

令和 3 年 6 月 1 日現在

機関番号：34315

研究種目：新学術領域研究（研究領域提案型）

研究期間：2015～2019

課題番号：15H05877

研究課題名（和文）脳領域間の機能的ネットワークの推定

研究課題名（英文）Inference of functional networks between brain regions

研究代表者

北野 勝則（Kitano, Katsunori）

立命館大学・情報理工学部・教授

研究者番号：90368001

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 63,200,000円

研究成果の概要（和文）：脳領域間の機能的ネットワークは、全脳レベルにおける神経情報の伝達過程や神経疾患を特徴づける可視化する解析として注目を集めつつあり、機能的ネットワークの導出する有効な方法について研究を行った。感覚刺激一脳活動や経頭蓋磁気刺激など脳活動の因果性に対して検証可能なデータを活用し、代表的な解析手法をそれらに適用することで検証を行った結果、移動エントロピーなどの情報理論的手法の有効性を確認することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

脳領域間の機能的ネットワーク解析は、脳領域間の情報の流れを同定し、脳における情報処理機能の仕組みを理解するための研究手法の一つである。また、いわゆるバイオマーカーと呼ばれる疾患に関係する物質の検出による診断が困難とされる神経疾患に対し、この解析手法は、正常時と疾患時の脳活動の違いを可視化できると示唆されており、こうした疾患の診断方法の確立に寄与すると考えられる。したがって、この手法を確立することは、これらの課題に貢献するものと期待される。

研究成果の概要（英文）：Functional network analysis between brain regions is attracting attention as the method to clarify the process of neural information transmission and to characterize neurological disorders. We have studied effective methods to derive functional connections and networks. Utilizing the neural activity data that enables us to verify causality of neural activity between brain regions such as the activity during sensory stimulation or transcranial magnetic stimulation, we applied several representative methods to the data. As a result, we confirmed the effectiveness of information-theoretic methods such as transfer entropy.

研究分野：理論神経科学

キーワード：脳波 機能的ネットワーク

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

脳波 (EEG) や機能的磁気共鳴画像 (fMRI) などの非侵襲神経活動計測技術による、ヒトの全脳レベルでの高次脳機能を始めとする脳機能と神経活動の関係についての研究は、従来行われてきた特定の機能と脳領域の関係を問う脳機能局在性についての研究から、特定機能時における脳領域間の活動相関・情報伝達についての研究へとシフトしつつある (Friston, 2011)。脳領域間の活動相関・情報伝達は、脳領域間あるいは記録電極間の活動相関の強さで定義される機能的結合で構成されるグラフ構造により特徴付けられる。このグラフによる時空間神経活動の可視化方法は、機能的ネットワーク (functional connectivity) と呼ばれ、課題遂行時における大域的な神経活動動態を表す方法として注目を集めている (Horwitz, 2003)。また、課題を行わない安静状態 (resting state) の機能的ネットワークは (Cabral et al., 2014)、病態脳と正常脳とで異なる構造を持つことが示唆され、脳疾患を特徴付ける解析方法として、脳疾患の診断への応用も期待されている (Pievani et al., 2011)。

### 2. 研究の目的

機能的結合、とりわけ脳領域間の情報伝達の因果関係を表す effective connection の導出方法について、様々な手法が提案されているが、信号源である神経活動の生成機構の扱いに関して大きく2つ、信号生成の機構を考慮しないモデルフリー手法と、その機構の動力学をモデル化するモデルベース手法、に分けられる。前者は、信号生成機構に対する仮定をおかず、データの統計的相関などの強度を機能的結合とみなすもので、後者は、信号生成機構を表すモデルがデータを再現するようにモデルパラメータを定め、機能的結合に関連したパラメータを機能的結合とするものである。本研究では、モデルフリー、モデルベースそれぞれのもつ利点を生かして相補的に用いることで、effective connection を導出するための適した手法の開発とその手法の妥当性の検証、さらには、その手法を用いた脳機能時の脳領域間情報伝達を明らかにすることを目的とする。

