

13. スチューデントセッション

■ 2026年8月26日(水) 14:20 ~ 16:00 | 第10会場(518教室)

[S-5] スチューデントセッション⑤：生態環境、農地造成・整備・保全

座長:中島 直久(帯広畜産大学環境農学研究部門)

14:20 ~ 14:30

[S-36] Deep Learning-Based Rice Yield Estimation Using Xception Architecture and UAV-RGB Imagery under Differing Irrigation Regimes

*Pande Made Ngurah Bayu Abdi Bagaskara¹, Julien BOULANGE¹, I Made Anom Sutrisna Wijaya², Liyantono Liyantono³ (1. Tokyo University of Agriculture and Technology, 2. Udayana University, 3. IPB University)

14:30 ~ 14:40

[S-37] フォトグラメトリを用いた降雨による侵食形状の可視化

*岩田 知起¹、三浦 菜名穂²、近藤 航樹^{3,4}、大澤 和敏⁵、平 瑞樹⁶ (1. 鹿児島大学大学院農林水産学研究科、2. 農研機構畜産研究部門、3. 東京農工大学連合農学研究科、4. 日本学術振興会特別研究員 DC、5. 宇都宮大学農学部、6. 鹿児島大学農学部)

14:40 ~ 14:50

[S-38] 温州ミカンの樹体におけるNDVIの時間変動および季節変動と糖度の関係

*山岡 美月¹、久米 崇¹、治多 伸介¹ (1. 愛媛大学大学院農学研究科)

14:50 ~ 15:00

[S-39] 食用バラ栽培におけるハダニ検出システムの精度改善に関する検討

*眞田 怜奈¹、中筋 穂奈美¹、岡山 貴史¹、細川 宗孝²、木村 匡臣²、松野 裕² (1. 近畿大学大学院農学研究科、2. 近畿大学農学部)

15:00 ~ 15:10

[S-40] UAV観測を用いたNDVIデータによる‘甘平’の糖度予測モデルの構築に向けた研究

*出口 朔太郎¹、久米 崇¹、治多 伸介¹ (1. 愛媛大学大学院農学研究科)

15:10 ~ 15:20

[S-41] 黒ボク土壌における稲わらマルチおよびカバークロップによる土壌侵食抑制効果

*中川 智賀¹、渡邊 裕純²、西脇 淳子² (1. 東京農工大学大学院農学府、2. 東京農工大学大学院農学研究科)

15:20 ~ 15:30

[S-42] ため池をニホンウナギのゆりかごとするための研究

*白代 奈々子¹、長岡 誠也² (1. 三重大学生物資源学部、2. 三重大学大学院生物資源学研究科)

15:30 ~ 15:40

[S-43] 農業用排水路の水中画像を対象とした魚類検出におけるYOLOv8・YOLO11・YOLO26の性能比較

*田中 聡¹、前田 滋哉¹、元木 颯飛¹ (1. 茨城大学)

15:40 ~ 15:50

[S-44] タイ東北部における土地利用・土地被覆分類結果が生態系サービス評価に与える影響の比較

*望月 春佑¹ (1. 東京農工大)

15:50 ~ 16:00

セッション総括

「農業農村工学会大会講演会」異なる灌漑条件下における UAV-RGB 画像と Xception アーキテクチャを用いた深層学習による水稻収量推定

Deep Learning-Based Rice Yield Estimation Using Xception Architecture
and UAV-RGB Imagery under Differing Irrigation Regimes

パンデ マデ ングラ バユ アブディ バガスカラ*, ジュリアン ブーランジュ*, イ マ
デ アノム ストゥリスンタ ウィジャヤ**, リヤントノ リヤントノ***

Pande Made Ngurah Bayu Abdi Bagaskara¹, Julien BOULANGE¹, I Made Anom
Sutrisna Wijaya², Liyantono Liyantono³

Keyword: Deep-Learning, Xception, Rice Yield Estimation, UAV, RGB-Image, AWD

Introduction

The global agricultural sector faces the dual challenge of increasing rice production to meet the demands of a growing population while ensuring the sustainable management of natural resources. In Indonesia, particularly within the traditional Subak systems of Bali, Alternate Wetting and Drying (AWD) irrigation has been proposed as a sustainable alternative to conventional continuous flooding, with the potential to reduce water use and mitigate methane gas emissions. Although the effects of AWD have been widely studied in lowland rice systems, its applications in terraced rice paddy fields remain logistically challenging.

Conventional rice yield, such as destructive sampling and manual surveys, are time-consuming and often fail to capture spatial variability at the field scale. This study addresses these limitations by integrating Unmanned Aerial Vehicle (UAV) technology with the Xception deep learning architecture. While previous studies have relied on costly multispectral sensors, this study demonstrates that the standard Red-Green-Blue (RGB) imagery, combined with a high-performing deep learning model, can provide a cost-effective and accurate alternative for rice yield estimation under different water management practices.

Materials and Methods

The experimental site is located in Jegu Village, Tabanan, Bali (8°27'10"S and 115°07'55"). The study area consisted of 17 controlled plots cultivated with the Inpari 22 rice variety. Among these, nine plots were subjected to AWD irrigation, while the remaining eight plots were managed under conventional continuous flooding.

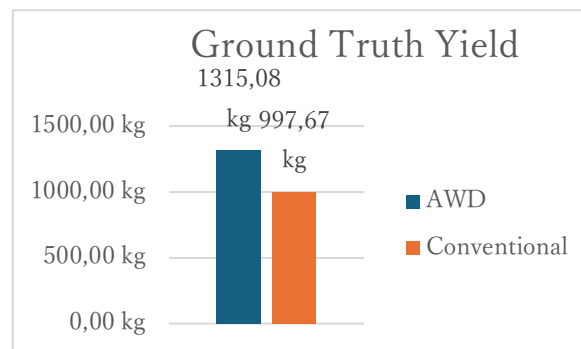
UAV data acquisition was conducted using DJI Phantom 4 Pro, operated at an ultra-low altitude of 10 m above ground level (AGL). This low flight altitude was necessary due to surrounding tree construction and enabled the capture of high-resolution imagery with fine-grained canopy texture detail.

The core methodology lies in the feature engineering of seven RGB-based vegetation indices: Excess Green (ExG), Green Leaf Index (GLI), Visible Atmospherically Resistant Index (VARI), Normalized Green-Red Difference Index (NGRDI), Triangular Greenness Index (TGI), Kawashima Index (IKAW), and Color Index of Vegetation Extraction (CIVE). These indices were used as inputs to the Xception deep learning architecture.

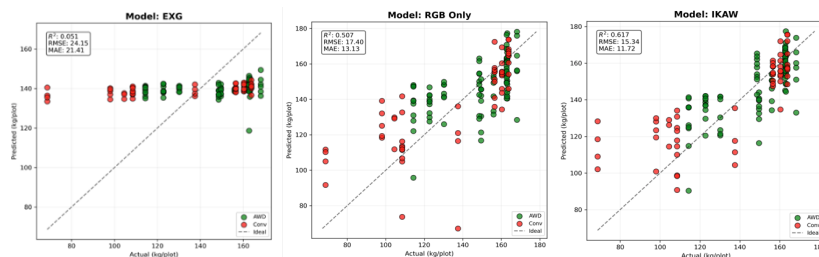
Results and Discussion

*東京農工大学 Tokyo University of Agriculture and Technology, **ウダヤナ大学 Udayana University, ***ボゴール農科大学 IPB University

The developed data pipeline successfully enables automated (“plug and play”) estimation of rice yield from RGB imagery and Xception architecture. A critical finding in field measurements was the significant impact of irrigation management on productivity; plots under the Alternate Wetting and Drying (AWD) treatment produced a substantially higher cumulative yield of 1315.08 kg, compared to 997.67 kg from Conventional continuous flooding plots. This performance gap, as illustrated in the comparison chart below, underscores that AWD not only optimizes water-use efficiency in the Subak Jegu agroecosystem but also enhances grain output.



Preliminary model performance indicates low to moderate predictive skill, with coefficient of determination (R^2) ranging from 0.051 to 0.617. Model accuracy was found to be highly sensitive to the choice of vegetation indices, underscoring the importance of feature selection in RGB-based yield estimation.



Among the evaluated indices, the strongest predictive capability demonstrated, likely due to its sensitivity to canopy color dynamics associated with crop growth and senescence. This suggests that even within the constraints of RGB imagery, carefully selected indices can capture meaningful physiological signals related to yield.

