいほど、作用面積が大きいほど抗力・揚力は大きくなる。計測ブロックの突起の角度や高さを変えることによって、流速や作用面積が変わるため、その影響について述べる。

突起の角度を小さくするほど抗力が小さくなる傾向が見られた（図-4 ケース1～3）。これは、突起の角度を小さくするほど、越流水が突起に衝突しづらくなり、突起に沿って滑らかに流れるためと考えられる。一方、揚力については、明確な傾向が確認できなかった（図-5 ケース1～3）。

また、突起高を小さくすることで抗力が小さくなる傾向が見られた。突起高を小さくすることで、流水に対する抵抗（粗度）が小さくなり、計測ブロック表面の流速が大きくなると考えられるが、逆に抗力の作用する面積は小さくなる。今回の計測結果からは、相対的に抗力が作用する面積の影響が大きく、抗力が小さく

なると考えられる。一方、突起高を小さくすると揚力は大きくなる傾向が見られた。突起高を小さくしても揚力の作用面積は変わらないため、流速が大きくなった影響で、揚力が大きくなったと考えられる。

次に、流れ方の違いによる抗力や揚力の働きやすさの違いについて述べる。抗力や揚力の働きやすさは、抗力や揚力を、運動エネルギー及び抗力や揚力が作用する面積で割った係数（抗力係数、揚力係数）で表した。表-2、表-3に流れ方の違いによる抗力係数、揚力係数の比較を示す。表中の①は、越水時の流れ（水深が浅く速い流れ）を想定しており、今回の実験結果から算出した係数を記載している。表中の②は、河川の中の流れ（水深が深く遅い流れ）を想定しており、従来、河川護岸用ブロックの必要重量を算定する際に用いられてきた方法や数値を用いて算出した係数を記載している。これによると、越水時には、一般的な河川護岸用ブロックの必要重量の算定に用いられる抗力係数・揚力係数に比べ、抗力係数が最大3.5倍程度、揚力係数が最大1.8倍程度と大きくなることが確認された。

実験結果を用いて、越水時に流出しないブロックの重量を試算すると、河川護岸用ブロックよりもかなり重いブロックを使用する必要があることがわかった。しかしながら、重いブロックを使用することによって、費用の増大や、施工性の悪化等を招く懸念があるため、ブロックを必要以上に重くせず、ブロックが滑り落ちることを考慮して、しっかりと基礎工でブロックを支えることが重要と考えられる。

【成果の活用】

本成果は、粘り強い河川堤防の構造検討に係る技術資料（案）に反映した。

実データを活用した河道管理計画の検討

Study on river management plan utilizing real date.

河川研究部 河川研究室

(研究期間 平成 29 年度～)

室 長	福島 雅紀
研 究 官	笹岡 信吾
研 究 官	今 勝章

[研究目的及び経緯]

河川研究室では、河道計画の検討にあたり、水理模型実験など大規模な実験ができる施設、装置を整備、管理して提供するとともに、河川事務所等からの技術相談に対応している。本検討では、これらの施設、装置について、老朽化しているものの修繕や更新を計画的に実施し、全国河川の河道計画の検討を支援するものである。

令和 4 年度は、老朽化により更新が必要となった河川水理ポンプ室冷却用水中ポンプの更新及び配管洗浄を実施するとともに、試験運転を実施した。

3次元点群データを用いた洪水流解析手法に関する調査

Survey on flood flow analysis method using 3D point cloud data.

河川研究部 河川研究室

(研究期間 令和 4 年度～令和 6 年度)

室 長	福島 雅紀
主任研究官	田端 幸輔
研 究 官	武川 晋也

[研究目的及び経緯]

河道の点群測量成果を洪水流計算に活用することで、多自然川づくりや減災型の川づくりに寄与することが期待される。そこで本調査では、3次元点群データを用いた標準的な洪水流解析手法を提案するため、実河川を対象とした洪水流解析を実施するものである。

令和 4 年度は、計算格子や粗度調整法を変えた水理計算を実施して計算結果を整理・比較し、水理計算に適した格子形状および粗度調整法を提示した。また、現行の河道計画検討手法で採用される準二次元不等流計算との違いや検討にあたっての留意点を整理した。

令和 5 年度は、平面二次元計算手法を河道計画、河道設計に活用していく上で整理が必要な項目（①種々の抵抗の評価法（樹木群、橋梁）、②検討区間と計算コストの関係）を検討する。また、湾曲部や水衝部を有するセグメント 1～2 での左右岸の水位差や局所的な水位上昇、流速・流向の急変の実態を調査し、平面二次元計算による再現性を検証する。

粘り強い河川堤防の機能を損なう変状に関する検討

Research on deformation of impairing functionality of persistent river levee with overflow resistance performance

(研究期間 令和4年度～令和5年度)

河川研究部 河川研究室

室長	福島 雅紀
主任研究官	三好 朋宏
研究員	三尾 奈々恵
交流研究員	西嶋 貴彦

[研究目的及び経緯]

本研究は、河川堤防を越水した場合であっても、決壊しにくく、堤防が決壊するまでの時間を少しでも長くするなどの減災効果を発揮する粘り強い河川堤防の構造の検討を行うことを目的とする。

令和4年度は、越水に対して粘り強い河川堤防(表面被覆型)の標準的な被覆材を対象として、被覆材の安定性、被覆材を不安定化させる要因を小規模越水実験によって確認した。確認結果を参考にして、裏法ブロック及び法留工の安定性を確認する手法を提案した。

令和5年度は、被覆材(ブロック)の突起や側面の形状、設置方法(法面に平行ではなく、水平に階段状に設置、不陸を再現して設置等)を変えて、小規模越水実験を実施する。実験結果を整理し、粘り強い河川堤防の構造検討や維持管理の留意点を整理する予定である。

河道基盤情報化システム(RBCOM)更新・管理検討業務

Maintenance of River Base Computerization System

(研究期間 平成29年度～)

河川研究部 河川研究室

室長	福島 雅紀
主任研究官	田端 幸輔
研究官	大谷 周

[研究目的及び経緯]

河道計画の検討や維持管理計画の立案を支援するため、河川定期縦横断測量成果、河床材料調査結果等の調査データ、計画高水位・川幅等の計画諸元、河道特性や河床変動傾向等の分析結果等を蓄積し、それらデータを図表化することのできる「河道基盤情報化システム(RBCOM)」を維持・更新している。

令和4年度はRBCOMの動作を遅延させている要因の特定を行い、動作遅延の改善のためのシステム改良を実施した。また、今後、クラウド上でRBCOMを運用する場合を見据え、クラウド環境上でのRBCOMの動作確認を行った。

粘り強い河川堤防の効果の確認に関する検討

Research on checking the effect of persistent river levee with overflow resistance performance

河川研究部 河川研究室

(研究期間 令和4年度～令和6年度)

室長	福島 雅紀
主任研究官	三好 朋宏
研究員	三尾 奈々恵
交流研究員	西嶋 貴彦

[研究目的及び経緯]

河川堤防を越水した場合であっても、決壊しにくく、堤防が決壊するまでの時間を少しでも長くするなどの減災効果を発揮する粘り強い河川堤防を整備するための堤防強化構造の検討を行うことを目的とする。

令和4年度は、粘り強い河川堤防（表面被覆型）の構造として、裏法面に吸出し防止材とコンクリートブロックを設置した構造や、吸出し防止材のみを設置した構造を対象に、大規模越水実験を実施した。実験結果に基づいて、粘り強い河川堤防の構造検討にあたっての留意点を整理した技術資料（案）を作成し、河川研究室のホームページで公開した。

令和5年度は、粘り強い河川堤防（自立型）の構造として、鋼矢板二重壁を対象に、大規模越水実験を実施する。実験結果を整理し、鋼矢板裏法部の洗掘深の推定方法や、構造検討の留意点を整理する予定である。また、「河川堤防の強化に関する技術検討会」の要請を受けて、学民から提案された新たな強化構造について越水実験を行う予定である。

河川整備計画に係る水害リスク評価手法の検討

Research on flood risk assessment methods for designing river channels

河川研究部 河川研究室

(研究期間 令和4年度～令和5年度)

室長	福島 雅紀
主任研究官	三好 朋宏
研究員	三尾 奈々恵

[研究目的及び経緯]

平成30年西日本豪雨、令和元年東日本台風、令和2年7月豪雨など、計画を上回る規模の洪水が発生している。本研究では、計画規模の洪水による被害を防止することに加え、それを越える洪水が発生した場合でも流域における被害を軽減できるような河道計画検討手法を提案するものである。

令和4年度は水害リスク評価手法を見直すため、河川整備の前後でそれぞれの疎通能力を越える規模の洪水時に越水する箇所の変化や越水する順番に着目し、水害リスクの変化を概括的に把握した。

令和5年度は、令和4年度と異なる河道特性や流域特性を有する河川に上記の手法を適用し、課題の抽出と水害リスクを概括的に把握する手法の改善を行う予定である。

河川堤防の耐浸透性能の評価手法に関する検討

Examination of evaluation method of infiltration performance of river levee.

河川研究部 河川研究室

(研究期間 令和3年度～令和4年度)
室 長 福島 雅紀
研 究 官 笹岡 信吾
研 究 官 今 勝章

[研究目的及び経緯]

平成24年の矢部川決壊を受け、基盤漏水による堤防の決壊メカニズムについて検討してきた。これまでの研究において、透水性の異なる複層構造や行止り構造を有する場合等にパイピングが発達しやすいことが明らかとなった。これらを踏まえ、本検討では堤防の持つ治水機能を最大限活用するため、施設能力を上回る洪水が発生した場合の堤防の耐浸透性能を評価する手法を検討している。

令和4年度は、パイピングやすべりによる被災を受けた河川堤防を対象として、パイピング及びやすべりに対する安全性を定量的に評価するための解析プログラム（耐浸透性能評価プログラム）を適用し、安全性評価を実施するとともに、河川堤防一連区間における性能曲線を作成した。

水害リスク管理型の河道計画策定手法の検討

Research on technique to design river channels with flood risk assessment

河川研究部 河川研究室

(研究期間 令和3年度～令和5年度)
室 長 福島 雅紀
主任研究官 三好 朋宏
研 究 員 三尾 奈々恵

[研究目的及び経緯]

平成30年西日本豪雨、令和元年東日本台風、令和2年7月豪雨など、計画を上回る規模の洪水が発生している。本研究では、計画規模の洪水による被害を防止することに加え、それを超える洪水が発生した場合でも流域における被害を軽減できるような河道計画検討手法を提案するものである。

令和4年度は、モデル河川を対象として、別途整理した水害リスク評価手法を適用し、その結果に基づいて整備計画のメニューの変更を試行した。

令和5年度は、令和4年度の試行結果を踏まえて、水害リスク評価の方法や整備メニューの検討の流れを見直し、その結果をとりまとめ、「水害リスク評価の手引き（試行版）」を改定する予定である。

流域治水での河道制御施設等による土砂管理手法に関する調査

Study on Sediment Management Methods with River Channel Control Facilities for River Basin Flood Control

河川研究部 河川研究室

(研究期間 令和4年度～)
室 長 福島 雅紀
主任研究官 田端 幸輔
研 究 官 大谷 周

[研究目的及び経緯]

流域治水を推進するため、河道掘削等の整備によって、河道の流下能力の維持・向上を図り、河川からの氾濫をできるだけ防ぐ・減らすための対策に取り組んでいる。この対策を効果的に進めるためには、堰上下流や狭窄部等における河床変動、粒度分布の変化を精度良く予測するための手法が必要となる。

そのために、本調査では国総研河川水理実験施設内の急勾配模型水路を一部改造し、混合粒径土砂を供給した実験を行い、堰堤上流や狭窄部での土砂堆積とそれに伴う粒度分布の変化特性を把握した。

河道計画における土砂・流木対策に関する検討

Study on sediment and driftwood countermeasures in river channel planning.

河川研究部 河川研究室

(研究期間 令和元年度～令和4年度)
室 長 福島 雅紀
主任研究官 田端 幸輔
研 究 官 大谷 周

[研究目的及び経緯]

近年、大規模洪水時に大量に発生した細粒土砂や流木が河道内に堆積することで生じる洪水氾濫のリスクが高まっており、被害を軽減するための対策を講じていく必要がある。

本研究は、大量に発生した細粒土砂の流入とその堆積に伴う洪水氾濫の現象を再現できる河床変動計算モデルを作成するとともに、河道設計にあたっての留意点を整理するものである。具体的には、高濃度の土砂供給を可能とする実験水路を製作し、多量の土砂による埋塞過程を再現し、実験結果に基づいて河道設計の留意点を整理した。また、実験結果を再現可能な河床変動計算モデルを作成した。

河川環境情報図等作成支援システム構築

Construction of a system to support the creation of river environment information maps, etc..

河川研究部 河川研究室

(研究期間 令和4年度～)
室 長 福島 雅紀
主任研究官 田端 幸輔
研 究 官 武川 晋也

[研究目的及び経緯]

本研究では、DXの一環として河川環境や河道特性に関するデータを流域の地形情報と一体的に管理し、効率的かつ高度な河川管理に活用する手法を検討している。

令和4年度は、三次元河川管内図を基盤として、河川水辺の国勢調査等の河川環境データを一元的に管理し、別途整備済みの河道基盤情報化システムや別途整備中の三次元点群データ等を参照し、河川環境情報図や河川環境管理シート等を効率的に作成できるシステムの構築に向けた仕様書の作成および基本設計を行った。

令和5年度は、令和4年度に作成した仕様書、基本設計を基に、システムの詳細設計を行う予定である。

河川技術に関する研究開発

Promotion of R&D on river technology

河川研究部 河川研究室

(研究期間 平成 22 年度～)
室 長 福島 雅紀
主任研究官 三好 朋宏
研 究 員 三尾 奈々恵

[研究目的及び経緯]

水管理及び国土保全行政における技術政策課題を解決するため、産学の持つ先端的な技術を積極的に活用し、産学官連携による技術研究開発を促進することを目的として、水管理・国土保全局に「河川砂防技術研究開発制度」を設置している。河川研究室は、本省水管理・国土保全局河川情報企画室と合同で河川技術部門の事務局を務めている。

令和 4 年度は、令和 2 年度の公募課題「越水に対する河川堤防の強化構造の検討に資する評価技術の開発」で採択された 3 テーマ、令和 3 年度の公募課題「流出抑制対策の治水効果を推定できる流出解析・洪水解析技術に関する研究開発」で採択された 2 テーマの合計 5 件の委託研究を実施した。

開発公募運営

Operation of public recruitment of R&D on river technology

河川研究部 河川研究室

(研究期間 平成 22 年度～)
室 長 福島 雅紀
主任研究官 三好 朋宏
研 究 員 三尾 奈々恵

[研究目的及び経緯]

水管理及び国土保全行政における技術政策課題を解決するため、産学の持つ先端的な技術を積極的に活用し、産学官連携による技術研究開発を促進することを目的として、水管理・国土保全局に「河川砂防技術研究開発制度」を設置している。河川研究室は、本省水管理・国土保全局河川情報企画室と合同で河川技術部門の事務局を務めている。

令和 4 年度は、公募案件の審査及び成果の評価等を行う委員会を合計で 4 回開催した。新規公募課題については、国総研から委託研究を行う指定型課題(越水時における堤防裏法部の侵食量を評価する技術の開発)にて 2 件の他、地域課題にて 3 件、流域課題にて 1 件、革新的河川技術部門にて 2 件の研究テーマを新規採択し、令和 5 年度から技術研究開発を実施する。実施中の技術研究開発においては、研究成果の質の向上を目的として、技術研究開発課題ごとに各研究テーマの研究代表者、学識者、水管理・国土保全局担当者、及び国総研河川研究部担当者による意見交換会を合計で 3 回開催した。

災害対策検討や災害予測等に資する情報提供等に必要な情報管理システム保守

Maintenance of information management system that contributes to prevent disaster

河川研究部 河川研究室	(研究期間	令和2年度～)
	室長	福島 雅紀
	主任研究官	田端 幸輔
	研究官	大谷 周

[研究目的及び経緯]

河道や河川構造物に関する災害調査報告書等を蓄積し、被災状況、調査内容とその方法、被災要因分析結果、および被災要因を踏まえた対策の検討経緯等を関係部局で共有することは、確実な防災対策の実施や人材育成の観点で重要である。

令和4年度は、17河川の水利諸量および縦横断データを河道基盤情報システム（RBCOM）に新たに登録した。

総合土砂管理の観点での河川現場での課題分析手法の整理

Organized methods for analyzing issues at river sites from the perspective of integrated sediment management.

河川研究部 河川研究室	(研究期間	令和3年度～令和4年度)
	室長	福島 雅紀
	主任研究官	田端 幸輔
	研究官	武川 晋也

[研究目的及び経緯]

本研究では、河川管理における土砂に係る課題を整理し、河道領域における課題を解決するために、総合土砂管理が効果的である河川を見出す手法を検討する。

令和4年度は、一次元河床変動モデルの枠組みで二極化進行を表現できる手法を構築し、長期の河床変動予測計算を実施することで、最深河床高が弱点層に到達するまでの期間を推定した。また、気候変動による海面水位上昇に伴う河口域での土砂堆積量と土砂堆積期間を予測し、海岸領域への土砂供給が軽減する期間を推定した。

気候変動を見据えた海岸防護の再構築手法に関する研究

Research on coastal protection for adapting to the future climate change.

河川研究部 海岸研究室

(研究期間 令和3年度～令和5年度)
室 長 加藤 史訓
主任研究官 渡邊 国広

[研究目的及び経緯]

気候変動による海面水位・波浪等の外力変化を海岸管理者が見据え、海岸における面的防護の再構築を検討するにあたって必要な、設計外力の変化量の整理、面的防護による適応策の検討方法の開発、既存施設の効率的な改良方法等の整理をおこなうことを目的とする。

令和4年度は、地形データが乏しい海岸において Bruun 則を用いて汀線後退量を概算するケースを想定し、公表されているレーザー測量成果や海底地形図を用いた試算をおこない、結果に含まれる不確実性を評価するとともに、公表データを利用する場合の留意点を整理した。また、令和3年度に作成した海岸保全検討ツールについて、将来の外力変化を任意で設定出来るようにする等の改良をおこなった。

今後は、詳細な将来予測に必要な海浜変形計算手法の確立と、設定条件等による不確実性も考慮できる計算結果の出力手法の確立に向けた研究を実施する。

波浪うちあげ高予測の精度向上に関する検討

Research on improvement of prediction about wave runup heights

河川研究部 海岸研究室

(研究期間 令和4年度～令和5年度)
室 長 加藤 史訓
主任研究官 姫野 一樹
研 究 官 福原 直樹

[研究目的及び経緯]

本検討は、海岸管理者等による適切な水防活動が図られるとともに、高潮高波減災支援システムで実施している波のうちあげ高の予測精度の検証に活用するため、CCTV カメラ画像を活用した海岸における高潮・高波による越波状況のリアルタイム検知システムの開発を行うものである。

令和4年度は、河川での堤防越流検知システム等の既往研究のレビューを行い、波のうちあげという間欠的な事象に対して、セマンティックセグメンテーションを活用した越波を検知する手法の基礎的な検討を実施した。

今後は、平成30年21号台風などの越波が確認されている CCTV カメラ画像を用いて、本手法による自動検知プログラムの開発を行い、精度検証や適用条件の整理を行うとともに、一部の直轄海岸において自動検知を試行する。

衛星画像を活用した海岸線モニタリングの対象拡大に関する検討

Research for expanding the application of shoreline monitoring based on satellite image analysis.

河川研究部 海岸研究室

(研究期間 令和元年度～令和4年度)
室 長 加藤 史訓
主任研究官 渡邊 国広
研 究 官 湯浅 直美

[研究目的及び経緯]

気候変動に伴う海面水位の上昇等による海岸侵食の兆候をいち早く把握できるようにするため、衛星画像等を活用した海岸線モニタリングの技術を実用化し、全国の海岸の長期的なモニタリングに向けた試験運用を開始する。

令和4年度は、令和3年度に作成した情報公開のためのサイトについて、海岸管理者のネットワーク環境における動作を確認するためのユーザーテストを実施したうえで、表示方法の改良をおこなった。また、令和3年度に作成した海岸線抽出プログラムについて、衛星画像から海岸線を抽出する際に利用する学習モデルの改良を行うとともに、解像度を落とさずに空中写真を解析可能とするためのプログラム改良を実施した。

波の多方向性を考慮した海岸保全施設の安定性に関する調査

Research on the stability of coastal protection facilities to multi-directional waves

河川研究部 海岸研究室

(研究期間 令和4年度～令和6年度)
室 長 加藤 史訓
主任研究官 野口 賢二
研 究 官 福原 直樹

[研究目的及び経緯]

越波や海岸侵食の防止を目的として海岸に設置されている人工リーフや離岸堤のブロック重量算定において、現状では波の不規則性や多方向性を加味するために単一方向からの規則波による実験結果に対して安全率を設定しているが、その根拠は不明である。また、施設の端部での被災が多く生じており、この被災メカニズムは解明されているとはいえない。そこで、本調査では、2方向から来襲する波等による沖合消波施設の3次元的な被災機構を把握し、その被災を防ぐ手法を提案することが目的である。

令和4年度は標準的な海底モデルを設置した上で、多方向不規則波を造波して実験として有効な造波条件と施設モデルの有効実験範囲を把握した。

高潮・高波の浸水危険度の予測高度化に関する検討

Research on improvement of prediction about inundation risk induced by storm surges and high waves

河川研究部 海岸研究室

(研究期間 令和4年度～令和7年度)

室長	加藤 史訓
主任研究官	姫野 一樹
研究官	福原 直樹
研究官	湯浅 直美

〔研究目的及び経緯〕

国総研では、高潮・高波等による浸水を予測し、水防活動等に役立てるため、全国（一部島嶼部を除く）に配置された重点監視箇所における浸水危険度と、全国約500地点でのうちあげ高をリアルタイムで予測する高潮高波減災支援システム（以下、「本システム」）を開発している。本検討の目的は、本システムの機能拡充と予測精度の向上を図ることである。

令和4年度は、浸水危険度とうちあげ高の予測情報をリアルタイムに統合災害情報システム（DiMAPS）へ送信するシステム改良を実施した。また、平成30年21号台風などで空振りや見逃しが発生していた157事例を対象に精度検証を実施し、精度検証結果を踏まえてうちあげ高算定式の見直しなどの改良を実施した結果、109事例が解消された。

今後は、高潮・高波等に対する適切な水防活動等が図られるよう、本システムの予測結果の閲覧性の向上やさらなる予測精度の向上を図る。

高波に対して粘り強い海岸堤防の構造に関する検討

Research on tenacious structures of coastal dikes against high waves

河川研究部 海岸研究室

(研究期間 令和3年度～令和5年度)

室長	加藤 史訓
主任研究官	姫野 一樹
研究官	福原 直樹

〔研究目的及び経緯〕

海岸堤防の粘り強い構造については、設計規模を超える津波に対して技術開発が進み、現場への実装が進んでいる。一方、高潮・波浪に関しては、設計外力による洗掘に対して必要な矢板工の長さなどが経験的に定められてきたが、設計規模を超える外力に対する構造を検討するためには、洗掘のメカニズムに立ち返って分析することが重要となる。

今年度は、高波浪に対する海岸堤防の粘り強い構造（矢板工を用いた構造）に関して、堤防表側・裏側に生じる洗掘に着目した大型水理実験を行った。その結果、矢板根入長によっては堤防破壊に至ることが明らかとなり、矢板を用いた粘り強い構造を検討するにあたって、前面の洗掘及び矢板根入長の詳細な検討が必要なことが確認された。

海岸環境の簡易モニタリング手法の開発

Establishment of simplified method for monitoring beach environment.

河川研究部 海岸研究室

(研究期間 令和元～令和4年度)
室 長 加藤 史訓
主任研究官 渡邊 国広

[研究目的及び経緯]

砂礫浜海岸における生物生息の状況を全国で継続的に調査できるようにするため、海岸協力団体等の協力を想定した「住民参加型の海辺の生物国勢調査」の手法を構築する。また、得られた調査結果をもとに海岸の生物生息環境の状態を客観的に評価する指標を開発する。

令和4年度は、令和3年度に作成した鳥類の市民参加型調査手法を千葉県内の1海岸で試行し、結果を踏まえて、市民参加型調査の手法及び事前学習資料の改良をおこなった。また、令和3年度に開催した海辺の生物国勢調査に関する研究会において得られた有識者からの助言を踏まえ、市民参加型の海辺の生物国勢調査マニュアル(案)を改訂した。

客観的判断による空洞箇所の把握に関する検討

Research for the evidence-based detection of cavities in coastal dikes

河川研究部 海岸研究室

(研究期間 令和2年度～令和4年度)
室 長 加藤 史訓
主任研究官 姫野 一樹
研 究 官 福原 直樹

[研究目的及び経緯]

海岸堤防等における空洞化の早期発見に向け、目視による巡視や一次点検において外観の変状等から空洞化している箇所を推定するための着目点等を既往の空洞化事例から分析する。同時に、海岸堤防等に適用可能な空洞化把握技術の選択肢を広げるための調査を行う。

今年度は、海岸堤防天端下部の空洞化を再現した模型実験を実施し、手動による打音探査、計器による打音探査を実施した。複数の検査員による手動の打音探査の正答率は33%以下であり、海岸堤防における手動による打音探査の適用性は低いことが確認された。また、計器による打音探査による自動判定でも空洞化の把握は難しいことが確認された。よって、被覆工が厚い海岸堤防下の空洞把握を行うには、これまで他分野で実施されてきた手法の適用は難しい。今後は、非可聴域の打音データの解析も視野に入れ、検討を勧めていく必要がある。

観測水位を活用した傾向分析による中小河川の水位情報 提供システムの開発

Development of water level information provision system for small and medium-sized rivers
by trend analysis using observed water level

(研究期間 平成 30 年度～令和 4 年度)

河川研究部 水循環研究室
River Department
Water Cycle Division

室 長 竹下 哲也
Head TAKESHITA Tetsuya
主任研究官 土屋 修一
Senior Researcher TSUCHIYA Shuichi
研究官 諸岡 良優
Researcher MOROOKA Yoshimasa

This research has conducted various studies on the forecasting and display system of the Flood Risk Line Ver. 1, improved the forecasting accuracy and display functions, and developed the Flood Risk Line Ver. 2. This paper outlines the details of the advancement of the Flood Risk Line Ver.1 and the development of Ver.2.

〔研究目的及び経緯〕

近年、気候変動等に伴い台風の大型化、前線性豪雨の発生等により、豪雨災害が頻発・激甚化し、多くの人的被害が発生している。水害による被害軽減を図るためには、多様な主体が河川氾濫の発生前に避難や水防対策を講ずることが求められる。そのためには、今後の河川の状況変化に関する予測情報が重要な役割を果たし、洪水に関する予測の更なる精度向上や長時間化、対象河川の拡大が求められている。

本研究は、2018 年度より一級水系において構築が進められ、2020 年度より運用が開始されている水害リスクライン Ver.1 の予測、表示システムについて、種々の検討を進め、予測精度の改善や表示機能の改良を行い、さらに水害リスクライン Ver.2 の開発をしたものである。本稿では、水害リスクライン Ver.1 の高度化、Ver.2 の開発の内容について、概説する。

〔研究内容〕

水害リスクライン Ver.1 の予測精度の改善のために、以下の手法の開発を行った。

1. 1. 縦断水位補正手法の開発

水害リスクラインでは、水位を縦断的に計算することから、上下流の観測水位を境界値とした不定流計算の縦断水位を観測値として扱い、差分を算出することで、縦断的に補正する手法を開発した。

1. 2. ダムの放流計画の反映手法の開発

予測計算において、ダムは操作規則に基づいて放流する機能が組み込まれているが、今後の放流計画を手入力し、予測計算に反映させる手法を開発した。

1. 3. 危機管理型水位計データの同化手法の開発

一定以上の水位となった時点で観測を開始する危機管理型水位計の特性を踏まえ、通常水位計と併せて危機管理型水位計データを同化する手法を開発した。

1. 4. 39 時間先河川水位予測手法の開発

気象庁 MSM を使用し、予測先行時間を 1 日半程度に長時間化した。長最尤粒子による予測により、予測長時間化に伴う計算負荷を軽減した。

また、水害リスクライン Ver.1 の改良に対応した表示機能の改良として、以下の項目の機能を開発した。

- ・ダム流入・放流量の表示機能の開発 (図 1)
- ・危機管理型水位計の表示機能の開発 (図 2)
- ・39 時間先予測水位の表示機能の開発 (図 3)

水害リスクライン Ver.2 の開発については、Ver.1 と同様に流出モデル及び河道モデルに、データ同化技術を適用し、流出モデルについては、RRI モデルを用いる (図 4) こととし、以下の手法の開発を行った。

2. 1. 氾濫を考慮した河川水位予測手法の開発

Ver.2 では、氾濫を考慮した計算が可能な RRI モデルを流出モデルに用い、河道モデルにおいても越流モデルを組み込み、越水による河道内の流量変化を考慮できる河川水位予測手法を開発した (図 5)。

2. 2. アンサンブル水位予測手法の開発

気象庁 MEPS、GEPS を使用し、予測先行時間を 3 日程度に長時間化した (図 6)。また、アンサンブル予測雨量の 21～51 パターンの予測雨量を与えて、予測幅のある水位予測手法を開発した。

また、水害リスクライン Ver.2 のアンサンブル水位予測に対応した表示機能の改良として、アンサンブル水位予測の表示機能を開発した (図 7)。

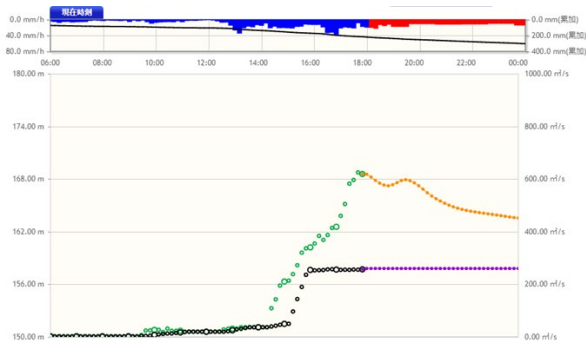


図1 ダム流入・放流量の表示機能

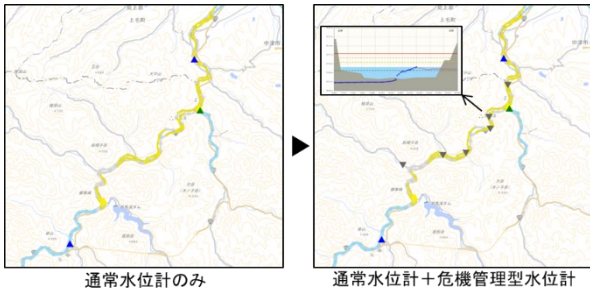


図2 危機管理型水位計の表示機能

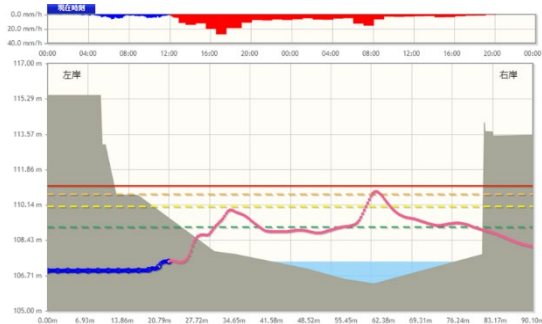


図3 39時間先予測の表示

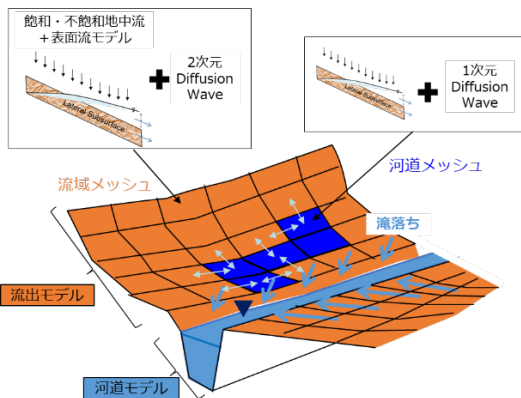


図4 河川水位予測モデルのイメージ

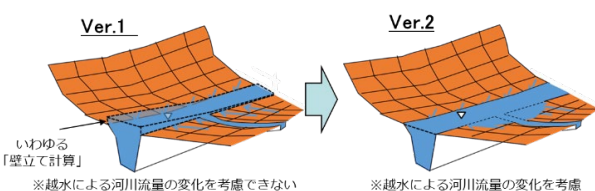


図5 水害リスクライン Ver1 と Ver.2 の差異

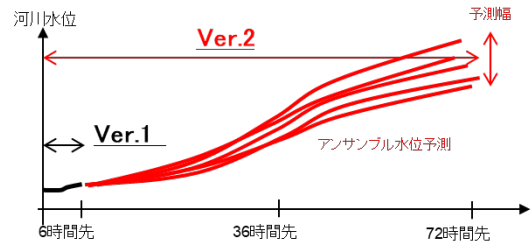


図6 水害リスクライン Ver1 と Ver.2 の差異

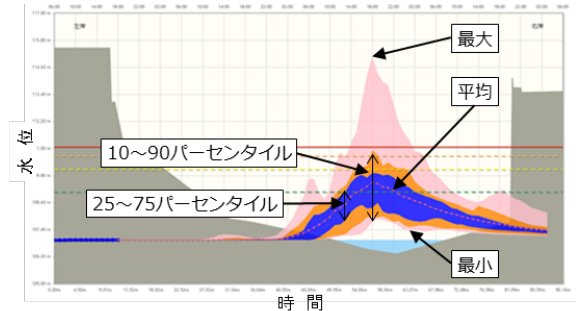


図7 アンサンブル水位予測の表示

【研究成果】

水害リスクライン Ver.1 の予測精度の向上等に関する種々の検討により以下の成果が得られた。

縦断水位補正手法の開発により、洪水危険度の縦断的な判定精度が改善されている。ダムの放流計画の反映手法の開発により、実態に近いダム操作が予測に反映されること、予測精度の改善されている。危機管理型水位計データの同化手法の開発により、河川縦断水位として一連区間の計算精度の向上を確認した。39時間先河川水位予測手法の開発により、現行の計算サイクル（10分間隔）を変更せず、1日半程度先までの予測を可能とした。また、これらの検討に関する表示機能を開発し、計算結果や観測データの閲覧を可能とした。

水害リスクライン Ver.2 の開発により、河川上流の越水による流量変化を踏まえて下流の水位予測を行うことが可能となり、予測精度の向上が期待されることである。また、アンサンブル水位予測の導入によって、3日程度先までの予測水位を、予測の信頼幅と併せて示すことができ、大規模水害時の広域避難等において、十分なリードタイムの下、不確実性も考慮した避難判断に活用されることが期待される。

【成果の活用】

水害リスクライン Ver.1 の予測精度の向上及び Ver.2 の開発等に関する本研究の成果は、地整、事務所に共有した。本研究の成果をもとに現在、各地整、事務所において水害リスクラインのシステム改良が進められており、2023~2025年度内の運用開始を目指しているところである。

気候変動影響評価のための流域規模でのダム貯水池・下流河川の熱収支解析技術の確立

Establishment of heat balance analysis technology for dam reservoirs and downstream rivers on a basin scale to evaluate the effects of climate change

河川研究部 水循環研究室

(研究期間 令和3年度～令和5年度)
室 長 竹下 哲也
主任研究官 西村 宗倫

[研究目的及び経緯]

気候変動に伴う地球温暖化により、ダム貯水池・下流河川の水温上昇が推測される。この水温上昇により、生態系（貴重種、希少種を含む）や漁業、農業への水利用、水質等への影響が懸念される

このため、国総研においては、ダム貯水池および下流河川の水温を評価するための熱収支解析技術を確立し、河川環境分野における国土交通省気候変動適応計画の更なる充実を目指している。

令和4年度は、機械学習（ランダムフォレスト）による統計的モデルを用いて、河川水温を試算し、精度を確認した。

VR 技術を活用した洪水の見える化技術の開発

Development of flood risk visualization method using virtual reality technology.

