

令和 3 年 5 月 29 日現在

機関番号：11501

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18K11459

研究課題名（和文）深層学習からのデータ相関構造マイニング理論の開拓

研究課題名（英文）Developing data-structure-mining methods in deep learning

研究代表者

安田 宗樹（Yasuda, Muneki）

山形大学・大学院理工学研究科・教授

研究者番号：20532774

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）：本研究は、深層学習におけるブラックボックス問題に対するアプローチ、つまりニューラルネットワークからのデータマイニング技術を作り出すことを主要な目的としている。当該研究期間内で得た主な成果は以下のようなものである。（1）深層学習モデルの入出力間の相互情報量を見積もるアルゴリズムを開発した。入出力相互情報量は、対象の深層学習モデルが入力のことを重視しているのかに関する情報を与える。（2）任意の深層学習モデル上での入出力逆推定を実現するアルゴリズムを開発した。逆推定により、対象の深層学習モデルが入力をどのように解釈しているのかを知ることができる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

深層学習のブラックボックス問題の解決に対する要請は、学术界はもちろんであるが、それよりむしろモノづくりの現場である民間のエンジニアリング界からの方が強い。本研究の成果はその要請に対して学术界からの具体的な実践的解答を与えるきっかけとなるものであり、深層学習の分野で未だ存在する学术界とモノづくり界の障壁を打ち崩す可能性を秘めている。つまり、本研究の成果は、将来の人工知能産業への多くの民間企業のスムーズな参入を助けるものになると期待される。

研究成果の概要（英文）：The aim of this research is to develop data-structure mining techniques in deep learning models to resolve the black box problem of deep learning. We have obtained the following results during this research period: (1) an estimation algorithm for the mutual information between the input and output layers in deep learning models and (2) an algorithm that can solve the inverse problem in deep learning models (i.e., the inverse inference from outputs to inputs).

研究分野：統計的機械学習

キーワード：深層学習 人工知能 データマイニング ベイズ統計 逆問題 情報統計力学

1. 研究開始当初の背景

深層学習の登場により、人工知能分野のアプリケーション研究は飛躍的に進んでいる。深層学習はデータから適切な入出力関係を学習し、入力から適切な出力を与えるシステムを創造するが、そこには長年わたり未解決の大きな問題(ブラックボックス問題)がある。深層学習のモデルが入力データのどこを本質的な情報として扱って出力を算出しているのかが分からないのである。これが分からないので、深層学習モデルは我々に課題解決に対して本質的な知見をまったく与えない。つまり、我々はなぜ深層学習がうまく課題を解決しているのかが分からないのである。この問題は、深層学習からより洗練されたエンジニアリングへのつながりを阻んでしまう。これは、数十年もの間(解決しなくてはならない大きな問題として認識されているにも関わらず)放置され続けてきた問題である。

2. 研究の目的

本研究は、上記で説明したブラックボックス問題に対するアプローチ、つまりニューラルネットワークからのデータマイニング技術を作り出すことを主要な目的としている。ブラックボックス問題が長年放置されている理由の大きな一つは問題の難解性であり、解決のためにはニューラルネットワーク分野の知識を超えた新しい考え方が必要となるであろう。ニューラルネットワーク分野の解析ではしばしば(ベイズ)統計学や情報理論などが用いられる。本研究では、それらを基礎にして更に統計力学による物理学を導入する。本研究は、でニューラルネットワーク上のデータマイニング、つまり、ネットワーク中に存在する課題解決に関して本質的に重要な相関関係の発掘を試みるものであり、深層学習の性能の向上を狙う種類の研究とは一風異なるものになっている。

ブラックボックス問題の解決に対する要請は、学术界よりもむしろモノづくりの現場である民間のエンジニアリング界からの方が強いように感じる。本研究はその要請に対して学术界からの具体的な実践的解答を与え得るものであり、深層学習の分野で未だ存在する学术界とモノづくり界の障壁を打ち崩すことを目的としている。

