

国営事業地区等フィールド調査 学生支援事業

令和7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7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 ため池堤体での小動物等によるアンケート調査と巣穴被害調査

弘前大学農学生命科学部 地域環境工学科 水利造構学研究室 平岡 修造
(就職先 株式会社大林組)
指導教員 森 洋 教授

2 ため池の管理放棄が生態系の遷移に与える影響－いさわ南部地区を事例として－

北里大学 獣医学部 生物環境科学科 土壌環境学研究室 今峰 綾子
指導教員 森 淳 教授

3 印旛沼の循環灌漑地区における降雨時の水質流出特性

東京農工大学 農学部 地域生態システム学科 水利環境保全学研究室 4年 大場 有紗
(進学先 東京農工大学農学研究院)
指導教員 加藤 亮 教授

4 石垣島宮良川流域における流域水文・氾濫解析モデルの再現性評価

東京農工大学 農学部地域生態システム学科 水資源計画研究室 但馬 綾
(進学先 東京農工大学大学院先進学際科学府先進学際科学専攻予測情報学コース)
指導教員 福田 信二 教授

5 UAV画像と点群を用いたGSD推定による農道橋舗装部のひび割れ幅推定

新潟大学 農学部 田上 慧華
(進学先 新潟大学大学院総合学術研究科)
指導教員 鈴木 哲也 教授

6 深層学習を用いたX線CT画像におけるコンクリートコアのひび割れ検出

新潟大学 農学部 農学科 施設機能工学研究室 池田 弘毅
(進学先 新潟大学大学院)
指導教員 鈴木 哲也 教授

7 柑橘パイプラインシステムにおける用水需要型態の評価

三重大学 生物資源学研究所 水資源工学研究室 高木 涼
指導教員 藤山 宗 准教授

8 ヤマトシジミ貝の再生に向けた志原川水系調査報告

三重大学大学院 生物資源学研究所共生環境学専攻 水利施設工学研究室 関戸 智也
指導教員 岡島 賢治 教授

9 深み工における土砂の堆積を抑制できる水制工形状の解明

滋賀県立大学 環境科学部 生物資源管理学科 廣田 遊史
指導教員 皆川 明子 准教授

10 事前学習済みモデルを用いた柿の水ストレス推定モデルの開発

近畿大学 農学部 環境管理学科 国際開発環境学研究室 大西 直紀
(進学先 近畿大学大学院)
指導教員 松野 裕 教授

11 音響解析とクラスタリングを融合したリップラップの機能診断

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 大森 千嘉
(進学先 神戸大学大学院)
指導教員 井上 一哉 教授

12 溶質輸送実験と数値解析によるマクロ縦分散長の定量化

神戸大学 大学院 農学研究科 藤枝 花奈子
(進学先 神戸大学大学院)
指導教員 井上 一哉 教授

13 鳥取県弓浜半島における淡水レンズの持続的利用に向けた農業用水路「米川」の役割

鳥取大学 持続性社会創生科学研究科 国際乾燥地科学専攻 水圏環境科学研究室 成田 碧
(就職先 ヤンマーホールディングス株式会社)
指導教員 山崎 由理 准教授

14 農業水利施設の運用見直しによる電気使用量削減の検討 — 弓浜干拓地の事例 —

鳥取大学大学院 野田 さゆり
(就職先：東海農政局)
指導教員 清水 克之 教授

15 市街化が進行した地域における農業水利組織の渇水対応とその成立条件

愛媛大学大学院 農学研究科 生物環境学専攻 地域環境工学コース修士1年 小梶 未鈴
指導教員 新田 将之 准教授

16 農業用RC開水路の補修工法の透気性に関する研究

高知大学 総合人間自然科学研究科 農林海洋科学専攻 SAYFULLAEVA BARCHINOYHON
(進路先 愛媛大学大学院 連合農学研究科)
指導教員 佐藤 周之 教授

17-1 クリーク水のpH上昇に及ぼす植物プランクトンの光合成の影響

[キーワード] クリーク、pH、植物プランクトン
佐賀大学 農学部 生物資源科学科 地域環境学研究室 音羽 雪南
(進学先 佐賀大学大学院農学研究科)
指導教員 原口 智和 准教授

17-2 佐賀平野クリークの多自然型護岸工区間の水環境と小型魚類の生息

[キーワード] クリーク、多自然型護岸、小型魚類
佐賀大学 農学部 生物資源科学科 地域環境学研究室 川味 樹星
(就職先：九州環境管理協会)
指導教員 原口 智和 准教授

18 竹セルロースナノファイバーを用いた土壌侵食抑制と3Dモデルを活用した定量評価

鹿児島大学 大学院 農林水産学研究科 環境フィールド科学専攻 農地工学研究室 三浦 菜名穂
(就職先 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究部門)
指導教員 平 瑞樹 助教

19 フォトグラメトリを利用した降雨による侵食状況の可視化と定量的評価の検討

— 喜界島荒木地区の事例 —

鹿児島大学大学院 農林水産学研究科 環境フィールド科学専攻 農地工学研究室 岩田 知起
指導教員 平 瑞樹 助教

11～19の報告は次号（335号）に掲載します。

ため池堤体での小動物等によるアンケート調査と 巣穴被害調査

弘前大学農学生命科学部 地域環境工学科 水利造構学研究室 平岡 修造

(就職先 株式会社大林組)

指導教員 森 洋 教授



1. はじめに

古くからモグラやネズミ等の小動物の生息穴(巣穴)が、堤体盛土の弱体化(漏水等)に繋がると考えられている¹⁾。特に、全国に約15万箇所あるため池は堤体盛土斜面の片側が貯水池に接していることから、豪雨時や地震時において、巣穴による地盤内空洞等がパイピング現象や浸透破壊現象を引き起こし、崩壊に至ると言われている(Fig.1)。河川堤防の点検項目²⁾には「モグラ等の小動物の穴」の評価区分があるが、ため池堤体での点検項目³⁾には小動物等の巣穴被害に関わる評価区分が見当たらないため、実際の小動物等の巣穴被害の全貌が把握できていないのが現状である。本報告は巣穴被害の実態を把握するために、令和7年6月に都道府県庁のため池管理者へアンケート調査を実施すると共に、青森県内にあるため池堤体を対象に小動物等による巣穴被害調査を行ったものである。

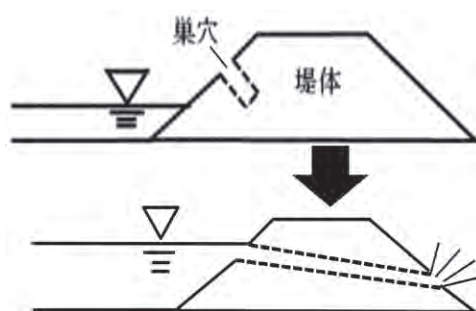


Fig.1 浸透破壊現象

2. アンケート調査

45都道府県からのアンケート回答(回答率96%)から、小動物等による被害確認(相談)があったのは27県で全体の約6割であった。また、東日本では5割であったのに対し、西日本では約7割の県で被害が確認された(Fig.2)。

Fig.3は相談内容を示しているが、約7割がイノシシによる掘り起こし被害であった。

Fig.4では被害が拡大した場合、豪雨時や地震時等でため池堤体が決壊すると思う県が約7割で、主な理由は巣穴や掘削被害等による堤体の弱体化に繋がると考えている。また、分からないと回答した県も10県あり、その主な理由は巣穴被害自体に対して一概に判断できないとしており、巣穴被害に関する情報不足が大きく影響していると思われる。

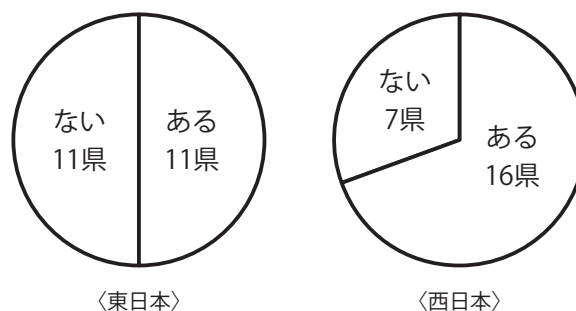
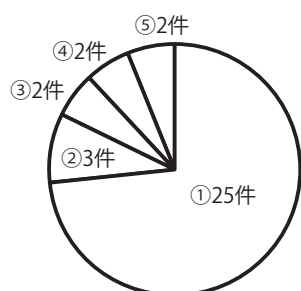


Fig.2 被害確認(相談)の有無



〈主な回答〉

- ① イノシシによる堤体掘り起こし・陥没被害 (25件)
- ② ザリガニによる堤体上流側法尻の浸食被害 (3件)
- ③ ヌートリア等による堤体被害 (2件)
- ④ 取りまとめていない (2件)
- ⑤ その他 (2件)

Fig.3 被害確認(相談)の内容

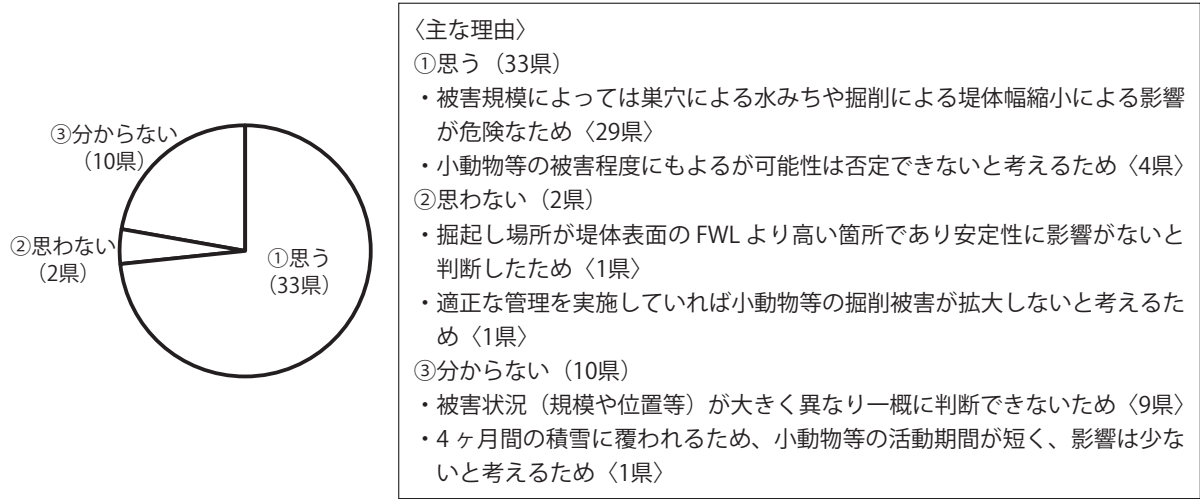


Fig.4 被害が拡大した場合、堤が決壊すると思うか

3. 巣穴被害調査

Fig.5は、令和5年度から令和7年度までに実施してきた巣穴調査箇所 (6箇所) を示す。調査方法としては、堤体法面を3m幅毎に区切り、巣穴個数、巣穴深度、巣穴位置等を測定する。

Fig.6は天端ならびに両斜面高を無次元化 (0～1) しているため池Dの堤長方向での巣穴分布図例を示す。巣穴の多くはハタネズミであると推測されるが、天端では殆ど巣穴は見受けられなく、下流側斜面では天端法肩 (1) に近い上部での巣穴密度が高く、上流側斜面では貯水面を下端 (0) にしているため、中部付近での巣穴密度が高くなる傾向にある。

Fig.7とFig.8は各ため池堤体の上流側斜面および下流側斜面の巣穴密度 (巣穴個数を実測面積で割った値) を、斜面の上部・中部・下部に区分して示している。上流側斜面の方が下流側斜面と比較して巣穴密度が全体的に高く、上流側斜面では上部と中部で巣穴密度が高く、貯水池に近い下部での巣穴密度が小さくなる。また、下流側斜面でも上部と中部で巣穴密度が高くなる傾向にあるが、ため池Aとため池Fでは下部での巣穴密度が他の4箇所と比較して高くなる。

