

トゲオオハリアリの女王が示すパトロール行動解析とモデル化 (第2報) ～エージェントベースのシミュレーションの構築～

八重樫和之^{1,2}, 林叔克², 菊地友則³, 辻和希³, 菅原研⁴
東北大学工学部¹, NPO 法人 natural science²,
琉球大学農学部³, 東北学院大学教養学部情報科学科⁴

Modeling of patrol behavior of diacamma gamergate -based on direct communication-

Kazuyuki Yaegashi^{1,2}, Yoshikatsu Hayashi², Tomonori Kikuchi³, Kazuki Tsuji³, Ken Sugawara⁴
Tohoku University¹, natural science NPO², Ryukyu University³, Tohoku Gakuin University⁴

連絡先: 〒980-0023 宮城県仙台市青葉区北目町4-7 HSGビル3階
NPO 法人 natural science

八重樫和之, TEL:022-721-2035, E-Mail: yaegashi@natural-science.or.jp

1 研究背景

1.1 社会性昆虫

本研究で取り扱うトゲオオハリアリは社会性昆虫の一種である。社会性昆虫とは互いに役割を分担し、その中に女王や働き蟻(蜂)のように階層をつくり生活を営む昆虫である。階層を作り分業することで、単体で生きるよりも環境の変化に対して適応しやすいという利点がある。

営む昆虫である。一般的に女王蟻による支配的な階層性の維持と考えられている。これに対し、我々は社会性昆虫について女王とワーカーの協調による階層性の維持を行っていると考えている。本研究では社会性昆虫のコロニー維持のアルゴリズムに着目し、トゲオオハリアリを題材としたコロニー維持に関する行動解析、モデル化、バイオロボティクスへの応用を行う。

1.2 トゲオオハリアリ

トゲオオハリアリは亜熱帯に生息する、約100匹ほどでコロニーを形成する蟻の一種である。本研究で着目するのは以下の習性である。[1]

1. すべてのワーカーはメスであり雄を生むことができる
2. 女王蟻がワーカーに接触することで卵巣発達が止める
3. 女王蟻は3時間以内にすべてのワーカーと接触するようにパトロール行動をとる

また、ワーカーの行動は大きく分けて生産・労働の二種類がある。生産とはワーカーが雄の卵を産み、遺伝子を広めるという利己的行動である。一方、労働とは餌集め、幼虫の世話といったコロニー維持活動である。ほとんどすべてのワーカーは後者の行動を取る。これは、女王がパトロールすることで、ワーカーの生産活動を停止させ、労働に従事させているのである。すなわち、女王がワーカーをコロニー維持の行動をとるように制御しているのだ。

2 本研究の目的

社会性昆虫は女王を頂点とし、体長、体の機構を含め明らかな階層をつくり分業し生活を

3 前回の発表

3.1 観察事実

トゲオオハリアリの女王は3時間以内にすべてのワーカーに接触しているという研究事実がある[1]。しかし、実際にトゲオオハリアリのコロニーを見てみると、明らかに9割以上のワーカーが休んでいる。これほど低い活動度(コロニー全体で動いている蟻の割合)で女王蟻は本当にパトロールができるのだろうか。

3.2 実験

実際にトゲオオハリアリの動画解析を行い、1秒毎に活動度を測定した。コロニーサイズは66匹、約1時間測定を行った。すると、活動度の平均はわずか6%であった。

3.3 シミュレーション

では、逆に活動度が高い場合は女王蟻がパトロールを完了させるまでの時間-QTAtime(the time for Queen Touching All the ants)はどうなるだろうか。そこで、格子モデルを用いたシミュレーションを行った。蟻の進行方向は乱数で決定し、活動度のみを変化させた場合のQTAtimeを計算する。その結果が図1である。すると、活動度(activity)が高いほどQTAtimeは短い。すなわち、活

動度が高い方が女王のパトロール効率が良くなることわかる。しかし、これに対して実際のトゲオオハリアリの活動は6%(図1の☆印)である。

以上からトゲオオハリアリのコロニーでは女王蟻のパトロール効率を向上させる何らかのアルゴリズムがあるのではないかと考えられる。

4 考察I

パトロール効率を向上させる手段の一つとして、アリ同士のコミュニケーションが考えられる。つまり、何らかの方法で女王蟻が未接触のワーカーの位置を知ることができればパトロール効率は格段に向上する。