Further improvements to the framework are expected through refinement of the input data. In particular, the presence of non-crop elements (e.g., roads and non-rice areas) within UAV imagery introduces noise that can degrade model performance. Ongoing work focuses on masking or filtering this area to ensure that only relevant canopy information is used for model training and prediction.

With further refinement, the developed framework is anticipated to be gamechanger for rice yield monitoring in Bali eliminating the need for expensive multispectral cameras and complex data cleaning. Such continuous monitoring data supports the transition to water-saving and sustainable agriculture in Bali. Future implementation can focus on deploying this model into mobile application for real-time field assessment.

フォトグラメトリを用いた降雨による侵食形状の可視化

Visualization of Rain-Induced Erosion Using Photogrammetry

○岩田知起* 三浦菜名穂** 近藤航樹***,**** 大澤和敏***** 平 瑞樹*****

IWATA Tomoki MIURA Nanaho KONDO Kazuki OSAWA Kazutoshi HIRA Mizuki

1. はじめに 喜界島では、喜界第2地下ダムの新設によって農業用水の安定的な確保が可能になることが見込まれ、収量の増加や高収益作物への転換が期待される。一方、作物の植え替え時には圃場が裸地状態となり降雨による土壌侵食のリスクが高まる。また、21世紀末の1時間降水量50mm以上の降雨の年間発生回数は20世紀末と比べて約2.6倍に増加すると予測されている（福岡管区気象台、2025）。そのため、強雨による貴重な土壌の侵食量増加が懸念される。本研究では適切な侵食対策を講じるうえで必要な侵食状況の把握を目的として、フォトグラメトリ技術を利用した土壌侵食形状の可視化・侵食量の推定を行った。

2. 実験材料 鹿児島県喜界町荒木地区の表土を用いた。試料の物理的性質を調べるため、含水比試験【JIS A 1203】、土粒子密度試験【JIS A 1202】、粒度試験【JIS A 1204】、突き固めによる締固め試験【JIS A 1210】を行った。試験結果を表1に示す。

表 1. 試料の物理的性質

Table 1. Physical Properties of Samples

自然含水比 $W_n(\%)$	19.2
土粒子密度 $\rho_s(\text{Mg/m}^3)$	2.686
最適含水比 $W_{\text{opt}}(\%)$	16.6
最大乾燥密度 $\rho_{\text{dmax}}(\text{Mg/m}^3)$	1.805

3. 実験方法

3.1 人工降雨装置による侵食試験 降雨による侵食状態を再現するために、小島ら（2018）の方法を参考にインターリル侵食実験を行った。供試体は幅370mm、長さ500mmの土槽を用い、底部に砂利で排水層を設け、その上に厚さ60mmの試料層を最適含水比の16.6%に調整し、乾燥密度が1.0Mg/m³となるよう突き固めて作成した。試験前に供試体を水平にし、降雨強度約25mm/hの降雨を与え、土槽底部の排水孔から水が流出するまで降雨を継続し、飽和状態とした。その後、傾斜15度の台に供試体を設置し、降雨強度が約75mm/h、25mm/h、50mm/h、100mm/h、120mm/h、210mm/hとなるよう設定し、流出した水と土砂を1Lボトルの約8割回収するまで試験を行った。

3.2 フォトグラメトリによる3次元モデル構築 侵食形状を示す3次元モデルを構築するために、土層に基準点を22点設け初期状態と100mm/h、120mm/h、210mm/hの降雨が終了した段階で、スマートフォン（iPhone 12）を固定器具に設置し、斜面に対して平行となるよう水平方向から28枚、30度の方向から32枚、写真間が80%オーバーラップするよう撮影した。Agisoft社Metashape Professional Editionを用いて写真から3次元モデルを構築した。その後、数値標高モデル（DEM）を出力し、QGIS 3.42.2-Münsterを用いて侵食試験後と初期状態の標高の差を算出し、侵食形状の可視化を行った。また、CloudCompare v2.14.alphaを利用し体積の変化量を推定した。推定値に突き固めた時の乾燥密度を乗じた推定質量と侵食試験で採取した土砂の質量を比較した。

*鹿児島大学大学院農林水産学研究科(Graduate School of Agriculture, Forestry and Fisheries, Kagoshima University), **農研機構畜産研究部門(Institute of Livestock and Grassland Science, NARO), ***東京農工大学連合農学研究科(United Graduate School of Agricultural Science Tokyo University of Agriculture and Technology), ****日本学術振興会特別研究員 DC(Research Fellow of Japan Society for the Promotion of Science), *****宇都宮大学農学部(School of Agriculture, Utsunomiya University), *****鹿児島大学農学部(Faculty of Agriculture, Kagoshima University) キーワード：農地保全・土壌侵食・特殊土壌

4. 結果と考察

4.1 QGIS による侵食分布の可視化

QGIS で侵食後の標高から初期状態の標高を引いた変化量を色別に表示したものを図 1 に示す。降雨強度 100mm/h 後では、全体的にわずかに侵食しているが、120mm/h 後では、斜面上部と中部に帯状に侵食が集中している場所が見られ、210mm/h 後ではより顕著になっている。これは、降雨強度 120mm/h、210mm/h に用いたノズルが設置されている位置に起因していると考えられる。フォトグラメトリを用いて 3 次元モデルを構築し、数値標高モデルを作成することで、侵食状況や侵食箇所の分布について可視化することができた。

4.2 侵食量の推定と誤差要因の検討

Cloud Compare で求めた体積に乾燥密度を乗じて求めた推定質量と侵食試験の結果を表 2 に示す。全体的に

侵食試験の結果よりも過大に評価していることがわかる。これは、侵食試験の際に、土砂を斜面下部から回収できず雨滴による衝撃によって流出した土砂による影響が考えられる。また、120mm/h 後では他条件と比較して誤差が大きくなっている。表 3 は、Metashape で出力した 3 次元モデルの精度に関する指標を示している。再投影誤差とは、復元された 3D 誤差ポイントが投影される画像上のポイントと写真上で検出された 3D ポイントの元の投影との間の距離である。120mm/h 後の再投影誤差および RMSE は他の条件よりも大きいとは言えない。そのため誤差は 3 次元モデル構築の際に生じたものではなく、土砂の運搬や堆積や圧密など供試体の状態に起因するものだと考えられる。

5. まとめ フォトグラメトリの技術を活用することで侵食状況や侵食箇所の分布について可視化することができた。一方、侵食量の推定に関しては誤差要因を特定し、精度を高めることが必要である。今後は、精度を高めるとともに UAV を用いて傾斜圃場での実験を行い、実用性を検証する。

参考文献 1) 福岡管区気象台「奄美地方の気候変動」<https://www.data.jma.go.jp/fukuoka/kaiyo/chikyu/report/leaflet/amami.pdf> [2025 年 9 月 1 日閲覧] 2) 鍛冶元 雅史, 中村 大, 川口 貴之, 川尻 峻三, 宗岡 寿美 (2022) 「SfM (Structure from Motion) 写真測量を活用した侵食試験方法の開発」『日本緑化化学学会誌』48(1), pp. 27-32 3) 小島聖士, 大澤和敏, 松浦麻希, 藤澤久子, 富坂俊人, 松井宏之 (2018) 「藻類・菌類による被覆土壌の受食性評価および WEPP による侵食解析」『農業農村工学会論文集』74(5), pp. 233-239.

