研究成果報告書 科学研究費助成事業

今和 4 年 6 月 8 日現在

機関番号: 11301

研究種目: 基盤研究(B)(一般)

研究期間: 2018~2020

課題番号: 18H03303

研究課題名(和文)量子統計的機械学習システム設計理論の創出とその実践

研究課題名(英文)Creation of design theory of quantum statistical machine learning system and its realization

研究代表者

田中 和之 (Kazuyuki, Tanaka)

東北大学・情報科学研究科・教授

研究者番号:80217017

交付決定額(研究期間全体):(直接経費) 13,300,000円

研究成果の概要(和文):確率伝搬法による確率的グラフィカルモデルの教師あり学習の定式化を一般化された密度行列の教師あり学習への拡張を,量子力学的に拡張されたクラスター変分法の立場から定式化した.さらに従来の潜在変数を伴う確率的グラフィカルモデルによる統計的機械学習理論の量子力学的拡張による再定式化を行り、基本のBook Chapter (https://doi.org/10.1007/978-981-16-4095-7_10)として公開した。さらに, 画像生成などの応用例において低次元状態ベクトルの範囲での量子統計的機械学習システムの範囲で良好な性能が期待できることを示すことができたことが主な成果である.

研究成果の学術的意義や社会的意義 近年のD-Waveによる量子コンピュータの開発の成功は,量子力学的効果を取り入れた計算方式に対する期待を大きく加速している。この開発された量子コンピュータは組み合わせ最適化問題に特化した構造に設計され,その最適化問題の解の探索過程においてトンネル現象が確認されたという報告があり,「最適解探索の過程でのトンネル現象の発現の有無」という問いについては確認が進められつつある。その一方で本研究計画の成果により未来の予測を最適化問題として定式化する上での量子力学的重複合わせをもとに構成された状態を本質的に取り込 んだ問題設定とその解法の構築を行うことができたことが学術的・社会的意義と位置付けている.

研究成果の概要(英文): Some formulations of supervised learning of probabilistic graphical models by conventional belief propagation methods have extended to supervised learning by means of density matrices from the standpoint of quantum mechanical version of cluster variational method. The formulations for quantum statistical supervised learning was released as the book chapter of English book (https://doi.org/10.1007/978-981-16-4095-7_10). Furthermore, we have shown that good performance can be expected in the quantum statistical machine learning systems with low-dimensional state vectors for some application examples such as image generation.

研究分野: 確率的情報処理

キーワード:確率的情報処理 統計的機械学習理論 情報統計力学 マルコフ確率場 ベイズ統計

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。

1.研究開始当初の背景

計算理論,学習理論に量子力学的重ね合わせの効果を応用する試みは 1980 年代に「エネルギーを消費なしの計算の可能性」、「計算量爆発を起こす問題設定に対する有効性」などが指摘される中,1994年の P.W. Shor 氏による素因数分解のアルゴリズムの登場により学術的関心が急速に高まることとなる.

1997 年の東京工業大学の西森秀稔氏らによる量子アニーリング法の考案により,これまで解決困難とされてきた計算科学の諸問題の突破口を見出す可能性を膨らませることとなる.計算科学の諸問題の多くは最適化問題として定式化する事が可能であり,そのような問題を問題の数理構造に合わせて高速のアルゴリズムを考案するか,最適化問題として捉えるかによりそのあとのアプローチは大きく異なることとなる.最適化問題として捉える場合,アルゴリズムの視点は最適解探索という1点に絞られるため汎用性のある形に構成されるが,その一方で,個々の問題の特性に合わせたアルゴリズムに比べてどうしても高速化という点で劣らざるを得ない側面がつきまとっていた.西森氏の量子アニーリング法はこのような計算理論の限界を打破する革新的な手法として国内外から常に注目され続けていた.

西森氏の量子アニーリング法が高速のアルゴリズムを提供できる大きなポイントはトンネル現象(すなわち探索空間においてある解から全く異なる解に元々の問題設定では見えていなかった異次元的空間を通って移り変わる)という量子力学特有の現象が高速化を引き起こすという革新的な考え方がその根底にあったが、「実際の計算過程でどのようにトンネル現象が起こっているのか?」という「問い」が常につきまとった。そしてそれ以上に核心的な問いは「そもそも量子力学的な重ね合わせにより構成された解といいものは問題設定上、解を探索する上での一時的なものであり、実際の問題設定における最終的な解において消滅させてしまって良いものなのか?」という問いである。量子力学が出現した時に「シュレディンガーの猫」というパラドックスがある。「箱の中の猫は生きているのか?死んでいるのか?」というものである。観測できない状況、例えば我々の未来もその一つである。1時間後に自分は何をしているのか?「お茶を飲んでいるかもしれない」、「突然の来客と話をしているかもしれない」という様々の可能性が想定されるがそのどの状態かを確定はできない。できることはそれぞれの可能性を考えることだけである。このような未来の予測を最適化問題として定式化するならいくつかの可能性のある状態の重ね合わせという形で考えることはごく自然な発想ではないだろうか。

近年の D-Wave による 1000qubit クラスの量子コンピュータの開発の成功は ,量子力学的効果を取り入れた計算方式に対する期待を大きく加速している . そしてこの開発された量子コンピュータは組み合わせ最適化問題に特化した構造に設計され , その最適化問題の解の探索過程においてトンネル現象が確認されたという報告があり ,上述の前者の「最適解探索の過程でのトンネル現象の発現の有無」という問いについては確認が進められつつある .その一方で未来の予測を最適化問題として定式化する上での量子力学的重ね合わせをもとに構成された状態を本質的に取り込んだ問題設定とその解法の構築という「問い」に対する答えは得られていないのが現状であり , これを本研究の核心をなす学術的「問い」として位置付けている .

2.研究の目的

本研究の目的は量子力学的重ね合わせにより構成された状態をもとに構成された解空間における最適化問題と最尤推定の定式化を出発点として,その解探索アルゴリズムの構築と量子コンピュータへの実装に向けての基盤整備を行うことを目的とする.

その学術的独自性は,量子力学的解空間を本質的に取り込んだ評価関数の構築を通して,量子力学的状態を我々の未来の状態として受け入れた問題設定を行う点にある.現在,進められている量子コンピュータの研究は既存の最適化問題を高速に解くアルゴリズムとしての量子アニーリング法を如何に実装するかという視点で進められている.このこと自身は最適化問題を基盤とする人工知能システムを量子コンピュータにより如何に加速するかという点で革新的な展開が期待される.しかしながら,量子コンピュータは我々に「速さ」だけをもたらす存在なのであるうか?我々が異なる状態の重ね合わせの状態を受け入れた時,そこから広がる計算パラダイムの本質はそれだけではないのではないだろうか?そして,現在進められている量子アニーリング法の研究そのものも実はその計算過程の中に我々が本当に必要とする多くの情報が隠されているのではないだろうか?本研究課題では,量子コンピュータに,単なる高速の計算マシンではなく,我々の未来を複数の未来の重ね合わせというこれまでにない形で予測する預言者としての地位を与えるという創造性を有するものである

3.研究の方法

本研究は教師あり量子統計的機械学習理論の定式化を出発点として潜在変数を伴う確率的グラフィカルモデルの量子統計的機械学習理論の確立へと展開し、最終的に量子力学的自由度の機械学習システムにおける有効性を明らかにし、この従来にはない自由度を有する革新的機械学習システムの設計理論の基盤整備を行おうとするものである、具体的には以下の段階を踏むこ

とでこれらを明らかにしようとするものである.

[A] 教師あり量子統計的機械学習理論の定式化

• M. Yasuda, S. Kataoka and K. Tanaka: Inverse Problem in Pairwise Markov Random Fields using Loopy Belief Propagation, Journal of the Physical Society of Japan, Vol.81, No.4, Article ID.044801, 2014.

において定式化された確率伝搬法による確率的グラフィカルモデルの教師あり学習の定式化を 一般化された密度行列の教師あり学習へと拡張する.

- [B] 潜在変数を伴う確率的グラフィカルモデルの量子統計的機械学習理論の確立
 - K.Tanaka and K. Tsuda: A Quantum-Statistical-Mechanical Extension of Gaussian Mixture Model, Journal of Physics: Conference Series, Vol.95, Article ID.012023, 2008

において潜在変数間に相互作用のない確率的グラフィカルモデルに対して提案した量子力学的に拡張された EM アルゴリズム (期待値最大化アルゴリズム, Expectation Maximization Algorithm)の潜在変数間に相互作用を持つ量子統計的グラフィカルモデルへの拡張を量子統計的クラスター変分法, すなわち一般化された量子統計的確率伝搬法をもとに定式化する.