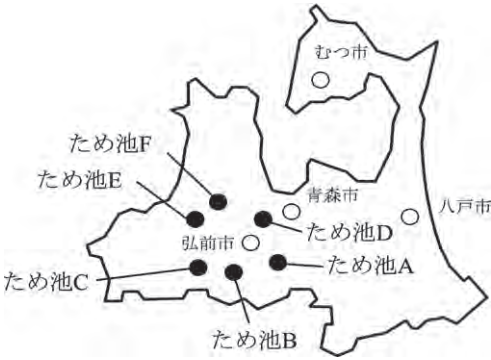


Fig.5 巣穴調査箇所

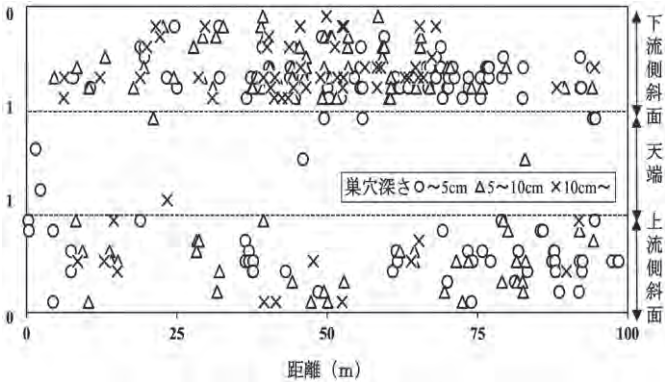
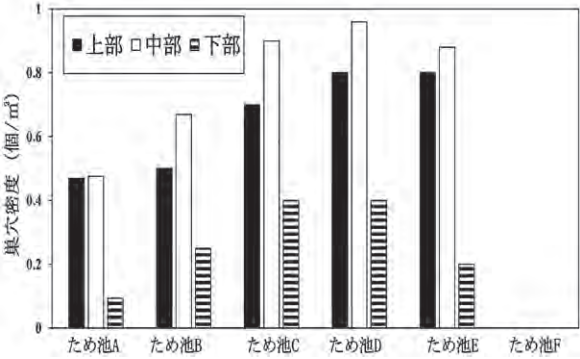


Fig.6 ため池Dでの巣穴分布図例



※ため池Fの上流側斜面はブロック張りのため調査不能

Fig.7 各ため池での上流側斜面の巣穴密度

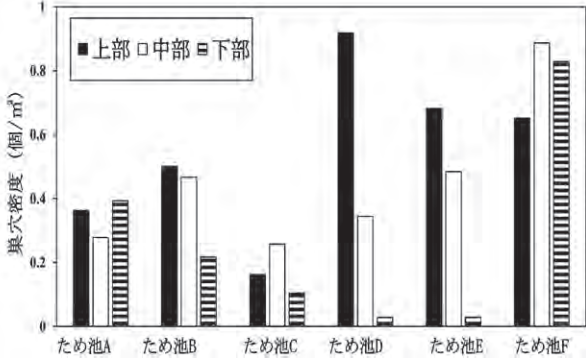


Fig.8 各ため池での下流側斜面の巣穴密度

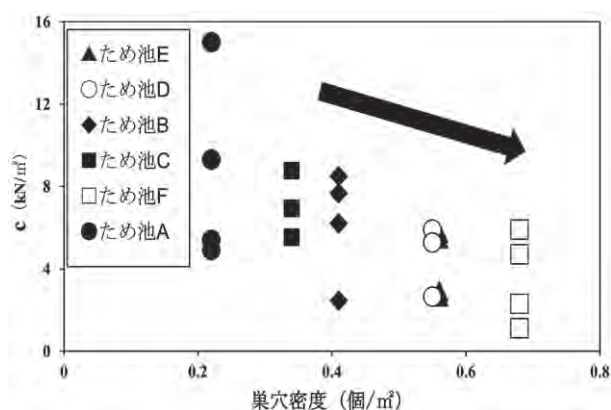


Fig.9 cと巣穴密度

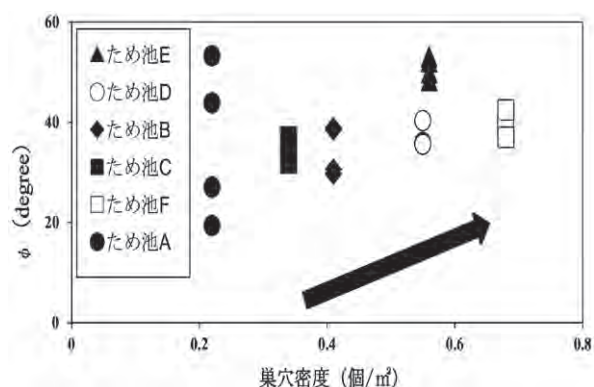


Fig.10 φと巣穴密度

他の4箇所での下流側の周辺環境が畑地や水田等の耕作地に対して、ため池Aは沢筋の水面に接し、ため池Fは道路であることから周辺環境の違いが影響を与える可能性はある。

Fig.9とFig.10は、現場ベーンコーンせん断試験により得られた各ため池堤体での粘着力(c)と内部摩擦角(φ)の関係を示す。cが小さくφが大きくなるに従って巣穴密度が高くなる傾向にあることから、小動物等は砂質土系の掘削しやすい地盤条件を好んで巣穴を作ることが推測できる。

また、人間の生活圏が小動物等の存在に影響を及ぼすと考え、ため池を中心とした半径R内にある建物数を半径R内に占める領域面積で割った値(建物密度: Fig.11)で巣穴密度を検討した結果をFig.12に示す。R=700mまでの検討ではあるが、建物密度が高くなるに従って巣穴密度が高くなり、ある一定程度の値に至る傾向にある。

4. まとめ

巣穴密度は下流側斜面よりも上流側斜面で高く、斜面上部や中部に集中する傾向にあった。また、cが小さくφが大きい砂質土系での堤体盛土の巣穴密度が高くなることから、地盤強度

による影響も無視できないと考える。データの更なる蓄積等が必要ではあるが、人間の生活圏が巣穴密度に何らかの影響を与える可能性を巣穴密度と建物密度との関係性で一定程度示すことが出来た。今後は、ため池周辺の耕作地面積割合にも着目した検討を進め、周辺の土地利用条件と巣穴密度との関係を明らかにする。

参考文献

- 1) 尾沢卓忠: 堤防におけるモグラ穴の実態調査について、水工学論文集、第37巻、pp.845-848(1993)
- 2) 交通省水管理・国土保全局河川管理課: 堤防等河川管理施設及び河道の点検・評価要領(2023)
- 3) 農林水産物農村復興局整備部防災課: ため池管理マニュアル(2020)

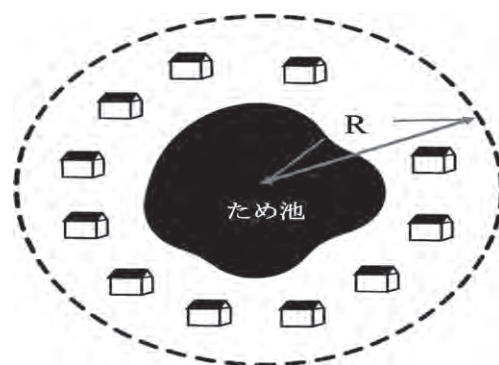


Fig.11 建物密度の算出方法

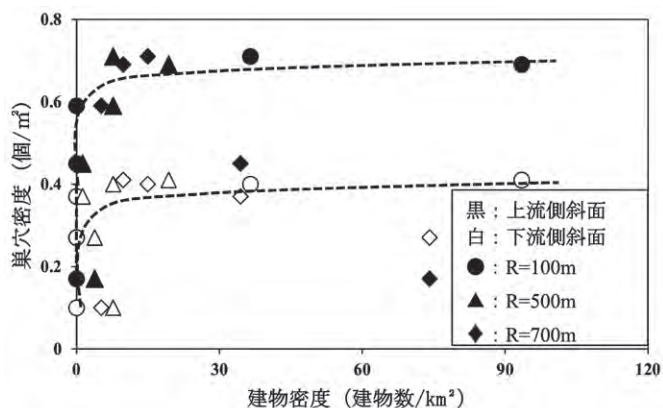


Fig.12 建物密度と巣穴密度

印旛沼の循環灌漑地区における降雨時の水質流出特性

東京農工大学 農学部 地域生態システム学科 水利環境保全学研究室 4年 大場 有紗

(進学先 東京農工大学農学研究院)

指導教員 加藤 亮 教授



1. はじめに

1.1 研究背景

近年の世界的な人口増加に伴い、限りある水資源を効率的に利用することが重要な課題である。特に農業分野では多量の水を使用することから、節水と水質保全を両立した水管理手法が求められている。その中で注目されているのが循環灌漑である。循環灌漑は、農地からの排水を再び灌漑用水として利用する灌漑方式であり、節水効果に加えて排水流出を防ぐことによる水質改善効果の両面が期待されている。研究対象地区である印旛沼の流域は、沼の容量に対して流域面積が広いという特徴があり、洪水リスクが高い水域である。それに伴い汚濁物質も溜まりやすく、富栄養湖として知られている。また近年の都市化や降雨形態の変化により、流出量の増加や流出時間の短縮が懸念されている。

1.2 目的

降雨時の水質流出特性を明らかにすることを目的とする。平常時と降雨時の水質変化の違いや循環灌漑システム運用面の影響について検討した。

1.3 一般的な水田からの水質流出機構

降雨が発生すると、溶存態として存在するECや NO_3^- は下方へ浸透し、地下水と共に流出する。一方、懸濁態として存在する窒素・リンは表面流出によって土粒子と共に流出する。そのため、降雨後EC・窒素(溶存態)は希釈され低濃度に、リン・窒素(懸濁態)は高濃度になる。

2. 研究手法

2.1 対象地区

千葉県印旛沼の白山甚兵衛循環地区排水路を対象地区とする。周辺の水田では主にイネが栽培されていて、水源である印旛沼の水質悪化が問題となり平成22年から循環灌漑システムが導入された。この地区では、全体の約36%にあたる水田からの排水をポンプで揚水し、地区内の水田への灌漑用水として再利用している。不足分は印旛沼からの取水で補っている。

2.2 使用データ

今年度10月から導入した自動採水器で得られた6週間分のデータを用いた。現地で採水した水をT-N全窒素濃度はアルカリ性ペルオキシ二硫酸カリウム分解法、T-P全リン濃度はペルオキシ二硫酸カリウム分解法を用いてそれぞれ実験室で測定した。排水路に設置してあるHOBOロガーから得られる1時間ごとのEC電気伝導度も用いた。また、排水路の水位上昇時に印旛沼へ排水するポンプ場である大竹排水機場の排水量データも用いた。

3. 結果

3.1 2025/10/31大雨時のEC時間変動

図1は約50mm/日の降雨があった日以降のEC時間変動を示した。降雨が始まるとすぐECが低下し、降雨量が大きい時間帯ほど低下幅も大きい。その後、降雨が収まるとECは徐々に上昇し、約36時間(1日半)かけて回復した。

3.2 T-N日変動

2025年10月17日～11月28日の全窒素と

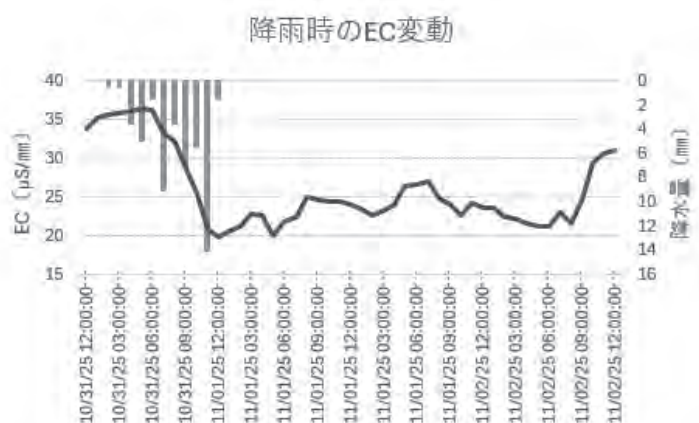


図1

降水量の日変動を図2に示した。グラフから、降雨後に窒素濃度が一時的に上昇する挙動が見られた。また、降雨スケールの違いによって窒素濃度の応答が異なることが示唆された。

