
関連研究の概要

2014-2018

2019.3

目次

<関連研究>

1. ICTを活用した道路維持管理業務の高度化	2
1-1 ICTを活用した道路維持管理業務の高度化	2
1-2 産学官連携による市町村のインフラ維持管理の効率化に関する研究	4
1-3 ICTを活用した市町村の橋梁維持管理支援に関する研究	5
1-4 市町村が管理する橋梁の構造的特徴と劣化傾向に関する研究	7
2. 車載及びUAV搭載カメラ画像を活用した河川管理の高度化	8
2-1 車載及びUAV搭載カメラ画像を活用した河川管理の高度化	8
2-2 UAV写真測量における多時期計測データを用いた河道管理手法の検討	10
2-3 中小河川を対象としたUAV写真測量を用いた流下能力評価手法の検討	11
3. 空港管理車両を活用した簡易舗装点検システムの開発	12
4. 行動観察手法を用いた高速道路事業におけるマネジメントスキルの検討	17
5. 品質向上、生産性向上及び人材育成	20
5-1 混合研究法を用いた品質及び生産性向上のための技術者マインド育成に関する研究	20
5-2 品質向上、生産性向上及び人材育成に関する研究	21
6. 高度なインフラ・マネジメントを実現する多種多様なデータ処理・蓄積・解析・応用技術の開発	22
7. インフラマネジメントに係る人工知能の活用	26

「本研究の目的」

- 最近では、高度経済期に作られた構造物の高齢化や道路利用に関する苦情や要望等の利用者ニーズの多様化が進み、道路維持管理業務における的確で素早い対応が道路管理者に求められている。
- 本研究では、道路管理に関する様々なデータを活用して道路維持管理業務を支援するシステム(以下「道路管理支援システム」)の活用により、維持管理の状態をデータを用いて分析・可視化し相談対応業務等の効率化を図るなど、道路維持管理業務を高度化する方策について検討する。

「研究の方法及び内容等」

●データ分析

道路管理者に寄せられた苦情・要望及び対応結果等の情報(以下「苦情等データ」)に加え、道路巡回で記録した点検データ(以下「点検データ」)、単価契約で行う維持工事に関するデータ(以下「単契データ」)を用いて、時季や場所等の軸で分析し、データから読み取れる業務の特徴を明らかにし、業務への活用可能性を検討した。

●業務改善メニューの検討

道路管理支援システムの導入による相談・点検対応業務の効率化や、点検データ・単契データ等の道路維持管理データを用いた分析による道路巡回/災害時対応業務、維持管理施策の検討、予算/関係者説明など、維持管理に関するデータを用いた業務改善メニューを広く検討した。また、代表的な業務改善メニューについては実データを用いた詳細な分析を実施し、改善効果等も検討した。

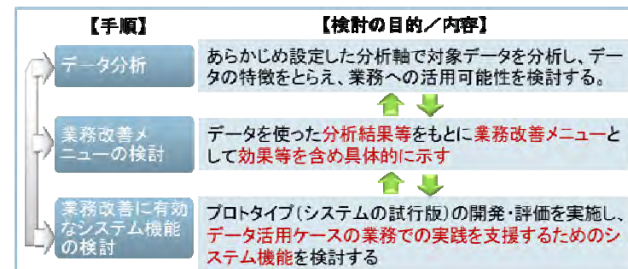
●業務改善に有効なシステム機能の検討

現状の道路維持管理における相談・点検対応業務では苦情や点検異常の情報管理を帳票で行っているため、情報伝達・共有・確認に時間がかかっている。本研究では、前年度まで対象にした苦情情報だけでなく、点検情報も付け加え、簡易なデータベースを用いて業務プロセスを簡素化する道路管理支援システムの試行版(以下「プロトタイプ」)の開発・評価を実施し、実際の維持管理業務での支援をするためのシステム機能を検討した。

「実施体制」

研究機関	国立大学法人東京大学大学院情報学環
インフラ関連	公益財団法人東京都道路整備保全公社

「本研究のプロセス」



「業務改善メニュー」

対象業務	No	業務改善メニュー
1. 相談・点検対応業務	A	FAQや対応状況の公開により、道路利用者からの問合せが減少
	B	入力アシストにより入力形式のバツキを防止し、場所確認を効率化
	C	データベースの活用により、他部署への伝達と集計資料作成を効率化
	D	対応/回答を共有し、バツキを防止。担当者異動時も確実に対応
	E	ダッシュボードで対応状況等を組織内で共有し、問題を早期把握
2. 道路巡回/災害時対応業務	F	巡回システムと連携し、苦情・点検異常位置確認や帳票作成を効率化
	G	苦情・点検異常の発生傾向を巡回における注意喚起に活用
	H	台風時の苦情・点検及び維持工事対応の多発箇所の把握により緊急対応を支援
3. 維持管理施策の検討	I	他管理者と苦情等への対応方法を交換し施策に活用
	J	苦情・点検異常の集中度を日常管理方法の検討に活用
	K	苦情・点検異常の対応内容を可視化し、効果的な対応策検討に活用
4. 予算/関係者説明	L	苦情・点検異常の多発場所や施策前後の比較結果を予算や関係者説明に活用
	M	維持費の執行状況を把握し、維持費の妥当性を説明
	N	苦情等への対応に必要な現場の体制・予算の根拠資料に活用

「今後の展開」

●データ分析

今後は個別の維持管理業務での活用を想定し、実管理に沿ったデータ(事務所毎の路線管理延長、人口分布等)を用いた分析や分析結果をマップ化する等の個別事象の分析が必要であると考えられる。また、近年流通しているオープンデータ等を活用し、外部環境データと各種維持管理データで相関分析等を実施することによって、実際の現場管理を行う上で有効な分析結果が得られる可能性があると考えられる。

●業務改善メニューの検討

上記の個別事象の分析の結果を業務改善メニューの具体的な内容に反映させるとともに、現場においてデータ活用の試行を実施し、業務改善効果の計測を行う。これらの結果を踏まえて、業務改善メニューを見直すことにより、一層の業務改善効果が図られることが期待できる。

●業務改善に有効なシステム機能の検討

プロトタイプを実際の道路維持管理において試行することによって、システムの有効性を検証する。また、各種データを活用したBI(Business Intelligence)機能については、現場管理者が試行可能なツールを利用して有効なシステム機能を検討する。

「実証結果」

業務改善メニューのうち「J. 苦情・点検異常の集中度を日常管理方法の検討に活用」について現場で実証評価した結果の一部を紹介する。

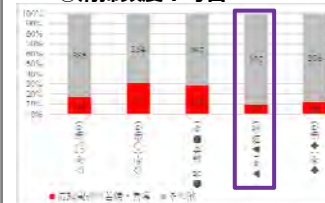
●データ分析

平成26年度に行った苦情等データの分析に加えて、適切な清掃頻度の検討を行う観点から、点検データや単契データを併せて分析を行った。苦情・点検異常の全体データに占める清掃関連の割合を定量的に把握することで、清掃頻度を検討する際の参考となると考えられる。

例: 清掃頻度別に路線毎の清掃関連の苦情と点検異常個所の割合と指標から各路線の清掃頻度の変更を検討(下図)

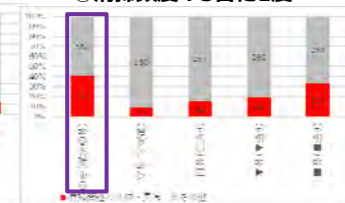
【清掃関連の苦情・点検異常の割合】

○清掃頻度：毎日



清掃頻度の減少を検討

○清掃頻度：3日に1度



清掃頻度の増加を検討

●業務改善メニューの検討

清掃頻度毎に苦情・点検異常箇所を地図上で可視化する(右図)、苦情・点検異常発生数の時季変動を可視化する等により、巡回点検業務の際に注意すべき箇所、現場対応が頻発する時期等を事前に把握し、予防的な措置に繋がる等の効果が期待される。

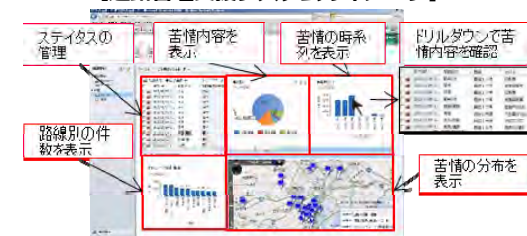
【清掃頻度毎の苦情・点検異常】



●業務改善に有効なシステム機能の検討

苦情や点検異常の受付から伝達、対応/回答、蓄積、履歴の検索等を効率的に行う機能と複数の情報源からデータを一覧表示するダッシュボード機能を有するプロトタイプを構築し、道路維持管理業務を行う職員にデモをした結果、「相談・点検対応業務における情報伝達・共有・確認にかかる時間軽減に効果的である」との評価を得た。

【道路管理支援システムのイメージ】



参考: 「平成26年度都民参加型道路保全支援システムの研究」報告書

「本研究の目的」

●最近では、高度経済期に作られた構造物の高齢化や道路利用に関する苦情や要望等の利用者ニーズの多様化が進み、道路維持管理業務における的確で早い対応が道路管理者に求められている。

●本研究では、道路管理に関する様々なデータを活用して道路維持管理業務を支援するシステム(以下「支援システム」)の活用により、維持管理の状態をデータを用いて分析・可視化し相談対応業務等の効率化を図るなど、道路維持管理業務を高度化する方策について検討した。

「研究の方法及び内容等」

●業務改善に有効なシステム機能の検討

現状の道路維持管理における相談・点検対応業務では苦情や点検異常の情報管理を帳簿で行っているため、情報伝達・共有・確認に時間を要している。本研究では、CRM機能を有するクラウド上のサーバーを活用したデータベースを用いて業務プロセスを効率化する支援システムの試行版(以下「プロトタイプシステム」)の開発、試行及び評価を実施し、実際の維持管理業務での支援をするためのシステム機能を検討した。

●データ分析

道路管理者に寄せられた苦情・要望及び対応結果等の情報に加え、道路巡回で記録した点検データ、単価契約で行う維持工事に関するデータを用いて、時季や場所等の軸で分析し、データから読み取れる業務の特徴を明らかにし、業務への活用可能性を検討した。

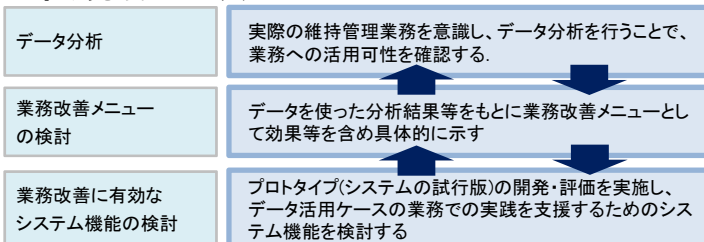
●業務改善メニューの検討

プロトタイプシステムの導入による相談・点検対応業務の効率化や、点検データ・単価データ等の道路維持管理データを用いた分析による道路巡回/災害時対応業務、維持管理施策の検討、予算/関係者説明など、維持管理に関するデータを用いた業務改善メニューを検討した。また、代表的な業務改善メニューについては実データを用いた詳細な分析を実施した。

【実施体制】

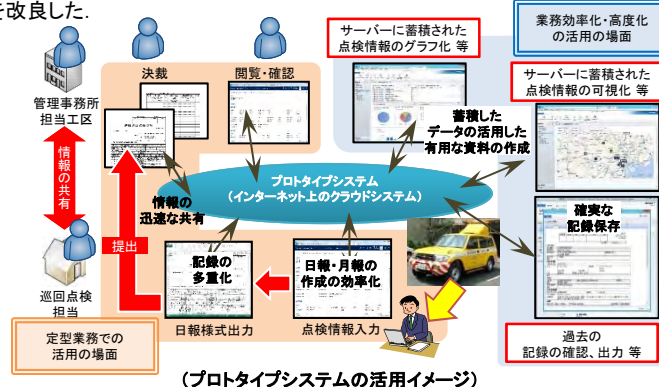
研究機関	国立大学法人東京大学大学院情報学環
インフラ関連	公益財団法人東京都道路整備保全公社

「本研究のプロセス」



「研究の成果：業務改善に有効なシステム機能の検討」

●現場のニーズ・データ分析結果を活用したシステム機能及びメニューの検討
現場の担当者も交えた関係者の協議・検討により、道路巡回点検の日報作成において業務を効率化できるニーズがあり、それらに対応できるようにシステムを改良した。



●プロトタイプシステムの試行の結果

試行項目	試行の方法	試行の結果
業務効率化・高度化の活用場面	従来：①紙、②Excelファイル 試行：①紙、②Excelファイル ③サーバー	サーバーへの保存にて、確実な記録保存を確認できた。継続して情報を蓄積できれば、業務の効率化・高度化のための基礎資料になる。
迅速な伝達及び共有	従来：①紙、②メール、③FAX 試行：①システム上での閲覧(サーバー上での共有ため)	サーバーへの保存にて、迅速な伝達及び共有を確認できた。位置、画像情報等のより詳細な情報を登録できれば更なる効率化が図れる。
定型業務での活用場面	日報作成の効率化 従来：日報用Excelファイルへ入力、印刷。 試行：CRMシステムへ入力して、Excelファイルへ出力、印刷。	19日の日報の作成時間にて計50分の短縮効果を確認できた。年間にして600分(=10時間)の作業時間の短縮が見込まれる。
	月報作成の効率化 従来：月報用Excelファイルへ入力、印刷。 試行：日報用Excelファイルを活用して、月報用Excelファイルをほぼ作成し、一部を追記して印刷。	月報の作成時間にて、計356分の短縮効果を確認できた。年間にして4,272分(=71.2時間)の作業時間の短縮が見込まれる。

業務の効率化・高度化の活用場面では、巡回点検の結果をクラウド上のサーバーへ保存することにより、点検情報の確実な記録保存と迅速な伝達及び共有が図れることが確認できた。

定型業務での活用場面では、日報と月報の作成時間を年間約81時間(=10日)の短縮できる可能性が確認できた。

「研究の成果：データ分析及び業務改善メニューの検討」

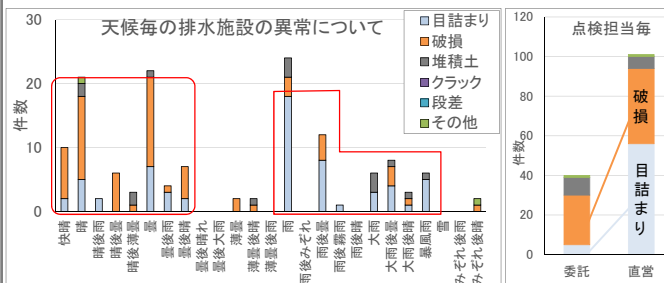
●業務改善メニューの提案

データ分析により、道路管理水準の向上が期待できるメニューの一例を下表に示す。

	業務改善メニュー	分析結果
1	公園管理者と街路樹管理・公園管理に関して密な連携を図る。	街路樹の枝折れがある路線に頻出しており、箇所の特定、現地の状況を確認したところ、公園に面しており、園内の樹木の枝折れ等の影響が考えられた。特定のエリアに異常が頻出していることが裏付けられ、それらを踏まえた対応が有効と思われる。
2	特定エリアの巡回の頻度を増やす等の巡回計画の柔軟な見直し。	
3	巡回点検担当者の事象に対する認識の統一を図る。	巡回点検データと天候との関連を可視化したところ、巡回点検における「排水施設の異常」の報告内容に差異がみられた。
4	道路照明の補修頻度を可視化し、要因を検討する。	道路照明灯の補修と各地区の設置基数との関連を可視化したところ、設置基数に対する補修回数が球交換の平均的な頻度を超過している地区が確認された。

●提案事例その1：巡回点検担当者の事象に対する認識の統一

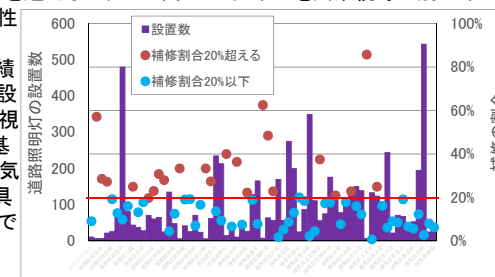
巡回点検で確認された排水施設の不具合と天候との関係を可視化したところ、破損は晴れ又は曇りの時に発見されることが多く、目詰まりは、雨の時に発見されることが多いことが判明した。更に巡回の担当毎の傾向を確認したところ、委託による巡回点検では目詰まりの発見が少ないことが判明した。直営班と委託班との認識の統一を図ることができれば、道路管理の水準を一定に保つことが期待できる。



●提案事例その2：道路照明の補修頻度を可視化し、要因を面的に検討

現在、道路照明灯の主流である高圧ナトリウムランプの平均寿命は、24,000時間である。点灯時間を半日と仮定した場合に、ランプの交換サイクルは5年となる。単価契約のデータから設置基数に対して、1年間に補修した基数が20%を超えるエリアは、ランプ以外の電気系統等に別の不具合がある可能性がある。

単価契約の実績と道路照明灯の設置数の関連を可視化することで、1基毎の球交換では気づけなかった不具合の要因を検討できる。



「本研究の目的」

- 市町村職員は、限られた人材の中で、幅広く業務を実施する必要があるため、国、都道府県職員と比べ、橋梁の専門的な技術力、知識、経験が少ない。
- 国はメンテナンス会議などを通じ、市町村と連携しながら維持管理を行っていく方針であるが、市町村が抱える課題を解決するまでには至っていない。
- 本研究では、市町村が抱える課題を解決するために産学官が連携し、様々な実証を重ね、市町村の維持管理を効率化するための仕組みを検討する。

「研究の方法及び内容等」

- 市町村の橋梁維持管理業務のフロー
国と市町村の橋梁維持管理業務のフローを整理・比較し、点検～補修までの各段階で市町村が抱える課題を分析した。
- 市町村の橋梁維持管理業務の課題
橋梁の維持管理業務を対象に、市町村が業務上重要と認識している課題についてヒアリングを行い、予算、技術力、業務支援の視点から整理した。
- ICT活用による点検業務・診断業務の効率化の実証
橋梁点検タブレット端末や損傷評価支援システム等のICTを活用することによって、点検や診断の知識・経験が乏しい自治体職員が点検・診断の実務をどこまで実施できるか実証的に比較・分析を行った。
- 維持管理の効率化のための新たな仕組み
市町村の抱える課題の整理、ICT活用による現場実証の結果をふまえて、市町村における橋梁維持管理業務を効率化するための仕組みを検討した。

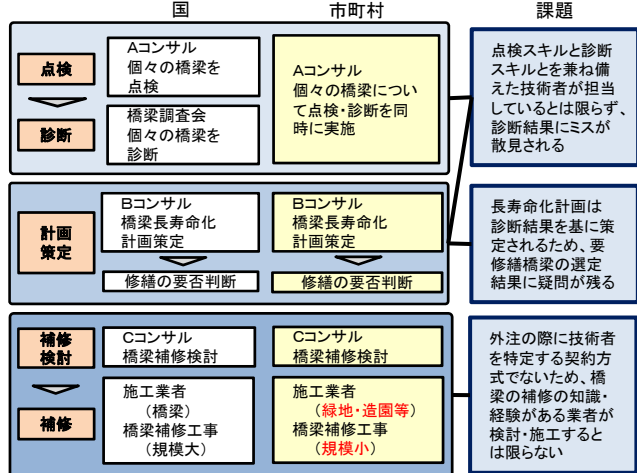
【実施体制】

研究機関	国立大学法人東京大学大学院情報学環
	国立大学法人東北大学大学院工学研究科インフラマネジメント研究センター
インフラ関連	株式会社復建技術コンサルタント

「市町村の橋梁維持管理業務のフロー」

- 市町村は、点検と診断を同一業務として外注しているため、点検と診断の結果を品質管理する必要があるが、市町村職員の知識・経験では確認することは難しい。
- 診断結果の品質が計画策定、補修にも影響を与えている。

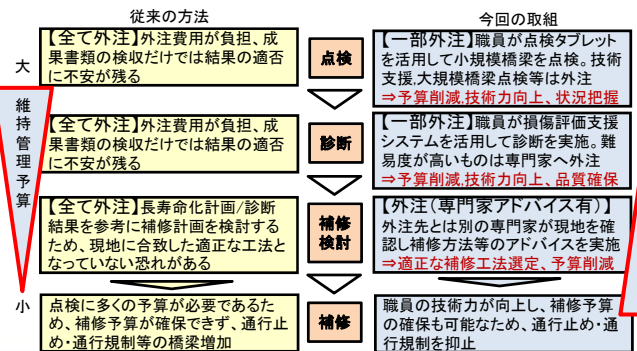
現状の橋梁点検～補修までの業務フロー



「市町村の橋梁維持管理業務の主な課題」

- 橋梁点検が義務化され、全て外注すると予算がかかり過ぎるため、職員自ら点検したいが、やり方が分からない。
- 管理橋梁は多いが、橋梁の知識がある職員が殆どいないため、必要な時に必要なレベルの技術支援をして欲しい。
- 点検、診断は外注しているが、検収を行う際に納品物の成果が正しいか不安である。