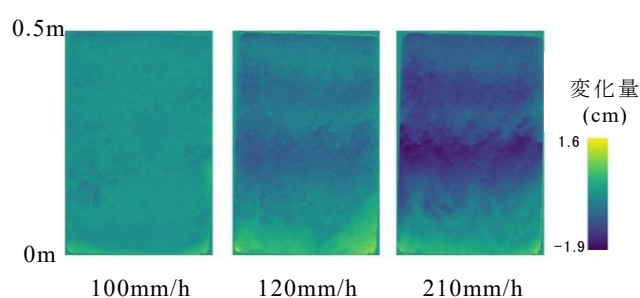


図 1. 初期状態との変化量

Fig1. Amount of change from the initial state

表 2. Cloud Compare による推定値と侵食試験の結果の比較
Table2. Comparison of Cloud Compare Estimates and Erosion Test Results

	侵食試験 の結果(g)	推定質量(g)	相対誤差 (RE)
100mm/h 後	116.48	158.18	1.36
120mm/h 後	327.52	616.39	1.88
210mm/h 後	1097.12	1392.46	1.27

表 3. Metashape による 3 次元モデルの精度
Table3. Accuracy of 3D models generated by Metashape

	再投影誤差 (pix)	基準点の RMSE(cm)		
		X 誤差	Y 誤差	Z 誤差
初期状態	0.89	1.49	0.63	0.02
100mm/h 後	1.15	1.49	0.63	0.03
120mm/h 後	0.93	1.49	0.63	0.02
210mm/h 後	0.97	1.48	0.63	0.01

温州ミカンの樹体における NDVI の時間変動および季節変動と糖度の関係
 Relationship between diurnal and seasonal variations in NDVI
 of *Citrus unshiu* trees and citrus Brix

○山岡 美月* 久米 崇* 治多 伸介*
 YAMAOKA Mitsuki KUME Takashi HARUTA Shinsuke

1. はじめに

ミカンの糖度予測は気象データを基にした機械学習¹⁾等により行われてきた。気象データによる予測は地域的には可能だが、各樹体の予測をすることは難しい。一方、数十メートル高度において UAV で取得した NDVI データは、気象データや人工衛星データと異なり空間的に高解像度で解析が可能であり、樹勢やストレスの影響などを樹体単位で把握するために利用できる。実際に、病害の検出²⁾や窒素量の推定³⁾など、ミカン栽培に活用した研究が報告されている。しかし、NDVI とミカンの糖度の関係は明らかになっておらず、糖度予測へ応用するための有効性の検討が必要である。また、樹体の状態は季節的な変動に加え、一日の間でも時間帯によって変動するため、ミカンの糖度等の予測には詳細な観測が必要となる。本研究では、UAV を用いて樹体単位の NDVI を日中の時刻別および月単位で取得してその変動を整理し、NDVI から樹体状態を評価した上で、糖度の推定を行った。

2. 試験方法

2.1 UAV による観測

愛媛県八幡浜市の温州ミカン圃場にて、RGB カメラとマルチスペクトルカメラを搭載した UAV (DJI Mavic 3M) を用いて G, R, RE, NIR の 4 つの波長帯で撮影を行った。2024 年 11 月 18 日, 12 月 17 日, 2025 年 1 月 23 日, 4 月 29 日, 5 月 26 日, 6 月 18 日は 11~15 時の間に 1 回, 2025 年 7 月 9 日, 8 月 12 日, 8 月 18 日, 9 月 2 日, 9 月 17 日, 10 月 10 日, 11 月 10 日, 12 月 15 日は 8~16 時の間, 毎時撮影を行った。

2.2 NDVI 画像の生成と NDVI データの抽出

Pix4D fields を用いてドローンで撮影した画像データから NDVI を計算し、NDVI 画像を生成した。QGIS を用いて生成した NDVI 画像から 7 月~12 月の各ミカンの木をポリゴンで囲み、ポリゴン内における NDVI の平均値, 標準偏差, 最大値, 最小値を抽出した。ここでは、NDVI の平均値を用いて以後の解析を行った。

2.3 ミカンの収穫と糖度の測定

2025 年 11 月 12 日にマルチドリップ (以下マルドリ) 区の 301 本, 慣行区の 345 本の樹体から各樹 4 つのミカンを採取し, 果汁の Brix (%) を糖度計 (ATAGO, PAL-1) で測定した。

3. 結果と考察

Fig. 1 に 9 月 2 日のマルドリ区, 慣行区における全樹の NDVI 平均値の日中における変動を示す。8 時に最大 (マルドリ区: 0.902, 慣行区: 0.908) を示したのち低下し,

*愛媛大学大学院農学研究科 (Graduate School of Agriculture, Ehime University), 農地造成

12 時に最小（マルドリ区：0.862，慣行区 0.863），16 時にかけて上昇（マルドリ区：12 時 0.862→16 時 0.894，慣行区：12 時 0.863→16 時 0.896）した．昼間の気温上昇に伴い，蒸散が促進され樹体内の水分状態が低下し，気孔が閉じることによって光合成活動が抑制されたため 12 時に NDVI が低下したと考えられる．また，他の観測日でも概ね同様の傾向がみられたことから，NDVI は季節の変化に関わらず日内で変動することが示唆された．

Figs. 2, 3 の NDVI の季節推移をみると，着果期である 4 月から 5 月で低下し（マルドリ区平均値：0.878→0.856，慣行区平均値：0.873→0.861），8 月中旬から 9 月上旬でも低下した（マルドリ区：0.890→0.872，慣行区：0.897→0.873）．これは樹体がそれぞれの期間に着果および糖度を向上させるために，栄養成長に対して生殖成長が優位になったことが原因であると考えられる．また，マルドリ区では 10 月に NDVI の平均値が 0.886 から 0.866 に再低下する傾向がみられた．9 月中旬のマルチシート敷設により，雨水が遮断され，樹体への水分ストレスが増大したためと考えられる．Figs. 2, 3 示すように糖度階級別にみると，9 月以降において NDVI が低く推移している樹体ほど糖度が高くなる傾向がみられた．9 月 2 日のマルドリ区の NDVI について，糖度 12%以上の樹体の平均値は 0.858，糖度 9%以上 10%未満の樹体の平均値は 0.877 であり，慣行区では糖度 12%以上の樹体の平均値は 0.869，糖度 9%以上 10%未満の樹体の平均値は 0.875 だった．ミカンは適度な水分ストレスの負荷により糖度が高まることが知られている²⁾．本圃場でも水分ストレス負荷が大きくかかった樹体において糖度が上昇したと考えられる．

4. まとめ

本研究により，温州ミカンの樹体における NDVI は年間を通じて朝夕に高く昼に低い日内変動を示した．また，着果期および水分ストレス期における樹体の状態が NDVI に反映され，NDVI が低い樹体ほど糖度が高くなる傾向が示された．年間を通じた NDVI の日内変動が概ね同様であったことから，今後は観測の頻度を増やし，生育段階ごとの詳細な NDVI の変化を取得することで糖度予測への有用性を検討する．

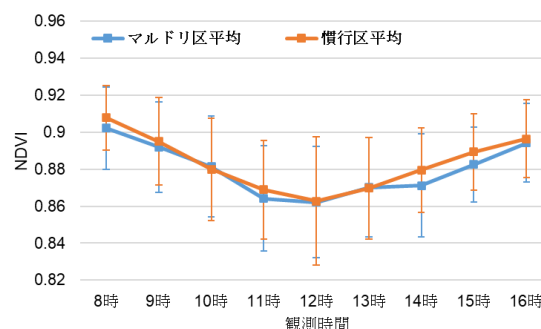


図 1 NDVI 日中変動 (2025 年 9 月 2 日)
Fig.1 Diurnal variation in NDVI on September 2, 2025

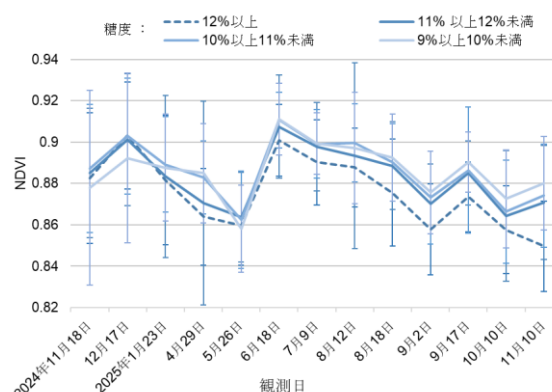


図 2 糖度別 NDVI の季節推移 (マルドリ区)
Fig.2 Seasonal variation in NDVI by citrus Brix (Mulch-drip area)

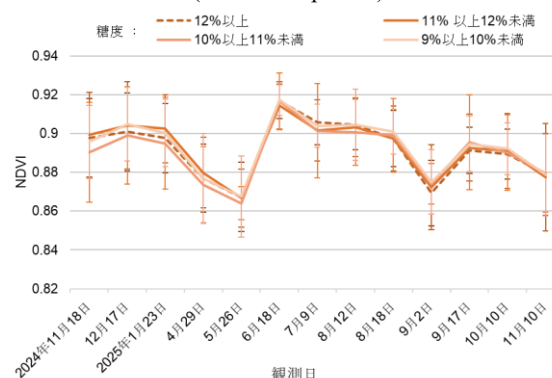


図 3 糖度別 NDVI の季節推移 (慣行区)
Fig.3 Seasonal variation in NDVI by citrus Brix (Control area)

