

繊毛メタクロナル波生成原理の解析

○山口陽子, 塩出隆清, 林順一
(東京電機大・理工・情報科学)

繊毛運動におけるメタクロナル波の形成は繊毛集団の自律的制御の原理を提供している。この複雑なシステムを支配するルールについて諸説はあるものの原理の理論的説明はいまだなされていない。本研究では粘性流と繊毛リズムがどのような条件でどのような関係を生成するのかについて解析した。

モデルは著者らが昨年提出したもので、微小管の滑り運動をBVP方程式型由来の非線形ポテンシャルを導入して現象論的に記述し、流体系に対してはGray-Hancock近似にさらに小振幅の近似を用いた。このモデルは平面上を波打ち運動し、有効打と回復打の特徴を持つ周期運動を示す。流速の場を外力として2次元平面上での周期的進行波で与えることにより、繊毛打と外力とがどのような関係を作るかを計算機実験により調べた。

粘性流の速度場の中では粘性相互作用の結果、繊毛の作る流れと外力の流れとが一致して協力的に動くように繊毛打が変調される。すなわち回復打では繊毛の屈曲運動の進行方向と外力の進行波の進行方向が一致するように、また有効打ではまっすぐな繊毛全体が一様な速度場へと引き込まれる。繊毛固有の自律的運動は異方的なので繊毛運動が外力の場と常に一致するとは限らない。繊毛運動と外力の場とが一致しない場合は互いに打ち消しあうように作用する。また進行波の方向だけでなく粘性流の速度の大きさそのものも引き込みに重要な影響を与える。速度の大きさには至適レベルがありその値を超えると繊毛と外力との引き込みの力は失われる。

外力のない繊毛集団の場合と比較すると、本実験の外力が繊毛集団の作る流れに対応する。繊毛打と集団の作る流れが協力的にならない場合は結果としてその集団の流れは減衰する。つまり本研究でみられた繊毛と外力が協力的なる条件が、繊毛集団の集団と個別繊毛の相互作用として安定に生じる条件である。繊毛はその動きの複雑性から本来様々な方向に波を伝播する可能性も持っている。その中で本研究で報告されたような特定の進行波のみが引き込みを安定化させ集団として増幅される。このことが一方向に伝播するメタクロナル波を生む原理となると結論される。

Y. Yamaguchi, R. Shioda, J. Hayashi: Theoretical Analyses on Generation of the Cilial Metachronal Wave

3164

アリの餌運搬に認められる、記述の矛盾として現われる道具概念

○北林伸英, 郡司ベギオ幸夫
(神大・自然)

自己組織化とは、明らか単なる物体でしかない要素が、その集合体において要素の機能からはありえない挙動を示すものに対して、名付けられる。このことを受け入れるかぎり、この問題は、たんに新たな上位概念を挿入するか、見かけ上の上位概念の提示 (localの計算結果でしかないglobal) でしか解決しえない。程度の差はあれ、前者は物以外の何物か、すなわち生気論であり、後者は質的違いのないlocalとglobalを扱う機械論でしかない。そこでは新しい概念の創出、道具・中樞の出現は論じえない。

我々は、アリをもちいたような野外実験を行なった。2 cm角1 mmのシート状の餌Bの上に、それとは異なるより嗜好度の高い細粒状の餌Aをおく。アリは1個体で運搬できるなら運び、運搬困難な場合、集まってきた他個体とともに持ち去ることがよく知られている。この実験でも、最初、運搬の容易な餌Aの方を持ち去る。しかしその餌Aがあるにもかかわらず次に大きな餌Bをくわえる個体が増え、ついには餌Aごと餌Bを運搬してしまう。餌Bを餌Aをのせた皿(道具)として扱うかのようである。それまでに在りえなかった新事実に対しては、それまでの観測方法に問題があったのだとされ、この場合でなら、実はアリも道具を使うことがprogramされていたのだとされる。

