

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

Behavioral analysis and modeling of queen patrol about *Diacamma*

○ 八重樫和之, 林叔克, 菅原 研

○ Kazuyuki Yaegashi, Yoshikatsu Hayashi, Ken Sugawara

東北大学工学部/NPO 法人 natural science

NPO 法人 natural science/東北工業大学

東北学院大学 教養学部 情報科学科

Tohoku University, natural science, Tohoku institute of technology, Tohoku Gakuin University

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

本研究の題目でもあるトゲオオハリアリは社会性昆虫である。社会性昆虫とは異なる役割を持った個体同士が集まり、集団としての役割を果たす昆虫である。集団生活を営むことで単体で生息する場合に比べ刻々と変化する環境へ適用できるというメリットがある。一般的にアリ・ハチが社会性昆虫にあたる。

次に、この社会性昆虫を工学的な視点で見つめる。群れロボットである。群れロボットとは個々に異なる役割を持ち集団である仕事を行う。群れで行動するため事故に強く、個体数で行動範囲を調整できる。すなわち、さまざまな環境への適用が可能である。

2. 研究の構想

本研究は社会性昆虫の行動解析、シミュレーション、ロボティクスへの応用という3本柱で構成している。まず、社会性昆虫の行動解析を行いどのようなアルゴリズムが存在している

のかを探求する。次にコンピュータシミュレーションを行い、必要最小限のアルゴリズムを抽出し実際の昆虫と比較する。そして、最終的に社会性昆虫にインスピレーションを得た群れロボットを開発する。

今回はこのうちのコンピュータシミュレーションについて発表を行う。



画像処理による昆虫の行動解析



シミュレーションによるモデル化 バイオロボティクスへの応用



図1.本研究の構想

3. 研究の目的

そもそもトゲオオハリアリは、ワーカーを女王から隔離するとそのワーカーの卵巣が発達し

女王と同じように産卵行動を起こすという修正がある。これに対して女王アリがパトロール行動を行いワーカーに接触することでワーカーの卵巣の発達が止まる。すなわち、女王アリのパトロール行動によりワーカーはワーカーとしての役割を果たしているといえる。

ところで、この女王蟻によるパトロール行動の精度はどのようなものか。以下の図は 50~200 匹のアリから成るコロニーサイズに対して女王が 3,6 時間以内で何割のワーカーに接触できたかを示したグラフである*1)。

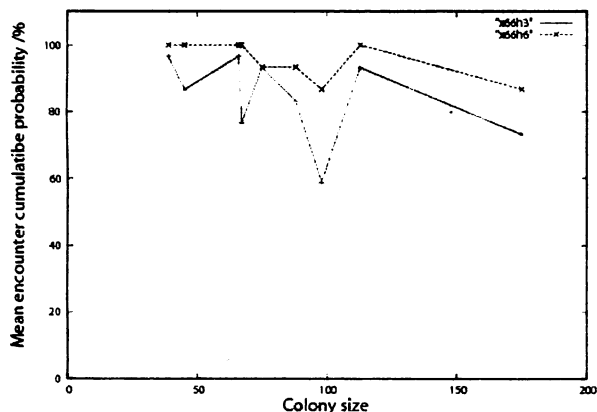


図 コロニーサイズごとの女王蟻のパトロール結果

To morio, K., Tatemaki, N., & Kasuki, T. 2008. ANIMAL BEHAVIOR. Changes in importance of multiple social regulatory forces with colony size in the ant *Diacamma* sp. from Japan. 76,6,2072

するとコロニーサイズが大きくなっても女王がほぼすべてのワーカーに接触していることがわかる。これほどの精度でワーカーに接触するならば女王やワーカーはかなり活発に行動しているのではないかと考えられる。

しかし、実際のトゲオオハリアリのコロニーを観察すると半分以上のワーカーが動いていない。女王も同様に滅多に動かない。女王がすべてワーカーに接触するにはこれほど休憩して本当に効率が良いのであろうか。本研究では女王がすべてのワーカーに接触するのに最適な行動パターンを研究する。

4. シミュレーション

コンピューターによるシミュレーションを行い、女王アリがすべてのワーカーに接触するためのコロニー全体として最適なアルゴリズムに

ついて実験を行った。モデル構築は、ある一瞬コロニーを見た際に何割のアリが活動中であり、何割のアリが休憩中なのかをパラメータ 1 とした。次にアリが動ける面積に対してアリが占める面積を占有率と定義し、占有率をパラメータ 2 とした。

シミュレーションは格子モデルを用い、アリの進行方向はすべて上下左右乱数を用いて決定した。そして、排除体積効果は無視した場合、考慮した場合での結果を比べた。すなわち何匹でもアリが重なってよい状況と重なることができない状況を比べた。そしてシミュレーション結果として女王蟻がすべてのワーカーに接触するために掛かった時間を求めた。