参考文献:1) 桑間涼子(2023)温州ミカン糖度予測 AI の開発と実証, 2) Chang ら(2020)Comparison of Canopy Shape and Vegetation Indices of Citrus Trees Derived from UAV Multispectral Images for Characterization of Citrus Greening Disease, 3) Prado Osco ら(2019)Predicting Canopy Nitrogen Content in Citrus-Trees Using Random Forest Algorithm Associated to Spectral Vegetation Indices from UAV-Imagery, 4) 岩崎ら(2012)高糖度カンキツ果実生産に必要な乾燥による水分ストレス付与の時期

食用バラ栽培におけるハダニ検出システムの精度改善に関する検討

Verification of Improvement of Detection Accuracy for Spider Mite Infestation Monitoring Systems in Edible Rose Production

○眞田怜奈*, 中筋穂奈美*, 岡山貴史*, 細川宗孝**, 木村匡臣**, 松野裕**
○Rena Sanada, Honami Nakasuji, Atsushi Okayama, Munetaka Hosokawa, Masaomi Kimura, Yutaka Matsuno

1. はじめに

植物害虫であるハダニ (*Tetranychus urticae*) は重要病害虫の一つであり, 被害の抑制には早期発見が不可欠である. しかし, ハダニのような小型害虫やその被害の発見は農業従事者の熟練度に依存している. 本研究では従事者の能力に左右されない, AI を活用した病害虫の自動判定技術の開発を目指す. そこで, 深層学習アルゴリズムである YOLO (You Only Look Once) を用いて, 食用バラの葉上に付着するハダニの検出モデルを構築し, 画像および動画に対する検証を行った. その結果, 動画において見落としが多く, 検出数に課題があることが示唆された.

そこで, リアルタイム検出モデルの精度向上のために入力画像の背景をマスク化し, 物体検出における計算量軽減が可能であることが報告されている (Yun and Park, 2022). 以上から, ハダニのリアルタイム検出精度の向上を目的として, マスク処理を用いた手法の検討を行った.

2. 手法

本研究では, ハウス内で栽培されている食用バラに付着したハダニを対象に YOLOv8 を用いて, 入力画像の葉領域以外をマスク化した後にハダニ検出を行う二段階処理モデル (Two-stage Detection Model for Spider Mite: TSDM, 図 1) を構築し, 検出精度の向上を試みた. 入力画像は, ハウス内で栽培された食用バラの葉を iPhone 16 のカメラで撮影したものである. まず, 第 1 段階では画像内の背景を除去するため, 葉領域以外にマスク処理を施す. この際, 葉の位置に加え, 鋸歯などの詳細な形状も検出する必要があるため, YOLOv8 のセグメンテーションモデルを採用した. 一般的な物体検出モデルではバウンディングボックス (矩形) より対象物を表現するのに対し, セグメンテーションモデルでは多角形として対象物を記録できるため, より詳細な形状の学習が可能である. そこで, LabelMe という画像上にポリゴンを描画することでセグメンテーション用のアノテーションデータを作成できるオープンソースツールを用いて, 学習用 872 枚, 検証用 97 枚の画像を用いて葉検出モデル (leaf detection model) を構築した (batch=16, epochs=100, patience=20).

また, 入力画像サイズ (image size) を 640×640, 800×800, 1024×1024 で比較した. image size を大きくすることでより詳細な情報の学習が可能となる一方で, 計算時間が増加するという課題がある. 評価指標には precision, recall, mAP50, mAP50-95 を用いた. これらの結果に基づいてマスク処理に用いるモデルを決定した. 次に, ハダニ検出モデル (spider mite detection model) は, batch=16, epochs=100, patience=20, image size=1024 の条件で構築し, 学習用 464 枚, 検

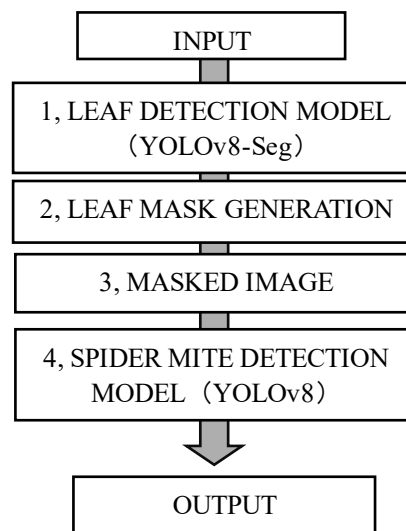


図 1 二段階ハダニ検出モデルの構造図

Figure.1 Architecture of the Two-Stage Detection Model for Spider Mite (TSDM)

*近畿大学大学院農学研究科 Graduate School of Agriculture, Kindai University

**近畿大学農学部 (Faculty of Agriculture, Kindai University)

キーワード: 圃場整備 ハダニ 物体検出

証用 58 枚の画像を使用した。その後、ハダニ検出モデルと TSDM の性能を画像および動画を用いて比較し、評価した。画像検証では 59 枚の画像を用い、評価指標として recall および accuracy を用いた。precision は正確さ、recall は検出漏れの少なさ、accuracy は全体の正解率を示し、mAP は検出性能を総合的に評価する指標である。動画検証は、約 5.6 秒間の動画におけるハダニの検出数を比較した。

3. 結果・考察

最初に、葉検出モデルの image size の大きさによる精度比較をしたが、精度の有意な差は認められなかった。比較的精度がよかった image size=1024 における葉検出モデル (precision=0.899, recall=0.794, mAP50=0.864, mAP50-95=0.5485) を TSDM の第一処理である葉検出モデルとして組み込んだ。

次に、画像検証におけるハダニ検出モデル単体と葉検出モデルを含む TSDM の精度を比較すると (表 1), accuracy および recall はいずれもハダニ検出モデルの方が高い値を示した。TSDM は recall が低いことから見落としが多く、accuracy に影響が出ていると考える。図 2 から、TSDM の検出では葉の形状の輪郭を捉えている箇所も見られるが、中央部では葉の輪郭が直線状に検出され、マスク化されていた。これは葉検出の不完全性により、ハダニが存在してもマスク処理により、ハダニが隠れ、検出されていないと考える。対して、動画検証では TSDM がハダニ検出モデル単体と比較して約 2.3 倍多く検出した。動画は画像と異なり、空間情報に加えて時系列情報が含まれることが知られており (Zhao *et al.*, 2018), 本研究では動画を 1 fps でフレーム分割して処理しているため、ぼやけやブレの影響により、同一物体であっても検出が困難となる可能性がある。このような特徴量変化による影響に対して、TSDM は葉領域に検出範囲を限定することで背景ノイズを低減し、結果として検出数の増加および連続的なハダニ検出に寄与したと考えられる。今後の課題として、動画における隣接フレーム間の特徴量を考慮した手法の導入が必要である。

4. まとめ

食用バラの葉に付着するハダニ検出モデルは、動画に対して検出数が少なく、連続的に物体をとらえることに課題があった。そのため、注目領域を葉の上のみ集中させるマスク化処理を含む TSDM を使用することで、検出数の増加が示唆された。今後はリアルタイム検出を実現するために、動画のブレの影響を受けにくいハダニ検出モデルの構築、ハダニの見落としの低減や葉検出モデルの形状検出精度について改善が必要である。

参考文献

H. Yun and D. Park, “Efficient Object Detection Based on Masking Semantic Segmentation Region for Lightweight Embedded Processors,” *Sensors*, vol. 22, no. 22, p. 8890, Nov. 2022. B. Zhao, B. Zhao, L. Tang, Y. Han, and W. Wang, “Deep Spatial-Temporal Joint Feature Representation for Video Object Detection,” *Sensors*, vol. 18, no. 3, p. 774, Mar. 2018.

