

PRESS RELEASE (2025-06-21)



日本大学生物資源科学部

海洋生物学科

〒252-0880 神奈川県藤沢市亀井野 1866

TEL・FAX : 0466-84-3687

E-mail: makiguchi.yuya@nihon-u.ac.jp

URL: <http://www.msr-nihon-university.org/>

サケの産卵時における心拍変動の性差を発見

研究成果のポイント

- ・サケの産卵時の心拍変動に明確な性差があることを発見し、メスは産卵後に心拍数が上昇、オスは低下するという正反対のパターンを示すことが判明
- ・ブレイクポイント解析により、メスは産卵 21 分前から心拍変動が増大し始めるのに対し、オスは産卵直前まで安定していることを定量的に証明
- ・副交感神経が産卵時の心停止を引き起こす一方、交感神経も心拍リズム調整に重要な役割を果たしていることを薬理実験の再解析により解明

研究成果の概要

本研究では、サケの産卵時における心拍変動に顕著な性差があることを発見しました。2009 年に収集した心電図データを最新の解析手法で再分析した結果、産卵前後の心拍数変化がメスとオスで正反対のパターンを示すことが判明しました。メスは産卵後に心拍数が 82.27 拍/分から 86.16 拍/分へ上昇するのに対し、オスは 74.71 拍/分から 67.78 拍/分へと有意に低下しました。さらに、ブレイクポイント解析により、メスは産卵の 21 分前から心拍変動が増大し始めるのに対し、オスは産卵直前まで安定した心拍を維持することが定量的に示されました。この研究は、バイオロギング技術で収集された高品質なデータを新しい解析技術で再分析することで、当時見えなかった生物学的意義を発見できることを示す好例となりました。

研究成果の詳細

（背景）

サケは河川を遡上して産卵し、その生涯を終える回遊魚です。2009 年の研究で、サケが産卵時に数秒から十秒程度の心停止を起こすことが報告されていましたが、産卵時の心拍変動についての詳細な分析は行われていませんでした。近年、心拍変動解析技術が進歩し、自律神経系の働きをより詳細に評価できるようになったことから、過去のデータを再解析することで新たな知見が得られる可能性があります。

（研究手法）

研究グループは、2009 年に北海道千歳川で記録したサケの心電図データ（200Hz の高時間分解能）を、ブレイクポイント解析という新しい手法で再分析しました。この手法により、心拍数が大きく変化する「転換点」を客観的に検出し、産卵行動に伴う心拍変動パターンの時間的变化を定量化しました。また、自律神経遮断薬（アトロピン、ソタロール）を投与した実験データも再解析し、交感神経と副交感神経の役割を評価しました。

（研究成果）

解析の結果、産卵前後の心拍数変化に明確な性差があることが判明しました。メスは産卵後に心拍数が上昇するのに対し、オスは低下するという正反対のパターンを示しました（図 1）。ブレイクポイント解析により、メスでは 4 つ、オスでは 5 つの変化点が検出され、メスは産卵の 21 分前から心拍数の低下と変動の増大が始まることが分かりました（図 2）。薬理実験の再解析では、対照群において産卵の 24 分前から心拍変動係数が急激に増大することが判明し、サケが産卵を予期して事前に生理的準備を開始している可能性が示唆されました（図 3）。アトロピン投与により心拍変動の増大と心停止が抑制されたことから、副交感神経が心停止の主要因であることが確認されました。一方、ソタロール投与では心停止は防げなかったものの、心拍変動パターンに独特の変化が見られ、交感神経も心拍リズム調整に重要な役割を果たしていることが示されました。

（今後の展望）

この研究成果は、気候変動下でのサケ資源管理に重要な示唆を与えます。産卵時の生理的ストレスに対する雌雄の違いを考慮することで、より効果的な保全戦略の立案が可能になります。今後は、ホルモン動態や酸素消費量などの他の生理指標と心拍変動を同時記録することで、産卵時のエネルギー配分戦略の全体像を解明することが期待されます。また、異なる河川環境での比較研究により、環境変化に対するサケの適応能力を評価することも可能になるでしょう。

発表論文の概要

研究論文名

Novel insights into sex-specific differences in heart rate variability and autonomic nervous system regulation during spawning behavior in chum salmon (*Oncorhynchus keta*) revealed by re-analysis of ECG logger data

