

一般財団法人新潟県建設技術センター
研究助成事業

報 告 書

令和8年1月8日

新潟大学自然科学系（農学部）

鈴木哲也

1. 概要

本報告書は、一般財団法人新潟県建設技術センター令和 7 年度の研究助成事業に係わる研究成果を取りまとめたものである。

1-1. 申請課題名

地域災害により被災した地すべり防止施設・集水井の非破壊検査法の開発

1-2. 申請者

研究代表者：新潟大学自然科学系（農学部） 教授 鈴木哲也

研究分担者： 同上 准教授 稲葉一成

1-3. 研究期間

調査研究の期間は令和 7 年 4 月 1 日～令和 8 年 3 月 31 日の 1 年間である。

1-4. 研究目的

令和 6 年 1 月 1 日に発生した能登半島地震では、震源に近い能登半島の中山間地域において地すべり防止施設である集水井（しゅうすいせい）の被災が数多く確認された。集水井とは、地すべりの誘因となる地下水排除を目的とした施設（井戸）である。能登半島では地震発生後同年 9 月に豪雨災害が生じ、集水井が被災した地域において土砂災害が確認され、地震災害後の集水井の迅速な状態評価が不可欠であることが明らかになった。新潟県は県土の 70%が中山間地域であり、日本国内でも有数の地すべり頻発地域である。同様の災害を防止するために、集水井を対象とした非破壊検査法の開発が急務である。そこで本申請では、集水井を対象に UAV-LiDAR を用いた非破壊検査法を開発することを目的とする。

1-5. 研究成果

論文

- 1) Kazuma Shibano, **Tetsuya Suzuki**: Non-Contact Damage Detection of Drainage Wells during the Mj7.6 Noto Peninsula Earthquake by UAV-LiDAR Technique, Measurement, 117610, 2025., <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2025.117610>

口頭発表

- 1) 藤本雄充, 大高範寛, 柴野一真, 田中熙, **稲葉一成, 鈴木哲也**: 迅速復旧に向けた UAV-LiDAR による被災した集水井の非接触形状検出, 令和 7 年度農業農村工学会講演会講演要旨集, 2025.
- 2) 柴野一真, 田中熙, **稲葉一成, 鈴木哲也**: UAV-LiDAR 点群による被災した集水井の非接触変形検出, 令和 7 年度土木学会全国大会 第 80 回 年次学術講演会, 2025.
- 3) 柴野一真, 若林英範, 田中熙, 池田弘毅, **鈴木哲也, 稲葉一成**: 非接触点検に向けた UAV-LiDAR による集水井群の形状検出, 第 64 回 (2025 年度) 日本地すべり学会研究発表会講演要旨集, pp. 186-187, 2025.
- 4) 池田弘毅, 柴野一真, **鈴木哲也, 稲葉一成**: マルチクラス分類に基づく深層学習手法による集水井ライナープレートの自動腐食部検出, 第 64 回 (2025 年度) 日本地すべり学会研究発表会講演要旨集, pp. 188-189, 2025. 【優秀講演賞受賞】
- 5) 藤本雄充, 大高範寛, 柴野一真, **稲葉一成, 鈴木哲也**: 迅速復旧に向けた UAV を援用した被災集水井の健全度評価, 第 64 回 (2025 年度) 日本地すべり学会研究発表会講演要旨集, pp. 253-254, 2025.

- 6) Kazuma Shibano, Hirimu Tanaka, **Kazunari Inaba**, and **Tetsuya Suzuki**: Post-earthquake Deformation Detection in Drainage Wells by UAV-LiDAR for Prevention of Secondary Disasters in Paddy Field, PAWESS 2025 International Conference, Morioka, p. 68., 2025.
- 7) Norihiro Otaka, Hiromu Tanaka, Kazuma Shibano, Yuji Fujimoto, and **Tetsuya Suzuki**: Post-Earthquake Damage Assessment of Landslide Prevention Facilities by UAV-LiDAR, PAWESS 2025 International Conference, Morioka, p. 70., 2025.

