

8. 水上観測による水棲動物の生態調査

日本女子大学理学部 教授 深町 昌司

概要

生態系における生物多様性の重要性は広く認識されている一方で、水域生態系、特に水棲動物の生活史は技術的制約から未だ断片的にしか理解されていない。本研究は、捕獲や潜水に依らない非侵襲的調査手法として「ドローン等を用いた水上観測」を提案し、その有効性を野生メダカで実証することを目的とする。調査は、日本古来の環境が保全された中池見湿地において実施し、ドローンによる広域・時系列観測と定点カメラによる常時観測を組み合わせ、季節・時間帯ごとの分布と行動を記録した。その結果、メダカの個体数や群形成が季節や時間帯に応じて大きく変動する様子、夜明け前後に生じる再現性の高い群動態など、これまで観察不可能であった行動が明らかとなった。さらに、越冬期の分布や潜水能力に関する新知見も得られた。本研究は、水上観測が水棲動物の「あるがままの姿」を捉える有効な方法であることを示し、水域生態系研究に新たな方法論を提供するものである。

背景および目的

生態系における生物多様性がもたらす恩恵は、近年広く認知されつつあるが、水域生態系、特に水棲動物の生活史は断片的にしか理解されていない。学術的な水中調査の主体は捕獲と潜水だが、大規模な捕獲は生態系を侵襲し、潜水は、時間が限られ、濁りで視界が遮られ、三次元的な追跡が難しく、電波通信が利用できないなど、陸上に比べ技術的な問題が山積する。

メダカは日本人にとって身近な水棲動物だが、その生活史すら十分に理解されているとは言い難い。岸辺に立って田んぼや小川を「そーっと覗いて」見たところで、警戒して逃げる／怯えてじっとする姿しか見えず、覗く前に何をしていたか、逃げた後はどこで何をしているか、研究者すら誰も知らない。

近年の unmanned aerial vehicle (UAV；以下ドローン) の技術発展は著しく、いまや一般人が美しい空撮映像を配信する時代である。これほどまでに空撮が身近になった事実は革命的であり、学術にも革新をもたらす可能性がある。空からの水中観察は、水面の反射や波が視界を妨げることが容易に予測できる。しかし、広範囲を非侵襲的に俯瞰できるドローンによる水上観測は、水面が穏やかな水域や浅い水深を好む水棲動物に対しては、「あるがままの姿」を視覚的に捉える最も効果的な手段となり得る。

本研究では、野生の水棲動物を調査する方法論として「水上観測」を提案し、その有効性を湿地に生息する野生メダカを対象として実証する。「どの季節のどの時間にはどこで何をしているか？」について、年間を通じた生活史の全貌を解明することが最終的な目標である。

方法

本研究は中池見湿地（福井県敦賀市）で行う。ラムサール条約に登録された約 25 ha の小さな湿地だが、約 4,000 種もの動植物が棲息する生物多様性の宝庫である。キタノメダカ (*Oryzias sakaizumii*) の模式産地としても知られ、莫大な数が棲息する一方、カダヤシやグッピーなど、メダカと競合する外来種は一切侵入しておらず、

養殖品種（ヒメダカ）の混入も確認されていない。日本古来の環境に真の野生メダカが棲息する、今となっては稀有な場所である。

春から夏にかけてメダカが大量発生する水域が2つあり、いずれも水深 30 cm 程度の長細い浅場で、両脇が水深 2 m 程度の深場になっている。これらを本研究の調査地とし、ドローンによる広域観測と定点カメラによる常時観測を並行して実施する。

ドローン（Mavic 3T; DJI）による撮影は、プロペラによるさざ波が起きない高度（約 4–5 m）から、水面の s 偏光をカットする偏光フィルタを貼り付けたレンズを通して、俯角 -37° （Brewster's angle）で見下ろすことで p 偏光もカットし、高倍ズーム（7–14 倍）で行う。1 ヶ月に 1–2 回、日の出から日の入りまで 1 時間おきにドローンを飛ばし、real time kinematic（RTK）による超高精度位置情報を用いて飛行経路・撮影ポイントを制御し、ポイントごとに動画を 15 秒間撮影する。同時に、調査地全域のサーモグラフィーを撮影し、水面の温度分布についても 1 時間ごとのデータを取得する。動画中のメダカの数、目視で 5 段階（0, 10 未満, 100 未満, 500 未満, 500 以上）に評価する。

定点カメラ（ハイクカム SP3; Hyke）による撮影は、各調査地に 1 台ずつ、水面から約 1.5m の高さに、レンズに偏光フィルタを貼り付け、太陽光発電パネルに接続したトレイルカメラを南向きに固定し、Brewster's angle で見下ろしながら 10 分ごとに 15 秒の動画を赤外線モードで撮影する。カメラ直下にボタン型ロガーを設置し、撮影地点の水温を 10 分ごとに記録する。動画中のメダカの数、機械学習を行った AI に数えさせる。