3.3 T-P日変動

同時期の全リンと降水量の日変動を図3に示した。降雨直後に一時的に濃度が上昇する傾向が確認された。特に降水量が比較的大きい時に、その傾向が顕著に現れている。一方で、降雨がない期間は低濃度で安定している。

3.4 排水挙動

図4は大竹排水機場における排水量、排水路のEC、降水量の時間変動を示した。グラフから、降雨日の直後には排水路の水位上昇に伴ってポンプが稼働し、排水量が増加する挙動が確認された。

4. 考察

本研究では降雨に対して水質項目ごとに異なる挙動が確認された。結果から降雨後に懸濁態成分は高濃度化し、溶存態成分は希釈により低下するということが示され、これは従来の知見と整合する。また地区内で測定したECは比較的高い値を示していた。循環灌漑地区は低湿地に位置し、滞水しやすく還元的な環境であり、有機物の分解が遅延し、ECが高い状態を示したと考えられる。

また、循環灌漑において農業用水の水質保全と環境負荷低減との間にトレードオフが存在することが示唆された。農業の観点からは、降雨後にECの高い水を排水することは水質の安定化につながり、作物生産に良い影響を及ぼす。一方で、環境や運用の観点からは、排水する際のポンプ操作によるエネルギー消費が増大し環境負荷が懸念される。今後は、排水操作のタイミングや時期の最適化が重要な課題であると考えられる。

5. 結論と今後の展望

降雨が排水路水質に与える影響は一時的かつ変動が大きく、月1回程度の水質測定のみではその変化を十分に把握することが困難である。今後は、降雨量や降雨パターンの違いに着目してそれぞれの条件下における水質応答を比較・整理することで、より詳細な流出特性の解明が可能になると考えられる。さらに自動採水器による高頻度かつ長期的なデータを活用することで、循環灌漑における適切な排水管理の検討や印旛沼への汚染負荷軽減に関する知見を提供できると期待される。

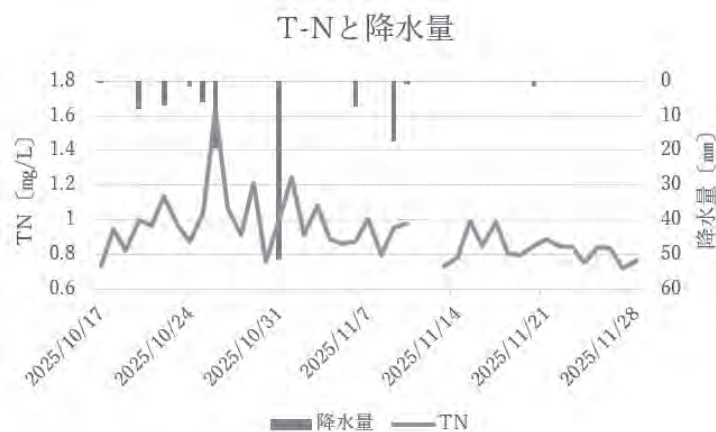


図2

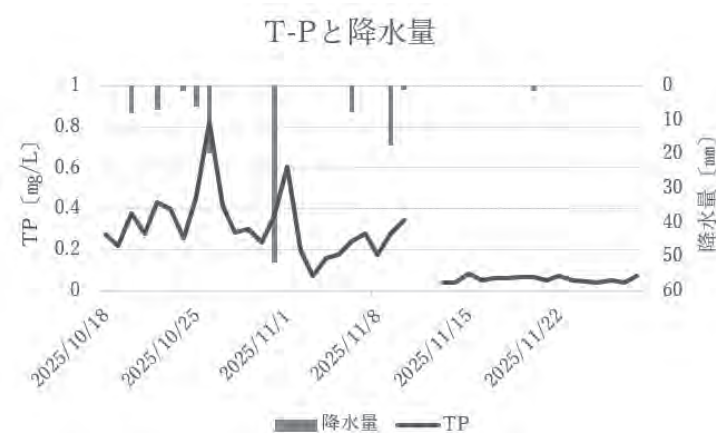


図3

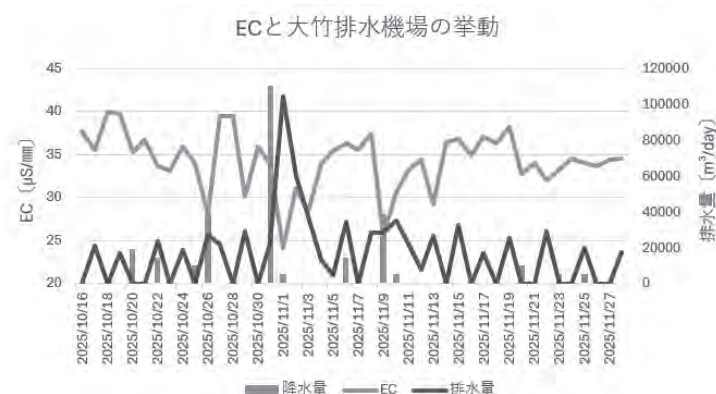


図4

石垣島宮良川流域における 流域水文・氾濫解析モデルの再現性評価

東京農工大学 農学部地域生態システム学科 水資源計画研究室 但馬 綾
(進学先 東京農工大学大学院先進学際科学府先進学際科学専攻予測情報学コース)
指導教員 福田 信二 教授



1. はじめに

近年、気候変動の影響により、日本各地で記録的な豪雨や大規模降雨イベントが頻発しており、降水や河川流量の時空間的な変動パターンが変化しつつあることが懸念されている。これに伴い、水利施設の運用や水資源管理の方針にも影響を及ぼす可能性がある。計画規模を超える洪水に備えるためには、過去に経験のない豪雨に対しても妥当かつ信頼性の高い流出解析・予測手法を確立することが重要である。

本研究では、石垣島宮良川流域を対象として、分布型降雨流出氾濫モデル(Rainfall-Runoff-Inundation Model、以下RRIモデル)を用いた流出・氾濫解析を実施し、モデルパラメータの設定が再現性に及ぼす影響について検討した。具体的には、対象流域におけるRRIモデルの適用可能性を確認するとともに、流出再現に適したモデルパラメータの設定について評価することを目的とする。降雨流出・氾濫モデルの再現性が向上すれば、河川内の任意地点における流量や水位の時系列変化を推定することが可能になり、感潮域を含む河道内の水理解析における境界条件として有用な基礎情報の整備に資することが期待される。

2. 研究手法

2.1 対象流域と使用データ

本研究の対象流域である宮良川は石垣島最長の河川(河川長12km)であり、流域内に2つのダムと2つの頭首工を有する。本研究では、流域内降水量を算定するため、降水量データとして気象庁の過去の気象データから石垣島および盛山の2地点の1時間ごとのデータを使用し、ティーセン法を用いて流域内に空間補間した。対象流域内では、河道における連続的な流量データが限られているため、モデルの検証には、底原ダムにおける1時間ごとのダム流入量の観測値を使用した。

2.2 RRIモデルの概要と設定パラメータ

RRIモデルは、国立研究開発法人土木研究所ICHARMにより開発された、降雨流出および氾濫を同時に計算可能な分布型モデルである¹⁾。斜面部は2次元モデル、河道部は1次元モデルとして計算される。本研究では、RRIモデルの計算に必要な地形関連データとして、5秒(約150m)解像度の日本域表面流向マップ(J-FlowDir)を使用し、RRIモデルのマニュアル²⁾に従い、流向・流路等のデータを読み込んだ。河道におけるマンニングの粗度係数は0.030とし、その他のパラメータについては、後述する透水係数、斜面におけるマンニングの粗度係数、土層厚を除き、既定値を使用した。

2.3 モデルパラメータの検討と評価手法

RRIモデルの再現性評価のために、過去の豪雨イベントを選出した。モデル再現性の評価期間として、日降水量が最大149mmとなった比較的継続的な降雨が特徴の期間である2023年7月30日から8月6日(以下、期間(1))に加え、最大1時間降水量44mmの短時間強雨が発生した期間である2023年8月30日から9月10日(以下、期間(2))を選定した。本研究で検討するパラメータは、透水係数 k_{sv} 、斜面におけるマンニングの粗度係数 ns_slope 、土層厚 sd であり、表1に示すパターンを組み合わせた計36通りについて計算した。モデル精度の評価指標には、Nash-Sutcliffe指数(NSE)、二乗平均平方根誤差(RMSE)、および相関係数(R)を使用し、観測流入量とRRIモデルによる計算流量を比較した。

表1 調整したモデルパラメータの条件

パラメータ	設定
斜面におけるマンニングの粗度係数 ns_slope ($m^{-1/3} \cdot s$)	0.01, 0.15, 0.575, 1.0
透水係数 k_{sv} (m/s)	10^{-9} , 10^{-7} , 10^{-5}
土層厚 sd (m)	0.5, 1.0, 2.0

2.4 河道内での流況再現性の評価

再現計算では、日最大雨量が120mmを超える非常に激しい降雨が発生した2025年5月10日から5月11日を対象期間とした。その際、流況観測のためのカメラを設置している中流域2地点(二又堰上流、平喜名堰上流)と河口部1地点(宮良橋下流左岸)の計3地点における1時間ごとの計算流量をRRIモデルにより算出し、カメラ画像

に基づく最高水位発生時刻を基準に再現性を評価した。画像に基づく流況評価では、写真1～2に示すカメラ画像(5分間隔で撮影)を用いて降雨時の最高水位の発生時刻を推定した。なお、本研究では、モデルで算出された最大流量の発生時刻(1時間間隔)と比較するため、カメラ画像から取得した最高水位の発生時刻(5分間隔)を代表時刻として使用した。

3. 結果と考察

3.1 モデルパラメータとダム流入量の再現性

2023年の期間(1)および期間(2)におけるモデルパラメータの組み合わせの再現性のうち、上位4ケース(P1～P4)に関する評価結果を表2に示す。NSEは最大0.64、RMSEは最小1.21、Rは最大0.84となり、一定の再現性を有することが示された。一方で、期間(1)と期間(2)の間で再現性にばらつきが見られ、評価指標ごとに相対的に良好と判断されるモデルパラメータの組み合わせが異なることが確認された。このことは、比較的継続的な降雨と短時間強雨とでは流出応答特性が異なり、単一のモデルパラメータで両者を同程度に再現することが容易ではない可能性を示唆している。



写真1 河口部の定点カメラ 写真2 二又堰の定点カメラ

表2 モデルパラメータと流量の再現性

	<i>ns_slope</i>	<i>Ksv</i>	<i>sd</i>	NSE	RMSE	R
P1	0.01	10 ⁻⁵	2.0	0.13	1.21	0.76
P2	0.01	10 ⁻⁷	2.0	0.64	1.44	0.84
P3	0.01	10 ⁻⁵	0.5	0.32	1.21	0.78
P4	0.01	10 ⁻⁷	0.5	0.64	1.44	0.84

3.2 観測流量時系列データの再現性

図1より、期間(1)および期間(2)において、ピーク時刻や流量の立ち上がり、減衰過程は概ね再現できていることが確認された。一方、期間(2)では、短時間強雨時において計算流量が観測値を過大評価していた。これらの再現誤差の要因として、期間(1)と期間(2)で降雨特性が大きく異なることに加え、既定値を用いた未調整パラメータの影響、ティーセン法で空間補間した降雨分布と実際の降雨分布の乖離等が考えられる。

3.3 宮良川中下流域における最高水位発生時刻の再現性

ダム流入量の再現性上位4ケースのモデルパラメータを用いて、宮良川流域内3地点における流量再現計算の結果を図2に示す。計算流量の時系列変化より、最大流量発生時刻が上流から下流にかけて約1時間ずつ遅れる傾向が確認された。一方、各観測地点における画像解析により確認した実際の最高水位発生時刻は、RRIモデル

