

令和 2 年 6 月 22 日現在

機関番号：15501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2019

課題番号：15K06165

研究課題名(和文) 情報技術(IT)を活用した社会インフラの維持管理情報プラットフォームの構築

研究課題名(英文) Development of information platform for maintenance and management of Social Infrastructure utilizing information technology

研究代表者

中村 秀明(Nakamura, Hideaki)

山口大学・大学院創成科学研究科・教授

研究者番号：20207905

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、社会インフラの維持管理を支援するための情報プラットフォームを構築し、維持管理の効率化、合理化を図るものである。

インフラの維持管理では、目視点検が基本となるため、これを支援するため人工知能の一手法である深層学習により、点検画像から変状領域を自動的に抽出し、損傷ランクを判断するシステムを構築し、さらに、損傷のランク付けだけでなく、深層学習によるSemantic Segmentationで、損傷ごとにピクセル単位で損傷領域を抽出するシステムを開発した。これにより、5年ごとの定期点検で、損傷領域が広がっているかどうかを定量的に判断できるようになり、劣化予測の精度向上に繋がった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

建設された構造物は、必ず維持管理が必要であり、これら構造物は年を重ねるごとに増えるため、これら構造物の維持管理を効率的に行うことが重要である。また、熟練技術者の退職や生産年齢人口の減少により、専門技術者の不足が懸念されている。さらに、現在政府は「働き方改革」で労働時間の短縮を目指しており、維持管理の分野においても労働生産性の向上が喫緊の課題となっている。そこで、本研究は、人工知能などの情報技術を活用し、社会インフラの維持管理を支援するための情報プラットフォームを構築し、維持管理の効率化、合理化を図るものである。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to develop an information platform to support the maintenance of social infrastructure, and to contribute to the efficiency and rationalization of maintenance.

Visual inspection is very important for maintenance of infrastructure. Therefore, in order to support visual inspection, we applied image recognition using deep learning to images acquired by digital cameras and developed a system that automatically assesses classifications related to ranking by detecting deformations. Furthermore, we have developed a system that not only ranks damages but also uses Semantic Segmentation by deep learning to extract damage areas in pixel units for each damage. As a result, it became possible to quantitatively judge whether the damaged area has expanded by periodic inspection every five years, and the accuracy of deterioration prediction was improved.

研究分野：維持管理工学

キーワード：維持管理 社会インフラ 橋梁点検 人工知能 深層学習 画像認識

様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

高度経済成長期から続く社会インフラの建設・整備により、日本の社会インフラの整備水準は着実に向上した。建設したものは、必ず維持管理が必要であり、これら社会インフラは年を重ねるごとに増えるため、今後は、維持管理を効率的、合理的に行うことが重要である。さらに、維持管理に必要な財源の不足、熟練技術者の退職や生産年齢人口の減少により、今後の専門技術者の不足が懸念されている。また、現在政府は「働き方改革」で労働時間の短縮を目指しており、インフラの維持管理の分野においても労働生産性の向上が喫緊の課題となっている。

2. 研究の目的

本研究では、今後さらに重要となる社会インフラ（特にコンクリート構造物）の維持管理を飛躍的に発展させるため、最新の情報処理技術（IT）を活用し、維持管理に役立つツールやソフトウェアの開発を行い、社会インフラ維持管理の効率化、合理化を図るものである。特に、インフラの維持管理では、点検や診断が非常に重要であり、これらの多くは経験豊富な専門技術者の判断に頼っているのが現状である。しかしながら、専門技術者の不足や、「働き方改革」による労働時間短縮などのため、維持管理の分野での労働生産性の向上が喫緊の課題となっている。この問題を解決する一つの方法として、人工知能をはじめとする情報処理技術の活用が考えられる。そこで、本研究では、最新の情報処理技術を用いて、社会インフラの維持管理を支援できるシステムの構築を行う。

3. 研究の方法

本研究では、社会インフラの維持管理を支援する種々のモジュールを構築したが、インフラの維持管理では、点検と診断が最も重要であることから、主に点検・診断モジュールについて説明する。点検では、目視点検が基本となるが、点検技術者の経験や技術力によってばらつきが生じるため、目視点検では、定量的なデータを蓄積することが困難である。精度の良い点検データを数多く蓄積することにより劣化予測等の精度も高まる。そこで、目視による点検データを効率良く、定量的なデータを獲得するため、点検時に撮影された写真に対して画像処理を行い、変状が自動的に抽出できるシステムの構築を行った。具体的に構築したシステムの概要を図-1に示す。