### 3. 研究の方法

脳波を用いた機能的結合解析を行うにあたり、安静状態であれ、課題遂行中の認知機能時であれ、通常の実験設計で得られた脳波データに対して解析手法を適用しても、得られたある脳領域から別の脳領域への機能的結合が真に情報伝達、もしくは脳活動の因果性を表すかを検証することができない。これを検証するには、外部から制御可能な入力を印加し、その効果の有無を検証することができる実験設計を用いる必要がある。従って、次のような実験設計を行った。

#### (1) 感覚刺激と脳活動の因果関係の解析

異なる脳領域の脳活動の間の因果性を同定するのは、一般的には難しいが、感覚刺激と脳活動の間には明らかな因果関係が分かっている。この実験設計で得られたデータに対する解析結果は、その手法の妥当性を検証可能である。ここでは脳波が持つリズム特性に着目し、脳波信号源を非線形振動子と仮定し、脳波活動を結合振動子ネットワークのダイナミクスでモデル化するモデルベース手法に関して、手法の妥当性の検証を行う。

#### (2) 経頭蓋磁気刺激 (Transcranial Magnetic Stimulation; TMS) 時脳波データの解析

TMS は脳の限定された部位に摂動を与えることが可能であり、刺激部位と他の部位と間の情報伝達が刺激の有無で変化するかどうかを調べることで、因果性を検証することを可能とする。この実験設計により得られた脳波データに対し、代表的なモデルフリー手法を適用することで、TMS 刺激による変化を検出可能かについて調査し、手法の妥当性を検証する。

### 4. 研究成果

#### (1) 感覚刺激と脳活動の因果関係の解析<sup>1)</sup>

聴覚刺激を与えることにより生じる聴覚野の脳活動に対して脳波計測を行い、刺激に応答した脳波ダイナミクスの解析を行った。一般に、脳波ダイナミクスは、結合非線形振動子のダイナミクスで数的に表すことができ、ある仮定のもとでは、結合位相振動子ダイナミクスとしてモデル化できる。通常、位相振動子モデルを扱う場合、振動数は同一として扱うが、整数比の振動数に対する位相ダイナミクスを扱えるように拡張した。聴覚刺激を言語音声として与え、音声のリズム特性のうち位相の時間変化に着目することで位相振動子としてモデル化し、音声と脳波の相互作用ダイナミクスをモデル化した。このモデルに含まれる、振動子間の作用を表す結合などモデルパラメータを計測データに整合するように求めることで、モデルを導出した。その結果、音声から脳波への作用を表す結合は存在する一方で、逆の結合は存在しないモデルが得られ、解析に用いたモデルが刺激から脳活動への因果性を正しく検出できることがわかった。

#### (2) TMS 時脳波データの解析<sup>2)</sup>

脳波データに対する計測電極点間の effective connection を調べる研究では、いくつかの代表的な解析手法が用いられているが、導出した結合が真の結合を表すかは必ずしも自明ではない。それらの手法は、TMS を与えた場合とそうでない場合を比較し、TMS により誘発された情報伝達を検出可能かを検証することによって、その妥当性を確認することができる。Effective connection の研究で代表的な手法である Granger 因果性のベースとなるベクトル自己回帰モデルと、近年脳活動データに限らず様々な時系列データへの適用が試みられている情報理論的手法である移動エントロピーに対し、その脳波データ解析に関する有効性を検証した。図 1 に示されるように、導出した effective connection の上位 25% を図示した場合、TMS 印加部位 (図中黒丸) を起点とする connection が検出されるのは、移動エントロピーによるものであり、ベクトル自己回帰モデルを用いた場合は、ほぼ検出されていない。