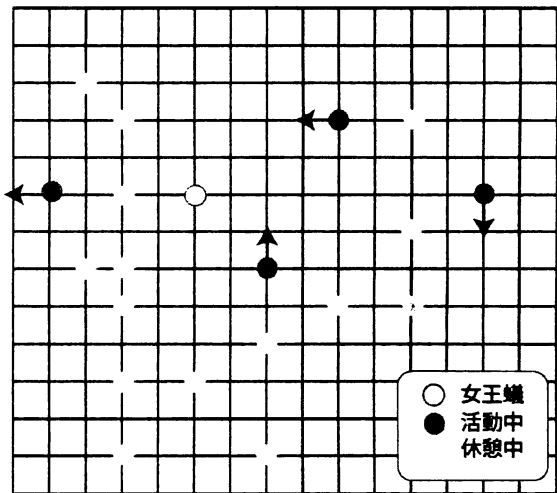


図 3 : 単純格子モデルによるシミュレーション

5. 実験結果

結果として排除堆積効果を考慮し、占有率 75%

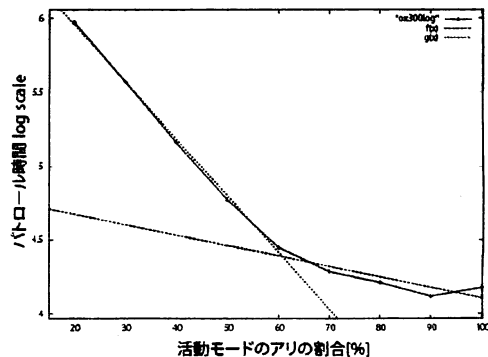
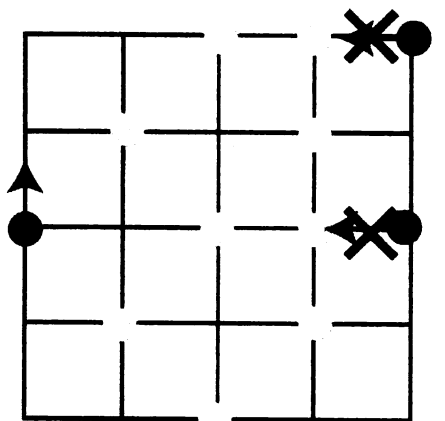


図 4 占有率 75[%]の際の実験結果

した場合図 4 のような二つの傾向が見られた。これは、活動するアリに割合が増えるほどパトロール時間が短くなる領域①(活動するアリの割合が 60%未満)と活動するアリの割合が増えてもパトロール時間はあまり変わらないという領域②(活動するアリの割合が 60%以上)とである

5. 考察

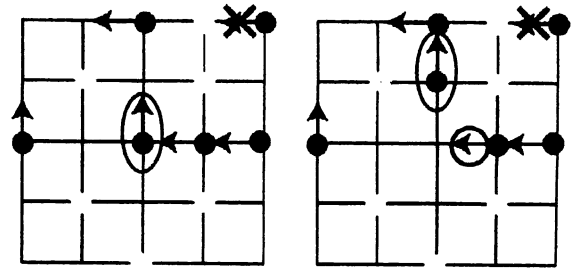
この結果に対して TOY モデルを用いて説明する。まず、領域①については図 5 となる。アリを玉に見立てた場合動けない玉が多すぎて玉全体が非常に混ざりにくくなってしまふ。よって、動ける玉が増えることで玉全体は混ざりやすくなる。すなわち、ある程度のアリが動かなければ女王がすべてのワーカーに対して行うパトロール時間は極端に長くなってしまふ。



● 動ける ● 動けない

図 5 動けない玉が邪魔になり玉が混ざりにくい

これに対して玉がある程度以上(今回は 60%)動いてれば玉全体は比較的短時間で混ざることができる。すなわちある程度以上のアリが動きさえすれば女王のパトロール行動は比較的短時間で行うことができると考えられる。しかし、すべての玉が動いたとしても、領域①ほど混ざる効率は上がらない。従って領域①と②の狭間が一番エネルギーを少なくした状態で女王がパトロール行動を行うことができる。



● 動ける ● 動けない

図 6 動ける玉が多ければ混ざりやすい

6. 結論

活動・休憩時間のバランスのみを問題とした場合、女王がすべてのワーカーに対して一定時間で接触するにはコロニーとして 4~6 割のアリが活動していれば十分であるということがわかる。

7. 今後の予定

今後の予定としては実際のトゲオオハリアリの女王とワーカーの行動解析を行いモデルと比較を行う。そして活動時間・休憩時間と女王のパトロール行動時間の関係をシミュレーション結果と比較する。

また、群れロボットの応用として災害現場での人命救助・物資探索ロボを構想している。

参考文献

- 1) T.Kikuchi, T.Nakamura, K., Tsuji (Changes in relative importance of multiple social regulation force with colony size in the ant *Diacamma* sp. from Japan) Faculty of Agriculture University of Ryukyus (2008).