



名古屋大学
NAGOYA UNIVERSITY



国立大学法人
福井大学
UNIVERSITY OF FUKUI



2026 年 9 月 10 日

AI で魚の「バランス喪失」を自動検出 温度への強さを客観的に測る新システムを開発 ～メダカとその近縁種で系統・種による温度耐性の違いを明らかに～

【本研究のポイント】

- ・魚が高温・低温にさらされた際に体のバランスを失う瞬間(平衡感覚喪失(LOE: Loss of Equilibrium)^{注1)})を、AI 技術を用いて自動的かつ客観的に検出するシステムを開発し、これまで人によって判定がぶれやすかった評価を、熟練した研究者と同等の精度で行えることを示した。
- ・同システムを用いてメダカの複数の系統や近縁種を比較したところ、系統や種によって温度耐性が異なることが分かった。
- ・今後、本システムを用いた詳細な解析により、温度耐性の分子機構の解明や、気候変動が魚類に与える影響の予測への貢献が期待される。

【研究概要】

名古屋大学トランスフォーマティブ生命分子研究所(WPI-ITbM)の中山 友哉 特任講師、松尾 佳哉 氏(研究当時 博士前期課程学生)らの研究グループは、福井大学の長谷川 達人 准教授、加藤 拓也 氏(研究当時 博士前期課程学生)らとの共同研究で、動物の姿勢を動画から自動で捉える技術「DeepLabCut^{注2)}」と画像分類の AI 技術を組み合わせることで、魚が温度ストレスによって平衡感覚を失う瞬間を自動的かつ客観的に検出するシステムを開発しました。このシステムを用いてメダカの複数の系統や近縁種の温度耐性を調べたところ、系統間で温度耐性に差があり、近縁種間では、高緯度に生息する種ほど寒さに強く、日本のメダカが最も高い耐寒性を示すことが分かりました。一方、2025 年に新種記載された台湾産近縁種は緯度から予想される以上の耐寒性を示し、緯度以外の要因も温度適応に関わっている可能性が示されました。今後、本システムを用いてメダカの系統や近縁種を対象とした詳細な解析を進めることで、温度耐性の背景にある分子機構の解明や、気候変動が魚類に与える影響の予測への貢献が期待されます。

本研究成果は、2026 年 9 月 10 日(日本時間)付で国際学術雑誌『Scientific Reports』に掲載されました。

【研究背景と内容】

地球温暖化に伴う水温の変化は、水中で暮らす魚たちにとって大きな脅威です。魚は自分で体温を調節できない「変温動物」であるため、周囲の水温が変化すると体の中のさまざまな機能に直接影響が及びます。そのため、魚がどの程度の温度変化に耐えられるか(温度耐性)を正確に評価することは、気候変動が魚類に与える影響を予測するうえで欠かせません。

魚の温度耐性を調べる代表的な方法の一つに、水温をゆっくりと変化させ、魚が体のバランスを保てなくなる瞬間(平衡感覚喪失、LOE)を指標とする方法があります。この方法は多くの個体を比較的簡便に評価できる利点がありますが、従来は LOE の瞬間を研究者が動画を目で見て判定していました。そのため、判定する人によって結果にばらつきが生じたり、多くの個体を調べるのに大変な時間と労力が掛かったりすることが課題でした。

近年、動物の姿勢を動画から自動で読み取る AI 技術「DeepLabCut」が、さまざまな動物の行動解析に利用されるようになっていきます。しかし、この技術をそのまま複数の魚が同居する実験環境に応用しようとすると、個体同士を見分けにくい、環境ノイズの影響を受けやすいといった課題があり、また、姿勢の情報から LOE のような特定の行動状態を自動的に判定する仕組みも備えていませんでした。