しかし、暗い巣内において視覚により個体識別は考えにくい。また、ワーカーが卵巣発達時に出すフェロモンを遠くから感知しての可能性も考えたが、以下の理由で不可能である。

1. フェロモンがべっとりとした物質であれば巣内の至る所にくっついてしまい判断ができない
2. フェロモンが揮発性の物質であればすぐに巣内に充満し位置を特定

以上から、アリ同士のコミュニケーションは触角を用いて直接体表の化学物質を感知していると考えるのが自然である。

5 観察事実

トゲオオハリアリのコミュニケーションが直接接触であることに着目して改めてコロニーの観察を行う。すると、それまでずっと休憩して女王蟻がある時間にいきなり動き出し、周囲を取り囲むワーカーに接触を行っていることに気づいた。さらに、女王蟻がワーカーを避け移動してから十数分後にワーカーが直接接触を繰り返しシャッフルしているような行動が見られた。図示したものが図2である。これは、女王のパトロール行動の効率を上げるための何らかのアプローチのよう見える。

6 実験

そこで、女王単体の活動とコロニー全体の活動度の変化を比較する実験を行った図3。す

ると、女王が急に活動的になる傾向と、その後コロニー全体の活動度が上昇する傾向が見られた。我々はこれを、女王が活動することでワーカーの活動を促す activated time と、活動度が上昇した際にすかさず女王蟻によるパトロール行動が開始されることから patrol time と定義した。

7 考察II

図2のイラストのような観察事実は確かに図3のグラフのような活動度の変化を伴っていた。

すなわち、女王蟻が活動を開始すると、ワーカーも活動することで活動度を上昇させていることがわかる。活動度上昇はシミュレーション結果から考えて、女王のパトロール効率の向上とも考えることができる。

8 結論

以上の結果から、トゲオオハリアリの女王のパトロール行動は活動度から考えて、ワーカー・女王ともにランダムで移動するのでは非常にパトロール効率が悪い。しかし、活動度の低さから女王が単体でワーカーを探し出しパトロールをしているとは考えにくい。むしろ、コロニー全体として女王のパトロール行動を助けていると考えるのが自然である。

そこで、コロニー内の活動度の変化と女王の活動に着目すると、activated time, patrol time 図3の切り替えといった、コロニー全体として女王蟻によるパトロール行動の効率を向上させる行動が見られる。

9 今後の予定

今後の予定としては図3についてシミュレーションによるモデル化を行いアルゴリズムの抽出を行っていきいたいと考えている。

参考文献

- [1] K. Tuji, K. Egashira, and B. Holldobler. 1999 *Animal Behaviour*, volume 58, page 337.

