

道路橋点検における点検データ精度と技術者能力の関係性に関する基礎分析

前田 慎一¹・那須 清吾²

¹正会員 工修 株式会社長大 東日本道路事業部 (〒450-0003 愛知県名古屋市名駅南一丁目18-24)

E-mail:maeda-s@chodai.co.jp

²フェロー会員 工博 高知工科大学大学院 工学研究科 (〒780-8515 高知県高知市永国寺町2-22)

E-mail:nasu.seigo@kochi-tech.ac.jp

膨大な道路施設の維持管理を効率的に進める上で、点検をはじめとする施設状態の計測データの精度管理は重要な事項の一つである。特に将来の道路施設の状態を推定し、LCCの最小化や投資計画策定に用いられる劣化予測モデルは、統計的、物理・化学的モデルのいずれにおいても点検によって獲得された計測データの精度が最終的な結果に影響を与えることは自明である。一方、点検技術は計測機器や測定技術の向上が著しい現時点においても、点検技術者の近接目視が原則であることから、点検技術者の能力に依存している。本研究では、高知県で運用中の橋梁定期点検システムを事例とし、将来に渡り、継続的に精度向上・能力改善を実践するマネジメントサイクルの実装に向けた分析手法を提案するとともに、実際の分析に先立ち、定期点検における点検データ精度と点検技術者能力の関係性について、基礎分析を実施した。

Key Words : *Inspection system , The theories of reasoned action and planned behavior , Working Memory , Mindset Analysis , Educational system*

1. はじめに

我が国の道路施設は、高度経済成長期における社会的要請に伴う集中的な投資によって整備され、今日までその求められるべき役割・機能を発揮してきた。一方、これらの施設は長年の供用に伴い、各々の環境に応じた損傷の発生や進展が生じており、性能の低下が懸念されている。特に我が国よりもおよそ30年先行して同様に集中的な投資が行われたアメリカでは、1980年代から道路施設の損傷に伴う社会的損失の大きな事故（落橋等）が顕在している。加えて我が国でも、2012年に発生した笹子トンネル天井板崩落事故等が、それまでに主張されていた社会資本施設の維持管理の重要性や、前述の「荒廃するアメリカ」を後追いしている現状を裏付ける結果となった。このような背景から、道路施設の補修・補強あるいは更新の必要性が高まり、これらに関する投資費用も今後ますます増加する傾向にあると考えられており、国土交通省にあたっては、「点検、診断、措置、記録」や長寿命化計画等の充実を含む維持管理の業務サイクル（メンテナンスサイクル）の構築について、中間とりまとめとして公表した他、道路構造物の適切な維持管理に向けた各種事項に取り組んでいる。

また、この10～20年の間に研究開発分野でも維持管理の効率化や適正化に有益となる研究が開発されつつある。特に将来の補修・補強費用を削減し、効率的な維持管理を実施する上で重要と考えられている道路施設の劣化予測については、膨大な点検データを用いた統計的な劣化予測モデルが飛躍的な進歩を遂げている。統計的な劣化予測は、他に各施設の構造や材料に着目した物理・化学的手法を用いたモデルがあり、これらの利用用途・範囲は割愛するが、いずれの劣化予測モデルにおいても、点検・調査によって計測されたデータ（以下点検データとする）に基づいて算出されるものである。すなわちこの点検データが必要な精度を確保していることが、劣化予測モデルの精度を確保する上でも重要となる。

道路施設の点検のうち、代表的な定期点検は、2013年6月に既存の施設（橋梁、トンネル、附属物）については改訂され、新たに必要（シェッド、大型カルバート、歩道橋）となった施設については、策定された。その他補足資料は複数あるものの、基本的には、当該要領の判定基準に基づき、道路施設に近接目視点検を行うことが定められている。ところで2013年6月に公表された要領は、2種類あり、片方は国管理施設を対象に準拠すべき要領、もう一つは「技術的助言」として、国管理ではな

い道路施設を対象とした定期点検のための参考資料として位置づけられている。ただし現実には、年度開始頃に技術的助言に基づいて作成された昨年度までの定期点検様式を各地方整備局単位で全都道府県分収集し、国のDBで管理している実情があることから、当該様式の作成はほぼ義務化されている。

国管理施設の定期点検要領と技術的助言では、点検内容が大きく異なり、「技術的助言」は点検結果の記述が部材単位である他、様式も最低2枚と非常に簡素である。

そのため、各都道府県では前述の国管理施設を対象とした道路施設の定期点検要領を参考に、独自の定期点検要領・マニュアルを策定している例が多く、本研究の対象自治体である高知県でも橋梁に関しては、2005年度末に「高知県橋梁点検マニュアル」が策定され、2014年度末には国管理施設の要領改訂を反映した「高知県定期点検要領」として改訂された。

このように、国管理であっても都道府県管理であっても、定期点検は要領に基づいて、適切に必要な点検データを収集する仕組みが整備されているように見える。橋梁のみを例にとると、国管理施設の場合、定期点検では、点検として「損傷程度の把握」、診断として「対策区分の判定」を行い、診断結果を参考に「健全性の診断」を行うが、この時の点検と診断が別業者によって実施されており、かつ診断結果が妥当であるかを検証するために、有識者等を含めた診断会議を実施している。このように民間業者の主観的な評価が可能な限り排除されるような仕組みが構築されている。また、基本的に民間業者に業務委託を実施する為、インハウスエンジニアが直接自ら定期点検を実施する例はほとんどない。

一方都道府県では、点検・診断の分離が曖昧であり、単独の民間業者が一括して実施する場合や、別の民間業者がそれぞれ実施する場合など、自治体によってさまざまである。問題は、診断会議のように客観的な裏付けがないまま、定期点検の結果を第三者が一切検証せず、納品・DBへの登録が行われている現状がある。特に、委託業務ではなく、インハウスエンジニアが定期点検を実施している場合、委託業務の場合は監督・調査職員として定期点検の業務成果の整合性を確認しなければならない技術系職員が点検を担うことになるため、誰が点検データの精度を確認しているか不明瞭な状況となっている。また、基本的には橋梁に関する基礎知識と定期点検要領の理解、点検業務の経験によって点検技術者の能力が向上していくと仮定されるが、実際の損傷種類については、それだけでは適切に評価できないものが存在する可能性がある。現状はこれらについて、国管理の橋梁定期点検（すなわち業務委託）を念頭に置いていることから、充分な検証に関する研究が行われなかったことにある。

本研究では、以上のような背景を踏まえ、道路施設の

定期点検システム（体制）において、将来に渡り、継続的に点検データ精度の向上及び点検技術者の能力改善を実践するためのマネジメントサイクルの実装を目指した分析手法の提案を行う。加えて、提案した分析手法の実践に先立ち、点検データ精度と点検技術者の能力の関係性について基礎分析し、分析手法に基づく施策・事業の実装が点検データ精度の向上及び点検技術者の能力改善に資することを確認する。また本研究では高知県を対象事例として以上の分析を行う。高知県では、過去約10年に渡り、インハウスエンジニアによる定期点検システムが運用されている背景がある。そのため、現行システムに基づく点検データから基礎分析が可能である。

まず「2.高知県橋梁定期点検システム」では、高知県においてこれまで運用されている現行の橋梁定期点検システムの概説とその課題について述べる。「3.技術者能力分析及び精度改善のための橋梁定期点検システム」では、継続的な精度向上及び技術者能力改善を目的とした橋梁定期点検システムの改良を提案する。「4.点検精度と技術者能力の分析」では、「3」で説明した改良案に基づく点検精度と技術者能力の分析結果及び考察を示し、「5.まとめ」にて今後の課題および実装に向けた課題・方向性を示す。