3. 研究の方法

上記の背景・目的を受けて、本研究は以下のような研究テーマを掲げ、各テーマに対して研究を遂行してきた。

- 【1】学習済ニューラルネットワークにおける入出力間の相関分析手法の開発
- 【2】学習済ニューラルネットワークに対する入出力逆推定アルゴリズムの開発
- 【3】統計的深層学習モデル発展のための各種アルゴリズム開発

テーマ【1】・【2】が本研究の主目的に直接関わるテーマである。両テーマでは、基本的に通常の確定的(非統計的)深層学習モデルが研究対象である。本研究では、学習済ニューラルネットワークの入出力関係に注目し、そこから何らかの情報を抽出するといった方向性を主目的へのアプローチとして定めた。入出力相関関係の抽出は、我々に重要な情報を与えると考えられる。適切な方法で学習されたニューラルネットワークは、入力から正しい出力を推定できる。この学習済ニューラルネットワークは入力情報を(モデリングの範囲内で)もっとも上手に扱うことのできるモデルとなっているはずである。つまり、学習済ニューラルネットワークが、入力情報のどの部分に注目し、そして、どの部分を無視しているかが分かれば、課題に対して意味のある情報とそうでない情報の区別を知ることができるという考えである。テーマ【1】がまさにその目的を達成するための研究テーマである。セミパラメトリック密度推定法とEM法を組み合わせ、入出力間の相互情報量を見積るアルゴリズムを開発する。

テーマ【2】は【1】とは少々異なる観点の研究となる。通常のフィードフォワードモデルは、入力から出力を計算することができるが、その逆は一般に難しい。もし、ある所望の出力から適切な入力を逆推定することができれば、学習済ニューラルネットワークが、ある特定の出力に対して、どのような入力を“尤もらしい”と考えているのかが分かり、その推定結果の分析は、テーマ【1】から得られるものとは異なる種類の情報を我々に与える。つまり、学習により得られたニューラルネットワークが“何をどのように見ているのか”に関する情報であり、ニューラルネットワークがどのように対象の課題を捉えているかに関する情報を垣間見ることができる。

テーマ【3】は、主目的に対して直接的ではないが、先々関連していくであろう研究テーマとなっている。統計的深層学習モデル(例えば、深層ボルツマンマシン)は、入出力間の結合分布を訓練データから取得するので、テーマ【1】・【2】のアプローチが自然にモデリング内に含まれている。つまり、統計的深層学習モデルは、自身の中にマイニング可能性を最初から秘めている強力なモデルなのである。しかしその分、通常の確定的深層学習モデルに比べ、様々な面で扱

い辛いという問題がある。テーマ【3】は、将来を見据えて、統計的深層学習モデルの扱いやすさを向上させる新しい計算アルゴリズムの開発を目的としている。

4. 研究成果

(1) テーマ【1】に対する成果

混合ガウスモデルを用いたセミパラメトリック密度推定法を用いて入出力間の結合分布を推定し、両者間の相互情報量を見積もる手法を開発した(図1)。そして、開発手法をIRISデータセットに適用し、良好な結果(実際にリーズナブルな結果)が得られることを確認することができた。提案手法は、特定の出力素子と入力素子間の相互情報量を見積もることができるものになっており、該当の出力素子が担う出力要素に対して、各入力要素がどの程度の寄与をもつのかを知ることができる。提案手法は強い制約を用いていないため、比較的一般的な場面に適用できるものとなっている。しかしながら、検証に利用したIRISデータセットは分析が非常に簡単なデータであるため、より実践的なデータでの更なる検証が必要である。

