3版

様　式　Ｃ－１９、Ｆ－１９－１、Ｚ－１９　（共通）

科研費 KAKENHI

科学研究費助成事業　　研究成果報告書

平成　２９　年　　６　月　２７　日現在

機関番号：１８００１

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2014～2016

課題番号：２６４５０２６６

研究課題名（和文）イカ類のグループ・ダイナミックスに関する行動学的研究

研究課題名（英文）Behavioral study on group dynamics of squid

研究代表者

池田　譲（IKEDA, Yuzuru）

琉球大学・理学部・教授

研究者番号：３０３４２７４４

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費）　　3,800,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、イカ類のグループ・ダイナミックスを、アオリイカを主対象に読み解くことを試みた。その結果、アオリイカの群れには特有の力学が働くこと、本種の集団意思決定に特定個体の動きが関わり、その個体の属性も群れを動かす要因となっていること、このような集団力学は孵化後の時間経過に伴い発達することを明らかにした。さらに、種間比較の観点から、アオリイカに比べて社会性レベルが低いと考えられるトラフコウイカを調べ、群れに特有の力学が作用している様子を明らかにした。

研究成果の概要（英文）：I investigated, based on behavioral experiments, group dynamics of oval squid. The following founding were obtained. Specific interaction affects the formation of schooling behavior of oval squid. In usual, a particular individual swim out the school, and remaining individuals follows the same direction, which makes oval squid school moving various directions and distance. These interaction among the oval squid population develops ontogenetically. Similar group dynamics occurs in pharaoh cuttlefish that is less social compared with oval squid. These founding would be basic knowledge for understanding social system of squid.

研究分野：水産増殖学

キーワード：イカ類　グループ・ダイナミックス　社会　行動　脳・神経

１．研究開始当初の背景

集団構成員の平均的な考え方が物事の解決に寄与する現象は、「集合知」として知られる。一方、集団を構成する個々体が、単体では採らない振る舞いを集団条件では採ることで生じる集団全体の動態は、「グループ・ダイナミックス」と呼ばれる。グループ・ダイナミックスは、ヒトに限られたものではなく、魚群や鳥の渡り集団のようにヒト以外の動物の集団行動としても認められ、ヒトに見る集合知と同じ集団意思決定の仕組みが明らかにされつつある。このことは、集団条件下で社会性動物の採る行動形態が、共通の進化的背景により獲得されたことを強く示唆している。イカ類は、相対サイズで見れば高等脊椎動物に比肩し得る巨大脳と、ヒトに類似したレンズ眼を有している。これらを反映し、イカ類は、学習・記憶能、体色変化によるコミュニケーションなど、高次の認知行動を表出する。研究代表者は水産重要資源であるイカ類の適正な資源管理と完全養殖のための基礎研究を進め、代表的な沿岸性イカ類であるアオリイカを対象に、本種が群れという社会システムを、構成個体が高次脳機能を駆使して維持している概観と骨子を明らかにして来た。そこで、次に取り組むべき課題を、イカ類の群れが、集合体としてどのように振る舞い、生残に寄与するのかという、多数の構成個体により作り出される群れの動態とその適応的意義の解明と位置付けた。

２．研究の目的

本研究課題は、重要な水産資源種を多く含むイカ類のグループ・ダイナミックスに焦点を当てた。本研究は、イカ類に見られる高次脳機能が社会性に関連して発達したとの発想のもと、同種個体より構成されるイカ類の複雑な群れの社会的機能について、多くの個体が集まることで表出される集団による特異な動態、すなわち「グループ・ダイナミックス」を、多くの個体の思考が集まることで最適な解が導き出される「集合知」の考えにも着目しつつ、他者認知など集団を構成する個々体の様々な認知能力や性格の違いといった個体変異も加味して読み解くことを目指した。

３．研究の方法

本研究では以下の３項目の解明を試みた。

(1)グループ・ダイナミックスの実態と機構：アオリイカの群れがどのような動きを示すのか室内実験より検証した。また、アオリイカ集団がどのようにして集団全体の動態を決定し、行動するのか、集団意思決定の仕組みを室内実験より検証した。

(2) グループ・ダイナミックスの発達過程：アオリイカの成体・亜成体に見られる集団の特徴的な動態が、孵化直後から発現する生得的なものであるのか、孵化後の時間経過に伴い発現する生後発生的なものであるのか。アオリイカのグループ・ダイナミックスの発達過程を室内実験により検証した。

