

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 8 月 15 日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2016

課題番号：26830005

研究課題名(和文) 社会性昆虫アリの労働分化システムを決定する神経基盤の解明

研究課題名(英文) Molecular mechanisms to regulate the division of labor in ants

研究代表者

古藤 日子 (Koto, Akiko)

東京大学・大学院薬学系研究科(薬学部)・助教

研究者番号：80583997

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、労働アリの示す労働分化カーブを形成する分子メカニズムの解明を目指し、月齢依存的、また個体環境依存的に新たに労働分化カーブを促す実験系の構築を行った。また、月齢、及び環境依存的に労働分化カーブがスイッチすることと相関して変動する遺伝子として、オキシトシンパソプレンファミリーの神経ペプチドを同定した。今後はその機能解析を目指し、人為的に発現を変化させる実験系の構築を行い、労働分化カーブの成立や維持に關与する分子メカニズムの同定を目指す。

研究成果の概要(英文)：The social interaction with others has beneficial impact in various animals. Animals develop the flexible strategies to respond their social environment to maximize their fitness and health. By using social insects, in particular ants, we aim to understand the evolutionary origins of neural mechanisms that regulate social behaviors. We induced the development of division of labor in artificial condition by utilizing the behavior tracking system. And we identified the neuropeptide which expression correlates with the status of division of labor, in age-dependent manner and also environment-dependent manner. We will develop the manipulation strategies with genetical or pharmacological approach to understand its molecular function in workers.

研究分野：生態行動学

キーワード：社会性昆虫 行動アッセイ

1. 研究開始当初の背景

複雑な社会性を営む生物にとって、周囲の物理的環境や同じ社会に属する他個体との相互作用により自身の行動を柔軟に変化させ立ち振る舞うことはその生存に必須である。行動の生物学的基盤は、遺伝学的要因と環境要因、及びその相互作用に依存して決定される。社会性をもつ生物にとって、周囲の物理的環境や同じ社会に属する他個体とのコミュニケーションによって自身の行動を柔軟に変化させ立ち振る舞うことはその生存に必須である。しかしながら、個体間コミュニケーション、及び周囲の物理的環境がどのように受容され、各個体のアウトプットとしての行動を規定するのか、という一連の行動基盤は我々を含む多細胞生物の多くに共通する生命プロセスと考えられているが、未解決な問題が多く残されている。本研究は、社会性昆虫であるアリが生来備える高度な労働分化システムに着目し、個体間相互作用、及び環境要因に基づき各個体の労働行動が柔軟に制御されるメカニズムを分子生物学的に明らかにすることを目的とする。

2. 研究の目的

本研究は複雑な社会性を営む生物において個体の柔軟な行動適応を支える分子基盤を明らかにすることを目的とする。アリやミツバチといった社会性昆虫は集団(コロニー)を作り、様々な階級(カースト)を備えた分業体制によって社会生活を営む。その大きな特徴として集団内に女王アリ、雄アリに加え、生殖能力を持たない非生殖階層を備えた社会性構造を持つことが挙げられる。さらに、非生殖カーストの大半を占める労働アリには高度な労働分化が存在する。各個体の労働分化状態を規定する要因の一つとして、労働アリの仕事内容は日齢に伴い変化することが知られている。若い個体は幼虫に餌を与える育児、巣作り、女王の世話といった巣中での内勤労働(nurse)に従事し、日齢が進むにつれ餌取りなどの外勤労働(forager)へと移行する。また、労働分化はコロニーを構成する個体数の変化や季節などの環境要因に応じて柔軟に変化することが知られている。例えば、餌取りアリの個体数が減少した時には餌取り行動に早く移行する幼若アリが観察され、また巣内労働に従事する個体数が減少した時には老齢の餌取りアリが巣内労働へと戻ることが観察されている。密集して生活する社会性昆虫は、寄生生物や多くの感染性病原体にさらされやすい。そこで一部の労働アリのみが外界との接触を分担することにより、コロニーの維持に必須である女王アリ、及び幼弱個体を外界との接触から守ることが可能となる。環境要因に基づき、労働分化が柔軟に制御される

ことは社会性昆虫のコロニーを維持するために重要な生物学的意味を持つ。しかしながら、労働分化の可塑性を制御する神経メカニズムはこれまでに明らかにされていない。そこで、本研究では、大工アリ(*Camponotus fellah*)を研究対象として、労働アリの環境依存的な労働分化システムに着目し、労働アリの示す柔軟な労働行動の変化を制御する神経メカニズムを分子遺伝学的に明らかにすることを目的とする。

3. 研究の方法

本研究では労働行動の制御に関わる神経ペプチドとして複数の候補遺伝子の発現を定量PCRにて解析した。月齢や内勤または外勤行動のパターンと発現が関連する遺伝子を同定し、さらに薬理的、および遺伝学的手法によりその発現を制御することにより生理機能解析を目指す。

本研究は、労働分化システムを制御する神経基盤を分子生物学的に明らかにすることを目的とする。社会性昆虫のような非モデル生物を対象とした研究ではモデル生物で行われる順方向遺伝学を用いた網羅的スクリーニングを行うことは不可能である。そこで、労働アリにおいて日齢依存的、また環境依存的な労働分化行動の変化に伴って発現変動する神経ペプチドを候補となる神経ペプチドを同定する。次に、遺伝学的、薬理学的手法を用いそれらの候補神経ペプチド経路を人為的に操作する系を確立する。さらに自動ビデオ追跡システムを用い、これらの神経ペプチド経路を操作した労働アリの行動を1個体レベルで定量的に解析することにより、労働分化システムを制御する神経基盤を明らかにすることを目的とする。