2. 高知県橋梁定期点検システムの概要

(1) 現行システムの概要

2004年3月に国管理の橋梁において橋梁定期点検要領（案）が策定されて以降、各都道府県は橋梁に関する定期点検の要領・マニュアルを策定し、橋梁の定期点検を進めてきた。高知県でも2006年3月に定期点検要領が策定された³⁾後、2014年6月の国管理施設の要領改訂まで、同様に定期点検が実施されてきた。高知県が国管理の道路施設や他の都道府県と大きく異なる点は、インハウスエンジニアによって定期点検を運用したことであり、その運用の為に明確な制度設計を実施している。図-1に現行の高知県橋梁定期点検システムを示す。図の通り、全ての道路橋について、一度インハウスエンジニアによる定期点検が実施される。この定期点検は、高所作業車を用いずに徒歩で行う。その後、学識経験者や有識者から構成された「アドバイザー会議」により、定期点検結果の審査が行われ、必要に応じて民間業者による外部委託点検が行われる。高所作業車が必要なケースもこれに該当する。

インハウスエンジニアによって定期点検を実施するに至った背景には、全国の地方部における自治体が直面している予算制約等様々な要因があるが、本研究において重要な側面は「インハウスエンジニアのスキルアップ」を目指している点である。アドバイザー会議では、定期

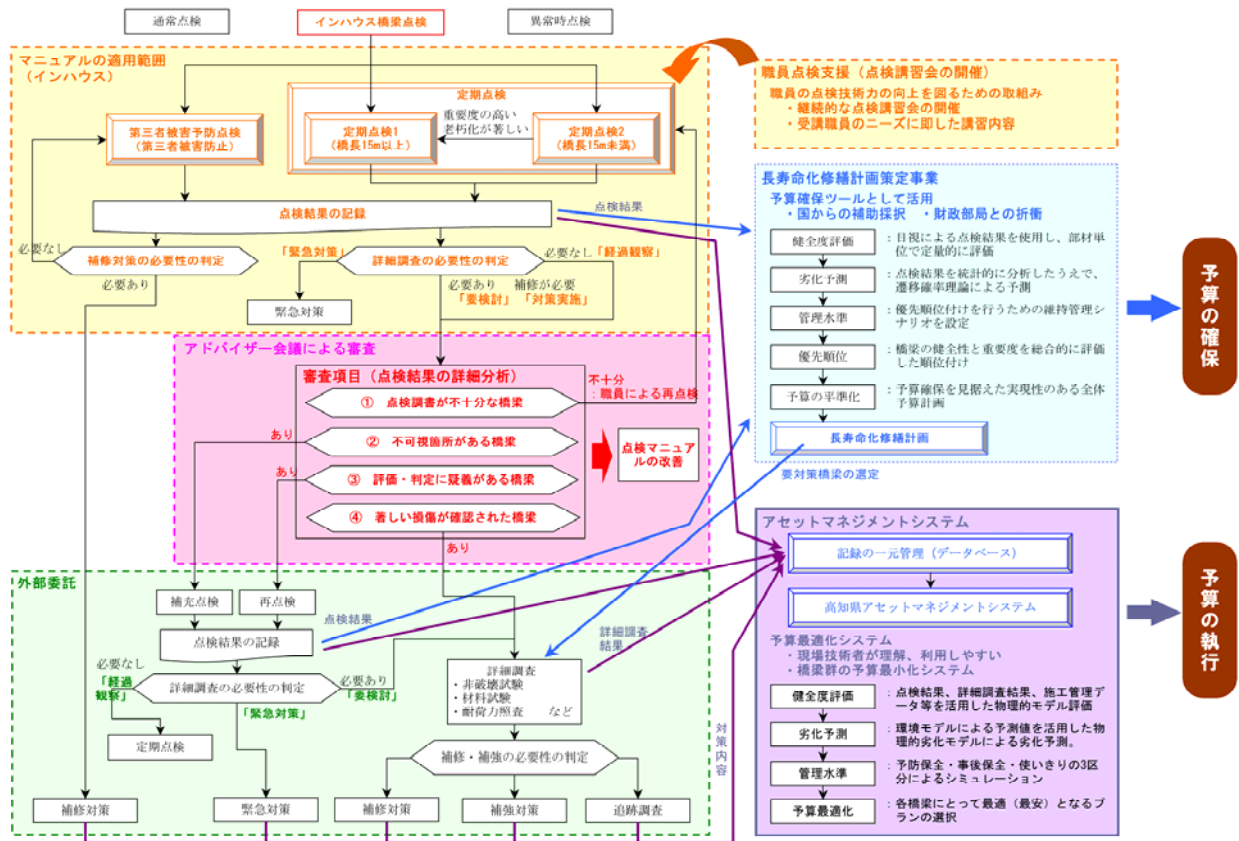


図-1 現行の高知県橋梁定期点検システム

点検調査より疑義（点検結果の判定ミスの疑い）がある橋梁を再点検対象とし、民間の専門業者に再点検を委託している。こちらの精度検証結果については、後述するが、システム運用当初は、精度が悪かったものの、講習会や模擬点検により、継続的な改善が確認されている。

(2) 現行システムの課題

現行システムでは、主たる目的に点検ミスの低減が挙げられており、そのために点検の継続的な実施とそれを通じた能力改善、点検ミスの講習会等によるフィードバックを繰り返した結果、一様の成果が得られたと考えられる。一方、今後も継続的に改善を実施するにあたり、課題として以下の3点を表-1に挙げる。

a) 点検データ精度と技術者能力の関係が不明確

点検データ精度は、インハウスエンジニアの点検データと専門家による再点検データの比較により検証が可能である。この比較結果の改善は、点検システム全体として、点検データ精度が向上していることは言えるものの、必ずしも実際の定期点検に従事する技術者能力が改善し

ているかは不明である。まず点検データと技術者個人の紐づけが不十分であり、誰がどの橋梁の点検を実施しているか不明確であるため、インハウスエンジニア個人の能力向上が確認できない。つまり現状確認できている改善効果が技術者個人に立ち返っても必ず期待できる効果であることが証明できない。

後述する現行システムによる点検データの分析から、事象としては明らかに点検データ精度向上の実績が確認できるが、メカニズムを把握しなければ、継続的に技術者能力を向上させることは不可能である。

b) 点検技術者の定期点検への取組姿勢が不明

インハウスエンジニアが定期点検を実施する都道府県は、多くはないと推測されるが、これらについて大きな課題として、インハウスエンジニアの定期点検に関する取組姿勢の問題がある。

国管理の施設では、承知の通り業務委託によって定期点検が実施されており、多くの都道府県・市町村もこの方法を採用している。業務委託の場合、民間業者が契約の範囲で責任を持ち、品質の保たれた成果を納品する義務が発生するため、点検に従事する技術者の取組姿勢は一切問題とはならない。一方、インハウスエンジニアの場合は、膨大な作業・実務に点検実務が上乗せされている場合が多い。このような場合、実務への責任感や負担から、点検実務を実施することに対する不満が生じ、実

表-1 現行の定期点検システムにおける課題

	概要
①	点検データ精度と技術者能力の関係が不明確
②	点検技術者の定期点検への取組姿勢が不明
③	点検調査から確認できない疑義の存在

際の実務への姿勢に影響を与えていることが懸念される。

また、国管理の施設や大半の都道府県の実情から、点検業務は業務委託として実施するものであると認識している場合、不満や不信感は更に強くなるものと考えられる。加えて、2014年6月の国管理橋梁の定期点検要領改訂では、近接目視について、「全ての部材に近接して評価」することが明記されたため、旧要領ではやむを得ず遠望目視としていた箇所についても、もれなく全ての部材に近接して評価する必要が生じた。これによる負担増加の認識は個人で異なるが、少なくとも橋梁数が同数の場合、定期点検実務にとられる時間・手間は現状維持となるかもしくは増加することとなる。

問題は、これらの取り組み姿勢が点検精度に対してどの程度影響するかどうかを明らかにする必要があり、技術者能力として検証する必要がある要素の一つである。

c) 点検調書から確認できない疑義の存在

現行の定期点検システムは、第一目的が点検データ精度の向上であるため、計測された点検データについて、判定ミスの疑い（疑義）があるものを抽出し、再点検を実施していた。一方、点検におけるミスは判定ミスのみではなく、損傷そのものの見落とし等も考えられる。当然、橋長・部材に対する損傷写真数から明らかに点検調書として不備が認められるものは疑義のある点検データとして再点検対象となるが、一見正確に実施されている定期点検結果において、部分的な見落としが存在している可能性は否定できない。疑義の有無はあくまでも見込みに過ぎず、統計的に有意と考えられる橋梁数を無作為抽出する等して再点検を実施しなければ、より正確な点検データ精度とは言えない。つまり点検調書から把握できない疑義の存在を確認する仕組みが必要となる。

