

NDSI 値分布画像と CNN を利用した湧水量予測手法について

株式会社竹中土木 正会員 ○森 桂一

正会員 大村 啓介

正会員 森 守正

エバ・ジャパン株式会社

野呂 直樹

株式会社コンピュータマインド

古川 拓之介

1. はじめに

岩盤斜面やトンネル切羽面の亀裂から多量の湧水が発生した場合、周辺への影響評価のために、その継時変化を把握することが重要となる。しかし、湧水が発生する箇所に接近して容器等で直接流量を測定することは困難である場合が多く、湧水量の評価は専門技術者による定性的な目視評価が一般的である。著者らは、岩盤亀裂面から発生する湧水量の非接触測定法として、マルチスペクトルカメラ（以下、「カメラ」という。）による撮影映像から得られた NDSI（Normalization Difference Spectral Index）値分布画像から湧水量を評価する手法を提案している。図 1 に示す亀裂からの湧水を模擬し試験装置を用いて、Area1～3 における流量とカメラ撮影から得られる NDSI 値の相関を求めることで、同手法で水量が評価できる可能性があることを室内試験で確認した¹⁾。本稿では室内試験で得られた NDSI 値分布画像から、ディープラーニングの一種である CNN（畳み込みニューラルネットワーク）を用いて、水量の推定を行ったのでその結果を報告する。

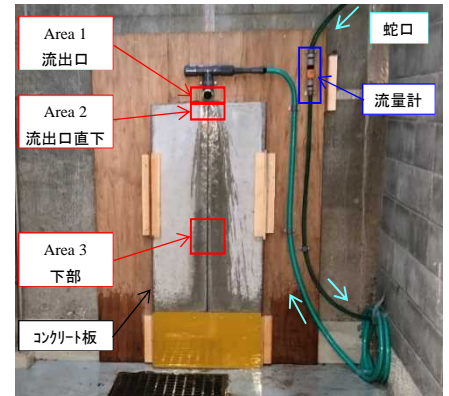


図 1 室内試験の状況

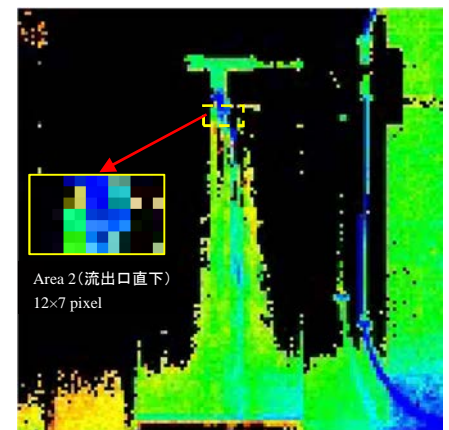


図 2 NDSI 値の分布画像

2. NDSI 値分布画像と CNN による湧水量の推定結果

室内試験において実際の流量と NDSI 値との相関に高い傾向が見られた Area2（放流口直下）の NDSI 値分布画像を 12×7pixel で切り出したもの（図 2）を用いて学習と推定を行い、水量の推定の可不可を検証した。検証ケースを表-1 に、各 Case の損失関数と推定結果を図 3～6 に示す。

表 1 検証ケース

単位:ℓ/min

Case	1					2					3					4				
教師用データ	0	2.6	4.8	9.7	19.7	0	2.5	4.8	9.7	19.7	0	2.5	2.6	9.7	19.7	0	2.5	2.6	4.8	19.7
推定データ	2.5					2.6					4.8					9.7				

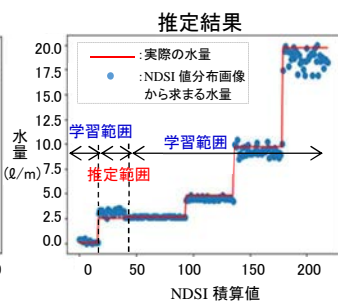
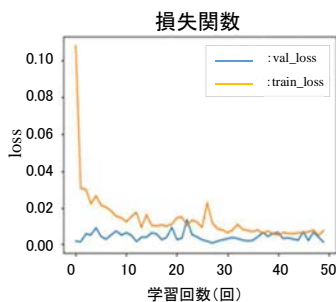


図 3 Case1 の結果

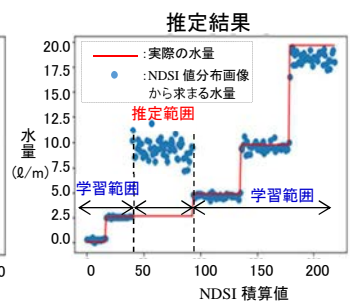
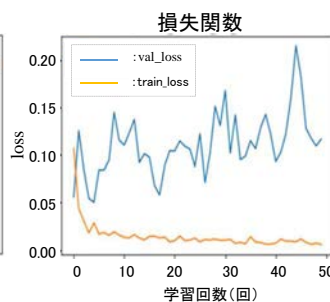


