

国営事業地区等フィールド調査 学生支援事業

令和6年度

当協会では協会設立50周年事業として、優れた技術者の育成・確保の観点から、大学において担当教員の指導の下に国営事業地区等をフィールド調査し卒業論文等を作成する学生に対して、旅費、宿泊費等の諸経費を支援する事業を実施しています。今回、令和6年度事業の支援学生から研究成果の報告がありましたので紹介します。

1 酪農地域・傾斜試験枠における耕起作業と土壤侵食に関する経年評価

帯広畜産大学 畜産学部 畜産科学課程 農業環境工学ユニット 小向 映瑠
(就職先 内外エンジニアリング北海道株式会社)
指導教員 宗岡 寿美 教授

2 GISを用いた都道府県別での農業用ため池分布特性

弘前大学大学院 農学生命科学研究科 農学生命科学専攻 地域環境工学コース 水利構造学研究室 三浦 恵祐
(就職先 NTCコンサルタンツ株式会社)
指導教員 森 洋 教授

3 ため池堤体を対象とした弾塑性有限要素解析による耐震性の再評価

弘前大学大学院 農学生命科学研究科 農学生命科学専攻 地域環境工学コース 水利構造学研究室 高田 侑二郎
指導教員 森 洋 教授

4 炭素・窒素安定同位体比を用いたギバチの個体群識別の可能性

北里大学 獣医学部生物環境科学科 土壌環境学研究室 行木 優弥
(就職先 NTCコンサルタンツ株式会社)
指導教員 森 淳 教授

5 計算時間間隔の短縮による印旛沼循環灌漑地域の低地排水路水位モデルの改良

岩手大学 大学院総合科学研究科地域創生専攻 高度農林業プログラム農業水利学研究室 岩崎 隼也
(進学先 岩手大学大学院総合科学研究科 地域創生専攻)
指導教員 飯田 俊彰 教授

6 上流水収支と低平域氾濫を考慮したDWCM-AgWUモデルの改良

秋田県立大学 生物資源科学部 アグリビジネス学科 佐藤 祐利
(進学先 秋田県立大学大学院)
指導教員 増本 隆夫 教授

7 流域外導水を行う馬場目川と八郎湖周辺河川における渴水指標の提案

秋田県立大学 生物資源科学部 アグリビジネス学科 鍋島 晶
(就職先 秋田県庁)
指導教員 増本 隆夫 教授

8 石垣島土地改良区における個別従量制水利費賦課方式による節水効果

筑波大学 生物資源学類環境工学コース 水利環境工学研究室 濱野 未歩
(進学先 筑波大学大学院生命地球科学研究群)
指導教員 石井 敦 教授

9 都市近郊農業地帯における幹線用水路への降雨時横流入量の推定

東京大学 農学部 生物・環境工学専修 水利環境工学研究室 伊牟田 壮
(進学先 東京大学大学院)
指導教員 乃田 啓吾 准教授



10 UAVを用いた水田水温分布測定の測定精度の検討

東京大学農学部 生物・環境工学専修4年 西山 伊織
(進学先 東京大学大学院農学生命科学研究科修士課程)
指導教員 西田 和弘 准教授

11 深層学習を用いた画像解析による石垣島宮良川河口の水位・塩分推定モデルの構築

東京農工大学 農学部 地域生態システム学科4年 水口 芽和
(進学先 東京農工大学先進学際科学府 先進学際科学専攻)
指導教員 福田 信二 教授

12 石垣島宮良川感潮域における平面二次元水理モデルの構築

東京農工大学 農学部 地域生態システム学科 中山 朝葉
(進学先 東京農工大学先進学際科学府 先進学際科学専攻)
指導教員 福田 信二 教授

13 ドローンによる水田水温測定の検証に関する研究

日本大学 生物資源科学部 生物環境工学科 地球環境・資源リモートセンシング研究室 小澤 悠人
(就職先 独立行政法人 水資源機構)
指導教員 宮坂 加理 助教

14 デジタル画像相関法を用いたパイプラインにおけるエネルギー損失の非破壊検出に関する研究

新潟大学 農学部 農学科 施設機能工学研究室 高橋 悠斗
(進学先 新潟大学大学院自然科学研究科)
指導教員 鈴木 哲也 教授

15 UAV画像の深層学習による農道橋RC床版のひび割れ検出

新潟大学 農学部 農学科 施設機能工学研究室 田中 熙
(進学先 新潟大学大学院自然科学研究科)
指導教員 鈴木 哲也 教授

16 機械学習を用いた地下ダムの貯水量予測

神戸大学 農学部 食料環境システム学科 施設環境学研究室 井上 峻
(進学先 神戸大学大学院)
指導教員 井上 一哉 教授

17 断層を有する石灰岩帯水層の物理的不均質性の可視化

神戸大学 農学部食料環境システム学科 施設環境学研究室 藤田 帆夏
(就職先 農林水産省)
指導教員 井上 一哉 教授

18 供用期間約20年の各種表面被覆材に生じる変状の分析

高知大学 農林海洋科学部 農林資源環境科学科 横山 藍
(就職先 倉敷市役所)
指導教員 佐藤 周之 教授

19 佐賀県白石町におけるため池とクリークの管理実態とその変遷

九州大学 大学院生物資源環境科学府 環境農学専攻 木原 昂
(進学先 九州大学大学院)
指導教員 岩田 幸良 教授

20 クリークの水質に及ぼす植生の影響

[キーワード] クリーク、植生、溶存酸素濃度

佐賀大学農学部 生物資源科学科 地域環境学研究室 堀 葉
(就職先 佐賀県庁)
指導教員 原口 智和 准教授

1～10の報告は前号（330号）に掲載しました。

深層学習を用いた画像解析による石垣島宮良川河口の水位・塩分推定モデルの構築

東京農工大学 農学部 地域生態システム学科4年 **水口 芽和**
 (進学先 東京農工大学先進学際科学府 先進学際科学専攻)
 指導教員 福田 信二 教授



1. はじめに

近年、気候変動や人為的影響による河川環境の変化が問題となっており¹⁾、生態系保全や河川管理において、効率的かつ長期的な河川環境モニタリングの必要性が高まっている。特に、AIやICTを活用した画像解析技術とモニタリングシステムの開発が進み、複数のカメラを用いた多地点同時モニタリングによる包括的なデータ収集が可能になってきた。動画像撮影は、非接触計測であるため、被写体や周囲の環境に干渉せずに観測できるという利点がある。

河川は、農業、工業、上水、発電等の水源として利用されているが、これらの水利用と降水パターンにより河川流量は変動しており、河川生態系にも影響している。今後の水資源管理の最適化と水域生態系の保全のためには、時間的にも空間的にも連続的な河川モニタリングが重要である。以上の背景から、本研究では、石垣島の宮良川河口付近に設置した定点カメラで撮影した画像に深層学習モデルを適用し、河口域における物理環境の重要な構成要素である水位および塩分を高精度に推定することを目的とする。

2. 研究手法

本研究では、石垣島の宮良川河口付近に設置したタイムラプスカメラ(DVR-T 1、ハンファジャパン社製: 図1)で撮影した2024年7月19日から8月21日までの約1か月分の画像(2364枚)と同期間に水位・ECセンサー(CTD-10、METER社製)で取得した水位および電気伝導度データを使用した。河川の画像は30秒間隔で撮影し、水位および電気伝導度データは1時間ごとに記録した。電気伝導度データは塩分データに変換した。また、気象庁の1時間降水量データ²⁾も取得し、解析に使用した。モデルの構築と評価には、1時間間隔の画像データを使用し、水位および塩分データを7:3に分割し、トレーニングデータ1654枚とテストデータ710枚を準備した。水位および塩分の推定には、以下の2種類の畳み込みニューラルネットワーク(CNN)モデルを適用した。

- ・モデル①: 3層のCNN(画像のみ)
- ・モデル②: 3層のCNN(画像+降水量)

モデル②の基本的な構造はモデル①と同様だが、CNNの全結合層に降水量データを入力している点が異なる。評価指標は、RMSE(Root Mean Squared Error)とMAE(Mean Absolute Error)とする。



図1 機材設置風景(左)と定点カメラによる撮影画像(右)

3. 結果と考察

3-1. 水位推定結果

水位の推定精度は、モデル①のRMSEは46.2mm、MAEは26.6mm、モデル②のRMSEは48.4mm、MAEは29.1mmとなった。この結果から、画像を用いた水位モニタリング手法の有効性が示された。降水量の有無による精度評価の結果を表1に示す。降水がない場合、画像のみを用いたモデル①で精度が向上した。一方で、モデル②の精

表1 降水量による精度評価(水位)

	降水量=0mm		降水量>0mm	
	モデル① (画像のみ)	モデル② (画像+降水量)	モデル① (画像のみ)	モデル② (画像+降水量)
RMSE (mm)	32.4	38.4	89.7	83.9
MAE (mm)	20.9	25.1	57.3	51.1

度が低下したのは、降水量データがノイズとして作用した可能性があると考えられる。降水がある場合には、降水量データを組み込んだモデル②で精度が向上した。また、モデル①およびモデル②における実測値と推定値の散布図(図2)から、水位が高いときや雨滴が付着した画像で誤差が大きくなる傾向が確認された。さらに、モデル②では高水位時の誤差がやや改善されることが確認された。以上のことから、降水時の精度向上を目指したモデルの構築が重要であることが示唆された。

3-2. 塩分推定結果

塩分の推定精度は、モデル①のRMSEは2.04PSS、MAEは0.85PSS、モデル②のRMSEは1.53PSS、MAEは0.71PSSとなった。この結果から、画像を用いた塩分モニタリング手法の有効性が示された。降水量の有無による精度評価の

結果(表2)から、降水時にはモデル②で大幅な精度向上が確認された。実測値と推定値の散布図(図3)から、特に、低塩分時において、推定精度が向上する傾向がみられた。降水量は河川流量や取水量に強く影響を及ぼすことから、河口域の塩分動態に関連するデータをモデルに入力することで推定精度が向上したものと考えられる。

4. おわりに

本研究では、画像とCNNモデルに基づく水位および塩分の推定モデルを構築した。画像を学習済みモデルに入力することで、水位および塩分を高精度に推定できることを確認した。また、モデルに降水量を組み込むことで、降水時の推定精度が向上することが明らかとなった。今後の課題として、豪雨時の画像ノイズの影響軽減のための手法の導入に加え、生物情報を含む包括的なデータに関するモニタリングシステムの開発が挙げられる。

謝辞

本研究の実施にあたり、一般社団法人土地改良建設協会2024年度「国営事業地区等フィールド調査学生支援事業」の支援を受けました。また、現地調査では、石垣島土地改良区、内閣府沖縄総合事務局石垣島農業水利事業所の皆様にご協力頂きました。ここに記して、謝意を表します。

参考文献

- Greimel, F., Schüting, L., Graf, W., Bondar Kunze, E., Auer, S., Zeiringer, B., Hauer, C. (2018) Hydropeaking Impacts & Mitigation, Riverine Ecosystem Management, pp. 91-110
- 国土交通省気象庁(参照2024.12.10): 過去の気象データ(沖縄県石垣島), 2024 <<https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/>>

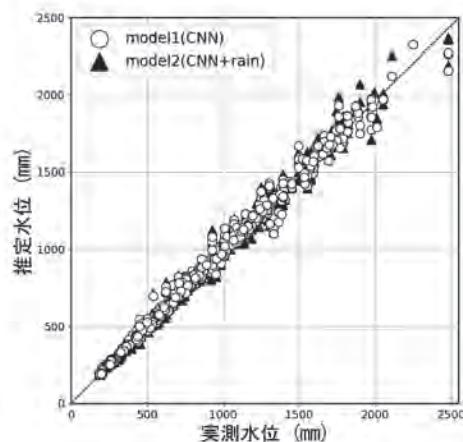


図2 実測水位と推定水位の関係

表2 降水量による精度評価(塩分)