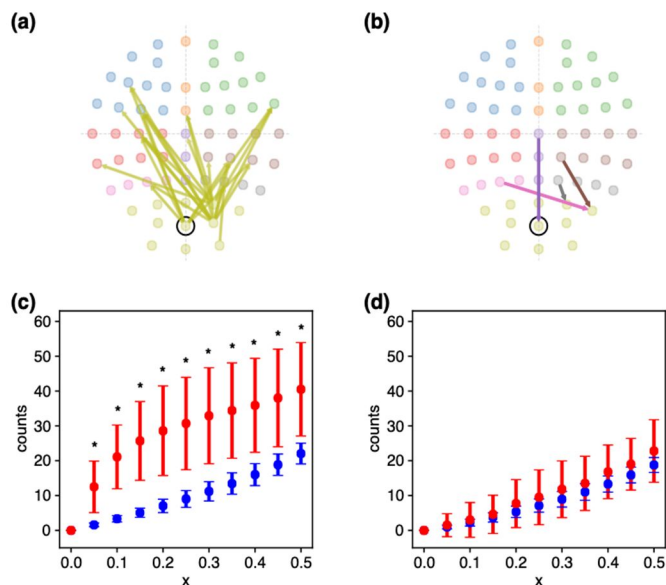


図 1: 移動エントロピーとベクトル自己回帰モデルによる情報伝達の検出。(a), (b) TMS 印加部位(黒丸)を起点とする情報伝達の検出。(a) 移動エントロピー、(b) ベクトル自己回帰モデル。(c), (d) 上位 100x%に占める TMS 印加部位を起点とする effective connection の検出数。(c) 移動エントロピー、(d) ベクトル自己回帰モデル。\*は有意水準 0.1%。

#### <引用文献>

- 1) Onojima Takayuki, Goto Takahiro, Mizuhara Hiroaki, Aoyagi Toshio. (2018) A dynamical systems approach for estimating phase interactions between rhythms of different frequencies from experimental data. PLOS Computational Biology 14: e1005928
- 2) Ye Song, Kitajo Keiichi & Kitano Katsunori. (2020) Information-theoretic approach to detect directional information flow in EEG signals induced by TMS. Neuroscience Research 156:197-205.

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計24件（うち査読付論文 23件 / うち国際共著 2件 / うちオープンアクセス 13件）

