

令和 5 年 5 月 17 日現在

機関番号：15401

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2022

課題番号：19K20382

研究課題名（和文）細胞に学ぶ環境の違いを感知する応答ネットワークの網羅的解析

研究課題名（英文）Comprehensive analysis of network systems learned from cells that sense environmental differences

研究代表者

藤井 雅史（Fujii, Masashi）

広島大学・統合生命科学研究科（理）・助教

研究者番号：30725750

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究課題では、様々な生化学反応ネットワークの情報伝達特性の解明と、ネットワークの組み合わせによる刺激情報の判別機構の解明を目指し、数値シミュレーションと情報論的解析に基づいて研究を行なった。シンプルなネットワークによる情報伝達特性を調べ、ついで、複雑なネットワークを持つ系における情報伝達に着目した。さらに、要素間での自発的な相互作用により駆動されるネットワーク再構築について研究を行なった。これらの一連の研究を通して、生命における情報伝達やネットワーク構造の自発的な形成過程を追うことができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究課題は、細胞内でおこる化学反応を「情報伝達」という切り口で研究を行なったものである。すなわち、細胞が自分の周りの環境をどのくらい認識できるのか、を明らかにするものである。細胞が外部環境を認識する能力を知ること、現在の細胞の成り立ち・形・機能の意義や、これまでの変遷を辿ることができる。このような情報伝達を切り口に、「生物の機能と意義」に関する知見を積み重ねることで、より良い医療や情報通信技術を細胞から学ぶことができると考える。

研究成果の概要（英文）：In this research project, we aimed to elucidate the information transfer characteristics of various biochemical reaction networks and to elucidate the mechanism of stimulus information discrimination by combining networks, based on numerical simulations and informatics analysis. We first investigated the information transfer characteristics of simple networks, and then focused on information transfer in systems with complex networks. Furthermore, we studied network reconstruction driven by spontaneous interactions among elements. Through these studies, we were able to follow the spontaneous formation process of information transfer and network structure in the biological systems.

研究分野：理論生物学

キーワード：生命システムの情報伝達 シミュレーション ネットワーク 進化 自発的秩序形成

1. 研究開始当初の背景

細胞は外部環境の変化(刺激)を感じ、その情報を細胞内部の多種多様な分子同士の相互作用である生化学反応の連鎖(生化学反応ネットワーク)によって伝達し、外部環境に適した応答をしている。刺激という入力に対して細胞応答という出力するという通信システムが正しく機能することで、外部環境に対する細胞の生存・増殖・分化・細胞死という生命システムが機能していることになる。このような情報伝達を担う分子は数多く存在するが、多くの分子が複数の刺激に対して応答する。例えば、ラット副腎褐色細胞 PC12

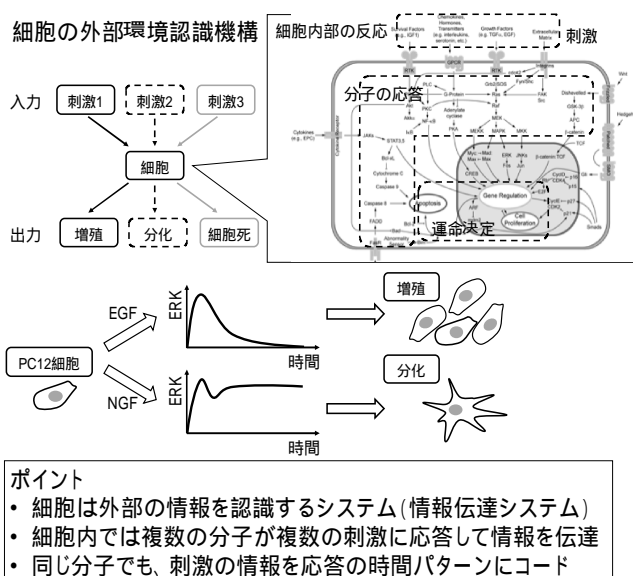


図 1：細胞の外部環境認識と運命決定

細胞における MAPK 伝達系の ERK は、増殖因子 EGF や神経成長因子 NGF のどちらにも応答する。このとき ERK は、EGF に対しては一過的な応答パターンを、NGF に対しては持続的な応答パターンを示す(図 1)。すなわち、刺激の情報は分子応答の時間パターンにコードされていると言える。特に、ERK など多くの刺激情報が伝わる分子は情報伝達におけるハブ分子と捉えることができる。一方、細胞の体積は試験管などの環境に比べると非常に小さく、細胞内部での生化学反応では分子少数性によってゆらぎが生じる。そのため、分子応答の時間パターンも決定論的ではなく、ノイズが生じることになる。つまり、分子応答の時間パターンがコードされる過程で、ノイズによって時間パターンが変化して誤まった刺激情報が伝達される可能性がある。従って、