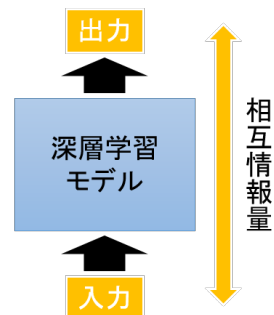


図1: 入出力間相互情報量

(2) テーマ【2】に対する成果

ベイズ事後確率を経由して入出力逆推定を行う手法を開発した(図2)。開発には、統計力学で伝統的に利用されている“平均場近似”を利用している。平均場近似を利用することにより、組み合わせ爆発の問題で通常の意味では解析不可能な事後確率を実用的な処理時間内で解析可能となっている。この成果は、2018年度の自身の前身成果を拡張し、より一般的な場面で利用できるように改良したものである。提案手法を手書き数字画像認識のMNISTに適用した例を図3に示す。手書き数字画像を入力すると、対応の数字を応えるパターン認識システムに適用した例である。特定の数字を出力として与えると、それに応じて尤もそれらしい入力画像を逆推定する。図3を見ると、出力として指定した数字に類似した入力画像が推定されていることが確認できる。他の数字に比べると「9」の推定結果が曖昧に見える。これは、学習済ニューラルネットワークの「9」に対応する概念が、他に比べてハッキリしていないことを表わしている。

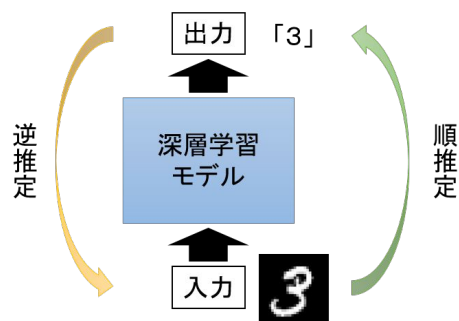


図2: 入出力順推定と逆推定

と、出力として指定した数字に類似した入力画像が推定されていることが確認できる。他の数字に比べると「9」の推定結果が曖昧に見える。これは、学習済ニューラルネットワークの「9」に対応する概念が、他に比べてハッキリしていないことを表わしている。



図3: MNISTにおける入出力逆推定結果

本手法は、いくつかの関連研究をもつ(例えば、smooth grad など)が、それらとは本質的に異なるものである。関連研究は特定の入力に対して上述のような解析を行うものが主である。対して本研究は、特定のデータに対してではなく、学習により獲得されたニューラルネットワークに対して適用されるものである。

(3) テーマ【3】に対する成果

空間モンテカルロ積分法と呼ばれる、最新の統計的近似計算法を導入することで、深層ボルツマンマシンに対する高精度の学習アルゴリズムを開発した。提案手法は、従来より使われている手法を凌駕する学習性能をもつことが確認されている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計29件（うち査読付論文 29件 / うち国際共著 6件 / うちオープンアクセス 15件）

1. 著者名 Kanno Yuri、Yasuda Muneki	4. 巻 -
2. 論文標題 Multi-layered Discriminative Restricted Boltzmann Machine with Untrained Probabilistic Layer	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of the 25th International Conference on Pattern Recognition	6. 最初と最後の頁 7655 ~ 7660
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ICPR48806.2021.9412359	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 Seung-II Cho, Minami Tsuchiya, Atsushi Tanaka, Muneki Yasuda, Tomochika Harada, and Michio Yokoyama	4. 巻 -
2. 論文標題 A Study on the Correlation Between the Subjective Satisfaction of Sleep and Phase of a 90-Minute Periodic Signal	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of the 2020 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications	6. 最初と最後の頁 37 ~ 39
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 Tomu Katsumata and Muneki Yasuda	4. 巻 -
2. 論文標題 Effective Fine-Tuning Algorithm for Deep Boltzmann Machine	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of the 2020 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications	6. 最初と最後の頁 29 ~ 32
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 Yasuda Muneki、Sekimoto Kaiji	4. 巻 103
2. 論文標題 Spatial Monte Carlo integration with annealed importance sampling	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review E	6. 最初と最後の頁 052118 ~ 052118
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevE.103.052118	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 Yasuda Muneki、Uchizawa Kei	4. 巻 33
2. 論文標題 A Generalization of Spatial Monte Carlo Integration	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Neural Computation	6. 最初と最後の頁 1037 ~ 1062
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1162/neco_a_01365	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 Cho Seung-Il、Tsuchiya Minami、Tanaka Atsushi、Yasuda Muneki、Harada Tomochika、Yokoyama Michio	4. 巻 11
2. 論文標題 Visualization and evaluation of the relation between the estimated sleep satisfaction levels using nonlinear multiple regression analysis and autonomic nervous system	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nonlinear Theory and Its Applications, IEICE	6. 最初と最後の頁 517 ~ 526
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/nolta.11.517	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 該当する

