

役割によって異なるシロアリの化学受容体の発現

-高度な分業体制を支えるコミュニケーション機構解明へ期待-

概要

松浦健二 京都大学大学院農学研究科教授、三高雄希 同博士後期課程学生、小林和也 同研究員(日本学術振興会特別研究員 PD)、アレキサンダー・ミケエヴ 沖縄科学技術大学院大学准教授、マンディ・ティン 同技術員、渡邊豊 同技術員らの研究グループは、シロアリの化学受容体遺伝子の発現量がカースト(社会の中の役割)および性によって異なっており、特に王と女王では、年齢とともに変化していることを明らかにしました。今回の研究成果は、社会性昆虫における化学コミュニケーションを基盤とした労働分業の進化を理解する上で、極めて重要な意味を持ちます。

本研究成果は、2016年1月13日午後2時(米国東部時間)に、米国科学誌「PLOS ONE」にて掲載されました。

(The paper will remain under embargo until 02.00 PM U.S. Eastern Time Wednesday 13 January 2016.)

1. 背景

動物は餌の探索や天敵の発見、さらには同種他個体との社会的相互作用のために、嗅覚と味覚を用いて環境中の化学物質を知覚しています。特に、種内の個体間のコミュニケーションに使われる化学信号はフェロモンと呼ばれ、高度に組織化されたコロニー*を形成する真社会性昆虫では、採餌場所伝達や配偶行動、コロニー防衛、巣仲間認識といった全ての社会行動にフェロモンが関わっていると言われていいます。社会性昆虫には形態や行動の異なる役割(カーストとよばれる)が存在し、それぞれのカーストは異なる種類の仕事に従事しています。そのため、労働に必要な化学物質を認識するための化学受容体(図1)のレパートリーもカースト間で異なることが予測されます。

シロアリの社会では、王と女王が繁殖に専念しており、兵アリがコロニー防衛を、働きアリが採餌・巣の衛生管理・女王と卵の世話など複数の仕事を担当しています。また、雌だけでコロニーを形成するハチやアリとは異なり、シロアリは全てのカーストに雌雄の両方が存在し、雄も雌も労働に従事しています。シロアリの社会行動もフェロモンによって制御されていると考えられ、特に日本に広く分布するヤマトシロアリでは、道しるべフェロモンや卵認識フェロモン、女王フェロモンが同定されています。そのため、シロアリがどのようにして高度な分業体制を化学コミュニケーションによって制御しているのかを調べる上で、ヤマトシロアリは理想的な研究材料と言えます。しかしシロアリにおいて、化学受容体やそれに関連した遺伝子の発現量の違いを、カースト間あるいは性間で比較した研究は今までありませんでした。