表 1 ハダニ検出モデル単体と TSDM の画像・動画検証における性能比較

Table 1 Performance comparison between the standalone spider mite detection model and TSDM in image and video validation

	ハダニ検出モデル	TSDM
画像検証		
accuracy	0.784	0.494
recall	0.903	0.560
検出数 (回)	531	349
動画検証		
検出数 (回)	93	216

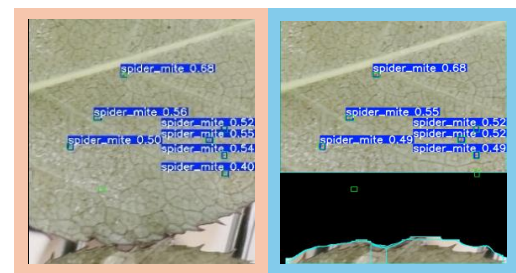


図 2 ハダニ検出モデル単体 (左) と、葉領域マスク処理を導入した TSDM (右) による検出結果例

Figure 2 Examples of detection results from the standalone spider mite detection model (left) and TSDM with leaf-region masking (right)

UAV 観測を用いた NDVI データによる ‘甘平’ の 糖度予測モデルの構築に向けた研究

Toward the Development of a Soluble Solids Content Prediction Model for ‘Kanpei’ fruit Using NDVI Data from UAV Observations

○ 出口 朔太郎* 久米 崇* 治多 伸介*
DEGUCHI Sakutarō KUME Takashi HARUTA Shinsuke

1. はじめに

高級柑橘の一つである ‘甘平’ の高品質な生産には水分管理が不可欠だが、土壌水分の急激な変動は裂果を生じさせるため精密な栽培管理が求められる。近年、高品質な果実の安定生産に向け、気象データによる糖度予測により栽培管理へ反映する研究¹⁾が行われているが、予測範囲は圃地単位に留まり、個体ごとを対象としていない。一方、UAV 観測により取得した NDVI は樹体状態を遠隔で把握できるが、時間別・月別変化や糖度との関係は明らかではない。本研究では、NDVI の時間別・月別変動の解析により樹体状態と糖度の関係を解明し、個体別の糖度予測モデル構築に向けた NDVI 利用の可能性を検討した。

2. 材料と方法

2.1. 供試樹と糖度測定

愛媛県農林水産研究所果樹研究センターで栽培されている 36 樹の ‘甘平’ を対象とした。2026 年 1 月 9 日に 1 樹あたり 5 果を採取し搾汁したのち、ポケット糖度計(Pal-1, ATAGO)で糖度(Brix)を測定した。

2.2. UAV リモートセンシング

マルチスペクトルカメラ搭載の Mavic 3M(DJI 社製)を用い、高度 15m(解像度 0.69cm/pix), オーバーラップ率 80%, サイドラップ率 70%で撮影した。観測は 2025 年 7/25~12/19 の計 6 回(7/25, 8/26, 10/9, 10/28, 11/20, 12/19)実施し、8~16 時の 1 時間毎に実施した。なお、降雨により 9 月分は 10/9 へ振替し、11/20 は 12, 13 時の測定ができなかった。取得画像は Pix4D fields (Pix4D SA, スイス)を用い、オルソモザイク画像に変換後、NDVI を算出した。その後、QGIS で樹冠をポリゴンで囲い、ゾーン統計量により各樹における NDVI の平均値を抽出した。

2.3. NDVI と糖度の相関

NDVI を説明変数、1 月の糖度を目的変数として回帰分析を行った。説明変数の選択は、各月間の NDVI データの多重共線性を検証した後に、11, 12 月の NDVI データを選択した。さらに、11 月および 12 月の NDVI の差分($\Delta \text{NDVI} = 12 \text{ 月 NDVI} - 11 \text{ 月 NDVI}$)と 12 月 NDVI を最終的な説明変数として重回帰分析を行った。

*愛媛大学大学院農学研究科 (Graduate School of Agriculture, Ehime University)

農地環境, 圃場整備

3. 結果と考察

3.1. NDVI の時間別・月別変化

研究期間中の気温は、7～8月には25～30℃で推移したが、9月以降は低下し11～12月には5～15℃で推移した。図1にNDVIの時間別変化を示す。7月、8月の夏季高温期において正午にNDVIの低下がみられた。これは、観測日の前から続く継続的な高温・強日射及び断続的な無降水期間による土壌乾燥に伴う蒸散抑制により樹体の活性が低下したためと考えられる。一方、秋冬季は時間別変化が小さく、NDVIは夏季と比較して相対的に安定していた。図2にNDVIの月別変化を示す。NDVIは7～8月に低下した後、9月以降は上昇し10～12月に高い値を維持した。既往研究²⁾においてNDVIは慢性的なストレスによるクロロフィル量の変化などを捉える指標とされる一方で、短期の水ストレスに敏感ではないとされている。本研究の夏季における低下は、高温・強日射と、降雨の偏りによる土壌水分不足が蒸散を抑制し、慢性的なストレス状態となり、葉のクロロフィル量の低下がNDVIに反映された可能性が示唆された。10月以降は、気温低下及び降雨による土壌水分の回復により蒸散量が夏季より増加したことで、NDVIの上昇、維持に寄与したと考えられる。

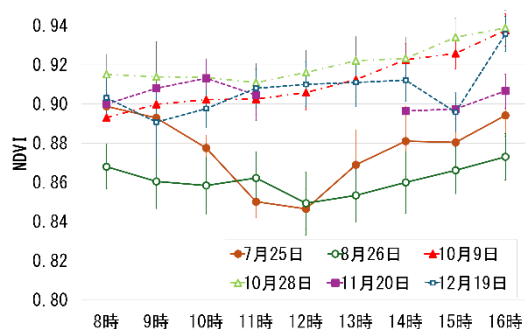


図1 NDVI の時間別変化

Fig1. Diurnal variations in NDVI

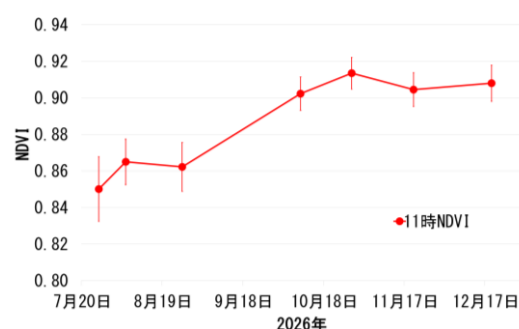


図2 NDVI の月別変化

Fig2. Seasonal variations in NDVI

3.2. NDVI と糖度の相関

Δ NDVI を説明変数として単回帰分析を行った結果、 Δ NDVI は糖度と有意な負の相関を示した ($R^2=0.45$)。また、 Δ NDVI と12月のNDVIを説明変数として重回帰分析を行った結果、 $R^2=0.52$ に向上した。これにより、成熟期のNDVI低下量に加え、収穫直前の樹体活性が糖度予測における重要な指標となることが示唆された。

4. 結論

本研究は、UAVによるNDVIの時系列変動を解析することで、甘平の糖度との関係性を評価した。その結果、夏季におけるNDVIは果実糖度と明確な相関がみられない一方で、11月から12月におけるNDVIの低下傾向は果実糖度を高めることが明らかとなった。以上の知見は、NDVIの時系列変動が個体別の糖度予測モデル構築における有効な変数となる可能性を示すものである。

参考文献

- 1) 森岡涼子. (2025) AI によるウンシュウミカン糖度予測手法. 農研機構技報, 第17号, 22-25
- 2) David Michael., Amy Tabb. (2019) *International Journal of Fruit Science* 19, 191-210

黒ボク土壌における稲わらマルチおよびカバークロープによる 土壌侵食抑制効果

Effects of Rice Straw Mulching and Cover Crops on Soil Erosion Control in Andosols

○中川 智賀* 渡邊 裕純** 西脇 淳子**
NAKAGAWA Chika WATANABE Hirozumi NISHIWAKI Junko

1. はじめに

近年の日本では、食の多様化や食料自給率向上の観点から畑作物の生産強化が求められている(農研機構, 2020)。一方で気候変動にともなう集中豪雨の頻発により、畑地では土壌流亡の被害が顕在化している(農研機構, 2020)。土壌侵食は表土の流亡だけでなく、土壌に含まれる有機物や栄養塩類の流出を引き起こすため、地力の低下や土壌劣化など農地保全の観点から大きな問題となっている。これまでの研究では攪乱土を土壌槽に充填し降雨実験を行ったものが多く(e.g. Ma et al., 2023)、圃場での人工降雨実験は少ない。また、黒ボク土を対象とした実験も少ない。本研究では、営農的な土壌侵食対策として、稲わらマルチおよびカバークロープを畑地に導入し、高強度降雨条件下における侵食抑制効果を検討した。具体的には、土壌流出量、透水係数、団粒安定性などの土壌特性の変化を計測し、それらの変化を基に抑制効果を評価した。

