

少数の働きアリが示す行動解析とモデル化

(第2報)

~歩行速度の時系列解析を主として~

Analysis and modeling & ant works.

○ 結城麻衣, 菅原 研, 林 叔克

○ Mai Yuuki, 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 (mathematics model)、
行動解析(analytical action)

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: s0557168@gmail.com

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と呼ばれる昆虫たちは、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、1匹あるいは少数匹の統治者によって秩序の形成を行う集中管理によるものではなく、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、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[1,2]。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十分にその特性を議論できる余地があると思われる。そこで、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の放ち、行動を観察する。そして、観察を通して、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点に着目する。その2点の関係性を探り、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。
2. 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時間とする。



図1 半球上にいるアリの様子

■画像処理法

1. 撮影後、動画像から一定の時間間隔で静止画を切り出す。
2. 二値化し、アリの座標を求める。
3. 座標から、アリの軌跡の描写、およびアリの移動距離等を算出する。これらの処理は、LabVIEW+NI Vision により行った。

4. 結果と考察

4.1 時間軸に関する結果と考察

4.1.1 結果

アリ2匹での実験の速度グラフを図2で示す。速度が変動し、一定の速度で動いていないのがわかる。また、速度100以下箇所がいくつか見られ、動いていない、つまり休んでいることを表している。100分を境に、2匹とも動く一休むを交互に繰り返していることがわかる。100分以降の動く一休むを活動度という点で見ると、100pixel/min以上ならactive、以下ならinactiveとし、二値化したグラフを図3に示す。このグラフから、2匹が交互に活動一休止を行っているところが見受け

られる。また、図3のアリA、アリBそれぞれフーリエ変換したものを、図4、図5に示す。アリAとアリB共に、16分のところにピークが立った。

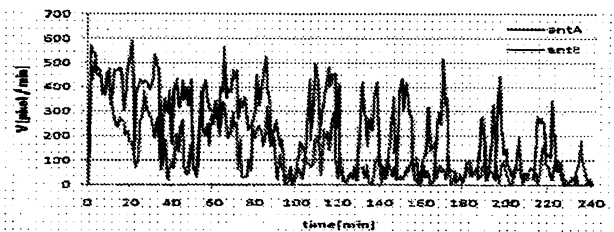


図2 アリ2匹の1分毎の移動速度グラフ。1匹と同様で、速度が変動し、動いていない箇所が見られる。また120分以降アリAとアリBが交互に動いている。

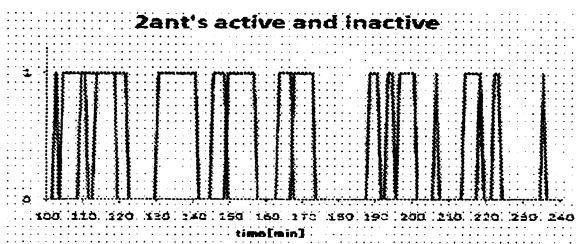


図3 アリ2匹の100分以降の活動度グラフ。赤線がアリA、青線がアリBで、100pixel/minを境に、activeが1、inactiveを0とし、二値化した。

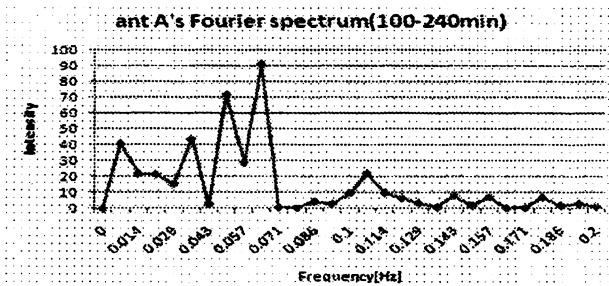


図4 アリAの100分以降のフーリエ変換。0.064Hzにピークが立ち、実時間に直すと15分になる。

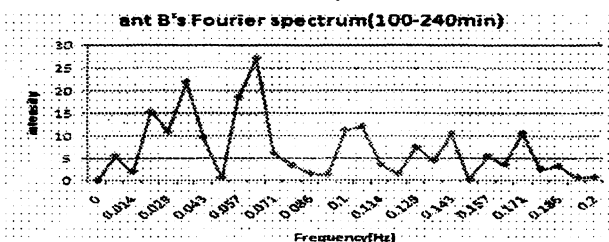


図5 アリBの100分以降のフーリエ変換。Aと同様で0.064Hzにピークが立ち、実時間に直すと15分になる。

4.1.2 考察

アリは、「活動」「休止」を交互に繰り返されていることが考えられる。これは、アリ特有の行動リズムで、生活のリズムに関係してくると考えられる。

また、約100分を境に、活発度が変化している。開始直後アリにとって、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。アリは絶えずフェロモンを出している[4,5]ことから、歩き回ることによって、空間内にフェロモンが残されていく。空間内を探索し終わると、すべてにフェロモンが残ったことになり、アリにとって認知した空間となる。その後は、「活動」「休止」を交互に繰り返すようになる。

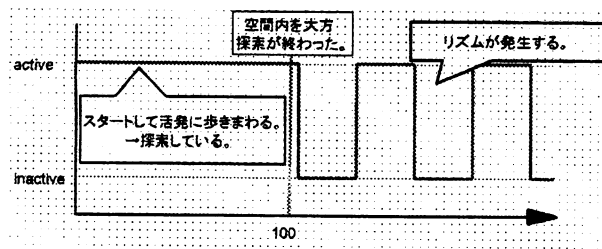


図6 活動の変化。開始直後とリズムが発生するまでの流れ。

4.2 時間軸に関する結果と考察

4.2.1 結果

1匹のアリの4時間分の軌跡をすべて重ねたものを図2で示す。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。2匹で実験した際のアリの3時間分の軌跡をそれぞれの軌跡を図3に、2匹の軌跡を重ねたもの図5に示す。1匹の軌跡に比べ、個別にみると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。図5からは部分的に2匹の軌跡が集中している箇所がいくつか見受けられた。