	降水量 = 0mm		降水量 > 0mm	
	モデル① (画像のみ)	モデル② (画像 + 降水量)	モデル① (画像のみ)	モデル② (画像 + 降水量)
RMSE (PSS)	1.33	1.10	4.29	2.93
MAE (PSS)	0.53	0.51	2.58	1.79

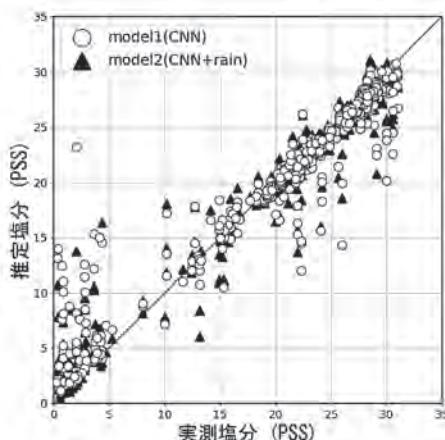


図3 実測塩分と推定塩分の関係

石垣島宮良川感潮域における平面二次元水理モデルの構築

東京農工大学 農学部 地域生態システム学科 中山 朝葉

(進学先 東京農工大学先進学際科学府 先進学際科学専攻)

指導教員 福田 信二 教授



1. はじめに

汽水域は、河川と海の双方からの外力を受け、それらの微妙なバランス下に成り立っている。近年、環境の重要性が再認識される中で多様な物理環境を有する汽水域でも生物種の生息場や個体数の減少が顕在化している¹⁾。国営かんがい排水事業「石垣島地区」に属する宮良川は、主要な農業用水源として、農業生産性向上に向けた農業水利施設の整備が行われてきた。水利施設の整備や水利用の変化に伴い、持続可能な水資源管理の観点から、農業生産性に加えて、河川環境や生態系を考慮した総合的な環境評価の枠組みが求められる。そこで本研究では、宮良川感潮域を対象に、河口から平喜名堰下流における物理環境の時空間変動を再現するための平面二次元水理モデルを構築し、再現性の評価結果について報告する。

2. 方法

2.1 現地調査

水理モデルの構築に必要な河床地形を得るために、対象区間の計36横断面について、水面幅および水深分布を計測した。その際、各断面の水面幅は巻き尺を用いて計測し、水深は水面幅に合わせて5から10地点において、コンベックスを用いて計測した(写真1)。また、各断面の調査時の水温および塩分濃度をCTDプロファイラ(Castaway、Xylem社製)を用いて計測した。

2.2 水位観測

水理解析の検証用データとして、水位・ECセンサ(CTD-10、METER社製)により水位を観測した。水位センサは10分ごとにデータを取得し、データロガー(ZL6、METER社製)により記録した(写真2)。

2.3 水理解析

平面二次元水理モデルの解析には、水理解析ソフトウェアiRIC(International River Interface Cooperative)を使用した²⁾。水理モデルの構築には、地形データの作成、計算格子の生成、計算条件の設定のうえ、水理解析を実行し、再現精度を評価した。

地形データの作成では、現地調査の結果と国土地理院が提供する基盤地図情報の5mメッシュ写真測量のDEM(数値標高モデル)³⁾を用いた。DEMから陸域の標高を取得し、現地調査で得られた水面幅を用いて河道域を決定した。次に、河道域のDEMの標高から得た水面標高から計測水深を引くことにより河床地形高を算出した。

計算格子の生成については、iRICの格子生成機能から「折れ線と格子幅から作成」を選択し、1辺が約3mの格子となるように生成条件を設定した。

水理計算では、マニングの粗度係数は0.030とし、境界条件のうち、上流端流量(m³/s)は現地調査における実測値を参考にした複数の仮想流量を与え、下流端水位(m)には気象庁が提供する潮汐観測資料の石垣港の潮位データを使用した⁴⁾。

水理モデルの再現性は、上流端の水位および対象水域水深分布(実測値)により評価した。具体的には、水位センサにより計測した平喜名堰下流側の水位および現地調査で計測した上流から下流までの水深を使用し、精度評価指標として相関係数R、絶対平均誤差MAE、およびNash-Sutcliffe指数NSEを用いた。



写真1 断面調査の様子



写真2 カヌー調査の様子

3. 結果と考察

4.1 上流端水位に基づく精度評価

水位センサにより観測された平喜名堰下流側の水位と同期間における水理解析により算出された水位を図1に示す。MAEは0.11、Rは0.97、NSEは0.82であり、潮位変動に伴う水位の時間変化が良好に再現できたが、満潮時に過小評価、干潮時に過大評価する傾向がみられた。この要因として、河床地形の精度やマニングの粗度係数の設定の影響が考えられる。

4.2 水深の縦断分布に基づく精度評価

対象水域における水深の縦断分布と同期間における水理解析での計算結果を図2に示す。MAEは0.32、Rは0.80、NSEは0.45となり、水深の空間分布の傾向を再現できていることを確認できた。

干潮時と満潮時の上流と下流の水深をそれぞれ図3-4に示す。上流においては水深の変化が大きく、下流付近では水深の変化に加えて、水域面積の変化も確認された。これは下流域の平坦な地形と潮汐の影響を受けていることに起因すると考えられる。

4. おわりに

本研究では、宮良川河口域を対象に平面二次元水理モデルの構築を行い、潮汐の影響を反映した水理解析を実行し、その精度評価を行った。結果として、上流端水位の時間変動を良好に再現できた。今後は、水理モデル改善に向け、河床材料や植生分布の反映を検討している。水深の縦断分布を再現できていた一方で、観測誤差や時間的な変動に起因するばらつきの影響が課題となった。

謝辞

本研究の実施にあたり、一般社団法人土地改良建設協会2024年度国営事業地区等フィールド調査学生支援事業の支援を受けました。また、現地調査では、内閣府沖縄総合事務局石垣島農業水利事業所、石垣島土地改良区、の皆様にご協力頂きました。ここに記して、謝意を表します。

参考文献

- 1) 国土交通省 汽水域の河川環境の捉え方に関する手引き書(閲覧日 2025年1月27日)
https://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/kankyo/kankyou/kisuiiki/index.html
- 2) 国土交通省気象庁：潮汐観測資料(閲覧日：2025年1月27日)
<https://www.data.jma.go.jp/kaiyou/db/tide/genbo/index.php>
- 3) iRIC(International River Interface Cooperative) project
(閲覧日：2025年1月27日)
<https://i-ric.org/>
- 4) 国土交通省 国土地理院基盤地図情報サイト
(閲覧日：2025年1月27日)
<https://www.gsi.go.jp/kiban/>

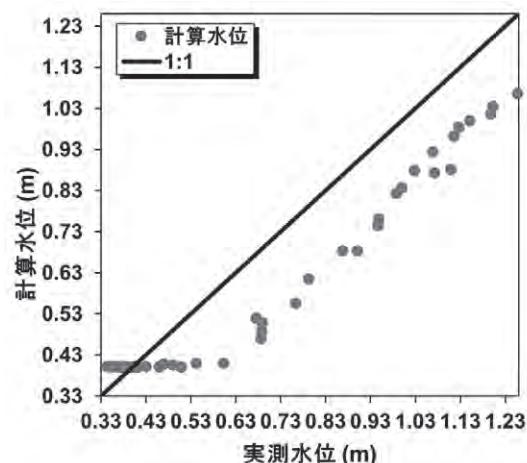


図1 実測水位と計算水位の散布図
(平喜名堰下流側水位との比較)

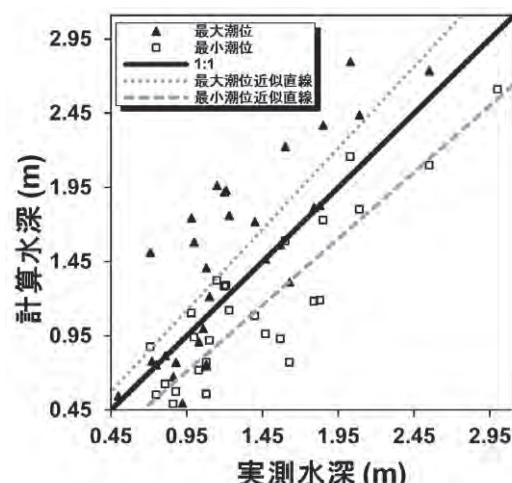


図2 実測水深と計算水深の散布図
(カヌー調査水深との比較)



図3 上流の水深分布(左：干潮、右：満潮)

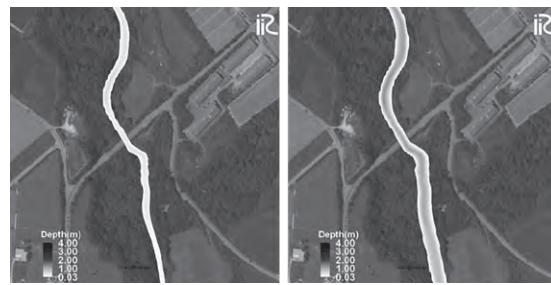


図4 下流の水深分布(左：干潮、右：満潮)

ドローンによる水田水温測定の検証に関する研究

日本大学 生物資源科学部 生物環境工学科 地球環境・資源リモートセンシング研究室

小澤 悠人

(就職先 独立行政法人 水資源機構)

指導教員 宮坂 加理 助教



1. はじめに

本研究では、大気補正の影響を検討するために、ハンディサーモグラフィーで近距離から測定した水田の表層温度とサーマルドローンで測定した水田温度の比較を行う。また、水田内に設置した水温計とも比較することで、サーマルドローンで取得した水田の表面温度の補正方法を検討することを目的とする。

2. 実験方法

対象地域は神奈川県藤沢市稻荷にある短辺7.7m、長辺29.3mの水田である(図1)。現地では、従来の水田水温測定として、水温計による水温測定を行った。水温計は、水口から1m、4m、10m、19m、29mの地点(F1～F5)に設置した(図1)。水温計は、水温表層の温度を測定するため、ウキ代わりのアルミ箔で覆った発泡スチロールに括り付け、水位の変動に応じて常に水面から1cm深度の水温を測定するように工夫した。測定は10分間隔で、7月1日～9月25日を行った。ドローン撮影では、DJI Mavic3T(サーマルカメラおよび光学カメラ搭載)を用いた。ドローン撮影は、7月26日、8月6日を行った。撮影後、サーマル画像についてはATYGEOTHERMAL M3Tを用いて画像を写真測量ソフトウェアPix4D mapperで解析できる形式に変換し、Pix4Dmapperで解析を行い、サーマル画像のオルソモザイクを作成した。作成したサーマル画像のオルソモザイクは、ArcGIS Proを用いて、F1～F5の水温計設置付近の1m²程度の平均温度を求めた。大気の影響を受けないサーモグラフィによる測定として、ハンディサーモグラフィ(以下、手動サーマル)を用いて、F1～F5周辺の水田の真上から6枚サーマル画像の撮影を行った。F1～F5でサーマルドローン測定(以下、ドローン)、手動サーマル、そして水温計でそれぞれ測定した温度の比較を行った。