3. 技術者能力分析及び精度改善のための橋梁定期点検システム

(1) 橋梁定期点検システムの改良

「2」における課題を踏まえ、橋梁定期点検システム技術者能力改善及び点検データ精度向上のための改良案を図-2に示す。

改良型の定期点検システムでは、道路維持管理のマネジメントサイクル（≠メンテナンスサイクル）に着目し、点検技術者の能力と点検データ精度の関係性を分析し、その向上手法として、資格制度（教育プログラム）と点検要領（マニュアル）の改訂を行う。

メンテナンスサイクルは、「点検、診断、措置、記録」の業務サイクルであり、これを継続的に運用するためには経営資源を意識したマネジメントサイクルの構築・運用が必要であることは言うまでもないが、そのマ

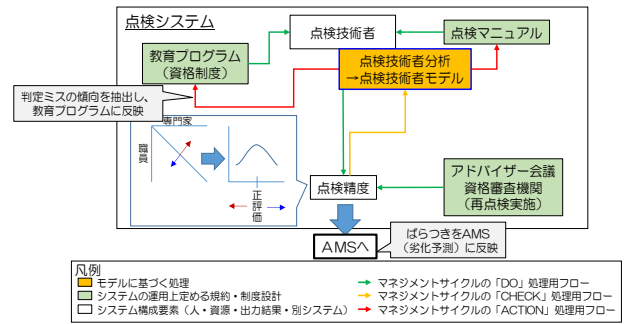


図-2 定期点検システムにおける点検データ精度改善プロセス

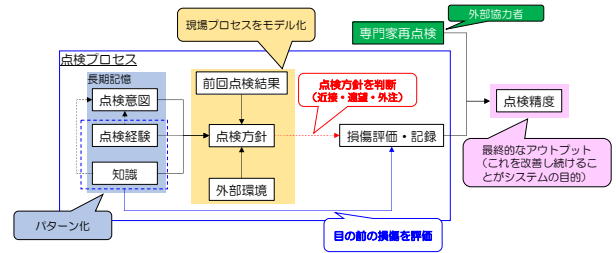


図-3 定期点検システムにおける点検技術者の構造物認知・評価モデル（点検技術者モデル）

ネジメントサイクルでは、点検データ精度向上を目的とした点検技術者の能力向上に関する分析及び結果の反映も組み込まれている。

点検データ精度は、高知県においては、今後実装を計画しているアセットマネジメントシステムにおけるばらつきを考慮した劣化予測モデル⁴⁾に、点検データ精度の誤差を組み込んだ補正（以下誤差ボックス⁵⁾）を行う。点検データ精度が向上することにより誤差ボックスが縮小し、劣化予測モデルの精度が向上することが期待できる。

(2) 点検技術者モデルによる分析手法

点検データ精度と点検技術者能力の関係性分析を行う上で、根幹となる点検技術者モデルについて述べる。

a) 定期点検システムによる能力改善プロセス

定期点検システムにおいて、点検技術者が点検時に構造物をどのように認識・判断（評価）しているかをモデル化した。図-3に概要を示す。

点検技術者は、点検マニュアルに従って適切なプロセスを経て、近接目視点検を行う必要があるが、実際には様々な要因があるため、単純な構造物認知・評価のみでは説明できない。従って様々な要因とは何かを把握する必要がある。これらの実態を概念的に示したものが以下の図の青枠で示す部分である、

点検技術者の構造物認知・評価モデルは、点検技術者が損傷評価・記録を実施する過程をモデル化したもので

ある。これを実際の点検技術者の点検結果と解釈すると、正しい点検結果と比較し、点検精度を算出する必要がある。このアドバイザー会議にも定められている「再点検」は、相当の知識を有する点検技術者が実際に実施した定期点検結果の点検データ精度の検証を目的とし、再び近接目視等による点検を実施している。これは先ほどからの述べるように、全ての点検結果に実施しているわけではなく、疑義（点検による判定ミス等）があると思われる点検データを対象に実施している。

当然専門家によるものとはいえ、再点検の結果が正しい点検結果であるという保障はないが、これは再点検結果が十分に公開され、あらゆる検証に耐えうることができ、かつ点検要領（マニュアル）との論理的整合という観点から妥当と判断できれば、相応の精度を有すると考えられる。従って妥当な点検精度を有する点検結果と実際の点検技術者が実施した点検結果に差がある場合、その原因が何にあるかを分析することが点検技術者モデルにて実施すべき事項である。

b) 点検方針決定プロセス

定期点検は単純な構造物への近接目視よりもより複雑な事象が絡み合って判断されることから、実際の点検プロセスをモデル化することが肝要となる。実際の点検技術者へのインタビュー調査等を経て構築した点検方針の決定プロセスモデルを図-4に示す。

本モデルでは、点検技術者の一般的な活動を仮定している、まず点検技術者は橋梁を概観的に目視したり、前回点検の結果を参照して点検対象施設の概略状態を主観的に判断したうえで、周囲の環境（損傷の進行が早まる

恐れ等）を考慮し、自らの点検実施に関する意向から、点検方針を決定する。そして決定した点検方針に基づき、各部材・各要素の損傷を認識・評価し、記録する。

本モデルでは、後述する2モデル「意図形成モデル」と「主観的損傷判定モデル」が点検プロセスの各段階で活動し、点検データ精度を決定すると仮定している。

c) 点検行動に関する実施意図

各モデルの構成に関する説明に先立ち、「点検実施意図モデル」について説明する。本モデルは、「合理的行動理論+計画的行動理論」⁶⁾に基づき構築した点検技術者の行動意図に関するモデルであり、「意図形成モデル」「主観的損傷判定モデル」それぞれに寄与する点検技術者本人の点検行動の実施意図を算出する。『合理的行動理論+計画的行為理論』に基づくとある行動への意図は、(1) 行動そのものに関する信念・態度、(2) 規範に関する信念と主観的な規範の認識、(3) (規範を破ることによって生じる被害に対する) 制御の信念と知覚的な行動制御からなると仮定されている。