2. 研究成果概要

2-1. はじめに

本事業では、2つの研究小課題を設定した。【研究課題1】『UAV-LiDARを援用した集水井の内部状態の非破壊・非接触検査法の開発』と【研究課題2】『深層学習による被災実態の同定とその特徴分析』である。現状の課題は、集水井の立地が山間部にあることから管理者が地震災害後に容易にアクセスできない点と構造的に数10mの井戸があることから内部の詳細を把握することが困難である点である。提案手法は地震災害を想定し、第1 UAV-LiDARによる遠方からの非破壊・非接触検査を前提として管理者の安全性と業務効率の最大化を考慮した。第2に、LiDARから照射されたレーザーにより、目視では取得に困難を伴う井戸の内部情報を定量的かつ迅速に得ることが可能となる（【研究課題1】）。検出データを深層学習により解析し、被災実態の同定とその特徴分析を行うことで、検査精度の向上と安全性診断が可能となる（【研究課題2】）。研究課題1は上記研究成果1)に取りまとめた。このことから、本報では、口頭発表のみを実施している、研究課題2での実証的検討結果を中心に報告する。

2-2. 計測対象と方法

計測対象は新潟県十日町市に立地する既設鋼製集水井である。本研究では、深層学習を用いたマルチクラス分類によるライナープレートの腐食部の自動検出を試みた。計測対象は1981年から1995年の間に建造された、腐食状態の異なる計13基の鋼製集水井である。内部の腐食状態は集水井の天蓋から全方位カメラを下し、動画を取得した。深層学習モデルはU-Netであり、アーキテクチャはFig.1に示した。U-NetはEncoder部、Decoder部およびスキップ接続で構成されている。データセットは撮影された360°動画から抽出した画像とそれに対応するアノテーション画像のペアを用いた。それぞれの画像はアスペクト比を保持したまま512×1,024（ピクセル）の画像にリサイズし、モデルに入力するために512×512（ピクセル）の画像にオーバーラップ256ピクセルで切り出した。アノテーション画像は手動で作成し、各ピクセルに対して正確なクラスを割り当てた。クラスはラ

