

令和 4 年 5 月 30 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2015～2019

課題番号：15H01677

研究課題名(和文) 量子最適化計算の拡張定式化による新基軸確立とその古典・量子計算両面での問題解決

研究課題名(英文) Extended Formulations of Quantum Optimization and Their Applications to Classical/Quantum Computation

研究代表者

今井 浩 (Imai, Hiroshi)

東京大学・大学院情報理工学系研究科・教授

研究者番号：80183010

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 33,300,000円

研究成果の概要(和文)：量子計算の優位性をBell不等式の破れの周辺で理論・実験的に検証することに取り組んだ。一般化Bell不等式とカット多面体の関係を踏まえ、量子グラフ状態に対するスケーラブルな不等式を、近似量子コンピュータで実験して破れを検証した。足切り横断マトロイドの多面体の拡張定式化の直接的な多項式オーダの記述法を与えた、最大カット問題を近似的に解く古典・量子の近似最適化法を解析した。エキスパンダグラフを用い量子グラフ状態での量子優位性を理論的に示した。最適化手法を用いて、耐エラー性をもつ量子回路で必須のTゲート数最小化を古典論理の範囲を超えて、真に量子的最適化した量子回路を示すことができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

初期の量子コンピュータが、ノイズの関係で浅い回路の範囲で有効であると見通し、基本問題の一般化Bell不等式の研究を理論的に進めたことで、研究期間中に利用可能となった100量子ビット以上の量子コンピュータでの計算で量子性が検証できた。このことは、これからの量子計算能力実証のベースになるものである。さらに、量子グラフ状態でのグラフ理論を活用して、量子計算機の能力が古典コンピュータを超えるものであることも示しており、将来展望を開く成果となっている。量子回路設計でも多様な最適化回路を提示することができ、量子回路にそれらが実装されることで、社会問題の解決を支える基礎の構築ができています。

研究成果の概要(英文)：This research performed theoretical and experimental verification on quantum advantage on polyhedral aspect of quantum nonlocality and analyze quantum optimization with applications to quantum circuit design. Based on the relationship between the generalized Bell inequality and the cut polyhedron, the scalable inequality for the quantum graph state was tested on real approximate quantum computer to verify the quantum violation. We analyzed a classical-quantum approximation optimization method that approximates the maximal cut problem, which gave a direct polynomial order of the polyhedron of a lower-truncated transverse matroid. Using an expander graph and graph minor theory, the quantum superiority in the quantum graph state was theoretically shown. Using an optimization method, we were able to show a truly quantum-optimized quantum circuit that goes beyond the scope of classical logic to minimize the number of T-gates, which is indispensable for error-resistant quantum circuits.

研究分野：量子計算

キーワード：量子計算 量子最適化 量子回路設計 量子グラフ状態 エクスパンダグラフ 分散量子計算 凸多面体 量子近似最適化

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

量子コンピュータの革新的有効性を示した Shor の量子多項式時間アルゴリズムの発表から、本科学研究費の申請時点で 20 年が経った。その間に量子コンピュータの物理実現の面では、量子コンピュータを構築するための量子デバイス開発が進展し、量子情報処理を可能にする成果に対して 2012 年にノーベル物理学賞が与えられている。現在では、2 量子ビットの制御を量子コンピュータ実現のために必要な精度で行えるところまで到達し、数量子ビットを超える制御が研究対象になっている。

そのような中、当時の新方向として、量子コンピュータによって組合せ最適化問題を解く量子最適化計算とも命名できる分野が形成されつつある。その代表的なものが、D-Wave が若干台数発売した組合せ最適化する事に特化した専用目的量子コンピュータであり、その採用方式から量子アニーリングマシンと呼ばれている。量子アニーリング方式そのものは、20 世紀の内に我が国から創出されたものである。その有効性については、限られたベンチマークの範囲で肯定的な論文が散見されたのに続き、否定的な論文が発表され、現在では相性のいい問題群はあるが限定的ではという可能性が指摘されている。

理論研究では、計算の万能性を犠牲にしても現在の技術の範囲で実現可能な専用目的の量子計算モデルが提案され、そこで効率よく解ける問題が現コンピュータと同様だと計算量の多項式階層が第 3 階層まで崩壊するという否定的結果が示されている。

本科学研究費の研究グループは、多くのメンバが 2000 年から 10 年強にわたり展開された ERATO/SORST 量子計算機構プロジェクトに参加して量子暗号実装研究を支え、量子計算分野で世界をリードする画期的成果を創出しており、プロジェクト成果のひとつのグラフのカット多面体を軸としたものは量子最適化計算と直結するものである。さらに、量子アニーリングマシンの基礎がイジングモデルであり、その測定ベース量子計算との関係でも 2 メンバが継続して研究推進しており、それを最適化で近年注目のテーマである凸多面体拡張定式化と量子通信計算量の研究、さらに実装計算解析も活用した量子回路設計研究者も含めたメンバで、学際的研究を必要とする最適化の量子計算の研究をする提案をするに至った。

