

UAVを用いた赤外線計測による腐食鋼矢板実態の検出・評価

誌名	水土の知 : 農業農村工学会誌 : journal of the Japanese Society of Irrigation, Drainage and Rural Engineering
ISSN	18822770
著者名	鈴木, 哲也 大高, 範寛 藤本, 雄充 島本, 由麻 浅野, 勇
発行元	農業農村工学会
巻/号	87巻8号
巻号補足	
掲載ページ	p. 659-662
発行年月	2019年8月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター

Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



UAV を用いた赤外線計測による腐食鋼矢板実態の検出・評価

Detection and Evaluation of Corroded Conditions in Steel Sheet Pile Using Infrared Images with UAV

鈴木 哲也* 大高 範寛** 藤本 雄充**
(SUZUKI Tetsuya) (OTAKA Norihiro) (FUJIMOTO Yuji)
島本 由麻*** 浅野 勇****
(SHIMAMOTO Yuma) (ASANO Isamu)

I. はじめに

鋼矢板水路の腐食問題は、農業水利施設の維持管理問題が顕在化した近年、重要な技術課題として議論されている^{1)~3)}。筆者らは、ステンレス製軽量鋼矢板の開発⁴⁾やパネル被覆工法⁵⁾、赤外線画像を用いた鋼矢板腐食実態の検出法の開発⁶⁾など、既存施設の維持管理・更新に資する技術開発を進めている。

腐食鋼矢板水路の実態は写真-1 に示すとおり、水位変動部において腐食に伴う断面欠損が進行することにある。既往研究^{2),3)}において、その実態や地域特性による影響が検討されているが、より具体的な技術対策を考慮した場合、線的に構築された水路構造物の構造的特徴から点的な計測ではなく、広域かつ非破壊・非接触での腐食実態の定量評価法の開発が不可欠であると考えられる。著者の一人である鈴木は、非破壊・非接触計測により検出した異時点間の赤外線画像を比較し、腐食鋼矢板の実態評価と補修効果の検証に赤外線画像の空間統計処理⁷⁾の有用性を確認している^{8),9)}。農業用水路構造物の特徴は、線のかつ面的に展開されている点にある。広大な計測範囲を点的な計測により腐食実態の全体像の把握をすることは困難であり、UAV (Unmanned Aerial Vehicle) などの活用が有用であると推察される。そこで本報では UAV を援用し、可視画像と赤外線画像の取得による鋼矢板実態の非破壊・非接触計測を試みた結果を報告する。

II. UAV による非破壊・非接触計測

1. 計測対象

実証的検討は亀田郷土地改良区(新潟県新潟市)により管理されている山崎排水路を対象に実施した。本施設は、鋼矢板の腐食が進行した区間と各種補修工法により鋼矢板表面が被覆された区間の約 150 m である。計測区間の概要を写真-2 に示す。計測施設は施



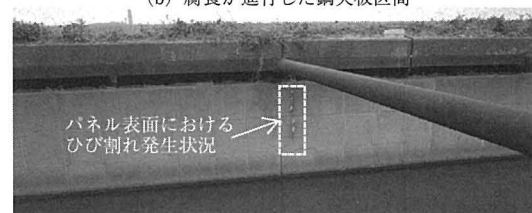
写真-1 鋼矢板水路の腐食実態と UAV による調査例



(a) 計測対象施設



(b) 腐食が進行した鋼矢板区間



(c) パネル被覆工法による施工例(ひび割れ発生区間)

写真-2 計測施設概要図

*新潟大学自然科学系(農学部), **日鐵住金建材(株)

北里大学獣医学部, *農研機構農村工学研究部門



赤外線画像, UAV, 腐食鋼矢板, 水路構造, 維持管理, 施設更新, 非破壊検査

工後およそ45年が経過している。^{きりばり}切梁式護岸式の鋼矢板排水路であり、水路幅は6.4m、水路渠底から笠コンクリート天端までの水路高は2.6mである。既設鋼矢板断面の設計板厚は6mmである。計測区間では、極度に腐食劣化が進行した部位(写真-2(b))や補修後再劣化が顕在化した部位(写真-2(c))が確認されている。

