

令和 6 年 6 月 28 日現在

機関番号：34453

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20K11976

研究課題名（和文）双極性障害の治療に向けた概日リズム神経システムへの効果的なカオス制御機構の開発

研究課題名（英文）Developing Effective Chaos Control Mechanisms for Circadian Rhythm Neural System toward the Treatment of Bipolar Disorder

研究代表者

西村 治彦（NISHIMURA, Haruhiko）

大和大学・情報学部・教授

研究者番号：40218201

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、双極性障害の神経基盤の1つである前頭野の神経活動と概日リズムの非線形ダイナミクスに着目した神経システムモデルを構築し、まず、双極性障害の神経活動に対応する病理パラメータ領域の探索、概日活動のダイナミクス推定とその写像構造の明確化を行った。次に、我々が構築した非線形カオス制御法である"軌道領域減少法"を用いて、入力信号に対して双極性障害の神経活動を制御するフィードバック信号を設計し、概日リズムの安定化への効果を分析した。これらによる知見から、概日リズム回復において一定の効果が認められている光療法等を軌道領域減少法に対応させる可能性が見いだされた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

カオス-カオス間欠性(CCI)を制御する手法として、我々はこれまでに"軌道領域減少法"(RRO法)と呼ばれるカオス制御法を構築してきており、この手法は前頭野でのCCIに端を発するとされる双極性障害における概日リズムの乱れの安定化を実現する有力な候補となる。よって、概日リズムを生成する神経システムモデルにおいて、RROフィードバック信号を具体的に設計し、RRO法による最適化制御について分析したことによる知見は、概日リズムを安定化する治療法の考案に繋がるものであり、非線形制御理論の医療への応用的観点からも極めて重要である。

研究成果の概要（英文）：In this study, we constructed a neural system model focusing on the nonlinear dynamics of neural activity in the frontal cortex and circadian rhythm, which is one of the neural bases of bipolar disorder, and then searched for pathological parameter regions corresponding to the neural activity of bipolar disorder, estimated the dynamics of circadian activity, and clarified its mapping structure. Next, we designed a feedback signal to control the neural activity of bipolar disorder in response to the input signal using our nonlinear chaos control method called "reduced region of orbit (RRO) method" and analyzed its effect on the stabilization of circadian rhythm. The findings suggest that light therapy, which has been shown to be somewhat effective in restoring circadian rhythm, could be adapted to the RRO method.

研究分野：知能システム科学、ソフトコンピューティング、ヘルスケア情報科学

キーワード：カオス制御 神経システム ニューラルネットワーク 概日リズム 双極性障害 フィードバック

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

## 様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

躁状態とうつ状態の病相が循環する双極性障害は、長期に亘って再発を繰り返す精神疾患の一つであり、高い罹患率と自殺率から効果的な治療法の構築が望まれている(Lopez-Muñoz et al., *J. Affect. Disord.*, 2006)。これまでに、 $\gamma$ -アミノ酪酸系とグルタミン酸系の神経経路や大脳皮質のネットワークの異常といった双極性障害の複数の神経基盤が報告されている(Sanacora et al., *Neuropharmacology*, 2012; Schloesser et al., *Trends Neurosci.*, 2012)。しかし、これらの神経基盤の相互作用は複雑で、双極性障害の病理メカニズムの完全な解明には至っていない。また、現在用いられている気分安定薬を中心とした薬物療法では、個人毎の病態の多様性と治療経過の大きな変動への対応が困難である場合が多い(Hadaeghi et al., *Front. Comput. Neurosci.*, 2013)。

また、双極性障害に代表される多くの気分障害で、概日リズムの乱れが伴う事例が報告されており、光療法や断眠治療のような非薬物療法や、メラトニンによる薬物療法による概日リズムの安定化が、病態の改善に一定の効果を示すことが報告されている(Ritter et al., *J. Psychiatry Neurosci.*, 2019)。よって、このような治療法を個人の病態に合わせ最適化することは、従来の薬物療法に変わる新たな治療法となると期待できる。

