

業績リスト

著書

金子邦彦. 「生命とは何かー複雑系生命科学へ」 東大出版会. 第2版.  
 金子邦彦. 「複雑系生物学ー揺らぎ、安定性、可塑性と適応、進化、発生」 (in「システムバイオロジー」浅島誠編、第3章)岩波書店.  
 豊田太郎. 「分析化学」(藤浪真紀、岡田哲夫、加納健司、久本秀明 著)みみずく舎. 医学評論社.  
 Sugawara, T., Minimal Cell Model to Understand Origin of Life and Evolution (in “*Evolutionary Biology Concept, Modeling, and Application*”) pp.23-50, Edited by Pierre Pontarotti, Springer-Verlag, Berlin.  
 坪井貴司. 「第6章 核と膜小器官」(in「ベーシックマスター細胞生物学」尾張部 克志・神谷律 共編)オーム社.  
 坪井貴司. 「第4章 動物の情報処理」「第5章 動物の代謝」(in「図説生物学」東京大学教養学部図説生物学編集委員会編)東京大学出版. *Biology Illustrated*  
 佐藤守俊. 「FRET」(in「東大式現代科学用語ナビ」東京大学理学系研究科・理学部編)化学同人.  
 Maruyama, S., Yanai, S., Isozaki, Y., Hirata, D., 2009. Japan’s islands, geology. In Gillespie, R.G., Clague, D.A. eds., *Encyclopedia of Islands*, p. 500-508, Univ. California Press, Berkley.  
 大串隆之・近藤倫生・吉田丈人. 「シリーズ群集生態学 2 進化生物学からせまる」京都大学学術出版会.  
 池上高志. 茂木健一郎×池上高志「生命と脳」(in「脳科学は何を変えするかーまだ見ぬ未来像の全貌」信原幸弘・エクスナレッジ編)エクスナレッジ.  
 酒井邦嘉. 「脳の言語地図」明治書院.  
 酒井邦嘉. 「言語」人間らしさの本質とは」(in「脳科学は何を変えするかーまだ見ぬ未来像の全貌」信原幸弘・エクスナレッジ編)pp. 295-336, エクスナレッジ.  
 発表論文

