

大阪大学 工学部 学生員 米田 恵弥
 大阪大学 大学院工学研究科 フェロー 矢吹 信喜
 大阪大学 大学院工学研究科 正会員 福田 知弘

1. 背景と目的

我が国における建設業の労働生産性は製造業の半分しかなく、建設業就業者数は建設投資の減少に伴い減少が続いていることから、建設業の労働生産性を向上させる必要性が提唱されている¹⁾。建設工事において進捗管理は必須の作業であるが、現状は施工した部分を計測し、現場で撮影した写真と図面とを比較して行っている。この作業は時間と労力がかかりミスも発生しやすい。従って BIM/CIM (Building/Construction Information Modeling, Management) を活用することにより効率化する研究²⁾が取り組まれているが課題もある。そこで本研究では、BIM モデルとインスタンスセグメンテーションと呼ばれる画像認識手法を用いることで、カメラで撮影した画像から橋梁の橋桁や橋脚などの各部材を検出し、検出した部材を BIM/CIM モデルに反映させて、施工状況を 3 次元的に再現し建設工事の進捗をモニタリングするシステムの開発を行うことを目的とする。

2. 開発システムの概要

本研究で開発したシステムの概要を図 1 に示す。まず設計段階で BIM/CIM モデルは完成しているものとする。施工中に、対象とする施工現場の写真を多数、異なる複数の方向から撮影する。撮影した写真を Mask Scoring R-CNN³⁾でインスタンスセグメンテーションを行い、部材を検出した結果の画像を作成する。次に、施工現場の写真から SfM (Structure from Motion) で 3D モデルを構築する。さらに、部材検出結果の画像と SfM のモデルと設計の BIM/CIM モデルを重ね合わせ、一致している部分は、出来あがっていると判断し、出来形を表示する。出来形を表示するときには、部材検出結果の画像を対象とした建設物を示す設計 BIM/CIM モデルに反映させることで、建設現場をシステム上で再現する (図 2)。システムを Unity と呼ばれるゲームエンジンを用いて開発し、その流れは以下の通りである。

Unity で利用できる Raycast 機能により、画像を配置したカメラ位置から光線をインスタンスセグメンテーション結果を用いたマスク画像方向に照射し、マスク画像を通過して光線に衝突した部材を取得する。マスク画像を通過した時に RGB 値を取得し、部材検出部分を表す色以外を通過した光線は消去し設計 BIM モデルにおいて施工が完了していない部分は選択しないようにする。BIM/CIM モデル作成に使用した Revit2020 には構造部材に要素 ID が属性情報として与えられ、部材の名称が「コンクリート-長方形-600×800mm[377225]」のように構造部材名称、寸法、要素 ID の順で格納されているので[]の中にある要素 ID の部分だけ取り出せるようにする。得られた要素 ID を Excel に表示し、取得できた要素 ID が表す部材を選択し設計 BIM/CIM モデルに表示する。設計 BIM モデルで出来あがった部材のみを青色で表示する。

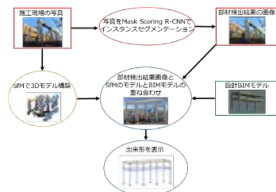


図1 開発システムの概要図

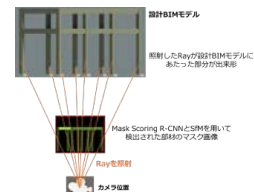


図2 進捗モニタリングシステムの図

3. 検証実験

現在、阪急京都線・千里線淡路駅周辺における線路の高架化事業が行われており、本研究の建設工事の進捗モニタリングシステムの検証を行うために、施工されている高架橋を事例となる対象地とした。高架橋の各部材を画像認識できる深層学習用の学習済みモデルは公には公開されていないため、東海道新幹線や高速道路に使われている橋梁の画像にアノテーションを加えて、COCO (Common Object in Context) dataset⁴⁾を学習させた Mask Scoring R-CNN をファインチューニングして橋梁の主要構造部材を検出できるようにした。次に、部材検出結果の画像からマスク画像を作り、SfM によって施工現場の 3D モデルを作成し、設計の BIM/CIM モデルを重ね合わせた。統合した図を図 3 に、設計 BIM/CIM モデルで出来あがった部分を青く表示した図を図 4 に示す。

