

UAV 撮影画像の機械学習によるコンクリート擁壁の欠損検出精度の改善

日本サミコン株式会社 非会員 ○ 道下翔吾

日本サミコン株式会社 非会員 西田浩之

東京農工大学大学院農学研究院 正会員 島本由麻

新潟大学自然科学系（農学部） 正会員 鈴木哲也

1. はじめに

建設業界では、少子高齢化に伴う技術者不足や技術継承に関する課題を抱えていることを背景に近年機械学習を用いた橋梁やトンネル、擁壁などのコンクリート構造物の劣化・損傷を自動的に検出する研究が多く行われている。例えば現地で撮影した画像から決定木やランダムフォレストを用いて機械学習を行うことで高精度にひび割れ等の損傷を自動検出することが可能となってきている¹⁾³⁾。このようにコンクリートコアの採取を行わず、非破壊かつ非接触による損傷検出することは、省力化の観点からも重要であると考えられる。

しかし本研究で対象としている海岸沿いのコンクリート擁壁部（図1）においては、危険を伴うため足場を構築しない限り近接で損傷部を撮影することやコンクリートコアを採取することは不可能である。また遠写から機械学習を用いて損傷の検出を行った研究はまだ少ない。

そこで本研究においては、UAVで撮影したパネル毎の可視画像を使用して機械学習を行い、ひび割れ、遊離石灰、剥落といった損傷を検出することが出来るか検証を行うと同時に、検出において有効な特徴量を明らかにすることを目的とする。

2. 計測・解析方法

本研究ではUAV（Unmanned Aerial Vehicles）を使用して海側からコンクリート擁壁の撮影をパネル毎に行った。その後撮影した可視画像をパネル1～10それぞれにおいて型枠を4分割（図2）、16分割（図3）、32分割（図4）に分割して、ひび割れ、遊離石灰、剥落、無損傷の正解データを与えるラベリングを行った。

次に分割したセル毎にRGB・HSVそれぞれの平均値、標準偏差、最大値、最小値の算出を行い合計24個の特徴量の変数を分割したセル毎に抽出した。これは、既往成果よりひび割れを検出する際に色



図1 UAV撮影を行ったコンクリート擁壁

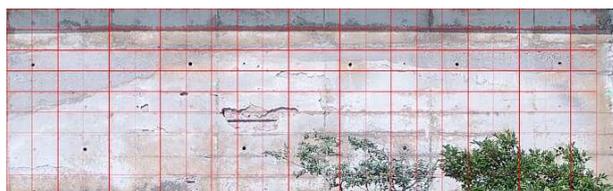


図2 4分割（パネル4）



図3 16分割（パネル4）

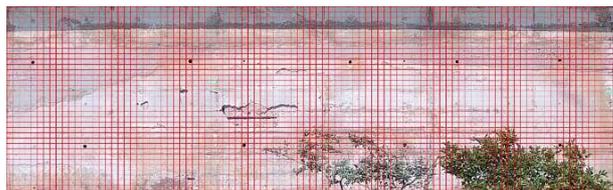


図4 32分割（パネル4）

（RGB・HSV）に関する特徴が重要であることが明らかにされている為である²⁾。

また損傷した箇所の検出精度を高めるためにメディアンフィルタなどで前処理を行うことが有効であることがこれまでの研究で明らかにされている³⁾。今回の撮影した擁壁部においても、影や汚れなどの精度を低下させる要因が多くみられた。そこで本研究では任意の特徴量に一定の閾値を設けて、分割したセル毎に前処理を行うかどうかを判断し、該当セルにはメディアンフィルタによる補正を行った。

その後本研究では、教師あり学習の一つであるランダムフォレストにより画像データの機械学習を試みた。教師あり学習とは、事前に与えられた訓練用データとデータのクラスラベルを基に、データとクラスの関係性を正しく出力するアルゴリズムを学習する手法である。ランダムフォレストは決定木のアンサンブル学習アルゴリズムであり、訓練用データから重複を許してサンプリングしたデータから決定木を構築する。その際、最適な分割を実現するための変数を d 次元の特徴ベクトルのすべての変数から探すのではなく、 d 個の変数の中からランダムに選ばれた一部の変数の中から探し出すことで、決定木間の相関を抑え、決定木より高精度な出力ができるよう工夫されている。

