

# 背景の違いに対応したコンクリートひび割れ検出の汎化性能の検証

## Verification of generalization capability of concrete crack detection corresponding to background differences

藤井 純一郎\*<sup>1</sup>      吉田 龍人\*<sup>1</sup>      天方 匡純\*<sup>1</sup>  
Junichiro Fujii      Ryuto Yoshida      Masazumi Amakata

\*<sup>1</sup> 八千代エンジニアリング株式会社  
Yachiyo Engineering, Co., Ltd.

A large number of concrete revetments are installed in urban rivers, and its efficient management is required. Therefore, a deep learning model for detecting cracks in concrete revetments by image recognition has been proposed. However, there are various types of river revetment depending on the block loading method and block design.

In this study, we focused on the feature of the concrete block and compare the accuracy of crack detection by the combination of block pattern for the purpose of improving the capability of crack detection for unknown block pattern. Based on the result, we propose the dataset necessary to implement a crack detection model applicable for multiple block patterns.

### 1. はじめに

都市部を流れる河道法面には、一般的にコンクリート護岸が張り巡らされ、老朽過程に応じた維持管理が実施されている。しかし、現時点では、技術者の目視情報を中心とする極度に人的資源に依存した定性的管理が主体となっており、定量的データに基づいた合理的で生産性の高い管理を実現するため、ICT等を活用した新たな管理技術の適用が望まれている。そのため、深層学習を活用し画像からひび割れを自動検出・評価する手法が提案されている。しかし護岸にはブロック積みの方式などにより様々なバリエーションが存在し、さらに河川の現場条件により撮影できる距離も異なるため、これまでは河川別にモデルを作成する必要があった。

本研究では背景画像の特徴に着目し、未知の護岸パターンに対するひび割れ検出の精度向上を図ることを目的として、撮影距離と護岸ブロックの意匠の異なる教師画像の組み合わせによるひび割れ検出の比較実験を行った。その結果をもとに、複数の護岸パターンに適用可能な汎化性能の高いひび割れ検出モデル構築に必要なデータについて提案する。

### 2. 既往研究と本研究

#### 2.1 河川護岸のひび割れ検出に関する既往研究

筆者らはこれまでに河川護岸のひび割れ検出を行う深層学習モデルを提案し検証を行ってきた[天方 2018] [斎藤 2019]。これらは検証対象河川では比較的良好に合致し、画像に基づくひび割れ検出の技術的な可能性が示された。またひび割れ検出結果をもとに補修を行うかの診断を行うため、劣化の形状に加えて絶対的な位置と大きさを定量化する手法も報告されており[藤井 2019]、河川管理の現場での実用に向けて研究が進められている。

しかしこれらの手法は教師画像を作成した河川で検証が行われており、いわば特定の河川専用のモデルとなっている。膨大にある河川の維持管理の効率化を実現するためには、一つのひび割れ検出モデルを複数河川に適用できることが求められるため、ひび割れ検出モデルの汎化性能向上が課題となっていた。

#### 2.2 河川のコンクリート護岸特有の課題

コンクリート護岸が整備されている河川は大河川から小河川まで幅広く、河川の規模や現場の地形的条件により撮影できる護岸の画像は制約を受ける。したがってひび割れ検出に用いる画像の撮影距離やアングルを固定することは困難である。

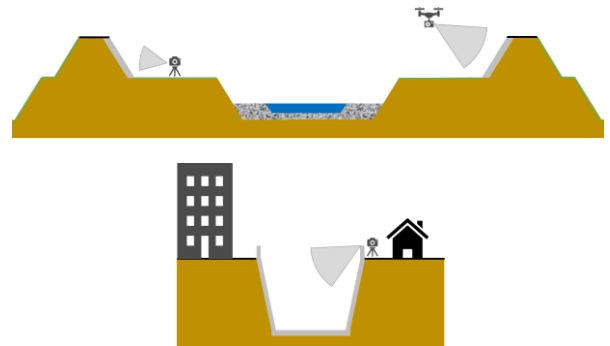


図1 河川規模による撮影アングルの違い

またコンクリート護岸は河川砂防技術基準[国土交通省 2019]およびそれに基づく各種要領等に基づき施工されており、工種により張り護岸/積み護岸/擁壁護岸などに分かれ、さらに各工種の中でも張り方や積み方にバリエーションがある。



図2 張り護岸(左)と積み護岸(右)の例

都市河川で多く整備されている積み護岸の場合、積み方は大きく平積み/谷積み/乱積みの3通りに分かれる。積み護岸に用いるブロックは一般的に既製品が用いられるが、メーカーや製品によりブロックの意匠が異なる。



連絡先: 藤井純一郎, 技術開発研究所, 〒111-8648 東京都台東区浅草橋 5-20-8, jn-fujii@yachiyo-eng.co.jp

図3 ブロックの意匠の例

河川護岸に特有のこれらの要因が、複数の河川に汎用的に適用できるひび割れ検出モデルの構築を難しくさせている。

### 2.3 本研究の提案手法

本研究ではコンクリート護岸が多く整備されている都市河川に適用することを念頭に、都市河川で一般的な積み護岸を対象として、撮影距離とブロック意匠の異なる教師画像を組み合わせて学習を行った。教師画像の組み合わせによる精度の違いを比較し、ひび割れ検出モデルの汎化性能向上策について考察した。