(3) グループ・ダイナミックスの種間変異：琉球列島に分布する他種の熱帯性イカ類が、系統類縁関係と関連してグループ・ダイナミックスにどのような変異を示すのか。イカ類におけるグループ・ダイナミックスの進化過程を探るために、ツツイカ目のアオリイカと比べて社会性が低いと考えられるコウイカ目のトラフコウイカを対象として、集団に働く動態の有無とその発達過程を室内実験により検証した。

４．研究成果

３つの研究項目について、以下の成果が得られた。

(1)グループ・ダイナミックスの実態と機構：アオリイカの群れの動態に関し、異なる方向を向いていた個々体が、近接して明瞭な群れ隊形をつくり、特定の１個体が集団よりやや抜きん出て、それに集団全体が同調するようにして同方向へと向かうことで、群れ全体が行動範囲を広げることを明らかにした（図 1）。

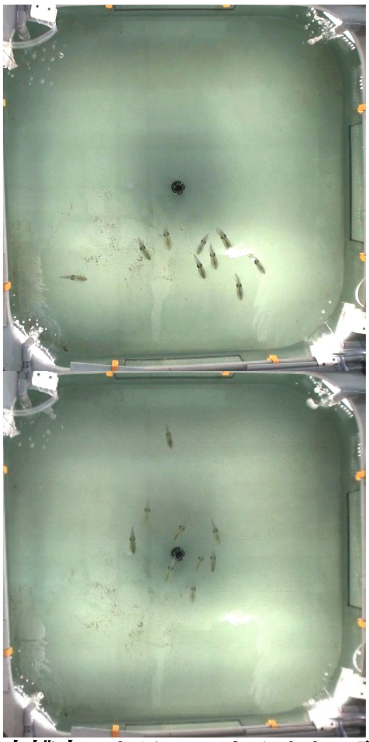

図 1 水槽内におけるアオリイカの群れの動態.（写真は実験水槽を上から見たところ. 群れ内の 1 個体[上段最左、下段最上]が集団から抜き出て、集団全体がその方向へ移動する）

集団意思決定に関し、攻撃刺激および防衛刺激に対して特定１個体がそれぞれ退避行動および接近行動をとると、これを見た群れ全体も同じく退避行動および接近行動を示すこと。さらに、特定の１個体がハブ個体であった場合、群れの中のより多くの個体が同調した行動を示すことなどを明らかにした。

(2) グループ・ダイナミックスの発達過程：アオリイカの群れに作用する集団力学の発達過程について、孵化後間もない 5 日齢では集団を構成する個々体の間の距離が大きく、統一的な行動は見られず、2 ヶ月齢を越えてから亜成体に見られるような群れの動態が発現することを明らかにした（図 2）。さらに、アオリイカ集団に外敵（魚類）を提示すると、20 齢では逃避する個体が数は少ないが、40 日齢では逃避する個体数が増加するようになること、すなわち、集団力学が孵化後の時間に伴い作用する様子を明らかにした。また、アオリイカが表出するボディーパターンを経時的に観察した。その結果、30 日齢では隠蔽に関わるパターンの表出が主であったが、60 日齢から 90 日齢にかけては外敵などに対する情動を表すパターンの表出が見られるようになる様子を明らかにした。

