

令和 5 年 5 月 23 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2018～2022

課題番号：18H04106

研究課題名(和文)ディープラーニングのホワイトボックス化に関する研究

研究課題名(英文)Research on whiteboxing deep learning

研究代表者

岡田 真人 (Okada, Masato)

東京大学・大学院新領域創成科学研究科・教授

研究者番号：90233345

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 33,600,000円

研究成果の概要(和文)：ディープラーニング(DL)の最も大きな問題点は、その機能がブラックボックス化していることである。本研究課題では、DLの挙動を解明する情報数論学的枠組みの構築と、それを補完するデータ駆動型アプローチを構築する。情報数論学的枠組みとしては、統計力学的定式化を用いて、特異領域由来のプラトー現象が軽減・消失することを示した。データ駆動型アプローチでは、特に少数データセットという制限下における予測性能向上手法として、転移学習やデータ拡張などを用いて2つのCNNの入力反応を比較する手法の検討および、脳皮質における表現の連続性に基づいた解析を行なうことで、一定の成果を得た。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ディープラーニング(DL)の最も大きな問題点は、その機能がブラックボックス化していることである。本研究課題では、DLの挙動を解明する情報数論学的枠組みの構築と、それを補完するデータ駆動型アプローチを構築した。本研究では、まず情報統計力学、統計神経力学、特異統計学など第二次ニューロブームを契機に発展した情報数論的な枠組みを、現状のDLに適用する。さらに、解析的取り扱いができないDLに対しその際には、解析的結果が得られているDLに対しても、データ駆動型アプローチで取り扱い、解析的アプローチとデータ駆動型アプローチを融合した。

研究成果の概要(英文)：The most serious problem of deep learning (DL) is that its functionality is a black box. In this research project, we develop an informatics and mathematical framework to elucidate the behavior of DL and a data-driven approach to complement it. As for the mathematical framework, we have shown that the plateau phenomenon originating from singular regions can be reduced or eliminated by using a statistical mechanics formulation. In the data-driven approach, we have achieved some results by comparing the input responses of two CNNs using transfer learning and data expansion, and by analyzing the continuity of representations in the brain cortex as a method to improve prediction performance, especially under the limitation of a small data set.

研究分野：人工知能

キーワード：ディープラーニング ニューラルネット 機械学習 ホワイトボックス化

1. 研究開始当初の背景

2012年の一般物体認識における Hinton の SuperVision, DeepMind の Deep Q Net (2013) と Alpha Go (2016), 社会を巻き込んだ人工知能ブームの立役者のキーテクノロジーは、神経回路モデルの一種である多層パーセプトロン (MLP: Multi Layer Perceptron) である。1980年代半ばの第二次ニューロブームは、MLP への BP (Back Propagation; 誤差逆伝播法) の適用から始まり、1990年半ばに、MLP と BP とともに終焉した。学習の局所解の存在、従来の統計学で取り扱えない統計的特異性の問題、学習が途中で止まり、また始まるプラトー現象、これら複雑な現象は全て MLP と BP が持つ数理的な本性から生じることである。2001年に発表された Watanabe による特異統計学をはじめとし、多くの数理理論は、MLP と BP が実践的な機械学習ツールたり得ないことを示している。その代案として、1990年代半ばにベイズ推論とカーネル法が台頭し、業界標準たり得た 2000年代後半に、ディープラーニング (DL: Deep Learning) の名の下に、MLP と BP は復活した。しかしながら、驚くべきことに、その復活を正当付ける情報数理的基盤は存在しない。

MLP と BP の持つ局所解、特異性、プラトー、これらの性質は数理的に証明されているので、その呪縛から人工知能ブームは逃れられないはずである。しかし、目の前には MLP と BP が拓くゲームチェンジングな状況が広がっている。

2. 研究の目的

ディープラーニング (DL) の最も大きな問題点は、その機能がブラックボックス化していることである。本研究課題では、DL の挙動を解明する情報数理的な枠組みの構築と、それを補完するデータ駆動型アプローチを構築する。