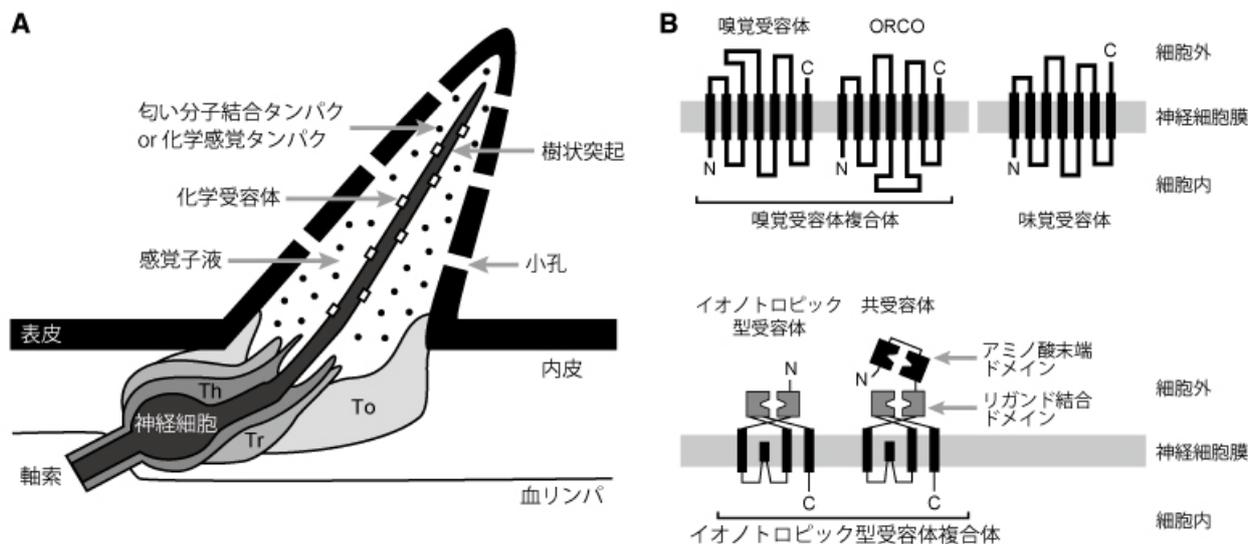


図 1. (A) 昆虫の触角上にある化学感覚子の断面図。小孔から入った化学物質は、感覚子液中の匂い分子結合タンパクまたは化学感覚タンパクによって、神経細胞膜上にある化学受容体まで輸送される。(B) 各種化学受容体の模式図。化学物質が受容体と結合すると活動電位が発生し、軸索を通して化学物質の情報が中枢神経に伝達される。イオントロピック型受容体はシロアリでは味覚に関わると考えられている。

2. 研究手法・成果

昆虫の化学受容体は触角だけではなく、口元にも存在し、種によっては脚の先にも存在します（嗅覚に関わる受容体は主に触角にありますが、味覚に関わる受容体は様々な部位にあることが知られています）。そこで我々は RNA-seq* という技術を用いて、ヤマトシロアリで発現する全ての遺伝子を全身から抽出・解読し、その中から「化学受容体」と「受容体まで化学物質を輸送するタンパク」（図 1A）の遺伝子の候補を探索しました。そして各カースト・性において、それぞれの遺伝子がどれくらい発現しているのかを解析しました。

その結果 53 種類の遺伝子が見つかり、そのうち 41 種類が化学受容体（嗅覚受容体 22 種類、味覚受容体 7 種類、イオントロピック型受容体 12 種類。図 1B）であり、12 種類が輸送タンパク（匂い分子結合タンパク 9 種類、化学感覚タンパク 3 種類）であることがわかりました。これら 53 種類の遺伝子のうち、約 81% は発現量にカースト間差が見られ、約 8% は性差が見られました。また、幾つかの遺伝子は、王または女王でのみ顕著に発現するパターンを示しました（図 2 & 3）。さらに、全体の約 62% の遺伝子は、王または女王の年齢に応じて発現量が変化していることが示唆されました（図 4）。