Ito Y, Toyota H, Kaneko K, and Yomo T. (2009) How Selection Affects Phenotypic Fluctuation. *Molecular Systems Biology*, 5: 264.  
 Awazu A and Kaneko K. (2009) Self-organized criticality of a catalytic reaction network under flow. *Phys. Rev. E*, **80**: 010902(R).  
 Kaneko K. (2009) Relationship among Phenotypic Plasticity, Genetic and Epigenetic Fluctuations, Robustness, and Evolvability; Waddington’s Legacy revisited under the Spirit of Einstein. *J Biological Science*, **34**: 529-542.  
 Sakata A, Hukushima K, and Kaneko K. (2009) Funnel landscape and mutational robustness as a result of evolution under thermal noise. *Phys. Rev. Lett.*, **102**: 148101.  
 藤本仰一, 石原秀至, 金子邦彦. (2010)空間パターン形成の遺伝子ネットワーク進化理論ーネットワーク構造と機能の対応づけ」生物物理学会誌. Vol. 50 p.18.  
 Sakata A, Hukushima K, and Kaneko K. (2009) A statistical-mechanical study of evolution of robustness in noisy environment. *Phys. Rev. E*, **80**: 051919.  
 Hukushima K, Campbell I.A. and Takayama H. (2009) Extended scaling scheme for critically divergent quantities and critical exponents of an Ising spin glass. *Int. J. Mod. Phys. C*. **20**: 1313-1324.  
 Nakajima T, and Hukushima K. (2009) Thermodynamic construction of a one-step replica-symmetry-breaking solution in finite-connectivity spin glasses. *Phys. Rev. E*. 80: 011103.  
 Toyota T, Maru N, Hanczyc M. M, Ikegami T, Sugawara T. (2009) “Self-Propelled Oil Droplet Consuming “Fuel” Surfactant”. *Journal of the American Chemical Society*. **131**: 5012-5013.  
 Ohnuma K, Toyota T, Ariizumi T, Sugawara T, Asashima M. (2009) Directional Migration of Neuronal PC12 Cells in a Ratchet Wheel-Shaped Microchamber. *Journal of Bioscience and Bioengineering*. **108**: 76-83.  
 Nishimura K, Hosoi T, Sunami T, Toyota T, Fujinami M, Oguma K, Matsuura T, Suzuki H, Yomo T. (2009) Population Analysis of Structural Properties of Giant Liposomes by Flow Cytometry. *Langmuir*. **25**: 10439-10443.  
 Suzuki K, Toyota T, Takakura K, Sugawara T. (2009) Sparkling Morphological Changes and Spontaneous Movements of Self-assemblies in Water Induced by Chemical Reactions. *Chem.Lett.* **38** (11): 1010-1015.  
 菅原 正, 鈴木 健太郎, 豊田 太郎. (2009)「ソフトマターがしなう・動く・生長する・増えるー両親媒性分子集合体のダイナミックモルフォロジーー Bending, Moving, Growing, or Breeding Soft MattersーDynamical Morphologies of Self-assembly of Amphiphiles」日本物理学会誌 **64** (1) 科学技術社.  
 Takinoue M, Kiga D, Shohda K, and Suyama A. (2009) RNA oscillator: limit cycle oscillations based on artificial biochemical reactions. *New Generation Computing*. **27**: 107-127.  
 Sakai Y, Mawatari Y, Yamasaki K, Shohda K, and Suyama A. (2009) Construction of AND gate for RTRACS with the capacity of extension to NAND gate. *Lect. Notes Comput. Sc.* **5877**: 137-143.  
 Kajiyama H, Hamazaki S T, Tokuhara M, Masui S, Okabayashi K, Ohnuma K, Yabe S, Yasuda K, Ishiura S, Okochi H and Asasima M. Pdx1-transfected adipose tissue-derived stem cells differentiate into insulin-producing cells in vivo and reduce hyperglycemia in diabetic mice, *LDBB* in press.  
 Okabayashi K, Ohnuma K, Asashima M.(2009) Development of in vitro differentiation systems using vertebrate stem cells. *Inflammation and Regeneration*. **29**: 302-309.  
 Tsuboi T, Kitaguchi T, Karasawa S, Fukuda M, Miyawaki A.(2010) Age-dependent preferential dense-core vesicle exocytosis in neuroendocrine cells revealed by newly developed monomeric fluorescent timer protein. *Mol Biol Cell*. **21**(1): 87-94.  
 Maekawa F, Tsuboi T, Fukuda M, Pellerin L.(2009) Regulation of the intracellular distribution, cell surface expression, and protein levels of AMPA receptor GluR2 subunits by the monocarboxylate transporter MCT2 in neuronal cells. *J Neurochem*. **109** (6): 1767-78.  
 Ohata S, Kinoshita S, Aoki R, Tanaka H, Wada H, Tsuruoka-Kinoshita S, Tsuboi T, Watabe S, Okamoto H. (2009) Neuroepithelial cells require fucosylated glycans to guide the migration of vagus motor neuron progenitors in the developing zebrafish hindbrain. *Development*. **136** (10): 1653-63.  
 Kim S. B., Sato M. and Tao H. (2009) A Split Gaussia Luciferase-Based Bioluminescence Template for Tracing Protein Dynamics in Living Cells. *Anal. Chem*, **81**: 67-74.  
 Kim S. B., Sato M. and Tao H. (2009) Genetically Encoded Bioluminescence Indicators for Stress Hormones. *Anal. Chem*, **81**: 3760-3768.  
 佐藤守俊. (2009)「2008 年ノーベル化学賞の受賞研究について」|化学と教育 . **57**: 136-137.  
 Isozaki Y. (2009) Integrated plume winter scenario for the double-phased extinction during the Paleozoic-Mesozoic transition: G-LB and P-TB events from a Panthalassan perspective. *Jour. Asian Earth Sci.* **36**: 459-480.  
 Isozaki, Y. (2009) The Illawarra Reversal: a fingerprint of the superplume triggering Pangean breakup and end-Guadalupian (Permian) extinction. *Gondwana Research*. **15**: 421-432.  
 Isozaki, Y. and Aljinovic, D. (2009) End-Guadalupian extinction of the Permian gigantic bivalve Alatoconchidae: A role of gigantism in tropical seas by cooling. *Palaeogeogr. Palaeoclim. Palaeoecol.* **284**: 11-21.  
 Jones LE, Becks L, Ellner SP, Hairston NG Jr, Yoshida T, Fussmann GF. (2009) Rapid contemporary evolution and clonal food web dynamics. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*. **364**:1579-1591.  
 Ikegami T. (2009) Rehabilitating Biology as a Natural History. *Adaptive Behavior*. **17**: 325-328.  
 Suzuki K, Ikegami T. (2009) Shapes and Self-movements in Proto-Cell Systems. *Artificial Life*. **15**(1): 59-70.  
 Hubert, J, Matsuda, E., Silvermann, E. and Ikegami, T. (2009) A Robotic Approach to Understanding Robustness. in the proceedings of the 3rd Mobiligence conference. 361-366.  
 Iijima K, Fukui N & Sakai K. L. (2009) The cortical dynamics in building syntactic structures of sentences: An MEG study in a minimal-pair paradigm. *NeuroImage*. **44**: 1387-1396.  
 Nauchi A & Sakai K. L. (2009) Greater leftward lateralization of the inferior frontal gyrus in second language learners with higher syntactic abilities. *Hum. Brain Mapp.* **30**: 3625-3635.  
 Kinno R, Muragaki Y, Hori T, Maruyama T, Kawamura M & Sakai K. L. (2009) Agrammatic comprehension caused by a glioma in the left frontal cortex. *Brain Language*. **110**: 71-80.

