

(35) AIによるインフラメンテナンスの生産性向上

杉崎 光一¹・阿部 雅人¹・全 邦釘²・河村 圭³

¹正会員 株式会社 BMC 研究開発部 (〒261-7125 千葉県美浜区中瀬 2-6-1 WBG マリブウエスト 25 階)
E-mail: sugisaki@hashimori.jp

²正会員 愛媛大学准教授 工学部環境建設工学科 (〒790-8577 愛媛県松山市文京町3)
E-mail: chun@cee.chime-u.ac.jp

³正会員 山口大学大学院准教授 創成科学研究科知能情報工学分野 (〒755-8611 宇部市常盤台2-16-1)
E-mail: kay@yamaguchi-u.ac.jp

インフラ維持管理のニーズが高まり、負担軽減や高度化が求められる中、IoTやAIなどの新技術を利用したメンテナンスのイノベーションが期待されている。メンテナンスは点検や施工など現場を主体とした労働集約的な業務が多く、また、点検結果の整理や施工の準備工や事前協議など、内業においても労働集約的な業務が多い。新技術をメンテナンスに活用していく検討は、個々の課題に対して場当たり的に行われている現状があり、インフラメンテナンスサイクルを改善するような戦略的な活用方法の検討が必要となっている。本研究では、インフラメンテナンスの特徴を整理し、新技術を利用したメンテナンスの生産性向上事例などを整理することで、AIを利用したインフラメンテナンスの生産性向上について検討した。

Key Words : management, innovation, artificial intelligence, statistical analysis, productivity

1. はじめに

インフラ維持管理のニーズが高まり、負担軽減や高度化が求められる中、IoT や AI などの新技術を利用したメンテナンスのイノベーションが期待されている¹⁾。メンテナンスは点検や施工など現場を主体とした労働集約的な業務が多く、また、点検結果の整理や施工の準備工、事前協議など、内業においても労働集約的な業務が多い。新技術をメンテナンスに活用していく検討は、個々の課題に対して場当たり的に行われている現状があり、インフラメンテナンスサイクルを改善するような戦略的な活用方法の検討が必要となっている。特にIoT技術によるビッグデータの利活用におけるAI技術の活用は、メンテナンスの生産性向上においてキーとなる技術である。AI技術は異常検知などの機械学習だけでなく、ロボットなどの制御や、知識を表現したり共有するための基幹技術となると考えられている。このため、インフラメンテナンス国民会議等のプラットフォームにおけるオープンイノベーションにおいても基幹技術と考えられており、IoTやロボット技術などと掛け合わせて、実際の業務(ニーズ)にどのように実装(マッチング)していくかが課題となっている。

2. インフラメンテナンスのマネジメント

インフラマネジメントの典型であるプロジェクトマネジメントに対して、メンテナンス業務は表-1に示すように、オペレーションをベースとする特徴がある。メンテナンスは、計画や基準の矛盾を補うことに本質があり、現場の状況に不確定性があり、実行計画を予め立案することが実務上困難であることが挙げられ、現場から上がる情報を中心とした組織構造やマネジメントサイクルを構築する必要がある。組織構造については、現場を主体とした分権的な分業体制となるため、表-2に示すような標準化など、現場を支援する体制が重要となる。図-1にはメンテナンスサイクルとその役割を示している。このようなサイクルに対して、情報からみたメンテナンスサイクル支援を図-2のように考えている²⁾。

表-1 メンテナンス業務の特徴

対象	プロジェクト	オペレーション (維持管理)
対象	単位(複数)プロジェクト	オペレーション維持
配分	時間	空間
期間	有期限	継続的
仕様	明確	事後的
周期	1回限り	反復的
技術	工学+経営学	経営学+工学
効果	個別利益	イノベーション・シナジー

日常点検
優先順位付け
類似構造物

計画
支援系

荷重・設計確認
選定する
(スクリーニング)
情報収集

評価
運用系

要注意箇所把握

措置
管理系

措置後の確認
対処する
特定構造物の措置

目視だけでなくセンサ・非破壊・ロボットで見えないものも

サイクルを円滑にする

人間の判断支援
できれば自動化

情報取得

情報共有・連携

情報処理

現場と内業支援

情報活用

実空間(データ収集)

IoT

仮想空間(共有・解析)

AI

Sensing

Processing

実空間(働きかけ・支援)