1. 著者名 Yasuda Muneki、En Yeo Xian、Ueno Seishirou	4. 巻 11
2. 論文標題 Consistent batch normalization for weighted loss in imbalanced-data environment	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nonlinear Theory and Its Applications, IEICE	6. 最初と最後の頁 454 ~ 465
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/nolta.11.454	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 該当する

1. 著者名 Tsuchiya Minami、Cho Seung-Il、Tanaka Atsushi、Yasuda Muneki、Harada Tomochika、Yokoyama Michio	4. 巻 20
2. 論文標題 Changing Tendency Analysis of Sleep Quality on the Basis of Temperature and Respiratory Frequency Using a Neural Network Model	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 INTERNATIONAL JOURNAL of FUZZY LOGIC and INTELLIGENT SYSTEMS	6. 最初と最後の頁 87 ~ 95
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5391/IJFIS.2020.20.2.87	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 該当する

1. 著者名 Takahashi Chako, Yasuda Muneki, Tanaka Kazuyuki	4. 巻 89
2. 論文標題 Adaptive Thouless?Anderson?Palmer Equation for Higher-order Markov Random Fields	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 064007 ~ 064007
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.89.064007	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 Yasuda Muneki, Sakata Hironori, Cho Seung-II, Harada Tomochika, Tanaka Atushi, Yokoyama Michio	4. 巻 10
2. 論文標題 An efficient test method for noise robustness of deep neural networks	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nonlinear Theory and Its Applications, IEICE	6. 最初と最後の頁 221 ~ 235
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/nolta.10.221	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 該当する

1. 著者名 Kataoka Shun, Yasuda Muneki	4. 巻 13
2. 論文標題 Bayesian Image Denoising with Multiple Noisy Images	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Review of Socionetwork Strategies	6. 最初と最後の頁 267 ~ 280
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s12626-019-00043-3	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 Yokoyama Yuuki, Katsumata Tomu, Yasuda Muneki	4. 巻 13
2. 論文標題 Restricted Boltzmann Machine with Multivalued Hidden Variables	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Review of Socionetwork Strategies	6. 最初と最後の頁 253 ~ 266
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s12626-019-00042-4	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 Yasuda Muneki, Katou Kouta, Mikuni Yoshitaka, Yokoyama Yuuki, Harada Tomochika, Tanaka Atushi, Yokoyama Michio	4. 巻 10
2. 論文標題 Detection of human-interaction network using Markov random field	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nonlinear Theory and Its Applications, IEICE	6. 最初と最後の頁 485 ~ 495
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/nolta.10.485	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 Tsuchiya Minami, Tanaka Atsushi, Yasuda Muneki, Harada Tomochika, Cho Seung-II, Yokoyama Michio	4. 巻 10
2. 論文標題 Estimation of sleep onset and awaking time using a deep neural network with physiological data during sleep	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nonlinear Theory and Its Applications, IEICE	6. 最初と最後の頁 366 ~ 372
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/nolta.10.366	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 該当する

