

XAI(Explainable AI)による道路附属物点検の高度化 —北大との連携協定に基づくインフラ管理の イノベーション「NORTH-AI/Eye」の推進—

建設部 道路維持課 ○今西 将也
山崎 幸秀
西山 泰幸

北海道開発局では、北海道大学大学院情報科学研究院と連携し、道路附属物（固定式視線誘導柱（矢羽根）、標識、照明等）の点検・診断について、現状の「高所作業車や伸縮カメラによる点検」＋「人力による診断」から、将来的に「ドローンによる点検」＋「AIによる診断」へ置き換えることによる生産性向上と、誰が実施しても統一的な診断結果を得ることを目的とした取組を進めており、本稿ではこれまでの経過を報告する。

キーワード：AI、ドローン、生産性向上、連携協定

1. はじめに

北海道開発局では約6,900kmの道路を管理しており、ここには約24万基の道路附属物（固定式視線誘導柱（矢羽根）、標識、照明等）が設置されている。

これらの施設については5年毎に点検を行うことから、膨大な労力と時間を要していることに加え、昨今の労働力不足といった社会的な背景も相まって道路附属物点検の高度化・効率化は喫緊の課題となっている。

このような背景を踏まえ、令和4年6月に北海道開発局と北海道大学大学院情報科学研究院は、インフラ管理の効率化などを目指した連携協定を締結（写真-1）。情報科学とインフラ管理という異分野の融合が生み出すイノベーションによる課題解決に向け、両者が連携し道路附属物点検に係る取組を開始した。



写真-1 令和4年6月24日 連携協定調印式写真

2. 取組概要

(1) 点検

道路附属物の定期点検は点検要領¹⁾に基づき、全ての附属物に対し相応の知識と技能を有する者（定期点検員）が5年に1回の頻度で行うことを基本としており、診断に必要な情報を適切な方法で入手する必要がある。このため、人が届かない高所については点検車や伸縮支柱付きカメラを用いて点検を行っている現状にある。これをドローンにより代替することが出来れば、図-1のとおり現場での労力削減が可能になる。

(2) 診断

定期点検を行った附属物に対し、部位、部材毎、損傷の種類毎に損傷程度を客観的に評価した上、構成要素の機能を担う部材種別毎に、措置の必要性の「有」「無」を記録することになっている。これをAIにより代替することが出来れば、図-1のとおり机上での労力削減が可能になるとともに、誰が実施しても統一的な評価結果を得られるほか、技術者（定期点検員）へフィードバックすることによるスキル向上にも期待出来る。

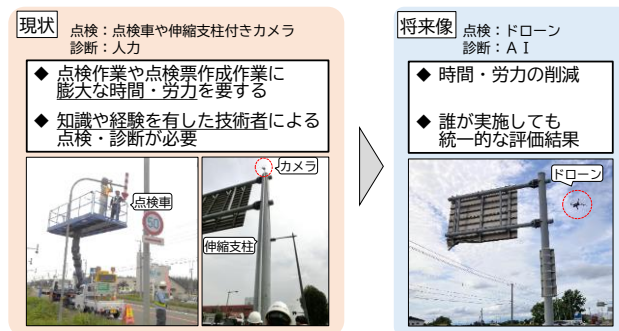


図-1 道路附属物点検の現状と将来像

(3) 点検・診断の効率化・高度化

北海道開発局では、これまで実施してきた道路附属物点検の実績として、点検や診断に係るノウハウの蓄積に加え、損傷劣化に関する点検記録等を保有している。

一方、北海道大学大学院情報科学研究院 長谷山・小川研究室では、AIがどの領域に着目したのかを可視化することが可能で且つ軽量なXAI（Explainable AI：説明可能なAI）を研究している。

連携協定に基づき、開発局が保有するノウハウやデータを北大へ提供し、北大側において道路附属物の診断に特化したAIプログラムを構築することで、AIによる診断の実現を目指す（図-2）。

また、ドローン撮影についても、点検や診断に必要な情報が得られる事を確認した上、高度化に向けた検討を開始する。



図-2 道路附属物点検・診断の効率化・高度化イメージ

(2) 点検写真によるAIの精度検証

構築したAIプログラムの損傷検出精度を検証するため、まずは損傷種類の中で最も発生件数の多い「腐食」を対象とし、過年度に定期点検員によって診断済みの点検写真を用いて実験を行った。実験では定期点検員の診断を「正」とし、AIが診断した結果と比較することとした。結果、AIは約93%の精度で腐食を検出することに成功した。また、XAIによりAIが損傷検出時に注目した領域をヒートマップで表現することで、どの部分で判断したのかが明確となり、高い信頼性の担保が可能となっている（図-4）。