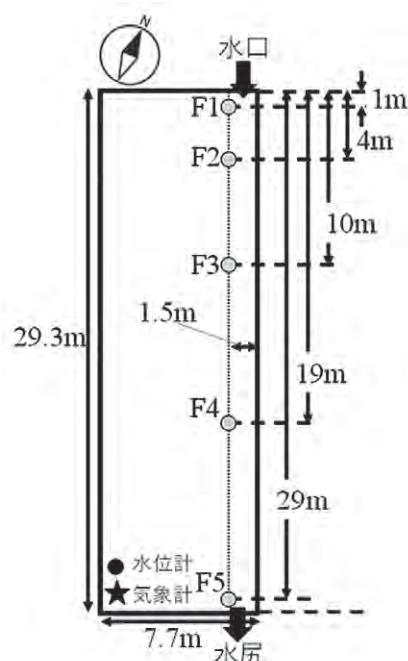


図1 水田概略図

3. 結果と考察

3.1 サーマルドローンと手動サーマルの比較

サーマルドローンと手動サーマルでそれぞれ測定された温度は、基本的に測定時間が近ければ1°C以内の誤差であった。高度20mで測定したドローンと近接して測定した手動サーマルの結果で温度差が1°C以内であったことから、大気の影響はほとんどないと考えられる。ただし、ドローンの測定と手動サーマルの測定は同時にうことができず、ドローン測定の前後で手動サーマルを測定する必要がある。ドローンでの測定は、本調査地の水田(面積約226m²)で測定に20分25秒かかっていた。また手動サーマルでの測定も、F1～F5の5地点測定するのに20分程度かかっていた。撮影の間に太陽が陰ったり、風速が変化したりすると、その影響を大きく受けて温度が変化する。実際に、手動サーマルの測定時間とドローンの撮影時間が異なるほど、温度差は大きくなっていた。農地法第3条の下限面積が5000m²であることを踏まえると、ドローン測定だけで数時間、時間を取ることとなり、撮影中の天候の変動が水温結果に大きな影響を与えると考えられる。

3.2 サーマルドローンと水温計の比較

水温計は10分間隔で測定を行ったため、ドローン撮影時とほぼ同時刻の水温で比較することができた。それにも関わらず、水温計とドローンの温度は大きく異なっていた。これは、水田で灌漑が行われていない、もしくは灌漑が始まったばかりの時間帯の測定となつたため、水温計が水田内の水温を測定できていなかつたためだと考

えられる。湛水がされていない場合には、水温計が地上部に露出しており、発泡スチロールで日陰になった場所の気温を測定していると考えられる。また、湛水があり水中に水温計があった場合でも、灌漑が行われておらず水に動きがない場合には、高さ方向に温度分布が生じるため、水温計のある深度の温度を測定していたと考えられる。水温計はウキとしてアルミ箔で覆った発泡スチロールの下側に固定しており、そのため、日射があたらず、ドローンで測定した温度よりも低い温度が測定されたと考えられる。灌漑されて水が動いている場合には、深度方向の温度分布は無視でき、同じ温度とみなすことができるため、水温計でその地点の水温が測定できていると考えられる。灌漑されているときの水温計とドローンの測定値は0.4°Cの誤差(図5のF1、F2)で測定できていた。

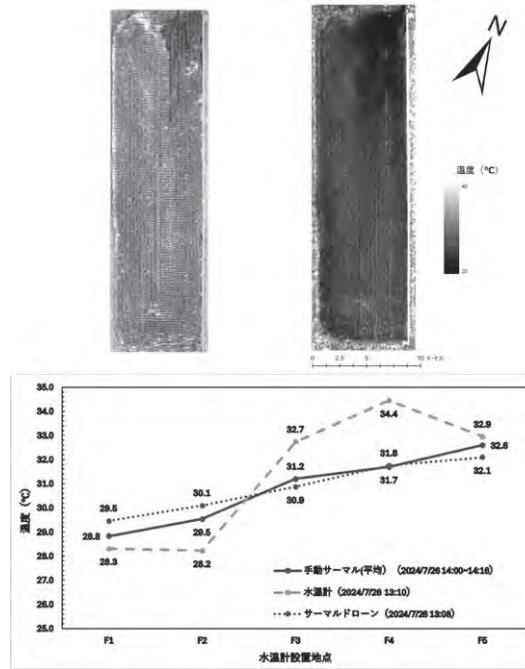


図2 2024/07/26/13:10のグラフと温度分布図

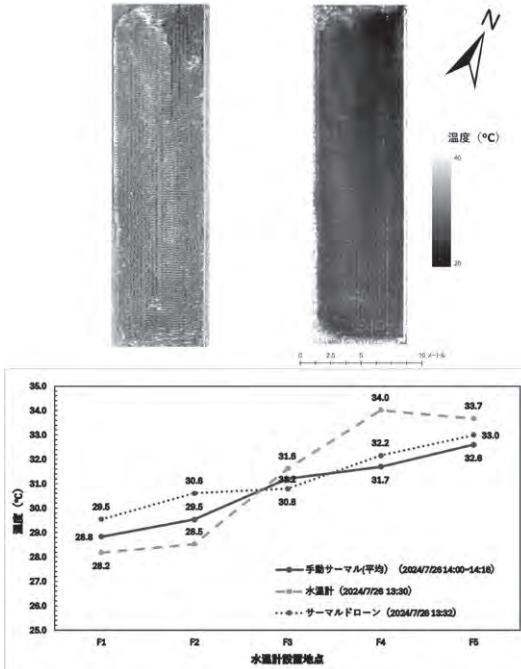


図3 2024/07/26/13:30のグラフと温度分布図

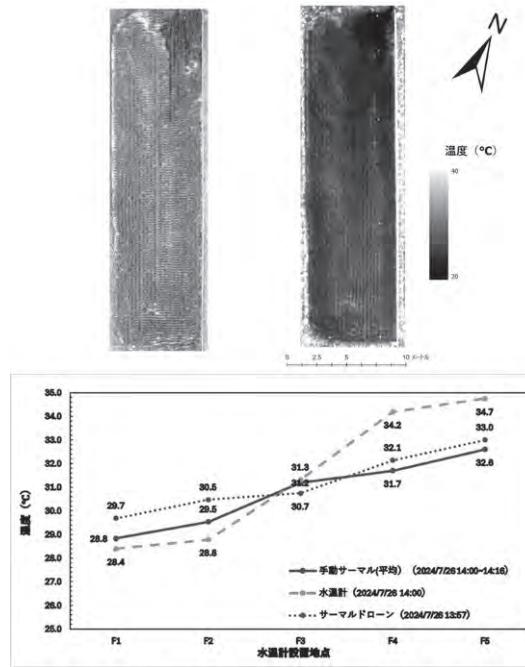


図4 2024/07/26/14:00のグラフと温度分布図

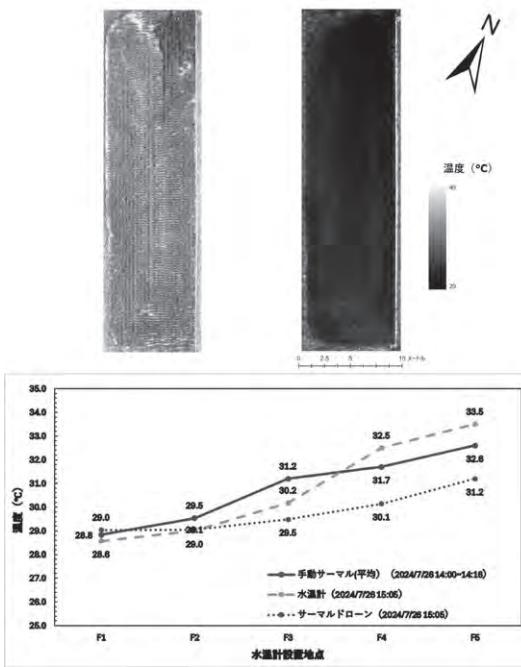


図5 2024/07/26/15:05のグラフと温度分布図

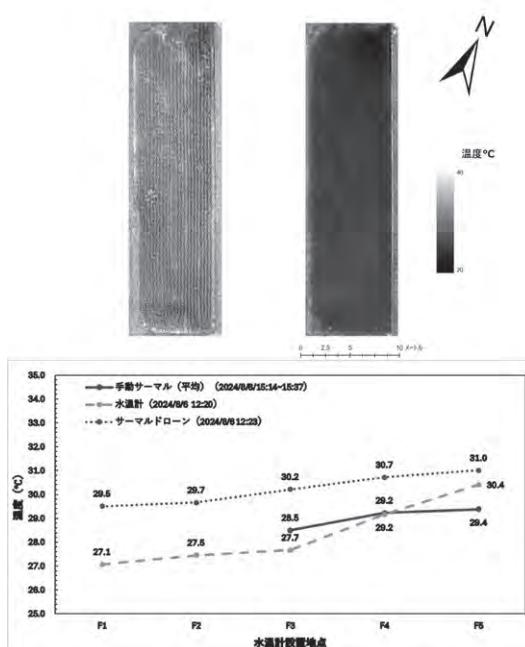


図 6 2024/08/06 12:20 のグラフと温度分布図

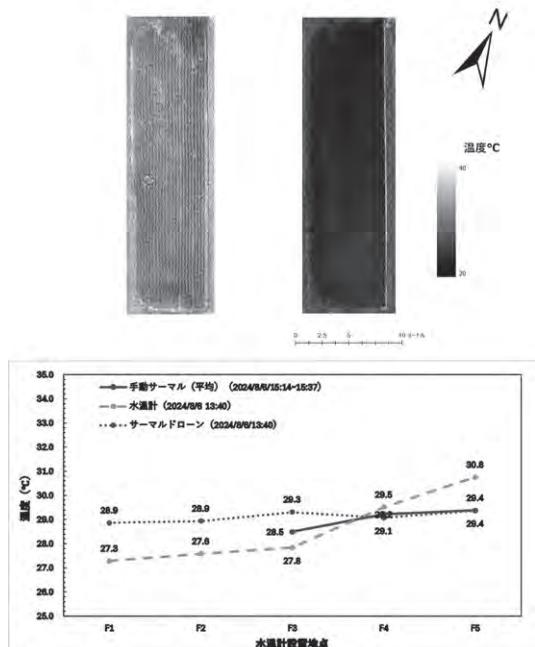


図 7 2024/08/06 13:40 のグラフと温度分布図

4. 結論

水田の水温を測定する場合に、サーマルドローンを高度20mで飛行させ測定した水温は、近接で測定したサーモグラフィの水温とはほぼ同じであり、大気による補正は不要であることがわかった。しかし、サーマルドローンによる測定は、時間がかかるため、その間の天候の変化を考慮する必要がある。一方で、水温計の水温は、湛水され灌漑されている際には、正しい計測が可能なものの、灌漑されていない場合には、ドローンの方が水田の温度分布を測定していると考えられる。水田の水温分布を把握するためには、水温計で水口側、中央付近、水尻側で3点ほど測定を行うとともに、ドローンを併用することが良いと考えられる。

謝辞

日本大学生物資源科学部 笹田勝寛准教授には神奈川県藤沢市の水田を使わせていただきました。

関東農政局利根川水系管理事務所において、関東地域の収穫状況、調査計画等の概要を説明いただきました。

本研究の実施にあたり携わっていただいた皆様に心より感謝申し上げます。

14

デジタル画像相関法を用いたパイプラインにおけるエネルギー損失の非破壊検出に関する研究

新潟大学 農学部 農学科 施設機能工学研究室 高橋 悠斗

(進学先 新潟大学大学院自然科学研究科)

指導教員 鈴木 哲也 教授



1. はじめに

農業用パイプラインは耐用年数の超過に伴い突発事故が増加傾向にある。パイプラインの多くは地中埋設構造物であるため、漏水の発生を直ちに知ることは困難であり、漏水に伴う地表面の陥没などによって顕在化することが多い。漏水が小規模な段階で漏水箇所を特定する方法の開発が急務となっている。既往の研究¹⁾では、漏水による水撃圧および管材変形の減衰をデジタル画像相関法(以下、DIC法と記す)を用いて解析・検討を行っている。本研究では、水撃圧に伴う管材変形をDIC法を用いて3次元画像解析を行い、漏水による管内のエネルギー損失の非破壊検出を試みた。