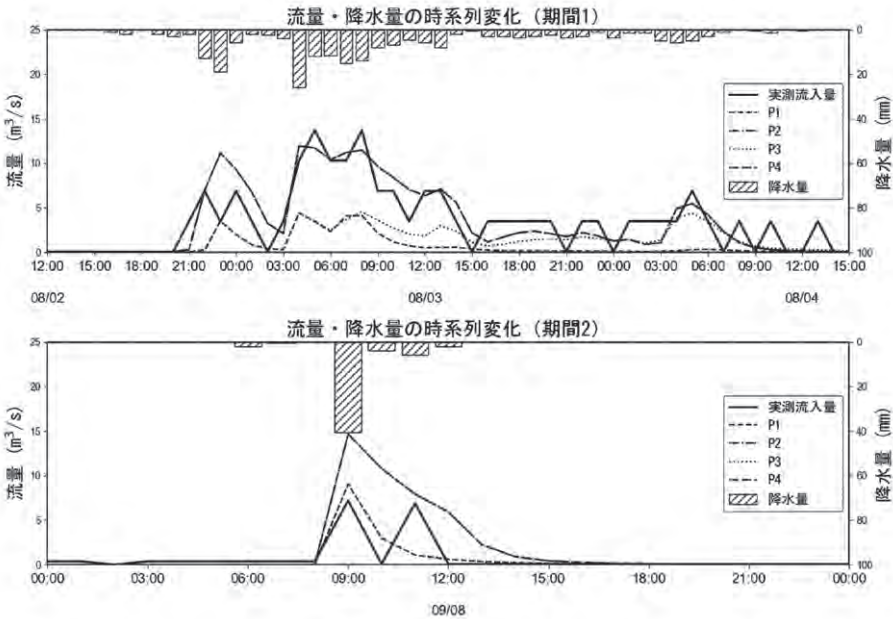


図1 流量と降水量の時系列変化：(上) 期間1；(下) 期間2

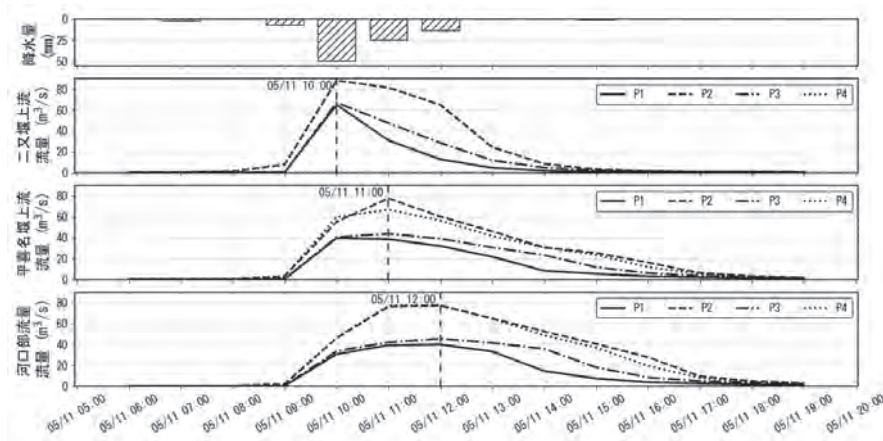


図2 再現計算における降水量と計算流量

による推定ピーク時刻よりも約1時間遅れており、モデル上では最大流量が早く出現した。観測地点の1つである二又堰上流地点における通常時および流量ピーク時の様子(写真3～4)から、これらの時間的な再現誤差の要因として、本研究では流域内に存在するダムや頭首工による貯留効果や操作の影響をモデルに反映していないことに加え、降雨分布の再現性や潮汐の影響を考慮していない点が考えられる。

また、平喜名堰における計算流量は、他の2地点と比較して最も小さかった。この要因として、平喜名堰周辺における河道形状や取水・堰操作の影響とともに、未調整のモデルパラメータやモデルに考慮されていない流域特性が影響している可能性がある。これらについては、今後さらなる現地情報の整理と解析手法の検討が必要である。

4. まとめ

本研究では、石垣島宮良川流域を対象にRRIモデルを用いた流量計算および再現性評価を実施し、モデルパラメータの適用可能性を評価した。その結果、降雨特性の異なる事例においても、一定の再現性を有するモデルパラメータの組み合わせが確認された。一方で、ダム・頭首工の操作、降雨の空間分布、潮汐の影響を考慮していない点が再現誤差の要因として示唆された。今後は、これらの影響を考慮したモデル改良を行うことにより、感潮域を含む河道内水理解析に必要な境界条件として、より高精度な流出予測手法の構築が期待される。

参考文献

- 1) 佐山敬洋・岩見洋一, 国際社会における水災害リスク軽減の取組み 降雨流出氾濫(RRI)モデルの開発と応用, 土木技術資料 56-6(2014)
- 2) ICHARM PWRI, Rainfall-Runoff-Inundation (RRI) Model Technical Manual, (2014年2月)
- 3) 国土交通省水災害予報センター(2024年7月31日), 流出予測の高度化について(RRIモデル), 資料3
- 4) 矢野雅昭・滝口真澄, 岩尾内ダムにおけるRRIモデルによる流出予測の検討について—物理分布型モデルでの流域地質分布の考慮—, 第64回(2020年度)北海道開発技術研究発表会論文
- 5) 矢野雅昭・以後昭洋, 岩尾内ダムにおけるRRIモデルによる流出予測の再現性向上—物理分布型モデルでの流域地質分布の考慮—, 第65回(2021年度)北海道開発技術研究発表会論文
- 6) 柿沼太貴・中村要介・伊藤弘之・池内幸司, 複数洪水イベントの組み合わせによる洪水予測に適したRRIモデルパラメータの最適化手法に関する検討, 河川技術論文集, 第26巻, 2020年6月
- 7) 栗林大輔・佐山敬洋・近者敦彦・中村要介・工藤俊・澤野久弥, 阿賀野川における降雨流出氾濫モデルの適用について, 水文・水資源学会2015年度研究発表会, pp 101-102, 2015
- 8) ICHARM PWRI, 降雨流出氾濫(RRI)モデル, 国立研究開発法人 土木研究所 水災害・リスクマネジメント国際センター(ICHARM)



写真3 二又堰定点カメラの画像(通常時)

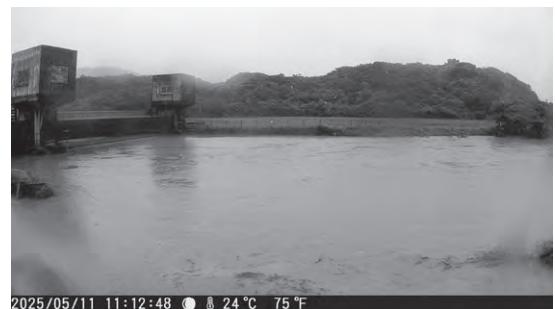


写真4 二又堰定点カメラの画像(流量ピーク時)

UAV画像と点群を用いたGSD推定による農道橋舗装部のひび割れ幅推定

新潟大学 農学部 田上 慧華
(進学先 新潟大学大学院総合学術研究科)
指導教員 鈴木 哲也 教授



1. はじめに

近年、構造物の点検において目視による確認に代わりUAVなどにより撮影した画像から自動で損傷を検出する試みが多く行われている。既往研究では深層学習を用いて画像からひび割れを検出する仕組みが検討されてきた¹⁾。橋梁が利用可能な状態であるかを判断する基準としてひび割れ幅が用いられている²⁾。そのため、点検の自動化を行うためには画像から検出したひび割れを実際のスケールと紐づける必要がある。

そこで本研究では、UAVにより取得した点群データと画像のEXIF (Exchangeable Image File Format) 情報から各画像の撮影高度を求めることで、GSD (地上解像度、Ground Sample Distance) を算出した。求めたGSDを用いて、画像中のひび割れ幅のピクセル数から実際のひび割れ幅を推定することを試みた。

2. 計測方法

計測対象とした構造物は、新潟県柏崎市に位置する栃倉大橋である。栃倉大橋は平成8年に供用開始された2径間連続鋼板桁橋である。計測にはUAVであるMatrice 350 RTK (DJI社) に搭載されたデジタルカメラであるZenmuse L1 (LIVOX社) を使用し、可視画像とLiDAR点群を取得した。Zenmuse L1の技術仕様は、焦点距離8.8 mm、画像サイズ5,472×3,648 pixels、センサーサイズ13.2×8.8 mmである。ひび割れの解像度を一定に保つため、UAVの高度は離陸地点から5 m一定に保つよう調整して飛行させた。推定したひび割れ幅の精度検証を行うため、栃倉大橋の一部のひび割れに対し、クラックスケールを用いてひび割れ幅の計測を行った。計測するひび割れは無作為に選定し、橋全体で24のひび割れ測点を設け、各測点で3箇所のひび割れ幅をクラックスケールにより計測した。

3. 解析方法

GSDについて、画像と点群データの座標をマッチングさせ、地表面からUAVまでの高度を画像ごとに求めることにより算出した。GSDの導出式を(1)に示す。

$$GSD = \frac{H \times \frac{SW}{ImW}}{F} \times 100, \quad (1)$$

ここで、GSDは地上画素寸法(cm/pixel)、HはUAVの高度(m)、SWはセンサーサイズ(mm)、ImWは画像サイズ(pixel)、Fは焦点距離(mm)である。画像上のひび割れ幅のピクセル数とGSDから実際のひび割れ幅を推定し、実測値と比較した。UAV画像を用いたGSD算出法の概要を図1に示す。点群と座標のマッチングを行うにあたり、EXIF情報の座標系を地理座標系のWGS84から点群の座標系である投影座標系のUTM Zone 54Nに変換した。点群と画像の座標マッチングにはkd木を用い、各画像の座標の最近傍点を求めた。kd木は多次元空間を分割して二分木構造に変換する手法であり、点群から任意の点の最近傍点を効率的に探索できる。マッチングによって求められた最近傍点の高度と画像の高度の差は、撮影対象からUAVまでの距離であるため、求めた高度とカメラパラメータから画像ごとにGSDを算出した。ピクセル数の計測について、キャリブレーションによってレンズによる歪みを補正した画像を使用した。画像におけるひび割れ幅の計測にはImageJを使用し、ピクセル数を記録した。これにより求めたピクセル数と画像ごとに算出したGSDによって画像から実際のひび割れ幅の予測値を算出し、実測値と比較した。

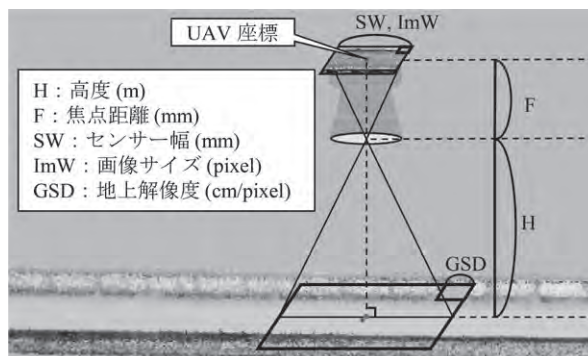


図1 GSD算出概要

機械学習などにより画像から検出されたひび割れに対しひび割れ幅を測定するため、二値化画像からひび割れの骨格を抽出し、抽出し骨格に対しひび割れ方向を推定した。推定された角度の法線方向を幅として定義することでひび割れ幅のピクセル数を測定した。ひび割れ方向、幅方向の定義を図2に示す。測定したピクセル数にGSDをかけることで実際のひび割れ幅を推定した。ひび割れ骨格の抽出には細線化を用いた。細線化とは、元の画像から分岐や曲線を維持しながら幅1画素の線に簡略化して表現する手法である。細線化にはGuoHall法³⁾を用いた。GuoHall法は画像端の細線化は行えないため画像端を除いた中心部について方向推定および幅推定を行うこととし、オーバーラップさせることにより不足部分を補うこととした。ひび割れ方向は対象のピクセルを中心としたウィンドウ内に対し主成分分析を使用することで推定した。ウィンドウサイズは 3×3 と 5×5 の2種類を用いて比較した。対象ピクセルからひび割れ方向に対して垂直に伸ばした直線とひび割れ輪郭との交点を求め、2点間のユーグリッド距離を幅として測定した。