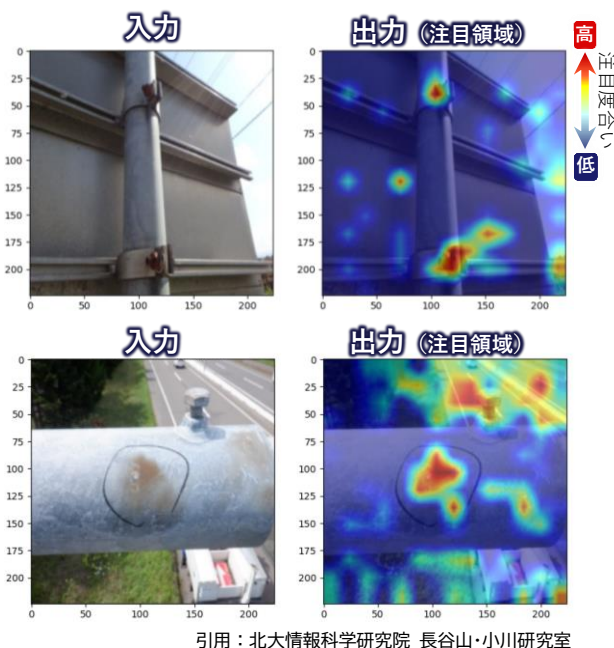


図-4 AIによる腐食検出例

3. 取組経過^{2),3)}

(1) AIプログラムの構築

北大側では道路附属物の損傷を検出するAIプログラムを構築するため、大規模データセットにより学習された最新の画像認識モデルVision Transformer（ViT）⁴⁾のパラメータを利用し、良質な附属物点検の画像560枚を用いてファインチューニングを行った。

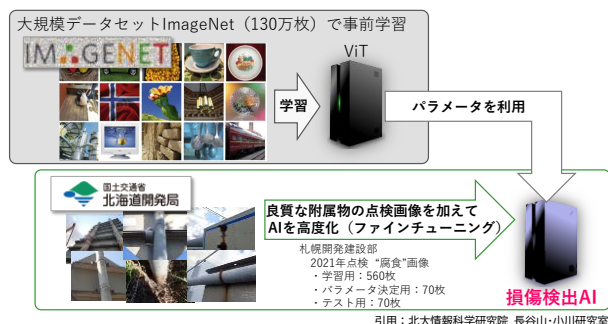


図-3 道路附属物損傷検出AI

(3) ドローン映像によるAIの精度検証

点検写真ではAIプログラムによる腐食検出が有効であることが確認出来たため、次にドローン映像に対する有効性について確認を行った。ドローン映像については、近年点検済みで腐食が発生している附属物を選定した上、表-1の条件で新たに撮影した（写真-2）。

表-1 ドローン撮影条件等

撮影施設	道路照明、道路標識、固定式視線誘導柱
解像度	4K
フレームレート	30fps
撮影速度	0.1～0.2m/s
離隔距離	1～2m
使用機材	DJI Mavic3（メイン） DJI Mini3pro（サブ：上向き撮影）
飛行形態	カテゴリーⅡ、レベル1
撮影業務	一般国道230号 札幌市 道路附属物点検外一連業務
撮影者	北海道道路エンジニアリング(株)



写真-2 令和5年8月28日 ドローン撮影状況

撮影した映像を用いて、フレーム単位でAI診断を行った結果、図-5に示すとおり96%の精度で腐食有りのフレームを検出することに成功した。一方、附属物の背後に含まれる車両用防護柵や植物などに注目しているフレームも見受けられたことから、構造や色味が対象附属物と類似したオブジェクトの存在は、検出に影響する可能性が示唆された。今後は、背景領域に含まれる物体の影響を低減可能な枠組みについて検討する必要がある。

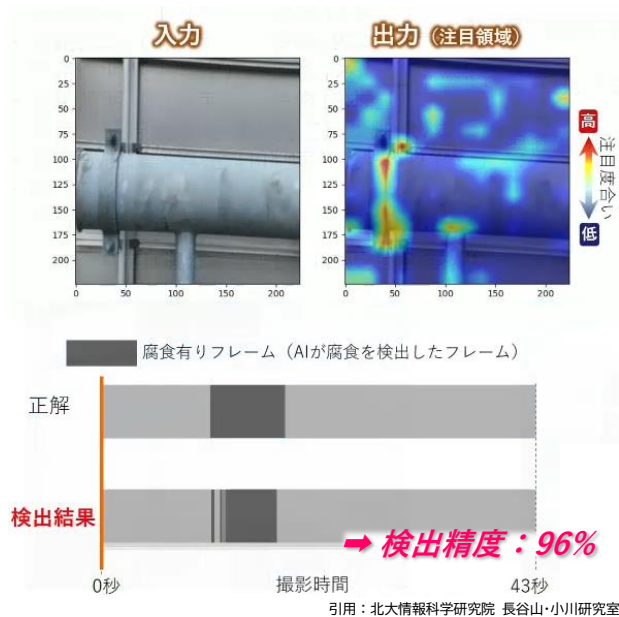


図-5 ドローン映像に対するAIによる腐食検出例

(4) ドローン撮影の高度化

ドローン映像に対してもAIによる変状検出が有効であることを確認したため、ドローン撮影の高度化に向けた検討についても進めることとした。

なお、ドローンを飛行させる場合は、航空法に基づき機体登録手続きや飛行許可・承認手続きを行う必要がある⁹⁾。道路附属物の点検は一般交通が往来する道路上で

行う場合が殆どであるため、許可や承認が必要な「特定飛行」に該当する。特定飛行では表-2に示すとおりドローンの飛行経路下における立入管理措置の有無によりカテゴリⅡ、またはⅢに分類される。