受賞等

福島孝治 第23回日本IBM科学賞  
 坪井貴司 文部科学大臣表彰 若手科学者賞

連絡先：cwaka@mail.ecc.u-tokyo.ac.jp (若本祐一)



複雑系生命システム研究センター

平成 22 年 3 月 31 日

発行：東京大学大学院総合文化研究科  
 複雑系生命システム研究センター  
<http://rcis.c.u-tokyo.ac.jp/index.html>  
 住所：〒153-8902  
 東京都目黒区駒場 3-8-1

デザイン・印刷  
 株式会社双文社印刷  
<http://www.sobun-printing.co.jp>

掲載の文章・画像写真などを無断で転載・複製することは法律で禁じられています。すべての著作権は著作者および使用を許可した第三者に帰属します。

© 2010 Research Center of Life Science as Complex Systems, The University of Tokyo. Printed in Japan

# 複雑系生命システム研究センター

## Research Center for Complex Systems Biology, The University of Tokyo

従来生命科学では、生命現象の解明を分子にまでさかのぼり、DNA に書き込まれた遺伝子の機能と、その発現の制御方式を枚挙していく要素還元的アプローチにより急速に発展した。しかし、その一方で、システムの持つ安定性や不可逆性、制御可能性、創発性、進化など、特定分子の機能のみに還元できないような現象をどう扱うかという問題が顕在化してきている。

これに対し、当該専攻では、約 10 年ほど前から、生命がシステムとして働いているという視点に立った、分野横断的な生命科学の大きな流れが生じつつある。「複雑系生命システム研究センター」では、駒場キャンパスに生まれたこの独創的な学問を強力に推し進めるとともに、複雑系生命科学という新しい学問分野の創出を目指している。

### センターの研究紹介

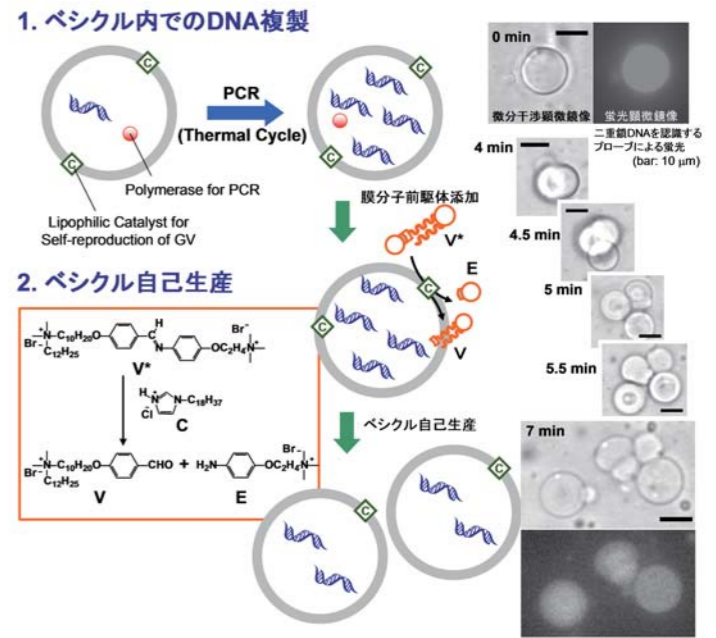
#### 人工複製系合成部門 菅原 正

##### 「人工細胞：内封 DNA の自己複製と運動するベシクル自己生産系」

本センターの人工複製系合成部門の主要テーマである人工細胞モデルの構築は、生命システムを構成的に理解する研究の中で、もっとも重要である。脂質二分子膜からなる中空の構造体であるベシクル内で酵素反応が進行することは、すでに明らかになっている。一方、我々はすでに、ジャイアントベシクルによる完成度の高い自己生産系を発表している。これらをさらに発展させた、ベシクル内部での情報分子 (DNA/RNA) の複製と、ベシクルそのものの自己生産が運動して起こるモデル系の構築は、合成生物学に化学で挑む研究者にとっての夢であった。

