

機械学習を用いたコンクリート表面の ひび割れ検出精度向上に関する研究 —モルフォロジー変換によるデータ拡張を用いて—

2020SE096 野添健人

指導教員：沢田篤史

1 はじめに

現在、全国のコンクリート構造物のうち、橋梁やトンネルについて、近接目視による点検が定められている。目視によるひび割れ検出の問題は、点検を行う高度な知見を持つ専門技術者が必要であり、膨大な予算と時間が必要なことである。このような背景から、コンクリート表面の解析作業の自動化が求められている。これによってコンクリート表面を撮影して、機械学習を用いた画像解析によりひび割れを検出するといった研究 [1][2] が盛んになっている。

コンクリート表面画像からのひび割れ検出の課題として、物体検出技術を単純にひび割れ検出に用いると、鉄筋露出などと比べて検出精度が低くなってしまうことが挙げられる。また、単純なコンクリート表面画像からでは、時系列変化や経年劣化などが考慮されていないので、十分な精度向上が期待できない。

本研究の目的は、ひび割れの特徴を考慮したデータ拡張によるひび割れ検出精度の向上を目指すことである。ひび割れを含むコンクリート画像を拡張させ、ひび割れ検出精度を高めることで、コンクリート表面の解析作業の自動化に貢献することができる。

本研究の目的を達成するための技術的課題は、どういうデータ拡張技術を活用したらひび割れを検出しやすくなるか明らかにし、データ拡張がひび割れ検出精度に及ぼす影響を評価することである。

本研究では、技術的課題の解決方法として、データ拡張にモルフォロジー変換 [3] を適用する。実験によりモルフォロジー変換の有効性を評価し、課題について考察する。

2 コンクリート表面のひび割れ検出に関する課題

コンクリート表面画像からのひび割れ検出の課題として、前処理をしないで物体検出技術を単純にひび割れ検出に用いると、鉄筋露出などと比べて検出精度が低くなってしまうことが挙げられる。また、単純なコンクリート表面画像からでは、時系列変化が考慮されていないので、十分な精度向上が期待できない。

中島ら [1] は、近接目視点検の損傷画像（主に鉄筋露出）を用いて、セマンティック・セグメンテーションを可能とする転移学習を行っている。青島ら [2] は、損傷画像に対して深層学習によるセグメンテーション手法を適用し、変状を自動的に検出して変状の程度の区分（ランク）に関するクラスを分類し、YOLO を用いて物体検出することを

行っている。中島らは課題として、鉄筋露出よりも繊細で背景のコンクリートに埋もれやすく、特徴が希薄な「ひび割れ」にも適用することが必要であると述べている。

3 研究目的と技術的課題

本研究の目的は、ひび割れの特徴を考慮したデータ拡張によるひび割れ検出精度の向上を目指すことである。ひび割れを含むコンクリート画像を拡張させ、ひび割れ検出精度を高めることで、コンクリート表面の解析作業の自動化に貢献することができる。

本研究の目的を達成するための技術的課題は次の通りである。

- どういうデータ拡張技術を活用したらひび割れを検出しやすくなるか明らかにする。
- データ拡張がひび割れ検出の精度に及ぼす影響を評価する。

4 モルフォロジー変換を用いたひび割れ画像の拡張方法

データ拡張とは、機械学習において、元のデータセットから新しい訓練データを生成する方法である。世の中には様々なデータ拡張技術があり、例えば、画像の回転、反転、明るさの変更などの操作を加えるものであったり、GAN などがある。データ拡張の目的は、データの数を増やすことによって、モデルが多様な状況に適応できるようにするためである。

コンクリート表面のひび割れのデータは十分にないで、ひび割れの検出精度が低くなってしまっている。ある時点でのコンクリート表面のひび割れ画像は多数あるが、時間が経過してひび割れが成長した画像やその前の画像は十分に存在しない。ゆえにデータ拡張によってデータを増やす必要がある。しかし、単純なデータ拡張技術を使用しても、時系列変化が考慮されていないので、ひび割れ検出精度の向上にあまり寄与しないと考える。

本研究では、技術的課題の解決方法として、データ拡張にひび割れの特徴を考慮したデータ拡張技術である、モルフォロジー変換を適用する。

モルフォロジー変換 [3] とは、形態学的な操作を用いて画像を変換する技術で、主に画像中の形状や構造を調整するために使用される。モルフォロジー変換は、入力画像と処理の性質を決めるカーネル（構造要素）の2つを入力とする。

モルフォロジー変換に使用するカーネルは、変換の効果を決定する重要な要素である。カーネルは通常、画像上の各ピクセルに対して適用される固定サイズのフィルターとして定義される。

モルフォロジー変換には、画像内の物体の境界を縮小させる操作である収縮処理 (erosion) と、画像内の物体の境界を拡大させる操作である膨張処理 (dilation) などがある。