一方、近年、非線形制御理論を薬物療法に応用する取り組みが始まっている(Aihara & Suzuki, *Phil. Trans. R. Soc. A*, 2010)。特に、前立腺がんにおいては、がん細胞とその拡散のダイナミクスを記述したモデルが提案されており(Tanaka et al., *Phil. Trans. R. Soc. A*, 2010; Suzuki et al., *Phil. Trans. R. Soc. A*, 2010)、ホルモン療法において、このモデルを利用した非線形制御理論に基づく間欠的な投薬を行うことで、がんの抑制に成功している(Hirata et al., *J. Theor. Biol.*, 2010)。双極性障害においては、Hadaeghi らが、前頭野と視床下部を結合させた概日リズムを生成する神経システムを用いて、双極性障害において観測される神経活動の概日リズムの乱れをモデル化しており、生理学的な双極性障害の概日リズムの挙動と高い整合性が得られている(Hadaeghi et al., *J. Theor. Biol.*, 2015)。この Hadaeghi らのモデルによる解析によって、双極性障害においては、前頭野の神経活動が 2 つの活動状態をカオス的に遷移するカオス-カオス間欠性が発生し、それが双極性障害における概日リズムの乱れを生み出すことが示されている。

カオス-カオス間欠性を制御する手法として、近年、我々は、"軌道領域減少法" (reduced region of orbit method (以降、RRO 法))と呼ばれるカオス制御法を提案した(Nobukawa, Nishimura et al., *IEICE A*, 2018)。この手法は、カオスダイナミクスから、写像構造を推定し、アトラクタ併合クライシスの要因となる写像の極大・極小値を外部フィードバック信号により減少させることで、カオス-カオス間欠性を抑制する手法である。これまでに、単純な数値モデルである cubic 離散写像システムをはじめとする複数のカオスシステムにおいて RRO 法を適用し、カオス-カオス間欠性の抑制とその安定化に成功している(Nobukawa, Nishimura et al., *IEICE A*, 2018, 2019)。

### 2. 研究の目的

本研究では、前頭野と視床下部により構成される概日リズムを生成するシステムモデルを用いて、双極性障害における概日活動のカオス-カオス間欠性を安定化する RRO フィードバック信号を具体的に設計し、概日リズムの安定化について詳細に分析する。さらに、そこからの知見に基づいて、概日リズムを安定化する光療法等の最適化との接点について検討する。

我々はこれまでに、神経システムにおいても RRO 法がカオス-カオス間欠性の抑制に有効であることを示すとともに(Nobukawa, & Shibata, *Sci. Rep.*, 2019; Nobukawa, Nishimura et al., *Sci. Rep.*, 2019)、Hadaeghi らによって提案された双極性障害におけるモデルに対しても、前頭野の神経活動のみを対象とした部分的な概日リズム生成の神経システムにおいて、RRO フィードバック信号によるカオス-カオス間欠性の抑制と安定化に成功している。このことから、視床下部の相互作用まで含めたより完全な概日リズムの生成システムにおいても、RRO 法は双極性障害における概日リズムの安定化を実現する有力な候補となる。よって、このような RRO フィードバック信号の設計と RRO 法により最適化された概日リズムを安定化する治療法の考案は、非線形制御理論の医療への応用的観点から、極めて重要な課題であると考えられる。

### 3. 研究の方法

上記の研究目的を達成するため、以下の項目に従って研究を進めた。

(1) 前頭野と視床下部により構成される概日リズムを生成する神経システムを構築し、分岐・カオス解析により、双極性障害の概日リズムに対応した病理パラメータ領域を明らかにする。

(2) 概日活動のダイナミクス推定を行い、その写像構造を明らかにする。

(3) 双極性障害における概日リズムの乱れを安定化する RRO フィードバック信号の設計を行う。

(4) (3)で設計した RRO 法に基づき、概日リズムの安定化への効果を分析する。以上による知見から、光療法等の最適化との接点について検討する。

#### 4. 研究成果

上記の研究方法に従い、以下の成果が得られた。

(1) 3の(1)については、Hadaeghi らによって提案された概日リズム生成システム(Hadaeghi et al., Front. Comput. Neurosci, 2013) において、発展方程式に基づいた分岐解析とリアプノフスペクトラムを用いたカオス解析を行った。これにより、双極性障害の病理パラメータ領域を特定することができた。

(2) 3の(2)については、概日リズム生成システムにおける発展方程式から、概日活動の写像構造を明らかにした。次に、臨床での適用を想定し、前頭野の神経活動を観測変数として、概日活動の写像構造をアトラクタの再構成の手法により推定し、その推定精度を評価した。

