

1. 7 実証試験（現場適用）の概要、結果、課題等

(1) 概要

画像解析の実証試験として、実水路（新潟県亀田郷土地改良区、袋津排水路・亀田排水路上流）にて異時点で可視画像と赤外線画像を取得して各ケースで板厚の推定を行った。板厚の推定方法を下記①～⑥に示す。推定した板厚と超音波板厚計での計測結果との比較を実施した。

- ①可視画像と赤外線画像のマッチング
- ②スーパーピクセルによるセグメンテーション
- ③各セルの特徴量から主成分分析と k-means 法によるクラスタリング
- ④環境ノイズと評価対象である鋼矢板の分類
- ⑤計測日の気象条件からの熱収支シュミレーション
- ⑥赤外線画像計測結果と熱収支シュミレーションから板厚の推定

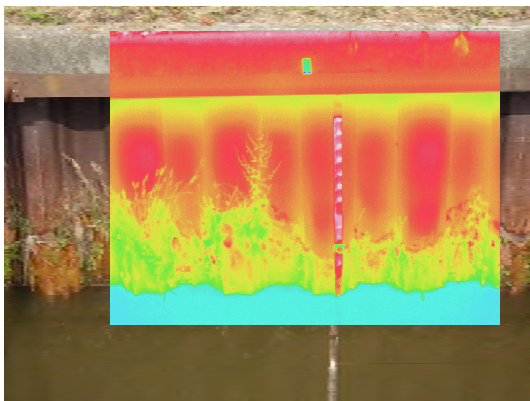
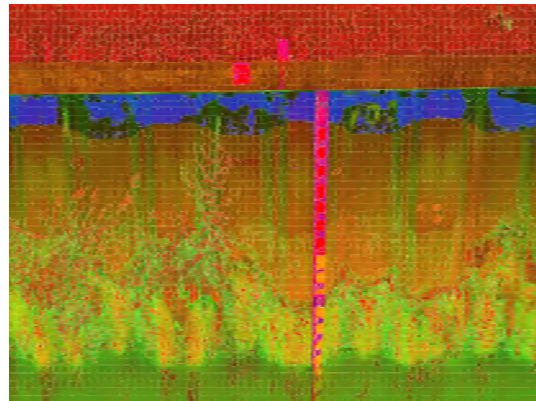
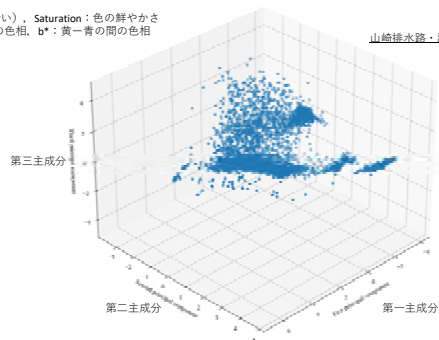


写真1.7.1 画像マッピング

写真1.7.2 スーパーピクセル
によるセグメンテーション

主成分分析結果・・・Blue, Green, Red, Hue, Saturation, a*, b*, IR（温度）の9変数に対して標準化後、主成分分析による次元削減

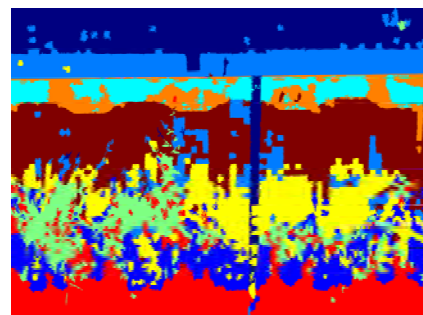
* Hue：色相（色合い）、Saturation：色の鮮やかさ
* a*：赤～緑の間の色相、b*：黄～青の間の色相