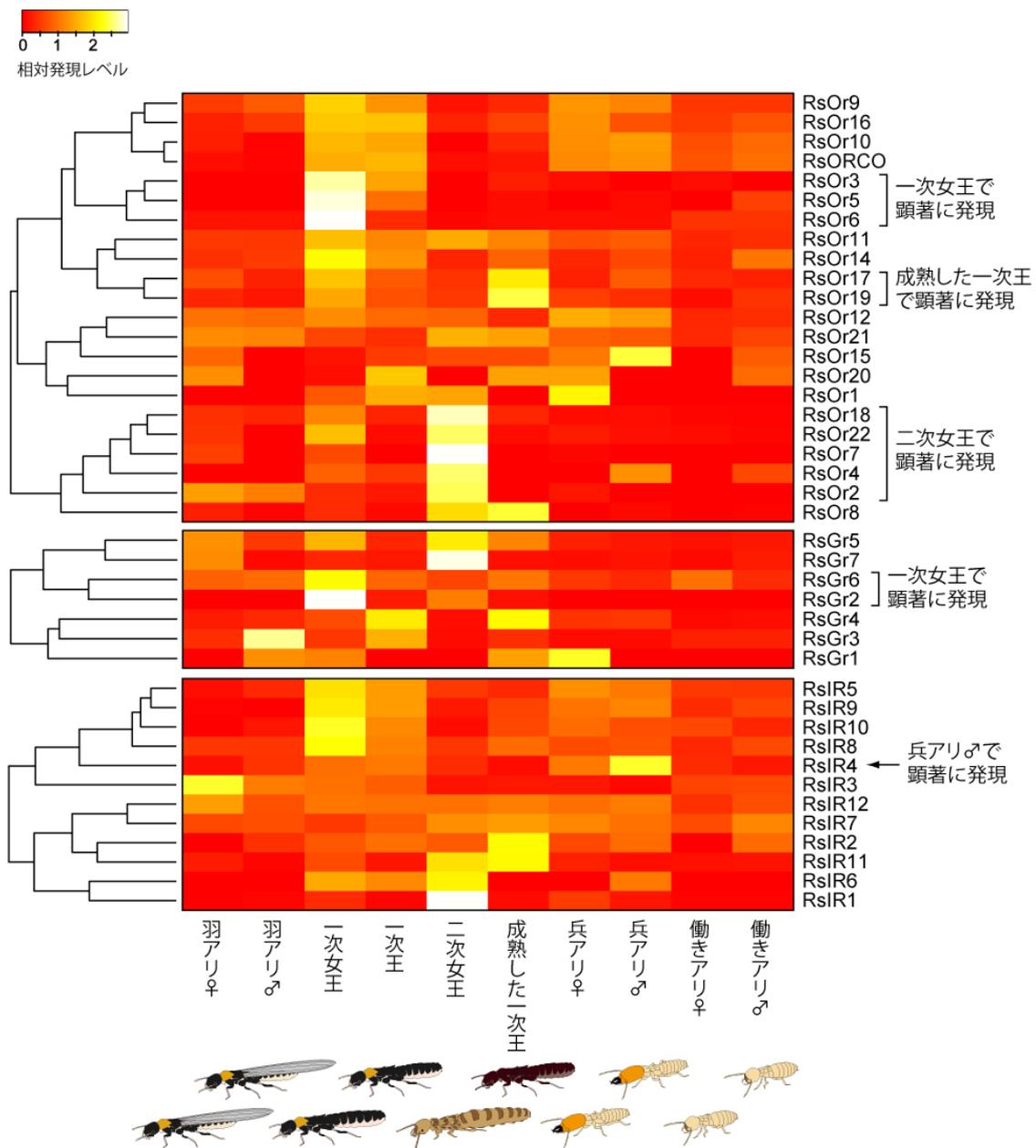


図 2. 各カースト・性における化学受容体遺伝子の発現比較。行は遺伝子名、列はカーストを示す。各遺伝子について、白色に近いカーストほど他のカーストより発現量が相対的に高いことを示す（上段：嗅覚受容体、中段：味覚受容体、下段：イオノトロピック型受容体）。例えば、RsOr18 から RsOr2 は二次女王で顕著に発現している。

