

令和 6 年 6 月 26 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2021～2023

課題番号：21K06346

研究課題名(和文) 種間比較に基づくカワスズメ科魚類の兄弟間対立を取り巻く生活史進化の解明

研究課題名(英文) Comparative approach for life history evolution associated with sibling rivalry in the cichlid fishes

研究代表者

佐藤 駿 (Satoh, Shun)

京都大学・白眉センター・特定助教

研究者番号：30845821

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：本プロジェクトはアフリカの古代湖であるタンガニカ湖で多様化したカワスズメ科魚類のきょうだい間対立を駆動する生態・社会的要因を種間比較アプローチを用いて、解明するというものである。私たちは、卵や体サイズに関するデータを約90種分、幼魚同士の行動に関するデータを約50種分、集めることに成功した。これらのデータに対して、きょうだい間対立を引き起こす要因に関する仮説を検証したところ、きょうだい同士の攻撃性には卵投資・社会構造・食性などが関係していることが判明した。また、これらの卵投資や社会構造を決定する生態社会的要因についても、いくつかの示唆を得た。

研究成果の学術的意義や社会的意義

血縁者間の対立の理解は行動生態学や進化生物学において恒久的な課題であった。このプロジェクトでは、きょうだい同士の攻撃性を駆動する要因について理論的に提唱された、いくつかの仮説を検証したものである。これらの仮説は種内変異を用いた検証が難しく、重要な仮説として位置付けられているものの、これまで検証事例はほぼない。本プロジェクトではこれらの仮説について、種間比較におけるアプローチを用いることにより、検証することができた。

研究成果の概要(英文)：In this project, we used an interspecific comparative approach to elucidate the ecological and social factors driving sibling conflict in the diversified cichlid fishes of Lake Tanganyika, an ancient lake in Africa. We successfully collected data on eggs and body size for ca. 90 species and on behavioural data for ca. 50 species. On these data, we tested hypotheses on the factors that cause sibling conflict and found that egg investment, social structure and feeding ecology are related to aggression between siblings. We also found some indications of the eco-social factors that determine these egg investments and social structure in cichlid fishes.

研究分野：行動生態

キーワード：きょうだい間対立 生活史進化 進化生物学 種間比較

## 1. 研究開始当初の背景

本プロジェクトは、アフリカの古代湖であるタンガニカ湖において多様化したカワスズメ科魚類のきょうだい間対立を駆動する生態的および社会的要因を、種間比較アプローチを用いて解明することを目的とした。きょうだい間対立とは、親の保護下で兄弟姉妹が限られた資源を巡って様々な方法(攻撃・ベギング・スクランブル競争)で争うものであり、親や子の適応度だけでなく生活史形質の進化にも影響を及ぼすことが予想されている重要な性質である。一方で、きょうだい間対立という視点から行われた行動研究の多くは鳥類を対象とするものばかりで、魚類を対象としたものは極めて少ない。また、きょうだい間対立に関しては進化生物学や行動生態学の視点から多くの理論研究が行われている一方で、種間レベルでの実証的な研究は少ないのが現状である。

そこで我々は、アフリカの古代湖であるタンガニカ湖において多様化したカワスズメ科魚類を対象に、きょうだい間対立に関わる様々な仮説を検証した。タンガニカ湖産カワスズメ科魚類は先行研究により、分類や系統関係が整理されているだけでなく、社会構造や子育て様式、食性などに大きな多様性を有するため、比較研究に極めて適した分類群である。

## 2. 研究の目的

本プロジェクトの目的はアフリカの古代湖であるタンガニカ湖に生息する固有のカワスズメ科魚類に対して、行動観察および生活史形質の計測を実施し、きょうだい間対立を引き起こす社会的要因と生態的要因、ならびに生活史形質への影響を検証することである。特に着目するのは、きょうだい間対立を引き起こす社会生態的要因に関連した仮説(食性仮説・社会構造仮説・狭い巣仮説・卵数仮説)を検証する。

## 3. 研究の方法

親保護下の幼魚に対して潜水調査による行動観察を行い、きょうだいに対する攻撃性、巣に生息する幼魚の密度、成長段階、食性を記録した。また、親魚を捕獲して、卵巣内卵数、卵サイズを計測した。さらに各々の有する社会構造については文献調査から、非協同繁殖か協同繁殖かを調べた。なお調査の対象でありながら、社会構造記載がなかった三種(*Neolamprologus bifasciatus*, *N. buescheri*, *N. meeli*)に対しては調査を行い、社会構造をそれぞれ個別に記載した。結果として、私たちは卵や体サイズに関するデータを約90種分、幼魚同士の行動に関するデータを約50種分、集めることに成功した。これらのデータに対して、複数の種間比較法を用いて、解析を行なった。