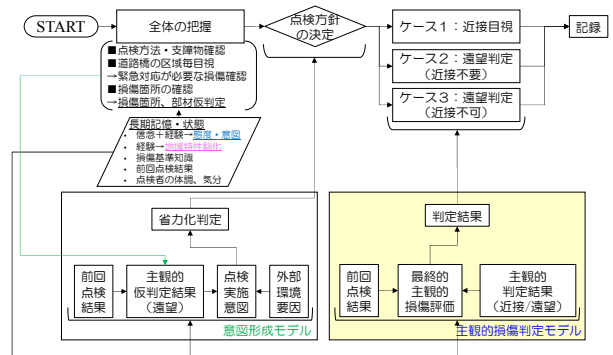


図-4 点検方針決定プロセスモデル

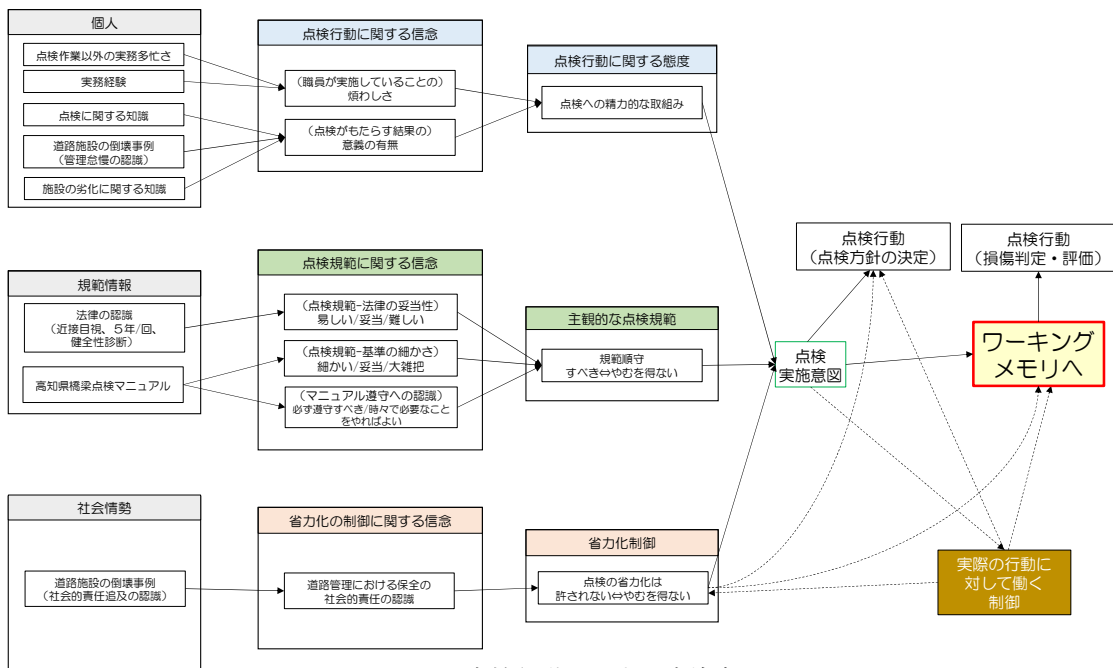


図-5 点検行動に関する実施意図

ただし、これらによって形成された意図は直接行動に結び付くのではなく、実際に行動する際には直前の制御が働くため、最終的に制御は、恒常的なものと行動直前に生じるものがある。図-5に点検行動に関する実施意図モデルを構築した。

実施意図では点検行動を2パターンに分類するが、これは前述の「意図形成モデル」に関連する行動（点検方針の決定）と、「主観的損傷判定モデル」に関連する行動（損傷判定・評価）に分類している。そのうち「主観的損傷判定モデル」に関連する行動の直下にあるワーキングメモリは後述する。

d) 点検行動実施意図の形成（点検方針の決定）

意図形成モデルの概要は図-6の通りである。点検方針の決定は、前述の「点検行動に関する実施意図」を介した点検実施意図から点検方針を決定する。各々の事項に関しては、表に示す事項の整理が必要となるが、それぞれ点検技術者にインタビューを実施して図-6の(2)から(1)を形成する必要がある。

点検方針を3ケースに分類しているが、我が国では全ての部材への近接目視が定められているため、この分類は発展途上国など我が国以外で厳密なルールが定められていない箇所への措置と考えている。ただし、前述の定期点検に関する取組姿勢や過去の点検における判定ミスについては、過去には近接目視を基本方針としながらも、やむを得ず遠望目視によって判定している可能性を踏まえる他、実際の点検技術者が「全ての部材への近接目視」への認識を把握する必要がある。こちらについてもインタビュー調査に基づくデータ取得が必要となる。

e) 主観的損傷判定モデル（点検技術者の損傷評価）

「主観的損傷判定モデル」は、認知心理学におけるワーキングメモリ⁷⁾（以降WM）の概念を用いて構築する。

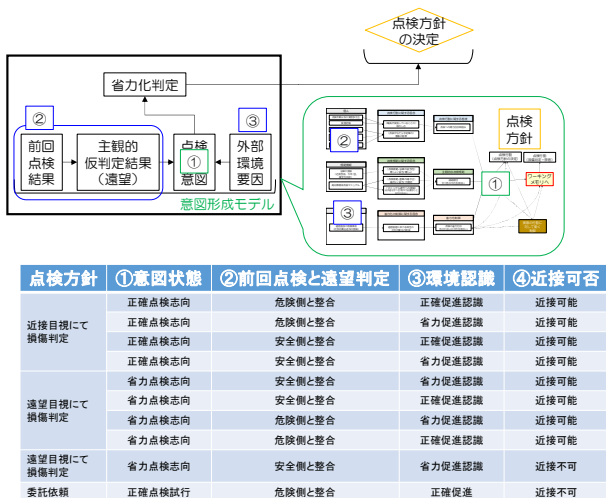


図-6 点検方針の決定に関する意図形成モデル

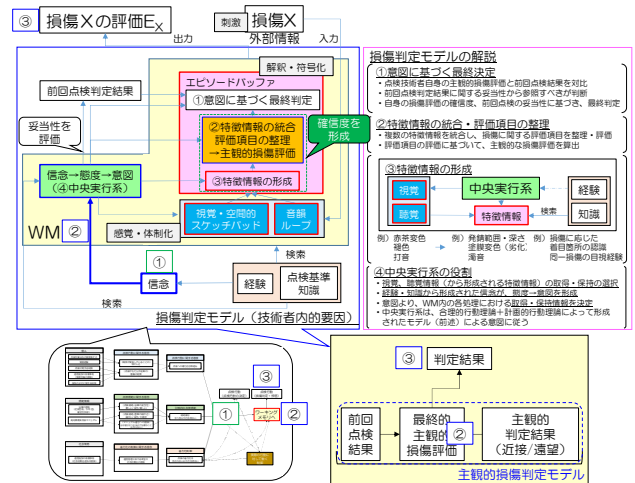


図-7 主観的損傷判定モデル (WM) 概念イメージ

WMは、外部情報による（短期）記憶を一時的に保持し、検索可能な長期記憶と統合しながら行動選択に必要な情報を形成する処理機関である。外部から認知した視覚・聴覚情報は、それ自体意味のある情報ではないが、「エピソードバッファ」で長期記憶等と組み合わせることにより、行動にとって意味のある情報を形成する。視覚・聴覚情報の取得や、「エピソードバッファ」での情報形成あるいは長期記憶の検索は、いずれも「中央実行系」という制御機能によってコントロールされる。「中央実行系」は、意図や知識・経験などの長期記憶により形成されると考えられる。

以上のWMの考え方を点検技術者の損傷判定に援用すると図-7のような構成となり、損傷種類それぞれに存在するが、損傷種類毎に本概念を用いてモデル化する必要がある。各損傷種類において獲得できる特徴情報は異なるため、全ての損傷種類において検討は必要であるものの、損傷種類によっては自明であるものもあるため、必ずしも必要とは言えない。こちらについても別途分析が必要となる。

(3) 点検技術者の能力改善方法

点検技術者の能力改善にあたっては、(2)で示した点検技術者モデルに基づくプロセス分析を行うことで、技術者の意図あるいは、損傷そのものの認知能力のいずれに点検データ精度を低下させる要因があるかを把握することができる。その結果を用いて、資格制度による能力要件の管理、講習会や現場研修、職場内学習等による能力向上や、点検実務のモチベーション向上施策等を組み合わせて実施することで改善を試みる。

具体的な施策メニューはそれほど多くはない。重要なのは、施策そのものの具体的な内容についてであり、例えば高知県では、橋梁定期点検システム構築 (Plan) から3年後 (点検データの蓄積期間) に実施された第1回ア

ドバイザー会議で損傷種類「腐食」及び「防食機能の劣化」の点検結果（Do）にて多数の間違いが確認（Check）できたことから、次年度以降の座学講習において、この間違いを是正するような説明項目を追加・強調（Action）した。その結果、「腐食」及び「防食機能の劣化」に関する点検データ精度は次年度以降継続的に向上しており、現状分析から効果的な施策が実践できたといえる。点検精度の改善にあたっては、他の項目でも同様であり、PDCAのプロセスを踏まえて行う必要がある。ただし現状の分析では、点検データ精度がなぜ向上したのか、何が原因かが不明確である。これらの原因が何かを明らかにする為、(2)の分析手法が必要となる。