「維持管理の効率化のための新たな仕組み」



「ICT活用による点検業務・診断業務の効率化の実証」

「橋梁点検タブレットを用いた点検業務の効率化」

- 点検の知識・経験が無い自治体職員が、橋梁点検タブレットを活用して自ら橋梁点検を実施し、実現可能性を検証した。
- 実証の結果、1巡目点検結果と同じアングルでの写真撮影は可能であり、写真の精度も点検資格保有者と比較しても大差は無い。しかし、新しい損傷を発見する事は難しい。



「損傷評価支援システムの活用による診断業務の効率化」

- 診断の知識・経験が無い自治体職員が、損傷評価支援システムを活用して診断業務を実施し、実現可能性を検証した。
- 実証の結果、職員は損傷度の判定はシステムを活用することにより可能であるが、知識・経験が不十分ため原因の推定は難しい。

モデル自治体の診断業務の実証結果

	作業時間	損傷種類の記載量	原因の推定コメント
東北大学研究員1	43分	60/34=1.79	全て記載(34/34)
東北大学研究員2	50分	40/34=1.18	全て記載(34/34)
モデル自治体職員1	53分	34/34=1.00	コメント無し(0/34)
モデル自治体職員2	58分	34/34=1.00	コメント無し(0/34)

「診断結果の品質の確認」

- モデル自治体が管理する診断結果(損傷データ数4)を再チェックした結果、約1割に分析ミス、見落としがあることが判明した。
- 品質確保策の検討が必要。



「今後の展開」

- 複数の自治体で同様の取り組みを行い比較分析を行う。
- 知識・経験が無い職員でもICTの活用により一定の結果が出ることは確認できたが、点検時での新たな損傷の発見や、診断時での原因の推定等は難しいため、専門家による職員のサポート(点検・診断・補修等のアドバイス)の実証を行い、有効性(時間短縮、品質確保等)を確認する。
- 実証の結果を踏まえて、市町村に限られた人材、予算を効率的かつ有効的に活用するための維持管理のモデルを構築する。

「本研究の目的」

- 市町村職員は、限られた人材の中で、幅広く業務を実施するため、国、都道府県職員と比べ、橋梁の専門的な技術力、知識、経験が少ない。
- 国はメンテナンス会議などを通じ、市町村と連携しながら維持管理を行っていく方針であるが、市町村が抱える課題を解決するまでには至っていない。
- 本研究では、市町村が抱える課題を解決するために学官が連携し、様々な実証を重ね、市町村の維持管理を効率化するための仕組みを検討する。

「研究の方法及び内容等」

橋梁管理における外注費の軽減、品質確保のための技術力向上を目指し、小規模の橋梁におけるICTを活用した直営点検、診断の実現性や支援策について研究を行った。

- 過去の点検・診断結果の確認
直営の点検・診断を行う際のベースとなる過去の点検・診断結果について、記載内容に誤りがないかを確認した。
- ICT活用等による直営点検の実現性の実証
タブレット端末の活用や専門家のサポートにより自治体職員が点検の実務をどこまで実施できるか、や自治体の小規模橋梁特有の問題を現場実証により把握した。
- 直営による診断業務の実現性の実証
自治体職員による診断結果を橋梁専門家が確認し、直営診断の実現性や課題を確認した。
- 職員の技術力の向上への取り組み
橋梁の診断に関する講習会、橋梁の維持管理に関する勉強会を開催し、問題意識・知見・情報等を共有を図った。
- 小規模橋梁の維持管理を支援するツール等の作成
点検技術が初中級レベルの自治体職員を支援するツールとしての「小規模橋梁点検の手順書(仮称)」の作成、及び自治体特有の小規模橋梁の損傷の傾向や対応方法等を示す「小規模橋梁の管理手法に関する研究」に着手した。

「実施体制」

研究機関	国立大学法人東京大学大学院情報学環 同 生産技術研究所
	国立大学法人東北大学大学院工学研究科 インフラマネジメント研究センター
自治体	島根県、及び県内のモデル市町 小田原市

「過去の点検・診断結果の確認」

- 自治体Aが保有する過去の点検・診断結果(単径間の65橋)について、記載内容に誤りがないかを確認した。
- 対象65橋における記載内容の誤りを見ると、損傷部材と損傷程度の判断に誤りがあるもの、損傷種類の識別に誤りがあるもの等であり、誤りの割合は5橋/65橋の8%であった。

誤りの内容		橋梁数
損傷部材と損傷程度の判断に誤り	【過去点検】主桁の漏水・遊離石灰 【専門家による確認】漏水跡	2橋/65橋
損傷種類の識別に誤り	【過去点検】地盤の変形・欠損 【専門家による確認】床版上面の土砂化による耐荷力低下と段差による利用者被害の懸念あり	1橋/65橋
調査間の不整合	同じ部材の損傷種類が調査間で異なる	1橋/65橋
損傷の評価漏れ	損傷が見られる壁壁を損傷無しと記載	1橋/65橋

「ICT活用等による直営点検の実現性の実証」

- タブレット端末を活用した小規模橋梁の直営点検の実現性を実証するため、平成26年度の対象(2橋)を拡充し、専門家のサポートの下で点検に要する時間の計測を行った。

●対象橋梁数

平成26年度：試行的に1自治体の2橋にて実施
平成27年度：3自治体の計54橋にて実施

●実証結果

- ①点検に要する時間は、橋長10m未満では1橋あたり20分程度、橋長10m以上では1橋あたり35分程度となった。サンプル数は限られるが、概ね橋長10mを堺に点検所要時間に差異が見受けられた。

橋長	橋数	時間
～5m	42	20 分
5～10m	5	22 分

橋長	橋数	時間
10～15m	6	37 分
15m～25m	3	35 分

- ②自治体Aの42橋(橋長平均約3m)の点検時間を実施回別に分けてみると、経験により点検時間が短くなる傾向を確認できた。



低い桁下空間での作業状況

- 小規模橋梁特有の問題として、構造は単純でも桁下空間が低く、作業性が悪い場合があり、安全かつ効率的な作業のためには、事前に現地確認を行う必要がある。



職員
専門家



「今後の展開」

- 「小規模橋梁点検の手順書(仮称)」の作成を進め、自治体の直営点検業務での実証・評価を通じて、内容を継続的に充実・改善する。
- 「小規模橋梁の管理手法に関する研究」をとりまとめ、自治体等での実証・評価を通じて、内容を継続的に充実・改善する。
- 講習会や勉強会の企画・開催を通じて、技術面から自治体を支援するとともに、人的ネットワークの形成と現場に有用な知見の共有を図っていく。

「直営による診断業務の実現性の実証」

- 自治体職員に小規模橋梁の診断を行ってもらい、その診断結果の妥当性を確認することで、実現性と課題を確認した。
- 対象橋梁数：平成27年度 自治体Aの56橋
- 実証結果
損傷程度の判定には誤りはなかったが、全56橋のうち35橋の要因推定の記載において計43件の誤りを確認できた。直営診断で見られた要因推定の誤りで多かったものは、ジャンカなど施工不良部が劣化した損傷を単純な経年劣化としているもの(14件)、コンクリートの乾燥収縮によるひび割れを経年劣化としているもの(14件)等であった。

直営点検結果に多くみられた要因推定の誤りの例			
写真	直営診断	専門家の診断	誤りの件数
	コンクリートの経年劣化による剥落	施工不良(左記写真ではジャンカ部)が劣化し剥落したものと推定	14件/43件
	コンクリートの経年劣化によるひび割れ	コンクリートの乾燥収縮によるひび割れの方が適切	14件/43件
写真が不鮮明で診断不能だが、無理に診断している			9件/43件

「自治体職員の技術力の向上への取り組み」

- 自治体の職員を対象に、上記の実証を題材にして、小規模橋梁に生じやすい損傷種別や診断で間違いやすい事象など、橋梁診断に関する講習会を実施した。
- 自治体職員、大学研究者、団体、企業を招き勉強会を開催し、自治体を取り組む事例を題材に、直営点検における、制度的、実務的な課題について検討した。



診断に関する講習会

「小規模橋梁の維持管理を支援するツール等の作成」

- 自治体が行う小規模橋梁の直営点検に関する基礎的な知見(部位・部材の名称、事前準備、現場での留意事項等)、実際の業務手順(装備品、損傷状況確認の手順、診断方法の例示、点検・診断の記録方法等)を記載した「小規模橋梁点検の手順書(仮称)」(Ver0.5)を作成した。
- 国内の約70万橋の約7割の市町村管理橋のうち、その多くは15m未満の小規模橋梁であり、そこに着目した管理手法は未だまとめられていないことから、点検結果等から発生し易い損傷等の傾向を把握し、損傷への対応方法等を示す「小規模橋梁の管理手法に関する研究」に着手した。

「本研究の目的」

- 市町村職員は、限られた職員数で幅広い業務を担当するため、国、都道府県と比べ、橋梁の専門的な技術力、知識、経験が乏しい。
- 国はメンテナンス会議等を通じて、自治体と連携して維持管理を進める方針だが、市町村が抱える課題の解決までには至っていない。
- 本研究では、市町村が抱える課題の解決のために学官が連携し、市町村の橋梁の維持管理を効率化するための仕組みを検討する。

「研究の方法及び内容等」

●過年度の成果

<市町村の橋梁維持管理の主な課題の抽出>

- ・点検の義務化による予算の不足
- ・橋梁の知識・技術を有する職員の不足
- ・点検業務成果の照査に必要な技術力の不足

<ICT活用による点検業務の効率化の実証>

- ・点検の知識・経験が未熟な市町村職員によるタブレット端末を活用した小規模橋梁の点検を検証し、実現の可能性が高いことを確認した。

<直営による診断業務の実現性の実証>

- ・診断の知識・経験の乏しい市町村職員による小規模橋梁の診断結果の妥当性を検証し、実現の可能性が高いことを確認した。

●自治体管理橋梁の点検データ等の分析

自治体管理橋梁の実態を把握するため、北陸地方の1県26市町村の約14,000橋の橋梁点検データ及び調書の分析を行った。

・市町村と県管理橋梁の現況把握

- ・橋梁数、橋種、橋齢、塩害環境橋梁、健全度
- ・市町村管理橋の健全度低下傾向分析
- ・橋梁全体の経年、環境、橋種、橋長
- ・傾向分析により確認された課題抽出と考察
- ・建設年次不明橋の健全度判定

●直営点検・診断を支援する手引書の作成

上記の分析を通じて得られた小規模橋梁に関する構造形式、損傷・変状等の知見をもとに、「小規模橋梁の点検・診断・補修の手引き(案)」を作成した。また、過年度に行った自治体職員による現場実証で得られた知見等をもとに、「直営点検における小規模橋梁点検の手引き(案)」を作成した。

「実施体制」

研究機関	国立大学法人東京大学大学院情報学環 同 生産技術研究所
	国立大学法人東北大学大学院工学研究科 インフラマネジメント研究センター
自治体	島根県及び江津市、奥出雲町 小田原市(神奈川県)、上山市(山形県)

「自治体管理橋梁の点検データ等の分析」

北陸地方の1県26市町村の約14,000橋の点検データ、調書の分析を行った。

- 市町村管理橋の8割は14.5m未満の短い橋梁であり、更に6割の橋梁が建設年次が不明であることが示された。
- 比較的内陸に橋梁が位置する市町村管理橋では、塩害環境による健全度の低下傾向の違いは確認されなかった。
- 鋼橋の健全度の低下は比較的早い、RC橋及びボックスカルバートは健全度の低下が遅いことが確認された。
- 14.5m未満の橋梁の健全度の低下が緩やかであることが示された。

「直営点検における小規模橋梁点検の手引き(案)」

- 知識と経験が少ない市町村職員を想定して、市町村が管理する小規模橋梁に関する基礎的な知見と手順について、以下の構成で整理した。

●手引きの構成

- ①点検の方法
- ②点検計画の策定
- ③点検の体制
- ④点検時の装備
- ⑤近接目視の実施手順

- ⑥部材単位の変状の確認
- ⑦健全性の診断
- ⑧記録の方法
- ⑨参考となる文献及び図書

②点検計画の策定

実証の対象の橋梁65橋のうち37%は、桁下が1m以下の橋梁(写真1)であった。現場で手戻りなく点検するためには事前の踏査が必要であることなど、点検の準備段階から配慮すべき内容を記載した。

⑤近接目視の実施手順

写真撮影は損傷・変状及び経年変化の記録として、診断及び次回点検時の重要な資料であること、そのための撮影時の留意事項や構図(写真2)などを事例とともに示した。



写真1
橋梁の下部構造を示す写真。

写真1



写真2
橋梁の健全性を評価するための構図を示す写真。

⑦健全性の診断

診断の基本的な考え方とポイントを示すとともに、事例(写真3)を用いて、損傷の要因と前回点検からの進展も踏まえた健全度の判定事例を解説を付けて示した。

◆診断の基本的な考え方とポイント

部材単位の健全度が道路橋全体の健全度にと及ぼす影響は、構造特性や架橋環境条件、当該道路橋の重要度等によっても異なるため、部材単位の健全性の診断結果を踏まえて、道路橋毎で総合的に判断することが必要である。

ポイント1:客観的な事実に基づいて診断する。

ポイント2:損傷・変状相互の関連を考慮する。

◆診断の事例:健全性Ⅱ

剥離・鉄筋露出が見られる。損傷の原因は、桁端部及び床版上面からの漏水による。コンクリートの剥離、鉄筋の腐食は部分的に著しいところも見られるが、前回からの進展も見られず、また鉄筋の破断までは見られないため、床版の機能(耐荷力)の低下は見られない。(写真3)



写真3

「今後の展開」

- 上記の2つの手引き(案)を自治体で試行するとともに、有志による研究会を設置して直営点検における課題と改善策を検討する。
- それらの結果を手引き(案)にフィードバックし、内容の充実を図る。

「小規模橋梁の点検・診断・補修の手引き(案)」

- 知識と経験が少ない市町村職員を想定して、点検時の着眼点、小規模橋梁特有の損傷や変状等を橋種毎、材料毎、損傷・変状毎に整理した。

●手引きの構成

- ①小規模橋梁の外観の特徴
- ②設計・施工の基準の変遷
- ③定期点検の着眼点

- ④診断の実施
- ⑤小規模橋梁で見られる損傷・変状
- ⑥損傷・変状から見た補修工法の選定

①小規模橋梁の外観と特徴

小規模橋梁に多く見られる形式の概要と構造的な特徴を解説している。また、コンクリート版を並べた形式など、数は多くないが特有の形式についても記載した。(写真4)



写真4
小規模橋梁の外観と特徴を示す写真。

③定期点検の着眼点

点検の初見にて着目すべきところを代表的な橋梁形式における橋面、桁下、側面毎にボンチ絵(図1)を用いて解説した。

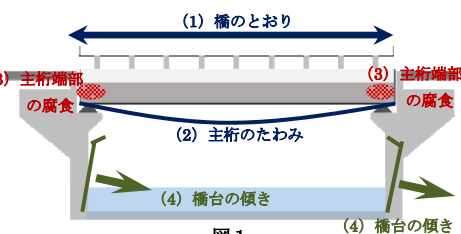


図1

④診断の実施

市町村職員が自ら診断する際に有用な部材毎の知識と点検結果の解釈の仕方などを、橋梁形式、前回点検からの損傷の進展具合、周辺環境別にまとめた。(写真5,6)

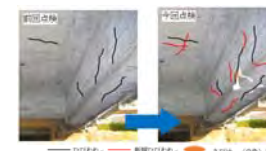


写真5

・前回点検からの損傷・変状の進展度合い(写真5)
・前回点検からひび割れ幅、長さとともに進展している、コンクリート内部で鉄筋の腐食やアルカリ骨材反応が進行している可能性がある。



写真6

・周辺環境の変化、近年の災害状況(写真6)
・前回点検以降に大規模な地震や洪水などが生じた場合に、それらの影響を受けて損傷・変状が生じている可能性がある。

⑥損傷・変状から見た補修工法の選定

次回の点検や補修工事の際の参考資料として、点検で確認された損傷の診断から補修工法の選定に至る経過を記録した事例集を作成した。(図2)

事例集は、前述の「小規模橋梁の点検・診断・補修の手引き(案)」の成果をもとに、現場で注意すべき損傷別に整理した。

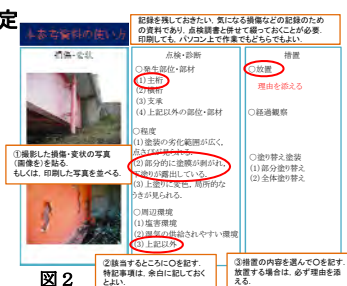


図2

「本研究の目的」

- 今後、市区町村における予算不足、人材不足、技術力不足の課題が更に深刻になり、橋梁の維持管理の更なる効率性が求められている。
- 一方、点検結果を分析して市町村ごとの個別の特徴を見いだすことができれば、橋梁の維持管理施策の効果および効率を高めることに繋がると思われる。
- 本研究では、新潟県の市町村が管理する橋梁（以下「市町村管理橋梁」）の特徴を分析し、分析に基づいた点検手法の決定や将来の維持管理予算計画策定に活用できる項目を提案する。

「研究の方法及び内容等」

- 諸元及び点検データを用いて、市町村管理橋梁の全般的な特徴と健全度の経年変化（低下傾向）を、新潟県が管理する橋梁（以下「県管理橋梁」）と比較しつつ分析した。
- 市町村管理橋梁と県管理橋梁の現況
橋梁の点検調査、台帳などのデータから、橋梁数と橋種、橋長、橋齢、塩害環境橋梁数の有無、健全度分布を整理した。
 - 市町村管理橋梁の健全度の傾向分析
市町村管理橋梁の経年に伴う健全度の低下傾向について、①管理橋梁全体、②橋長別、③橋種別、④塩害環境の有無の観点から健全度の経年推移を分析した。
 - 傾向分析により確認された課題
傾向分析から得られた維持管理上の課題について整理するとともに、今後のデータ活用策について考察した。
 - 分析に用いたデータの概要
新潟県の県管理橋梁3,925橋（H17～H25点検）及び市町村管理橋梁13,427橋（H20～H27点検）の点検調査、台帳などのデータを用いて分析した。

「実施体制」

研究機関	国立大学法人東京大学大学院情報学環 同 生産技術研究所
	国立大学法人東北大学大学院工学研究科 インフラマネジメント研究センター
	独立行政法人国立高等専門学校機構 長岡工業高等専門学校
自治体	新潟県、新潟市（新潟県）、（一財）新潟県 建設技術センター

「市町村管理橋梁と県管理橋梁の現況把握」

●構造諸元

- ・橋種（図1,2）では、県管理橋梁に比べ、市町村管理橋梁が鋼橋の割合が低くボックスカルバート（以下「BOX」）の割合が高い。
- ・橋長（図3,4）では、市町村管理橋梁は橋長14.5m未満が81%を占めており県管理橋梁に比べ小規模な橋梁で構成されている。
- ・橋齢（図5,6）では、建設後50年以上経過している県管理橋梁は31%。市町村管理橋梁では6%と少ないが、建設年次不明橋が61%も存在。



図1 市町村管理橋の橋種内訳



図3 市町村管理橋の橋長内訳

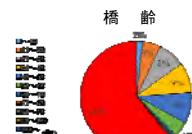


図5 市町村管理橋の橋齢内訳

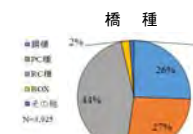


図2 新潟県管理橋の橋種内訳



図4 新潟県管理橋の橋長内訳



図6 新潟県管理橋の橋齢内訳

●劣化状況

- ・海岸線から2km以内の塩害環境下にある橋梁数は、市町村管理橋梁では全体の7%に過ぎないが、県管理橋梁では13%を占める。（図7,8）
- ・健全度は、市町村管理橋梁ではB2判定を中心に分布しているが、県管理橋梁ではB1、C1判定が突出しており健全度分布は異なる。（図9,10）