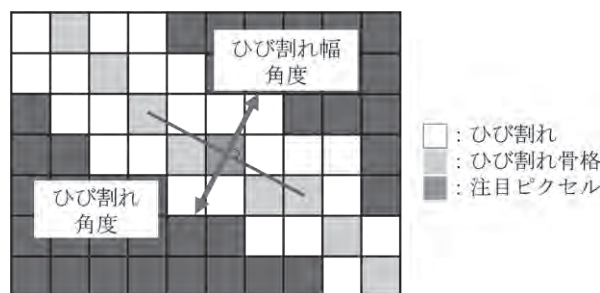


図2 ひび割れ幅の定義

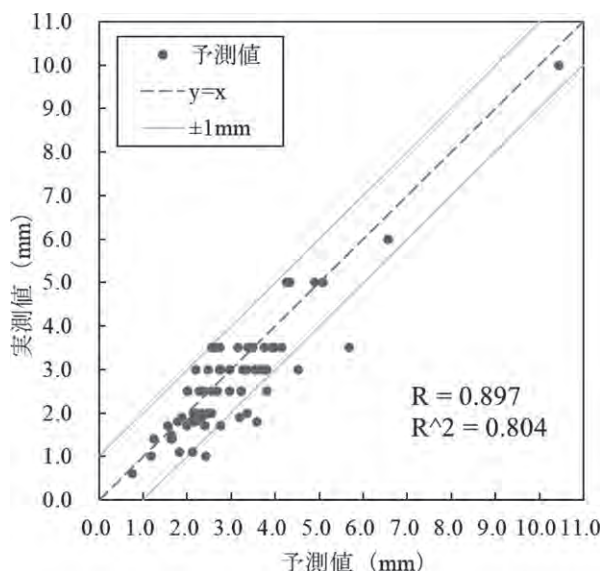


図3 実測値と予測値の関係

4. 結果および考察

UAV画像のGSD推定により求めたひび割れ幅の予測結果を実測値と比較した結果を図3に示す。本図は予測値と実測値の関係を散布図で示し、誤差の値が0である $y=x$ 、そこから $\pm 1\text{mm}$ の範囲を示したものである。相関係数は0.897、決定係数は0.804であり、強い正の相関が見られた。検定により母集団にも相関があることが分かった。予測値の誤差は概ね1mmの範囲に収まっており、誤差が1mm以上の場合は実測値より予測値が大きく、過大評価となっている。ひび割れ全体の幅を推定した結果、細線化によって抽出された骨格上においてひび割れ幅を推定することができた。

5. おわりに

本研究では、点群データと画像のEXIF情報からGSD推定を行い、ひび割れ幅を予測した。その結果、舗装部とUAVの高度差からGSDを算出することにより、画像から実際のひび割れ幅を予測できることが示唆された。また、UAV画像から検出されたひび割れの二値化画像からひび割れ全体の幅を自動で推定可能であることが示唆された。

引用文献

- 1) 田中熙, 柴野一真, 鈴木哲也: ハイブリッドAIによる農道橋床板舗装部の損傷検出の高精度化, 農業農村工学会誌, Vol. 93, No. 1, 3-6, 2025。
- 2) American Association of State Highway Officials (AASHTO): LRFD Bridge Design Specifications, Tenth Edition, p.24, 2024.
- 3) Z.Guo and R W. Hall: Parallel thinning with two-subiteration algorithms, Communications of the ACM, Vol.32, No.3, pp.359-373, 1989.

深層学習を用いたX線CT画像における コンクリートコアのひび割れ検出

新潟大学 農学部 農学科 施設機能工学研究室 池田 弘毅

(進学先 新潟大学大学院)

指導教員 鈴木 哲也 教授



1. はじめに

深層学習を用いたコンクリートコアのCT画像におけるひび割れ検出において、クラス間の不均衡が主要な課題となる。CT画像内でひび割れが占める割合は小さく(本研究では約0.4%)、大部分は骨材、モルタル、背景で占められている。このような極端な不均衡下では、モデルは多数派クラスへの分類バイアスを形成し、少数派クラスの検出性能が低下する。深層学習における不均衡データへの対応手法として損失関数の改良が提案されている。

本研究では、クラス間の不均衡による課題をより効果的に解決するため、Focal Lossの改良版であるClass-Frequency-Aware Focal Loss(CFL)を提案する。4種類の損失関数(クロスエントロピー損失、Focal Loss¹⁾、Combo Loss、提案するCFL)を比較し、コンクリートコアのCT画像におけるひび割れ検出性能を定量的・定性的に評価する。

2. 実験および解析手法

2.1 解析方法

本研究では、深層学習モデルの訓練および精度検証に、X線CT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、手動で各ピクセルに対して正確なラベルクラス(骨材、モルタル、ひび割れ、空隙および背景)が付与した。

コンクリート供試体のCT画像は軸方向に沿って取得され、ボクセルデータから矢状面、冠状面、横断面が抽出された。入力画像は512×512pixelにトリミングされ、画像の実スケールとの整合性を保つため、リサイズ処理は行わなかった。トリミング時に生じた余白部分は背景として0パディングを行った。

計693枚のX線CT画像を用い、673枚を学習用、20枚をテスト用としてデータセットが構築し、学習データはHold-out法により9:1の比率で学習用と検証用のデータに分割した。

セマンティックセグメンテーションモデルにはU-Netを採用した。アーキテクチャの詳細を図1に示す。最適化手法にはAdamWを使用し、モデルの訓練が安定的に行われるようにした。本研究では、クロスエントロピー損失(CE)、Focal Loss(FL)¹⁾、Combo Loss(Combo)、および本研究で提案するClass-Frequency-Aware Focal Loss(CFL)の4種類の損失関数を用いてモデルの性能を比較評価した。CFLは以下の式で定義される。

$$L_{CFL}(p_i^c) = - \sum_{i=1}^{N^{(L)}} (1 - p_i^c)^{\gamma_c} \log(p_i^c) \quad (1)$$

$$\gamma_c = \min \left(\lambda \frac{p_c}{1 - p_c + \varepsilon}, \gamma_{\max} \right) \quad (2)$$

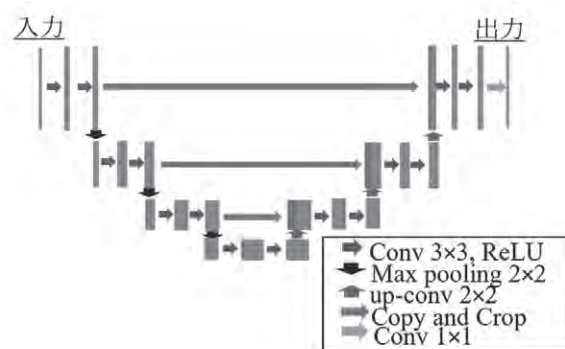


図1 U-Netアーキテクチャ

p_i^c はモデルの出力層であるソフトマックス関数の出力値、 $N^{(L)}$ はクラス数、 p_c はクラス頻度、 λ はスケーリング係数、 ε はゼロ除算を防ぐ数、 $\gamma_{\max}$ は γ_c の最大値を示し、 λ 、 ε 、 $\gamma_{\max}$ はハイパーパラメータとしてチューニングを行った。CFLは各クラスにFocal Lossの焦点パラメータ γ を個別のクラスに割り当て、クラス間の不均衡に対して非線形重み付けを導入することで、特に少数派クラスに焦点を当てた学習を可能にする。

モデル評価には混同行列を用い、混同行列とPrecision-Recall曲線(PR曲線)を元に計算される平均適合率(AP)を指標として各損失関数を用いたモデルの性能を定量的に評価した。

2.2 実験方法

本研究で対象としたコンクリートコアは、既設のコンクリート構造物7基から採取されたものと実験室で打設してコンクリートコアの計146本を用いた。コンクリートコアの内部構造情報を取得するため、X線CT法による計測を行った。使用したCTスキャナはCanon Medical Systems社製のAquilion ONE(型式:TSX-301C/6A)である。ヘリカルピッチは51.0とし、スライス厚は0.5mm、1回転あたりのスキャン速度は0.5mm/rotationとした。照射条件は管電圧120kV、管電流300mAとした。

3. 結果および考察

各損失関数を用いたセグメンテーションモデルのひび割れ検出について検討を行った。図2にテストデータの画像におけるひび割れ検出結果を示す。Combo LossとCFLは、クロスエントロピー損失とFocal Lossと比較して、より多くのひび割れを検出できている。CFLは他の損失関数と比較して、ひび割れクラスにおいてひび割れとは言えない形状の領域が検出される傾向が確認された。

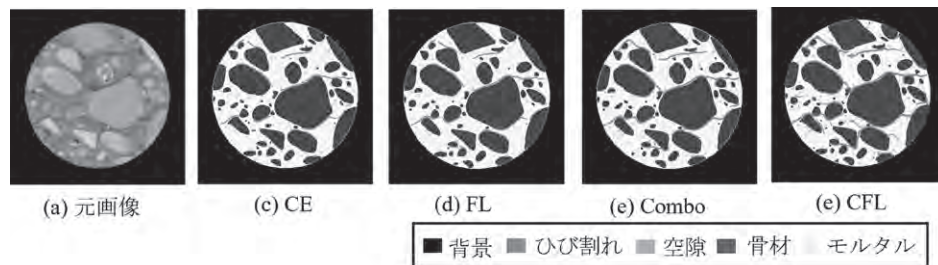


図2 ひび割れ検出結果

表1に各損失関数の混同行列から算出したひび割れクラスの精度、再現率およびF1-スコアとPrecision-Recall曲線より算出した平均適合率(AP)を示した。精度と再現率の調和平均であるF1-スコアでは、CFLが0.785で最大であった。再現率は0.801と他の損失関数と比較して最大0.577増加した。これは、CFLがクラス頻度に応じた非線形の重み付けにより、少数クラスであるひび割れの検出性能を大幅に向上させたことを示している。一方、精度は最小値であった。これは、ひび割れクラスへの重み付けが強化されたことで、モルタル等の類似テクスチャを持つ領域や骨材やモルタルの境界面を誤検出する傾向が増加したためと考えられる。CFLは、AP=0.747であり、最大値であった。この値は、他の損失関数と比較して、精度と再現率のトレードオフの関係において、高い精度を確保しながら高いRecallを実現できていることを示している。CFLのPR曲線の低い再現率の範囲では精度の相対的な低下とその後の増加が観察された。これは、モデルがひび割れであると確信している領域において、他の損失関数と比較して誤検出が発生する割合が高いことを示している。その後、Recallが上昇する過程で、ひび割れを正確に検出できている割合が増加し、精度が上昇した。

表1 ひび割れクラスの評価指標

損失関数	精度	再現率	F1-スコア	平均適合率
CE	0.935	0.224	0.362	0.728
FL	0.941	0.281	0.433	0.724
Combo	0.817	0.539	0.649	0.735
CFL	0.77	0.801	0.785	0.747

4. おわりに

本研究では、深層学習を用いたコンクリートコアのCT画像におけるひび割れ検出の不均衡データへの対処としてCFLを提案し、その有効性を実証した。今後の研究では、CFLで発生した誤検出を減少させる手法を検討する。

参考文献

- 1) Lin, T.-Y., Goyal, P., Girshick, R., He, K., and Dollar, P. (2017): Focal Loss for Dense Object Detection, 2017 IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV), 2980-2988.