2. 研究の目的

本研究では、既存研究ではなしえなかった量子計算による組合せ最適化に着目し、現コンピュータ上での学際的な最適化研究を土台として、離散/連続最適化・通信/実数計算量・物理実現モデルの 3 つの観点から新機軸でのアプローチを行う。具体的には、(1)この研究テーマについて量子計算能力を解析する指標を与えて限界を示し、(2)量子計算そのものに現れる種々の最適化問題を現コンピュータで解決するなどして量子回路設計の課題を解決し、(3)本申請メンバによる量子相関確率に関する研究成果を進展させ凸多面体・半代数的集合の拡張定式化に量子計算からの理論を構築し、(4)並行して物理的側面からの解析も進め、古典・量子計算両面での最適化研究で画期をなす成果の創出を目指す。

3. 研究の方法

量子計算と最適化の学際的な面を少人数で研究推進し、テーマ・サブグループ毎の研究と全体での統合研究に並行して取り組む。具体的には、(a) 凸多面体の拡張定式化のカット多面体以外も含めた精緻化と半代数的集合等への一般化の研究、(b) その一般化 Bell 不等式と量子相関確率への適用、(c) 拡張定式化に対応する量子通信プロトコルの量子通信計算量研究からの拡張、さらに実数計算量も含めた量子計算量としての解析、(d) 量子最適化計算と測定ベース量子計算との関係、特に量子アニーリングとのハイブリッドモデルについて、物理的実現の観点からも研究、(e) アクセラレータ付等の実装環境での計算実験、を分担して進め、量子設計の諸課題の解決と現代最適化に向けた成果を出す。以下に各研究テーマと分担および連携体制について記す。

(1) Bell 不等式と量子相関確率：グラフのカット多面体と一般化 Bell 不等式に関する代表者と連携研究者らの一連の研究を土台とし、それを以下の(2)の観点からの研究と連携させて新しい観点で研究を進める。

(2) 凸多面体の拡張定式化の一般化：連携研究者が推進している既存結果と代表者の横断マトロイドとその一般化に関する結果を基に既存結果を総括し、量子計算の観点から進める。

(3) 拡張定式化と通信計算量さらに量子優位性の研究：連携研究者を軸に量子通信プロトコル設計の立場から、拡張定式化と通信計算量の関係にも着目しつつ、量子回路に関して古典回路より優位性を持つ問題も調べていく。

(4) 量子グラフ状態・量子アニーリングと測定ベース量子計算：測定ベース量子計算と物理の方面から量子断熱計算のハイブリッドモデルである断熱クラスター状態量子計算に着目し、量子計算の並列可能性を軸に研究を進め、物理面からの量子最適化計算への考察を加える。

(5) 計算解析の推進と量子・古典両方からの最適化と量子回路設計効率化：本研究では、量子

コンピュータによる最適化研究のみに止まらず、現コンピュータによる最適化においても有益な成果を創出することを目指し、量子回路設計の研究を通して最適化の効果を出すことに取り組む。

4. 研究成果

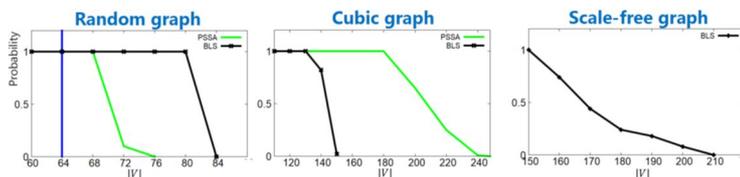
研究の方法における各項目ごとに成果について報告する。

(1) Bell 不等式と量子相関確率については、従来は完全グラフやあるタイプの 3 部グラフのカット多面体として一般化 Bell 不等式を考えていたが、本プロジェクトの研究期間の間に量子グラフ状態に対する多量子ビットの一般化 Bell 不等式で、不等式の項の数が量子ビット数に線形なスケラブルなものも開発され、それがノイズ付き量子コンピュータ(近似量子コンピュータと呼ぶ)の実機の開発と相まって、実験的解析を行うことができた。それにより、浅層量子回路のパワーを示せるとともに、量子回路での誤差緩和法の重要性を認識され、次なる研究展開へとつながっている。

(2) 凸多面体の拡張定式化の一般化については、コロナ禍の中で期間を延長したことにより、最終的に当初の横断マトロイドを足切りしたときの多面体について解決した論文を発表することができている。(1)にあるように、凸多面体を定める不等式は量子情報の中で重要な役割を果たしており、今回の多項式オーダの不等式で拡張定式化がかける事実を活用して、量子情報との関係を明らかにしていくことが期待できる。

(3) 量子優位性に関しては、最終年度で、連携研究者と代表者の研究室の研究協力者によるエクスパンドグラフに対する量子グラフ状態での量子優位性を示すことにまで到達することができた。量子通信量の研究は、分散量子計算へと発展し、物理面から量子情報理論的にとらえた分散符号化・復号化についても成果をあげている。これらの研究が全体として量子優位性につながったものと認識している。

(4) 量子グラフ状態と最適化については、研究当初は組合せ最適化に特化した量子アニーリングに取り組み、そのために必要な量子ハードウェア上のグラフに与えられた問題のグラフを埋め込むアルゴリズムなどで成果を上げた。下図はその成果を示すもので、ランダムグラフ・スケールフリーグラフで従来法