図7 市町村管理橋の塩害環境内訳

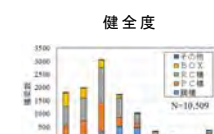


図9 市町村管理橋の健全度内訳



図8 新潟県管理橋の塩害環境内訳



図10 新潟県管理橋の健全度内訳

●健全度の定義

- 本研究で用いたデータにおける健全度の定義は新潟県定期点検要領に基づくもの。分析にあたり健全度を可視化して把握するため健全度を記号から数値に換算した。

表1

換算値	健全度	健全度区分の定義
1	A	損傷がなく、建設当時の性能を保持している状態。
2	B1	損傷があるが、性能の低下はほとんどない状態。
3	B2	損傷があり、軽微な性能の低下がある状態。
4	C1	損傷があり、性能の低下が懸念される状態。
5	C2	損傷が著しく、性能の低下が顕著な状態。
6	C3	性能の低下が著しく、早期の劣化進行が危惧される状態。
7	E	劣化の危険が想定される状態。安全性の観点から緊急的に対策が必要な状態。
8	M	維持工事等で対応する必要がある。
9	S	詳細調査の必要がある。

「市町村管理橋梁の健全度の傾向分析」

●全橋梁の劣化傾向と塩害環境の影響

- 経過年50年までの橋梁毎の健全度を青点、平均健全度値を黄色点でプロットし、切片を1とした平均健全度値の近似曲線を示した。
- ・平均健全度値の低下傾向は直線的である。（図11）
 - ・今回の分析においては、塩害環境の有無による健全度の低下傾向に違いはみられなかった。（図12,13）

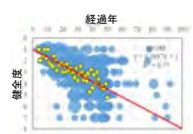


図12 塩害環境にある橋梁の橋齢と健全度

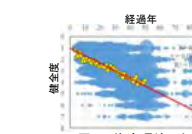


図13 塩害環境にない橋梁の橋齢と健全度

＜分析の前条件＞

- 経年劣化傾向分析は、簡便に健全度と経過年数の相関関係を見た。健全度値は表1の定義をもとに、各年に該当する全橋の健全度の平均値（以下「平均健全度値」）を用いた。

●橋長別の劣化傾向

- 新潟県及び市町村の橋梁台帳では14.5mを境に橋梁が区分されている。本研究ではそれに従い分析を行った。

- ・橋長14.5m未満の橋では、50年経過時の平均健全度値は「3.5」であり、橋長14.5m以上の橋ではその値は「5」であり両者の健全度の差は明確である。（図17,18）

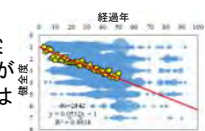


図17 橋長14.5m未満の健全度

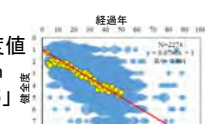


図18 橋長14.5m以上の健全度

●構造形式別の劣化傾向

- 橋種ごとの平均健全度値の低下傾向（赤線）を示した。また、現在の新潟県の健全度低下モデル（非塩害環境）を黒線で併せて示した。

- ・鋼橋（図14）では50年経過時の平均健全度値は「5」を超えており、鋼橋は他のコンクリート橋梁より平均健全度値の低下速度が速い。
- ・RC橋（図15）では50年経過時の平均健全度値はおおよそ「3.5」である。
- ・BOX（図16）では50年経過時の平均健全度値はおおよそ「3」であり他の構造形式と比べ平均健全度値の低下が遅い。

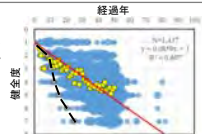


図14 鋼橋の橋齢と健全度

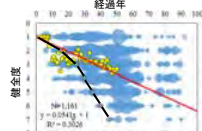


図15 RC橋の橋齢と健全度

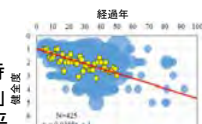


図16 BOXの橋齢と健全度

「分析結果から得られた維持管理上の課題とデータの活用策」

- 市町村管理橋梁において、61%の橋梁が建設年次不明である。橋齢が不明であることにより適切な健全度低下モデルの構築ができない懸念がある。建設年次の推定の一つの方法として、過去の地形図の違いから橋梁が建設されたおおよその年代を推定する方法が考えられる。
- 橋梁の健全度の低下傾向は、平均健全度値の近似曲線で示したが、点検結果の偏りや分散を考慮しつつ、傾向分析することが今後の課題。
- 今回分析を行った構造形式別（鋼橋、RC橋）の健全度の劣化傾向に比べ、現在の新潟県及び市町村の健全度低下モデルは、健全度が急速に劣化すると設計されている。このため、分析結果を踏まえ、より現場状況にあったモデルの検討が今後の課題。

「本研究の目的」

- 河川管理では、次のような課題がある。
 - ・日常の河川巡視は、車両からの目視で行う為、網羅的な河川の変状把握が難しい。
 - ・一斉点検は、広範な対象を徒歩により目視で実施しておりコスト(人,時間)が大きい。
 - ・災害時には河川管理者が現地の詳細状況を迅速に把握する必要があるが、変状の把握には過去状態の情報が必要。
- 車両及びマルチコプタ(以降「UAV」)に搭載したカメラによる撮影画像を用い、河川の外観状態の把握と履歴管理を可能にすることで、点検の高速/効率化、河川堤体の変状検出、災害の現場状況が早期把握等の河川管理の高度化を図る(図1)。

「研究の方法及び内容等」

- 日常巡視の車両にカメラを搭載し河川堤体の外観を撮影。精緻に繋ぎ合わせた「長尺画像」を生成し日常の目視点検を支援。
- カメラを搭載したUAVを用い河川堤体の俯瞰視点による外観を隈無く撮影した「長尺画像」を生成し一斉点検を支援。
- 生成した長尺画像を履歴を含めたデータベースとして蓄積し現場業務に活用可能とする。
- 履歴画像と現在の画像とを比較し変状箇所を検出する機能や、地図上に適切な形式で表示する機能の構築を検討。
- 上記機能の活用により現場の河川管理業務を支援するシステムを開発するとともに、当該システムによる河川管理業務の改善効果について検証・評価。

「本研究の技術開発要素」

- 以下の技術からなるシステムを開発する。(図2)
 - (1) 車両・UAVによるモニタリング技術
 - (2) 画像合成、差分検出等データ処理技術
 - (3) 業務支援ユーザインタフェース技術

【実施体制】

研究実施機関	国立大学法人東京大学大学院情報学環(株)ソーシャル・キャピタル・デザイン (株)復建技術コンサルタント
--------	--

※本研究は「社会インフラのモニタリング技術の活用推進に関する技術研究開発にかかる公募」(国土交通省)において採択を受け、研究を進めている。

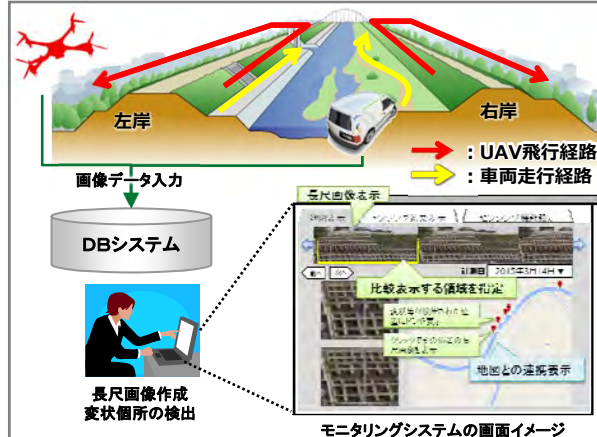


図1 本研究による河川管理高度化イメージ

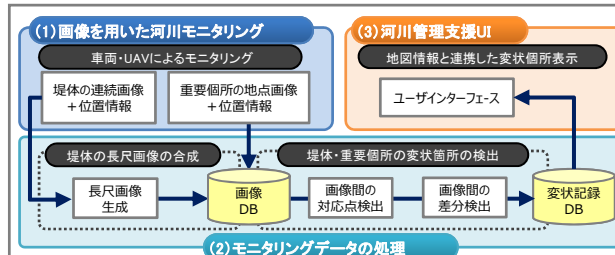


図2 本研究で開発するシステム構成

「現場実証」

- 現場実証の条件と現段階での評価結果の概要一覧
利根川上流部の右岸側堤防約500mの区間(事務所付近)及び砂洲部分(関宿付近)を対象に、カメラを搭載した車両、UAVを用いて、カメラ機能、走行・飛行速度等の条件を変更してモニタリングを実施し、撮影画像から長尺画像生成及び河川堤体の変状検出の試行を実施し、実務での利用可能性を評価した(表1)。

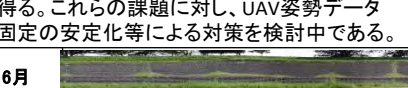
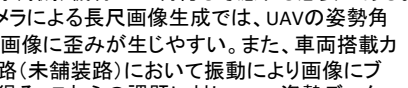
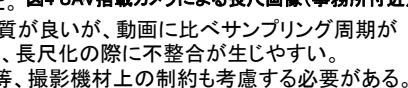
表1 現場実証の条件と評価結果(現段階)の一覧

場所	撮影対象	観測方法	通路	撮影方法	モニタリングケース毎の評価(現段階)	
					評価	評価の理由
関宿付近	中洲等	UAV	空路	動画	○	変状把握が可能な画像データが取得可能。
		UAV	空路	静止画	×	画像データの記録容量/記録速度に難あり。中洲等の変状把握には、動画画像で充分と判断。
	堤体	車両	工事用道路	動画	○	長尺画像生成処理を精度良く適用可能。
		車両	工事用道路	静止画	×	画像データの記録容量/記録速度に難あり。
		車両	管理用道路	動画	△	カメラ振動の影響で、取得データの精度に難あり。カメラ治具の改良を検討予定。
		車両	管理用道路	静止画	×	画像データの記録容量/記録速度に難あり。
事務所付近	堤体	UAV	空路	動画	○	長尺画像生成処理を精度良く適用可能。
		UAV	空路	静止画	×	画像データの記録容量/記録速度に難あり。連続撮影画像間の時間差から画像間の歪み大。

[評価凡例]○:大きな問題がなくモニタリング継続, △:問題はあるがモニタリング継続, ×:実施対象外

「現場実証の結果」

- 長尺画像生成技術の適用性を確認
車両/UAVいずれに搭載したカメラ画像からも、長尺画像生成が可能であることを確認した(右図は一例)。実証から、次に挙げる撮影における課題および留意点が明らかになった。
- 静止画と動画の違い:静止画は画質が良いが、動画に比べサンプリング周期が長いために画像コマ間変化が大きく、長尺化の際に不整合が生じやすい。また、撮影容量や撮影可能時間長等、撮影機材上の制約も考慮する必要がある。
- 撮影時の姿勢や振動:UAV搭載カメラによる長尺画像生成では、UAVの姿勢角度変化の影響により、生成した長尺画像に歪みが生じやすい。また、車両搭載カメラによる撮影では、特に管理用道路(未舗装路)において振動により画像にブレが生じ、長尺画像化の障害となり得る。これらの課題に対し、UAV姿勢データの取得と画像処理での利用、カメラ固定の安定化等による対策を検討中である。



- 履歴画像の取得と蓄積
一年間で3回(6月, 9月, 1月)の実証を行った。この結果、6月の出水期前、9月の出水期後、1月の冬期と、季節毎に異なる外観をとらえ、履歴蓄積の可能性を実証により確認した(図5)。
- 画像間変化の検出
画像間の差異検出については、外観画像間の目視比較でも差異の確認は可能であることが示唆された(図6)。また、画像処理により、外観上見分けにくい画像間変化の検出の可能性についても実証できた(図7)。実用に向け、画像間対応点の検出等の課題解決が必要。

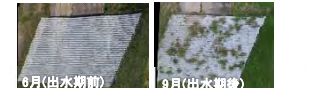
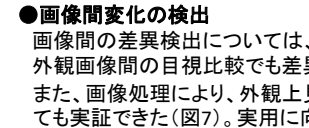


図6 外観の差異の例

図7 色相変換による変化の検出と可視化例(中洲観測の例)

「河川管理業務の改善効果の検証・評価」

- 今後、本研究で提案した手法について、以下に示す観点から検証・評価を行う。

表2 河川管理業務の現状課題と提案手法による貢献の可能性一覧

現状の河川管理の課題	提案手法による貢献
① 一斉点検に時間と労力がかかる 出水期前/台風期/出水中/出水後に一斉に行われる点検は、徒歩による目視で実施され、時間と労力がかかる。	点検の高速/効率化 車両またはUAVにより堤体の外観スキャンを速やかに実施可能。時間と労力を削減できる。
② 河川巡視で変状が検出不可 日常の河川巡視では、車両からの目視で実施しているため、堤体の小さな変状を検出できていない。	現状の河川管理で変状検出 堤体の外観画像を用いて変化が識別できる。
③ 管理情報の定量的管理が不可 一斉点検及び河川巡視は目視で行われており、経年的変状など変化の定量的な把握ができない。	堤体画像による定量的管理 画像と距離センサにより堤体の状況の定量的な把握ができる。経験の引継も円滑になる。
④ 堤体の最新画像の記録がない 河川堤防を一連でみれる最新画像はないため、災害や苦情等があった場合、対応に時間がかかる場合がある。	堤体の最新/過去画像をDB化 堤体全体の画像記録DBにより、最新/過去の画像を常時閲覧可能になる。
⑤ 災害時に状況把握が不可 大きな出水時、堤体等の状況が把握できない環境下で、河川管理者が難しい判断を迫られる場合がある。	災害の現場状況が把握可能 河川管理者が近寄ることが出来ない危険な場面での堤体等の状況把握が可能になる。

「現状の河道管理の課題」

（国管理河川）

- 流下能力算定のための測量は、5年に1回の地上測量（以下「従来測量」）が基本であり、樹木繁茂の進行状況は、年1回程度の目視点検により確認。
- 上記の方法では、低水路内の砂州の地形の変化や樹林化の進行速度が客観的に把握できず、治水上のリスクを評価できない。

（県管理河川）

- 災害発生後、災害申請時に河川地形測量を行うのみであり、定期的に河川の流下能力把握のための測量を実施していない。
- 中小河川において、洪水による被害が多発しており、県管理河川における適正な維持管理が求められている。

「研究の目的」

- 国管理河川を対象に、経年変化が著しい砂州の地形変化及び植生変化を安価な手法で計測し、洪水に対するリスクを簡易に評価する手法を開発する。
- 県管理河川を対象に、安価な地形測量及び簡易な流下能力評価手法を、現場実証を通じて、河川管理の実務に導入。

「研究手法」

- 現地計測には市販のUAVと4Kカメラ、3次元形状の解析には市販のSfM (Structure from Motion) を使用し、安価で汎用性のある機器・ソフトによる写真測量（以下「UAV簡易写真測量」）を実施した。
- UAV簡易写真測量の河川管理業務への適応可能性を把握するため、計測コスト及び計測精度について従来測量と比較した。
- 上記の適応可能性を踏まえ、UAV簡易写真測量による、河川の規模・状況に応じた安価かつ簡易な維持管理手法を開発する。

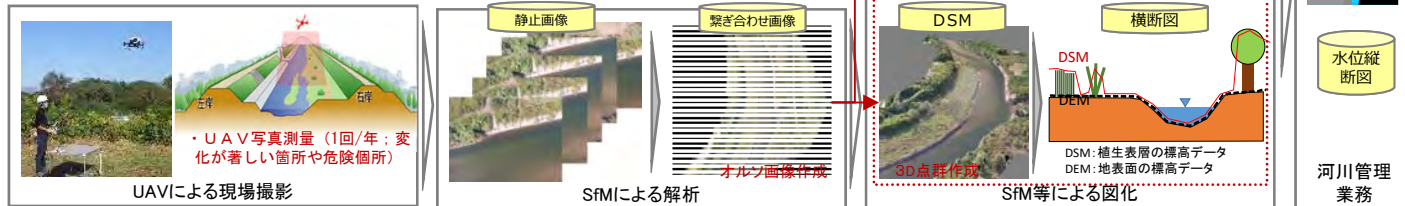
【実施体制】

研究実施機関	国立大学法人東京大学大学院情報学環 (株)ソーシャル・キャピタル・デザイン (株)復建技術コンサルタント
--------	--

※本研究は「社会インフラのモニタリング技術の活用推進に関する技術研究開発にかかる公募」（国土交通省）において採択を受け、研究を進めている。

「河道管理の高度化のイメージ」

- 洪水に対するリスクを評価するための流下能力の感度分析に必要な地形標高データを簡易に取得する手法として、UAVから自動撮影した写真からSfM (Structure from Motion) を用いて標高3次元データを作成する。(A)
- 併せてSfMから得られたオルソ画像を活用して写真平面図を作成し、堤防から死角領域に位置している低水護岸等の変状を確認する。(B)
- 平成28年10月7日及び14日に宮城県名取川で現場実証を実施し、標高3次元データ(A)及び画像データ(B)の計測精度を検証した。



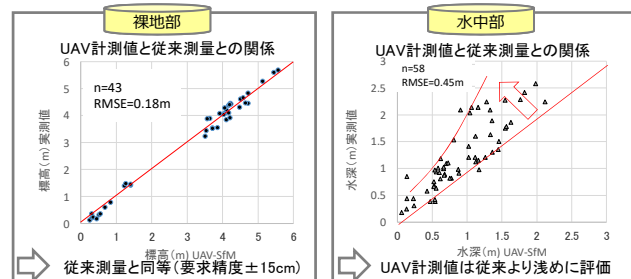
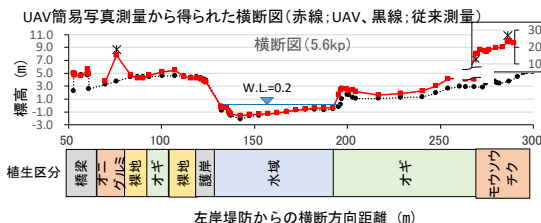
「UAV簡易写真測量と従来測量との比較」

- UAV簡易写真測量は、従来測量等に対して、計測コストが1/4～1/5程度、外業時間が1/8程度に削減できる。
- 流下能力の感度分析等の頻度多く計測する時に有効。

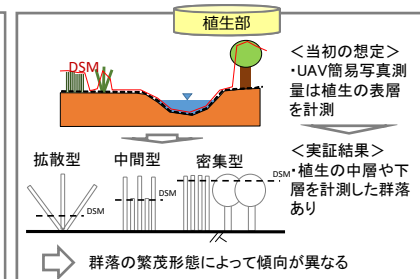
手法	現場作業人数	計測コスト
UAV簡易写真測量	・ UAVの飛行の監視 (2人)	50万円 (2時間) ※1
従来測量	・ 杭打ち、地上測量、現地写真撮影等 (2～3人)	200～250万円 (2日間) ※2

※1: 現場実証の実績、※2: 事務所への聞き取り

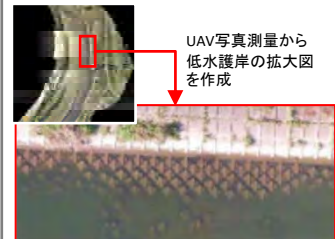
「3次元データの計測精度 (A) の検証」



- 従来測量である地上測量とUAV簡易写真測量の標高の計測精度を地被条件ごとに検証した。
- 裸地部では、従来測量(実測値)と同等の計測精度であった。
- 水中部では、濁りの影響で、水深が深い領域において従来測量(実測値)より浅めに計測された。
- 植生部では、繁茂している表層に空隙がある場合は、より下層の位置を捉える等、植生の繁茂形態に応じて、計測精度が異なった。



「画像精度 (B) の検証」



- UAV簡易写真測量において、地形データを作成する途中過程で生成されるオルソ画像から低水護岸付近を拡大。
- 撮影高度が50mのため地上解像度は、2cm程度/pixelであるため、護岸のひび割れは把握できないが、護岸流出等の状況確認は、陸上部・水中部の両方を把握可能であることが把握された。

河川管理への適応可能性と今後の課題

- 水深が浅い領域や裸地部等、適切に範囲を設定すれば、UAV簡易写真測量を用いて従来測量と同程度の精度を実現することができる。
- 従来の船上巡視では困難である水中部の低水護岸の状況把握等において、護岸流出等の状況が把握できるUAV簡易写真測量は有効と考えられる。
- 水中部や植生部の精度向上に向けた計測方法や撮影時期の検討、作業時間短縮のための植生の自動判別技術の開発等が、今後の課題である。

