

中間・事後評価一覧表

プロジェクト名 （研究期間）		プロジェクトリーダー （所属）	評価 時期	評価結果	判定
1	「海岸近接部において耐候性鋼材（無塗装仕様）を使用する橋梁の環境計測技術に関する研究」 （H28～H30）	神戸大学大学院 工学研究科 准教授 橋本 国太郎	中間	初年度（平成28年度）に実施した腐食促進試験の結果をふまえて、2年目（平成29年度）は検討項目を温湿度ロガーを用いた濡れ時間の予測に絞ったことで、精度をあげた予測手法が検証された。また客観的、効率的な腐食状態の評価手法として、3Dスキャナによる計測結果から鋼材の補修要否の判定手法が提案されるなど、腐食状態の把握手法に向けた研究成果がまとめられていると評価される。本研究の当初の目的は既設橋に対する腐食状態に関する調査手法としているが、今後は腐食環境を予測する手法についても検討することとしており、開発した技術の実装に向けた研究成果が期待される。	A
2	「事前道路通行規制区間の解除のあり方に関する研究」 （H28～H30）	神戸市立工業高等専門学校 都市工学科 教授 鳥居 宣之	中間	事前道路通行規制区間における解除基準の設定方法を検討するにあたり、地盤工学をはじめとして砂防、気象など各分野の専門家によるWGを立ち上げ、組織的に研究を進める中で、新たな解除基準を提案されるなど、設定した研究課題に対して計画的に目標が達成されている。特に雨量観測体制のあり方について低減するなど新たな技術提案もなされており技術革新性も高く、また研究最終年度に向けた課題も明確であることから、研究による成果が十分に期待される。	A
3	「ETC2.0プローブ情報の利活用の提案と効果分析に関する研究」 （H28～H30）	東京都市大学 工学部 都市工学科 准教授 今井 龍一	中間	プローブデータの基本特性をふまえた起終点判別手法や走行経路補完手法、走行経路付OD拡大手法を考案のうえ試行までを実施するなど実用的な成果が出されている他、プローブデータの具体的利活用方策として、一般道主要渋滞箇所分析や近畿圏の高速道路料金シームレス化の影響分析を実施し、管理者のニーズに沿った検討ならびに実証が進められるなど、研究成果の導入可能性が高く評価される。また定期的なプロジェクト会議の実施、多数の学会発表など計画的な研究成果の共有、広報がなされている。引き続き実証をすすめることで手法の深化、精緻化が期待される。	A
4	「道路ネットワークの整備がもたらす広範なストック効果の計量化手法に関する研究」 （H28～H30）	京都大学防災研究所 総合防災研究部門 教授 多々納 裕一	中間	2年目の研究成果としては、第二京阪道路整備が及ぼす周辺地域への人口や産業の立地等への影響の計量分析のほか、紀南地域の高速道路整備に伴う道路のレジリエンス向上効果について計量化が可能な便益項目となることが確認できた。特にストック効果として、法人・市民税収の増加、生活道路への流入交通減少効果、整備周辺箇所において特定の地域や産業に対しての効果算出などは新たな視点であり、今後事業効果を計り示す具体的な指標となることが期待される。またレジリエンスの向上効果についても時間軸の考慮に加え移動目的も加えて深度化した新たな指標が取りまとめられることを期待する。	A
5	「3次元データ活用に関する研究」 （H28～H29）	立命館大学 理工学部 都市システム工学科 教授 小林 泰三	事後	本研究では盛土の変状点検手法や転圧管理手法として、UAV等を利用した3次元測量が取りまとめられた。提案された盛土の内部情報化の技術は、CIMIに関する先進的な検討事例であり、また施工フィールドを使った実証実験を重ねることで、開発した技術の実現可能性を高めるなど、本研究の成果は技術革新性も含め十分に目標を達成されたものと評価される。	A
6	「橋梁の耐久性向上に資する排水構造と排水設備に関する技術標準の策定」 （H28～H30）	大阪大学 名誉教授 奈良 敬	中間	本研究では橋梁排水の技術標準策定を目標に、鋼橋、Co橋、排水、設計の各WGにおいて網羅的に検討を進められている。2年目にあたる昨年度は特に健全な橋梁のデータも収集することで腐食マトリックスの区分閾値の設定や、実橋における散水実験により橋梁排水の簡易モデルを提案するなど、技術標準案の策定に向けて着実に研究されていることは評価される。今後、近畿地方整備局の設計便覧への反映を見据えた技術標準案のとりまとめを進めることとしており、実現場への適用が期待される。	A
7	「鋼床版の疲労耐久性向上に関する研究」 （H29～H31）	関西大学 環境都市工学部 都市システム工学科 教授 坂野 昌弘	中間	関連する各方面の団体が多数参画したチームが連携して、紀の国大橋での疲労状況把握やFEM解析による応力状態の再現、また実物大試験体による疲労亀裂の再現がなされた。これらにより提案する補強工法の効果が検証され、応力発生状況の把握、従来構造と改良構造それぞれの耐久性に関する知見が得られたことは、計画どおり研究が進められたとともに、導入可能性が十分に確認できたと評価される。今後、実橋での補強工法による実地検証を重ねることで、実装に向けての信頼性向上が期待される。	A
8	「移動体通信データを活用した行動推定に基づく観光交通対策の優先順位最適化」 （H29～H31）	京都大学 経営管理大学院 教授 山田 忠史	中間	本研究における初年度の研究目的は計算手法の基礎的枠組みの確立であった。特に構築した計算構造を実際的な交通ネットワークにおいて試算を行い、妥当な計算結果を示すなど、技術革新性及び導入可能性の観点で非常に有効なプロジェクトであると判断出来る。またプロジェクトの進め方においても定期的な打合せが開催されるなど適切な進捗管理がなされていた。2年目以降の研究においても研究フィールドとなる京都国道事務所管内での実装やそれをふまえての他フィールドへの活用が見込まれることから研究成果が十分に期待できる。	A
9	「道路資産管理高度化のためのデータベース構築に関する研究」 （H29～H31）	京都大学大学院 工学研究科 准教授 松島 格也	中間	舗装の維持管理マネジメントシステムの有用性を検証するにあたり、日常巡回記録データを用いて路面性状の異常を早期に予見できる枠組を検討されている。この研究成果によりこれまで実施してきた路面性状調査の代替となり得れば、目視点検による調査の省力化、コスト縮減につながるものであり、効率的な舗装の維持管理につながるものと評価される。引き続きマネジメントシステムの実用化に向けて、多種多様な舗装データの関連性を精査・整理することで、実務面での運用可能性をあげられることが期待される。	A
10	橋梁補修施策プロファイリング手法の開発 （H29～H31）	大阪大学大学院 工学研究科 准教授 貝戸 清之	中間	橋梁の劣化予測やライフサイクルコスト費用評価などに関するプロファイリング手法構築の方法論開発を目的として、管内における橋梁を対象に統計分析を行い、部材劣化の主要因の抽出の他、主要部材の劣化過程と部材間の関連性、特に桁端部の腐食に着目した予測モデルの構築などが取りまとめられた。これら提案された方法論については実点検データを用いた分析により妥当性も検証され、初年度の研究成果として目標が達成していると評価される。最終的には、直轄のみならず市町村への展開や補修効果の事後評価などの実務的課題への適用を目指すとしており、引き続き実装に向けた研究の進捗が期待される。	A
11	「ICRT技術を活用した高精度かつ効率的な斜面・法面点検技術の開発」 （H29～H31）	岡山大学大学院 環境生命科学研究科 教授 西山 哲	中間	初年度の研究成果として、斜面点検作業を効率化するタブレットツールやAIを活用した3次元点群解析ソフトが開発された。これにより、点検作業の省力化・効率化が見込まれるとともに、国道9号における法面对策後の変状把握について、当該技術を活用するなど1年目から実用に向けた現地検証が並行して進められており、実現性が十分に証明されたと評価する。以降はレーザードローン計測技術の検証を進めるとともに、国道42号でも航空レーザを活用した実証実験を進めることとしており、さらに研究成果の精度向上が期待される。	A
12	「道路事業における3次元データの利活用に関する研究」 （H28～H30）	大阪経済大学 情報社会学部 教授 中村 健二	中間	昨年度の研究成果として、道路地物単位の点群データを抽出する手法開発に向けた「道路工事完成図書と3次元情報との関連付け手法の高度化」と「点群データ等の3次元情報に地物属性を付与するための技術開発」が取りまとめられた。あわせて点群データの活用における精度向上のための明確な課題も把握されており、着実かつ計画的にプロジェクトが進められていることから、本年度の研究成果は十分に目標を達成したものと評価される。最終年度である本年度においては、明らかにした課題に対して改善を図り、点群データの差分検出手法の開発を進めることとしており、実装に向けた研究成果が期待される。	A

プロジェクト・研究成果の概要(1/2)

プロジェクト:「海岸近接部において耐候性鋼材(無塗装仕様)を使用する橋梁の環境計測技術に関する研究」

プロジェクトリーダー

・氏名(ふりがな):橋本 国太郎(はしもと くにたろう)

・所属、役職:神戸大学大学院工学研究科市民工学専攻、准教授

研究期間:平成29年7月～平成30年3月(全体期間:平成28年度～平成30年度)

プロジェクト参加メンバー(所属団体名のみ)

京都大学、(株)横河ブリッジホールディングス、(株)セイコーウェーブ

プロジェクトの背景・目的(研究開始当初の背景、目標等)

近年、日本では耐候性鋼材を使用した鋼橋が多く建設されており、その維持管理に関する問題も多くなってきている。橋梁建設前の飛来塩分などの腐食環境調査により、飛来塩分が少ない地域では無塗装で耐候性鋼材を使用することができる。しかしながら、凍結防止剤の散布や橋梁の構造に起因する局所的な腐食環境の変化などにより、保護性さびが生成されず腐食損傷する場合がある。また、このような耐候性鋼橋を目視点検する場合、調査する人の技量の違いにより、調査結果にばらつきが生じることや定期点検間に腐食環境が変化し腐食が進行した場合、それを把握するすべがないことが懸念されている。さらに、塩分環境を調査する際に用いられるドライガーゼ法による飛来塩分調査では、ガーゼに付着した塩分すべてが、桁に付着しているとは考えにくく、間接的な塩分量測定であり腐食量との関係性を定量的に導き出すことが難しい場合もある。

そこで、本研究では、(1)ドライガーゼ法より精度が高く簡易な腐食環境調査により耐候性鋼橋の腐食環境を評価する手法、(2)定期点検時の目視点検の精度を補完する手法や詳細調査時の腐食状態をより簡易に評価する手法、(3)点検間の状態を把握するために簡易な腐食モニタリング手法を開発することを目的に研究を進める。

プロジェクトの研究内容(研究の方法・項目等)

上述した目的を達成するために実施する具体的な研究内容として、(1)では、ドライガーゼ法に代わり、付着塩分量計測と濡れ時間計測を行うことでより精度の高い腐食環境評価を行う手法を開発する(以下、腐食環境評価法の開発)。(2)では、目視点検に代わって、ポータブル 3D スキャナとさび厚測定を用い、判定結果のばらつきをなくし高精度かつ簡易に腐食状態を評価する手法を開発する(以下、腐食状態評価法の開発)。最後に(3)では、犠牲腐食材を設置し、それが腐食破断することで、アラームが作動する装置を開発し、簡易に腐食状態をモニタリングする手法を開発する(以下、腐食モニタリング手法の開発)。平成29年度に実施した研究内容を項目ごとに分けて以下に示す。

(1)腐食環境評価法の開発

平成29年度は、28年度実施した腐食促進試験で精緻に濡れ時間を評価できなかったため、使用する濡れセンサや試験方法(恒温恒湿試験機による温湿度変化を与える)を変更して濡れ時間の評価方法について詳しく検討した。図-1 に示すように試験槽内に新たな濡れセンサおよび温湿度ロガーを設置し、温度や湿度、風の影響をパラメータとし、濡れ時間を計測した。また、28年度に実施したワッペン試験片を使用した暴露試験結果を用い、実際の橋梁での温湿度ロガーによる濡れ時間や付着塩分量と腐食量との関係性を検討した。

(2)腐食状態評価法の開発

平成29年度は、腐食した耐候性鋼材の表面凹凸データを増やすため、あまり状態の良くない耐候性鋼橋の表面データ収集を中心に、上述した 3D スキャナを用いた表面凹凸測定および膜厚計を用いたさび厚測定を実施した。その結果と28年度のデータを用い、3D スキャナで腐食状態を判定(評点3と評点2との間)できる閾値を検討した。

(3)腐食モニタリング手法の開発

平成29年度は、犠牲腐食材に使用する耐候性鋼材ワイヤによる腐食促進試験を開始した。さらに、新たな犠牲腐食センサと警告灯付きロガーによる計測も同時に行い、その比較検討を行う。



図-1 恒温恒湿試験機でのセンサ設置状況

プロジェクトの研究成果の概要(図表・写真等を活用しわかりやすく記述)

(1)腐食環境評価法の開発

今年度の室内試験の結果として、図-2 に試験で得られた各種センサによる濡れ時間と USB ロガーで湿度 70%以上となったときの濡れ時間として算定した時間との関係を示す。70%以外にも80%や65%で計算を試みたが、1:1の関係が見られたのは、70%で算定したときであった。この図より、どのセンサにおいても傾きがほぼ1.0となっており、相関係数が大きい値となっていることから、相対湿度 70%以上となった時間を濡れ時間と算定することでより精度の高い濡れ時間の予測が可能と考えられる。ただし、腐食との関係性は本試験では検討していないため、今後、実際の腐食量との関係を検討する。

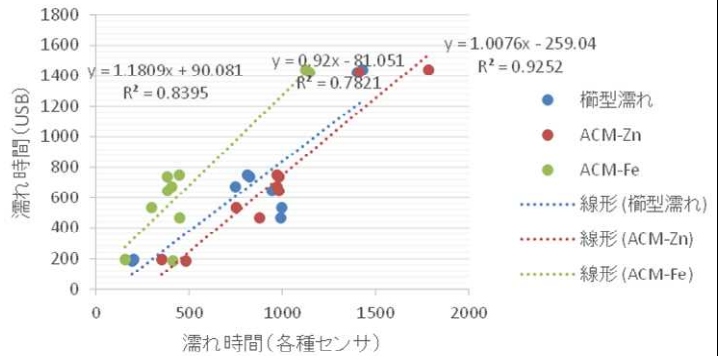


図-2 濡れ時間の比較

次に暴露試験の結果より、濡れ時間×付着塩分量と腐食量との関係を示したものを図-3 に示す。桁外側のデータは、相関がないが桁内側のデータは相関が見受けられる。これは降雨による塩分の洗い流しの影響が出たものと考えられ、腐食状態をより精度良く評価するには洗い流しの無い桁内側で評価する必要があることがわかった。

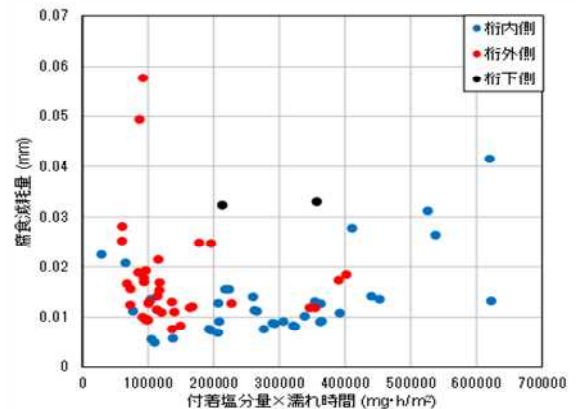


図-3 腐食減耗量と付着塩分量×濡れ時間関係

(2)腐食状態評価法の開発

3D スキャナによる画像解析結果として鋼材表面の凹凸データの標準偏差値と平均さび厚との関係を図-4 に示す。図-4 より、さび厚測定値と 3D スキャン計測値との間に相関関係が見られ、さび外観評点が低い(悪腐食環境)と判断した箇所では、さび厚測定値および 3D スキャン計測値の標準偏差がともに大きくなる傾向を示していることがわかる。