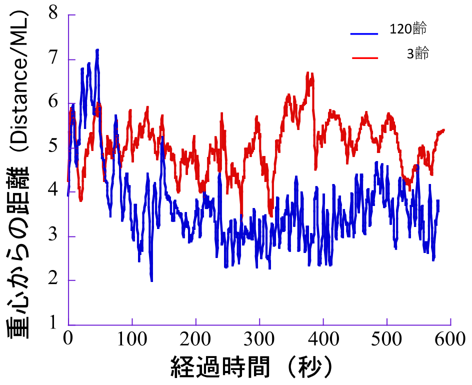

図 2　アオリイカの群れの動態の発達過程.（群れのまとまりを表す重心からの距離が、若齢個体[3 日齢]では低いが亜成体[120 日齢]では高くなる）

(3) グループ・ダイナミックスの種間変異：琉球列島に分布する他種の熱帯性イカ類が、系統類縁関係と関連してグループ・ダイナミックスにどのような変異を示すのかアオリイカに比べて社会性レベルが低いトラフコウイカを対象に調べた。脅威対象（外敵）に対する防衛場面と、攻撃対象（餌生物）に対する攻撃場面について、集団状態、単独状態のトラフコウイカは、孵化後のいずれの日齢においても脅威対象に気づき、注視した。ただし、集団状態のトラフコウイカの方が脅威対象に早く定位した。一方、攻撃対象を導入すると、いずれの日齢においても、集団状態のトラフコウイカの方が単独状態に比べてより多くを捕獲した。また、餌生物に対する個体の角度は、集団状態のトラフコウイカの方が単独状態より大きく、個々体は様々な方向を向いていた。一方、単独状態のトラフコウイカは警告、隠蔽に関わるボディーパターンを集団よりも多く表出した。このように、コウイカ目の群れにおいて特有のグループ・ダイナミックスが働いている様子が示された。

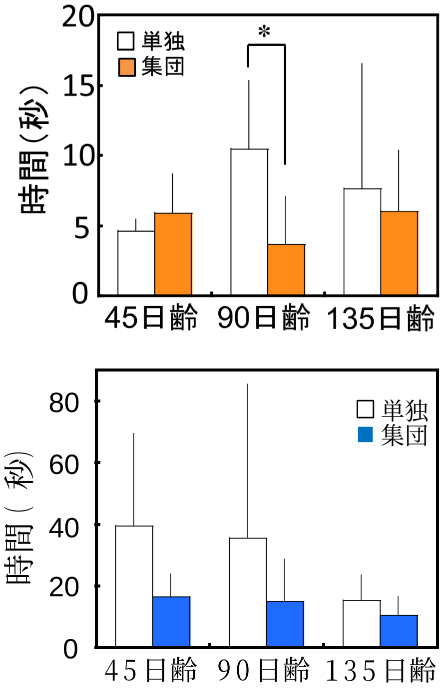

図 3 トラフコウイカの群れに働くグループ・ダイナミックス　（攻撃場面[上段]では集団状態の方が早く餌生物に定位し、攻撃場面[下段]では集団状態の方が早く外敵に定位している．*は統計的に有意な場合）

5．主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計　0　件）

〔学会発表〕（計　23　件）

① 成嶋和也・<u>池田譲</u>：頭足類の社会性に関する研究−⑱トラフコウイカの群れにみる集団力学．日本水産学会春季大会,2017　年 3 月 27 日，東京海洋大学，東京都港区

② <u>池田譲</u>：頭足類が織り成す知と社会．第 22 回交通流と自己駆動粒子系のシンポジウム，交通流数理研究会（招待講演）,2016 年 12 月 1 日，京都大学，京都府京都市左京区

③ <u>池田譲</u>：「彩の使い手」頭足類の色表現に関する一考察．第 22 回国際動物学会/第 87 回日本動物学会合同大会，第 12 回色素細胞シンポジウム〜動物の色と心と行動〜（招待講演）,2016 年 11 月 17 日，宜野湾コンベンションセンター，沖縄県宜野湾市真志喜

④ 川浦梨沙・青徹・<u>池田譲</u>：アオリイカは同　種個体を見分けているのか？他者認知の　再検討．日本動物行動学会第 35 回大会，　2016 年 11 月 11-12 日，新潟大学，新潟県新潟市西区

⑤ <u>池田譲</u>：Brainy behavior of

cephalopods: Toward future study with magic wand. International Workshop on Aqua Vision 2016（招待講演）,2016 年 9 月 27 日, 京都大学, 京都府京都市左京区

⑥ 江崎貴之介・青徹・安室春彦・杉本親要・池田譲：頭足類の社会性に関する研究−⑮アオリイカの集団力学を形作る個の多様性と群れの挙動.平成 28 年度日本水産学会春季大会，2016 年 3 月 28 日，東京海洋大学，東京都港区

⑦ 池田譲：『烏賊伝』やわらかな知の志士たち.平成 27 年度マリンバイオテクノロジー学会「若手の会シンポジウム」（招待講演）,2015 年 11 月 20 日，東京大学，東京都文京区

⑧ 青徹・池田譲：イカは他者と心を通わせるのか？アオリイカにおける共感性の実験的検証. 日本動物行動学会第 34 回大会，2015 年 11 月 20-22 日，東京海洋大学，東京都港区