### 3. ひび割れ検出モデル

本研究で用いるひび割れ検出モデルは、既往研究[齋藤2019]で提案されているものを採用した。本モデルはひび割れをピクセル単位で検出する必要があり、深層学習の画像認識手法[Aurelien Geron 2018]の一つであるセマンティック・セグメンテーション(以下、セグメンテーション)を適用し、FusionNet[Tran Minh Quan 2016]をベースにカスタマイズしたものである。

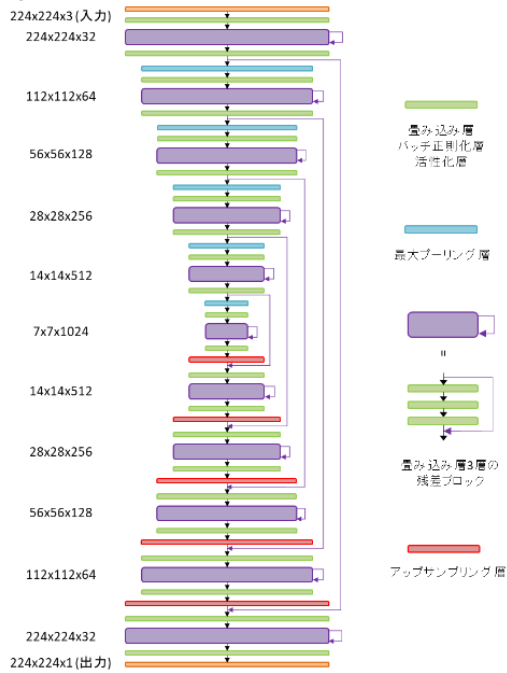


図4 ひび割れ検出モデルのネットワーク構造

### 4. 教師画像

教師画像は、横浜市内の河川で撮影した河川護岸の写真に技術者がひび割れと判断した箇所を図5のようにピクセル単位でマーキング(赤塗りの箇所)して作成した。



図5 教師画像の作成

### 5. 教師画像の組み合わせによる実験

上記で作成した教師画像とひび割れ検出モデルを用いて、教師画像の組み合わせを変えて学習を行い、ひび割れ検出の精度比較の実験を行った。教師画像の組み合わせと精度評価結果の一覧を表1に示す。

表1 教師画像の組み合わせによるひび割れ検出精度

教師画像	精度評価結果(F値)		
	A 河川	B 河川	C 河川
平積み単一意匠 CASE1:A 河川	0.48	-	-
平積み複数意匠 CASE2:A+B 河川	0.43	0.47	-
平積み・谷積み MIX CASE3:A+B+C 河川	0.41	0.45	0.58

本研究のケースでは、単一のブロック意匠で学習・推論を行う CASE1 に対して、ブロック意匠の違う画像が混在した CASE2/CASE3 でも大幅な精度の低下は見られなかった。したがってブロック積み河川においては、意匠の異なるブロックを混在させたデータを蓄積し学習することで汎化性能が向上することが示唆される。

ただし、A 河川単体の精度を比較すると、やはり A 河川単一の教師で学習したモデルが最も良い精度となっている。目視レベルでの定性評価においても A 河川のみで学習した CASE1 に対して、CASE2・CASE3 では誤検出・未検出が若干多く見受けられた。

本手法を従来の点検に代用する用途で利用する場合は、検出結果により厳密な精度を求められるため同じ河川の教師画像のみ学習することが望ましいが、要点検箇所フィルタリングの用途では、CASE3 のようにバリエーションのある教師画像を学習したモデルを採用することにより効率化が期待できる。

今後はより多くの意匠の教師画像を蓄積し、精度検証を行うことの課題である。特に本研究ではまだ学習を行っていない乱積みの護岸についても検証を行う必要がある。

### 参考文献

[天方 2018] 天方 匡純, 吉田 武司, 藤井 純一郎: 深層学習方式を活用した河川のコンクリート護岸の劣化領域抽出, 第73回年次学術講演会, 土木学会, 2018.

[齋藤 2019] 齋藤 彰儀, 上総 虎智, 平木 悠太, 天方 匡純, 吉田 武司: 深層学習によるコンクリート護岸劣化領域検出システムの開発, デジタルプラクティス Vol.10 No.2, 情報処理学会, 2019.

[藤井 2019] 藤井 純一郎, 嶋本 ゆり, 天方 匡純, 松川 正彦, 秋山 和也, 小原 洋: SfMとSemantic Segmentationによる河川護岸の劣化診断支援手法, 人工知能学会第33回全国大会, 人工知能学会, 2019.

[国土交通省 2019] 国土交通省 水管理・国土保全局: 河川砂防技術基準 設計編, 2019.

[Aurelien Geron 2018] Aurelien Geron, 下田倫大, 長尾高広: scikit-learnとTensorFlowによる実践機械学習, 2018.

[Tran Minh Quan 2016] Tran Minh Quan, David G. C. Hildebrand, Won-Ki Jeong: FusionNet: A deep fully residual convolutional neural network for image segmentation in connectomics, arXiv:1612.05360, 2016.