そこで研究グループは、メダカに着目し、LOE を自動的に判定するシステムを開発することにしました。メダカは日本人にとって身近な魚であるだけでなく、遺伝的背景が異なる多様な系統が確立されているほか、熱帯から温帯まで幅広い気候帯に生息する近縁の野生種も存在し、これらを比較することで魚の温度適応の仕組みを調べることができます。また、全ゲノム配列が解読済みで遺伝子操作技術も確立されているため、系統や種による違いの背景にある遺伝子を特定しやすいという利点もあります。

まず、魚を 1 個体ずつ仕切られた区画で撮影し、区画ごとに自動的に個体を認識する技術を開発しました。さらに、魚の体の 7 つの部位(鼻先、左右の胸鰭(むなびれ)、体の中心、体の前後、尾)の動きを DeepLabCut で自動追跡したうえで、その動きの情報と動画そのものの情報を組み合わせて AI モデルに判定させることで、魚がバランスを崩して LOE に至った瞬間を自動的に検出するシステムを構築しました(図 1)。

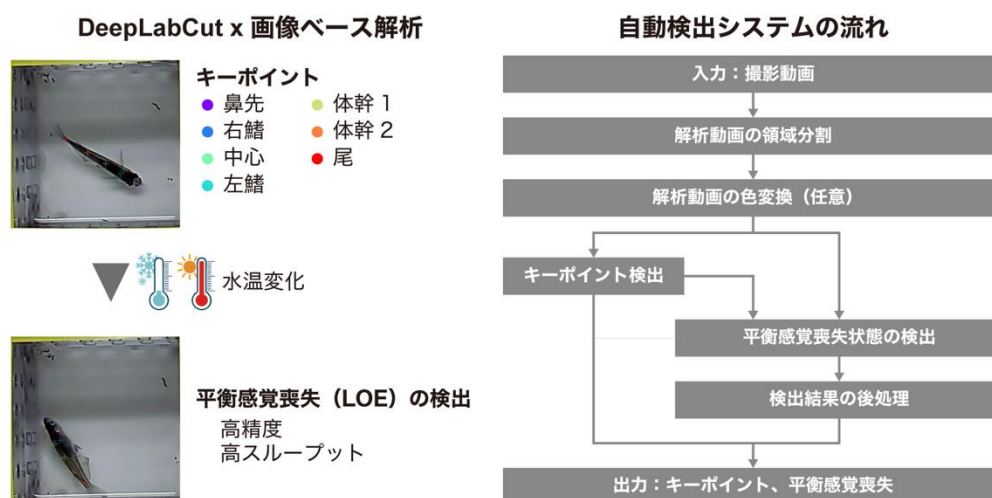


図1 DeepLabCutとAI画像解析を組み合わせた自動LOE検出システム

左:DeepLabCutにより、メダカの体の各部位(鼻先・右鰭・左鰭・中心・体幹1・体幹2・尾)をキーポイントとして自動追跡する。水温変化に伴うLOEの瞬間を、画像分類のAI技術と組み合わせて高精度・高スループットで検出する。右:動画入力から出力(キーポイント座標および平衡感覚喪失状態)までの解析フロー。動画の領域分割・色変換を経てキーポイント検出を行い、その結果をもとに平衡感覚喪失状態を検出、後処理を経て最終的な検出結果を出力する。

このシステムの信頼性を確かめるため、研究グループは、実験を担当した研究者による判定結果と AI による自動判定の結果を 50 個体分について比較しました。その結果、AI の判定は、経験を積んだ研究者同士の判定のばらつきとほぼ同程度の精度であることが分かりました。さらに、経験の浅い判定者による判定よりも高い精度を示しました。加えて、人による判定は同じ動画を見ても判定者によって結果が変わり得るのに対し、AI による判定は同じ動画であれば常に同じ結果を出すため、多数の動画を扱う大規模な実験に特に適していると考えられます。