次に、軌跡のグラフを6×6pixel (1個体分)のメッシュに区切り、1つでも軌跡があれば、探索したとして、空間探索度について、それぞれ見て

いく。開始からリズムが発生するまでの空間探索度の結果をアリ1匹は図10、アリ2匹は図11に示す。それぞれの結果から、リズムが発生する前にある程度は探索し終えていることがわかる。次に、時系列と空間探索度の変化のグラフを図12、図13に示す。探索度数が1000前後で空間全体を探索し終えたということになる。このことから、1匹の場合、空間探索を完了できていないことがわかる。それに対し、2匹の場合は、100分あたりで1000に達しているため、空間探索が完了していることがわかる。

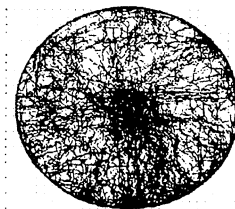


図7 アリ1匹での0-240分間の実験結果。半球全体を移動している。

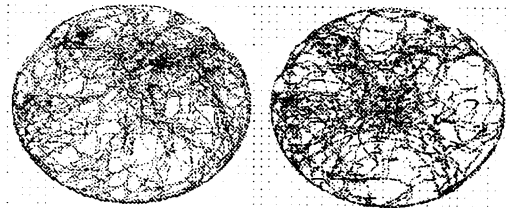


図8 アリ2匹での0-240分のそれぞれ実験結果。部分的に軌跡がないところが見られる。

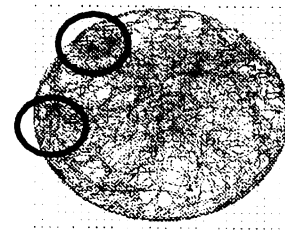


図9 アリ2匹での0-240分の実験結果。左図は図7の2匹の軌跡を重ねた図で、黒丸で囲ってある部分に軌跡の集中が見られる。

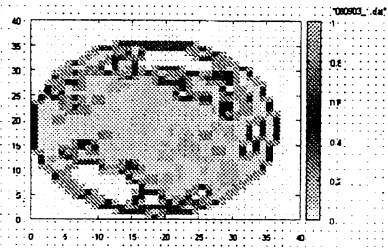


図10 アリ1匹の0-85分までの空間探索度。部分的に探索が終わっていないところが見受けられる。

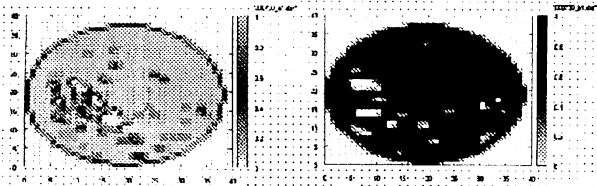


図11 アリ2匹での0-95分までの空間探索度。2匹ともほぼ探索を終えている。

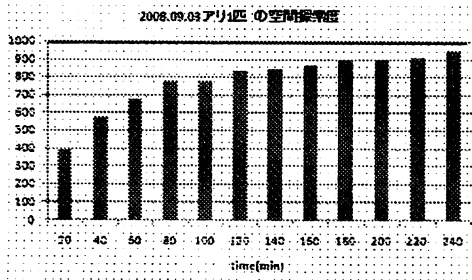


図12 アリ1匹の0-240分の空間探索度。探索度数が1000で全空間探索終了だが、完了していない。

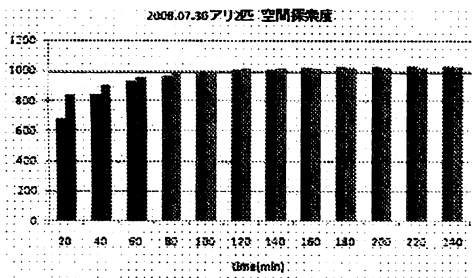


図13 アリ2匹での0-240分の空間探索度。100分以降探索度数が1000を超えていることから、探索が完了している。

4.2.2 考察

■活動度の変化と探索度数

アリは空間の探索が終わるまでは活発に活動し、終了後は「活動」「休止」のリズムで行動すると考えられる。特にアリ2匹の場合、図2と図13の結果から、開始直後は活発に活動し、丁度リズムが発生している100分のところで全空間探索終了していることがわかる。よって、先ほどの4.

1.1の考察に等しくなる。

■2匹による行動の活性化

また、図12、図13のアリ1匹と2匹での探索度数を比べてみると、2匹での探索度数が高い。このことから、2匹で探索することによって、活性化されていると考えられる。お互いが活性化されることで、より短い時間で、空間を探索することができる。

5. 今後の予定

■活動度の変化を探索度の検証

今回の結果で、2匹で実験した場合、活動度の変化と探索度が一致したことから、空間のサイズが変わっても、空間探索が完了と同時に活動度の変化が起きると考えられる。よって、サイズを変えた場合の検証を行う予定だ。

■シミュレーションの作成

アリが空間を自由に歩行するというランダムウォークとし、2匹の接触に関するシミュレーションの作成し、空間軸におけるシミュレーションと行動リズムの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] B.Holldobler,E.O.Wilson:蟻の自然史，朝日新聞社（1997）
- [3]内川、早川などの論文（IEICE Technical Report）
- [4] T.Akino, R.Yamaoka:Trail discrimination signal of *Lasius japonicus*. Chemoecology, 12:21-30 (2005).
- [5] T. Akino, M. Morimoto, R.Yamaoka: The chemical basis for trail recognition in *Lasius nipponensis*. Chemoecology 15:13-20(2005).