河川研究部 水循環研究室

(研究期間 令和2年度～令和4年度)
室 長 竹下 哲也
主任研究官 土屋 修一
研 究 官 諸岡 良優

[研究目的及び経緯]

近年、豪雨災害が激甚化・頻発かする中で、洪水時に住民が的確な避難行動をとれるよう、河川氾濫の切迫性をリアルタイムで分かりやすく伝えることが求められている。本研究では、河川水位等の洪水予測情報をVR技術を用いて表示するシステムの構築を行う。このシステムは、現地で事前に撮影した写真や3次元測量データにゲームエンジンで作成した3次元の河川水面モデルを合成して表示し、洪水の危険性をより具体的にイメージできるようにするものである。

今年度は、前年度に構築した河川水位予測のVR表示プロトタイプについて、沿川自治体の防災担当者へのヒアリングを実施し、要望を踏まえた機能の改良と新たな区間においてVRを作成した。VRの作成に当たっては、従来の手法よりも効率的にクオリティの高いVRを作成可能なフォトグラメトリ技術を採用している。今後、3次元管内図等を活用し、本VRを容易に作成できるよう作業手順をとりまとめた標準仕様案を作成し公表する予定である。

気候変動を考慮した氾濫可能性の影響評価手法の研究

Research on evaluation of the possibility of flood occurrence under future climate change.

河川研究部 水循環研究室

(研究期間 令和4年度～令和7年度)
室長 竹下 哲也
主任研究官 前田 裕太
研究官 高橋 祐貴

【研究目的及び経緯】

将来の気候変動の影響による水災害の激甚化・頻発化を考慮するため、降雨量変化倍率を活用した計画の策定が始まっている。一方で、気候変動による降雨の時間分布・地域分布の変化、及び、その変化が洪水や氾濫発生リスクに与える影響の評価が十分ではないため、評価手法の確立が必要である。

令和4年度は、過去の観測降雨や気候変動予測データ（過去・将来実験）における降雨の時空間分布を整理した。また、空間統計解析を用い、総降雨量に応じた時空間集中度の分布の可視化を行った。

流域対策を踏まえた河川整備計画の検討手法の検討

Research on river improvement planning that account for river basin disaster resilience and sustainability by All.

河川研究部 水循環研究室

(研究期間 令和4年度～令和5年度)
室長 竹下 哲也
主任研究官 前田 裕太
研究官 高橋 祐貴

【研究目的及び経緯】

将来の気候変動の影響による水災害の激甚化・頻発化を踏まえ、河川整備を含む流域治水対策が推進されているが、流域治水を踏まえた河川整備計画の策定・見直しにあたっては、様々な降雨パターンに対し、下流から行う河道整備に加え、上流・支川における遊水地・霞堤の保全等の流域対策を含めた、本川・支川・上下流一体となった検討が必要である。本研究では、流域対策を踏まえた河川整備計画の検討手法の一環として、降雨の時空間分布の変化を考慮した流出解析手法や、本支川合流のタイミングを考慮した洪水解析手法の検討を行うものである。

令和4年度は、降雨の時空間分布の変化を考慮できる分布型流出解析モデルと、既往の集中型流出解析モデルを複数の降雨パターンについて比較することにより、モデルによる相違及びその要因を整理した。また、本支川の合流時間の違い等を考慮できる不定流解析についての適用可能性を整理した。

気候変動による渇水流量への影響・適応策の設定に関する研究

Research on the impact of climate change on drought flow and the setting of adaptation measures

河川研究部 水循環研究室

(研究期間 令和2年度～令和4年度)
室長 竹下 哲也
主任研究官 西村 宗倫

【研究目的及び経緯】

気候変動に伴う地球温暖化により、降雨形態の変化、蒸発散量の増加、降雪水量の減少が予測されている。これにより、河川の渇水流量が減少し、渇水被害の激甚化が懸念される。

このため、国総研においては、本研究において、全国の1級水系を対象に、地域気候モデルの出力を用いて渇水流量の影響評価を行い、水資源分野における国土交通省気候変動適応計画の更なる充実を目指している。

令和4年度は、タンク型流出解析モデルのパラメータを再調整し、地域気候モデルの出力を用いて河川流量等を計算した。その結果については、今後、論文等の投稿を予定している。

大規模洪水に対する多目的ダム・利水ダムの有効活用のための洪水予測システムの開発

Development of a system for effective utilization of multi-purpose dam and water utilization dam against extreme flood

河川研究部 水循環研究室

(研究期間 令和元年度～令和6年度)
室長 竹下 哲也
主任研究官 土屋 修一
研究官 諸岡 良優

【研究目的及び経緯】

近年頻発する大規模洪水の被害をできるだけ軽減するためには、計画規模を上回る洪水が予見された際に多目的ダムだけでなく、利水ダムも含めた流域内のダムを総動員した防災操作が必要である。大規模な洪水であるほど、多目的ダム・利水ダムの利水容量を活用した事前放流には長時間のリードタイムが必要であるとともに、下流河川の水位への影響を考慮する必要があるため、本研究では、気象庁が配信するアンサンブル予測雨量等を利用し、水系全体における長時間先のダム流入量及び下流河川の水位状況を予測し、事前放流の実施判断に資するシステムを開発する。

今年度は、過年度までに開発した水害リスクライン表示システムのプロトタイプについて、既存の表示機能に加えて、操作規則に基づく放流及び事前放流を考慮した予測結果を比較表示する機能の追加を行った。今後は、ガイダンス・アンサンブル予測雨量では予測が困難な線状降水帯における事前放流実施判断用の予測降雨データ設定手法の開発を予定している。

高精度データの河川・流域管理への活用のための CommonMP のシステム改良

Application of high resolution data to river basin management utilizing Common Modeling Platform for water- Material circulation analysis (CommonMP)

河川研究部 水循環研究室

(研究期間 令和元年度～令和4年度)

室長	竹下哲也
主任研究官	前田裕太
研究官	高橋祐貴

【研究目的及び経緯】

近年の河川管理の現場においては、河川定期縦横断測量への高精度・高密度な三次元測量（LP 等）の適用や、危機管理型水位計などによる高密度な観測データの取得と水位予測への活用、あるいは河川 CIM への取り組みなどが進んできており、CommonMP でそれらの高精度・高密度データを活用したいとする強いニーズがある。そこで本研究では、CommonMP で高精度・高密度データを読み込み、解析に使える形に変換し、精度良く計算を行うためのシステム改良を行う。

令和4年度は、CommonMP ウェブサイトにて、河道改変量算出ツール、樹木群改変量算出ツールを公開するとともに、国交大研修などで活用し、普及促進に努めた。

ダムで計測された地震動データを活用した 被災状況推定システムの開発

Development of a damage estimation system using seismic motion data measured at dams.

(研究期間 令和4年度)

河川研究部 大規模河川構造物研究室
River Department
Large-scale Hydraulic Structure Division

室長 櫻井 寿之
Head SAKURAI Toshiyuki
主任研究官 小堀 俊秀
Senior Researcher KOBORI Toshihide
研究官 松下 智祥
Researcher MATSUSHITA Tomoaki

Many dams measure seismic motion. At the dam, the value of the maximum acceleration is used as a judgment for carrying out the inspection of the dam. However, we have not been able to utilize the diverse information contained in seismic motion data. Therefore, We constructed "A system for early estimation of earthquake impacts on dams" to estimate the impact of an earthquake on a dam from seismic motion data.

〔研究目的及び経緯〕

今後 30 年間で南海トラフ地震が発生する確率は 70～80%とされ、広範囲で大規模地震の切迫性が高まっている。大規模地震により万一ダムが重大な被害を受けた場合、直接被害に加え、治水機能や水供給への影響が長期に及ぶことが考えられる。そのため、大規模地震時には、広域に点在する多数のダムへの影響を迅速に把握し、必要な支援体制の構築が求められる。

現在、多くのダムで地震動データを取得しているが、現在は最大加速度値を個々のダムの臨時点検要否の判断に利用しているが、広域的な被害予測への活用や、地震動データが持つ多様な情報の直接的な活用ができていないのが現状である。

また、大規模地震発生時のダム管理の現状として、本省、地方整備局や国総研においては、実際の被害状況の報告を集めるのに時間がかかるという課題がある。ダム管理者については、夜間や休日等の地震発生時間帯や、ダム周辺の道路事情等によってはダム管理者によるダムの状況把握に時間を要する場合がある。そのため、地震発生後の状況によっては、適切な体制の構築を行うことが難しい場合が想定される。

上記の課題等を踏まえ、広域に点在する多数のダムへの地震の影響を、地震動データから迅速に推定し、必要な支援体制の構築を実現するダム地震影響即時推定システム（以下、即時推定システムと略す）の構築を行った。

〔研究内容〕

本研究では、地震発生直後に予想される被害の有無や程度等を推定し、関係者間での情報共有を早期に行うことにより、課題の解決を図ることを目的に、即時

推定システムを作成した。即時推定システムに AI を用いた地震動データの異常検知を導入するため、システムの作成前に AI による判定の試行を行い適用性の検証を行った。

〔研究成果〕

1. システムの概要

即時推定システムは、図-1 及び以下の①～③に示すように、以下の 3 つの方法を用いて異常有無の判定を行い、判定結果の情報発信を行うことができる。

- ①地震発生直後に気象庁から得ることのできる地震の規模、震源の位置や深さ等の情報から、距離減衰式¹⁾を用いてダム基礎岩盤の加速度を推定し、事前解析結果や既往地震時の点検結果に基づく異常可能性の有無の判定を行う。
- ②ダムで観測された地震動データを別途国総研で整備を行った地震動データ収集システムを通じて収集し、地震動データから算出した最大加速度から、

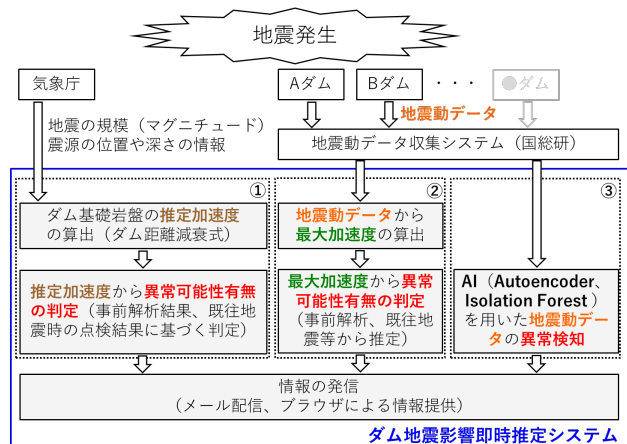


図-1 即時推定システムの概要

事前解析結果や既往地震時の点検結果に基づく異常可能性の有無の判定を行う。

③ダムで観測された地震動データを、地震動データ収集システムを通じて収集し、AI技術を活用した異常検知を行う。AIを活用した異常検知については、次節で示す試行を行った後に即時推定システムに組み込んだ。

2. AIによる判定の試行

既往研究²⁾により、比較的大きな地震動を受けた際に堤体の固有振動数が変化したことが指摘されている。ダムで取得される地震記録のうち、堤体応答が反映される上部(天端)での観測記録をもとに、ダムの固有振動数の変化を見逃すことなく検知することを目的として、AI技術を用いた異常検知について試行を行った。試行を行ったAI技術は、Auto Encoder(AE)とIsolation Forest(IF)を用いた。

AEとは、自己符号化器と呼ばれ、ニューラルネットワークを用いた教師なし学習の手法の一種である。入力された正常な地震動データを圧縮(エンコード)し、特徴量を残した後、再度もとの次元に復元処理(デコード)する入力を再現するモデル(図-2)である。異常の検知は、正常な地震動データを学習させたモデルに対して、異常と思われる地震動データを入力し、正常なデータと異常なデータの再現性の差により異常の検知を行うものである。

IFは木構造を用いて多数のデータ(図-3(a)同図の例ではA~F)の分類を行う決定木を用いた教師無し学習の手法の一種である。ある特徴量の最大値から最小値の間の閾値をランダムに設定して特徴量を分割し、全ての特徴量が孤立するまで分割を繰り返していく(図-3(b))。その際、正常データの特徴量は値が近いためなかなか孤立せず、分割回数が多くなる。一方、異常データの特徴量は正常データのそれと差があるため、少ない分割回数で孤立しやすくなる。この特性から正常/異常の分類を行う。

試行結果の例として、「基礎加速度が25gal以上かつ、ピーク前後のランニングスペクトルが低減する」のデータを異常データとし、それに該当しない60波形のデータを正常データとしてAEとIFで学習を行った。学習結果を踏まえ、表-1に示すように、異常データと正常データ(このデータは学習データには用いていない)の判定を行った。試行の結果、AEによる異常判定がIFに比べて検出割合が高い結果となった。

なお、現時点では学習用データの蓄積が少ない状況にあるため、今後、データの蓄積が進んだ後の検証が実施できるよう、即時推定システムにはAEとIFの両方の計算ができるような構成とした。

【成果の活用】

本研究により開発を行ったシステムは、情報をメールで配信することに加え、図-4に示すようにイントラ

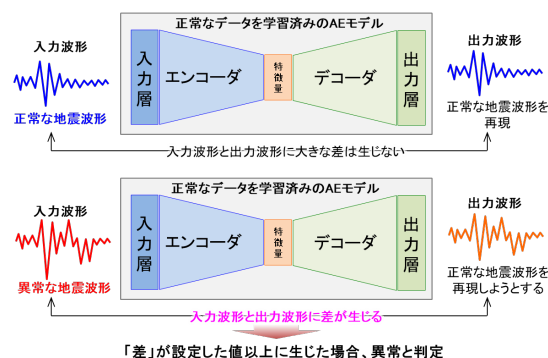


図-2 AEの概要

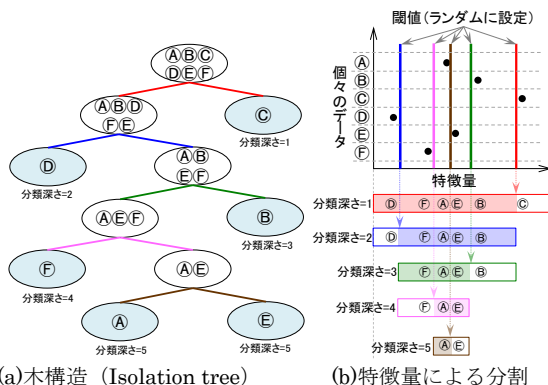


図-3 IFの概要

表-1 試行結果例

項目	ダム名	AE		IF			
		波形数(実績)	AEによる異常検知数	検出割合	波形数(実績)	IFによる異常検知数	検出割合
異常データ (固有振動数の変化あり)	Aダム	5	5	100%	5	4	80%
	Bダム	4	3	75%	4	1	25%
	Cダム	0	0	-	0	0	100%
	計	9	8	88%	9	5	56%
正常データ (固有振動数の変化なし)	Aダム	7	0	100%	7	0	100%
	Bダム	8	0	100%	8	0	100%
	Cダム	12	0	100%	17	0	100%
	計	27	0	100%	27	0	100%

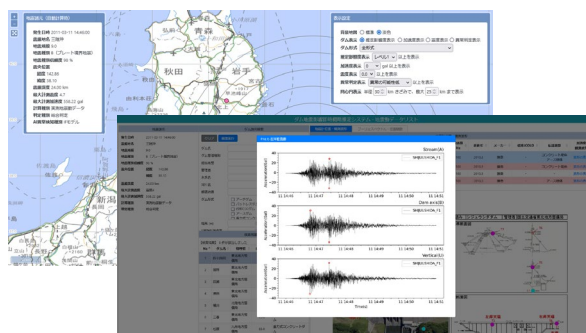


図-4 Webブラウザによる推定結果の閲覧事例

内での閲覧も可能である。本研究の成果により地震発生直後予想される被害の有無や程度等を推定し、関係者間で情報共有を早期に行うことが可能となった。

【参考文献】

- 1) 佐々木隆、伊藤壮志：東北地方太平洋沖地震を踏まえたダム基礎岩盤における地震動距離減衰式、日本地震工学会論文集、16巻、4号、pp.80-92、2016。
- 2) 金銅将史、小堀俊秀、佐々木隆：地震動がコンクリートダムの振動特性に及ぼす影響、ダム工学、27(4)、pp.265-278、2017。

ダム事業におけるリスク認識・対処方法の体系化に関する調査

Study on systematization of risk identification and response process in dam projects.

(研究期間 令和2年度～令和4年度)

河川研究部 大規模河川構造物研究室
River Department
Large-scale Hydraulic Structure Division

室長 櫻井 寿之
Head SAKURAI Toshiyuki
主任研究官 金縄 健一
Senior Researcher KANENAWA Kenichi
研究官 西村 柁哉
Researcher NISHIMURA Masaya

We collected and organized examples of recognizing various risks in domestic and overseas dam projects from interviews with dam construction office staff and literature, and created a tool to check for such risks. And we asked dam construction office staff to use the tool at the actual dam site, and exchanged opinions with them and improved the tool.

〔研究目的及び経緯〕

ダムは基礎岩盤とあいまって外力に抵抗する構造物であることから、地質に関するリスク（不確実性）に対して慎重な調査・検討が行われている。また、地質の不確実性に関わるリスク以外にも、大規模外力発生の不確実性、施工の不確実性、ダムや構造物の挙動に関わる不確実性、ダムの存在に起因する現象に関わる不確実性（水理、水質、堆砂等）、ダムをとりまく諸条件の不確実性（自然・社会環境の条件の変化や古いダムの情報不足等）等があり、これらの不確実性がリスクとなる可能性がある。このようにダム事業における不確実性は多岐にわたることから（図-1）、これに対処していくためには多様な関係者との協働が必要である。

また、ダム事業は規模が大きくリスクが顕在化した場合の影響は甚大になる恐れがあることから（図-2）、ダム事業を安全で円滑に遂行するためにリスクに対して適切に対処することは極めて重要である。

以上のことを踏まえて、実際のダム事業におけるリスクを関係者が適時適切に認識出来るようにすることを目指し、本研究では、多種多様なリスク事例を収集・分析し、それらのリスクを認識・共有するためのツールの作成を行った。

〔研究内容〕

本研究では、①国内外におけるダム事業の各種リスク認識事例を、ダム事業者や専門家等へのヒアリング及び文献等により収集・整理し、②収集した事例と同様のリスクがないかをダム事業者がチェックすることができるツール（チェックリスト・事例集等）を作成した。また、③作成したツールを実際のダム現場で試験的に活用し事業者と意見交換を行うことでツールの改良を行った。

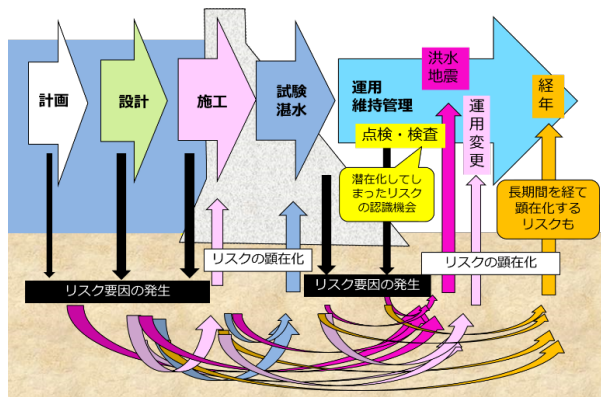


図-1 ダム事業におけるリスク要因の発生・顕在化のイメージ



図-2 長期供用中ダムの洪水放流で損傷した洪水吐きが使用不能となったことに伴う堤体外からの越流事故（米国、2017）

〔研究成果〕

本研究の成果は、以下のとおりである。

① リスク事例の収集と分析

ダム事業の計画、設計、施工、管理段階等において発生し得るリスクを約 200 事例収集した。それらのリスクを分析した結果、各種リスクの発生要因は、(1)洪水・地震等の外的要因、(2)地形地質・材料の品質等の外的な要因であるが対処可能なもの、(3)設計・施工管理等による内的要因に分類されるもの、に大別されることが分かった。また、リスクが顕在化した場合の影響は、ダム安定性に影響を及ぼすもの、ダムの機能に影響を及ぼすもの、コストに影響を及ぼすものに大別されることが分かった。

表-1 ダム事業における各種リスクのチェックリスト（一部抜粋）

項目1	項目2	項目3	チェックを行うべき段階						リスク認識の際にコミュニケーションが必要関係者	番号	ダム建設中のチェック項目	チェック結果	参照事例
			計画	実施設計	施工	試験湛水	管理移行	設計者					
1. ダム計画基本案件	流域及び水系の治水・利水計画		○	○	○			○	1	ダム事業途上において大規模洪水の発生などがあつた場合、計画高水流量の変更がないことを確認しているか。		No.65	
	事業目的		○	○	○			○	2	ダム事業の途上で利水計画変更（利水機能の規模縮小・拡大や利水者の撤退・参画）の可能性がないことを確認しているか。		No.47	
2. 広域の地形・地質等	広域の地形・地質条件 第四紀断層の分布		○	○	○	○	○	○	3	広域の地形条件と地質条件が把握されているか。		No.177	
			○	○	○	○	○	○	4	第四紀断層の調査が最新の指針に則って行われているか。	④	No.178	
			○	○	○	○	○	○	5	文獻断層の抽出は、最新の文獻を参照して行われているか。	④	No.178	
			○	○	○	○	○	○	6	ダムサイトから3km以内に第四紀断層は存在しないこと、または、10km以内に10km以上の第四紀断層は存在しないこと、あるいは、第四紀断層が存在してもダム敷近傍への方向性を持たないことを確認しているか。	④	No.136	

② リスクを認識・共有するためのツールの作成

収集・整理した事例や現行の各種基準類等を基に、ダム事業者がリスクをチェックすることができるツール（チェックリスト、事例集等）を作成した。

チェックリスト（表-1）は、ダムの新規建設用とダム再生用の2種類を作成し、チェック項目はそれぞれ事業の項目毎に体系的に整理している。また、チェック項目は約160項目と多岐にわたっており、事業段階毎（実施設計、試験湛水等）にチェックすべき項目を区分している。また、各チェック項目において想定しているリスク内容を参照できるように、各チェック項目に該当する基準や事例集（後述）の番号を紐付けている。

事例集（図-3）は、①で収集したリスク事例について、リスク発生までの要因・影響やリスクの顕在化に至った経緯等を整理したものである。また、当該リスクが懸念される場合に想定される対処方法についても検討し、整理した。

③ ツールの実用化に向けた改良

本研究で作成したツールを複数のダム事業者において、試験的に活用した。ツールを試行したダム事業者の担当者の中には、ダム経験が浅い若手職員も含まれており、そのような職員からはチェック項目が抽象的だと回答が難しく作業が負担になるといった意見があった。それを踏まえ、チェック項目は可能な限り具体的にすべく、複数の要件が想定されるチェック項目は、確認すべき項目の具体例を列挙するなどの改良を行った。また、チェックリストの参照ページをクリックするだけで該当する事例集のリンクに飛ぶようにすることで、作業負担を軽減する等の改良も行った。

また、試験活用において、ダム経験が浅い職員からは、本ツールによりダム事業を安全で円滑に進めるための留意点を学ぶ事ができるとの意見もあった。本ツールは、ダム事業の担い手不足の中で若手職員へのダム事業に関する技術継承にも貢献できると考える。

【成果の活用】

本研究で作成したツールは、実際の建設中ダムにおいて活用を行う予定である。また、実際に活用しながら、随時ツールの改良・更新を行っていく。

項目	内容
リスクの内容	<ul style="list-style-type: none"> リスクを認識した時点: ー リスクを認識した事業段階: 施工 リスクの内容: 施工中の出水によって、非常用洪水吐き法面にクラックが発生した リスクの要因: 施工途中の法面の存在 リスクを認識したきっかけ・根拠となった事象: 施工途中の法面工におけるクラックの発生 発生しやすさ: 出水により、施工途中の法面に変状が生じる可能性がある 発生した場合の影響: 斜面崩落やダムの変形・変状が発生し、ダムの安全性や非常用洪水吐きの機能に影響を及ぼす恐れがある
リスクの分類の観点	<ul style="list-style-type: none"> 不確実性の存在: 大規模外水・湧水 リスクの要因の性質: ①. 空間的・時間的変動とともなるもの（想定条件を超える外力の作用） リスクの顕在化が想定される場面: ①. 事業実施段階で顕在化しうるもの リスクが顕在化した場合の影響: ②. ダムの安全に影響を及ぼしうるもの、③. ダムの機能に影響を及ぼしうるもの ②. 発生 リスクへの対処方法: 挿入盛土による応急対策の後、アンカー・法施工・鉄筋挿入工による法面対策を行った。
因果関係図（商業レベル）	<p>出水の発生 → 法面工が施工途中であった → 地下水位置の上昇 → 法面にクラックの発生 → 斜面崩落、ダムの変形・変状の発生 → 法面対策の実施</p>
説明図（建設現場写真等）	<p>収容法面、底脚部、法面崩壊の準備に備え、法面に亀裂、法面に亀裂、法面に亀裂</p> <p>非常用洪水吐き法面の全貌、法面工の被災状況</p> <p>非常用洪水吐き（第一減勢工部）横断面</p> <p>図中の注釈: 変状ライン、法面崩壊、新設アンカー、底脚部挿入工、挿入盛土、非常用洪水吐き</p>
確認の有無	<ul style="list-style-type: none"> 認識時点: ー 対応の状況: ー
事業段階	リスク対応経緯
計画段階	
設計段階	
施工段階	<ul style="list-style-type: none"> ダム建設期 非常用洪水吐きの構造物施工に先立ち、基礎掘削及び法面工に着工 施工途中の出水によって、非常用洪水吐き法面にクラックが発生 基礎掘削を中断し、応急対策として挿入盛土工を実施 既設アンカーの孔内注ぎや目視点検によるモニタリングの
試験湛水段階	
管理段階	
調査分析	<ul style="list-style-type: none"> 原因特定のための調査分析等: 応急対策後に学識経験者の現場確認に基づく技術的な助言を得て実施 影響経緯のための調査分析等: 応急対策後に学識経験者の現場確認に基づく技術的な助言を得て実施 対応の必要性判断・方法決定のための分析等: 応急対策後に学識経験者の現場確認に基づく技術的な助言を得て実施
リスク対応	<ul style="list-style-type: none"> 対応の内容（回避・低減・共有）あるいは保有: 低減 対応の具体的方法: 変状を軽減した法面の安定化を図るため、基礎掘削を中断し、挿入盛土による応急対策を実施。 対応方法の判断権限: ー 保有の選択理由: 保有の選択理由（保有の影響（見逃し）） 情報共有の有無、および有る場合はその方法・範囲: 有: 建設工学分野の学識経験者 監視の有無、および有る場合はその方法・範囲: 有: 既設アンカーの孔内注ぎや目視点検によるモニタリングの実施。
特記事項	<ul style="list-style-type: none"> 経緯①-③技術的課題、②事業実施要件上の制約（工期、費用等）、③ダム運用上の制約、④人的・組織的要因による課題、リスク対応の結果①-③工程・費用等への影響、⑤従事者（リスク管理手法を改善する余地）など ③工程・費用等への影響
適用基準	
キーワード	台風洪水吐き法面クラックアンカー

図-3 各種リスクに関する情報を整理した事例集の例

気候変動に伴う外力変化とその不確実性を考慮した有効なダム構造等の検討調査

Research on effective dam structures, considering external force changes and their uncertainties due to climate change.

河川研究部 大規模河川構造物研究室

(研究期間 令和4年度～令和6年度)

室 長 櫻井 寿之

主任研究官 金縄 健一

研 究 官 西村 柁哉

[研究目的及び経緯]

気候変動に伴う外力作用の増大が懸念される中、長期的な外力条件の変化にも適応が容易なダムの計画・設計方法を提案することを最終目標とし、令和4年度は、気候変動に伴う外力作用の増大に対する国内外の対応方針について整理するとともに、将来の外力作用の増大を考慮した手戻りの少ない合理的な対応策を、ダム再生手法ごとに整理した。また、対応策適用時の概算工事費・工期についてモデルダムを用いて検討し、対応策の効果を確認した。費用・工程等の観点からメリット・デメリット等を整理し、各対応策を実施するための条件や実用性について確認した。

令和5年度は、令和4年度に整理した対応策のうち実用性の高い対応策について、効果や課題を詳しく評価し、実施すべき対応策の種類や規模を検討する。また、対応策を体系的にとりまとめ、適用可能な条件や対応策の選定方法を検討する。

ダム・堰管理データベース更新・分析業務

Update and Analysis of Dam and Weir Management Database

河川研究部 大規模河川構造物研究室

(研究期間 平成28年度～)

室 長 櫻井 寿之

主任研究官 小堀 俊秀

研 究 官 松下 智祥

[研究目的及び経緯]

ダムを対象に施設管理の効率化や災害時の危機管理で活用する複数のデータベースやシステムについて、利用対象組織の拡大と、活用性の向上及び保守・運用管理の合理化を図るためのダム施設管理データ統合運用システムの構築に向けて、令和4年度は、ネットワーク構築、サーバ構築、データ連携等に関する統合運用システムの主にネットワークに関連する部分の構築を行った。

令和5年度は、ダム・堰管理データベースを軸にダム分野におけるDXを推進するため、ダムの建設段階から維持管理、さらには将来的なダム再生までを見据え、各事業段階で作成される各種データを事業段階間において継続した有効活用が可能となるよう、デジタルデータとして収集・蓄積を可能とするために必要なデジタルデータの仕様に関する検討を行う。またダムの維持管理現場における点検等の作業効率の向上を図るために、デジタル機器を有効活用した点検等のあり方等に関する検討を行う。

ダム管理者支援のための維持管理データの有効活用技術の開発

Development of dam manager support technology by making more effective use of safety monitoring data

河川研究部 大規模河川構造物研究室

(研究期間 令和2年度～令和4年度)

室長	櫻井 寿之
主任研究官	小堀 俊秀
研究官	松下 智祥

【研究目的及び経緯】

ダム管理者によるダムの異常有無の判断を支援するために、ダムで取得される漏水量や変形等の時系列データに着目した異常有無の判断を支援するAI技術を活用した「判断支援ツール」の作成を進めた。令和4年度は、過年度までに試作した判断支援ツールにて、ダム管理者による試行を行い、実際のダム管理業務の中で使いやすくなるように、現場実装化に向けて必要な改良を行った。また、マニュアルやサンプルデータ等を作成し、判断支援ツールの普及に向けた環境を構築した。

今後は判断支援ツールをダム管理関係者へ提供し、ダムの維持管理において活用を進めていく。

洪水氾濫に伴う地域の迅速な復旧のための 残留土砂の低減方策に関する基礎的研究

Preliminary study on measures to reduce sedimentation in flooded areas for rapid restoration of local communities

(研究期間 令和3年度～令和4年度)

河川研究部 水害研究室
River Department
Flood Disaster Prevention Division

室 長 井上 清敬
Head INOUE Kiyotaka
主任研究官 武内 慶了
Senior Researcher TAKEUCHI Yoshinori
研究官 海老原 友基
Researcher EBIHARA Yuki

In recent years, severe flood disasters have occurred frequently in Japan. It takes a lot of money and time to remove and clean up the sediment that has accumulated in the flood water, and this is a major hindrance to rapid recovery after the disaster. We investigated the impact on sedimentation by the location of the levee break and the flood prevention forest, and examined the possibility of sediment control.