[C] 実データに基づく量子統計的機械学習理論の有効性の検証

上記[A], [B]の定式化をもとに公開されたデータベースシステムによるパターン認識,ゲノム解析などの学術的データからに対する検証にも展開する.さらに災害時の避難計画を視野に入れた交通予測,破壊検査を伴わない都市インフラ設備の老朽化予測などの熟練技能を要しながらこれまで専門技能を要する人手に頼ってきた様々の問題への適用の可能性を検討する.

4. 研究成果

2018 年度は研究代表者および分担者の学術論文「M. Yasuda, S. Kataoka and K. Tanaka: Inverse Problem in Pairwise Markov Random Fields using Loopy Belief Propagation. Journal of the Physical Society of Japan, Vol.81, No.4, Article ID.044801, 2014.」に おいて定式化された確率伝搬法による確率的グラフィカルモデルの教師あり学習の定式化を一 般化された密度行列の教師あり学習へと拡張することで教師あり量子統計的機械学習理論の定 式化を行った.その定式化は一般化された確率伝搬法に拡張できる高度の汎用化された数理構 造を持つことが解明された.同時に研究代表者が潜在変数間に相互作用のない確率的グラフィ カルモデルに対して提案した量子力学的に拡張された EM アルゴリズム (期待値最大化アルゴリ ズム, Expectation Maximization Algorithm)の潜在変数間に相互作用を持つ量子統計的グラ フィカルモデルへの拡張についての定式化も並行して進めた、量子力学的に拡張された EM アル ゴリズムの安定性は事前分布としての密度行列における相転移の発現機構と密接な関係があり、 安定性保証の観点からいくつかの基本的な量子統計的グラフィカルモデルの相転移の発現メカ ニズムについての解析も重ない,その成果の一部は Journal of the Physical Society of Japan, Physical Review E などに公開済みである,また, King's Colledge Londonの Ton Coolen 教授 ,University of Roma La Sapienzaの Federico Ricci-Tersenghi 准教授 ,台湾国立清華大 学の Chiou-Ting Candy Hsu 教授から助言を受け, 2019 年度に向けての計画遂行のための方針を 確認しながら進めることができた .現在 ,これらの研究者の助言をもとに本研究計画を起点とす る国際共同研究への展開を検討するに至っている.

2019 年度は研究代表者および分担者の学術論文「M. Yasuda, S. Kataoka and K. Tanaka: Inverse Problem in Pairwise Markov Random Fields using Loopy Belief Propagation. Journal of the Physical Society of Japan, Vol.81, No.4, Article ID.044801, 2014」にお いて定式化された確率伝搬法による確率的グラフィカルモデルの教師あり学習の定式化を一般 化された密度行列の教師あり学習へと拡張することで教師あり量子統計的機械学習理論の実装 を行いつつ、同時に研究代表者が潜在変数間に相互作用のない確率的グラフィカルモデルに対 して提案した.量子力学的に拡張された EM アルゴリズム(期待値最大化アルゴリズム)の潜在変 数間に相互作用を持つ量子統計的グラフィカルモデルへの拡張を進めた.これらの実装を進め る上で,将来的に量子アニーリングマシンへの実装の検討も進めており,特に現在実用化されて いる量子アニーリングマシンのフェアサンプリングのメカニズムについても検討を合わせて行 なっている.また,Ton Coolen 教授(Radboud University)との2回の打合せにより量子力学的 に拡張された機械学習アルゴリズムの動的性質の統計解析手法を動的レプリカ法の導入による 定式化の基本的方針の確認を行うことができたことは当初の計画では想定されなかった特出し た成果の一つである.Federico Ricci-Tersenghi 教授 (University de Roma, La Sapienza)と の打合せにおいて確率的グラフィカルモデルの準安定状態の新しい列挙手法を開発したことも また, 当初の計画では想定されなかった成果である.

2020 年度は 2019 年度から継続して,確率伝搬法による確率的グラフィカルモデルの教師あり学習の定式化を一般化された密度行列の教師あり学習へと拡張することで教師あり量子統計的機械学習理論の実装を行いつつ,同時に研究代表者が潜在変数間に相互作用のない確率的グラフィカルモデルに対して提案した量子力学的に拡張された EM アルゴリズム(期待値最大化アルゴリズム, Expectation Maximization Algorithm)の潜在変数間に相互作用を持つ量子統計的グラフィカルモデルへの拡張を継続して進めた. さらに 2019 年度において Ton Coolen 教授

(Radboud University, Netherlands)との協力関係のもとで行った量子力学的に拡張された機械学習アルゴリズムの動的性質の統計解析手法を動的レプリカ法の導入を継続して行う予定であったが,新型コロナ感染拡大のためオランダへの渡航が困難となり,2021 年度への繰越により持ち越さざるを得なかった.また,2019 年度の Federico Ricci-Tersenghi 教授(University de Roma, La Sapienza, Italy)との研究打ち合わせにより着想を得た確率的グラフィカルモデルの一次相転移の発現機構の準安定状態の列挙を通しての解析法を量子統計的機械学習理論にも展開することも同様の状況により2021 年度に持ち越さざるを得なかった.2021 年度も新型コロナ感染状況は改善しなかったため,リモートによる打ち合わせの中で計画を続行し,量子力学的に拡張された機械学習アルゴリズムの動的性質の統計解析手法および確率的グラフィカルモデルの一次相転移の発現機構の準安定状態の列挙を通しての解析法について定式化を行った.

統計的機械学習および漁師統計的機械学習において本研究計画で得られた成果の一部を体系化し、書籍「Naoki Katoh, Yuya Higashikawa, Hiro Ito, Atsuki Nagao, Tetsuo Shibuya, Adnan SIjoka, Kazuyuki Tanaka, Yushi Uno (Editors): Sublinear Computation Paradigm Algorithmic Revolution in the Big Data Era, Springer, 2020 (ISBN: 978-981-16-4095-7, DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-16-4095-7)」の「Part IV: Sublinear Modelling」における

- Chapter 10 Review of Sublinear Modeling in Probabilistic Graphical Models by Statistical Mechanical Informatics and Statistical Machine Learning Theory (Kazuyuki Tanaka,pp.165-275),
- Chapter 11. Empirical Bayes Method for Boltzmann Machines (Muneki Yasuda, pp.277-pp.317),
- Chapter 12. Dynamical Analysis of Quantum Annealing (Anthony C. C. Coolen, Theodore Nikoletopous, Shunta Arai, Kazuyuki Tanaka),
- Chapter 13. Mean-Field Analysis of Sourlas Codes with Adiabatic Reverse Annealing (Shunta Arai, pp.319-pp.334)

として出版した.

[A] 教師あり量子統計的機械学習理論の定式化

 M. Yasuda, S. Kataoka and K. Tanaka: Inverse Problem in Pairwise Markov Random Fields using Loopy Belief Propagation, Journal of the Physical Society of Japan, Vol.81, No.4, Article ID.044801, 2014.

において定式化された確率伝搬法による確率的グラフィカルモデルの教師あり学習の定式化を一般化された密度行列の教師あり学習への拡張を,量子力学的に拡張されたクラスター変分法の立場から定式化し,さらに Adaptive TAP 法を組み合わせる形で,任意のグラフ表現を有する量子統計的グラフィカルモデルの定式化という新たな展開が得られた.この定式化は上述の書籍「Sublinear Computation Paradigm Algorithmic Revolution in the Big Data Era, Springer, 2020」の Chapter 10 において体系化する形で公開した.

[B] 潜在変数を伴う確率的グラフィカルモデルの量子統計的機械学習理論の確立

研究代表者がこれまで進めてきた従来の潜在変数を伴う確率的グラフィカルモデルによる統計的機械学習システムの量子力学的拡張による再定式化を行い、その成果の一部を上述の書籍「Sublinear Computation Paradigm Algorithmic Revolution in the Big Data Era, Springer, 2020」の Chapter 10 において体系化する形で公開した.さらに、Boltzmann Machine を量子力学的に拡張し、Quantum Boltzmann Machine へと拡張し、画像生成における性能評価を行い、低次元潜在変数ベクトルの中でも量子力学的に拡張することで十分に良好な学習を行うことができることを立証したことは特出した成果であり、その成果の一部を

 Takehito Sato, Masayuki Ohzeki and Kazuyuki Tanaka: Assessment of Image Generation by Quantum Annealer, Scientific Reports, Vol.11 (June 2021), Article ID.13523 (10 pages) (DOI: https://doi.org/10.1038/s41598-021-92295-9).