次に、このシステムを用いて、実験用に広く使われているメダカの 6 つの系統について、低温および高温に対する強さを調べたところ、系統によって温度への強さが異なることが明らかになりました。また、メダカに近縁な複数の魚種や、実験動物として広く使われるゼブラフィッシュについても低温への強さを比較したところ、より高緯度に生息する種ほど寒さに強い傾向がみられ、日本に生息するメダカ (*Oryzias latipes*) が最も高い耐寒性を示しました(図 2)。一方で、2025 年に新種として報告されたばかりの台湾産メダカ近縁種「*Oryzias cabaranensis*^{注3)}」は、生息地の緯度から予想されるよりも高い耐寒性を示し、緯度だけでは説明できない要因が温度への適応に関わっている可能性が示されました。

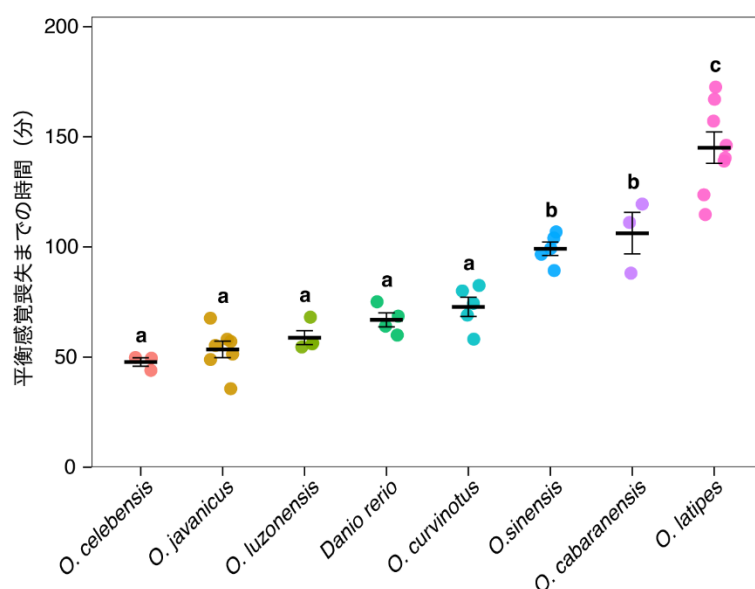


図 2 メダカ近縁種間における耐寒性(平衡感覚喪失までの時間)の比較

自動検出システムを用いて、メダカの近縁種およびゼブラフィッシュにおける低温ストレス下での LOE までの時間を計測した。日本のメダカ (*O. latipes*) が最も長い時間を要し、最も高い耐寒性を示した。一方、2025 年に新種記載された台湾産近縁種 (*O. cabaranensis*) も比較的高い耐寒性を示し、緯度から予想される以上の耐寒性を持つことが明らかになった。異なるアルファベット(a, b, c)は統計学的に有意な群間差があることを示す。

【成果の意義】

本研究によって、これまで研究者の目視に頼っていた魚の温度耐性評価を、AI によって客観的かつ高い再現性をもって自動化できるようになりました。温度耐性の評価は、気候変動が魚類に与える影響を予測するうえで欠かせない指標ですが、従来の目視による評価は労力と時間が掛かり、大規模な比較研究の妨げとなっていました。今回開発したシステムは、経験を積んだ研究者と同程度の精度を保ちながら、多数の個体を効率的かつ一貫した基準で評価できるため、今後、より大規模な系統間・種間比較を可能にすると期待されます。

また、本研究では、メダカの系統や近縁種によって温度への強さが異なることも明らかになりました。特に、台湾産の近縁種が緯度から予想される以上の耐寒性を示した点は、温度適応が単純に生息地の緯度だけで決まるものではないことを示しています。メダカは豊富な遺伝子情報や実験系統が利用できることから、今回明らかになった系統や種による違いをもとに、その背景にある遺伝子や体の仕組みを解明する研究へとつなげていくことが可能です。今後、こうした研究を通じて、気候変動が魚類にどのような影響を与えるかの予測や、水産資源の保全・養殖への応用にも役立つことが期待されます。