昨年度に比べ、評点 2~3 のデータが多く収集することができたことから、それらを含めて評価することができた。この結果より、さびの状態が良好かつ今後の処置が不要と判断される外観評点 3~5 は、概ね 3D スキャン標準偏差 200 μm 以下の範囲内(図-4 中破線)にあることがわかった。今後も引き続き多くのデータを収集することや、この装置での現場での測定作業の効率化や適用範囲などの検討を行っていく。

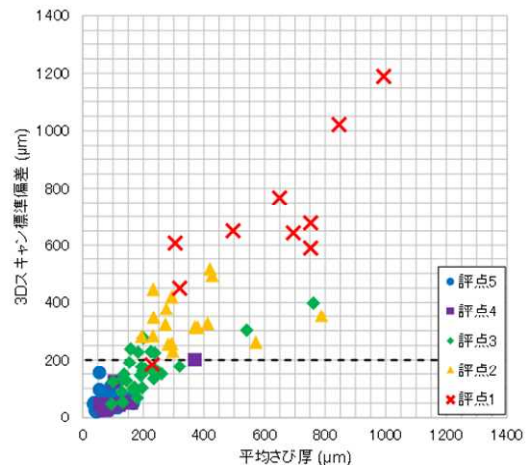


図-4 凹凸の標準偏差値と平均さび厚との関係

(3)腐食モニタリング手法の開発

昨年度提案したモニタリング装置の犠牲腐食材として、耐候性鋼材のワイヤを選定し、その腐食促進試験を開始した。図-5 には、その設置状況を示している。腐食促進試験は ISO 基準の S6 サイクルによって実施し、100 サイクル、500 サイクル、1000 サイクル程度で試験体を取り出し、腐食量を分析する。また、別途、新たな金属抵抗素子を用いた鋼製腐食センサおよび警告灯付きロガーも設置し、抵抗値の変化を常時モニタリングし、そのデータを取得する。

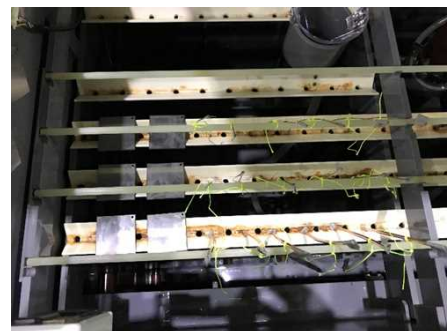


図-5 犠牲腐食材の設置状況

プロジェクト・研究成果の概要(1/2)

プロジェクト:「事前道路通行規制区間の解除のあり方に関する研究」
プロジェクトリーダー ・氏名(ふりがな):鳥居宣之(とりいのぶゆき) ・所属・役職:神戸市立工業高等専門学校 都市工学科 教授
研究期間:平成29年 8月～平成30年 3月(全体期間:平成28年度～平成30年度)
プロジェクト参加メンバー(所属団体名のみ) 学:神戸市立工業高等専門学校, 大阪大学, 関西大学, 立命館大学, (一財)建設工学研究所 産:国際航業(株), (株)ダイヤコンサルタント, (株)気象工学研究所, 地球観測(株), iシステムリサーチ(株), アーステック東洋(株), 計測技研(株), 復建調査設計(株), 応用地質(株), 明星電気(株) 官:国土交通省近畿地方整備局, 近畿技術事務所, 兵庫国道事務所, 福知山河川国道事務所
プロジェクトの背景・目的(研究開始当初の背景、目標等) 道路ネットワークの信頼性を向上させるためには、異常気象時通行規制区間(以下、通行規制区間と称する)において、①適切な通行規制の解除基準を設けることで通行止め時間の適正化を図ること(「時間的」解除)、②通行規制区間内で発生が想定される土砂災害に対して、その災害発生危険箇所と被災規模等を定量的に評価し、その評価結果に基づいて、斜面对策工などの適切な対策を行うことにより安全性を確保した上で通行規制区間を解除(もしくは短縮)すること(「空間的」解除)が重要である。本研究プロジェクトでは、地盤工学、斜面防災、砂防工学、気象、現地計測、数値解析の知見に基づいたこれら 2 つの解除基準の設定方法を提案するため、3 つのWG(降雨特性評価研究 WG、「時間的」解除基準検討 WG、「空間的」解除基準検討 WG)による検討を行っており、得られた成果を今後の道路の効率的かつ効果的な管理に資することを目的としている。
プロジェクトの研究内容(研究の方法・項目等) 道路ネットワークの信頼性を向上させるためには、①適切な通行規制の解除基準を設けることで通行止め時間の適正化を図ること(「時間的」解除)、②事前通行規制区間内で発生が想定される土砂災害に対して、その災害発生危険箇所と被災規模等を定量的に評価し、その評価結果に基づいて、斜面对策工などの適切な対策を行うことにより安全性を確保した上で事前通行規制区間を解除(もしくは短縮)すること(「空間的」解除)が重要である。本研究プロジェクトでは、これら 2 つの解除のあり方について、地盤工学、斜面防災、砂防工学、気象、現地計測、数値解析の知見に基づいた解除基準を提案するため、3 つのWGを立ち上げ、検討を行っている。 降雨特性評価研究WG(WG1)では、通行規制区間の降雨特性の把握ならびに雨量の観測体制の評価と短時間予測雨量情報の高度化手法の検討を行った。具体的には、通行規制区間の降雨特性の把握ならびに雨量の観測体制の評価では、兵庫県淡路島の国道 28 号の通行規制区間(2 区間)において実施されたこれまでの通行規制時の気象概況を整理し、通行規制時の降雨の概況をテレメータデータと近傍のアメダスデータの比較で示した。さらに、昨年度末より兵庫県淡路島内の国道 28 号事前通行規制区間の近傍に設置した雨量計について整理し、これらの観測データと既存のテレメータデータとの比較に基づいて行った雨量観測体制を評価した。その結果、検討区間においては、広域で積算雨量の南北勾配があることが確認でき、レーダー観測雨量に基づく広域の雨量データによる降雨特性の調査結果からもその特性が確認された。さらに、規制区間における降雨特性を SOM(自己組織化マップ)で分析するとともに、その降雨特性考慮したシミュレーション降雨波形の作成を行った(図 1 参照)。短時間予測雨量情報の高度化手法の検討では、通行規制時間の短縮化(「時間的」短縮)の目的のため、短時間予測雨量情報を得るための手法についてレビューを行い、来年度に向けて取り組む手法の検討を行った。 「時間的」解除基準検討 WG(WG2)は、「時間的」解除のための基準の検討を行い、土壌雨量指数に基づく通行規制・解除基準の提案を行った。具体的には、通行規制基準となる連続雨量は、規

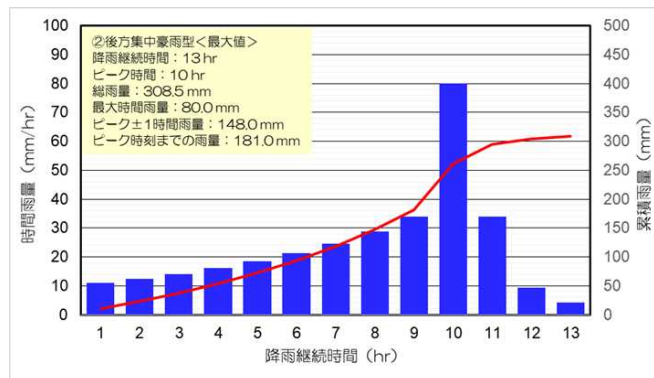


図 1 シミュレーション降雨波形の例

制雨量が通行規制区間ごとに設定されており、過去の斜面崩壊履歴等を参考に雨量が決定されている。しかしながら、連続雨量で設定された現在の通行規制基準は、通行規制前に斜面崩壊が発生する災害の見逃しや、通行規制実施中に斜面崩壊が発生しない通行規制の空振りというものが非常に多く発生していることが報告されていることもあり、斜面崩壊の危険度を考慮した適切な通行規制基準の提案による通行規制回数の減少が望まれている。このような状況を改善するために、土中の水分量を考慮する方法として、土壌雨量指数と実効雨量を用い、それを指標とした通行規制・解除基準について提案するとともにその有効性について考察した。

土壌雨量指数と 60 分間積算雨量を用いた通行規制基準の適用事例を図 2 に示す。この図のスネークラインは、実際に通行規制を行った雨量で、提案した方法を用いると規制回数が 17 回から 9 回、規制時間が 10280 分から 940 分に減少する結果となった。また、現地計測事例として、平成 29 年 10 月の台風 21 号による降雨時の地盤内過剰間隙水圧の変化を図 3 に示した。この図に示すように通行規制発令時においても多くの点で間隙水圧値が正圧に至り飽和状態になることが計測された。通行規制解除時には、間隙水圧値が正圧から負圧へと移行し、飽和帯の消失が起きたことが確認され、通行規制発令時の地盤内の水分変動に関する貴重な結果が得られた。

「空間的」解除基準検討 WG(WG3)では、「空間的」解除のための基準の検討を行った。具体的には、対象とした国道 28 号の通行規制区間(炬口区間)内で発生が想定される土砂災害特性について整理するとともに、落石、表層崩壊ならびに土砂流出のハザードマップの作成に必要な土砂災害の危険度を定量的に評価する手法について検討を行った。図 4 は、降雨による地盤内の水分状況をシミュレートし、安定解析によって、危険度を評価したもので、当該箇所における表層崩壊発生危険箇所を示したものである。この図に示すように、土砂災害発生の危険度を定量的に評価し、マップ化する方法について検討を行った。

最後に次年度への研究課題を整理し、最終年度の研究計画を立案した。また、これまでの研究成果の社会への還元として学会等で研究発表(一部、発表予定)を行った。

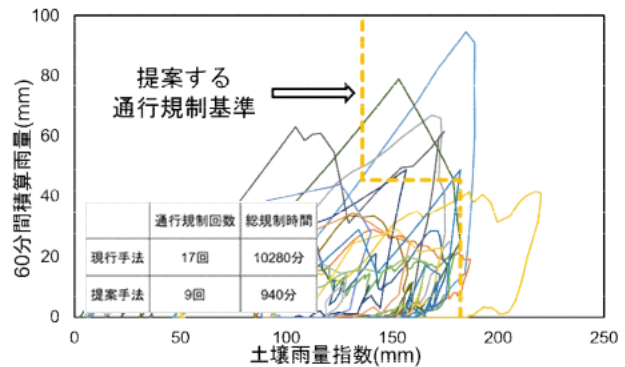


図 2 スネークライン(崩壊未発生)と提案した通行規制基準

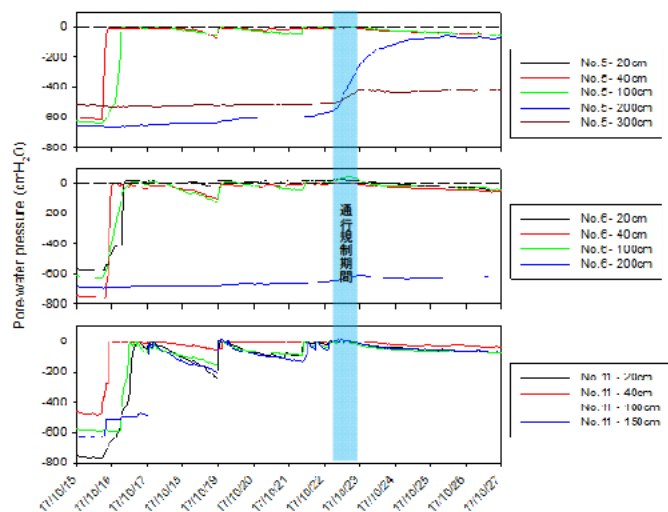


図 3 2017 年台風 21 号の B 測線における間隙水圧の変動結果

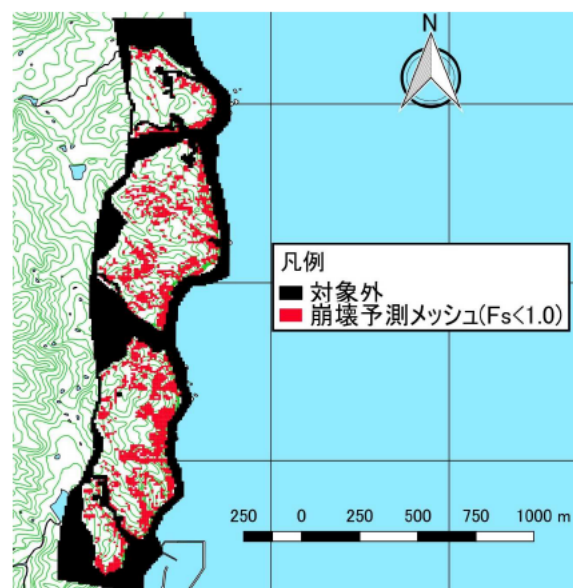


図 4 崩壊予測メッシュの分布

プロジェクト・研究成果の概要(1/2)