1. 著者名 Ye Song, Kitajo Keiichi, Kitano Katsunori	4. 巻 156
2. 論文標題 Information-theoretic approach to detect directional information flow in EEG signals induced by TMS	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Neuroscience Research	6. 最初と最後の頁 197 ~ 205
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.neures.2019.09.003	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 Okazaki Yuka O., Mizuno Yuji, Kitajo Keiichi	4. 巻 10
2. 論文標題 Probing dynamical cortical gating of attention with concurrent TMS-EEG	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 4959
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-020-61590-2	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 Ueda Kei-Ichi, Nishiura Yasumasa, Kitajo Keiichi	4. 巻 156
2. 論文標題 Mathematical mechanism of state-dependent phase resetting properties of alpha rhythm in the human brain	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Neuroscience Research	6. 最初と最後の頁 237 ~ 244
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.neures.2020.03.007	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 Suetani Hiromichi, Kitajo Keiichi	4. 巻 156
2. 論文標題 A manifold learning approach to mapping individuality of human brain oscillations through beta-divergence	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Neuroscience Research	6. 最初と最後の頁 188 ~ 196
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.neures.2020.02.004	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 Tanaka Takuma, Nakajima Kohei, Aoyagi Toshio	4. 巻 156
2. 論文標題 Effect of recurrent infomax on the information processing capability of input-driven recurrent neural networks	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Neuroscience Research	6. 最初と最後の頁 225 ~ 233
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.neures.2020.02.001	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 Ota Kaiichiro, Aihara Ikkyu, Aoyagi Toshio	4. 巻 7
2. 論文標題 Interaction mechanisms quantified from dynamical features of frog choruses	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Royal Society Open Science	6. 最初と最後の頁 191693 ~ 191693
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1098/rsos.191693	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 Kobayashi Ryota, Kurita Shuhei, Kurth Anno, Kitano Katsunori, Mizuseki Kenji, Diesmann Markus, Richmond Barry J., Shinomoto Shigeru	4. 巻 10
2. 論文標題 Reconstructing neuronal circuitry from parallel spike trains	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 4468
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-019-12225-2	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 Glim Sarah, Okazaki Yuka O., Nakagawa Yumi, Mizuno Yuji, Hanakawa Takashi, Kitajo Keiichi	4. 巻 2019
2. 論文標題 Phase-Amplitude Coupling of Neural Oscillations Can Be Effectively Probed with Concurrent TMS-EEG	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Neural Plasticity	6. 最初と最後の頁 1 ~ 13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1155/2019/6263907	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 Ueda Kei-Ichi, Kitajo Keiichi, Yamaguchi Yoko, Nishiura Yasumasa	4. 巻 99
2. 論文標題 Neural network model for path-finding problems with the self-recovery property	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review E	6. 最初と最後の頁 32207
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevE.99.032207	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 Takeuchi Haruki, Horie Sho, Moritoh Satoru, Matsushima Hiroki, Hori Tesshu, Kimori Yoshitaka, Kitano Katsunori, Tsubo Yasuhiro, Tachibana Masao, Koike Chieko	4. 巻 2018
2. 論文標題 Different Activity Patterns in Retinal Ganglion Cells of TRPM1 and mGluR6 Knockout Mice	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 BioMed Research International	6. 最初と最後の頁 1~6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1155/2018/2963232	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 伊藤 浩之, 青柳 富誌生	4. 巻 33(4)
2. 論文標題 非線形物理学から見たニューラルネットワークの学習 (特集 物理学とAI)	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 人工知能 : 人工知能学会誌	6. 最初と最後の頁 403-411
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Suzuki Kento, Aoyagi Toshio, Kitano Katsunori	4. 巻 11
2. 論文標題 Bayesian Estimation of Phase Dynamics Based on Partially Sampled Spikes Generated by Realistic Model Neurons	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Frontiers in Computational Neuroscience	6. 最初と最後の頁 116