2. 方法

試験地は東京農工大学 FM 府中の畑地圃場である。裸地区、稲わらマルチ施用区(稲わら区)、カバークロープ栽培区(CC区)の3区を、各1反復で設けた。各区画の大きさは120 cm × 480 cmとし、降雨実験のために5%の傾斜をつけた。稲わらマルチ区の土壌表面には、6月26日に長さ5 cmの稲わらを5 t/haで施用した。CC区では、マリーゴールドを6月17日に縦横15 cm間隔、5.5 L/10 aで播種した。

降雨実験は稲わら施用およびカバークロープ播種から約80日後、115日後、150日後に行った。実験には小型移動式圧力水頭型降雨装置(Jiraratchwaro et al., 2019)を使用した。圃場にステンレス製の枠(33 cm × 48 cm)を打ち込み、斜面下端で流出水を収集した。降雨強度は70 mm/hに設定し、60分間の実験で10分毎に流出水を集水した。流出水を炉乾燥(105℃、24時間)させ、土壌流出量を計測した。降雨強度のキャリブレーションおよび均一性の計測はJiraratchwaroら(2019)に従った。

3. 結果

降雨実験の平均降雨強度は69.2 mm/h、降雨均一性は79.7%であった。実験終了時の総土壌流出量は測定時期によらず裸地区で最大で、稲わら区およびCC区ではほとんど認められず(図1)、裸地区に対して稲わら区で98.0~99.8%、CC区で98.4~99.6%抑制された。総流出水量は測定時期によらず裸地区で最多、次いでCC区、稲わら区の順であり(図2)、裸地区に対して稲わら区で39.5~97.3%、CC区で8.3~88.6%抑制された。

*東京農工大学大学院農学府(Graduate School of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology)、**東京農工大学大学院農学研究院(Institute of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology) キーワード：土壌侵食、農地保全、土壌被覆、人工降雨実験

4. 考察

稲わら区およびCC区では、裸地区と比較して土壌流出量および表面流出水量が大きく低減した。これは地表面被覆により雨滴衝撃が緩和され、土粒子の剥離や土壌表面のクラスト化が抑制されたことが一因と考えられる(農研機構, 2006)。また、被覆による表面粗度の増加や雨水の一時貯留により表面流出水の速度が減少し、流出までの時間が延長した(Ma et al., 2023; ミロスホリー, 1983)と推察される。これによって、地中への浸透が促進され、表面流出水量の抑制につながったと考えられる。流出水量と土壌流出量を併せて検討すると、裸地区では流出水量が多い測定回に土壌流出量も多い傾向を示した。一方、稲わら区とCC区では流出水量にかかわらず、ほぼ土壌は流出しなかった。流出水量が同程度の実験間でも土壌流出量は大きく異なることがあった。これは、被覆により雨滴衝撃および表面流によるせん断力が緩和され、表面流出水による土壌の剥離が抑制された(Ebrahim, 2019)ためと考えられる。その結果、裸地区に比べて被覆区での土壌流出量が低減したことが示唆された。

5. おわりに

本研究の結果、稲わら区およびCC区では裸地区に比べて土壌流出量および流出水量が抑制された。測定期間中の被覆率(稲わら区: 79.0~86.0%、CC区: 84.9~94.7%)において、いずれの被覆方法でも十分な土壌侵食抑制効果が確認された。ただし、本研究のCC区の結果は、マリーゴールドが十分に生育し、高い被覆率が確保された条件で得られたものである。被覆率の低い生育初期には、雨滴衝撃の緩和や表面粗度の増加、雨滴貯留といった効果が十分に得られず、土壌侵食抑制効果が低下する可能性がある。したがって、生育初期段階における抑制効果については今後の検討が必要である。

引用文献

- 1) 農研機構(2020), 土層改良と部分不耕起帯「ドットボーダー・プロテクト」による土壌流亡対策, (2025年6月8日閲覧), p.1.
- 2) 農研機構(2006), 最新農業技術事典, 農山漁村文化協会, 408-409, 621, 1317.
- 3) ミロスホリー(1983), 侵食 倫理と環境対策, 森北出版, 74-75.
- 4) Ebrahim, A. et al.(2019), Soil & Tillage Research, 194, 104324.
- 5) Jiraratchwaro, S. et al.(2019), IDRE Journal, 309, 297-302.
- 6) Ma, X. et al.(2023), Plant and Soil, 483, 355-377

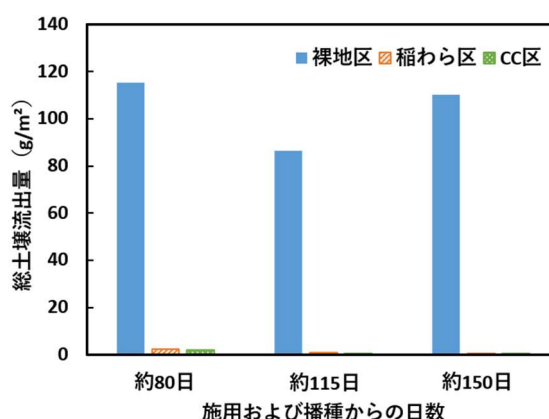


図1 各時期における総土壌流出量

Fig. 1 Total soil loss

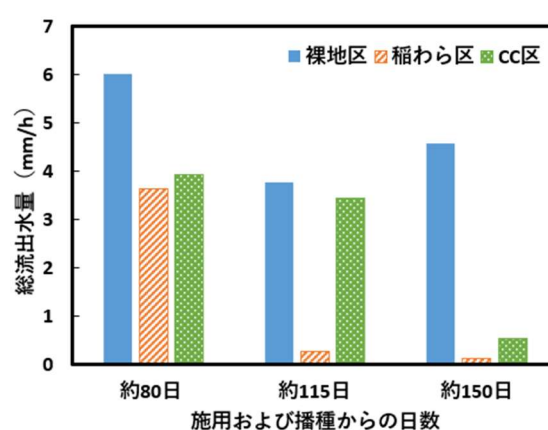


図2 各時期における総流出水量

Fig. 2 Total surface runoff

ため池を二ホンウナギのゆりかごとするための研究 Making Farm Ponds a Nursery Habitat for the Japanese Eel

○白代 奈々子*

長岡 誠也**

SHIRODAI Nanako

NAGAOKA Seiya

1. はじめに

現在、二ホンウナギの個体数は減少しており、漁獲量の制限又は成育場の環境改善が求められている。特にウナギの成育場には水域の連続性が重要視されている。現時点では、ウナギの生息範囲と水域の連続性との間に因果関係があることは明らかであるが、その寄与の大きさについては十分に解明されていない。こうした背景を踏まえ、農業用ため池がウナギの成育場としての可能性をあると仮定した。ウナギが越えることのできる落差について、その段差数および累積高さを指標とすることによる、水域の連続性の評価が求められる。本研究は予備調査として、供用されているため池および水路を対象とし、池干し時の生態調査と3水系の踏査による連続性の確認を行った。

2. 調査概要

2.1 池干し時の生態調査

池干しを行った池は、丹生水利組合が管理するO池である。調査時期は2025年9月であり、非灌漑期にあたる。O池と排水先の河川である櫛田川までは、Google Mapで計測し、直線距離で約2kmである。本池の貯留方法は、雨水のみである。排水方法は底樋を開放することで抜いた。ただし、底の堆砂がヘドロ質になっており、池内への侵入は危険と判断し、ボートからの捕獲を行った。記録内容は、捕獲した生物の種類と数である。また、当日に管理組合の方から聞き取り調査を実施した。



図1 O池の池干し時の様子

2.2 踏査による連続性の確認

踏査はO池(直線距離約2km)、I池(直線距離約0.8km)、K池(直線距離約1.3km)の3水系で実施した。3水系ともに、経路が異なるものの、河川との合流地点は同じである。調査は1月と4月の非灌漑期に実施した。踏査範囲は、ため池の余水吐をスタートとし排水路を踏査し、櫛田川との合流地点をゴールとした。記録内容は、落差、水路断面(幅、高さ、水深)を計測した。本要旨では、各水系において連続性への負の影響が大きいと評価した代表的な落差について整理を行った。

*三重大学生物資源学部 (Undergraduate School of Bioresources, Mie University)