学術的な独自性と創造性: 本研究では、まず情報統計力学、統計神経力学、特異統計学など第二次ニューロブームを契機に発展した情報数理的な枠組みを、現状の DL に適用する。このような研究は国内外ともに例を見ない。さらに、解析的取り扱いができない DL に対しては、数値シミュレーションデータを機械学習で解析するデータ駆動型アプローチを取る(研究業績[4])。その際には、解析的結果が得られている DL に対しても、データ駆動型アプローチで取り扱い、解析的アプローチとデータ駆動型アプローチを融合する。

3. 研究の方法

ディープラーニング (DL: Deep Learning) の最も大きな問題点は、なぜ DL がそのように働くかが理解できず、その機能がブラックボックス化していることである。本研究課題では、以下三つの課題により、DL を解明する数理的な枠組みの構築をするとともに、数理解析できない系に対して、データ駆動型アプローチを構築することことで、両者を統合する形で、DL のホワイトボックス化を目指す。

【課題 1】深層ネット (DNN) の情報統計力学と特異統計学

【課題 2】深層生成モデル (DGM) のダイナミクスと内部表現

【課題 3】ディープラーニングへのデータ駆動的アプローチ

本課題で提案する枠組みが確立すると、DL の情報数理科学的理解と、工学応用に対する多大な波及効果が見込める。

4. 研究成果

ディープラーニング (DL) の最も大きな問題点は、その機能がブラックボックス化していることである。本研究課題では、DL の挙動を解明する情報数理的な枠組みの構築と、それを補完するデータ駆動型アプローチを構築する。前者の具体的なアプローチとして、まず情報統計力学、統計神経力学、特異統計学など第二次ニューロブームを契機に発展した情報数理的な枠組みを現状の DL に適用する。本年度は、DL の学習の際に誤差が減少せずに長時間にわたり停滞する「プラトー現象」を取り扱った。プラトー現象の一因として、ニューラルネットワークの構造の対称性に由来する「特異領域」が誤差曲面上に存在し、この領域にネットワークの重みが捉われることが、様々な研究により指摘されてきた。しかしながら、既存の研究ではいずれも一次元の出力が仮定されており、複数次元の出力を行うネットワークは検討されてこなかった。本研究では、統計力学的定式化を用いて、複数個の出力素子をもつ三層パーセプトロンの学習ダイナミクスを解析した。具体的には、ニューラルネットワークの重みパラメータの巨視的な性質を捉えたオーダパラメータを定義し、高次元系である重みの更新則から、少変数系であるオーダパラメータ系の発展則(微分方程式)を導出した。オーダパラメータ系の解析により、出力が複数次元の場合には、特異領域由来のプラトー現象が軽減・消失することを示した。

また、解析的取り扱いができない DL に対して数値シミュレーションデータを機械学習で解析するデータ駆動型アプローチとして、本年度では、特に少数データセットという制限下における予測性能向上手法として、転移学習やデータ拡張などを用いて 2 つの CNN の入力反応を比較する手法の検討および、脳皮質における表現の連続性に基づいた解析を行なうことで、一定の成果を得た。

ニューラルネットの学習は長く困難であったが、近年ではその学習が容易になっている。しかし、学習困難性がいかに克服されたかの理論的な理解は依然として不十分である、そこで本年度は、学習困難性克服の原因を情報統計力学の手法を用いて研究した。特に、これまで学習困難性の原因とされてきたプラトー現象がいかに克服されているかを解析の対象とした。まず、学習を高速化することが経験的に知られているバッチ正規化という手法が学習に与える影響を理論的に解析した。その結果、この手法はむしろプラトーからの脱出を遅らせることがわかった。そこで、これまで用いられていた理想化された入力データから、より現実に近いデータ構造を扱うように統計力学的解析の枠組みを拡張し、解析を行った。その結果、現実的なデータ構造の仮定の下では、プラトー現象の影響が小さくなることが示めされた。これらの結果から、長く原因とされてきたプラトー現象は現実的な問題設定の段階で克服されていること、学習を容易にする手法はプラトー克服とは別の意味で学習を容易にしている可能性があることがわかった。