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fncom.2017.00116	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 Onojima Takayuki, Goto Takahiro, Mizuhara Hiroaki, Aoyagi Toshio	4. 巻 14
2. 論文標題 A dynamical systems approach for estimating phase interactions between rhythms of different frequencies from experimental data	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 PLOS Computational Biology	6. 最初と最後の頁 e1005928
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pcbi.1005928	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 Onojima Takayuki, Kitajo Keiichi, Mizuhara Hiroaki	4. 巻 12
2. 論文標題 Ongoing slow oscillatory phase modulates speech intelligibility in cooperation with motor cortical activity	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 PLOS One	6. 最初と最後の頁 e0183146
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pone.0183146	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 Ryota Kobayashi and Katsunori Kitano	4. 巻 40
2. 論文標題 Impact of slow K+ currents on spike generation can be described by an adaptive threshold model	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Journal of Computational Neuroscience	6. 最初と最後の頁 247-362
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10827-016-0601-0	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 Tetsuro Funato, Yuki Yamamoto, Shinya Aoi, Takashi Imai, Toshio Aoyagi, Nozomi Tomita and Kazuo Tsuchiya	4. 巻 12
2. 論文標題 Evaluation of the Phase-Dependent Rhythm Control of Human Walking Using Phase Response Curves	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 PLOS Computational Biology	6. 最初と最後の頁 e1004950
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pcbi.1004950	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 Yu Terada and Toshio Aoyagi	4. 巻 94
2. 論文標題 Dynamics of two populations of phase oscillators with different frequency distributions	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Physical Review E	6. 最初と最後の頁 12213
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevE.94.012213	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 Yu Terada, Keigo Ito, Toshio Aoyagi and Yoshiyuki Y. Yamaguchi	4. 巻 13403
2. 論文標題 Nonstandard transitions in the Kuramoto model: a role of asymmetry in natural frequency distributions	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment: Theory and Experiment	6. 最初と最後の頁 13403
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1742-5468/aa53f6	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 Takashi Imai, Kaiichiro Ota and Toshio Aoyagi	4. 巻 86
2. 論文標題 Robust Measurements of Phase Response Curves Realized via Multicycle Weighted Spike-Triggered Averages	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 24009
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.86.024009	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 Daiki Futagi and Katsunori Kitano	4. 巻 39
2. 論文標題 Ryanodine-receptor-driven intracellular calcium dynamics underlying spatial association of synaptic plasticity	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Journal of Computational Neuroscience	6. 最初と最後の頁 329-347
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10827-015-0579-z	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 Ryota Kobayashi and Katsunori Kitano	4. 巻 7
2. 論文標題 A method for estimating of synaptic connectivity from spike data of multiple neurons	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Nonlinear Theory and Its Applications	6. 最初と最後の頁 156-163
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/nolta.7.156	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 Daiki Futagi and Katsunori Kitano	4. 巻 7
2. 論文標題 The neural network with a biologically possible architecture implementing Bayesian estimation can reproduce Pieron's law	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Nonlinear Theory and Its Applications	6. 最初と最後の頁 146-155
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/nolta.7.146	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 Takashi Imai and Toshio Aoyagi	4. 巻 7
2. 論文標題 Improvement effect of measuring phase response curves by using multicycle data	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Nonlinear Theory and Its Applications	6. 最初と最後の頁 58-65
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/nolta.7.58	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 北野勝則	4. 巻 30
2. 論文標題 脳のシミュレーションを始めるために	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 人工知能	6. 最初と最後の頁 606-615
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 -