データプラットフォーム

Actuation

AR

評価・改善

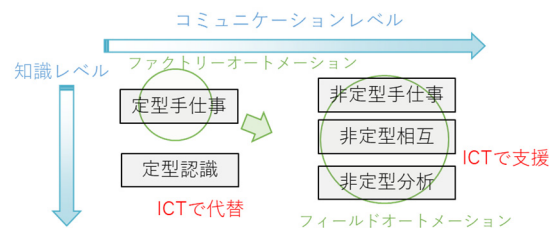
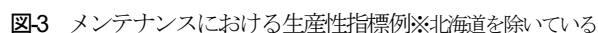
技術・職務設計
安全衛生

学習

原因究明
適用できる新材料・工法

3. 生産性からみたメンテナンスの課題

一般的に生産性は以下の式で評価されている。

$$\text{健全ストック} = \text{全ストック} - \text{欠陥ストック} \quad (2)$$


これは、維持管理のパフォーマンスと関連が深い量であると思われる。図-3 は橋りょうの点検データについて、健全度判定を都道府県ごとに単純に図化したものである。健全ストック率ではなく、要対策ストック率を利用しているが、このような単純なマクロ的な指標でも、相対比較や時系列比較を行うことで、生産性評価が可能となる。

一般的に業務は図4に示すような分類ができ、ICT化により仕事のやり方も変わっていく。建設施工現場の生産性向上として、新技術や新工法の適用や BIM, CIM などの活用により工期を短縮するなどが主な事例となっている。それに対し、メンテナンスは小規模で現場での対応が多く、現場の権限を高めることで、職務充実を通した自主性を高める方法が有効である。このため、メンテナンスにおいては、工場の自動化（ファクトリーオートメーション）のような、定型的繰り返し業務をセンサ・制御・ロボットなどにより、置き換え・効率化・品質向上を行うだけでなく、現場の自動化（フィールドオートメーション）が必要であり、非定型非繰り返し業務、業務の再現性が低いものに対しても対応する必要がある。このような現場の生産性を向上をするためには、現場の作業自体をモニタリングして、何にどれだけ時間がかかっているなどのデータが必要となり、業務センシング技術によるボトルネック抽出データが必要となる。

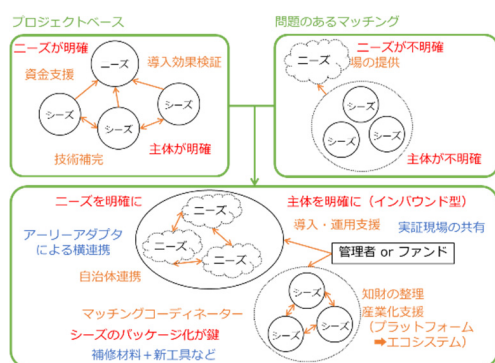


図-5 オープンイノベーションのためのマッチング

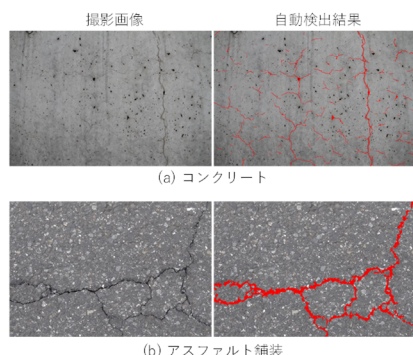


図-6 ひび割れ自動検出結果例

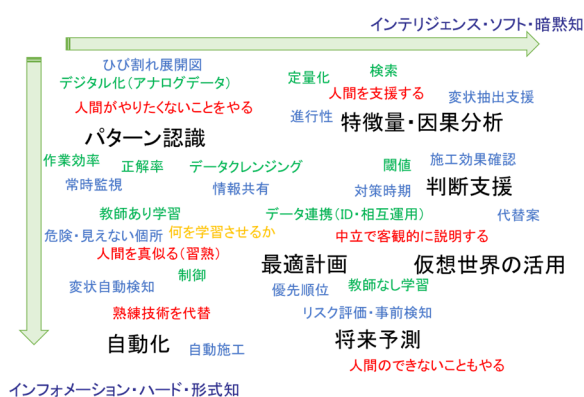


図-7 AI活用マップ^①

(3) 新技術導入による生産性向上

我が国では、自動車業界や電機業界など、垂直統合型のサプライチェーンでは、いわゆる系列などの囲い込みと、技術水準の違いや電力業界などでは地域におけるすみ分けなどが行われてきた。現状メンテナンスにおいても、事業者による系列化された業態となっている場合が多くみられる。そのため、例えばドローンなどの新技術においても、施設ごとのドローン（ダム用、橋用、鉄道用、新幹線用、寒冷地用、海用、山用など）や管理者・地域ごとのアセットマネジメントシステムなど、競争と協調が働いていない可能性がある。また、インフラ種別・地域についても横断的に技術や情報を共有することがイノベーションを起こすカギとなる。メンテナンス産業においては、エコシステムとしての内製化だけでなく、