2. 計測・解析方法

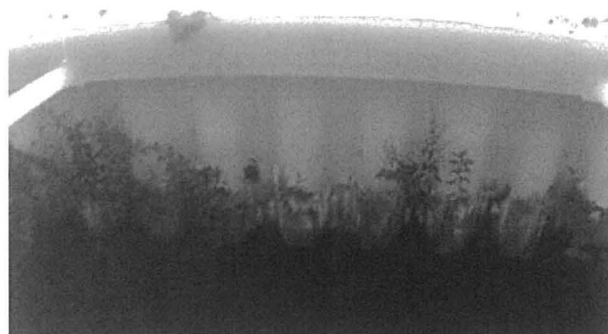
UAVによる可視画像と赤外線画像の計測は、使用機体 Matrice100 (DJI 社製)、使用カメラ Zenmuse Z3 (可視画像, DJI 社製) と Zenmuse XT (赤外線画像, DJI 社製) を使用した。鋼矢板排水路の倒伏を含めた状態を、可視画像の自動計測(画像重複率90%)による施設上空20m地点より取得した。赤外線画像は、計測対象対岸より笠コンクリートから高さ約1m付近でUAVの水平移動により取得した。取得した赤外線画像の一例を写真-3に示す。計測対象より約5m斜め上方より移動計測により画像を取得したことから一般的な静置状態での計測と比較して画像の揺らぎなどの各種ポスト処理による検討が必要であることが明らかになった(写真-3)。

そこで本研究では、著者により解析実績を有する空間統計処理の一手法であるクリギング処理を赤外線画像に施し、その有用性と技術課題を明らかにする。クリギング処理とは、評価対象の統計的変動をセミバリオグラムにより評価し、空間補完を行う手法である。著者らは赤外線画像に含まれるノイズを本手法により除去し、計測精度の改善を試みた。解析フローを図-1に示す。解析画像は、解像度640 pixel×512 pixel、解析範囲幅24 pixel×高さ81 pixelである。クリギング処理は、セミバリオグラムを球形モデル、実測値と解析値の最も一致性の高い球形モデルにより赤外線画像の再構成を試みた。検討結果は実測値とクリギング処理後の推定値との比較により評価精度を検討した。

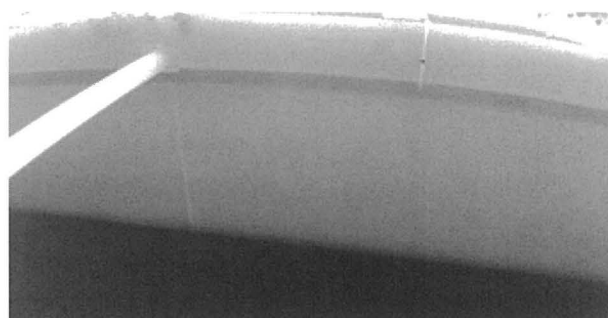
III. 解析結果

解析に用いる赤外線画像は写真-4に示す可視画像の点線範囲を対象とした。図-2に全体の赤外線画像を示し、図-3に検討結果を示す。

検討の結果、UAVを用いた赤外線計測により、鋼矢板表面性状について実用上十分な精度で検出可能であることが明らかになった(図-2)。その際、植生の繁茂と断面欠損位置がおおよそ一致することから、植生指標による断面欠損位置での解析範囲の設定が可能になるものと推察される。鋼矢板水路では、環境ノイズ源として植生や構造物の陰影、背面からの漏水などが考えられるが、それらは特有の熱特性を有している