プロジェクト:「ETC2.0 プローブ情報の利活用の提案と効果分析に関する研究」																											
プロジェクトリーダー ・氏名(ふりがな):今井 龍一 (いまい りゅういち) ・所属・役職:東京都市大学工学部都市工学科、准教授																											
研究期間:平成29年7月～平成30年3月(全体期間:平成28年度～平成30年度)																											
プロジェクト参加メンバー(所属団体名のみ) 中央復建コンサルタンツ株式会社、株式会社NTTドコモ、関西大学、大阪経済大学																											
プロジェクトの背景・目的(研究開始当初の背景、目標等) 社会全体で総人口と労働力人口が減少する中で、地域の経済力を維持するためには生産性の向上が必要となる。また、地方創生が進められる中で、地域観光の活性化に大きな期待が寄せられている。地域の経済力と活力の向上に資する道路インフラネットワークの戦略的な整備・管理運営が道路交通政策に対して求められている。 「関西広域地方計画(計画原案)」(平成 28 年2月 国土交通省)では、近畿圏の将来像として、①スーパー・メガリージョンの一翼を担うため、知的滞留拠点機能を強化した次世代産業を育成すること、②圏域中央部から北部・南部まで、各地の個性を活かした多様な観光インバウンドの拡大を図ることが示されている。近畿圏は、産業などの諸機能が集積し、個性的かつ多様な地域で構成されている特徴を有しているものの、ヒト・モノ・カネ・情報の東京一極集中により、相対的な格差が広がっている。近畿圏の将来像を実現する一方策として、道路交通政策においては、ミッシングリンクの解消や渋滞ボトルネック対策といった課題に対応する必要がある。 これらの道路交通課題に効率のかつ戦略的に取り組むには、マクロ・ミクロの多角的観点による道路交通流動の実態把握が極めて重要である。その中で、ETC2.0 プローブ情報は根幹を担う我が国の資産である。 本研究の目的は、上記の背景認識に基づき、近畿圏における各種道路事業の必要性および整備優先度の分析・検討や広域的かつ時間単位の道路交通需要マネジメントの検討・実施に資する新たな基礎技術の開発とする。具体的には、ETC2.0 プローブ情報から得られる知見の最大化を目指し、各種外生データも積極的に活用しながら、プライバシー保護を踏まえた個別車両の OD や走行経路の把握手法、時空間の連続性を担保した交通流動の総量把握手法の研究開発と、その利活用方策の検討および効果分析を行うものである。																											
プロジェクトの研究内容(研究の方法・項目等) 本研究は、以下の5つの段階で実施する。 ① ETC2.0 プローブ情報の基本特性分析 ② 起終点判別手法の開発 ③ 走行経路補完手法の開発 ④ 走行経路付き OD の拡大手法の開発 ⑤ 各手法を用いた試行 まず、ETC2.0 プローブ情報の基礎的な項目の徹底的な分析を実施する。道路種別毎や車種毎のデータ取得状況等の ETC2.0 プローブ情報の基本特性を体系的かつ継続的に把握するためのモニタリング手法を研究する。 次に、ETC2.0 プローブ情報の走行履歴に着目した起終点判別により OD を把握する手法の仮説を立てる。さらに、把握された OD の走行経路を把握する手法の仮説を立てる。上記手法で把握される経路付き OD に対して拡大処理を施して、交通流動の総量把握手法の仮説を立てる。各手法を試行して洗練を図り、実用的な成果をとりまとめる。 平成 29 年度は、(1)ETC2.0 プローブ情報の基本特性分析(継続)、(2)起終点判別手法の開発、(3)走行経路補完手法の開発、(4)走行経路付き OD 拡大手法の開発、(5)道路管理者ニーズに即した具体的利活用方策の考案を実施した。																											
		① ETC2.0プローブ情報の基本特性を把握する ② 他の交通関連情報との親和性も把握する ETC2.0以外の情報 ① ETC2.0プローブ情報の基本特性分析 ② ODを把握する ③ 走行経路を把握する ④ OD・交通の総量を把握する ⑤ 試行により有用性を確認する 近畿圏 年度別の研究項目																									
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>研究項目</th><th>H28 1年目</th><th>H29 2年目</th><th>H30 3年目</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>(1) ETC2.0プローブ情報の基本特性分析 基礎集計、データ取得状況、エンジンON/OFF特性などデータ特性の把握</td><td>分析</td><td>(継続)</td><td>(継続)</td></tr> <tr> <td>(2) 起終点判別手法の開発 土地利用状況等を考慮したODの把握手法の開発(高度化)</td><td>仮説</td><td>仮説・ 一部実証</td><td>実証</td></tr> <tr> <td>(3) 走行経路補完手法の開発 RSU(ITSスポット、経路情報収集装置)の位置や道路種別などを考慮した走行経路の把握・補完手法の開発</td><td>仮説</td><td>仮説・ 一部実証</td><td>実証</td></tr> <tr> <td>(4) 走行経路付きOD拡大手法の開発 常時観測交通量や道路交通センサ交通量などを用いた拡大手法、交通流動の総量把握手法の開発</td><td>—</td><td>仮説</td><td>実証</td></tr> <tr> <td>(5) 道路管理者ニーズに即した具体的利活用方策の考案 近畿地方整備局における重点対策等の対象となっている実フィールドにおけるETC2.0プローブ情報の利活用方策の考案、試行</td><td>—</td><td>仮説・ 一部実証</td><td>実証</td></tr> </tbody> </table>		研究項目	H28 1年目	H29 2年目	H30 3年目	(1) ETC2.0プローブ情報の基本特性分析 基礎集計、データ取得状況、エンジンON/OFF特性などデータ特性の把握	分析	(継続)	(継続)	(2) 起終点判別手法の開発 土地利用状況等を考慮したODの把握手法の開発(高度化)	仮説	仮説・ 一部実証	実証	(3) 走行経路補完手法の開発 RSU(ITSスポット、経路情報収集装置)の位置や道路種別などを考慮した走行経路の把握・補完手法の開発	仮説	仮説・ 一部実証	実証	(4) 走行経路付きOD拡大手法の開発 常時観測交通量や道路交通センサ交通量などを用いた拡大手法、交通流動の総量把握手法の開発	—	仮説	実証	(5) 道路管理者ニーズに即した具体的利活用方策の考案 近畿地方整備局における重点対策等の対象となっている実フィールドにおけるETC2.0プローブ情報の利活用方策の考案、試行	—	仮説・ 一部実証	実証
研究項目	H28 1年目	H29 2年目	H30 3年目																								
(1) ETC2.0プローブ情報の基本特性分析 基礎集計、データ取得状況、エンジンON/OFF特性などデータ特性の把握	分析	(継続)	(継続)																								
(2) 起終点判別手法の開発 土地利用状況等を考慮したODの把握手法の開発(高度化)	仮説	仮説・ 一部実証	実証																								
(3) 走行経路補完手法の開発 RSU(ITSスポット、経路情報収集装置)の位置や道路種別などを考慮した走行経路の把握・補完手法の開発	仮説	仮説・ 一部実証	実証																								
(4) 走行経路付きOD拡大手法の開発 常時観測交通量や道路交通センサ交通量などを用いた拡大手法、交通流動の総量把握手法の開発	—	仮説	実証																								
(5) 道路管理者ニーズに即した具体的利活用方策の考案 近畿地方整備局における重点対策等の対象となっている実フィールドにおけるETC2.0プローブ情報の利活用方策の考案、試行	—	仮説・ 一部実証	実証																								

プロジェクトの研究成果の概要

(1) ETC2.0 プローブ情報の基本特性分析(H28 年度から継続実施)

本分析は、各手法開発の基礎情報を得ることに加えて、道路交通分析の的確な遂行に際して定型的に把握すべき事項の体系化も目的とした。継続して基本特性をモニタリングした結果、ETC2.0 プローブ情報の取得状況が大幅に増加傾向であることを把握した(2017 年 4 月の取得車両の平均は約 7.1 万台/日〔2016 年 4 月から約 86%増〕)。併せて、RSU(ITS スポット・経路情報収集装置)のカバーエリア分析により、ETC2.0 プローブ情報の取得状況向上に資する新規 RSU の最適配置箇所を提案した。

(2) 起終点判別手法の開発(仮説の考案・一部実証)

現状の ETC2.0 プローブ情報は、起終点の誤判別によりトリップが過剰に分割されている。このため、走行特性や土地利用状況から起終点の誤判別が生じやすい箇所(体系的な整理の結果を下図に示す)を抽出して、該当箇所には起終点が存在しないとみなす起終点判別手法を考案し、試行した。その結果、効率的・効果的に起終点の誤判別を修正できることを確認した。

(3) 走行経路補完手法の開発(仮説の考案・一部実証)

ETC2.0 プローブ情報の走行経路には、不明区間が含まれている。走行実態に即した分析を実施するため、不明区間をダイクストラ法による最短経路探索で補完する手法を考案し、起終点判別後の実データで試行した。本手法により、一定程度妥当性のある走行経路の生成が可能であることを確認した。

(4) 走行経路付き OD 拡大手法の開発(仮説の考案)

(3)までに把握される走行経路付き OD を拡大し、道路交通流動の総量を把握する手法を考案した。今回は、ETC2.0 プローブ情報と同じ常時観測データの携帯基地局の運用データに基づく人口流動統計から拡大母数となる自動車 OD の生成を試行した(試行結果を右図に示す)。

(5) 道路管理者ニーズに即した具体的利活用方策の考案(仮説の考案・一部実証)

ETC2.0 プローブ情報を道路管理者の施策展開に活用するため、データの特長を活かした一般道主要渋滞箇所分析、近畿圏の高速道路料金シームレス化の影響分析等を試行し、手法の洗練・分析の深化を図った。

(6) その他(アウトリーチ活動)

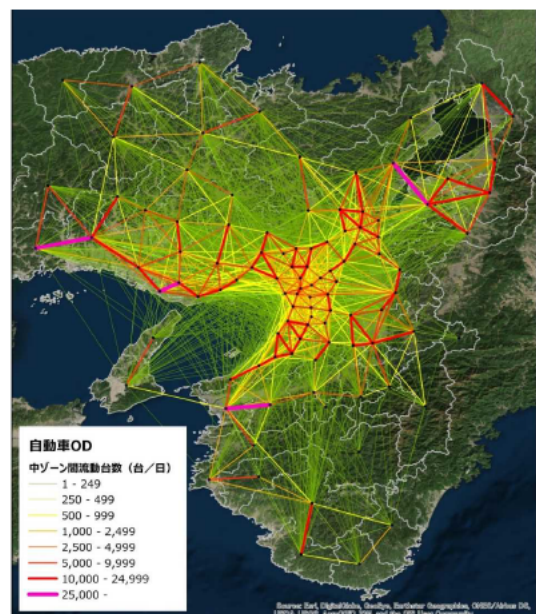
平成 29 年度までの研究成果を下記の学会等にて発表した(発表済 8 編、投稿済 2 編)。

【発表・投稿済】

- ・土木学会関東支部技術研究発表会(平成 29 年 3 月)1 編
- ・土木計画学研究発表会(春大会)(平成 29 年 6 月)1 編
- ・土木学会全国大会(平成 29 年 9 月)1 編
- ・土木計画学研究発表会(秋大会)(平成 29 年 11 月)1 編
- ・土木学会関東支部技術研究発表会(平成 30 年 3 月)2 編
- ・土木計画学研究発表会(春大会)(平成 29 年 6 月)2 編
- ・土木学会 全国大会(平成 30 年 8 月)2 編(投稿済)

【今後の投稿予定】

- ・第 8 回アジア土木技術国際会議(1 編登録中)
- ・土木学会論文集 など



携帯基地局運用データによる自動車OD



起終点誤判別箇所の体系的な整理

背景地図の出典：Google Map

プロジェクト・研究成果の概要(1/2)

プロジェクト:「道路ネットワークの整備がもたらす広範なストック効果の計量化手法に関する研究」

プロジェクトリーダー

・氏名(ふりがな):多々納裕一(たたのひろかず)

・所属、役職:京都大学・防災研究所、教授

研究期間:平成 29 年 10 月～平成 30 年 3 月(全体期間:平成 28 年度～平成 30 年度)

プロジェクト参加メンバー(所属団体名のみ)

京都大学、神戸大学、鳥取大学、日建シビル、システム科学研究所

プロジェクトの背景・目的(研究開始当初の背景、目標等)

道路事業の便益として、走行時間短縮、走行費用減少、交通事故減少といういわゆる 3 便益が計量化の対象とされてきたが、それ以外にも、所要時間信頼性の向上の効果、災害時においてもネットワークの連結性が保証されるリダンダンシー増加の効果など、直接的な効果ですら、評価の対象とされていない。この直接効果は、道路の利用者が直接享受するものであるが、道路整備によって間接的にもたらされる産業や住宅立地の変化、それに伴う地域総生産や厚生水準の変化など、直接効果だけでは必ずしも十分に評価しえない便益をももたらしていると考えられている。これは近年「ストック効果」として道路整備の効果として認識されつつある。本研究では、道路網形成による道路交通の信頼性の向上をはじめ、道路整備がもたらす多様な効果に着目し、3 便益以外の評価項目も活用した事業評価手法に関する研究を実施する。

プロジェクトの研究内容(研究の方法・項目等)

(1)道路整備と立地変化に関する検討:第二京阪自動車道を事例として

(1-1)第二京阪道路整備に伴う動向の整理

既往のオープンデータを用いて、第二京阪道路の整備前後における社会経済指標の変化を整理した。対象とした社会経済指標は、①土地利用(建物用地の面積)、②人口総数、③DID(人口集中地区)の面積、④事業所数(図 1)、⑤従業者数、⑥小売業 売場面積、⑦小売業 年間販売額、⑧地価である。その上で、各インターチェンジ(以下、IC)からの距離に応じた各指標の変化率から、ストック効果の空間的な広がりを把握した(図 2)。その結果、概ね 2-4km 圏域内で効果が発現していることが明らかとなった。

(1-2)道路整備の立地促進効果・雇用促進効果

道路整備が製造業事業所の立地や雇用を促進する効果を定量する枠組みを示した上で、第二京阪道路を対象に推定を行った。右下の回帰 DD モデルなどを用いた推定の結果、リーマンショックや電機不況といった状況下においても、道路整備が中間財投入比率の高い産業の物流効率化に寄与し、周辺地域における事業所の立地や雇用を促進する効果をもたらすことが明らかとなった。今後の課題として、より多くの道路事業を対象に分析を実施すること、製造業以外の産業についても同様の分析を行うこと、これらの分析を通じて、どういった道路の整備によって、どういった産業において立地や雇用の成長が促されるかについて知見を蓄積することが重要である。

事業所数 増減率

— IC 1km圏域 — IC 2km圏域 — IC 3km圏域



図 1:IC 周辺の事業所数の増減率

京田辺松井

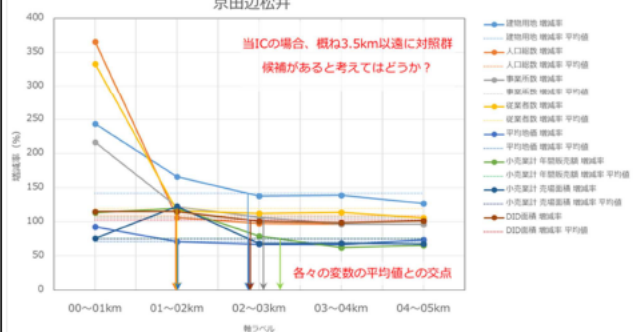


図 2:ストック効果の空間的広がりの把握

回帰 DD モデル

$$Y_{it} = \alpha + \beta_1 \cdot POST_{it} \cdot AREA_{it} + \beta_2 \cdot POST_{it} + \beta_3 \cdot AREA_{it} + v_{it}$$

プロジェクトの研究成果の概要(図表・写真等を活用しわかりやすく記述)

(2)道路整備による災害レジリエンス向上効果の計量化

道路の防災機能評価の高度化に向けて、「時間軸」の視点を考慮した検討を行った。

(2-1)リダンダンシー向上効果の評価

「道路ネットワークの防災機能の向上効果計測マニュアル(案)」に基づく評価手法を、災害発生からの時間軸に沿った道路啓開計画を考慮した枠組みへと拡張し、南海トラフ巨大地震リスクに直面する和歌山県沿岸部を対象に評価を行なった。その結果として、災害発生後の概ね 48 時間後で最も道路ネットワークの連結性効果が発現する(効果がより発揮される)こと(図 3)、および、孤立人口の解消効果が大きい(約 1 万人)であることが明らかとなった。今後の課題としては、本検討では医療目的のみに着目した分析であったが、災害発生後は移動目的が多岐に渡る(医療以外に、避難・物資運搬等)と考えられる。よって、目的の違いに応じた前提条件を設定し、さらに分析を深度化させていく必要がある。

(2-2)レジリエンス向上効果の評価

レジリエンスは抵抗力と回復力の2つの概念で構成される。抵抗力は災害発生時におけるシステムの機能損失を抑える能力であり、回復力は災害で損なわれた機能を迅速に元の状態へ戻す能力である。本分析では、時間軸を考慮したBruneauらによるレジリエンス評価の考え方(図 3)に基づき、道路ネットワークのレジリエンスの評価手法を提案した。その際、災害発生後において必要とされる道路ネットワークの災害レジリエンス機能について整理を行なった(表 1)。そのうち、救命救急の観点から救助可能な人口割合として道路ネットワークの機能性を定義し、和歌山県道路啓開計画で定められている啓開ルートにおいてケーススタディを実施した。さらに、高速道路未供用部の整備前後でレジリエンスの差を比較することにより、道路整備の有効性をレジリエンスの観点から示した。本年度は、救命救急の段階における災害レジリエンス機能に着目し、救援物資輸送や復旧復興段階における道路ネットワークの機能性については検討を行っていない。今後は、全ての段階において道路ネットワークの機能性を表す指標を定義し、評価する枠組みを構築する必要がある。

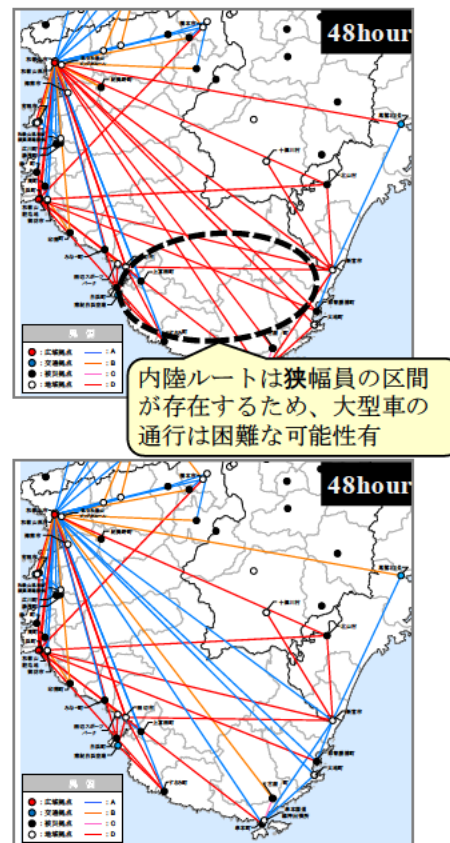


図 3: 道路啓開計画を考慮した評価結果(発災後 48h)