**三重大学大学院生物資源学研究科 (Graduate School of Bioresources, Mie University)

キーワード: ため池, 二ホンウナギ, 環境配慮, 生態環境

3. 調査結果と考察

3.1 池干し時の生態調査

生態調査より捕獲された結果は、ブラックバス 83 匹、フナ属 174 匹（錦鯉 1 匹含む）、モクズガニ 2 匹、タイコウチ 1 匹であった。したがって、池干しによる生態調査では、ウナギは確認されなかった。本調査の池の水を排水する時に数日間底樋を開けていたことから、ウナギが逃げ出した可能性がある。また、ボートでの捕獲調査であったため、池底の堆砂内に隠れたウナギを捕獲できなかった可能性がある。ただし、ウナギと同じ海と川を行き来する回遊性を持つモクズガニが 2 匹捕獲されたことから、モクズガニ（甲殻類）が遡上可能な水系である可能性が高く考えられる。

聞き取り調査の結果、約 30 年前の池干し時にウナギが確認されていたこと、また同管内の用水路内での目撃情報を得ることができた。

3.2 踏査による連続性の確認

○ 池から櫛田川までの調査では、一般的に魚類の遡上に影響が大きいとされる 40 cm を超える落差工（図 2）が確認された。I 池から櫛田川までの調査では、池の出口にウナギが遡上するには困難と考えられる高さ 2 m 以上の鉛直な落差（図 3）が確認された。K 池から櫛田川までの調査では、落差 3 m 以上の岩盤への落水（図 4）が確認された。また、いずれの水系においても、調査時期が非灌漑期であったことから、水深が 10 cm 未満でウナギの遡上に不向きであると考えられる区間が存在した。今後は、灌漑期における水深条件がウナギの遡上に適しているか否かを評価する必要がある。

4. まとめと今後の展望

各水系において 1m 以上の落差が存在することを確認することができた。ウナギの捕獲はできなかったが、聞き取り調査から過去に存在していたことや、用水路での目撃情報を入手した。今後は、段差数、累積高さや水路構造等を環境評価指標とし、環境 DNA や捕獲調査の結果と組み合わせることで、ため池の成育場としての機能を定量的に評価する予定である。これらの研究により、ため池を含めた 2 次的自然環境が持つ生態環境のポテンシャルを再確認でき、さらなる改善に寄与できると考えている。

謝辞

本研究は公益財団法人日本生命財団環境問題研究助成「若手研究・奨励研究」の支援を受けて実施された。また、調査にあたり多気町勢和地域資源保全・活用協議会から多大なるご協力をいただきました。



図 2 高さ約 1.5m（水面から約 0.5m）の落差（O 池）



図 3 高さ 2m 以上の鉛直落差（I 池）



図 4 高さ 3m 以上の落差（K 池）

農業用排水路の水中画像を対象とした魚類検出における YOLOv8・YOLO11・YOLO26 の性能比較

Performance Comparison of YOLOv8, YOLO11, and YOLO26 for Fish Detection in Underwater Images of an Agricultural Drainage Canal

○田中 聡* ・ 前田 滋哉* ・ 元木 颯飛*
○Satoru Tanaka*, Shigeya Maeda* and Hayato Motoki*

1. はじめに

農業用排水路の魚類を保全する上で、生息魚類の時空間分布の把握は重要である。一方、直接採捕や環境 DNA には、特定地点における魚類数の把握に限界がある。前田ら(2025)は、タイムラプスカメラで取得した水中画像に対して YOLOv8(Ultralytics 社)を適用し、モツゴおよびコイの出現把握が可能であることを示した。しかし、農業用排水路では濁水や落葉・落枝などに加え、実際の観測画像には小型魚の姿勢変化、魚体の重なり、画面端での見切れなどが含まれるため、魚類検出の精度向上が課題である。そこで本研究では、YOLOv8, YOLO11, YOLO26 を同一条件で学習させ、検証用データおよび Ground Truth (GT) ラベル付き画像を用いて、検出精度と推論時間の両面から性能を比較した。

2. 方法

2. 1 対象地点と使用データ

茨城県美浦村の幹線農業用排水路(幅 3 m)において、右岸の魚溜内に設置された魚巢の下流脇にタイムラプスカメラ TLC200Pro (Brinno 社製)を設置し、水中画像を取得した。撮影は、2024 年 4 月 22 日および 9 月 26 日の 6 時~17 時、ならびに 7 月 22 日の 6 時~13 時に実施した。画像サイズは 1,280×720 ピクセルであり、撮影間隔は 9 月 26 日が 1 秒、4 月 22 日および 7 月 22 日が 2 秒であった。取得画像のうち、学習用 546 枚、検証用 129 枚、推論用 12,600 枚を用いた。推論結果の検証には GT ラベル付き画像 300 枚を用い、総インスタンス数は 389、内訳はモツゴ 375、コイ 14 であった。

2. 2 魚類検出

物体検出モデルには YOLOv8, YOLO11, YOLO26 を用い、対象魚種はモツゴおよびコイとした。アノテーションには labelImg を用いた。学習条件は、バッチサイズ 16、エポック数 250、最適化アルゴリズム AdamW、画像サイズ 960 ピクセルとした。YOLOv8 は比較の基準モデル、YOLO11 は全体的な検出精度の向上が期待されるモデル、YOLO26 は小型魚や画面端での見切れへの対応が期待されるモデルとして位置づけた。評価指標には Precision, Recall, F1-score, mAP50, mAP50-95 を用いた。まず検証用画像 129 枚で基本性能を評価し、次に推論用画像 12,600 枚に対して推論を行った。さらに、GT ラベル付き画像 300 枚に対して推論を行い、真値との照合および 1 画像当たりの推論時間により追加評価を行った。

*茨城大学 Ibaraki University

物体検出, 農業用排水路, 魚類出現数, 深層学習, YOLO

3. 結果と考察

表 1 画像 300 枚を用いた推論結果の精度評価

		YOLOv8	YOLO11	YOLO26
全て	box(p)	0.986	0.986	0.983
	R	0.393	0.467	0.398
	F1	0.562	0.634	0.567
	mAP50	0.691	0.728	0.691
	mAP50-95	0.534	0.552	0.508
モツゴ	box(p)	0.973	0.971	0.965
	R	0.285	0.363	0.368
	F1	0.441	0.528	0.533
	mAP50	0.632	0.67	0.668
	mAP50-95	0.471	0.479	0.443
コイ	box(p)	1	1	1
	R	0.5	0.571	0.429
	F1	0.667	0.727	0.6
	mAP50	0.75	0.786	0.714
	mAP50-95	0.596	0.625	0.574

検証用画像 129 枚に対する基本性能では、全体の F1 は YOLOv8 が 0.931, YOLO11 が 0.945, YOLO26 が 0.905 であり、YOLO11 が最も高かった。一方、GT ラベル付き画像 300 枚を用いた推論結果の精度評価では、表 1 より、Precision は 3 モデルで大きな差がみられなかったが、YOLO11 で Recall, F1, mAP50, mAP50-95 が最も高かった。したがって、YOLO11 が全体として最も高い検出性能を示した。mAP50 および mAP50-95 はバウンディングボックスの位置精度を含む指標であることから、YOLO11 は 3 モデルの中で最も正確に魚体位置を捉えていたと考えられる。

魚種別にみると、モツゴでは YOLO26 で F1 が最も高かった一方、YOLO11 で mAP50 および mAP50-95 が最も高かった。コイでは YOLO11 で Recall, F1, mAP50, mAP50-95 が最も高かった。したがって、YOLO26 はモツゴの検出において一部特徴を示したが、全体では YOLO11 がより安定していた。一方で、本研究では全体の Recall および mAP50-95 で YOLO11 が上回っていたことから、モデルの新しさのみで検出性能が決定するのではなく、画像アノテーションの均一性や学習データの質、学習条件も重要であると考えられる。

推論時間は、推論用画像 12,600 枚に対する 1 画像当たりの推論時間が YOLOv8 で 5.9 ms, YOLO11 で 47.6 ms, YOLO26 で 28.4 ms であり、YOLOv8 が最も短かった。以上より、YOLO11 は検出精度、特にバウンディングボックスの正確さに優れ、YOLOv8 は推論速度に優れる結果となった。また、YOLO26 では、魚体が重なっている場面において、個体ごとのバウンディングボックスが分離して検出される例がみられた。



図 1 水中画像と各モデルの検出結果の比較（左から YOLOv8, YOLO11, YOLO26）

4. おわりに

本研究では、農業用排水路の水中画像を用いて YOLOv8, YOLO11, YOLO26 の検出性能を比較した。結果、全体の検出精度では YOLO11、推論速度では YOLOv8 が最も高く、YOLO26 は重なり場面でも個別に検出される例がみられた。以上より、魚類検出性能にはモデルの新しさだけでなく、アノテーションの均一性や学習データの質、学習条件が重要であることが示唆された。検出性能の改善には、アノテーションの見直しや統一も有効である。

参考文献 1) 竹田・吉川・宮津(2023)：深層学習を用いた超音波エコー映像における魚類自動計数手法の開発，第 72 回農業農村工学会大会講演会講演要旨集，443-444. 2) 潘・古谷・吉田・山下・小島・白神(2022)：水中カメラの画像と深層学習による魚道を遡上する稚アユの検出に関する検討，土木学会論文集 B1 (水工学)，78(2)，I_127-I_132. 3) 楊・高・阿部・林・新野・増原(2024)：AI 画像解析による魚類調査の効率化に関する研究，第 27 回応用生態工学会講演会講演要旨集，56. 4) 前田・秋葉・元木・皆川(2025)：物体検出モデルを用いた農業用排水路における魚類出現数の時系列推定，第 74 回農業農村工学会大会講演会講演要旨集，241.