リン脂質とベシクル自己生産に必要な膜分子 V からなるハイブリッドな膜組成をこちら側で用意し、ベシクル内に、DNA 重合酵素、鋳型 DNA (1229 bp)、プライマー、デオキシリボヌクレオシド三リン酸、二本鎖 DNA を検出する蛍光プローブを内封した。このベシクル分散液に 2 段階からなる温度昇降プロセスを 20 回行ったところ、見事に DNA の増殖が起こった (PCR: Polymerase Chain Reaction)。そこで、PCR 後のベシクルに、膜分子 V の前駆体である V\* 溶液を添加し、その後に起こるダイナミクスについて、顕微鏡でリアルタイム観測した。すると、内水相で DNA が増幅したベシクルが、V\* 添加直後から数分の間に、一つのベシクルから複数のベシクルに分裂することを見出した。さらに、分裂した娘ベシクルの内水相も強い蛍光を放つ。このことは、分裂前の親ベシクルの内水相に含まれていた DNA が、娘ベシクルにきちんと分配されたことを示している。一方、内水相に DNA を含まないベシクルに対し同様の操作を行っても、このようなダイナミクスは観測されない。

以上の結果は、ベシクル内部で増幅した DNA の存在が、ベシクル分裂ダイナミクスの進行を速めたことを意味しており、昨年度ノーベル化学賞を受賞した Szostak らが提唱した人工細胞モデルを達成したことになる。このシステムがより深化し、ベシクルが内部の DNA の情報 (遺伝子型: ジェノタイプ) を読み、それがベシクルの形態あるいは分裂ダイナミクス (表現型: フェノタイプ) に反映されるようになれば、進化の可能性を内包した人工細胞となろう。



## センター設立の経緯

複雑系生命システム研究センターは、平成16年度学内措置により総合文化研究科に設立され、本年度で5年目を迎えた。本部署の中でも、基礎科学科は、かねてより複雑系研究の世界的研究拠点として注目されており、サンタフェ研究所の創設に参画したマレイ・ゲルマンの著書「クオークとジャガー」の中でも触れられている。約10年ほど前に、20世紀COE「複雑系としての生命システムの解析」(H11-15)が駒場で立ち上がったのを機に、実験と理論が密な連携をとりつつ、構成的アプローチにより生命システムの本質に迫り、様々な階層・スケールに貫く生命現象の基本原則の理解を目指すプロジェクト研究を早くから展開した。また、その後を受けて立ち上がった21世紀COE「融合科学創成ステーション」においても、構成的アプローチを中心とした生命システム研究の方向性を受け継ぎ、優れた成果を上げるとともに、生命科学研究の新たな潮流を生み出した。

このように、我が国で、しかも駒場キャンパスがその中核的拠点となり、成果を挙げてきた研究の方向性ではあるが、ここ数年のうちに、我々のアプローチと方向性が極めて近い国家的プロジェクトが、欧米で続々と立ち上がりつつある。黎明期から世界をリードしてきた我が国の本分野におけるイニシャチブを維持し、さらに、この新しい複雑系生命科学を発展させていくため、学内的措置により複雑系生命システム研究センターが設立された。



## センター構成・メンバー

センター長：金子邦彦 副センター長：嶋田正和・池上高志 (平成21年度)

### 複雑系理論部門 —— 金子邦彦・福島孝治

生命システムを、ミクロとマクロのダイナミックな循環を内包しているがために、発生や発達過程のように組織化ダイナミクスが可能なシステムであると定義する。このシステムでは、計算機プログラムのように、予め決められた規則が働くのではなく、むしろフレキシブルな規則が上記の2つのダイナミクスを通して形成されていく。このような考え方を通じて、生命システムの本質に迫る。

### 人工複製系合成部門 —— 菅原 正

生命の起源や原始細胞の進化を理解するために、基本的有機分子から成る自己複製的化学反应系をつくり、それらが自律的に複製を行うことができるプロト細胞モデルを構築する。その過程において見られる超分子レベルでの分化・進化のプロセスを理解することを通じて、生命における分化・進化の構成的理解へと導く。

### 発生過程解析部門 —— 道上達男・澤井哲

多数の細胞の相互作用を通じて、どのように統一のとれた多細胞個体が出来るのか、その組織化のメカニズムを明らかにする。また、人工的に全臓器を構築し、発生過程自体をつくりあげることを目指す。これらの成果をもとに、複雑系理論部門と共同して、発生における制御の限界、再生可能性などへの解答を提示する。