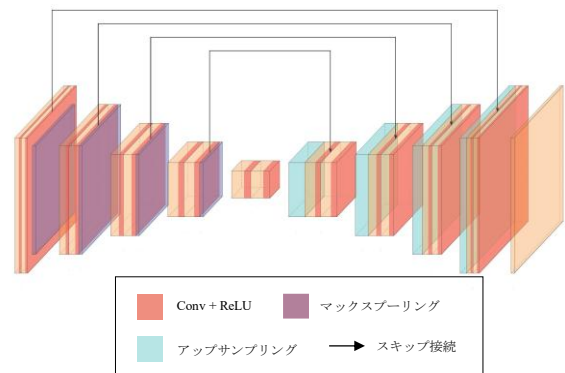


Fig. 1 U-Net アーキテクチャ

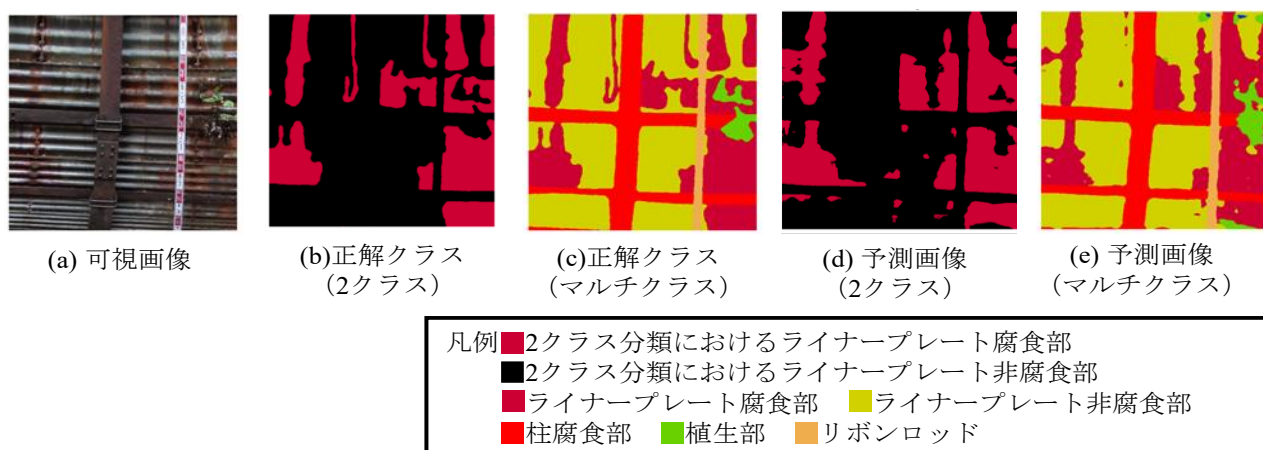


Fig. 2 2クラスおよびマルチクラス分類におけるセグメンテーション画像

ライナープレート非腐食部, ライナープレート腐食部, 柱非腐食部, 柱腐食部, 植生部, リボンロッド, 水部, 梯子, 排水管, その他の 10 クラスとした. データセットにおけるクラスの割合は Table 1 に示す. また, そのアノテーション画像を用いて, ライナープレートの腐食部を除くクラスを非腐食部のクラスに統合した 2 クラスによる分類したアノテーション画像も作成した. 計 150 枚の元画像を用い, 145 枚を訓練用, 5 枚をテスト用としてモデルのデータセット構築を行った. データ分割には Hold-out 法を用い, 訓練データのうち 90%を学習用, 10%を評価用とし. 損失関数はクロスエントロピー損失 (Cross Entropy Loss) を用いた. 最適化手法には Adam を使用し, 学習の安定性と収束性を確保した.

2-3 結果および考察

Fig.2 に 2 クラス分類およびマルチクラス分類におけるセグメンテーション結果を示す. マルチクラス分類を用いたモデルは, 2 クラス分類

と同様にライナープレートの腐食を検出できた. また, 柱腐食部や植生部, リボンロッドといったライナープレートの非腐食部におけるクラスも正確に検出することができた. しかし, 水部, 梯子, 排水管のクラスにおいてライナープレート腐食部の精度が低下し, 誤検出が多発した (Table. 2). データセットにおける全体に占めるクラスの割合が低い少数クラスの学習が効率よく進まず, 正確なクラスに分類されなかったためと考えられる. 今後は少数クラスの学習の問題を解消するモデルを構築し, ライナープレートの腐食部の自動検出精度を向上させる必要がある.

Table 1 データセットにおけるクラス分布

クラス名	割合(%)
ライナープレート非腐食部	12.7
ライナープレート腐食部	52.0
柱非腐食部	0.0
柱腐食部	22.4
植生部	4.5
リボンロッド	1.4
水部	2.7
梯子	3.5
排水管	0.1
その他	0.7

Table 2 ライナープレート腐食部の検出結果

	Precision	Recall	F1-Score
2 クラス	0.932	0.550	0.692
マルチクラス	0.337	0.657	0.445

2-4. おわりに

本研究では、全方位カメラから取得した可視画像をマルチクラス分類に基づく深層学習手法によりライナープレートの腐食部の自動検出を行った。今後は、本研究をもとに腐食検出の自動化を現場レベルの実装に向けて精度を高めていきたい。

謝辞

現地調査においては新潟県十日町地域振興局，新潟大学農学部卒業生の協力を得た。ここに記して感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 農林水産省（2018）：【参考資料】 集水井の調査・診断マニュアル
- 2) 鈴木哲也，稲葉一成，島本由麻（2015）：画像解析による鋼製集水井の腐食範囲の検出，農業農村工学会論文集，83(4)，IV_13-IV_14.