4. 点検精度と点検技術者能力の関係性分析

(1) 分析手法の概要

点検データ精度と点検技術者能力の関係性は「3」で説明した各モデルを用いて分析する。ただし現時点においては、点検プロセスに関するインタビュー分析データを収集中のため、本論文では点検精度と点検技術者能力に関する基礎分析結果を示す（図-8参照）。尚、本論文の基礎分析手法は表-2の通りであり、現行の高知県橋梁定期点検システムにおける運用実績（アドバイザー会議にて疑義があり再点検を実施したデータ）と、後述する第1回インタビュー調査に基づく机上損傷評価である。

現行システムの点検結果分析からは、経年的な分析が可能であるため、高知県の組織に関する全体的な技術者能力と点検精度の関係、及び継続的な学習・経験によって精度向上が見込まれない可能性の損傷種類の有無を確認する。インタビュー結果では、橋梁定期点検に関する実施意図及びインタビュー分析時に実施した損傷写真を用いた近接目視の机上点検の結果を分析する。

ただしいづれも、全ての損傷種類を対象としているわけではないことに留意が必要である。

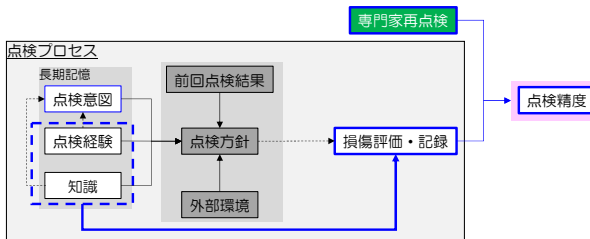


図-8 点検プロセスに応じた本論文での分析対象範囲 (青線・青枠)

表-2 点検精度と技術者能力の関係性分析手法

対象データ	
①	現行システムにおける点検データの分析
②	インタビュー結果の分析

(2) 現行システムにおける点検データの分析

2006年から運用されている現行の高知県橋梁定期点検システムにおいて、再点検を実施した点検データを分析する。過去のアドバイザー会議では、第1回アドバイザー会議で特に疑義が多く見られた損傷種類「腐食」及び「防食機能の劣化」、「ひびわれ」、「漏水・遊離石灰」の4種類を対象に再点検を実施し、点検データ精度を検証した。

a) 「腐食」・「防食機能の劣化」に関する分析

「腐食」及び「防食機能の劣化」は、損傷過程において連続的な現象であるといえるため、合算して分析する。「腐食」「防食機能の劣化」の2006年から2011年にかけての点検データ精度検証結果を図-9、図-10に示す。定期点検システム運用当初の2006年から2008年度にかけて損傷程度の評価の判定誤差の絶対差（以下絶対差）そのものは改善しつつあるものの、疑義のあるものについてはほとんど正答率が上がっていない状況となっていた。2009年以降、アドバイザー会議による点検データ精度の検証が開始されて以降、講習会前後及び経年により改善が確認できる。特に、2009年に関しては、他の年度では実施されていない実橋を用いた現場での模擬点検が実施されており、それまでの現場点検や座学講習よりも高い密度の学習効果が得られた可能性が高い。加えて、前述の通り、点検データ精度検証の結果を受けて、講習内容を修正・更新したことによる効果とも考えられる。一方、

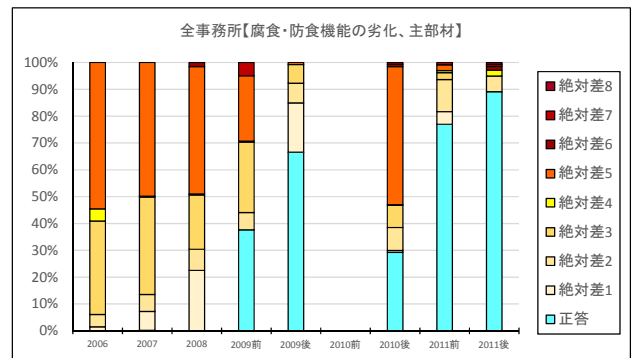


図-9 腐食・防食機能の劣化の点検データ精度 (比率)

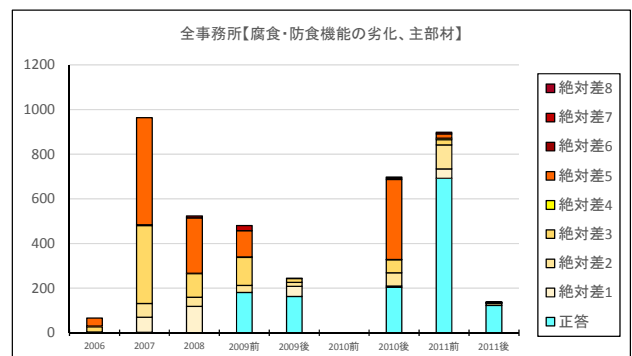


図-10 腐食・防食機能の劣化の点検データ精度 (件)

2010		専門家点検									合計	安全側誤答率	正答率	危険側誤答率
主	後	1	2	3	4	5	6	7	8	9				
職員点検	1	166	0	12	48	0	358	6	5	0	595	—	28%	72%
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—
	3	0	0	1	2	0	10	0	1	0	14	0%	7%	93%
	4	0	0	0	10	0	48	0	1	0	59	0%	17%	83%
	5	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2	0%	0%	100%
	6	0	0	0	0	0	10	0	0	0	10	0%	100%	0%
	7	0	0	0	0	0	1	16	0	0	17	6%	94%	0%
	8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0%	100%	0%
	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—
											1	204	493	
											0%	29%	71%	

図-11 腐食・防食機能の劣化の評価比較 (2010年講習会後)

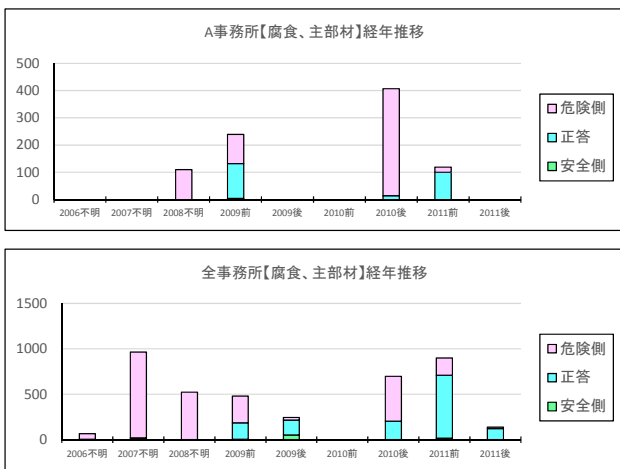


図-12 腐食・防食機能の劣化の発生件数推移 (上：A事務所・下：全事務所)

2010年の講習会後の点検精度が著しく悪いのは、2010年の専門家・職員点検比較表(図-11)の通り、軽微な腐食を軒並み損傷なしと判断していること、また管内事務所別のデータ(図-12)を見ると2010年講習会後の判定ミスが生じた部材のうち、400部材近くがある特定の事務所(A事務所とした)に集中しており、全体の約80%が特定の点検技術者あるいは事務所の問題であると考えられることから、経験の浅い点検技術者グループや単独での点検が実施された結果と考えられる。

いずれにしても、「腐食」及び「防食機能の劣化」は、点検技術者全体の傾向としては、経験の蓄積によって点検精度の向上が期待できるほか、講習会によって判断能力の補正が容易であるため点検精度が向上する損傷種類であると考察できる。

加えて2010年の点検実施前の点検データがないため、2009年と2011年の2例となるが、講習会前に定期点検を実施している場合、講習会による学習を実体験と照合することができるため、より高い効果が得られる可能性がある。当該分析データは、点検技術者個人を特定してい

るわけではないため、一概に正しいとは言い切れないものの、後述する「漏水・遊離石灰」においても同様の仮説を示唆できる傾向が確認できた。

b) 「ひびわれ」に関する分析

「ひびわれ」の2006年から2011年にかけての点検データ精度検証結果を図-13、図-14に示す。2009年以降、正答率50%以上の点検精度を確保しているが、講習会や経年による継続的な向上が確認されない他、2011年講習会前は疑義対象の部材が減少しているものの、2011年講習会後には疑義対象の部材がまた増加している。