よりよい解を得ている。一方、3 正則グラフの場合はさらなる検討が必要であるが、そのような定数次数のグラフについての研究を進めて汎用量子コンピュータの上での近似量子最適化(QAOA)の理論へと展開ができており、QAOA の最大カット問題に関する研究を進めた。それによって、古典アルゴリズムの面で成果をあげるとともに、QAOA が現在の量子コンピュータ実機において浅層回路で実装できる場合を発見している。今後実機での研究を進める予定である。

(5) 最適化と量子回路設計という面では、量子回路設計での一貫した進展を研究分担者が中心となって成果創出することができている。近似量子コンピュータで 127 量子ビットのものまで開発されてきていることから、それらの成果の一部はコンパイラの中でいかされている。今後、ノイズがさらに軽減され、ゲート操作エラーも制御されるに従い、従来からボトルネックになる T ゲートと呼ばれているゲート数の削減が重要になり、本研究はその課題に対して 1 つの解決を示すことができている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計45件（うち査読付論文 44件 / うち国際共著 4件 / うちオープンアクセス 12件）

1. 著者名 Atsuya Hasegawa, Francois Le Gall	4. 巻 -
2. 論文標題 Quantum Advantage with Shallow Circuits Under Arbitrary Corruption	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of the 32nd International Symposium on Algorithms and Computation (ISAAC 2021)	6. 最初と最後の頁 74:1 ~ 74:16
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4230/LIPIcs.ISAAC.2021.74	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 山下茂	4. 巻 14
2. 論文標題 量子回路設計における最適化問題	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEICE Fundamentals Review	6. 最初と最後の頁 337 ~ 346
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/essfr.14.4_337	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 今井浩	4. 巻 62, 4
2. 論文標題 量子コンピュータのあけぼの 今そこにある量子コンピュータに触れよう	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 情報処理	6. 最初と最後の頁 e1 ~ e7
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 Hiroshi Imai, Keiko Imai, Hidefumi Hiraishi	4. 巻 36
2. 論文標題 Extended formulations of lower-truncated transversal polymatroids	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Optimization Methods and Software	6. 最初と最後の頁 326 ~ 331
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/10556788.2020.1769619	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 Jingwen Ding, Shigeru Yamashita	4. 巻 39
2. 論文標題 Exact Synthesis of Nearest Neighbor Compliant Quantum Circuits in 2-D Architecture and Its Application to Large-Scale Circuits	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Computer-Aided Design of Integrated Circuits and Systems	6. 最初と最後の頁 1045 ~ 1058
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TCAD.2019.2907919	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 Matsuo Atsushi, Yamashita Shigeru	4. 巻 -
2. 論文標題 An Efficient Method for Quantum Circuit Placement Problem on a 2-D Grid	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the International Conference on Reversible Computation	6. 最初と最後の頁 162 ~ 168
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-21500-2_10	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 Farley Soares Oliveira, Hidefumi Hiraishi and Hiroshi Imai	4. 巻 E102.A
2. 論文標題 Revisiting the Top-Down Computation of BDD of Spanning Trees of a Graph and Its Tutte Polynomial	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences	6. 最初と最後の頁 1022 ~ 1027
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/transfun.E102.A.1022	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 Kota Asai and Shigeru Yamashita	4. 巻 E102.A
2. 論文標題 Compaction of Topological Quantum Circuits by Modularization	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEICE Trans. Fundamentals	6. 最初と最後の頁 624 ~ 632
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/transfun.E102.A.624	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 浅井 孝太、星 孝太郎、山下 茂	4. 巻 J102-D
2. 論文標題 大規模TQEC回路の自動最適化手法	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 電子情報通信学会論文誌D 情報・システム	6. 最初と最後の頁 367 ~ 377
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14923/transinfj.2018JDP7040	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 梅田 悠人、山下 茂	4. 巻 J102-D
2. 論文標題 整数計画ソルバーを用いたNetworked Labs-on-Chipの設計手法	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 電子情報通信学会論文誌D 情報・システム	6. 最初と最後の頁 423 ~ 433
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14923/transinfj.2018JDP7070	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 Hattori Wakaki and Yamashita Shigeru	4. 巻 11106
2. 論文標題 Quantum Circuit Optimization by Changing the Gate Order for 2D Nearest Neighbor Architectures	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 RC 2018, Lecture Notes in Computer Science	6. 最初と最後の頁 228 ~ 243
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-319-99498-7_16	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 山下茂, 松尾惇士	4. 巻 Vol.63 No.6
2. 論文標題 量子回路設計と最適化	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 オペレーションズ・リサーチ	6. 最初と最後の頁 342 ~ 349
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 Hayata Yamasaki, Alexander Pirker, Mio Murao, Wolfgang Dur and Barbara Kraus	4. 巻 98
2. 論文標題 Multipartite entanglement outperforming bipartite entanglement under limited quantum system sizes	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Review A	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) 10.1103/PhysRevA.98.052313	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 Hayata Yamasaki and Mio Murao	4. 巻 2
2. 論文標題 Distributed Encoding and Decoding of Quantum Information over Networks	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Advanced Quantum Technologies	6. 最初と最後の頁 1800066 ~ 1800066
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/qute.201800066	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 Shinya Shiroshita, Tomoaki Ogasawara, Hidefumi Hiraishi, Hiroshi Imai Hiroshi	4. 巻 10755
2. 論文標題 FPT Algorithms Exploiting Carving Decomposition for Eulerian Orientations and Ice-Type Models	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 WALCOM 2018, Lecture Notes in Computer Science	6. 最初と最後の頁 216-227
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-319-75172-6_19	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 Hidefumi Hiraishi, Hiroshi Imai, Yoichi Iwata, Bingkai Lin	4. 巻 E101.A