機能性

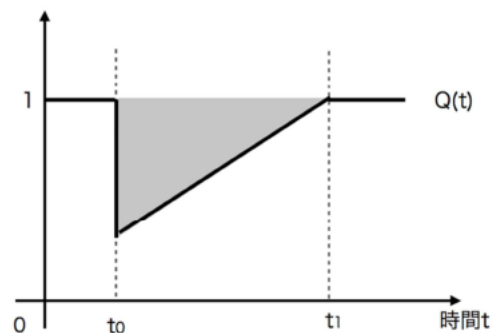


図 4: Bruneau のレジリエンス

表 1: 災害レジリエンス機能指標の例

発災からの経過時間	災害対応の段階 (機能に対応)	指標 (例)
数日	救命救急	拠点病院などへのアクセシビリティ (連結性)
数か月	救援 (救援物資輸送)	災害拠点から避難所等へのアクセシビリティ (連結性・所要時間)
数か月	復旧活動	交通容量, 消費者余剰
数年	経済活動の継続・復興	交通容量, 消費者余剰

プロジェクト・研究成果の概要(1/2)

プロジェクト:「3次元データ活用に関する研究」

プロジェクトリーダー

・氏名(ふりがな):小林 泰三(こばやし たいぞう)
・所属・役職:立命館大学 理工学部 環境都市工学科 教授

研究期間:平成 29 年 8 月～平成 30 年 3 月(全体期間:平成 28 年度～平成 29 年度)

プロジェクト参加メンバー(所属団体名のみ)

立命館大学、福井大学、福井コンピュータ株式会社、五大開発株式会社、国土防災技術株式会社、前田工織株式会社、ソイルアンドロックエンジニアリング株式会社

プロジェクトの背景・目的(研究開始当初の背景、目標等)

平成 28 年度より本格始動した i-Construction(土工)では、UAV やレーザスキャナによって 3 次元測量が行われ、3 次元データに基づく設計、施工(ICT 建設機械による自動施工)、検査(UAV 等による出来形測量)が行われる。ここでは、測量から設計、施工、検査に至るまでのプロセスにおいて 3 次元データが利用されるが、供用後の維持管理へのデータ活用については検討が進んでいない。i-Constructionで得られる3次元データを維持管理や防災対策にまで延長して活用することができれば、効率的かつ合理的な道路管理が行えるようになる可能性がある。そこで、本研究では、将来の道路管理に必要となるデータや管理手法のあり方について検討するとともに、道路管理・道路防災に向けた3次元データの具体的な活用手法を提案することを目標とする。

プロジェクトの研究内容(研究の方法・項目等)

平成 28 年度(初年度)に実施した研究の結果、UAV 写真測量による地形の差分解析技術が、斜面および土工構造物の変状計測(点検)や盛土の転圧管理(品質管理)に応用できる可能性があることが分かった。当該年度には、実現場を対象にこれらの実証実験を実施して実用化を目指す。具体的な研究内容は以下の通りである。

(1)UAV による変状計測実証実験と変状差分図の作成

変状が懸念される実斜面・実構造物を対象とした変状計測実験を行う予定であったが、実験サイトが確保できなかったため、図1に示す簡易な地形モデル(碎石、草地、転圧土、未転圧土)を利用して UAV による変状計測手法の精度検証を行った。地形モデルの架台を手動で上昇させることにより、地形の標高を任意に変化させることができる。また、研究チームが過去に空撮した道路工事現場の UAV オルソ画像(2 時期)を利用して差分解析を行い、実際のフィールドにおける変状抽出の実現可能性を評価した(図 2)。

(2)UAV による盛土内部の情報化実証実験

盛土等の土工現場において UAV による空中写真測量を締固めの前後でそれぞれ行い、地形の変化(標高変化)を解析して、締固めの度合いを面的・空間的にデータ化する手法の確立を目指す。当該年度には、福井県下で行われている高規格幹線道路の土工現場(路体盛土工事)において、実際に使われている盛土材料や建設機械を用いたフィールド実証実験を行い、同技術の実現可能性を評価した。

(3)3 次元データを活用した維持管理手法の提案

i-Construction および上記(1)や(2)によって得られる 3 次元データを活用した道路の維持管理・防災対策手法を提案するとともに、その実現に向けたデータ管理手法を構想する。

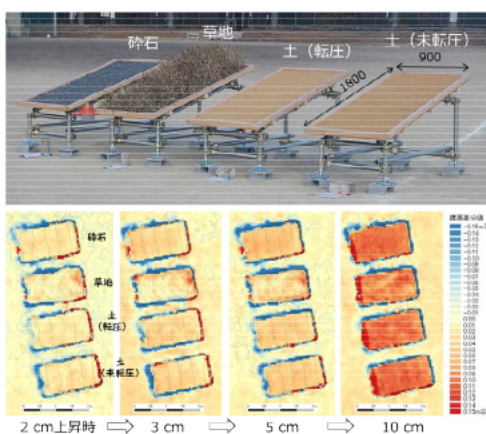


図 1 差分解析の精度検証実験

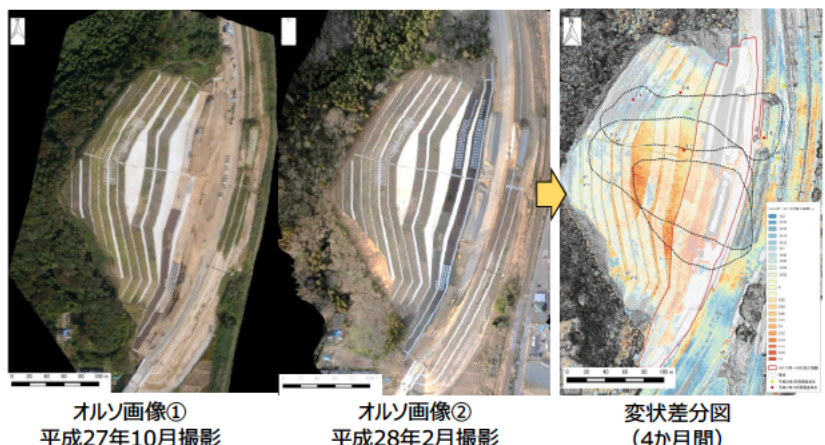


図 2 UAV による工事中現場の変状解析

プロジェクトの研究成果の概要

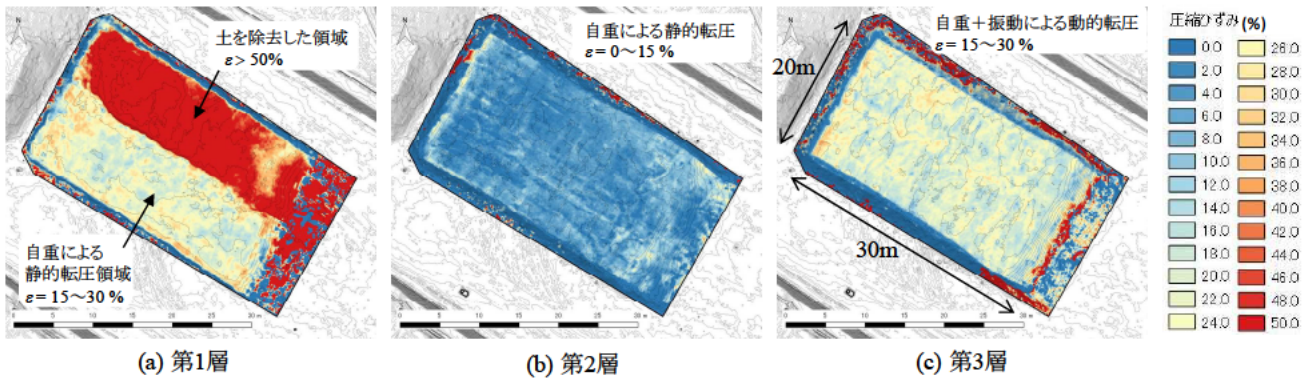


図3 路体盛土現場における実証実験(転圧各層における圧縮ひずみ分布)

(1) UAVによる変状計測実証実験と変状差分図の作成

- 地形モデル実験の結果、一般に多く流通している UAV 汎用機を用いても、砕石や土のような裸地部では信頼度 68%で±1 cm 程度、信頼度 95%で±2 cm 程度の精度で 3 次元モデルおよび差分値を算出できることが分かった。ただし、草地のような植生部では倍程度に精度が劣化することが分かった。
- 道路工事の実現場における差分変状図を作成し、地すべりブロックの空間把握や対策工の効果などが把握できることを実証した(図 2)。

(2) UAVによる盛土内部の情報化実証実験

- 現場実証実験で得られた各転圧層(20m×20m×0.3m:3 層)の圧縮ひずみ分布図を図 3 に示す。各層の施工条件による圧縮量の違いやばらつき(分布)が表現されており、この圧縮ひずみを品質の指標と見なして閾値を設けることで、転圧不足や過転圧など不良個所のピンポイント抽出(UAV による締固め管理)が可能になることを示した。
- また、同手法は、各層の平均値やばらつき(標準偏差)を定量的に把握することが可能となる(図 4)。このことは、確率・統計的な品質管理や構造物の「信頼性」の議論に結び付けられることを示唆しており、品質管理の高度化に貢献できる可能性がある。

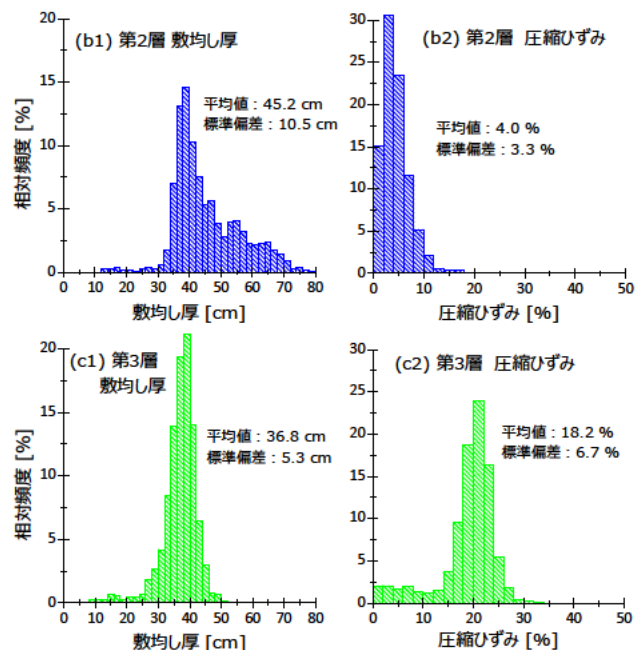


図4 敷均し厚と圧縮ひずみの頻度分布

(3) 3次元データを活用した維持管理手法の提案

- i-Constructionで得られる3次元サーフェスデータを活用し、かつ盛土の内部情報を管理する手法の概念検討を行った。
- 図 5 は、上記(2)で説明した現場実証実験の盛土を対象に、盛土内部をボクセルデータ化したものである。本事例では、各層で異なる盛土材を使用したと想定して、ボクセルには土質を属性データとしてを与えたが(色別表示)、品質値や施工データ、設計データなどでも構わない。このようなデータ処理を行えるソフトウェアを構築することで、i-Construction データの有効活用、延いては土工の CIM (Construction Information Modeling/Management) の実現に近づいていけると考えている。

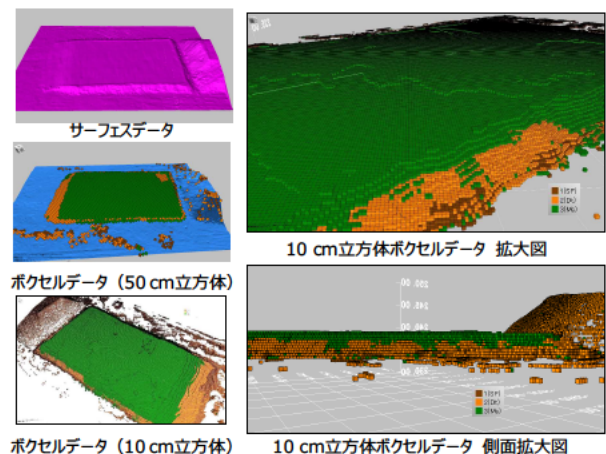


図5 盛土の内部情報化(土工の CIM 構想)

プロジェクト・研究成果の概要(1/2)

プロジェクト:「橋梁の耐久性向上に資する排水構造と排水設備に関する技術標準の策定に関する研究
ー水を溜めない、通さない、水による材料劣化を抑制し、排水設備の持続的機能保持が可能な構造とその保全ー」

プロジェクトリーダー

・氏名(ふりがな):奈良 敬(なら さとし)
・所属、役職:大阪大学大学院工学研究科、教授

研究期間:平成29年 9月～平成30年 3月(全体期間:平成28年度～平成30年度)

プロジェクト参加メンバー(所属団体名のみ)

(一財)橋梁調査会、(一財)災害科学研究所、(一社)プレストレスト・コンクリート建設業協会、(一社)日本橋梁建設協会、(一社)建設コンサルタンツ協会、日本道路ジョイント協会、近畿地方整備局

プロジェクトの背景・目的(研究開始当初の背景、目標等)

平成25年度から3年で橋梁排水の技術標準を目指した手引き案を提示した。試験施工した橋梁のモニタリングや手引き案のスパイラルアップが必須であることから、水を制御した橋梁の耐久性向上の取り組みがスタートしたと言っても過言ではない。本研究テーマは、技術標準の策定を目的として、腐食損傷調査、補修・補強メニュー、モニタリングを通して、橋梁の耐久性向上の改善サイクルが機能する仕組みを確立することを目指すものである。

プロジェクトの研究内容(研究の方法・項目等)

1) 取り組みの考え方

橋梁の主構造に期待される寿命に比較して、主構造の耐久性に大きな影響を与える伸縮装置や排水設備の機能的寿命は著しく短いのが現状である。供用開始後のこれらの不具合が、主として腐食をはじめ材料劣化という現象により、橋梁の耐久性を損ねていることは、周知の事実であるが、未だ抜本的な対策が十分ではないのが実状である。

この現状に、きちんと科学のメスを入れ、橋梁が主構造や床構造などの構造部材、舗装や地覆などの道路構造、さらに伸縮装置や排水設備などの、寿命や機能の異なるパーツから構成される橋梁システムと考えて、システム全体で健全性を一定レベルに維持することを目指す視点が重要である。

2) 特に提供できる内容

上述した取り組みの考え方から、次のような内容を提供できる。

- 滞水や漏水のない排水構造と排水設備の維持・更新戦略
- 排水設備の機能的長寿命化に資する排水構造と架設精度
- 橋梁の耐久性向上に資する定期点検手法
- 既設橋梁の耐久性向上に資する改善手法

なお、本研究では、モデル橋梁を選定する実際的な研究課題であることから、主として架設数の多い桁橋を対象としている。しかし、床版上の雨水の排水が大きな課題となることから、桁橋に限らず他の橋梁形式においても、研究成果の適用が可能になると考えている。

3) 具体的取り組み

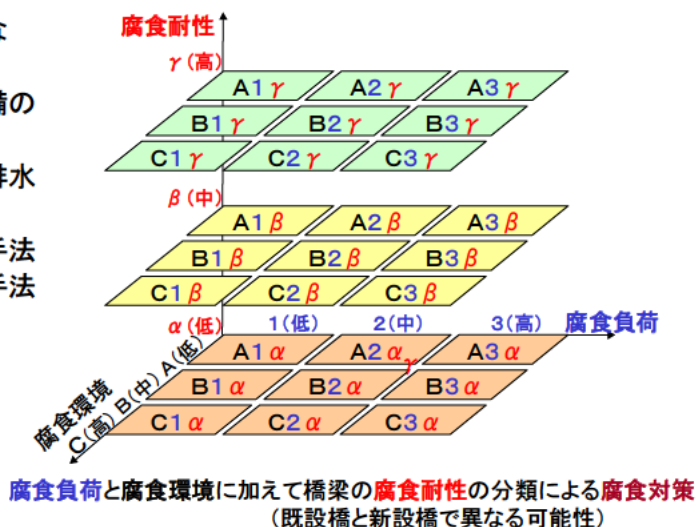
研究テーマの副題に示したように、主として、橋梁において、

- 水を溜めない構造、
- 水を通さない構造
- 水による材料劣化を抑制する構造、
- 排水設備の維持管理し易い構造

という4つの視点から、橋梁の腐食耐性を指標化する。これについては、構造の役割ならびに既往構造の欠陥と改良点についての議論から、該当する構造として、

- ・橋面勾配、橋面防水工、橋面排水構造、舗装内雨水の排水構造
- ・地覆、壁高覧等の強制目地、
- ・伸縮継手、支承、
- ・桁端、鉄筋

が挙げられ、これらの構造について、腐食や材料劣化の抑制と機能の持続性や、維持管理の容易性から、具体的な指標化が可能となる。



プロジェクトの研究成果の概要

構造物の長寿命化の実現を目指して、300 年橋梁、200 年建築と言われて久しいが、ミニマムメンテナンスの実施により実現不可能ではなくなりつつある。

本研究では、次のような成果が期待される。

- ・ 100 年の耐久性が保証できる橋梁構造の創造が可能となる。
- ・ 既存橋梁も大幅な長寿命化が可能となる。
- ・ 橋梁の維持管理費の大幅低減が可能となる。