ただし「ひびわれ」は、「腐食」や「漏水・遊離石灰」と比べて、特に損傷程度が低い箇所では、損傷の見落としの懸念がより高い損傷と考えられる。従って、一見再点検結果で精度の高い結果が出ているものの、それは過去のアドバイザー会議の性質上、ひびわれは下部工(橋台・橋脚)を主な対象部材としており(下部工の場合、要素番号が床版や主桁のように複数とならず、一基のうち代表的なものが記録対象(ただし堅壁などの部材はあるが)としているため、見逃したとしても部材要素番号と損傷の対比関係が見えにくい)、さらに一度定期点検を実施した橋梁の点検調書に「疑義」があるものを対象としているため、ひびわれそのものの見逃し結果を確認していない可能性がある。

これらの見逃しに対する認識が点検技術者にとって強く意識されなければ、パネル単位で評価する「床版ひび

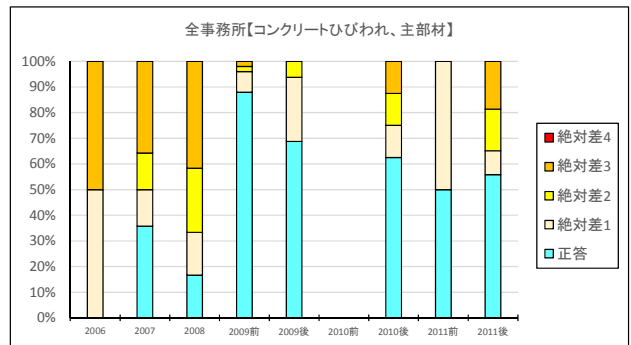


図-13 ひびわれの点検データ精度(比率)

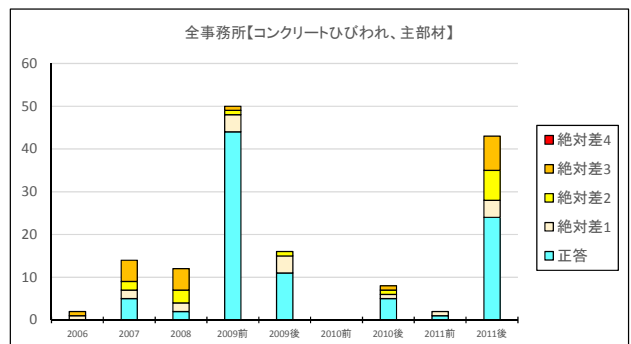


図-14 ひびわれの点検データ精度(件)

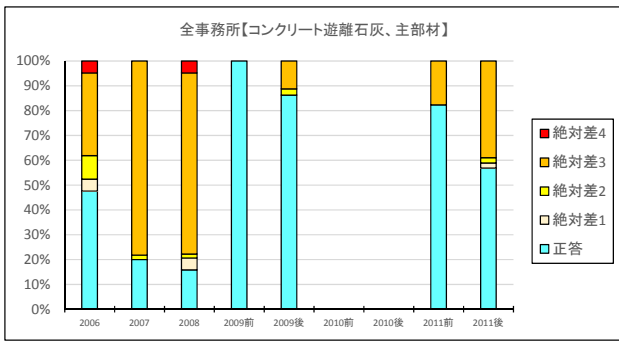


図-15 漏水・遊離石灰の点検データ精度 (比率)

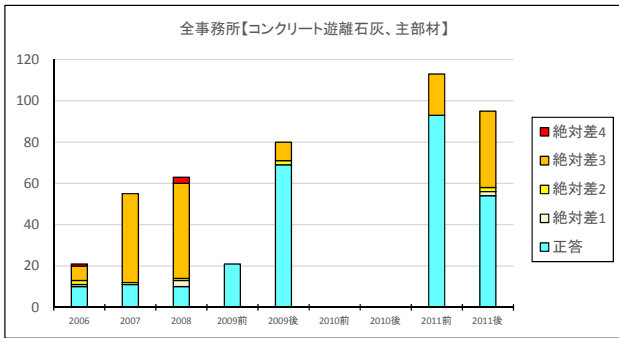


図-16 漏水・遊離石灰の点検データ精度 (件)

われ」等を別として、各要素において損傷毎にひびわれを計上しなければならない主桁等に関する経験に伴う改善がみられない可能性がある。

従って、「ひびわれ」は単純な経験のみでは向上が見込めない部材である可能性がある。当然ひびわれに関しては、評価項目（ひびわれ幅・ひびわれ間隔）の他、発生パターンについても記述するルールとなっているが、これに関するメカニズムを理解していなければ、認識に対する理解・学習効果は低いと考えられる。

c) 「漏水・遊離石灰」に関する分析

「漏水・遊離石灰」の2006年から2011年にかけての点検データ精度検証結果を図-15、図-16に示す。定期点検システム運用当初から、正答率がほかの分析対象損傷よりは高い。「疑義」の対象となる橋梁（部材）は、点検に関する知識や経験が少ない点検技術者が点検を実施している可能性もあるため、一概には言えない。他、漏水自体は「ひびわれ」と同様、非出水期などでは見逃しの恐れもある。またアドバイザー会議では、「漏水・遊離石灰」は床版の損傷を対象としていることから、見落としについても評価が可能となっており、「ひびわれ」よりも正確に評価が可能となっている。

その他に傾向として見られたのは、2011年の講習会前の判定ミスはある特定の事務所（図-17のA事務所...「腐食」及び「防食機能の劣化」の図-12のA事務所とは異なる）に集中しており、特定の技術者又は事務所単

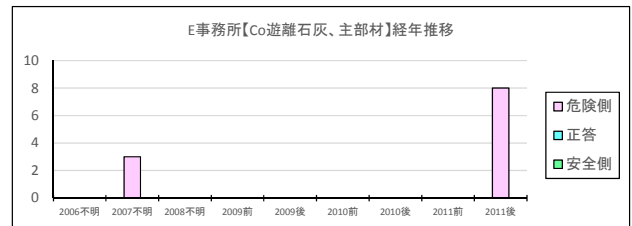
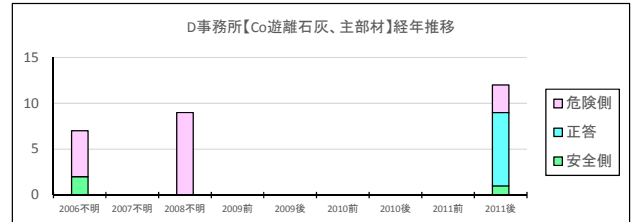
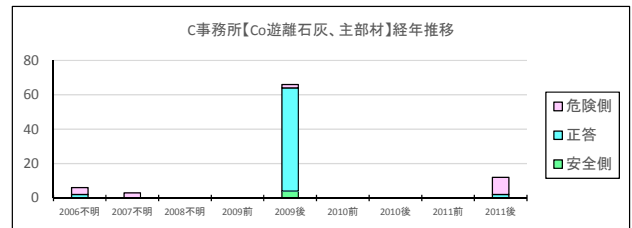
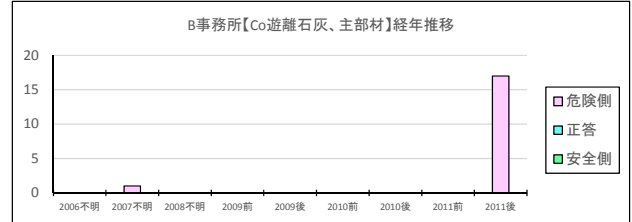
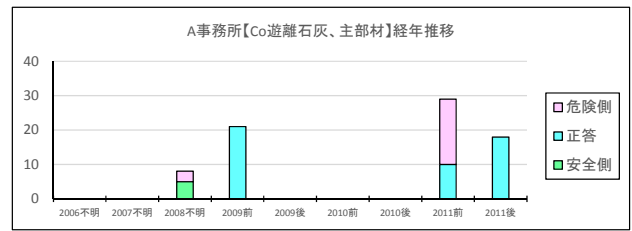


