

深層学習を用いたコンクリート開水路の表面粗さの推定 Estimating Surface Roughness of Concrete Open Channels with Deep Learning

木村 優世*, 川邊 翔平*, 金森 拓也*, 森 充広*

KIMURA Yusei, KAWABE Shohei, KANAMORI Takuya and MORI Mitsuhiro

1. はじめに

摩耗はコンクリート製の農業水利施設の主要な劣化の一つであり、特に開水路では粗骨材の露出により躯体表面の粗さが増大する原因となっている。表面粗さが増大すると、水路の通水性が低下し、溢水等の事故が起こる可能性がある。水路表面粗さは、主にコンクリート中の細骨材や粗骨材の露出・剥落状況を近接目視により確認することで定性的に評価されている。一方、定量的に評価する手法としては、型取りゲージを用いる手法¹⁾²⁾やレーザー距離計を用いる手法³⁾が提案されている。これらの手法は水路表面粗さを線的に計測するものであるが、摩耗は面的に生じる現象である。そこで本研究では、水路表面を撮影した画像から簡易に表面粗さを推定する手法として、深層学習を用いる手法について検討した。

2. 学習モデルの構築

現地コンクリート開水路にて画像の撮影と表面粗さの計測を実施した後、これらのデータをもとに深層学習により予測モデルを作成することで、画像から表面粗さの推定を行う。

2. 1 データセット

学習及び検証に用いるデータセットは、4地区の現地水路で撮影した画像と表面粗さの実測値、合計174組から構成される。画像は躯体に正対し、5184×3888画素で撮影した。表面粗さの指標には、直径0.8mmの鋼棒が並ぶ型取りゲージと解析プログラムによって計測した算術平均粗さを用いた²⁾。図1に示すように、1枚の画像につき上部・中部・下部の3か所を水平方向に計測し、それらの平均値を画像の正解値とした。データセットは図2に示すように、算術平均粗さ0.3~1.0mmのデータが比較的多く、頻度分布には偏りが見られる。



図1 画像と計測位置の例

Example of images and measuring lines

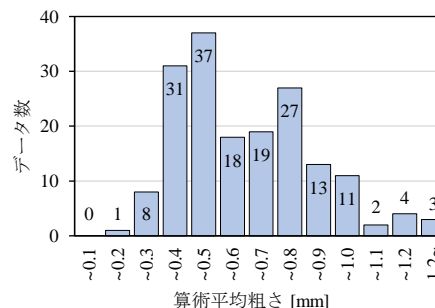


図2 データセット内の表面粗さの頻度分布
Distribution of surface roughness in dataset

2. 2 学習条件

学習モデルには、主に画像分類に用いられるモデル4種類を使用した。これらのモデルは出力層を変更することで、連続的な数値を出力する回帰分析モデルとして利用できる。本研究では事前学習済みモデルを使用し、ファインチューニングを実施した。また、損失関数の安定のため、正解値を1~1,000倍にして学習を試みた。

*農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究部門 Institute for Rural Engineering, NARO

キーワード 深層学習, AI, コンクリート開水路, 摩耗

3. 結果

モデルの精度を6分割交差検証によって確認する。

図3に各学習条件の予測精度としてRSME（平方根平均二乗誤差）を示す。モデルの違いにより予測精度は異なるが、Model-2を除き、実測値を100倍にすると学習が安定し、予測精度が向上する傾向が見られる。ただし、この傾向はモデルだけでなく他のハイパーパラメータにも依存しており、学習条件によって最適値は変化すると考えられる。

図4にRMSEが0.143mmで最小となったモデル（学習条件：Model-1・乗数100）の予測値と実測値の関係を示す。図4から、モデルは実測値の増減に十分追従できていることが分かる。モデル予測値と実測値の誤差のうち、78.2%が±0.15mmの範囲内に収まっている。分かりやすさのため、実測及びモデル予測による算術平均粗さを中矢ら⁴⁾の推定式に基づいて粗度係数に換算した場合、80.5%が誤差±0.0005の範囲内に収まる。コンクリート水路の粗度係数が0.011~0.023程度である⁵⁾ことを考慮すると、この予測誤差は許容範囲内であると考えられる。ただし、データの少ない算術平均粗さ1.0mm以上の画像では、実測値に対して過小評価している傾向が見られる。特に表面粗さの実測値が最大である画像は、予測値と実測値の間に大きな差がある。これは図4に示している学習条件以外でも同様に見られた傾向であり、学習範囲外のデータを適切に予測できず、平均値に近い値を予測値として出力したものと考えられる。

4. おわりに

深層学習により水路表面の画像から粗さを推定するモデルを作成した結果、予測誤差は許容可能と考えられる範囲内に収まり、その有効性が示唆された。今後も学習パラメータのチューニング及びデータの収集を継続することで、モデルの予測精度はさらに向上すると考えられる。また、同様に画像から表面粗さを推定する回帰分析以外の手法として、予測根拠が可視化できるようなアプローチ方法を検討することが今後の課題として挙げられる。

謝辞：本研究は科研費（課題番号「23K19324」）の助成を受けて実施した。ここに記して感謝の意を表します。

引用文献

- 1) 川上ら：型どりゲージを用いた摩耗測定手法，農業農村工学会論文集 304, pp.1_77~1_84 (2017)
- 2) 木村ら：コンクリート水路摩耗状態の簡易な定量評価手法，水土の知, 91(11), pp.817-820 (2023)
- 3) 浅野ら：レーザ距離計による摩耗測定手法の開発，農業農村工学会論文集 293, pp.1~12 (2014)
- 4) 中矢ら：コンクリート水路の摩耗状態の変化を考慮した粗度係数評価手法，農工研技報 218, pp.107~113 (2016)
- 5) 農林水産省農村振興局：土地改良事業計画設計基準及び運用・解説「水路工」，(公社)農業農村工学会 (2014)

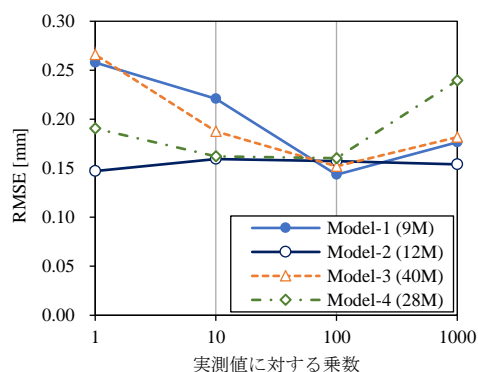


図3 各学習条件の予測精度
(凡例中括弧内はモデルパラメータ数)
Prediction accuracy for each condition

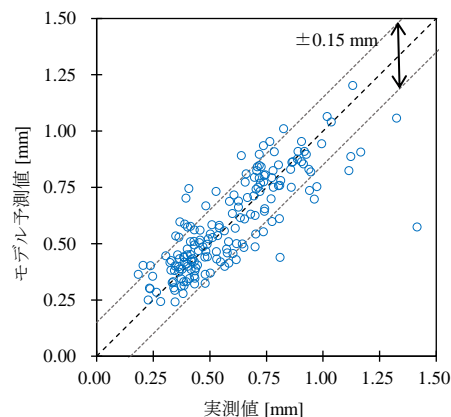


図4 実測値とモデル予測値の比較
Comparison of measured and model predictions