〔研究目的及び経緯〕

近年、治水施設設計規模を超過する洪水が頻発しており、特に洪水氾濫においては、流体力による家屋等の損壊に加えて、氾濫水に混入し堆積した土砂（以下、残留土砂という。）の除去及び清掃に多大な費用と時間を要し、被災後の迅速な復旧・復興の大きな妨げとなっている。更に、高齢化の一層の進展と、新型コロナウイルスの感染対策に伴う災害ボランティアの活動の制約により、残留土砂の除去が一層困難な状況にある。

本研究では、洪水氾濫域内の残留土砂の低減方策の提案及びその効果の評価手法の確立に向けて、これらの検討に必要な基礎的知見を得ることを目的とする。

〔研究内容〕

国総研では、氾濫に伴い流送・堆積した土砂の除去及び清掃に多大な費用と時間を要し、被災後の迅速な復旧・復興の妨げとなっている実態を踏まえ、洪水氾濫における氾濫域内の残留土砂の低減方策に関する研究開発を行っている。

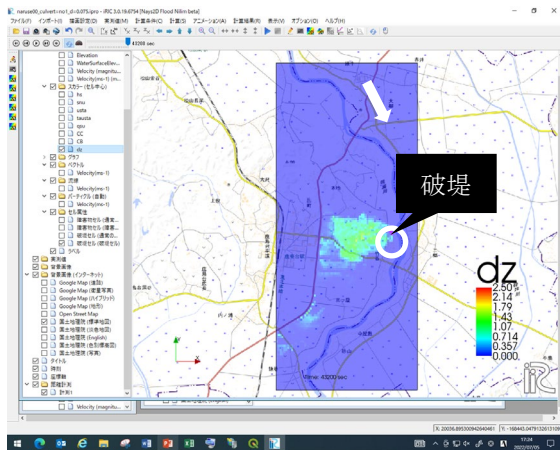
まず、iRICNays2dFlood を改修し均一粒径モデルで土砂濃度輸送方程式に基づく土砂輸送と、岸・板倉式による浮遊砂浮上速度、Rubey の式による沈降速度を考慮することで土砂堆積の再現を可能にしたソルバにおいて、氾濫再現計算を行った。単一の氾濫ブロックであるモデル流域を対象に、上流側と下流側で破堤箇所を変化させることが、残留土砂の堆積分布に及ぼす影響について感度分析的に検討した。河川の上流端から流量 $1500\text{m}^3/\text{s}$ の洪水流を土砂体積濃度 0.58% で 6 時間流下させる。その後、4 時間かけて流量

$300\text{m}^3/\text{s}$ 、土砂体積濃度 0.052% まで線形的に減少させた。その後、2 時間この洪水流を流下させた。洪水流が流下し始めて 100 分後に右岸堤防が破堤する条件で計算を行った。

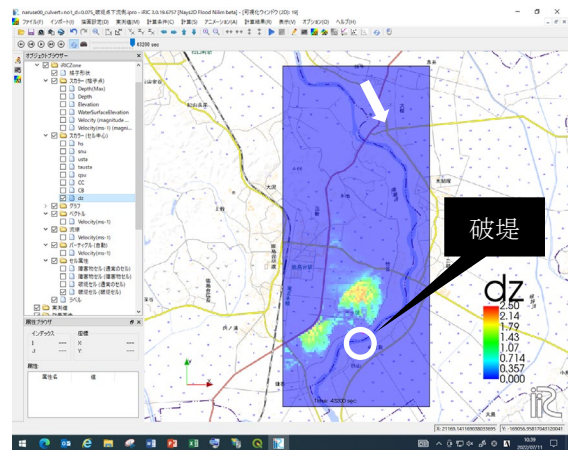
次に、破堤地点近傍に水害防備林を設置することが、残留土砂の堆積分布に及ぼす影響について、水理模型実験に基づき調べた。具体的には、直線河道と氾濫原を模擬した実験水路において破堤口の背面に水害防備林を模擬したプラスチックの糸が絡み合った超多孔体（以下、ヘチマロンと称す）を配置することによる、氾濫原への氾濫流量・土砂流入量および土砂堆積分布の変化について計測・観察した。傾斜 $1/800$ と設定した有堤河道において堤防と見立てた仕切りを瞬時に取り外すことにより破堤現象を再現した。破堤中の河道流量は $68\text{L}/\text{s}$ で定常とし、代表粒径が 0.11mm の



図-1 平成 23 年台風第 12 号で熊野川の氾濫により堆積した土砂(田辺市本宮町)
提供：国土交通省近畿地方整備局



(a) 上流側より破堤



(b) 下流側より破堤

図-2 破堤を伴う氾濫による土砂堆積計算



(a)



(b)

図-3 破堤を伴う氾濫による土砂堆積実験結果

(a) ヘチマロンなし (b) ヘチマロンあり

土砂を体積濃度が 0.1% となるように手で 10 分間投入した。その後、破堤口を締め切り、氾濫原を乾燥させたのち、堆積した土砂の計測を行った。

【研究成果】

上述のモデル流域を対象とした氾濫計算結果の一例として、残留土砂の堆積分布を図-2 に示す。なお、洪水流は堤防から越流しなかった。上流側より破堤させた場合(図 2(a))と下流側から破堤させた場合(図 2(b))において残留土砂の分布面積は、下流側破堤条件の方がやや小さい結果が得られたものの、明瞭な差異は見られなかった。しかしながら、下流側より破堤した場合(図 2(b))において厚く土砂堆積する範囲と薄く土砂堆積する範囲が比較的明瞭に現れており、より限定された箇所へ土砂堆積範囲が制御されていることがわかる。これは、下流側から破堤することに伴い、浸水範囲が氾濫原の下流側から上流方向に徐々に広がり、その際、氾濫流の流速が小さくなったために土砂が沈降しやすくなったためと考えられた。

次に、水害防備林による氾濫原への土砂流入制御可能性を実験水路での氾濫実験により検討した。水害防備林を考慮しない場合の土砂堆積分布を図-3(a)に示

す。破堤口より斜め方向へ吹き出すように氾濫流が生じ、流速が速い範囲においては土砂が流送されて堆積せず、その縁辺に広く薄く土砂が堆積(最大堆積厚: 2.0mm)する傾向が見られた。水害防備林を考慮する場合の土砂堆積分布を図-3(b)に示す。水害防備林により氾濫流の流速が抑えられる傾向が見られ、土砂の堆積範囲が水害防備林の周辺に限定され、堆積範囲内における堆積厚さが大きくなる傾向(最大堆積厚: 6.0mm)が明瞭に見られた。

【まとめ】

氾濫原の上流側で破堤させるより下流側で破堤させるように氾濫計算を行うと氾濫範囲の総面積に明瞭な差異は見られなかったが、より限定された範囲に厚く堆積する効果が確認された。また、実験水路で土砂を含む氾濫実験において、水害防備林を模したヘチマロンを破堤口背面に配置したところ、氾濫流の流速が小さくなり、土砂の堆積範囲を小さく収まる結果となった。以上の結果より、氾濫流を制御することで土砂堆積被害を軽減しうる。また、氾濫原の下流側から氾濫させ、想定氾濫箇所の背面に水害防備林を配置することにより、土砂堆積被害がさらに軽減することが期待される。

氾濫シナリオ別ハザード情報図に基づく減災対策検討手法の研究

Research on disaster mitigation measures with using scenario based hazard maps.

河川研究部 水害研究室

(研究期間 令和3年度～令和5年度)
室長 井上 清敬
主任研究官 武内 慶了
研究官 山本 哲也

【研究目的及び経緯】

近年の激甚化・頻発化する水害を踏まえ、国土交通省では「流域治水」を推進している。流域治水の進展は、治水事業に加え、河川管理者以外も取り組む「減災対策」の推進が重要である。減災対策を推進するには、河川管理者以外との「協働」が重要であり、地域の水害ハザード特性を把握し、認識共有することが重要である。

本年度は、地域の水害ハザード特性を把握するため、複数の河川を検討対象流域として、従来の洪水浸水想定区域図が対象とした想定最大規模以外の様々な降雨シナリオを対象に、解析条件を変化させて浸水想定図を作成し、水害ハザードとして浸水深に着目して、その変化特性を整理した。

来年度は、水害ハザード特性の評価手法を検討し、減災対策の効果の評価手法を検討する。

地域の人的被害・住宅全半壊防止によるレジリエンス強化検討手法の開発

Development of study method for strengthening local resiliency against flood disasters through preventing human damage and severe housing damage.

河川研究部 水害研究室

(研究期間 令和元年度～令和3年度)
室長 井上 清敬
研究官 山本 哲也

【研究目的及び経緯】

地域の社会経済の持続性を確保するためには、洪水時の人的被害や住宅全半壊等の被害を防止することが重要であり、河川整備等による氾濫防止・軽減対策に加え、氾濫した際に被害が想定される場所についてまちづくり等と連携した暴露・脆弱性低減対策を進めていくことが重要である。このような対策の具体的推進には、地域の浸水ハザード（リスク）情報の共有が重要である。現在公表されている浸水ハザード情報には洪水浸水想定区域や家屋倒壊等氾濫想定区域があるが、原則として外力規模が想定最大規模（再現期間 1,000 年程度等）であることから、地域のほぼすべてが想定浸水域となっている場合などではまちづくり等での活用が限定的とならざるを得ず、活用しやすい浸水ハザード情報の提供が求められている。

本年度は、まちづくりや住まい方の工夫等の参考となるよう浸水範囲と頻度の関係をわかりやすく示した水害リスクマップ等の作成手法の技術開発を実施した。具体的には、モデル地区を対象とした氾濫解析モデルの作成を行い、微地形のモデル化有無による影響、降雨の時空間分布による影響、下流端水位の境界条件設定による影響、小規模河川における流体力及び破堤条件の設定方法による影響についての感度分析を実施した。

既存水防工法の改良・水防資機材備蓄数量の見直し等に関する検討

Research on improvement of flood damage reduction activities in communities.

河川研究部 水害研究室

(研究期間 令和2年度～令和4年度)

主任研究官 武内 慶了
研究官 海老原 友基
室長 井上 清敬

【研究目的及び経緯】

毎年のように河川氾濫による人的被害を伴う激甚な水災害が発生しており、水防活動による減災対策がますます重要になっている。水防団員数の減少やサラリーマン団員の増加等が進行している水防活動の現状を踏まえ、本研究では最新の ICT 技術等を活用し、水防活動を効果的に支援する技術の社会実装を推進するため、水防活動支援情報共有システムや水防活動の安全確保技術等について研究するものである。

本年度は、過年度に構築したプロトタイプ版「水防活動支援情報共有システム」を、自治体の協力を得て、実地域における試験運用を行った。試験運用後にヒアリングを実施し、改良意見の洗い出しを行った。これら意見を踏まえ、SNS トーク機能を用いた現場写真の投稿時にコメント入力機能の追加や、巡視～変状発見～対処完了といった一連の対応時系列を同一事案ごとに整理する機能の付加等、より現場の使いやすさを重視した機能改良を行った。

河川整備等と防災まちづくりの総合的・多層的な取組の調査

Study of comprehensive and multi-layered approach to river improvement and disaster-resilient community planning.

河川研究部 水害研究室

(研究期間 令和4年度～令和7年度)

室長 井上 清敬
主任研究官 武内 慶了
研究官 山本 哲也

【研究目的及び経緯】

国土交通省は、治水の考え方を「流域治水」に転換し、流域全体のあらゆる関係者が取り組む減災対策を進めるとしている。流域治水の実効性を高めるには、治水事業に加え流域の関係者による減災対策の効果を計上した治水計画を策定し、まちづくりに関する計画と整合させることが重要である。

本年度は、解析条件等の観点で離散的に作成される多段階の浸水想定図から作成する、被害と降雨規模の関係曲線から水害ハザード特性を読み解く手法により、減災対策による水害ハザードの変化を地点毎に評価する手法の試案を示した。

今後は、暴露や脆弱性の情報を含む水害リスクの評価手法を検討し、まちづくりに関する計画と整合を図る手法を検討する。

水害リスク評価手法に関する研究

Research on flood risk assessment methods.

河川研究部 水害研究室

(研究期間 令和3年度～令和5年度)

室長 井上 清敬
研究官 山本 哲也

【研究目的及び経緯】

気候変動に伴い、近年、毎年のように全国各地で水害が発生し、今後、水害の激甚化・頻発化が懸念される。これに対応するには、水害リスクを踏まえたまちづくり・土地利用の促進など流域治水の取り組みの推進が求められる。これに関係者と協働で取り組むためには、比較的発生頻度が高い降雨規模に関する水害リスクとして、想定される浸水範囲や浸水深を地図（以下、浸水想定図）等で共有することが重要である。

本年度は、浸水想定図について、降雨の規模を従来の想定最大規模に加えて中小規模まで変化させ、また大規模～中小規模の河川からの外水氾濫、小規模水路・下水管からの氾濫や低地・窪地の湛水のような内水氾濫を一体的に評価可能な「多段階の浸水想定図」の作成手法を技術開発した。また、多段階の浸水想定図を用いて、所与の浸水深になると想定される浸水範囲を「浸水頻度」として降雨の確立規模別に異なる色で示した「水害リスクマップ」の作成手法を技術開発し、「多段階の浸水想定図及び水害リスクマップの検討・作成に関するガイドライン」として令和5年1月に公表した。

今後は、2級河川や中小規模の河川でも水害ハザードの評価ができるよう、多段階の浸水想定図等の作成手法の合理的な簡素化手法を検討する。

高頻度流域精密測量による短期・中期土砂流出対策手法高度化 のための研究

Research on the advancement of short/mid-term sediment discharge control methods using high-frequency precise measurement for basin.

土砂災害研究部 砂防研究室
SABO Department
SABO Planning Division

室 長
Head
主任研究官
Senior Researcher

(研究期間 令和4年度)
山越 隆雄
YAMAKOSHI Takao
坂井 佑介
SAKAI Yusuke

LiDER surveys was conducted multiple times immediately after a flood event during a year to obtain high-frequency and high-density DEM with little uncertainty. Then, we understand the actual conditions of riverbed fluctuation in the small and medium-magnitude flood event, and points of attention regarding the obtainment and use of topographic data for numerical analysis.

〔研究目的及び経緯〕

近年、豪雨の頻発化・激甚化により土砂・洪水氾濫やその後の活発な土砂流出による被害が頻発している。この被害を防止・軽減するためには、対策計画の立案に必要な河床変動計算等の数値解析技術の高度化を早期に実施する必要がある。一方で、数値解析の計算結果の比較・検証に必要な地形に関するデータは数年に1度の広域を対象とした航空レーザ測量で取得されており、必ずしも顕著な土砂移動が生じる大規模な出水現象のみをとらえられているわけではない。

このことから、本研究では、対象とする流域規模に適した計測手法によって、1年間で出水後の航空レーザ測量を複数回行うことにより、不確実性の少ない高頻度・高密度測量データを取得する。その上で、数年の間に複数回発生するような中小規模の出水における河床変動の実態を把握し、顕著な土砂移動が生じる大規模な出水を対象とした数値解析に用いる地形データの取得・活用等に関する留意点を把握することを目的とする。

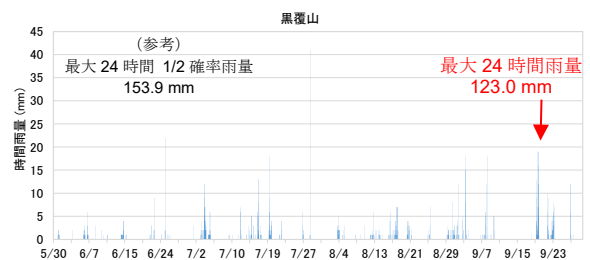
〔研究内容〕

調査対象流域は、天竜川上流河川事務所管内の与田切川流域（流域面積：42.7km²、平均河床勾配：1/9）である。航空レーザ測量は、計測密度4点/m²以上で、令和4年5月と11月の2回実施した。計測範囲について、1回目は坊主平砂防堰堤からオンボロ沢源頭部と与田切川本川の延長16,000m、幅200mの範囲、2回目は坊主平砂防堰堤からオンボロ沢源頭部の延長11,000m、幅200mの範囲である。この航空レーザ測量結果から、DEM（0.5mグリッド）データ、簡易オルソフォト画像（分解能25cm以下）を作成し

た。なお、天竜川上流河川事務所が7月に航空レーザ測量を1回実施しており、そのデータを借用している。この3回の航空レーザ測量によって取得した地形データを用いて、差分解析により、2期間の流出土砂量および河床変動量を算出するとともに、土砂収支図を作成した。そして、流砂観測地点における流砂量と比較・分析することにより、調査対象流域における降雨－水流出－土砂流出の応答関係を把握する。また、3回の測量結果と2期間の土砂収支から、当該流域における縦断的・平面的な河床変動特性を整理・分析する。具体的には、航空レーザ測量結果（DEMデータ、オルソ画像）によって河床勾配や川幅等の地形要素を把握するとともに、主題図（植生区分図、表面粒径区分図、比高区分図、想定水位区分図、溪床幅・地下開度図）を作成する。その上で、地形要素や主題図の情報と河床変動量の関係について、散布図およびヒストグラムを作成することにより、縦断的・平面的な河床変動特性を分析する。

〔研究成果〕

令和4年度の出水期間中の最大24時間雨量は1/2年確率未満という毎年発生する程度の降雨で、航空レーザ測量結果の差分解析による令和4年度の出水期間中



図一1 黒覆山観測所の時間雨量（令和4年）

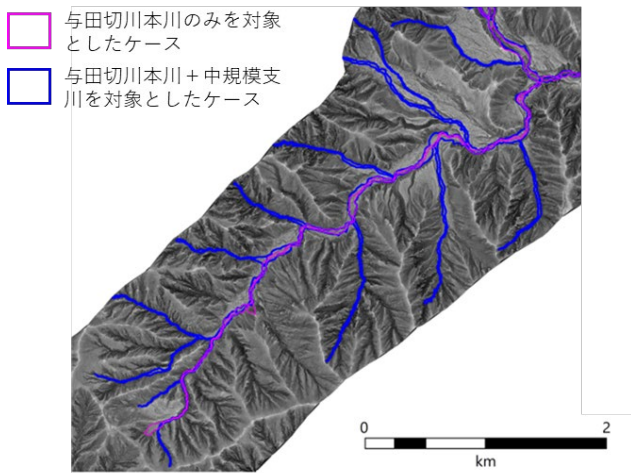


図-2 差分解析の範囲の比較

表-1 ピーク水深・ピーク流量・流砂量・差分解析による流出土砂量の比較結果

分析事項	実測値				LP
	ピーク水深 (m)	ピーク流量 (m ³ /min)	掃流砂量 (m ³)	浮遊砂量 (m ³)	LP差分 (m ³)
差分期間① (R4.5.29 17:00~7.29 12:00)	0.61 (7/19 12:08)	34.34 (7/19 12:08)	348	1,417	67,131
差分期間② (R4.7.29 12:01~11.6 17:00)	0.64 (9/20 8:19)	37.15 (9/20 8:19)	472	3,058	12,124

における流出土砂量は約 80,000 m³であった。これは、上流域で発生した深層崩壊の土砂が流出した R1.10~R2.9 の流出土砂量約 270,000 m³の 1/3 程度である。このことから、崩壊等が発生しないような小規模な出水でも一定程度の土砂が流出しており、航空レーザ測量の間隔が複数年にわたる場合、顕著な土砂移動が生じる大規模出水前後の比較的小規模な出水による土砂流出の影響を考慮する必要があることがわかった。

また、顕著な土砂移動が生じるような大規模な出水がない場合、流出土砂量を算出する差分解析の範囲は主要な土砂生産場と本川、規模の大きな支川に限られることがある。一方で、本研究において、差分解析の範囲を与田切川本川のみを対象としたケースと与田切川本川+中規模支川を対象としたケースを比較したところ(図-2)、前者の流出土砂量が約 8,000 m³であったのに対し、後者は約 23,000 m³であった。このことから、比較的小規模な降雨での流出土砂量を算出する場合、中規模支川からの流出土砂量の比重が大きくなる可能性があることがわかった。

次に、降雨-水流出-土砂流出の応答関係の分析結果として、ピーク水深・ピーク流量・流砂量・差分解析による流出土砂量を比較した結果を表-1に示す。この結果から、ピーク水深・ピーク流量が大きい場合に流砂量(掃流砂量や浮遊砂量)がより多くなることがわかる。一方で、差分解析による流出土砂量は、ピーク水深・ピーク流量・流砂量との大小関係が逆転する結果となった。これは、差分期間①と差分期間②の計測範囲による違いも影響しているものの、その範囲の違いは比較的小規模な流出土砂量の少ない与田切川本川の違いであ

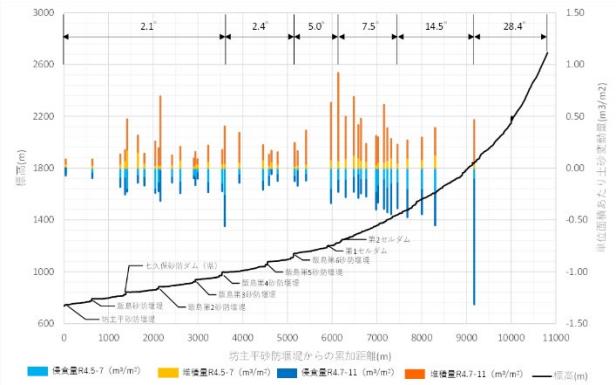


図-3 平均勾配と侵食量、堆積量

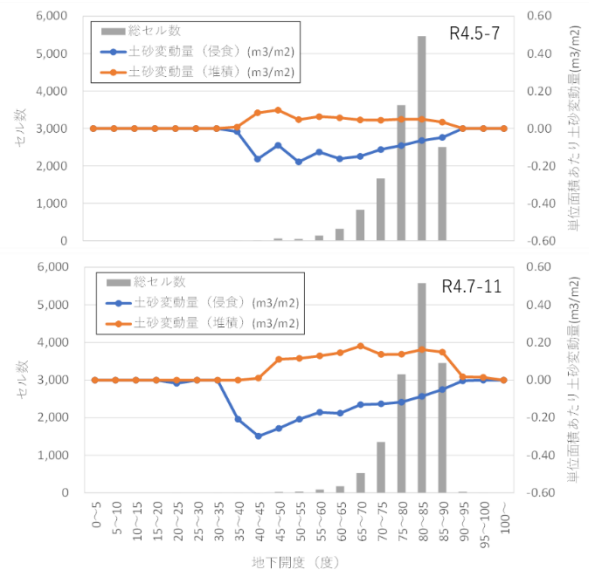


図-4 地下開度と侵食量、堆積量

るため、与田切川本川からの流出土砂量が仮に加わったとしてもその大小関係が変わることはないと考えられる。この逆転が生じる要因は、今後、より詳細に分析する必要がある。

最後に、当該流域における縦断的・平面的な河床変動特性の分析結果として、平均河床勾配が 10° 未満の区間では侵食よりも堆積が卓越し、10° 以上の区間では堆積よりも侵食が卓越する傾向が確認できた(図-3)。また、平面的な主題図を用いた分析結果として、地下開度と河床変動量の関係を図-4に示す。地下開度は値が小さいとV字谷、値が大きいと平坦な地形を表す地形量であり、よりV字谷の傾向が強いほど侵食量が多くなることがわかる。また、R4.7-11の差分解析の結果では、平坦な地形で堆積量が多くなる傾向も確認できた。

【成果の活用】

本研究の成果から、中規模の出水における河床変動特性や大規模な出水時の数値解析を実施する上での有益な知見が得られた。今後、さらに分析を進めて技術資料に反映させる予定である。

地震動特性を考慮した早期の地震時斜面崩壊発生場推定手法に関する研究

Research on the method for early estimating coseismic landslides in consideration of seismic wave characteristics.

土砂災害研究部 砂防研究室

(研究期間 令和4年度～令和5年度)

室長 山越隆雄
主任研究官 坂井佑介

[研究目的及び経緯]

地震直後の地震時斜面崩壊が発生しているおそれのある地域の推定において、誘因に関する指標は震度や最大加速度であったが、同程度の震度や最大加速度であっても地震時斜面崩壊が発生しないこともあり、その精度向上が望まれている。近年の研究において、地震時斜面崩壊が多発した地震（以下、「多発地震」という）と少なかった地震（以下、「非多発地震」という。）では、長周期帯（短周期帯）のスペクトルに明瞭な違いがあることを確認されている。そこで、本研究では、地震動の周期特性を考慮した複数の指標を強震観測点ごとに取得し、地震時斜面崩壊との関係を分析することで、地震時斜面崩壊発生場の推定精度の向上を図ることを目的とする。

本年度は、強震観測点周辺の地震時斜面崩壊の発生・非発生について、統計分析や機械学習により地震直後の地震時斜面崩壊が発生するおそれのある地震動の閾値設定を行った。

土砂・洪水氾濫発生時の土砂到達範囲・堆積深を高精度に予測するための計算モデルの開発

Development of a river bed variation calculation model to estimate the sediment aggradation area due to sediment and flood damage.

土砂災害研究部 砂防研究室

(研究期間 令和3年度～令和5年度)

室長 山越隆雄
主任研究官 泉山寛明

[研究目的及び経緯]

近年では、気候変動の影響で豪雨の頻度やそれに伴う降雨量が増加することで斜面崩壊等が多発し、その結果、毎年のように土砂・洪水氾濫現象が発生する傾向にある。最近生じている被害は都道府県が管理しているような、これまで土砂災害のなかった流域でも発生しつつあることが懸念される。また、近年では大量の細かい砂が広い範囲に堆積することによって被害が見られることが特徴として挙げられる。本研究は、土砂・洪水氾濫による被害想定予測精度向上を図り、それを踏まえた効果的なソフト対策、ハード対策の立案に資するべく、幅広い粒径の土砂を含む土石流等が流下する場合の侵食・堆積プロセスを最新の計測技術を用いた水路実験を行うことによって解明し、既往の侵食・堆積モデルを改良して下流域における土砂到達範囲・堆積深予測技術の改良を図ることを目的とする。

本年度は、可変勾配水路を用いて混合粒径土石流・土砂流が緩勾配区間に突入した際の堆積速度を確認し、均一粒径、混合粒径による違いを確認するとともに、平成29年7月九州北部豪雨の赤谷川流域における河床変動の再現計算を実施した。

土砂・洪水氾濫対策施設の配置計画に関する検討

Research on SABO facilities planning against sediment and flood damage.

土砂災害研究部 砂防研究室

(研究期間 令和2年度～令和6年度)
室長 山越 隆雄
主任研究官 泉山 寛明
主任研究官 坂井 佑介

【研究目的及び経緯】

近年、大規模な斜面崩壊等により大量の土砂が発生、流出する事例が多発している。流出土砂は下流保全対象区域での土砂・洪水氾濫を引き起こし被害が拡大する要因となっている。土砂・洪水氾濫等による被害の防止・軽減のため、砂防堰堤等の砂防施設がその機能を最大限発揮されるよう施設を配置することが重要である。一方、大量の土砂を捕捉・制御するためには複数の砂防施設が必要となるが、どのように配置をすれば効果的か、多くのケースを想定して検討を重ねた上で最適ケースを選定する必要がある、効率的な選定を行うための手法を確立することが望ましい。そこで本研究では、河床変動計算技術を用いて、砂防施設の効果評価を適切に評価可能とし、また新規施設の効果的な配置、既存の施設の改築方法を効率的に選定するための手法を確立することを目的とする。

本年度は、短期土砂流出現象に対応した砂防施設の施設配置計画のあり方について、異なる降雨分布を想定した分布型水・土砂流出解析を実施し、施設配置検討フロー図の精査を行った。また家屋被害の実態を調査し上流で捕捉すべき土砂の粒径条件を整理するとともに、長期土砂流出への砂防施設効果の検証を行った。

中長期の活発な土砂流出に対する対策技術の検討

Research on countermeasure during long-term elevated sediment yield condition.

土砂災害研究部 砂防研究室

(研究期間 令和2年度～令和4年度)
室長 山越 隆雄
主任研究官 泉山 寛明

【研究目的及び経緯】

集中豪雨や地震で大規模な斜面崩壊などにより大量の土砂が生産された場合、短期的には土石流や土砂・洪水氾濫による甚大な被害を及ぼす。土砂生産量が莫大な場合は流域内に大量の土砂が残存するため、その後の中小出水でも土砂が活発に流出して河床変動量が多くなるほか、ダム堆砂が加速するなどの悪影響が想定される。また、流出する土砂の量と粒径が経時的に変化することが考えられ、対策のあり方を経時的に変化させていく必要があると考えられる。一方、中長期的な土砂流出の実態は不明な点が多く、また数値計算による被害予測および施設配置検討を実施する場合でも数値計算手法の留意点が整理されているとは言いがたく、その信頼性が担保されているとは言いがたい。本研究は、数値計算手法による高精度な土砂流出予測手法の開発、土砂動態把握のためのモニタリング技術の確立、数値計算ならびに水路実験による対策施設の効果評価手法の開発を目的とする。

本年度は、中期土砂流出対策を踏まえた流域内の流砂・水文観測施設配置位置選定方法について検討を行うとともに、短期土砂流出対策施設の配置を踏まえた中期土砂流出対策施設選定フロー（案）の作成を行った。

不確実性を考慮した土砂生産・流出シナリオ設定手法の検討

Study of setting method of scenario on sediment production and discharge considered uncertainty

土砂災害研究部 砂防研究室

(研究期間 令和元年度～令和4年度)

室長	山越 隆雄
主任研究官	坂井 佑介
主任研究官	泉山 寛明
研究員	西脇 彩人

【研究目的及び経緯】

近年の気候変動の顕在化に伴う降雨の増加や今後の発生が予想される南海トラフ巨大地震など、山地流域における土砂動態に影響を及ぼす環境が将来的に変化していくことが想定されている。一方で、山地流域の土砂動態は現象が複雑であり、少しの条件の違いが土砂動態に大きく影響を及ぼすことから、土砂生産・流出に関する解析結果等は大きな不確実性を有していると考えられる。このことから、豪雨や大規模地震における土砂生産・流出の不確実性を適切に評価し、その不確実性を踏まえた計画を立てておくことが重要である。

そこで、本研究では、豪雨時や大規模地震時における土砂生産・流出の実態を明らかにしてその不確実性を評価するとともに、数値解析等を実施する際の不確実性を考慮した土砂生産・流出シナリオの設定手法を検討することを目的とする。

本年度は、土砂・洪水氾濫発生時の土砂流出現象とそれに伴う家屋被害を評価するにあたり、物理的な解析に基づく土砂流出モデルの適用性等を検討するため、実績の土砂・洪水氾濫の再現計算、再現計算の検証、実績の家屋被害と流体力等との関係分析を実施した。

土砂・洪水氾濫対策技術検討リソースデータベースの構築

Resource database construction for countermeasure against sediment and flood damage.

土砂災害研究部 砂防研究室

(研究期間 令和元年度～令和4年度)

室長	山越 隆雄
主任研究官	坂井 佑介
主任研究官	泉山 寛明
研究員	西脇 彩人

【研究目的及び経緯】

近年、平成29年7月九州北部豪雨、平成30年7月西日本豪雨、令和元年台風19号など、広範囲に大規模な被害をもたらす土砂・洪水氾濫が全国で頻発している。土砂・洪水氾濫による被害を防止・軽減するためには、山地河川における複雑な土砂動態（土石流～掃流状集合流動～掃流・浮遊）に関する基礎理論から対策実施までの幅広い分野について、効果的・効率的に分析する必要がある。一方で、これらの分析のための様々な土砂・洪水氾濫に関するデータが一括して整理・蓄積されていないことから、それらのデータを整理・蓄積するためのデータベースに加え、整理・蓄積されたデータの効果的・効率的な活用方法を検討することが急務となっている。

そこで、本研究では、土砂・洪水氾濫対策技術の検討に資するデータを収集・精査した上で、当該データを格納する土砂・洪水氾濫対策技術検討リソースデータベースを構築することを目的とする。

本年度は、土砂動態データベースにおけるセキュリティ面の検討および登録する土砂動態データの標準化に関する検討を行った。

中山間地における降雨観測精度の高度化のための画像雨量計の開発

Research on development of the image-based rain gauge to enhance the accuracy of rainfall observation in mountainous areas.

(研究期間 令和3年度～令和4年度)

土砂災害研究部 土砂災害研究室
SABO Department
SABO Risk-Management Division

室 長
Head
研 究 官
Researcher

中谷 洋明
NAKAYA Hiroaki
金澤 瑛
KANAZAWA Akito

In order to prevent sediment disasters, it is necessary to determine the conditions of rainfall in mountainous river basins with high spatio-temporal resolution. In this study, for the purpose of development of a rainfall intensity estimation method using images, rainfall photography experiments were conducted using a large rainfall experiment facility and outdoor condition, and the characteristics of images taken at various rainfall intensities were analyzed.

【研究目的及び経緯】

土砂災害に対する効果的な警戒避難体制を構築するためには、土砂移動現象の発生場である山地流域における降雨の状況を、高い時空間分解能で把握することが重要である。これまで、山地流域に設置された監視カメラの映像の解析から、流砂水文現象の定量的な把握や流況変化の検知を試みた研究がなされており、近年では降雨強度の把握に向けた取り組みも実施されている。しかしながら、カメラ画像を用いた降雨強度推定手法については、現状では限られた事例のみであり、全国的な適用性については課題が残る。そこで、本研究では画像を用いた降雨強度推定手法を開発するため、降雨実験施設を利用した降雨撮影実験および屋外での観測により、新たな降雨強度推定手法の検討を実施した。

【研究内容】

降雨実験施設を利用した降雨撮影実験は、国立研究開発法人防災科学技術研究所の大型降雨実験施設を利用して実施した。大型降雨実験施設は、最大 300 mm/hr の降雨強度まで再現できる世界最大級の規模・能力を有する散水施設である。実験では、散水エリア内にデジタルカメラを配置し、カメラから約 70 m の距離にある施設壁際に設置した背景材を撮影することで、降雨強度の変化に伴う背景材の写り方を分析した。背景材には、縦横 4m の無地のメッシュシートと迷彩柄のシートを、色の違いによりそれぞれ 4 枚ずつ用意した。

施設では、4 種類の径の異なるノズル (No.1～No.4) を制御することで降雨強度を再現するため、各ノズルを表-1 のとおり設定することで、各背景材それぞれ 10 ケースの降雨

強度を再現した。ただし、ノズルの設定のみでは降雨強度の細かい調節ができないため、散水エリアに降雨強度や雨滴粒径を観測する雨量計 (Parsivel 2) を設置し、実験時の降雨強度や雨滴粒径を観測した。なお、No.1 ノズルは粒径の細かい雨滴を再現できるため、No.1 ノズルの有無によって、雨滴分布を「細粒のみ」、「細粒+粗粒」、「粗粒のみ」に区分した。各実験ケースにおいて、約 1 時間の散水を行い、その状況を 20 秒の撮影間隔に設定したカメラで撮影した。取得した画像のうち、実験ケース切り替え後、降雨強度が安定した時間帯の画像を解析で用いることとした。なお、比較対象として、散水していない無降雨の状況も同様に撮影した。

降雨時の画像では、降雨強度の増加に伴い雨滴の写り込みが多くなるため、画像全体に色やコントラスト (明暗) が変化し、背景が霧状に白く霞んだ画像となる。先行研究では 1 枚の画像から霞みを取り除き、背景をクリアに見せる手法が提案されていることから、本研究ではその手法を参考にして画像の霞みの程度を「透過率」として定量化し、透過率と降雨強度の関係について分析を行った。なお、透過率は、大気中の光の透過の程度を表す指標であり、背景が霞むことなく見える状態が 1 であり、背景が霞んで全く見えない状態が 0 である。

また、屋外 (国総研構内の運動場) においても同様に

表-1 実験ケースごとの降雨強度の設定と降雨強度観測値

ケース	雨滴分布	ノズルの設定 (mm/hr)				設定降雨強度 (mm/hr)	観測降雨強度 (mm/hr)	
		No.1 (15-45)	No.2 (60-235)	No.3 (120-240)	No.4 (220-300)		背景材A	背景材B
1	細粒のみ	15	-	-	-	15	23.2	19.6
2	細粒のみ	30	-	-	-	30	16.3	20.6
3	細粒+粗粒	15	60	-	-	75	59.8	64.7
4	細粒+粗粒	15	-	120	-	135	118.1	111.9
5	細粒+粗粒	15	60	120	-	195	157.9	149.8
6	細粒+粗粒	15	-	-	285	300	277.1	279.7
7	粗粒のみ	-	60	-	-	60	41.8	56.7
8	粗粒のみ	-	-	120	-	120	108.7	101.2
9	粗粒のみ	-	60	120	-	180	154.5	149.5
10	粗粒のみ	-	-	-	285	285	245.1	247.9

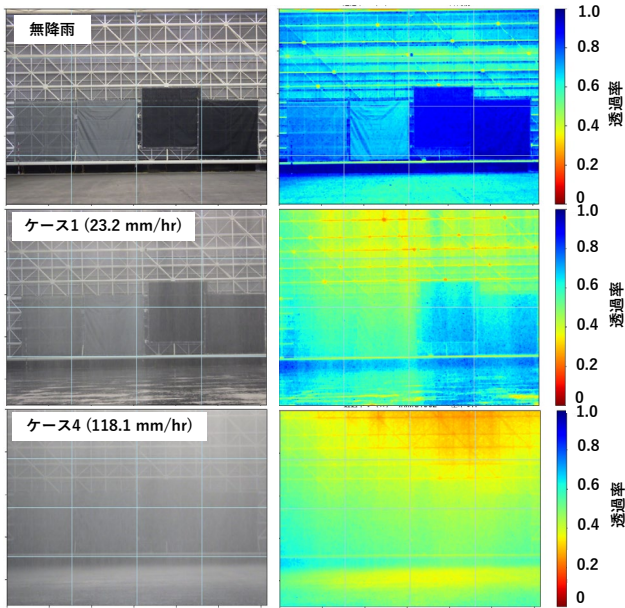


図-1 降雨強度の変化に伴う画像の見た目と透過率の変化

カメラと雨量計を設置して降雨の撮影を実施し、透過率を用いて降雨強度の推定を試みた。

【研究成果】

図-1 に降雨強度の変化に伴う画像の見た目と透過率の変化を示す。図-1 左図のように、画像の見た目は、降雨強度が増加するにつれて徐々に霞みが強くなって全体的に白くなり、背景材が見えにくくなった。また、図-1 右図から、降雨強度の増加に伴って、透過率も低下していることが分かる。このことから、透過率が画像における降雨強度の指標として有効となると考えられる。

図-2 には、観測した降雨強度と透過率の関係を示した。図-2 において、迷彩柄の4種類の背景材では、無降雨時は、透過率が0.8程度であるが、降雨強度が増加するにつれて徐々に透過率が低下することが分かった。透過率の低下幅は、降雨強度150 mm/hr程度までは徐々に下がり、それ以降は0.5程度に収束する傾向にあった。このことから、降雨強度150 mm/hr程度までであれば、透過率という指標を用いることで降雨強度を推定できる可能性がある。

図-3 には、屋外で撮影した降雨時・無降雨時の画像と透過率の変化を示した。降雨実験施設を利用した降雨撮影実験の結果と同様に、降雨強度が大きくなると、背景に写る樹林部で透過率が低下することが確認でき

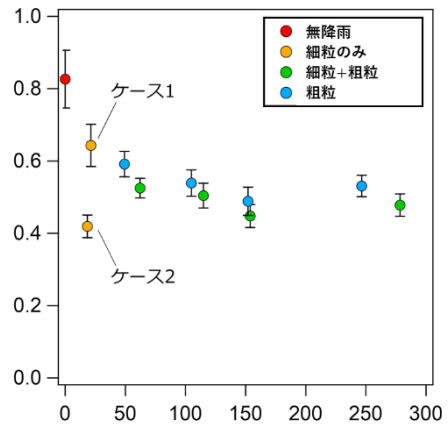


図-2 観測降雨強度と透過率の関係

る。すなわち、実際の屋外に設置したカメラにおいても、透過率が画像における降雨強度の指標として有効となると考えられる。

図-4 には、透過率を用いて計算した降雨強度と観測した降雨強度の時系列変動を示した。図中の①、②の時間の画像は、図-3 で示した画像である。図-4 から、透過率を用いて計算した降雨強度と観測した降雨強度の変動の傾向が概ね一致することが確認できた。したがって、透過率を用いることで画像から降雨強度を推定することが可能であると考えてられる。ただし、日光(逆光)の影響が画像に現れる場合、透過率の誤算出があることから、日光の影響を除去する手法を検討することが今後の課題である。

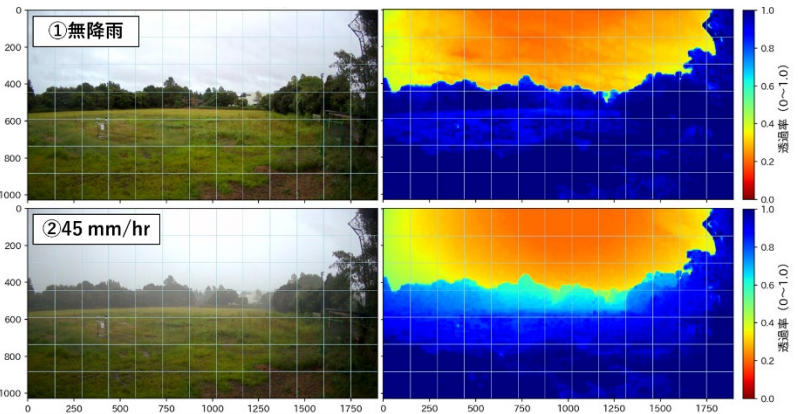


図-3 屋外の画像の見た目と透過率の変化

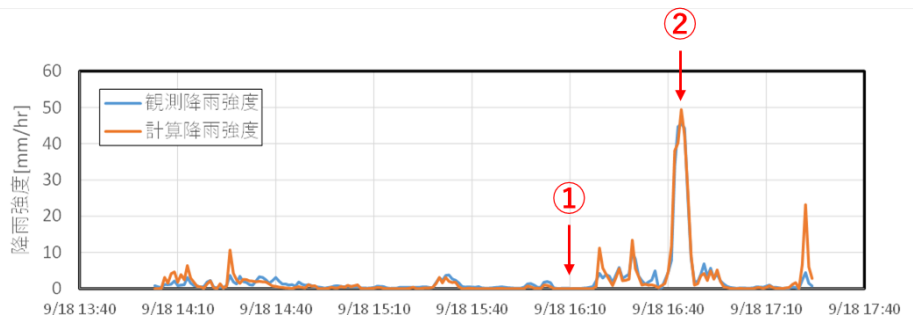


図-4 透過率を用いて計算した降雨強度と観測降雨強度の時系列変動

リモートセンシング技術を統合活用した効率的な災害調査手法 に関する研究

Research on Integrated use of remote sensing.