検出精度は正確に検出できた構造部材の本数を分子、正確に検出されるべき構造部材の本数と誤検出により検出された構造部材の本数を分母とすると 71% となった。

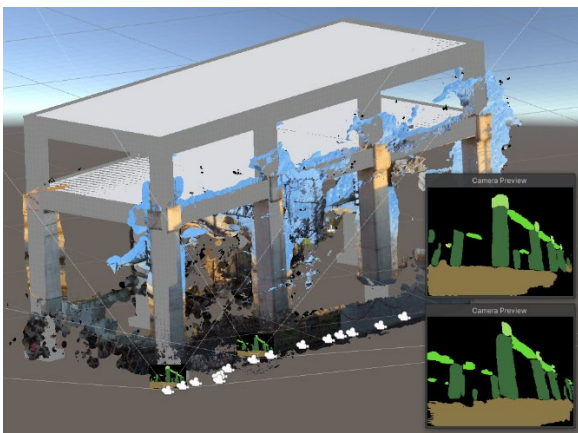


図 3 部材検出画像と SfM による施工現場の 3D モデルと設計の BIM モデルを統合した図

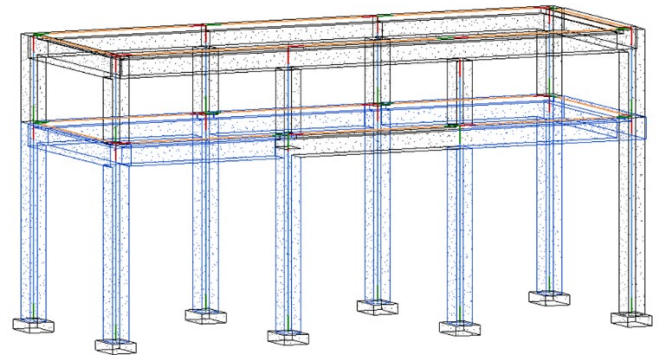


図 4 設計 BIM モデルで出来あがった部材のみ青色で表示した図

4. 結論

本研究では施工現場において建設工事の出来形を確認することができるシステムの構築を行った。Mask Scoring R-CNN を用いて対象とした構造物の写真から建設現場で施工ができていない部材を検出し、SfM による施工現場の 3D モデルを使用することで対象とした建設物と写真を撮影した場所の位置関係を把握した。さらに、部材検出結果の画像と写真の撮影位置を示す SfM のモデルと施工完成形を示す BIM/CIM モデルを統合することで、施工が実施されている部材を示す部材検出結果の画像の情報を BIM/CIM モデルに反映させることができ、BIM/CIM モデルで部材ごとに付与されている要素 ID を取得するシステムを構築した。しかし、深層学習の学習データが少ないことから、認識精度がまだ低く、システムの改良が必要である。

参考文献

- 1) 国土交通省：建設産業の現状と課題，Available at <<https://www.milt.go.jp/common/001149561.pdf>> (Accessed: 20th January 2021)
- 2) 井筒竜宇，矢吹信喜，福田知弘：深層学習を用いた鋼骨組構造における出来形検出に関する基礎的検討，土木学会論文集 F3(土木情報学)，Vol. 75, No. 2, pp. 1_94-1_105, 2019.
- 3) Z. Huang, L. Huang, Y. Gong and C. Huang: Mask Scoring R-CNN, *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 6409-6418, 2019.
- 4) COCO: Common Objects in Context, Available at <<https://cocodataset.org/#home>> (Accessed: 15th February 2021)