



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	A study on deep learning-based automatic defect detection for social infrastructure maintenance [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	王, 安
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(情報科学)
Dissertation Number	甲第15663号
Issue Date	2023-09-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/90808
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	An_Wang_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士 (情報科学) 氏名 王 安

審査担当者 主 査 教 授 長谷山 美紀
 副 査 特任教授 荒木 健治
 副 査 特任教授 坂本 雄児
 副 査 教 授 土橋 宜典
 副 査 教 授 小川 貴弘

学位論文題名

A study on deep learning-based automatic defect detection for social infrastructure maintenance
(社会インフラの維持管理支援のための深層学習に基づく自動変状検出に関する研究)

本論文は、社会インフラの維持管理支援のための技術構築を目的とした、深層学習に基づく自動変状検出に関する研究成果をまとめたものである。

近年、日本では高度経済成長期に建設された社会インフラの急速な老朽化に直面している。今後の20年間で、建設後50年以上経過するインフラ構造物の割合が大幅に増加すると予想されている。さらに、高齢化による労働力不足や、点検・修繕を行う技術者の減少も課題となっている。インフラ構造物の点検は、高度な専門知識が必要とされ、また、高所での作業や掘削等、特殊な環境下での作業が要求される。したがって、点検技術者の負担を軽減し、インフラ維持管理の全体的なコストを削減し、既存施設の安全性を保持するための技術の構築が望まれる。日本では、上記の社会課題の解決を目指し、IoT(Internet of Things)、ビッグデータ、人工知能、ロボット等を活用した先進的なインフラメンテナンス技術に関する研究を推進しており、政府戦略として、次世代インフラのための研究・開発・導入のための様々なプロジェクトが実施されている。様々なソフトウェアやロボティクス技術が提案される一方で、構造物に発生する変状等の最終的な評価は依然として人間の判断に大きく依存している。したがって、この意思決定のプロセスを支援可能とする技術が必要とされている。

本論文では、インフラ構造物を撮像した画像に対する高精度な変状検出方法の構築を目指す。本分野においては、高解像度画像への対応、多様な変状に対する対応、実用性の向上、の3つの主要な課題が残存していた。具体的に、一つ目の課題について、インフラ構造物では、大域領域および局所領域に発生する変状を撮像するため、高解像度画像の処理に対応可能な変状検出モデルの構築が必要となる。次に、二つ目の課題について、インフラ構造物に発生する変状は、そのサイズや種類が多様であり、これらを同時に検出可能とするモデルの構築が必要となる。最後に、インフラ構造物の外観は、建設方法や建設後の経過年数により大きく変化するため、高い汎用性を有するモデルの構築が必要となる。

本論文では、地下鉄のトンネル画像を対象とした自動変状検出手法を構築する。まず、変状検出手法を構築するにあたって、地下鉄トンネル内を撮像した画像は高解像度であることから、リサイズ等の前処理を行う従来の深層学習技術を直接適用することは困難であった。そこで本論文では、この課題に対応するため、異なる深層学習モデルを協調利用する手法を提案する。全畳み込みネッ

トワーク (FCN) と畳み込みニューラルネットワーク (CNN) を組み合わせることで、異なるスケールに対応可能なネットワークを構築する。特に、FCN は入力解像度に依存しないことから、高解像度画像の入力が可能となる。次に、FCN と CNN の利点を組み合わせた U-Net に基づく変状検出手法を構築することで、様々な種類の変状検出への対応を可能とする。さらに、背景・前景のデータ不均衡、マルチスケール問題等の課題を解決可能とするため、Atrous Spatial Pyramid Pooling モジュールと Inception モジュールを新たに導入し、U-Net ベースの深層学習モデルを提案し、変状検出性能の向上を図る。最後に、U-Net の特徴を受け継いだ HRNet に空間アテンションモジュールを組み込むことで、変状検出の汎用性向上を実現する。このように、本論文では高精度かつ汎用性の高い変状検出モデルの構築に成功した。

本論文の構成は以下の通りである。第 1 章では、研究の背景と目的について述べる。第 2 章では、関連研究について紹介する。第 3 章では、本研究にて使用したデータセットの概要について述べ、その主要な特性についてまとめる。第 4 章では、CNN ベースの変状検出手法を提案する。第 5 章では、FCN と CNN を組み合わせた変状検出手法について紹介する。第 6 章では、変状検出における CNN と FCN の限界を議論し、新たな U-Net ベースの変状検出手法を提案する。第 7 章では、構築した U-Net ベースの変状検出方法と様々セマンティックセグメンテーション方法を比較し、ロングテール問題等の特定の問題に対する提案手法の有効性を確認する。第 8 章では、バックボーンモデルである U-Net を改良することで、変状検出を高度化する。第 9 章では、変状検出手法のロバスト性向上を目的として、HRNet ベースのネットワークアーキテクチャを提案する。最後に、第 10 章では本研究の結論を述べ、今後の研究方向をまとめる。

以上を要約すると、本論文では、インフラメンテナンス領域における新たな深層学習に基づく変状検出手法を提案し、その有効性を示した。この貢献は、情報科学分野の発展に寄与するものと認められる。したがって、本論文における著者は、北海道大学博士 (情報科学) の学位を授与される資格を有するものと認める。