〔学会発表〕 計65件（うち招待講演 18件 / うち国際学会 19件）

1. 発表者名 Tomoyuki MIMURA, Tomoki ITO, Tenpei AKITA, Atsuo FUKUDA, Katsunori KITANO
2. 発表標題 Impaired neuronal response leads to hyperexcitable seizure-like network bursts through synaptic scaling
3. 学会等名 FENS2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Katsunori KITANO, Kanako Taniguchi
2. 発表標題 Short-term plasticity and upregulation of bipolar-ganglion synapses can resolve the neural states both in the normal and the rd1 retinas
3. 学会等名 Neuroscience2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Keiichi Kitajo
2. 発表標題 Unravelling individual differences in nonlinear neural dynamics and brain functions. Bioengineering Graduate Program
3. 学会等名 The Hong Kong University of Science & Technology (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Keiichi Kitajo
2. 発表標題 Novel approaches to individual differences in intrinsic neural dynamics and human behavior. International Symposium on Cutting Edge Technology for EEG Data Analysis
3. 学会等名 International Symposium on Cutting Edge Technology for EEG Data Analysis (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 北城圭一
2. 発表標題 神経ダイナミクスと社会性障害
3. 学会等名 2018年度生理研研究会『社会神経科学的アプローチによる精神疾患の社会性障害の理解』（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 北城圭一
2. 発表標題 脳のリズムネットワークの機能と回復メカニズム
3. 学会等名 第27回日本交通医学工学研究会 学術総会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 北城圭一
2. 発表標題 神経リズムネットワークの機能と病態
3. 学会等名 第14回運動神経科学研究会・脳神経科学大阪セミナー（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 北城圭一
2. 発表標題 脳のリズム現象と脳機能の個人特性
3. 学会等名 日本認知心理学会第16回大会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 北城圭一
2. 発表標題 脳波非線形ダイナミクスの個人特性と病態の操作的解明
3. 学会等名 慶應義塾大学医学部精神・神経科学教室・研究セミナー（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 北城圭一
2. 発表標題 脳活動非線形ダイナミクスの機能と個人特性
3. 学会等名 電子情報通信学会東海支部 第2回学生会講演会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 北城圭一
2. 発表標題 脳のリズムネットワークの基礎・応用研究
3. 学会等名 第13回運動神経科学研究会・脳神経科学東京セミナー（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 荒井貴光, 青柳富誌生
2. 発表標題 カオスの遍歴時系列データのテンソル分解解析の試み
3. 学会等名 電子情報通信学会 複雑コミュニケーションサイエンス (CCS) 研究会 2018年度第1回第1種研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 窪田修, 今井貴史, 青柳富誌生
2. 発表標題 平均振動数の著しく異なる振動子集団の結合系で見られる同期現象
3. 学会等名 電子情報通信学会 複雑コミュニケーションサイエンス (CCS)研究会 2018年度第1回第1種研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 栴井啓貴, 今井貴史, 青柳富誌生
2. 発表標題 外力下におけるデータ駆動型位相縮約
3. 学会等名 日本物理学会 2018年秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 栴井啓貴
2. 発表標題 てんかん発作の特徴づけから予測の展望まで ~Permutation-Information Theoretic Approach~
3. 学会等名 次世代脳プロジェクト冬のシンポジウム、新学術領域研究「適応回路シフト」「身体性システム」「オシロロジー」「人工知能と脳科学」「脳情報動態」5領域合同シンポジウム(招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 青柳富誌生
2. 発表標題 力学的視点からの時系列データ解析-モデルベースとモデルフリーのアプローチ-
3. 学会等名 神戸大学極みプロジェクト「ホログラフィック技術による生命現象の4次元計測・操作の実現とその臨床利用」キックオフシンポジウム(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 窪田修, 今井貴史, 青柳富誌生
2. 発表標題 平均振動数の異なる振動子集団の結合系でみられる同期現象の解析
3. 学会等名 日本物理学会 第74回年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 栴井啓貴, 中嶋浩平, 青柳富誌生
2. 発表標題 Permutation分布に基づくコンセプトドリフトの検出
3. 学会等名 日本物理学会 第74回年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 堀之内翔大, 合原一究, 青柳富誌生
2. 発表標題 位相振動子モデルに基づいたカエルの鳴き声の相互作用の解析と統計的検証
3. 学会等名 日本物理学会 第74回年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kanao Taniguchi, Katsunori Kitano
2. 発表標題 Contribution of short-term plasticity of the bipolar-ganglion synapse to the activity both in the normal and the degenerating rd1 retina
3. 学会等名 26th Annual Computational Neuroscience Meeting (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Nobuhiro Hinakawa, Katsunori Kitano
2. 発表標題 Robust and adaptable motor command representation by sparse coding
3. 学会等名 International Conference on Artificial Neural Networks 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kento Suzuki, Toshio Aoyagi, Katsunori Kitano
2. 発表標題 Direct estimation of the phase dynamics from spikes of realistically modeled neurons by Bayesian estimation
3. 学会等名 Society for Neuroscience Annual Meeting 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Takayuki Onojima, Takahiro Goto, Hiroaki Mizuhara and Toshio Aoyagi
2. 発表標題 Estimation of phase coupling functions for cross-frequency synchronization in the EEG data
3. 学会等名 The 40th Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 寺田裕, 伊藤慧吾, 青柳富誌生, 山口義幸
2. 発表標題 結合振動子系における外力と応答の位相差および臨界現象
3. 学会等名 日本物理学会 2017年秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 窪田修, 今井貴史, 青柳富誌生
2. 発表標題 平均振動数の異なる振動子集団の結合系で見られる間欠的な位相同期
3. 学会等名 日本物理学会 2017年秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 柘井啓貴, 青柳富誌生
2. 発表標題 振動子系における相互作用の有無が位相応答曲線の推定に与える影響について
3. 学会等名 日本物理学会 2017年秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 窪田修, 今井貴史, 青柳富誌生
2. 発表標題 位相振幅同期を呈するシンプルモデルのノイズ下での挙動
3. 学会等名 日本物理学会 第73回年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 堀之内翔大, 合原一究, 青柳富誌生
2. 発表標題 位相振動子モデルに基づいたカエルの鳴き声の相互作用の解析
3. 学会等名 日本物理学会 第73回年次大会
4. 発表年 2018年