図 4 Case2 の結果

キーワード マルチスペクトルカメラ, 湧水量, 非接触測定, CNN

連絡先 〒136-8570 東京都江東区新砂1丁目1番1号 (株)竹中土木 技術・生産本部 TEL 03-6810-6376

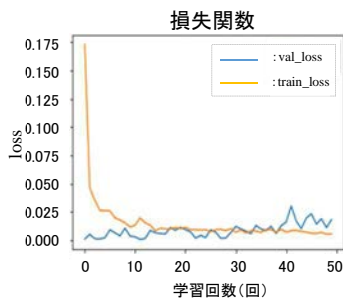


図5 Case3の結果

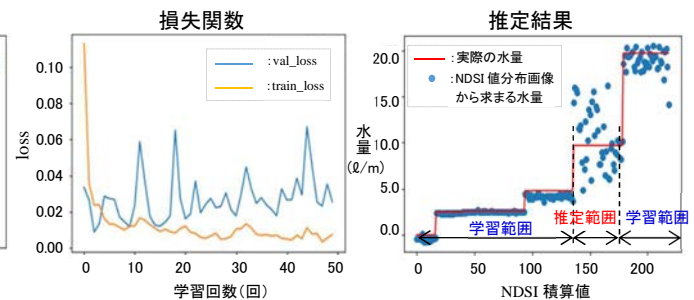


図6 Case4の結果

学習回数に従って損失が収束している Case1,3 についてはある程度の精度で未知流量の推定値が前後学習区間の流量の間に収まっているのに対し、過学習が発生している Case2 については推定値が大きく外れている。Case4 については、多少過学習の傾向が見られることで推定値にばらつきはあるものの全体の平均値としては前後学習区間の流量の間に収まっている。

3. 測定原理の考察

本手法の測定原理の考察に際し、蛇口から自由落下する水流の流量を考える。図7に示すように水流に対する水平断面は円であるとき、水流方向の距離 x (cm)における水流の半径を r (cm)、蛇口の出口の半径を r_0 (cm)、同箇所での流速を v_0 (cm/s) とする。自由落下だけを考えた単純なモデルを考えると、 r は x の関数として図7中の式で表すことができる。この水流に対してカメラ撮影画像で得られるスペクトル分布が水の厚みに比例して変化していくため、NDSI 値分布画像を取得した時、 r のカラーコンターは図8で示される。 x の変化に応じて変化する r と流量 Q は相関があるため、水平・鉛直方向における NDSI 値積分値は Q と相関がある。 x が大きくなるほど重力加速

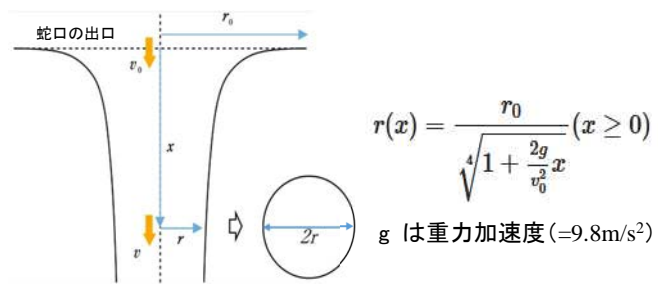


図7 蛇口から自由落下する水流の形状

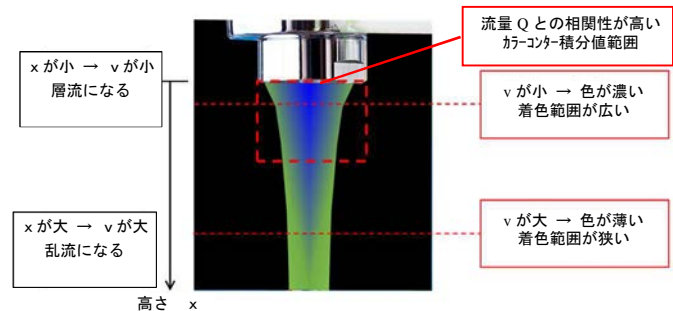


図8 NDSI 値分布画像イメージ図

度の影響で流速が大きくなり水の流れは乱流に近づくため、水流の形状は不定形となり Q との相関が取りづらくなる。一方、蛇口の出口に近い一定範囲の NDSI 値積分値は、重力加速度の影響を受けないため Q との相関性が高い。この相関性に着目し機械学習により既知 Q と NDSI 値分布画像とを関連付けることで、下向きに流れる水の流量の予測が可能となると考えられる。なお、流量が等しい場合には、流出口の形状を変化させても流速がほぼ 0 である流出口直下でのカラーコンター積分値 (NDSI 値積分値) が同じとなり、流出口の形状に依存せず未知流量の予測が可能になると考えられる。ただし、岩盤亀裂面から発生する湧水は自由落下ではなく岩盤面に沿って流れている場合が多く、摩擦の影響により相関性が悪くなる可能性がある。

4. おわりに

マルチスペクトルカメラでの撮影映像から得られた NDSI 値分布画像から、ディープラーニングの CNN (畳み込みニューラルネットワーク) を用いて水量の推定を行うことができることが示唆された。今後は、本技術を実現場に適用し有効性を検証する予定である。

参考文献

- 1) 森守正他：マルチスペクトルカメラを用いた湧水量測定手法に関する室内実験について，令和2年度土木学会全国大会第75回年次学術講演会，VI-652，2020。
- 2) 小野秀史他：ハイパースペクトルカメラによる火山砕屑物の含水比同定，第68回砂防学会研究発表会概要集