2. 論文標題 Parameterized Algorithms to Compute Ising Partition Function	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEICE Trans. on Fundamentals	6. 最初と最後の頁 1398 ~ 1403
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/transfun.E101.A.1398	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 S.Shiroshita,T.Ogasawara,H.Hiraishi,H.Imai	4. 巻 Session 3:4
2. 論文標題 An FPT algorithm for counting the number of Eulerian orientations exploiting carving decomposition	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The 20th Korea-Japan Joint Workshop on Algorithms and Computation (WAAC 2018)	6. 最初と最後の頁 8pp.
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 Adnan Nurul Ain Binti, Yamashita Shigeru	4. 巻 26
2. 論文標題 Logical Qubit Layout Problem for ICM Representation	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Information Processing	6. 最初と最後の頁 20 ~ 28
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2197/ipsjip.26.20	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 Francois Le Gall, Florent Urrutia	4. 巻 -
2. 論文標題 Improved Rectangular Matrix Multiplication using Powers of the Coppersmith-Winograd Tensor	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of the 29th ACM-SIAM Symposium on Discrete Algorithms (SODA 2018)	6. 最初と最後の頁 1029 ~ 1046
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1137/1.9781611975031.67	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 Francois Le Gall and Shogo Nakajima	4. 巻 73
2. 論文標題 Multiparty Quantum Communication Complexity of Triangle Finding	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of the Conference on the Theory of Quantum Computation, Communication and Cryptography (TQC 2017), LIPIcs	6. 最初と最後の頁 6:1 ~ 6:11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4230/LIPIcs.TQC.2017.6	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 Eyuri Wakakuwa, Soeda Akihito, Murao Mio	4. 巻 63
2. 論文標題 A Coding Theorem for Bipartite Unitaries in Distributed Quantum Computation	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Information Theory	6. 最初と最後の頁 5372 ~ 5403
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TIT.2017.2709754	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 Eyuri Wakakuwa, Soeda Akihito, Murao Mio	4. 巻 63
2. 論文標題 The Cost of Randomness for Converting a Tripartite Quantum State to be Approximately Recoverable	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Information Theory	6. 最初と最後の頁 5360 ~ 5371
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TIT.2017.2694481	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 Seiseki Akibue, Masayuki Owar, Go Kato Go, Mio Murao	4. 巻 96
2. 論文標題 Entanglement-assisted classical communication can simulate classical communication without causal order	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Physical Review A	6. 最初と最後の頁 062331:1-13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevA.96.062331	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 Hayata Yamasaki, Akihito Soeda Akihito, Mio Murao	4. 巻 96
2. 論文標題 Graph-associated entanglement cost of a multipartite state in exact and finite-block-length approximate constructions	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Physical Review A	6. 最初と最後の頁 032330:1-16
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevA.96.032330	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 Nurul Ain Bintt Adnan, Shigeru Yamashita, Alan Mischenko	4. 巻 E100.D
2. 論文標題 Reduction of Quantum Cost by Making Temporary Changes to the Function	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Information and Systems	6. 最初と最後の頁 1393-1402
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/transinf.2016EDP7397	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 Dean Doron, Francois Le Gall, Amnon Ta-Shma	4. 巻 81
2. 論文標題 Probabilistic Logarithmic-Space Algorithms for Laplacian Solvers	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proceedings of the 2017 Approximation, Randomization, and Combinatorial Optimization. Algorithms and Techniques (APPROX/RANDOM 2017)	6. 最初と最後の頁 41:1-41:20
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4230/LIPIcs.APPROX-RANDOM.2017.41	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 Akinori Kawachi, Kenichi Kawano, Francois Le Gall, Suguru Tamaki	4. 巻 10392
2. 論文標題 Quantum Query Complexity of Unitary Operator Discrimination	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 COCOON 2017, Lecture Notes in Computer Science	6. 最初と最後の頁 309-320
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-319-62389-4_26	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 Taisuke Izumi, Francois Le Gall	4. 巻 無
2. 論文標題 Triangle Finding and Listing in CONGEST Networks	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proceedings of the 36th ACM Symposium on Principles of Distributed Computing (PODC 2017)	6. 最初と最後の頁 381-389
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1145/3087801.3087811	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 Francois Le Gall Francois, Shogo Nakajima	4. 巻 79
2. 論文標題 Quantum Algorithm for Triangle Finding in Sparse Graphs	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Algorithmica	6. 最初と最後の頁 941 ~ 959
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00453-016-0267-z	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 Jean-Francois Baffier, Vorapong Suppakitpaisarn, Hidefumi Hiraishi, Hiroshi Imai	4. 巻 22
2. 論文標題 Parametric multiroute flow and its application to multilink-attack network	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Discrete Optimization	6. 最初と最後の頁 20 ~ 36
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.disopt.2016.05.002	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 Stacey Jeffery, Francois Le Gall	4. 巻 -