図-17 漏水・遊離石灰の発生件数推移 (上からA, B, C, D, E事務所)

位の問題と考えられるが、A事務所は講習会後に判定ミスがなくなっているため、講習会によって精度改善がみられたと考えられる。一方、2011年講習会後に判定ミスが目立つ事務所は4事務所（図-17のB, C, D, E事務所）存在するが、いずれの事務所も2011年の講習会前に「疑義」対象の点検結果がなかったため、おそらく講習会後に点検を開始したことで、講習会の内容が点検経験と照合できず、結果的に判定ミスが生じた可能性がある。

これは、「腐食」及び「防食機能の劣化」でも見られたことから、損傷種類によっては、点検実施→講習（学習）→点検実施という流れで講習による学習効果が点検実施がない場合よりも高くなる可能性を示唆している。

従って「漏水・遊離石灰」は講習会での補正によって精度向上が期待できる損傷種類であり、損傷評価には特に経験が必要ではないと考えられる。

(3) インタビューに伴う分析

点検技術者が点検技術者モデルに基づいて実際の点検を実施しているとの仮定の基、モデルの検証及び各パラメータ設定を目的としてインハウスエンジニア（高知県土木系職員）へのインタビュー調査を行った。調査内容は、表-3のとおりであり、前述の点検技術者モデルに基づいた調査となる。インタビュー調査は2回実施予定であり、そのうち第1回インタビュー調査結果及びその考察を以降に示す。第1回インタビュー調査の概要を表-4、被験者の入庁後実務経験を図-18、定期点検の実施期数（1橋以上の橋梁定期点検の実施年度数）を図-19に示す。

尚、インタビューを2度に分けて実施している理由は、当該年度において点検実務を確実に実施した後に調査する必要があるためである。従って年度末・年度始を外した時期である現時点にて実施中である。また、点検技術者の意識構造の項目についても第2回インタビュー結果を踏まえた考察が必要となる事から、本論文では「点検行動に関する実施意図」に基づいたインタビュー・アンケート結果を示す。

表-3 インタビュー調査における実施内容

	項目	小項目	内容	備考
1	点検技術者の意識構造	定期点検実施意図	点検に対する取組姿勢及び意欲	-
2	点検プロセス	点検行動プロセス	点検行動プロセスと実際の点検行動の比較	実施中
		点検方針の決定	点検行動において遠望目視にて損傷を判断した可能性の確認	実施中
3	近接目視時の損傷認知に関する特徴情報の抽出	損傷評価方法	損傷認知においてどのような情報（特徴情報）を認識しているかを確認	-

表-4 インタビュー調査における確認事項

項目	内容
実施対象	高知県土木部各土木事務所土木系職員計30名
実施時期	2015年12月
実施内容	<ul style="list-style-type: none"> 点検時の意思決定（やむを得ない場合の判断）※第2回インタビュー実施後に考察（本論文では、結果報告） 定期点検における損傷着目時の評価及び特徴情報の整理（画像による損傷評価）合計40問（びびわれ、床版びびわれ、補修・補強材の劣化、腐食、防食機能の劣化、亀裂）

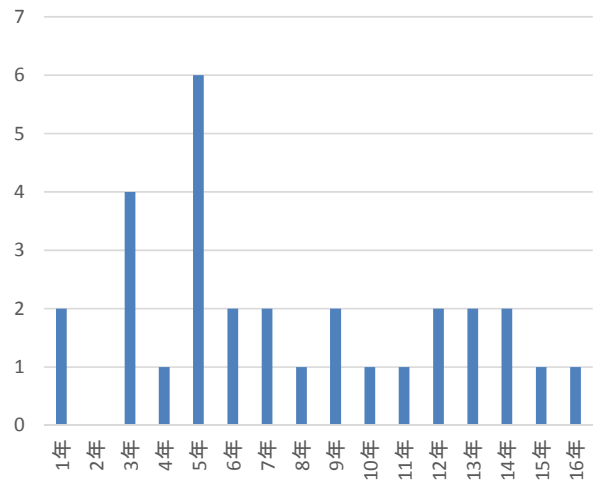


図-18 インタビュー対象者の入庁後経験年数一覧

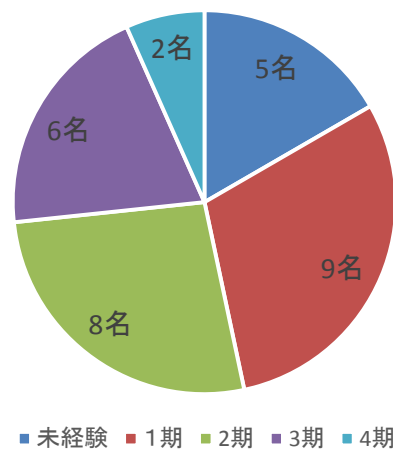


図-19 インタビュー対象者の点検経験一覧

a) 点検技術者の意識構造に関する調査

インタビューによる点検技術者の定期点検実施に関する点検実施意図の調査結果を図-20、図-21に示す。インタビュー被験者のうち、定期点検に関する近接目視の確実な実施を完全に順守すべき（以降点検実施意欲高）と考えているのは、被験者30名のうち、半数程度の15名であり、状況によっては、近接目視の未実施もやむを得ない（以降点検実施意欲低）としている技術者と二分している。

入庁後経験年数・点検経験期数ともに少ない方（=若手）が点検に対する実施意欲が高く、逆に入庁後経験年数・点検経験期数ともに多い方が実施意欲が低い傾向にある。前者は、経験年数が増加する毎に、実務量が多くなるため、点検実務が大きな負担となっていることが考えられる。後者は、点検実務経験を繰り返すことで、点検によって得られる結果を過小評価しているか、もしくは管理橋梁に関する過信（落橋等起こりえない等）等のバイアスが形成されたと考えられる。

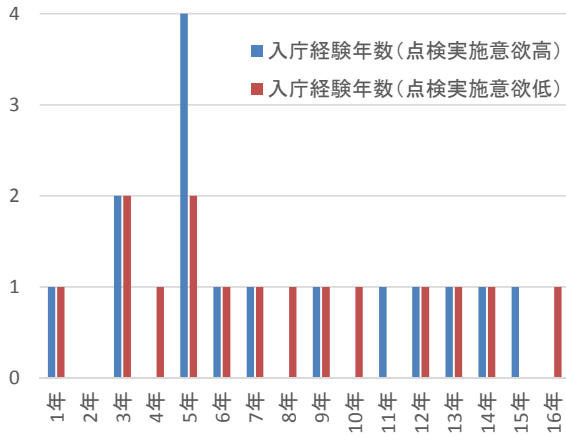


図-20 点検実施意欲別の入庁後経験一覧
(青：実施意欲高，赤：実施意欲低)

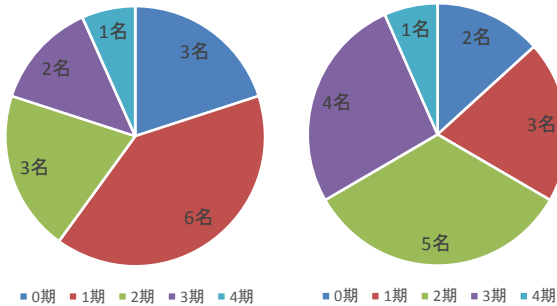


図-21 点検実施意欲別の点検経験一覧
(左：実施意欲高，右：実施意欲低)

後者の場合、いずれのケースにおいても生じているバイアスの原因を分析し、適切な施策を実施することで解消可能である。ただしどのような思い込みをしているかは個人によって異なるため、思い込みのケースのパターン化が必要となる。

b) インタビューにおける机上損傷評価

表-3の「3」の調査として実施した机上損傷評価に基づく分析結果を示す。机上損傷評価では、定期点検マニュアルに基づいて実施されている構造物の損傷認知及び判断(評価)を、実際の目視点検から読み取っているであろう情報(近接目視時の目視情報のみ)と合わせて抽出してもらうことで、疑似的な(損傷認知後の)近接目視点検として実施した。ただし、職員へのインタビュー時間の都合上、現場環境とは決定的に異なってしまったことに加えて、表-5に示す理由等から正答率等が著しく低下している。従って、見かけ上の正答率は前述の現行システムにおける分析よりも低い結果となっているが、これについてはやむを得ないため、本研究では正答との誤差で比較する。