1. 著者名 Tanaka Kazuyuki, Ohzeki Masayuki, Yasuda Muneki	4. 巻 13
2. 論文標題 Sublinear Computational Time Modeling by Momentum-Space Renormalization Group Theory in Statistical Machine Learning Procedures	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Review of Socionetwork Strategies	6. 最初と最後の頁 281 ~ 306
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s12626-019-00053-1	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 Yasuda Muneki, Obuchi Tomoyuki	4. 巻 53
2. 論文標題 Empirical Bayes method for Boltzmann machines	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 014004 ~ 014004
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1751-8121/ab57a7	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 Muneki Yasuda and Seishirou Ueno	4. 巻 -
2. 論文標題 Improvement of Batch Normalization in Imbalanced Data	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the 2019 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications	6. 最初と最後の頁 146 ~ 149
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 Seung-II Cho, Minami Tsuchiya, Atsushi Tanaka, Muneki Yasuda, Tomochika Harada, and Michio Yokoyama	4. 巻 -
2. 論文標題 A Study on the Relation Between the Estimated Sleep Satisfaction Levels Using Multiple Regression Analysis and Autonomic Nervous System	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the 2019 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications	6. 最初と最後の頁 153 ~ 156
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 該当する

1. 著者名 Atsushi Tanaka, Shin Nagasawa, Muneki Yasuda, Tomochika Harada, and Michio Yokoyama	4. 巻 -
2. 論文標題 Overcoming Chasm Phenomena in Diffusion on Cookpad Community	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the 2019 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications	6. 最初と最後の頁 150 ~ 152
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 YASUDA Muneki, WATANABE Junpei, KATAOKA Shun, TANAKA Kazuyuki	4. 巻 E101.D
2. 論文標題 Linear-Time Algorithm in Bayesian Image Denoising based on Gaussian Markov Random Field	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Information and Systems	6. 最初と最後の頁 1629 ~ 1639
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/transinf.2017EDP7346	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 Tanaka Kazuyuki, Nakamura Masamichi, Kataoka Shun, Ohzeki Masayuki, Yasuda Muneki	4. 巻 87
2. 論文標題 Momentum-Space Renormalization Group Transformation in Bayesian Image Modeling by Gaussian Graphical Model	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 085001 ~ 085001
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.87.085001	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 Cho Seung-II, Negishi Takumi, Tsuchiya Minami, Yasuda Muneki, Yokoyama Michio	4. 巻 18
2. 論文標題 Estimation System of Blood Pressure Variation with Photoplethysmography Signals Using Multiple Regression Analysis and Neural Network	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 INTERNATIONAL JOURNAL of FUZZY LOGIC and INTELLIGENT SYSTEMS	6. 最初と最後の頁 229 ~ 236
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5391/IJFIS.2018.18.4.229	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 Yasuda Muneki, Sakata Hironori, Cho Seung-II, Harada Tomochika, Tanaka Atushi, Yokoyama Michio	4. 巻 10
2. 論文標題 An efficient test method for noise robustness of deep neural networks	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nonlinear Theory and Its Applications, IEICE	6. 最初と最後の頁 221 ~ 235
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/nolta.10.221	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 Seung-II Cho, Minami Tsuchiya, Muneki Yasuda and Michio Yokoyama	4. 巻 152
2. 論文標題 Estimation System of Blood Pressure Variation Using Multiple Regression Analysis and Neural Network	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of the International Conference on Advances in Next Generation Computer and Information Technology V (NGCIT2018), Advanced Science and Technology Letters	6. 最初と最後の頁 61 ~ 64
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 Minami Tsuchiya, Atsushi Tanaka, Muneki Yasuda, Tomochika Harada, Seung-II Cho, and Michio Yokoyama	4. 巻 -
2. 論文標題 Estimation of Awakening Time Using a Deep Neural Network with Physiological Data During Sleep	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of the 2018 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications	6. 最初と最後の頁 27 ~ 30
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 Tomochika Harada, Michio Yokoyama, Muneki Yasuda, and Atsushi Tanaka	4. 巻 -
2. 論文標題 The Multiple Beacon System for Detection of the Gathering Degree of People in a Certain Place	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of the 2018 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications	6. 最初と最後の頁 31 ~ 33
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 Muneki Yasuda, Yoshitaka Mikuni, Yuuki Yokoyama, Tomochika Harada, Atsushi Tanaka, and Michio Yokoyama	4. 巻 -
2. 論文標題 Detecting Human-Interaction Networks Based on Statistical Machine Learning and Sparse Modeling	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of the 2018 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications	6. 最初と最後の頁 34 ~ 37
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 Atsushi Tanaka, Seung-II Cho, Muneki Yasuda, Tomochika Harada, and Michio Yokoyama	4. 巻 -
2. 論文標題 Community Analysis of Social Networks Based on Network Indexes	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of the 2018 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications	6. 最初と最後の頁 38 ~ 41
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 Seung-Il Cho, Muneki Yasuda, Minami Tsuchiya, Tomochika Harada, Atsushi Tanaka, and Michio Yokoyama	4. 巻 -
2. 論文標題 Estimation of Correlation between Multiple Parameters and Sleep Satisfaction Using Deep Neural Network for Pleasant Sleeping Support System	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of the 31th International Conference on Computer Applications in Industry and Engineering	6. 最初と最後の頁 26 ~ 30
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 -