すなわち、研究方針において、特に提供できる内容として記述した以下の項目へと昇華させることが重要である。

- 滞水や漏水のない排水構造と排水設備の維持・更新戦略
- 排水設備の機能的長寿命化に資する排水構造と架設精度
- 橋梁の耐久性向上に資する定期点検手法
- 既設橋梁の耐久性向上に資する改善手法

今年度においては、予定していた次の4つの項目、(1)腐食による損傷データの収集と分析ならびに健全橋梁の分析と、それらに基づいた腐食マトリックスの検討、(2)試験施工橋梁のモニタリング方法の検討ならびに実施、(3)橋面排水の定量的把握ならびに実データ収集、(4)技術標準案の検討、において、次のような成果を挙げることができた。

(1) 腐食による損傷データの収集と分析ならびに健全橋梁の分析と、それらに基づいた腐食マトリックスの検討

腐食による損傷データに加えて、腐食損傷のない橋梁データを収集し、腐食マトリックスの具体的な指標作成に取り組んだ。具体的には、指標値を試算し、その区分の閾値について検討を加えた。

(2) 試験施工橋梁のモニタリング方法の検討ならびに実施

桁端の防食機能を高めた浅水川橋の桁端部において、付着塩分量と被覆膜厚の測定と、桁端を排水構造とした山添橋の排水槽において、機能性保持と異常の有無の確認を行った。

(3) 橋面排水の定量的把握ならびに実データ収集

孝子ランプ橋において、散水実験を実施し、橋梁排水の実測データと、数値計算のための検証データを得た。これにより、橋梁排水の簡易モデルの提案に弾みがついた。

(4) 技術標準案の検討

腐食マトリックスを活用して耐食性を選択できる手法を取り込んだ技術標準案の目次と内容案を提示した。

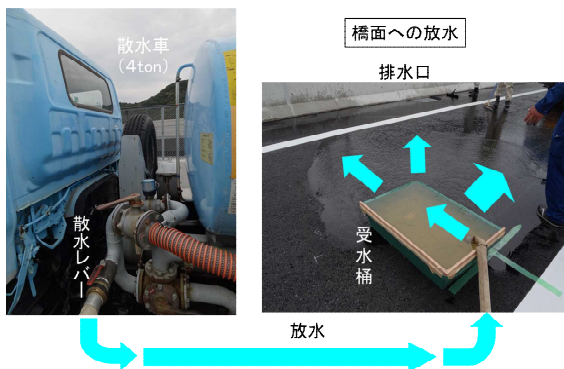
以上、平成 29 年度に計画した項目をほぼ予定通りに終えた。また、最終年度に予定している技術標準案の策定について、予想されるものについて項目出しを行うことができた。

孝子ランプ橋における排水実験の概要

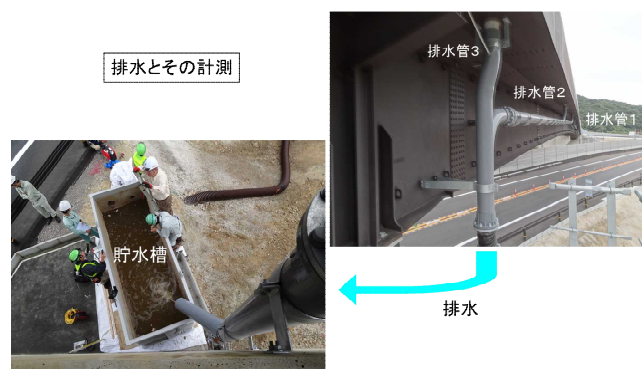
橋面概観(桁端部から)



孝子ランプ橋における排水実験の概要



孝子ランプ橋における排水実験の概要



プロジェクト・研究成果の概要(1/2)

プロジェクト:「鋼床版の疲労耐久性向上に関する研究」	
プロジェクトリーダー ・氏名(ふりがな):坂野 昌弘(さかの まさひろ) ・所属、役職:関西大学、教授	
研究期間:平成29年7月～平成32年3月(全体期間:平成29年度～平成31年度)	
プロジェクト参加メンバー(所属団体名のみ) 【産】日本橋梁建設協会、建設コンサルタンツ協会近畿支部、日本非破壊検査工業会、本四高速道路、西日本高速道路、阪神高速道路【官】国土交通省近畿地方整備局 道路部、和歌山河川国道事務所、近畿技術事務所【学】関西大学、京都大学	
プロジェクトの背景・目的(研究開始当初の背景、目標等) 長大橋梁や軟弱地盤上に架設される橋梁はもちろん、地震の多いわが国では死荷重の低減が極めて有利であること、またプレファブ化が容易なために工期短縮が可能なことなどから、鋼床版に対するニーズは高い。また、経年劣化したコンクリート床板を更新する際に、軽量化による下部工への負担軽減と、交通規制を要する工期短縮の面から、鋼床版構造は効果的であるとされている。しかしながら、近畿管内の橋梁点検においても、横桁と鋼床版縦リブとの溶接部に疲労亀裂を多く確認していることから、鋼床版の疲労耐久性の向上が焦眉の課題となっている。 本研究では、鋼床版の縦リブと横桁・横リブの交差部を対象として、既設鋼床版に対しては現在の補強工法よりもさらに合理的な工法を、また新設あるいは更新用の鋼床版については現在の疲労問題を根本的に解決できるような新しい構造をそれぞれ提案し、解析や疲労実験によってそれらの耐久性を検証、最終的にはそれらの工法や構造を実橋に適用して疲労耐久性の向上効果を検証することを目的とする。	
プロジェクトの研究内容(研究の方法・項目等) 鋼床版のメリットを活かしつつ、縦リブと横桁・横リブの交差部を対象として疲労に対する耐久性が高い構造を提案する。さらに、その疲労耐久性の検証方法についても提案し、信頼性の向上を図る。 具体的な研究内容は以下のとおりである。 ① 既設橋に対しては、従来 U リブ側に用いられてきた摩擦接合型のワンサイドボルトの問題点である U リブ内面の摩擦面の品質管理が不要で、密閉性も確保できる支圧接合型の新型ワンサイドボルトを用いた補強工法を提案し、解析や疲労実験によりその疲労耐久性を検証する。 ② 新設および RC 床版等の更新用鋼床版に対しては、リベット接手と同様な支圧接合型の新型ワンサイドボルトを用いて疲労上の弱点となる溶接接手を使用しない構造を提案することにより、従来の鋼床版の疲労問題を根本的に解決する。これらの構造に対しても解析や疲労実験を行い、疲労耐久性を検証する。 ③ ①および②で疲労耐久性を検証した補強工法と新しい構造を実際の橋梁で適用し、既設橋に対しては補強前後の実働応力計測により、新設橋や更新用の鋼床版に対しては設置後の実働応力計測により、それらの有効性を検証する。	
年度毎の研究内容	
平成29年度	① 実橋での応力計測による疲労損傷状況の把握 ② FEM 解析による実橋の応力状態の再現 ③ 疲労実験による横リブと縦リブの交差部に生じる疲労亀裂の再現
平成30年度	① FEM 解析による既設橋に対する補強工法の検討 ② 疲労実験による補強工法の疲労耐久性の検証 ③ 実橋での補強工法の適用と応力計測による補強効果の検証
平成31年度	① FEM 解析による新設および更新用鋼床版構造の検討 ② 疲労実験による新設および更新用鋼床版構造の疲労耐久性の検証 ③ 実橋での新設あるいは更新用鋼床版構造の適用と応力計測による疲労耐久性の検証

プロジェクトの研究成果の概要

本年度の主な成果の概要は以下のとおりである。

(1) 実橋での応力計測による疲労損傷状況の把握¹⁾

紀の国大橋において、提案する補強工法の補強効果を検証することを目的として、補強前後の動的載荷試験と応力頻度測定の内、補強前の分を実施した。

- ・動的載荷試験における3回の散水車走行試験においては、いずれも輪荷重直下の測定点が最大値を示しており、3回ともほぼ同じ大きさの値を示した。
- ・72時間の応力頻度測定の結果、最も大きな値を示したのはやはり輪荷重直下の測定点で-58 MPaであった。これは試験車両(後軸重 8.5t)を走行させた動的載荷試験の最大値である-31MPaの 1.9 倍であり、最大軸重 17t 程度の過積載車両が走行したものと推定される。
- ・疲労寿命計算結果において、疲労寿命の最も短いものは輪荷重直下の測定点の 400 年程度(F 等級)であった。このことは、大阪側に比べて、今回計測を行った和歌山側の方が疲労亀裂の発生数が少ないことと整合している。

(2) FEM 解析による実橋の応力状態の再現²⁾

実橋モデルの有限要素解析を実施した結果、応力の計測値と解析値がおおよそ一致した。しかし、U リブ止端に生じる応力は、解析値の方が計測値よりも大きくなった。これは、実際の載荷位置が、今回想定した走行位置よりもUリブ内の方向に若干ずれていたことが原因だと考えられる。

試験体モデルの有限要素解析では、以下の知見が得られた。

- ・Uリブ下部のスリット周辺の溶接部に生じる応力は、着目部位を踏むように荷重が走行する場合が最も応力が大きくなる。
- ・横リブ側の止端では、ダイヤフラム位置より 200mm 外側に載荷した場合に引張応力が生じ、その位置から横リブを挟んでちょうど反対側の位置に載荷した場合に圧縮応力が生じた。一方、U リブ側の止端では、ダイヤフラム位置より 200mm 外側に載荷した場合に引張応力が最大となった。
- ・横リブ側の止端では、ダイヤフラムがある側に載荷した方が、ダイヤフラムがない側に載荷した場合と比べて発生応力が小さかった。一方、Uリブ側の止端では、ダイヤフラムがある側に載荷した方が、ダイヤフラムがない側に載荷した場合と比べて大きな応力が生じた。すなわち、ダイヤフラムがある場合には、横リブ止端の発生応力は小さくなり、Uリブ止端の応力は逆に大きくなることが分かった。

(3) 疲労実験による横リブと縦リブの交差部に生じる疲労亀裂の再現³⁾

実物大試験体を用いて、疲労実験により疲労耐久性を検証した。その結果、以下の知見が得られた。

- ・従来構造に当て板補強を施すことにより、横リブスリット部の応力が 1/5～1/3 に低減された。
- ・従来構造に補強を施した場合、Uリブ下部の横リブスリット部周辺ではき裂は発生せず、予防保全効果があることが確認された。また、万一亀裂が発生していても、それ以上の進展が防止できることも確認された。ただし、8 万回程度の繰り返し載荷でデッキき裂が発生し、50 万回程度でデッキ上面に貫通した。
- ・改良構造では、400 万回以上の繰り返し載荷を行っても、Uリブと横リブ交差部、デッキともに疲労き裂は全く発生せず、十分な疲労耐久性を有することが確認された。

参考文献

- 1) Ichinose、水嶋、坂野：実橋における鋼床版 Uリブ・横リブ交差部の応力測定，土木学会第 73 回年次学術講演会，CS3，2018.8.(発表予定)
- 2) 松本、田辺、國年、坂野：鋼床版 Uリブ横リブ交差部の応力解析，土木学会第 73 回年次学術講演会，CS3，2018.8.(発表予定)
- 3) 坂本、小西、大森、石川、坂野：U リブ鋼床版横リブ交差部の疲労損傷に対する対策効果の検討，土木学会第 73 回年次学術講演会，CS3，2018.8.(発表予定)

プロジェクト・研究成果の概要(1/2)

プロジェクト:「移動体通信データを活用した行動推定に基づく観光交通対策の優先順位最適化」

プロジェクトリーダー

・氏名(ふりがな):山田 忠史(やまだ ただし)
・所属・役職:京都大学 経営管理大学院 教授

研究期間:平成29年8月～平成30年3月(全体期間:平成29年度～平成31年度)

プロジェクト参加メンバー(所属団体名のみ)

京都大学経営管理大学院, 一般社団法人システム科学研究所, 国土交通省近畿地方整備局, 京都市都市計画局

プロジェクトの背景・目的(研究開始当初の背景、目標等)

わが国の観光交通手段の9割は乗用車であり, 主要な観光地や観光都市では, 自動車観光交通によって交通容量が逼迫している。訪日外国人旅行者が急増する状況も踏まえると, 自動車観光交通への対策は喫緊の課題である。自動車観光交通に対する代表的な対策の一つが, 観光パークアンドライド(以下, P&R. 乗用車を郊外の鉄道駅などの近辺に設けた乗換用駐車場に停車させて, 公共交通機関を利用して目的地に移動してもらうこと)である。本プロジェクトでは, 有効な P&R の実施に向けて, それ以外のモーダルコネクト施策も勘案し, 将来的に普及が期待される移動体通信データ(ETC2.0)も活用しながら, i)自動車利用者の経路や駐車場の選択行動を推定すること, および, それに基づき, ii)公共交通との連携を考慮したうえで, どこにどのような駐車場をどのような順番で整備すればよいかを明らかにする。

プロジェクトの研究内容(研究の方法・項目等)

上記 i)と ii)は, 図1のような上位と下位のレベルから構成される二段階問題となる。上位レベルは, P&R を軸とした自動車観光交通対策の優先順位の最適化であり, 離散的な最適化問題に帰着する。下位レベルは, 自動車利用者の経路や駐車場の選択行動, すなわち, 自動車観光交通の行動推定である。本年度は, 下位レベルでは, ①自動車観光交通の行動推定に関する基礎的検討と, ②行動推定に寄与する移動体通信データ(ETC2.0)の活用に関する検討を実施し, 上位レベルでは, ③自動車観光交通対策の優先順位の決定手法に関する基礎的検討を行った。①～③はいずれも, 相互に関連するので, 本年度の実施項目を総すれば, 図1に示した「計算手法の全体構造」の「基礎的枠組みを確立する」ことになる。

上記①については, 既存研究を参照して, 駐車場の収容可能台数(の逆数), 自動車乗車時間, 電車・バス乗車時間, 徒歩乗換時間, 料金, 乗換回数を説明変数とする離散選択モデル(ロジットモデル)を適用した。各変数のパラメータ値は順に, -0.018 , -0.019 , -0.038 , -0.038 , -0.260 , -0.299 となり, 料金や乗換回数の影響が大きいことが窺える。

これらのパラメータ値を用いて, P&R 用の6つの乗換用駐車場と,

スマートICを想定した桂川PA(パーキングエリア)でのモーダルコネクト(PAでのバス利用)を含む, 図2のような交通ネットワークを対象に, 大阪から嵐山(京都市右京区)までの33の経路選択と, 桂川PAを含む7つの駐車場の選択を同時推定した。経路については, 利用する道路, 利用する駐車場(駐車場を利用しない場合も含む), 乗車