として公開した.さらに,量子力学的に拡張された2値パーセプトロンによるTeacher-Student Learningに定式化を進め,その中で自由エネルギー地形の詳細を解析し,特定のハイパパラメータの方向にその地形がなだらかとなる描像が存在することを発見し,これが学習の性能の向上につながるという知見を得ることができた.その成果の一部は

 Shunta Arai, Masayuki Ohzeki, and Kazuyuki Tanaka: Teacher-Student Learning for a Binary Perceptron with Quantum Fluctuations, Journal of the Physical Society of Japan, Vol.90, No.7 (July 2021), Article ID.074002 (11 pages) (DOI: https://doi.org/10.7566/JPSJ.90.074002).

として公開している.

- [C] 実データに基づく量子統計的機械学習理論の有効性の検証
 - 災害時の避難計画を視野に入れた交通予測について
 - ・ 量子アニーリングを用いた非負値行列分解による音源分離
 - ・ 量子アニーリングによるポートフォリオ最適化のレプリカ解析

- D-Wave Hybrid Solver を用いた「ぐるなび」のレコメンデーション最適化量子アニーリングを用いた信号の最適化

などにおいて実証実験を行い、その成果の一部は日本物理学会年次大会及び秋季大会で公開し ている.

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計12件(うち査読付論文 12件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 10件)

〔 雑誌論文〕 計12件(うち査読付論文 12件/うち国際共著 0件/うちオーブンアクセス 10件)	
1.著者名	4 . 巻
Ami S. Koshikawa, Masayuki Ohzeki, Tadashi Kadowaki, Kazuyuki Tanaka	90
2 *&++##	r 28/=/=
2 . 論文標題 Benchmark Test of Black-box Optimization Using D-Wave Quantum Annealer	5 . 発行年 2021年
- 101	
3.雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan	6 . 最初と最後の頁 064001~064001
根料やかの001 / ゴジカリナブジーカト	木芸の左毎
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.90.064001	査読の有無 有
オープンアクセス	国際共業
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 Takehiro Sato, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka	4.巻 11
2.論文標題	5.発行年
Assessment of image generation by quantum annealer	2021年
3 . 雑誌名	6.最初と最後の頁
Scientific Reports	13523 ~ 13523
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)	査読の有無
10.1038/s41598-021-92295-9	有
オープンアクセス	国際共著
オープンアクセスとしている(また、その予定である)	
1.著者名	4.巻
Shunta Arai, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka	90
2.論文標題	5 . 発行年
Teacher-Student Learning for a Binary Perceptron with Quantum Fluctuations	2021年
3.雑誌名	6.最初と最後の頁
Journal of the Physical Society of Japan	074002 ~ 074002
IR SELACT. AND CONTRACTOR OF THE CONTRACTOR OF T	
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.90.074002	査読の有無 有
オープンアクセス	国際共著
オープンアクセスとしている(また、その予定である)	-
1 . 著者名 Shunta Arai, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka	4.巻 3
0 *A-1FIF	5 7%/= 5
2.論文標題 Mean field analysis of reverse annealing for code-division multiple-access multiuser detection	5 . 発行年 2021年
3 . 雑誌名	6.最初と最後の頁
Physical Review Research	033006 ~ 033006
掲載論文のDOI(デジタルオプジェクト識別子)	査読の有無
10.1103/PhysRevResearch.3.033006	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
1. 著者名	4.巻
Masayuki Yamamoto, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka	89
2.論文標題	5.発行年
Fair sampling by simulated annealing on quantum annealer	2020年
3.雑誌名	6.最初と最後の頁
Journal of the Physical Society of Japan	1-2
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)	 査読の有無
10.7566/JPSJ.89.025002	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
	T
1 . 著者名 Kazuyuki Tanaka, Masayuki Ohzeki, Muneki Yasuda	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(デジタルオプジェクト識別子) 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 Chako Takahashi, Masayuki Ohzeki, Shuntaro Okada, Masayoshi Terabe, Shinichiro Taguchi, Kazuyuki Tanaka	4.巻 87
2.論文標題 Statistical-Mechanical Analysis of Compressed Sensing for Hamiltonian Estimation of Ising Spin Glass	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 074001~074001
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.87.074001	 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 Kazuyuki Tanaka, Masamichi Nakamura, Shun Kataoka, Masayuki Ohzeki, Muneki Yasuda	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