(3) 3の(3)については、(2)で明らかにした写像構造から、(1)で求められた双極性障害の病理パラメータ領域における概日活動のカオス-カオス間欠性を抑制する RRO フィードバック信号の設計を行った。これにより、分岐・カオス解析に基づく最適なフィードバックパラメータの推定が可能となった。

(4) 3の(4)については、(3)で設計した RRO 法に基づき、概日リズムの安定化への効果をフィードバック信号強度依存性、入力信号強度及び周波数依存性の面から詳細に分析できた。さらに以上による知見を踏まえ、光療法等の最適化との接点について議論し、光療法における照度と照射時間に対する概日活動の応答性のモデル化などの検討を行った。

最後に、RRO 法ではカオス状態を維持する程度のフィードバック強度で制御を行うため、ダイナミクスを固定点や周期状態へ安定化させる従来のカオス制御法と比較して、小さな制御信号でカオス-カオス間欠性を抑制できる。本研究はこの点に着目し、概日リズムの安定化に用いられる光療法の照度を小さく抑えながら最適化を図る点に独自性がある(現在、本着想は『概日リズム安定化装置、概日リズム安定化方法、プログラムおよびヘルスケア方法』(図1参照)として特許出願中である。出願番号:特願 2021-081818, 公開番号:特開 2021-180837)。また、この治療法により、個々の病態に応じたテーラーメイドの治療方針の策定が可能となることが期待できる。さらに、この RRO 法は、パーキンソン病などの神経活動の異常振動による幅広い疾患の治療にも適用できると予測される。