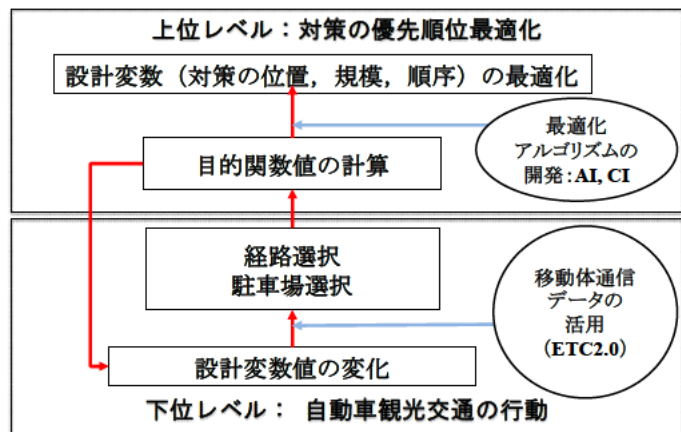


図1 計算手法の全体構造

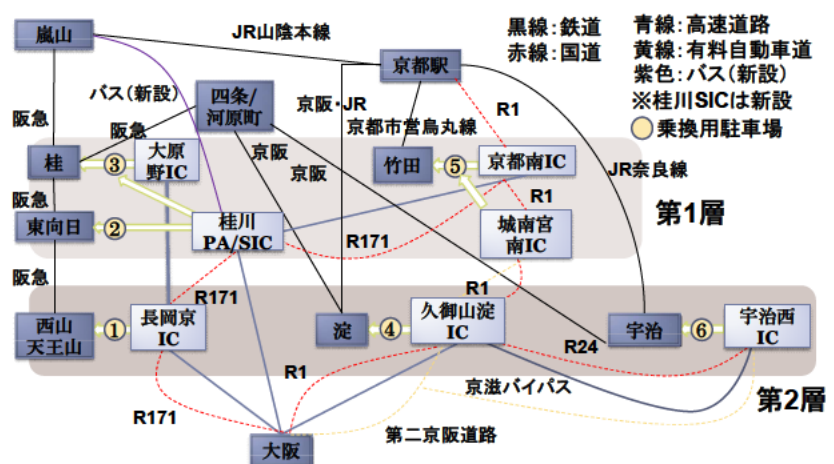


図2 対象とする交通ネットワーク

する公共交通機関(および、その乗換)によって、33に分類される。

自動車の利用経路や乗車時間、および、交通ネットワークの設定には、ETC2.0 データを活用し(上記②に相当)、同時推定に必要となるそれら以外の入力値(高速道路や有料自動車道の料金、電車の運賃・乗車時間、徒歩乗換時間、一部の駐車場の収容台数と料金など)については、Google などのwebデータを利用した。

図 3 は、ETC2.0 データを活用した自動車乗車時間と利用経路の分析の一例である。図 3 には、大阪市から長岡京市に向かう自動車交通の利用経路、トリップ数、平均所要時間が示されている。分析期間は、2016 年 4 月～2016 年 7 月、2016 年 9 月～2016 年 11 月、2017 年 4 月～2017 年 5 月の全日である。図 3 より、当該区間では、名神高速道路の利用が最頻であるが、最頻利用経路の平均所要時間は、観測された 4 経路の中で最小である。ETC2.0 の普及が、まだ十分ではないため、観測されたトリップ数が必ずしも大きくはないものの、このような傾向は、大阪市から京都市伏見区など、他の起終点間にも概ね共通して見られた。

経路と駐車場の同時推定において、駐車場選択の推定結果を示したものが図 4 である。約 4 割の自動車利用者が、目的地まで自動車のみで向かっている。換言すれば、本プロジェクトで設定した入力値の基では、P&R やモーダルコネクトを利用する自動車利用者は、約 6 割と推察される。乗換用駐車場を利用する場合には、阪急電鉄との連携が重視されること、および、阪急電鉄桂駅や京都市営地下鉄竹田駅近辺に設定した駐車場の選択確率が高くなることが確認できる。これらの結果には、上述のように、経路と駐車場の選択において、料金や乗換回数の影響が大きいことが関係するものと考えられる。

つぎに、本プロジェクトで対象とした観光交通対策(P&R とモーダルコネクト)の優先順位について、組み合わせ最適化問題の枠組みで求解を試みた(上記③に相当)。整備期間を 7 期間と仮定し、全期間にわたっての駐車場利用率の和が最大になるように解を求めた。厳密解法である列挙法と、近似解法である遺伝的アルゴリズムの双方で試算した結果、いずれの計算方法においても、竹田、桂、宇治、淀、西山天王山、東向日、桂川 PA の順となることが示された。また、竹田や桂など、早期に整備される駐車場の利用率が高いことも確認された。計算方法の比較において、遺伝的アルゴリズムによって探索された実行可能解の総数は、列挙法よりもかなり小さくなった。この結果は、対象とする駐車場数が増大するなどして、組み合わせ数が増加した場合には、遺伝的アルゴリズムのようなメタヒューリスティクス(高度な近似解法の一つ)が有用であることを示唆しているものと考えられる。

今後は、本年度に構築した計算手法の全体構造(図 1)に基づいて、上位と下位の各レベルの精緻化に取り組む。具体的には、下位レベルにおいて、a)ETC2.0 データの利点を活用して、経路や所要時間の経時的変化(例えば、時間帯、曜日、季節など)を考慮して、より精細に自動車観光交通の行動を推定する。また、b)アンケート等による経路選択実験を実施するなどして、離散選択モデル(経路と駐車場の同時選択モデル)の精度向上を図る。上位レベルにおいては、設定する駐車場の数、料金、収容可能台数の数などに依存して、組み合わせ数が急増することから、c)実務への実装性を勘案しながら、高速で求解精度に優れた高度な近似解法、すなわち、AI 指向のメタヒューリスティクスの開発・適用を検討する。

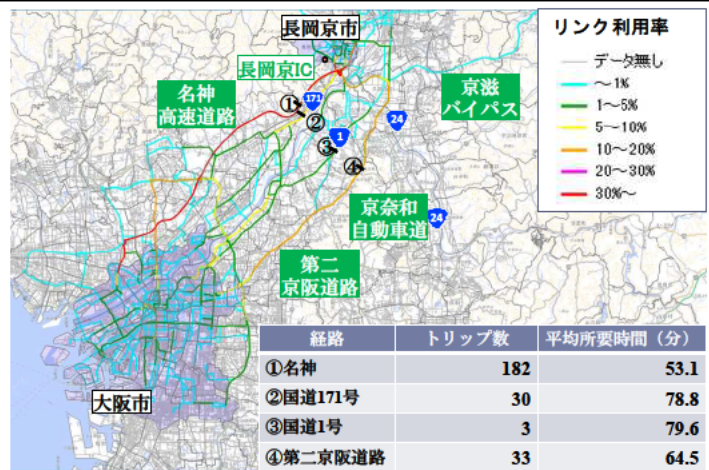


図 3 ETC2.0 データ分析例(大阪市→長岡京市)

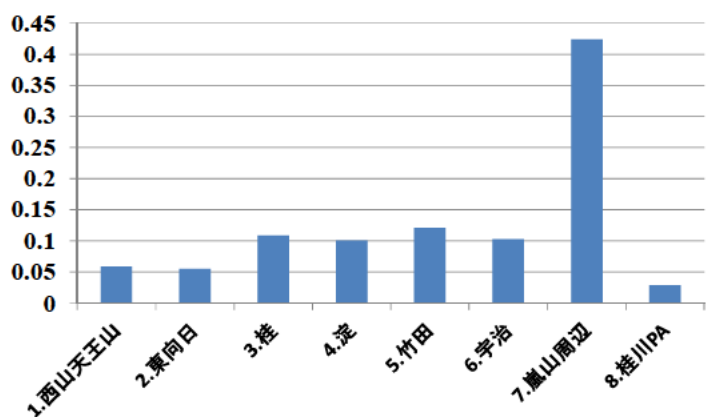


図 4 駐車場選択の推定結果

プロジェクト・研究成果の概要(1/2)

プロジェクト:「道路資産管理高度化のためのデータベース構築に関する研究」									
プロジェクトリーダー ・氏名(ふりがな):松島格也(まつしまかくや) ・所属・役職:京都大学大学院工学研究科都市社会工学専攻 准教授									
研究期間:平成 29 年 8 月～平成 30 年 3 月(全体期間:平成 29 年度～平成 31 年度)									
プロジェクト参加メンバー(所属団体名のみ) 京都大学, 大阪大学, 土木研究所, 近畿地方整備局道路部・近畿技術事務所・大阪国道工事事務所, 株式会社パスコ									
プロジェクトの背景・目的(研究開始当初の背景、目標等) IT 技術の進展, ビッグデータ時代の到来をふまえて, 舗装をはじめとした道路資産管理手法に関して活用できるデータの種類や量が大幅に拡大している。その一方で, これまで道路管理において一定の役割を果たしてきた路面性状調査の実施方針について見直しが提言されるなど, 道路管理に必要なデータの取得のありかたについて再考すべきタイミングを迎えている。 上記のような背景をふまえて, 本研究では, 舗装をはじめとした道路資産を対象とした点検・維持補修・日常巡回の記録をデータベース化する上で必要となる要件についてとりまとめると共に, 意思決定の階層性を考慮した高度な道路資産マネジメントシステムの実現に資する情報共有のあり方について提言する。より効率的なマネジメントを行うために, 各階層間の情報共有のあり方や, 膨大に蓄積された記録の活用方法について, 詳細な検討を行い, 意思決定の階層性を考慮した PDCA サイクルを回すためのマネジメントシステムの構築と, その実現のために必要なデータベースを構築する。									
プロジェクトの研究内容(研究の方法・項目等) 来る少子高齢化時代において, 社会資本の適切な維持管理の重要性がさげばれている。道路をはじめとした社会資本のアセットマネジメントシステムをより高度化するためには, 各種点検結果や維持補修の記録を収集することが重要であるが, 意思決定のために必要なデータベースが適切に構築されているとはいえない。一方, 各地に配置されている工事事務所やその出張所では, 現場の最前線において巡回・点検業務に携わっており, 膨大な点検結果が蓄積されている。その結果は通常事務所や出張所単位において管理されており, アセットマネジメントの高度化の観点から有効に活用されているとはいえない。 本研究では, 上記のギャップを埋めるためのデータベースのあり方を提案することを目的とする。特に道路舗装を対象とした点検・維持補修の記録をデータベース化する上で必要となる要件についてとりまとめると共に, 意思決定の階層性を考慮した高度なアセットマネジメントシステムの実現に資する情報共有のあり方について提言する。具体的な研究内容項目は以下のとおりである。 ○道路舗装の点検・維持補修記録の統合データベースシステムの構築 ○意思決定の階層性を考慮した情報提供のあり方の提案 ○各意思決定段階に対応したマネジメントシステムの高度化に資するロジックモデルの構築 また, 各年度における研究内容を図 1 に示す。									
<table border="1"> <thead> <tr> <th>年 度</th><th>研 究 内 容</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>平成29年度</td><td>過年度までの研究蓄積を活用し、高度化された道路管理マネジメントにむけて必要となるデータ収集についてとりまとめ 道路管理現場職員に対するヒアリングを通じて、道路管理作業の効率化につながるアウトプットデータについてとりまとめる。</td></tr> <tr> <td>平成30年度</td><td>タブレットシステムを用いて収集された日常点検、路面性状調査など各種データを統合的に管理するシステムの必要性について検討する。 現場の日常点検、維持管理業務の省力化、高機能化につながるアウトプット/アウトカム指標を設定する。 道路舗装アセットマネジメントの高度化に資する統合データベースシステムの全体構想を提案する。</td></tr> <tr> <td>平成31年度</td><td>提案したデータベースを各種意思決定に活用しPDCAサイクルを適切にまわすために、適切な情報共有のあり方について検討する。 意思決定の階層性を考慮した管理データ保有・整理のあり方を提案する。PDCAサイクル実現のためのロジックモデルを構築し、意思決定主体の階層性に対応したマネジメントモデルを提案する。</td></tr> </tbody> </table>	年 度	研 究 内 容	平成29年度	過年度までの研究蓄積を活用し、高度化された道路管理マネジメントにむけて必要となるデータ収集についてとりまとめ 道路管理現場職員に対するヒアリングを通じて、道路管理作業の効率化につながるアウトプットデータについてとりまとめる。	平成30年度	タブレットシステムを用いて収集された日常点検、路面性状調査など各種データを統合的に管理するシステムの必要性について検討する。 現場の日常点検、維持管理業務の省力化、高機能化につながるアウトプット/アウトカム指標を設定する。 道路舗装アセットマネジメントの高度化に資する統合データベースシステムの全体構想を提案する。	平成31年度	提案したデータベースを各種意思決定に活用しPDCAサイクルを適切にまわすために、適切な情報共有のあり方について検討する。 意思決定の階層性を考慮した管理データ保有・整理のあり方を提案する。PDCAサイクル実現のためのロジックモデルを構築し、意思決定主体の階層性に対応したマネジメントモデルを提案する。	
年 度	研 究 内 容								
平成29年度	過年度までの研究蓄積を活用し、高度化された道路管理マネジメントにむけて必要となるデータ収集についてとりまとめ 道路管理現場職員に対するヒアリングを通じて、道路管理作業の効率化につながるアウトプットデータについてとりまとめる。								
平成30年度	タブレットシステムを用いて収集された日常点検、路面性状調査など各種データを統合的に管理するシステムの必要性について検討する。 現場の日常点検、維持管理業務の省力化、高機能化につながるアウトプット/アウトカム指標を設定する。 道路舗装アセットマネジメントの高度化に資する統合データベースシステムの全体構想を提案する。								
平成31年度	提案したデータベースを各種意思決定に活用しPDCAサイクルを適切にまわすために、適切な情報共有のあり方について検討する。 意思決定の階層性を考慮した管理データ保有・整理のあり方を提案する。PDCAサイクル実現のためのロジックモデルを構築し、意思決定主体の階層性に対応したマネジメントモデルを提案する。								

図 1 研究計画

プロジェクトの研究成果の概要(図表・写真等を活用しわかりやすく記述)

本プロジェクトの最終的な目的は、国が管理する国道の舗装に関して図2に示すようなマネジメントシステムを導入しその有用性を検証する点にある。その実現のために必要な、道路資産データベースの要件を検討し、具体的な構成について明らかにする。具体的な研究内容項目は以下のとおりである。

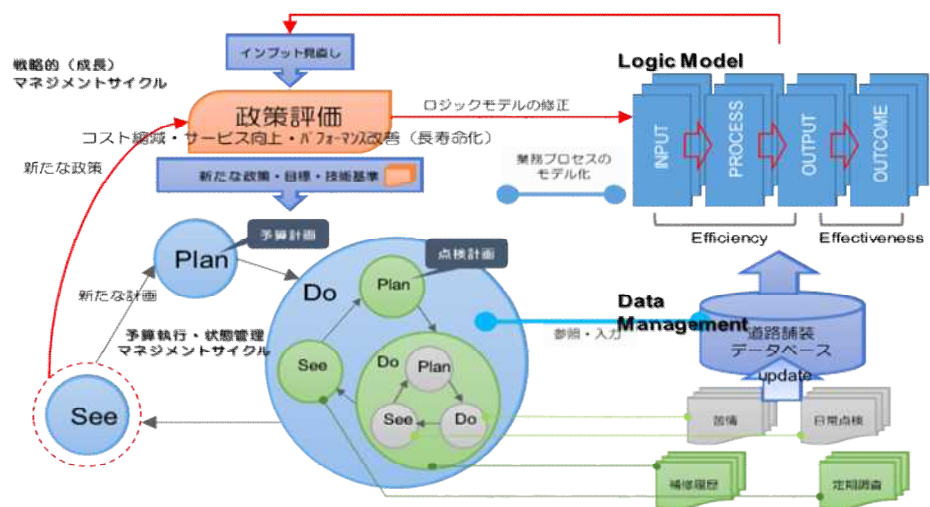


図2 マネジメントシステム

- 道路舗装の点検・維持補修記録の統合データベースシステムの構築
- 意思決定の階層性を考慮した情報提供のあり方の提案
- 各意思決定段階に対応したマネジメントシステムの高度化に資するロジックモデルの構築