本研究は、科学技術振興機構（JST）戦略的創造研究推進事業 ACT-X『JPMJAX21BI』、創発的研究支援事業『JPMJFR2438』、日本学術振興会 科学研究費助成事業『JP24H02008』、『JP24H00058』、の支援のもとで行われたものです。

【用語説明】

注 1) 平衡感覚喪失 (LOE: Loss of Equilibrium):

魚が温度などの環境ストレスによって姿勢を維持できなくなり、体の平衡を失う現象。魚類の温度耐性を評価する指標として一般的に用いられており、本研究ではこの瞬間を動画から自動検出する技術を開発した。

注 2) DeepLabCut:

動物の姿勢や動きを動画から自動的に追跡・解析するオープンソースの機械学習ツール。深層学習を用いて、マーカーなどを付けずに動物の体の各部位（キーポイント）の位置を高精度に検出できる。世界中の動物行動研究で広く利用されている。

注 3) *Oryzias cabaranensis*:

台湾北部（宜蘭県）に生息する淡水性のメダカ近縁種。これまでは中国産のチュウゴクメダカ（*O. sinensis*）に分類されていたが、宜蘭県から採集された標本と中国・昆明産のチュウゴクメダカのタイプ標本との比較解析により、独立した新種であることが明らかになった。

【論文情報】

雑誌名:Scientific Reports

論文タイトル:DeepLabCut-based automated system reveals diverse temperature tolerance among medaka strains and related *Oryzias* species

(DeepLabCut を用いた自動評価システムによるメダカ系統およびメダカ近縁種の多様な温度耐性の解明)

著者:Yoshiya Matsuo, Takuya Kato, Kiyoshi Naruse, Takashi Yoshimura, Tatsuhito Hasegawa, Tomoya Nakayama

(松尾 佳哉¹、加藤 拓也²、成瀬 清³、吉村 崇¹、長谷川 達人²、中山 友哉¹)

1:名古屋大学 2:福井大学 3:基礎生物学研究所

DOI:10.1038/s41598-026-66712-w

【報道連絡先】

名古屋大学総務部広報課

TEL:052-558-9735 FAX:052-788-6272

E-mail:nu_research@t.mail.nagoya-u.ac.jp

福井大学広報センター

TEL:0776-27-9733

E-mail:sskoho-k@ad.u-fukui.ac.jp

科学技術振興機構広報課

TEL:03-5214-8404 FAX:03-5214-8432

E-mail:jstkoho@jst.go.jp

【JST 事業に関する連絡先】

科学技術振興機構戦略研究推進部先進融合研究グループ

原田 千夏子(はらだ ちかこ)

TEL:03-6380-9130 FAX:03-3222-2066

E-mail:act-x@jst.go.jp

【ITbMに関する連絡先】

名古屋大学トランスフォーマティブ生命分子研究所(WPI-ITbM)

リサーチプロモーションディビジョン

佐藤 綾人(さとう あやと)

TEL:052-789-4999 FAX:052-789-3053

E-mail:office@itbm.nagoya-u.ac.jp

※【WPI-ITbMについて】(<https://www.itbm.nagoya-u.ac.jp>)

名古屋大学トランスフォーマティブ生命分子研究所(ITbM)は、2012年に文部科学省の世界トップレベル研究拠点プログラム(WPI)の1つとして採択されました。

ITbMでは、精緻にデザインされた機能をもつ分子(化合物)を用いて、これまで明らかにされていなかった生命機能の解明を目指すと共に、化学者と生物学者が隣り合わせにな

って融合研究をおこなうミックス・ラボ、ミックス・オフィスで化学と生物学の融合領域研究を展開しています。「ミックス」をキーワードに、人々の思考、生活、行動を劇的に変えるトランスフォーマティブ分子の発見と開発をおこない、社会が直面する環境問題、食料問題、医療技術の発展といったさまざまな課題に取り組んでいます。これまで 10 年間の取り組みが高く評価され、世界トップレベルの極めて高い研究水準と優れた研究環境にある研究拠点「WPI アカデミー」のメンバーに認定されました。