道具としての皿は、(2つのものが)分離できるにもかかわらず1つのものとして扱われ、同時に、(皿としての餌Bは嗜好度が低いから)運ぶ必要はないにもかかわらず運ばれという逆説的な状況の下あらわれる。アリにとって物Xは「運ぶ必要のあるもの/ないもの」であり、物の集合: Σ から物の機能の集合: Γ により物と機能の関係を構成するならばパラドックスが出現する。いま、 P_a =餌Aにとりつく個体数、 P_b =餌Bにとりつく個体数、 P_{B1} にとりついた個体のうち、 P_{B1} =運搬個体数、 P_{Bn} =非運搬個体数とする。 $P_a/(P_a+P_b)$ と $P_{B1}/P_{B1}+P_{Bn}$ の相関でMapがフラクタルであることが上に相当する。道具という言葉はこの決まらない構造にたいし名付けられる。

N Kitabayashi, Y-P Gunjee: Concept of tool as emerged contradiction in transferring food in ant

3163

粘菌の走性における多様性と統合性

○田村寧健, 三宅美博
(東工大・総合理工・知能システム科学)

生物の特徴の一つに多様なものの生成とその統合性の共存が挙げられる。とくに粘菌の走性においては、複数の多様なファン構造を自己生成しつつ、その一方で個体全体としての統合的な行動を維持している。そこで、粘菌の走性をモデル系として、そのファン構造の自己生成プロセスを解析することによって多様性と統合性の共存メカニズムの解明を試みた。

従来より粘菌では、周期2~3分の細胞内リズムが目目され、その相互引き込みを通じて環境情報が統合され個体全体としてまとまって行動することが報告されてきた。さらに我々のグループは昨年度、リズムの相互引き込みを通して生成する位相的コヒーレンシーの時間発展を解析した。そして、コヒーレンシーが生成し走性が発現することでファン構造の生成が起こり、その後コヒーレンシーの崩壊によりそのファン構造が固定し、さらにそれが次のコヒーレンシー生成の拘束条件として作用するという数十分周期のコヒーレンシー生成-崩壊サイクルを発見した。これは、ファン構造の多様性生成を可能にする自己言及サイクルと考えることができる。

そこで今年度は、同一個体内の異なるファンにおけるコヒーレンシー生成-崩壊サイクルを同時に計測し、それらの間での時間的関係性の解析を試みた。その結果、個々のファンにおけるコヒーレンシー生成-崩壊サイクルは、全てのファンで完全に同調するのではなく、時間的なずれを伴っていることが見いだされた。さらに、このサイクルの位相関係に従って、個々のファン構造における多様性生成プロセスが影響を受け、個体全体としての統合性に寄与していることも示された。これらのことから、個々のファンにおける自己言及サイクル間での相互言及を通して、多様性と統合性の共存が可能になることが示唆された。現在この開かれた自己言及メカニズムを詳細に解析中である。

Y. Tamura, Y. Miyake: Diversity and unity in taxis of Physarum.

3165

蟻のフェロモンの使用における不定さのモデル

○楠芳之
(神大・自然科学)

蟻のフェロモンの使用をモデル化するとき、フェロモンを言葉として実在論的な意味(根拠)にもとづいてこれを構成するならば、上位の創発過程は先行的に繰り込まれた形式となっている。これについては、不定さ、曖昧さの導入についても同じくいえることである。例えば、フェロモンの意味を0/1で餌を意味するものとして取り扱うことにしてみよう。これにより、餌の分布、あるいはフェロモンの濃度からその意味への射を構成することができる。ここで、餌であるかそうでないかを判定できなくなるような新たな定義域に相当するものを用意するならば、矛盾として不動点が顕現する。この不動点の回避の意味の不定さに置き換える方法は一般的に行なわれる。例えば、ありのフェロモンルートのパターン形成に不定さが考慮されることは、J. Watmoughら(1995)にも指摘されている。このJ. Watmoughらの考えを敷き足すならば、「蟻がフェロモンルートを餌を意味するものとして使う」というのと同じように、「最もパターン形成能力が高い最適な確率が存在する」ということになるだろう。しかし、餌の分布のしかたを考慮にいれるのならば、「最も最適な確率が存在しない」となる。J. Watmoughらにおいて、その不定さは語義におけるものであるかそうでないかは明示的には区別されていないかのようにあるが、モデルにおいて明らかである。本発表の目的は、そのような不定さ、曖昧さのステータスの違いについて言及し、モデルにおいて不定さを常に意味が発見される過程の結果であることを示すことである。

Y. Kusunoki: A model for ambiguity on pheromone usage of ants