5 プロトタイプシステムの実験と評価

本研究では、コンクリート表面のひび割れ画像に kaggle データセット [4] を用いる。本データセットには、40000 のコンクリート表面の損傷画像が含まれている。

図 1 にシステムの構成を示す。入力をコンクリート表面のひび割れ画像とし、最終的な出力をひび割れ検出結果とする。また、深層学習を用いた物体検出モデル (YOLO) を用いてひび割れを特定する。YOLO とは「You Only Look Once」の略で、本研究では、近年物体検出に多く利用されており、定評のある YOLO を用いる。

実験の概要を示す。実験 1 では、元の画像を 3000 枚用意し、データセットとする。実験 2 では、元データセット 3000 枚に加えてモルフォロジー変換 (膨張) させた画像 3000 枚を用意し、合わせて 6000 枚をデータセットとする。実験 3 では、元データセット 3000 枚に加えてモルフォロジー変換 (収縮) させた画像 3000 枚を用意し、合わせて 6000 枚をデータセットとする。実験 4 では、元データセット 3000 枚に加えてモルフォロジー変換 (膨張) させた画像 3000 枚とモルフォロジー変換 (収縮) させた画像 3000 枚を用意し、合わせて 9000 枚をデータセットとする。それぞれの実験で、この完成したデータセットを 7 対 3 の割合で、学習用データセットとテスト用データセットに分ける。

実験 1, 2, 3, 4 のテスト用データセットの損失の結果は、それぞれ 0.118, 0.0011, 0.0013, 0.062 となった。実験 4 では損失値が上昇してしましたが、実験 1 に比べて、モルフォロジー変換を適用したすべての実験で損失値が低下し、モデルの予測がより正解ラベルに近いものとなった。すべての実験において、テスト用データセットの正解率の結果は約 80 % まで上昇したので、コンクリート表面のひび割れ検出に成功したと考える。

6 考察

実験 1, 2, 3, 4 のすべての画像のひび割れ検出精度の順位は、それぞれ 4 位, 2 位, 3 位, 1 位となり、モルフォロジー変換 (膨張) を適用した場合の方が、モルフォロジー変換 (収縮) を適用した場合よりもひび割れ検出精度は高くなった。よって、膨張処理の方が収縮処理よりも検出モデルの性能向上に寄与したと分かる。

ひび割れ検出精度は実験 4 が最も高いという結果となり、モルフォロジー変換 (膨張と収縮) を適用した場合が

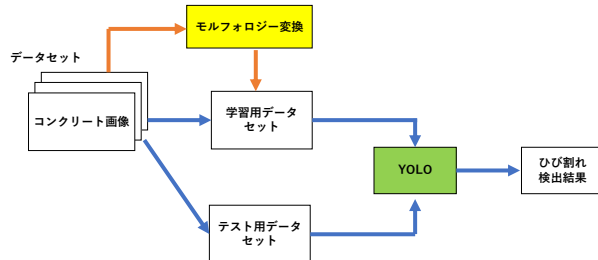


図 1 システムの構成図

最もひび割れ検出精度の向上に寄与したと分かる。ゆえに、ひび割れの特徴を考慮したデータ拡張技術である、モルフォロジー変換は、コンクリート表面のひび割れ検出精度の向上に有効であると分かった。

今後の課題は、学習用データセットとテスト用データセットの枚数を実験 1, 2, 3, 4 で統一してみたものと比較することである。または、交差検証を利用することも 1 つの方法として考えられる。

7 おわりに

現在、社会インフラは定期的な点検が行われており、コンクリート表面の解析作業の自動化が求められている。本研究では、データ拡張にモルフォロジー変換を適用した。本研究のプロトタイプシステムでは、実験 1 と比べて、実験 2, 実験 3, 実験 4 の方がひび割れ検出精度は向上したという結果となった。よって、ひび割れの特徴を考慮したデータ拡張技術である、モルフォロジー変換は、コンクリート表面のひび割れ検出精度の向上に有効であると分かった。今後は、他のデータ拡張技術をデータセットに使用してみて、モルフォロジー変換とのひび割れ検出精度を比較することも必要である。

参考文献

- [1] 中島 道浩, 安野 貴人, 永富 大亮, 野田 一弘, 青柳 聖, 関口 斉治, ”目視点検の損傷画像による鉄筋露出セグメンテーションの転移学習”, 人工知能学会全国大会論文集, 第 33 回, 2019.
- [2] 青島 亘佐, 山本 拓海, 中野 聡, 中村 秀明, “深層学習によるセグメンテーション手法を用いたコンクリート表面の変状領域の検出”, AI・データサイエンス論文集, 1 巻, J1 号, p. 481-490, 2020.
- [3] Alhassan Mumuni, et al: ”Data augmentation: A comprehensive survey of modern approaches”, Array, Volume 16, 2022.
- [4] Arun Pandian, “Surface Crack Detection”, kaggle, 2019.