また、ニューラルネットワークの一つである Mixture of Experts におけるベイズ推定アルゴリズムの開発に着手した。モンテカルロ法を援用して実対数的閾値(RLCT)を計算することで、ゲート関数と呼ばれる内部モデルにおける通常の設定が冗長であることを数値実験により明らかにした。また、深層学習のホワイトボックス化に向けて、変数選択について Bootstrapped LASSO(BoLASSO)法を開発し、医用画像において病変判断システムを構築するだけでなく、判断基準となる重要なテキストチャ特徴量を顕在化することに成功した。

学習済みの変分オートエンコーダー(VAE)は、ノイズが印加された画像の符号化と復号化を繰り返すこと(逐次的推論)で徐々にノイズが除去できることが知られていた。この推論を数回程度繰り返すことで生成画像の質が向上することが実験的には知られていたが、その背後のメカニズムは明らかでなかった。そこで本研究では、逐次的推論中の潜在空間での活動パターンの挙動を数値的に解析した。解析の結果、手書き数字の画像データを学習した VAE の推論の過程に、各数字に対応するクラスター中心への引き込みを示唆する結果が得られた。

深層畳み込みニューラルネット(以下 DCNN)の内部表現の可視化ならびにテキストチャ表現に関わる特徴量の同定を行った。具体的な手法としては、テキストチャ入力画像をウェーブレット分解して得られる Portilla-Simoncelli 特徴量(以下 PSS)と、DCNN の一種である VGG の内部表現の間に対して回帰問題を設定し、PSS がどの程度 DCNN の出力を説明できるかを定量化した。この結果、自然画像で学習させた VGG 中間層においても、人工的なテキストチャを表すのに十分な情報をもち、サル V4 野における PSS 表現の結果とも一定の類似度をもつことが確認できた。

画像や三次元物体、音を生成できる DGM を対象とし、潜在空間とデータ空間との写像関係における微分幾何的特徴を調べた。写像のヤコビ行列の特異値を調べると、特異値間には数桁の差があることが見られ、もっとも大きいオーダーの特異値は全体のうちの少数であった。この性質に着目して、特異値が大きい方向を重点的にユーザに開示することで、潜在空間が 500 次元のような高次元空間であっても、データ空間内での変化の大きい方向を効率よく探索できるユーザインタフェースを構成することができた。

本研究では TE 野の時間特性をもつ視覚系全体のモデルを構築するために、初期視覚野のモデルとして深層ニューラルネットワークである Xception net を、TE 野のモデルとして Hopfield model を用いた。画像にノイズを加えたものを提案モデルに入力すると時間経過の中で異なるカテゴリーを出力した。この結果は Hopfield model のようなリカレントネットワークが階層的カテゴリー分類に重要であることを示唆しており、すなわち TE 野のリカレント結合が階層的カテゴリー分類に重要であることを示唆している。

また、ディープラーニングのホワイトボックス化について、畳み込みニューラルネットワーク(CNN)の画像認識という切り口からの研究を行った。CNN は画像変換を行うモデルで中間層には入力の変換像が現れるが、この中間層の表現が識別精度を保ったまま、どの程度圧縮出来るかについての議論を行った。中間層の結果の相関を考慮し、圧縮アルゴリズムを導入することによって、従来研究より 5.0 ポイントの性能向上させることに成功した。

2020 年に発表した、高次元空間潜在空間を低次元のスライダーインタフェースで探索できる微分部分空間探索という方法について、ベイズ最適化を研究する他の研究者とともに、SIGGRAPH 2021 で Course を企画して開催した。また、人間が描いた油絵などのアーティストックな描画スタイルの計算機による自動転写について研究し、複雑なシーンに対してフレーム間のコヒーレンスを有するアニメーションを自動生成する方法を検討した。

今年度は、深層学習畳み込みニューラルネットワーク(DCNN)における並進対称性と識別率に関する調査を行った。その結果、現在の提案されている DCNN は、並進対称入力に対する頑健性が弱くなっており、入力画像のシフトに対して識別制度が左右されることが判明した。そこで、ニューラルネットワークの構造を変更せずに、並進対称入力に対応させるためのロス関数を提案し、画像のシフトに対する頑健性を向上させることに成功した。