### 大学院総合文化研究科内の構成メンバー

佐藤 守俊 池内 昌彦 坪井 貴司 吉田 丈人 大沼 清 庄田 耕一郎 鈴木 健太郎 柴尾 晴信 石原 秀至 岡林 浩嗣

### 連携研究者 (学内)

合原 一幸 (生産研) 竹内 昌治 (生産研) 岡田 真人 (新領域)  
菅 裕明 (先端学際理工) 神崎 亮平 (先端研) 佐野 雅己 (理) 多賀 巖太郎 (教育) 池谷 裕二 (薬)

### 連携研究者 (学外)

藤谷 秀章 (富士通研) 豊田 太郎 (千葉大) Hanczyc, Martin (Univ. of Southern Denmark)

### 生体系計測部門 —— 小宮山進・若本祐一

ナノテクノロジー・マイクロファブリケーションを、各部門の基幹実験技術として提供する。さらに、生命現象の構成的理解に必須となる、単一分子・細胞の相互作用を制御しながら各要素の挙動を定量計測できる、新しい実験技術の開発を目指す。またこの技術を用い、「分子」「細胞」「細胞集団」レベルでの、情報のすり込みと「ヒステリシス (学習)」現象の理解を目指す。

### 共生・進化解析部門 —— 磯崎行雄・嶋田正和

生命システムの振る舞いの中でも、特に、共生および進化現象に見られる普遍性を、動態観察や実験結果をもとに、数理モデル、シミュレーション解析を通じて解明し、進化や共生関係が生じるに至る進化過程を統合的に研究する。

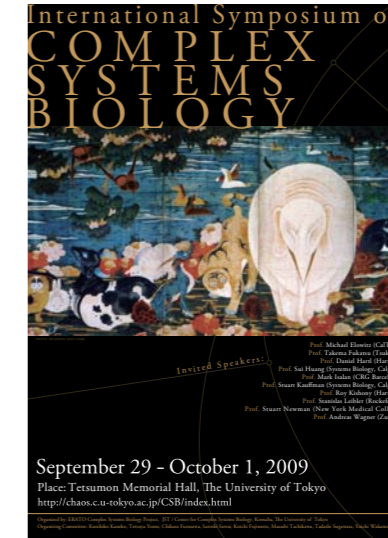
### 脳情報システム部門 —— 池上高志・酒井邦嘉

言語機能に関連する人間の脳内の活動についての脳計測による観測や、生命と意識の連続性を、自律的運動と能動的知覚に求める研究から、その統合的フレームワークを構築し、生命科学から言語科学にわたる新領域を確立する。

## 事業活動

### 1 International Symposium on Complex Systems Biology

(2009年9月29日～10月1日、東京大学鉄門記念講堂(本郷)、科学技術振興機構 ERATO 複雑系生命プロジェクトとの共催)



今年度は、研究成果報告、国際交流を目的として、国際シンポジウム“International Symposium on Complex Systems Biology”を開催した。

このシンポジウムでは、海外よりスチュアート・カウフマン氏(カルガリー大学)、ダニエル・ハートル氏(ハーバード大)ら、多数の著名な研究者を招き、研究成果報告や活発な議論を行った。また、国内外から200名を超える参加者があり、複雑系生命システム研究の関心の高まりを感じるとともに、駒場を中心とする複雑系生命システム研究の情報発信という意味でも、実りあるシンポジウムであった。



## 国際連携

これまでに、サンタフェ研究所(米)やルール大学ポッフム(独)、ISTC(認知科学技術研究所、伊)との提携が行われるなど国際連携の体制が整いつつある。

### I. 共同研究

#### a) 池上高志 「動く油滴に関する研究」

連携先：南デンマーク大学(デンマーク)

内容：無水オレイン酸を高アルカリ水溶液に入れた際に出現する、自己運動する油滴を研究している。09年度は、油滴のサイズ変化に伴う運動モードの変化を研究。全体の目的は化学的知覚能力の進化。

#### b) 磯崎行雄 「古生代末大量絶滅に関する研究」

連携先：ザグレブ大学(クロアチア)

内容：欧州の研究者との連携により、ベレビット山地での共同研究を行っている。

#### c) 吉田丈人 「迅速な進化と個体群動態との関係に関する研究」

連携先：コーネル大学(アメリカ)、マギル大学(カナダ)

内容：迅速な進化が個体数変化パターンに与える影響について、数理モデルと実証実験の両面からの研究アプローチについて実績のある研究者と研究交流と共同研究を行っている。