2. 実験方法

2.1 モデルパイプライン

モデルパイプラインは、内径100.8mm、管厚6.6mmの硬質塩化ビニル管で構築した。全長約65m、高低差約7.8mであり、上流端に水槽、下流端にバルブを設置した。水槽水位が1.0m低下した際にバルブを急閉塞させ、管内に水撃圧を発生させた。水撃圧に伴う管材変形をDIC法および水圧計測を用いて評価した。DIC法とは、対象物の画像を取得し、画像解析を実行することにより、対象物の変形および動きの計測値を算出する非接触計測法である。DIC法はバルブより1.6m上流地点に画像解析面を塗布し、2台のCCDカメラを用いて計測を実施した。解析的検討では、得られた水圧データから円周方向ひずみの理論値を算出した。理論値および実測値の円周方向ひずみに対して高速フーリエ変換を行った。

2.2 既設パイプライン

既設パイプラインは内径600mm、管種がFRPM管、SP管およびVU管で構成されている。上流端が渦巻ポンプ、下流端が分水工であり、管路延長が約5.5kmである。実験ではポンプの運転を停止させ、管内に水撃圧を発生させた。水撃圧に伴う管材変形をDIC法を用いて計測した。DIC法は揚水機場から約2.3km下流のマンホール内で計測を行った。解析的検討では、DIC法により計測された円周方向ひずみに対しローパスフィルタを行い、水撃圧に由来する低周波成分を抽出した。

3. 結果と考察

3.1 モデルパイプライン

円周方向ひずみの理論値および実測値の時系列グラフを図1に示す。水撃圧発生に伴う管材変形をDIC法を用いて計測できていることが確認された。円周方向ひずみの理論値および実測値の高速フーリエ変換結果を図2に示す。理論値より算出された水撃圧の周波数付近において振幅スペクトルのピークが確認された(図2、図中①)。漏水の有無で比較すると、漏水がないケースよりも漏水があるケースの方が振幅スペクトルのピーク値が小さいことが確認された。

3.2 既設パイプライン

円周方向ひずみの理論値および実測値(フィルタ後)の時系列グラフを図3に示す。理論値と比較して実測値では細かい変動が多く確認された。ポンプ運転停止後の1周期に着目すると、大まかに変動をとらえていることが確認された。円周方向ひずみの理論値および実測値の高速フーリエ変換結果を図4に示す。円周方向ひずみの理論値において、水撃圧の理論値の周波数付近において振幅スペクトルのピークが確認された(図4、図中①)。円周方向ひずみの実測値では、ノイズの影響により複数の周波数において振幅スペクトルのピークが確認された。水撃圧の理論値の周波数付近において振幅スペクトルのピークが確認されたが、ノイズの影響により理論値よりも振幅スペクトルのピーク値が大きな値となった(図4、図中②)。

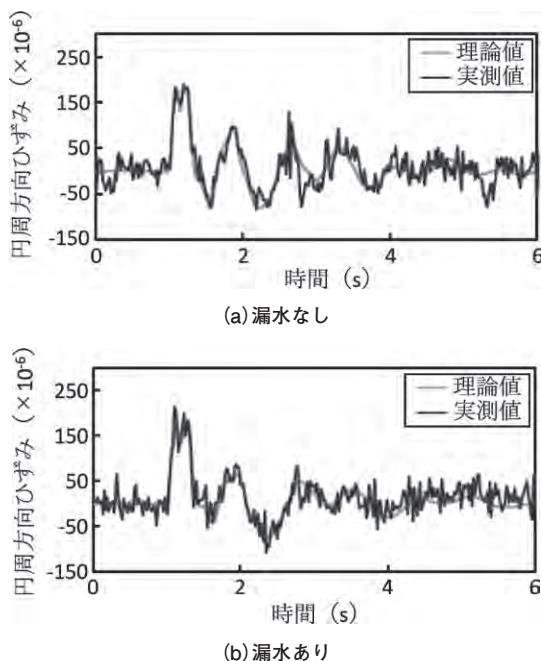


図1 円周方向ひずみの時系列結果

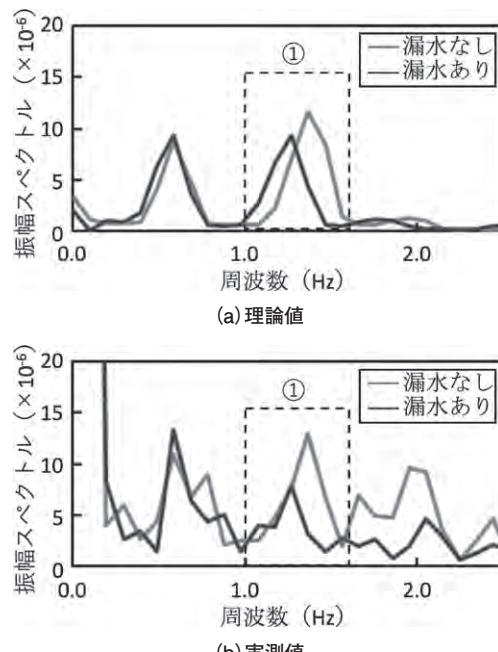


図2 円周方向ひずみのFFT結果

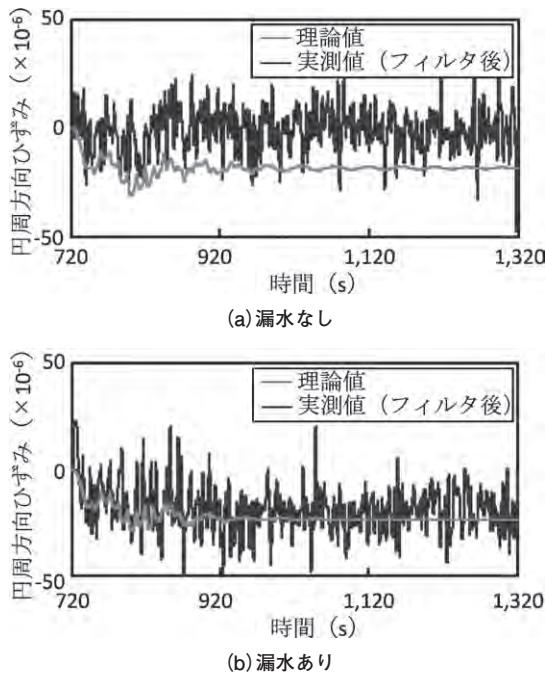


図3 円周方向ひずみの時系列結果

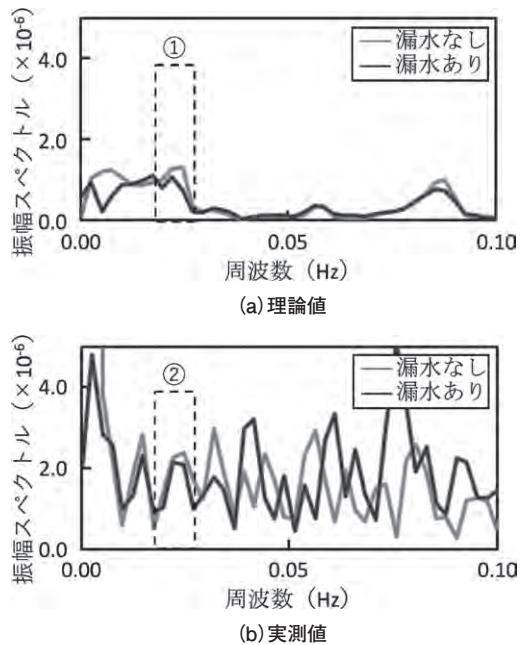


図4 円周方向ひずみのFFT結果

4. おわりに

本研究では、モデルおよび実構造物パイプラインを対象として、DIC法より水撃圧に伴う管材変形の検出を試みた。モデルパイプラインでは周波数領域において漏水による振幅スペクトルの低下が確認された。既設パイプラインでは、ポンプ停止に伴う管材変形をノイズの影響下にありながら部分的に計測できていることが確認された。以上より、DIC法を用いて管内におけるエネルギー損失を非破壊で検出できる可能性が示唆された。

引用文献

- 1) Tsubota, T., Hagiwara, T., Asada, Y. and Suzuki, T.: Non-Contact Detection of Water Leakage in Service Pipeline by Digital Image Correlation Method with Damping Coefficients, *Advanced Experimental Mechanics*, Vol.9, pp. 105-110, 2024

15

UAV画像の深層学習による農道橋RC床版のひび割れ検出

新潟大学 農学部 農学科 施設機能工学研究室 田中 熙

(進学先 新潟大学大学院自然科学研究科)

指導教員 鈴木 哲也 教授



1. はじめに

農道橋の維持管理について、目視点検の代替に向けデジタル技術による自動化が推進されている¹⁾。維持管理における舗装のひび割れ検出においては、深層学習を用いた検出手法が多数検討されている²⁾。本検討の対象とした農道橋においては、日射が届いている日向路面部と日射が障害物に遮られた日陰路面部が確認された。日向と日陰では明度が異なるため、ひび割れの検出精度も異なっていた。

そこで本研究では、取得した画像をノイズ部、日向路面部、日陰路面部に分類するシーン分類モデルを作成し、日向路面部のみ、日陰路面部のみを学習させたひび割れ検出モデルを作成した。日向路面部と日陰路面部のひび割れを異なるモデルで検出させることにより、ひび割れ検出の高精度化を目指す。シーン分類モデルの分類精度、ひび割れ検出モデルの検出精度を検証するとともに、ひび割れ検出モデルのデータセットがひび割れの検出精度に及ぼす影響を考察した。

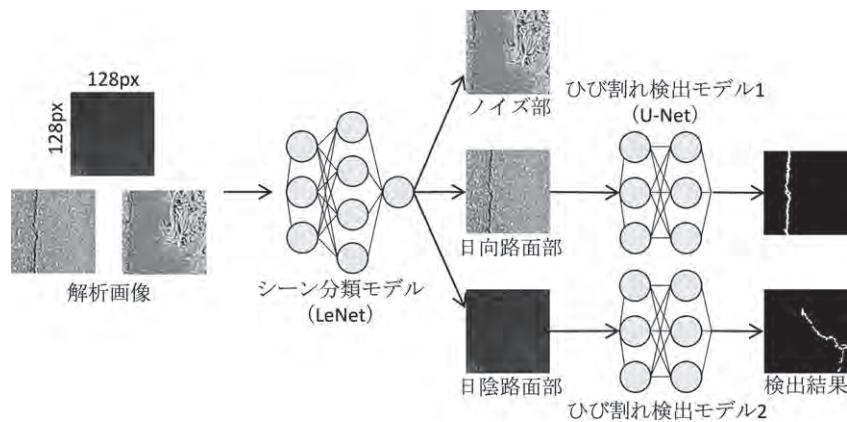


図1 ひび割れの解析フロー



図2 画像処理フロー

2. 実験方法

対象構造物は、新潟県柏崎市で供用中の清水谷大橋、栃倉大橋、前川原橋である。目視点検の結果、日向路面部の損傷はすべての橋梁で確認され、日陰路面部の損傷は清水谷大橋でのみ確認された。画像の取得について、UAVに搭載された可視カメラによって行った。画像中のひび割れの解像度を一定に保つため、UAVは高度を離陸地点から5m一定に保ちながら飛行させた。

3. 解析方法

構築したひび割れの検出フローを図1に示す。128×128pixelsの分割された解析画像はシーン分類モデルによってノイズ部、日向路面部、日陰路面部に分類される。ノイズ部は、植生や欄干、白線等路面以外の物体が写っている画像と定義した。日向路面部、日陰路面部に分類された画像は、それぞれの路面画像に適したひび割れ検出モデルによってひび割れの有無が各ピクセルに対し判定される。

ひび割れ検出モデルのデータセット作成のため、ひび割れを含んでいた日向路面部、日陰路面部の画像に対してアノテーションを行った。日向路面部の画像を1,312枚、日陰路面部の画像を130枚用意した。日陰路面部のデータセットを1,312枚に増やすため、1,182枚の日向路面部画像に画像処理を行い日陰路面部に近似させるデータ拡張を行った。画像処理のフローを図2に示す。画像処理は $L^*a^*b^*$ 色空間を対象に行った。 L^* に対しては区分線形補間を行い、 a^* と b^* に対してはレベルシフトを行った。ひび割れ検出モデルについて、日向路面モデル、データ拡張前の日陰路面モデル(以下、拡張前日陰路面モデル)、データ拡張後の日陰路面モデル(以下、拡張後日陰路面モデル)、日向路面部と日陰路面部を両方である路面全体を学習させたモデル(以下、路面全体モデル)の光条件が異なる計4つのモデルを作成した。データセットの割合について、訓練用データとして画像の8割を使用し、テストデータとして残りの2割を使用した。画像の分割は無作為に行った。