土砂災害研究部 土砂災害研究室
SABO Department
SABO Risk-Management Division

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

(研究期間 令和4年度)

中谷 洋明
NAKAYA Hiroaki
瀧口 茂隆
TAKIGUCHI Shigetaka
三浦 俊介
MIURA Shunsuke

A simple experiment was conducted to understand the impact of loosening the basic condition of decipherment, which had been "using images observed before and after the disaster under the same observation conditions by the same satellite".

[研究目的及び経緯]

大雨や地震などの後、河道閉塞発生箇所や土砂移動の集中発生地域をいち早く把握することは、その後の対策の早期着手に繋げるために重要である。

広域的に調査が可能な衛星画像はこのために有用であるが、光学画像は夜間・悪天候時以外の利用に限られる。このため、そのような条件でも観測可能な合成開口レーダー（以下「SAR」）に着目し、SARを用いた土砂移動発生箇所の早期推定手法の信頼性の向上に関する研究を進めている。

現在実務では、ALOS-2から災害前後の同一観測条件で取得したSARの後方散乱強度差分に色づけした画像を目視判読して発生箇所を推定する手法を基本としている。しかしながら、判読結果の信頼性に関して主に2つの課題がある。1つ目は適合率に関する課題で、災害後の緊急観測と同一の条件で観測された災害前のアーカイブ画像が数年前の古いものでは、それぞれの観測の間に崩壊に似た後方散乱強度の変化を示す例えば森林伐採のような状況変化があると、誤判読を行うことが多い。

2つ目は捕捉率に関する課題で、地表面に対して斜め方向からマイクロ波を照射するという特性から、斜面では、衛星に正対する側ではフォアショートニング等、裏側ではレーダーシャドウといった不可視領域が発生し（山下ら、2021）、その領域では基本的には崩壊を見逃すことになる。

そこで、これら2つの課題が影響を及ぼしている現状の信頼性を向上することを目的として、これまでの判読で基本条件としていた「同一衛星による同一観測条件で災害前後に観測した画像を使用する」を緩めた場合の影響を把握するための簡単な実験を行ったので

以下に報告する。

[研究内容]

1 実験の概要

実験の対象災害は、ALOS-2が観測を開始した2014年以降の土砂災害から、多数の土砂災害が発生していること、崩壊地判読ポリゴンデータがあること、他衛星も含めアーカイブが充実していることから選定し、以下の2災害とした。

- ① 平成29年7月豪雨災害（福岡県）
- ② 平成30年7月豪雨災害（広島県）

1.1 ALOS-2の異なる観測条件ペアに関する実験

観測条件を緩めるメリットとして、災害前後の観測間隔が短くなることが期待できる一方、強度差分画像が明瞭で無くなり、発生箇所推定の信頼性が低下する可能性があるためその程度を評価した。

実験は、従来の入射角中（ 29.1° ～ 42.7° ）の同一入射角のペアと比較するため、災害後の観測時の入射角を

- ① 入射角低（ $< 29.1^{\circ}$ ）
- ② 入射角中（ 29.1° ～ 42.7° ）（ただし前後の角度は一致しない）
- ③ 入射角高（ $> 42.7^{\circ}$ ）

にカテゴリ分けして画像のペアをつくり、それぞれで後方散乱強度の差分合成画像を作成した。

その合成画像についてペア毎の崩壊地の捕捉率と観測期間の日数の2指標で評価を行った。崩壊地の捕捉率の算出にあたっては、対象災害の崩壊地ポリゴンの中から崩壊面積3クラス、斜面の向き（相対方位角）3クラス、崩壊形状2クラスにわけそれぞれから1つずつ計18箇所の崩壊地を選定して、鈴木ら（2020）

の判読手法に準じて技術者の目視判読が可能かどうかを評価した。

1.2 異なる衛星条件ペアに関する実験

バンドの異なる複数の SAR 搭載衛星を用いることのメリットとして、不可視領域の早期低減や ALOS-2 搭載の L バンド波長では検知しにくい土砂移動を抽出することが期待できる一方、実験 2.1 と同様、発生箇所推定の信頼性が低下する可能性があるためその程度を評価した。なお、2010 年以降に発表された論文等の既往研究を調査したところ、複数の SAR 衛星を用いて変化抽出に用いたものは無かった。

実験は、35° 程度の中程度入射角の観測データを使用し、災害前後を X バンド同士、L バンド同士のペアを基準として異なるバンドのペアの場合との比較を行った。X バンドは COSMO-SkyMed (以下「CSK」) の HIMAGE モード、L バンドは ALOS-2 高分解能モード分解能 3m を使用した。評価は実験 2.1 と同様に捕捉率で評価した。

[研究成果]

2 実験の結果

2.1 ALOS-2 の同一観測条件を緩めた実験の結果

平成 30 年 7 月豪雨の 18 箇所の崩壊地を判読した際の捕捉率を表-1 に示す。災害後の入射角中程度のデータが複数無かったため、災害後のデータを固定し災害前のデータを変えたペアで判読と行った結果、入射角中程度同士のペアでは必ずしも同一の観測条件では無くても同程度の捕捉率で判読が可能であった。一方災害後の入射角が高い画像とのペアの場合、平成 30 年豪雨では同一条件よりも捕捉率が高く (50.0%) だったが、平成 29 年 7 月豪雨では逆に低くなる (44.4%→22.2%) など傾向はつかめなかった。

また、平成 29 年 7 月豪雨、平成 30 年 7 月豪雨の際に取得した緊急観測データに対して、最新の災害前データまでの観測条件毎の間隔日数を表-2 に示す。同程度の捕捉率となった入射角中程度に条件を緩めた場合、同一観測条件に比べて大幅に間隔日数を短縮できることがわかった。

2.2 同一衛星条件を緩めた実験の結果

表-3 に、ALOS-2 と X バンド衛星の CSK のペアで実験 3.1 と同様の実験を行った結果を示す。ALOS-2 同士のペアに比べて、CSK を用いた場合に捕捉率が高い結果となった。表-3 は平成 29 年 7 月豪雨の崩壊地を対象にしたものであるが、平成 30 年 7 月豪雨でも同様の傾向であった。

本研究で得られた結論をまとめると以下のとおり。

- ▶ ALOS-2 の災害前後の強度差分画像を用いて判読する場合、これまで実施してきた同一の観測条件で無くても、同方向からの照射で入射角が中程度 (29.1° ~42.7°) のペアであれ

ば、同一の観測条件と同等の信頼性を確保できる可能性がある。

- ▶ 入射角を中程度にすることにより、観測間隔日数を大幅に短縮できる可能性がある。これにより森林伐採などの人為的な変化の誤判読が減少することが期待できる。
 - ▶ 災害前の画像を L バンド、災害後画像を X バンドのように異なるバンドの組み合わせであっても、これまで使用してきた L バンド同士のペアと同等以上の信頼性を確保できる可能性がある。
- なお、今回の実験は入手できたデータの制約から限られた条件での実験結果であり、今後は災害事例や、使用する観測データの組み合わせの事例を増やすことにより、今回得られた結論の普遍性を確認する必要がある。

表-1(a) 災害前観測条件と捕捉率の関係 (平成 30 年 7 月豪雨)

災害前	災害後	観測日:2018/7/21 入射角:32.4° 観測方向:北行右
災害前と同一条件 観測日:2018/3/17 入射角:32.4° 観測方向:北行右		66.7% (12/18)
入射角:中 観測日:2018/5/17 入射角:40.6° 観測方向:北行右		66.7% (12/18)

表-2 災害前の観測条件とペアの観測

災害後	観測日:2017/7/7 入射角:29.1°	観測日:2017/7/7 入射角:21.9°	観測日:2018/7/21 入射角:32.4°
災害前	観測方向:南行左	観測方向:北行左	観測方向:北行右
同一条件	434日	266日	126日
入射角低	433日	266日	-
入射角中	017日	025日	065日
入射角高	746日	432日	032日

表-3 使用するバンドの違いによる崩壊地の捕捉率

災害前	災害後	CSK:X-band 観測日:2017/7/18 入射角:35.4° 観測方向:北行右	ALOS-2:L-band 観測日:2017/9/7 入射角:29.1° 観測方向:北行右
ALOS-2:L-band 観測日:2017/5/18 入射角:29.1° 観測方向:北行右		61.1% (11/18)	16.7% (3/18)
CSK:X-band 観測日:2017/6/4 入射角:35.9° 観測方向:北行右		55.6% (10/18)	5.6% (1/18)

人工衛星データの統合活用による植生による土砂災害防止評価に関する研究

Research on evaluation methods of sediment disaster prevention using satellite data on vegetation.

土砂災害研究部 土砂災害研究室
SABO Department
SABO Risk-Management Division

室 長
Head
研 究 官
Researcher
交流研究員
Guest Research Engineer

(研究期間 令和4年度)
中谷 洋明
NAKAYA Hiroaki
金澤 瑛
KANAZAWA Akito
三浦 俊介
MIURA Shunsuke

It is necessary to assess the risk of sediment disasters on a wide scale to prevent sediment disasters even after the rainfall ends. In this study, we attempt to developed a method to estimate the hydrological conditions of slopes based on the activity of slope vegetation using satellite data that can be acquired over a wide area, and examined its applicability.

〔研究目的及び経緯〕

土砂災害による人的被害を軽減するためには、実効的な警戒避難体制を確立することが望ましい。降雨により深層崩壊等の大規模な土砂災害が発生した場合や長雨があった場合、降雨終了後も斜面に浸透した大量の地下水の影響によって土砂災害発生が発生する場合があります。降雨終了後も二次災害防止のために広域的にリスクを把握する必要があります。そこで、実効的な警戒避難体制の確立に資する土砂災害リスク評価の判断材料として、広域的なデータを取得可能な人工衛星のデータを活用して、斜面の植物の活性度等から斜面の水文状況を推定する手法を開発し、その適用可能性を検討した。

〔研究内容〕

本研究で対象とした地域は、図-1 に示す紀伊山系直轄砂防事業範囲および木津川水系直轄砂防事業範囲



図-1 対象地域位置図

とした。この地域では、平成23年台風第12号による大雨により、深層崩壊や土石流などの土砂災害が多数発生した。

検討に用いた人工衛星のデータは、GCOM-C「しきさい」およびHimawari-8（静止気象衛星ひまわり8号）により観測されたデータである。それぞれの衛星データのうち、斜面の水文状況を反映していると考えられる植生指標（NDVI：植生の被覆や活性などを示す指数）や地表面温度（LST）を用いて、土砂災害警戒情報の発表基準に用いられている土壌雨量指数と比較、分析を行った。GCOM-Cでは1~2日おきに日本域の観測を行い、NDVIとLSTともに空間分解能250mである。一方で、ひまわり8号は日本域を2.5分に一度観測を行うことが可能であるが、NDVIの空間分解能が1kmであり、LSTの空間分解能は2kmである。本検討では、GCOM-CのNDVI、LSTプロダクトとして配信されているものを利用した。また、ひまわり8号はNDVIのプロダクトが無い場合、赤バンドと近赤外バンドの反射率からNDVIを求めた。また、ひまわり8号は先行研究（Yamamoto et al., 2018）の手法に従

表-1 用いた人工衛星データ

衛星	Product	分解能	観測間隔	指数	備考
GCOM-C	NDVI	250 m	1~2日	正規化植生指数	
	LST	250 m	1~2日	地表面温度	
ひまわり8号	NDVI	1 km	2.5分 (日本域)	地表面反射率	反射率からNDVIを求めた
	LST	2 km	2.5分 (日本域)	地表面温度	Yamamoto et al., 2018に従いLSTを推定した

い LST を推定した。

先行研究 (松田ら, 2000; 西田ら, 2000) では、NDVI-LST 図の分布のばらつきの大きさを分散楕円の面積を指標として評価しており、降雨後の湿潤状態から徐々に乾燥するにつれて分散楕円の面積が大きくなることが示されている。したがって、本研究においても、分散楕円が斜面の水文状況を評価できる指標ととらえ、対象流域ごとに、2018年7月から8月のうち降水量が大きかった3降雨を対象として分散楕円と土壤雨量指数と比較した。

[研究成果]

GCOM-C およびひまわり 8 号の観測データの結果をそれぞれ図-2、図-3 に示す。GCOM-C においては、土壤雨量指数の減少に伴い分散楕円面積が増加する傾向は確認されなかった。これは、分散楕円面積が得られたデータ数が少なかったためである。特に降雨直後は雲の影響によって観測データが得られない場合もおおいことから、GCOM-C 観測データでは時間解像度の観点から当該手法の適用が困難であると判断される。ひまわり 8 号については、8/16 頃から数日間や 8/24 頃から数日間などでは土壤雨量指数の減少とともに分散楕円面積の 48 時間移動平均線は増加する傾向が見られるものの、その他の期間では想定される傾向が明瞭には現れていないように見える。想定される変化傾向があまり明瞭に見られなかった原因のひとつとして、分散楕円面積のばらつきが大きいことが考えられる。例えば、土壤雨量指数が大きい場合には分散楕円面積が小さいデータが多いものの、その後に土壤雨量指数が小さくなるにつれて分散楕円面積のばらつきが大きくなり、変化傾向が明瞭に見えにくくなった可能性が考えられる。その場合には、土壤雨量指数の大小によって分散楕円面積のばらつきの大きさに差が現れるはずである。そこで、次に分散楕円面積と土壤雨量指数

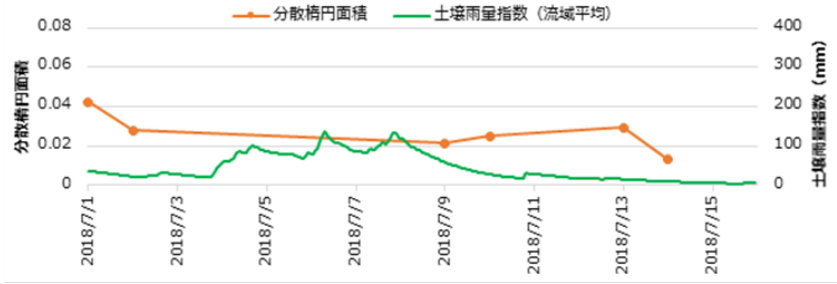


図-2 分散楕円面積と土壤雨量指数の関係 (GCOM-C)

の関係を確認した (図-4)。その結果、予想したように土壤雨量指数が小さい範囲では分散楕円面積のばらつきが大きいものの、土壤雨量指数が大きくなるほど分散楕円面積が小さい範囲に集中する傾向が見られた。分散楕円面積が大きい場合は土壤雨量指数が小さい確率が高く、分散楕円面積が小さくなるほど土壤雨量指数のばらつきが大きくなり、大きい値をとり得る確率が高くなると解釈することができる。

このような結果から、GCOM-C 観測データでは時間解像度の観点から、本手法の適用が困難であると判明し、ひまわり 8 号では分散楕円面積と土壤雨量指数には一定の関係性があることが確認できた。ただし、分散楕円面積から土壤雨量指数あるいは斜面の水文状況を推定するためには現状では課題が残ることから、今後、他の地域、時期で検証を行うなど、より詳細な検討が必要である。

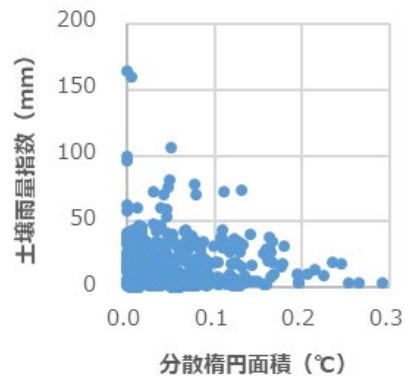


図-4 分散楕円面積と土壤雨量指数の関係



図-3 分散楕円面積と土壤雨量指数の関係 (ひまわり 8 号)

がけ崩れ災害緊急対応のための意思決定支援システムの開発

Development of a decision support system for emergency response to sediment disasters.

土砂災害研究部 土砂災害研究室
SABO Department
SABO Risk-Management Division

室 長 中谷 洋明
Head NAKAYA Hiroaki
主任研究官 瀧口 茂隆
Senior Researcher TAKIGUCHI Shigetaka

(研究期間 令和4年度)

The authors studied an evaluation method for residual risk that utilizes high-resolution 3D point cloud data created by SfM processing of UAV photographs and DEMs to quantitatively evaluate the risk of a slope that has once failed and will fail again (hereinafter referred to as "residual risk").

[研究目的及び経緯]

土砂災害が発生すると、二次災害防止のため、応急対策や緊急対策工事の実施が求められる。

このため、地方公共団体の要請等に応じて、災害現場の状況調査及び二次災害リスク対策等に関する助言を実施すると共に、その手順の高度化に向け研究を蓄積してきている。

そこで、一度崩壊した斜面が再度拡大崩壊するリスク(以下、「残存リスク」)の定量的な評価を目的とし、UAV 写真の SfM 処理により高解像度の 3 次元点群データを構築し、作成した DEM を活用する残存リスクの評価手法を検討した。

[研究内容]

1 SfM による 3 次元点群データ構築と DEM の作成

検討対象は 2022 年 7 月に大雨により崩壊した斜面である。崩壊前の斜面高は 18.7m、斜面勾配は約 36 度であったと推定される。

UAV による撮影は崩壊から約 4 か月後に実施し、SfM によって高解像度の点群データを作成した(撮影の諸元は表-1 のとおり)。使用した UAV はエントリーモデルであるが、点群データ密度は平坦部で約 760 点/m² となり、残存リスクマッピングには十分な高解像度と考えられた。点群データから、不規則三角網(TIN) 補間によりメッシュサイズ 4cm の数値標高モデル(DEM)を作成した。

2 残存リスクのマッピング

土砂災害発生直後の二次災害を防止するためには、水準を保持しつつも、技量に余り依存せずに、速やかに残存リスクを推定することが求められる。そこで本検討では、残存リスクのポテンシャルを定量的にマッピングする手法を検討する上で、専門性や属人性を極力排除した簡便な手順で把握できるものを目指した。

また、本検討は予察的な事例検討であり、検討対象は表層的な“斜面崩壊”であることから、注目する残存するリスクとしては「崩壊斜面の拡大」「残存土塊

表-1 UAV 撮影の諸元

使用機材	DJI Mavic Mini センササイズ 1/2.3 インチ 焦点距離 4.49mm 画像サイズ 4000×3000
飛行高度	60m (地上画素寸法 18.3mm)
オーバーラップ率	>90% (手動)
写真枚数	271 (うち斜め写真 100)

の崩壊」等とし、それら进行评估する上で着目すべき微地形要素は「オーバーハング」「斜面内の水みち痕跡」「残存土塊の位置と量」に絞って検討した。

(1) オーバーハング

DEM は x-y 座標に対してひとつの z 座標しか与えられないため、オーバーハングを忠実に表現することはできない。本研究では、傾斜が大きく、かつ比高(起伏)が大きい箇所を「オーバーハングになっている可能性あり」と考え、起伏度(Terrain Ruggedness Index ; TRI)を用いて定量化した。

$$RI = \frac{\sum_{i=-N}^N \sum_{j=-N}^N |Z_{ij} - Z_{00}|}{(n^2 - 1)}$$

(Z は n×n の領域内の各ピクセルの標高; N=(n-1)/2)

(2) 水みち痕跡

水みち痕跡は崩壊斜面の中でも凹んだ谷状の微地形になっていることから、尾根・谷を抽出する収束度(Convergence Index ; CI)を用いて抽出することができる。CI は傾斜方向を用いる手法で、起伏度には依存しないことから、浅い水みちもシャープに抽出することが期待できる。

$$CI = \frac{\sum_{i=-N}^N \sum_{j=-N}^N \theta_{ij}}{(n^2 - 1)}$$

(θ は各ピクセルにおける、傾斜方向と中心点の方向のなす角)

(3) 残存土塊/侵食

残存土塊には、未崩壊または未侵食の凸部として残

存するものと、斜面上に崩積土として平山状に残るものの2種が挙げられる。いずれも周囲の平均的な傾向よりも凸地形になっていると考えられることから、SfMで得られたDEMにローパスフィルタをかけ、これをもとのDEMから引き去った“ローパスフィルタ残差”の正の異常として抽出することができる。同時に、周辺よりも侵食が進行している箇所は負の異常として抽出することができる。

$$\text{ローパスフィルタ残差} = Z_{SfM} - Z_{LPF}$$

(Z_{SfM} , Z_{LPF} は、それぞれSfMで得られた地形とローパスフィルタ地形の標高)

ローパスフィルタ処理は、一度DEMをリサンプリングし、それをスプライン補間でもとの空間解像度に戻すことで、周波数変換によるローパスフィルタと同等の効果が得られることを利用した。

(4) 残存リスクのマップ化

3種の情報を一枚のマップに表現するため、オーバーハング、残存土塊/侵食、水みち痕跡をそれぞれR, G, Bの強度画像にして、それを加算合成して、推定残存リスクを統合化したマップとした。

上記のうち、図-1、図-2に残存土塊/侵食リスクマップと残存リスク推定マップを示す。これらは標準偏差を用いて着色している。具体的には、図-1の残存土塊/侵食リスクマップでは、ローパスフィルタ残差の $+0.5\sigma$ 以上を残存土塊(暖色)、 -1σ 以下を侵食域(寒色)として着色している。図-2の残存リスク推定マップでは、起伏度の $+1\sigma$ 以上をオーバーハングリスク(赤)、ローパスフィルタ残差の $+0.5\sigma$ 以上を残存土塊(緑)、収束度の -1σ 以下を水みち痕跡(青)とした。

3 微地形判読と残存リスクマップの評価

残存リスクマップの妥当性を評価するため、CS立

体図およびSVマップ(上原ほか, 2022)を作成し、滑落崖・側方崖、湧水痕、水みち痕跡、残存土塊に着目した微地形判読を行い、さらに現地踏査を行って判読結果の確認を行った。図-3はSVマップ上に判読結果を重ねたものである。

オーバーハングリスク指標としての起伏度(図-2の赤色発色域)は、滑落崖や側方崖を的確に抽出している。対象斜面では湧水や流水による侵食が進行していて、これも抽出されている。一方で、斜面裾部両側には、点群に残った植生と裸地の境界を誤抽出した箇所が見られる。

残存土塊/侵食リスク指標としてのローパスフィルタ残差(図-1の暖色と、図-2の緑色発色域)は、滑落崖や側方崖の上部を $+2\sigma$ 程度の正の異常としての確に抽出していて、斜面中腹の平山状残存土塊や裾部の崩積土も $+0.5\sigma$ 程度の正の異常として抽出している。起伏度と同様に植生の境界が正の異常として誤抽出されているほか、原理的に正の異常(滑落崖や側方崖、植生境界)とペアになって負の異常(図-1の寒色発色域)が現れるため、侵食リスク指標として用いる上では注意が必要である。

収束度(図-2の青色発色域)は、水みちをシャープに抽出していて、誤抽出はほとんど見られない。

[研究成果]

本事例検討では、比較的安価なエントリーレベルのドローン撮影によるSfMベースで高解像度の点群データが取得できることが確認できた。また、そこから得られるDEMを解析して、残存リスクをマッピングする簡便な手法を考案した。

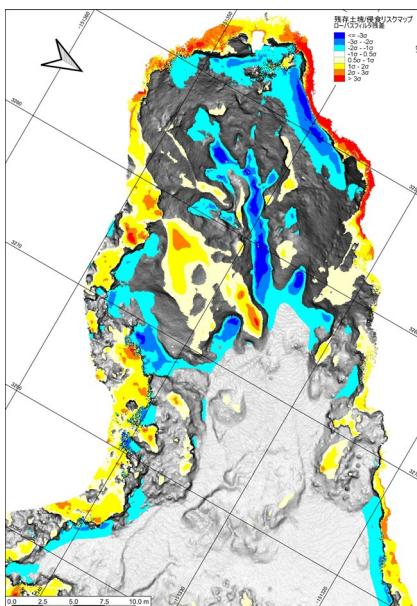


図-1 残存土塊/侵食リスクマップ

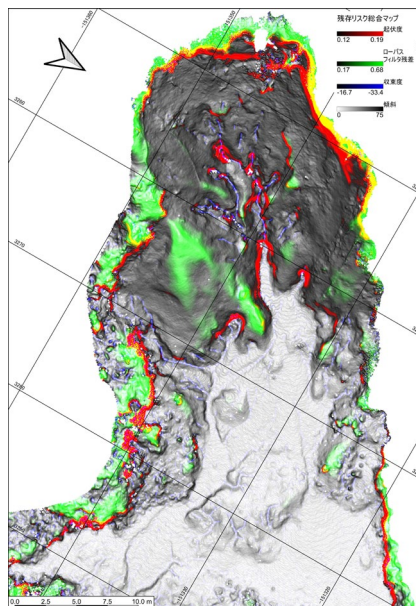


図-2 残存リスク推定マップ

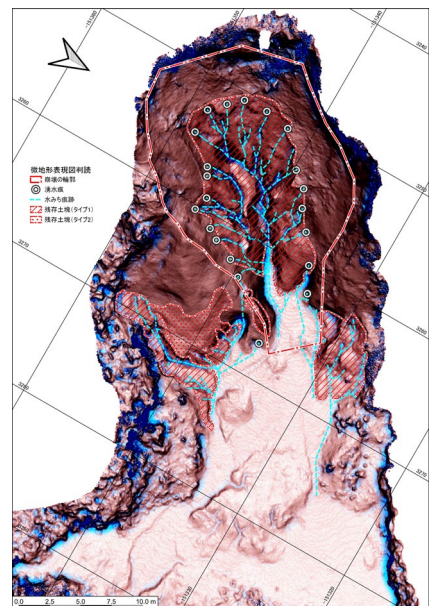


図-3 微地形判読結果

急傾斜地で発生する大規模表層崩壊の対策に関する調査

Research on countermeasures against large-scale slope failures that occur in steep slopes.

(研究期間 令和2年度～令和4年度)

土砂災害研究部 土砂災害研究室
SABO Department
SABO Risk-Management Division

室 長 中谷 洋明
Head NAKAYA Hiroaki
主任研究官 瀧口 茂隆
Senior Researcher TAKIGUCHI Shigetaka
研 究 官 金澤 瑛
Researcher KANAZAWA Akito

The mechanism of collapse occurrence on large-scale slopes has not been fully elucidated, and there may be cases where the currently constructed steep slope failure prevention facilities cannot cope with the situation. In this study, stability evaluation of retaining walls using FEM dynamic deformation analysis was conducted, and a stability evaluation method for retaining walls that can cope with large-scale surface failures was studied.