(a) 腐食が進行した鋼矢板区間



(b) パネル被覆工法による施工区間

写真-3 計測した赤外線画像の一例

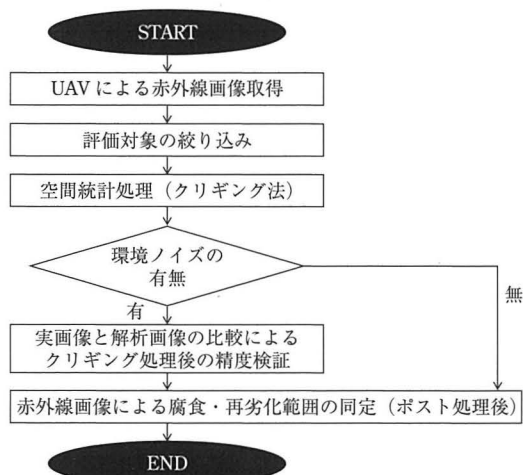


図-1 取得赤外線画像のポスト処理フロー

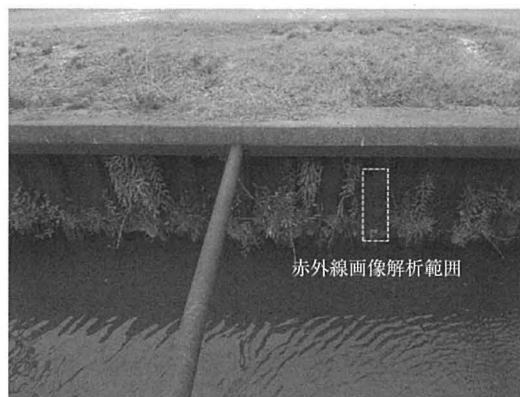


写真-4 赤外線画像解析に使用した範囲

と考えられる。著者らは、空間統計学手法の一つであるクリギング処理により環境ノイズ除去後の赤外線画像の再構成を試みている⁶⁾。本報においても同様の解析を写真-4に示す可視画像の点線範囲に適用した。

数値解析を行う前提条件として、本研究対象である鋼矢板腐食は、局所的な損傷がない限り、空間的に連続して物性値が分布すると考えられる。計測対象の物性値が空間的に連続して分布している場合、セミバリオグラムは連続する。ラグの増加に伴いセミバリアンスが上昇し、ある特定の距離において最大値に達する。この時のラグの値がレンジ (range), セミバリアンスの最大値がシル (sill) と定義されている。シルはデータの内在的なばらつき、レンジは空間依存性の限界、つまりデータの内挿が可能な範囲を示している。データにばらつきがないときセミバリオグラムモデルは線形となり、レンジとシルは算出されない。ラグ0におけるセミバリアンスはナゲット効果 (nugget effect) と定義され、測定誤差やデータから把握不可能な微小なばらつきを示す。本研究での検討結果を図-4に示す。解析モデルは、実測値と解析値との相関関係が最も高かった球形モデルである。同図より、セミバリオグラムが直線的に変化し、実測した赤外線画像に変動が少ないことが示唆された。

セミバリオグラムを評価した後に、図-4を用いたクリギング処理により図-3 (b) に示す赤外線画像 (実測) からデータを50%削除し、セミバリオグラムを踏まえたクリギング処理を試みた。クリギング処理は空間的に連続で広がる対象の任意に設けた複数の観測点での既知データを用い、未知データの予測補完を行う手法である⁷⁾。検討結果を図-5に示す。クリギング処理により推定した評価値と実測値との良好な関係が確認された。

これらのことから、環境ノイズ条件での赤外線画像を用いた鋼矢板の腐食実態の同定には、クリギング処理に代表される空間統計学手法を用いたノイズ処理は有用であり、UAVによる自動計測と組み合わせることによって非破壊・非接触での鋼矢板水路の腐食実態評価が可能になるものと推察される。