2. 論文標題 Quantum Communication Complexity of Distributed Set Joins	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Proceedings of the 41st International Symposium on Mathematical Foundations of Computer Science (MFCS 2016)	6. 最初と最後の頁 54:1 ~ 54:13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4230/LIPIcs.MFCS.2016.54	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 Iordanis Kerenidis, Mathieu Lauriere, Francois Le Gall and Mathys Rennela	4. 巻 16, 3&4
2. 論文標題 Privacy in Quantum Communication Complexity	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Quantum Information and Computation	6. 最初と最後の頁 181-196
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 Andris Ambainis, Kazuo Iwama, Masaki Nakanishi, Harumichi Nishimura, Rudy Raymond, Seiichiro Tani Seiichiro, Shigeru Yamashita	4. 巻 25
2. 論文標題 Quantum Query Complexity of Almost All Functions with Fixed On-set Size	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Computational Complexity	6. 最初と最後の頁 723 ~ 735
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00037-016-0139-6	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 Nurul Ain Binti Adnan, Kouhei Kushida, Shigeru Yamashita	4. 巻 ISCAS
2. 論文標題 A pre-optimization technique to generate initial reversible circuits with low quantum cost	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 IEEE International Symposium on Circuits and Systems	6. 最初と最後の頁 2298-2301
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ISCAS.2016.7539043	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 Seiseki Akibue, Mio Murao	4. 巻 62
2. 論文標題 Network Coding for Distributed Quantum Computation Over Cluster and Butterfly Networks	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Information Theory	6. 最初と最後の頁 6620 ~ 6637
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TIT.2016.2604382	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 Francois Le Gall	4. 巻 -
2. 論文標題 Further Algebraic Algorithms in the Congested Clique Model and Applications to Graph-Theoretic Problems	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Proceedings of the International Symposium on Distributed Computing (DISC 2016)	6. 最初と最後の頁 57 ~ 70
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-662-53426-7_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 Tomoyuki Morimae, Harumichi Nishimura and Francis Le Gall	4. 巻 17 (3&4)
2. 論文標題 Modified group non-membership is in AWPP	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Quantum Information and Computation	6. 最初と最後の頁 242-250
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 Stacey Jeffery, Robin Kothari, Francois Le Gall, Frederic Magniez	4. 巻 76
2. 論文標題 Improving Quantum Query Complexity of Boolean Matrix Multiplication Using Graph Collision	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Algorithmica	6. 最初と最後の頁 1~16
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00453-015-9985-x	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 Francois Le Gall, Shogo Nakajima	4. 巻 9472
2. 論文標題 Quantum Algorithm for Triangle Finding in Sparse Graphs	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 ISAAC 2015, Lecture Notes in Computer Science	6. 最初と最後の頁 590~600
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-662-48971-0_50	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 P. Chalermsook, H. Imai, and V. Suppakitpaisarn	4. 巻 98-A
2. 論文標題 Two Lower Bounds for Shortest Double-Base Number System	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 IEICE Trans. on Fundamentals	6. 最初と最後の頁 1310-1312
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/transfun.E98.A.1310	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 H. Imai and V. Suppakitpaisarn	4. 巻 98-A
2. 論文標題 Improving Width-3 Joint Sparse Form to Attain Asymptotically Optimal Complexity on Average Case	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 IEICE Trans. on Fundamentals	6. 最初と最後の頁 1216-1222
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/transfun.E98.A.1216	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 Francois Le Gall and Shogo Nakajima	4. 巻 1
2. 論文標題 Quantum Algorithm for Triangle Finding in Sparse Graphs	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Proceedings of the 26th International Symposium on Algorithms and Computation (ISAAC 2015)	6. 最初と最後の頁 590-600
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-662-48971-0_50	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 Andris Ambainis, Yuval Filmus and Francois Le Gall	4. 巻 1
2. 論文標題 Fast Matrix Multiplication: Limitations of the Coppersmith-Winograd Method	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Proceedings of the 47th ACM Symposium on Theory of Computing (STOC 2015)	6. 最初と最後の頁 585-593
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1145/2746539.2746554	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 Hirotada Kobayashi, Francois Le Gall and Harumichi Nishimura	4. 巻 1
2. 論文標題 Generalized Quantum Arthur-Merlin Games	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Proceedings of the 30th Computational Complexity Conference (CCC 2015)	6. 最初と最後の頁 488-511
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4230/LIPIcs.CCC.2015.488	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 E. Wakakuwa, A. Soeda and M. Muraio	4. 巻 1
2. 論文標題 A coding theorem for bipartite unitaries in distributed quantum computation	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 2015 IEEE International Symposium on Information Theory (ISIT)	6. 最初と最後の頁 705-709
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ISIT.2015.7282546	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101件(うち招待講演 21件/うち国際学会 64件)