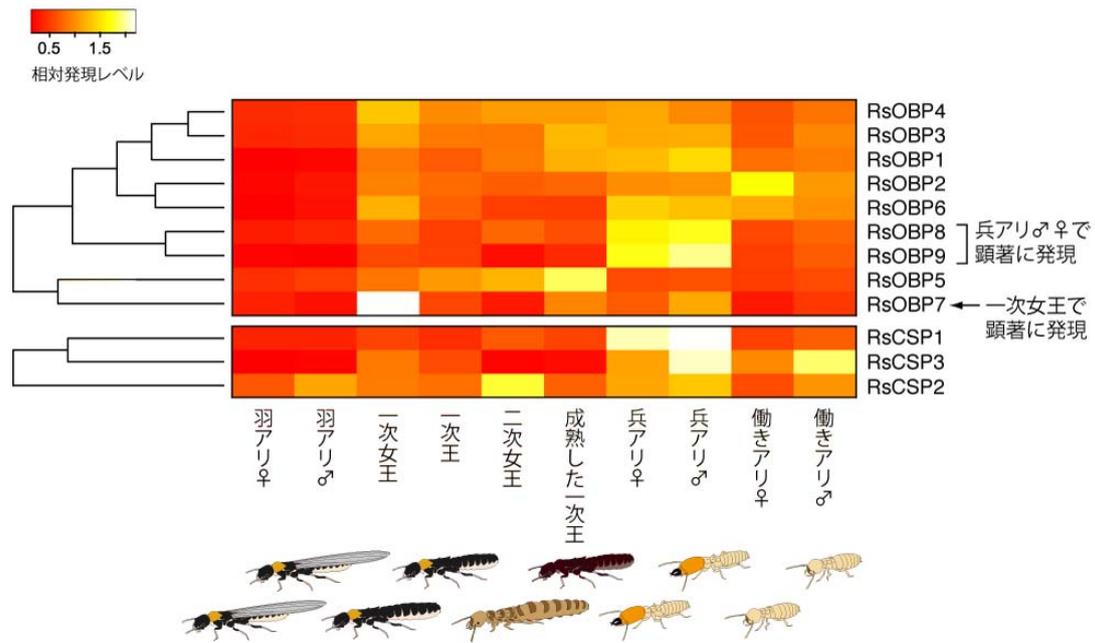


図 3. 各カースト・性における、匂い分子結合タンパク（上段）と化学感覚タンパク（下段）の発現量比較。図の見方は図 2 と同様。例えば RsOBP8 と RsOBP9 は雌雄の兵アリで顕著に発現している。

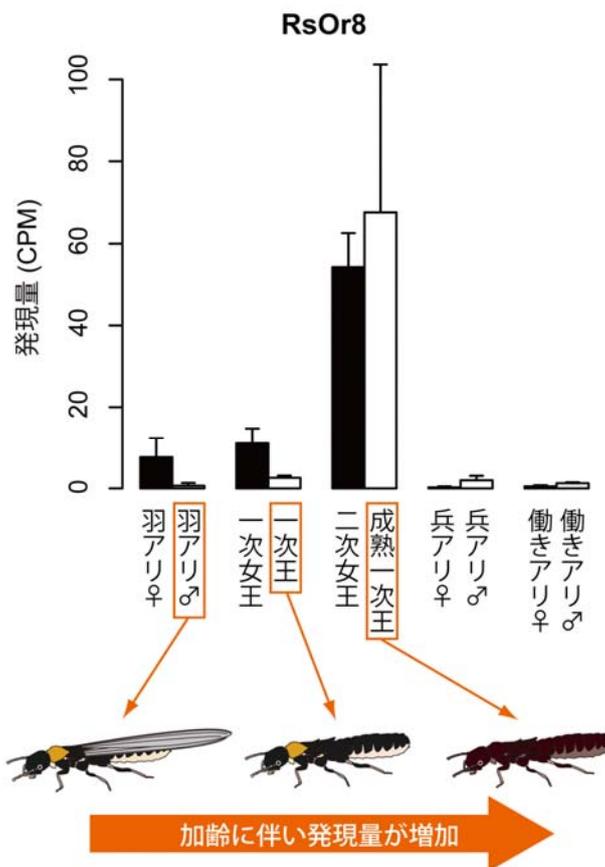


図 4. 年齢によって発現量が変化している遺伝子の例。黒色が♀、白色が♂を表す。羽アリ♂は新たなコロニーを創設して一次王となり、その後何十年と生き続ける。このとき、RsOr8 の発現量は王の加齢に伴い増加しているのが分かる。

3. 波及効果と今後の展望

本研究によって、シロアリのカースト間だけでなく、性および年齢によっても発現している化学受容体の種類が異なることが判明しました。このことは、シロアリがコロニー内での効率的な仕事の割り当てのために化学受容システムを適応進化させてきたことを示唆すると同時に、性間で分業している可能性も示唆しています。本研究成果は、シロアリにおける嗅覚と味覚の分子メカニズムを解明する上で重要な基礎情報を与えるだけでなく、社会性昆虫の労働分業における化学受容体の役割について新たな洞察をもたらすものです。今後、各受容体の機能解析を進めることにより、社会性昆虫の高度な分業システムを実現する化学コミュニケーションの全貌が明らかにされることが期待されます。

<用語解説>

*コロニー：同じ巣やなわばりで生活する血縁者の集団。

*RNA-seq：次世代シーケンサーを用いて、生物の体内で発現している遺伝子を網羅的かつ定量的に解析する手法。

<書誌情報>

[DOI]

<http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0146125>

論文タイトル：

Caste-specific and sex-specific expression of chemoreceptor genes in a termite

著者：

Yuki Mitaka¹, Kazuya Kobayashi¹, Alexander Mikheyev², Mandy M. Y. Tin², Yutaka Watanabe², Kenji Matsuura^{1*} ※) 責任著者

著者の所属機関

1. 京都大学大学院農学研究科
2. 沖縄科学技術大学院大学 生態・進化学ユニット

ジャーナル名

PLoS ONE