タイ東北部における土地利用・土地被覆分類結果が生態系サービス評価に与える影響の比較

Comparison of Effects of Land Use/Land Cover Classification on Ecosystem Service Assessment in Northeast Thailand

望月 春佑

Shunsuke MOCHIZUKI

1. はじめに

生物多様性は、食料・水資源の供給、水質浄化、洪水緩和などの生態系サービスを支える基盤である。特にため池や湿地などの淡水生態系は、多様な生物の繁殖・採餌場所となる一方、都市化や農地転換、水質悪化の影響を受けやすい。東南アジアでは人口増加と経済成長を背景として都市域が急速に拡大しており、タイ東北部の地方都市においても、都市域と農地・水域が複雑に混在する景観が広がっている。両生類は水域と陸域の双方を利用し、環境変化に敏感であるため、水辺生態系の健全性を把握する指標として重要である。しかし、既存の土地利用・土地被覆図（LULC）では、都市域が一つの分類として扱われることが多く、都市内部に残存する植生や水域の違いを十分に反映できない。そのため、実際には生息地として機能し得る場所であっても、一律に脅威として評価され、生息地の質が過小評価される可能性がある。そこで本研究では、タイ・コンケン市のため池周辺を対象として、都市域内部の複雑な土地被覆を反映した改良型 LULC を作成し、既存 LULC を用いた生息地質評価との比較を行った。

2. 材料と研究方法

対象地域は、タイ東北部の主要都市であるコンケン市内の5つのため池周辺とし、各ため池から半径 2km の範囲を解析対象とした。衛星データには 2020 年 10 月 23 日の Sentinel-2 画像を用い、土地利用図には東南アジアを対象とした 30m 解像度の年次土地被覆データである RLCMS を使用した。まず、Sentinel-2 画像の各バンドを 20m に統一し、主成分分析（PCA）により初期推定値を作成した後、非負値行列因子分解（NMF）を用いて、都市域の各画素に含まれる植生・

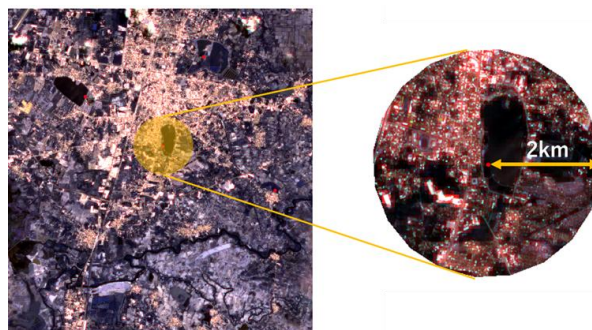


Fig1. 衛星画像の前処理
Preprocessing of Satellite Images

水・土壌の割合を推定した。得られた割合をもとに、既存 LULC で都市と分類された画素のみを再分類し、都市域を urban A から urban S までの複数クラスに細分化した。分類は、両生類全般を対象とした場合と、東南アジアに広く分布するシロアゴガエル（*Polypedates leucomystax*）を対象とした場合の2通りで行った。次に、この都市再分類結果を RLCMS に統合し、都市以外の土地利用は元の分類を維持した改良型 LULC を作成した。生息地の質の評価には InVEST Habitat Quality Model を用い、既存 LULC、両生類全般を対象とした改良型 LULC、シロアゴガエルを対象とした改良型 LULC の3パターンを比較した。得られた生息地

質の値は、high, moderate, low の 3 段階に再分類し、地点間および分類手法間の違いを整理した。

III. 結果

ミクセル分解の精度評価では、PSNR が 43.2dB, MSE が 4.79×10^{-5} となり、都市域内部の植生・水・土壌の割合をおおむね良好に推定できた。既存 LULC と改良型 LULC を比較すると、従来は一括して都市とされていた領域の中に、植生や水域を含む比較的影響の小さい場所が確認され、都市域の異質性を表現できた。既存 LULC を用いた InVEST 解析では、すべての地点で high に分類される面積は 0%であり、pond3 では low が 87.93%を占めた。一方、両生類全般を対象とした改良型 LULC では、pond2 で high が 57.74%, pond4 で 39.82%となり、農地や水域が広く分布する地点で生息地の質が高く推定された。また、すべての地点で low の割合は 1%未満となり、既存 LULC よりも都市脅威の影響が緩和された。シロアゴガエルを対象とした改良型 LULC では、全地点で moderate が大部分を占め、pond2 と pond4 では high がそれぞれ 29.33%, 31.61%となった。一方、pond3 では low が 14.19%と他地点より高く、都市面積の大きさやため池周辺の土地被覆条件が生息地質の低下に関係していると考えられた。これらの結果から、都市内部の土地被覆差を反映することで、既存 LULC では過大に評価されていた脅威の強度を調整できることが示された。

IV. 結論

本研究では、Sentinel-2 画像のミクセル分解により都市域内の植生・水・土壌の割合を推定し、対象種の生態特性に応じて都市域を細分化した改良型 LULC を作成した。その結果、既存 LULC を用いた場合に比べ、生息地の質の空間分布をより詳細に表現でき、都市域を一律に脅威として扱う評価の限界を補える可能性が示された。特に、農地や水域が残る都市近郊では、改良型 LULC により生息地としての潜在性が明確になった。一方で、都市再分類に用いた閾値は既存研究に基づいて設定したものであり、現地調査や高解像度データによる妥当性検証が必要である。また、本研究は 1 地域・1 時期の解析に限られるため、今後は複数地域・複数時期へ適用し、改良型 LULC を用いた生態系サービス評価の汎用性を検討する必要がある。

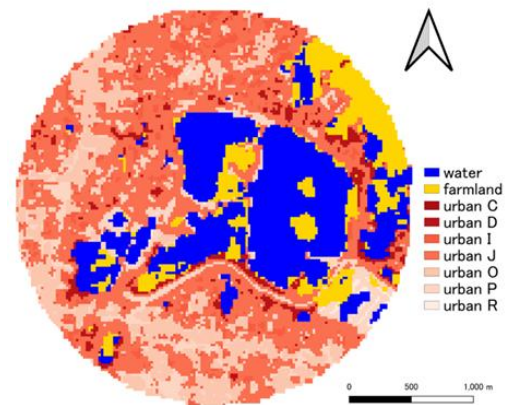


Fig2. シロアゴガエルを対象とした分類結果の LULC
LULC of classification results for
Polypedates leucomystax

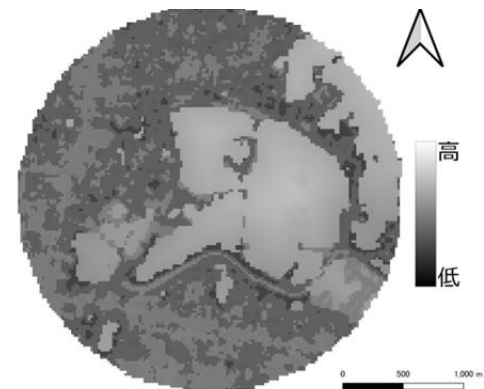


Fig3. シロアゴガエルを対象とした分類の LULC を用いた生息地質評価
Habitat Assessment Using LULC Data
for *Polypedates leucomystax*