

## 少数の働きアリによる行動の解析とモデル化

～トゲオオハリアリの行動解析～

Analysis and modeling of a small number of ants

○ 結城麻衣, 菅原 研, 林 叔克

○ Mai Yuki, Ken Sugawara, Yoshikatsu Hayashi

東北学院大学 教養学部 情報科学科

Department of Information Science, Tohoku Gakuin University

NPO 法人 natural science

キーワード: 社会性昆虫(social insect)、数理モデル (mathematical model)、  
行動解析(behavior analysis)

連絡先: 〒981-3193 仙台市泉区天神沢 2-1-1 東北学院大学教養学部情報科学科  
菅原研, Tel/Fax:022-773-3306, E-mail: sugawara@cs.tohoku-gakuin.ac.jp

### 1. はじめに

昆虫は小規模な脳機能と限られた感覚機能で、自然環境に適応し、様々な生活体系を構築してきた。その中でもアリなどの社会性昆虫は、数十から数万、場合により数十万にいたる個体による群れを成し、秩序だった社会を形成して生活している。社会性昆虫の注目すべき特徴は、その秩序の形成が1匹あるいは少数匹の統治者の集中管理によってもたらされるものではなく、各個体間の局所的な情報交換に大きく依存している点にある。

### 2. 目的

局所的なやり取りから、どのように秩序だった社会が形成されていくのだろうか。今までアリの研究は数多くされてきたが[1]、その多くはコロニー全体の行動特性から徐々に部分的に視点を落としていくトップダウン型の研究である。逆に単体および少数個体の行動に注目して、少数個体か

ら徐々に数を増やしていくことで、部分的なところからコロニー全体に視点を広げていくボトムアップ型の研究はあまり行われていない。

個体レベルで行動を観察すると単体の場合と複数の場合でその行動は異なることが見受けられる。すなわち、行動レベルでの解析からその特性を議論できる余地が十分にあると考えられる。本研究では、ボトムアップ型の方法をとり、障害物のない閉空間に少数の働きアリを放ち、行動を計測する。特に時間軸に対する振る舞いと空間軸に対する振る舞いの2点から、アリのコロニーにおける局所的な情報交換の役割を推定していく。

### 3. 実験手法

本研究では、個体の動作ではなく、行動に着目する。よって、アリの軌跡や移動速度に着目し、背景にある行動のメカニズムを探っていく。

#### ■観察装置

1. 直径 30cm の半球型のアクリルボールの中に

同じコロニーの働きアリを放つ（図1）。半球はアリを識別しやすくするために外側に紙粘土でコーティングする。実験前にエタノールで消毒し 30 分以上おいてから実験を行う。

- 半球に蓋をして、真上からビデオカメラで録画する。撮影時間は約 4～5 時間とする。



図1 半球上にあるアリの様子

#### ■ 画像処理法

- 撮影後、動画像から一定の時間間隔で静止画を切り出す。
- 二値化と重心計算からアリの座標を求める。
- 座標を元に、アリの移動距離等を算出する。これらの処理は LabVIEW+NI Vision で行った。

## 4. 結果と考察

### 4.1 空間軸に関する結果と考察

#### ■ 結果

1 匹のアリの軌跡（4 時間分）を示したものが図2である。中心付近に軌跡の偏りがあるものの、半球全体を歩いていることがわかる。

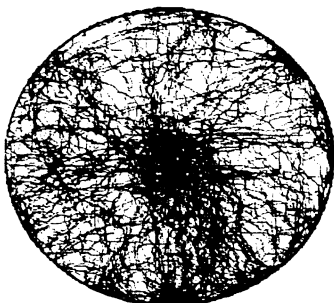


図2 アリ1匹の軌跡

次に2匹のアリを実験フィールドに放ったときの軌跡（3時間分）を示す。図3は各個体の軌跡を示したものであり、図4は2匹の軌跡を重ね、かつ、2匹がコンタクトしたところに印をつけた

ものである。これらの図から1匹の場合に比べ、個別の軌跡には偏りがあるように見えるが、2匹の軌跡を重ねてみると、1匹の時と同様に空間全体を覆っていることがわかる。また、2匹の軌跡が集中しているところと接触しているところが一致することがわかる。

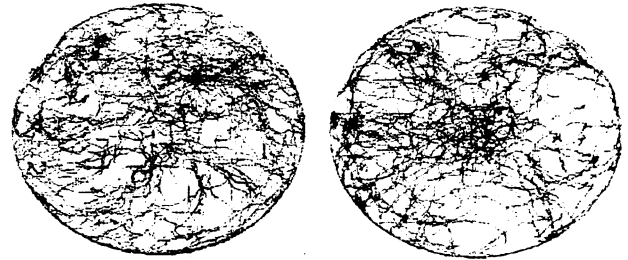


図3 アリ2匹それぞれの軌跡

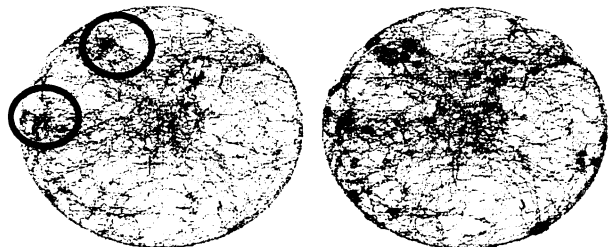
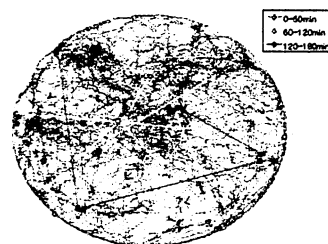