本検討では、写真-4に示す限定した解析対象範囲での検討結果を提示したが、より実用性を追求する場合、広範囲計測とともに、リアルタイムでの計測結果の出力が求められると考えられる。その際の技術的課題は、本報で議論した環境ノイズの除去とともにゆがみ、回転などを内在する欠損画像 (含む赤外線画像データ) のポスト処理法の確立にあると考えられる。

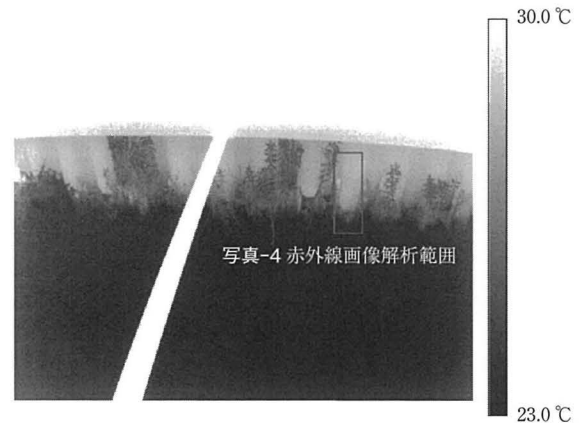


図-2 赤外線画像 (実測データ)

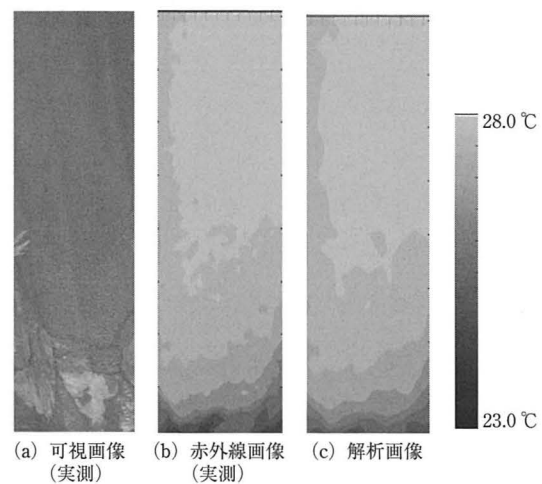


図-3 図-2 解析範囲のクリギング処理結果

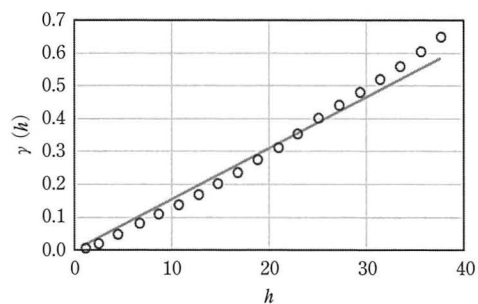


図-4 解析画像のセミバリオグラム (球形モデル)

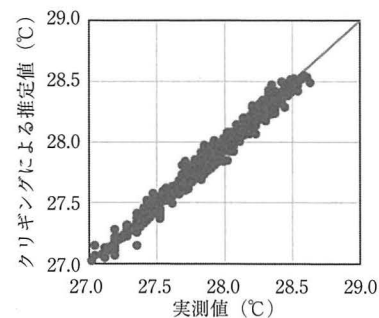


図-5 実測値 (図-3 (b)) と解析値 (図-3 (c)) の比較

IV. ま と め

本報ではUAVを援用し、可視画像と赤外線画像の取得による鋼矢板実態の非破壊・非接触計測を試みた結果を報告した。実証的検討の結果、赤外線画像の空間統計処理の有用性ととも、赤外線画像による鋼矢板腐食実態の定量評価が可能であることが示唆された。今後、UAV搭載の計測装置の改良を進めることにより画像解析精度の改善も可能であると推察される。加えて、近年普及している画像データの3次元化に赤外線画像データを加えることにより、深さ方向の材料評価も可能になるものと推察される。

