

# 論文審査の結果の要旨

氏名 落 合 崇

社会性動物では、集団を形成することで各個体の学習効率が上昇する事例があり、これを「社会学習(social learning)」とよぶ。ミツバチが尻振りダンスを用いて仲間に餌場の位置を教えたり、アリが道標フェロモンを用いて巣仲間に餌場の位置を教えることでコロニー全体の採餌効率が上昇することがその例である。近年、グッピーなどの魚類でも社会学習の実例が報告されているが、魚類では記号的コミュニケーションや化学コミュニケーションは観察されていない。本研究では分子遺伝学のモデル生物であるメダカ(*Oryzias latipes*)を用いて、集団で餌と視覚刺激を連合する社会学習の実験系を確立し、社会学習を引き起こす個体間相互作用が探索された。

本論文は4章からなる。第1章ではメダカ集団を用いた社会学習の実験系の確立について述べている。メダカ集団(6匹)を用いて給餌と視覚刺激(水槽の片側で動画を提示)を連合させる報酬学習系を作成したところ、単独時には8回目の試行以降メダカは動画提示時に動画へ接近したが、集団時には4回目から接近し、4回目の動画方向への平均の移動量は単独時より比べて集団時で有意に大きかった。このことはメダカにおいても社会学習が生じることを示している。

メダカが群れ行動(schooling behavior)を示す際には各個体の遊泳方向が揃う傾向がある。この連合学習系でも学習が成立したメダカ集団は動画方向に揃って遊泳する。そこで第2章では群れ行動を誘導する遊泳条件が検索された。まず、6匹の集団の任意の2個体の遊泳方向差(Orientation Difference, OD)に影響を与える遊泳条件を検索する新規なデータマイニング法を確立した。自由遊泳している各個体の位置を1秒おきに30秒間記録し、任意の2個体の全て組み合わせ( $n=4,950: 6C2 \times 30$  フレーム $\times 11$  群)についてODを算出し、このデータセット[U(OD)]について、ODの大きさに基づいたヒストグラムを作製した。ヒストグラムの形は平坦になったことから、全体的には各個体はランダムな方向に遊泳していると考えられる。次に2個体の速度や位置に関する8つの遊泳条件を設定し、それぞれの条件に相当する標本を遊泳条件の強度(程度)に応じて6分割し、各分画のODのデータセット[P(OD)]についてヒストグラムを作製した。ある遊泳条件がODに影響を与える時には両者のヒストグラムの形は

異なると期待される。2 つのヒストグラムの形状の違い(距離)をカルバック・ライブラー情報量KLD を用いて定量化した結果、「一方の個体が高速度で遊泳する」条件でKLD が全ての遊泳条件の中で最大になった。この遊泳条件ではヒストグラムはOD小さい分画に偏り、非対称になったことから、「ある個体が高速遊泳すると、近くの他個体が追従する」ことが示唆された。

第3章では自由遊泳時に見いだされた上記の行動法則が、先の報酬学習系でも見られるか検討された。まず、学習済み個体は未学習個体より高速で、動画提示時に動画方向に移動することが分かった。次いで、周囲の個体は高速遊泳個体に1/3秒遅延して追従することが示され、社会学習が生じた報酬学習系では「学習済み個体が高速で動画方向に遊泳し、これに周囲の個体が追従する」ことが判明した。

第4章では、未学習個体が学習済み個体を個体識別して追従するか調べている。まず学習済み個体(demonstrator)1匹と、未学習個体(observer)3匹を1つの水槽に入れ、動画提示と給餌を連合させる訓練を行った。この訓練後の自由遊泳時にobserverが他のobserverよりdemonstratorを好んで追従するか調べたところ、訓練前とは異なり、observerは、高速遊泳する他のobserverより、demonstratorを良く追従することが示された。

以上本論文では、メダカ集団を用いた連合報酬学習系を確立することで、メダカにおける社会学習の事例を初めて見いだした。さらに、「高速遊泳する個体に周囲の個体が追従する」という行動ルールを見だし、これが社会学習の基盤となることを示唆した。本研究は、魚類において社会学習を産み出す個体間相互作用を解明した世界初の事例であり、行動生物学や社会生物学の発展に寄与するものである。将来的には、メダカの分子遺伝学的手法を利用することで、社会学習の脳神経基盤の解析も可能になると期待される。なお、本論文は末廣勇司・西成活裕・久保健雄・竹内秀明との共同研究であるが、論文提出者が主体となって研究計画立案、実験、考察、論文執筆を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。したがって、博士(理学)の学位を授与できると認める。