Nesayuki Obzeki, Chako Takahashi, Shuntaro Okade, Masayushi Terabe, Shinichiro Taguchi, Razuyuki Tanaka 2. 論文神聴		
Nesayuki Obzeki, Chako Takahashi, Shuntaro Okada, Wasayushi Terabe, Shinichiro Taguchi, Kazuyuki Tanaka	│ 1.著者名	4 . 巻
Kazuyuki Tanaka 2 : 論文理題 2018年		
2 : 論文程語		3
Quantum annealing: next-generation computation and how to implement it when information is missing as with the instance of the provided in		
Quantum annealing: next-generation computation and how to implement it when information is missing as with the instance of the provided in	2 . 論文標題	5 . 発行年
### ### ### ### ### ### ### ### ### ##		
3 . 削減名 Nonlinear Theory and Its Applications, IEICE 超額なのDOI(デジタルオブジェクト部別子) 10.1587/nolta.9.392 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) 1 . 著名名 Shuntaro Okada, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 2 . 論文標題 Phase Diagrams of One-Dimensional Ising and XY Models with Fully Connected Ferromagnetic and Anti-Ferromagnetic Cuantum Fluctuations 3 . 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan おープンアクセス カープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 1 . 著名名 Shuntaro Okada, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 2 . 論文標題 Difference between Quantum Annealing by Imaginary-Time and Real-Time Schr?dinger Equations of Server's Search 3 . 種籍名 Journal of the Physical Society of Japan 第 3 . 種籍名 Shuntaro Okada, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 5 . 発行年 2019年 202403 - 024003 - 024003 202403 - 024003 - 024003 202403 - 024003 - 024003 202403 - 024003 - 024003 202403 - 024003 - 024003 202403 - 024003 -		2010年
Nonlinear Theory and Its Applications, IEICE 382~405 382~4	missing	
Nonlinear Theory and Its Applications, IEICE 382~405 382~4	3 雑誌名	6 最初と最後の百
超戦論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 国際共著 オープンアクセス 国際共著 オープンアクセス オープンアクセス 日際共著 オープンアクセスとしている(また、その予定である) イ・登 88 名 4. 登 88 名 4. 登 88 名 4. 登 88 名 4. 章 88 名 4. 章 88 名 4. 章 88 名 88 名 89 89 89 89		
1. 著名名 Shuntaro Okada, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 1. 著名名 Shuntaro Okada, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 2. 論文標題 Phase Diagrams of One-Dimensional Ising and XY Models with Fully Connected Ferromagnetic and Anti-Ferromagnetic Quantum Fluctuations 3. 孫語名 Journal of the Physical Society of Japan 3. 孫語名 Journal of Okada, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 4. 登 Baibo 句報 1. 著名名 Shuntaro Okada, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 2. 論文標題 Difference between Quantum Annealing by Imaginary-Time and Real-Time Schr?dinger Equations of Grover's Search 3. 孫語名 Journal of the Physical Society of Japan 6. 最初と最後の頁 Oza4603 - Oza4603 7. 第20 日本 中央	Nonlinear Theory and Its Applications, IEICE	392 ~ 405
1. 著名名 Shuntaro Okada, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 1. 著名名 Shuntaro Okada, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 2. 論文標題 Phase Diagrams of One-Dimensional Ising and XY Models with Fully Connected Ferromagnetic and Anti-Ferromagnetic Quantum Fluctuations 3. 孫語名 Journal of the Physical Society of Japan 3. 孫語名 Journal of Okada, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 4. 登 Baibo 句報 1. 著名名 Shuntaro Okada, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 2. 論文標題 Difference between Quantum Annealing by Imaginary-Time and Real-Time Schr?dinger Equations of Grover's Search 3. 孫語名 Journal of the Physical Society of Japan 6. 最初と最後の頁 Oza4603 - Oza4603 7. 第20 日本 中央		
1. 著名名 Shuntaro Okada, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 1. 著名名 Shuntaro Okada, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 2. 論文標題 Phase Diagrams of One-Dimensional Ising and XY Models with Fully Connected Ferromagnetic and Anti-Ferromagnetic Quantum Fluctuations 3. 孫語名 Journal of the Physical Society of Japan 3. 孫語名 Journal of Okada, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 4. 登 Baibo 句報 1. 著名名 Shuntaro Okada, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 2. 論文標題 Difference between Quantum Annealing by Imaginary-Time and Real-Time Schr?dinger Equations of Grover's Search 3. 孫語名 Journal of the Physical Society of Japan 6. 最初と最後の頁 Oza4603 - Oza4603 7. 第20 日本 中央		
1. 著名名 Shuntaro Okada, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 1. 著名名 Shuntaro Okada, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 2. 論文標題 Phase Diagrams of One-Dimensional Ising and XY Models with Fully Connected Ferromagnetic and Anti-Ferromagnetic Quantum Fluctuations 3. 孫語名 Journal of the Physical Society of Japan 3. 孫語名 Journal of Okada, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 4. 登 Baibo 句報 1. 著名名 Shuntaro Okada, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 2. 論文標題 Difference between Quantum Annealing by Imaginary-Time and Real-Time Schr?dinger Equations of Grover's Search 3. 孫語名 Journal of the Physical Society of Japan 6. 最初と最後の頁 Oza4603 - Oza4603 7. 第20 日本 中央		
コープンアクセス コープンアクセスとしている(また、その予定である) コ・著名名 Shuntaro Okada, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 2. 論文標題 Phase Diagrams of Des-Dimensional Ising and XY Models with Fully Connected Ferromagnetic and Anti-Ferromagnetic Quantum Fluctuations 3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan コ・デンアクセスではない、又はオープンアクセスが固難 コ・著名名 Shuntaro Okada, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 2. 論文標題 Difference between Quantum Annealing by Imaginary-Time and Real-Time Schr?dinger Equations of Grover's Search Journal of the Physical Society of Japan コ・デンアクセス はない、又はオープンアクセスで開発 コ・デンアクセスではない、又はオープンアクセスが回難 コ・著名名 Shuntaro Okada, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 2. 論文標題 Journal of the Physical Society of Japan コ・大き Search Suchada Society of Japan コ・デンアクセス 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 コ・デンアクセス 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 コ・デンタ 表示 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 コ・デンタ 表示 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 コ・ディン 表示 Search Suchada Such	掲載論文のDOI(デジタルオフジェクト識別子)	査読の有無
コープンアクセス コープンアクセスとしている(また、その予定である) コ・著名名 Shuntaro Okada, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 2. 論文標題 Phase Diagrams of Des-Dimensional Ising and XY Models with Fully Connected Ferromagnetic and Anti-Ferromagnetic Quantum Fluctuations 3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan コ・デンアクセスではない、又はオープンアクセスが固難 コ・著名名 Shuntaro Okada, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 2. 論文標題 Difference between Quantum Annealing by Imaginary-Time and Real-Time Schr?dinger Equations of Grover's Search Journal of the Physical Society of Japan コ・デンアクセス はない、又はオープンアクセスで開発 コ・デンアクセスではない、又はオープンアクセスが回難 コ・著名名 Shuntaro Okada, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 2. 論文標題 Journal of the Physical Society of Japan コ・大き Search Suchada Society of Japan コ・デンアクセス 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 コ・デンアクセス 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 コ・デンタ 表示 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 コ・デンタ 表示 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 コ・ディン 表示 Search Suchada Such	10 1587/polta 9 392	右
*** - オープンアクセスとしている(また、その予定である) 1. 著者名 Shuntaro Okada, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 2. 論文標題 Phase Diagrams of One-Dimensional Ising and XY Models with Fully Connected Ferromagnetic and Anti-Ferromagnetic Quantum Fluctuations 3. 種語名 Journal of the Physical Society of Japan (2. 最初と最後の頁 024802 - 024802	10.1307/110114.9.392	Ħ
*** - オープンアクセスとしている(また、その予定である) 1. 著者名 Shuntaro Okada, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 2. 論文標題 Phase Diagrams of One-Dimensional Ising and XY Models with Fully Connected Ferromagnetic and Anti-Ferromagnetic Quantum Fluctuations 3. 種語名 Journal of the Physical Society of Japan (2. 最初と最後の頁 024802 - 024802		
*** - オープンアクセスとしている(また、その予定である) 1. 著者名 Shuntaro Okada, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 2. 論文標題 Phase Diagrams of One-Dimensional Ising and XY Models with Fully Connected Ferromagnetic and Anti-Ferromagnetic Quantum Fluctuations 3. 種語名 Journal of the Physical Society of Japan (2. 最初と最後の頁 024802 - 024802	オープンアクセス	国際共著
1 ・著名名 Shuntaro Okada, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 2 ・論文標題 Phase Diagrams of One-Dimensional Ising and XY Models with Fully Connected Ferromagnetic and Anti-Ferromagnetic Quantum Fluctuations 3 ・練誌名 Journal of the Physical Society of Japan 6 ・最初と最後の頁 024802 - 024802 日本・プンアクセス 日本・プンアクセス 日本・プンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 1 ・著名名 Shuntaro Okada, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 2 ・論文標題 Difference between Quantum Annealing by Imaginary-Time and Real-Time Schr?dinger Equations of Grover's Search Journal of the Physical Society of Japan 日本・プンアクセス 日本・プンアクセス 日本・プンアクセス 日本・プンアクセス・日本・「大きない」、又はオープンアクセスが困難 5 ・発行年 2019年 日本・アンファクセス・「大きない」、		
88 2 . 論文標題 Phase Diagrams of One-Dimensional Ising and XY Models with Fully Connected Ferromagnetic and Anti-Ferromagnetic Quantum Fluctuations 3 . 確認器 Journal of the Physical Society of Japan 6 . 最初と最後の頁 (24802 ~ 024803 ~ 02	オープファクセスとしている(また、その)をとめる)	-
88 2 . 論文標題 Phase Diagrams of One-Dimensional Ising and XY Models with Fully Connected Ferromagnetic and Anti-Ferromagnetic Quantum Fluctuations 3 . 確認器 Journal of the Physical Society of Japan 6 . 最初と最後の頁 (24802 ~ 024803 ~ 02		
88 2 . 論文標題 Phase Diagrams of One-Dimensional Ising and XY Models with Fully Connected Ferromagnetic and Anti-Ferromagnetic Quantum Fluctuations 3 . 確認器 Journal of the Physical Society of Japan 6 . 最初と最後の頁 (24802 ~ 024803 ~ 02	1 至老夕	/1
2. 論文標題 Phase Diagrams of One-Dimensional Ising and XY Models with Fully Connected Ferromagnetic and Anti-Ferromagnetic Quantum Fluctuations 3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan 信託の有無 有 オープンアクセス 1. 著者名 Shuntaro Okada, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 2. 論文標題 Difference between Quantum Annealing by Imaginary-Time and Real-Time Schr?dinger Equations of Grover 's Search 3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan 6. 最初と最後の頁の24802 - 024802 1. 著者名 Shuntaro Okada, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 2. 論文標題 Difference between Quantum Annealing by Imaginary-Time and Real-Time Schr?dinger Equations of Grover 's Search 3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan 6. 最初と最後の頁の24803 - 024803 1. 著者名 Shunta Kasayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 2. 論文標題 Dynanics of Order parameters of nonstoquastic Hamiltonians in the adaptive quantum Monte Carlo method 3. 雑誌名 Physical Review E 1. 著者名 Shunta Kai, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 2. 論文標題 Dynanics of Order parameters of nonstoquastic Hamiltonians in the adaptive quantum Monte Carlo method 3. 雑誌名 Physical Review E 1. 養者名 Shunta Kai, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 2. 論文標題 Dynanics of Order parameters of nonstoquastic Hamiltonians in the adaptive quantum Monte Carlo method 0.032120 - 032120 1. 養養の有無 0.03120 - 032120		_