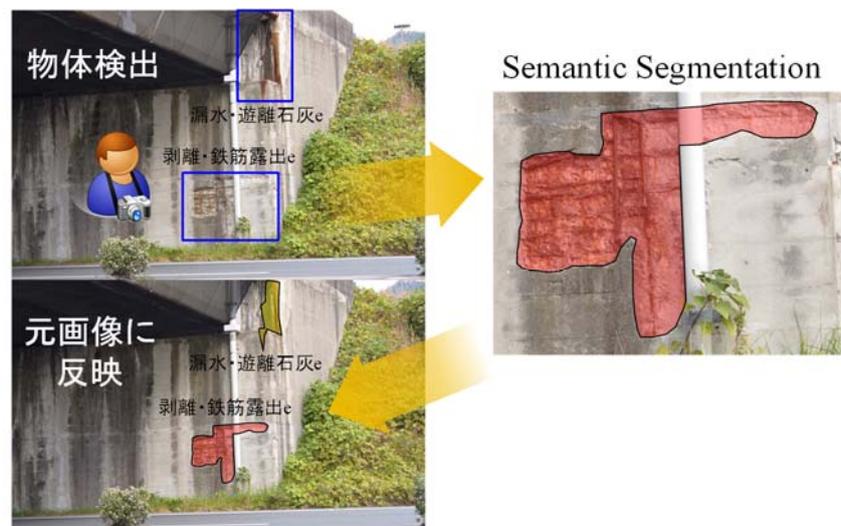


図-1 変状の自動抽出

(1) 物体検出（変状箇所の検出）

人工知能の一手法である深層学習（Deep Learning）を用いて、点検画像から、変状領域を抽出し、さらに変状のランク付けを行う。物体検出手法には、R-CNN、Fast R-CNN、Faster R-CNNなどの分類問題として検出を行う手法と、YOLO、SSD、YOLO v2、YOLO v3などの回帰問題として検出を行う手法があるため、本研究では、それぞれの代表的な手法としてFaster R-CNNとYOLO v3を取りあげ、変状検出の検討を行った。

(2) Semantic Segmentation（変状箇所のピクセル単位での検出）

Semantic Segmentationとは、ピクセル（画素）単位でクラス分類を実施する手法である。Semantic Segmentationには、FCN(Fully Convolutional Networks)、SegNet、U-Net、PSPNet(Pyramid Scene Parsing Network)、Mask RCNNなど様々な方法がある。本研究では、SegNet、PSPNet、U-Netについて検討を行った。

4. 研究成果

(1) 物体検出（変状箇所の検出）

変状領域の抽出と、抽出された箇所について変状のランク付けをFaster R-CNNとYOLO v3で

| | | Faster R-CNN | YOLO v3 | | | Faster R-CNN | YOLO v3 |
|-----------------|-------|-----------------------|-----------------------|----------------|-------|-----------------------|-----------------------|
| ひびわれ | 出力画像 | | | 漏水・遊離石灰 e-2 錆汁 | 出力画像 | | |
| | 予測クラス | ひびわれ 判定確率 90.5% | ひびわれ 判定確率 98.5% | | 予測クラス | 漏水遊離e-2 判定確率 94.1% | 漏水遊離e-2 判定確率 99.1% |
| | IoU | 0.77 | 0.87 | | IoU | 0.49 | 0.75 |
| 漏水・遊離石灰 c | 出力画像 | | | 剥離・鉄筋露出 c | 出力画像 | | |
| | 予測クラス | 漏水遊離c 判定確率 96.0% | 漏水遊離c 判定確率 98.1% | | 予測クラス | 剥離鉄露c 判定確率 99.4% | 剥離鉄露c 判定確率 99.5% |
| | IoU | 0.78 | 0.46 | | IoU | 0.80 | 0.93 |
| 漏水・遊離石灰 d | 出力画像 | | | 剥離・鉄筋露出 d | 出力画像 | | |
| | 予測クラス | 漏水遊離d 判定確率 90.4% | 漏水遊離d 判定確率 97.0% | | 予測クラス | 剥離鉄露d 判定確率 100.0% | 剥離鉄露d 判定確率 99.5% |
| | IoU | 0.57 | 0.92 | | IoU | 0.89 | 0.88 |
| 漏水・遊離石灰 e-1 つらら | 出力画像 | | | 剥離・鉄筋露出 e | 出力画像 | | |
| | 予測クラス | 漏水遊離e-1 判定確率 97.2% | 漏水遊離e-1 判定確率 97.1% | | 予測クラス | 剥離鉄露e 判定確率 100.0% | 剥離鉄露e 判定確率 99.8% |
| | IoU | 0.43 | 0.45 | | IoU | 0.53 | 0.67 |

□ : Ground-truth bounding box (正解の矩形領域), □ : Predict bounding box (予測の矩形領域)