謝辞：本計測では亀田郷土地改良区農村整備課・清野 績課長および江口英弘係長の協力を得た。記して感謝申し上げる。

引 用 文 献

- 1) 鈴木哲也, 森井俊広, 原 齊, 羽田卓也: 地域資産の有効活用に資する鋼矢板リサイクル工法の開発, 水土の知 80 (10), pp.21~24 (2012)
- 2) 石神暁郎, 星野香織, 工藤吉弘: 積雪寒冷地における鋼矢板排水路の性能低下特性, 水土の知 86 (5), pp.43~46 (2018)
- 3) 鈴木哲也, 浅野 勇, 石神暁郎: 鋼矢板水路の腐食実態と補修・補強対策, 第一印刷所, 101p. (2017)
- 4) 浅野 勇, 川邊翔平, 大高範寛, 大村圭一: 鋼矢板の保全対策—ステンレス製軽量鋼矢板の開発—, 鋼矢板水路の腐食実態と補修・補強対策, pp.5~10 (2017)
- 5) 土田真生, 島本由麻, 鈴木哲也, 浅野 勇: 鋼矢板—鉄筋コンクリート複合材の曲げ荷重過程における破壊挙動評価に関する研究, コンクリート工学年次論文集 40 (1), pp.1491~1496 (2018)
- 6) 高橋 航, 鈴木哲也: 赤外線画像の空間統計処理を用いた鋼矢板—コンクリート複合材内部欠損の検出, 第20回土木学会応用力学シンポジウム要旨集 (2017)
- 7) 間瀬 茂, 武田 純: 空間データモデリング—空間統計学の応用, 共立出版, pp.112~117 (2001)

- 8) 鈴木哲也: 鋼矢板排水路の腐食実態を踏まえた保全対策に関する実証的研究, 土木構造・材料論文集 29, pp.75~82 (2013)
- 9) 鈴木哲也, 青木正雄, 天津政康: バリオグラムによる表面被覆工を施したコンクリートの熱特性評価, コンクリート工学年次論文集 30 (2), pp.763~768 (2008)

[2019.3.16.受理]

鈴木 哲也 (正会員)



2006年 熊本大学大学院自然科学研究科博士後期課程修了
2011年 新潟大学農学部
現在に至る

略 歴

大高 範寛 (正会員)



2001年 東京理科大学大学院修了
2018年 日鐵住金建材(株)建材技術研究部土木研究グループ長
現在に至る

藤本 雄充 (正会員)



2009年 日本大学卒業
2018年 日鐵住金建材(株)建材技術研究部土木研究グループ
現在に至る

島本 由麻 (正会員)



2018年 新潟大学大学院自然科学研究科博士後期課程修了
北里大学獣医学部
現在に至る

浅野 勇 (正会員)



1962年 東京都に生まれる
1989年 東京農工大学卒業
農業工学研究所造構部土木材料研究室
2016年 農研機構農村工学研究部門施設工学研究領域施設保全ユニット長
現在に至る

(報文)

UAV を用いた赤外線計測による腐食鋼矢板実態の検出・評価

鈴木 哲也・大高 範寛・藤本 雄充
島本 由麻・浅野 勇

鋼矢板水路の腐食問題は、農業水利施設の維持管理問題が顕在化した近年、重要な技術課題として議論されている。そこで本報では UAV を援用し、可視画像と赤外線画像の取得による鋼矢板実態の非破壊・非接触計測を試みた結果を報告する。実証的検討の結果、赤外線画像の空間統計処理の有用性とともに、赤外線画像による鋼矢板腐食実態の定量評価の可能性が明らかになった。今後、UAV 搭載の計測装置の改良を進めることにより画像解析精度の改善も可能であると推察された。

(水土の知 87-8, pp.25~28, 2019)



赤外線画像, UAV, 腐食鋼矢板, 水路構造, 維持管理,
施設更新, 非破壊検査