⑨ 江崎貴之介・青徹・安室春彦・杉本親要・池田譲：アオリイカの群れの働くグループ・ダイナミックスと集団意思決定.日本動物行動学会第 34 回大会，2015 年 11 月 20-22 日，東京海洋大学，東京都港区

⑩ 青徹・池田譲：Cephalopod intelligence, society and communication III) Individual recognition and sympathy in oval squid (***Sepioteuthis lessoniana***). Cephalopod International Advisory Council Conference 2015, Recent Advances in Cephalopod Science（国際学会）, 2015 年 11 月 11 日，函館国際ホテル，北海道函館市大手町

⑪ 杉本親要・池田譲：Cephalopod intelligence, society and communication II) Social structure and dynamics of the oval squid (***Sepioteuthis lessoniana***) school. Cephalopod International Advisory Council Conference 2015, Recent Advances in Cephalopod Science（国際学会）, 2015 年 11 月 10 日，函館国際ホテル，北海道函館市大手町

⑫ 池田譲：Cephalopod intelligence, society and communication I) Prologue: Social recognition in squid. Cephalopod International Advisory Council Conference 2015, Recent Advances in Cephalopod Science（国際学会）, 2015 年 11 月 10 日，函館国際ホテル，北海道函館市大手町

⑬ 杉本親要・池田譲：Schooling behavior of squid: its structure and function. SWARM 2015: The First International Symposium on Swarm Behavior and Bio-Inspired Robotics（国際学会）,2015 年 10 月 30 日，京都大学，京都府京都市左京区

⑭ 杉本親要・池田譲：頭足類の社会性に関する研究−⑬アオリイカにおけるソーシャルネットワーク内の位置と先導性との関係. 平成 27 年度日本水産学会春季大会，2015 年 3 月 30 日，東京海洋大学，東京都港区

⑮ 江崎貴之介・青徹・安室春彦・杉本親要・池田譲：頭足類の社会性に関する研究−⑫アオリイカの群れにみる集団力学.平成 27 年度日本水産学会春季大会，2015 年 3 月 30 日，東京海洋大学，東京都港区

⑯ 池田譲：海洋維新の傑物−頭足類にみる知と社会−.第 62 回日本生態学会（自由集会）（招待講演）,2015 年 3 月 21 日，鹿児島大学，鹿児島県鹿児島市郡元

⑰ 池田譲：海の霊長類と呼ばれて−趣旨説明と序論に代えて−. 日本動物行動学会第 33 回長崎大会（ラウンドテーブル）,2014 年 11 月 3 日，長崎大学，長崎県長崎市文教町

⑱ 青徹・池田譲：アオリイカにおける同種個体認知能の検証. 日本動物行動学会第 33 回長崎大会,2014 年 11 月 2-3 日，長崎大学，長崎県長崎市文教町

⑲ 杉本親要・池田譲：アオリイカの群れは特定の個体により誘導される. 日本動物行動学会第 33 回長崎大会,2014 年 11 月 2-3 日，長崎大学，長崎県長崎市文教町

⑳ 西林孝紘・池田譲：アオリイカの性格と攻撃・防衛・社会場面における行動変異. 日本動物行動学会第 33 回長崎大会,2014 年 11 月 1-2 日，長崎大学，長崎県長崎市文教町

㉑ 池田譲：アオリイカは後ろの正面を見るのか？鏡像自己認知検証ふたたび.日本動物行動学会第 33 回長崎大会,2014 年 11 月 1-2 日，長崎大学，長崎県長崎市文教町

㉒ 池田譲：頭足類という可能性.平成 26 年度日本水産学会秋季大会，2014 年 9 月 19 日，九州大学，福岡県福岡市西区

㉓ 西林孝紘・池田譲：アオリイカの攻撃・脅威場面における Shy/Bold の行動的検証.平成 26 年度日本水産学会秋季大会，2014 年 9 月 21 日，九州大学，福岡県福岡市西区

〔図書〕（計　0　件）

〔産業財産権〕

○出願状況（計　0　件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況（計　0　件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等
琉球大学理学部池田研究室
http://w3.u-ryukyu.ac.jp/ceph_lab/index.html

６．研究組織
(1)研究代表者
　池田　譲（IKEDA Yuzuru）
　琉球大学・理学部・教授
　研究者番号：30342744

(2)研究分担者
　なし　（　）

　研究者番号：

(3)連携研究者
　なし　（　）

　研究者番号：

(4)研究協力者
　なし　（　）