

合原・鈴木研究室では、主に以下のテーマで研究を行っている。これらの研究活動は、独立行政法人科学技術振興機構 ERATO 合原複雑数理モデルプロジェクトと共同で推進している。

## 1. 神経科学

神経ネットワークの仕組みを明らかにするため、脳の神経細胞（ニューロン）や神経回路網（ニューラルネットワーク）の実体に基づく理論モデルを作り、そこから非自明な数理構造を抽出することによって脳の高次機能の非線形システムの理解やその知見の工学的応用を目指す研究を行っている。具体的には、脳における情報表現[1]、神経情報伝達の数理モデル[2]、神経細胞の学習則[3]などを研究している。さらに、神経モデルの実装によるアナログ計算デバイスの開発を目指している[4]（写真1）。

[1] N. Masuda and K. Aihara, Phys. Rev. Lett. 88, 248101 (2002).

[2] K. Morita, K. Tsumoto, and K. Aihara, J. Neurophysiol. 93, 3504 (2005).

[3] T. Toyozumi, J.-P. Pfister, K. Aihara, and W. Gerstner, Proc. Natl. Acad. Sci. USA 102, 5239 (2005).

[4] T. Kohno, K. Aihara, IEEE Trans. Neural Networ. 16, 754 (2005).

## 2. 非線形科学

カオスを典型例とする非線形動力学理論によって、複雑でありながらその裏に規則性をもつ世の中の様々な現象を理解することを目指している。システムの「非線形性」に注目して世の中の複雑な現象を数理モデルで記述し、その解の定性的振る舞いの分岐解析（図1）や時系列解析などの解析手法を開発し応用することで、いかに単純な非線形系が複雑な現象を生成しうるか、またいかに複雑系が自己組織化されるか、



写真1 神経モデルのアナログ回路

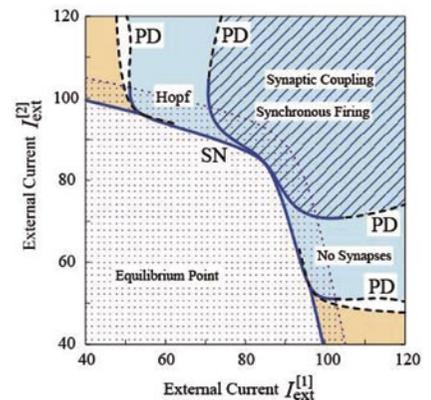


図1 ニューロン結合系の分岐図

などの基礎数理的な問題に取り組んでいる[1,2]。さらに、非線形系の情報処理[3]や生体膜応答[4]、風のカオス性（写真2）などの応用研究も行っている。

[1] H. Suzuki, S. Ito, K. Aihara, Discrete Cont. Dyn. Syst. 13, 515 (2005).

[2] G. Tanaka, M.A.F. Sanjuan, and K. Aihara, Phys. Rev. E 71, 016219 (2005).

[3] G. Tanaka and K. Aihara, Int. J. Bifur. Chaos 15, 1395 (2005)

[4] Y. Hirata, K. Judd, and K. Aihara, Phys. Lett. A 346, 141 (2005).

### 3. 数理生物学・数理社会学

人間社会をはじめとする多くの生物・生命システムは、環境や他者との相互作用を伴う複雑適応系である。それらのシステムは、環境の変化や他者の振る舞いに応じて他者の内部状態を推定し、意志決定を行う。また、外界との相互作用により、自身の行動を学習・進化させる。これらの性質を踏まえ、システムの複雑な関係性を、非線形力学系、ゲーム理論、マルチエージェントなどの手法によってモデル化し解析している。

[1] N. Masuda, K. Aihara, Phys. Lett. A 313, 55 (2003).

### 4. ゲノム科学

非線形な動的特性および確率性に注目して[1,2]、生物の遺伝子ネットワークの数理モデル化および人工遺伝子ネットワークの提案を行っている。具体例としては、以下の研究がある：(1) 複数の安定平衡状態をもつ遺伝子ネットワーク（遺伝子スイッチ）のシステムティックな設計方法を提案した[3]。(2) 確率的な揺らぎを抑制するメカニズムとして、背景分子との非特異的相互作用が有効であることを理論的に示し、これを用いることで遺伝子スイッチが安定化されることを示した[4]。(3) Stoichiometric matrix に注目して確率的な揺らぎを解析し、揺らぎを成分に分解する方法を提案した[5]。

[1] T. Zhou, L. Chen, K. Aihara, Phys. Rev. Lett. 95, 178103 (2005).

[2] D. Battogtokh, K. Aihara, J. J. Tyson, Phys. Rev. Lett. 96, 148102 (2006).

[3] T. Kobayashi, L. Chen, and K. Aihara, J. Theor. Biol. 221, 379 (2003).

[4] Y. Morishita and K. Aihara, J. Theor. Biol. 228, 315 (2004).

[5] R. Tomioka, H. Kimura, T.J. Kobayashi and K. Aihara, J. Theor. Biol. 229, 501 (2004).

【執筆担当 平田祥人・田中剛平・合原一幸】



写真2 風速の計測実験