1. 発表者名 Yaswitha Gujju, Bo Yang, Yuko Kuroki and Hiroshi Imai
2. 発表標題 Machine learning techniques for unitary design classification: A comparative stud
3. 学会等名 25th Annual Conference on Quantum Information Processing (QIP) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Naoya Asada and Shigeru Yamashita
2. 発表標題 Exact Minimization of a Relative-Phase Toffoli Gate
3. 学会等名 25th Annual Conference on Quantum Information Processing (QIP) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Bo Yang, Rudy Raymond, Hiroshi Imai, Hyungseok Chang, Hidefumi Hiraishi
2. 発表標題 Testing Scalable Bell Inequalities for Quantum Graph States on IBM Quantum Devices
3. 学会等名 Quantum Information Processing 2021 (QIP 21) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kosei Teramoto, Yang Bo, Rudy Raymond, Atsuya Hasegawa, Hiroshi Imai and Hidefumi Hiraishi
2. 発表標題 Experimental Realization of Quantum Non-locality on IBM Quantum Devices
3. 学会等名 電子情報通信学会第44回量子情報技術研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 今井浩, 張亨碩
2. 発表標題 Bell不等式プロジェクト
3. 学会等名 情報処理学会第3回量子ソフトウェア研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Duo Xu and Shigeru Yamashita
2. 発表標題 Quantum State Preparation By Gaussian Elimination
3. 学会等名 2021 Asian Conference on Quantum Information Science (AQIS) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Shohei Kuroda and Shigeru Yamashita
2. 発表標題 A Cost Reduction Method for Quantum Boolean Circuits by Applying The Transduction Method
3. 学会等名 2021 Asian Conference on Quantum Information Science (AQIS) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Terumi Oguri and Shigeru Yamashita
2. 発表標題 T-depth Reduction Considering Multiple MCT Gates with Ancilla Bits
3. 学会等名 2021 Asian Conference on Quantum Information Science (AQIS) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 今井浩, 佐藤英一郎
2. 発表標題 最大カットに対するQAOAと古典近似アルゴリズムの近似率
3. 学会等名 情報処理学会第4回量子ソフトウェア研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 浅田尚也, 山下茂
2. 発表標題 位相がずれたToffoliゲートの厳密最小化手法
3. 学会等名 第45回量子情報技術研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山下茂
2. 発表標題 量子回路の設計手法に関する研究動向
3. 学会等名 情報処理学会連続セミナー2020 量子コンピュータとソフトウェア (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Risa Segawa, Shigeru Yamashita
2. 発表標題 An Efficient Generation of Arbitrary Superposition of Basis States
3. 学会等名 Asian Quantum Information Science Conference (AQIS 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Atsushi Matsuo, Yudai Suzuki, Shigeru Yamashita
2. 発表標題 Problem-specific Parameterized Quantum Circuits of the VQE Algorithm for Optimization Problems
3. 学会等名 Asian Quantum Information Science Conference (AQIS 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Han Zhengtong, Shigeru Yamashita
2. 発表標題 Quantum Circuit Design by Steiner-Gauss with Considering the Order of Qubits
3. 学会等名 Asian Quantum Information Science Conference (AQIS 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Han Zhengtong, 山下茂
2. 発表標題 量子ビットの処理順序を考慮したシュタイナーガウス消去法による量子回路の設計
3. 学会等名 デザインガイア2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Atsushi Matsuo, Yudai Suzuki, Shigeru Yamashita
2. 発表標題 Problem-specific Parameterized Quantum Circuits of the VQE Algorithm for Optimization Problems
3. 学会等名 情報処理学会第1回量子ソフトウェア研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山下茂
2. 発表標題 量子回路設計
3. 学会等名 情報処理学会 量子ソフトウェア研究会第4回月例バーチャルセミナー（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 今井浩
2. 発表標題 量子超越性とスパコン・計算可能性
3. 学会等名 情報処理学会 量子ソフトウェア研究会第1回月例バーチャルセミナー（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 F. S. Oliveira, H. Hiraishi, H. Imai
2. 発表標題 Graph Orientations and Their Use in Modelling the Physical Sciences
3. 学会等名 3rd ETH Zurich-UTokyo Strategic Partnership Symposium on the UN Sustainable Development Goals and Innovation (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山下茂
2. 発表標題 量子回路設計における最適化問題
3. 学会等名 電子情報通信学会VLSI設計技術研究会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 F. S. Oliveira, H. Hiraishi, H. Imai
2. 発表標題 Parameterized Algorithms for Tutte Polynomial Specializations in Graph Orientations
3. 学会等名 第172回情報処理学会アルゴリズム研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 寺西 寛人, 今井 浩, 平石 秀史
2. 発表標題 Simulated Quantum AnnealingとBreakout Local SearchのNP-hard問題に対する実験的な比較
3. 学会等名 第172回情報処理学会アルゴリズム研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山下茂
2. 発表標題 量子回路設計
3. 学会等名 情報科学技術フォーラム（FIT）イベント企画：量子コンピュータ技術基盤の創出に向けて（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kanto Teranishi, Hidefumi Hiraishi, and Hiroshi Imai
2. 発表標題 Breakout Local Search for Finding Graph Minors
3. 学会等名 2019 Asian Quantum Information Science Conference (AQIS) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ryota Yonekura, Hidefumi Hiraishi, and Hiroshi Imai