2. 論文標題 Phase Diagrams of One-Dimensional Ising and XY Models with Fully Connected Ferromagnetic and Anti-Ferromagnetic Quantum Fluctuations 3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan 信託の有無 有 オープンアクセス 1. 著者名 Shuntaro Okada, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 2. 論文標題 Difference between Quantum Annealing by Imaginary-Time and Real-Time Schr?dinger Equations of Grover 's Search 3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan 6. 最初と最後の頁の24802 - 024802 1. 著者名 Shuntaro Okada, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 2. 論文標題 Difference between Quantum Annealing by Imaginary-Time and Real-Time Schr?dinger Equations of Grover 's Search 3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan 6. 最初と最後の頁の24803 - 024803 1. 著者名 Shunta Kasayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 2. 論文標題 Dynanics of Order parameters of nonstoquastic Hamiltonians in the adaptive quantum Monte Carlo method 3. 雑誌名 Physical Review E 1. 著者名 Shunta Kai, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 2. 論文標題 Dynanics of Order parameters of nonstoquastic Hamiltonians in the adaptive quantum Monte Carlo method 3. 雑誌名 Physical Review E 1. 養者名 Shunta Kai, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 2. 論文標題 Dynanics of Order parameters of nonstoquastic Hamiltonians in the adaptive quantum Monte Carlo method 0.032120 - 032120 1. 養養の有無 0.03120 - 032120	Shuntaro Okada, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka	88
Phase Diagrams of One-Dinensional Ising and XY Models with Fully Connected Ferromagnetic and Anti-Ferromagnetic Quantum Fluctuations 3 . 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan 6 . 最初と最後の頁 024802 - 024802 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)	•	
Phase Diagrams of One-Dinensional Ising and XY Models with Fully Connected Ferromagnetic and Anti-Ferromagnetic Quantum Fluctuations 3 . 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan 6 . 最初と最後の頁 024802 - 024802 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)	2	F 38/-/-
Anti-Ferromagnetic Quantum Fluctuations 3 . 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan 6 . 最初と最後の頁 024802 - 024802 10.7566/JPSJ.88.024802 a 表示プンアクセス カープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 1 . 著者名 Shuntaro Okada, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 2 . 論文標題 Difference between Quantum Annealing by Imaginary-Time and Real-Time Schr?dinger Equations of Grover's Search 3 . 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan 6 . 最初と最後の頁 024803 - 024803	4.	5.発行牛
Anti-Ferromagnetic Quantum Fluctuations 3 . 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan 6 . 最初と最後の頁 024802 - 024802 10.7566/JPSJ.88.024802 a 表示プンアクセス カープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 1 . 著者名 Shuntaro Okada, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 2 . 論文標題 Difference between Quantum Annealing by Imaginary-Time and Real-Time Schr?dinger Equations of Grover's Search 3 . 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan 6 . 最初と最後の頁 024803 - 024803	Phase Diagrams of One-Dimensional Ising and XY Models with Fully Connected Ferromagnetic and	2019年
3 . 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan 6 . 最初と最後の頁 024802 ~ 024802 掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.88.024802 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 1 . 著者名 Shuntaro Okada, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 2 . 論文様題 Difference between Quantum Annealing by Imaginary-Time and Real-Time Schr?dinger Equations of Grover's Search 3 . 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan おープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 6 . 最初と最後の頁 024803 ~ 024803 掲載論文のDOI(デジタルオプジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.88.024803 加索技者 Shunta Arai、Masayuki Ohzeki、Kazuyuki Tanaka 2 . 論文標題 Dynamics of order parameters of nonstoquastic Hamiltonians in the adaptive quantum Monte Carlo method 3 . 雑誌名 Physical Review E おープシアクセスではない。では、アレスが国験 5 . 発行年 2019年 2019日	Asti Foremagnetic Quantum Fluctuations	2010 1
Journal of the Physical Society of Japan 024802 - 024802		
Journal of the Physical Society of Japan 024802 - 024802	3.雑誌名	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) 1. 著者名 Shuntaro Okada, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 2. 論文標題 Difference between Quantum Annealing by Imaginary-Time and Real-Time Schr?dinger Equations of Grover's Search 3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan お地話の (デジタルオブジェクト識別子) 1. 著者名 Shunta Arai, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 1. 著者名 Shunta Arai, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 2. 論文標題 Difference between Quantum Annealing by Imaginary-Time and Real-Time Schr?dinger Equations of Grover's Search 3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan おープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 カープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 1. 著者名 Shunta Arai, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 2. 論文標題 Dynamics of order parameters of nonstoquastic Hamiltonians in the adaptive quantum Monte Carlo method method 3. 雑誌名 Physical Review E お行年 2019年 032120 - 032120 掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevE.99.032120		
10.7566/JPSJ.88.024802 有 国際共著 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 - 1 . 著者名 Shuntaro Okada, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 4 . 巻 88	Journal of the rhysical society of Japan	UZ40UZ ~ UZ40UZ
10.7566/JPSJ.88.024802 有 国際共著 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 - 1 . 著者名 Shuntaro Okada, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 4 . 巻 88		
10.7566/JPSJ.88.024802 有 国際共著 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 - 1 . 著者名 Shuntaro Okada, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 4 . 巻 88		
10.7566/JPSJ.88.024802 有 国際共著 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 - 1 . 著者名 Shuntaro Okada, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 4 . 巻 88	H 타스 수 O DOLL / - ** * '	本芸の左征
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 - 1 · 著者名 Shuntaro Okada, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka - 2 · 論文標題 Difference between Quantum Annealing by Imaginary-Time and Real-Time Schr?dinger Equations of Grover's Search 3 · 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan - 6 · 最初と最後の頁 024803~024803 - 7 · 7 · 7 · 7 · 7 · 7 · 7 · 7 · 7 · 7	拘載論又UUUI(テンタルオフシェクト誠別士)	宜読の有無
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 - 1 · 著者名 Shuntaro Okada, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka - 2 · 論文標題 Difference between Quantum Annealing by Imaginary-Time and Real-Time Schr?dinger Equations of Grover's Search 3 · 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan - 6 · 最初と最後の頁 024803~024803 - 7 · 7 · 7 · 7 · 7 · 7 · 7 · 7 · 7 · 7	10.7566/JPSJ.88.024802	有
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 1. 著者名 Shuntaro Okada, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 2. 論文標題 Difference between Quantum Annealing by Imaginary-Time and Real-Time Schr?dinger Equations of Grover's Search 3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan 超談のDOI(デジタルオプジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.88.024803 第十プンアクセス 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 1. 著者名 Shunta Arai, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 2. 論文標題 Dynamics of order parameters of nonstoquastic Hamiltonians in the adaptive quantum Monte Carlo method 3. 雑誌名 Physical Review E 超談論文のDOI(デジタルオプジェクト識別子) 10.1103/PhysRevE.99.032120 - 意読の有無 10.1103/PhysRevE.99.032120 - 意読の有無 10.1103/PhysRevE.99.032120 - 本・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・		"3
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 1. 著者名 Shuntaro Okada, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 2. 論文標題 Difference between Quantum Annealing by Imaginary-Time and Real-Time Schr?dinger Equations of Grover's Search 3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan 超談のDOI(デジタルオプジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.88.024803 第十プンアクセス 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 1. 著者名 Shunta Arai, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 2. 論文標題 Dynamics of order parameters of nonstoquastic Hamiltonians in the adaptive quantum Monte Carlo method 3. 雑誌名 Physical Review E 超談論文のDOI(デジタルオプジェクト識別子) 10.1103/PhysRevE.99.032120 - 意読の有無 10.1103/PhysRevE.99.032120 - 意読の有無 10.1103/PhysRevE.99.032120 - 本・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・		
1. 著者名 Shuntaro Okada, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 2. 論文標題 Difference between Quantum Annealing by Imaginary-Time and Real-Time Schr?dinger Equations of Grover's Search 3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan 信息	オープンアクセス	国際共著
1. 著者名 Shuntaro Okada, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 2. 論文標題 Difference between Quantum Annealing by Imaginary-Time and Real-Time Schr?dinger Equations of Grover's Search 3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan 信息	オープンアクセスでけない ▽けオープンアクセスが困難	_
Shuntaro Okada, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 2 . 論文標題 Difference between Quantum Annealing by Imaginary-Time and Real-Time Schr?dinger Equations of Grover's Search 3 . 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan 6 . 最初と最後の頁 024803~024803 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.88.024803 1 . 著者名 Shunta Arai, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 2 . 論文標題 Dynamics of order parameters of nonstoquastic Hamiltonians in the adaptive quantum Monte Carlo method 3 . 雑誌名 Physical Review E 88 5 . 発行年 2019年 6 . 最初と最後の頁 024803~024803	カープラファクとれてはない、人はカープラファクとハル 回報	
Shuntaro Okada, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 2 . 論文標題 Difference between Quantum Annealing by Imaginary-Time and Real-Time Schr?dinger Equations of Grover's Search 3 . 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan 6 . 最初と最後の頁 024803~024803 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.88.024803 1 . 著者名 Shunta Arai, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 2 . 論文標題 Dynamics of order parameters of nonstoquastic Hamiltonians in the adaptive quantum Monte Carlo method 3 . 雑誌名 Physical Review E 88 5 . 発行年 2019年 6 . 最初と最後の頁 024803~024803		
Shuntaro Okada, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 2 . 論文標題 Difference between Quantum Annealing by Imaginary-Time and Real-Time Schr?dinger Equations of Grover's Search 3 . 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan 6 . 最初と最後の頁 024803~024803 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.88.024803 1 . 著者名 Shunta Arai, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 2 . 論文標題 Dynamics of order parameters of nonstoquastic Hamiltonians in the adaptive quantum Monte Carlo method 3 . 雑誌名 Physical Review E 88 5 . 発行年 2019年 6 . 最初と最後の頁 024803~024803	1.著者名	4 . 巻
2. 論文標題 Difference between Quantum Annealing by Imaginary-Time and Real-Time Schr?dinger Equations of Grover's Search 3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan 掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.88.024803 1. 著者名 Shunta Arai, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 2. 論文標題 Dynamics of order parameters of nonstoquastic Hamiltonians in the adaptive quantum Monte Carlo method 3. 雑誌名 Physical Review E おープンアクセスではなり、又はオープンアクセスが困難 4. 巻 99 4. 巻 99 5. 発行年 2019年 6. 最初と最後の頁 032120~032120 五読の有無 6. 最初と最後の頁 032120~032120		
Difference between Quantum Annealing by Imaginary-Time and Real-Time Schr?dinger Equations of Grover's Search 3 . 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan 掲載論文のDOI (デジタルオプジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.88.024803 1 . 著者名 Shunta Arai, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 2 . 論文標題 Dynamics of order parameters of nonstoquastic Hamiltonians in the adaptive quantum Monte Carlo method 3 . 雑誌名 Physical Review E 月載論文のDOI (デジタルオプジェクト識別子) 10.1103/PhysRevE.99.032120 -	Shuntaro Okada, Masayuki Onzeki, Kazuyuki Tanaka	88
Difference between Quantum Annealing by Imaginary-Time and Real-Time Schr?dinger Equations of Grover's Search 3 . 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan 掲載論文のDOI (デジタルオプジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.88.024803 1 . 著者名 Shunta Arai, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 2 . 論文標題 Dynamics of order parameters of nonstoquastic Hamiltonians in the adaptive quantum Monte Carlo method 3 . 雑誌名 Physical Review E 月載論文のDOI (デジタルオプジェクト識別子) 10.1103/PhysRevE.99.032120 -		