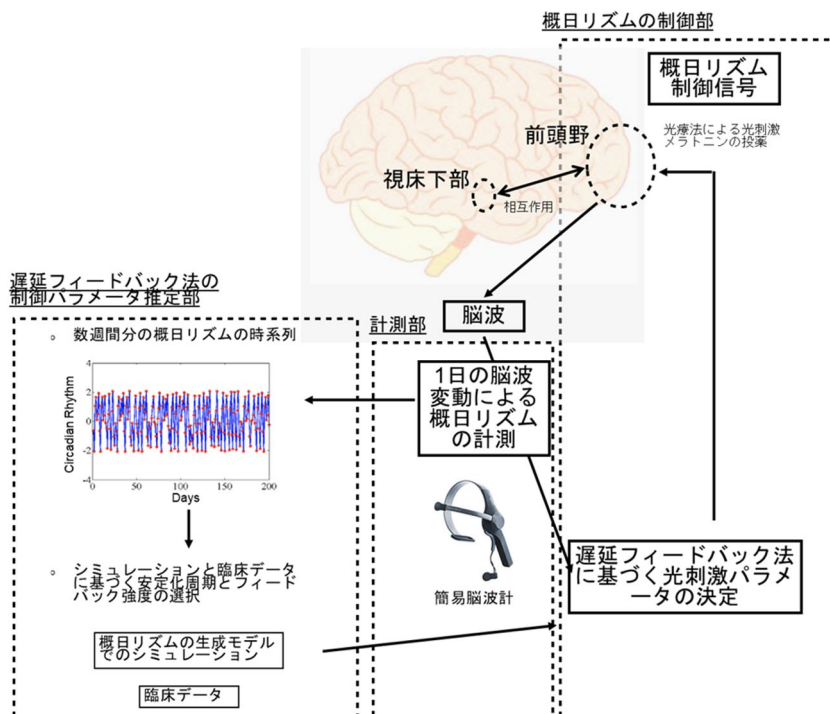


図1. 双極性障害の概日リズムへの光療法を RRO フィードバック法により最適化する装置イメージ

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 13件 / うちオープンアクセス 13件）

|  |                         |
|--|-------------------------|
| 1. 著者名<br>NOBUKAWA Sou, WAGATSUMA Nobuhiko, NISHIMURA Haruhiko, INAGAKI Keiichiro, YAMANISHI Teruya  | 4. 巻<br>E106.A          |
| 2. 論文標題<br>Influence of Additive and Contaminant Noise on Control-Feedback Induced Chaotic Resonance in Excitatory-Inhibitory Neural Systems                   | 5. 発行年<br>2023年         |
| 3. 雑誌名<br>IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences  | 6. 最初と最後の頁<br>11-22     |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1587/transfun.2022EAP1024   | 査読の有無<br>有              |
| オープンアクセス<br>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<br>-               |
| 1. 著者名<br>Iinuma Takahiro, Ebato Yudai, Nobukawa Sou, Tran Anh Tu, Wagatsuma Nobuhiko, Inagaki Keiichiro, Doho Hiroataka, Yamanishi Teruya, Nishimura Haruhiko | 4. 巻<br>-               |
| 2. 論文標題<br>Extremely Weak Feedback Method for Controlling Chaotic Resonance  | 5. 発行年<br>2023年         |
| 3. 雑誌名<br>2023 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)  | 6. 最初と最後の頁<br>1727-1732 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1109/SMC53992.2023.10394470   | 査読の有無<br>有              |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する            |
| 1. 著者名<br>IINUMA Takahiro, EBATO Yudai, NOBUKAWA Sou, WAGATSUMA Nobuhiko, INAGAKI Keiichiro, DOHO Hiroataka, YAMANISHI Teruya, NISHIMURA Haruhiko              | 4. 巻<br>E107-A, No.8    |
| 2. 論文標題<br>Controlling Chaotic Resonance with Extremely Local-Specific Feedback Signals  | 5. 発行年<br>2024年         |
| 3. 雑誌名<br>IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences  | 6. 最初と最後の頁<br>-         |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1587/transfun.2023EAP1116   | 査読の有無<br>有              |
| オープンアクセス<br>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<br>-               |
| 1. 著者名<br>DOHO Hiroataka, NOBUKAWA Sou, NISHIMURA Haruhiko, WAGATSUMA Nobuhiko   | 4. 巻<br>ISASE2022       |
| 2. 論文標題<br>Application of Reduced-Region-of-Orbit (RRO) Feedback Method to a Chaotic Bipolar-disorder Neural System  | 5. 発行年<br>2022年         |
| 3. 雑誌名<br>International Symposium on Affective Science and Engineering   | 6. 最初と最後の頁<br>1~4       |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.5057/isase.2022-C000015   | 査読の有無<br>有              |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する            |

|   |                       |
|---|-----------------------|
| 1. 著者名<br>Iinuma Yuta, Nobukawa Sou, Nishimura Haruhiko, Takahashi Tetsuya  | 4. 巻<br>EMBC2022      |
| 2. 論文標題<br>Dynamic Characteristics of State Transitions Composed of Neural Activity in the Brain by Circadian Rhythms | 5. 発行年<br>2022年       |
| 3. 雑誌名<br>Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society                     | 6. 最初と最後の頁<br>152-157 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1109/EMBC48229.2022.9871057  | 査読の有無<br>有            |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する          |

|   |                         |
|---|-------------------------|
| 1. 著者名<br>Iinuma Yuta, Nobukawa Sou, Takagi Sho, Nishimura Haruhiko                               | 4. 巻<br>13              |
| 2. 論文標題<br>Temporal-scale dependent dynamical characteristics of EEG reflecting circadian rhythms | 5. 発行年<br>2022年         |
| 3. 雑誌名<br>Nonlinear Theory and Its Applications, IEICE  | 6. 最初と最後の頁<br>421 ~ 426 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1587/nolta.13.421  | 査読の有無<br>有              |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する            |

|   |                     |
|---|---------------------|
| 1. 著者名<br>Yoshiki Yasuda, Yuta Iinuma, Sou Nobukawa, Haruhiko Nishimura                                 | 4. 巻<br>NOLTA2022   |
| 2. 論文標題<br>Analysis of Functional Connectivity of EEG Reflecting Circadian Rhythm Using Phase Lag Index | 5. 発行年<br>2022年     |
| 3. 雑誌名<br>International Symposium on Nonlinear Theory and Its Applications                              | 6. 最初と最後の頁<br>95-98 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.34385/proc.71.A3L-E-01   | 査読の有無<br>有          |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する        |

|   |                 |
|---|-----------------|
| 1. 著者名<br>Nobukawa Sou, Wagatsuma Nobuhiko, Nishimura Haruhiko, Doho Hirota, Takahashi Tetsuya  | 4. 巻<br>15      |
| 2. 論文標題<br>An Approach for Stabilizing Abnormal Neural Activity in ADHD Using Chaotic Resonance | 5. 発行年<br>2021年 |
| 3. 雑誌名<br>Frontiers in Computational Neuroscience   | 6. 最初と最後の頁<br>- |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.3389/fncom.2021.726641   | 査読の有無<br>有      |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する    |