3. 結果および考察

学習モデルを構築して検証した結果について示す。

1) 精度について

検出精度を正解率、再現率、適合率、F 値を用いて検証した。それぞれの算出方法については文献⁴⁾の本文中にある式を参照した。その結果、**図 5** から分かるように分割数を増やしても正解率はほとんど変わらなかったが、精度である F 値（平均値および損傷部）は向上することが明らかになった。ただしどの分割数においても前処理を行った場合には精度が低下する結果となった。

2) 特徴量の重要度について

抽出した 24 個の特徴量それぞれの重要度について **図 6** に示す。その結果前処理を行う前には RGB, HSV の標準偏差（ばらつき）の重要度が高いことが分かった。また前処理後は RGB, HSV の平均値の重要度が高いことが明らかになった。

上記の結果よりメディアンフィルタを適用することで、重要度の高い RGB・HSV それぞれのばらつきの特徴が逆に目立たなくなり精度が低下したと推察される。

4. おわりに

本研究では、UAV で撮影した擁壁部の損傷を機械学習により検出することを試みた。RGB 画像を分割したセル毎に特徴量を抽出することで F 値 0.7 程度まで向上することが確認された。今後は有効な前処

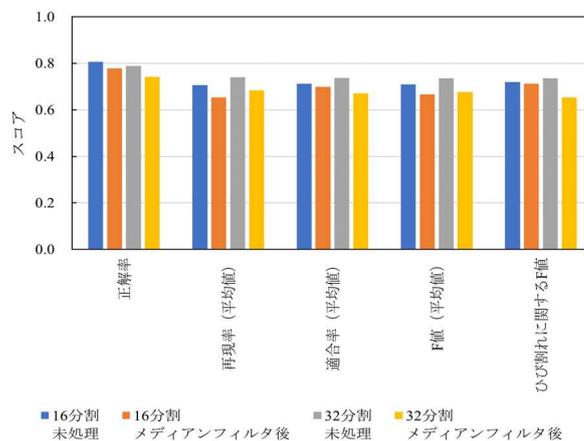


図 5 分割数ごとの精度の比較

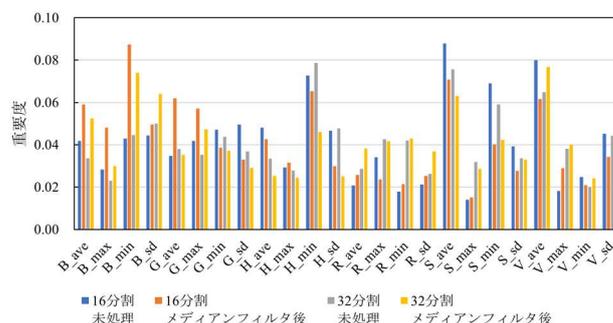


図 6 各特徴量の重要度について

理の方法を模索し、可視画像だけでなく熱画像も含めて解析を行うことで更なる検出の精度向上を目指す予定である。

参考文献

- 1) Dana, D., and Ali, B.: Estimation of the dynamic modulus of asphalt concretes using random forests algorithm, *International Journal of Pavement Engineering*, Vol.23, pp.250-260, 2022.
- 2) Mir, B. A., Sasaki, T., Nakao, K., Nagae, K., Nakada, K., Mitani, M., Tsukada, T., Osada, N., Terabayashi, K., and Jindai, M.: Machine learning-based evaluation of the damage caused by cracks on concrete structures, *Precision Engineering*, Vol.76, pp.314-327, 2022.
- 3) 全邦釘, 嶋本ゆり, 大窪和明, 三輪知寛, 大賀水田生: ディープラーニングおよび Random Forest によるコンクリートのひび割れ自動検出手法, *土木学会論文集 F3*, Vol.73, No.2, pp. I_297-I_307, 2014.
- 4) 島本由麻, 鈴木哲也: ヒストグラム平坦化を活用した道路橋床版での遊離石灰の自動検出に関する解析的検討, *農業農村工学会論文集* (投稿中).