

創発システム論講座

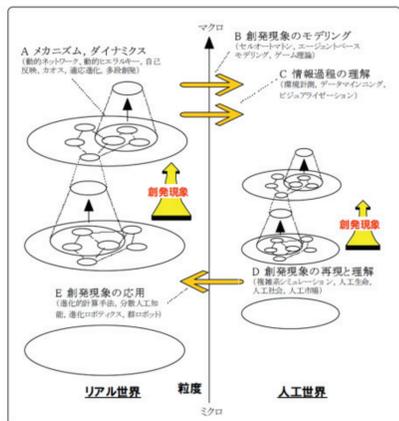
有田隆也、北栄輔、永峰康一郎、鈴木麗瑩、笹原和俊



概要

多数の構成要素の動的な相互作用に基づく情報処理機能、情報処理構造、情報ダイナミクスの自発的な出現としての「創発現象」(emergence)は、複雑系を特徴付ける中心的な概念である。

本講座では「構成論的手法」、すなわち計算論的モデルの構築、複雑系シミュレーションの実行および実世界での検証や応用に基づいて、創発現象の情報機構を究明し、新たな情報処理の原理を確立するための教育・研究を行っている。



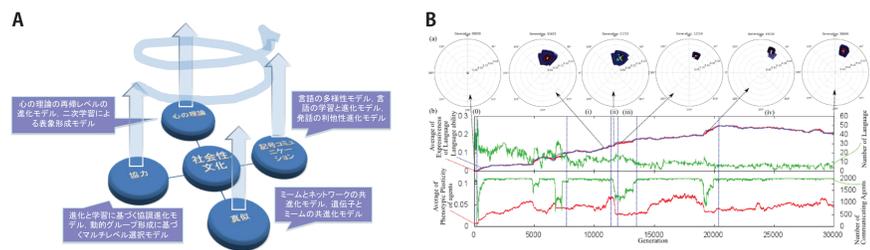
有田・鈴木研究室

「共進化的知能創発」仮説に基づくヒトの社会的知能の理解

ヒトを他の生物とは違う存在たらしめている形質として主に、言語、心(「心の理論」)、協力、他者の模倣の4つがあげられる。このような形質をヒトはどのように獲得したのかということは大きな謎である。我々はこれらの4形質は相互作用しながら共進化し、ヒト独自の社会的知能が創発したとみなす「共進化的知能創発」仮説を立てる。そして、対象とする現象に関わる計算論的モデルを構成し、プロセスやメカニズムを再現する「構成論的手法」によってこの仮説にアプローチしている。(図A)

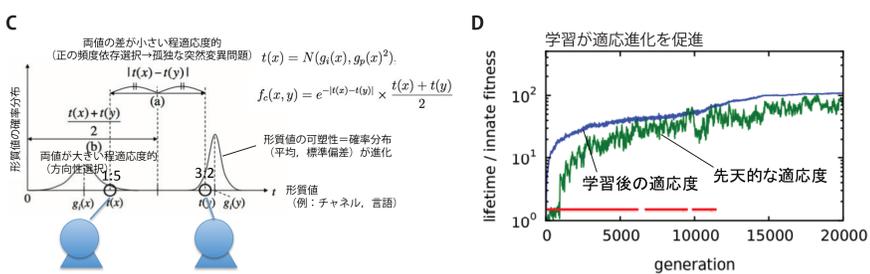
生物進化と文化進化を包括する言語進化像の構築

脳は生物進化という長時間スケールのプロセスに支配され、言語は文化進化というそれより短い時間スケールのプロセスに支配され、それらが互いに選択圧に影響を与え合い共進化する。さらに、個体の生涯というさらに短い時間スケールで学習プロセスも働く。このような共進化に基づく言語進化のダイナミクスを理解するために、仮想的な個体が、学習して使用可能となる言語を用いて他個体と会話を繰り返すモデルを構築し、生物進化と文化進化を包括する言語進化を研究している。(図B)



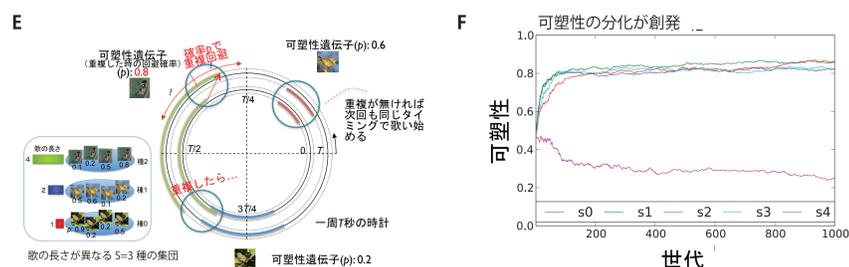
コミュニケーション能力とその可塑性の進化

コミュニケーション能力の生物進化を妨げる要因の1つに、「孤独な突然変異問題(一体だけ優秀な変異体が現れても他人に理解されなければ広まらない)」がある。学習能力(表現型可塑性)の進化がこの問題を解決しうるかを検討するために、コミュニケーション能力とその可塑性の進化モデルを構築した。(図C) 実験の結果、学習期間を行わない集団ではコミュニケーション能力が進化しないが、学習期間が長い場合は、学習による適応的形質の獲得が先天的能力の進化を促進することが分かった。(図D)