- ・ 細胞はどのくらいの刺激情報を分子応答の時間パターンから判別することができるのか？
 - ・ 「生化学反応ネットワーク」と「刺激情報の判別」の関係性はどのようなものか？
- という問いが生じる。

2. 研究の目的

本研究の目的を様々な生化学反応ネットワークの情報伝達特性の解明と、ネットワークの組み合わせによる刺激情報の判別機構の解明とする。

これまでに宇田ら [1] や Cheong ら [2] によって、刺激強度の情報はたかだか 1 bit 程度(すなわち刺激があるかないか)であることが報告されているが、分子応答の時間パターンから細胞が判別できる刺激の種類に言及した研究はない。すなわち、細胞の外部環境を認識して運命を決定するという離散的な出力である点において、「刺激強度の判別」よりむしろ「刺激の種類判別」に重点を置くことが本研究の独創的であると考える。また、ネットワークと外部環境認識を紐づけるという点は、様々なネットワークを外部環境を認識する際の情報伝達の特徴から理解することである。さらに後述する情報伝達を目的関数とした進化的アルゴリズムによる最適なネットワークの探索によって、生命システムに数多存在する生化学反応ネットワークの成り立ちを情報伝達という観点から明らかにすることができる。

3. 研究の方法

本研究では、上述の目的達成のためのマイルストーンを以下のように設定した。

- ・ シンプルなネットワークの情報伝達特性の解明
- ・ 要素間相互作用による自発的ネットワーク形成とその特徴の分類

4. 研究成果

まず、シンプルなネットワーク構造を持つシステムの情報伝達について研究した。

神経細胞スパインにおける NMDA 受容体を介した情報伝達過程では、システムノイズを大きくすることによって、入力ゆらぎによる情報の損失を抑え、その後近傍のスパインからの情報を統合することで頑健な情報伝達を可能にすることを見出した (Tottori et al. *Biophys. J.* (2019))。そこでこのような頑健な情報伝達の普遍的性質を確かめるため、単純なフィードフォワードシステムのネットワーク構造である、入力の情報がアナログ通信のように単純にノイズが付加される場合と、神経細胞での応答のように 01 に離散化される場合のシステムでの情報伝達について考察し、ノイズ付加による情報伝達の特性を調べた。その結果、システムノイズを極力小さくした 1 個のシステムに比べて、システムノイズが大きいもののサブシステムを多く含むシステムの方が、入力ノイズの増加に対する情報伝達の頑健性が高いことを数理構造の面から明らかにし、一定の条件下においては、これまでの先行研究で見出してきた情報伝達の頑健性のメカニズムを解明した (Tottori et al. *Phys Rev. E* (2019))。

次に、自発的なネットワーク構造を形成するシステムの情報伝達について研究した。

各要素の状態に応じて要素間の結合が変化する多素子離散力学系について、ネットワークの動的な構造変化と階層構造の形成に着目した研究においては、各要素のダイナミクスと結合の変化規則が非常に単純にも関わらず、ペースメーカーを含む多階層構造や部分的なサブネットワークからなる構造、時間的にペースメーカーが切り替わる構造など、多様なネットワーク構造を示すことを明らかにした (Ohara et al. *J. Phys. Soc. Jpn* (2020))。さらに、空間的な局所相互作用を取り入れると、パラメータ値に基づき、ペア駆動型ネットワーク、ループ駆動型ネットワーク、隠れトリオ駆動型ネットワーク、隠れコミュニティ駆動型ネットワークといった新たに 4 種類の方向性のある階層的ネットワークが自発的に形成されることが観測された (Nakanishi et al. *J. Phys. Soc. Jpn* (2022))。

以上のように、本研究課題では、シンプルなネットワークによる情報伝達特性を調べ、ついで、複雑なネットワークを持つ系における情報伝達に着目した。さらに、要素間での自発的な相互作用により駆動されるネットワーク再構築について研究を行なった。これらの一連の研究を通して、生命における情報伝達やネットワーク構造の自発的な形成過程を追うことができた。