|  |                 |
|--|-----------------|
| 1. 著者名<br>Nobukawa Sou, Nishimura Haruhiko, Wagatsuma Nobuhiko, Inagaki Keiichiro, Yamanishi Teruya, Takahashi Tetsuya | 4. 巻<br>7       |
| 2. 論文標題<br>Recent Trends of Controlling Chaotic Resonance and Future Perspectives                                      | 5. 発行年<br>2021年 |
| 3. 雑誌名<br>Frontiers in Applied Mathematics and Statistics  | 6. 最初と最後の頁<br>- |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.3389/fams.2021.760568   | 査読の有無<br>有      |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する    |

|   |                 |
|---|-----------------|
| 1. 著者名<br>Y. Iinuma, S. Nobukawa, S. Takagi, H. Nishimura   | 4. 巻<br>-       |
| 2. 論文標題<br>Estimation of Circadian Rhythms Using Complexity Analysis with Temporal Scale Dependency in Electroencephalogram Signals | 5. 発行年<br>2021年 |
| 3. 雑誌名<br>proceedings of 20th IEEE International Conference on Cognitive Informatics and Cognitive Computing (ICCI*CC'21)           | 6. 最初と最後の頁<br>- |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>なし  | 査読の有無<br>有      |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する    |

|   |                 |
|---|-----------------|
| 1. 著者名<br>Y. Iinuma, S. Nobukawa, S. Takagi, H. Nishimura                           | 4. 巻<br>-       |
| 2. 論文標題<br>Detection of EEG Patterns of Circadian Rhythms Using Complexity Analysis | 5. 発行年<br>2021年 |
| 3. 雑誌名<br>proceedings of The 2021 Nonlinear Science Workshop (NLSW2021)             | 6. 最初と最後の頁<br>- |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>なし  | 査読の有無<br>有      |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する    |

|  |                 |
|--|-----------------|
| 1. 著者名<br>Doho Hiroataka, Nobukawa Sou, Nishimura Haruhiko, Wagatsuma Nobuhiko, Takahashi Tetsuya  | 4. 巻<br>14      |
| 2. 論文標題<br>Transition of Neural Activity From the Chaotic Bipolar-Disorder State to the Periodic Healthy State Using External Feedback Signals | 5. 発行年<br>2020年 |
| 3. 雑誌名<br>Frontiers in Computational Neuroscience  | 6. 最初と最後の頁<br>- |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.3389/fncom.2020.00076   | 査読の有無<br>有      |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する    |

|  |                           |
|--|---------------------------|
| 1. 著者名<br>NOBUKAWA Sou、WAGATSUMA Nobuhiko、NISHIMURA Haruhiko   | 4. 巻<br>E103.A            |
| 2. 論文標題<br>Chaos-Chaos Intermittency Synchronization Induced by Feedback Signals and Stochastic Noise in Coupled Chaotic Systems | 5. 発行年<br>2020年           |
| 3. 雑誌名<br>IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences                                | 6. 最初と最後の頁<br>1086 ~ 1094 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1587/transfun.2019EAP1160   | 査読の有無<br>有                |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する              |

|   |                 |
|---|-----------------|
| 1. 著者名<br>Nobukawa Sou、Nishimura Haruhiko、Doho Hiroataka、Takahashi Tetsuya            | 4. 巻<br>6       |
| 2. 論文標題<br>Stabilizing Circadian Rhythms in Bipolar Disorder by Chaos Control Methods | 5. 発行年<br>2020年 |
| 3. 雑誌名<br>Frontiers in Applied Mathematics and Statistics                             | 6. 最初と最後の頁<br>- |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.3389/fams.2020.562929                                  | 査読の有無<br>有      |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する    |

|   |                 |
|---|-----------------|
| 1. 著者名<br>Nobukawa Sou、Nishimura Haruhiko                 | 4. 巻<br>6       |
| 2. 論文標題<br>Synchronization of Chaos in Neural Systems     | 5. 発行年<br>2020年 |
| 3. 雑誌名<br>Frontiers in Applied Mathematics and Statistics | 6. 最初と最後の頁<br>- |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.3389/fams.2020.00019       | 査読の有無<br>有      |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する    |

〔学会発表〕 計9件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件)

