

化学走性による trail の動力学と機能性

田尾知巳, 西森拓^A, 中川寛之^A, 千綿祐平^B
 静岡大工, 大阪府大^A, 京都大理^B

1. はじめに

蟻のような社会性昆虫は、個々の能力はさほど高くはないが、利他行動的相互作用を行うことによって、集団として自律的に秩序だった行動を示し、個々の能力からみればはるかに大きな仕事を果たす。このような現象を一般的に群知能と呼ぶ。今回は、蟻の採餌行動を群知能という観点で捉え、シミュレーションを用いて研究を行った。蟻の採餌行動に関する過去の仕事としては、J.L.Deneubourg ら(Ethol. Ecol. & Evol. 1989)や、D.Helbing ら(Phys. Rev. E 1997)などがある。我々は、蟻の実験家の観測結果を取り入れたフェロモンを用いるモデルを作って研究し、過去の研究よりも観測に合った蟻の採餌行動時の枝状の trail(蟻の行列)のパターンの結果をすでに出した。さらにここでは、蟻の餌獲得量に着目し、蟻の集団としての機能性とパターンとの関係性を定量的に扱っていくことを考える。

2. モデル

一個体の能力を限定させた状況での、集団として果たす仕事について評価したいという目的のために、以下のようなモデルをたてた。一個体は、2つの能力[(1)1step 当り 1 格子上に残す足跡フェロモンを残す能力。(2)餌を巣に持ち帰る時に、他の蟻を呼び寄せるリクルートフェロモンを 1step 当り 1 格子上に残す能力。]と、3つの状態[(A)ランダムに餌を探す状態(B)リクルートフェロモンを使って餌を探す状態(C)足跡フェロモンを使って餌を巣に持ち帰る状態]しか持たないとした。(図1) 一個体の行動に関しては、個体は方向性を持っているものとし、三角格子上で前方三方向を確率的に選びながら進むものとする。(図2) 特に、状態 A の時は確率(1/3)で、状態 B の時はリクルートフェロモンの濃度に依存した確率で、状態 C の時は足跡フェロモンの濃度に依存した確率で、それぞれ前方三方向の格子を選んで前進するものとする。足跡、リクルートフェロモンはともに拡散をするものとし、それぞれの拡散係数は異ならせることで、二つのフェロモンの違いを表現した。巣は一箇所、餌場は巣の上方に点在してランダムに置く場合と、巣から等距離に二箇所固定して置く場合の2つの設定を設けた。

○蟻の内部状態

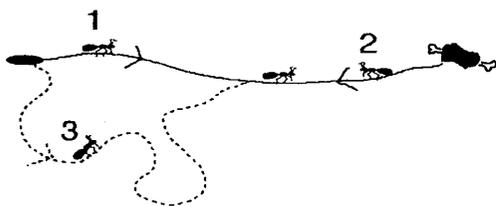


図1.蟻の内部状態

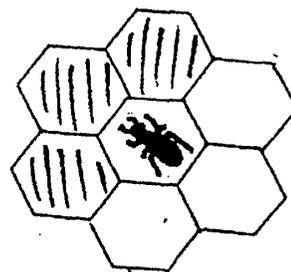


図2. 三角格子上での行動

3. シミュレーション、結果

シミュレーションの初期段階で、初め全くランダムに散らばっていた各個体は、しばらくすると自発的に餌までの道を作った。観測結果と照らし合わせて、巣の上方に点在させた餌の量と数を変化させた状況での結果では、植物のような枝状の道を作り、その枝の細かさは、餌を少量で多く点在させた状況になるほど細かく、これらの結果は観測によくあつた結果となつた。(図3)



次に、巣の上方、等間隔に二箇所位置を固定した餌場に、一定の時間間隔当りに与える餌の量を変えていった状況で、trailの形状がどのように変化していくのかということと、単位時間に採餌する餌の量から効率を計算し、その時の集団の示す trailの形状との関係性などについて調べた。その結果、餌が微量の時、集団はVの形状を示す trailを作った、量を増やしていくとY字型の trailを作り、さらに増やすとV字 trailにもどり、最終的には1のような1本の trailとなった。これらの理由として、特にV-Y転移に関して、餌の供給量と効率の関係のグラフ(図4)から、集団は効率の高くなる形状の trailを柔軟に選んで、集団の形状を変えているということが解かった。

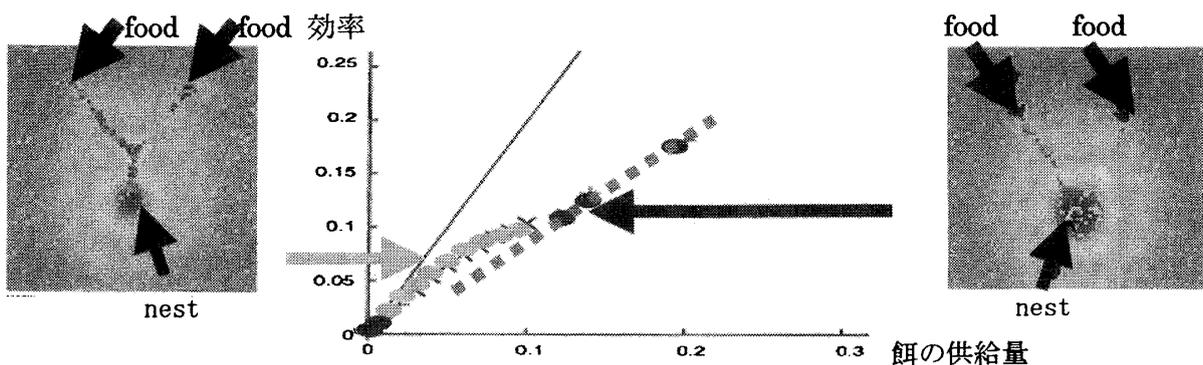


図4. 餌の供給量と効率の関係とそれらに対応する集団の形状

参考文献

- [1] Active walker model for the formation of human and animal trail systems, D.Helbing and F.Schweitzer and J.Keltsch and P.Molnar (Physical Rev.E 56 3 : 2527, 1997)
- [2] Collective patterns and decision-making, J.L.Deneubourg and S.Goss (Ethology & Evolution 1: 295-311, 1989)