異質なものを一体運用するような水平分業型の体制も重要となる。近年では、i-Construction, Society 5.0, Connected Industry など、コンソーシアム型のプラットフォームによるイノベーションが期待されている。図-5 は、オープンイノベーションにおけるマッチングについて整理したものである。メンテナンスは、ニーズが多岐で複雑なため、個々の技術だけでなくサイクル全体を改善するためのシーズの組み合わせ（パッケージ化）が必要になる。例えば、ブロックチェーンなどの分散型のデータベースを利用して、小規模なメンテナンス作業の履歴管理や成果管理が行える可能性がある。この例のように、図-1、図-2 を組み合わせた俯瞰的な視点から、また、図-3 のような誰でも理解しやすい指標を用いることにより、生産性向上をもたらすメンテナンス産業として IoT や AI 技術が適用しやすい環境を構築していくことが必須である。

4. AIによるインフラメンテナンスの革新

人間の知識を記号や論理を利用して記述することで人工知能（AI）を作る試みが行われてきたが、それと合わせて、データ化可能な経験を蓄積して活用するエキスパートシステムなどの試みがなされてきた⁴⁾。特に近年のコンピュータの発達とともに、ディープラーニングと言った、データを中心とした情報処理技術を活用してメンテナンスにおけるニーズに答えていくような AI の活用が期待されている⁵⁾。例えば、図-6 は、Random Forest やディープラーニングなどの機械学習を活用してひび割れを検出した事例である⁶⁾。一般的にひび割れは手作業で検出されていることが多く、定型手作業業務に近い定型認識業務を支援する具体的な事例となっている。図-7 は AI を活用していく際の活用マップを示した。

インフラメンテナンスの生産性を AI により向上させる上で、図-8 に示すような 2 フェーズに分類した。フェーズ1では図-9 に示すメンテナンスサイクルのプロセスごとの AI 活用となるが、単に既存の点検を代替するといった観点だけでなく、運用の中で利用方法を含めた改善を行っていく必要がある。特に、AI を学習させるための教師データの作成など、フェーズ 2 への準備が重要となる。また、フェーズ 2 では、人不足は深刻であり、成熟社会においては現状の改善だけでなく、AI によってインフラ維持管理がどう変わっていくか、どう変えていくべきか、表-3 に示すようなロボット・AI を前提としたメンテナンスサイクルの在り方の整理が必要である。データ利活用においても、図-10 に示すようにメンテナンスサイクルにおけるプロセスや環境等の多様性に応じた情報プラットフォームが考えられる。

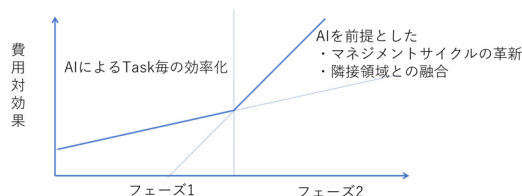


図8 インフラメンテナンスへのAI活用のフェーズ

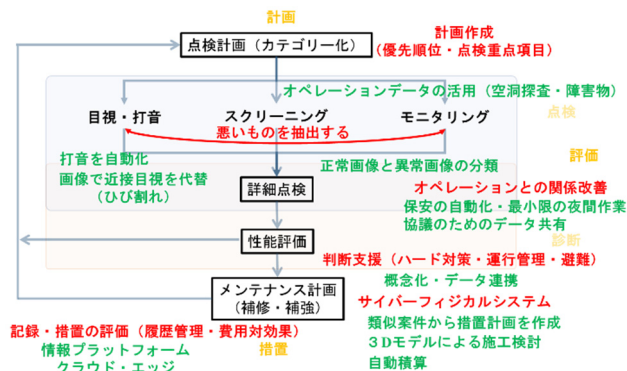


図9 メンテナンスサイクルへのAI活用

表3 ロボットAIを前提としたメンテナンス

項目	事例
評価と措置の一体化	綿密な事前計画で、点検足場で簡易な措置
	点検手段であるドローンで診断 (打音) , 措置 (吹き付け) も行う
	点検と措置を結びつける情報プラットフォーム 個別管理 (基準の多様化, 利用者負担など)
	ビッグデータ解析, AR・VR活用による支援ツールの開発 (整理, 判断, 作業支援)
メンテナンス学習コンテンツ	人間が学習するためのコンテンツ整理 (動画, 体験型など)
	AIが学習するための教師データ・異常検知可能な監視指標 (特性, 境界条件・バランス)
	AIを前提とした人材育成 (PBLなど)
メンテナンス産業化	労働集約的な産業から資本集約的な産業へ
	IoTやAIが適用しやすい環境構築 (協調: 環境ごとの基準・ルール, 競争: 技術比較やファンド)
	横断的な業態として, 先進技術・マネジメントノウハウの共有, 包括契約による効率化, 海外インフラオペレータなどの国際競争力の醸成