山崎排水路・護岸No.26（2021/6/9、8時撮影）

	第一主成分	第二主成分	第三主成分	第四主成分
寄与率	0.45	0.27	0.15	0.08

※第7主成分まであり



k-means法による自動クラスタリング結果

■：気中部 ■：干満帯（錆層） ■：干満帯（凹凸部）
■：植生 ■：水
■：陰 ■：笠コン ■：H鋼

図1.7.1 主成分分析とk-means法によるクラスタリング

(2) 実証試験の結果

袋津排水路の実測値と推定値の平均値の差は 0.5mm 以下となり、それらの標準偏差の差も小さく良い一致を見せた。一方で亀田排水路上流では実測値と推定値の平均値の差は 1.0mm 程度となった。また、推定値の標準偏差は実測値と比べて大きくなった。

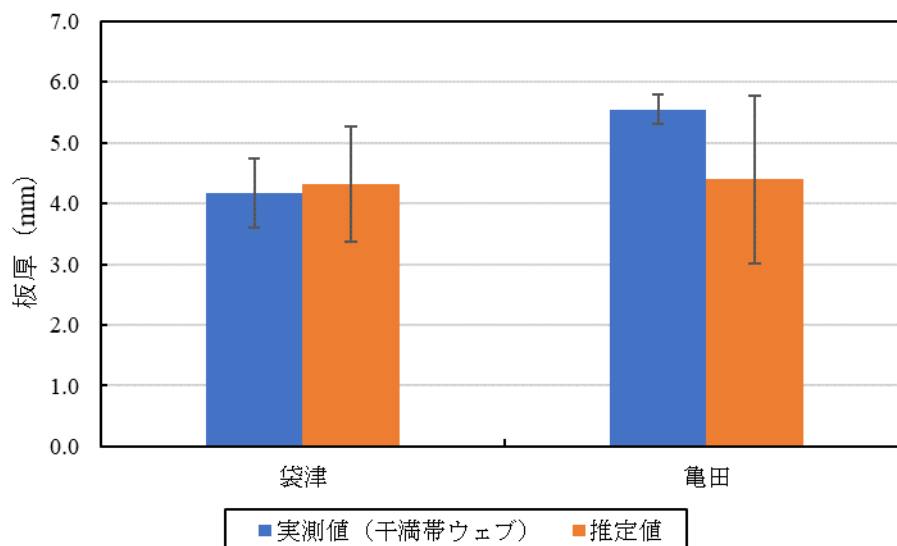


図 1.7.2 板厚実測値と推定値（熱画像温度・熱収支解析）の比較

(3) 課題

異時点間の比較を空間統計指標を用いて実施した。鋼矢板護岸の赤外線画像特性は、矢板の設置環境に加えて画像撮影時の計測条件や時間帯などが影響する事が判った。現地計測に関する最適な条件を今後把握する必要がある。

2 事業の成果

2. 1 成果の内容

本研究により、UAV により収集した画像から画像診断技術を活用し、目視検査よりも客観的な調査方法で排水路の健全度の評価する技術を確認できた。さらに、これらの画像データや健全度評価結果に加え、現地での点検調査結果データ等を包括的に管理し、当該水路の維持管理業務を支援するデータベースシステムを開発することができた。以下にその成果をまとめる。

- (1) 可視画像と赤外線画像を組み合わせた画像解析手法を用いて、腐食した矢板の板厚状況を把握する技術を確認した。
- (2) UAV の飛行テストを行い、矢板排水路の画像取得において、水上 UAV が最適であることを確認した。
- (3) 画像解析を用いた調査の調査間隔は特異点がない場合、1km でよいことを確認した。
- (4) 腐食した矢板の水位変動部の載荷試験を解析により再現することができることを確認した。
- (5) 水位変動部の腐食を想定した矢板の解析を行い、その腐食状況と換算一様板厚との関係性を見出した。具体的には「最小板厚が存在する高さの平均板厚」を一様板厚とすれば、大きく過小評価する事なく、安全側の設計が可能となる。
- (6) 「気中部」「水位変動部」「水中部」「土中部」の詳細板厚を計測する事により、「気中部」と「水位変動部」の腐食状況から「水中部」と「土中部」を推定することができた。「気中部」と「土中部」の板厚はほぼ等しく、水位変動部の最下段の平均板厚が「水中部」の平均板厚とほぼ等しいことが判った。
- (7) 現場の限定的な条件から簡易的に発生曲げモーメントを算出し、各環境の板厚から算出される断面性能を用いて発生応力度を算出することができた。また、閾値を設定することにより健全度との関連付けを行った。
- (8) 画像解析プログラムを実装した包括的なデータベースを構築することができた。