「現状の河道管理の課題」

- 都道府県管理の中小河川や国管理河川において、洪水氾濫が頻発しており、洪水対策や治水安全度の把握ために適切な流下能力の評価が求められている。
- 流下能力の算定には、植生下の地表面の標高や、死水域設定等に必要な植生の繁茂量の情報が必要であるが、現行の手法である現地測量はコストや労力が多大。
- 地形の標高や河川植生の繁茂は経年的に著しく変化する場合があり、簡易かつ安価に地形や植生情報を定期的にモニタリングする手法が求められている。

「研究の目的」

- 流下能力算定に必要な植生下の地表面の標高や植生の繁茂量や繁茂の兆候を簡易に把握する手法の開発を行う。
- 県管理河川を対象に、得られた成果を活用した安価な地形測量及び簡易な流下能力評価手法を、現場実証を通じて、河川管理の実務に導入。

「研究手法」

- 現地計測には市販のUAVと4Kカメラ、3次元形状の解析には市販のSfM (Structure from Motion) を使用し、安価で汎用性のある機器・ソフトによる写真測量(以下「UAV写真測量」)を試行検証した。
- 植生が繁茂する時期(以下「展葉期」と草本類が枯れ木本類が落葉する時期(以下「落葉期」)のUAV写真測量データを用いて、地形表層標高データ(以下「DSM」)の季節的な変動を評価し、そのDSMや画像データから、植生下の地表面の標高や植生の繁茂量を推定する手法を開発。
- UAV写真測量から得られた画像を深層学習(以下「CNN」)を用い、繁茂している樹種の判別を実施、河道維持管理業務への適否を検討する。

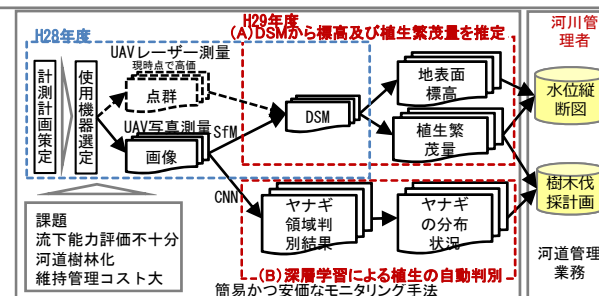
「実施体制」

研究実施機関	国立大学法人 東京大学 ソーシャルキャピタルデザイン 復建技術コンサルタント
--------	--

※本研究は「社会インフラのモニタリング技術の活用推進に関する技術研究開発にかかる公募」(国土交通省)において採択を受け、研究を進めている。

「UAV写真測量による簡易かつ安価な河道管理手法の概要」

- 平成28年度研究では、既往研究(国土地理院、東北地方整備局)を参照し、計測計画の策定(対地高度、飛行ルート設定等)、使用機器の選定を実施し、安価なUAV写真測量(従来1/4のコスト)を採用し、得られたDSMの計測精度の検証を実施。
- 平成29年度研究では、過年度研究を踏まえ、得られたDSMを前提条件(落葉樹or常緑樹等)に応じ、植生繁茂下の地表面標高と植生繁茂量を推定する手法を開発した。(A)
- さらに、全国的に樹木管理の対象となっているヤナギを対象として、樹林化対策(モニタリング、樹木伐採)に係る維持管理コストの縮減を目的に、UAV写真測量により得られた画像からCNNを用い、簡易に繁茂の分布を把握する手法を開発し、従来の現地確認手法との発見率を比較、河道管理業務への適否を検証した。(B)



「(A) DSMから標高及び植生繁茂量を推定」

- (1) DSMから植生繁茂下の地表面の標高を推定
 - DSMは植生の落葉や倒伏により季節変動することを踏まえ、前提条件に応じて、図1に示すようにDSMを加工することで、流下能力算定に必要な植生繁茂下の地表面の標高を推定することが可能。

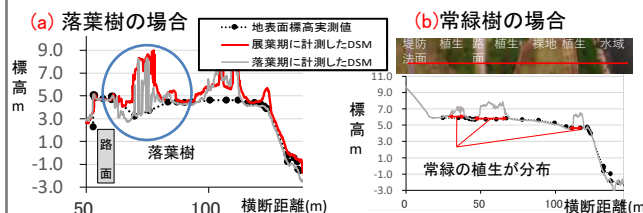


図1 流下能力算定に必要な地表面標高の推定方法

- (2) DSMから植生繁茂量を推定
 - (1)により推定された地表面の標高と、展葉期に計測されたDSMとの差分により、植生の高さを推定。
 - なお、展葉期のDSMは植生の表層と一致。(n=11、誤差±10cm)

→河道維持管理業務への適否について
●UAV写真測量から得られたDSMによる地表面の標高と植生繁茂量を推定する手法は、高価な機器を使用せず(実証実験は約50万円程度)、特殊な加工処理を行わないため、経済的で技術的にも容易であり、中小河川での実施に適している。

今後の展開 (平成30年度の研究方針)

- これまでの研究により、UAV写真測量の計測計画、計測データの精度検証の結果、流下能力算定に必要な情報を安価かつ簡易に推定する可能性が示唆された。平成30年度は、安価かつ簡易な手法に対する要請が高い都道府県管理の中小河川において、現場での試行導入を図り、技術面での評価改善を進めるとともに、河川管理業務への実導入、水平展開に必要な、制度面、運用面での検討についても実施する。

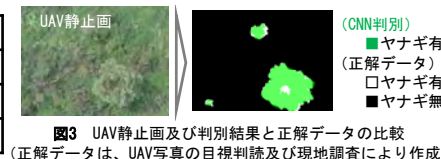
「(B) 深層学習 (CNN) による植生の自動判別」

- 樹木の分布を把握し成木になる前の段階で伐採を実施することで、伐採コストを縮減しつつ、流下能力の確保を図りたい。
- 一方、現在の樹木の分布状況の調査は、現地での目視確認等、現場技術者への負担が大きく、また、河川敷から近づくことが困難な箇所も多いため、あまり進んでいない。このため、UAV及びCNNを用い、コスト縮減、労力の低減を図る。(図1)
- 本研究では、名取川中州(400×200m)の領域をUAVを用いて写真撮影(対地高度60m)を実施し、静止画26枚取得。(図2)
- 評価は、評価用画像をUAV静止画より1枚を抽出し、それ以外の25枚のUAV静止画を学習用データとして用いることで、写真単位でのLOOCV(Leave-One-Out Cross Validation)を実施。

- 判別結果に対し、正解データによる評価結果として、全26枚の写真の集計結果を表1に、代表1枚を図3に示す。表1のとおり、判別精度は93%(94/101)であり、ヤナギの見落としが2.1%(2/96)であった。

表1 CNN判別結果と正解データの比較

対象樹種 ヤナギ	CNNによる判別結果	
	有	無
正解データ	有	94本 2本
	無	7本 -



- UAV静止画を用い、技術者による写真判読とCNNの判別結果を比較すると、技術者が見逃した幼木をCNNでは数多く発見(5倍(42本/8本))した。(表2)

表2 UAV静止画を用いた技術者の写真判読とCNNによる判別の比較

ヤナギ発見本数	成木(3~20m)	幼木(0~3m)
技術者の写真判読結果	48本	8本
CNNによる判別結果	52本	42本

→河道維持管理業務への適否について
●河川敷の樹木分布調査にUAV写真撮影+深層学習を活用することで、現場作業の軽減、幼木(3m未満)の見逃し防止に寄与する可能性がある。

「現状の河道管理の課題」

- 自治体管理の中小河川において、洪水氾濫が頻発しており、洪水対策や治水安全度の把握のために適切な河川の流下能力の評価が求められている。
- しかし、自治体の財政的な事情により、流下能力を把握することは全国的に厳しい状況である。
- よって、中小河川の流下能力を評価するために、計算に必要な河道の地形情報や樹木情報を簡易かつ安価にモニタリングする手法が求められている。

「研究の目的」

- 中小河川を対象に、UAV写真撮影や写真合成から算出した3次元点群の加工を様々な条件下で現場の実データを用い実証を行い、流下能力評価用に最適な計測及び解析手法を開発する。
- 開発した手法を自治体河川に適用し、維持管理コスト削減を図りつつ、中小河川の管理の高度化を図る。

「研究手法」

- 現地計測には市販のUAVと4Kカメラ、写真合成により3次元点群データ作成には市販のSfM(Structure from Motion)を使用し、安価で汎用性のある機器・ソフトによる写真測量(以下「UAV写真測量」)を検証した。
- 仙台市の協力のもとに、中小河川で異なる条件下でUAV写真測量(撮影時期、動画と静止画撮影、垂直写真撮影と斜め写真撮影)を複数回実施した。
- 検証用として、従来手法である地上横断測量や樹木調査を実施した。
- 1)解析から得られるデータの精度、2)計測や解析に要する時間、3)現場の安全性の観点から、UAV写真測量と従来手法を比較し、有効性を検証する。

「実施体制」

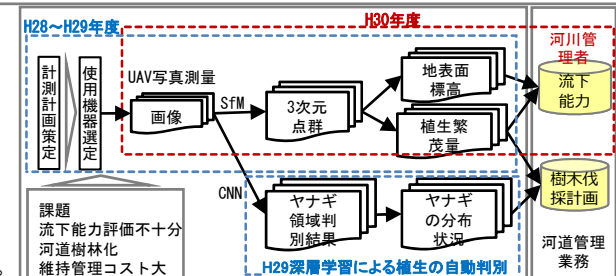
研究実施機関

国立大学法人 東京大学
復建技術コンサルタント
ベシスコンサルティング

※本研究は「社会インフラのモニタリング技術の活用推進に関する技術研究開発にかかる公募」(国土交通省)において採択を受け、研究を進めている。

「UAV写真測量による簡易かつ安価な河道管理手法の概要」

- 平成28年度から、国管理河川において、既往研究(国土地理院、東北地方整備局)を参照し、計測計画の策定(対地高度、飛行ルート設定等)、使用機器の選定を実施し、安価なUAV写真測量を採用し、得られた地形標高等の計測精度の検証を実施。
- 平成29年度では、UAV写真測量により得られた画像から深層学習(CNN)を用い、簡易に繁茂の分布を把握する手法を開発し、従来の現地確認手法との発見率を比較、河道管理業務への適否を検証した。
- 平成30年度は、UAV写真測量から得られたデータを用い水位計算を実施し、流下能力を評価し、地上横断測量や現地の樹木調査により得られたデータから流下能力を評価する手法(以下、従来手法)と、精度・コスト・安全性を比較することで有効性を検証した。



「UAV写真測量による流下能力評手法の開発」

(1)開発要素について

- 図1に示すフローにおいて、(A)UAV写真撮影方法、(B)水位計算に必要な横断面図及び樹木情報の作成方法の2点について、中小河川の特徴を踏まえ最適な方法を開発。

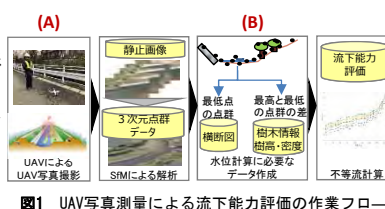
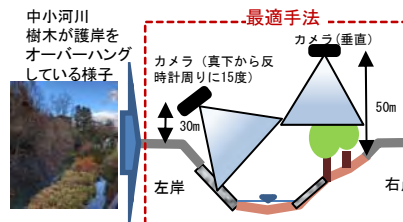


図1 UAV写真測量による流下能力評価の作業フロー

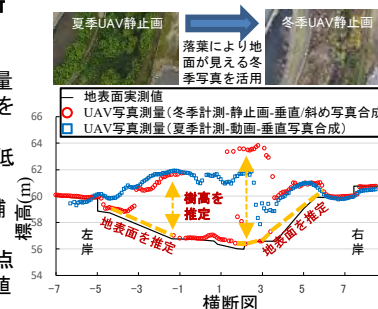
(A) UAV写真撮影方法

- 樹木が繁茂している堀込河道の中小河川においても、地形を把握できるよう、垂直及び斜め写真を取得し、計測方法の最適解を開発。



(B)水位計算に必要な横断面図及び樹木情報の作成方法

- 冬季撮影のUAV写真測量から得られた3次元点群を用いる。
- 鉛直方向の各変動の最低点を示す点群を抽出し、それらの点群から線形補間により横断面図を作成。
- 鉛直方向の変動の最高点と最低点の点群の差分値から樹高を推定



「UAV写真測量による流下能力評手法と従来手法の比較」

(1)解析から得られるデータの精度

- UAV写真測量による流下能力評価結果と従来手法による流下能力の比較結果を図2に示す。
- 誤差として、両者の結果の差分値 ΔQ を従来手法の流下能力 Q で除した値 $\Delta Q/Q$ の標準偏差は7.9%と小さく、両者において氾濫発生個所の位置に差がないため、河道の洪水に対する安全性評価に必要な精度は確保されている。

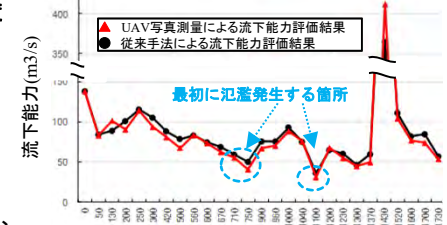


図2 流下能力評価結果

(2)計測や解析に要する時間

- UAV写真測量と従来手法について、実際に要した作業時間を表-1に示す。
- 地上横断測量の30人工に対し、UAV写真測量は11人工であり、約1/3のコスト削減が図られる。

表1 技術者が要した作業時間の比較

項目	従来手法	UAV写真測量
現地計測(外業)	トータルステーションにより34断面の地上測量	自律飛行により写真撮影
準備	GNSSによる基準点設置	飛行ルートの設定
実施作業	縦横断測量 樹木調査	UAV写真撮影
横断面図作成(内業)	技術者が横断面図を作図	SfMにより点群化し、点群変動の最低点を抽出し横断面図を作成
実施作業	計算、作図、整理	SfM点群化点群から横断面図作成
合計人工	30人工	11人工

(3)現場の安全性

- 従来手法である地上測量を実施する場合、足場の設置や、作業員の安全確保が必要。さらに、水上作業として転倒、溺れ事故の発生が懸念される(写真1)。
- UAV写真測量は、雨天時は実施不可という課題があるが、作業員が河床に立ち入る必要はなく堤防上から計測できるため、安全確保の観点から優れている。



写真1 従来手法とUAV写真撮影の様子

今後の展開

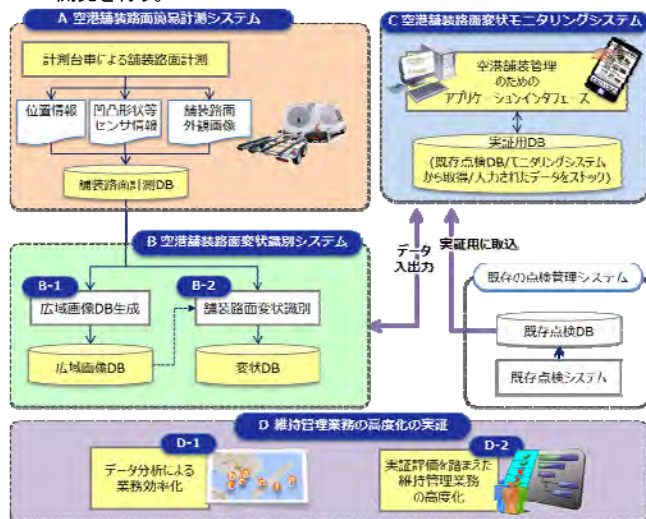
- これまでの研究により、中小河川において、UAV写真測量による流下能力評価手法が、精度・コスト・安全性の観点から従来手法と比較し、優位であることが把握された。
- 安価かつ簡易な手法に対する要請が高い自治体の中小河川において、現場での実導入を図り、技術面での評価改善を進めるとともに、複数の自治体へ水平展開を図る。

「本研究開発の目的」

- 本研究開発は、空港舗装路面管理に求められる高い安全性を確保し、広大な路面の状態を効率的かつ確実に把握できるシステムの開発を目的とする。
- 点検業務における業務上の課題に対応した研究開発の実施項目を設定するとともに、SIPの研究開発計画及び公募要領の目的に沿った研究開発を行う。

「研究開発の全体像」

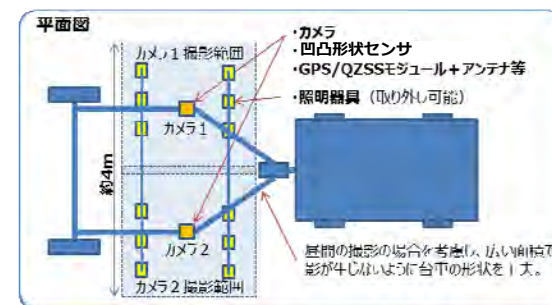
- 維持管理業務の流れを踏まえ、既存の仕組みと整合のとれた研究開発を行う。



「実施内容の概要」

開発項目A 空港舗装路面簡易計測システムの開発

- 管理用車両が牽引する、カメラ、センサ、GPS等を搭載した計測台車を開発する。
- 職員等が自ら操作して、舗装路面を簡易に計測し、路面状況をDBに記録する。
- 所要の計測精度を達成するため、時速約15kmで走行しながら路面を計測する。
- 計測精度は、路面のひび割れ幅1mm、凹凸形状は上下5mm、水平3cmを検出。
- 計測時の運用は、カメラを2台並列に設置して約4m幅を撮影し、滑走路幅60mであれば13往復、中心部の幅25mに限れば6往復で、路面の状態を計測できる。



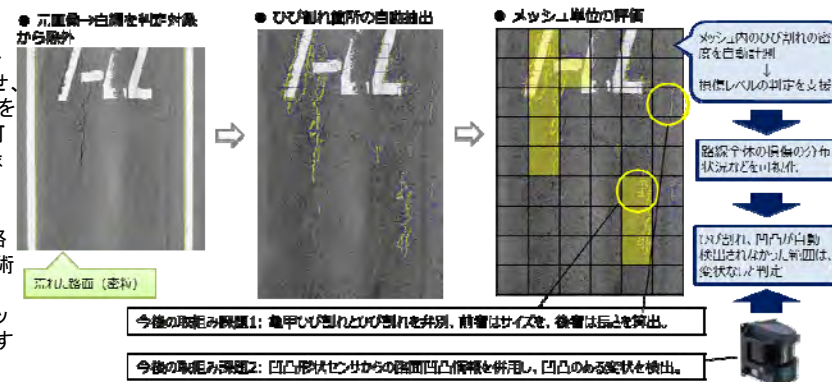
開発項目B 空港舗装路面変状識別システムの開発

B-1 広域画像DB生成

- 実施項目Aで計測した舗装路面画像を精緻につなぎ合わせ、空港全体の舗装路面の外観を一連の画像として業務利用可能な形で広域画像DBに記録する。

B-2 舗装路面変状識別

- 実施項目Aで計測した舗装路面画像に対して画像解析技術を活用し、舗装路面に生じた線状ひび割れや亀甲状クラック等の変状を自動的に識別する。

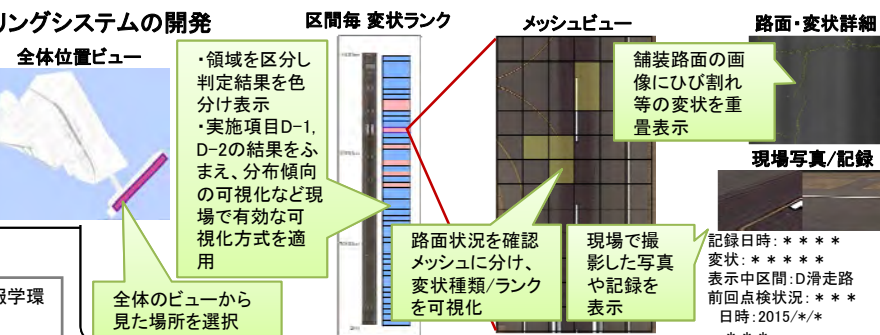


開発項目C 空港舗装路面変状モニタリングシステムの開発

- 点検データ、補修データ等を用いて、空港全体の変状分布や任意の箇所の舗装路面状態の経時変化等を、業務に応じたユーザインタフェースで提供する。
- 管理事務所のPC、現場のタブレット端末等で同様の情報を参照可能とする。