[学会発表] 計26件 (うち招待講演 10件 / うち国際学会 11件)

1. 発表者名 Muneki Yasuda
2. 発表標題 Linear-Time Algorithm in Bayesian Image Denoising based on Gaussian Markov Random Field
3. 学会等名 International Workshop on Innovative Algorithms for Big Data (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Muneki Yasuda and Seishirou Ueno
2. 発表標題 Improvement of Batch Normalization in Imbalanced Data
3. 学会等名 2019 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Seung-Il Cho, Minami Tsuchiya, Atsushi Tanaka, Muneki Yasuda, Tomochika Harada, and Michio Yokoyama
2. 発表標題 A Study on the Relation Between the Estimated Sleep Satisfaction Levels Using Multiple Regression Analysis and Autonomic Nervous System
3. 学会等名 2019 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Atsushi Tanaka, Shin Nagasawa, Muneki Yasuda, Tomochika Harada, and Michio Yokoyama
2. 発表標題 Overcoming Chasm Phenomena in Diffusion on Cookpad Community
3. 学会等名 2019 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Muneki Yasuda
2. 発表標題 Empirical Bayes method for Boltzmann machines
3. 学会等名 Workshop on Statistical Physics of Disordered Systems and Its Applications (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 安田宗樹
2. 発表標題 ボルツマンマシンのグラフマイニングへの応用
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 勝亦利宗, 安田宗樹
2. 発表標題 スパース中間層を持つ制限ボルツマンマシン分類器
3. 学会等名 情報処理学会第82回全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 加藤航太, 安田宗樹
2. 発表標題 経験ベイズ法を用いた連続値ボルツマンマシンのハイパーパラメータ推定
3. 学会等名 情報処理学会第82回全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 千田翼, 安田宗樹
2. 発表標題 ニューラルネットワーク上の入出力逆問題と相互情報量の解析
3. 学会等名 情報処理学会第82回全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 菅野友理, 安田宗樹
2. 発表標題 確率的極端学習機械による制限ボルツマンマシン分類器の多層化
3. 学会等名 情報処理学会第82回全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Seung-Il Cho, Minami Tsuchiya, Muneki Yasuda and Michio Yokoyama
2. 発表標題 Estimation System of Blood Pressure Variation Using Multiple Regression Analysis and Neural Network
3. 学会等名 The International Conference on Advances in Next Generation Computer and Information Technology V (NGCIT2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名	Minami Tsuchiya, Atsushi Tanaka, Muneki Yasuda, Tomochika Harada, Seung-II Cho, and Michio Yokoyama
2. 発表標題	Estimation of Awakening Time Using a Deep Neural Network with Physiological Data During Sleep
3. 学会等名	The 2018 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications (NOLTA2018) (国際学会)
4. 発表年	2018年