ヒトが書いた絵画例示画像を元に、描写対象物の照明・視点・幾何情報から、ストローク(筆跡)を自動合成するためのホワイトボックス化されたモデル化を進め、ゴッホ調油彩画スタイルからなるアニメーションを、フレーム間のコヒーレンスを保つ形でコンピュータが自動合成できる方法を開発した。また、雲や煙などの硬い表面を持たないポリユメトリックな物体への応用や、水彩画などの半透明画材への応用を研究した。

DCNN によるパターン認識の研究は近年飛躍的に発展している。DCNN は脳の一次視覚野(V1)を

模擬して構築されている。一方、脳内のパターン情報処理は V1 から TE 野に渡ってなされる。顔などの複雑なパターンの情報処理をする場合、TE 野では時間的初期に大まかな分類をし、その後詳細な分類を行う。このような時間的な情報表現の変化は V1 のみの性質を反映した DCNN では再現されていなかった。この特性の差異に注目することで、TE 野の時間特性までも模擬するニューラルネットワークモデルを構築することができると考えられる。そのために、本研究では脳内のカテゴリー情報の処理過程を明らかにすることを試みる。特に、ここでは TE 野と視覚情報処理において TE 野の前にある領野である TE0 野のニューロン活動を記録した実験で得られた結果を解析することで TE 野と TE0 野とのニューロン特性の差異を議論した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計22件（うち査読付論文 19件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 Matsumoto Narihisa, Taguchi Yusuke, Shimizu Masaumi, Katakami Shun, Okada Masato, Sugase-Miyamoto Yasuko	4. 巻 16
2. 論文標題 Recurrent Connections Might Be Important for Hierarchical Categorization	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Frontiers in Systems Neuroscience	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) 10.3389/fnsys.2022.805990	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 Suzuki Satoshi, Takeda Shoichiro, Takagi Motohiro, Tanida Ryuichi, Kimata Hideaki, Shouno Hayaru	4. 巻 -
2. 論文標題 Deep Feature Compression using Spatio-Temporal Arrangement toward Collaborative Intelligent World	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology	6. 最初と最後の頁 1-1
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TCSVT.2021.3107716	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 Higuchi Hikaru, Suzuki Satoshi, Shouno Hayaru	4. 巻 -
2. 論文標題 Measuring Shift-Invariance of Convolutional Neural Network with a Probability-Incorporated Metric	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 In Proc. ICONIP '21	6. 最初と最後の頁 719-728
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-92307-5_84	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 -
1. 著者名 Suzuki Satoshi, Takeda Shoichiro, Tanida Ryuichi, Kimata Hideaki, Shouno Hayaru	4. 巻 -
2. 論文標題 Knowledge Transferred Fine-Tuning for Anti-Aliased Convolutional Neural Network in Data-Limited Situation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 2021 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)	6. 最初と最後の頁 864-868
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ICIP42928.2021.9506696	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 -

1. 著者名 Yue Yonghao, Koyama Yuki, Sato Issei, Igarashi Takeo	4. 巻 11
2. 論文標題 User interfaces for high-dimensional design problems	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 SIGGRAPH '21: ACM SIGGRAPH 2021 Courses	6. 最初と最後の頁 1-34
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1145/3450508.3464551	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 -