【実施体制】

研究実施機関	国立大学法人東京大学大学院情報学環 パシフィックコンサルタンツ(株) (株)ソーシャル・キャピタル・デザイン
--------	--



開発項目D 維持管理業務の高度化の実証

D-1 データ分析

- 各種DBに記録されたデータを用いて、舗装路面の状態に関する時間的、空間的な変化を分析することにより、変状傾向や規則性等を抽出する。

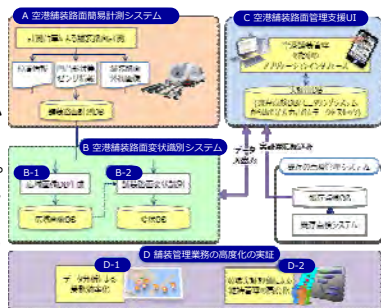
D-2 維持管理業務高度化

- システムを活用した業務手順の効率化、データ分析による路面状態の見える化等により、点検業務の効率化と見落とし防止及び変状の正確な把握を実現する。

(*) 戦略的イノベーション創造プログラム(SIP: エスアイピー)は、「総合科学技術・イノベーション会議」が自らの司令塔機能を発揮して、府省の枠や旧来の分野の枠を超えたマネジメントに主導的な役割を果たすことを通じて、科学技術イノベーションを実現するために創設されたプログラム。

「本研究開発の目的」

- 本研究開発は、空港舗装路面管理に求められる高い安全性を確保し、広大な路面の状態を効率的かつ確実に把握できるシステムの開発を目的とする。
- 点検業務における業務上の課題に対応した研究開発の実施項目を設定するとともに、SIPの研究開発計画及び公募要領の目的に沿った研究開発を行う。



＜研究開発の全体像＞

「実施内容の概要」

開発項目A 空港舗装路面簡易計測システムの開発

- 羽田空港の現場実証で用いる牽引台車を設計し製作した。
- 羽田空港にて実証実験を3回行い、各種機器の動作確認のほか、次の事項を確認した。
 - 走行速度30km/h、ISO6400、シャッター速度1/3200、F4.5で十分なコントラストの画像取得が可能なこと
 - 熱赤外線センサーによる凹凸変状の検出機能の実現
 - 現地調整を効率的に行うための走行ガイド装置の有効性
- 今後の課題は、明瞭なコントラストを得るための均一性を確保する照射方法、ガイド表示のプレ補正等が課題である。

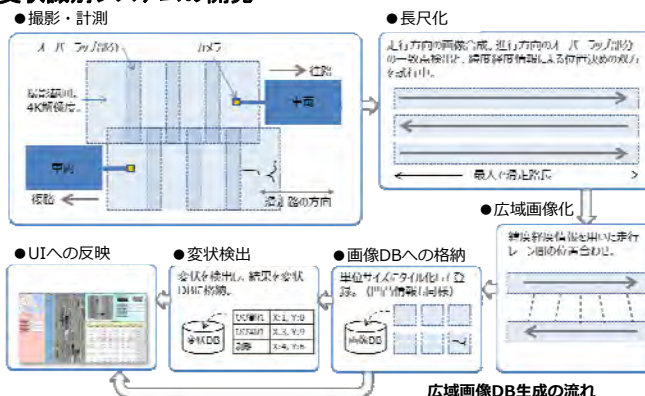


羽田空港の滑走路、誘導路における現場実証実験の状況

開発項目B 空港舗装路面変状識別システムの開発

B-1 広域画像DB生成

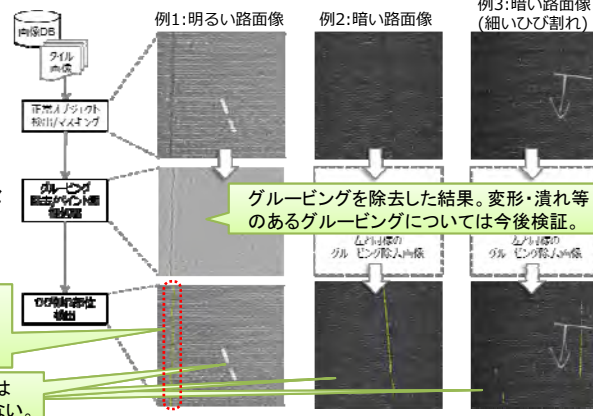
- 連続撮影した舗装路面画像を元に、幅最大60m×長さ最大3kmの規模の長尺画像処理・広域画像処理を行って広域画像DBに格納する画像処理技術を構築した。
- 路面凹凸情報を広域画像化する機能を実現するとともに、舗装路面画像および路面凹凸情報を、GPSの位置計測精度程度の誤差で撮影位置と紐付ける機構を開発した。



B-2 舗装路面変状識別

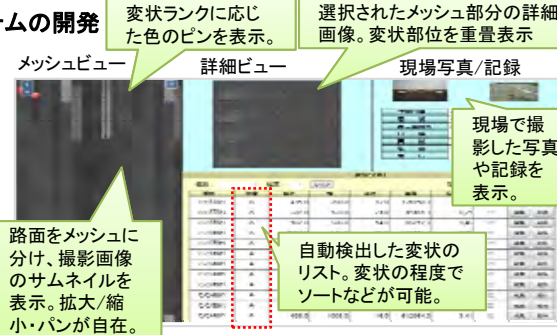
- 線状ひび割れ及び亀甲状クラックを自動識別する機能、グルーピングの自動除去機能、ライト・路面標示をマスキングする機能、赤外線深さセンサーにより、凹凸の変状を検出する機能のプロトタイプを開発した。

グルーピングありの元画像にひび割れ検出結果を黄色で重畳表示。
グルーピング部分、ペイントはひび割れと誤認識されていない。



開発項目C 空港舗装路面変状モニタリングシステムの開発

- 空港全体の劣化状態の分布や舗装路面状態の経時変化等が確認できる空港舗装路面管理支援ユーザーインターフェースのプロトタイプを開発した。このUIでは、区間単位の判定結果の表示、スケール選択可能な広域画像の表示、路面画像の詳細表示、表示対象の切り替え（ひび割れ情報or路面凹凸情報）等が可能である。



【実施体制】

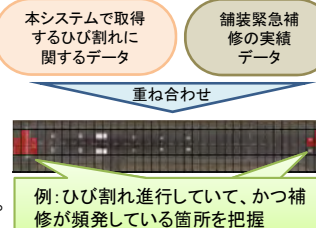
研究実施機関

国立大学法人東京大学大学院情報学環
パンフィックコンサルタンツ(株)
(株)ソーシャル・キャピタル・デザイン

開発項目D 維持管理業務の高度化の実証

D-1 データ分析

- 点検時に注視すべきポイントを明らかにすることを目指し、現場実証で取得するデータによるひび割れの進行傾向の分析、ひび割れ進行傾向と舗装補修頻度箇所との関係性の分析等を実施するための、データ調製に着手した。



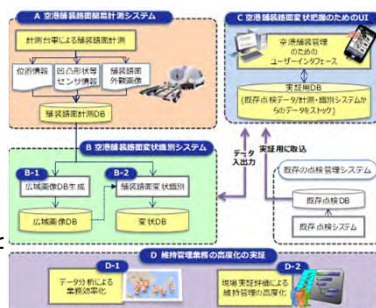
D-2 維持管理業務高度化

- 管理者ヒアリングにより、システムに関する使用方法、保管方法、機器類のセッティング方法、UIへのニーズ、制約条件等を確認した。

(*) 戦略的イノベーション創造プログラム(SIP: エスアイピー)は、「総合科学技術・イノベーション会議」が自らの司令塔機能を発揮して、府省の枠や旧来の分野の枠を超えたマネジメントに主導的な役割を果たすことを通じて、科学技術イノベーションを実現するために創設されたプログラム。

「本研究開発の目的」

- 本研究開発は、空港舗装路面管理に求められる高い安全性を確保し、広大な路面の状態を効率的かつ確実に把握できるシステムの開発を目的とする。
- 点検業務における業務上の課題に対応した研究開発の実施項目を設定するとともに、SIPの研究開発計画及び公募要領の目的に沿った研究開発を行う。

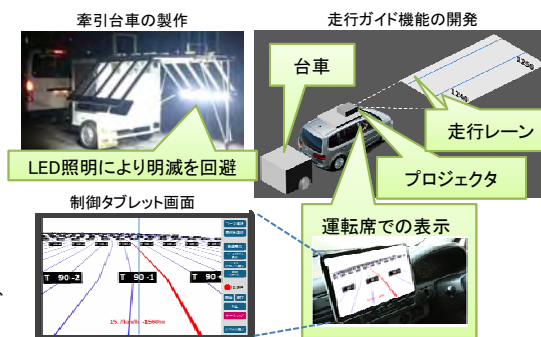


＜研究開発の全体像＞

「実施内容の概要」

■ 開発項目A. 空港舗装路面簡易計測システムの開発

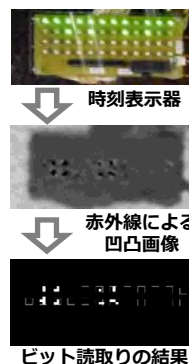
- 羽田空港の現場実証で用いる牽引台車を設計・製作した。
- 羽田空港にて実証実験を3回行い、各種機器の動作確認のほか、次の事項を確認した。
 - 計測時間は1レーン(3km)あたり7-10分で、滑走路中心部(幅20m)の計測では1.5-2時間程度である。
 - 計測したデータはSSDに自動記録し、速やかにDBにアップロードできる。
 - GPSを利用して、走行・計測すべきレーンを制御タブレットとプロジェクタで走行ガイド表示することで、滑走路・誘導路の適切な走行位置の確認とデータ収集が可能である。(走行ガイド機能により、走行位置の揺れ幅は左右30cm程度以内)



■ 開発項目B. 空港舗装路面変状識別システムの開発

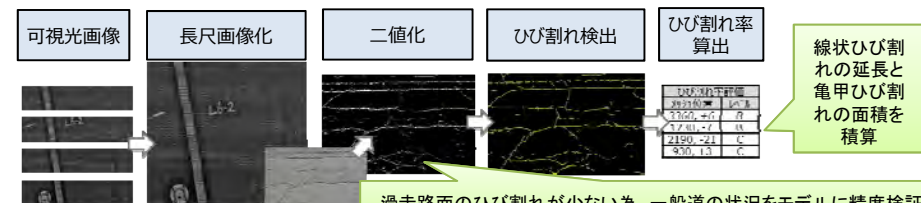
□ B-1 広域画像DB生成

- GPSに同期する時刻表示器を画像に写しこみ、画像から時刻を読み取って撮影位置を特定する方式により座標情報のゆらぎを後工程で補正し、画像合成の精度を向上させた。
- 広域画像生成における滑走路(直線部分)の合成時のズレ・ダブリが1cm程度、合成の処理時間は4秒/m(2m幅)程度を実現した。
- 日常点検の場合には、少データで短いターンアラウンドタイム(即時性)が重要なので、データアップロードの時間が不要なPC内処理を実現した。
- 定期点検の場合、3km×20m幅/2m=10レーン、5往復の広域画像生成に要する時間は、PCの場合に約33時間(1CPU)で、クラウドによる並列処理で所要時間の短縮が可能である。



□ B-2 舗装路面変状識別

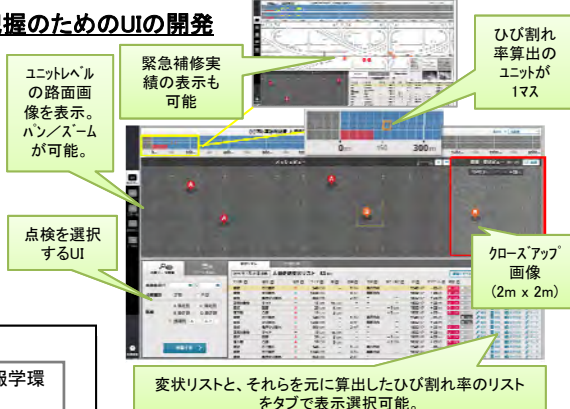
- 可視光画像処理による、1mm以上のひび割れの検出率は約85%である。(サンプル画像による。比率は総延長比。目視で1mm以上のひび割れと認識した部位との差分より算出)
- 赤外線画像処理による、高さ深さ1cm以上・面積10cm²以上の形状の検出率は90%以上である。但し過検出がかなり多い(路面状態・天候に大きく左右される)。



滑走路面のひび割れが少ない為、一般道の状況をモデルに精度検証

■ 開発項目C. 空港舗装路面変状把握のためのUIの開発

- UIでは、滑走路、誘導路内の計測結果を広域画像の上に表示させる。変状箇所が旗揚げされ、利用者は任意の場所を選択して詳細画像をクローズアップして表示することができる。
- 変状は個別に評価されるとともに、ユニットごとに自動算出されたひび割れ率も表示させることができる。
- 計測し発見された変状箇所の表示画面から、同箇所での舗装の緊急補修実績を表示することもできる。



【実施体制】

研究機関 国立大学法人東京大学大学院情報学環
バシフィックコンサルタンツ(株)
㈱ソーシャル・キャピタル・デザイン

■ 開発項目D. 維持管理業務の高度化の実証と実用化の検証

□ D-1 データ分析による業務効率化

- 過去4年間の舗装の緊急補修実績データから、次の事項を確認した。
 - 滑走路の特定箇所(北側端部近くや南側端部近く)に補修が集中している。
 - 滑走路中心線寄り部分に集中しているわけではないため、突発的な変状の発見には、PRI調査のような定期点検のみに頼らない、日常的な簡易・高速・高精度の路面状況モニタリングが重要である。

□ D-2 現場実証評価による維持管理の高度化と実用化の検証

- 管理者ヒアリングにより、現状点検方法の詳細を確認し、本システムを用いた場合の効果として、作業時間の短縮、コスト削減、維持管理の高度化等、一定の効果が見込めることを確認した。(右表参照)

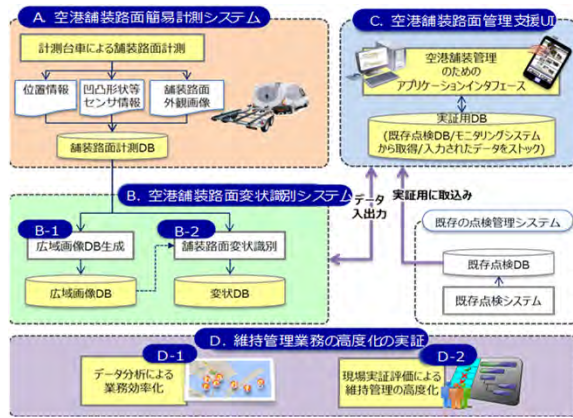
項目	現状点検方法	本システムでの点検方法
作業体制	5名 車両2台	2名 車両1台+台車
作業時間	約10分/箇所	約2分/箇所
データ処理時間	不明	約3時間(1CPU)
作業コスト (5年/想定)	約140百万円 (作業員2名分)	約39百万円 (導入+運用+メンテナンス+解析・記録)

(注)表中の作業時間はひび割れ約50mあたり/データ処理時間は可視化に要する時間

(*) 戦略的イノベーション創造プログラム(SIP: エスアイピー)は、「総合科学技術・イノベーション会議」が自らの司令塔機能を発揮して、府省の枠や旧来の分野の枠を超えたマネジメントに主導的な役割を果たすことを通じて、科学技術イノベーションを実現するために創設されたプログラム。

「本研究開発の目的」

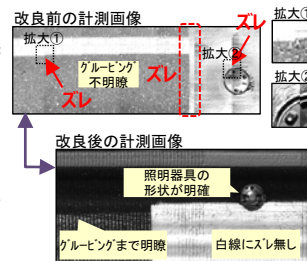
- 本研究開発は、空港舗装路面管理に求められる高い安全性を確保し、広大な路面の状態を効率的かつ確実に把握できるシステムの開発を目的とする。
- 点検業務における業務上の課題に対応した研究開発の実施項目を設定するとともに、SIPの研究開発計画及び公募要領の目的に沿った研究開発を行う。



■ 開発項目B. 空港舗装路面変状識別システムの開発

□ B-1 広域画像DB生成

- 広域画像生成時に画像のズレやダブリなどで精度に課題があった。(H28時点、最大1cmの誤差あり)
- オドメータ(距離計測装置)とライン単位(スリット)で読み込むラインセンサを導入し、GPSの位置情報を参照して計測後に再補正する方式とした。
- 結果、撮影位置の特定精度が向上し、合成処理の精度の向上とデータ処理時間の短縮(H28対比20%減)を実現した。

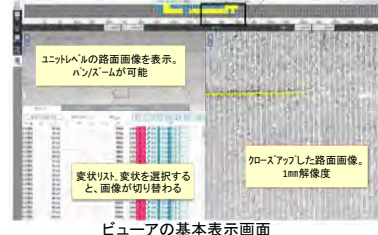


□ B-2 舗装路面変状識別

- 路面に埋設された照明器具の周辺のひび割れ計測精度に課題があった。
- パタンマッチングの教師画像として照明器具を登録すると共に、品質向上を図った計測画像の認識精度を高め、該当箇所を正常範囲と認識させ、ひび割れ検出結果から除外した。
- 結果、照明器具周辺の誤認識が抑制され、ひび割れの過検出が軽減し、精度が向上した。残る過検出の主なもの、照明のムラに起因するものであり、H30年度に解決予定。

■ 開発項目C. 空港舗装路面変状把握のためのUIの開発

- 計測日時の異なるデータの選択と表示切替、併置・比較表示の充実が求められていた。
- 舗装路面状態および既往情報を画面上に重畳表示し、スクロール/ズーム操作可能にすると共に、変状や既往情報のリスト表示を連動する改良を実施した。
- 結果、「変状リスト」「ひび割れ率」および「マップ表示」「広域画像」「詳細画像」を互いに連携させ、対話的な高速表示が可能になった。



【実施体制】

研究機関	国立大学法人東京大学大学院情報学環 パシフィックコンサルタンツ(株) 株式会社・キャピタル・デザイン
------	--

「実施内容の概要」

■ 開発項目A. 空港舗装路面簡易計測システムの開発

- 舗装路面計測台車の小型化を実施
- 試作版では通常カメラによる撮影の為、広範囲を照らすための照明設備とそのための大容量バッテリーの設置に課題があった。
- 新規技術のラインセンサを採用し撮影環境の改善を試行した。
- 結果、撮影範囲が限定でき、照明機器の縮小や使用電力量の抑制が図られ、撮影装置の小型化を実現。LED照度の均一化への改善は翌年度に検証する。
- 走行ガイドシステムの製品化①を実施
- 目的地まで計測機車両を効率的な経路で走行させる為の現状機能に課題があった。
- 走行レーンを表示する機能に加え、羅針盤表示機能を追加した。
- 結果、車両周辺の目的地との位置関係(方向と距離)を把握が容易になり、加えて、目的地までの距離計測が可能になった。
- 走行ガイドシステムの製品化②を実施
- 夜間に計測機車両を適切な経路で走行させる為の路面表示精度に課題があった。
- GセンサとGPSを併用すると共にキャリブレーション機能を改良した。
- 結果、方位検出精度と反応性能が向上した。また、プロジェクト表示内容を改善し、視認性を向上させた。



改良型LED照明(直線配列)の実験の様子



車内モニターの様子(目的地の位置を表示)



運転席からみたプロジェクト表示の様子

■ 開発項目D. 維持管理業務の高度化の実証と実用化の検証

□ D-1 データ分析による業務効率化

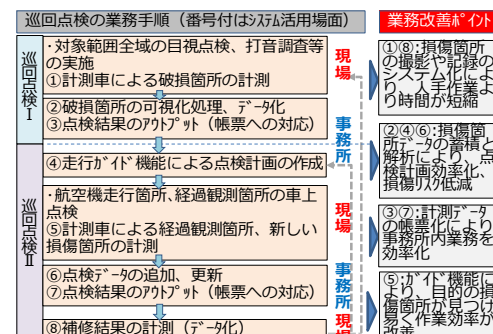
- 現行では単年度当りの補修箇所図面を作成しているが、過去の点検結果や補修履歴を含めた路面状況(損傷)の地理的な傾向の把握方法に課題があった。
- 本研究では、既往(過去4年分)の緊急補修平面図データを活用し、地理的傾向分析を実施した。
- 結果、補修状況が可視化され、損傷発生箇所の特徴や頻度などの傾向を把握できた。