Difference between Quantum Annealing by Imaginary-Time and Real-Time Schr?dinger Equations of Grover's Search 3 . 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan 掲載論文のDOI (デジタルオプジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.88.024803 1 . 著者名 Shunta Arai, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 2 . 論文標題 Dynamics of order parameters of nonstoquastic Hamiltonians in the adaptive quantum Monte Carlo method 3 . 雑誌名 Physical Review E 月載論文のDOI (デジタルオプジェクト識別子) 10.1103/PhysRevE.99.032120 -	2 绘文博斯	5
Grover's Search 3 . 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan 超議論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.88.024803 1 . 著者名 Shunta Arai, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 2 . 論文標題 Dynamics of order parameters of nonstoquastic Hamiltonians in the adaptive quantum Monte Carlo method 3 . 雑誌名 Physical Review E 「おもいます」 「デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevE.99.032120 「おいます」 「おい	······	
3 . 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan 信頼 (Difference between Quantum Annealing by Imaginary-Time and Real-Time Schr?dinger Equations of	2019年
3 . 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan 信頼 (Grover's Search	
Journal of the Physical Society of Japan 024803~024803 024803 024803 024803 024803 024803		c = = = = = = = = = = = = = = = = = = =
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)	3.維誌名	6.最例と最後の貝
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)	Journal of the Physical Society of Japan	024803 ~ 024803
10.7566/JPSJ.88.024803 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 1.著者名 Shunta Arai, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 2.論文標題 Dynamics of order parameters of nonstoquastic Hamiltonians in the adaptive quantum Monte Carlo method 3.雑誌名 Physical Review E 掲載論文のDOI(デジタルオプジェクト識別子) 10.1103/PhysRevE.99.032120 有	countries the injurious country of output	02.1000 02.1000
10.7566/JPSJ.88.024803 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 1.著者名 Shunta Arai, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 2.論文標題 Dynamics of order parameters of nonstoquastic Hamiltonians in the adaptive quantum Monte Carlo method 3.雑誌名 Physical Review E 掲載論文のDOI(デジタルオプジェクト識別子) 10.1103/PhysRevE.99.032120 有		
10.7566/JPSJ.88.024803 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 1.著者名 Shunta Arai, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 2.論文標題 Dynamics of order parameters of nonstoquastic Hamiltonians in the adaptive quantum Monte Carlo method 3.雑誌名 Physical Review E 掲載論文のDOI(デジタルオプジェクト識別子) 10.1103/PhysRevE.99.032120 有		
10.7566/JPSJ.88.024803 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 1.著者名 Shunta Arai, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 2.論文標題 Dynamics of order parameters of nonstoquastic Hamiltonians in the adaptive quantum Monte Carlo method 3.雑誌名 Physical Review E 掲載論文のDOI(デジタルオプジェクト識別子) 10.1103/PhysRevE.99.032120 有		
オープンアクセス 本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 Shunta Arai, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 4 . 巻 2 . 論文標題 Dynamics of order parameters of nonstoquastic Hamiltonians in the adaptive quantum Monte Carlo method 5 . 発行年 2019年 3 . 雑誌名 Physical Review E 6 . 最初と最後の頁 032120~032120 掲載論文のDOI(デジタルオプジェクト識別子) 査読の有無 有	掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)	査詰の右無
### A - プンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 - 1 . 著者名 Shunta Arai, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 99	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
### A - プンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 - 1 . 著者名 Shunta Arai, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 99		
### A - プンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 - 1 . 著者名 Shunta Arai, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 99	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
1 . 著者名 Shunta Arai, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 2 . 論文標題 Dynamics of order parameters of nonstoquastic Hamiltonians in the adaptive quantum Monte Carlo method 3 . 雑誌名 Physical Review E 掲載論文のDOI (デジタルオプジェクト識別子) 10.1103/PhysRevE.99.032120 有	10.7566/JPSJ.88.024803	有
1 . 著者名 Shunta Arai, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 2 . 論文標題 Dynamics of order parameters of nonstoquastic Hamiltonians in the adaptive quantum Monte Carlo method 3 . 雑誌名 Physical Review E 掲載論文のDOI (デジタルオプジェクト識別子) 10.1103/PhysRevE.99.032120 有	10.7566/JPSJ.88.024803 オープンアクセス	有
Shunta Arai, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 99 2.論文標題 Dynamics of order parameters of nonstoquastic Hamiltonians in the adaptive quantum Monte Carlo method 3.雑誌名 Physical Review E 6.最初と最後の頁 032120~032120 掲載論文のDOI(デジタルオプジェクト識別子) 査読の有無 有	10.7566/JPSJ.88.024803 オープンアクセス	有
Shunta Arai, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 99 2.論文標題 Dynamics of order parameters of nonstoquastic Hamiltonians in the adaptive quantum Monte Carlo method 3.雑誌名 Physical Review E 6.最初と最後の頁 032120~032120 掲載論文のDOI(デジタルオプジェクト識別子) 査読の有無 有	10.7566/JPSJ.88.024803 オープンアクセス	有
Shunta Arai, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 99 2.論文標題 Dynamics of order parameters of nonstoquastic Hamiltonians in the adaptive quantum Monte Carlo method 3.雑誌名 Physical Review E 6.最初と最後の頁 032120~032120 掲載論文のDOI(デジタルオプジェクト識別子) 査読の有無 有	10.7566/JPSJ.88.024803 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
2.論文標題 Dynamics of order parameters of nonstoquastic Hamiltonians in the adaptive quantum Monte Carlo method 3.雑誌名 Physical Review E 掲載論文のDOI(デジタルオプジェクト識別子) 10.1103/PhysRevE.99.032120 有	10.7566/JPSJ.88.024803 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
Dynamics of order parameters of nonstoquastic Hamiltonians in the adaptive quantum Monte Carlo method 3.雑誌名 Physical Review E 掲載論文のDOI(デジタルオプジェクト識別子) 10.1103/PhysRevE.99.032120 2019年 6.最初と最後の頁 032120~032120	10.7566/JPSJ.88.024803 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 1.著者名	有 国際共著 - 4.巻
Dynamics of order parameters of nonstoquastic Hamiltonians in the adaptive quantum Monte Carlo method 3.雑誌名 Physical Review E 掲載論文のDOI(デジタルオプジェクト識別子) 10.1103/PhysRevE.99.032120 2019年 6.最初と最後の頁 032120~032120	10.7566/JPSJ.88.024803 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 1.著者名	有 国際共著 - 4.巻
Dynamics of order parameters of nonstoquastic Hamiltonians in the adaptive quantum Monte Carlo method 3.雑誌名 Physical Review E 掲載論文のDOI(デジタルオプジェクト識別子) 10.1103/PhysRevE.99.032120 2019年 6.最初と最後の頁 032120~032120	10.7566/JPSJ.88.024803 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 1.著者名	有 国際共著 - 4.巻
méthod 3 . 雑誌名 Physical Review E 6 . 最初と最後の頁 032120~032120 掲載論文のDOI (デジタルオプジェクト識別子) 10.1103/PhysRevE.99.032120 査読の有無 有	10.7566/JPSJ.88.024803 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 1 . 著者名 Shunta Arai, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka	有 国際共著 - 4.巻 99
method 6.最初と最後の頁 3.雑誌名 6.最初と最後の頁 032120~032120 032120~032120 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 査読の有無 10.1103/PhysRevE.99.032120 有	10.7566/JPSJ.88.024803 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 1 . 著者名 Shunta Arai, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 2 . 論文標題	有 国際共著 - 4.巻 99 5.発行年
3.雑誌名 Physical Review E 6.最初と最後の頁 032120~032120 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevE.99.032120 査読の有無 有	10.7566/JPSJ.88.024803 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 1 . 著者名 Shunta Arai, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 2 . 論文標題	有 国際共著 - 4.巻 99 5.発行年
Physical Review E 032120 ~ 032120 掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 査読の有無 10.1103/PhysRevE.99.032120 有	10.7566/JPSJ.88.024803 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 1 . 著者名 Shunta Arai, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 2 . 論文標題 Dynamics of order parameters of nonstoquastic Hamiltonians in the adaptive quantum Monte Carlo	有 国際共著 - 4.巻 99 5.発行年
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 査読の有無 10.1103/PhysRevE.99.032120 有	10.7566/JPSJ.88.024803 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 1 . 著者名 Shunta Arai, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 2 . 論文標題 Dynamics of order parameters of nonstoquastic Hamiltonians in the adaptive quantum Monte Carlo method	有 国際共著 - 4.巻 99 5.発行年 2019年
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 査読の有無 10.1103/PhysRevE.99.032120 有	10.7566/JPSJ.88.024803 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 1 . 著者名 Shunta Arai, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 2 . 論文標題 Dynamics of order parameters of nonstoquastic Hamiltonians in the adaptive quantum Monte Carlo method 3 . 雑誌名	有 国際共著 - 4.巻 99 5.発行年 2019年 6.最初と最後の頁
10.1103/PhysRevE.99.032120 有	10.7566/JPSJ.88.024803 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 1 . 著者名 Shunta Arai, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 2 . 論文標題 Dynamics of order parameters of nonstoquastic Hamiltonians in the adaptive quantum Monte Carlo method 3 . 雑誌名	有 国際共著 - 4.巻 99 5.発行年 2019年 6.最初と最後の頁
10.1103/PhysRevE.99.032120 有	10.7566/JPSJ.88.024803 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 1 . 著者名 Shunta Arai, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 2 . 論文標題 Dynamics of order parameters of nonstoquastic Hamiltonians in the adaptive quantum Monte Carlo method 3 . 雑誌名	有 国際共著 - 4.巻 99 5.発行年 2019年 6.最初と最後の頁
10.1103/PhysRevE.99.032120 有	10.7566/JPSJ.88.024803 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 1 . 著者名 Shunta Arai, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 2 . 論文標題 Dynamics of order parameters of nonstoquastic Hamiltonians in the adaptive quantum Monte Carlo method 3 . 雑誌名	有 国際共著 - 4.巻 99 5.発行年 2019年 6.最初と最後の頁
10.1103/PhysRevE.99.032120 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 1 . 著者名 Shunta Arai, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 2 . 論文標題 Dynamics of order parameters of nonstoquastic Hamiltonians in the adaptive quantum Monte Carlo method 3 . 雑誌名 Physical Review E	有 国際共著 - 4 . 巻 99 5 . 発行年 2019年 6 . 最初と最後の頁 032120~032120
	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 1 . 著者名 Shunta Arai, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 2 . 論文標題 Dynamics of order parameters of nonstoquastic Hamiltonians in the adaptive quantum Monte Carlo method 3 . 雑誌名 Physical Review E	有 国際共著 - 4 . 巻 99 5 . 発行年 2019年 6 . 最初と最後の頁 032120~032120
オーゴンマクセフ	オープンアクセス	有 国際共著 - 4 . 巻 99 5 . 発行年 2019年 6 . 最初と最後の頁 032120~032120
オープンマクセフ	オープンアクセス	有 国際共著 - 4 . 巻 99 5 . 発行年 2019年 6 . 最初と最後の頁 032120~032120
	オープンアクセス	有 国際共著 - 4 . 巻 99 5 . 発行年 2019年 6 . 最初と最後の頁 032120~032120
	10.7566/JPSJ.88.024803 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 1. 著者名 Shunta Arai, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 2. 論文標題 Dynamics of order parameters of nonstoquastic Hamiltonians in the adaptive quantum Monte Carlo method 3. 雑誌名 Physical Review E 掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevE.99.032120	有 国際共著 - 4 . 巻 99 5 . 発行年 2019年 6 . 最初と最後の頁 032120~032120
オープンアクセスとしている(また、その予定である)	10.7566/JPSJ.88.024803 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 1. 著者名 Shunta Arai, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka 2. 論文標題 Dynamics of order parameters of nonstoquastic Hamiltonians in the adaptive quantum Monte Carlo method 3. 雑誌名 Physical Review E 掲載論文のDOI(デジタルオプジェクト識別子) 10.1103/PhysRevE.99.032120 オープンアクセス	有 国際共著 - 4 . 巻 99 5 . 発行年 2019年 6 . 最初と最後の頁 032120~032120