2. 発表標題 A BDD-based approach to the Ising partition function via Eulerian subgraphs
3. 学会等名 2019 Asian Quantum Information Science Conference (AQIS) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Wakaki Hattori and Shigeru Yamashita
2. 発表標題 The decomposition of an MPMCT gate in consideration of NNA
3. 学会等名 2019 Asian Quantum Information Science Conference (AQIS) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kota Asai and Shigeru Yamashita
2. 発表標題 Efficient Mapping of the ZX calculus
3. 学会等名 2019 Asian Quantum Information Science Conference (AQIS) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Risa Segawa, Shigeru Yamashita, and Rudy Raymond
2. 発表標題 Minimizing Quantum Circuits for Simultaneous Two-Qubit Measurement by Single-Qubit Measurements
3. 学会等名 2019 Asian Quantum Information Science Conference (AQIS) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yohei Wakabayashi and Shigeru Yamashita
2. 発表標題 A handy condition of bridge compression for topological quantum circuits
3. 学会等名 2019 Asian Quantum Information Science Conference (AQIS) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 F. S. Oliveira, H. Hiraishi, H. Imai
2. 発表標題 FPT Algorithms to Enumerate and Count Acyclic and Totally Cyclic Orientations
3. 学会等名 The X Latin and American Algorithms, Graphs and Optimization Symposium (LAGOS 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Marco Tulio Quintino, 董青秀雄、新保淳、添田彬仁、村尾美緒
2. 発表標題 未知ユニタリゲートの 逆変換化を実装する ユニバーサル量子アルゴリズム
3. 学会等名 ハイブリッド量子科学 第8回領域会議
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Marco Tulio Quintino, 董青秀雄、新保淳、添田彬仁、村尾美緒
2. 発表標題 ユニタリ操作を複数回利用し、その逆操作を実装する
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 新保淳、添田彬仁、村尾美緒
2. 発表標題 未知ユニタリゲート間の同一性決定：量子オブジェクトに対する量子的学習
3. 学会等名 ハイブリッド量子科学 第8回領域会議
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hayata Yamasaki and Mio Mura0
2. 発表標題 One-shot quantum state merging for arbitrarily-small-dimensional systems under one-way and two-way communication
3. 学会等名 QIP2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Marco Tulio Quintino, 董青秀雄, 新保淳, 添田彬仁, 村尾美緒
2. 発表標題 未知ユニタリゲートの 逆変換化を実装する ユニバーサル量子アルゴリズム
3. 学会等名 ハイブリッド量子科学第8回領域会議
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Marco Tulio Quintino, 董青秀雄, 新保淳, 添田彬仁, 村尾美緒
2. 発表標題 ユニタリ操作を複数回利用し、その逆操作を実装する
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 F. S. Oliveira, H. Hiraishi, H. Imai
2. 発表標題 A BDD Approach to Counting Problems in Graphic Arrangements
3. 学会等名 The 21st Japan-Korea Joint Workshop on Algorithms and Computation (WAAC 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Mio Murao
2. 発表標題 Using quantum computers for analyzing quantum physics
3. 学会等名 International Conference on Challenges in Quantum Information Science (CQIS 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Mio Murao
2. 発表標題 Using quantum computers for manipulating and analysing quantum systems
3. 学会等名 The Bristol Quantum Information Technologies Workshop (BQIT2018) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Mio Murao
2. 発表標題 Higher order quantum operations of unitaries
3. 学会等名 Hong Kong - Shen Zhen Workshop on Quantum Information Science (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Mio Murao
2. 発表標題 Higher order quantum operations of unitaries
3. 学会等名 4th Seefeld workshop on Quantum Information (2018) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hayata Yamasaki and Mio Murao
2. 発表標題 量子符号化・複号の非局所性の定量化
3. 学会等名 物性研短期研究会 量子情報・物性の新潮流
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 村尾美緒
2. 発表標題 高階量子演算を用いて量子動力学を操る
3. 学会等名 ハイブリッド量子科学セミナー：じっくり議論シリーズ1
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hayata Yamasaki and Mio Murao
2. 発表標題 Partial quantum information and two-way classical communication
3. 学会等名 post-AQIS18 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Qingxiuxiong Dong, Marco Tulio Quintino, Akihito Soeda and Mio Murao
2. 発表標題 Implementing positive maps with multiple copies of an input state
3. 学会等名 post-AQIS18 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Jisho Miyazaki, Akihito Soeda, Mio Murao
2. 発表標題 Universal complex conjugation of quantum states and unitaries: Implementation algorithm and implications,
3. 学会等名 CQIS 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Qingxiuxiong Dong, Marco Tulio Quintino, Atsushi Shimbo, Akihito Soeda and Mio Murao,
2. 発表標題 Inverting unknown quantum operations
3. 学会等名 CQIS 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hayata Yamasaki and Mio Murao
2. 発表標題 Entanglement cost of distributed quantum encoding/decoding