解析には複数の種間比較法(祖先形質復元・系統的最小二乗法・ベイズトレイツ離散モデル・系統的パス解析など)を用いた。Ronco et al. 2021で得られた最新の系統情報で用いることでより正確な解析を行うことができた。

## 4. 研究成果

きょうだい間の比較研究を展開するにあたり、必要な基礎的な生態情報が不足していた基質産卵魚である *Neolamprologus bifasciatus* と *N. buescheri* の調査を行い、彼らが協同繁殖種（グループで子育てを行う種）であることが判明した。これら2種はタンガニイカ湖において、比較的深場に生息する種であることから、これまで詳細な生態情報が欠落していた種である。また、砂場に住む *N. meeli* についても同様に記載を行った。なお、*N. bifasciatus* の社会構造記載に関しては、*Ecology of Freshwater Fish* 誌に、*N. meeli* に関しては、*Behavioral Ecology and Sociobiology* 誌に彼らが協同繁殖種であることを発表した(Saeki et al. 2021)。

さらに生活史形質を対象とした種間比較用のデータ収集を約90種分、幼魚同士の行動に関するデータを約50種分、集めることに成功した。これらのデータに対して、複数の種間比較法を用いて、きょうだい間対立を引き起こす要因に関する仮説を検証したところ、きょうだい同士の攻撃性には卵投資・社会構造・食性などが関係していることが判明した。より具体的には、きょうだい同士の攻撃性は少ない卵数、底生生物食と相関していた。また、協同繁殖の幼魚はきょうだいに対して、より攻撃的であるということが判明した。さらに、これらのきょうだい間対立を引き起こす要因であると推測された卵投資や社会構造を決定する生態社会的要因についても、いくつかの示唆を得た。

口内保育魚の卵数と卵サイズのトレードオフは親魚が稚魚を放牧するかに影響される。親魚が稚魚を放牧する場合、親魚は小さな卵を沢山産む。一方、稚魚を放牧しない種は少量の大きな卵を産むことがわかった。また、基質産卵魚の場合、子育て期間が卵の大きさに影響し、子育て期間が短いほどより大きな卵を産むことがわかった。きょうだい間対立を生じさせる背後要因である協同繁殖については、捕食圧が協同繁殖の進化を促進することが示唆された。

これら種間比較に基づいた成果は、3本の論文に分割し発表する予定である。残念なことに、この報告書提出までにこれらの論文を発表することはできなかったが、現在すでに2本の論文が査読下であり、3本目の論文および、*N. buescheri* の生態記載に関する論文も随時、発表していく予定である。これまで血縁者間の対立の理解は行動生態学や進化生物学において恒久的な課題であった。これらの仮説は種内変異を用いた検証が難しく、重要な仮説として位置付けられているものの、これまで検証事例はほぼない。本プロジェクトではこれらの仮説について、種間比較におけるアプローチを用いることにより、それらの仮説を少なくとも部分的に検証することができた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Sato Shun, Saeki Taiga, Kohda Masanori, Awata Satoshi	4. 巻 31
2. 論文標題 Cooperative breeding in <i>Neolamprologus bifasciatus</i> , a cichlid fish inhabiting the deep reefs of Lake Tanganyika	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Ecology of Freshwater Fish	6. 最初と最後の頁 640 ~ 649
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/eff.12658	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Sato S.	4. 巻 61
2. 論文標題 First Report of Maternal Interference Behaviour towards Sibling Aggression in the Shell-brooding Cichlid <i>Lamprologus ornaticipinnis</i> (Cichlidae)	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Ichthyology	6. 最初と最後の頁 992 ~ 996
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1134/S003294522106014X	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Saeki Taiga, Sato Shun, Frommen Joachim G., Kohda Masanori, Awata Satoshi	4. 巻 76
2. 論文標題 Kin-structured cooperatively breeding groups due to limited dispersal in the obligate shell-brooding cichlid <i>Neolamprologus meeli</i>	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Behavioral Ecology and Sociobiology	6. 最初と最後の頁 89 ~ 96
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00265-022-03201-w	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	沓掛 展之 (Kutsukake Nobuyuki)  (20435647)	総合研究大学院大学・先導科学研究科・教授  (12702)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	安房田 智司  (Awata Satoshi)  (60569002)	大阪市立大学・大学院理学研究科・准教授    (24402)	
研究分担者	丸山 敦  (Maruyama Atsushi)  (70368033)	龍谷大学・先端理工学部・教授    (34316)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関