表-5 机上損傷評価時に生じた精度低下要因

内容	結果
実務および実施時期の都合上、限られた時間で実施	読み飛ばしや誤記入等が目立つ
点検時には点検マニュアル及びポケットブックのような損傷判定基準が明記されている図書を携行しており、随時参照可能であるが、今回の机上点検では、時間的制約から被験者が参照可能な時間がなかった	本来参照できる資料が参照できなかったため、明確な基準が曖昧となり、正確に評価できなかった可能性が高い

表-5を踏まえてコンクリート・鋼部材別の点検精度を考察する。点検精度の分析は、正確な点検結果と被験者の点検結果を絶対誤差とし、その平均的な差を確認して比較する。尚、本分析では最終的に点検経験・実務経験、資格制度の有無及び点検実施意欲からの分析結果を示す。尚、設問に未回答の結果は、損傷の見落としと同様とも考えられるものの、前述の理由からやむを得ない部分があるにもかかわらず、大きな評価に悪影響(完全なミスと解釈すると絶対差で最大4が計上される)を与えるため、評価の対象とはしていない。

また、机上損傷評価は、前述の「主観的損傷判定モデル」の基づいた分析のために、損傷種類の判定と写真において着目した特徴情報を整理した(図-22参照)。

c) 机上損傷評価における点検データ精度分析

インタビュー調査にて実施した机上損傷評価の重回帰分析結果一覧を表-6に示す。各項目で、統計的に有意な相関がみられなかったものの、前述の通り損傷評価のデータ取得精度に問題があったため、数値的な信頼性は低いと思われる。例えば点検精度を平均的な誤差(正答と回答の絶対差)で表現しているため、 α は負の値となら

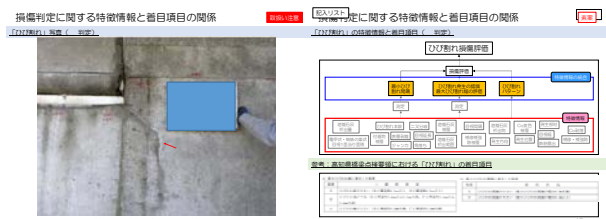


図-22 損傷判定の質問・回答表例(ひびわれ)

表-6 机上損傷評価における点検精度と各項目の相関

		実務経験	点検期数	資格有無	実施意欲
Co	α	-0.001	0.055	0.014	-0.074
	定数項	1.085	0.986	1.057	1.300
	R2	0.001	0.045	0.003	0.052
鋼	α	-0.023	-0.025	0.003	0.001
	定数項	1.197	1.061	1.015	1.017
	R2	0.115	0.010	0.001	0.000

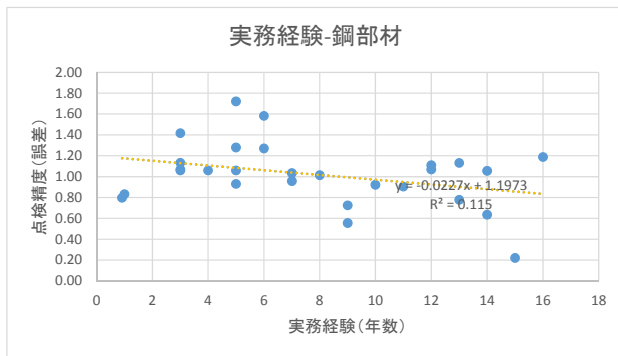


図-23 点検データ精度（誤差）と実務経験（年数）の分析結果

なければならないが、実際には4ケースで整合しておらず、式の論理性についても十分な妥当性を持っているとは言いがたい。かろうじて実務経験-鋼部材に関するのみは相対的に重決定係数が高い結果となっているが、それでも $R^2=0.1$ 程度に過ぎず、統計的に有意な値とは言えない。本結果は、前述の現行システムの点検精度や今後のインタビュー結果の考察や推論参考として用いる。

(4) 点検データ精度と点検技術者能力の関係性の考察

現行システムの点検データ分析結果およびインタビュー時の机上損傷評価における点検データ精度と点検技術者能力の関係性について考察する。

現行システムでは、個人は特定できないものの、実務経験及び講習会に伴う学習効果と思われる点検データ精度の向上が確認できた。ただし、全ての損傷種類ではなく、現行システムにおいて点検データ精度検証対象となっていた4種類の損傷種類においても、(1) 経験と知識によって精度向上が見られる損傷種類（例：腐食、防食機能の劣化）、(2) 高度な知識が求められる可能性がある損傷種類（例：ひびわれ）、(3) 点検要領における単純な知識で精度向上が期待できる損傷種類（例：漏水・遊離石灰）に分類された。また、経験と学習に関しては、効果的な組み合わせ（例：点検（経験）→講習（学習）→点検（経験））により、より大きな精度改善が期待できることが明らかとなった。

インタビュー調査に関しては、適切なデータが取れていないこともあり、統計的には有意でない以上、参考に過ぎないが、一部で点検データ精度と経験・実施意欲等の関係性が示唆できる項目が存在している。

以上から、点検データ精度と点検技術者能力の関係性があることは、分析が不十分ではあるものの否定できないといえる。

5. まとめ

本研究は、道路施設の定期点検について、点検データ

精度の検証並びに体系的な精度向上を目指す上で、点検技術者能力の確認と向上策に着目し、道路維持管理のマネジメントサイクルを踏まえた継続的な点検データ精度改善サイクルを提案・実装するための基礎研究となる。

そのため本研究では、まず点検データ精度と技術者能力に関係性があることを基礎分析によって明らかにした他、前述の点検データ精度改善サイクルの提案、点検データ精度の向上を目指す上で必要となる点検技術者能力の分析手法を示した。

今後の課題として、本論文で示した点検技術者能力の分析手法を実践するにあたり、その試行を行う必要がある。合わせて、点検技術者能力向上のための施策立案及び施策実施後の点検データ精度モニタリングが必要となる。

また、マネジメントサイクルの実装・運用において共通している課題である目指すべき達成目標（許容される点検データの誤差（精度））を設定する必要がある。こちらについては、点検データに基づく劣化予測及びLCCの最適化において、許容できる誤差から求めると考えられるため、関連する研究成果との連携が必要となる。

謝辞：本研究は「内閣府 戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）インフラ維持管理・更新・マネジメント技術 採択課題：道路インフラマネジメントサイクルの展開と国内外への実装を目指した統括的研究」の研究開発費によって実施された。また、本研究のデータ提供並びにインタビュー実施にあたっては、高知県土木部道路課にご協力頂いた他、インタビュー実施支援としてNPO法人「アテラーノ旭」の渡辺克志氏をはじめとする多くの方にご協力頂いた。感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 国土交通省：道路のメンテナンスサイクル構築に向けて、2013。
- 2) 国土交通省 道路局 国道防災課：橋梁定期点検要領、2014。
- 3) 岡崎邦彦：高知県における道路資産アセットマネジメントシステムの運用、社会基盤情報標準化セミナー2010（広島）、2010
- 4) 工藤徹郎、ボンコックサクルナタコーン、那須清吾：劣化のばらつきを考慮した構造物の補修シナリオ、土木学会論文集 E2（材料・コンクリート構造）、Vol.68, No4, pp316-329, 2012
- 5) 工藤徹郎：劣化のばらつきを有する構造物の将来予測と補修シナリオ、高知工科大学博士学位論文、2012
- 6) Ajzen, I. and Fishbein, M. : The Influence of Attitudes on Behavior, *The handbook of attitudes*, pp.173-221, Lawrence Erlbaum Associates, 2005.
- 7) Baddeley, A. : Working Memory: Theories, Models, and Controversies, *Annual Review of Psychology*, Vol.63, :1-29, 2012