4. 結果および考察

シーン分類モデルの分類結果の混同行列を表1に示す。1,070枚のテストデータに対して分類を行い、予測全体の正解率は94.4%と高精度の結果を得られた。その中でも、日向路面部と日陰路面部の分類は特に高精度に行われた。

各ひび割れ検出モデルの各路面部に対するひび割れの検出精度を表2に示す。日向路面部に対する検出について、F値は日向路面モデルで0.775と最も大きい値が確認された。日陰路面

表1 シーン分類モデルの混同行列

テストデータ数: 1,070		分類結果		
正解率: 94.4%	ノイズ	日向路面部		日陰路面部
		日向路面部	日陰路面部	日陰路面部
	ノイズ	568	45	11
正解ラベル	日向路面部	4	335	0
	日陰路面部	0	0	107

部に対する検出について、拡張前日陰路面モデルは適合率を除いた評価指標において最も小さい値が確認された。一方、データ拡張後の日陰路面部は全ての評価指標において最も大きい値が確認された。データ拡張により、データセットが増強され検出精度が向上したと考えられる。路面全体に対する検出結果について、従来のモデルの検出結果に加え、日向路面部に対しては日向路面モデルによる検出を、日陰路面部に対しては日陰路面モデルによる検出(以下、日向路面&日陰路面モデル)を行った結果も比較する。F値において、日向路面&日陰路面モデルで0.778と最も大きい値が確認された。ひび割れ検出モデルに学習させる路面部の条件を限定させることは、ひび割れ検出の精度向上において有用である可能性が示唆された。

5. おわりに

本研究では、UAVによって撮影された農道橋の可視画像に対し、深層学習によるシーン分類とひび割れの検出を行った。その結果、シーン分類は高精度に行われ、ひび割れ検出においては、路面部の日射条件とモデルの学習条件が一致している場合に最も高精度な検出が行われた。本研究で提案した手法は、検出精度の向上において有用であると考えられる。

引用文献

- 農林水産省：令和5年度 食料・農業・農村白書, https://www.maff.go.jp/j/wpaper/w_maff/r5/pdf/zentaiban.pdf(参照2025年2月4日)
- Kheradmandi, N. and Mehranfar, V.: A critical review and comparative study on image segmentation-based techniques for pavement crack detection, *Construction and Building Materials*, Vol. 321, 126162, 2022.

16

機械学習を用いた地下ダムの貯水量予測

神戸大学 農学部 食料環境システム学科 施設環境学研究室 **井上 峻**
(進学先 神戸大学大学院)
指導教員 井上 一哉 教授



1. 緒論

喜界島は鹿児島県の南南西約380kmに位置する農業の盛んな島である。本島は多孔質で高透水性の琉球石灰岩に覆われた地質構造であるため、降雨は地下へ浸透しやすく、地表水に乏しい。そこで、農業用水の安定供給を目的とした地下ダムが築造・供用された。地下ダムの建設により、地下水の利用可能量は増大し、基幹作物であるサトウキビの収量増加のみならず、ゴマや南国フルーツといった栽培品目の多様化が進んでいる。

地下ダムの受益地域において、農業用水の安定供給の実現や適切な営農計画の策定に資するには地下ダム貯水量の予測は不可欠である。地下ダムを供用する過程では、地下ダムの地下水位を定期的に実測しているものの、効率的かつ低成本で地下ダムの貯水量を予測する手法は確立されていない。そこで本研究では、機械学習を用いて地下水位を予測し、貯水量へ変換する貯水量予測モデルの開発を目指す。

表2 各路面部に対するひび割れ検出の精度評価

対象：日向路面部	適合率	再現率	F値
日向路面モデル	0.864	0.703	0.775
拡張前日陰路面モデル	0.814	0.241	0.372
拡張後日陰路面モデル	0.840	0.657	0.737
路面全体モデル	0.806	0.740	0.772
対象：日陰路面部	適合率	再現率	F値
日向路面モデル	0.604	0.460	0.522
拡張前日陰路面モデル	0.615	0.162	0.256
拡張後日陰路面モデル	0.840	0.732	0.782
路面全体モデル	0.728	0.714	0.721
対象：路面全体	適合率	再現率	F値
日向路面モデル	0.756	0.598	0.668
拡張前日陰路面モデル	0.734	0.207	0.323
拡張後日陰路面モデル	0.840	0.689	0.757
路面全体モデル	0.771	0.729	0.749
日向路面&日陰路面モデル	0.853	0.715	0.778

2. 機械学習の学習手順と予測手法

総貯水容量180万m³を有する喜界地下ダムは、図1に示すようにダム軸沿いの観測孔と8箇所の集水井にて、2000年4月1日から1か月間隔で地下水位が観測されている。例として、図2に観測孔1A、30Aおよび8号集水井の地下水位の経時変化を示す。本研究にて対象とする予測日は2023年1月1日(以下、3か月後予測日と記す)、2023年4月1日(以下、6か月後予測日と記す)とする。機械学習の入力変数には、地下水位を含め、喜界島にて観測されている降水量と平均気温、最高気温、平均風速、最大風速を設定した。例として、降水量と平均気温を図3に示す。貯水量予測モデルの軸となる学習アルゴリズムは、決定木系のExtremely Randomized Trees(ERT)¹⁾、Gradient Boosting Decision Trees(GBDT)²⁾、実績の多いSupport Vector Regression(SVR)³⁾を採用した。

本モデルによる予測対象項目は3か月後、6か月後の地下ダム貯水量である。そのためには、予測日直前までの観測データ群を学習して地下水位を観測点ごとに予測した。次に、求めた観測水位と貯水量の関係式($H-V$ 式と記す)に基づいて貯水量を予測した。具体的には、

$$\bar{V} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N V_i$$

を用いた。ここに、 \bar{V} は予測貯水量、 V_i は各観測孔にて $H-V$ 式より得られる値、 N は観測孔の総数であり、本研究では $N=10$ である。

3. 貯水量予測モデル

3.1 アルゴリズムの比較と貯水量予測

学習アルゴリズムを選定するため、3つのアルゴリズムに対して代表的な観測孔と集水井にて予測した水位の結果を図4に示す。図中、予測日の実測データを併記しており、ERTの精度の良さがわかる。これはERTの学習過程では分岐選択にランダム性を取り入れていることが要因と推測される。ERTにより予測した予測日の貯水量について、3か月後予測、6か月後予測の結果を図5に示す。図中、100回の予測計算に基づく予測の分散を示す。本モデルでは、6か月後までの貯水量を良好に予測する一方で、予測期間が長くなるにつれて予測の分散は増大している。

3.2 貯水量予測モデルの性能評価

観測孔単独で貯水量を予測した結果 V_i 、ならびに V_i の平均をとった予測貯水量 \bar{V} を明示するため、図6に3か月後と6か月後の予測結果を描く。図中、 V_i や \bar{V} を総貯水容量で除した貯水率として、実測の貯水率とともに数値を記している。単一の観測孔より予測される値は実測値の前後でばらつく結果になる。これは図2に示すように、観測孔ごとに固有の水位変動幅を有していることから、観測孔単独で貯水量を予測すると数値にはばらつきが生じるためである。開発した貯水量予測モ

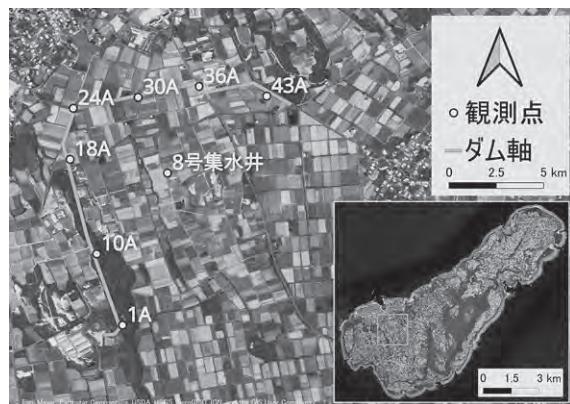


図1 喜界島の対象流域と観測点

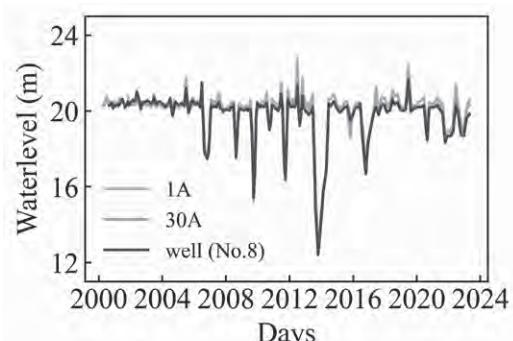


図2 観測孔1Aと30A、8号集水井の水位変化

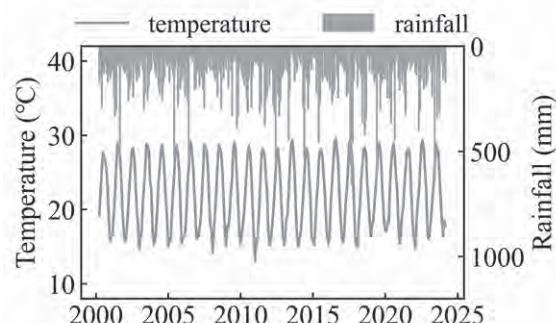


図3 気温と降水量の経時変化

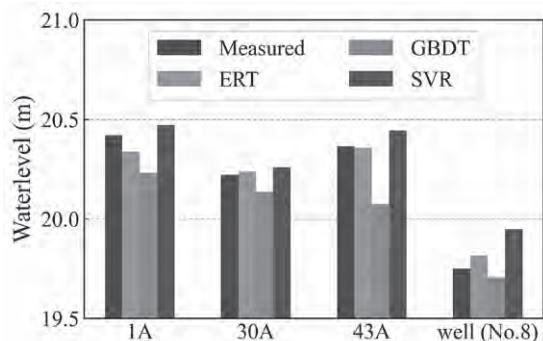


図4 学習アルゴリズムの精度の比較

ルは各観測孔の水位変動特性を平滑化するモデルであり、良好な予測値を導くことができる。

4. 結論

本研究では、喜界地下ダムを対象に機械学習を用いた貯水量予測モデルを開発した。学習アルゴリズムとしてERTの性能の高さが示された。また、貯水量予測モデルは6か月後まで良好に予測する能力を有していた。

参考文献

- 1) Geurts, P., Ernst, D. and Wehenkel, L.: Extremely randomized trees, *Machine Learning*, 63, pp.3-42, 2006.
- 2) Friedman, J. H.: Stochastic gradient boosting, *Computational Statistics & Data Analysis*, 38(4), pp.367-378, 2002.
- 3) Gunn, S.: Support Vector Machines for classification and regression, *ISIS technical report*, pp.31-39, 1998.