冬季（12–2 月）については、これらの水上観測に加え、魚群探知器（Deeper CHIRP+ 2; Baltic Vision）を用いて水深マップを作成し、水中ドローン（Gladius mini S; Chasing）を用いて深場を探索する。

結果および考察

2024 年 1 月から 2025 年 12 月まで、計 40 日間のドローン調査を行った。撮影した動画は約 1 万 2 千本（1 地点平均約 400 本）、予備調査期間も含めれば合計 1 万 6 千本を超えている。これらはまだ解析中だが、0 匹から 500 匹以上まで、メダカの数がダイナミックに変動する様子が克明に記録されている。

春先は、まず最も浅い（最も水が温まりやすい？）水域に出現し、夏になると、浅場でも比較的深い水域に高密度で群がるようになる [図 1]。秋になると、これらの浅場にもいるものの、深場の水面を 1,000 匹以上の大集団が離合集散しながら忙しく移動する姿が見られる。越冬に適した水域を探索しているようにも見え、このような季節に応じた行動・分布変化について、引き続き水面温度との関連に着目しながら分析したい。



図 1. 調査地のメダカ。

他の魚（フナの子魚や小型のハゼ）が捕獲されることもあるが、白く見えるものは基本的に全てメダカである。

越冬メダカの探索については、作成した湿地全域の水深マップ [図 2] を参考に、水中ドローンを用いて調査地周辺の深場を中心に探索したが、1 匹も映らなかった。夏は映るため、モーター音やライトのせいとは考えづらく、実際にいないと思われる。泥に潜っている可能性も否定できないが、真冬でも天気の良い日はすぐに浅場

に現れることから、光の届きにくい深場の泥の中ではなく、ヨシの間など、比較的浅い水深にいるのかもしれない。

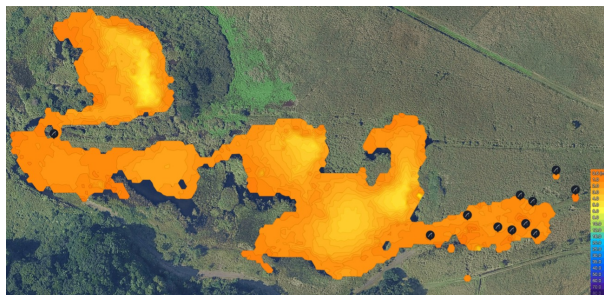


図 2. 湿地全域の水深マップ。

最深部は約 5 m に達する。水中ドローンで潜って見ると、濁りのため水底付近は暗く、植物の生えない泥の世界であった。

表層を好むとされるメダカが自主的に深場へ潜るかを調べるために、塩ビパイプをつなげた縦長水槽で実験したところ、10 m でも難なく潜る上、水底に長時間滞在する性質を確認した。この結果については、本研究の成果として bioRxiv に公表し、現在学術誌で査読中である。

定点カメラが撮影した動画は、単純計算で 6 本×24 時間×365 日×2 年×2 台 = 210,240 本に及ぶ。夜間については、ヒトと同レベルの感度で動画中のメダカを検出する AI を作出できた [図 3]。しかし、光環境が大きく変化する昼間（朝昼夕、晴天 vs 曇天など）については、環境ごとの教師データを用いた機械学習が必要らしく、未だヒトと同レベルで検出できる AI の作出には至っていない。夜間であっても、水面の波紋や雨・雪の粒などが偽陽性となるため、コマ間の数の変化などを元に改善できないか、引き続き検討中である。



図 3. AI によるメダカの検出。

検出されたメダカは赤枠で囲われ、総数が左上に表示されている。

夜間に大量にいたメダカが、日の出前後の約 2 時間はほとんどいなくなり、その後また大量に集まってくるなど、局所的な群れの変動が再現性良く記録されている。おそらく産卵に関連する動きだが、受精卵や稚魚の分布調査など、今後の課題である。

これまで誰も見たことがない野生メダカの生態・行動が、本研究によって明らかとなった。その具体的な意義・役割については引き続き研究が必要だが、水生動物調査における水上観測の有用性を示したという意味で、本研究が果たした役割は大きい。他の動植物に応用することで、水域生態系の理解が進むことが期待される。

(完)

発表論文

- 1) A New Look at Medaka: Surprising Deep Diving Behavior Uncovered in the Lab
Shoji Fukamachi, Tamaki Uchikawa, Eiji Watanabe
bioRxiv 2025.08.12.669509; doi: <https://doi.org/10.1101/2025.08.12.669509>