2. 2 目標の達成度

(1) 成果から得られる効果

- 1) 既設鋼矢板の健全度評価技術を確認することにより以下の事業効果が得られる。
 - ① 目視検査よりも高精度かつ客観的な調査が効率的に行えるようになる。
 - ② 時間と費用の掛かる板厚調査（超音波厚さ計測）の実施対象を画像解析により選別でき、点検コストの削減が見込める。
 - ③ 腐食劣化した鋼矢板の残存性能の評価が可能となることで、排水路の健全度を定量的に把握でき、計画的な補修・補強・更新事業の推進が可能となる。
 - ④ 将来的に、排水路の耐用年数を推定可能な技術の構築が期待できる。
- 2) 健全度を包括管理するデータベースシステムを開発することにより以下の事業効果が得られる。
 - ① データベースとして情報を蓄積することで、水路全体の劣化状況の把握や経年的な変化等の把握が容易となり、効果的で効率的な維持管理計画の策定が可能となる。
 - ② システム化することでモバイル端末等からも劣化状況を確認することができるため、正確な点検作業の指示および実施が可能となる。
 - ③ 常に情報が更新され、最新の情報を点検者、管理者、事業者が共有できるため、点検・維持・管理に関する迅速な合意形成が可能となる。

(2) 従来技術との比較

1) 比較する従来技術

目視点検を含む現地踏査と板厚計測を含む現地調査の実施と健全度判定

2) 従来技術に対する優位性

画像診断技術を活用し、目視検査よりも高精度かつ客観的な調査方法で排水路の健全度の評価を行うことができる。

表 2.1.1 新技術と従来技術の比較

	新技術	比較する従来技術	比較の根拠
概要図	 		新技術は水上 UAV を用いた調査。従来技術は超音波板厚計を用いた調査。
工法名	画像解析を用いた健全度調査	超音波厚さ計測を用いた健全度調査	-
経済性（直接工事費）	90 万円/箇所	167 万円/箇所	自社見積り 従来技術は仮締切工、水替工、掘削工、矢板洗浄、板厚計測を実施
工程	1 日/箇所	3 日/箇所	実調査より算出
品質	水路全体で必要な箇所の健全度を取得可能	1 箇所の詳細な板厚データを取得可能	UAV 撮影は水路全体で実施するが、板厚計測はポイントでの計測となるため
安全性	向上	標準	新技術は水上 UAV の遠隔操作となるため、水路内での作業を伴う従来技術より安全性が向上。
施工性	向上	標準	新技術は従来技術より作業項目が減るため施工性が向上。
周辺環境への影響	向上	標準	新技術は水路内での仮締切が不要であり周辺環境への影響が小さい。

2. 3 成果の利用に当たっての適用範囲・留意点

(1) 適用範囲

軽量鋼矢板（型式 A、B、C、D、E）で構成された農業用排水路

(2) 留意点

画像解析の適用範囲が軽量鋼矢板のため、鋼矢板（型式 SP-I_A、SP-II、SP-II_A、SP-II_W、SP-III、SP-III_A、SP-III_W、SP-IV、SP-IV_A、SP-IV_W、SP-V_L、SP-V_{I_L}、SP-10H、SP-25H）は適用外とする。