謝辞

本研究は、一般社団法人土地改良建設協会「2024年度国営事業地区等フィールド調査学生支援事業」による支援を受けました。また、研究を進めるにあたり、農林水産省九州農政局喜界島農業水利事業所の皆様には、ダムサイトでの調査ならびにデータ提供など、様々なご協力をいただきました。ここに記して深謝の意を表します。

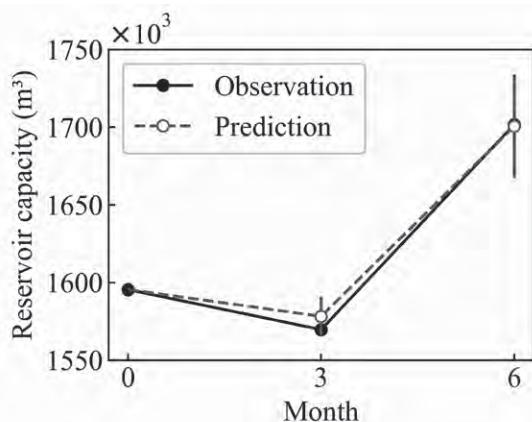


図5 貯水量予測結果と予測の分散

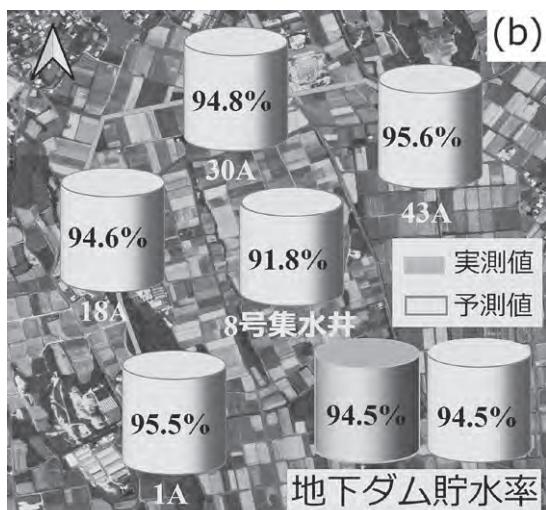
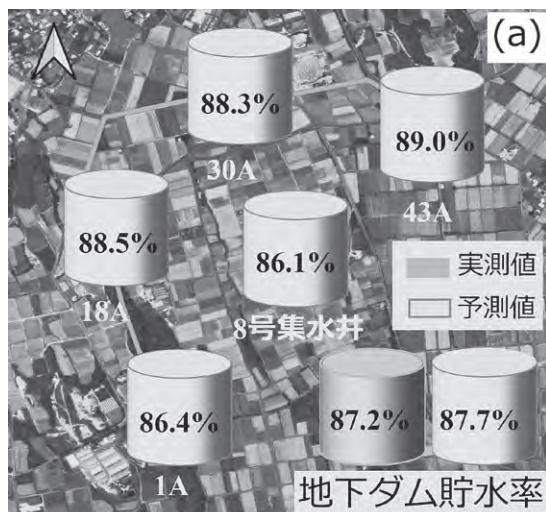


図6 地下ダム貯水率の予測：(a) 3か月後, (b) 6か月後

断層を有する石灰岩帯水層の物理的不均質性の可視化

神戸大学 農学部食料環境システム学科 施設環境学研究室 藤田 帆夏

(就職先 農林水産省)

指導教員 井上 一哉 教授



1. 緒論

南西諸島では石灰岩の多孔質特性を活かした地下ダム建造による水資源の安定的確保を図っている。水資源の維持管理において透水係数分布の評価は重要であるものの、石灰岩の特性上、圧力のかかるルジオン試験などを実施できないため密な間隔で透水係数を求めることは技術的に難しい。そこで本研究では、簡便さや優れた経済性から国内外で利用されている単孔式希釈試験を実施することで透水係数を求め、帯水層の地質や構造を考慮した透水係数の不均質性の可視化について提示する。

2. 単孔式希釈試験

対象地域は鹿児島県喜界島の南西部の喜界第2地下ダム建造予定地である。図1に観測孔と地下ダムサイトにおける断層の位置を示す。数多くの断層を有する点が喜界島の地質的特徴であり、図2に示すように断層による岩種のずれが生じている。本研究では34点の観測孔にて単孔式希釈試験を実施し、平面座標や標高の異なる151箇所のデータを取得した。

単孔式希釈試験では、 $C_0 = 0.744 \text{ mg/cm}^3$ の初期濃度となるよう孔内にNaClを投入し^{1,2)}、電気伝導度ECの変化を計測して濃度C (mg/cm³)に変換した。また、断層と透水係数の関連性を検討するため、同じ断層帯に位置する観測孔を用いて動水勾配Iを算出した。観測孔S12を例として、濃度低下曲線を図3に示す。深度が増すにつれ緩やかな濃度低下を呈しており、地下水流动と透水係数は不均一であることを示している。

3. 透水係数の同定と結果

単孔式希釈試験にて得られた濃度低下曲線より、ダルシーリー流速 $|v_a|$ (cm/s)と透水係数 K (cm/s)を経過時間 t (s)、孔半径 R (cm)を用いて求めた³⁾。

$$\ln\left(\frac{c}{c_0}\right) = -\frac{2|v_a|t}{\pi R} \quad , \quad K = \frac{|v_a|}{2|R|} \quad (1)$$

透水係数の鉛直分布の同定結果を図4に示す。観測孔を代表して北部に位置する7点に対する結果を(A)、南部に位置する3点に対する結果を(B)に示す。図4(A)と(B)では断層帯が異なり、北部に位置する(A)の透水係数はばらつきが大きく、南部に位置する(B)は 10^{-1} cm/s 付近に集中しており、断層帯ごとに分布傾向は異なる。

4. 補間による空間モデルの作成

透水係数の空間分布を可視化するため、図1に示す地下ダムサイトの2000m四方の補間領域を標高-49.0m~6.0mまで50m×50m×1mの要素で区分した。各要素の重心位置に対して標高ごとに逆距

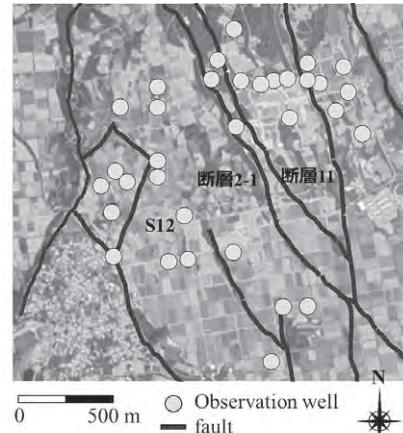


図1：地下ダムサイトの観測孔と断層の位置

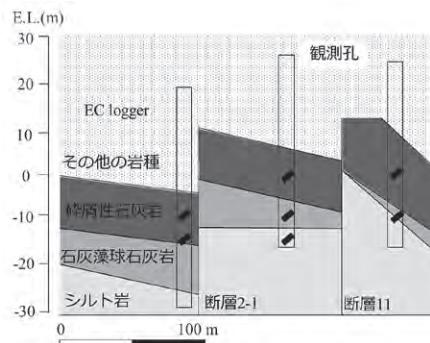


図2：断層を有する地質構成とEC口ガガの設置例

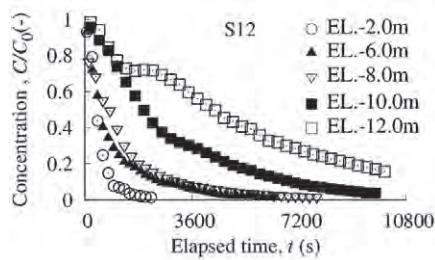


図3：観測孔S12における濃度低下曲線

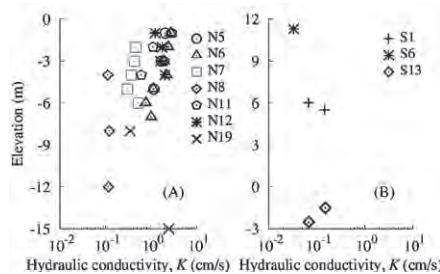


図4：透水係数の鉛直分布の例(A)北部(B)南部

離加重法(IDW)を適用することで平面的に透水係数分布を求めた。

図5に標高-2 mに対する2次元IDWの結果を示す。北部で透水係数はばらつく傾向は捉えられているものの、南部などの観測点の少ない範囲における透水係数の不均質性の再現性は乏しい。また、断層による岩種のずれを考慮できていないため、断層が形成された約20万年前の地層状態⁴⁾に戻すことを考える。つまり、基盤標高を揃えてから標高ごとにIDWを行い、元の標高に戻す方法を実施する。図6は断層を考慮した2次元IDWの結果であり、図5とは明確な違いが生じている。これは基盤標高を揃える作業により標高内に含まれる観測点数が少なくなったことに起因する。

そこで、より自然な透水係数分布の作成のため、基盤標高を揃えた状態で空間全体にIDWを適用する3次元IDWを実施した。図7は得られた透水係数分布の空間モデルであり、透水性は相対的に北部で高く南東部で低いことを視覚的に捉えることができる。空間モデルの標高-2 m地点を抽出した結果を図8に示す。2次元IDWと比較して補間の際に使用する観測点の数が増えるため、図5や図6より詳細に透水係数の不均質性を表すことができている。

5. 結論

本研究では、単孔式希釈試験により石灰岩帶水層の透水係数を同定し、逆距離加重法にて透水係数分布を可視化した。対象サイトの地下水流动と透水係数は空間的に不均一であり、透水係数の分布傾向は断層帶ごとに異なることがわかった。また、断層を考慮しない2次元IDWと断層を考慮した2次元IDWでは結果が大きく異なる点、3次元IDWを用いることにより自然なモデルを得ることができた点を明らかにした。

参考文献

- 1) 倉澤智樹ら：単孔式希釈試験による石灰岩帶水層のパラメータ推定と群知能の適用性評価、土木学会論文集、B1(水工学), pp.I-775-I-780, 2022.
- 2) 倉澤智樹ら：琉球石灰岩帶水層を対象とした地下水流速と間隙率の評価、地下水学会誌, pp.189-200, 2022.
- 3) Piccinni, L. et al. *Hydrol. Sci. J.*, pp.1512-1523, 2016.
- 4) 松田博貴：喜界島の成り立ち~300万年の時間旅行~, 喜界島エコミュージアムガイド育成教室, 2020.

謝辞

本研究は、一般社団法人土地改良建設協会「2023年度国営事業地区等フィールド調査学生支援事業」による支援を受けました。また、農林水産省九州農政局喜界島農業水利事業所の皆様には、ダムサイトの見学やボーリングコア提供など、様々なご協力をいただきました。ここに深謝の意を表します。

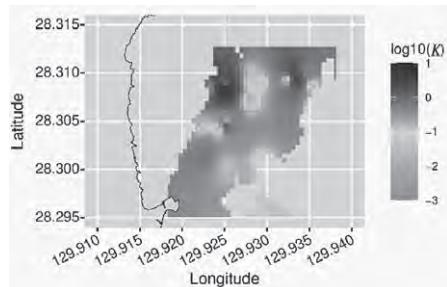


図5：断層を考慮しない2次元IDW(EL.-2 m)

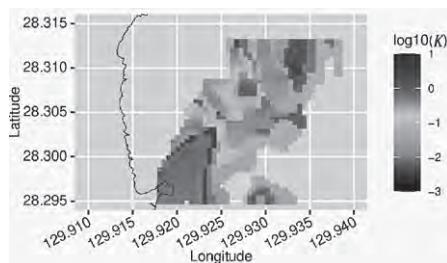


図6：断層を考慮した2次元IDW(EL.-2 m)

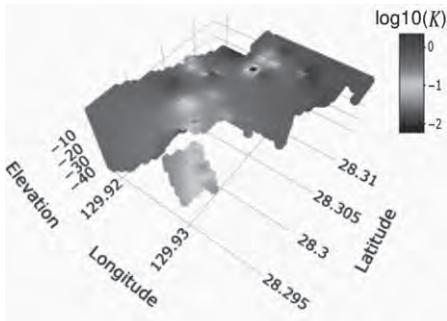


図7：透水係数の3次元モデル

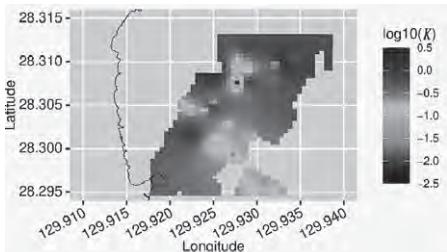


図8：3次元IDWによる結果(EL.-2 m)