【研究目的及び経緯】

長大斜面の大規模な表層崩壊対策は、通常のがけ崩れ対策より発生想定規模を超えることが多く、崩壊土砂量や崩壊の到達距離の想定等が適応しているのか検討が十分ではない。また、長大斜面での崩壊発生機構は十分に解明されておらず、現在施工されている急傾斜地崩壊対策施設では対応できない場合も考えられる。対策施設のひとつである待受け擁壁の設計では、国土交通省告示第三百三十二号に示される式（以降、告示式）による衝撃力を考慮して設計されているものの崩壊土砂の擁壁への衝突に対して耐力が大きくなっている実態を考慮して、全国の擁壁被災事例を基に経験的に定められた方法が試行されている。既往研究（内田ら、2006）では、崩壊土砂の衝突に対する擁壁の耐力の見かけ上の増大は、擁壁基礎地盤の変形や崩壊土砂の衝突時に作用荷重が擁壁延長に一樣でないことが要因として考えられることを示すとともに、有限要素法（以降、FEM）による地盤変形解析で、崩壊土砂の衝突による擁壁の被災状況を概ね再現するモデルの有効性を示した。また、長谷川ら（2020）は、平成29年九州北部豪雨の崩壊事例から崩壊地の3次元的な形状により擁壁横断方向に作用する衝撃荷重の分布（以降、荷重の空間分布）を検討し、擁壁1スパン長と崩壊幅、崩壊横断方向形状の関係が検討されている。そこで、本研究ではFEM動的変形解析による擁壁の安定性評価を試行し、荷重の空間分布および地盤の塑性変形を考慮した安定性評価を行い現行設計法と比較することで、大規模表層崩壊にも対応可能な擁壁安定性評価手法について検討を実施した。

【研究内容】

地盤変形解析の解析モデルには、内田ら（2006）のモ

デルと同様に、崩壊土砂による荷重作用時間を考慮してFEM動的解析を用いて、地盤と擁壁背面の境界面は擁壁が変位することにより過度の引張応力が作用することを防ぐため、擁壁と地盤は剥離するモデルで解析を実施した。荷重は、0.5秒でピーク荷重となる三角形正弦波形として、擁壁の待受部に等分布荷重として与えた。

地盤変形解析では、変形量や回転角が算出できることから、この値を基にした判定基準を検討した。擁壁が転倒する状態を考えると、擁壁の回転変位では前法が鉛直となる前に転倒状態となると考えられるため、前法勾配が鉛直となるまでの角度に対する回転角の割合（ここでは、鉛直回転率と呼ぶ）が10%程度に達した状態で転倒と判定できるか確認した。なお、10%の回転変位は、前法勾配を代表的な1:0.5とすると回転角で2°程度となる。

表-1に示す事例を対象に安定判定基準、パラメータ、安定性評価手法の検討を行った。事例No.1の擁壁の転倒事例を基に判定基準の有効性を確認した。告示式から求まる荷重は135kN/m²で、被災時の擁壁回転角は25°であり、鉛直回転率は94%であった。図-1に荷重-鉛直回転率の関係を示すが、ピーク荷重として135kN/m²が作用した時の鉛直回転率は最終時点で46%と実績と比べて小さいものの、鉛直回転率10%

表-1 検討事例

No.	事例	目的
1	擁壁の転倒事例	安定判定基準の検討 パラメータの検討
2	設計計算事例	安定性評価手法の検討
3,4	平成29年九州北部豪雨の崩壊事例	

を大きく上回り、転倒の有無の判定の可能性が確認できた。そのため、本検討では、鉛直回転率が10%程度に達した状態を転倒に対する安定基準とすることとした。

事例 No.2~4 により限界荷重の検討を行った。設計条件や現地条件から FEM 解析のパラメータが定められていない項目は、一般値を基に設定した。本検討では地盤のせん断弾性係数 G_0 の影響が大きく現れたことから、試行により強度を複数パターン変化させた。せん断弾性係数は N 値から換算した値を設定した。また、外力のピーク荷重を変化させて、鉛直回転率が10%程度となる荷重を内挿補間して限界荷重と判定した。例として、図-2 に事例 No.3 の平成 29 年九州北部豪雨の崩壊事例の解析結果を示す。図より限界荷重は、地盤強度の影響を大きく受けるものの、FEM 解析により限界荷重を算出できた。

事例 No.2 は、既往研究(全国地すべりがけ崩れ対策協議会, 2004) に示される重力式擁壁の設計計算事例を用いた。擁壁高 4m に対して告示式により求まる移動の力 105kN/m^2 が作用し、転倒に対する安定性で不安定となる事例を対象とした。なお、現行設計法による限界荷重は 46kN/m^2 であった。事例 No.3、4 の平成 29 年九州北部豪雨の崩壊事例では、崩壊直下に擁壁が設置されていた事例がなかったため、対象斜面に対して擁壁が設計された状態を仮定して、FEM 解析を実施した。作用外力は、長谷川ら(2020)を基に崩壊高さと同崩壊深から最大となる衝撃荷重に対して安定な擁壁規模を現行設計法から決定した。このとき擁壁高は事例 No.3 で 5m、No.4 で 4m となり、現行設計法による限界荷重は、それぞれ 62kN/m^2 、 46kN/m^2 となった。

[研究成果]

事例 No.1 の転倒事例の再現結果を参考に、地盤の強度(せん断弾性係数)に N 値 5 相当の強度を設定し、長谷川ら(2020)による荷重の空間分布を組み合わせた時の擁壁安定性評価の比較を表-2 に示す。表より荷重の空間分布を考慮せず地盤塑性変形のみを考慮した場合は、現行設計法と矛盾しない結果が得られた。事例 No.3、4 で荷重の空間分布を考慮した場合にも、現行

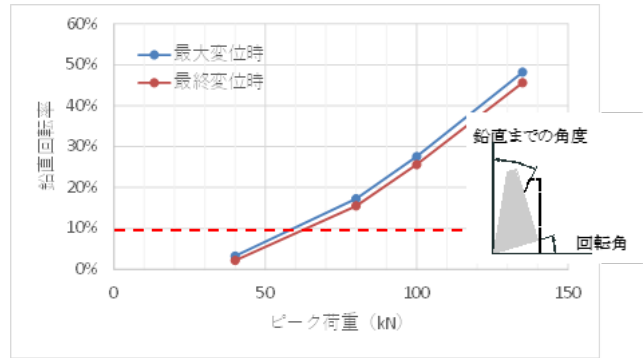


図-1 荷重—回転角の関係 (事例 No. 1)

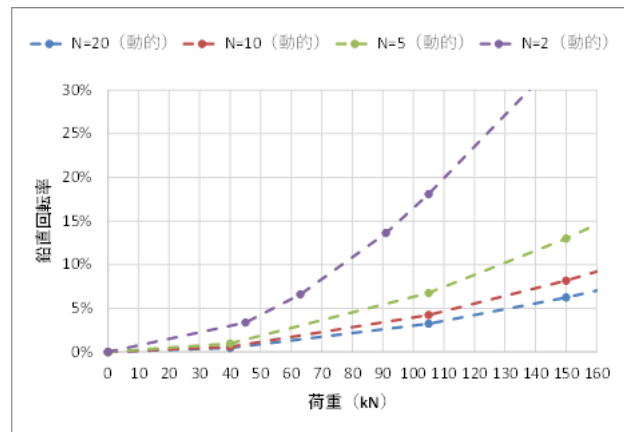


図-2 荷重—回転角の関係 (事例 No. 4)

設計法と矛盾しない結果が得られた。現行設計法では待受け擁壁の衝撃荷重に対する耐力が大きくなっていることには様々な要因が含まれているとされているが、荷重の空間分布と地盤の塑性変形を考慮することで、それぞれの要因を個別に考慮した結果が示されたと考えられる。ただし、地盤のパラメータなど設定方法が十分に定められていない部分があるため、適用に当たっては、再現計算を行ってパラメータの設定を行うなど慎重に適用する必要がある。

これらの結果から、待受け擁壁における衝撃力緩和係数を用いた方法の個別要因を裏付ける検討結果が得られ、大規模表層崩壊にも対応可能な擁壁安定性評価手法を検討することが可能となった。今後、擁壁被災事例に対する再現事例の蓄積を進め、本手法の適用性について更なる検討を進める。

表-2 擁壁安定性評価の比較 (N 値 5 相当の強度時)

No.	事例	空間分布	塑性変形	移動の力 F_{sm}	①		②		③		④	
					限界荷重	転倒 ($e \leq B/3$)	現行設計法	判定	限界荷重	FEM	空間分布・FEM解析	判定
						α	αF_{sm}			平均荷重係数	空間分布考慮外力	
2	がけ協の設計計算事例	なし	あり	105	46	0.5	52.5	NG	67	1.00	105	NG
3	H29九州北部豪雨の崩壊事例1 (崩壊幅 > 擁壁幅)	あり	あり	118	62	0.5	58.9	OK	111	0.85	100	OK
4	H29九州北部豪雨の崩壊事例2 (崩壊幅 < 擁壁幅)	あり	あり	91	46	0.5	45.4	OK	67	0.70	63	OK

OK: ① > ②
NG: ① < ②

OK: ③ > ④
NG: ③ < ④

土砂災害の被害情報の収集・蓄積の高度化

Research on development of acquisition and accumulation methods of sediment disasters information.

土砂災害研究部 土砂災害研究室

(研究期間 令和4年度～令和6年度)
室長 中谷 洋明
研究官 金澤 瑛

[研究目的及び経緯]

土砂災害の防止、被害軽減を図る施策の検討には、土砂災害の発生状況に関する情報を蓄積し、災害の発生傾向を分析することが重要である。そのため、国土技術政策総合研究所では、全国で発生した土砂災害の発生情報を収集、蓄積し、土砂災害データベースとして整理している。

本年度は、土砂災害データベースの利便性の向上と安定的な運用を目的に、クラウド環境にある土砂災害データベースのデータ登録に際しての入力内容のチェック機能や登録状況の管理支援機能を改良した。また、安定的にシステムを運用するための運用保守作業を実施した。

気候変動影響により多発する崩壊土砂流動化に関する調査技術の開発

Research on collapsed sediment fluidization.

土砂災害研究部 土砂災害研究室

(研究期間 令和4年度～令和6年度)
室長 中谷 洋明
主任研究官 瀧口 茂隆

[研究目的及び経緯]

気候変動の影響により降雨特性が変化した結果懸念されることとして、土砂災害の頻発化、崩壊した土砂の流動化による被害の増大がある。

このため、土砂流動化の指標として提案されている流動化指数について、過去の複数の土砂災害発生箇所の土質試験結果を基に分析を行った。

2.2.5 道路交通研究部

災害時の交通マネジメントに関する基礎的研究

Basic research on traffic management in the event of disasters

(研究期間 令和3年度～令和4年度)

道路交通研究部 Road Traffic Department	道路防災研究官 Research Coordinator For Road Disaster Prevention	松本 幸司 MATSUMOTO Koji
道路交通研究部 道路研究室 Road Traffic Department Road Division	主任研究官 Senior Researcher 研究官 Researcher 交流研究員 Guest Research Engineer	尾崎 悠太 OZAKI Yuta 瀧本 真理 TAKIMOTO Masamichi 杉山 茂樹 SUGIYAMA Shigeki

The purpose of this research is to obtain useful knowledge about preparations during normal times for road administrators to work on traffic management in the event of disasters. For this purpose, past cases were collected and analyzed, and examples and new technologies related to information dissemination, which is a common issue, were examined.

〔研究目的及び経緯〕

道路管理者は、災害時に道路構造物の被災状況の把握や復旧だけではなく、幹線道路の通行止めや交通機関の不通による交通への影響の最小化及び残された道路ネットワークでの交通処理能力の最大化（災害時の交通マネジメント）に関係者と連携して取り組むことが必要である。災害時の交通マネジメントを実施する必要が生じた際に、道路管理者が迅速に体制を立ち上げ、実効性のある取組を開始するためには、災害時に備えた平常時からの様々な準備が重要となる。

本研究は、道路管理者が災害時の交通マネジメントに取り組むにあたっての平常時からの備え等について有用な知見を得ることを目的とする。既存事例を収集・分析し、共通する課題への対策を検討することで、道路管理者による今後の取組の効果的な実施を支援するものである。

〔研究内容〕

国土交通省では有識者会議での検討を経て「道路の耐災害性強化に向けた提言」（令和元年7月）がとりまとめられており、同提言の具体的取組のひとつとして災害時の交通マネジメントの実施が挙げられている。

本研究では、平成30年7月に広島市・呉市間で実施された事例をはじめとして、これまでに国内各地で実施された災害時の交通マネジメントの事例のうち5事例を対象に公表資料・論文等文献を収集し、当該道路等の被災状況、交通への影響、実施された対策、課題等に関する内容を抽出・整理した。この結果、実施上の共通の課題として、道路交通状況等の正確な情報を適切に発信し、道路利用者の望ましい行動変容を促す必要性が認識された。これを踏まえて、今後の道路交通マネジメントの実施に際して参照・導入することが有用と見込まれる情報発信事例（道路分野以外を含む。）

表-1 災害時の交通マネジメントの収集・整理事例（概要）

No.	事例	主な被災状況、交通への影響	主な実施対策（交通マネジメント内容）
1	H30 西日本豪雨 広島市・呉市間	・並行する広島呉道路、国道31号等が通行止め（被災箇所多数）、JR呉線運行休止（被害甚大）により都市間交通が寸断	・道路の早期部分復旧、走行可能区間を活用した災害時BRT運行。広域迂回誘導。 ・相乗り等交通量抑制の呼びかけ。
2	H30 台風21号 関空国際空港連絡橋	・連絡橋がタンカー衝突により損傷し、空港島へのアクセス（鉄道、道路）が寸断	・連絡橋（道路）の上り線を活用し、緊急車両・シャトルバス等に限定し対面運用。復旧に合わせて段階的に規制解除。
3	R元 台風19号 東京都・山梨県間	・並行する中央道（八王子～大月）、国道20号（大垂水峠付近）、JR中央本線（高尾～相模湖間）が同時被災・通行止め	・東富士五湖道路、東名・新東名高速道路を利用した広域迂回ルートへの誘導。 ・迂回路を活用したバス代替輸送。
4	R2.7月豪雨 九州縦貫自動車道 人吉IC周辺	・九州道（八代～人吉）通行止め ・国道219号通行規制多数 ・国道267号、268号に交通集中	・九州道（八代～人吉）復旧後、無料解放措置。交通が集中する人吉ICから他ICへの交通誘導強化、緊急開口部の開放。
5	R4.8月豪雨 福井県 （敦賀市～南越前町）	・北陸自動車道（敦賀～今庄）、国道8号305号他、JR北陸本線の同時通行止めにより敦賀市～南越前町間の交通が寸断	・広域迂回誘導。段階的な復旧に伴う災害時緊急バス運行、道路渋滞緩和のための柔軟な車線運用と渋滞情報等の発信。

や新たな情報発信技術について収集・整理した。

表-2 情報発信事例及び新技術

事 例	
1	交通状況等提供アプリ（アイハイウェイ）によるリアルタイム交通情報の情報発信
2	令和元年台風第19号における早めの情報配信（Twitter、緊急速報メール）による避難への誘導と被害軽減
3	デジタル・マイ・タイムライン
4	花火大会において、時間帯別・駅別の混雑状況を予測しWEB上で情報を提供（社会実験）
5	スポーツイベントの会場・駅周辺への来訪者を対象に混雑予測画面を提示（社会実験）
6	アプリの活用とインセンティブの付与による、イベント帰宅者が集中する「時間」と「場所」の分散（実証実験）
7	防災チャットボット（SOCDA）
8	ナッジを活用した観光情報や渋滞予測情報の配信（実証実験）
9	スマホ de リレー
10	地域衛星通信ネットワーク（第3世代）

【研究成果】

1. 災害時の交通マネジメントの事例

収集・整理した事例の概要を表-1に示す。各事例で対策として実施された交通マネジメントの内容は被災状況等に応じ様々である。

改善すべき課題としては、災害時に実施すべき事項・実施体制の平常時からの検討、関係機関の連携強化、ETC2.0プローブデータやCCTV映像等を活用した道路交通状況把握の更なる効率化等が抽出された。これらの課題は「道路の耐災害性強化に向けた提言」において取組実施の留意事項として指摘されていた内容と重複するものも多く、提言に示された取組の強化・充実の必要性が改めて確認される結果となった。

また、災害時の交通マネジメントの実効性を更に高める上での共通する課題として、情報発信の一層の充実の必要性が明らかとなった。各事例において、最新の道路交通状況（規制、混雑・渋滞）、広域迂回ルート、バス等公共交通の運行状況、復旧見通し等の情報の提供には、関係各機関からの公表に加えて、道路情報板、SNSによる情報発信、特設ホームページの開設、広報チラシの掲示・配布等、様々な手法がとられていた。しかしながら、これらの情報提供を更に充実させて適時適切に利用者に伝え、利用者一人一人が交通手段や移動経路、出発時間の変更、出控えといった行動変容につなげていくことが重要と考えられる。

2. 行動変容を促す情報発信事例及び新技術

道路交通マネジメントにおける情報発信方法の充実・強化の検討に資する基礎資料として、表-2に示す情報発信事例（道路分野以外を含む。）や新たな情報発信技術について収集・整理した。収集・整理した事例等のうち特徴的なものについて以下に示す。

(1) 交通情報提供アプリ（アイハイウェイ）によるリアルタイム交通情報の情報発信

NEXCO西日本グループにおいて、高速道路並びにサービスエリア・パーキングエリアの安全・快適な利用のために、パソコンのインターネット機能及びスマートフォン向けのアプリを利用して道路交通情報等を利用者に提供するサービスであり、以下の機能を有する。

- 1) 通行止め・交通規制などの詳しい位置・原因に加えて、通行止め解除までの作業内容や進捗状況を提供。登録されたメールアドレス宛に通行止め解除情報がメールで通知される。
- 2) 大雨警戒区間（このまま雨が継続すると数時間以内に大雨による通行止めや通行規制が実施される可能性のある区間）の情報を提供。降雨予測情報をもとに道路規制の概ね2時間前を目途にメールで

通知される。

- 3) 通勤で利用する経路などをマイルート登録すると、当該ルート上の交通状況（所要時間、規制・渋滞情報等）が定時メールで、また、通行止め・規制の開始及び解除がリアルタイムメールで通知される。

(2) 花火大会における時間帯別・駅別の混雑状況（予測）のWEB上での情報提供（社会実験）

2018年、隅田川花火大会、神宮外苑花火大会において、時間帯別・駅別の混雑状況を予測してWEB上で情報を提供することにより、情報に触れた来訪者の行動変化を検証した大規模社会実験の事例である。

経路検索サイト・アプリを提供する2社（株式会社ナビタイムジャパン、ヤフー株式会社）の協力のもと、検索履歴データをもとにイベント当日の時間帯別・駅別の混雑状況を予測し、経路検索を行ったユーザ（＝花火大会の観客と想定される人）にプッシュ配信等により特設ウェブサイトへ誘導を行い、予想混雑状況や混雑回避策（来場時間の変更、鉄道下車駅の変更、鉄道利用経路の変更等）を情報提供した。

(3) ナッジを活用した観光情報や渋滞予測情報の配信（実証実験）

2021年、環境省の委託事業の一環として、株式会社NTTドコモ、一橋大学、立命館大学、中日本高速道路株式会社等が連携して実施した実証実験の事例である。

アプリにて、NTTグループの技術である「AI渋滞予知」に基づく渋滞予測情報等をメッセージ配信する。ドコモの保有する顧客情報等から、より好ましい選択を強制でなく自発的に選べるよう個々の顧客にパーソナライズした内容で配信し、移動行動の変容を促した。

【成果の活用】

本研究の成果は、災害時のみならず平常時からの効果的な道路交通状況等の情報発信手法としても参照できる内容である。今後、災害時または平常時の道路交通マネジメントの実施を検討する道路管理者等へ提供する等により活用していく予定である。

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

松本 幸司
MATSUMOTO Koji
尾崎 悠太
OZAKI Yuta
瀧本 真理
TAKIMOTO Masamichi
杉山 茂樹
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す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

習データの種別を変えて、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こと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

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、

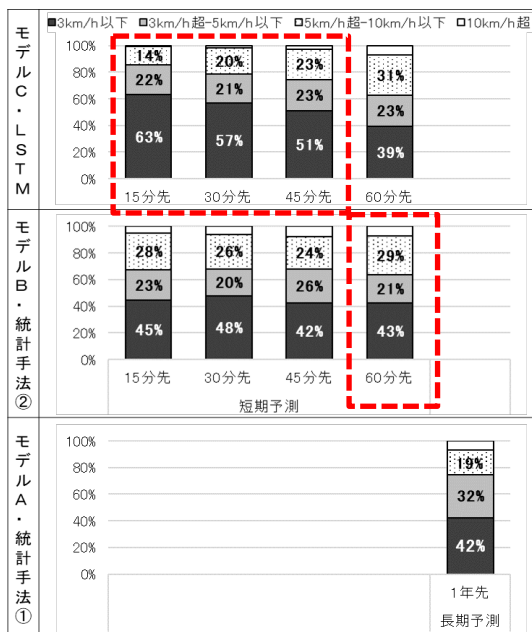


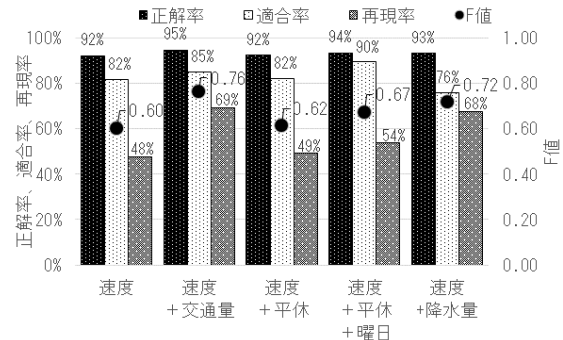
図-2 モデル別・予測先時間別の予測値と真値の誤差の割合

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

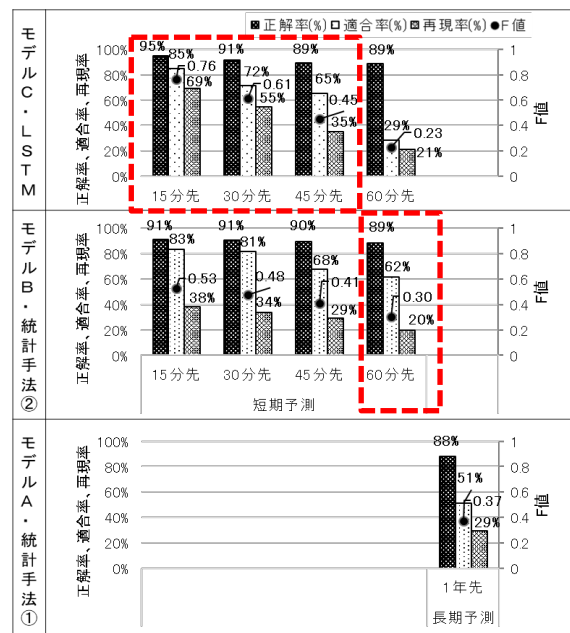


図-3 モデル別・予測先時間別の各評価指標

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 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。

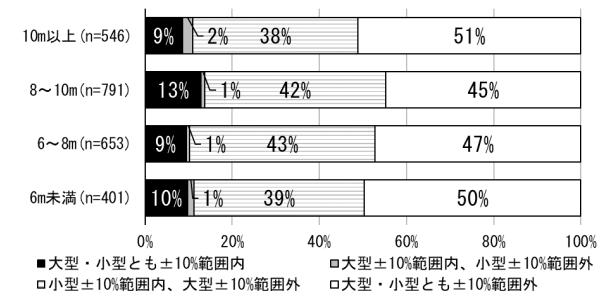


図-1 カメラ設置高さ別の車種別(大型・小型)交通量観測精度

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

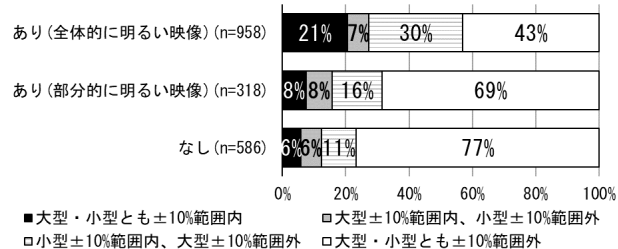


図-4 照明の設置状況別の車種別(大型・小型)交通量観測精度

(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。

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 project

道路交通研究部 道路研究室

(研究期間 令和3年度～令和5年度)

室長	松本 幸司
主任研究官	河本 直志
研究官	青山 恵里
交流研究員	茂田 健吾

[研究目的及び経緯]

国土交通省では、公共事業実施の妥当性担保のため事業評価を実施している。道路事業には、費用便益分析で計測する「走行時間短縮」、「走行経費減少」、「交通事故減少」以外にも多様な効果が存在している。3つの効果以外の多様な効果を的確に把握し、道路事業の必要性を明確に示すとともに、事業採択の説明性を高めることが求められている。国土技術政策総合研究所では、道路事業による多様な効果の評価に資する基礎データの収集や、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。

本年度は、道路事業の多様な効果計測の充実に資する知見蓄積のため、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、新たな行政課題に対応した道路事業の効果計測手法等に関する情報収集・整理を行った。

OD 交通量逆推定手法等を活用した常時観測 OD の取得に関する研究

A study on acquisition of Origin-Destination flow using trip table estimation method

道路交通研究部 道路研究室

(研究期間 令和3年度～令和5年度)

室長	松本 幸司
主任研究官	尾崎 悠太
研究官	瀧本 真理
交流研究員	難波 秀太郎

[研究目的及び経緯]

国土交通省では、概ね5年に1度実施する全国道路・街路交通情勢調査内の自動車起終点調査（OD調査）により、起終点別の交通量（OD交通量）を把握しており、道路交通の現状分析、将来の交通需要推計等に活用している。国土技術政策総合研究所では、より確からしいOD交通量の把握のため、観測リンク交通量から遡ってOD交通量を推定する方法（OD交通量逆推定手法）の開発に取り組んでいる。

本年度は、OD交通量逆推定に使用するETC2.0プローブ情報の取得地域の偏りを補正する手法の検討を行い、その手法を用いた日単位・時間単位OD交通量逆推定手法の試行を行った。

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

道路交通研究部 道路研究室

(研究期間 令和2年度～令和5年度)

室長	松本 幸司
主任研究官	河本 直志
研究官	青山 恵里
交流研究員	茂田 健吾

[研究目的及び経緯]

道路利用の変化や道路に対するニーズの多様化に対応できる走行空間の創出が求められている。本研究では、移動性能の向上と安全・快適な走行空間創出の両立を実現する技術基準や構造要件の確立に向けて、走行速度と沿道出入に関する交通実態調査や、交差点部における飽和交通流率等の交通実態調査、海外事例の収集等により知見の整理を行っている。

本年度は、高速道路と一般道路との中間をなす旅行速度（おおむね60km/h）の構造要件の定量化に向け、沿道出入箇所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。

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

Study on advancement and efficiency of road traffic data collection using ICT and AI

道路交通研究部 道路研究室

(研究期間 令和4年度～令和6年度)

室長	松本 幸司
主任研究官	尾崎 悠太
主任研究官	山下 英夫
研究官	瀧本 真理
交流研究員	難波 秀太郎
交流研究員	杉山 茂樹

[研究目的及び経緯]

国土交通省では、全国の幹線道路の各種道路交通データを継続的に取得することを目的として、常時観測及び5年に一度の全国道路・街路交通情勢調査を実施している。国土技術政策総合研究所では、これらの調査による道路交通データの収集方法について、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開発を行っている。

本年度は、AIにより車両検知・車種判別を行った結果を映像上に表示するツールの構築を行った。また、構築したツールを用いて、様々なカメラ設置条件で撮影した映像を分析し、カメラ設置条件とAIによる交通量観測の精度の関係について整理を行った。

信号交差点における飽和交通流率の基本値に関する研究

Research on the base saturation flow rate at signalized intersections

道路交通研究部 道路研究室

(研究期間 令和2年度～令和5年度)

研究官 青山 恵里

[研究目的及び経緯]

近年、我が国において都市部の信号交差点における飽和交通流率が低下していることが指摘されている。本研究は、現在の飽和交通流率の実態を明らかにするために、都市部だけでなくドライバー属性や車種構成が異なる地域において観測を行い、適切な飽和交通流率の算定方法等を検討するものである。

本年度はドライバー属性に着目した観光地付近の信号交差点において観光目的のドライバーの発進挙動の分析を行った。また、地方部において調査を行うための調査地点の選定基準を整理した。次年度は、現在用いられている飽和交通流率の基本値の妥当性の検証および、飽和交通流率の変化の要因、飽和交通流率の適切な算定方法等について検討する。

一般道で自動運転車両の混入を考慮した道路空間設計に関する研究

Research on road space design considering mixing of autonomous vehicles

(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 池田 武司
Head IKEDA Takeshi
主任研究官 丹野 裕之
Senior Researcher TANNO Hideyuki
交流研究員 井上 航
Guest Research Engineer INOUE Wataru

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

研究官 寺口 敏生
Researcher TERAGUCHI Toshio

In this research, we surveyed the content of demonstration tests of unmanned automated driving services that have been conducted in various regions in the past, and organized the characteristics of road spaces where automated vehicles have run on a single road unit. Based on these characteristics, we developed a method for evaluating the suitability of road spaces for introducing unmanned automated driving services.

〔研究目的及び経緯〕

国土技術政策総合研究所では、各地の社会実験¹⁾を通じて得られた知見を基に、自動運転車両の走行に対応した道路空間の整備方法の基準策定を目的とした研究に取り組んでいる。

無人の自動運転車両を用いたモビリティサービスの走行経路を検討するにあたっては、自動運転車両であっても適切に状況判断が可能な道路空間か、もしくは状況判断の必要性が限りなく低い道路空間を選択または整備する必要がある。しかし、無人の自動運転車両が走行するという観点で、道路空間の適性を評価する基準は明確ではない。そこで、著者らは、無人自動運転移動サービスの導入を検討する際に参考となる道路空間の適性評価手法に関する研究を行っている。

本研究では、過年度に日本各地で実施された社会実験にて自動運転車両の走行実績がある道路の特徴を統計的な分析を通じて抽出する。そして、それらの特徴に基づき、単路単位で自動運転車両の走行適性を評価する手法を提案する。

〔研究内容〕

本研究の提案手法では、過去の実験において無人自動運転移動サービスが一定期間走行した道路空間の特徴を統計的に分析し、類似する特徴を持つ道路空間を自動運転車両の導入適性が高いと評価する。

提案手法の処理フロー(図-1)は、学習部と評価部の2つの処理部で構成される。学習部では、過去の自動運転車両の走行経路情報を入力し、DRM(Digital Road Map)データや道路交通センサ情報等を組み合わせて、自動運転車両の導入適性が高い道路空間の特

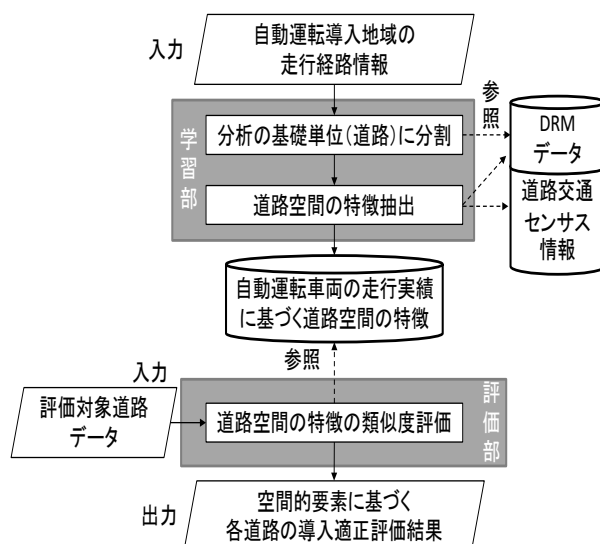


図-1 提案手法の処理フロー

徴を学習する。なお、道路空間の特徴を学習するにあたっては、道路空間の構成要素や自動運転車両の自己位置推定方法に基づく評価結果の違いを考慮するため、本研究では、自己位置推定方法2種類(自律センサのみ、自動運行補助施設を併用)と片側車線数4種類(中央線がない片側1車線未満、片側1車線、片側2車線、片側3車線以上)を掛け合わせた計8カテゴリに分けて、道路空間の特徴を分析する。

評価部では、評価対象道路のデータと自動運転車両の走行実績がある道路空間の特徴とを比較し、対象道路の自動運転車両の導入適性を評価する。なお導入適性の評価では、道路空間の8カテゴリのうち、評価対象道路の条件と合致するものと比較し評価した。



図-2 道路空間の評価結果例（出典：国土地理院地図）

〔研究成果〕

1. 評価実験の内容

本提案手法により、評価対象道路の自動運転車両の導入適性を評価可能であることを実験により確認する。本実験では、代表ベクトルを作成するにあたり、日本全国で実施した無人自動運転移動サービスの導入実験箇所9地域（群馬県前橋市、兵庫県三木市、福岡県北九州市、呉市、滋賀県東近江市、静岡県松崎町、静岡県伊東市、静岡県沼津市、静岡県掛川市）における自動運転車両の走行経路を DRM データに照らし合わせて、計180に分割した道路を学習用サンプルとして活用した。

評価実験では、提案手法により、上記の9地域以外で自動運転車両の走行実績がある北海道広尾郡大樹町の一部で、自動運転車両の導入適性を評価した。

2. 評価実験の結果の分析

北海道広尾郡大樹町の一部を対象とした評価実験の結果例を図-2に示す。図-2では、線の太さで車線数を表し、色の濃淡で評価値であるコサイン類似度の大小を表している。なお、実際の無人自動運転移動サービスの走行経路は、図-2中央を左右に横断する道路である。図-2の評価結果を、実際に走行した経路とそれ以外の評価結果で分けて分析すると、以下の知見が得られた。

実際に走行した経路の場合、評価値は0.6から0.8の間に含まれた。このうち、評価値が高い道路空間の特徴を分析したところ、沿道出入りが少ない点が高く評価されたことが分かった。本評価結果は、沿道出入り等の外的要因が少ない環境の方が、自動運転車両の走行に適しているという観点を裏付けるものと考えら

れる。

一方、実際に走行した経路以外の道路を確認すると、全体的に片側1車線の道路の評価値が0.7から0.9となり、高評価であることが確認された。その原因を分析したところ、車道総幅員が5mから10m程度の追い越し可能な道路であり、かつ沿道出入り数だけでなく交差点数が少ない点が高評価の要因であったことが分かった。また、道路交通センサ情報が整備されていない影響で、評価時に利用する特徴数が少なくなり、結果的に共通する特徴が多いと評価されてしまったことも、過剰に高評価となった要因と考えられる。

〔成果の活用〕

本提案手法により、道路空間の特徴を基に、過去の走行経路との類似度を基準とした無人自動運転移動サービスの導入適性を評価できる可能性があることが分かった。また、統計的な手法を用いることにより、評価値の根拠を確認できた。

今後の展開として、現在の提案手法では考慮できていない、通行者の飛び出しに対する警戒や路上駐車の影響、無人自動運転移動サービスの導入に対しマイナスに影響する評価を加味した評価手法を検討し、より実用に供する技術として改善する予定である。

〔参考文献〕

国土交通省：自動運転の実現に向けた動向について、令和4年度第1回自動運転車を用いた自動車運送事業における輸送の安全確保等に関する検討会，2022.，<<https://www.mlit.go.jp/jidosha/content/001485115.pdf>>，（入手日 2022.8.31）。

ICT・ビッグデータを組み合わせた交通安全対策分析手法の検討

Consideration of the traffic safety analytical method with ICT and bigdata

(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	室 長	池田 武司
Road Traffic Department	Head	IKEDA Takeshi
Road Safety Division	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
	交流研究員	井上 航
	Guest Research Engineer	INOUE Wataru

In this research, based on the video and picture data from drive recorders and roadside cameras, AI technology is used to organize methods for extracting dangerous incidents that can be near misses and how to use video and picture data for accident prevention.