図4 アリ2匹の軌跡の重ねあわせ（左）とコンタクトが生じているポイント（右）

図5は、コンタクトがあった点を時系列にしたがって結線したものと、60分毎の衝突頻度を示したものである。2匹が接触している位置は不定であること、時間経過毎に接触回数が減っていることが分かる。



時間(分)	接触回数
0-60	17
60-120	14
120-180	7

図5 コンタクトがあった点の時系列結線図（左）と60分毎の衝突頻度（右）

#### ■ 考察

軌跡の結果から、2匹の接触位置が不定で、時間が経過すると接触回数が減少することがわか

った。また、実験映像から、停止しているアリのところに、片方のアリが1度接触した後、短時間で再度接触しに戻ってくる行動が度々見られる。アリの行動を単なるランダムウォークと捉えると、2匹のコンタクト位置が不定になることは不思議ではない。しかし、接触回数が減少することと、停止しているアリのもとに短時間で戻ってくる行動も含めて理解するためには、単なるランダムウォークを行っているのではなく、何らかの行動のリズムと個体間相互作用を考慮する必要があると考えられる。

#### 4.2 時間軸に関する結果と考察

##### ■ 結果

アリ1匹の速度の時間変化を図6に、また、2匹の場合の各個体の速度の時間変化を図7に示す。これらの図から、アリの移動速度は一定ではなく、変動していることが分かる。さらに動いていない(つまり休んでいる)状態も繰り返し現れていることも示されている。特に2匹の場合、100分あたりを境に、2匹とも休む回数が増えている。また、各個体が交互に移動-休止していることも見出すことができる。

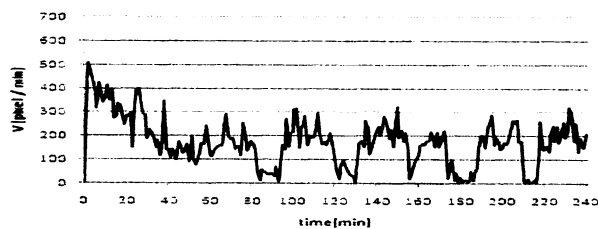


図6 アリ1匹の移動速度の時間変化

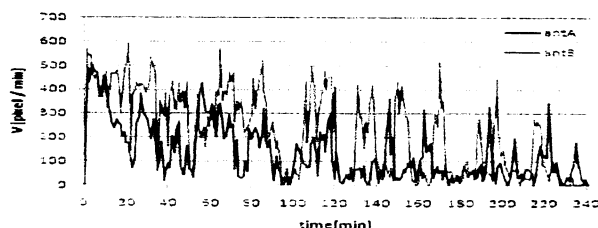


図7 アリ2匹それぞれの移動速度の時間変化

##### ■ 考察

「動く」「休む」が交互に繰り返されていることから、アリは個体に固有の行動リズムを持っていると考えられる。

1匹の場合約90分、2匹の場合約100分を境に、活発度が変化している点(図8)については次のような仮説が考えられる。

実験開始直後のアリにとって、半球内は未知の空間である為、空間内を活発に探索し始める。アリは移動時にフェロモンを出すことが明らかになっている[2,3]。したがって、歩き回ることによって半球内にフェロモンが次々に塗布されていくことになる。半球内に広くフェロモンが塗布されることによって、実験空間はアリにとって「認知した空間」となり、活発度が低くなることが考えられる。

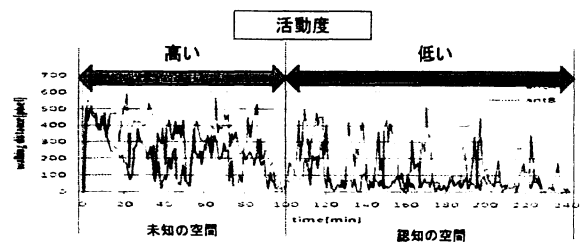


図8 アリ2匹における活動度の時間変化

#### 5. 今後の予定

本研究で観測された行動特性から、各個体にリズムを設けること、ならびにフェロモンの導入することでモデル化を行うことができると考えられる。具体的なモデル化の作業とシミュレーションによる検証をすることで仮説検証を進めていく。

#### 参考文献

- [1] 松本忠夫著：社会性昆虫の生態，培風館（1983）。
- [2] T.Akino, R.Yamaoka: Trail discrimination signal of *Lasius japonicus*. *Chemoecology*, 12:21-30 (2005).
- [3] T. Akino, M. Morimoto, R.Yamaoka: The chemical basis for trail recognition in *Lasius nipponensis*. *Chemoecology* 15:13-20(2005).