供用期間約20年の各種表面被覆材に生じる変状の分析

高知大学 農林海洋科学部 農林資源環境科学科 **横山 藍**

(就職先 倉敷市役所)

指導教員 佐藤 周之 教授



1. はじめに

現在、我が国の基幹的農業水利施設の約53%が標準耐用年数を超過している。今後、適切な補修・補強による施設の長寿命化とライフサイクルコストの低減を図る戦略的な保全管理が求められている。適切な補修・補強のためには、的確な性能評価に基づく機能診断が必要である。これは、対策後の補修材も同様であり、再補修の必要性を判断するための知見の集積が急務である。本研究では、補修に多用される表面被覆工法に注目し、補修の予定期間となる20年が概ね経過した37工法の表面被覆材の変状調査を行った。

2. 調査対象としたRC開水路

本研究では、岩手県岩手郡雫石町板橋地内に位置し、県営圃場整備事業で建造されたRC開水路を対象とした。整備時の水路の幅、高さはそれぞれ0.9m、0.8mである。本水路では、2005～2008年に表面被覆工法の実証試験的検討の場として提供された。工法区分は無機系、有機系、パネル系、シート系、改質材系に分類され、37工法から成る26区間が存在する。

本水路では、2005～2008年にかけて、ひび割れと浮きを対象とした変状調査が3回実施された。2008年(第3回)の調査結果から、合計37工法のうち23工法に変状が生じていることが確認された。

3. 調査方法

本研究で採用した調査方法は、目視調査および打音調査である。目視調査では、外観を目視で確認し、ひび割れ、剥離の発生の有無を調査した。打音調査では、コンクリート点検ハンマー300m/m(土牛産業株式会社)とコロリン転検棒KT-25-1000・KT-32-800(有限会社ダイヤモンド技建×ジャパンマテリアル株式会社)を用いて施工箇所を叩き、その際に生じる音の違いから浮きの有無を調査した。浮きが生じていると判定された範囲をチョークでマーキングし、基準となる指標(myzox製 ニューアルロッド N-30)を置いて写真で記録した。その写真から面積測定ソフト(leafareacounter_plus_ja.exe)を用いて面積を算出した。

4. 調査結果

変状が生じていた工法数を工法区分ごとにまとめたものをTable 1に示す。Table 1より、全ての工法区分において、50%以上の割合で変状が生じており、無機系と有機系においては、全ての工法で変状が生じていた。合計37工法のうち32工法で変状が生じており、2008年の調査結果と比較して、変状が生じている工法数が増加した。また、ひび割れと比較して浮き・剥離の発生数が多く、37工法中30工法で浮き・剥離が発生していた。したがって、多くの工法において、補修材と既設躯体との接着安定性は良好でないと言えた。

工法ごとの浮き・剥離が生じている面積(以下「変状面積」とする)の割合をFig.1に示す。Fig.1より、同じ工法区分でも工法によって変状面積が大きく異なることが確認された。

Table 1 変状が生じた工法のまとめ

	全工法	変状が生じた工法数			割合 (%)
		ひび割れのみ	浮き、剥離のみ	ひび割れ・浮き、剥離	
無機系	10	1	1	8	100
有機系	11	1	5	5	100
パネル系	7	0	1	3	57
シート系	4	0	2	1	75
改質材系	5	0	0	4	80
合計	37	2	9	21	86

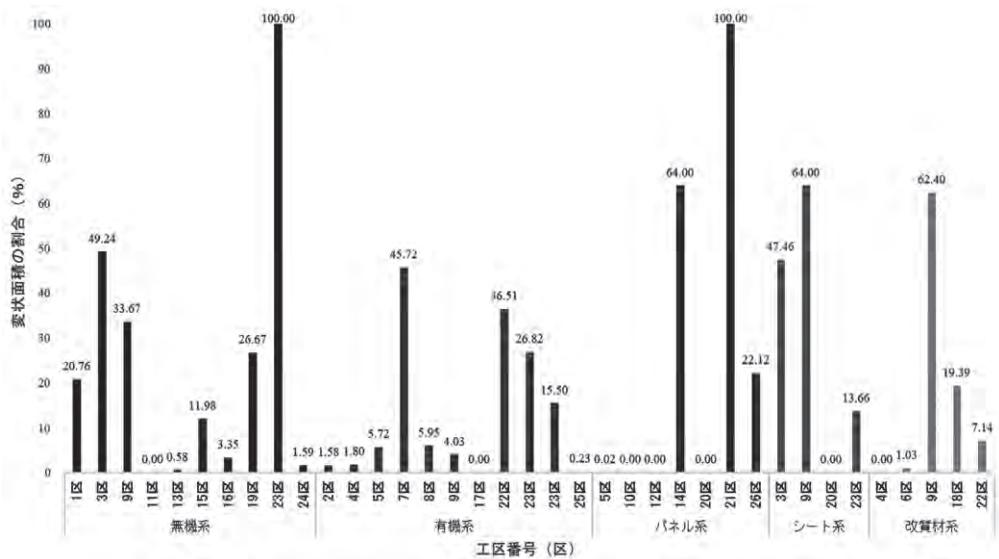


Fig.1 各工法の変状面積の割合

本水路の未補修部分において、コンクリート内部の鉄筋の露出および腐食が確認できた。これは、凍害と中性化の複合劣化によるものと推察された。凍害により、コンクリート中の組織破壊が進行したことで、大気中の二酸化炭素がコンクリート内部に侵入しやすくなった。二酸化炭素の侵入により、中性化も同時に起こり、鉄筋が露出・腐食したと考えられた。

工法区分ごとの底版、左岸、右岸での変状面積の割合を算出したものをTable 2に示す。今回の調査時では、底版に水が残っている箇所や土に覆われている箇所があり、底版のみ調査不可となった工法がいくつか存在した。Table 2はそれらを除いたものである。Table 2より、全ての工法区分において、底版における変状面積の割合が低かった。底版は壁面と比較して日照時間が短く、乾湿の繰り返しも少ない。そのため、凍結融解の頻度が少なく、凍害による影響を受けにくいためと考えられた。

本水路は、左岸側が東側に位置し、紫外線が最も強い時間帯に太陽光が当たる。有機系と改質材系においては、右岸側と比較して左岸側の変状面積の割合が高く、その差も大きい。よって、環境条件の違いが、有機系と改質材系の変状面積に影響を及ぼしたと考えられた。

Table 2 工法区分ごとの底版・左岸・右岸での変状面積の割合

	無機系	有機系	パネル系	シート系	改質材系
底版	12.92%	4.19%	12.27%	0.00%	11.31%
左岸	18.25%	19.21%	34.74%	46.49%	20.12%
右岸	19.61%	13.82%	37.00%	42.30%	13.29%

5. おわりに

本研究では、目視調査および打音調査により、供用期間約20年の各種表面被覆材に生じる変状の現況を調査した。その結果、多くの工法において変状の発生が確認された。しかし、変状の有無だけでは再補修・補強の必要性を判断することは困難である。再補修・補強の必要性の判断には、補修材料の性能低下の状況と原因の分析が必須であるため、今後の更なる調査研究が必要不可欠である。

謝辞

本研究は、土地改良建設協会の国営事業地区等フィールド調査学生支援事業の後援により、遂行されたものです。農林水産省東北農政局の兼平正樹氏、増尾学氏、岩手県土地改良事業団体連合会の金平修祐氏に、この場を借りて深く御礼申し上げます。

調査の実施にあたり島根大学名誉教授の長束勇氏、株式会社アストンの山本昌宏氏、株式会社総合開発の高橋慶吉氏、森博氏には多大なる御協力と御助言を賜りました。厚く御礼申し上げます。

最後に、本研究の遂行にあたりお力添えいただいた、すべての方々に心より感謝申し上げます。

佐賀県白石町におけるため池とクリークの管理実態とその変遷

九州大学 大学院生物資源環境科学府 環境農学専攻 木原 昂

(進学先 九州大学大学院)

指導教員 岩田 幸良 教授



1. はじめに

佐賀県の南西部に位置する白石町は、町の約90%が有明海の干拓により造成された白石平野が広がっており、水稻を中心とした農業が盛んな地域である。町の北部に六角川、南部に塩田川が流れるが、満潮時は海水が河川に逆流する感潮河川であり、農業用水としての利用が困難である。そのため白石町では町全体にクリーク(貯水機能を持つ用排兼用水路)を整備し、杵島山周辺のため池と併用することで用水を確保してきた。しかし、クリークの水が枯れるなど慢性的な用水不足は解消されず、さらに昭和初期からはじまった地下水のくみ上げによる地盤沈下も問題となった。そこで、2000~2014年にかけて国営かんがい排水事業が実施された。その一環として、2013年(平成25年)より佐賀県富士町の嘉瀬川ダムから導水路を通じて補給水が供給されるようになり、地下水からの水源転換が行われた。

また、2019年8月、2021年8月に九州北部では豪雨災害が発生し、白石町を含む六角川流域では大きな被害を受けた。これを受けて、白石町でもため池やクリークを活用した治水対策が実施されるようになった。

本稿では、嘉瀬川ダム完成と2019年、2021年に発生した豪雨災害を受けて再検討された白石町のため池とクリークの管理実態の変化についての聞き取り調査の結果を報告する。調査は2024年7月23日に白石町役場および白石土地改良区を対象に実施した。

2. ため池における貯水操作と維持管理の変化

白石町には13のため池が存在する。このうち11のため池は嘉瀬川ダムからの補給水の供給に伴い、管理が地元水利組合から土地改良区に移管された。また、ため池から放流した用水はクリークに流れ込み、各農家はポンプで圃場に揚水する。

白石町周辺では6月から灌漑期に入るため、4月からため池の貯水を始める。灌漑期に入ると、まず、代かき・田植えに大量の用水が必要となるため、各ため池から貯水位の約3割を放流する。また、8月中旬に実施する中干後の再灌水にも貯水位の約3割を放流する。その他の用水需要が比較的少ない時期は、各地域の水利組合からの要望に応じて土地改良区がため池から用水を放流する。ため池の貯水は地域の防火用水としても使用されており、非灌漑期であっても原則として池干しは行われていない。

嘉瀬川ダムの完成以降、ため池の水を先使いし、不足した場合にはダムからの補給水を使用する運用が行われた。そのため、ため池への依存度は低下したが、可能な限りため池の貯水を確保する管理が継続されていた。しかし、2021年の豪雨災害では土地改良区が管理するため池が満水位となった。これ以降、農家の合意を得て用水需要が逼迫する時期は満水位とし、そのほかの時期は総貯水位の約7割の低水位で貯水が管理されて、仮に、降雨で貯水が回復しても7割まで放流されている(図1)。特に、白石土地改良区が管理する焼米ため池(武雄市)では、佐賀県、武雄市、周辺自治体が協議し、緊急放流用のスライドゲートが設置された。そして、2023年からは用水需要が高い期間(6月、8月)を除いて、治水容量を確保した運用がなされている。

3. クリークにおける貯水操作と維持管理の変化

クリークの清掃や法面管理などの維持管理は、地元農家によって行われている。嘉瀬川ダム完成以前、クリークの水位は満水で管理されていた。嘉瀬川ダム完成以降は、法面の崩壊を防止するために框(かまち)管理と呼ばれる、水路の天端程度