また本研究で得られた情報論的解釈に着想を得て、生体内における生化学反応ネットワークの解析にも着手し、外部刺激に対する生体内分子の動的かつ網羅的な応答データから、実効的なネットワークや疾患特異的なネットワークなどにおける応答性の分類についても明らかにするなど、成果が多分野に波及している (Wada, et al. *Cell Rep.* (2020), Kokaji, *Sci. Signal.* (2020), Hoshino et al. *iScience* (2020), Kokaji et al. *Sci. Signal.* (2020), Egami et al. *iScience* (2020), Fujita et al. *npj Syst. Biol. Appl.* (2022))。また、これらの研究成果がベースとなり、他の数値計算手法のブラッシュアップにもつながっている (Fujii et al. *npj Syst. Biol. Appl.* (2019), Kaneshige et al. *PLoS One* (2020), Watanabe et al. *Genes to Cells* (2022), Nakahata et al. *Biophys. PhysicoBiol.* (2022), 藤井、日本物理学会 2019 年秋季大会他など)。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計15件（うち査読付論文 15件／うち国際共著 1件／うちオープンアクセス 10件）

1. 著者名 Fujita Suguru, Karasawa Yasuaki, Fujii Masashi, Hironaka Ken-ichi, Uda Shinsuke, Kubota Hiroyuki, Inoue Hiroshi, Sumitomo Yohei, Hirayama Akiyoshi, Soga Tomoyoshi, Kuroda Shinya	4. 巻 8
2. 論文標題 Four features of temporal patterns characterize similarity among individuals and molecules by glucose ingestion in humans	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 npj Systems Biology and Applications	6. 最初と最後の頁 1-16
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1038/s41540-022-00213-0	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Nakanishi Taito, Fujii Masashi, Awazu Akinori	4. 巻 91
2. 論文標題 Self-Organization of Diverse Directional Hierarchical Networks in Simple Coupled Maps with Connection Changes	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 023801.1-4
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.7566/JPSJ.91.023801	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Watanabe Kaichi, Yasui Yuhei, Kurose Yuta, Fujii Masashi, Yamamoto Takashi, Sakamoto Naoaki, Awazu Akinori	4. 巻 -
2. 論文標題 Partial exogastrulation due to apical-basal polarity of F-actin distribution disruption in sea urchin embryo by omeprazole	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Genes to Cells	6. 最初と最後の頁 1-17
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1111/gtc.12934	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 D. Aoki, A. Awazu, M. Fujii, J. Uewaki, M. Hashimoto, N. Tochio, T. Umehara, S. Tate	4. 巻 432
2. 論文標題 Ultrasensitive Change in Nucleosome Binding by Multiple Phosphorylations to the Intrinsically Disordered Region of the Histone Chaperone FACT	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Molecular Biology	6. 最初と最後の頁 4637 ~ 4657
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.jmb.2020.06.011	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 N. Matsuda, K. Hironaka, M. Fujii, T. Wada, K. Kunida, H. Inoue, M. Eto, D. Hoshino, Y. Furuichi, Y. Manabe, N. L. Fujii, H. Noji, H. Imamura, S. Kuroda	4. 巻 8
2. 論文標題 Monitoring and mathematical modeling of mitochondrial ATP in myotubes at single-cell level reveals two distinct population with different kinetics	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Quantitative Biology	6. 最初と最後の頁 228 ~ 237
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s40484-020-0211-8	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 T. Wada, K. Hironaka, M. Wataya, M. Fujii, M. Eto, S. Uda, D. Hoshino, K. Kunida, H. Inoue, H. Kubota, T. Takizawa, Y. Karasawa, H. Nakatomi, N. Saito, H. Hamaguchi, Y. Furuichi, Y. Manabe, N. L. Fujii, S. Kuroda	4. 巻 32
2. 論文標題 Single-Cell Information Analysis Reveals That Skeletal Muscles Incorporate Cell-to-Cell Variability as Information Not Noise	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Cell Reports	6. 最初と最後の頁 108051 ~ 108051
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.celrep.2020.108051	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 D. Hoshino, K. Kawata, K. Kunida, A. Hatano, K. Yugi, T. Wada, M. Fujii, T. Sano, Y. Furuichi, Y. Manabe, Y. Suzuki, N. L. Fujii, T. Soga, S. Kuroda	4. 巻 23
2. 論文標題 Trans-omic Analysis Reveals ROS-Dependent Pentose Phosphate Pathway Activation after High-Frequency Electrical Stimulation in C2C12 Myotubes	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 iScience	6. 最初と最後の頁 101558 ~ 101558
