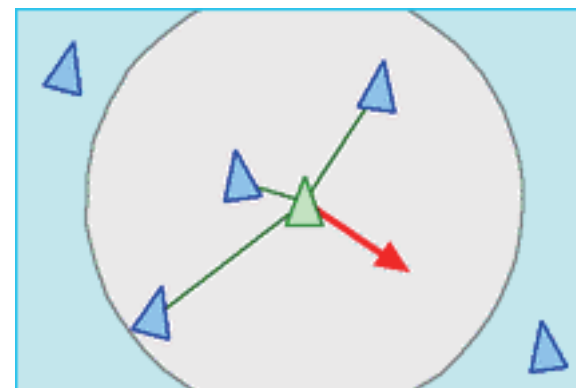


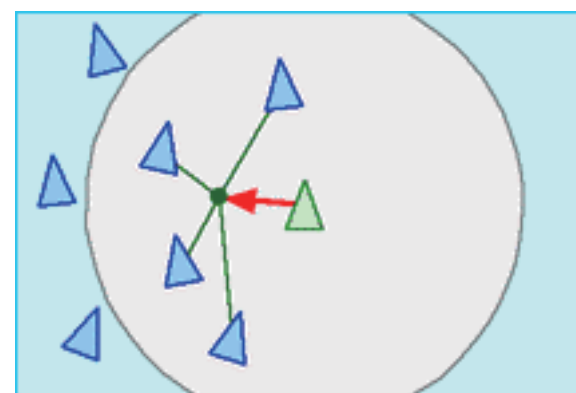
Birdoid

Birdoid とは、1987 年にアメリカのアニメーションプログラマー Craig Reynolds によって発表された理論である。彼は鳥の群れをコンピュータで再現出来ないかと考え、鳥の群れを観察した結果、そこにはリーダーが存在せず、何らかの簡単な規則に従っていると結論づけた。そこで三つの簡単なルールを仮説立て、それをもとにシュミレーションモデルを作り、見事に群れの動きを再現してみせたのである。このモデルのことを Birdoid と名付け、今では省略されて boid と呼ばれている。



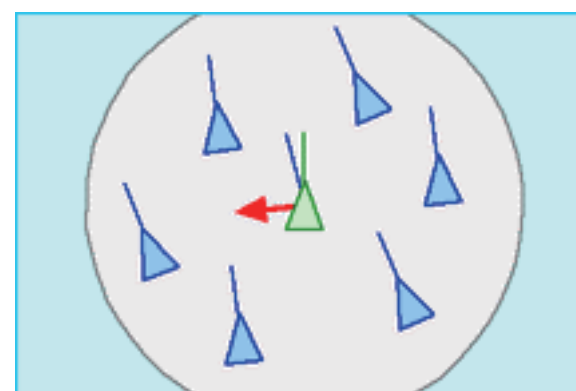
Separation (引き離し)

群れの仲間と衝突しない距離で飛ぶ。
衝突しそうになったら向きを変えたり
スピードを落としたりする。



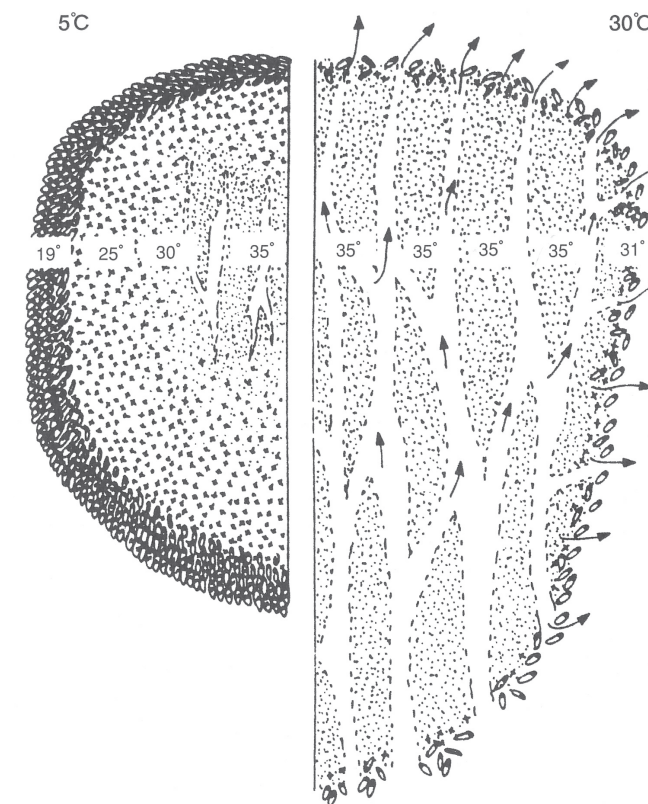
Cohesion (結合)