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>道法浩孝, 信川創, 西村治彦, 高橋哲也                  |
| 2. 発表標題<br>大脳皮質-基底核脳回路システムモデルにおける神経挙動のカオス共鳴制御     |
| 3. 学会等名<br>第22回コンピューテーショナル・インテリジェンス研究会 (計測自動制御学会) |
| 4. 発表年<br>2023年                                   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>道法浩孝, 信川創, 西村治彦, 高橋哲也            |
| 2. 発表標題<br>カオス共鳴制御による大脳皮質-基底核脳回路モデルの神経挙動安定化 |
| 3. 学会等名<br>SSI2023 計測自動制御学会                 |
| 4. 発表年<br>2023年                             |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>H. Doho, S. Nobukawa, H. Nishimura, N. Wagatsuma                                       |
| 2. 発表標題<br>Controlling Chaotic Bipolar-Disorder System by Reduced-region-of-orbit Feedback Method |
| 3. 学会等名<br>The 10th RIEC International Symposium on Brain Function and Brain Computer             |
| 4. 発表年<br>2022年   |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>道法浩孝, 信川 創, 西村治彦, 我妻伸彦                |
| 2. 発表標題<br>外部フィードバック信号による双極性障害でのカオス概日リズム神経活動の安定化 |
| 3. 学会等名<br>第65回システム制御情報学会研究発表講演会 (SCI'21)        |
| 4. 発表年<br>2021年                                  |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>道法浩孝, 信川 創, 西村治彦, 我妻伸彦         |
| 2. 発表標題<br>双極性障害の前頭野神経システムモデルへのカオス共鳴制御の適用 |
| 3. 学会等名<br>第19回コンピューテーショナル・インテリジェンス研究会    |
| 4. 発表年<br>2021年                           |



|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>H. Doho, S. Nobukawa, H. Nishimura, N. Wagatsuma   |
| 2. 発表標題<br>Controlling Chaotic Bipolar-Disorder System by Reduced-region-of-orbit Feedback Method       |
| 3. 学会等名<br>The 10th RIEC International Symposium on Brain Function and Brain Computer (BFBC2022) (国際学会) |
| 4. 発表年<br>2022年   |

|                                  |
|----------------------------------|
| 1. 発表者名<br>安田義熙、飯沼佑太、信川 創、西村治彦   |
| 2. 発表標題<br>概日リズムを反映した脳波の機能的結合の評価 |
| 3. 学会等名<br>電子情報通信学会総合大会          |
| 4. 発表年<br>2022年                  |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>信川 創, 我妻伸彦, 西村治彦                   |
| 2. 発表標題<br>カオス-カオス間欠性を示す非線形振動子の結合システムにおける同期制御 |
| 3. 学会等名<br>第64回システム制御情報学会研究発表講演会 (SCI'20)     |
| 4. 発表年<br>2020年                               |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>信川 創, 西村治彦, 道法浩孝, 我妻伸彦, 高橋哲也         |
| 2. 発表標題<br>双極性障害の病態改善を目指したカオス制御法に基づいたクロノセラピーの検討 |
| 3. 学会等名<br>計測自動制御学会システム・情報部門学術講演会 (SSI2020)     |
| 4. 発表年<br>2020年                                 |

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

|   |                           |                                   |
|---|---------------------------|-----------------------------------|
| 産業財産権の名称<br>概日リズム安定化装置、概日リズム安定化方法、プログラムおよびヘルスケア方法 | 発明者<br>高橋哲也、信川 創、<br>西村治彦 | 権利者<br>福井大学、千葉<br>工業大学、兵庫<br>県立大学 |
| 産業財産権の種類、番号<br>特許、特願2021-081818                   | 出願年<br>2021年              | 国内・外国の別<br>国内                     |

〔取得〕 計0件

〔その他〕

-

6. 研究組織

|           | 氏名<br>(ローマ字氏名)<br>(研究者番号)                           | 所属研究機関・部局・職<br>(機関番号)                          | 備考 |
|-----------|---|--|----|
| 研究<br>分担者 | 信川 創<br><br>(NOBUKAWA Sou)<br><br>(70724558)        | 千葉工業大学・情報科学部・教授<br><br><br>(32503)             |    |
| 研究<br>分担者 | 高橋 哲也<br><br>(TAKAHASHI Tetsuya)<br><br>(00377459)  | 金沢大学・子どものこころの発達研究センター・協力研究員<br><br><br>(13301) |    |
| 研究<br>分担者 | 水野 由子 (松本由子)<br><br>(MIZUNO Yuko)<br><br>(80331693) | 兵庫県立大学・情報科学研究科・教授<br><br><br>(24506)           |    |

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 |
|---------|---------|
|---------|---------|