表-2 飛行カテゴリ概要

カテゴリⅠ	特定飛行に該当しない飛行。 航空法上の飛行許可・承認手続きは不要。
カテゴリⅡ	特定飛行のうち、無人航空機の飛行経路下において立入管理措置を講じたうえで行う飛行。 (=第三者の上空を飛行しない)
カテゴリⅢ	特定飛行のうち、無人航空機の飛行経路下において立入管理措置を講じないで行う飛行。 (=第三者の上空で特定飛行を行う)

また、飛行カテゴリとは別に飛行レベルによる分類もあり、目視内での操縦飛行はレベル1、自動飛行はレベル2に分類される。

表-3 飛行レベル概要

レベル1	目視内飛行+操縦飛行
レベル2	目視内飛行+自動/自律飛行
レベル3	目視外飛行+無人地帯飛行 (補助者無し)
レベル4	目視外飛行+有人地帯飛行 (補助者無し) (第三者上空)

ドローン撮影の高度化に向けた最初のステップとしては、立入措置を講じたうえ (カテゴリⅡ) で、目視内での自動飛行 (レベル2) を想定し、点検画像の取得が可能であるかの検証を行うこととした。検証にあたっては、図-6の国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所が所有する石狩吹雪実験場⁹⁾に設置されている固定式視線誘導柱を使用させていただいた。



図-6 石狩吹雪実験場

現地におけるドローン撮影は令和6年9月6日にNTT e-Drone technologyの協力を得て実施した。使用機材はParrot ANAFI Aiで附属物からの離隔は2mとし、附属物の寸法情報などによりあらかじめ設定したプログラムを用い、自動飛行により実験を行った（写真-3）。

結果、殆どの撮影画角内に附属物を捉えることに成功し、ドローンによる自動撮影の可能性を確認することが出来た。

しかしながら、実験により、撮影に要する時間や自機位置確認精度などの課題が明確となった。実用化に向けては、飛行効率や飛行精度を向上するなど、今後も使用技術の検証や飛行実験を行ったうえで慎重に検証していく必要がある。



写真-3 令和6年9月6日 ドローン自動撮影状況

4. まとめと今後の展望

これまでの取組経過から、道路附属物点検におけるAI診断の実現性が確認出来た。今後は、現在検出可能な腐

食の「有無」を「損傷程度の評価（a_ce）」へ発展させるとともに、腐食以外の損傷（変形・欠損やゆるみ・脱落など）へも拡張していく必要がある。さらには、客観的な評価の検出技術に留まらず、措置の必要性を判断する上で必要な「所見」をAIにより生成することが出来れば、大きな労力削減に加え、技術者へのフィードバックによるスキル向上にも資することになる。

また、ドローンによる点検の高度化については、将来的には立入管理措置を講じず、カテゴリーⅢ・レベル4で飛行することが可能となれば、点検作業の大幅な効率化が実現出来ることから、法令手続きや技術の動向についても注視する必要がある。

AIやドローンは近年の進展がめまぐるしく、インフラ点検を大幅に高度化・効率化する可能性を秘めているものであり、これらを最大限に活用するための研究は非常に重要なものと考え、引き続き取り組んで参りたい。

謝辞：本論文の執筆に際し、北海道大学大学院情報科学研究院 長谷山・小川研究室をはじめ、ご協力いただいた皆様に深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 附属物（標識、照明施設等）点検要領 令和6年9月 国土交通省 道路局 国道・技術課
https://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/tenken/yobo7_19.pdf
- 2) 前田 圭介, 小川 貴弘, 長谷山 美紀, ” [特別講演] 次世代インフラ維持管理に向けた研究と北海道開発局との連携協定における取組み”, 映像情報メディア学会技術報告, vol. 48, no. 6, pp. 114-119.
- 3) 渡部 航史, 小川 直輝, 前田 圭介, 小川 貴弘, 長谷山 美紀, “ [特別講演] 道路附属物のドローン映像を用いた vision transformer に基づく変状検出技術”, 映像情報メディア学会技術報告, vol. 48, no. 6, pp. 301-304.
- 4) Dosovitskiy, A., et al., (2020). An image is worth 16x16 words: Transformers for image recognition at scale. arXiv preprint arXiv:2010.11929.
- 5) 無人航空機総合窓口サイト
<https://www.mlit.go.jp/koku/info/index.html>
- 6) 国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所 石狩吹雪実験場
<https://www2.ceri.go.jp/jpn/ishikari.htm>