3 普及活動計画

3. 1 想定される利用者

(1) 事業者

農林水産省農政局、都道府県、市町村、土地改良区等

(2) 民間企業

設計業者（設計コンサルタント）、施工業者（ゼネコン）等

3. 2 利用者への普及啓発等の方法

- ① 学会等への新技術発表
- ② ARIC への情報公開
- ③ HP などのネット活用
- ④ 技術資料、カタログ、PR 資料の配布
- ⑤ 業界紙などへの広告掲載

3. 3 利用者に対するサポート体制、参考資料等

- ・調査の手引き及びマニュアルの整備
- ・要請により講習会の企画と実施

3. 4 特許・実用新案等の申請予定

① : 板厚推定装置、板厚推定方法及びプログラム

概要： 鋼板の板厚を推定する板厚推定装置、板厚推定方法及びプログラムに関する発明
出願： 済み

申請者： 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構、国立大学法人新潟大学
国立大学法人東京農工大学、日鉄エンジニアリング株式会社
日鉄建材株式会社

4 研究総括者による自己評価

審査のポイント	着眼点	申請時計画目標 ^{注1}	自己評価 ^{注2}	自己評価の理由 ^{注3}
目標の達成度	・効果 (従来技術に対する優位性)	・客観的な健全度評価の確立 ・データベースシステムの開発	Ⓐ: 優れている B: 概ね妥当 C: 不十分	画像解析を用いた評価手法を用いるため。
	・信頼性 (品質、精度、安全性、耐久性等)	・目視調査よりも高精度な調査	Ⓐ: 優れている B: 概ね妥当 C: 不十分	調査結果のばらつきが減り、調査結果の信頼性が向上。
	・適用範囲・適用条件等	軽量鋼矢板護岸の農業用排水路	A: 広範囲に適用 Ⓑ: 概ね妥当 C: 限定的	画像解析が軽量鋼矢板のみに対応しているため。
普及の可能性	・想定される利用者への普及啓発の方法	・学会誌等への新技術の発表 ・HP などのネット活用	A: 十分な利用が見込まれる Ⓑ: 概ね妥当 C: 限定的	今後ストックマネジメントの普及に伴い、的確な管理・運営を実施する上でデータベースが必要とされるケースが想定される。
	・利用者に対するサポート体制 (設計・積算・施工等の参考資料、相談窓口等)	・調査の手引き及びマニュアルの整備	A: 十分に整備されている Ⓑ: 概ね妥当 C: 改善が必要	
総合コメント ^{注4}	画像解析技術を用いた健全度評価技術を確立すると共に、その画像データや健全度評価結果に加え、現地での点検調査結果データ等を包括的に管理可能なデータベースシステムを構築することができた。本データベースにより、紙媒体で管理されていた排水路のデータを一括管理可能となり、管理者の業務負担軽減につながる。また調査データを蓄積することで、効率的な維持管理が可能となり、農具用排水路のストックマネジメントに寄与することが期待できる。			

注1) 成果報告書に記載の研究開発目標を記載する。

注2) 評価結果欄は、A・B・Cのうち「A」を最高点、「C」を最低点として3段階で記入(○付け)する。

注3) 自己評価の理由を記載する。

注4) 総合的なコメントを記載する。

5 今後の課題及び改善方針

本研究では、UAVにより収集した画像から画像診断技術を活用して、目視検査よりも高精度かつ客観的な方法で排水路の健全度評価を行った。さらに、これらの画像データや健全度評価結果に加え、現地での点検調査結果データ等を包括的に管理し、当該水路の維持管理業務を支援するデータベースシステムの開発を行った。

昨今の技術革新によりコンピュータの演算能力は指数関数的に増えており、それに合わせた新たな診断方法や機械学習方法が今後開発される可能性があり、画像解析プログラムのアップデートも視野に入れて運用を進めていく必要がある。同様に通信衛星を含む通信技術や航空技術の発達により UAV の技術は日々進歩しており、今後も最適な UAV の選定を行っていく。データベースに関してはエンドユーザーが使いやすいように適宜改良を加えるとともに、健全度判定の閾値を実状に合わせることや鋼矢板への適用範囲の拡大を検討する必要がある。