1. 著者名 Murakami Ryo, Mizumaki Masaichiro, Hamano Yusuke, Akai Ichiro, Shouno Hayaru	4. 巻 90
2. 論文標題 Texture Analysis of Magnetic Domain Images Using Statistics Based on Human Visual Perception	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 044705 ~ 044705
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.90.044705	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 Murakami Ryo, Tanaka Hiromi, Shinotsuka Hiroshi, Nagata Kenji, Shouno Hayaru, Yoshikawa Hideki	4. 巻 245
2. 論文標題 Development of multiple core-level XPS spectra decomposition method based on the Bayesian information criterion	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena	6. 最初と最後の頁 147003 ~ 147003
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.eispec.2020.147003	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 Shinotsuka Hiroshi, Nagata Kenji, Yoshikawa Hideki, Mototake Yoh-Ichi, Shouno Hayaru, Okada Masato	4. 巻 21
2. 論文標題 Development of spectral decomposition based on Bayesian information criterion with estimation of confidence interval	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Science and Technology of Advanced Materials	6. 最初と最後の頁 402 ~ 419
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/14686996.2020.1773210	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 Nagano Yoshihiro, Karakida Ryo, Okada Masato	4. 巻 10
2. 論文標題 Collective dynamics of repeated inference in variational autoencoder rapidly find cluster structure	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-020-72593-4	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 Matsumoto Narihisa, Mototake Yoh-ichi, Kawano Kenji, Okada Masato, Sugase-Miyamoto Yasuko	4. 巻 -
2. 論文標題 Comparison of neuronal responses in primate inferior-temporal cortex and feed-forward deep neural network model with regard to information processing of faces	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Computational Neuroscience	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10827-021-00778-5	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 Chiu Chia-Hsing, Koyama Yuki, Lai Yu-Chi, Igarashi Takeo, Yue Yonghao	4. 巻 39
2. 論文標題 Human-in-the-loop differential subspace search in high-dimensional latent space	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ACM Transactions on Graphics	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1145/3386569.3392409	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 Yoshida, Yuki, and Masato Okada	4. 巻 32
2. 論文標題 Data-Dependence of Plateau Phenomenon in Learning with Neural Network---Statistical Mechanical Analysis.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 In Advances in Neural Information Processing Systems	6. 最初と最後の頁 1722-1730
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Shiro Takagi, Yuki Yoshida and Masato Okada	4. 巻 88
2. 論文標題 Impact of Layer Normalization on Single-Layer Perceptron Statistical Mechanical Analysis	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan	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) 10.7566/JPSJ.88.074003	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 Koki Obinata, Shun Katakami, Yonghao Yue and Masato Okada	4. 巻 88
2. 論文標題 Ising Model Parameter Estimation with Confidence Evaluation Using the Exchange Monte Carlo Method	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.88.064802	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 松平京介, 永田賢二, 本武陽一, 岡田真人	4. 巻 12(3)
2. 論文標題 レプリカ交換モンテカルロ法を用いたMixture of Expertsモデルにおけるベイズ推論	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 情報処理学会論文誌数理モデル化と応用 (TOM)	6. 最初と最後の頁 37-45
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 遠藤瑛泰, 永田賢二, 木戸尚治, & 庄野逸	4. 巻 12(3)
2. 論文標題 Bolassoを用いたびまん性肺疾患画像の特徴選択	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 情報処理学会論文誌数理モデル化と応用 (TOM)	6. 最初と最後の頁 68-77
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 奥村 直裕, 庄野 逸	4. 巻 37(5)
2. 論文標題 TV正則化と辞書学習を用いたOS-EM法におけるPET画像再構成	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本医用画像工学会誌	6. 最初と最後の頁 217-229
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11409/mit.37.217	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 川島 貴大, 庄野 逸	4. 巻 12(2)
2. 論文標題 ベイズの変数選択に基づく分光スペクトル分解	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 情報処理学会論文誌数理モデル化と応用 (TOM)	6. 最初と最後の頁 34-43
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 Hideo Terada, Hayaru Shouno	4. 巻 11953
2. 論文標題 B-DCGAN: Evaluation of Binarized DCGAN for FPGA	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 In Proc. International Conference on Neural Information Processing (ICONIP2019), Lecture Notes in Computer Science	6. 最初と最後の頁 55-64
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-36708-4_5	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 Takahiro Kawashima, Hayaru Shouno	4. 巻 1
2. 論文標題 Fast Bayesian Restoration of Poisson Corrupted Images with INLA	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 In Proc. International Conference on Parallel Distributed Processing Techniques and Applications(PDPTA) 2019	6. 最初と最後の頁 109-114
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 Aiga Suzuki, Hidenori Sakanashi, Shoji Kido, Hayaru Shouno	4. 巻 11
2. 論文標題 Feature Representation Analysis of Deep Convolutional Neural Network using Two-stage Feature Transfer An Application for Diffuse Lung Disease Classification	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 情報処理学会論文誌数理モデル化と応用 (TOM)	6. 最初と最後の頁 74-83
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 Yuki Yoshida, Ryo Karakida, Masato Okada and Shun-ichi Amari	4. 巻 52
2. 論文標題 Statistical mechanical analysis of learning dynamics of two-layer perceptron with multiple output units	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical	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) 10.1088/1751-8121/ab0669	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42件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 15件)