〔研究目的及び経緯〕

国土交通省では、交通事故対策として、技術発展を踏まえた先端技術の活用を推進している。幹線道路(国道・都道府県道等)では、事故データやETC2.0プローブ情報から判明した潜在的な危険箇所等を「事故危険箇所」として指定し、死傷事故の約3割抑止を目標に様々な対策が検討・実施されてきた。対策立案にあたっては、事故の発生過程や要因を的確に把握することが求められるが、それらを誤って推定した場合、対策による効果が十分に発揮されない恐れがある。

本研究では、AI画像認識に着目し、事故データやETC2.0プローブ情報からだけでは発見が困難な事故または事故に至らなかったもののヒヤリとする場面(以下、「ヒヤリハット」という。)をドライブレコーダーや路側カメラから検出する方法や、動画・画像データの事故対策への活用方法について、整理を行った。

〔研究内容〕

本研究は、①ドライブレコーダーデータを活用したヒヤリハット検出に関する調査、②路側カメラデータを活用したヒヤリハット検出に関する調査、③動画・画像データの事故対策立案への活用方法の整理を行った。

①および②については、ドライブレコーダーデータ、路側カメラデータからヒヤリハット検出に用いる教師データを作成したうえで、AIモデルを構築し、ヒヤリハット検出精度について、正解率、適合率(誤検知の少なさ)、再現率(見逃しの少なさ)、F値(適合率と再現率のバランス)の4つの指標を用いて精度

検証を行った。

③については、動画・画像データを用いた事故対策検討の手順および各プロセスにおける活用方法とをとりまとめた。

〔研究成果〕

①ドライブレコーダーデータを活用したヒヤリハット検出に関する調査

ドライブレコーダーデータからヒヤリハットを検出するAIモデルについては、時系列情報や物体(自動車、歩行者、自転車)を識別する技術を組み込み、アノテーション(AIモデルの学習に使用する教師データにヒヤリハットか否かの情報を付与)の方法および教師データを連続画像として学習する際の規模(フレームレート)の違いを加味した9パターンのモデルを構築(表-1)し、検出精度の検証を行った。

なお、使用したのは、2008年3月～2013年5月のタクシーに搭載されたドライブレコーダーデータのうち、歩行者、自転車の飛び出しによるヒヤリハットが記録されている前後加速度が閾値(-0.2G)以下となった瞬間の前10秒と後5秒の15秒間のデータである。

表-1 検証モデルのパターン一覧

		アノテーション方法		
		一律設定※1	目視+ルール※2	ルール※3
フレームレート	15フレーム	モデル①	モデル④	モデル⑦
	30フレーム	モデル②	モデル⑤	モデル⑧
	60フレーム	モデル③	モデル⑥	モデル⑨

※1: 動画開始より9.5秒～13秒目まで

※2: 目視で対象物が車道へ侵入したタイミングの前後1秒をヒヤリとする

※3: ドラレコの加速度データから減少開始時の0.6秒前～急減速後の最低速度到達時まで

9 モデルの精度比較をした結果（表-2）、正解率、適合率、再現率、F値ともに、顕著な差異は見受けられなかったものの、全体の傾向としては、いずれのアノテーションパターンにおいてもフレーム数を増やすと適合率と再現率が微増する傾向が確認された。

表-2 精度検証結果一覧

モデル	①			②			③		
	15	30	60	15	30	60	15	30	60
正解率	58.8%	60.1%	66.7%	59.1%	58.2%	65.1%	59.1%	56.7%	63.2%
適合率	83.9%	89.9%	85.4%	83.9%	83.7%	87.5%	85.3%	80.7%	88.5%
再現率	61.0%	61.7%	71.3%	61.3%	60.3%	68.4%	61.2%	58.8%	65.8%
F値	70.6%	73.2%	77.7%	70.9%	70.1%	76.8%	71.3%	68.1%	75.5%

正解率: AIが出した予測結果(ヒヤリハットか否か)のうち、正しかったものの割合
 適合率: AIがヒヤリハットと予測したケースのうち、本当にヒヤリハットのケースの割合
 再現率: 全てのヒヤリハットケースのうち、AIがヒヤリハットであると予測できたケースの割合
 F値: 適合率と再現率の調和平均(バランス)

②路側カメラデータを活用したヒヤリハット検出に関する調査

路側カメラデータからヒヤリハットを検出するAIモデルについては、①と同様に時系列情報および物体検知技術を組み込んだモデルとし、精度の検証に用いたデータは、動画データ（ヒヤリ発生時刻の前1秒と後5秒の6秒間の動画）で、フレーム毎にヒヤリハットの判定を行った。なお、使用する路側カメラデータは一般国道の交差点に複数台設置されたカメラより撮影された24時間×1週間分のデータを基にしている。

本モデルにおけるヒヤリハットの検出方法は、解析の対象箇所毎にヒヤリハットを検知するエリアをあらかじめ設定し、当該エリア内に進入した車両と人を検知し、車両については、フレーム間の座標の変化量から車両の減速を把握する。次に車両の減速と人の検知の両方を満たした場合に、車両と人の接近状況からヒヤリハットを検知するものである（図-1）

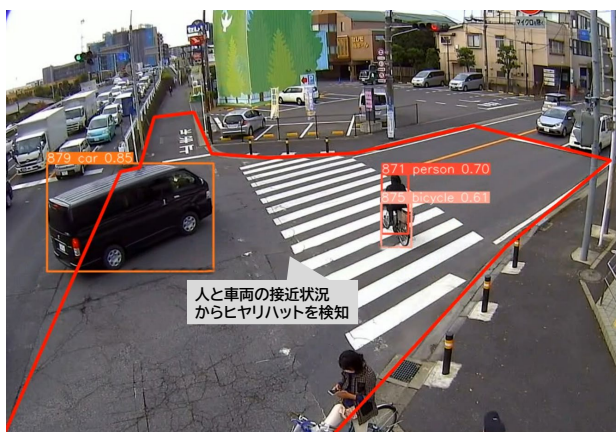


図-1 ヒヤリハット検出の概念

検出精度を検証した結果（表-3）、適合率が約31%、再現率が約46%となっており、誤検知や見逃しが一定量発生している。その理由としては、車両が緩やかに減速しており、危険な接近状況ではない事象をヒヤリハットと判定してしまっていることが一要因と

考えられ、条件設定等の工夫が今後必要であると考えられる。

表-3 精度検証結果

正解率	適合率	再現率	F値
67.0%	30.6%	45.6%	36.7%

正解率: AIが出した予測結果(ヒヤリハットか否か)のうち、正しかったものの割合
 適合率: AIがヒヤリハットと予測したケースのうち、本当にヒヤリハットのケースの割合
 再現率: 全てのヒヤリハットケースのうち、AIがヒヤリハットであると予測できたケースの割合
 F値: 適合率と再現率の調和平均(バランス)

③動画・画像データの事故対策への活用方法の整理

従来の事故対策にあたっては、事故データ・ETC2.0プローブ情報、道路交通環境等の各種データを整理し、現地調査と並行して着目する事故形態の設定、事故発生過程・要因の推定を行うが、事前に推定した事故要因以外が確認された場合に再精査が必要になるほか、現地の目視確認だけでは、事故を誘発する危険挙動の把握が困難などの課題がある。

動画・画像データを活用することで従来の検討プロセスの順序が変わるほか、各プロセスの検討手法や質が変化すると考えられる（図-2）。

具体的には、室内分析の前に現地調査を実施し、新たにヒヤリハット画像を取得することで、調査箇所における危険挙動を漏れなく把握できるほか、事故発生位置や道路交通環境との因果関係を早期に把握可能になる。また、室内分析では、従来のデータ分析により顕在化している事故以外にも、ヒヤリハット事象の抽出が可能になることから、事故発生過程推定の精度向上が期待される。対策方針の検討段階では、危険挙動の発生位置を示すことで交通安全対策を適切な位置で行うことが可能となる。

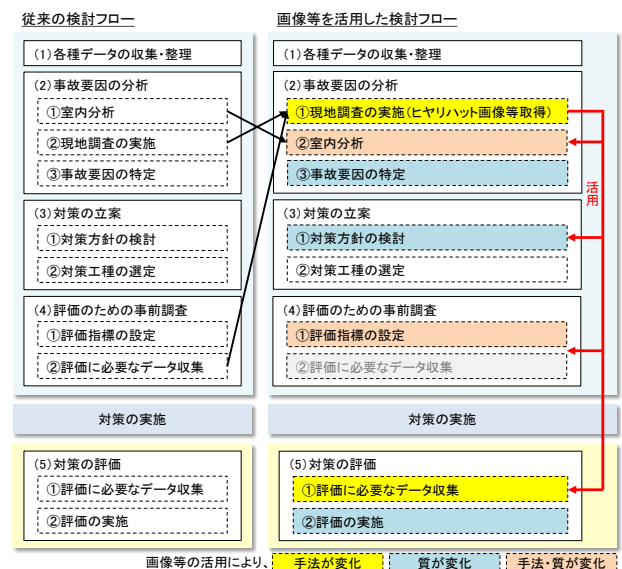


図-2 画像を用いた事故対策検討フロー

【成果の活用】

本研究の成果により、事故要因推定精度の向上による効果的な対策の立案や対策の効果評価に活用されることを期待したい。

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

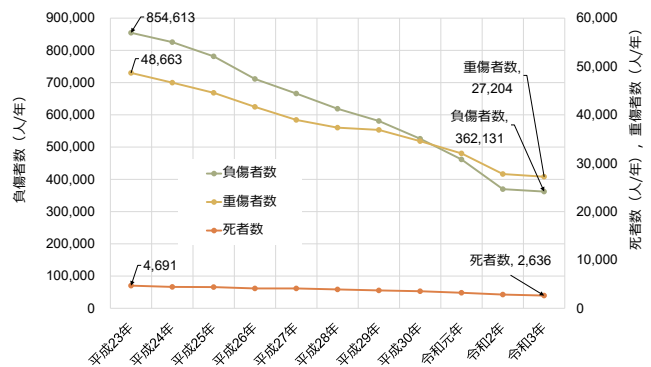


図-1 交通事故死傷者数等の推移

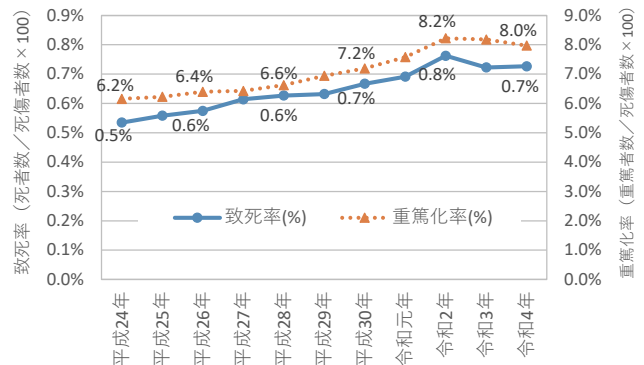


図-2 致死率、重篤化率の推移

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。

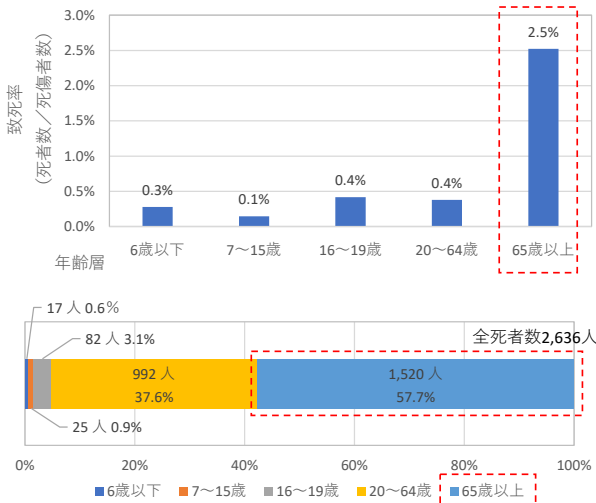


図-3 年齢層別の致死率（上段）と年齢層別の死者数の構成割合（下段）（R3）

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。

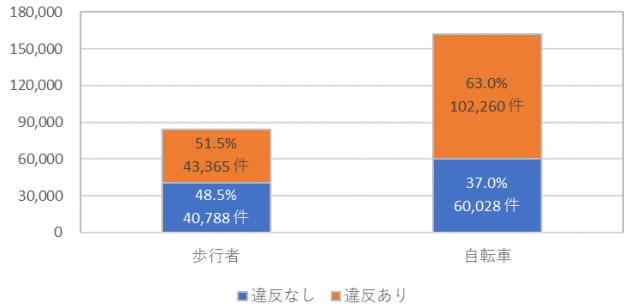


図-4 子どもの事故の当事者種別別の法令違反の有無（H24~R3）

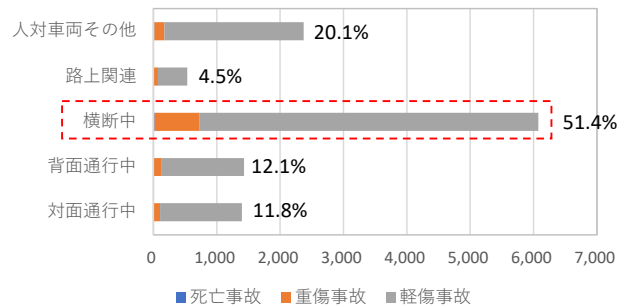


図-5 子ども（歩行者）の法令違反なしの単路での事故類型別の事故発生状況（H24~R3）

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。

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 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

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手法の整理、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。

〔業務成果〕

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。



図-1 急減速発生件数の交差点単位の表示機能

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) 生活道路の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)。



図-2 速度モザイク図の表示機能

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。



図-3 抜け道利用の静的表示機能

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)。

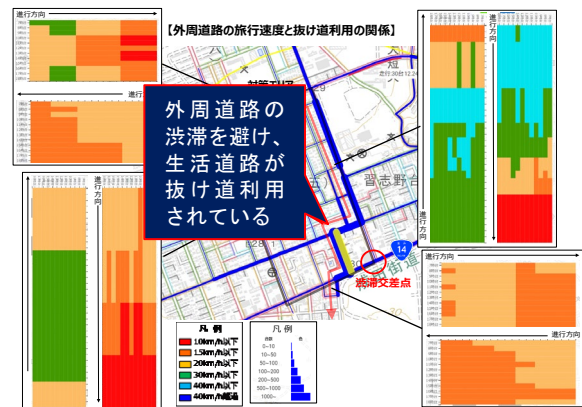


図-4 生活道路分析ツールを活用して、幹線道路の渋滞と生活道路の抜け道利用状況を図化した例

【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。

幹線道路における交通事故の要因分析等に関する調査

Survey on factor analysis of traffic accident on arterial roads

道路交通研究部 道路交通安全研究室

(研究期間 令和4年度～令和6年度)
室長 池田 武司
主任研究官 丹野 裕之
研究員 村上 舞穂
交流研究員 鏡味 沙良
交流研究員 井上 航

[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」を指定し、道路管理者と都道府県公安委員会が連携した対策を実施している。この対策が必要かつその効果を発揮できる箇所で行えるよう、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、潜在的な事故危険箇所の抽出方法や事故要因分析手法等に関する調査・研究を行っている。

今年度は、潜在的な事故危険箇所の抽出に必要な道路利用者の意見等収集方法に関する調査、事故危険箇所・区間選定の考え方、及び最新の事故危険予測技術の整理等を行った。

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 Way for Spreading Traffic Safety measures on Residential Roads..

道路交通研究部 道路交通安全研究室

(研究期間 令和4年度～令和6年度)
室長 池田 武司
主任研究官 松田 奈緒子
研究員 村上 舞穂
交流研究員 森山 真之介

[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（スムーズ横断歩道・ハンプ等）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に関する研究を行っている。

令和4年度は、スムーズ横断歩道の効果分析および効果に影響を与える要因分析を行った。また、ハンプの劣化に影響を与える要因分析を行った。具体的には、令和3年度に全国で設置された40箇所のスムーズ横断歩道について、速度低減効果・車両の停止率向上効果の算出やアンケート等による主観評価結果の整理を行い、各効果を把握した。速度低減効果や車両の停止率向上効果に影響を与える要因について、要因候補の検討を行い多変量解析を用いて把握した。また、ハンプの劣化に影響を与える要因分析については、8箇所のハンプについて劣化状況・交通量・速度・施工方法・素材等を、現地調査やビデオ調査、道路管理者へのヒアリングにより整理、分析を行い、劣化に影響を与える要因を把握した。

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

道路交通研究部 道路交通安全研究室

(研究期間 令和3年度～令和5年度)
室長 池田 武司
主任研究官 池原 圭一
研究官 久保田 小百合

[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取りまとめるため、交通安全上必要な夜間の視認性に関する維持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。

令和4年度は、視線誘導標・道路標識・区画線を対象に、①性能維持の要件として視認可能であるべき距離の設定、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5国道出張所）に意見収集を行った。道路管理者からは、対象としている施設は数量が多く、限られた予算や体制の中で性能を維持し続ける管理を行うことは難しいこと、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などの意見があった。また、視線誘導等のための施設の設置目的別の分類については、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。今後は、計画的な管理を行えるように、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い、設置目的を踏まえた適切な運用方法を整理する予定である。

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

Research on Evaluation of Road Spaces for Cycling in order to Promote Bicycle Usage.

道路交通研究部 道路交通安全研究室

(研究期間 令和3年度～令和5年度)
室長 池田 武司
主任研究官 松田 奈緒子
研究官 久保田 小百合
交流研究員 井上 航

[研究目的及び経緯]

国土交通省では、自転車活用推進計画に基づいて、歩行者、自転車及び自動車が適切に分離された安全で快適な通行空間の計画的な整備を推進している。国土技術政策総合研究所では、自転車通行空間の計画的な整備を支援するため、歩行者、自転車及び自動車の通行安全性の評価手法に関する研究を行っている。

令和4年度は、道路交通法改正（令和5年7月施行）により自転車通行空間を走行可能となる電動キックボードについて、走行の安全性を確認するための走行試験を実施した。具体的には、国総研試験走路において、自転車と電動キックボードの蛇行幅をビデオにより確認し、両者を比較した。また、走行安全性を確認するために、段差・砂・落ち葉の上を自転車と電動キックボードで走行し、アンケート調査による安全性（主観評価）やビデオによるよろめき・ふらつき・停止の回数を確認し、自転車と電動キックボードの結果を比較した。

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

道路交通研究部 道路交通安全研究室

(研究期間 令和2年度～令和5年度)

室長 池田 武司

主任研究官 池原 圭一

研究官 久保田 小百合

交流研究員 鏡味 沙良

[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、通常、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。冬期の交通障害は、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検知等を行うものである。

令和4年度は、令和3年度に通行止めデータを基に作成した冬期交通障害の発生を検出するための判定フローについて、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）を用いて再検証した。平常時の交通状況との違いによる判定に加え、冬期交通障害が発生しない状況の除外、当日の速度低下を確認することによる見逃しの改善及び平常時の速度のばらつきが小さい場合の誤検出の改善を行うことで、見逃しを減らしつつ、誤検出を抑制した判定フローを作成することができた。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。

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
Head
主任研究官
Senior Researcher
研 究 官
Researcher

大城 温
OSHIRO Nodoka
橋本 浩良
HASHIMOTO Hiroyoshi
長濱 庸介
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.

[研究目的及び経緯]

道路に対し、歩行者が滞在し交流する賑わい空間となる「道」としてのニーズが高まっている。国土交通省では、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議論が進めている。

国土技術政策総合研究所では、人中心の道路の実現に向け、道路空間の利活用に関わる事例研究を通じ、技術的知見の収集・整理を行い現場へフィードバックするとともに、利活用推進に向け、各種課題の抽出と解決策に関する調査・検討を行っている。

本研究では、まず、道路空間の利活用事例から今後解決が期待される課題や利活用を見据えたニーズを抽出した。次に、抽出結果を踏まえ、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。）の利活用の実践、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。）の導入に着目し、それぞれ実践または導入のための留意点を整理した。

[研究内容]

1. 多様なニーズに応じた道路空間の利活用のための課題と対処方法の整理

多様なニーズに応じた道路空間の利活用を見据え、解決が期待される課題・利活用を見据えたニーズを整理するため、利活用事例を調査した（表-1）。

2. 歩車道境界部の利活用の実践事例の調査

歩車道境界部の利活用事例（表-2）を選定し、実践の工夫や課題点を調査した。調査結果を元に歩車道境界部の利活用の実践のための留意点を整理した。

表-1 道路空間利活用事例

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

表-2 歩車道境界部の利活用実践事例

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

表-3 歩行者優先道路の導入事例

調査箇所	所在地
サンキタ通り	兵庫県神戸市
神門通り	島根県出雲市
鉄輪温泉いでゆ坂	大分県別府市
国際通り	沖縄県那覇市
元町通り	神奈川県横浜市

3. 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事例（表-3）を選定し、導入における工夫や課題点を調査した。調査結果を元に歩行者優先道路の導入のための留意点を整理した。

【研究成果】

1. 多様なニーズに応じた道路空間の利活用のための課題と対処方法の整理

道路空間の利活用にあたり、解決できなかった課題や安全性・利便性のさらなる向上のためのニーズを整理した。道路管理者に関わりの深い道路構造や設置施設に関わるものを表-4に示す。

2. 歩車道境界部の利活用の実践のための留意点

事例調査結果を元に、歩車道境界部の利便性、安全性の観点から留意点、留意点に対処する際のポイントを整理した（表-5）。

特徴的な例について示す。さっぽろシャワー通りでは、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ている。可動式のポラードは、沿道地域が移動している。また、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歩行者に荷捌き時間を明示するとともに、荷さばき空間への歩行者の進入防止が図られている（写真-1, 2）。

歩車道境界部の利活用の実践に向けては、歩車道境界部の安全性の確保が重要と考えられる。

3. 歩行者優先道路の導入のための留意点

事例調査結果を元に、歩行者の利便性、歩行者の安全性の観点から留意点、留意点に対処する際のポイントを整理した（表-6）。

特徴的な例について示す。神門通りでは、車道と歩行空間をフラットにし、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すことで歩車道の境界を曖昧にし、車両速度抑制効果を図っている（写真-3）。鉄輪温泉いで湯坂では、20km/hの速度規制とともに、路側線の位置への雨水排水側溝（グレーチング）の配置や舗石の色の違いにより車両走行空間を明示している（写真-4）。両事例とも、車線区分のない道路であるものの、舗装デザインの工夫により、自動車運転者に歩行者空間を意識させるような空間を構築している。

歩行者優先道路の導入に向けては、自動車運転者に対し、歩行者に配慮した道路空間になっていることを認識させるとともに、歩行者空間を意識しながら走行してもらう（走行させる）ことが可能な道路空間を構築（創出）することが重要と考えられる。

【成果の活用】

調査を通じて得られた成果を元に、歩車道境界部の利活用の実践、歩行者優先道路の導入、それぞれについて、留意点、留意点に対処する際のポイント等をまとめ、現場へフィードバックすることを予定している。

表-4 解決が期待される課題・利活用を見据えたニーズ

分類	解決が期待される課題 利活用を見据えたニーズ
道路構造 設置施設	① 飲食施設等の店を見据えた電源、水道等の設置
	② 賑わい空間としての夜間照明の明るさの確保
	③ 車道との一体利用を見据えた歩車道境界の段差の考え方
	④ イベントを想定した中央分離帯の構造（可動性確保）
	⑤ 道路空間全体のデザイン（歩車道境界、横断面構成、縦断的な施設の配置の考え方）
道路構造 設置施設 (占用に関わるもの)	⑥ 通常占用手続きの簡素化 手続き期間の短縮
	⑦ イベント等における新たな占用手続きの柔軟対応

表-5 歩車道境界部の利活用の実践のための留意点

観点	留意点と留意点に対処する際のポイント
歩車道境界部の 利便性	【留意点：用途に照らした利活用空間の形成】 - 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 - 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 - 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	【留意点：歩車道境界部の明確化】 - 物理的明確化 ・ 防護柵、ポラード、車止めによる区分 - 視覚的明確化 ・ 区画線、舗装デザインによる明示 ・ 案内標識、注意喚起看板による明示



写真-1, 2 さっぽろシャワー通り（筆者ら撮影）

表-6 歩行者優先道路の導入のための留意点

観点	留意点と留意点に対処する際のポイント
歩行者の 利便性	【留意点：歩行者空間の確保】 - 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 - 施設の設置 ・ 賑わい施設や滞留空間の設置
歩行者の 安全性	【留意点：車両通行のマネジメント】 - 通行車両の制限・抑制 ・ 交通規制との連携 - 通行車両の速度低減 ・ 車両走行空間の明示 ・ 歩道舗装の車道部へのにじみだし



写真-3 神門通り
(筆者ら撮影)

写真-4 鉄輪温泉いで湯坂
(筆者ら撮影)

道路空間におけるグリーンインフラの社会実装に向けた調査

Research on green infrastructure in road spaces

道路交通研究部 道路環境研究室

(研究期間 令和3年度～令和5年度)
室長 大城 温
主任研究官 橋本 浩良
研究官 長濱 庸介

[研究目的及び経緯]

国土交通省は、社会資本整備や土地利用等のハード・ソフト両面において、自然環境が有する多様な機能を活用し、持続可能で魅力ある国土・都市・地域づくりを進める取組みである「グリーンインフラ」を推進している。本調査は、道路空間におけるグリーンインフラの社会実装の促進を目的として、沿道の関係者と連携した道路緑化の進め方や、雨庭のような雨水貯留浸透の仕組みを持つ植栽地を設置する際の考え方や方法等を示すものである。

令和4年度は、沿道の関係者と連携して道路緑化を実施する際の、道路管理者の実施事項及び留意事項等を整理した（計画・設計段階、維持管理段階毎）。また、雨水貯留浸透の仕組みを持つ植栽地を道路空間へ設置する際の考え方や方法等について、過年度の事例調査結果に基づき整理した。

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

Research on revision of technological method according to the operational status of environmental impact assessment

道路交通研究部 道路環境研究室

(研究期間 令和3年度～令和5年度)
室長 大城 温
主任研究官 澤田 泰征
主任研究官 吉永 弘志
主任研究官 橋本 浩良
主任研究官 布施 純
研究官 長濱 庸介
研究官 大河内 恵子

[研究目的及び経緯]

国土技術政策総合研究所では、国立研究開発法人土木研究所と分担・協力し、道路事業者が環境影響評価（環境アセスメント）を実施する際に参照する手引き書である「道路環境影響評価の技術手法」（以下、「技術手法」という）を作成し、数度の見直しを行ってきた。本研究課題では、平成25年施行の改正環境影響評価法において新たに義務づけられた、配慮書手続き（計画段階配慮事項の検討等）、報告書手続き（環境保全措置の報告等）の実施を支援するための技術手法の内容の充実を検討している。また、環境影響評価への信頼性を維持していくために、最新の科学的知見を収集・分析し、技術手法に反映するための検討を行っている。

令和4年度は、道路環境影響評価図書のデータ整理、排水性舗装における自動車走行騒音の音響パワーレベルに関する調査、道路事業における自然環境の保全技術に関する調査を行った。

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

道路交通研究部 道路環境研究室

(研究期間 令和3年度～令和5年度)
室長 大城 温
主任研究官 澤田 泰征
主任研究官 吉永 弘志

[研究目的及び経緯]

国土技術政策総合研究所では、消費電力量を削減する施策の立案支援や、施策による効果の測定のため、国道事務所等における消費電力量及び再生可能エネルギーによる発電電力量の調査並びに省エネ技術等導入による消費電力量削減効果の把握方法に関する研究を行っている。また、道路管理者向けに、道路管理設備への各種省電力技術及び発電用太陽電池設備の導入に関する解説資料を作成するための調査を行っている。

令和4年度は、国が管理する10か所の道路関係の事務所における照明、消融雪等の道路管理設備の諸元（定格消費電力、方式等）及び消費電力量を調査し、設備の設置場所、分類、諸元及び消費電力量を紐づけて整理することにより設備分類別の消費電力量の集計を試行した。試行結果をふまえ、今後、国が管理する全ての道路等事務所において消費電力量を調査するための調査要領（案）をまとめた。また、発電用太陽電池設備の計画・設計・運用の事例及び関連する既存の法令・指針等を調査するとともに、計画段階において計画・設計・施工・維持管理について留意すべき事項を整理した。

多様な手法による無電柱化の推進に関する調査

Research on promotion of utility pole removal by various methods.

道路交通研究部 道路環境研究室

(研究期間 令和4年度～令和6年度)
室長 大城 温
主任研究官 布施 純
研究官 大河内 恵子

[研究目的及び経緯]

国土交通省では、「無電柱化の推進に関する法律」に基づき令和3年に新しい無電柱化推進計画を策定し、無電柱化事業の徹底したコスト削減、事業の更なるスピードアップを図りつつ無電柱化を推進している。このため、国土技術政策総合研究所では、「道路の無電柱化低コスト手法導入の手引き(案)」、「無電柱化事業における合意形成の進め方ガイド(案)」の内容充実を目的として、効率的な施工分担などコスト削減・スピードアップの手法の調査及び合意形成プロセスの調査を行っている。

令和4年度は、道路管理者へのヒアリング調査を行い、無電柱化の事業期間短縮に関する工夫事例（道路管理者と電線管理者との施工分担の工夫事例や常設作業帯の設置事例など）を把握した。また、「無電柱化事業における合意形成の進め方ガイド(案)」の改訂案として、事業期間短縮に関する工夫を実施する際の留意事項、及び参考となる工夫事例集等を取りまとめた。

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

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

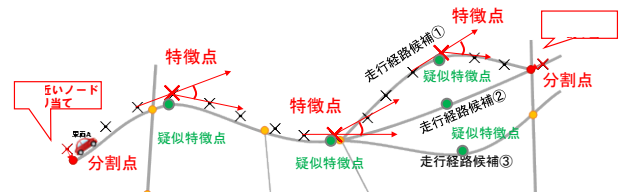


図-1 マップマッチングアルゴリズムの概要



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。

[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、リンク長ベースの正解率が 44.8%、リンク数ベースの正解率が 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。

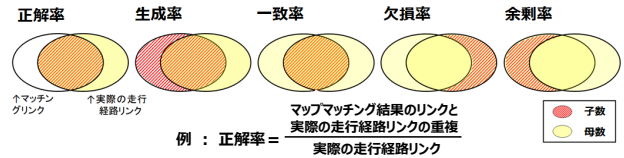


図-3 精度評価指標のイメージ

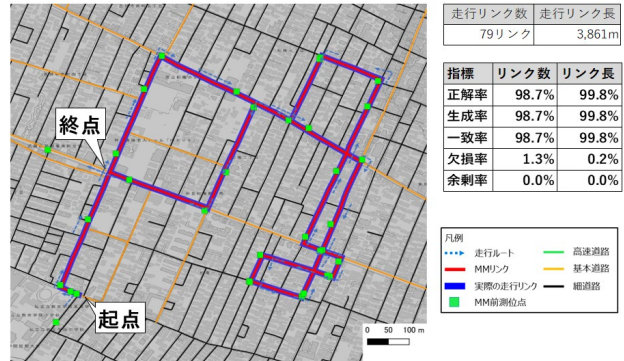


図-4 市街地におけるマッチング結果

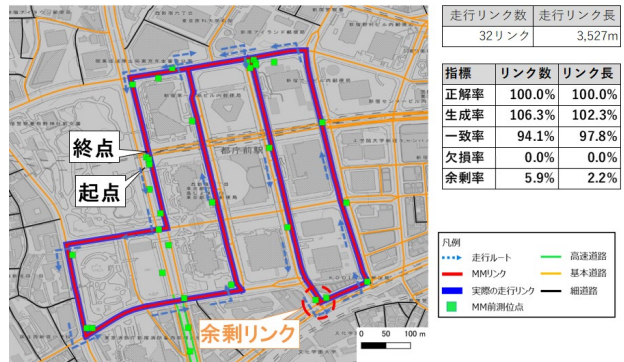


図-5 高層ビル群におけるマッチング結果

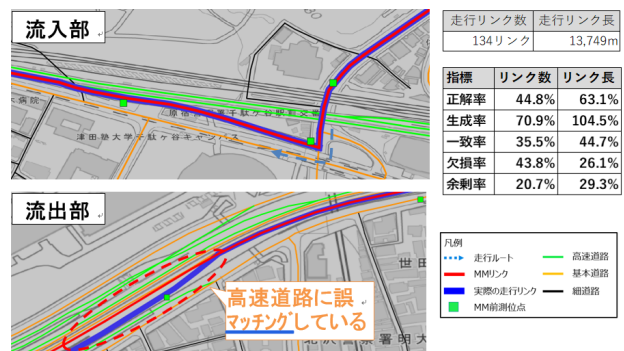


図-6 並行道路におけるマッチング結果（流入出部）

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。

なお、本システムは主に道路情報 DB の更新機能と、他の特車関連システムと道路情報 DB の自動連携機能からなる。本研究後、他システムとの連携に関する機能を構築したうえで運用が開始される予定である。

〔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、クラウド環境で構築を行った。

(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両道路管理者に伝え、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直轄事務所と管内の一部の自治体とした。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」と感じる」または「若干軽くなる」と感じる」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)。当初は、作業が煩雑でないことや入力ミスがあっても作業時に気づくことなどから、簡素化の効果が特に大きいとは考えていなかったが、期待する意見が複数挙がった。

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。これについて、当初、各更新作業に対して1回だけの作業であることなどから簡素化の効果が特に大きいとは考えていなかったが、ヒアリングを通じファイルの作成と提出が道路管理者の負担となっていたことが分かった。

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。当初、オンライン化でオフラインツールを不要とすることは意図していたが、毎回の道路管理者のデータ更新の負担の軽減にもつながることが分かった。

(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。

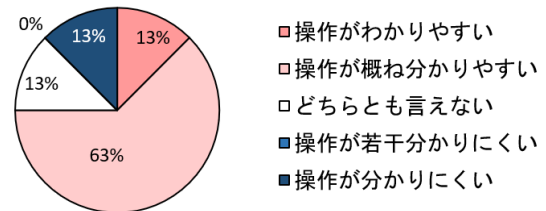


図-1 操作性に関するアンケート結果

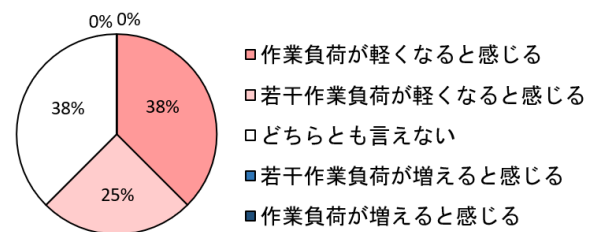


図-2 作業負担に関するアンケート結果

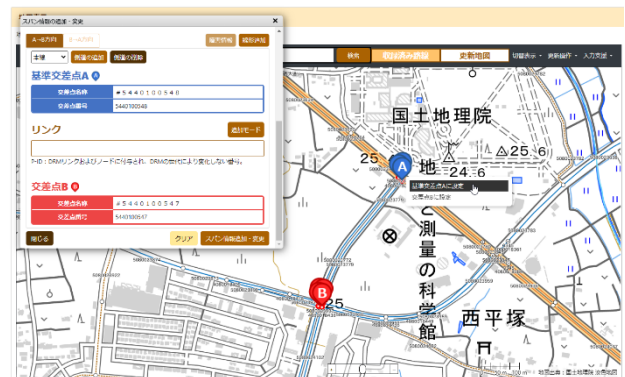


図-3 新システムにおける交差点の指定

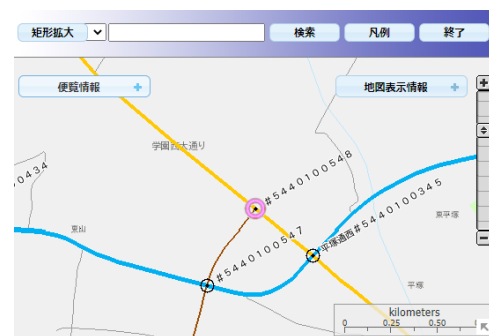


図-4 道路情報便覧表示システム

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
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一つの解決策となる。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)。

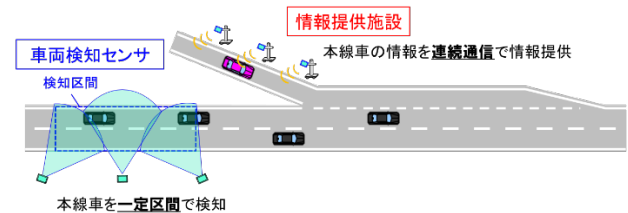


図-1 DAY2 システムの概要

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。

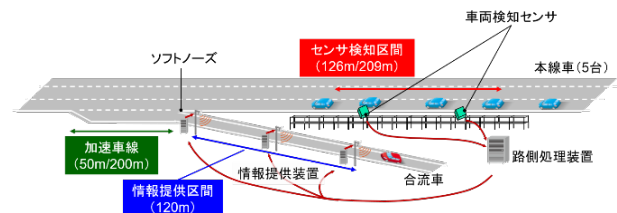


図-2 DAY2 システムの効果検証実験 (イメージ)

[研究成果]

- 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速度と位置の調整を完結できなかったためである(図-4)。

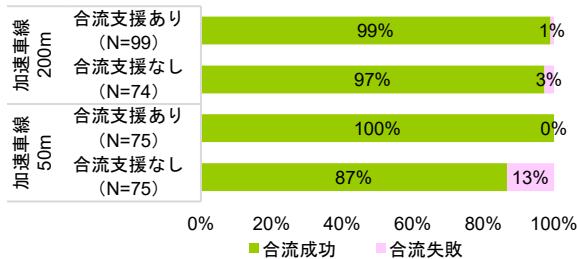


図-3 合流車の本線合流の成功状況

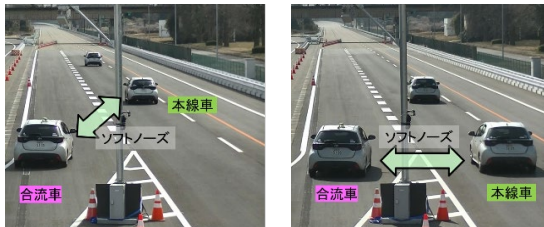


図-4 ソフトノーズ端付近での合流車と本線車の様子 (左：合流支援あり、右：合流支援なし)

・ 合流車の加速度

合流車の加速度は、「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)。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。