仲間の多い方に向かって飛ぶ。全個
体の座標の平均値を出し、中心とし、
そこに向かって飛ぶ。



Alingment (整列)

一定距離いる仲間と並行に移動する。
ある個体を中心とする円の中にある
他の個体の向き、スピードの平均値
がその個体の向き、スピートとなる。



ミツバチの巣が低温(左)と高温(右)の時の内部の様子をまとめた模式図。低温のときは密に、特に外部を密にすることで内部の温度低下を防ぎ、高温の時は疎にすることで熱放射の換気通路を作り、温度を下げています。

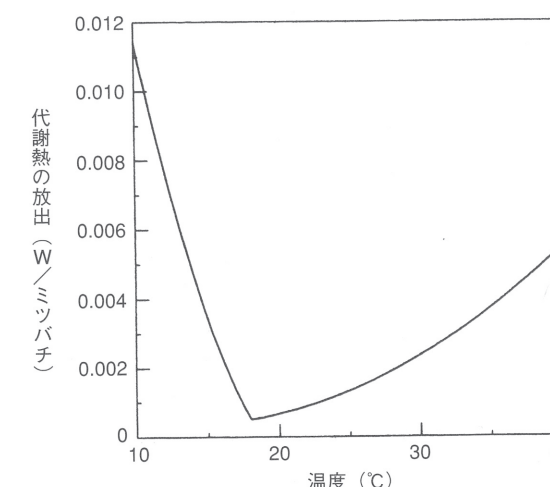
ミツバチの巣の温度調整

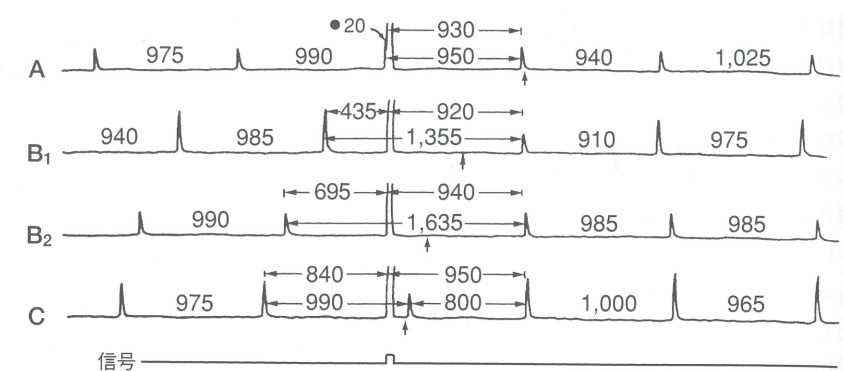
ミツバチは温度変化に弱く、約 35°C が生存に適切な温度とされている。そのためミツバチの巣の内部はほぼ 35°C 前後に保たれているが、それは彼らが自己組織化され、環境を調節した結果であるという仮説が提唱されている。この仮説をモデル化したのが Myerscough のモデルである。