4. 研究成果

本研究では第一に、研究室環境において社会環境依存的な労働分化カーストの誘導系構築を試みた。第一に個体レベルでの行動パターン解析を行うために、これまでに報告された個体識別バーコードを用いた行動アッセイシステムの構築を行った。この行動アッセイシステムを用い、母コロニーから同齢の労働アリ10匹を小箱に隔離し、飼育した結果、隔離後二日後には餌取り行動をする個体が出現し、その個体行動は行動アッセイを行った10日間維持される様子が観察された。

また、月齢、および上述の労働分化カーストの誘導に伴い、発現が変化する神経ペプチドとしてオキシトシンバソプレシンファミリーのホモログであるイノトシン遺伝子、およびその受容体を同定した。このシグナルの生理機能解析を目指し、成虫個体において遺伝子発現のノックダウンを試みた。食餌法、及びインジェクション法により発現抑制の効果を検討した。その結果、頭部において発現量が低下する傾向

が得られたが、個体間のばらつきが大きく、今後の課題として dsRNA 投与量、時期、投与方法を改良することにより、効果的な遺伝子発現ノックダウン系を立ち上げることを目指す。

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3件)

1. LeBoeuf AC., Waridel P., Brent CS., Gonçalves AN., Menin L., Ortiz D. Riba-Grognuz O., Koto A., Soares SG., Privman E., Miska EA., Benton R., Keller L. "Oral transfer of chemical cues growth proteins and hormones in social insects." *eLife*, 査読有, 5, 2016年, e20375, DOI: 10.7554/eLife.20375.

2. Koto A., Mersch D., Hollis B., Keller L., "Social isolation causes mortality by disrupting energy homeostasis in ants", *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 査読有, 69, 2015年, 583-591, DOI: 10.1007/s00265-014-1869-6

3. Yamaguchi Y., Kuranaga E., Nakajima Y., Koto A., Takemoto K., Miura M. "In vivo monitoring of caspase activation by FRET-based fluorescent probe." *Methods in Enzymology*, 査読有, 544, 2014年, 299-325, 2014年, DOI: 10.1016/B978-0-12-417158-9.00012-1.

[学会発表](計9件)

1. 古藤日子、田原拓樹、本山直人、Laurent Keller、三浦正幸「社会性昆虫における行動基盤の解明」第39回日本分子生物学会年会、2016年11月30日-12月2日、パシフィコ横浜(神奈川県、横浜市)

2. 古藤日子、田原拓樹、本山直人、Laurent Keller、三浦正幸 "Regulatory mechanisms of social behavior in social insect, ants" 第87回日本動物学会、2016年11月14-16日、沖縄コンベンションセンター(沖縄県宜野湾市)

3. 古藤日子「アリの社会性行動を制御する神経メカニズム: Regulation mechanisms of social behavior in ants」、行動生物学分科会シンポジウム、2016.9月25日、日本学術会議講堂(東京都、港区)

4. Koto A., Tahara H., Motoyama N., Keller L., and Miura M. "Functional analysis of oxytocin-like peptide,

inotocin in social insect, ants" 第39回日本神経科学学会、2016年7月20-22日. パシフィコ横浜(神奈川県、横浜市)

5. Koto A., Tahara H., Motoyama N., Keller L., and Miura M. "The expression analysis of the Oxytocin-like peptide, inotocin in ants", 第12回日本ショウジョウバエ研究会、2016.9月9-12日、立教大学(東京都、豊島区)

6. Koto A., Privman E., Keller L. "Molecular mechanisms of high mortality in social isolation" 6th Congress European Sections of the IUSI, 2016.8.8-11, Helsinki (Finland)

7. Koto A., Tahara H., Keller L., Miura M., 「個体間相互作用に依存した社会性行動の進化とその制御機構の解明 Regulatory mechanisms of social behavior in ants; insights into social evolution.」第38回日本神経科学学会、2015年7月28-31日、神戸国際会議場(兵庫県、神戸市)

8. Koto A., Mersch D., Hollis B., and Keller L., "Energy imbalance causes the mortality in social isolation", International Union for the Study of Social Insects International Congress (IUSI), 2014.7.13-18, Cairns (Australia)

9. Koto A., Mersch D., Hollis B., Keller L., 「社会性昆虫アリを用いた同種間コミュニケーションに依存した生存維持機構の解明」第85回日本動物学会、2014年9月11-13日、東北大学川内北キャンパス(宮城県、仙台市)

[図書](計0件)

[産業財産権]

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

[その他]

メディア掲載

1. "Lonely ants die young and hungry", ABC Science, Australia, 2015.2.

2. "La solitude accélère la mort des fourmis", 24 heures, Switzerland, 2015.2.

3. "Marching one by one" (<http://www.newyorker.com/tech/elements/lonely->

ant), The New Yorker, 2015.3.

ホームページ

<http://www.f.u-tokyo.ac.jp/~genetics/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

古藤 日子 (Koto Akiko)

東京大学・大学院薬学系研究科遺伝学教室・助教

研究者番号：80583997