1. 発表者名	Tomochika Harada, Michio Yokoyama, Muneki Yasuda, and Atsushi Tanaka
2. 発表標題	The Multiple Beacon System for Detection of the Gathering Degree of People in a Certain Place
3. 学会等名	The 2018 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications (NOLTA2018) (国際学会)
4. 発表年	2018年

1. 発表者名	Muneki Yasuda, Yoshitaka Mikuni, Yuuki Yokoyama, Tomochika Harada, Atsushi Tanaka, and Michio Yokoyama
2. 発表標題	Detecting Human-Interaction Networks Based on Statistical Machine Learning and Sparse Modeling
3. 学会等名	The 2018 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications (NOLTA2018) (国際学会)
4. 発表年	2018年

1. 発表者名	Atsushi Tanaka, Seung-II Cho, Muneki Yasuda, Tomochika Harada, and Michio Yokoyama
2. 発表標題	Community Analysis of Social Networks Based on Network Indexes
3. 学会等名	The 2018 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications (NOLTA2018) (国際学会)
4. 発表年	2018年

1. 発表者名 Seung-Il Cho, Muneki Yasuda, Minami Tsuchiya, Tomochika Harada, Atsushi Tanaka, and Michio Yokoyama
2. 発表標題 Estimation of Correlation between Multiple Parameters and Sleep Satisfaction Using Deep Neural Network for Pleasant Sleeping Support System
3. 学会等名 The 31th International Conference on Computer Applications in Industry and Engineering (CAINE2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 安田宗樹
2. 発表標題 ディープラーニングとパターン認識、最先端の人工知能へ
3. 学会等名 株式会社トリケップスセミナー (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 安田宗樹
2. 発表標題 確率的グラフィカルモデルの基礎とその応用
3. 学会等名 株式会社日本テクノセンターセミナー (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 安田宗樹
2. 発表標題 統計的機械学習
3. 学会等名 第37回日本医用画像工学会大会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 安田宗樹
2. 発表標題 人と機械のデータサイエンス
3. 学会等名 第54回日本眼光学学会総会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 安田宗樹
2. 発表標題 確率的グラフィカルモデルの基礎と人工知能への応用
3. 学会等名 株式会社日本テクノセンターセミナー（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 安田宗樹
2. 発表標題 ディープラーニングとパターン認識、最先端の人工知能へ
3. 学会等名 株式会社トリケップスセミナー（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 安田宗樹
2. 発表標題 ディープラーニングの基礎の考え方と実践のコツ～最新の人工知能技術の本質と実践法を理解する～
3. 学会等名 株式会社R&D支援センターセミナー（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 安田宗樹
2. 発表標題 確率的グラフィカルモデルの基礎とその応用 ~データ生成モデル、データマイニング、そして、人工知能への応用~
3. 学会等名 株式会社トリケップスセミナー（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高橋茶子, 安田宗樹, 田中和之
2. 発表標題 適応 Thouless-Anderson-Palmer 近似による勾配法を用いた制限ボルツマンマシンの学習
3. 学会等名 第21回情報論的学習理論ワークショップ (IBIS2018)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 安田宗樹, 小淵智之
2. 発表標題 レプリカ法を用いたボルツマンマシンに対する経験ベイズ推定
3. 学会等名 日本物理学会 第74回年次大会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 Irina Rish, Genady Ya. Grabarnik、竹澤邦夫、大関真之、高橋茶子、竹田晃人、徳田悟、藤本晃司、安田宗樹	4. 発行年 2019年
2. 出版社 ジャムハウス	5. 総ページ数 248
3. 書名 スパースモデリング 理論、アルゴリズム、応用	

1. 著者名 片岡駿, 大関真之, 安田宗樹, 田中和之	4. 発行年 2018年
2. 出版社 共立出版	5. 総ページ数 262
3. 書名 画像処理の統計モデリング 確率的グラフィカルモデルとスパースモデリングからのアプローチ	

〔産業財産権〕

〔その他〕

成果に関する web ページ http://www.adv-pip.yz.yamagata-u.ac.jp/~muneki/index.html

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

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