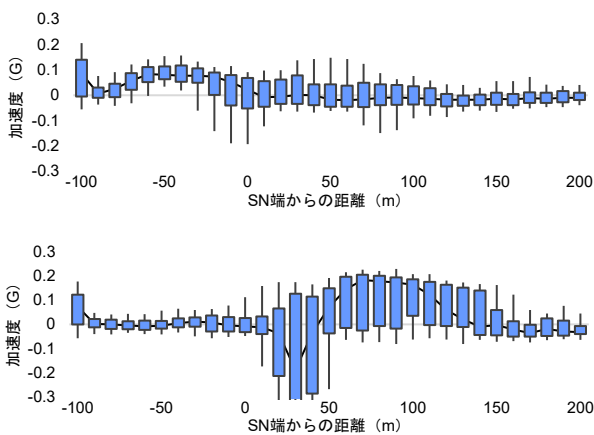


図-5 合流車の加速度

(上段：情報提供あり、下段：情報提供なし)

- ※ 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。

・ 合流車の角速度

合流車の本線合流時の角速度は、加速車線長が200mの場合には小さかったが、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-6)。

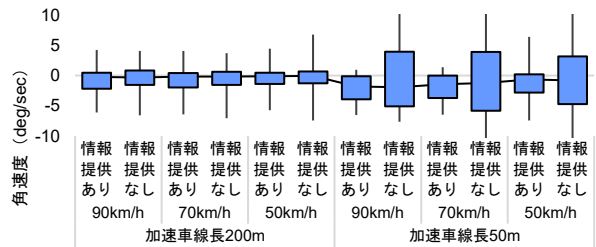


図-6 合流車の角速度

- ※ 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。

・ 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(図-7)。

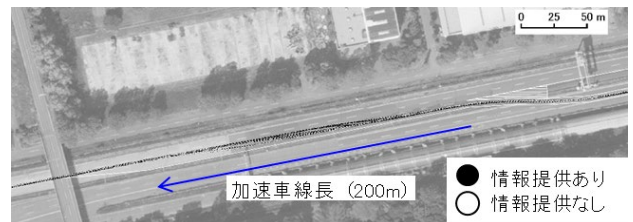


図-7 合流車の走行軌跡

- ※ 加速車線長が200mの場合の例である。

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改善されたことを確認した。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、道路管理者等とシステムの技術仕様を共同で作成することで、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

道路交通研究部 高度道路交通システム研究室

(研究期間 令和2年度～令和6年度)

室長	井坪 慎二
主任研究官	酒井 与志亜
研究官	寺口 敏生
交流研究員	大住 雄貴

[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。これらは本運用しており、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、走行履歴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、次世代の 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することとし、本年度は、試験用プローブ処理装置、試験用路側機、試験用簡易型路側機等の開発を実施した。

ITS の研究開発及び国際標準化に関する海外動向調査

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

道路交通研究部 高度道路交通システム研究室

(研究期間 令和3年度～令和5年度)

室長	井坪 慎二
主任研究官	中川 敏正
研究官	石原 雅晃
交流研究員	湯浅 克彦

[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・自動運転に関する最新の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、日本の ITS・自動運転に関する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。

令和4年度は、諸外国の動向として「欧州の新たな技術開発プログラム（Horizon Europe）」「米国の新たな技術開発プログラム（ITS4US）」、「路車間通信による合流支援に関する欧米各国のプロジェクト（INFRAMIX、PRoPART）」等を調査した。また、日本の取組として、「高速道路における自動運転の普及拡大に向けた取組」、「道路交通管理におけるビッグデータの活用」、「一般道路における自動運転サービスの社会実装に向けた取組」等について国際会議で紹介を行った。

一般道路における自動運転を実現するための調査研究

Research on implementation of automated driving on general roads

道路交通研究部 高度道路交通システム研究室

(研究期間 令和2年度～令和6年度)
室長 井坪 慎二
主任研究官 中川 敏正
研究官 石原 雅晃
交流研究員 湯浅 克彦

[研究目的及び経緯]

自動運行補助施設（路面施設）は、自動運転車の自車位置特定を補助する施設であり、一般道における自動運転を実現するためには不可欠な道路施設である。一方で、同施設は路面下に埋設する施設であり、設置に際しては舗装への影響に配慮することが求められる。このため、国総研では、道の駅赤来高原（島根県飯石郡飯南町）付近の直轄国道及び町道において、令和2年度より電磁誘導線の設置前後での舗装調査を実施している。

令和4年度は、自動運行補助施設（路面施設）の設置が舗装に及ぼす影響をモニタリングするため、道の駅赤来高原付近で舗装調査を実施し、自動運行補助施設（路面施設）の設置箇所での舗装の「たわみ量」、「ひび割れ量」、「わだち掘れ量」を把握した。

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

道路交通研究部 高度道路交通システム研究室

(研究期間 令和2年度～令和5年度)
室長 井坪 慎二
主任研究官 大橋 幸子
交流研究員 松永 奨生

[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することで通行の適正化を図るとともに、物流における生産性向上のため特殊車両の通行手続きを迅速かつ効率的に行うことを目指している。国土技術政策総合研究所では、車載型重量計（OBW）や ETC2.0 プローブ情報を活用して車両の重量をモニタリングする手法を検討している。

令和4年度は、OBWで計測した重量のETC2.0車載器を通じた収集について、メーカーヒアリング等を行い、必要となる機能を整理し、重量記録方法案としてとりまとめた。

官民連携による路車協調 ITS に関する研究

Joint R&D on Cooperative ITS

道路交通研究部 高度道路交通システム研究室

(研究期間 令和元年度～令和5年度)

室長	井坪 慎二
主任研究官	大橋 幸子
主任研究官	中川 敏正
研究官	石原 雅晃
交流研究員	花守 輝明
交流研究員	湯浅 克彦

[研究目的及び経緯]

国土交通省では、自動運転の早期実現を支援するための道路環境の整備のあり方を検討している。これを受けて、国土技術政策総合研究所では、特に高速道路における自動運転を支援する方策として、合流部における合流支援情報の提供、車載センサが届かない進行方向の情報（先読み情報）の提供、区画線による自車位置特定補助等を研究している。これらの研究について2つの官民連携による共同研究を実施している。

令和4年度は、「次世代の協調 ITS の実用化に向けた技術開発に関する共同研究」において、先読み情報提供のサービス解説書案等を取りまとめ、共同研究報告書として公表した。また、「自動運転の普及拡大に向けた道路との連携に関する共同研究」において、先読み情報提供サービスの要件定義案の作成に向けた工事規制情報の車線別表現の検討等を行った。

ETC2.0 プローブ処理の高度化に関する研究

Research on next-generation ETC in public-private partnership

道路交通研究部 高度道路交通システム研究室

(研究期間 令和2年度～令和6年度)

室長	井坪 慎二
主任研究官	酒井 与志亜
研究官	寺口 敏生
交流研究員	大住 雄貴

[研究目的及び経緯]

国土技術政策総合研究所では、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目指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受けて、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、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、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実施することとした。本年度は、テストシステムの機器整備、各地整プローブ処理装置との接続、停電対策等を実施した。

地震時における主に道路橋を対象とした センサ計測に関する分析的研究

Analytical study on sensor measurement mainly for road bridges during an earthquake.

(研究期間 令和3年度～令和4年度)

道路交通研究部
Road Traffic Department
道路構造物研究部
Road Structure Department

道路研究官
Research Coordinator for Road Affairs
研究官
Researcher

井上 隆司
INOUE Ryuuji
本多 弘明
HONDA Hiroaki

There is a demand for the development of technology to detect damage to highway bridges using sensors after a large earthquake. In this research, we collected information and attempted to evaluate the practicality of sensor technologies that have been published as papers and sensor technologies that have been published on websites and are aimed at practical use.

[研究目的]

地震時における、社会資本、特に道路橋を、目視による緊急点検のみではなく、センサを用いてモニタリングすることで、緊急点検を合理化することが求められている。

本研究は、主に道路橋について、センサ計測によって、地震時の塑性化の状況を検出する技術について文献調査し、評価するものである。本稿では、特に、Webサイトに公開され実用化を目指している道路橋の損傷検知技術について、その詳細について述べる。

[研究内容]

センサ計測について性能を整理し、具体的には、迅速性、精度面、費用面、作業性、耐久性の5つの観点から目視による緊急点検と比較して優れているか(◎)、同様のレベルにあるか(○)、改善が必要か(△)で評価を試行した。

[研究成果]

まず、各技術の内容を示し、評価の試行を行った。はじめに、技術Aとして、以下の技術について検討する。

高精度型のMEMSセンサと省電力型のMEMSセンサを用いた橋梁向けの無線センサシステム。共有化した無線通信部には、マルチホップによる高効率で高速、低消費電力な通信を実現。

迅速性については、地震中の変位量は無線通信により、30分以内に判別可能であるが、実際に通行の可否を判定するためには、目視が必要である(○)。

精度面については、高精度版は(震度1未満の微弱振動(10 μ G程度)から大地震レベル(5G)まで計測可能な性能) 省電力版と組み合わせると高精度の測定が可能となる(◎)。

費用面については、計測期間を10年と仮定、センササーノードを天端に4個、人件費が30万円、機器70万円×4台、メンテナンス費用300万(△)。

作業性：橋梁下部工1径間(6個のセンサ設置を想

定)の場合、固定治具を含めて1時間程度で設置可能。下部工橋脚1基の場合も同様。(ただし、足場、上部工点検路等、移手段が確保されている場合)(○)。

耐久性については、地震時の計測には高精度版を用い、スリーブ解除のトリガーとして、省電力版を用いれば、どちらも約10年間の設置が可能(◎)。

次に、技術Bとして、以下の技術について述べる。

橋梁の異常(傾斜、ひずみ等)を検知してリアルタイムに橋梁をモニタリングするシステム。

迅速性については、20秒に1回、値が送信される。異常値データをサーバに通信し、登録済の携帯電話やPCにメール配信する。損傷の検出には1分程度要する(◎)。

精度面については、予め地震時の挙動をモデル解析で再現した上で、橋が安全に共用できる限界状態を管理基準値として設定(○)。

費用面については、変位計5.5万円、太陽光パネル8万円、通信サービス費用約4万円/年、設置には4人日程度かかる(○)。

作業性については、天端にセンサを設置するのみであれば容易だが、太陽光パネルや基地局の設置も必要となる。1ヵ所あたり2人日での設置が可能(○)。

耐久性については、2年間程でメンテしている(△)。

次に、技術Cとして以下の技術について検討する。

加速度センサを用いて道路橋の地震時被災度判定を実施するシステム。

迅速性については、最大応答塑性率は主要動の後の自由振動を数十秒得られれば求められる。橋脚の損傷を自動的に判断し、発信できる。しかし、現地踏査は必要(○)。

精度面については、PC単柱模型による震動台実験から、地震後の固有周期の変化を用いて地震時の応答塑性率を推定し、損傷度の評価が可能であることを明らかにしている(○)。

費用面については、MEMSセンサ、マイコンボー

ド、メモリーカード、通信ボード、電源から作成、10万円(○)。

作業性については、設置位置が橋脚の端部であるため、比較的容易にセンサ設置可能(◎)。

耐久性については、センサの耐久性は通常の加速度計と同等(△)。

技術A～技術Cの評価の試行を表に示す。迅速性及び精度面では緊急点検より優れているが、費用面や耐久性については改善の余地があるといえる。

表-1 Webサイトに公開されている各技術の評価の試行

	迅速性	精度面	費用面	作業性	耐久性
技術A	○	◎	△	○	◎
技術B	◎	○	○	○	△
技術C	○	○	○	◎	△

次に、定量的な指標の検討を行った。

現実には大地震はたまにしか発生しない現象であるため、センサを用いた損傷検知技術を導入・運用すると、前述のとおり、目視による緊急点検を費用面で上回るのは難しいのが現状である。

これらの損傷検知技術の活用の可能性を検討するには、それぞれの観点の評価の定量化や、総合的な評価指標の導入が有効と考えられる。本稿では、各技術の中のセンサを対象として、それぞれの観点の定量的な指標を試作する。

指標は、センサ1台あたりに対して、基本的に指標は無次元化したものとするが、金額が分かるものは、金額を指標とした。ここで費用面は作業性を含むものとした。

$$\text{迅速性については } T_0[s]/T[s] \quad (1)$$

(T_0 :緊急点検に要する時間、 T :計測に要する時間)

$$\text{精度面については、基本的には、以下の式で評価する。} \quad 1[\text{cm}]/P[\text{cm}] \quad (2)$$

(緊急点検の分解能は1cmとした。Pはセンサの分解能)、費用面については、センサの価格はものによって異なる。運用は10年間とする。人件費は、

$$L[\text{人日}]/8[\text{人日}] \quad (3)$$

(5年に1回、保守・点検があるとして、10年で8人日を標準とした。)

$$\text{耐久性については、} \quad Y[\text{年}]/5[\text{年}] \quad (4)$$

(5年が一般的なセンサの寿命)といった指標を算出して一層の特徴をもとめるものである。

これを技術A～Cに当てはめると、以下のようなになる。

$$\text{まず、技術Aに関しては、} \quad \text{迅速性については、} \quad 1[\text{日}]/1[\text{日}]=1 \quad (5)$$

精度面については

$$\frac{1[\text{cm}]}{\frac{Sd[\text{cm}]}{10[\mu\text{G}]}} > 1.0 \quad (6)$$

$$\frac{Sa[\frac{\text{cm}}{\text{s}^2}]}$$

精度面の数式の分母は、センサの最小値が分解能より小さいと仮定して、センサの最小値を分解能として無次元化したもの(実際、ADコンバータの分解能が

24bit以下であればこのセンサの最小値の方が、ADコンバータの分解能よりも小さくなることが示されている。従って、ADコンバータの分解能が24bitより粗い範囲では、加速度計の最小値を精度の値としても通ることが可能となる)。分子は目視の精度を無次元化したもの。Sd, Saは、トリパタイト応答スペクトルにおいて、周期 $T=1$ などと仮定して、適切に地震波により求める。一般的な強振動であれば、大凡、0.01～1000の範囲の数値になる。そのため、センサの最低値が $10[\mu\text{G}]$ であることから、指標値としては1.0よりは大きくなる。

費用面については、変位計1台70万円
メンテナンス費用は、

$$3,00[\text{万円}]/[\text{年}] \times 10[\text{年}] = 3,000[\text{万円}] \quad (7)$$

$$\text{耐久性については、} \quad 10[\text{年}]/5[\text{年}] = 2 \quad (8)$$

以上より、技術Aにおける、精度面、耐久性についての優位性が示されている。

次に、技術Bについては、

$$\text{迅速性については、} \quad 1[\text{日}]/\text{約}1[\text{分}] = \text{約}1440 \quad (9)$$

$$\text{精度面については、ワイヤ式変位計のカタログより、} \quad \text{以下のようなになる。} \quad 1[\text{cm}]/0.2[\text{mm}] = 50 \quad (10)$$

費用面については、ワイヤ式センサ、太陽光パネル、通信サービス費用の和、及び、人件費すなわち

$$5 \text{万}5 \text{千}[\text{円}] + 8 \text{万}[\text{円}] + 40 \text{万}[\text{円}] = 53 \text{万}5 \text{千}[\text{円}] \quad (11)$$

$$8[\text{人日}]/8[\text{人日}] = 1 \quad (12)$$

$$\text{耐久性については、} \quad 2[\text{年}]/5[\text{年}] = 0.4 \quad (13)$$

以上より、技術Bにおける、迅速性及び精度面についての優位性が示されている。

次に、技術Cについては、

$$\text{迅速性については、} \quad 1[\text{日}]/1[\text{日}] = 1 \quad (14)$$

精度面については、:カタログより、以下のようなになる。(100Hzの場合)

$$\begin{aligned} \text{rms Noise} &= 250[\mu\text{G}/\sqrt{\text{Hz}}] \times \sqrt{100} \times \sqrt{1.6} \\ &= 2.82[\mu\text{G}] \ll 1.0 \end{aligned} \quad (15)$$

費用面については、MEMSセンサ、マイコンボード、メモリーカード、通信ボード、電源から作成する。約10万[円]要する。

$$\text{耐久性については、} \quad 5[\text{年}]/5[\text{年}] = 1 \quad (16)$$

以上より、技術Cにおける、精度面についての優位性が示されている。費用面では、目視による緊急点検と同等である。

[成果の活用]

指標の定量化によってセンサの優位性をより明確にできる可能性がある。さらに、各技術のシステム全体に対して評価を行い、活用を検討することが考えられる。

緊急仮設橋の要求性能に関する解析・研究

Analysis and research on the required performance of the emergency bridges

(研究期間 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
Head
主任研究官
Senior Researcher
研 究 官
Researcher

白戸 真大
SHIRATO Masahiro
松本 和之
MATSUMOTO Kazuyuki
塚原 宏樹
TSUKAHARA Hiroki

This research is conducted to develop emergency bridges such that people and goods can be transported as immediately as possible after a bridge collapse due to a natural disaster. The research has confirmed the needs for the specific design live load for emergency transport operations and the standardization for bridge structural elements that can be assembled on site to build girders of different lengths and strengths depending on the site conditions.

【研究目的及び経緯】

自然災害により道路橋が損傷、流失した場合、緊急の物資輸送のための道路の啓開を迅速に進める必要がある。そこで、国土交通省の地方整備局等では応急組立橋を備蓄、活用している。しかし、橋の幅員や路面上の空頭条件、作業ヤードの条件から、寸法並びに架設法の観点で、適用性が低いこともある。たとえば下路トラス橋の一部が流出した場合には、空頭制限からトラス内部を通してクレーンを移動させられない。また、応急組立橋はそれぞれが独立して設計されており、幅員の変更や、組立橋間で相互に部材等を融通することは想定されていない。そこで、組立橋を構成するパーツの諸元や強度を規格化することで、パーツの組み合わせにより現地条件に応じた長さや幅の変更が容易になる、パーツに使用する材料の軽量化等の技術革新を促す、所有者間でパーツを共用でき組立橋の保有コストの縮減になることも期待できる。そこで、本研究では、1. 道路法上の道路として適用可能である応急組立橋の要求性能を明らかにすること、2. 諸元と架設法の自由度が高く、かつ、応急組立橋で共通したパーツの諸元や強度を規格化することの技術的な見通しを明らかにすることを目的に研究を行った。

【研究内容】

1. 活荷重の検討

道路法上の道路の技術基準として橋、高架の道路等の技術基準が定められている。設計状況（外力の組合せ）は統計的な水準とともに規定されており、部材耐力に求める信頼性も明らかにされているので、基本的にはこれを満足するように性能を確認することになる。しかし、応急としての用途を考えると、う回路等があり、物資輸送や資機材の輸送のための緊急車両や工事車両の通行が可能である場合や、別途仮橋が建設されるなどの場合には、通行車両制限を行う余地も考えられる。実際に中型車（7.5 t 以上）や大型車（11 t 以上）の通行を制限した事例もある。そこで、道路構造令における小型車（設計自動車荷重 3 t）のみ、またはこ

れにバス等や緊急車両の通行も想定する場合の活荷重を検討した。図-1 に現行の T 荷重と L 荷重に倣って提案する活荷重案を示す。様々な車両の載荷状況を想定し、いろいろな橋の桁や床組が厳しい応力状態に置かれる載荷条件を試算した結果に基づいて、試算で得られた応力状態を概ね安全側に再現できるように作成した。準中型トラックや救急車、ポンプ車など 7.5t 未満の車両も走行頻度が低い状況であれば適用可能である。一方で、これらの車両の走行頻度が高い場合や、これらよりも大型の自動車の通行が想定される場合には、橋の設計基準に規定される A 活荷重又は B 活荷重が適用されることを前提にしている。

橋の設計には、安全性に加えて、耐久性も要求される。橋、高架の道路等の技術基準では、部材等の設計耐久期間を適切に設定できるようになっており、標準的には 100 年とされている。応急的に用いられる道路を構成する橋の各部材について、どの程度の設計耐久期間を標準とするのかは今後の議論の余地がある。

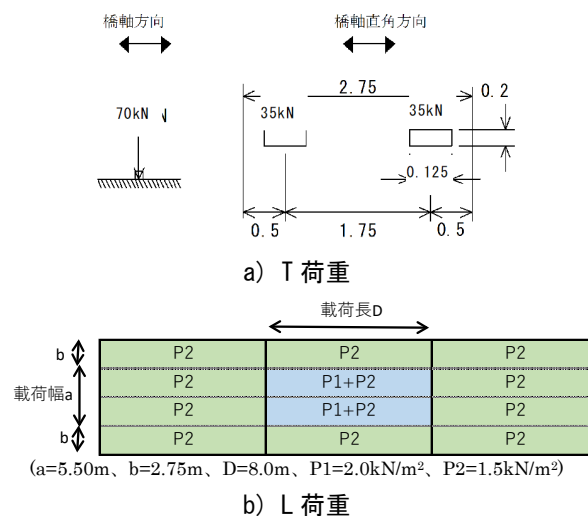


図-1 活荷重の提案

2. 部材規格化の可能性の検討

本研究では、既往の研究も参考に、図-2 に示すような形状を有するパーツを考えた。すでに材料・施工規格がある引張ボルト接合により、添接版なしでパーツ本体同士の組み立て、解体が可能であるようにした。パーツ軸方向、パーツ断面の高さ方向に自由に組み合わせ、長さや断面高さを調整し、主桁や横桁とする。また、パーツ本体よりも引張ボルト接合が降伏することをパーツの強度の条件とすることで、供用中の点検やモニタリングについても、ボルト接合部、たとえばパーツ本体間の隙間の発生に着目さえすればよいという単純化ができることも考えた。なお、パーツ寸法については、運搬や現場での取り回しも考えて、材料に鋼材を用いた時に 2t 以下に収まることも念頭においた。

すでに規格のある鋼材を用いるときパーツの設計が可能かどうかを検討した。図-3 に長さ方向にパーツを連結した棒部材が鉛直力を受けるときの応力分布例を示す。接合部に補強材を充分配置することで、圧縮を受けるパーツ本体部分は弾性域に留まる一方で、引張を受けるボルト軸部が先行して降伏、破壊されるように設計できることが分かった。

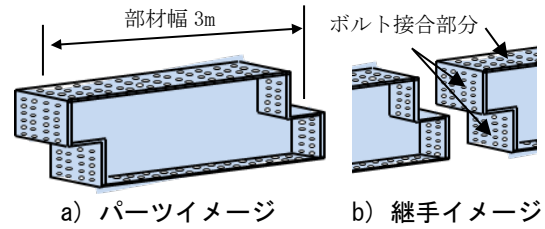


図-2 部材規格化形状のイメージ

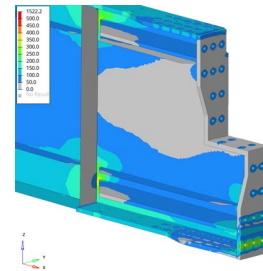


図-3 パーツの応力分布の例

3. 性能規定化や規格化のメリットの検証

応急組立橋の試設計を行う。多径間の下路トラス橋の中央径間側が流出したことを想定し、残っている下路トラス橋の橋面から組立橋を送り出すことを条件に、組立橋の桁高や幅を設定する。支間長は 30m、60m、100m の 3 種類を仮定した。送り出しは、図-4 のようなステップを仮定した。トラス内空をとおして送り出している部分が横倒れしないように、できるだけ軽量のまま、たとえば 2 本の主桁と横桁となるようにパーツを連携、組み立てしながら送り出す。次に、対面まで達した部分を利用して追加の主桁や横桁を送り出し、横取りを行い、床版を組み立てることを繰り返すことを想定した。支間中央の断面図、単位面積あたりの重量、適用活荷重、資機材がそろって送り出しを開始してから架設に要する日数を表-1 にまとめた。提案活荷重を用い、パーツを二段に重ねることで、支間 60m 程度までであれば、架設上は悪条件であっても適用性が認められた。たとえば単位面積あたりの重量はおおよそ 5.3kN/m^2 であり、既存の応急組立橋（支間長 40m 程度）の 5.5kN/m^2 と同程度である。また、送り出し架設の日数も 8 日程度となる。一方で支間 100m になると、提案活荷重を適用し、パーツを組み合わせることで計算上は成立するものの、重量、送り出し期間の観点からは、別な形式が有利になる可能性があると考えられる。

[研究成果]

道路法に適合する応急橋の活荷重を示すことで応急組立橋の適用条件の拡大ができる可能性を示した。また、主桁、横桁などの主要な部材について本研究で考えたようなパーツの形状、剛性、重量の上限値を標準

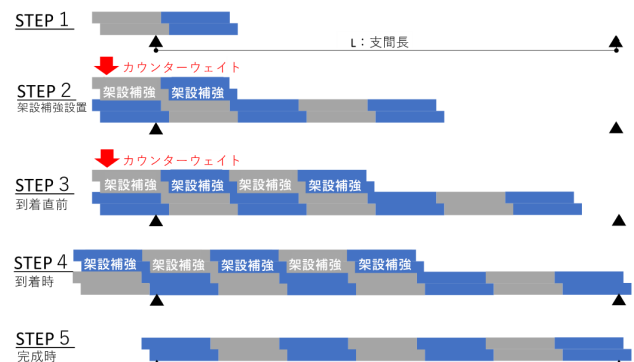


図-4 送り出し架設のイメージ

支間長	30m	60m	100m
断面図			
単位面積あたり重量	5.3kN/m ²		9.1kN/m ²
適用活荷重	B活荷重	提案荷重	提案荷重
概算送り出し日数	約5日	約8日	約20日

表-1 支間長別の断面、適用活荷重

化することでも、応急組立橋の適用条件を拡大できる可能性を示した。軽量化のための使用材料の工夫などでさらに適用範囲が広がると考えられる。本研究の成果に基づき応急橋のための基準策定や部材群の諸元や強度等の規格化の検討を促すことが適当と考えられる。

[成果の活用]

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

高強度材料の活用による橋梁構造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～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, high-strength materials often have higher yield-to-tensile strength ratios, and it is pointed out that such material characteristics can affect the plastic behavior of beams and columns under seismic loading situations. This year, we conducted cyclic bending loading experiments of steel bridge column specimens, where the YT ratio of the steel was 0.85. The test result showed that the plastic deformation and strength capacities of the test specimen were indiscernible to those of a typical steel, where the YT ratio of the steel was 0.76.

【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。一方で、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硬化特性が異なる。また、材料によっては、伸び性能が小さくなる場合もある。そのため高強度材料を構造体に適用する場合には、適用箇所の荷重状態を考慮した実験的な検討が欠かせない。本研究は、高強度材料を活用し、部材等の設計の合理化を図るための部材耐力や塑性変形能に関する基礎的な試験結果等を得ること、また、適用にあたってのこれらの検証試験法を提案することを目的としている。

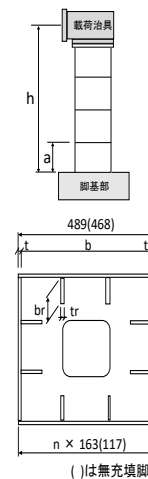
鋼製橋脚については、兵庫県南部地震での被害を踏まえ、道路橋示方書（以下、道示）において鋼材の降伏後の橋脚水平耐力（以下、水平耐力）及び塑性変形能に着目した設計法が導入された。しかしながら SM570、SBHS400、SBHS500 を使用した鋼製橋脚については、水平耐力や塑性変形能に関する研究は少ない。また、JIS における鋼材の規定では降伏点や引張強さの規格保証値は定められているものの、降伏比に関する規定が無い。降伏比が高い（1 に近い）ことから、これを部材として使ったときの水平耐力の算出や塑性変形能の評価に注意が必要である。例えば、道示では、これら鋼材を使用した鋼製橋脚に塑性化を期待した設計をする場合には、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、水平耐力及び塑性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供試体は、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（水平方向に載荷した際に鋼材が降伏に至った際の水平変位）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、降伏棚が現れており、降伏比は、0.85 である。道示の耐震設計法が適用可能である、一般的な鋼

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
縦リブ間隔	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



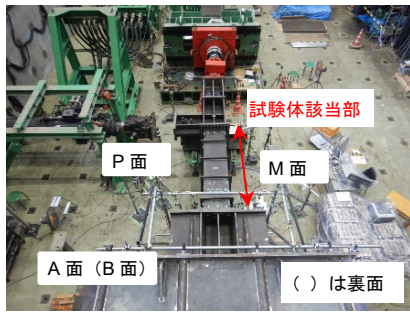


写真-1 試験体載荷状況

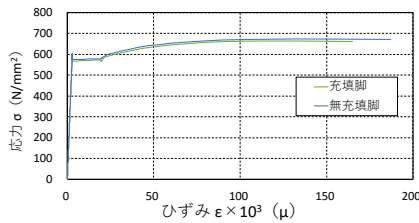


図-1 応力-ひずみ関係 (材料試験)

材の SM490 は、降伏比の平均値は 0.745 であるので、これに比べれば SBHS500 の降伏比は高く、塑性化後の強度の増加率が小さいということになる。

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 の載荷の途中で、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。充填脚と無充填脚で異なる破壊形態となった。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¹⁾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。図からは水平耐力、塑性変形能に大きな差が無いことがわかる。

ただし、実験結果の解釈にあたっては、鋼材の降伏比にはばらつきがあることも考慮する必要がある。SBHS500 の機械的性質を調べた文献²⁾によれば、降伏比は、0.83~0.96 程度の範囲であった。これと比べると、今回の供試体に用いた SBHS500 材の降伏比は 0.85 であるので、SBHS500 の中でも降伏比が小さい部類になる。したがって、今後はさらに降伏比の高い鋼材を用いたときの鋼製橋脚の挙動についても調べる必要がある。

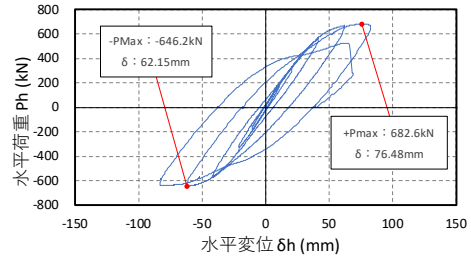


図-2 水平荷重-水平変位関係 (充填脚)

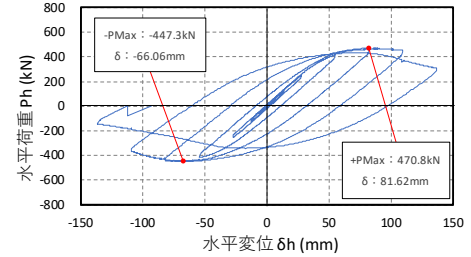


図-3 水平荷重-水平変位関係 (無充填脚)



写真-2 試験後試験体状況 (M面)

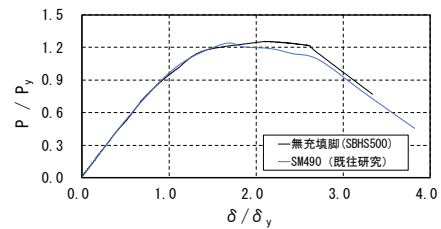


図-4 水平荷重-水平変位関係の既往研究との比較

【研究成果】

高強度材料を用いた鋼製橋脚について正負交番実験を行った結果、降伏比が 0.85 程度であれば降伏比が 0.75 程度である一般的な鋼材を用いた場合に比べて、鋼製橋脚の水平耐力、塑性変形能とも差が小さかった。よって、塑性化を考慮した鋼製橋脚の設計の適用性の拡大が図れる可能性が見いだされた。

【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。

【参考文献】

- 1) 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
- 2) 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

部分係数設計法の適用性向上に関する調査検討

Study on application of partial factor design for existing bridges.

道路構造物研究部 橋梁研究室

(研究期間 令和2年度～令和6年度)
室長 白戸 真大
主任研究官 上田 晴気
交流研究員 五味 傑

[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。

本年度は、新しい形式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、過年度に実施した18橋の損傷分析の結果から示された、橋の複雑な挙動に起因する2次応力が生じている可能性に対して、1橋を対象に数値解析を行い、様々な荷重を与えて橋の応答の特性を把握した。解析結果から、橋の設計では、活荷重だけでなく、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、たとえば部材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。

道路橋の維持管理計画の継続的改善に関する調査

Study on the continuous improvement methodology for road bridge management plans.

道路構造物研究部 橋梁研究室

(研究期間 令和2年度～令和4年度)
室長 白戸 真大
主任研究官 岡田太賀雄
研究員 石尾 真理

[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、本年度は、交通データの取得とそれを維持管理計画の見直しに適時反映することを継続的に行うことの有用性を検討した。具体には、令和3、4年度に計測した交通データを用いて、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、モデル橋の経年の維持修繕費を試算するとともに、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した。その結果、様々な仮定と限られた条件での試算ではあるものの、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。また、交通特性の違いが我が国の橋梁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箇所の交通特性の変化についても計測、分析を行っていく必要性が確認された。

道路橋の点検の省力化・高度化に関する調査検討

Development of bridge evaluation protocols to increase reliability and decrease labor intensity in inspection.

道路構造物研究部 橋梁研究室

(研究期間 令和2年度～令和5年度)

室長	白戸 真大
主任研究官	岡田 太賀雄
主任研究官	上田 晴気
研究官	塚原 宏樹

[研究目的及び経緯]

定期点検の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、本年度は、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提案し、実橋で試行した。リスクマトリクス、Fault Tree、リスクに応じて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、定期点検の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。

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

道路構造物研究部 橋梁研究室

(研究期間 令和3年度～令和6年度)

室長	白戸 真大
主任研究官	岡田 太賀雄
交流研究員	黒川 修吾

[研究目的及び経緯]

現在の設計実務で用いられている標準的な杭基礎の耐震性の照査は、現行の技術基準に定められる構造細目を満足した、同じ杭種・諸元の杭で構成される杭基礎を前提とする耐荷力式や制限値により行われている。しかし、既設基礎の補強は、異なる杭種・諸元の杭を混在させることになる。

そこで、本年度は、異なる杭種・諸元の増杭を行う場合も考慮できるように、杭基礎の損傷過程を工学的に解釈し、既設杭、増杭それぞれの圧縮側最外縁の杭の挙動に着目した照査方法を提案した。そして、既往の杭基礎の載荷実験結果に対して提案法を用いて照査した結果、提案法によって、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を確認した。

道路構造物の補修・補強に関する基本工法の充実にに向けた試験調査

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

道路構造物研究部 橋梁研究室

(研究期間 令和3年度～令和6年度)
室長 白戸 真大
主任研究官 佐々田 敬久
交流研究員 佐藤 悠樹

[研究目的及び経緯]

道路構造物の維持管理では、点検などで腐食等の劣化が見られた場合、性能の維持や回復のための補修を着実に実施することが必要である。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。

本年度は、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、桁の信頼性を制御できると考え、大型試験体による載荷試験を行った。実験の結果、健全な腹板にあて板を設置することで、鋼桁全体の剛性が高まり、局部座屈変形が抑えられること、さらに、母材とあて板の摩擦接合を効果的に発揮することで、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荷力を向上させられることが確認できた。

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

道路構造物研究部 構造・基礎研究室

(研究期間 令和3年度～令和5年度)
室長 西田 秀明
主任研究官 佐藤 正
研究員 藤原 茜

[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。

本年度は、定期点検1巡目と2巡目の比較等により、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い、材質劣化の変状が外力による変状や漏水に比べ進行しやすい傾向にあることを確認した。また、覆工コンクリートの載荷実験を行い耐荷力等の評価手法に関するデータを取得したほか、低土被りなどの特殊条件における山岳工法の覆工設計について事例を収集・整理し、設計で見込むべき作用やその組合せ等について確認した。

橋台背面アプローチ部等の土工性能検証項目等の調査検討

Research on performance validation item of earthworks behind a bridge abutment.