1. 発表者名 塩谷佳介, 片上舜, 林和子, 松田圭司, 松本有央, 赤穂昭太郎, 河野憲二, 岡田真人, 菅生康子
2. 発表標題 顔反応ニューロンがコードする分類情報と受容野面積の関係
3. 学会等名 東京理科大学 パラレル脳センシング技術研究部門 主催 第1回公開シンポジウム 「Think Synch Brain Dynamics ~理工が挑む脳科学~」
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 清水将海, 片上舜, 田口優介, 岡田真人, 菅生康子, 松本有央
2. 発表標題 階層的カテゴリー分類におけるリカレント結合の重要性
3. 学会等名 東京理科大学 パラレル脳センシング技術研究部門 主催 第1回公開シンポジウム 「Think Synch Brain Dynamics ~理工が挑む脳科学~」
4. 発表年 2021年

1. 発表者名	塩谷佳介, 片上舜, 林和子, 松田圭司, 松本有央, 赤穂昭太郎, 河野憲二, 岡田真人, 菅生康子
2. 発表標題	豊長類側頭皮質の顔反応ニューロンにおける画像分類情報と受容野面積の関係
3. 学会等名	物理学会第77回年次大会
4. 発表年	2021年～2022年

1. 発表者名	清水将海, 片上舜, 田口優介, 岡田真人, 菅生康子, 松本有央
2. 発表標題	階層のカテゴリー化における再帰的ネットワークの重要性
3. 学会等名	物理学会第77回年次大会
4. 発表年	2021年～2022年

1. 発表者名	Hikaru Higuchi, Satoshi Suzuki, Hayaru Shouno,
2. 発表標題	Measuring Shift-invariance of Convolutional Neural Network with a Probability-incorporated Metric
3. 学会等名	ICONIP '21 (国際学会)
4. 発表年	2021年

1. 発表者名	Satoshi Suzuki, Shoichiro Takeda, Ryuichi Tanida, Hideaki Kimata, Hayaru Shouno
2. 発表標題	Knowledge Transferred Fine-Tuning for Anti-Aliased Convolutional Neural Network in Data-Limited Situation
3. 学会等名	ICIP '21 (国際学会)
4. 発表年	2021年

