

氏 名 伊藤 宗彦

学位(専攻分野) 博士(理学)

学位記番号 総研大甲第 1950 号

学位授与の日付 平成29年9月28日

学位授与の要件 先導科学研究科 生命共生体進化学専攻  
学位規則第6条第1項該当

学位論文題目 Aggression and conflict management in social cichlid fish,  
*Julidochromis regani*

論文審査委員 主 査 教授 蟻川 謙太郎  
講師 沓掛 展之  
講師 大槻 久  
教授 幸田 正典 大阪市立大学

論文の要旨

Summary (Abstract) of doctoral thesis contents

Compared to individuals living solitarily, the ones living in a group are believed to have high fitness benefits. On the other hand, group-living also incurs costs to its members. For example, conflict is inevitable among group members because of competition for limited resources. Conflict occasionally develops into aggression with physical and energetic costs for its participants. Since aggression threatens maintenance of group-living, it is predicted that group members have behavioral tactics, so called conflict management, to reduce costs of conflict caused by group-living.

Studies of social fish have been demonstrating that species-specific features of sociality determine patterns and function of aggression and conflict management. In this sense, social cichlid fish *Julidochromis regani* provides a nice opportunity to investigate a link between species-specific features and those social behaviors. *J. regani* exhibits intraspecific variation in mating systems, ranging from monogamy to polyandry with sex-role reversal. In addition, *J. regani* is a facultative cooperative breeder in which nonparent group members contribute to care of immature individuals. Using this unique system, my thesis aimed to reveal patterns and function of aggression and conflict management. This thesis contains two studies.

In the first study, I reported intrasexual aggression in *J. regani*. In sex-role-reversed species, females compete for resources (e.g., mates) more intensively than males do. In cooperatively breeding species in which nonparents help to rear offspring, the reproductive skew can be higher among females than among males, which can lead to selection for female aggressiveness with respect to monopolizing reproduction. However, it remains unclear whether these species exhibit sex differences in the intensity of aggressive behavior in the context of within-sex contests. In this study, I observed aggressive interactions among three same-sex individuals in *J. regani* in the laboratory and tested whether inter-female aggression was more intense than inter-male aggression. Although difference in body size strongly determined the direction of aggression in fish, aggression by a smaller-sized individual toward larger ones was occasionally observed in this species. This type of aggression was common between individuals of a similar body size ( $\leq 5$  mm) and occurred more frequently among females than males. In contrast, differences in body size and sex did not affect the frequency of aggression by larger-sized individuals against smaller ones. Bidirectional aggression (i.e., mouth fighting) occurred frequently when two individuals had similar body size, and there was no difference in its frequency between sexes. However, temporal analysis showed that females performed bidirectional aggression more persistently than males. These sex differences in the intensity of intrasexual aggression could be the behavioral

mechanisms underpinning cooperative polyandry.

In the second study, I focused on a complex pattern of polyadic aggression, redirected aggression. Redirected aggression – aggression by an attacked individual towards a third-party individual immediately after an original aggression – has been considered as one of the conflict management by a victim because it could reduce a probability of receiving further aggression. The occurrence of redirected aggression has been reported in many vertebrates, but few quantitative studies have been conducted in fish. I examined the function of redirected aggression in *J. regani*. Behavioral experiments showed that redirection aggression functioned to divert original aggressor's target toward a third-party individual and to prevent from being attacked by the third-party individual preemptively. In contrast, redirected aggression did not delay a timing of the aggression reoccurrence by an original aggressor. These results suggest that a primary function of redirected aggression is to maintain the dominance of its actor against a subordinate occupying the adjacent rank. This study provides the first evidence that the redirected aggression has functions of managing conflict in social fish.

Overall, this doctoral thesis shed light on how species characteristics would affect patterns and functions of social interactions such as aggressiveness and conflict management. At the same time, however, I also found results that do not match to this bidirectional relationship. This could have been caused either by the fact that my studies were conducted in laboratory settings or by lack of our knowledge on behavior of this species in the wild. This thesis suggests that studies of social behavior in different mating and/or social systems are required to fully understand complex systems in social fish. This thesis also suggests importance of analyzing cognitive abilities linked to social behavior, as complicated social contexts can be a background for the evolution of sophisticated cognitive abilities.

博士論文審査結果の要旨

Summary of the results of the doctoral thesis screening

学位申請者（伊藤宗彦）は、アフリカ東部タンガニーカ湖に生息するシクリッド（カワスズメ）の一種である *Julidochromis regani* を対象に社会行動を研究した。博士論文は五章からなる。第一章では、社会性を持つ動物における攻撃性と、社会性によって生じる対立を緩和する行動（conflict management）が手短かに解説されている。その中で、社会性を持つ魚種(social fish)において様々な対立緩和行動が存在すること、またその様式は種特異的な社会的性質と関係していることが例示され、社会性を持つ魚種が対立緩和行動を調べるうえで格好な研究対象であることが解説されている。第二章では、本研究対象を含む *Julidochromis* 属の行動生態が概説されている。

第三章では、攻撃行動の頻度・強度にみられる性差が報告されている。*J. regani* は、性役割が逆転した(sex role reversed)種であり、一夫一妻から協同的一妻多夫という可塑的な配偶システムを持つ協同繁殖種である。この社会的性質から、同性内競争が雌間において強く働き、雌が雄よりも高い攻撃性を見せると予測される。当研究では、この予測を飼育下にある *J. regani* において検証した。その結果、体サイズが近い個体間の攻撃行動の頻度、および双方向の攻撃行動の頻度において、予測を支持する結果が得られた。この研究は、*Journal of Ethology* 誌に掲載されている（博士論文に含むことは共著者による承諾済み）。

第四章では、「八つ当たり」行動（redirected aggression）の効果が報告されている。「八つ当たり」行動は、攻撃交渉直後、被攻撃個体が、攻撃に参加しなかった第三者個体を攻撃する行動を指す。「八つ当たり」行動が魚類において存在することは知られていたが、その存在を定量的に示したものはなく、その機能も不明であった。本研究では、飼育下にある同性個体三匹（以下、体サイズの大きい順に、各個体をL、M、Sと呼ぶ）の社会交渉を観察し、M個体がL個体に攻撃された後、S個体を攻撃する行動を分析した。本章では、「八つ当たり」行動の生起が統計的に示された後、その効果が検証されている。その結果、「八つ当たり」行動は、行為個体(M)よりも小さい個体(S)からの攻撃を防ぐ先制攻撃であると結論付けている。「八つ当たり」行動の行為個体(M)は、攻撃された直後に劣位個体(S)から攻撃を受けやすい。M個体は「八つ当たり」行動を行うことによって、自分よりも体サイズが大きいL個体による攻撃の矛先を自身からS個体へと変化させることができ、さらに、S個体からM個体への攻撃頻度を減少させる効果も見られた。この研究は、魚における「八つ当たり」行動の世界初の定量的研究であるのみならず、魚における対立緩和行動の新たな実証例を報告したものである。

第五章では、二つの研究例を概説し、*J. regani* における社会的特徴と社会行動の関連性、魚における洗練された社会的認知能力に関する議論がなされている。本博士研究は魚類の社会性に関する理解を広げるものであり高く評価できる。博士論文は英語で書かれており、申請者は十分な英語能力を有すると判断される。これらの点を合わせて、審査委員会は全員一致で、本論文が博士（理学）の授与に十分値するものと判定した。