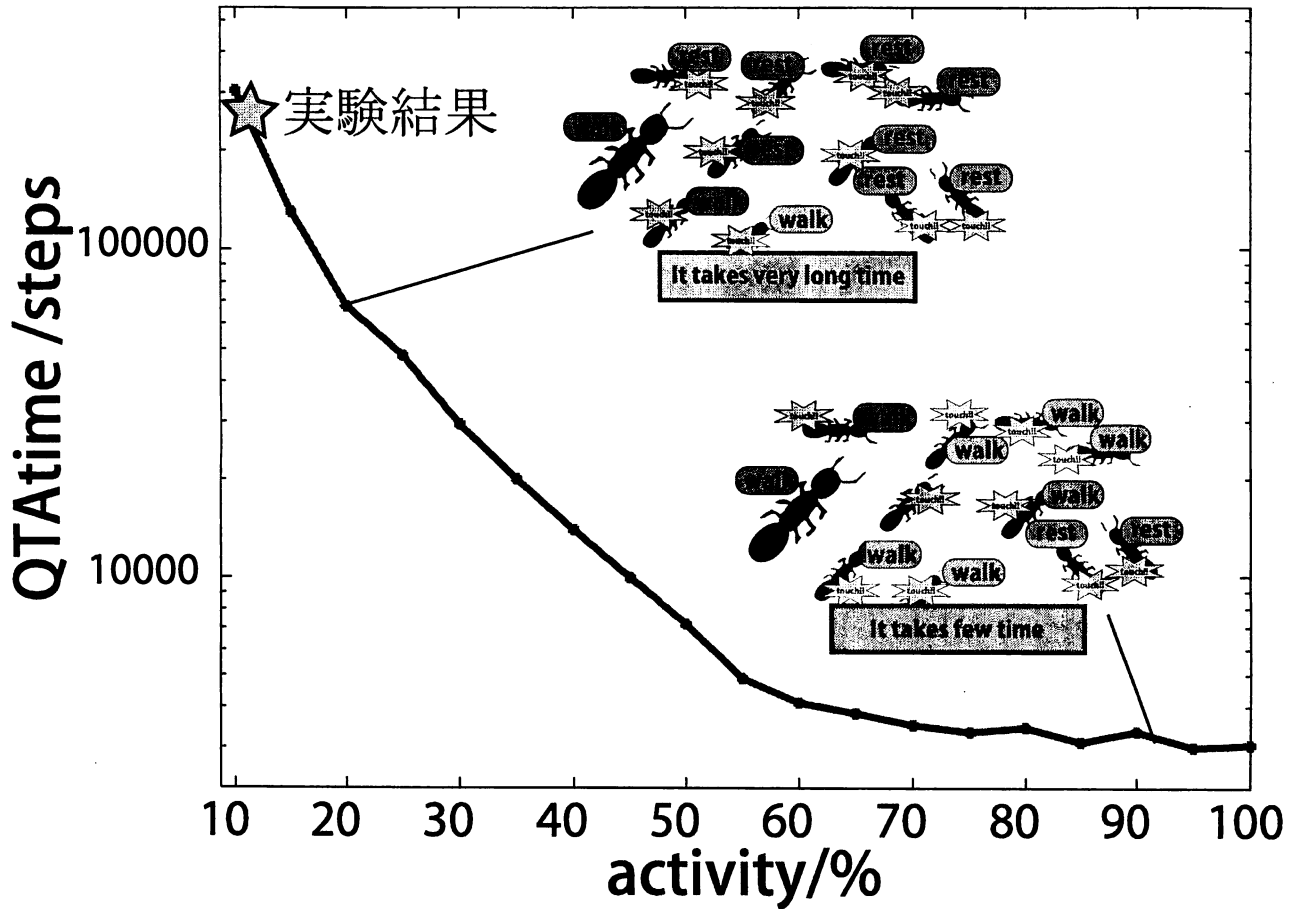


図 1: コロニーの活動度に対する女王のパトロール時間の変化, ☆は実験結果の活動度

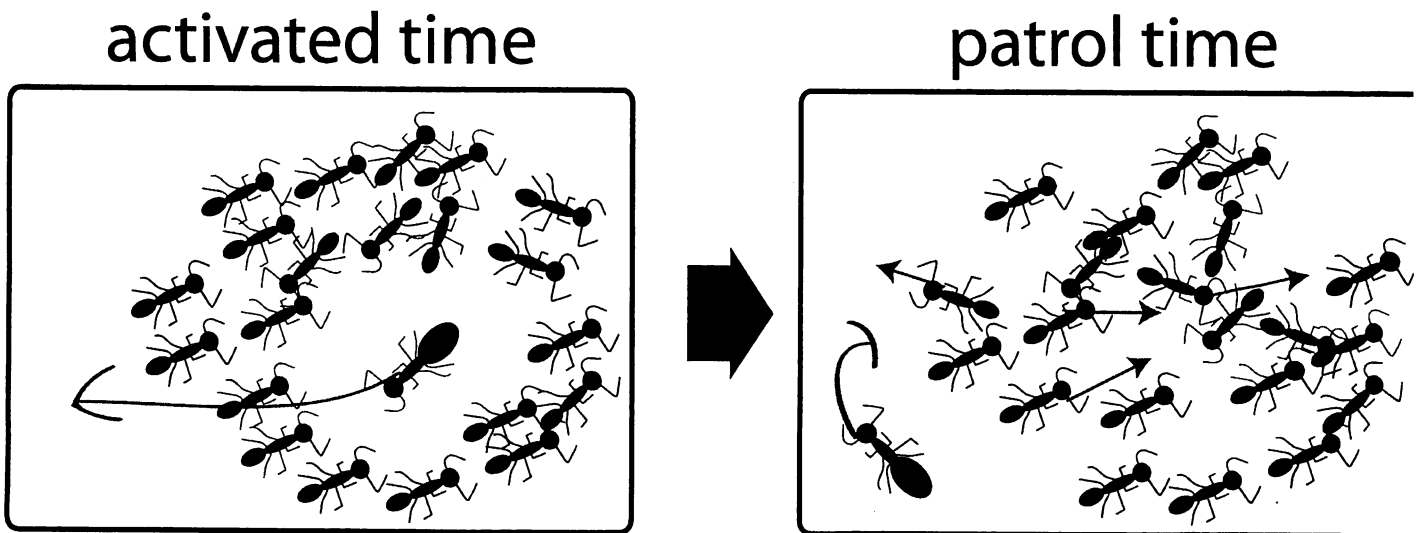


