

セマンティックセグメンテーションによるトンネルの損傷検知に関する取り組み

パシフィックコンサルタンツ (株) 正会員 ○川城 研吾
 パシフィックコンサルタンツ (株) 正会員 安田 亨
 パシフィックコンサルタンツ (株) 正会員 久下紗緒里
 国立研究開発法人土木研究所 榎本 真美

1.はじめに

橋梁やトンネル等社会インフラの老朽化が社会問題となっている中、我が社では新技術の活用による維持管理業務の合理化を進めている。トンネル分野においては「走行型計測車両(以下、MIMM-R という)」を開発し、従来作業の大幅な合理化を図っている。

しかし、未だ計測した画像の解析に多くの手間と労力を要しているのが実情である。筆者らは、更なる合理化に向けて AI を活用した損傷検知の技術開発・評価を行っているところである。本稿では、弊社で実施している取り組みのうちセマンティックセグメンテーション (Semantic Segmentation) を用いたひび割れ検知の取り組みについて報告する。

2. セマンティックセグメンテーションを用いたトンネル損傷検知モデルの構築

筆者らは MIMM-R で取得した画像から生成したトンネル展開画像に対し、畳み込みニューラルネットワーク (CNN ; Convolutional Neural Networks) や敵対的生成ネットワーク (GAN; Generative adversarial networks) による損傷検知 (箇所と損傷程度) の推論を行う取り組みを行い一定の成果^{1) 2)}を得た。

今回筆者らは、現場作業の負担が大きい損傷図の自動生成等も見据え、画素単位での物体検知・分類が行えるセマンティックセグメンテーション (Semantic Segmentation) を用いた損傷検知に取り組んだ。

次に本取り組み内容について述べる。

(1) 教師データの準備

トンネル約 300 スパンのトンネル展開画像と損傷

キーワード セマンティックセグメンテーション、
 損傷検知、データ拡張、Mask R-CNN, ResNet

連絡先 〒101-8462 東京都千代田区神田錦町 3-22

パシフィックコンサルタンツ (株) TEL:03-6777-3911

図に基づき、教師データを作成・準備した。

検知の対象とする変状は「ひび割れ」、「剥落」、「漏水」、「遊離石灰」の4種とした。

(2) 検出アルゴリズムの選定

表 1 の 2 種類のアルゴリズムを対象に、実際に評価用モデルを構築し、性能比較を行った (表 2 参照)。

その結果、各指標でより高い精度が得られた「Mask R-CNN」を今回用いることとした。

表 1 比較した検出アルゴリズム

アルゴリズム	特徴
DeepMask	Facebook 社が構築したセグメンテーション技術
Mask R-CNN	ICCV 2017 Best Paper に選出されたセグメンテーション・クラシフィケーション技術 (Facebook 社)

表 2 各アルゴリズムの精度検証結果

手法	Precision	Recall	IOU
DeepMask	0.096	0.088	0.026
Mask R-CNN	0.270	0.622	0.235

(3) モデル構築

次に示す条件で面変状 (剥落、漏水、遊離石灰) 検知とひび割れ検知のモデルを構築した。

表 3 モデル構築条件

手法	項目	条件
手法-1	ネットワーク	ResNet ^{※1}
	データ拡張	無し
	画像サイズ	メッシュ分割 (512x512)
手法-2	ネットワーク	ResNeXt(ResNet の発展モデル)
	データ拡張	コントラスト変更, ガンマ変更, ガウスノイズ, インパルスノイズ
	画像サイズ	メッシュ分割 (512x512, 800x800)

※1 ResNet: Residual Networks の略。ILSVRC2015 優勝モデル

3. 検証・評価

(1) 面変状検知モデルの検証・評価

面変状検知モデルの検証結果は図 1, 図 2 に示す通りである。遊離石灰・漏水は相応精度で検知することができた。剥離は損傷のサイズが小さいことで、モデル構築に十分なデータが揃わず、結果、他の損傷よりも低い精度となったと考えている。