初年度である昨年度においては、過年度までの研究蓄積を活用し、高度化された道路管理マネジメントにむけて必要となるデータ収集についてとりまとめるとともに、道路管理現場職員に対するヒアリングを通じて、道路管理作業の効率化につながるアウトプットデータについてとりまとめた。次年度以降において実施する予定の、「道路舗装アセットマネジメントの高度化に資する統合データベースシステムの全体構想の提案」にむけて、現在使用することができる日常巡回記録データ、及び路面性状調査の調査項目を整理すると共に、原則として以降は実施されないこととなっている路面性状調査の代替として、日常巡回記録データを用いて路面正常の異常を早期に予見する枠組を検討した。具体的には、日常巡回記録データのうち、路面舗装の状態に係る事象をとりだし、複数の事象間の発生構造を推定するためにベイジアンネットワーク分析をおこなった。分析による推定結果の一例を図3に示すが、剥離、ポットホール、クラックという事象の発生構造を、時間軸を通じた変化とあわせて分析することにより、ポットホールの発生を事前に検知するためには、剥離やクラックがよく発生する区間に着目することが必要であることを見いだした。

次年度以降においては、以下の3項目を実施する予定であり、今年度行ったヒアリング結果ならびにデータ分析結果を踏まえて、次年度以降の研究実施に向けた課題を整理した。

- タブレットシステムを用いて収集された日常点検、路面性状調査など各種データを統合的に管理するシステムの構築
- 現場の日常点検、維持管理業務の省力化、高機能化につながるアウトプット/アウトカム指標の設定
- 道路舗装アセットマネジメントの高度化に資する統合データベースシステムの全体構想の提案

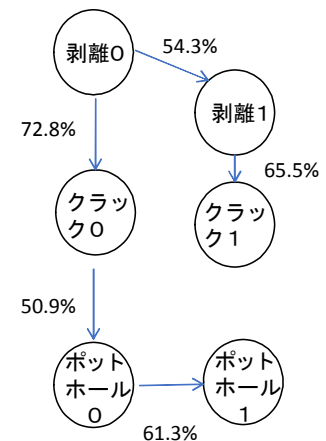


図3 推定結果の一例(0,1は時間軸上の関係を表す)

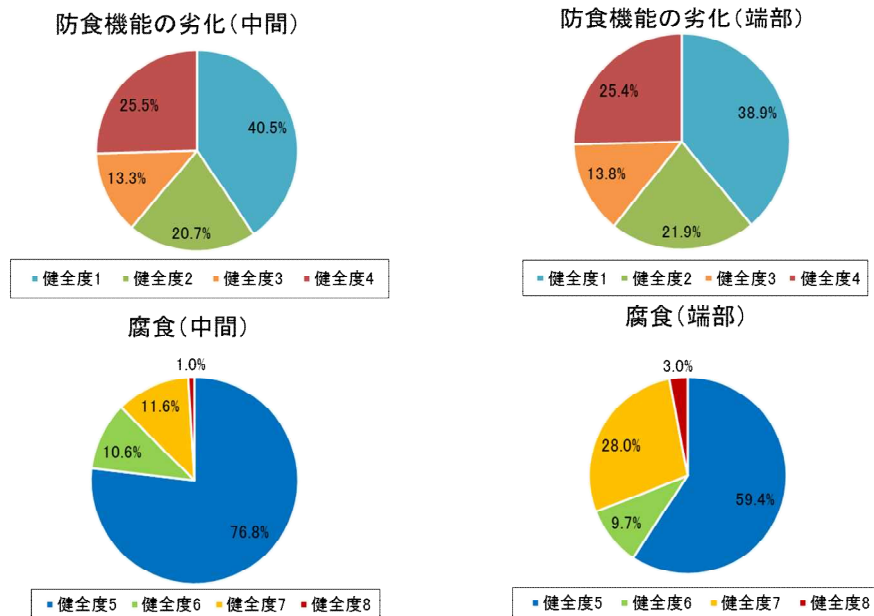
プロジェクト・研究成果の概要(1/2)

プロジェクト:「橋梁補修施策プロファイリング手法の開発」
プロジェクトリーダー ・氏名(ふりがな):貝戸 清之(かいと きよゆき) ・所属・役職:大阪大学大学院 工学研究科 地球総合工学専攻 准教授
研究期間:平成 29 年 9 月～平成 30 年 3 月(全体期間:平成 29 年度～平成 31 年度)
プロジェクト参加メンバー(所属団体名のみ) 京都大学, 近畿地方整備局, 近畿技術事務所, 京都国道事務所
プロジェクトの背景・目的(研究開始当初の背景、目標等) 5 年に一度の近接目視点検が義務化され, 橋梁を対象とした目視点検データが蓄積されてきている。目視点検に代替し得る新技術の開発も進むなか, 今後は長年にわたって蓄積された膨大な点検ビッグデータを実務的課題の解決や, アセットマネジメントの継続的稼働に向けて, どのように活用していくかが重要となってくる。申請者らの研究グループでは過去 15 年間, 点検データを用いた劣化予測やライフサイクル費用に基づいた橋梁の最適補修計画の策定に取り組んできた。しかし, 多くの管理者では予算・人員制約のために, 全橋梁を対象に劣化曲線を作成し, 厳密にライフサイクル費用最小化計画を立案することに実務的な意味を持たない。むしろ, 劣化特性や損傷の種類に基づいて橋梁をグループ化し, グループ内における補修施策の標準化と, グループ間における補修施策の差別化を通じた補修施策プロファイリングを行うことが望ましい。 本研究プロジェクトでは, 橋梁部材の目視点検データの統計分析を通して, 劣化要因を特定するとともに, その劣化要因を説明変数として内包するような劣化予測モデルを用いた劣化速度の異質性のモデル化と, 劣化速度の異質性に着目した補修施策の統計的プロファイリングのための方法論を提示する。さらに, 近畿地方整備局管内の橋梁群を対象とした補修施策プロファイリングによって提案手法の妥当性を実証的に確認する。
プロジェクトの研究内容(研究の方法・項目等) 産官学の体制で研究プロジェクトを進める。具体的な研究内容は以下の通りである。 ・目視点検データの統計分析(管理対象橋梁群のマクロな劣化要因の抽出) ・劣化過程モデリング(マルコフ連鎖モデルを中心に, 複合的劣化などを適宜考慮したモデル開発) ・ベンチマーク分析と劣化速度の異質性評価 ・補修施策の立案(予防保全, 事後保全など)とライフサイクル費用評価(平均費用法の適用) ・補修施策に関する統計的プロファイリング手法の開発(劣化速度の異質性を判断指標とする) ・近畿地方整備局管内の橋梁を対象とした実証分析と, 市町村への展開を視野に入れた方法論の汎用化 ・プロファイリング手法のその他の実務的課題への適用 他インフラへの拡張可能性の検討, 補修効果の統計的事後評価手法の開発, 点検・簡易補修の一括発注モデルに関する確率論的考察 以上の研究内容に対して, 学(大阪大学, 京都大学)は劣化予測やライフサイクル費用評価など, プロファイリング手法の構築に必要な方法論を数理統計学や確率論を用いて開発するなど, プロジェクト全体を通してその根幹となる要素技術や方法論の開発に主体的に取り組む。官(近畿地方整備局, 近畿技術事務所, 京都国道事務所)は分析対象となる橋梁群の選定や点検データ他の提供および方法論・解析結果に対する実務的観点からの示唆を与える。産(今後, 適宜募集)は実際の目視点検業務や補修工事を通して得られた知見を方法論(補修工法の選定や単価の設定など, 補修施策の立案など)に反映させるための助言や一部プログラムの学との共同開発を行う。なお, 産官学の体制は年度ごとの研究内容に応じて, 柔軟にメンバーを追加する。研究会は 2 ヶ月に 1 回程度の頻度で開催する。具体的に 1 年目は, 近畿地方整備局管内の橋梁を対象とした目視点検データを統計分析することによって, 主要部材と, その劣化の主要因を抽出する。また主要部材の劣化過程と部材間の関連性などをマルコフ劣化ハザードモデルを拡張する形でモデル化する。さらに, ベンチマーク分析を通して, 劣化の主要因では説明できない個別橋梁の劣化速度の異質性を定量的に評価する。2 年目は想定され得る補修シナリオの立案とライフサイクル費用評価手法を検討する(同時に, マネジメントのためのデータベースの在り方についても協議する)。また, 劣化速度の異質性, あるいは異質性間の相関構造に基づく統計的プロファイリング手法の開発を行う。3 年目は実証分析によって, 具体的に緊急対策が必要な橋梁グループ, 予防保全, 事後保全グループに橋梁を分類するとともに, 各グループの補修施策を提示するとともに, 実務との整合性を比較検証する。さらに, 統計的プロファイリング手法を援用する形で, 補修工法の相違による補修効果の事後評価手法の開発や, 塗膜劣化やひび割れに対する補修と目視点検を包括したような一括発注方式の可能性に関する確率論的考察を加える。

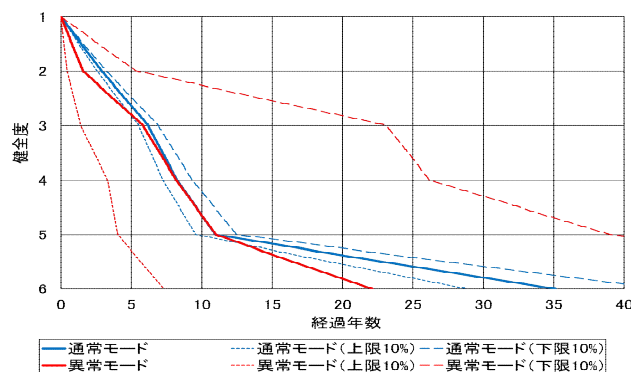
プロジェクトの研究成果の概要(図表・写真等を活用しわかりやすく記述)

本年度は当初の予定通り、橋梁の部材レベルの点検データに対する統計分析に主眼を置いた。特に、橋梁の維持管理において、鋼桁端部の劣化は修繕・更新の意思決定の主要因となることから具体的な検討部材として着目した。鋼桁端部では腐食が主要な劣化事象の一つであり、桁端部直上に設置されている伸縮装置からの漏水がその腐食進展を加速させることが実務的に知られている。そのため、伸縮装置の点検・取り替え間隔を適切に設定することにより、橋梁の長寿命化とライフサイクル費用の低減が可能となり得る。本年度の研究では、伸縮装置の劣化が鋼桁端部の腐食に及ぼす影響をマルコフ劣化ハザードモデルとレジームスイッチングモデルを援用したレジームスイッチング・マルコフ劣化ハザードモデルにより表現し、その劣化予測結果を用いて両者の関係について定量的に評価する方法論を開発した。

実際の点検データを簡易的に統計分析した結果を以下に示す。上段左右の図より、防食機能の劣化(塗膜劣化)に関しては桁の中間部と端部で顕著な相違を確認することはできない。しかし、下段左右の図より、腐食に対しては、桁端部の方が進行していることが目視点検の結果から読み取ることができる。このことより、防食機能の劣化には漏水などの影響はそれほど大きくないが、防食機能が損なわれ腐食が生じる段階からは漏水の影響が大きくなることが想定される。



以上の簡易的分析の結果を受けて、レジームスイッチング・マルコフ劣化ハザードモデルの解析結果を下图に示す。青色の実線が桁端部に漏水がない場合(通常モード)の期待劣化パスで、赤色の実線が桁端部に漏水がある場合(異常モード)の期待劣化パスである。また縦軸の健全度は1～5が防食機能の劣化、5～6が腐食を表す。同図より、上述したように、防食機能の劣化段階では桁端部の漏水の有無は劣化速度に影響はなく、腐食の進展速度に大きい影響を及ぼすことがわかる。最終的には、桁端部に漏水がある場合とない場合で、期待寿命が22年と35年になることが読み取れる。さらに、防食機能の劣化までに要する年数は約12年であり、これは従来の塗装周期(10年～15年)の妥当性を示す根拠となり得ることが定量的に示された。



プロジェクト・研究成果の概要(1/2)

プロジェクト:「ICRT技術を活用した高精度かつ効率的な斜面・法面点検技術の開発」

プロジェクトリーダー

氏名(ふりがな): 西山 哲 (にしやま さとし)

所属・役職: 岡山大学大学院 環境生命科学研究科 教授

研究期間:平成29年9月～平成30年3月(全体期間:平成29年度～平成31年度)

プロジェクト参加メンバー(所属団体名のみ)

国際航業株式会社, 株式会社開発設計コンサルタント, 株式会社ブロードライン, ゼニス羽田株式会社, ゼニス建設株式会社, 株式会社藤井基礎設計, 株式会社アズティス, 明治コンサルタント株式会社, 株式会社三重計測サービス, 有限会社丸重屋

プロジェクトの背景・目的(研究開始当初の背景、目標等)

現在、技術者による目視によって斜面防災点検が実施されているが、対象とした着目点だけでなく当箇所以外からの落石・崩壊事例も多発している。本研究開発は、既存の航空レーザデータを活用して危険箇所を抽出する技術、さらにドローン飛行による詳細な調査手法等の 3 次元点群取得および解析技術を開発し、見逃しの無い効率的かつ効果的な目視点検を支援する手法を構築することで、斜面崩壊・落石災害の未然防止を実現させる。

プロジェクトの研究内容(研究の方法・項目等)

本プロジェクトは3つの項目から成る。それぞれの項目について、初年度の成果を説明する。

1) 既存航空レーザデータによる要対策箇所の抽出精度の向上

現地、空中写真をもとにした森林基本図(縮尺 5000 分の 1, 精度 10m)や、道路防災点検時の情報から調査員が大まかな位置を示した手書きの図を基に、斜面の防災点検作業が実施されている。そのため調査対象箇所を見逃し易く、また位置精度不良による非効率的な作業となり、落石発生源となる急崖が漏れなく点検されているとは言い難い。本研究開発では、見逃しの無い現位置調査箇所を特定する机上調査を実現するため、整備局が保有する航空レーザデータを再活用し、0.5m メッシュで微細な急崖を明瞭に可視化する技術を検討した。図-1 は、等高線図、傾斜の大きさを明度で示す斜量図、さらに地形の凹凸を強調して尾根谷の判別を明確化するウェーブレット処理を組み合わせて作成した微地形強調図である。この解析を現位置での調査結果と照合した結果、1.4m 以上および 1.0m 程度でも角度 60 度以上の落石発生源が抽出されることを明らかにした。また、解析結果を GNSS 付きタブレット型 PC にて収納し、目視点検ルートを表示するツールを開発した。これにより、現位置ではタブレットに誘導された形で調査を実施できる。これらの手法により、確実かつ効率的な目視点検の実施を可能にした。

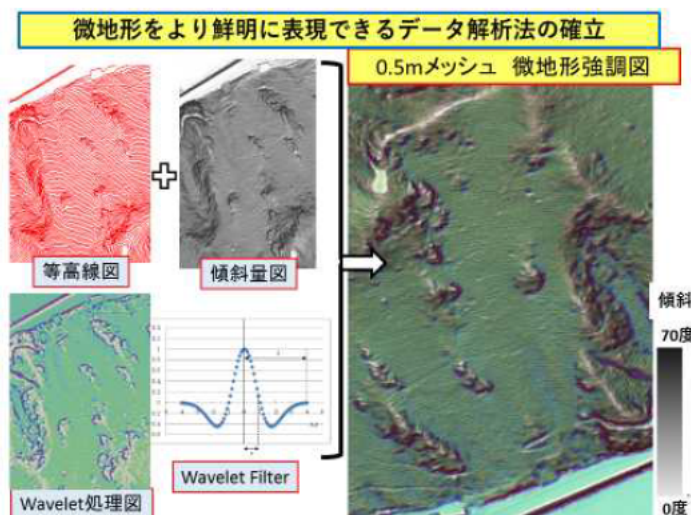


図-1 微地形強調図の例



図-2 微地形強調図の性能調査結果



図-3 タブレット型 PC を用いた現位置調査手法の例

2) ドローンレーザ計測の可能性の検証

変状の定量化を調査する必要がある箇所に対して、低コストでのレーザ 3 次元点群の取得が可能なドローン測量の可能性を検討した。自己の測位を高精度に取得できる GNSS や IMU を搭載したドローンによるレーザの精度を検証した結果が図-4 である。2 級基準点測量の座標値に比べて、水平 200mm 以内、標高 $\pm 50\text{mm}$ 以内の較差が得られることを実証した。一般的な航空レーザ測量での高さ精度 $\pm 150\text{mm}$ 、水平方向の位置精度 1000mm に比較して、ドローンレーザ測量は詳細な計測への応用に有効であることが分かった。さらに自動運転車の測位技術である SLAM に用いられるアルゴリズムを活用し、レーザ点群の自動重ね合わせ技術による変状の定量化手法を構築した。図-5 は、この技術によって、2 時期のレーザ点群データから、実斜面で発生した変状を定量化した結果であり、現位置で調査した変状量と解析結果が一致する結果が得られた。これにより、既存の航空レーザデータを基に、2 時期目データをドローンレーザによって取得することで、近づき難い箇所への踏査を実施することなく、詳細な斜面点検作業を行なうことが可能である。また、これまでレーザ点群から地形を判読する技術には経験が必要であったが、人工知能 (AI) を導入することにより、