過去4年分の補修実施箇所の可視化

□ D-2 点検業務の高度化の実証

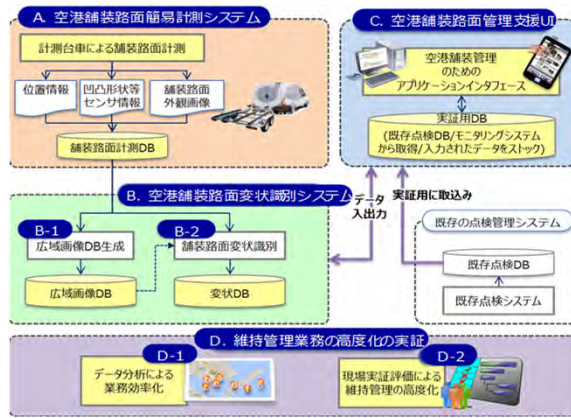
- 現業では巡回点検(日常点検)と巡回点検Ⅱ(経過観察)が独立して実施され、点検業務全体の効率化に課題があった。
- 空港管理者に現場作業内容や要望(ニーズ)等をヒアリングし、当システムの活用による業務改善効果および業務手順について検討した。
- 結果、当システムの活用場面を考慮した、計測計画、作業実施、点検結果のとりまとめまでのトータル支援、実用化に向けたサービスモデルを計画した。今後、実際の現場作業と並行的に効果検証、改善の対応を予定している。



(*) 戦略的イノベーション創造プログラム(SIP:エスアイピー)は、「総合科学技術・イノベーション会議」が自らの司令塔機能を発揮して、府省の枠や旧来の分野の枠を超えたマネジメントに主導的な役割を果たすことを通じて、科学技術イノベーションを実現するために創設されたプログラム。

「本研究開発の目的」

- 本研究開発は、空港舗装路面管理に求められる高い安全性を確保し、広大な路面の状態を効率的かつ確実に把握できるシステムの開発を目的とする。
- 点検業務における業務上の課題に対応した研究開発の実施項目を設定するとともに、SIPの研究開発計画及び公募要領の目的に沿った研究開発を行う。



■ 開発項目A. 空港舗装路面簡易計測システムの開発

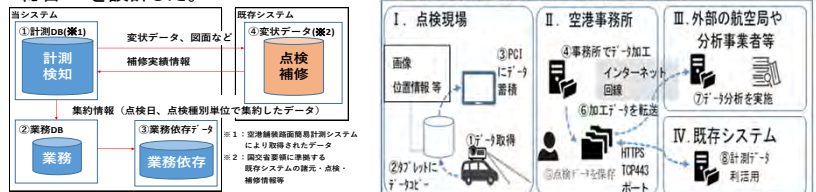
- LED照明の消費電力を軽減するため、10Wの小型照明機器を用いたが、照射範囲が狭いことによるバラつき改善の為、複数の照明機器を対象に、消費電力、照度、照射角などの項目で比較検討を実施した。
- あわせて、ライン照明の設置角度の調整に加え、設置高さの調整やレンズフィルターの活用により、照度の均一化に向けた検討を実施した。
- ライン照明位置の検討により、照射角度45度、高さ38cmが最適であるという結果に至った。
- また、ムラの軽減を図るため、フィルターを設置し、照度の均一化を図り、13%程度の照度が向上した。



製作したライン照明装置

■ 開発項目E. 総合DB、セキュリティ設計、実用性の評価

- 総合DB設計
 - 複数空港での業務適用を考慮し、国交省要領準拠の既存システム(運用中)をもとに諸元・点検・補修情報等のデータ構成を検討し、業務データと計測データの独立性と相互連携を両立した総合DBを設計した。
- IT環境・セキュリティ設計
 - 試行を踏まえた実用化を前提としたシステム及びネットワークを構築するため、羽田空港をモデルに、①遠隔運用・保守、②既存システムとの連携、を要件として、試行段階・本稼働段階におけるネットワーク環境とセキュリティ対策等の概要を設計した。



【実施体制】

研究機関 国立大学法人東京大学大学院情報学環、パシフィックコンサルタンツ(株)ソーシャル・キャピタル・デザイン、(株)ベイスコンサルティング

「実施内容の概要」

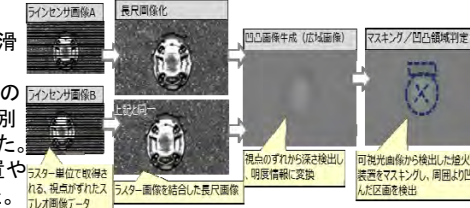
■ 開発項目B. 空港舗装路面変状識別システムの開発

□ B-1 広域画像DB生成

- 距離計とラインセンサを同期させて正確な計測を行い、高精度GPSと方位センサーを用い、正確なレーン走行をナビゲーションする。それらの計測情報を元に長尺画像を生成し、位置情報を合わせ、2つの広域画像(可視画像・深度画像)を生成する処理をブロック化した。
- 1mm単位の計測を実現し、広域画像のレーン間のずれ量±1m以内、左右のゆらぎ量0.2m以内の精度を実現した。画像処理をブロック化することで可視画像生成までの時間を目標の1時間以内とした。

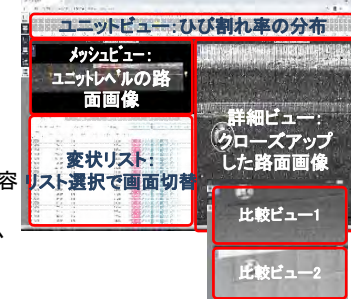
□ B-2 舗装路面変状識別

- レンズの特性や照明ムラを周囲のレベル変位から平滑化して検出精度を高めた。
- 計測データのゆらぎを減少させることができ、ひび割れの検出率95%、凹凸変状の検出率90%を達成し、変状識別の閾値を調整することで過検出を減らすことを実現した。
- また、過検出を減らすためパターンマッチングした灯火装置や点検箇所マーキングを巡回時の補足データとして登録した。



■ 開発項目C. 空港舗装路面変状把握のためのUIの開発

- 滑走路の変状分布や推移を把握するため4画面に分割表示した。
- ユニットビュー: 滑走路全体の变状分布がわかるタイルを表示
- メッシュビュー: 1ユニット内の画像と変状レベルがわかるアイコンを表示
- 詳細ビュー: クローズアップした画像とひび割れをオーバーラップさせて表示
- 変状リスト: 識別した変状箇所の一覧を表示
- 滑走路面の变状の分布やレベルのリストから目的別に路面の変状内容を把握できるUIを実現した。
- それぞれの画面は位置情報を元にして連動させているため、シームレスに広域および詳細な内容を表示
- 画面の上下を用いて、過去の画像と比較して変状の推移を表示



■ 開発項目D. 維持管理業務の高度化の実証と実用化の検証

□ D-1 データ分析による業務効率化

- 過去の点検結果や補修履歴を基に地理的および時間的傾向分析を実施した。

- 地理的傾向分析では、異常の発生箇所に特徴があることを確認した。(交差点や特定の誘導路等に多い)
- 時間的傾向分析では、異常の発生時期に特徴があることを確認した。(特に夏期が多い)
- 点検(発見)から舗装路面補修までに、概ね1ヵ月程度だが、舗装路面の状態によっては、長期間の経過観察を経て補修に至る場合もあることを確認した。

□ D-2 点検業務の高度化の実証

- 点検業務において、現業とシステム導入時の作業内容と時間を把握し、効率化、高度化、コスト削減効果等の検証を行った。
- 作業の効率化に伴い、安全性の向上にも寄与することを確認した。(時間短縮効果: 約1,500万円/年)



(*) 戦略的イノベーション創造プログラム(SIP: エスアイピー)は、「総合科学技術・イノベーション会議」が自らの司令塔機能を発揮して、府省の枠や旧来の分野の枠を超えたマネジメントに主導的な役割を果たすことを通じて、科学技術イノベーションを実現するために創設されたプログラム。

「本研究の目的」

●行動観察手法を用いて、高速道路事業におけるマネジメントスキルを定義し、技術者育成の仕組みについて検討する。

「本研究の方針」

●社員の意識を探り、組織文化を尊重しながら弱点の克服かつ強みの伝承を目指す。

「研究の方法及び内容等」

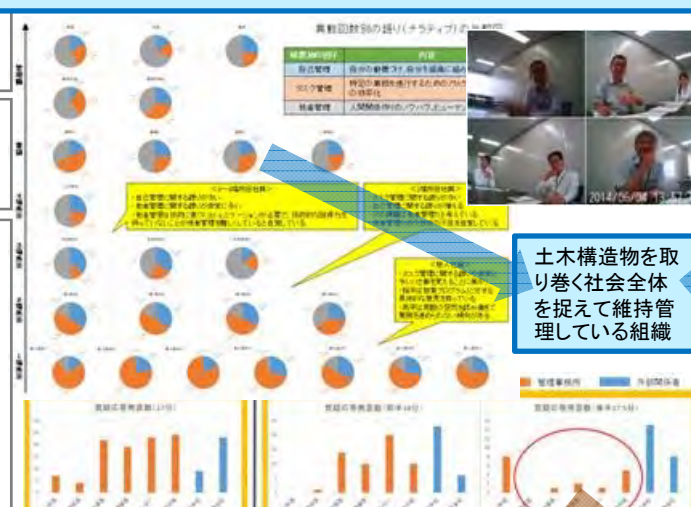
- インタビュー：フォーカス・グループ・ナラティブ・インタビュー
NEXCO東日本の技術系社員及び比較対象となる組織に対し、少人数で自由に語るフォーカス・グループ・ナラティブ・インタビューを実施し、業務遂行に関する主観的理論と共通の意識を抽出した。
- 実態調査：思考&マネジメントスタイル調査
NEXCO東日本の技術系社員及び比較対象となる組織に対し、思考スタイル及びマネジメントスタイルの調査を行い、NEXCO東日本の技術系社員の特徴やマネジメントの実態を明らかにした。
- 会議分析：発言数比較
会議の発言数を比較し、組織や社員が機能不全に陥る原因究明を行った。
- 教育プログラム設計：教授カリキュラムマップ作成
実業務の分析結果を用いて高速道路事業を運用するための教育プログラムの基礎となる手続き型教授カリキュラムマップを作成した。
- カリキュラムの適合性検証：事例の適合性
高度な判断を含む高速道路事業の事例を用いて、手続き型教授カリキュラムマップの実業務への適合性を検証し、中心的スキルを見出すと共にカリキュラムマップを改良した。
- モデル実験：実地検証 <<今後の展開>>
若手技術者の技術力育成と中堅技術者の指導力育成の教育プログラム構築に向けて、カリキュラムマップに基づき、具体例を用いた「事業必要性の検討」を題材として教材の開発や教育効果の測定を実施している。

「実施体制」

研究機関	国立大学法人東京大学大学院情報学環
インフラ関連	東日本高速道路株式会社関東支社

フォーカス・グループ・ナラティブ・インタビュー

主観的理論を明らかにし、社員に共通している見解を抽出した



発言数比較 会議中の発言数を比較し、二重規範による社員の機能不全状態を分析した

組織文化に反するマネジメントでは組織や個々の社員が機能不全を起こす

スタイル調査 思考スタイル及びマネジメントスタイルの実態調査を行った

経験に基づく堅実なマネジメントが行われているが、体系化や目標設定が弱い

事例の適合性検証 実際の維持管理業務とカリキュラムの適合性を検証し、カリキュラムマップを改良した

高度な判断が必要な維持管理業務の場合、関係者や意思決定者の要求を繰り返し引き出し、確実な要求開発を実施している

「これまでの研究成果」

- 手法の確立・暗黙知の抽出手法・組織文化の可視化方法・構成員意識の解釈方法
- 実態調査・パラダイム(社員の意識や組織の文化)定義・スタイルの現状把握・機能不全に陥る原因究明
- 教育プログラム設計・モデル実験・体系化や目標設定を強化する手続き型教授カリキュラムマップの作成・評価ツールの開発
- スキル定義・技術マネジメントのコアスキルの定義・技術マネジメントスキルのカリキュラムマップへの組み込み

参考：「行動観察手法を用いた維持管理業務におけるマネジメントスキルの検討」平成26年度共同研究報告書

「本研究の目的」

●行動観察手法を用いて、高速道路事業におけるマネジメントスキルを定義し、技術者育成の仕組みについて検討する。

「本研究の方針」

●社員の意識を探り、組織文化を尊重しながら弱点の克服かつ強みの伝承を目指す。

「研究の方法及び内容等」

- 実態調査：思考&マネジメントスタイル調査
平成26年度より引き続き、NEXCO東日本の技術社員及び比較対象となる組織に対し、思考スタイル及びマネジメントスタイルの調査を行い、NEXCO東日本の技術社員の特徴やマネジメントの実態を明らかにし、技術者育成の方針を定めた。
- モデル実験：実地検証
若手技術者の技術力育成と中堅技術者の指導力育成の教育プログラム構築に向けて、平成26年度に設計したカリキュラムマップに基づき、具体例を用いた「事業必要性の検討」を題材として教材の開発や教育効果の測定を実施した。
- 実験結果評価：パフォーマンスと意識の変化
モデル実験の被験者ポートフォリオ及びスタイル調査結果を用いて、実験前後のパフォーマンスと意識の変化を評価した。
- 被験者ヒアリング：実験による葛藤と変化
被験者が考えるNEXCO東日本技術者に求められるスキルやモデル実験を通して感じたこと（葛藤）について、ナラティブ形式で語ってもらい、評価軸以外の被験者の変化（指導者のリーダーシップ型の変化）を捉えた。
- 人材活用スキル評価：リーダーシップ型
モデル実験前後の指導者のリーダーシップ型について人材活用スキルの観点から評価した結果、業務の実行方法の型が変化していた。さらに役職毎のリーダー型から人材活用スキルを身に付けるキャリアプロセスを検討した。

「実施体制」

研究機関	国立大学法人東京大学大学院情報学環
インフラ関連	東日本高速道路株式会社関東支社



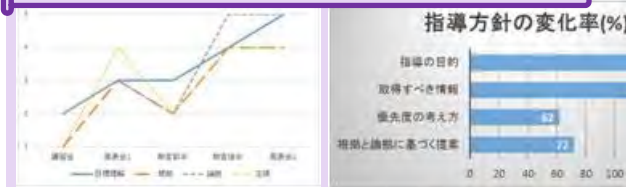
モデル実験：70:20:10の法則

マネジメントスキルを身に付ける機会として、実務70%、助言20%、講習10%でモデル実験を構成した

時間	イベント	内容
1月28日	キックオフ	教育プログラム開発試行実験の趣旨説明
2月	事業概要書作成	A4×1枚の事業概要書を「担当」が作成する
3月5日	講習会	暫定解除、付加車線の考え方等の講義を受講する
3月～4月	事業計画書作成	PowerPoint×複数枚の事業提案書を「担当」が作成する
5月11日	発表会1	事業計画書を「担当」が説明し、「所長」「工事長・課長」「東大」が質問する
5月～7月	事業計画書改訂	「工事長・課長」が助言しながら、「担当」が事業計画書を改訂する
8月6日	発表会2	改訂した事業計画書を「担当」が説明し、「所長」「指導者以外の」工事長・課長「東大」が質問する
～現在	事業計画書の統合	「所長」を中心に、4つの事業計画書を統合し、事務所案を作成する

実験結果：学習者と指導者の変化

被験者のパフォーマンスと意識を評価した結果、モデル実験前後で向上方向への変化が表れた



「これまでの研究成果」

- 実態調査：技術系社員傾向とマネジメント実態の把握・組織の特徴抽出・技術者育成方針の策定
- モデル実験：SAM型設計、開発の確立・ツールの開発・パフォーマンスと意識の向上
- 人材活用スキル：リーダーシップ型の変化に伴う人材活用スキルの向上・人材活用スキル向上のためのリーダーシップ型キャリアプロセス

実態調査：思考スタイル

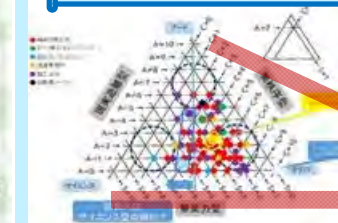
技術社員及び他組織の技術者の思考&マネジメントスタイルを比較し、NEXCO東日本技術者の特徴を把握し、育成方針を定めた

モデル実験：SAM型設計・開発

Successive Approximation Model (SAM) に基づき、モデル実験の設計、開発段階において「設計」「プロトタイプ」「評価」を繰り返し、カリキュラムを現状に適合させた



実態調査：マネジメントスタイル



モデル実験：ツール開発

実験を進めながら必要に応じて、評価表、チェックリスト、コーチングノートを開発した

アート要素の強化

【目標】認識を確認

サイエンス要素の強化

【論理構造】を確認

人材活用スキル：リーダーシップ型

指導者のリーダーシップ型の変化から、モデル実験で人材活用スキルが向上していることが明らかになり、リーダーシップ型について詳細に検討した

領域	人材の管理	生産的企業風土の醸成	戦略の方向性	意思決定	実行
人財動員者	解決者	議論仕掛人	議論仕掛人	議論仕掛人	議論仕掛人
増幅型リーダー	オカルトな人財を動かす。最も真実を吐き出す。	最高のアイデアと仕事を引き出すような環境のある環境を作る。	メンバーの力を伸ばすような機会をもちいる。	積極的な議論を通じて健全な判断に導く。	メンバーにオーナリングをもち、適切な結果を出す。
増幅型である	増幅型の傾向がある。どちらかといえば、流暢型の傾向がある。	増幅型の傾向がある。どちらかといえば、流暢型の傾向がある。	増幅型の傾向がある。どちらかといえば、流暢型の傾向がある。	増幅型の傾向がある。どちらかといえば、流暢型の傾向がある。	増幅型の傾向がある。どちらかといえば、流暢型の傾向がある。
消耗型リーダー	人財を動員しない、十分に活用しない。	メンバーの意思と能力を抑制するような環境を作る。	命令をもち、知識をひけらかす。	自分のまわりで意思決定し、結果を支配させる。	自分の力で結果を出さず、他人の力で結果を出す。
消耗型である	消耗型の傾向がある。どちらかといえば、増幅型の傾向がある。	消耗型の傾向がある。どちらかといえば、増幅型の傾向がある。	消耗型の傾向がある。どちらかといえば、増幅型の傾向がある。	消耗型の傾向がある。どちらかといえば、増幅型の傾向がある。	消耗型の傾向がある。どちらかといえば、増幅型の傾向がある。
帝国建設者	専制君主	知ったかぶり	意思決定者	マイクロマネージャー	

「本研究の目的」

●行動観察手法を用いて、高速道路事業におけるマネジメントスキルを定義し、技術者育成の仕組みについて検討する。

「本研究の方針」

●社員の意識を探り、組織文化を尊重しながら弱点の克服かつ強みの伝承を目指す。

「研究の方法及び内容等」

●研究と社内活動の関係整理

本研究と社内活動(人材育成)の関係を整理し、本研究の成果を社内活動にフィードバックする方法を模索することを最終年度の課題とした。

●OJTへのフィードバック

調整スキルを含む実業務において、本研究で提案する教育プログラムを適応できるかどうかで試行実験を行った結果、難しいことが判明した。また、関東支社独自に実施している若手技術者OJTプロジェクト試行について、参加者に対するインタビューを実施し、教育システム設計の手順に沿って分析した。その結果、優れた点と改善すべき点が明確になり、研究成果をOJTに組み込むことで改善が期待できることが分かった。

●研修へのフィードバック

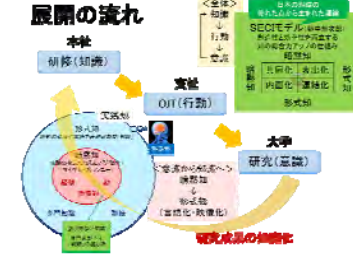
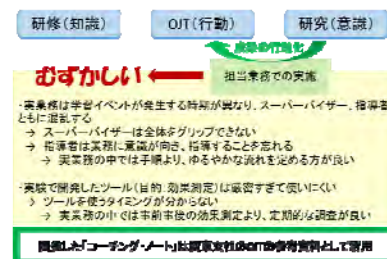
研究成果を知識として研修にフィードバックするために、言語化と映像化を試みた。言語化では、ナレッジマネジメントと土木技術の外部専門家の知恵を活用して、2本の論文を作成した。映像化では、外部制作チームの力を借りて、より広い範囲の人を対象に知識伝達ができる研修動画を制作した。制作過程で(映像によって)、技術者像が鮮明になり、技術者向けの新たな解説を付与することになった。

●技術系マネジメントスキル育成体系

3年間の研究成果および人材育成研究のトレンドを取り入れて、NEXCO東日本全体の技術系マネジメントスキル育成体系を提言した。

「実施体制」

研究機関	国立大学法人東京大学大学院情報学環
インフラ関連	東日本高速道路株式会社関東支社



デモ映像 ダイジェスト版



「研究成果」

- OJTへのフィードバック ・教育プログラムのOJT運用の課題抽出 ・既存OJTへの研究成果の組み込み
- 研修へのフィードバック ・Knowledge Management系論文 ・土木学会論文 ・研修映像(組織文化の構築)
- 技術系マネジメントスキル育成体系 ・技術系マネジメントスキル育成体系 ・実施体制 ・実施スケジュール