柑橘パイプラインシステムにおける用水需要型態の評価

三重大学 生物資源学研究科 水資源工学研究室 高木 涼
指導教員 藤山 宗 准教授



1. はじめに

近年、柑橘栽培における高品質化・省力化を目的としてマルチドリップ栽培方式の導入が進み、その結果として用水需要の形態が変化している(鈴木、2016)。このような背景から、農業用水の安定供給の重要性は一層高まっている。また、河川等からの安定した水源確保が困難な柑橘園地においては、ファームポンドの限られた容量をいかに効率的に利用するかが重要な課題となっている(藤山ら、2025)。本研究では、年間を通してファームポンドの水の枯渇が発生している三重県南部地域のA地区の柑橘パイプラインシステムを対象とし、ICTを活用した水管理システムにより取得したデータを基に用水需要の形態をパターン化することで、水利用における課題を明らかにする。また、均等配水の観点から利用可能な用水量を算定し、将来的な安定的水利用の可能性を評価することを目的とする。

2. 対象地区および水利システムの概要

対象地区である三重県南牟婁郡御浜町A地区(令和7年度の柑橘作付面積18ha、その約9割が温州ミカン)(図1)は、国営農地開発事業により整備され、2025年冬季より県営中山間地域整備事業による更新が進められている柑橘ほ場整備地区である。

A地区の水利システムでは、湧水池(水源)に設置されたポンプ(吐出量 $0.2\text{m}^3/\text{min}$ 、揚程110m、水位に応じた自動on-off制御)によりファームポンド(幅4.5m×長さ12m×有効水深1m)へ揚水し、その後ファームポンドから自然圧によって各ほ場へ配水している。国営農地開発事業における当初の用水計画では利用目的は病害虫防除に限定されていた。しかし現在では、マルチドリップによる灌水を含む高品質栽培への需要が増加しており、現状に即した用水需要の把握が求められている。さらに、整備事業では耕作放棄地の再整備が行われるため、整備完了後には水利用量の増加が見込まれる。このため、将来的な用水需要の増大に対応可能な水源量の把握が必要である。



図1 対象地区における柑橘栽培の様子



図2 湧水池に隣接する排水路

3. 研究方法

対象地区の2025年1月～9月に取得されたファームポンド水位データ(10分間隔)の分析を行った。まず、各時間帯の平均流出量を算出し、月ごとの日数分を単純集計することで各月の代表的な時間帯別用水需要形態を抽出した。得られたグラフ形状に基づき、月ごとの用水需要パターンを分類した。

取水が行われていない2025年12月に、湧水池に隣接する排水路(図2)に浮子を通し、流速と水深から湧水量を算定した。降雨の影響を抑えるため、前週に降雨がない2025年12月6日および12月11日を調査日とした。また、当該地区において持続的に利用可能と考えられる用水量の推定を行った。推定の結果に基づき、利用可能な用水量を利用した場合にファームポンドの水位がどのように変化するのか2025年7月の実測値を利用し計算を行った。

4. 結果と考察

4.1 用水需要形態の分類

図3は、2025年1月および7月の1時間ごとの月間積算使用水量を示す。各月の用水需要の形態は、3つに分類され、24時間を通して用水利用が少なく、需要集中の傾向も見られない用水需要形態、水利用が日中集中の傾向を有する用水需要形態、および24時間を通して高止まりの傾向を有する用水需要形態、が挙げられる。図3では、1月は日中集中の傾向、7月は高止まりの傾向を示している。7月の24時間を通して水利用がある理由としては、日中に柑橘樹木の樹勢回復に十分な水量が足りていない場合、柑橘農地に給水するためのバルブの開状態が維持され、夜間にも給水が行われることが挙げられる。また、1月に見られるような日中集中の月においては、7月(高止まりの傾向)と同じく、ファームボンドの水が枯渇するおそれがあり、今後さらに、用水需要が増大した場合には、水源が不足する可能性があることが明らかとなった。

4.2 湧水量の評価

排水路の流量調査より、水深約20mm、水路幅1.2mの条件で、水源の湧水量は0.44～0.51m³/minと算定された。これは現在使用している揚水ポンプの吐出量(0.2m³/min)の約2倍に相当した。そこで、2025年7月の実測水位データを用い、揚水ポンプの吐出量を2倍にした場合の水位変化を試算した(図4)。

その結果、吐出量を増やすことで水位低下を抑制でき、安定的な水利用が可能となることが示された。

5. おわりに

本研究ではA地区の柑橘パイプラインシステムにおいて、月別の用水需要形態を整理し、用水供給が不安定となっていた要因を明らかにした。また、水源の湧水量の調査結果より、現在のポンプ吐出量に対し湧水量は多いことから、ポンプ吐出量の変更等の施設改修が行われた場合には、年間を通じて用水需要に応じた安定的な用水供給が実現できる可能性があることを示した。今後は、複数年における用水需要の発生形態を明らかにするとともに、適切な水管理方法について検討する。

参考文献

- 1) 鈴木賢(2016): カンキツ園地における点滴灌水施設を活用した液肥施用の実証, 果実日本71(5), 20-23. 2) 藤山宗, 高木涼, 岡島賢治(2025): 柑橘パイプラインシステムの水利用機能の評価, 水土の知93(8), 21-24.

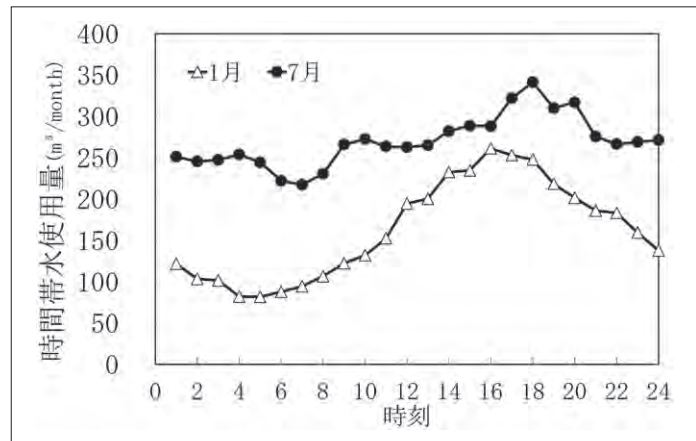


図3 2025年1月、7月の用水需要

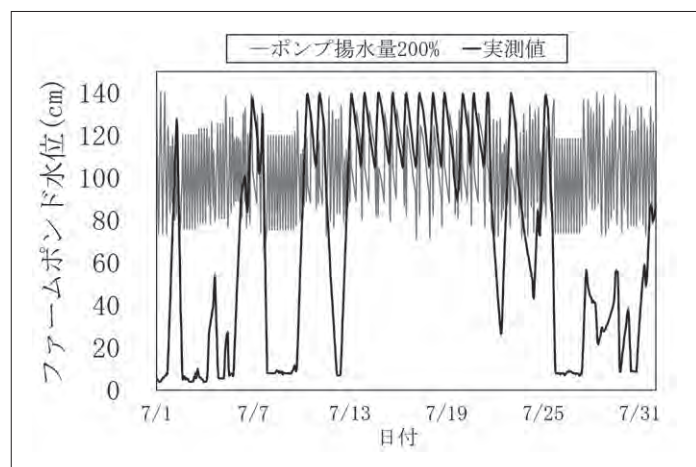


図4 ポンプ揚水量を2倍にした場合のファームボンド水位の変化

ヤマトシジミ貝の再生に向けた志原川水系調査報告

三重大学大学院 生物資源学研究科共生環境学専攻 水利施設工学研究室 関戸 智也
指導教員 岡島 賢治 教授



1. はじめに

ヤマトシジミ(以下シジミとする)は汽水域に生息する二枚貝であり、摂餌による水質浄化や漁獲による間接的な栄養塩の除去により環境保全に寄与する。農林水産省が公表した「令和6年漁業・養殖業生産統計」¹⁾によれば、シジミは内水面総漁獲量の約52.8%を占めており、日本の貴重な生物資源であることがうかがえる。しかし近年では、汽水域の環境変化によりその数は減少傾向にあるとされており、各地の漁業協同組合は、漁場の環境整備や漁業規制を通じて資源の回復に尽力している。

三重県南部を流れる志原川水系(図1)でも、1960年代頃までシジミの漁が盛んに行われていたが、現在はシジミを確認できない状況にある。その要因として、高潮による海水の浸水を防ぐ志原川水門(図2)や熊野灘の荒波によって形成される河口閉塞(図3)、大規模なみかん農地開拓による土砂流出等が挙げられるが、シジミが減少したこととの因果関係は明らかになっていない。

本研究では、志原川水系の環境特性を把握するため、現地での水質、底質、生態調査を実施した。調査は夏季(2025/8/22~26)および冬季(2025/12/1~5)の各5日間に行い、当該期間中の降水量はいずれも0mmであった。

2. 調査概要

(1) 水質調査

海水遡上の実態を把握するために、国道42号に架かる新志原橋より計測を行った。調査日時は表1に示す。また潮位は、気象庁「潮位表 熊野」²⁾における潮位表基準面上の値を参照した。計測にはポータブル多項目測定器を使用し、塩分濃度の指標となるECの結果を示す。

(2) 底質調査

底質環境を把握するために図1に示す12地点で採泥を行った。採泥にはエクマンバージ採泥器を使用し、試料は24時間炉乾燥させた後、粒度試験を行った。また、試料中の有機物量を測定するために強熱減量試験を行った。強熱条件は、800℃で2時間とした。

(3) 生態調査

シジミの搜索を主として志原川水系の水生生物の生息状況を確認した。確認方法は、徒手、タモ網による採取、目視および痕跡の記録を行った。

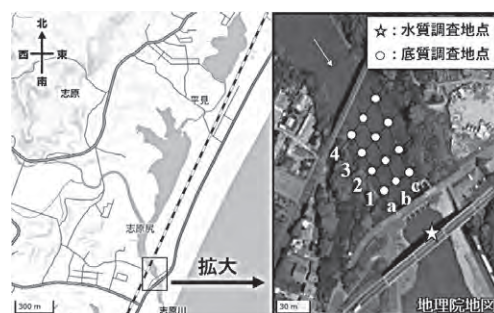


図1 志原川水系水質・底質調査地点



図2 志原川水門(水質調査地点から撮影)



図3 河口閉塞の様子
(左図は川上から、右図は川下から撮影)

表1 調査日時と各時刻における潮位

夏季調査(8/22~8/26)			冬季調査(12/1~12/5)		
日付	時刻	潮位(cm)	日付	時刻	潮位(cm)
2025/8/23	6:00	171	2025/12/2	8:20	80
	12:20	22		12:30	125
	17:40	167		16:00	154
8/24	6:10	177	12/3	8:20	98
	12:40	26		15:40	164
	17:40	161			
8/25	6:10	177	12/4	8:30	119
	12:10	39		13:00	113
	17:40	156		16:00	169

3. 結果

(1) 水質調査

ECの鉛直変化を図4に、表層と底層のECと潮位との相関を図5に示す。各調査を比較すると、底層のECは夏季で40000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 程度、冬季では10000~20000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 程度となった。潮位との相関については、表層・底層ともに近似直線がほぼ水平であることから、潮位変動に伴う海水の遡上が河口閉塞によって阻害されていることが示唆された。シジミの生息に関わる好適な塩分濃度範囲は、一般的に海水の1/10~1/3程度であるとされており、ECに換算し4000~13000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 程度である。今回の調査で当該範囲に対応する水深は、夏季で3~4m、冬季で2~4mの範囲に限定されていることが判明した。

