

10月1日(木)

10:30

アリの集団採餌における意思決定とゆらぎ

西森拓 山中治 栗津暁紀

広島大学・理学研究科

アリはハチと共通の祖先から進化し、個々の構造や振る舞いを単純化させる一方で、コロニーとしての協調行動を複雑化させ、現在地球上のほとんどの地域で繁栄を謳歌している。我々は、アリの採餌に着目し、組織的行動に関する実験と数理モデリングを行ってきた。実験では、生化学の専門家や昆虫学の専門家と協働し、トビイロケアリの採餌行動が、これまで広く知られている化学走性だけでなく、視覚情報や記憶にも依拠し、これら複数の因子の精妙な組み合わせで行動決定を行っていることが明らかにしてきた。

また、数理モデルでは、アリの化学走性にゆらぎ(エラー)の効果を与え、採餌効率とゆらぎの関係を調べた。その結果、ある給餌環境の変化に応じて、「最適採餌集団」が、同等のエラーをもった「一様集団」から、高いエラー率をもったアリとエラーがほとんどないアリの「2極混合集団」に鋭く転移することがわかった。

講演では、以上の実験・計算結果を報告するとともに、現象をより抽象化した理論的試みを紹介する。また、採餌行動データを長時間に亘って自動計測するために民間企業と協働して構築中の新しい個別行動計測システムも紹介する。

11:15

ヒト静止立位と二足歩行の運動揺らぎと間欠制御モデル

野村泰伸

大阪大学大学院基礎工学研究科

本講演では、静止立位姿勢および定常二足歩行の間欠制御モデルに関連する最近の話題を紹介する。特に、これらの運動の特徴として、直立姿勢あるいは周期的歩行(歩行サイクル)の平衡状態からの偏差の揺らぎ(運動揺らぎ)として表出する関節の柔軟性、および、運動揺らぎが示すフラクタル性に注目する。具体的には、体性感覚情報の神経伝達時間に起因する時間遅れ誘因性不安定化を回避し姿勢を安定化する制御メカニズム、および、制御器のパラメータ変化に対する姿勢安定化メカニズムのロバスト性に関して考察する。これらの考察に基づき、運動揺らぎに現れる特徴は姿勢の安定化メカニズムが機能した結

果として生成される可能性を議論する。さらに、能動的な神経制御が施されていない身体機械力学系のサドル型不安定平衡状態の安定多様体を巧みに利用する間欠制御仮説が、運動の安定性と柔軟性という一見相反する特性を同時に実現する神経制御戦略の有力な候補であることを示す。

13:15

エージェントモデルによる社会シミュレーションの計算量

伊藤伸泰

東京大学大学院工学系研究科

エージェントモデルにより社会現象をシミュレートする場合に必要な計算量について議論したい。現状では社会シミュレーションにはモデルの任意性が多く、またパラメータの複雑度も大であるため、多数のシミュレーションを独立に実行・探索する必要がある。これを踏まえ、計算量を探索数と計算機の演算処理性能との2軸にまとめたロードマップを構想している。

14:00

Nonlinear Optimization from Holder's Inequality (for Fun and Profits)

田中久陽

電気通信大学大学院情報システム学研究科

ヘルダーの不等式は、約100年前、数学者のヘルダーとロジャーズにより独立に見出され、以降、関数解析等の解析学の基本的不等式として日常的に多用されている。しかし発表者の知る限り、この不等式の物理的解釈（物理的対応物）は、昨年2014年まで知られていなかった。本講演は、この不等式が最近の非線形現象論の未解決な問題のエレガントな解答を与え、また情報通信分野等にも浸透しつつあるツァリス統計の一つの本質的要素にもなっていることをわかりやすく説明する。さらに最近の成果や、期待されるブレイクスルーについても報告する。

15:00

誰がカンニングをみたか ～スパースモデリングによるカンニング検出技術～

大関真之

計測技術の発展により、非常に大量の高次元のデータを取得することができるようになった。同時にそのデータから人類が何を獲得して、利用するかを問われているとも言える。スパースモデリングは、スパース性と呼ばれる"本質部分に関わるものが疎である"という性質を駆使して、高次元データから説明変数のうち本質的な寄与をするものだけを自動的に抽出すること、できるように工夫をする枠組みである。