1. 発表者名 Yonghao Yue, Yuki Koyama, Issei Sato, Takeo Igarashi.
2. 発表標題 User interfaces for high-dimensional design problems: from theories to implementations
3. 学会等名 ACM SIGGRAPH 2021 Courses
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 浅沼 遥香, 高木 志郎, 長野 祥大, 吉田 雄紀, 五十嵐 康彦, 岡田 真人
2. 発表標題 生徒教師学習を用いた継続学習の破滅的忘却に関する統計力学的解析
3. 学会等名 ニューロコンピューティング研究会 (NC)
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 Sho Ichigozaki, Takahiro Kawashima, Hayaru Shouno
2. 発表標題 Bayesian Sparse Covariance Structure Analysis for Correlated Count Data
3. 学会等名 Intl. Conf on Parallel and Distributed Processing Techniques and Applications(PDPTA'20) (国際学会)
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 Genta Kobayashi, Hayaru Shouno
2. 発表標題 Interpretation of ResNet by Visualization of Preferred Stimulus in Receptive Fields
3. 学会等名 Intl. Conf on Parallel and Distributed Processing Techniques and Applications(PDPTA'20) (国際学会)
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 Yusuke Hamano, Hayaru Shouno
2. 発表標題 Analysis of Texture Representation in Convolution Neural Network Using Wavelet Based Joint Statistics.
3. 学会等名 Intl.Conf. on Neural Information Processing (ICONIP) Lecture Notes in Computer Science, Proc. of ICONIP'20 (国際学会)
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 Takahiro Kawashima, Hayaru Shouno, Hideitsu Hino
2. 発表標題 Bayesian Dynamic Mode Decomposition with Variational Matrix Factorization
3. 学会等名 In Proc. 35th AAAI Conference on Artificial Intelligence (AAAI-21) (国際学会)
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 Shiro Takagi, Yoshihiro Nagano, Yuki Yoshida, Masato Okada
2. 発表標題 The effect of learning rates on model-agnostic meta-learning
3. 学会等名 ACML 2019 Workshop on Statistics & Machine Learning Researchers in Japan (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高木志郎, 吉田雄紀, 岡田真人
2. 発表標題 Model-agnostic meta-learning の収束と学習率の関係
3. 学会等名 第22回情報論的学習理論ワークショップ (IBIS2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shiro Takagi, Yoshihiro Nagano, Yuki Yoshida, Masato Okada
2. 発表標題 On the conditions of MAML convergence
3. 学会等名 NeurIPS 2019 workshop on Meta-Learning (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高木志郎, 吉田雄紀, 岡田真人
2. 発表標題 Batch Normalizationつき3層ニューラルネットワークの学習ダイナミクスの統計力学的定式化
3. 学会等名 2019年度人工知能学会全国大会 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yoshihiro Nagano, Shiro Takagi, Yuki Yoshida, Masato Okada
2. 発表標題 Learning Locally Structured Dataset with Gradient-Based Meta-Learning
3. 学会等名 ACML 2019 Workshop on Statistics & Machine Learning Researchers in Japan (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yoshihiro Nagano, Shiro Takagi, Yuki Yoshida, Masato Okada
2. 発表標題 Localized Generations with Self-Supervised Meta-Learning
3. 学会等名 NeurIPS 2019 workshop on Learning with Rich Experience: Integration of Learning Paradigms (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 長野祥大, 高木志郎, 吉田雄紀, 岡田真人
2. 発表標題 メタ学習を利用した深層ニューラルネットワークによる局所的生成
3. 学会等名 第22回情報論的学習理論ワークショップ (IBIS2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuki Yoshida, Masato Okada
2. 発表標題 Data-Dependence of Plateau Phenomenon in Learning with Neural Network --- Statistical Mechanical Analysis
3. 学会等名 NeurIPS 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hideo Terada, Hayaru Shouno
2. 発表標題 B-DCGAN: Evaluation of Binarized DCGAN for FPGA
3. 学会等名 International Conference on Neural Information Processing (ICONIP2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takahiro Kawashima, Hayaru Shouno
2. 発表標題 Fast Bayesian Restoration of Poisson Corrupted Images with INLA
3. 学会等名 International Conference on Parallel Distributed Processing Techniques and Applications(PDPTA) 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 浜野 佑介, 庄野 逸