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.isci.2020.101558	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 A. Ohara, M. Fujii, A. Awazu	4. 巻 89
2. 論文標題 Spontaneous Organizations of Diverse Network Structures in Coupled Logistic Maps with a Delayed Connection Change	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 114801 ~ 114801
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.89.114801	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 T. Kokaji, A. Hatano, Y. Ito, K. Yugi, M. Eto, S. Ohno, M. Fujii, K. Hironaka, R. Egami, H. Inoue, S. Uda, H. Kubota, Y. Suzuki, K. Ikeda, M. Arita, M. Matsumoto, K. I. Nakayama, A. Hirayama, T. Soga, S. Kuroda	4. 巻 13
2. 論文標題 Transomics analysis reveals allosteric and gene regulation axes for altered hepatic glucose-responsive metabolism in obesity	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Science Signaling	6. 最初と最後の頁 eaaz1236
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/scisignal.aaz1236	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 R. Egami, T. Kokaji, A. Hatano, K. Yugi, M. Eto, K. Morita, S. Ohno, M. Fujii, K. Hironaka, S. Uematsu, A. Terakawa, Y. Bai, Y. Pan, T. Tsuchiya, H. Ozaki, H. Inoue, S. Uda, H. Kubota, Y. Suzuki, M. Matsumoto, K.I. Nakayama, A. Hirayama, T. Soga, S. Kuroda	4. 巻 24
2. 論文標題 Trans-omic analysis reveals obesity-associated dysregulation of inter-organ metabolic cycles between the liver and skeletal muscle	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 iScience	6. 最初と最後の頁 102217 ~ 102217
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.isci.2021.102217	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 L. A. Broadfield, J. A. G. Duarte, R. Schmieder, D. Broekaert, K. Veys, M. Planque, K. Vriens, Y. Karasawa, F. Napolitano, S. Fujita, M. Fujii, M. Eto, B. Holvoet, R. Vangoitsenhoven, J. Fernandez-Garcia, J. van Elsen, J. Dehairs, J. Zeng, J. Dooley, R. Alba Rubio, J. van Pelt et al.	4. 巻 81
2. 論文標題 Fat Induces Glucose Metabolism in Nontransformed Liver Cells and Promotes Liver Tumorigenesis	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Cancer Research	6. 最初と最後の頁 1988 ~ 2001
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1158/0008-5472.CAN-20-1954	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Tottori Takehiro, Fujii Masashi, Kuroda Shinya	4. 巻 100
2. 論文標題 Robustness against additional noise in cellular information transmission	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review E	6. 最初と最後の頁 42403
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevE.100.042403	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Fujii Masashi, Murakami Yohei, Karasawa Yasuaki, Sumitomo Yohei, Fujita Suguru, Koyama Masanori, Uda Shinsuke, Kubota Hiroyuki, Inoue Hiroshi, Konishi Katsumi, Oba Shigeyuki, Ishii Shin, Kuroda Shinya	4. 巻 5
2. 論文標題 Logical design of oral glucose ingestion pattern minimizing blood glucose in humans	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 npj Systems Biology and Applications	6. 最初と最後の頁 31
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41540-019-0108-1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Tottori Takehiro, Fujii Masashi, Kuroda Shinya	4. 巻 116
2. 論文標題 NMDAR-Mediated Ca ²⁺ Increase Shows Robust Information Transfer in Dendritic Spines	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Biophysical Journal	6. 最初と最後の頁 1748 ~ 1758
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.bpj.2019.03.030	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kaneshige Yukito, Hayashi Fumio, Morigaki Kenichi, Tanimoto Yasushi, Yamashita Hayato, Fujii Masashi, Awazu Akinori	4. 巻 15
2. 論文標題 Affinity of rhodopsin to raft enables the aligned oligomer formation from dimers: Coarse-grained molecular dynamics simulation of disk membranes	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 PLOS ONE	6. 最初と最後の頁 e0226123
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pone.0226123	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計36件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件)