本講演では、スパースモデリングを分かりやすい形で具現化している「カンニング」の検出について紹介する。項目応答理論と呼ばれる、答案データから被験者の能力と問題の難易度の関係を明らかにする確率的推論の枠組みを拡張することにより、カンニングのモデリングを行う。そのモデリングの結果、項目応答理論とボルツマン機械学習と呼ばれる高次元データからの本質を抽出する手法の対応関係が明らかとなった。そこに（健全な学習教育環境下での）カンニングの本質「たまにしかない」というスパース性を組み入れることにより、答案データのみから高精度でカンニングを検出することを可能にした。

機械学習の基本的手法をおさえつつ、研究成果だけでなく、聞いた当日からできるようにスパース性を利用したデータの本質抽出方法を紹介したい。

15:45

歩行者流ダイナミクスにおける時空間パターン

鈴木浩大

明治大学 研究・知財戦略機構

非局在性・不確実性は歩行者流のパターン形成に対してどのような役割を担っているだろうか？歩行者流は自己駆動する離散流であり、レーン形成等の様々なパターンを示すことから集団運動の研究題材として注目されている。これまでの研究によって、歩行者流における自発的パターンの機能性と普遍性、すなわちパターンが輸送効率に大きく関与する事、類似したパターンが生物群集や流体现象にも見られる事が明らかにされつつある。また近年の歩行者流モデリングでは非局在性・不確実性が注目され始めており、その意義や現象への関与を明らかにすることは歩行者流の理解や制御に欠かせない。本講演では、レーン形成やボトルネック振動流等の幾つかの具体的な自発的パターンについて、主に数理モデリングの方法によってそのメカニズムや数理構造、および非局所相互作用の役割等を議論する。

16:30

シミュレーションされる群れの、サイズ増加に伴う質的变化について

池上高志

東京大学大学院総合文化研究科

GPGPUを使って、単純な群れのモデル(boid model)をサイズの大きなところ(100万オーダー)でシミュレートし、サイズの増大に伴って観測される群れの質的な変化について報告する。

10月2日(金)

10:30

非対称散逸系の形態形成における自由度と揺らぎ

-2次元OVモデルによる最適形態の探索を例として-

杉山雄規

名古屋大学・大学院情報科学研究科・情報文化学部

1次元OVモデルは交通流の渋滞形成を良く説明する。このモデルは、作用反作用の法則を破る非対称力によるエネルギーの流入とエネルギー散逸のバランスが取れた状態で、渋滞のような動的形態を発現する。2次元モデルでは、生物集団運動における様々な群れの形成を模した、形態形成を示す。あるパラメータ領域におけるOV粒子集団の振る舞いは、自由な2次元周期境界条件では、多数のフィラメント状の形態を形成し、ランダムな変形運動を示す。この粒子集団は束縛された境界条件がある場合には、その条件に応じた最適な形態を動的に維持するような非平衡定常状態を発現する。例えば、設定した迷路において入り口と出口を結ぶ最適経路を自発的に表現する。これは、粘菌などのアメーバ的細胞集団による迷路探索の現象を模しているとも見える。このような最適形態を取りうる理由として、非対称散逸系の非平衡定常状態が持つ熱力学的関数の連続的な縮退度の発現が考えられ、それを生み出す巨視的形態の運動の大きな揺らぎが関係していると予想している。以上のような現象を提示し、その数学的解析手法の試みとして進めているCoarse Analysisという一連の研究についても述べたい。

11:15

非局所性と不確実性が種の豊富さのパターンを質的に変える

時田恵一郎

名古屋大学・大学院情報科学研究科・情報文化学部

統計物理学は「同じものがたくさん」あることがもたらす自然のパターンの起源を解き明かしてきた。一方、生物学の対象には「異なるものがたくさん」ある。そして、実は、経済や社会をはじめとする複雑系の計測や制御の難しさは、異なるものがたくさんあり、それらの間の相互作用も多様で複雑なことに起因している。一方、そのような多様性や複雑性のもとでも、系の構成要素の詳細によらない普遍的なパターンが観測されることがある。それらの中でも最も実証研究と理論研究が進んでいるもののひとつとして、生態系における種の豊富さのパターンを取り上げ、種間相互作用の非局所性や個体群動態の不確実性が果たす役割に関する最新の研究結果を紹介する。

13:15

開放進化系における複雑性-頑健性関係

島田 尚

東京大学大学院工学系研究科

生体内反応系、遺伝子ネットワーク、生態系、経済系、人間社会のコミュニティ...等々、この世界は多様な要素が複雑な構造で相互作用しつつ共存し、進化する系で満ちている。複雑化・高度化のため設計・制御原理においてボトムアップ的な様相が重要性を増している工学システムや社会システムにもその好例が見出される。本発表では、このような現実に見られる多くの複雑大規模な開放進化系について最近見出された複雑性-頑健性関係[1]について紹介する。