2. 発表標題 Portilla-Simioncelli statisticsを用いたDCNNのテクスチャ表現解析
3. 学会等名 第22回情報論的学習理論ワークショップ(IBIS2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 一期崎 翔, 川島 貴大, 庄野 逸
2. 発表標題 グラフィカルモデルを用いた犯罪発生リスクエリアのスパース性を考慮した相関関係の可視化
3. 学会等名 第22回情報論的学習理論ワークショップ(IBIS2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小林 源太, 庄野 逸
2. 発表標題 識別と再構成を行う マルチタスク ベクトル量子化 VAE
3. 学会等名 第22回情報論的学習理論ワークショップ(IBIS2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 遠藤 瑛泰, 永田 賢二, 木戸 尚治, 庄野 逸
2. 発表標題 Analysis of Diffuse Lung Disease X-ray CT Images based on Feature Selection using Bolasso
3. 学会等名 第29回 日本神経回路学会全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 一期崎 翔, 川島 貴大, 庄野 逸
2. 発表標題 スパース推定を用いた潜在的な犯罪の高リスクエリアの推定と犯罪発生メカニズムの考察
3. 学会等名 電子情報通信学会ニューロコンピューティング研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 上坂 佳史, 庄野 逸
2. 発表標題 スパースコーディングを用いた惑星表面画像のための圧縮手法の提案
3. 学会等名 電子情報通信学会ニューロコンピューティング研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Patrick Tchicali, Hayaru Shouno
2. 発表標題 Implementation of an FPGA-based energy-efficient MCMC method for 2D Lenz-Ising mode
3. 学会等名 電子情報通信学会ニューロコンピューティング研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 遠藤 瑛泰, 永田 賢二, 木戸 尚治, 庄野 逸
2. 発表標題 Bolasso特徴選択手法を用いたびまん性肺疾患陰影の分析
3. 学会等名 電子情報通信学会ニューロコンピューティング研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 遠藤 瑛泰, 永田 賢二, 木戸 尚治, 庄野 逸
2. 発表標題 Bolassoを用いたびまん性肺疾患画像の特徴選択
3. 学会等名 情報処理学会 数理モデル化と問題解決研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Alejandra Sanchez, Mariko Nakano, Henrik Tunnermann, Toya Teramoto, Hayaru Shouno
2. 発表標題 Mosquito Larva Classification based on a Convolution Neural Network
3. 学会等名 International Conference on Parallel Distributed Processing Techniques and Applications (PDPTA) 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 寺元 陶冶, 庄野 逸
2. 発表標題 VGGモデルの視覚野的解釈における解析の検討
3. 学会等名 電子情報通信学会ニューロコンピューティング研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 新田 大悟, 庄野 逸
2. 発表標題 テクスチャ画像識別問題に対するフーリエ変換を用いたデータ拡張の検討
3. 学会等名 電子情報通信学会ニューロコンピューティング研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 寺元 陶冶, 庄野 逸
2. 発表標題 SVCCAを用いた異なるデータセットで訓練されたDCNNの類似性測定
3. 学会等名 電子情報通信学会ニューロコンピューティング研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鈴木 藍雅, 庄野 逸, 坂無 英徳
2. 発表標題 問題への適切性を考慮した量み込みニューラルネットワークの初期値決定手法
3. 学会等名 情報処理学会数理モデル化と問題解決研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高木志郎, 吉田雄紀, 岡田真人
2. 発表標題 Layer Normalization を用いた単層パーセプトロンの統計力学的解析
3. 学会等名 第21回情報論的学習理論ワークショップ
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高木志郎, 吉田雄紀, 岡田真人
2. 発表標題 Layer Normalizationが単層パーセプトロンに与える影響の統計力学的解析
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 大日方 孝輝, 片上 舜, 楽 詠こう, 岡田 真人
2. 発表標題 交換モンテカルロ法を用いたイジングモデルパラメータの信頼度付き推定
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 大日方 孝輝, 片上 舜, 楽 詠こう, 岡田 真人
2. 発表標題 交換モンテカルロ法を用いた二値画像に対するハイパーパラメータ分布推定
3. 学会等名 電子情報通信学会 情報論的学習理論と機械学習研究会 (IBISML)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松平京介, 永田賢二, 本武陽一, 岡田真人
2. 発表標題 レプリカ交換モンテカルロ法を用いたMixture of Expertsモデルにおけるベイズ推論
3. 学会等名 情報処理学会 数理モデル化と問題解決 (MPS) 研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中山智文, 藤井直樹, 永田賢二, 岡田真人
2. 発表標題 混合正規分布モデルにおけるベイズ推定と変分ベイズ推定の比較
3. 学会等名 第21回情報論的学習理論ワークショップ
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Suzuki, Aiga and Sakanashi, Hidenori and Kido, Shoji and Shouno, Hayaru	4. 発行年 2019年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 218
3. 書名 Deep Learning in Healthcare, Chapter: Deep Learning in Textural Medical Image Analysis	

〔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	永田 賢二 (Nagata Kenji) (10556062)	国立研究開発法人物質・材料研究機構・統合型材料開発・情報基盤部門・主任研究員 (82108)	
研究分担者	梁 詠コウ (Yonghao Yue) (30612923)	青山学院大学・理工学部・准教授 (32601)	
研究分担者	庄野 逸 (Shouno Hayaru) (50263231)	電気通信大学・大学院情報理工学研究所・教授 (12612)	

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