

## 自己評価報告書

平成23年4月11日現在

機関番号：20103

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2008～2012

課題番号：20300105

研究課題名(和文) 時間記憶能の系統進化に対する実験的評価と非線形動力学構造

研究課題名(英文) Experimental evaluation of evolutionary development of memory ability and its analysis by nonlinear dynamics.

研究代表者

中垣 俊之 (NAKAGAKI TOSHIYUKI)

公立はこだて未来大学・システム情報科学部・教授

研究者番号：70300887

研究分野：生体生命情報学

科研費の分科・細目：情報学・生体生命情報学

キーワード：生体情報、生物情報処理の進化

## 1. 研究計画の概要

生物の記憶・学習・想起能力の進化的・系統分類学的発達度合いを実験的に調べます。標準試験として周期的環境変動の複雑さに対する記憶能力を様々な生物種で調べます。それらを統一的に説明するシンプルかつ本質的な数理モデルを構成します。粘菌の事例で成功した振動子集団モデルを基本的枠組みとして用います。知的能力の進化を数理モデルの分岐構造として理解できるかどうか検討いたします。また、時間のみならず空間も含んだ環境変動に対する、生物の適応能力についても総合的に検討します。

## 2. 研究の進捗状況

(1) 単細胞生物の粘菌とアカゾウリムシという2つの生物種で周期的イベントに対する時間記憶能があることがわかりました。これは、この時間記憶能が、種固有のものでなく一般的に見られる可能性を示しています。

(2) 時間記憶能は、温度・湿度記憶のみならず、光の刺激に対しても見られることがわかりました。これは、外界信号を受容する過程の背後に、情報処理を担う過程が存在することを示唆しています。

(3) ヒトでは同様の時間記憶能があると予想されていますが、他の多細胞生物として、オジギソウ、プラナリア、ヒドラで実験を行っていますが、まだ明確な結論に至ってはいません。時間記憶能は、ゆらぎの大きい反応であることが次第にわかってきて、十分な統計処理を必要としています。

(4) 時間記憶能をもたらす動力的機構に関して、基本的な枠組みで構成した振動子集団モデルを提案しました。このモデルを再検討して、実験結果と比較しつつあります。特

に、ゆらぎの大きい反応性や振る舞いの多様性に焦点をあてています。

(5) 時間空間変動に対する適応能の評価として、鉄道網に似た多機能性ネットワークを作る能力を発見しました。このことから、動的最適化問題を解く能力があることがわかってきました。

## 3. 現在までの達成度

## 3 やや遅れている

(理由) 最大の理由は、時間記憶能がゆらぎの大きい反応性であることがわかってきたことです。最適実験条件の微調整や実験回数増大を余儀なくされ当初の計画程に多くの生物種を試験できていません。また、共同研究者が新たな職を得て転出したこと、研究代表者も別の大学に異動して研究室の立ち上げ作業に時間を要したこともあげられます。一方で、予想外の時間空間的適応能の発見も、嬉しい誤算としてありました。

## 4. 今後の研究の推進方策

研究の後半に向けて、生物種を絞って研究します。蟻、オジギソウ、車軸藻、プラナリアの予定です。モデルに関しては、これまでのモデルの枠組みを広く捉えて、普遍的な性質を抽出したいと思います。複数の生物種で同様の時間記憶能が見られることは、種に特異的な過程によらないことを意味しておりますから、より一般的な過程を指向すべきでしょう。

## 5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 22 件)

1. K. Ueda, S. Takagi, Y. Nishiura, and T. Nakagaki : “Mathematical model for contemplative amoeboid locomotion”, Physical Review E, 83, 021916 (2011). 査読あり
2. K. Ito, D. Sumpter, T. Nakagaki : “Risk management in spatio-temporally varying field by true slime mold”, NOLTA (Nonlinear Theory and Application) journal, IEICE. Vol.1, 26-36 (2010). 査読あり
3. U. Takuya, K. Takeda, T. Nakagaki, R. Kobayashi, A. Ishiguro : “Fully decentralized control of a soft-bodied robot inspired by true slime mold”, Biological Cybernetics, 102, 261-269 (2010) 査読あり
4. A. Tero, S. Takagi, T. Saigusa, K. Ito, D. P. Beber, M. D. Fricker, K. Yumiki, R. Kobayashi and T. Nakagaki: “Rules for biologically-inspired adaptive network design”, Science, 327 : 439-442 (2010) 査読あり
5. A. Tero, T. Saigusa and T. Nakagaki: “Protoplasmic computing to memorize and recall periodic environmental events”, Proceedings of International Workshop on Natural Computing (Springer-verlag), PICT 1, Springer-verlag : 213-221 (2009) 査読あり
6. T. Saigusa, A. Tero, T. Nakagaki and Y. Kuramoto : “Amoebae anticipate periodic events”, Physical Review Letters, Vol. 100, 018101 (2008) 査読あり

[学会発表] (計 40 件)

1. T. Nakagaki : “Ethology of amoeba viewed from nonlinear dynamics”, La 13e Rencontre du Non-lineaire, Institut Henri Poincare (2010-3)
2. T. Nakagaki : “Solving a multi-purpose optimization problem by amoeboid computing”, 8th International Conference on Unconventional Computation, Workshop on Novel Computing Substrates, University of Aozores, Ponta Delgada, Portugal (2009-09)
3. T. Nakagaki : “Cells anticipate periodic events”, American Physical Society March Meeting, Pittsburgh, USA (2009-03)
4. T. Nakagaki “Information processing in cells based on nonlinear biochemical dynamics -behavioral smartness in slime molds-”, Gordon Research Conference on Dynamic Instabilities And Oscillations

In Chemical Systems , Colby College, Maine , USA (2008-07)

5. T. Nakagaki, A. Tero, T. Saigusa and R. Kobayashi “Information processing at cell level-smart behaviors in an amoeba of Physarum-”, Korean Physical Society Meeting , Dejeon , Korea (2008-04)

[図書] (計 3 件)

1. 中垣俊之、「粘菌—その驚くべき知性—」PHPサイエンスワールド新書 (2010-4) 1-198. PHP 研究所
2. 小林亮、中垣俊之 “真正粘菌の運動と知性” [理論生物学 (望月敦編著)] Pp. 176-200, 2011 年. 共立出版
3. M. D. Fricker, L. Boddy, T. Nakagaki, D. Beber: “Adaptive biological networks” in [Adaptive Networks: Theory, Models and Applications] edited by T. Gross and H. Sayama, 51-70, Springer Verlag (2009)

[その他]

ホームページ

[http://www.fun.ac.jp/staff/staff\\_comp/nakagakitoshiyuki.html](http://www.fun.ac.jp/staff/staff_comp/nakagakitoshiyuki.html)