

博士学位論文審査要旨

氏名	MEHEDI HASAN TALUKDER			
学位の種類	博士（工学）			
学位記番号	博甲第 289 号			
学位授与の日付	2022 年 3 月 31 日			
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当			
学位論文の題目	Sub-dataset Generation and Selection Methods for Convolutional-Neural-Network-based Crack Detection in Structural Maintenance			
論文審査委員	主査	神奈川大学	教授	石井 信明
	副査	神奈川大学	教授	片桐 英樹
	副査	神奈川大学	教授	久宗 周二
	副査	神奈川大学	教授	吉田 稔
	副査	神奈川大学	准教授	翁 嘉華

【論文内容の要旨】

構造物に生じるクラック（亀裂、ひび割れ）検出に関する研究では、畳み込みニューラルネットワーク（CNN）を用いる方法が有効とされる。しかし CNN によるクラック検出では、対象構造物の色彩、色調、輝度、あるいは構造物上の影、シミなどにより、クラック検出の性能が低下する。これは、対象物の属性に応じた CNN の教師用画像データセットの生成、および選択が困難であることに起因する。

本研究では、構造物を対象としたクラック検出の性能改善を目的とし、教師用画像データセットとテスト画像の属性に着目した次の 2 つの方法を開発している。

第 1 の方法は、「サブデータセット生成と選択方法」である。提案方法では、教師用画像データセットから、画像の属性により複数のサブデータセットを生成する。CNN の学習は、生成したサブデータセットごとに行う。次に、対象構造物のテスト画像の属性を CNN の学習に使用するサブデータセットの属性と照合し、適切な学習済み CNN を選択する。テスト画像ごとの属性に応じて適切な学習済み CNN を選択することで、クラック検出の性能が向上する。

第 2 の方法は、「クラッククロッピング法」の提案である。これは、CNN によりクラック検出をする際に必要な、正しくラベリングされた画像から成る教師用画像データセットを効率良く生成するデータ拡張方法である。

本研究では、これらの方法により、構造物を対象としたクラック検出の性能を改善できることを見いだした。

本論文は、以下の 5 章で構成されている。

第 1 章 Introduction

第 2 章 Literature Review

第 3 章 Sub-datasets Generation and Selection Methods for CNN-based Crack Detection

第 4 章 Image-Augmentation Method for the Crack Detection

第5章 Conclusions

第1章では、本研究の背景と意義、研究計画、および概要が述べられている。

第2章では、本研究の関連分野として、画像処理によるクラック検出、CNNを用いたクラック検出、および画像データ拡張に関する先行研究について、詳細な調査と課題の検討を行っている。また、先行研究の課題を解決する観点から、本研究の新規性について述べている。

第3章では、構造物のさまざまな属性に対してCNNによるクラック検出の性能を向上するための「サブデータセット生成と選択方法」および、数値計算実験による方法の評価について述べている。提案方法では、多数の画像を含む教師用画像データセットから、画像の属性により複数のサブデータセットを生成する。CNNの学習は、生成したサブデータセットごとに行う。次に、対象構造物のテスト画像の属性をCNNの学習に使用するサブデータセットの属性と照合し、適切な学習済みCNNを選択する。テスト画像の属性に応じて適切な学習済みCNNを選択することで、クラック検出の性能が向上する。数値計算実験によるコンクリート壁と煉瓦壁のクラック検出では、画像の明度とRGBをそれぞれ属性としてサブデータセットの生成と選択に用いることで、提案方法によるクラック検出が、サブデータセットを用いない従来の方法より優れた性能を発揮することを示している。

第4章では、「クラッククロッピング法」について述べている。これは、CNNによりコンクリート壁のクラック検出をする際に必要な、正しくラベリングされた画像から成る教師用画像データセットを効率良く生成する画像データ拡張の方法である。従来のデータ拡張方法をクラック画像に適用すると、クラックを含む画像と同時にクラックを含まない画像も生成してしまう。すなわち、不適切なラベリングの画像を含む教師用画像データセットとなり、CNNの学習には使用できない。本研究では、対象構造物のクラックを含む画像から生成した多数の画像におけるクラックの有無を、エッジ検出器で検出するエッジの大きさにより判定し、クラックを含まない画像を除去すると同時に、正しいラベリングを行う方法について述べている。クラックの幅、および、壁の色の違うコンクリート壁を対象に、提案方法を用いて教師用画像データセットを生成した数値計算実験の結果、提案方法は、適切にラベリングされた画像から成る教師用画像データセットを生成できることを確認している。さらに数値計算実験では、対象構造物のサンプル画像から生成した教師用画像データセットで学習したCNNによりクラック検出を行うことで、それ以外の教師用画像データセットで学習したCNNを使用するよりも、クラック検出の性能が向上することを確認している。

第5章では、本研究の総括と今後の展望について述べている。

【論文審査の結果の要旨】

本研究は、従来研究が、構造物のクラック検出アルゴリズムあるいは検出技術を中心に進められているのとは異なり、検出に必要な教師用画像データの生成とその利用方法に着目するアプローチにより、クラック検出の性能向上を目指したものである。クラック検出アルゴリズムあるいは検出技術の研究成果を実務で利用するには、大量の教師用画像データとその利用方法の確立が必要である。本研究は、そのための各種方法を提案し、構造物のクラック画像を用いてその有効性を評価し

ている。これらの点から本研究は、これまで研究されてきたクラックの検出アルゴリズムあるいは検出技術を実務で活用する際に欠かせない方法と課題を示した研究として高く評価できる。

本研究の成果は、構造物のメンテナンス分野において、クラック検出の精度向上と作業効率向上、ひいては社会の安心・安全に貢献が可能なオリジナリティの高い内容であり、学術的にも価値が高いと判断できる。

以上により、論文審査委員の全員一致をもって、提出論文が、博士（工学）の学位論文として十分に価値のあるものと認められるとの結論に至った。