道路構造物研究部 構造・基礎研究室

(研究期間 令和2年度～令和4年度)
室長 西田 秀明
主任研究官 上原 勇気
研究官 山田 薫
交流研究員 山口 恭平

[研究目的及び経緯]

道路橋の背面アプローチ部には、荷重軽減や用地制約への対応の観点から、通常の盛土以外の新技術が用いられる場合がある。通常の盛土を求められる場合は、道路橋示方書の規定に従うことで橋としての性能が確保される一方、それ以外の構造を用いる場合は、橋台への作用等を個別に検証する必要がある。しかし、橋台への作用以外の条件も含め、アプローチ部の構造の性能検証方法は確立されていない。そこで本研究では、新技術導入促進のため、アプローチ部に通常の盛土構造以外の構造を用いる場合の橋台への作用の明確化と、性能検証項目や標準的な試験方法の確立に向けた検討を行う。

本年度は、アプローチ部に補強土壁を有する盛土を用いた場合の地震時の挙動とそのメカニズムについて、通常の盛土を用いた場合との比較により評価するために、昨年度までに実施した橋軸方向及び橋軸直角方向の遠心模型実験結果より、アプローチ部の構造形式が異なる場合の橋台へ作用する土圧やアプローチ部構造の挙動について分析を行った。また、過年度から実施している実橋台等における背面土圧の現場計測結果を整理し、常時の土圧の実態を把握するとともに、新たに軟弱地盤上の橋台を対象に、土圧計の設置・現場計測を行った。

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 survey design methods of repair reinforcement of existing bridges.

道路構造物研究部 構造・基礎研究室

(研究期間 令和2年度～令和4年度)

室長	西田 秀明
主任研究官	上原 勇気
研究官	山田 薫
交流研究員	平神 拓真

[研究目的及び経緯]

現行の道路橋示方書（H29 道示）は新設橋梁を対象として支持力の推定精度や施工精度のばらつき等による不確実性の大きさに応じて安全余裕を考慮した設計法を採用し、不確実性に応じた合理的な設計が可能になっている。しかし、既設橋梁基礎を対象とした不確実性を考慮した性能評価手法や補修補強の設計法については確立されておらず、地盤調査や施工時データを活用した既設橋梁基礎の地盤の不確実性の評価方法を提示する必要がある。

そこで、国土技術政策総合研究所では、既設橋梁基礎の補修補強の必要性判断のための評価手法及び合理的な補修補強を可能とする設計手法の確立に向けた検討を行っている。

本年度は増し杭により補強した既設橋脚基礎を対象に、杭種・杭工法の組合せや既設部材と補強部材との接合方法の違いによる不確実性を考慮して、新設設計と同等の信頼性が得られる部分係数を試算した結果をもとに、補修補強時における H29 道示の部分係数の適用性及び課題の整理を行った。

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

道路構造物研究部 構造・基礎研究室

(研究期間 令和3年度～令和5年度)

室長	西田 秀明
主任研究官	谷 俊秀
研究官	山田 薫

[研究目的及び経緯]

高度経済成長期に集中的に整備された道路構造物を将来にわたり効率的に維持管理していくことが求められており、平成26年度よりトンネル等の道路構造物について5年に1回の法定点検が行われている。

国総研では、道路土工構造物を効率的に維持管理していくために国等の各道路管理者で行ったシェッド、大型のカルバート等の定期点検結果を収集・整理し、定期点検の合理化等について検討を進めている。

本年度は、令和元～3年度等で定期点検を実施した国が管理するシェッド113施設、大型のカルバート1,659施設を対象として、その定期点検結果から1巡目からの変状傾向や劣化特性等を整理・分析した。また、統一的な要求性能と対応する土工構造物の設計体系構築に向け、シェッド、カルバート、擁壁の性能検証事項や限界状態の提案に向けた基礎資料のとりまとめを行った。

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 渡邊 一弘
Head WATANABE Kazuhiro
主任研究官 堀内 智司
Senior Researcher HORIUCHI Satoshi
研 究 官 若林 由弥
Researcher 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 study, 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つの区分に分類し、メリハリをつけた管理を行うことが示された。例えば、分類B以上の道路では5年に1回程度の頻度で点検を行うことが規定された一方、分類Dの道路では、巡視の機会を通じた路面の損傷の把握及び措置・記録による管理とすることができると示されている。直轄国道については、平成29年3月に直轄版の「舗装点検要領」（以下、「直轄版点検要領」という）が示され、全ての直轄国道について5年に1度定期的に点検を行うことなどが示されている。

本研究は、舗装点検要領に基づく舗装マネジメントのさらなる合理化を目的とし、直轄版点検要領に基づき実施された過去5年間の直轄国道の点検結果について整理した。さらに、設計段階においても舗装のライフサイクルコスト（以下、「LCC」とする。）を考慮できるように、国外のLCCの算定手法について整理した。

〔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実施延長を示す。実施総延長は全国で合計61,496kmである。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〕

図-1に分類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示す。直轄版点検要領では、分類Aの直轄高速道路のアスファルト舗装について使用目標年数を当面設定しないこととされている。使用目標年数は東北、関東、中部、沖縄では整備局内で一律の設定をしており、その他の地域では使用目標年数の設定にバラつきがみられ、設計年数や地域ごとの劣化傾向などをふまえて設定されたものと推察された。使用目標年数は13年と設定されている延長が最も長く、次いで14～19年と設定されている延長が長い。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

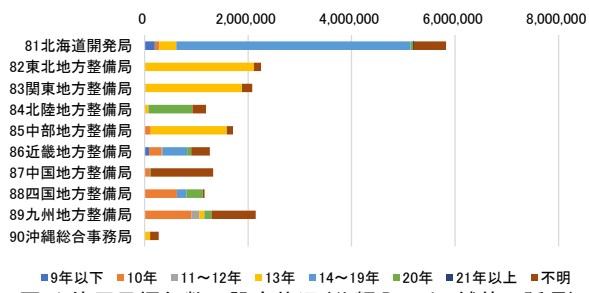


図-1 使用目標年数の設定状況(分類 B の As 舗装の延長)

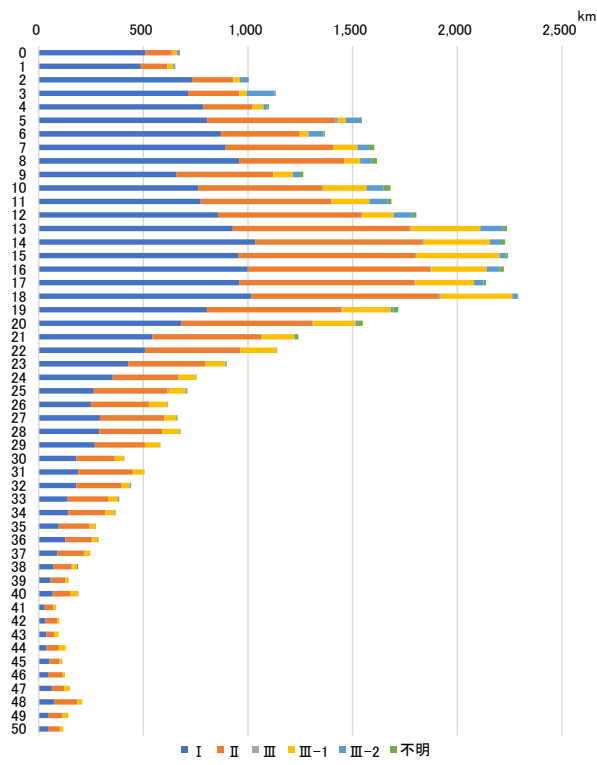


図-2 表層の供用年数別の健全度(As 舗装の延長)

図-2 に表層の供用年数別の健全性診断結果を示す。点検区間のうちⅢ判定となっている区間は、点検延長では約 12.6%となっている。アスファルト舗装について、経過年数が 0~20 年程度の範囲では経過年数が長くなるにつれて健全度ⅡおよびⅢの延長が長くなり、状態が悪くなる傾向が見られた。

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。その他、LCC 算出の支援ツールが整備されていることもわかった。

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	舗装の性能の低下	工事規制区間を通過する際に発生	迂回に伴う時間損失費用	舗装の性能低下に伴う速度低下	心理的負担	騒音等の環境改善費用	事故、沿道事業者の損失費用
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

道路舗装の層間はく離による早期劣化メカニズムの解明と

その対策に関する研究

Research on early degradation mechanism of road pavement
due to interlayer debonding and its countermeasures

(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

研究官 若林 由弥
Researcher WAKABAYASHI Yuya

In this study, in order to investigate the effect of interlayer bonding condition on the deterioration of asphalt pavement, we conducted numerical analysis based on multi-layer elastic theory, verification of numerical analysis results by experiments on a full-scale test track, and comparison of the progress of deterioration based on accelerated loading tests conducted on the test pavement.

First, the analysis indicated that stronger tensile strain could occur on the upper side of the interlayer when the interlayer bonding weakens. Furthermore, the test pavement simulating interlayer debonding showed the same strain tendency as the analysis. These results suggest that if the interlayer debonding continues, the pavement may suffer early fatigue failure. On the other hand, there are some results that are not consistent with those of the analysis, such as the magnitude of deflection in the test pavement; thus, further investigation is required.

〔研究目的及び経緯〕

平成28年10月に「舗装点検要領」が発出され、道路管理者は舗装の更新年数を意識した維持管理を行うことで舗装の長寿命化を図ることが求められている。特に、損傷の進行が早い道路等のアスファルト舗装については、路面が早期劣化した区間において、詳細調査を実施し適切な措置を実施することとされている。

近年、早期劣化した直轄国道のアスファルト舗装において開削調査を実施した結果、アスファルト混合物（以下、「アスコン」という）層内における層間はく離が確認され、早期劣化の要因の1つと考えられている。

本研究では、層間接着状態の異なる3つの試験舗装を構築し、FWD (Falling Weight Deflectometer) による荷重載荷を行い、たわみやアスコン層内部のひずみを測定した。さらに、これらの試験舗装に対し、促進載荷を実施し、たわみ量や内部ひずみの変化を観測した。

〔研究内容〕

国総研では、これまで地方公共団体から収集した下水道管路の劣化に関するデータを基に「健全率予測式」を作成しており、健全率予測式を用いた点検調査頻度の設定方法を提示してきた。本研究では、健全率予測式を基に、下水道管路における修繕や改築等の対策を実施すべき緊急度に遷移する時期から点検調査頻度を算出することを試みた。

実際には、修繕や改築等の対策を判断する緊急度は地方公共団体により考え方が異なるが、本研究では緊急度Ⅰ及びⅡを対策実施すべき緊急度とした。また、本研究では施設の重要性を、図-1に示すように道路陥没事故等が発生した際の社会的影響の大きさを考慮

して「最重要管理」、「重要管理」及び「通常管理」の3つに分類した。

次に、修繕等何らかの対応が必要となる緊急度Ⅰ及びⅡの下水道管路の割合を「劣化保有率」、健全率予測式の健全率の最大値である1.0（＝全管路が健全）を劣化保有率0%、とそれぞれ定義した。更に、劣化保有率については施設の重要性に応じて「最重要管理：5%」、「重要管理：20%」、「通常管理：40%」と、重要性の高い管路の劣化保有率が低くなるよう設定し、施設の重要性ごとの劣化保有率と健全率予測式の交点を点検調査の着手時期として管種ごとに求めた。なお、算出に際し、コンクリート管及び陶管にあつてはワイブル分布式を、塩ビ管にあつては調査データが少なく正確なワイブル分布式を得ることができなかったため、マルコフ遷移確率モデルによる式をそれぞれ用いることとし、健全率予測式は国総研が平成30年度までに全国の地方公共団体から収集したデータから作成した。

〔研究成果〕

上述した手法により点検調査着手時期を試算した結果を図-2に示す。コンクリート管及び陶管については、最重要管理は約10年、重要管理は約25年となり、通常管理の着手時期は、コンクリート管約40年、陶管約35年と異なる結果となった。一方、塩ビ管は最重要管理約25年、重要管理約50年であったが、通常管理は87年と調査着手まで相当長期間となることから、通常

管理は標準耐用年数である50年と設定した。なお、塩ビ管の劣化に関する調査データについては十分な数を収集できているとは言い難く、引き続きデータを蓄積していくことが課題である。

また、2回目以降の点検調査の実施時期は、前回の点検調査における緊急度の判定結果により次回の点検調査時期が変わるように検討した。前回の点検調査時に緊急度Ⅰ及びⅡと判定された場合、改築（布設替えまたは更生）を実施するものとして初回の点検調査の着手時期と同様とした。劣化なしと判定された場合も初回の点検調査の着手時期と同じ年数とした。

緊急度Ⅲと判定された場合は、必要に応じて修繕を実施することとし、予防保全の観点から、次回の点検調査時期を初回の点検調査の着手時期（年数）の概ね1/2以下と設定した。

以上を踏まえ、管種や施設の重要性に応じた点検調査着手時期と頻度に関する試算結果を表-1に示す。なお、試算結果については5年単位に丸めて表示した。

今後はそれぞれの地方公共団体において任意に条件を設定し、地域の特性を踏まえた検討が行われることが期待される。

〔成果の活用〕

本研究の成果の一部は、国土交通省下水道部及び国総研下水道研究部が共同で策定した「維持管理情報等を起点としたマネジメントサイクルの確立に向けたガイドライン（管路施設編）」（令和2年3月）に反映されている。

洪水・豪雨に対する道路構造物の強靱化に関する調査研究

Research on toughening of road structures against floods and heavy rains.

道路構造物研究部 構造・基礎研究室
道路基盤研究室

(研究期間 令和3年度～令和5年度)
室長 西田 秀明
主任研究官 上原 勇氣
室長 渡邊 一弘
主任研究官 吉川 昌宏

〔研究目的及び経緯〕

令和2年7月豪雨・令和3年8月前線による長雨など近年の集中豪雨等による橋梁基礎及び道路土工構造物の基礎が洗掘被害を受け、道路機能が長期にわたり喪失する事象が発生している。このように、頻発化・激甚化する災害に対して、防災対策をより一層推進するほか、災害リスクの影響を的確に把握する必要である。

本研究は、河川増水による橋梁や道路土工構造物の洗掘の被災メカニズムを調査し、対策等について検討するほか、斜面等からの土砂災害リスクに対し道路への影響度を検討するものである。令和4年度は、河川が湾曲した位置に架かる橋梁を対象として橋脚の洗掘を模擬した水理実験を行い、外岸側の護岸における護床工の有無や橋脚周りの護床工範囲の違いが洗掘の程度に与える影響に関する基礎情報を収集した。また、河川や橋梁に関する諸条件の違いを踏まえた橋脚の洗掘対策工の検討に必要な河床変動解析に関する基礎的な整理を行った。道路土工構造物の洗掘に関しては、既存の被災事例を充実させつつ各種情報の整理を行い、被災しやすい条件を抽出するほか、頻度の高い被災パターンにおいて現地調査を行い、水理再現解析等を通じて被災要因を整理した。斜面等の土砂災害については、昨年度検討した斜面崩壊、土石流が道路に達しない条件について、複数の被災事例にて確認を行い条件値の補正を整理した。

盛土・切土等の要求性能に対応した維持管理手法及び信頼性設計に関する調査検討

Study on maintenance management method and reliability design for required performance of embankment and cut

道路構造物研究部 道路基盤研究室

(研究期間 令和3年度～令和5年度)
室長 渡邊 一弘
主任研究官 青山 淳
主任研究官 吉川 昌宏

〔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。

本研究は、蓄積した点検結果や被災事例から、道路土工構造物に求められる性能について検討を行い、基準類等および点検要領への反映を行うものである。

本年度は、豪雨による盛土法面の崩壊事例のうち、盛土内水位上昇による要因に着目し、既存の点検結果及び点群データによる地形等について机上にて確認を行い、被災のしやすい条件の組み合わせの特徴を整理・分析した。

また、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年度定期点検結果(12,607データ)に関し、点検調書における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。

舗装の性能規定及び設計に関する調査検討

Research on the performance specification and the design of pavement

道路構造物研究部 道路基盤研究室

(研究期間 令和4年度～令和6年度)
室 長 渡邊 一弘
主任研究官 堀内 智司
研 究 官 若林 由弥

〔研究目的及び経緯〕

現行の道路舗装の技術基準は平成13年に発出され、舗装に要求される性能を規定することで材料や設計・施工方法等を限定しない性能規定化がなされた。しかし、技術基準で確認することとされている性能指標値とその指標が本来指し示す性能や、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。

また、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。

「スペクトル分析情報」の社会実装に関する研究

Research on Implementation of Earthquake Spectrum Information

(研究期間 令和3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
研 究 官 中川 拓真
Researcher NAKAGAWA Takuma

NILIM has been transmitting the Earthquake Spectrum Information (ESI) that enables to grasp sense of damage scale in order to support road administrators in their smooth and prompt crisis management.

In this study, we verified accuracy of the damage estimates by ESI. It was also organized how much ESI contributes to reduction of burden on road administrators in their emergency patrols.

〔研究目的及び経緯〕

大規模な地震が発生すると、道路管理者は被災状況を把握するためパトロールを実施するが、被害が確認できるまでには時間を要するため、情報空白期が生じてしまう。

国総研では、情報空白期における被害把握に関する取り組みの一環として、加速度応答スペクトルに着目した構造物被害の規模感の推定情報（以下「スペクトル分析情報」という。）を地震発生後約8分で災害対応従事者等に自動配信する取組を試行している。

本研究では、過年度に発生した規模の大きい地震の加速度応答スペクトルを再整理し、被害発生の閾値となる被害発生ラインの設定を検証しており、ここではその結果を報告する。また、震度4の地震対応におけるスペクトル分析情報の試行活用について報告する。

■被害発生ラインの検証

〔研究内容〕

国総研では2017年度よりスペクトル分析情報の自動配信の取組を行っている。被害推定に活用している地震計は、当初は防災科学技術研究所のK-NET観測点の約1,000地点であったが、2021年8月より気象庁の直轄観測点700地点を追加し、合計約1,700地点で取得された地震波の加速度応答スペクトルのデータを基に被害推定を行っている。

被害発生の閾値として国総研が提案した被害発生ラインは、2003～2018年の最大震度6弱以上かつ全壊住家数の被害が限定的であった8地震（表-1）におけるK-NET観測点の加速度応答スペクトルを踏まえて設定したものである。具体的には、住宅や一般橋梁への影響が大きいとされる固有周期に着目し、{固有周期0.9秒、最大応答加速度 9m/s^2 }と{固有周期2秒、最大応答加速度 2m/s^2 }を結ぶ両対数グラフ上の線分が被害発

生ラインである（図-1）。

表-1 被害が限定的であった8地震

発生年	震央地名・地震名	気象庁 マグニチュード	最大 震度	全壊 住家数
2003年 5月	宮城県沖	7.1	6弱	2
2005年 8月	宮城県沖	7.2	6弱	1
2008年 7月	岩手県沿岸北部	6.8	6弱	1
2009年 8月	駿河湾	6.5	6弱	0
2011年 3月	静岡県東部	6.4	6強	0
2013年 4月	淡路島付近	6.3	6弱	8
2016年 6月	内浦湾	5.3	6弱	0
2016年 2月	茨城県北部	6.3	6弱	0

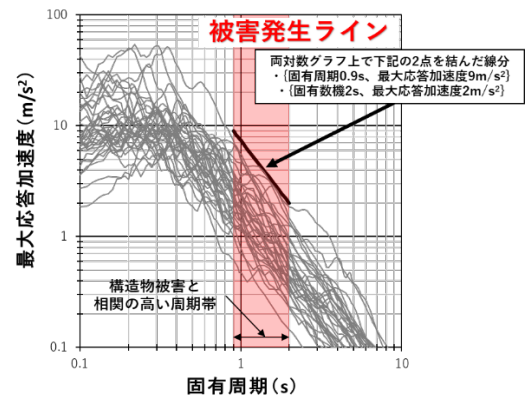


図-1 被害が限定的であった地震の加速度応答スペクトルと被害発生ライン

冒頭述べたとおり、2021年度より気象庁直轄観測点の観測記録を新たに追加し被害推定を実施している。一方で、被害発生ラインはK-NET観測点の加速度応答スペクトルを基に設定したものであるため、観測点の密度の変化を踏まえた適確性を検証する必要がある。

そこで、2003～2021年に発生した最大震度6弱以上の地震を対象に、K-NET観測点と気象庁直轄観測点で得

られた地震波の加速度応答スペクトルの被害発生ライン超過の有無を整理し、橋梁や住家の実被害との比較を行った。

【研究成果】

表-2は、検証対象とした23地震を、スペクトル分析情報による被害推定(列方向)と、被災道路橋の数や全壊住家数(行方向)で分類した結果を示す。I(推定:被害大、実被害:大)とIV(推定:被害小、実被害:小)は正しく推定したものであるのに対し、空振りのII(推定:被害大、実被害:小)と見逃しのIII(推定:被害小、実被害:大)は推定が外れたものと解釈できる。

表-2 大規模地震における被害推定と実際の被害状況

加速度応答スペクトルと被害発生ラインの関係	被災道路橋数		全壊住家数	
	1橋以上	0橋	30棟以上	30棟未満
被害発生ラインを超過した	I 10	II 6	I 12	II 4
被害発生ラインを下回った	III 0	IV 7	III 0	IV 7
予測精度(の割合)	17/23 = 74%		19/23 = 83%	

正しく推定したIとIVの割合は、被災道路橋および全壊住家それぞれ70%を超えており、高い精度で被害を推定できていることが確認できる。加えて、IIIの見逃しは発生しておらず、樂觀視させるような情報発信とはなっていない。

災害時の心得¹⁾として、「状況が不確実なときには、最悪を想定し、大きく構えるのが定石である」と言われており、スペクトル分析情報において見逃しが発生していないことは、地震の初動対応の意思決定を行う上での情報として、重要なポイントである。

■地震対応におけるスペクトル分析情報の試行活用

【研究内容】

震度4を観測した地域における地震後の緊急道路パトロールにおいて、2019年度からスペクトル分析情報を活用する試行的な取組が実施されている。

従来は、震度4以上の地震を観測した直轄国道事務所では、地震発生後「直ちに」緊急点検を実施することが求められていた。しかし、空振りが多く、災害対応従事者にとって過度な負担となっていた。

スペクトル分析情報による構造物被害の規模感の把握に関する手法が確立され、地震後約8分で自動配信される環境が構築されたこともあり、震度4の地震発生時に直近の天候等による被害の発生が懸念されず、スペクトル分析情報の結果等からも被害の発生が懸念されない場合は、試行的な取り組みとして「地震発生の当日又は翌日の平常時道路巡回」で点検を行うこととなっている(震度5弱以上は変更無し)(図-2)。

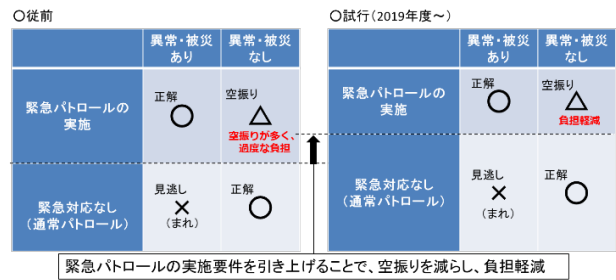


図-2 試行運用により得られる効果

上記の試行運用により国土交通省等の災害対応従事者の負担をどの程度軽減されているかを2021年度に発生した地震を対象に整理した。

【研究成果】

表-3は、2021年度に発生した地震を最大震度に基づき分類した結果である。従来の運用では震度4以上の合計55地震において深夜や休日問わず緊急対応が必要であった。

最大震度4の43地震に着目すると、いずれもスペクトル分析情報としては被害の発生が懸念されない程度の地震であった。表-4は、これらの地震を発生日時により整理した結果を示したものであり、勤務時間内(平日の8:30~17:15(国道事務所の例))は11地震で、残りの32地震は平日の勤務時間外、もしくは、休日に発生した地震であった。

試行運用に伴い、最大震度4の43地震のうち32地震は勤務時間外で緊急対応の必要がなくなり、現場の負担を軽減し得るものとなっていることが確認でき、スペクトル分析情報が災害対応のDXにも寄与しているとも言える。

ただし、実際の現場での運用としては、地震発生時の気象状況等も踏まえ、緊急パトロールの実施の可否を判断しており、本結果は、必ずしも現場の実運用と一致しているものではない。

表-3 2021年度に発生した地震の震度別分類

最大震度	1	2	3	4	5弱	5強	6弱	6強	7
回数	1598	636	191	43	4	7	0	1	0

表-4 2021年度に発生した最大震度4の32地震の分類

	勤務時間内 (8:30~17:15)	勤務時間外 (17:15~8:30)
平日	11	17
休日	15	

【成果の活用】

災害対応従事者の地震対応の初動において活用。

参考文献

1) 国土交通省東北地方整備局：災害初動期指揮心得，2013.3

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。

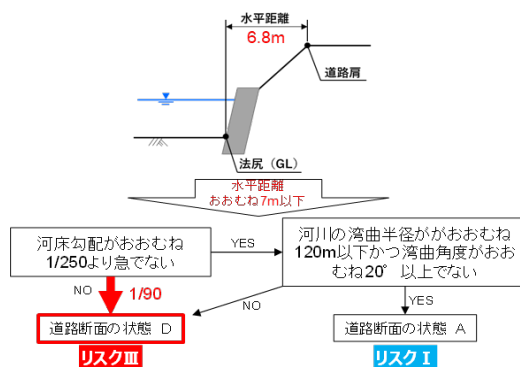


図-2 国道41号の洗掘被災箇所のリスク評価フロー

(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]

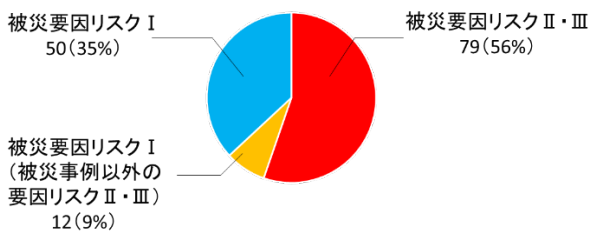


図-5 要領(案)に基づくリスク評価結果

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。

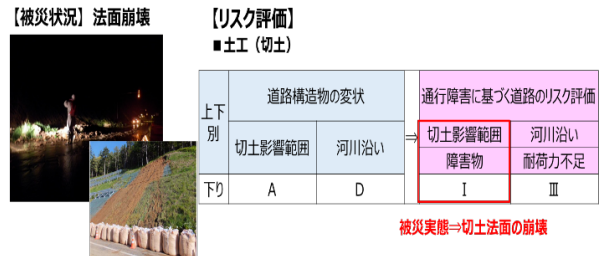


図-6 被災要因と構造物全体のリスクが異なる事例

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) 伊藤真嘉, 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

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

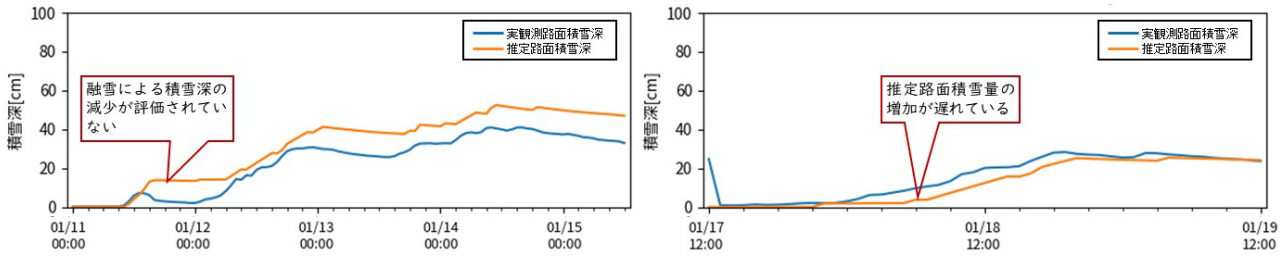


図-1 道路雪害時の気象観測データによる検証結果

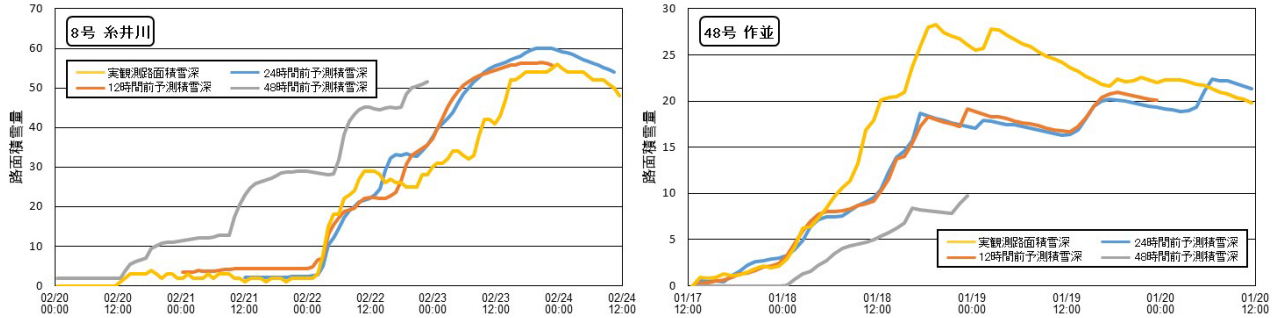


図-2 降雪事例による路面積雪量予測手法の検証結果

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たりする状況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。

既往災害のクロノロジー分析に基づく新たな災害対応に関する研究

Study on disaster response based on chronological analysis of past natural disasters

道路構造物研究部 道路地震防災研究室

(研究期間 令和4年度～令和5年度)
室 長 中尾 吉宏
主任研究官 長屋 和宏

〔研究目的及び経緯〕

大規模降雪時における道路管理の対応については、幹線道路上で大規模な車両滞留を徹底的に回避する方針が整理されたものの、依然として集中除雪の対応の遅れにより車両の大規模滞留が発生している。道路管理者には、できるだけ通行止めしない除雪対応の姿勢が染みついており、新たな方針に沿った対応をしていくためには、道路を通行止めにして集中除雪を行う判断を適時・的確に行うための具体の考え方の整理が必要である。本研究は、大規模降雪時のクロノロジー分析により車両の大規模滞留が発生する前に数度発生する車両のスタック等、車両の大規模滞留を回避するために集中除雪開始のトリガーとすべきだった予兆をあぶり出し、一般的なトリガーとして活用可能な事象整理を行うものである。

令和4年度は、過年度に地方整備局の道路管理事務所が実施した降雪時の対応について、当時行われた意思決定や具体的行動をタイムラインに沿って整理した。なお、整理にあたっては、当時の気象状況などもあわせて整理した。

重要インフラの地震等被害推定情報の即時配信システムの開発

Development of information distribution systems to grasp the damages induced to infrastructures by natural disasters

道路構造物研究部 道路地震防災研究室

(研究期間 令和3年度～令和7年度)
室 長 中尾 吉宏 主任研究官 長屋 和宏
研 究 官 梅原 剛 研 究 官 中川 拓真
研 究 官 石井 洋輔

〔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への早期着手をしていくためには、迅速な被災状況の把握が求められる。本研究は、地震等の災害によるインフラ施設の被災状況の即時把握に資する情報システムの開発等を行うものである。

令和4年度は、情報空白期に被害の規模感を把握可能な情報を安定的に自動配信する「スペクトル分析情報配信システム」を構築するとともに、被災状況のUAV撮影動画を地図と紐付けてリアルタイム配信共有したり、鮮明な静止画を切り出して地図上で共有したりする「UAV被災情報集約共有システム」の試作を行った。

今後、本研究の成果により、インフラ施設管理者による災害対応への早期着手が可能になり、二次被害の防止、早期の災害復旧が実現されることが期待される。

動的耐震照査法の信頼性向上に関する調査

Study on reliability improvement of dynamic seismic verification method

道路構造物研究部 道路地震防災研究室

(研究期間 令和3年度～令和5年度)
室 長 中尾 吉宏
研 究 官 石井 洋輔

[研究目的及び経緯]

橋の耐震設計は、橋全体を構成する部材の耐荷性能を動的な解析で照査することが一般的である。道路橋示方書・同解説に示される動的耐震照査に用いる設定値は、不確実性を踏まえて安全余裕を考慮して設定しているものが存在し、設定値の説明性や、照査手法の信頼性のさらなる向上が求められている。それらを踏まえ、本研究では、所要の信頼性を合理的に満たすことができるような動的耐震照査法を検討している。

本年度は、観測記録という科学的な根拠に基づいて現行基準で示される設定値を検証するため、実測した橋全体系の挙動観測データを用いて、橋全体系の詳細な挙動や橋の振動特性を算出した。その結果、観測記録から算出された振動特性は、現行の耐震設計で用いている設定値の元となっている既往の実験結果と大きく異なることがわかった。

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

道路構造物研究部 道路地震防災研究室

(研究期間 令和4年度～令和5年度)
室 長 中尾 吉宏
研 究 官 梅原 剛

[研究目的及び経緯]

地震や豪雨等による大規模災害が発生すると、被災が甚大となり分布が広範囲にわたる場合や夜間に発生した場合など、被災状況の把握に多大な時間を要することがある。そこで、地震や豪雨災害等による道路施設の被災状況の迅速な把握を目的として、現在用いられているリモートセンシング技術を活用した災害時の調査支援の検討を行っている。

令和4年度は、既存衛星のアーカイブ画像を用いて、強度解析や干渉解析を実施し、熊本地震発生時の道路被災状況の抽出・把握を行うとともに、実際の被災状況と比較することで、災害時の道路被災状況調査への衛星の活用可能性について整理した。加えて、広域的に被災の可能性のある範囲の絞り込みが可能な手法を提案した。

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

道路構造物研究部 道路地震防災研究室

(研究期間 令和4年度～令和6年度)
室 長 中尾 吉宏
主任研究官 長屋 和宏

[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。

令和4年度は、道路面変状を検知するセンサ及び伝送技術の調査・整理を実施し、道路面変状検知システムのプロトタイプを作成の上、動作試験を行った。

河川施設における強震計点検調査

Observation of strong ground motions at river facilities

道路構造物研究部 道路地震防災研究室

(研究期間 昭和53年度～)
室 長 中尾 吉宏
研 究 官 石井 洋輔

[研究目的及び経緯]

国土交通省では、公共土木施設の耐震設計技術の向上などを目的とし、全国の堤防、堰などの河川構造物等において強震観測を行ってきており、これまでに実際に発生した地震にて多くの観測記録が得られている。これらの観測記録は河川構造物の耐震性能照査指針などをはじめとした各種設計基準に反映され、構造物の耐震設計技術の向上に寄与するとともに、ホームページなどを通じて情報提供を行ってきている。

本年度についても、これまでと同様に強震観測を継続・維持していくために、強震観測施設の点検を行い、必要に応じて補修を行い、観測された強震記録の整理、蓄積を行った。