1. 発表者名 栴井啓貴 , 今井貴史, 青柳富誌生
2. 発表標題 時系列データを用いた位相応答曲線のベイズ推定について
3. 学会等名 日本物理学会 第73回年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 今井貴史, 栴井啓貴, 青柳富誌生
2. 発表標題 振動子間結合の推定を介した位相データの正規化手法
3. 学会等名 日本物理学会 第73回年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 荒井貴光, 青柳富誌生
2. 発表標題 カオス遍歴時系列データの主成分分析
3. 学会等名 日本物理学会 第73回年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 北城圭一
2. 発表標題 脳のリズムネットワークの基礎とリハビリテーション応用
3. 学会等名 第12回「脳神経科学名古屋セミナー」(招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 北城圭一
2. 発表標題 脳活動非線形ダイナミクスと脳情報処理の個人特性の操作的解明
3. 学会等名 生理学研究所「所長招聘セミナー」(招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 北城圭一
2. 発表標題 脳のネットワークダイナミクスの基礎とリハビリテーション応用
3. 学会等名 第11回「脳神経科学東京セミナー」(招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yuji Mizuno, Masahiro Kawasaki, Masanori Shimono, Carlo Miniussi, Yuka O Okazaki, Kenichi Ueno, Chisato Suzuki, Takeshi Asamizuya, Kang Cheng, Keiichi Kitajo
2. 発表標題 Individual differences in perception can be better explained by intrinsic effective connectivity than by functional connectivity
3. 学会等名 BrainSTIM meeting 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 岡崎由香, 中川佑美, 水野佑治, 花川隆, 北城圭一
2. 発表標題 反復経頭蓋磁気刺激(rTMS)による脳領域特異的な引き込み現象
3. 学会等名 平成29年度生理研研究会「第1回ヒト脳イメージング研究会」
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Keiichi Kitajo
2. 発表標題 Perturbational and computational approaches to nonlinear human brain dynamics
3. 学会等名 Satellite symposium on 27th "Human brain dynamics research in connectome era" (招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Keiichi Kitajo
2. 発表標題 Individual differences in nonlinear neural dynamics and human behavior
3. 学会等名 OIST seminar (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yuka Okazaki, Yumi Nakagawa, Yuji Mizuno, Takashi Hanakawa, Keiichi Kitajo
2. 発表標題 Region specific entrainment by rTMS
3. 学会等名 The 4th CiNet Conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Keiichi Kitajo
2. 発表標題 Perturbation approaches to variability in human brain dynamics
3. 学会等名 Neural Mechanisms of the DLB Hallucinations and Mathematical Modeling (招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kanako Taniguchi, Chieko Koike, Katsunori Kitano
2. 発表標題 A potential mechanism for spontaneous oscillatory activity in the degenerative mouse retina
3. 学会等名 International Conference on Artificial Neural Networks 2016 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Nobuhiro Hinakawa, Katsunori Kitano
2. 発表標題 Effect of pre- and postsynaptic firing patterns on synaptic competition
3. 学会等名 International Conference on Artificial Neural Networks 2016 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Daiki Futagi, Katsunori Kitano
2. 発表標題 Potential roles of intracellular calcium dynamics regulated by calcium stores for spatial association of synaptic plasticity
3. 学会等名 Society for Neuroscience, Neuroscience 2016 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Motomu Katsurakawa, Keiichi Kitajo
2. 発表標題 Transcranial alternating current stimulation modulated steady-state visual evoked potentials and conscious perception in binocular rivalry
3. 学会等名 Society for Neuroscience, Neuroscience 2016 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Keiichi Kitajo, Motomu Katsurakawa
2. 発表標題 Manipulative approaches to nonlinear neural oscillations in the human brain.
3. 学会等名 第94回日本生理学会大会(招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 栞井啓貴, 中嶋浩平, 北城主一, 青柳富誌生
2. 発表標題 神経系としての結合系における情報流の推定
3. 学会等名 日本物理学会 2017年春季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 小山和輝, 後藤貴宏, 青柳富誌生
2. 発表標題 Adaptive Group Lassoを用いたリズム間の相互作用の推定
3. 学会等名 日本物理学会 2017年春季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 荒井貴光, 青柳富誌生
2. 発表標題 二部グラフ構造を持つ位相振動子型連想記憶モデル
3. 学会等名 日本物理学会 2016年秋季大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Kazuki Koyama, Takahiro Goto and Toshio Aoyagi
2. 発表標題 Estimating interaction among rhythms using Adaptive Group Lasso, Kazuki Koyama
3. 学会等名 The 1st International Symposium on Embodied-Brain Systems Science (EmboSS 2016) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 中嶋浩平, 青柳富誌生
2. 発表標題 流体計算機：水面のダイナミクスを用いた実時間計算の実装
3. 学会等名 日本神経回路学会 第25回全国大会
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 中嶋浩平, 茶碗谷毅, 青柳富誌生
2. 発表標題 Strange Non-chaotic Attractorの情報処理能力について
3. 学会等名 日本物理学会 2015年秋季大会
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 宮田淳司, 中嶋浩平, 青柳富誌生
2. 発表標題 入力に誘導された力学系の分岐現象とその情報処理容量について
3. 学会等名 日本物理学会 2015年秋季大会
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 中嶋浩平, 青柳富誌生
2. 発表標題 水面のダイナミクスを用いて実時間計算を実装する
3. 学会等名 日本物理学会 2015年秋季大会
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 Takayuki Onojima, Kaiichiro Ota, Hiroaki Mizuhara and Toshio Aoyagi
2. 発表標題 Estimation of multi-frequency coupling among neural oscillations
3. 学会等名 Cell symposia Engineering the brain (国際学会)
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 小野島隆之, 太田絵一郎, 後藤貴宏, 水原啓暁, 青柳富誌生
2. 発表標題 脳波データにおける位相振動子ネットワークの推定
3. 学会等名 複雑コミュニケーションサイエンス研究会
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 中嶋浩平, 青柳富誌生
2. 発表標題 流体計算機の記憶容量について
3. 学会等名 複雑コミュニケーションサイエンス研究会
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 Takashi Hayakawa and Toshio Aoyagi
2. 発表標題 A Candidate Neural Mechanism for the Exploration of Environment: from the Viewpoint of Statistical Physics
3. 学会等名 International Symposium on Prediction and Decision Making (国際学会)
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 後藤貴宏, 太田絵一郎, 青柳富誌生
2. 発表標題 リズムを内在するデータ間の力学系に基づく相互作用推定の手法
3. 学会等名 経済物理学 2015 : 新たな方向性を求めて
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 後藤貴宏, 小山和輝, 青柳富誌生
2. 発表標題 リズムを持つ神経データ間の相互作用の推定
3. 学会等名 新学術領域オンロロジー 冬の領域会議
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Takahiro Goto, Kazuki Koyama and Toshio Aoyagi
2. 発表標題 Sparse estimation of oscillator network from fluctuating rhythmic data
3. 学会等名 Neuro data analysis workshop (国際学会)
4. 発表年 2016年