なお、モデル構築手法の比較結果は、手法-2 の精度が若干高いという結果となった。

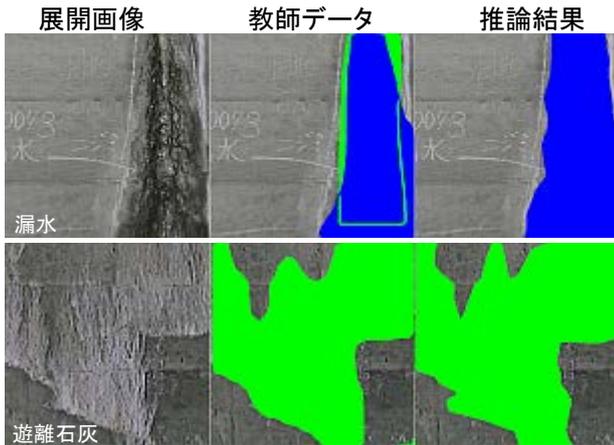


図 1 面変状の推論例

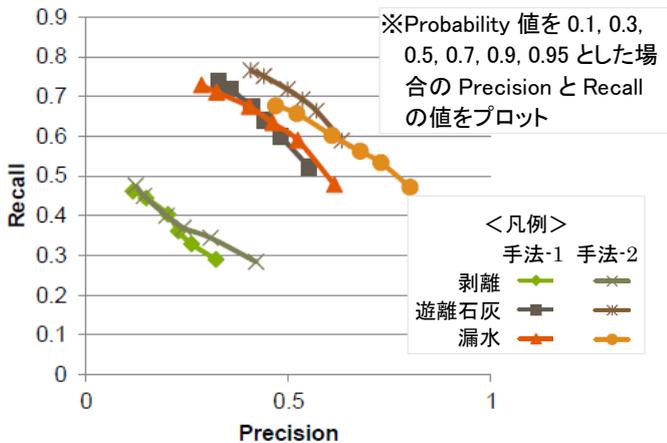


図 2 面変状推論結果の精度

(2) ひび割れ検知モデルの検証・評価

ひび割れ検知モデルの検証結果は図 3, 図 4 に示す通りである。ひび割れ検知については、面変状ほどの精度が得られなかった。実際の目視確認においても、多くの誤検知が確認された。

原因特定のため、改めて教師データをチェックしたところ、ラベルのズレ・誤入力が見られた。

ひび割れは他の変状と比べ損傷自体が細かく、より正確な教師データが要求されると考えられるが、今回の教師データは精度が不十分であり、精度が得られなかったと考えている。

モデル構築手法の比較結果は面変状と同様手法-2 の精度が高いという結果となった。

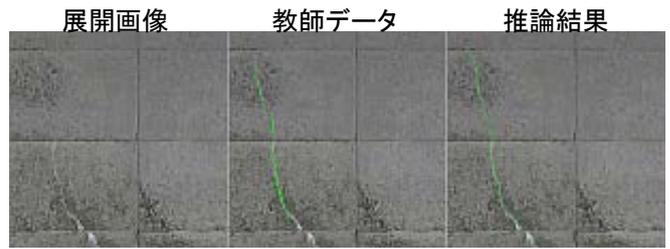


図 3 ひび割れの推論例

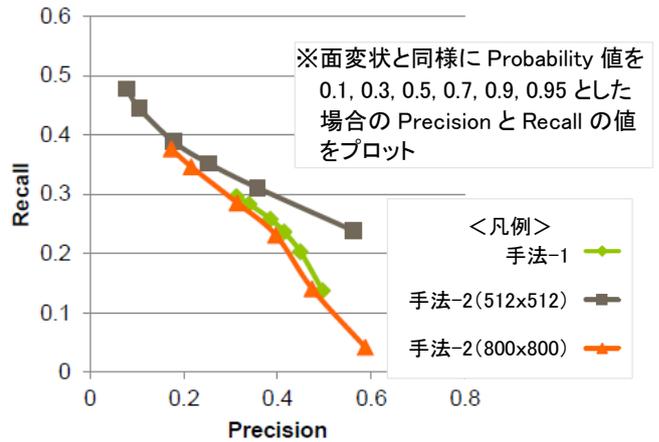


図 4 ひび割れ推論結果の精度

4. 考察

モデル構築手法を比較したところ、全体的に「手法-2」の精度が良いという結果が得られたが、大きな要因はデータ拡張を実施したことにあると考えている。

一方、細かな事象では、データ拡張による画像からの消失や誇張等を引き起こすことも懸念され、精緻なラベル付けが必要となるひび割れ検知モデルの構築では、データ拡張の特性・影響を十分に考慮した上で適用手法等を絞り実施する、もしくは拡張無しとする等の対応も必要となると考えている。

5. おわりに

今回の取り組みを通じ、セマンティックセグメンテーションの実現可能性を確認することができた。

ただし、実用には、さらなる精度向上が不可欠であり、教師データの精緻化・拡充等を図りながら、実現化に向けて取り組んで行く予定である。

参考文献

- 1) 榎本真美他 (2018) 「AI を用いた道路施設の変状個所抽出モデルの開発」, 平成 30 年度 建設コンサルタント業務研究発表会.
- 2) 川城研吾他 (2019) 「深層学習によるトンネルの損傷検知に関する取組」, 第 81 会情報処理学会講演論文集 (4) pp.381-382, 情報処理学会.