〔学会発表〕 計21件(うち招待講演 0件/うち国際学会 5件)

1.発表者名

Chako Takahashi, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka

2 . 発表標題

Statistical-mechanical analysis of restricted Boltzmann machine with transverse field, Adiabatic Quantum Computing 2019 (AQC-19), University Innsbruck, Innsbruck, Austria, 26 July, 2019

3.学会等名

Adiabatic Quantum Computing 2019 (AQC-19), University Innsbruck, Innsbruck, Austria (国際学会)

4.発表年

2019年

1.発表者名

Shunta Arai, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka

2 . 発表標題

Mean-field analysis of quantum error-correcting codes with non-stoquastic Hamiltonian

3 . 学会等名

Adiabatic Quantum Computing 2019 (AQC-19), University Innsbruck, Innsbruck, Austria (国際学会)

4.発表年

2019年

1.発表者名

Shunta Arai, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka

2 . 発表標題

Detection of quantum phase transition in D-Wave 2000Q by deep neural network

3.学会等名

Quantum Machine Learning & Biomimetic Quantum Technologies (19–23 March, 2018, University of the Basque Country, Leioa, Spain) (国際学会)

4.発表年

2018年

1.発表者名

Shunta Arai, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka

2 . 発表標題

Acceleration of adaptive quantum Monte Carlo Sampling for a class of non-stoquastic Hamiltonian by using D-Wave 2000Q

3 . 学会等名

Adiabatic Quantum Computing Conference 2018 (25-28 June, 2018, NASA Conference Center, Building 3 Moffett Field, CA 94035, USA) (国際学会)

4 . 発表年

2018年

1 . 発表者名 Shunta Arai, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka
2.発表標題 Detection of quantum phase transition in D-Wave 2000Q by deep neural network
3.学会等名 Quantum Machine Learning & Biomimetic Quantum Technologies (19-23 March, 2018, University of the Basque Country, Leioa, Spain) (国際学会)
4. 発表年 2018年
1 . 発表者名 Shunta Arai, Masayuki Ohzeki, Kazuyuki Tanaka
2 . 発表標題 Adaptive Quantum Monte Carlo method for a class of non-stoquastic Hamiltonian by using D-Wave machine
3.学会等名 The Third D-Wave Qubits North America Users Conference (25-28 September, 2018, Knoxville, TN 37902, USA)
4 . 発表年 2018年
1.発表者名 荒井俊太,大関真之,田中和之
2.発表標題 D-Waveマシンにおける量子相転移の解析
3.学会等名 日本物理学会2018年秋季大会(2018年9月10日,同志社大学京田辺キャンパス)
4.発表年 2018年
1.発表者名 越川亜美,大関真之,観山正道,田中和之
2.発表標題 ベイズ的最適化によるスピングラスの基底状態の探索
3 . 学会等名 日本物理学会第74回年次大会(2019年3月14日,九州大学伊都キャンパス)