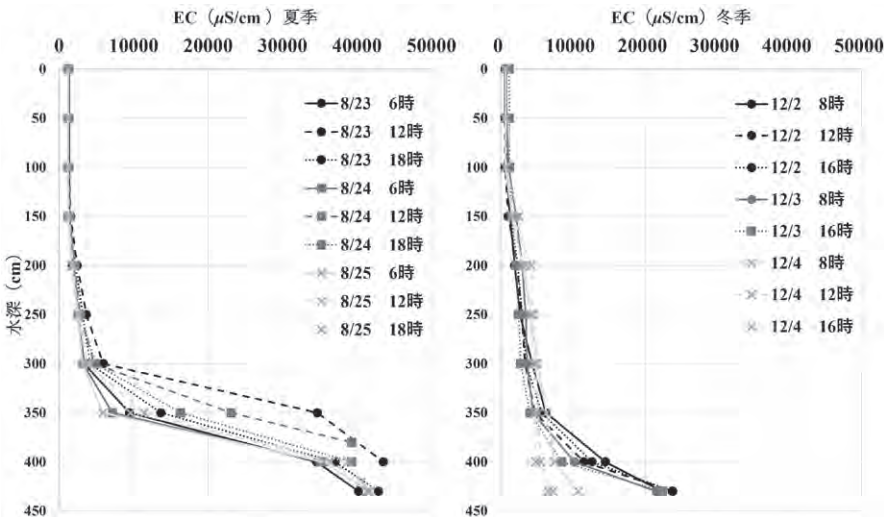


図4 ECの鉛直変化

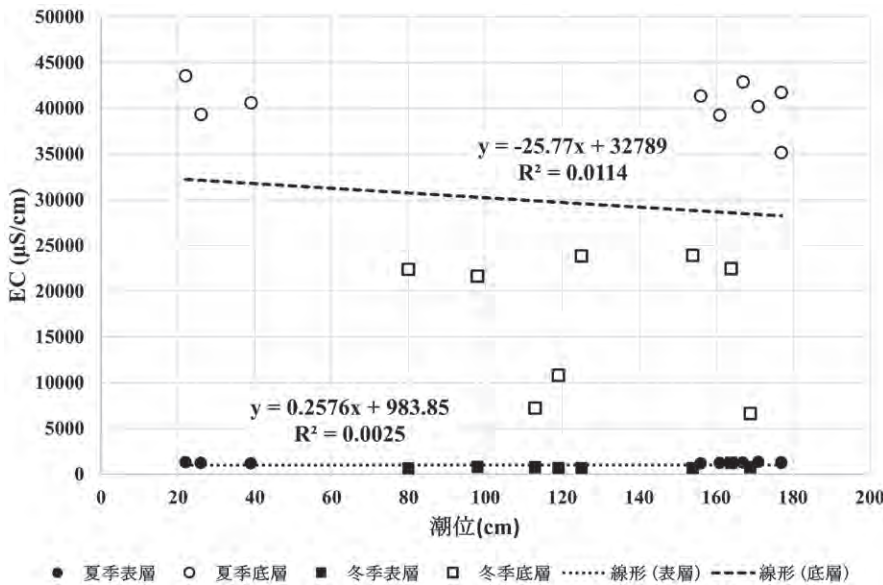


図5 ECと潮位との相関

(2) 底質調査

粒度試験および強熱減量試験の結果を表2に示す。調査地点の多くは砂礫質の底質であり、上流部左岸側の河

表2 粒度試験および強熱減量試験結果

地点	a1	a2	a3	a4	b1	b2	b3	b4	c1	c2	c3	c4
礫 分 (%)	92.32	82.04	45.01	47.40	69.32	88.16	81.29	51.67	87.81	89.07	1.82	32.84
砂 分 (%)	7.50	17.81	54.39	50.92	30.54	11.65	18.59	46.21	11.95	10.81	75.37	59.82
細 粒 分 (%)	0.18	0.15	0.60	1.68	0.14	0.19	0.12	2.12	0.24	0.12	22.81	7.34
強熱減量 (%)	3.79	2.22	2.31	3.19	2.11	2.54	2.05	3.34	2.71	2.36	7.07	4.68

川の蛇行の内側の地点(c3、c4地点)で細粒分が増加する傾向が見られた。宍道湖で行われた調査では、シジミの好適な底質条件は細粒分が10%以下、強熱減量が5%以下、また生息限界値は細粒分が50%、強熱減量が14%であったと報告されている³⁾。今回の調査で好適な底質条件と合致する地点は、c3を除いたすべての地点であり、志原川水門と鉄道橋間での底質に大きな問題はないと考えられる。

(3) 生態調査

今回の調査で確認した水生生物一覧を表3に示す。10日間の調査で9目13科26種の水生生物を確認した。また、底質調査地点b2付近で殻長約10mmのシジミと推定される二枚貝(図6)を1個体発見した。シジミの成長には地域的な差異が報告されており、発生から殻長10mm程度に成長するまでには、約1～2年の年月を要するとされている⁴⁾。今回採取した二枚貝がシジミであるならば、志原川水系において繁殖している可能性が示唆される。

4. まとめと今後の課題

本研究では、志原川水系の環境特性を把握するため、現地での水質、底質、生態調査を実施した。水質調査の結果、河口閉塞が潮位変動に伴う海水の遡上を阻害している実態が明らかとなった。一方、底質調査では、シジミの生息に適した砂礫質の河床が調査範囲広域で確認された。また、生態調査においてはシジミと推定される二枚貝を採取した。

今後の課題として、この河口閉塞による海水遡上の阻害が通年でどのように推移するかを解明する必要がある。今後は定点での連続的な水質観測を行い、環境の季節変化を詳細に検証する予定である。また、今調査で1～2歳相当のシジミと推定される個体を確認されたことを受け、現地飼育実験によりシジミの成長および繁殖の可能性を検証する計画である。

参考文献

- 令和6年漁業・養殖業生産統計。農林水産省。(参照2026-2-27)
https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/naisui_gyosei/pdf/gyogyo_seisan_24.pdf
- 潮汐・海面水位のデータ潮位表。気象庁。(参照2026-2-27)
<https://www.data.jma.go.jp/kaiyou/db/tide/suisan/>
- 中村幹雄 (2022). ヤマトシジミの生物学. 自伝的研究誌-. 山陰中央新報社. p135-141.
- 中村幹雄 (2022). ヤマトシジミの生物学. 自伝的研究誌-. 山陰中央新報社. p117-119.

表3 確認した水生生物一覧

分類	目	科	種
魚類	コイ	コイ	コイ (目視) ニゴイ (目視) ギンブナ オイカワ カワムツ タモロコ モツゴ
			ナマズ
			ボラ
			メダカ
			オオクチバス (目視) ブルーギル (目視)
両生類	無尾	アカガエル	アシシロハゼ チチブ カワヨシノボリ シマヨシノボリ ゴクラクハゼ ボウズハゼ (目視)
			ウシガエル (幼生)
爬虫類	カメ	ヌマガメ	ミシシippアカミミガメ (目視)
		スッポン	スッポン (目視)
甲殻類	エビ	テナガエビ	スジエビ テナガエビ (脱皮殻)
		アメリカザリガニ	アメリカザリガニ
		ベンケイガニ	クロベンケイガニ
貝類	アマオブネガイ	アマオブネガイ	イシマキガイ



図6 シジミと推定される二枚貝

深み工における土砂の堆積を抑制できる水制工形状の解明

滋賀県立大学 環境科学部 生物資源管理学科 廣田 遊史
 指導教員 皆川 明子 准教授



1. はじめに

土地改良事業時に、排水路に生息する水生生物の生息場の確保を目指した環境配慮施設の一つに水路底面を部分的に深くする「深み工」がある¹⁾。深み工は土砂が堆積しやすく、定期的な浚渫により水深を維持する必要があるが、維持管理の担い手不足の課題がある。そうした中、降雨に伴う大流量時には大きな掃流力が働いて深み工内に堆積していた土砂が洗堀されることが報告されている²⁾。また、深み工内に水制工を設置することにより、多様な流れの創出、より効果的な洗堀を促進できる可能性が考えられる。

そこで、本研究は深み工を対象とし、土砂の洗堀を促す水制工の形状と配置を明らかにすることを通して、維持管理負担を軽減できる施設構造を明らかにすることを目的とした。

2. 研究方法

山口県熊毛郡柳井市にある国営緊急農地再編整備事業「南周防地区」において施工された深み工を研究対象(図1)とした。本施設は一本の水路の上下流に同じ深み工が二つ連続して施工されており、深み工の中には水制工が4つ千鳥状に設置された。2024年に、5つの水制工形状の改善案を設定して数値解析を行った結果(図2)、水路幅の半分まで長さを延長した水制工(案2)と、さらに台形に傾斜させた水制工(案5)で土砂が堆積しにくい結果になった。これを踏まえ、2024年7月に現地の下流側の施設に案5の水制工が追加施工されている。

調査は、2025年5月16日に1年間に堆積した土砂の堆積厚を測量した後、すべての土砂を浚渫し、一部は分析の為に採取した。また、8月12日、12月20日に堆積厚の測量を行った。

次に、水理模型実験により、土砂が堆積しにくい形状とされた案2、5の周囲の流速を測定した。実験には現地の3分の1のスケールの水路模型を用い、流量は0.01m³/sとして

上から2つ目の水制工周りの流速を3次元電磁流速計(KENEK、VP3500)を用いて測定した。

最後に、模型実験での流速分布の特徴を踏まえ、案5の形状の水制工を段階的に長さを変えて深み工内に施工した場合の路床変動解析を行った。上流から2つ目以降の水制工の長さが0.3、0.6、0.9mの配置案1と、0.9、0.6、0.3mの配置案2の2条件を設定した。解析には、二次元河床変動計算ソルバーであるiRIC Nays2DH(Ver.4)を用いた³⁾。施設内に土砂が無い状態から解析を始め、上流からの土砂供給を再現するために上流水路に深み工の容積と同程度の置土を設定した。流量は0.3m³/s、10時間解析を行った。

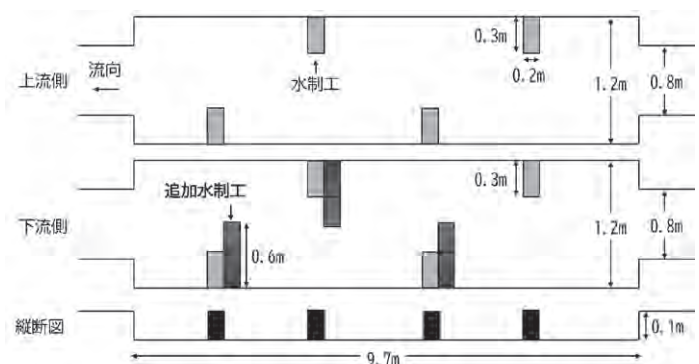


図1 施設概要

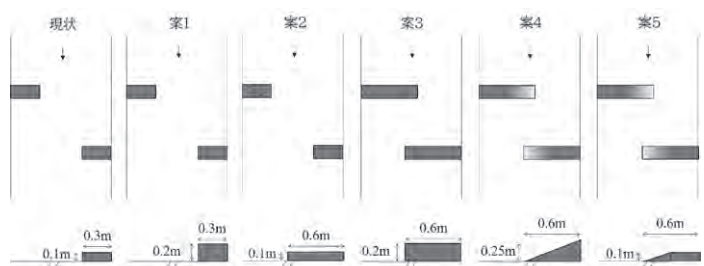


図2 水制工の形状案

3. 結果

3.1 水制工追加施工後の効果の検証

測量により得られた土砂の堆積厚から、5月の浚渫以降、時間の経過とともに土砂が深み工の下流側を中心に

堆積していく様子が確認された。また、案5の水制工を追加施工した下流側の水制工の直上流部が局所的に洗堀されていることが確認できた(図3)。

3.2 水制工周りの流速の比較

流速ベクトル図(図4)から、案2は水制工を乗り越える部分で、案5は水制工の斜面部分から深み工中心にかけて流速が大きくなっていた。また、案2は水制工後方に、案5は水制工前後の上部に渦が発生していることが確認できた。

3.3 数値解析

図5から、どちらの配置案でも深み工流入部では流速が大きく、1つ目の水制工までは土砂があまり堆積していなかった。上流の水制工が長い配置案2では、2つ目の0.9mの水制工の上流で流向が右岸に寄り、水制工の上流側に常に土砂が堆積し続けることが確認された。