1. 発表者名 若尾真吾, 藤井雅史, 粟津暁紀
2. 発表標題 Simulations of structural dynamics of nuclear speckle
3. 学会等名 日本生物物理学会 2021年年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中西大斗, 藤井雅史, 栗津暁紀
2. 発表標題 Spontaneous Network Organizations of Dynamic-Plastic Network System with Spatial Local Interactions
3. 学会等名 日本生物物理学会 2021年年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中畑伸児郎, 藤井雅史, 栗津暁紀
2. 発表標題 Mathematical model of chromosome dynamics of budding yeast in response to double strand break
3. 学会等名 日本生物物理学会 2021年年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 森功佑, 安井優平, 栗津暁紀, 藤井雅史
2. 発表標題 2種細胞群間の境界パターン形成の動態モデル構築と定量解析
3. 学会等名 日本生物物理学会 2021年年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小本哲史, 藤井雅史, 栗津暁紀
2. 発表標題 ES細胞のクロマチンドメイン変化による染色体動態制御のモデル
3. 学会等名 日本生物物理学会 2021年年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 若尾真吾, 藤井雅史, 栗津暁紀
2. 発表標題 核スベックルの構造形成・動態のシミュレーション
3. 学会等名 日本生物物理学会 2021年中国四国支部会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中西大斗, 藤井雅史, 栗津暁紀
2. 発表標題 空間的局所相互作用を伴う動的・可塑的ネットワーク系の自発的構造形成
3. 学会等名 日本生物物理学会 2021年中国四国支部会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中畑伸児郎, 藤井雅史, 栗津暁紀
2. 発表標題 出芽酵母のDNA二本鎖切断時における染色体動態の数理モデル
3. 学会等名 日本生物物理学会 2021年中国四国支部会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 森功佑, 安井優平, 栗津暁紀, 藤井雅史
2. 発表標題 異種細胞群衝突時の境界パターンに対する細胞群内相互作用の影響の考察
3. 学会等名 日本生物物理学会 2021年中国四国支部会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小本哲史, 藤井雅史, 栗津暁紀
2. 発表標題 マウスES細胞のクロマチンドメイン変化による染色体動態制御のモデル
3. 学会等名 日本生物物理学会 2021年中国四国支部会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小本哲史, 藤井雅史, 栗津暁紀
2. 発表標題 マウス胚性幹細胞の初期分化過程におけるエピゲノム構造変化はX染色体対合を促進する
3. 学会等名 染色体ワークショップ2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中畑伸児郎, 藤井雅史, 栗津暁紀
2. 発表標題 出芽酵母のDNA二本鎖切断時における染色体動態の数理モデル
3. 学会等名 染色体ワークショップ2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 若尾真吾, 藤井雅史, 栗津暁紀
2. 発表標題 核スペックルの構造形成・動態のシミュレーション
3. 学会等名 染色体ワークショップ2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 有本真理子, 藤井雅史, 栗津暁紀
2. 発表標題 植物のストレス応答を担う植物ホルモン時空間動態の数理モデル
3. 学会等名 日本生物物理学会2020年年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 金重先人, 藤井雅史, 林文夫, 森垣憲一, 山下隼人, 栗津暁紀
2. 発表標題 基準振動解析を用いたロドプシンの動態予測と機能の連関
3. 学会等名 日本生物物理学会2020年年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小田竜平, 栗津暁紀, 藤井雅史
2. 発表標題 ArsInsC 及びDNA 反復配列の物理的特性・機能性解析
3. 学会等名 日本生物物理学会2020年年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小原有水佳, 藤井雅史, 坂本尚昭, 栗津暁紀
2. 発表標題 脳神経系の可塑的結合力学モデルにおける自己組織的ネットワーク
3. 学会等名 日本生物物理学会2020年年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小本哲史, 藤井雅史, 栗津暁紀
2. 発表標題 ES細胞分化初期における染色体動態
3. 学会等名 日本生物物理学会2020年年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中畑伸児郎, 藤井雅史, 栗津暁紀
2. 発表標題 出芽酵母のDNA二本鎖切断時における染色体動態の数理モデル
3. 学会等名 日本物理学会2020年秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小田竜平, 藤井雅史, 坂本尚昭, 栗津暁紀
2. 発表標題 ArsInsC 及びDNA 反復配列の物理的特性・機能性解析
3. 学会等名 日本物理学会2020年秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小原有水佳, 藤井雅史, 栗津暁紀
2. 発表標題 動的・可塑的結合logistic写像系におけるネットワーク構造の自己組織化