参考:「行動観察手法を用いた維持管理業務におけるマネジメントスキルの検討」平成28年度共同研究報告書

「本研究の背景」

株式会社パスコは、測量技術の進歩に伴う業務の高度化に合わせ、品質や生産性向上のための取り組み（ISO認証取得、社内資格制度、生産標準化、内部監査等）を実施し、安定した技術力を持つ組織となる努力を続けている。しかし、これらの仕組みでカバーできない人的エラーやモチベーション維持の問題が残った。そこで、心理学や教育学の観点を用いて技術者の内面にあると想定される課題を追求する研究を開始した。

「本研究の目的」

既存の取り組みで改善を促すことのできない品質や生産性の向上を妨げる原因を技術者の意識の中から抽出し、その対策を見出すこと。

「本研究の哲学基盤」

意識を扱う本研究では、以下のアカデミックトレンドを踏まえて議論を進めている。

- 近代哲学：デカルトをはじめとする17世紀以降の哲学では、意識を対象にするようになった。
- 自然主義：認知・脳・神経科学などの自然科学的知見を取り込んで意識を説明する学派。
- 実在論：物理的身体とは独立した思考や信念が存在するという前提に立つ。

本研究は、実在論に基づき「マインド」を追求したが、自然主義の主張を踏まえ、対象物を厳密に定義することではなく、対策を見出すことを主目的に設定している。

「本研究の成果」

既存の取り組みに加えて、本研究の成果もあり、パスコは「公共アセットの維持管理のための補完的機能としての組織（人的資源）」としてISO55001の認証を受けた。

【実施体制】

研究機関	国立大学法人東京大学大学院情報学環
インフラ関連	株式会社パスコ

「研究手法」

本研究では、量的研究法と質的研究法を組み合わせた混合研究法を用いた。

- 量的研究法：調査票などを用いて現象を統計的に把握する研究手法
- 質的研究法：インタビューなどを用いて各事例を深く掘り下げて実態に迫る研究手法
- 混合研究法：異なる哲学基盤に依拠する量的研究法と質的研究法は両立不可能とされてきたが、長い議論の末に両者が歩み寄り、2014年に国際混合研究学会、2015年に日本混合研究法学会が設立され、人文社会系分野（心理学、経営学、教育学、政治学等）や健康科学分野（医学、看護学、家庭医療、疫学等）で研究が行われている。

「研究デザイン」

本研究では、混合研究法の中の探究的デザインを採用した。探究的デザインは、測定法や調査票がない場合あるいは指針となるフレームワークや理論がない場合に有効なデザインであるため。さらに、対策の検討と効果測定を第3フェーズとして加えた。

- トライアングレーションデザイン：質的データと量的データを並行的に収集する。時間的な効率が良い。
- 埋め込みデザイン：質的研究法の中に量的データを埋め込む、あるいは、量的研究法の中に質的データを埋め込む。一方が補助的な役割となり、収集データが少なく、時間や資源が限られている時に有効である。
- 説明的デザイン：量的データ収集後、説明が必要な点を質的データでフォローする。ダブルフェーズとなり長期間を要する。
- 探究的デザイン：質的データ収集後、全体傾向を把握するために量的データ収集を行う。ダブルフェーズとなり長期間を要する。

「第1フェーズ」 質的研究法を用いた課題の絞り込み

- 参与観察：同一業務の担当者との交流。事業部毎に数値に表れない目標のレベル感が異なっていた。
- 自由記述アンケート：営業部門から見た技術者に対する意見。顧客の要求レベル、営業部門の要求レベル、実在する優良技術者像が明らかになった。
- インタビュー：以下のインタビュー内容から、共通する品質や生産性の向上を妨げる技術者の意識として、マインドセット（知能に対する信念）が浮上した。
 - ・優良事例グループインタビュー：相互チェックにより極端な意見が除かれて、参加者間に共有されている見解を判定しやすい。
 - ・優良技術者インタビュー：質問票を用いる標準化インタビューとオープンインタビューを統合した半構造化インタビュー。

「第2フェーズ」 量的研究法を用いた課題傾向の把握

- 全技術者対象アンケート調査：異動回数、職位、事業部別に見るとマインドセット平均値に差があった。結果は下表のとおり。
- 課長職対象アンケート調査：約8割の課長職が、マインドセットが原因の部下の言動に困っていた。

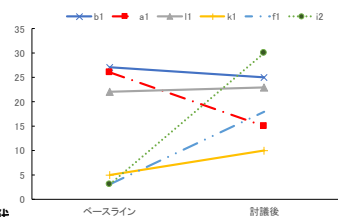
属性	異動回数				職位			全体
	0回	1回	2回	3回以上	管理職	一般職	その他	
回答数(人)	444	138	97	120	334	433	32	799
マインドセット平均	10.51	10.88	10.27	12.13	12.20	9.59	12.22	10.79

事業部	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	全体
回答数(人)	75	93	75	76	20	19	50	41	216	7	39	88	799
回答率(%)	39.1	58.1	62.0	63.3	28.2	36.5	76.9	56.9	78.0	46.7	55.7	84.6	60.5
マインドセット平均	12.39	10.38	11.00	10.91	10.90	7.79	11.66	11.90	9.95	14.43	9.44	11.55	10.79

参考：「混合研究法を用いた品質及び生産性向上のための技術者マインド育成に関する研究 (in press)」土木学会論文集H(教育)

「第3フェーズ」 課題対策の効果検証

- マインドセット特性実験：
 - 集団活動によって、集団より高いマインドセット値を持つ人はマインドセット値が減少し、集団より低いマインドセット値を持つ人はマインドセット値が上昇する。右図の通り。



- 部下育成の試行実験：

失敗挽回の予算的措置や挑戦のバックアップ体制を整えてプロジェクトを任せ自律的に行動させる間接的育成法と、マインドセット育成を目標に上司が補助しながら徐々に自立させる直接的育成法があった。



「本研究の背景」

平成27～28年度二か年の共同研究で、品質や生産性の向上を阻む要因の一つとして、技術者の能力に対する信念にたどり着いた。能力を固定的なものと捉える信念（こちこちマインドセット）を持つと本人は成長せず、他者の成長をも阻害し、品質や生産性を低下させている可能性があった。そこで、マインドセットの実験を行い、しなやかマインドセット（能力は伸びるという信念）を育成するいくつかの方法を見出した。

しかし、他者の成長を阻害しているかどうかという点に関して未検証であり、継続して共同研究を行うこととなった。

「本研究の目的」

マインドセットが本人の言動のみならず、他者の成長を阻害することを明らかにし、会社組織運営の支援になるような形（指標など）を模索する。

「本研究の成果」

マインドセットに加え、リーダー型、「能力活用・貢献」感の調査項目を開発し、技術者の意識を多面的に捉えられるようになった。三種類の数値を用いて、優良な組織や技術者あるいは注意が必要な組織や技術者の候補を挙げる形で、組織運営支援の可能性が見えてきた。

＜経営層への支援＞

- ・優良中間管理職の推薦
- ・作業の多い組織候補
- ・意義を見失っている組織候補

＜中間管理職への支援＞

- ・次世代リーダーの推薦
- ・退職可能性の高い技術者候補
- ・周囲の成長を阻む技術者候補

「実施体制」

研究機関	国立大学法人東京大学大学院情報学環
インフラ関連	株式会社パスコ

「研究手法」

本研究では、量的研究法と質的研究法を組み合わせた混合研究法を用いた。

- 量的研究法：調査票などを用いて現象を統計的に把握する研究手法
- 質的研究法：インタビューなどを用いて各事例を深く掘り下げて実態に迫る研究手法
- 混合研究法：異なる哲学基盤に依拠する量的研究法と質的研究法は両立不可能とされてきたが、長い議論の末に両者が歩み寄り、2014年に国際混合研究学会、2015年に日本混合研究法学会が設立され、人文社会系分野（心理学、経営学、教育学、政治学等）や健康科学分野（医学、看護学、家庭医療、疫学等）で研究が行われている。

「研究デザイン」

本研究では、混合研究法（下記4デザイン）の説明的デザインを採用した。第一期においてマインドセットの課題を見出し、第二期では他者に対する意識（リーダー型）を研究対象に加える方針のため。さらに、社内運用に向けた準備を第3フェーズとして加えた。

- トライアングレーションデザイン：質的データと量的データを並行的に収集する。時間的な効率が良い。
- 埋め込みデザイン：質的研究法の中に量的データを埋め込む、あるいは、量的研究法の中に質的データを埋め込む。一方が補助的な役割となり、収集データが少なく、時間や資源が限られている時に有効である。
- 説明的デザイン：量的データ収集後、説明が必要な点を質的データでフォローする。ダブルフェーズとなり長期間を要する。
- 探究的デザイン：質的データ収集後、全体傾向を把握するために量的データ収集を行う。ダブルフェーズとなり長期間を要する。

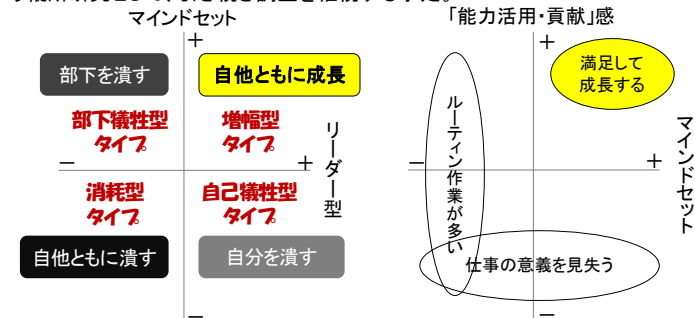
「第1フェーズ」

量的研究法を用いた全体傾向の把握

- 全技術者対象調査1回目：

マインドセット（能力に対する信念）に加え、リーダー型（他者に対する意識）の質問項目を作成。更にリーダー型を補完する「能力活用・貢献」感の質問項目を作成。全技術者対象に調査を実施（回収率78.8%）。三種類の数値の相関は低く、独立した数値として解釈を進めた。マインドセットとリーダー型の組合せから4タイプに区分（下図）、サンプル抽出後、第2フェーズのインタビューへ。

- 全技術者対象調査2回目：全技術者対象に調査を実施（回収率88.5%）。三値ともやや上昇（社方針に合致する緩やかな意識改革）。全体傾向を把握する横断研究と個別の変化を追う縦断研究として、引き続き調査を継続する予定。

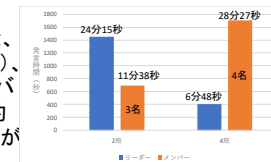


「第2フェーズ」 質的研究法を用いた特性の解明

- 4タイプ課長インタビュー：消耗型と部下犠牲型タイプの課長の中には、課の状況が影響した人がいた。反面、状況に関わらず本人の特性と考えられる人もおり、個人の変化を見る必要がある。従って、縦断研究（第1フェーズの2回目参照）を行う方針。

- タイプ・リーダー型特性実験：

部下犠牲型タイプのメンバーがいると、グループ活動が阻害されること（観察）、一人の発言が多い場合、周囲のメンバーが消耗型リーダーになり、非協力的なチームになること（会話分析・右図）が明らかになった。



「第3フェーズ」 社内運用に向けた準備

- 数値粒度の検証：

事業部平均値、部課平均値、部課内職位別平均値、部課内個人数値の順に、数値の粒度を変更しながら提示した結果、経営層には部課内職位別平均値、中間管理職には部課内個人数値が必要であることが分かった。

- 部課カルテの開発：

中間管理職への支援として、部課内個人数値を提示した部課カルテを開発した。

- 課長職研修の設計：

中間管理職への支援として、部課カルテを活用した研修を設計した。



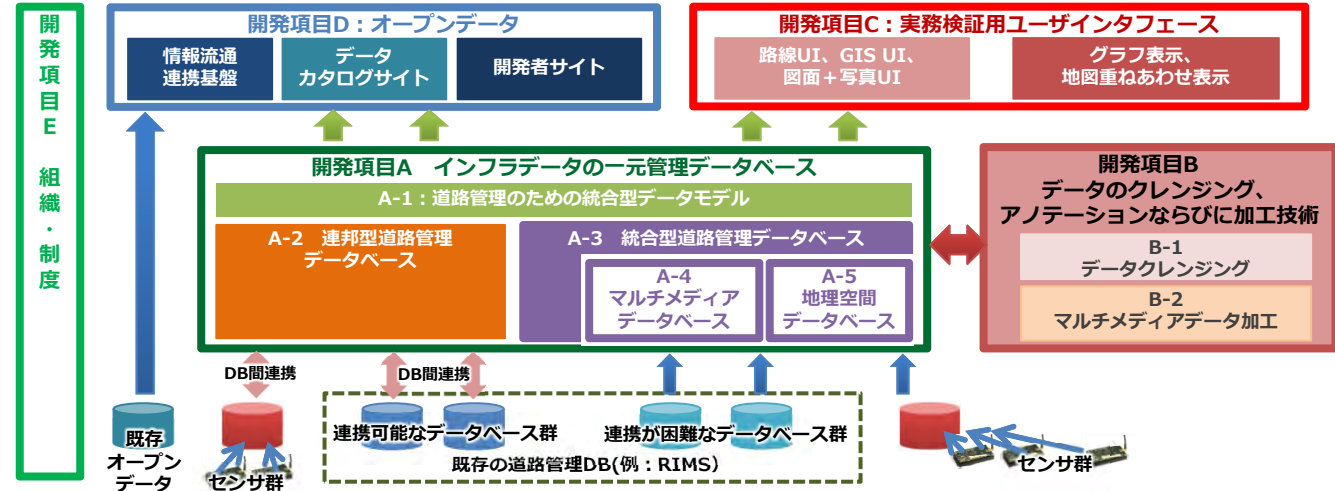
「本事業の目的」

- 1) 維持管理に関わるニーズと技術開発のシーズとのマッチング
 - 東日本高速道路株式の維持管理業務を実証フィールドとして、業務上の課題/ニーズと技術的な課題を明らかにした上で、それにマッチした開発要件(シーズ)を設定
- 2) 新しい技術を現場で使える形で展開
 - 現行システム、蓄積データ等の既存資産の有効活用を図るとともに、新しい技術を現場で実証・評価しながら段階的に実運用に導入
- 3) 予防保全による維持管理水準の向上
 - 多種多様なデータの有効活用を図るため、経営、マネジメント、現場が機動的に情報共有し、的確な判断と円滑な執行を支援するデータの「利用」環境を開発
- 4) 低コストで実現
 - 現行システムの活用、オープンデータの活用、標準的な技術の採用等に留意し、自治体業務に活用

「研究開発の構成」

インフラの多種多様なセンシングデータを処理・蓄積・解析する技術の開発

- 維持管理のためのプラットフォームとして、多種多様なデータを一元的に管理する大規模データベースに関する技術開発を実施(開発項目A～E)



「実施内容の概要」

開発項目A: インフラデータの一元管理データベース

A-1: 道路管理のための統合型データモデル

- インフラ管理に供するセンシングデータや既存の多種多様なインフラ管理データ、今後新たに取得するデータを一元的に管理する、包括的なデータモデルおよびAPIモデル

A-2: 連邦型道路管理データベース

- できるだけ既存データベースを有効に活用し、基本的にはそのままの形で再利用

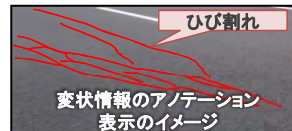
A-3: 統合型道路管理データベース

- データベース間連携が困難なデータは、データ自身を取り出して、統合型道路管理データベースに集約

開発項目B: データのクレンジング、アノテーションならびに加工技術

B-1: データクレンジング/データアノテーション(Data Annotation)技術の開発

- データクレンジング(Data Cleansing): センサデータの異常値やデータの誤入力等を補正する機能、既存のDBに蓄積されたデータをコンピュータによる自動分析や解析処理に活用できる形に調整する機能
- データアノテーション(Data Annotation): 原画像データに見られる損傷等に関する情報を、注釈のように原画像に重ね合わせて 利用者に分かりやすく提示する技術



B-2: マルチメディアデータ加工

- マルチメディアデータのアノテーションや可視化等を行なうために、データの切り出しやデータ変換、処理の高速化のための前処理などを行なうシステムを開発

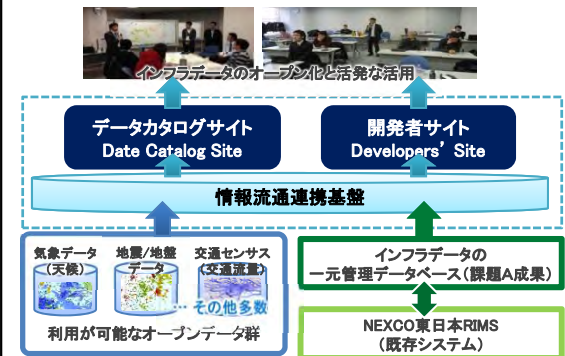
開発項目C: 実務検証用ユーザインタフェース

- 一元的管理を実現した大規模DBを活用して、データの解析・応用を実務で検証するユーザインタフェース(UI)を構築
- 地方公共団体等が道路管理業務で各種のデータを容易に確認できる実用的なUIシステムを開発



開発項目D: オープンデータ活用法

- 「統合型道路管理データベース」上に格納された道路管理情報の一部をオープンデータとして公開する「情報流通連携基盤システム」を構築



開発項目E: DB運用のための組織、制度

- 道路管理業務における社内外データの活用及びDB運用に向けた組織、制度を開発

「実施体制」

研究実施機関

東日本高速道路株式
株式会社横須賀テレコムリサーチパーク
株式会社ソーシャル・キャピタル・デザイン
株式会社ネクスコ東日本エンジニアリング
大阪大学/北海道大学/東京大学

(*) 戦略的イノベーション創造プログラム(SIP: エスアイピー)は、「総合科学技術・イノベーション会議」が自らの司令塔機能を発揮して、府省の枠や旧来の分野の枠を超えたマネジメントに主導的な役割を果たすことを通じて、科学技術イノベーションを実現するために創設されたプログラム。

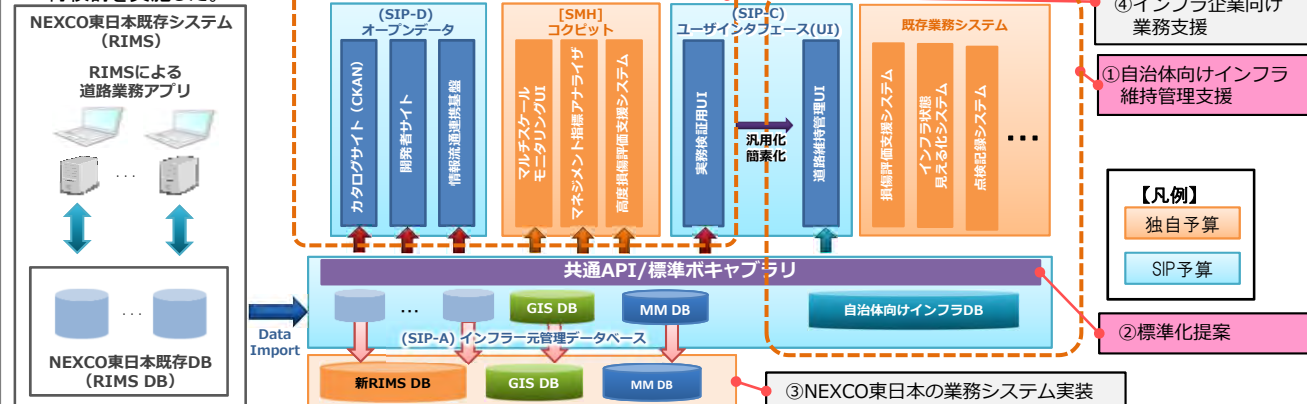
「本事業の目的」

- 1) 維持管理に関わるニーズと技術開発のシーズとのマッチング
 - 東日本高速道路(株)の維持管理業務を実証フィールドとして、業務上の課題/ニーズと技術的な課題を明らかにした上で、それにマッチした開発要件(シーズ)を設定
- 2) 新しい技術を現場で使える形で展開
 - 現行システム、蓄積データ等の既存資産の有効活用を図るとともに、新しい技術を現場で実証・評価しながら段階的に実運用に導入
- 3) 予防保全による維持管理水準の向上
 - 多種多様なデータの有効活用を図るため、経営、マネジメント、現場が機動的に情報共有し、的確な判断と円滑な執行を支援するデータの「利用」環境を開発
- 4) 低コストで実現
 - 現行システムの活用、オープンデータの活用、標準的な技術の採用等に留意し、自治体業務に活用