4. 考察

測量結果から、追加施工した案5の形状が堆積の抑制に効果的であったと考えられる。その理由として、直方体の水制工より台形の水制工のほうが水制工周りの流れが乱れて土砂が巻き上がりやすく、斜面部に生じる大きな流速が土砂を下流へと流下させるためと考えられる。以上より、iRICの解析から土砂の堆積抑制に効果的と判断された水制工の形状が、実際に深み工の堆積抑制に寄与することが確認された。

続いて、深み工内の水制工の長さを段階的に変える配置案については、上流側の水制工が短い配置案1の方が土砂が堆積しにくいと考えられた。配置案2では、上流側の長い水制工が流入部の流れを減勢した結果、上流側での堆積を助長したと考えられる。

5. 終わりに

数値解析と模型実験および現地調査との比較から、オープンソースの二次元河床変動解析ソルバーを用いて、環境配慮施設の設計段階において維持管理を見据えた施設内の土砂動態をある程度把握可能であることが明らかとなった。

引用文献

- 1) 平松研、西村眞一、清水英良、中根正喜、一恩英二(2010): 農業排水路の改修が魚類相に与える影響—生態系配慮工法を導入した大江排水路の事例—、農業農村工学会論文集、78(6)、505-514。
- 2) 皆川明子、中林真由、藪田暢也、饗庭俊、大久保卓也(2020): 排水路の魚溜工における施工後3年間の土砂堆積状況、88(1)、I_77-I_84。
- 3) iRIC(International River Interface Cooperative)project
<https://i-ric.org/>

謝辞

本研究は、一般社団法人土地改良建設協会「2025年度国営事業地区等フィールド調査学生支援事業」により遂行されたものです。調査をご支援いただいた農林水産省中国四国農政局南周防農地整備事業所の皆様に、厚く御礼申し上げます。



図3 追加施工した水施工付近

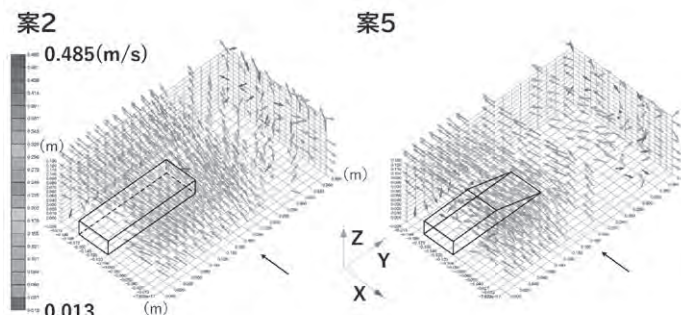


図4 水制工周りの流速分布

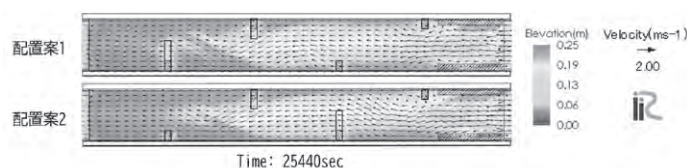


図5 解析結果

事前学習済みモデルを用いた 柿の水ストレス推定モデルの開発

近畿大学 農学部 環境管理学科 国際開発環境学研究室 大西 直紀
(進学先 近畿大学大学院)
指導教員 松野 裕 教授



1. はじめに

作物の品質および収量を安定的に維持するためには、適切なかん水管理が不可欠である。しかし、農業従事者の減少により、従来の経験や目視に依存した判断手法は省力性や再現性の面で課題を抱えている。特に柿栽培では、かん水のタイミングを決定する方法が主観的判断に依存するため、定量的かつ効率的な評価手法の確立が求められている。近年、深層学習を用いた画像解析技術の発展により、こうした経験則を数値化できる可能性が示されている。Okayamaら(2025)はCNNを用いて柿葉の水ストレスを約80%の精度で判別できることを報告したが、単一圃場データのみ用いたため汎化性や大量データを要する点が課題であった。本研究では、この課題を解決する方法として、事前学習済みモデルに着目した。事前学習済みモデルは、大規模なデータセットで事前に学習されたモデルであるため、少量のデータにおいても高精度なモデル活用が期待されている。そこで、本研究では、事前学習済みモデルにおいて、葉のRGB画像から水ストレスの推定が可能かを検討するため、CNNモデルと事前学習済みモデルを比較し、評価した。

2. 手法

対象は奈良県五條・吉野地域(図1)において栽培されている刀根早生とした。2022年から2024年の灌漑期(6～9月)に圃場内へ設置した2か所の定点カメラにより1時間ごとに取得した葉のRGB画像を用いた。同時に深さ25cmに土壌水分センサーを設置し、測定した土壌水分データは土壌水分曲線に基づきpF値へ変換し、鴨田(1987)の灌水基準を参考に5段階の水ストレスクラスを設定した(表1)。さらに、葉の水分応答の時間差を考慮し、5時間前のpF値により画像を分類した。

画像はすべて224×224ピクセルにリサイズし、画素値を0-1に正規化した。データセットは学習用、検証用、テスト用に分割し、評価の客観性を確保した。モデルは①6層の畳み込み層から構成されるCNN、②ImageNetで事前学習されたResNet50、③Inceptionモジュールを有するGoogLeNetの3種類とした。事前学習済みモデルでは全結合層を再学習させる転移学習を採用し、学習率は 1×10^{-5} とした。

過学習抑制および汎化性能向上を目的として、事前学習済みモデルには回転、平行移動など5パターンのデータ拡張を適用した。また、少量データ条件を想定し、①学習画像枚数を半分に制限した条件、②クラス間の画像枚数を1000枚に統一した条件を設定し、クラス不均衡の影響を検証した。評価指標には正答率、再現率およびF値を用い、特にF値のクラス別挙動に着目した。再現率、F値は0～1の範囲で示され、1に近づくほど性能が高いことを示す。



図1 奈良県五條・吉野地域

表1 好適土壌pF区分と各クラスの画像枚数

クラス	pF値	画像枚数
Class1	0 ～ 2.0	1078
Class2	2.0 ～ 2.3	301
Class3	2.3 ～ 2.7	720
Class4	2.7 ～ 3.0	1148
Class5	3.0 ～	5746

3. 結果・考察

学習データを同一条件とした場合、CNNは約81.3%の正答率を示し、ResNet50は約79.9%、GoogLeNetは約77.7%と、いずれも高い分類性能を示した(図2)。特に水ストレスが低いクラスおよび高いクラスではF値が0.8～0.9以上と高く、葉の色調変化や形状といった顕著な視覚的特徴が水ストレス状態を識別できる可能性が示された。一方、中間的なストレス状態のクラスではF値が低下し、視覚的差異が曖昧であることが分類難易度を高めていると考えられる。

学習画像枚数を半分に制限した条件では、全体的に性能低下が認められたものの、事前学習済みモデルはCNNと比較してF値のばらつきが小さく、特にGoogLeNetは安定した分類性能を維持した(図3)。これは

Inceptionモジュールによるマルチスケール特徴抽出が、限られたデータ環境でも有効に機能したためと考えられる。一方、ResNet50は十分なデータが存在するクラスでは高い性能を示すが、少数クラスでは性能低下が顕著であり、学習データ量への依存性が比較的高いことが示された。

画像枚数を1000枚に統一した条件では、クラス不均衡は緩和されたものの、元画像数が極端に少ないクラスでは再現率の改善は限定的であった(図4)。単純なオーバーサンプリングやデータ拡張のみではクラス固有の特徴表現を十分に補完できない可能性が示唆される。以上より、モデル構造の高度化だけでなく、学習データの質および量の確保が水ストレス推定精度向上に不可欠であることが明らかとなった。

4. 終わりに

本研究では、柿葉のRGB画像を用いた水ストレス推定において、CNNと事前学習済みモデル(ResNet50、GoogLeNet)を比較した。

その結果、事前学習済みモデルはCNNと同程度の性能を示し、特にGoogLeNetは画像枚数を制限した条件下でも安定した分類性能を有することが明らかとなった。一方、画像枚数の少ないクラスでは全モデルでF値や再現率が低下し、学習データ量が性能に大きく影響することが確認された。今後は、ファインチューニングの最適化やクラス不均衡への対応、時系列情報や圃場間差異を考慮したデータ統合により、実用的な水管理支援システムへの発展が期待される。

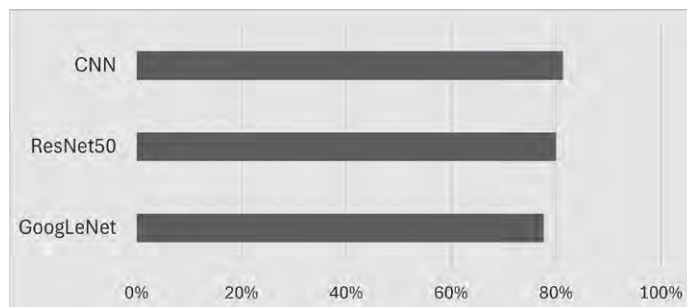


図2 各モデルの正答率

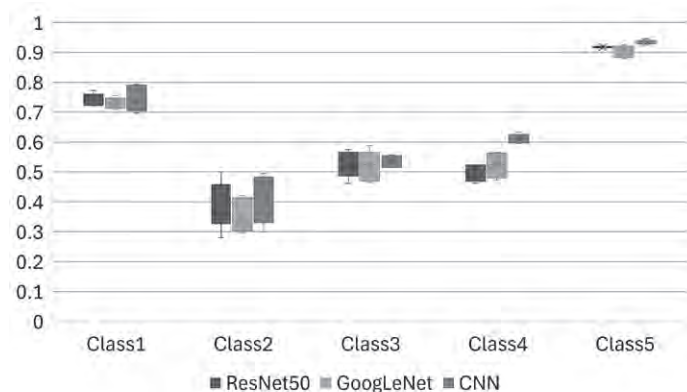


図3 各クラスにおけるF値のばらつきの比較

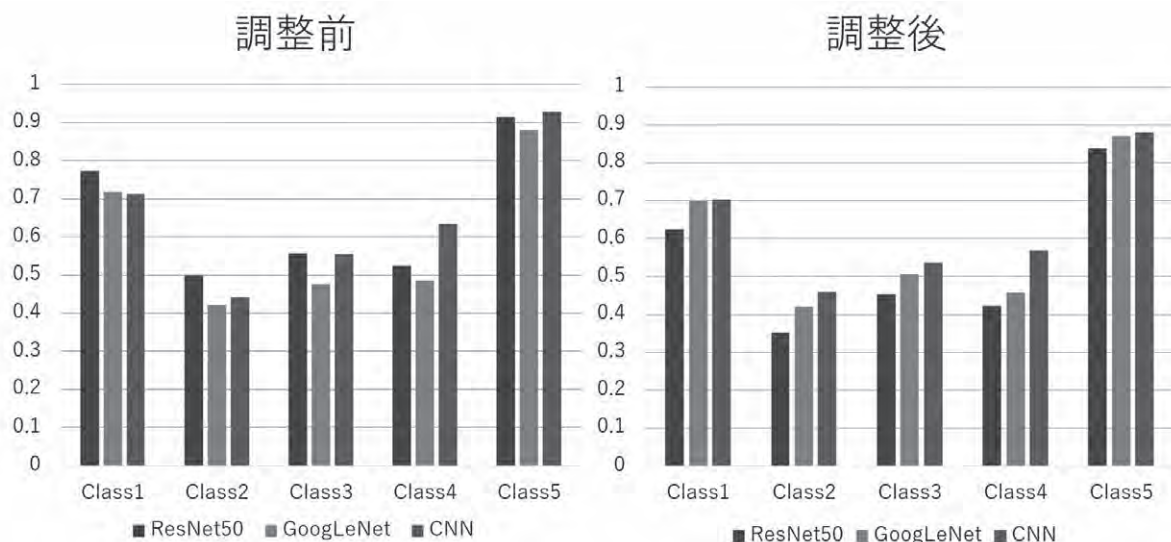


図4 画像枚数を全クラスで1000枚に調整した場合の3モデルのF値の変化