4 . 発表年 2019年

1.発表者名 荒井俊太,大関真之,田中和之
2 . 発表標題 マスター方程式を用いた非擬似古典確率的なハミルトニアンの秩序変数のダイナミクス
2. 光本祭存
3.学会等名 日本物理学会第74回年次大会(2019年3月15日,九州大学伊都キャンパス)
4.発表年
2019年
1.発表者名 荒井俊太,大関真之,田中和
2.発表標題
量子揺らぎによるイジングパーセプトロンの学習
3.学会等名
日本物理学会2020年秋季大会(2020年9月9日,オンライン).
4.発表年
2019年
1.発表者名 渡邊大地,大関真之,田中和之
2.発表標題 量子アニーリングによるポートフォリオ最適化のレプリカ解析
3.学会等名
日本物理学会2020年秋季大会(2020年9月9日.,オンライン)
4 . 発表年
2020年
1.発表者名 秋山登哉,大関真之,田中和之
2. び土地 四
2 . 発表標題 D-Wave Hybrid Solverを用いたぐるなびのレコメンデーション最適化
3 . 学会等名 日本物理学会2020年秋季大会(2020年9月9日 , オンライン)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 佐藤豪人、大関真之、田中和之 2 . 発表標題 量子アニーリングによる画像生成とその評価 3 . 学会等名 日本物理学会2020年秋季大会(2020年9月9日,オンライン) 4 . 発表年 2020年 1 . 発表者名 川島祐輝、大関真之、田中和之 2 . 発表標題 Potts模型におけるXYドライバーを用いた量子アニーリングの性能評価 3 . 学会等名 日本物理学会第76回年次大会(2021年3月13日,オンライン). 4 . 発表年 2021年 1 . 発表者名 丸山尚貴、大関真之、田中和之
量子アニーリングによる画像生成とその評価 3 . 学会等名 日本物理学会2020年秋季大会(2020年9月9日,オンライン) 4 . 発表年 2020年 1 . 発表者名 川島祐輝, 大関真之, 田中和之 2 . 発表標題 Potts模型におけるXYドライバーを用いた量子アニーリングの性能評価 3 . 学会等名 日本物理学会第76回年次大会(2021年3月13日,オンライン). 4 . 発表年 2021年 1 . 発表者名 丸山尚貴, 大関真之, 田中和之
量子アニーリングによる画像生成とその評価 3 . 学会等名 日本物理学会2020年秋季大会(2020年9月9日,オンライン) 4 . 発表年 2020年 1 . 発表者名 川島祐輝, 大関真之, 田中和之 2 . 発表標題 Potts模型におけるXYドライバーを用いた量子アニーリングの性能評価 3 . 学会等名 日本物理学会第76回年次大会(2021年3月13日,オンライン). 4 . 発表年 2021年 1 . 発表者名 丸山尚貴, 大関真之, 田中和之
日本物理学会2020年秋季大会(2020年9月9日,オンライン) 4. 発表年 2020年 1. 発表者名 川島祐輝,大関真之,田中和之 2. 発表標題 Potts模型におけるXYドライパーを用いた量子アニーリングの性能評価 3. 学会等名 日本物理学会第76回年次大会(2021年3月13日,オンライン). 4. 発表年 2021年 1. 発表者名 丸山尚貴,大関真之,田中和之
日本物理学会2020年秋季大会(2020年9月9日,オンライン) 4. 発表年 2020年 1. 発表者名 川島祐輝,大関真之,田中和之 2. 発表標題 Potts模型におけるXYドライパーを用いた量子アニーリングの性能評価 3. 学会等名 日本物理学会第76回年次大会(2021年3月13日,オンライン). 4. 発表年 2021年 1. 発表者名 丸山尚貴,大関真之,田中和之
2020年 1 . 発表者名 川島祐輝, 大関真之, 田中和之 2 . 発表標題 Potts模型におけるXYドライパーを用いた量子アニーリングの性能評価 3 . 学会等名 日本物理学会第76回年次大会(2021年3月13日, オンライン). 4 . 発表年 2021年 1 . 発表者名 丸山尚貴, 大関真之, 田中和之
 発表者名 川島祐輝, 大関真之, 田中和之 発表標題 Potts模型におけるXYドライバーを用いた量子アニーリングの性能評価 学会等名 日本物理学会第76回年次大会(2021年3月13日, オンライン). 発表年 2021年 発表者名 丸山尚貴, 大関真之, 田中和之
川島祐輝, 大関真之, 田中和之 2 . 発表標題 Potts模型におけるXYドライパーを用いた量子アニーリングの性能評価 3 . 学会等名 日本物理学会第76回年次大会(2021年3月13日, オンライン). 4 . 発表年 2021年 1 . 発表者名 丸山尚貴, 大関真之, 田中和之
川島祐輝, 大関真之, 田中和之 2 . 発表標題 Potts模型におけるXYドライパーを用いた量子アニーリングの性能評価 3 . 学会等名 日本物理学会第76回年次大会(2021年3月13日, オンライン). 4 . 発表年 2021年 1 . 発表者名 丸山尚貴, 大関真之, 田中和之
Potts模型におけるXYドライバーを用いた量子アニーリングの性能評価 3 . 学会等名 日本物理学会第76回年次大会(2021年3月13日, オンライン). 4 . 発表年 2021年 1 . 発表者名 丸山尚貴, 大関真之, 田中和之
Potts模型におけるXYドライバーを用いた量子アニーリングの性能評価 3 . 学会等名 日本物理学会第76回年次大会(2021年3月13日, オンライン). 4 . 発表年 2021年 1 . 発表者名 丸山尚貴, 大関真之, 田中和之
日本物理学会第76回年次大会(2021年3月13日,オンライン). 4. 発表年 2021年 1. 発表者名 丸山尚貴,大関真之,田中和之
日本物理学会第76回年次大会(2021年3月13日,オンライン). 4. 発表年 2021年 1. 発表者名 丸山尚貴,大関真之,田中和之
2021年 1 . 発表者名 丸山尚貴,大関真之,田中和之
2021年 1 . 発表者名 丸山尚貴,大関真之,田中和之
丸山尚貴,大関真之,田中和之
丸山尚貴,大関真之,田中和之
2 . 発表標題 量子モンテカルロ法を用いた縮退のある系における量子アニーリングのサンプリング性能の解析
3 . 学会等名
日本物理学会第76回年次大会(2021年3月13日,オンライン)
4 . 発表年
2021年
1.発表者名 亀井秀朔,大関真之,田中和之
2.発表標題
2 . 光衣信題 量子アニーリングを用いた信号の最適化
3 . 学会等名 日本物理学会第76回年次大会(2021年3月13日 , オンライン)
4.発表年
2021年

1.発表者名 羽場廉一郎,大関真之,田中和之
2 . 発表標題 量子アニーリングを用いた無人搬送車経路最適化の代替的手法
3 . 学会等名 日本物理学会第76回年次大会(2021年3月13日,オンライン)
4 . 発表年 2021年
1.発表者名 羽場廉一郎,大関真之,田中和之
2 . 発表標題 二値制約非負値行列分解に対するリバースアニーリングの効果的な初期化手法
3 . 学会等名 日本物理学会2021年度秋季大会(2021年9月22日,オンライン)
4 . 発表年 2021年
1.発表者名 漆畑充,大関真之,田中和之
2.発表標題 Associative Adversarial Networkにおいて量子サンプリングによるボルツマンマシンの学習がGANの精度に与える影響
3.学会等名 日本物理学会2021年度秋季大会(2021年9月22日,オンライン)
4 . 発表年 2021年
1.発表者名 丸山尚貴,大関真之,田中和之
2 . 発表標題 敵対的訓練におけるパーセプトロンの記憶容量
3 . 学会等名 日本物理学会第77回年次大会(2022年3月15日,オンライン)
4 . 発表年 2022年

1.発表者名 羽場廉一郎,大関真之,田中和之
2 . 発表標題 連続緩和とリバースアニーリングを用いた二値制約非負値行列分解
3 . 学会等名 日本物理学会第77回年次大会(2022年3月17日,オンライン)
4 . 発表年 2022年

〔図書〕 計2件

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 ²⁶⁴
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	

1.著者名 Naoki Katoh, Yuya Higashikawa, Hiro Ito, Atsuki Nagao, Tetsuo Shibuya, Adnan Sljoka, Kazuyuki Tanaka, Yushi Uno (Editors)	4 . 発行年 2021年
2. 出版社 Springer	5.総ページ数 410
3.書名 Sublinear Computation Paradigm Algorithmic Revolution in the Big Data Era	

〔産業財産権〕

〔その他〕

Kazuyuki Tanaka http://www.smapip.is.tohoku.ac.jp/~kazu/index-j.html Kazuyuki Tanaka http://www.smapip.is.tohoku.ac.jp/~kazu/index-e.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
	安田 宗樹	山形大学・大学院理工学研究科・教授	
研究分担者	(Yasuda Muneki)		
	(20532774)	(11501)	
	片岡駿	小樽商科大学・商学部・准教授	
研究分担者	(Kataoka Shun)	(40404)	
	(50737278)	(10104)	
研究分担者	大関 真之 (Ohzeki Masayuki)	東北大学・情報科学研究科・教授	
	(80447549)	(11301)	

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1件

国際研究集会	開催年
2019 Workshop on Statistical Physics of Disordered Systems and Its Applications	2019年~2019年
(SPDSA2019) Statistical-Mechanical Informatics and Statistical Machine	
Learning Theory in Big Data Sciences	

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			
オランダ	Radboud University			
	University de Roma, La S apienza			