「研究開発の構成」

インフラの多種多様なセンシングデータを処理・蓄積・解析する技術の開発

- 多種多様なデータを一元的に管理するプラットフォームについて、自治体向け機能の拡張と切り分けを考慮し、システムアーキテクチャの再検討を実施した。



「実施内容の概要」

開発項目A: インフラデータの一元管理データベース

- 東日本高速道路(株)の道路保全情報システム、先行事例であるJHDM(Japan Highway Data Model)、および、国土交通省国土総合政策研究所と連携し調整を図り、MICHIデータベースの仕様や地方公共団体として県のインフラ維持管理データを調査・解析した。
- この結果より、維持管理データ構造・項目等を整理し、113のクラスと448のインスタンスを規定し、道路管理情報表現仕様書ver. 1を策定した(右図イメージ)。
- データ操作APIおよび地方自治体が管理するマルチメディア(Microsoft Excelに埋め込まれた写真等含む)の抽出・検索を行う機能の設計・試作を行った。
- 地方自治体が管理するマルチメディアデータに対応したデータベース検索機能と運用環境の準備に関しては、クラウドサーバーを共同利用することで経済的な構成とし、点検写真と事例を簡便に比較し、判断を支援する機能について、プロトタイプを作成した。



図 道路管理情報表現仕様に基づくデータモデル構造(抜粋)

【実施体制】 研究実施機関

東日本高速道路(株)、横須賀テレコムリサーチパーク
(株)ソーシャル・キャピタル・デザイン
㈱ネクスコ東日本エンジニアリング、大阪大学/北海道大学/東京大学

開発項目B: データのクレンジング、アノテーションならびに加工技術

- データクレンジングの例として異常値の検出機能を試行した。また、アノテーション技術に関して、道路状況を記録した映像・画像に対し、変状等の属性情報のメタデータを手書き認識や音声認識によって入力し、マルチメディアデータに付加する機能を試作/評価した。
- 自治体が保有する点検記録の損傷図等、多様な形式のデータをインポートするためのマルチメディアデータ加工機能などを開発した。

開発項目C: 実務検証用ユーザインタフェース

- 開発課題A, Bの成果検証のため、共通APIを介し、複数のDB(GIS DB、MM DB等)を一元的に検索・可視化可能なユーザインタフェース(UI)の設計・開発を推進(下図イメージ)した。よりシンプルな自治体向けUIも構築し検証する予定。



図 実務検証用ユーザインタフェースの例(開発中画面)

開発項目D: オープンデータ活用手法

- 道路管理情報をオープンデータとして公開するサイトを、政府オープンデータカタログサイトDATA.GO.JPでも利用されているデータカタログシステムであるCKANを利用して構築した。

開発項目E: DB運用のための組織、制度

- 業務分析調査を完了させ、アウトプットである業務流れ図、情報分析図をもとに社内DBの再構築に向けた検討に着手した。また、他の実施項目(A～C)の成果を活用し、NEXCO東日本の管理事務所にてDBの利用に関する設計検討を開始した。

(*) 戦略的イノベーション創造プログラム(SIP: エスアイピー)は、「総合科学技術・イノベーション会議」が自らの司令塔機能を発揮して、府省の枠や旧来の分野の枠を超えたマネジメントに主導的な役割を果たすことを通じて、科学技術イノベーションを実現するために創設されたプログラム。

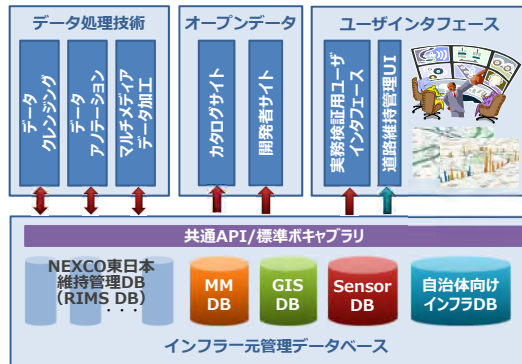
「本事業の目的」

- 1) 維持管理に関わるニーズと技術開発のシーズとのマッチング
 - 東日本高速道路(株)の維持管理業務を実証フィールドとして、業務上の課題/ニーズと技術的な課題を明らかにした上で、それにマッチした開発要件(シーズ)を設定
- 2) 新しい技術を現場で使える形で展開
 - 現行システム、蓄積データ等の既存資産の有効活用を図るとともに、新しい技術を現場で実証・評価しながら段階的に実運用に導入
- 3) 予防保全による維持管理水準の向上
 - 多種多様なデータの有効活用を図るため、経営、マネジメント、現場が機動的に情報共有し、的確な判断と円滑な執行を支援するデータの「利用」環境を開発
- 4) 低コストで実現
 - 現行システムの活用、オープンデータの活用、標準的な技術の採用等に留意し、自治体業務に活用

「研究開発の構成」

インフラの多種多様なセンシングデータを処理・蓄積・解析する技術の開発

- 多種多様なデータを一元的に管理するプラットフォームについて、自治体向け機能の拡張と切り分けを考慮し、システムアーキテクチャを検討。



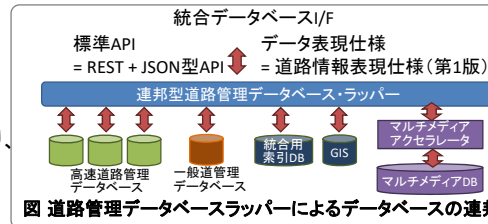
【実施体制】

研究実施機関
 東日本高速道路(株)、
 (株)横須賀テレコムリサーチパーク
 (株)ソーシャル・キャピタル・デザイン
 (株)ネクスコ東日本エンジニアリング、
 大阪大学/北海道大学/東京大学

「実施内容の概要」

IoTを想定したインフラ維持管理向けデータモデル、システムアーキテクチャとDB設計

- 過去に蓄積されたデータや今後想定されるセンサーデータなど、多種多様なデータの取得から活用までを対象にしたインフラデータを管理するためのデータモデルを開発し、「道路情報表現仕様(第1版)」として整理した。高速道路、国道、地方道など異なるインフラ管理者にも適用可能で、構造物の諸元とメンテナンス情報の両方を記述可能となった。
- データベースソフトウェアに依存せず、複数種のデータベースをまたいで検索できるWebベースの「道路情報データベース共通API仕様(第1版)」を開発した。
- インフラ管理者は多種多様なデータを保有しているが、データ形式の互換性やデータ定義の違い等の課題があり、データの流通・活用が難しかった。本成果により、複数のデータベースに登録された地理情報を結びつけて検索するなど、データの統合や連携による有効活用を実現した。



現場の利用実態を踏まえた対話的なUIの開発

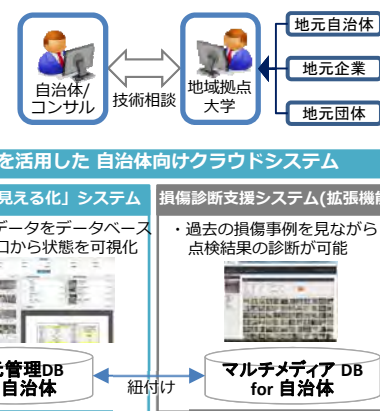
- 開発したDBを、API及びメッセージングを通じて活用し、現場での利用実態を反映した対話的なユーザインタフェースを開発してDBの機能を検証するとともに、現場で実証可能な検証用のアプリケーションを開発した。これにより、様々な維持管理現場のニーズに応えるマルチスケールUIを実現した。
- 複数の視点(ビュー)により管理対象物を多角的に連携表示し、より総合的な管理や意思決定支援を行う。
- インフラ管理の現場では、本社、支社、事務所、現地などの間で、同時に同じ情報を共有すること、また、施設や位置に関連する情報を複合的観点から把握することで、的確な判断が可能となる。



図 実務検証用アプリケーション

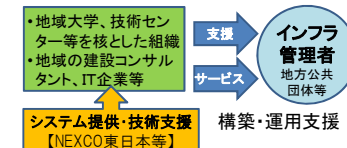
SIP成果を活用した製品・サービスの概要

- 地方公共団体等のインフラ管理者が点検・診断したデータ(テキスト・画像等)をDBに蓄積し、統合的な分析・評価を行う事で、自治体等のインフラ管理を支援する仕組みを構築。市町村・政令指定市・都道府県など個別のインフラ管理者毎の規模・財政力等に応じて柔軟に対応するため、ソーシャルキャピタルデザイン社がクラウドシステムとして提供。
- SIP成果を活用し、山形県向けに改良したデータベースシステム「DBMY」を開発し、平成29年3月22日より山形県に正式に導入され、運用を開始。



社会実装時の運用形態

- 地域大学や技術センター等が、本クラウドシステムをベースに、インフラ維持管理データを活用した業務改善や技術アドバイス、人材育成等のサービスを地元自治体に提供。(平成29年度から、東北大学、山形県で実施)
- 各地域の建設コンサルタントやIT企業等が本システムを活用して各地域単位でサービスを提供することも想定。



(*) 戦略的イノベーション創造プログラム(SIP:エスアイピー)は、「総合科学技術・イノベーション会議」が自らの司令塔機能を発揮して、府省の枠や旧来の分野の枠を超えたマネジメントに主導的な役割を果たすことを通じて、科学技術イノベーションを実現するために創設されたプログラム。

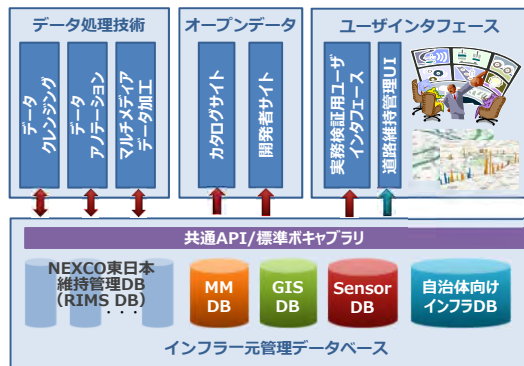
「本事業の目的」

- 1) 維持管理に関わるニーズと技術開発のシーズとのマッチング
 - 東日本高速道路(株)の維持管理業務を実証フィールドとして、業務上の課題/ニーズと技術的な課題を明らかにした上で、それにマッチした開発要件(シーズ)を設定
- 2) 新しい技術を現場で使える形で展開
 - 現行システム、蓄積データ等の既存資産の有効活用を図るとともに、新しい技術を現場で実証・評価しながら段階的に実運用に導入
- 3) 予防保全による維持管理水準の向上
 - 多種多様なデータの有効活用を図るため、経営、マネジメント、現場が機動的に情報共有し、的確な判断と円滑な執行を支援するデータの「利用」環境を開発
- 4) 低コストで実現
 - 現行システムの活用、オープンデータの活用、標準的な技術の採用等に留意し、自治体業務に活用

「研究開発の構成」

インフラの多種多様なセンシングデータを処理・蓄積・解析する技術の開発

- 多種多様なデータを一元的に管理するプラットフォームについて、自治体向け機能の拡張と切り分けを考慮し、システムアーキテクチャを検討。



【実施体制】

研究実施機関
 東日本高速道路(株)、
 (株)横須賀テレコムリサーチパーク
 (株)ソーシャル・キャピタル・デザイン
 (株)ネクスト東日本エンジニアリング、
 大阪大学/北海道大学/東京大学

「実施内容の概要」

IoTを想定したインフラ維持管理向けデータモデル、システムアーキテクチャとDB設計

- 地方自治体が管理する木製の橋梁・歩道橋・舗装・トンネルのデータ構造の分析を行い、平成28年度に作成したデータモデルに対し、5個のクラスと233個のインスタンスを追加し、「道路管理情報表現仕様書」を改訂した。
- 平成28年度に作成した「道路情報データベース共通API仕様」に対し、自治体で本システムを運用する中で業務上必要となった機能として、登録・更新・削除の機能を追加した。
- 異なる道路管理者の所有するデータは、形式の互換性や定義の違いがあることから、流通・活用が難しかった。本成果により、異なる道路管理者のデータベースに対し、登録された地理情報を結びつけて検索するといったデータの統合・連携による有効活用を実現した。
- 汎用性の高い実用的なデータモデルにするため、国総研等の関係機関にレビューを依頼するとともに、大学等の関係者にも情報提供を行い意見を照会した。

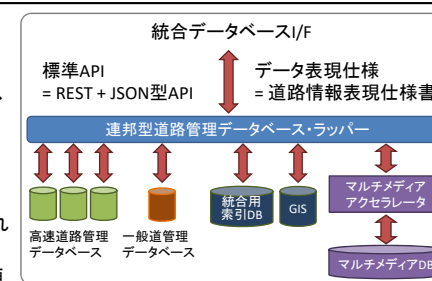


図 インフラデータの一元管理データベースの全体像

東日本高速道路(株)のSMH*プロジェクトへの導入

- 東日本高速道路(株)が進めているSMHプロジェクト(2020年運用予定)に本事業で開発した「道路管理情報表現仕様書」と「道路情報データベース共通API仕様」を導入した。複数の既存DBに共通のデータモデルとAPIを適用することで、各種データの一元管理と横断的な可視化や多角的な分析が可能となった。
- 場面1: 固有の資産に関する多種多様な情報(点検結果、補修結果、環境情報等)を維持管理業務に必要な形で連携表示することでの確かな判断を支援。
- 場面2: 複数のDB等にある変状に関連する各種のデータを、業務に必要な切り口で分析・可視化することで、指標に基づく迅速かつ総合的な判断を支援。
- 場面3: 本社、支社、事務所等の異なる業務拠点間で同じ情報を共有することで、全社的、複合的視点から情報を把握・共有し、的確かつ迅速な判断を支援。

※SMH: スマートメンテナンスハイウェイとは、高速道路の長期的な「安全・安心」の確保のため、ICTや機械化を積極的に導入し、これらが技術者と融合したメンテナンスに関わる業務基盤を再構築することで、生産性を飛躍的に向上するためのプロジェクト。



図 SIP技術のSMHプロジェクトへの導入

山形県・宮城県のインフラ管理業務での運用・評価

- 本事業の成果を活用し、橋梁の結元、点検結果等のデータを業務に即した形で閲覧可能なシステム(以下、「実業務システム」)を、東北大学の協力を得て開発した。
- 山形県33市町村、宮城県31市町村において、保有する橋梁関連データを実業務システムに登録し、実業務での運用を開始した。また、実運用を通じて得られた各種の課題を本事業にフィードバックした。
- 運用コストの低減、災害時における情報連携を目的に、複数自治体のデータを1つのサーバで集約管理できるよう、機能開発を行った。
- 宮城県での実証において、実業務システムと共通APIを介してデータの入出力が可能な現場点検支援端末を開発した。過去データを参照できる環境を提供することで、効率的で品質の高い点検が可能となった。



図 自治体のインフラ管理におけるシステムの運用

(*) 戦略的イノベーション創造プログラム(SIP: エスアイピー)は、「総合科学技術・イノベーション会議」が自らの司令塔機能を発揮して、府省の枠や旧来の分野の枠を超えたマネジメントに主導的な役割を果たすことを通じて、科学技術イノベーションを実現するために創設されたプログラム。

《インフラマネジメントの課題》

- インフラマネジメントでは多種多様な情報をもとに判断がなされており、情報システムに対して、業務場面に応じて適時適切に情報を提供する機能が求められている。
- 人工知能(AI)を活用するには、複数のシステムに蓄積されたデータを分析可能な形式に柔軟に処理することが必要である。
- 的確に技術的な判断を支援するには、路線軸、時間軸、対象事象等の概念整理と検討手順に沿ったアジアイル型の開発環境の整備が求められている。

＜研究の目的＞

- 一般的な概念として、データウェアハウス、データレイクなどの機能が提唱されているが、インフラマネジメントに適した機能は個別業務に対応して開発されているため、その抽象度を高めた機能構成を開発する。
- 開発した機能構成を具体的なインフラマネジメントの業務及びデータに適用し、ケーススタディを積み重ねることで汎用性の高いシステム及び運用方法を開発する。
- 開発・運用コストの削減により、インフラマネジメントにおけるデータ活用、人工知能(AI)活用の促進を図る。

《研究手法》

- インフラマネジメントに必要となる多種多様な情報を柔軟に処理するため、非構造化データベースを中核に必要性の高い機能を具備したアーキテクチャを設計する。
- 当該アーキテクチャに基づき、プロトタイプシステムを構築し、インフラ企業の実業務・実データを対象に、ユーザインタフェースとデータ分析結果について業務での実証を繰り返し、機能要件を整理し一般化する。
- インフラデータ特有のデータ処理などをライブラリ化して容易に利用できるシステムを設計・構築する。

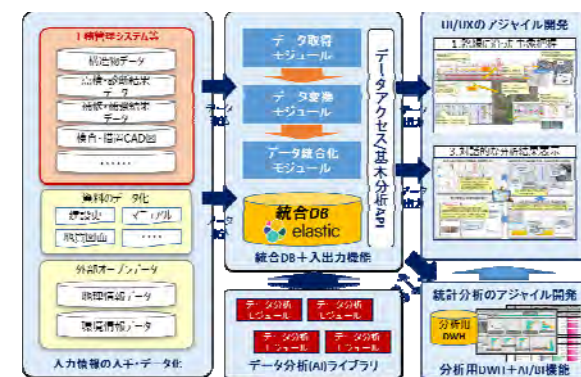
【实施体制】

研究実施機関	国立大学法人 東京大学 (株)ベイスコンサルティング
協力機関	東京地下鉄株式会社

＜実施内容の概要＞

統合DB+AI+DWH+アジャイル開発環境

- **統合DB+入出力機能:**
多様なデータ(管理DB、画像、文書、および、道路線形、気象データ等のオープンデータ)のフォーマット変換、位置・座標系変換等の処理を施し、相互に関連付いたデータとしてアクセス可能とするデータ管理及び入出力の機能を開発する。
- **データ分析(AI)ライブラリ:**
統合DBに集約されたデータを活用したデータ分析(AI)モジュールを登録し、それぞれの入力・出力の形式を共通化し統一的に扱うことができる機能を開発する。
- **UI/UX開発環境:**
業務を支援するためのUI/UXを利用者の要望を反映しながら効率的に開発するため、統合DBからのデータ検索・集計・可視化、地図連携[等]の開発環境を整備する。
- **統計分析開発環境:**
業務の現状やKPIの推移をタイムリーに把握できるよう、統合DBと統一的なフォーマット、APIで連携したDWH及び機動的にデータ加工が可能なBI環境を構築する。



インフラマネジメントに特徴的なユーザーインタフェース

- **路線軸に沿った事象把握**
路線軸に沿った管理を想定し、現場の事象を路線上の位置や構造と紐づけて登録して、俯瞰的な情報から詳細な情報までを路線上にシームレスに表示する。
- **時間軸に沿った履歴確認**
時間軸に沿った管理を想定し、特定の構造物や区間を対象に、過去のイベントを時系列で登録して、対象物に生じた履歴を俯瞰的に把握・分析する。
- **現象・推定結果の重合せ**
構造物の状態管理を想定し、対象箇所における変状の状態や補修実績を図面上、3次元上に表示。併せて、センサーの計測結果やAIによる推定結果を重ね合わせて表示することで、対象箇所の状態把握や対策方法の検討等を支援する。
- **対話的な分析結果表示**
構造物健全度の判定、要注意区間の設定、補修方法の選定等の技術的な判断を支援するため、統計分析結果や上記1~3のUIを活用して、業務手順・検討手順に沿って判断に必要な情報を対話的に表示する。



国際標準+アジャイル型UI/UX開発

- **国際標準の開発プロセス導入、ガイドブックの作成**
JIS Z 8530 (ISO9241)「インタラクティブシステムの人間中心設計」の推奨規定を基に実務の視点からUI開発の工程における重要なポイントを抽出して標準化し、UI/UXガイドブック(以下ガイドと呼ぶ)を作成する。
- **優良事例の分析とガイドの活用**
ガイドにユーザー評価の高いUIの開発事例を照らし合せ、評価のポイントを整理してガイドの内容をブラッシュアップする。開発中のUIにガイドを適用し、要求事項を満たしていない場合、改善要望として反映するプロセスを設定する。
- **アジャイル開発環境の整備**
短期間でUIの試作/評価/見直しを行う開発プロセスの導入にあたり、効率的にプロトタイプ開発を行うアジャイル開発環境を整備する。具体的には、プロトタイプ開発ツール/外部UIコンポーネント/ボタン等の汎用UIパーツ/フォント/アイコン/画面レイアウトの基本ルール等を想定する。