著者

牧口 祐也（日本大学生物資源科学部海洋生物資源科学科、准教授）

阿部 貴晃（日本大学 日本学術振興会特別研究員 PD）

市村 政樹（標津サーモン科学館 館長）

公表雑誌：Frontiers in Physiology Vol.16 ページ数 1511476

公表日：2025 年 6 月（オンライン公開）

お問い合わせ先

日本大学生物資源科学部海洋生物学科 魚群行動計測学研究室

准教授 牧口 祐也（まきぐち ゆうや）

TEL/FAX 0466(84) 3687 E-mail: makiguchi.yuya@nihon-u.ac.jp

参考図

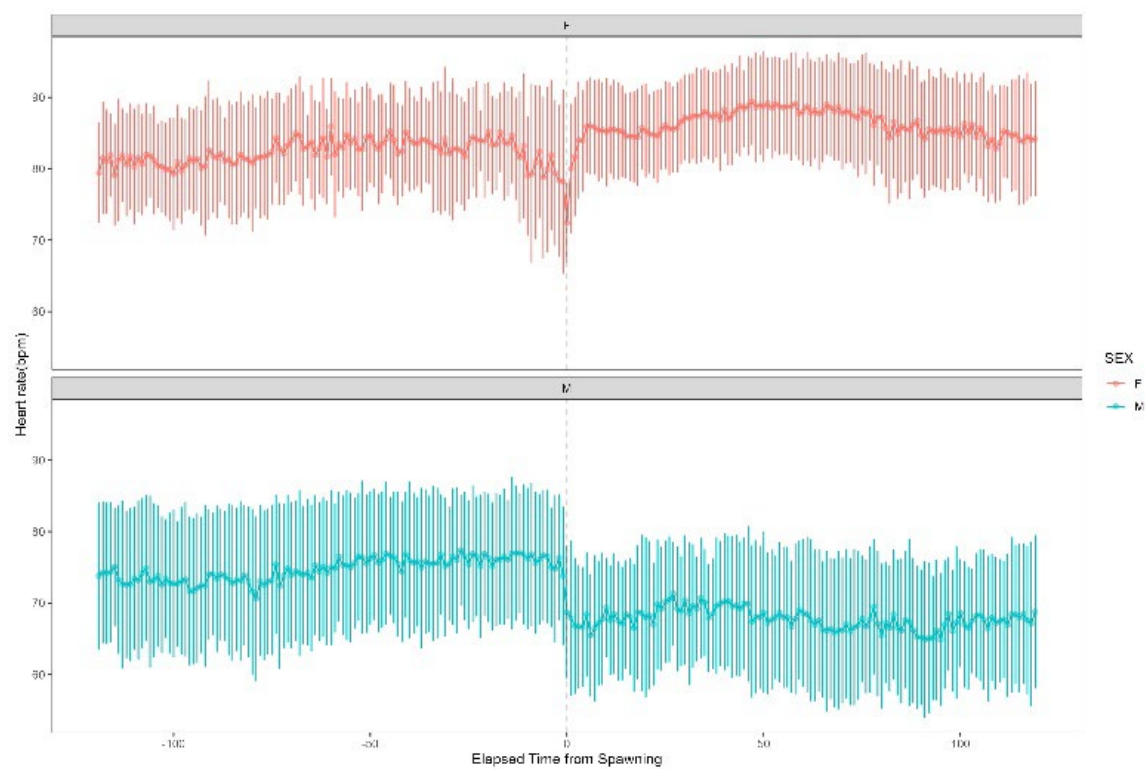


図 1：産卵前後の心拍数の時系列変化

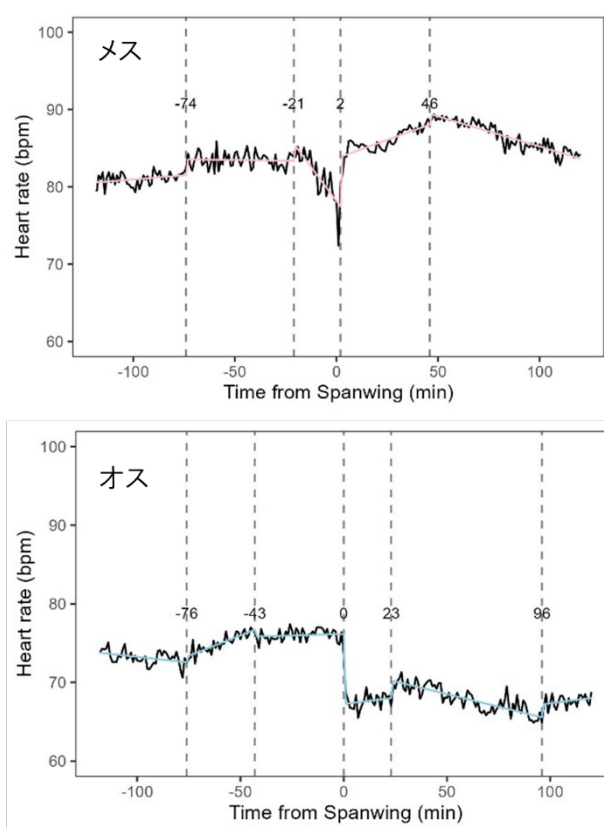


図 2：産卵前後の心拍数の時系列とブレイクポイント

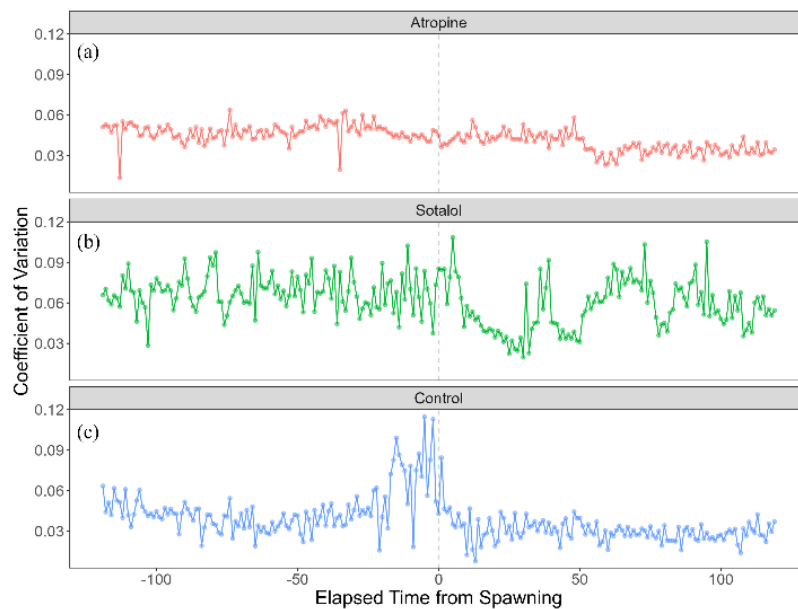


図 3：薬理実験における産卵前後の心拍変動係数の時系列変化