野鳥の歌の時間的重複回避行動の進化

野鳥の多くは縄張りの主張や求愛のために歌を歌う。彼らは近隣個体と同時に歌うことを避ける傾向があり、これは伝達する情報を混線させない働きがあると考えられている。また、種によってその傾向が異なることも知られている。種の特徴と回避傾向の関係を行動可塑性の進化の観点から理解するため、歌の長さが異なる複数種からなる集団での歌重複回避行動の共進化モデルを構築した。(図E) 実験の結果、重複時の回避確率(可塑性)が別れるように進化し、集団全体として効率的な重複回避が実現されることが分かった。(図F)



北研究室

社会、経済、人工物のモデル化と実問題への応用

計算力学と最適化に基づくシミュレーション研究を行ってきた。現在では、交通シミュレーション、進化計算、データマイニング、人工市場などに関する研究を行っている。

交通シミュレーションに関する研究では、数理モデルと計算機を用いて都市交通シミュレーションや交通渋滞緩和を行っている。(図G) 高速道路での交通量増大のために複数車両が短い車間距離で走行する隊列走行の速度制御モデルを提案し、ロボットを用いた走行実験を行っている。(図H)

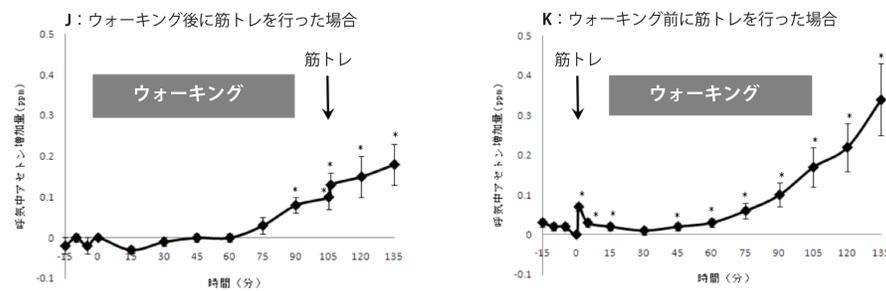
遺伝的アルゴリズム、文法進化、確率推定モデルに関する研究を行い、それを株価予測や企業倒産分析などへ応用している。株価予測では、時系列データ分析などの方法に比べて高い予測精度を示すことを述べている。(図I) また、Kinectなどの外部デバイスからの入力情報を用いたデータマイニングについても研究を進めている。



永峰研究室

呼吸から体内の見えない情報を探る

どのくらい運動したら体内でどのくらい脂肪が燃焼して体重減少につながるのか。これが分からないために運動の効果が実感できず、ダイエットをあきらめてしまう人が少なくないだろう。簡単に運動時の体内の脂肪燃焼の状態が分かれば、より運動に励みダイエットの成功につながる。我々は体内の脂肪燃焼を簡単に知る手がかりとして呼吸(吐く息)に注目した。体内で脂肪が燃焼するとアセトンというガスができる。アセトンは呼吸に含まれて体外へ排出されるため、呼吸を採取してアセトンを分析すれば、その変化が体内の脂肪燃焼の変化を知る手がかりとなる。呼吸は採取に痛みを伴わず、また繰り返し何度採取しても体へのダメージはない。もし家庭用の呼吸アセトン分析計が開発されれば、運動中に息を吹き込むだけで、体内の脂肪燃焼の状態がリアルタイムに分かるようになる。現在我々は呼吸アセトンと脂肪燃焼の関係を明らかにするために、運動を実施して呼吸を採取し、運動前後の呼吸アセトンの変化を調べる実験を行っている。一例を挙げると、ウォーキングの前に筋トレを行うと脂肪燃焼が3割アップするという報告がある。そこで呼吸アセトンでこれが実証できないか実験を行った。実験ではウォーキングの後に筋トレを行ったもの(図J)と、ウォーキング前に筋トレを行ったもの(図K)を比較した。その結果、確かにウォーキングの前に筋トレを行うと、呼吸アセトンが後の場合と比較して早い時間から増加し、また増加量も全体で高くなっており、脂肪燃焼がアップした。今後も様々な条件で実験を行い、呼吸アセトンを簡便な脂肪燃焼の指標として確立することを目指す。



笹原研究室

コミュニケーションの複雑系科学

コミュニケーションとはメディア(媒体)を介した動的な相互作用で、社会の変化と共に進化する行動である。このような動的でオープンエンドな特性を明らかにするために、動物の原初的なコミュニケーション(鳥のさえずりなど)やヒトの言語的コミュニケーションのモデルを作り、動かすことによって、コミュニケーションの進化ダイナミクスを研究している。

また、ソーシャルメディアや動物を対象としたコミュニケーション研究も行っている。Twitterでは、ユーザーたちは今どうしているのかをつぶやき、別のユーザーがつぶやきで反応し、その連鎖によって瞬間にメッセージが伝播する。このようなリアルタイム性・ネットワーク性が高い社会行動を定量化・モデル化し、ネット時代の行動原理を研究している。さらに、生物の行動文法を定量化する手法を開発し、行動文法の構造特性を探求している。