図-2 変状の検出と変状ランクの判定結果

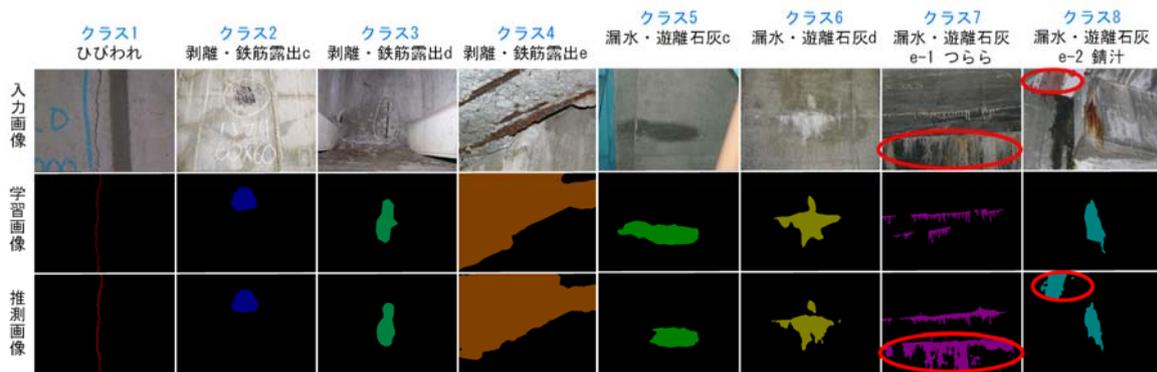


図-3 損傷領域のピクセル単位での抽出結果

行った結果を図-2 に示す。どちらの手法においても、変状領域の抽出とそのランク付けが行えている。YOLO v3 の方が若干精度良く変状領域の抽出が行えている。

(2) Semantic Segmentation (変状箇所のピクセル単位での検出)

U-net を用いたピクセル単位での変状領域の抽出結果を図-3 に示す。背面の遊離石灰を「つらら」として誤検出した箇所や付帯物を錆汁と誤検出したものなどがあったが、概ね変状領域を抽出できている。

(3) 物体検出と Semantic Segmentation とを組み合わせ変状領域の自動抽出ができるシステムの構築を行った。これにより、点検の効率化、合理化を図ることができ、さらに定量的なデータの蓄積が可能となり、劣化予測の精度向上に繋がった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 7件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 8件）

| | |
|---|---------------------------|
| 1. 著者名 青島 亘佐, 河村 伸哉, 中野 聡, 中村 秀明 | 4. 巻 74 |
| 2. 論文標題 深層学習による画像認識を用いたコンクリート構造物の変状検出に関する研究 | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 土木学会論文集E2 | 6. 最初と最後の頁 293-305 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.2208/jscejmcs.74.293 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |
| 1. 著者名 中村 明彦, 國近 光生, 中村 秀明 | 4. 巻 74 |
| 2. 論文標題 覆工コンクリート初期ひび割れ予測のための温度解析に関する考察 | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 土木学会論文集F1 | 6. 最初と最後の頁 I_18-I_29 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.2208/jscejte.74.I_18 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |
| 1. 著者名 中村明彦, 國近光生, 細田暁, 中村秀明 | 4. 巻 40 |
| 2. 論文標題 トンネル覆工コンクリート初期ひび割れ解析のためのトンネル坑内温湿度環境のモデル化に関する研究 | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 コンクリート工学年次論文報告集 | 6. 最初と最後の頁 1215 - 1220 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |
| 1. 著者名 吉崎晶俊, 河村 圭, 仁田尾慎吾, 塩崎正人, 中村秀明 | 4. 巻 42 |
| 2. 論文標題 トンネル壁面画像展開図作成のための曲率を用いた画像結合位置探索手法に関する研究 | 5. 発行年 2017年 |
| 3. 雑誌名 土木情報学シンポジウム講演集 | 6. 最初と最後の頁 139-142 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 無 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|---|---------------------------|
| 1. 著者名 河村 圭, 吉崎 晶俊, Cuong Nguyen KIM, 塩崎 正人, 中村 秀明 | 4. 巻 73 |
| 2. 論文標題 トンネル壁面画像展開図作成における画像間の画素値差分布の勾配を利用した画像結合位置探索手法に関する研究 | 5. 発行年 2017年 |
| 3. 雑誌名 土木学会論文集F3 | 6. 最初と最後の頁 I_188-I_200 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.2208/jscejcei.73.I_188 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|--|-----------------------|
| 1. 著者名 中村明彦, 國近光生, 河村圭, 中村秀明 | 4. 巻 Vol.72, No.3 |
| 2. 論文標題 コンクリート構造物耐久性評価のための気象環境条件のモデル化に関する研究 | 5. 発行年 2016年 |
| 3. 雑誌名 土木学会論文集E2 | 6. 最初と最後の頁 288-303 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|---|-----------------------------|
| 1. 著者名 河村 圭, 児玉聖治, 村上慧季, 塩崎正人, 中村秀明 | 4. 巻 Vol72, No2 |
| 2. 論文標題 コンクリート壁面画像からのひび割れ抽出処理における抽出点指示手法 | 5. 発行年 2016年 |
| 3. 雑誌名 土木学会論文集F3 | 6. 最初と最後の頁 p. I_93-I_102 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|---|---------------------------|
| 1. 著者名 青島 巨佐, 中野 聡, 徳永 皓平, 中村 秀明 | 4. 巻 75 |
| 2. 論文標題 深層学習による異常検知手法を用いたコンクリート表面の変状検出 | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 土木学会論文集A2 | 6. 最初と最後の頁 I_559-I_570 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.2208/jscejam.75.2.I_559 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

| | 氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号) | 所属研究機関・部局・職 (機関番号) | 備考 |
|--|---------------------------|-----------------------|----|
|--|---------------------------|-----------------------|----|