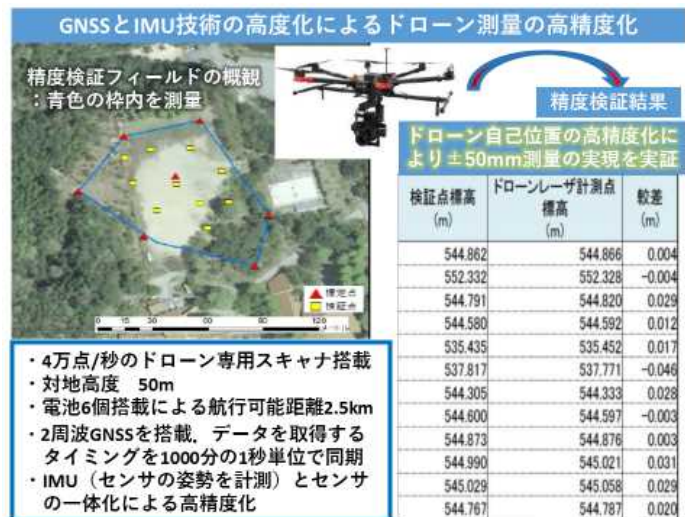


図-4 ドローンレーザ実用化検証結果

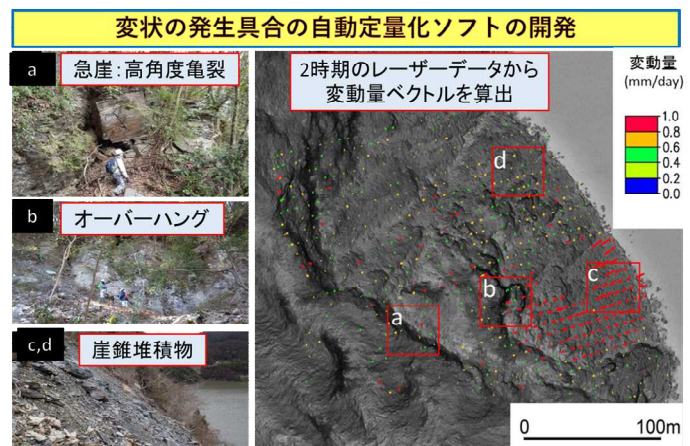


図-5 斜面変状定量化技術の事例

本研究成果を誰でも活用できるように試みた事例が図-6 である。熟練技術者の知識を教師データして、傾斜量図で表現した地形を AI に判読させた結果であり、経験者の作業と同等の解析を自動で実施することに成功した。これらの一連の技術により、本成果の汎用化と低コスト化による普及への道を拓いた。

3) MMS（画像・レーザ）データの活用技術の開発

前記変状の定量化ソフトを MMS（移動計測）データに活用して、法面の変状を自動的に計測することを試みた結果が図-7 である。図は 25mm の変状量を与えたターゲットを前記重ね合わせソフトで検出した結果である。25mm が検出できており、対策工の変状も効率的に計測できる一連の技術を構築した。

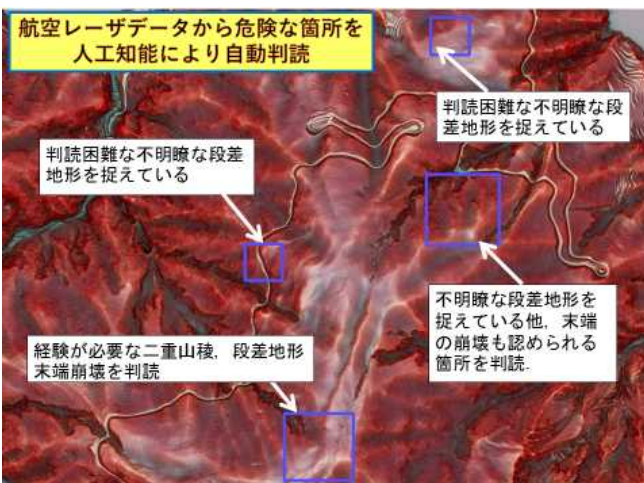


図-6 人工知能によるレーザ判読結果例



図-7 MMS による法面変状検出技術検証結果

プロジェクト・研究成果の概要(1/2)

プロジェクト:「道路事業における3次元データの利活用に関する研究」

プロジェクトリーダー

・氏名(ふりがな):中村 健二(なかむら けんじ)

・所属, 役職:大阪経済大学情報社会学部, 教授

研究期間:平成29年9月～平成30年3月(全体期間:平成28年度～平成30年度)

プロジェクト参加メンバー(所属団体名のみ)

大阪経済大学, 関西大学, 東京都市大学, iシステムリサーチ株式会社, 大林道路株式会社

プロジェクトの背景・目的(研究開始当初の背景, 目標等)

建設業界の生産性向上と高効率化を目的に, 3次元情報を積極的に活用する取り組みである「i-Construction」が推進されている。これらの3次元情報を下流工程にあたる完成図書の作成や検査, さらに維持管理に展開すると, 発現効果が一層大きくなると期待できる。そこで, 本研究では, 施工中に生成される3次元情報を道路工事完成図書に関連付けし, その後の維持管理にて活用する技術の開発を目指す。

プロジェクトの研究内容(研究の方法・項目等)

本研究プロジェクトの平成29年度の取り組みとその流れを図1に示す。図に示す通り, 本年度はⅠ～Ⅳの実施項目と, その成果を報告書として取りまとめる。次に, それぞれの実施内容について概説する。

Ⅰ. 実験データ作成のための現地計測

本実施項目では, 本研究プロジェクトにて開発する手法の実験データを得るため, 大阪, 京都, 滋賀の3地点にてデータ計測を実施する。本データ計測で得られる道路地物の種類を表1に示す。

Ⅱ. 点群データと道路工事完成図書の関連付けによる道路地物の点群データ抽出手法の開発

本実施項目では, 点群データと道路工事完成図書の関連付けによる道路地物の点群データ抽出手法を開発する。本手法では, まず, 道路面と道路面以外の地物を分類するために, 地盤点とその他の点に分類する。次に, 地盤点から道路基本地物(車道や歩道等)および道路関連地物(横断歩道, 区画線等)を抽出する。そして, その他の点から標識等の柱状物体や横断歩道橋等の3次元構造物を抽出する。

Ⅲ. 実験データを用いた道路地物の点群データ抽出手法の試行

本実施項目では, 実施項目Ⅱで開発した道路地物の点群データ抽出技術の精度を評価するため, 実施項目Ⅰで計測した実験データを対象に評価実験を実施する。

Ⅳ. 道路地物の点群データの活用方策の検討

本実施項目では, 実施項目Ⅲで得られた道路地物単位の点群データを維持管理フェーズに活用する方策を検討する。点群データ活用の課題(図3)に示す通り, 維持管理フェーズでの活用事例が不明瞭な状況である。そのため, 本年度は, 道路地物単位の点群データの活用事例の一つとして, 差分抽出を試行し, その結果を整理・分類する。

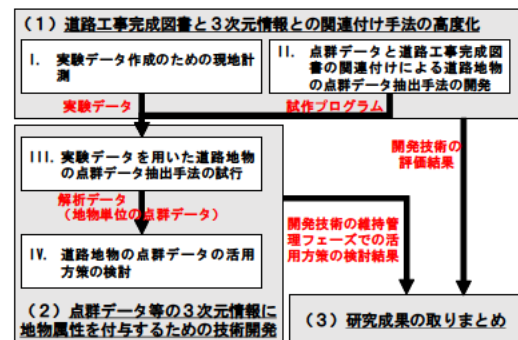


図1 本年度の研究内容とその流れ

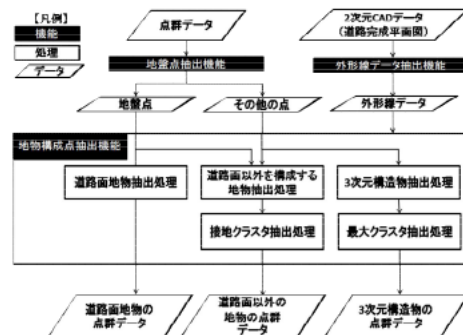


図2 道路地物の点群データ抽出手法

地上設置型レーザスキャナ, UAV写真測量, MMS, 航空レーザ測量が普及し, 日本全国の3次元情報が収集可能

【維持管理フェーズにおける点群データ活用時の課題】

- ・業務成果の納品物の一つに点群データがあったとしても, 必要なタイミングで手軽にデータを抽出できない。
- ・点群データの計測範囲が広く, データ容量が膨大であるため, 目的の地物の情報を取得できない。また, そもそも, 点群データを利用するためのソフトウェアがない。
- ・日常点検や維持管理において, 点群データを用いなくても写真で十分対応可能である。

活用促進のためには, 簡単にアクセス可能な仕組み, 点群データ活用事例, 必要不可欠

図3 点群データ活用における課題

表1 計測現場に含まれる地物

工事名	車道部	車道交差部	軌道敷	島	歩道部	植栽	区画線	停止線	横断歩道	横断歩道橋	盛土法面	切土法面	スカルパ	橋梁
国道26号富田地区舗装修繕工事	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●				●
国道24号金尾交差点改良舗装他工事	●	●		●	●		●	○	○				○	
国道161号青柳北地区舗装他工事	●	○					●				●	●	●	○

【凡例】○: 図面に含まれる地物, ●: 計測可能な地物

プロジェクトの研究成果の概要

Ⅰ. 実験データ作成のための現地計測

本実施項目では、平成 28 年度に施工された 3 現場(大阪、滋賀、京都)を対象に、地上設置型レーザスキャナでのデータ計測を実施した。計測結果を図4に示す。これらの計測データは、提案技術の実証実験に活用する。

Ⅱ. 点群データと道路工事完成図書の関連付けによる道路地物の点群データ抽出手法の開発

本実施項目では、点群データと道路工事完成図書の一つである完成平面図を用いて、道路地物毎の点群データを抽出する手法を開発した。実施項目Ⅰの計測成果および、2012年にMMSにて計測された点群データを対象に道路地物の点群データを抽出した結果を図5に示す。図に示す通り、計測年度と機器の異なる点群データから、横断歩道橋、車道部や島等の道路地物毎の点群データを抽出可能であることが明らかとなった。

Ⅲ. 実験データを用いた道路地物の点群データ抽出手法の試行

本実施項目では、実施項目Ⅲにて開発した技術の精度評価実験を実施した。本実験では、人手で作成した道路地物毎の点群データを正解データとし、提案技術にてどの程度正確に点群データを抽出できるかを評価した。本実験での評価指標として、情報検索の分野で一般的に用いられるF値を採用した。F値とは、「システムが抽出した点群データの中に、正解の道路地物の点群データが含まれていた割合を示す適合率」と「正解の道路地物の点群データをシステムで漏れなく抽出できたかどうかの割合を示す再現率」の調和平均を指す。実験結果(表2)に示す通り、横断歩道や車道部、横断歩道橋等は高精度に抽出できることが明らかとなった。その一方、橋梁、植栽、島等、時系列的に変化する道路地物や、車道のみからのデータ計測では正確に抽出できない橋梁等は、精度が低下する傾向が見られた。実験にて明らかになった課題については、次年度、改善する予定である。

Ⅳ. 道路地物の点群データの活用方策の検討

本実施項目では、道路地物毎に分割された点群データを維持管理フェーズにて活用する方策を検討した。活用方策の中で、技術的に難度の高い差分抽出については、一般的な手法を適用した結果(図6)に基づき、今後取り組むべき技術的課題を明らかにした。特に、計測時期および計測機器が異なる場合には、得られる点群データの計測精度も異なるため、その点を考慮した差分検出手法の検討が必要であることが明らかとなった。次年度は、これらの研究成果を踏まえ、維持管理フェーズにて活用可能な差分検出手法の開発に取り組む予定である。本年度のアウトリーチ活動の結果を次に示す。

- 中村健二, 寺口敏生, 梅原喜政, 田中成典:道路工事完成図書の地物と計測された点群データとの関連付け技術に関する可能性の検討, 土木情報学シンポジウム講演集, 土木学会, Vol.42, 2017.
- 中村健二, 寺口敏生, 梅原喜政, 田中成典:完成平面図に基づいた点群データの地物抽出技術に関する研究, 土木学会論文集 F3, 土木学会, Vol.73, No.2, pp.1424-1432, 2017.

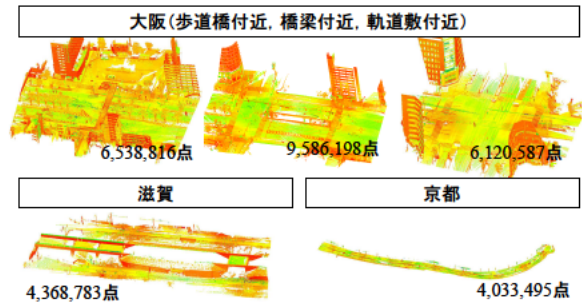


図4 現地計測データ(大阪・滋賀・京都)

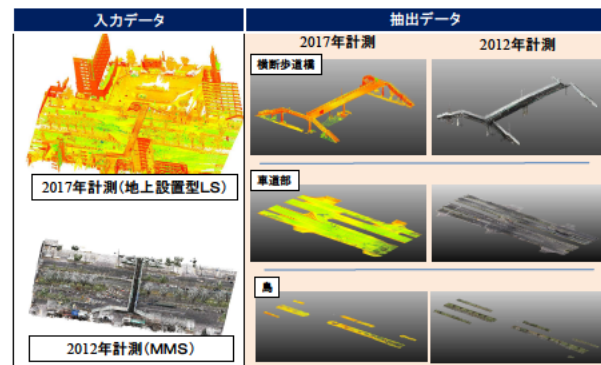


図5 道路地物の点群データ抽出結果

表2 道路地物の点群データ抽出精度

地物	分類点数(点)	適合率	再現率	F値
横断歩道	296,996	0.86	0.88	0.87
横断歩道橋	429,938	0.90	0.81	0.85
軌道敷	429,938	0.90	0.81	0.85
橋梁	589,523	0.86	0.47	0.59
車道交差部	1,323,509	0.90	0.88	0.89
車道部	1,826,107	0.81	0.87	0.83
植栽	102,376	0.81	0.59	0.64
盛土法面	438,789	0.88	0.89	0.88
島	138,569	0.71	0.61	0.61
歩道部	619,026	0.86	0.91	0.87

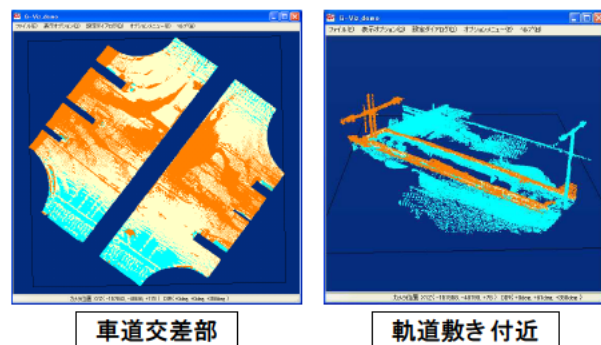


図6 道路地物単位の差分抽出の試行