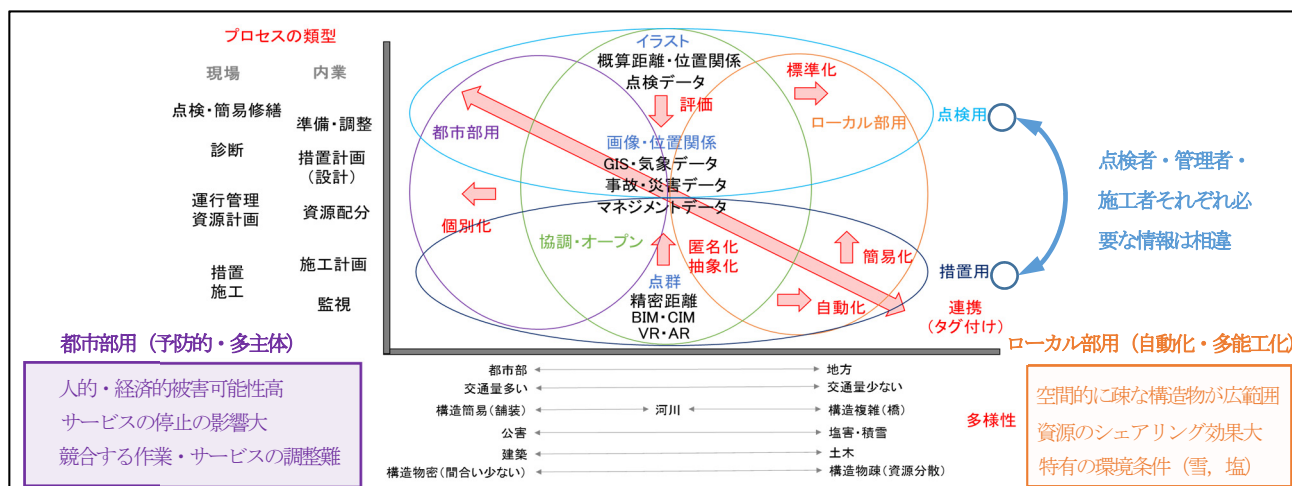


図10 プロセスの類型や多様性に応じたプラットフォーム

5. 結論

以下に本論文の結論を整理する。

- ・メンテナンスの特徴 (非定型, 広域分散) を踏まえた, メンテナンスサイクルの在り方を確認した。
- ・メンテナンスの生産性について整理し, 簡易に計算する方法を提案し, 新技術を活用していく上で, 共通技術など協調の重要性を述べた。
- ・AI を利用したメンテナンスの生産性向上について, フェーズに応じた社会実装を定義し, フェーズ1 ではプロセスごとの活用, フェーズ2 では AI を前提としたサイクルの革新について整理した。

参考文献

- 1) 国土交通省: インフラメンテナンス国民会議 HP, <htt

p://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/im/index.html> (入手 2017.12.19)

- 2) 杉崎光一, 家入正隆, 北原武嗣, 長山智則, 河村圭, 松田浩: 維持管理のイノベーションのためのモニタリング実装方法に関する研究, 土木学会論文集 F3, Vol.73, pp.II_17-II_32, 2017.
- 3) 松村隆爾, 杉崎光一, 鎌田敏郎, 松田浩: コンクリートのひび割れおよび剥離・剥落の点検技術の評価に関する研究, 土木学会論文集 F4, Vol.72, No.3, pp.73-83, 2016.
- 4) 平田義則: AI で描く未来—土木 AI 進化論, 土木学会, 1990.
- 5) 岡谷貴之: 画像認識のための深層学習, 人工知能学会誌, 28 巻, No.6, pp.962-974, 2013.11
- 6) 全邦釘, 嶋本ゆり, 大窪和明, 三輪知寛, 大賀水田生: ディープラーニングおよび Random Forest によるコンクリートのひび割れ自動検出手法, 土木学会論文集 F3, Vol.73, No.2, pp.I_297-I_307, 2017.