[1] T. Shimada, Scientific Reports Vol. 4, 4082 (2014)

(<http://www.nature.com/srep/2014/140213/srep04082/full/srep04082.html>)

14:00

RFIDチップを用いたアリの分業ダイナミクスの定量的解析

山中治 西森拓

広島大学・理学研究科

アリは生殖のみを行う個体と、生殖を行わず様々なタスクを分担する雌の個体、および少数の雄の個体からなるコロニーに共同の生活を送る「社会性昆虫」である。彼女たちは周囲の状況に依存して様々なタスクを柔軟にふりわけ、コロニーが必要とするタスクをこなしている。個々のワーカー間には働く頻度に差が存在しており、その意味で労働階層があると考えられている。しか

し、これまで労働階層の時間変化やコロニーメンバーの変更がある際の労働階層の順位変化についての定量的な検証は十分でない。そこで我々は、アリの集団の中での、個体別の採餌行動を自動計測するために、各アリに微小チップを取付けた。具体的には、識別IDを持つRFIDチップを各アリの背部に取り付け、巣箱と採餌場をつなぐ経路上に各ア리를識別する読取センサーを設置し、読取センサーを通過した時刻と個体の識別IDを記録していく。このシステムを使って、複数のコロニーの採餌行動データを記録し、データ解析を試みた。今回の講演では、労働階層の変動について現在までの解析結果を報告する。

15:00

Taffy machine の安定性について

木村芳文

名古屋大学大学院多元数理科学研究科

Taffy machine というのは複数の軸を回転させることによって水飴をこねる機械であり、2次元の位相カオスに伴う混合の問題を説明する例としてよく使われている。この機械、当然予想されるように複数の軸が平行である事が非常に重要で、少しでも平行からずれると水飴の運動は不安定になる。(実際には水飴は粘性が大きいのと、軸に曲がりを持たせることによって不安定が押さえられているのだが。)

実はこの問題は複数の直線電流の周りの荷電粒子の運動の問題とアナロジーをなしている。直線電流が平行である場合には荷電粒子の運動は電流に垂直な平面内に制限されるが、平行性が少しでも破れると2次元軌道が不安定化して3次元軌道が現れる。本講演ではこれらの不安定性の問題について考えてみたい。

15:45

Random strange attractors and stochastic chaos

佐藤譲

北海道大学大学院理学院

決定論的ダイナミクスと確率論的ノイズが混在するシステムで生じる、複雑なランダム非線形現象(nonlinear stochastic phenomena) をランダムアトラクター、ランダムベイシンといったランダム力学系の概念に基づいて分析す

る。確率カオスを示すランダム力学系の具体例として確率Lorenz 方程式を与え、そのrandom strange attractorの安定性と予測不能性を議論する。また確率共鳴、ノイズ同期、雑音誘起カオス、雑音誘起秩序、といった典型的な雑音誘起現象をランダム力学系の分岐現象として解析する。大自由度系の時系列解析への応用についても触れる。

16:30

触媒反応系における資源枯渇と多様化

上村淳

東京大学大学院総合文化研究科

細胞を構成する分子がどのように組み合わせ、全体として複製・増殖する細胞として機能するかを理解することは、生命の起源だけでなく、人工的に細胞を創る研究においても重要である。細胞を多様な分子種がネットワーク状に触媒関係を構成する化学反応系としてみた場合、複数の分子種が互いの複製を触媒しあう関係を形成することにより、分子組成を保持しながら再帰的に増殖できることが知られている。そのような組は多様に存在するが、より少数種の組から成る細胞のほうがより反応速度が速いために速く増殖できる。そのため少数種の分子から成る細胞だけがしばしば生き残り、多様な分子組成が失われる傾向にある。一方、より速く増殖しようと最適化する細胞集団においては、自らの増殖のために細胞が環境から取り込む“資源”が次第に枯渇した状況に置かれることが予想される。本発表では、相互触媒反応からなる細胞モデルを用いて、細胞ごとの分子種数がどのように資源枯渇に応じて増減するか注目し、分子種数を減じて反応速度を増加する方向と、分子種を増加させて自らの増殖に利用できる資源数を増やす方向のトレードオフにより決定される最適な分子種数について議論する。