Myerscough モデル

個体の行動規則を以下の 3 つに規定する。

1. 寒すぎると隣のハチに近づく。
2. 熱すぎると隣のハチから離れる。
3. 右図に示す温度を関数とする代謝熱出力グラフを基に、個体は外部に影響を及ぼす。

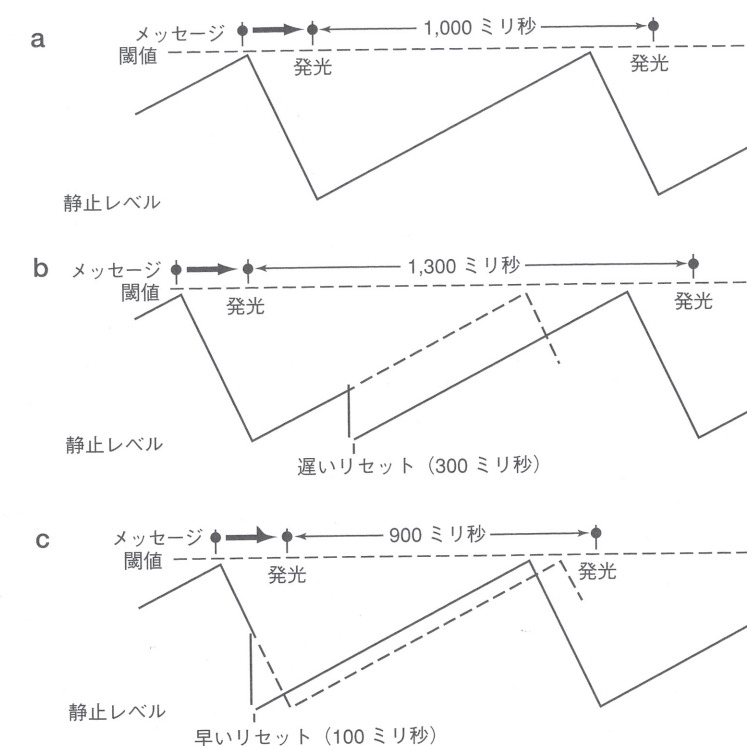




単一の人工的な 40 ミリ秒パルス光に対する蛍の応答。965±90 ミリ秒の各々の規則正しい周期で発光していた個体 4 つとも、信号発信後には同じリズムで発光するようになった。

蛍の同調発光

蛍は単体でも一定周期で発光し明滅するが、他の蛍の発光に同調し、群を作る種もあることが知られている。そこで光の強さを誘引度とし、局所グループを形成するアルゴリズムも開発されている。これは最終的に全部の個体が同じリズムで発光する最適化問題に行き着くが、個体差を設けたり、ランダム性を持たしたり、他の規則を付け加えることで MAS に変換することができそうである。



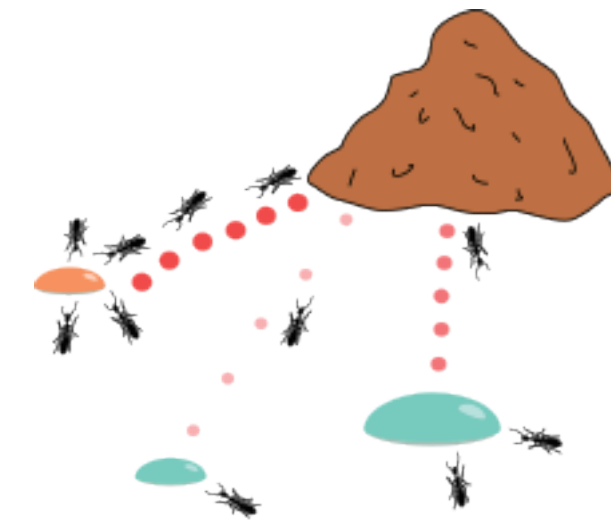
上記の実験結果から作られた蛍の同調発光モデル。信号受信後には周期がリセットされる仕組み。リセットされるタイミング、信号の強さは個体差がある。



河川形成力学

蟻コロニー最適化に似た技法で、水の流れが土地を浸食し、その土などを堆積物とし積み重ね、河を形成する様子を真似たものである。水が環境を変えていくように各地点の高度が動的に変化し、下降する勾配が形成され、そこに新たな水が流れ、また新たな勾配が形成され、最適解へと近づいて行く。このように物理や化学現象を自己組織化モデルにして記述している例はたくさんあり、例えば砂丘の風紋、干潟の割れ目、表層のしわ、雲、材木の表面にニス塗ったときに出来る縮みパターンなど、様々である。

蟻コロニー最適化



蟻は始めランダムに歩き、エサを見つけるとフェロモンを残しながらコロニーに戻る。そして他の蟻がそのフェロモンを見つけると、その跡を辿りながらエサに向かい、フェロモンを強化しながらコロニーに戻る。そしてこのフェロモンは時間が経つと吸引力を失っていくので、効率の悪い経路のフェロモンはどんどん弱くなり、効率の良い経路のフェロモンはどんどん強化され、最終的に蟻は一つの経路を辿るようになる。