1. 発表者名 後藤貴宏, 小山和輝, 青柳富誌生
2. 発表標題 リズムデータから相互作用を推定するための自然な正則化項
3. 学会等名 日本物理学会 第71回年次大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 伊藤慧吾, 寺田裕, 青柳富誌生, 山口義幸
2. 発表標題 非対称な自然振動数分布を持つ蔵本モデルにおける転移現象
3. 学会等名 日本物理学会 第71回年次大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 寺田裕, 青柳富誌生
2. 発表標題 リズムを持つ素子間におけるトランスファーエントロピー
3. 学会等名 日本物理学会 第71回年次大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 今井貴史, 青柳富誌生
2. 発表標題 位相記述が破綻する摂動強度を予測するための基盤的方法
3. 学会等名 日本物理学会 第71回年次大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 中嶋浩平, 青柳富誌生
2. 発表標題 流体タイマー：時間の情報を空間の情報としてエンコードする
3. 学会等名 日本物理学会 第71回年次大会
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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
研究分担者	北城 圭一  (Kitajo Keiichi)  (70302601)	生理学研究所・システム脳科学研究領域・教授   (63905)	
研究分担者	青柳 富誌生  (Aoyagi Toshio)  (90252486)	京都大学・情報学研究科・教授   (14301)	

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
---------	---------