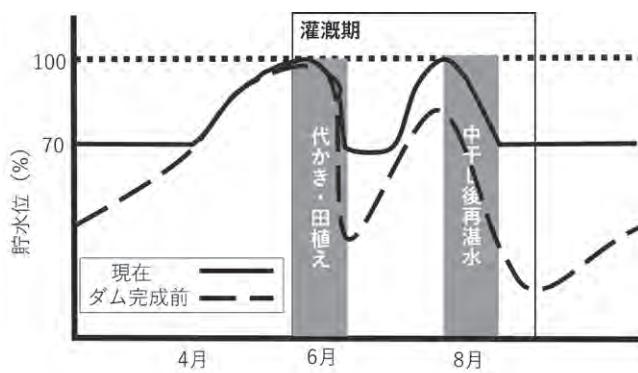


図1 ため池貯水位の年間推移イメージ

の水位(水深約1m)で管理されている。渴水時においてもダムからの補給水でクリークの水が枯れることがないため、框管理が維持されている。

また、2021年の豪雨災害以降、豪雨が予想される場合には白石町の主導で、地元農家が水位を約50cm下げる事前排水を実施し、水路に雨水を溜めるための空き容量を設けている(図2)。仮に想定どおりの豪雨が起きずに貯水を回復できない場合でも、ダムからの補給水によってクリークの水位を回復できるため、この管理が実施できている。

4. おわりに

本稿では、白石町におけるため池とクリークの管理実態について整理した。白石町は、慢性的な水不足地域であったが、嘉瀬川ダムから補給水が供給されるようになったことで、用水不足は改善し、ダム完成以降では大規模な渴水は起こっていない。一方で、2019年、2021年に発生した豪雨災害により、現在ではクリークを活用した治水対策が強化されている。これらの治水対策は、地元の営農者の理解や協力を得て成り立っており、この背景にはダムからの補給水による渴水リスクの低減が寄与したと考えられる。農業水利施設を活用した治水対策を実施するには、施設そのものの整備と強化だけでなく、利水面の強化も重要であることが示唆された。

謝辞

本調査にあたり、九州農政局、白石町役場、白石土地改良区の皆様には聞き取り調査にご協力いただきました。記して、謝意を表します。

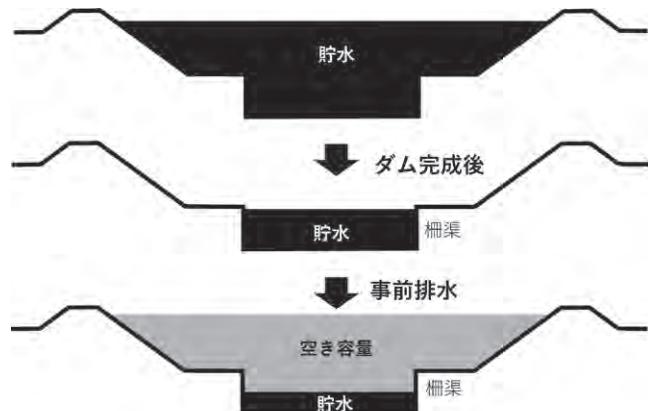


図2 ダム完成以前(上)、現在の平時のクリークの水位(中)と事前排水時のクリークの水位(下)のイメージ

20

クリークの水質に及ぼす植生の影響

[キーワード]クリーク、植生、溶存酸素濃度

佐賀大学農学部 生物資源科学科 地域環境学研究室 堀 葉

(就職先 佐賀県庁)

指導教員 原口 智和 准教授



1. はじめに

筑後川下流右岸の佐賀平野にはクリーク(農業用水路)が張り巡らされており、豊かな生態系が広がっている。この地域のクリークは、昭和40年代から国営筑後川下流土地改良事業及び関連事業により整備されたが、年月の経過に伴って土砂堆積による貯留機能の低下や法面崩壊による安全面の懸念が生じたため、平成10年代以降、国営や県営の事業による護岸工事が進められている。筑後川下流右岸農地防災事業では工事による環境への影響を評価するため、一部の区間で工事前後の水質・生態調査が行われている。この調査によると、施工完了後の時間経過に伴い、植生が豊かになるにつれて小型魚類の回復が確認された区間がある一方、水生植物の過繁茂によって溶存酸素濃度が低くなる区間もあった。

本研究では、筑後川下流右岸農地防災事業における施工完了後の水環境保全や、同様の事業を計画している他地区における工法選定に資するため、植生の種類や成長がクリークの水質、とくに溶存酸素濃度(DO)に及ぼす影響を明らかにすることを目的として現地調査を行った。

2. 調査方法

法面の一部をブロックマットで護岸した基本断面クリーク(令和元年度施工、区間長150m)において、令和6年5月から11月の期間で月に一度現地調査を行った。この区間は植生が豊かで希少種を含む小型魚類が多く生息

している(写真1)。区間上流端から地点A、B、Cの調査地点を選定し、水深および水質(水温、電気伝導度、pH、DO、クロロフィルa濃度、濁度)を計測した(図1)。調査期間中、この3地点では水生植物が繁茂しなかったため、7月以降は区間に内に形成された植生群落においても水質を測定した。水質は水面下0.1m(表層)、以下鉛直方向に0.5m間隔で水底上0.1m(底層)まで測定した。さらに、目視による植生調査を区間全域で行い、植生群落のある地点とない地点において水中日射透過率を測定した。加えて、5、8、11月には、底質の有機物含量の指標として強熱減量を測定した。

3. 結果と考察

調査区間に生息する主要な水生植物として、ヒシ(浮葉植物)、チクゴスズメノヒエ(抽水植物)、マツモとオオカナダモ(沈水植物)が確認された(図2)。浮葉植物は7月以降確認されなくなったが、これは、6月18日から7月23日の間の大雨(計588.5mm、日降水量70mm超が5日)の影響と推察される。抽水植物は5月から8月にかけて水際に拡大したが、9月には魚釣り大会のための刈り上げによって大きく縮小した。また、沈水植物の面積は8月から10月にかけて増加し、11月には減少した。

植生のない地点における深さ0.3mの日射透過率は、調査日による変化は小さく40%程度であった。一方、植生群落内の水中日射透過率は植物の種類や群落の状態によって変化し、深さ0.3mの日射透過率は10%以下であった。

水深は調査日によって数十センチメートルの幅で変動した。かんがい期(6~10月)の平均は、地点Aで1.34m、地点Bで1.31m、地点Cで1.02mであり、地点Cでの底泥堆積が顕著であること推察された。底泥の強熱減量については、上流側の地点Aでは、5月は植物残さが多いため強熱減量が他地点に比べ高いが、期間を通して底泥の堆積量が少なかったことから、底泥中の有機物存在量は小さいと推測される。対して地点Cでは、期間を通して強熱減量は低かったが、堆積量が多いことから、底泥中の有機物存在量は大きいと考えられる。

図3に7月から11月にかけてのDOの鉛直分布の時空間変動を示す。下流側の地点ほどDOが低くなる傾向がみられ、9月以降は地点Cの底層でDOの低下が顕著であった。これは、下流の地点ほど、有機物の分解に伴う溶存酸素の消費の影響が大きかったことを示唆している。7月と8月の抽水植物群落内(地点Bの直下流)では、クロロフィルa濃度は地点Bに比べ高かったが、DOは地点Bよりも小さくなかった。これは、抽水植物による日射遮断により植生群落内では水中日射量が小さくなり、植物プランクトンの光合成による酸素供給量が小さかったためと考えられる。また、9月、10月および11月の沈水植物群落内(地点Cの直下流)では、クロロフィルa濃度は地点Cとあまり差がなかったが、DOは地点Cよりも高く、表層ほどその傾向が強かった。これは、沈水植物の光合成による酸素供給が卓越したことによると推察できる。



写真1 調査区間の全景

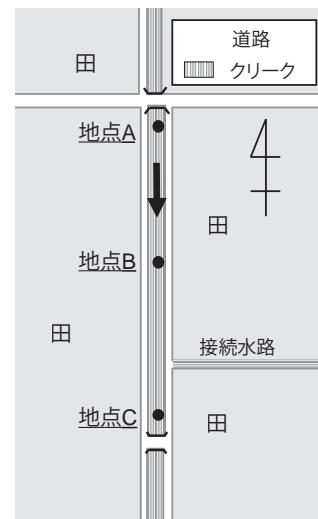


図1 調査地の概略図



写真2 水質計測の様子

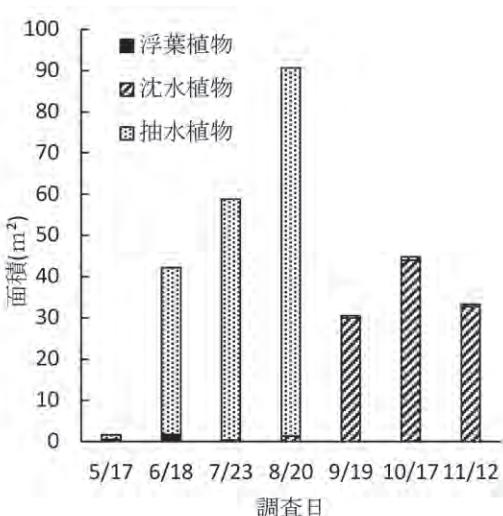


図2 植生量の変化

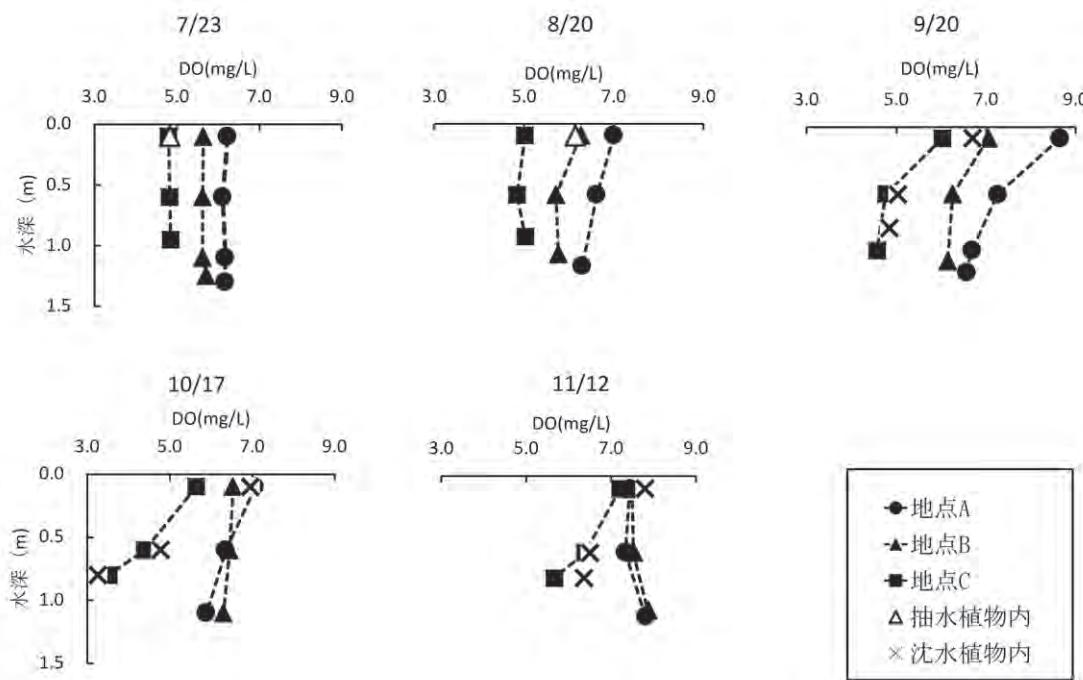


図3 溶存酸素濃度の鉛直分布の変化

4. おわりに

調査対象区間の溶存酸素濃度には、抽水植物の繁茂による水中日射量低下に伴う酸素供給量の低下、沈水植物の光合成による酸素供給量の増加、植物残さ等有機物の分解の際の酸素消費が影響していることが明らかとなった。水生植物の種類や形態によってクリークの水質に及ぼす影響のメカニズムが異なることから、これらの特性を考慮した植生管理が必要と考えている。

過年度の「国営事業地区等フィールド調査学生支援事業」の研究成果の報告は当協会のホームページでも閲覧できます。
<https://dokaikyo.or.jp/index.html>

<https://dokaikyo.or.jp/index.html>

<https://dokajikyo.or.jp/index.html>