3. 学会等名 日本物理学会2020年秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小本哲史, 藤井雅史, 栗津暁紀
2. 発表標題 マウスES細胞のドメイン変化による染色体動態制御のモデル
3. 学会等名 第38回染色体ワークショップ
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中畑伸児郎, 藤井雅史, 栗津暁紀
2. 発表標題 出芽酵母DNA二本鎖切断時における染色体動態数理モデル
3. 学会等名 第38回染色体ワークショップ
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 S. Fujita, Y. Karasawa, M. Fujii, K. Hironaka, S. Uda, K. Ohashi, Y. Sumitomo, A. Hirayama, T. Soga, S. Kuroda
2. 発表標題 "Time-series analysis of the concentration changes of human blood metabolites and hormones after oral glucose ingestion"
3. 学会等名 The 20th International Conference on Systems Biology (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤井雅史
2. 発表標題 血糖値制御モデルを用いた血糖値が上がりにくい糖摂取パターンの考察
3. 学会等名 日本生物物理学会 2019年中国四国支部会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小原有水佳、藤井雅史、西森拓、栗津暁紀
2. 発表標題 動的・可塑的ニューラルネットワークモデルにおける自発的構造形成
3. 学会等名 ネットワーク科学セミナー
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 金重先人、谷本泰士、西森拓、森垣憲一、林文夫、藤井雅史、栗津暁紀
2. 発表標題 網膜桿体細胞内円盤膜での脂質-光受容タンパク質秩序形成の数理モデル
3. 学会等名 日本生物物理学会2019年年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小原有水佳、藤井雅史、西森拓、栗津暁紀
2. 発表標題 脳神経系の動的・可塑的ネットワークモデルにおける自発的階層構造形成
3. 学会等名 日本生物物理学会2019年年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 廣瀬湧大、松島佑樹、坂本尚昭、藤井雅史、栗津暁紀
2. 発表標題 ヌクレオソーム排他的ループ非形成型インスレーター配列 (NENLIS) によるインスレーター活性のゲノムワイド解析
3. 学会等名 日本生物物理学会2019年年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 金重先人、谷本泰士、西森拓、森垣憲一、林文夫、藤井雅史、栗津暁紀
2. 発表標題 網膜桿体細胞内円盤膜上での脂質-光受容タンパク質秩序形成の数理モデル
3. 学会等名 日本物理学会2019年秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小原有水佳、藤井雅史、西森拓、栗津暁紀
2. 発表標題 動的・可塑的ネットワークモデルにおける自発的階層構造形成
3. 学会等名 日本物理学会2019年秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 金重先人、谷本泰士、西森拓、森垣憲一、林文夫、藤井雅史、栗津暁紀
2. 発表標題 網膜桿体細胞内円盤膜上での脂質-光受容タンパク質秩序形成の数理モデル
3. 学会等名 研究会「理論と実験」2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小原有水佳、藤井雅史、西森拓、栗津暁紀
2. 発表標題 動的・可塑的ニューラルネットワークモデルにおける自発的構造形成
3. 学会等名 定量生物学の会 北海道キャラバン2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 廣瀬湧大、松島佑樹、藤井雅史、粟津暁紀
2. 発表標題 ヌクレオソーム排他的ループ非形成型インスレーター配列 (NENLIS) によるインスレーター活性のゲノムワイド解析
3. 学会等名 定量生物学の会 北海道キャラバン2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小原有水佳、藤井雅史、西森拓、粟津暁紀
2. 発表標題 グローバルフィードバックを受ける動的・可塑的ネットワークモデルの構造形成
3. 学会等名 日本物理学会2020年年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 藤田卓、唐沢康暉、藤井雅史、宇田新介、大橋郁、住友洋平、平山明由、曾我朋義、黒田真也
2. 発表標題 糖摂取後の包括的なヒト血中分子濃度変化の個人差および分子間の応答パターンの類似性
3. 学会等名 第59回 生命科学夏の学校
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>研究代表者の個人ホームページ https://home.hiroshima-u.ac.jp/~mafujii/publications/ 所属研究機関の研究者総覧 http://seeds.office.hiroshima-u.ac.jp/profile/ja.97d67139c50ee1b6520e17560c007669.html</p>

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	鳥取 岳広 (Tottori Takehiro)		
研究協力者	黒田 真也 (Kuroda Shinya)		
研究協力者	粟津 暁紀 (Awazu Akinori)		
研究協力者	藤田 卓 (Fujita Suguru)		
研究協力者	和田 卓巳 (Wada Takumi)		
研究協力者	小原 有水佳 (Ohara Amika)		
研究協力者	中西 大斗 (Nakanishi Taito)		

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------