図 2: activated time と patrol time

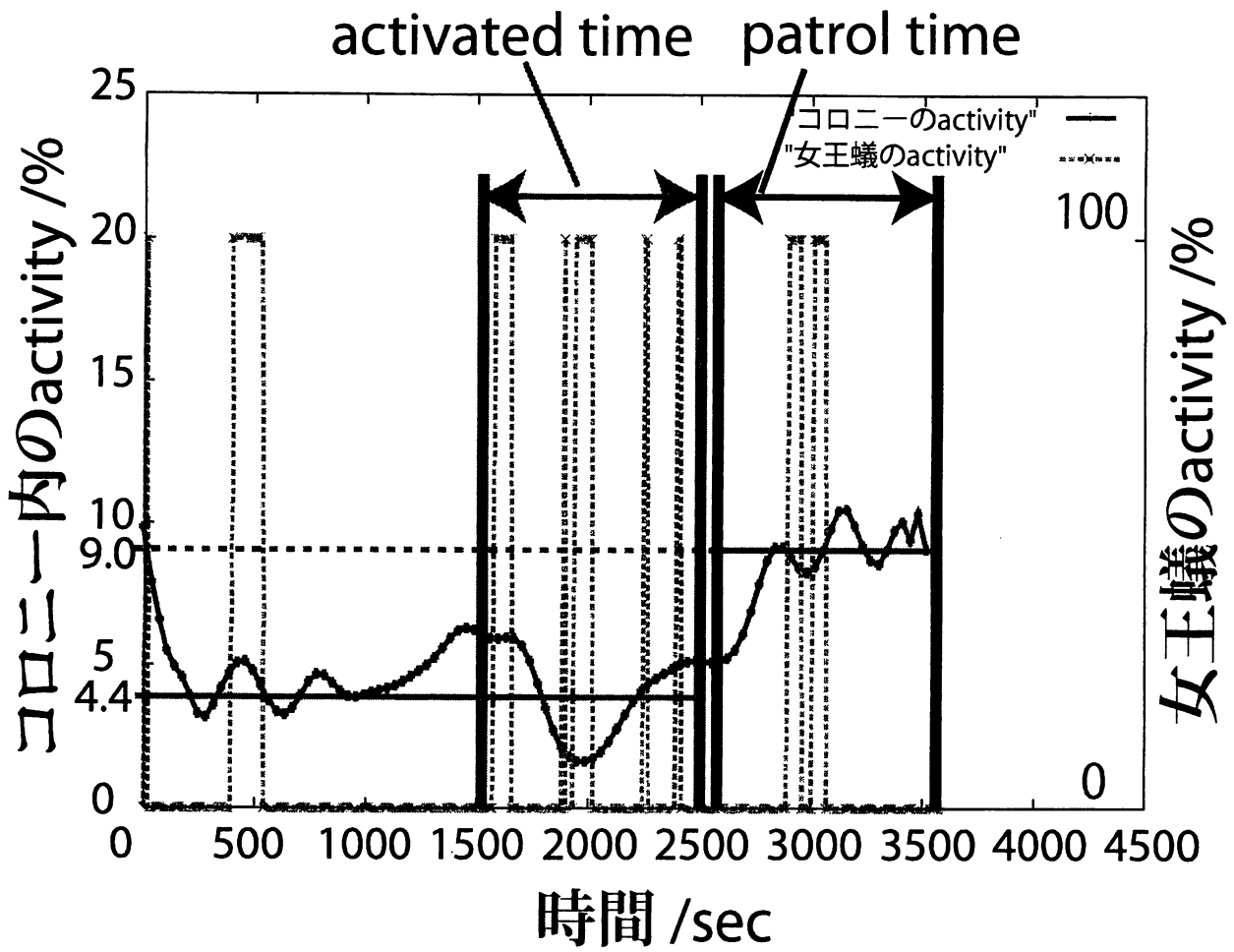


図 3: activity の時間変化と女王蟻の活動/休憩の時間変化