3. 学会等名 4th Seefeld workshop on Quantum Information (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Jisho Miyazaki, Akihito Soeda, and Mio Murao
2. 発表標題 Universal complex conjugation of unitaries
3. 学会等名 TQC2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hayata Yamasaki and Mio Murao
2. 発表標題 One-shot zero-error quantum state merging and splitting
3. 学会等名 TQC2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Atsuhiko Shimbo, Akihito Soeda and Mio Murao
2. 発表標題 Equivalence determination of unitary operations: "Quantum learning" of quantum objects
3. 学会等名 QSQL 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Jisho Miyazaki, Akihito Soeda, and Mio Murao
2. 発表標題 Universal complex conjugation of unitaries
3. 学会等名 新学術領域「ハイブリッド量子科学」第7回領域会議
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shimbo Atsushi, Akihito Soeda, and Mio Murao
2. 発表標題 Equivalence determination of unitary operations
3. 学会等名 AQIS 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hayata Yamasaki and Mio Murao
2. 発表標題 Quantum state merging for arbitrarily-small-dimensional systems
3. 学会等名 AQIS 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Qingxiuxiong Dong, Marco Tulio Quintino, Akihito Soeda and Mio Murao
2. 発表標題 Implementing positive maps with multiple copies of an input state
3. 学会等名 AQIS 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 今井浩
2. 発表標題 最大カット問題と量子計算 --- 常識の「嘘」も考えながら
3. 学会等名 日本OR学会最適化とその応用研究部会未来を担う若手研究者の集い 2018 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 F. S. Oliveira, H. Hiraishi, and H. Imai
2. 発表標題 Graph Orientations and Their Use in Modelling the Physical Sciences
3. 学会等名 3rd ETH Zurich-UTokyo Strategic Partnership Symposium on the UN Sustainable Development Goals and Innovation (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 K. Teranishi, H. Imai, H. Hiraishi
2. 発表標題 Simulated Quantum Annealing versus Breakout Local Search for Benchmark Dataset on NP-hard Problems
3. 学会等名 Asian Quantum Information Science Conference (AQIS 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Jingwen Ding and Shigeru Yamashita
2. 発表標題 Exact and Approximate Exact Synthesis of Nearest Neighbor Compliant Quantum Circuits in 2-D Architectures
3. 学会等名 Asian Quantum Information Science Conference (AQIS 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kota Asai and Shigeru Yamashita
2. 発表標題 Compaction of Topological Quantum Circuits by Modularization
3. 学会等名 Asian Quantum Information Science Conference (AQIS 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Wakaki Hattori and Shigeru Yamashita
2. 発表標題 Mapping to 2D Nearest Neighbor Architecture by a SAT Solver and A* Algorithm
3. 学会等名 Asian Quantum Information Science Conference (AQIS 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Mio Murao
2. 発表標題 Using quantum computers for analyzing quantum physics
3. 学会等名 International Conference on Challenges in Quantum Information Science (CQIS 2018) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Mio Murao
2. 発表標題 Using quantum computers for manipulating and analysing quantum systems
3. 学会等名 The Bristol Quantum Information Technologies Workshop (BQIT2018) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Marco Tulio Quintino, Qingxiuxiong Dong, Atsushi Shimbo, Jisho Miyazaki, Shojun Nakayama, and Akihito Soeda
2. 発表標題 Causal Structure of Blackboxes in Higher Order Quantum Operations
3. 学会等名 Quantum Maiwar 2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Akihito Soeda
2. 発表標題 Higher-Order Quantum Operations on Unitary Operations with Multiple Calls
3. 学会等名 Computing and Quantum Control (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ryosuke Sakai, Akihito Soeda, Mio Mura0, and Daniel Burgarth
2. 発表標題 Robust Control of Two-qubit Gates in Hamiltonian Systems
3. 学会等名 新学術領域「ハイブリッド量子科学」第回六領域会議
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hayata Yamasaki and Mio Mura0
2. 発表標題 Entanglement Cost of Distributed Quantum Encoding/decoding
3. 学会等名 第25回量子情報関東Student Chapter研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Jisho Miyazaki, Akihito Soeda, Mio Muraio
2. 発表標題 Universal complex conjugation of quantum states and unitaries: Implementation algorithm and implications
3. 学会等名 The 21th Annual Conference on Quantum Information Processing (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 宮崎慈生, 添田彬仁, 村尾美緒
2. 発表標題 ユニタリ量子操作の複素共役化: 量子アルゴリズムとその帰結
3. 学会等名 日本物理学会第73回年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Qingxiuxiong Dong, Shojun Nakayama, Akihito Soeda, and Mio Muraio
2. 発表標題 Exact Controllization of Unitary Operation with Fractional Queries
3. 学会等名 新学術領域「ハイブリッド量子科学」第五回領域会議
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 張 亨碩、橋本 朔弥、平石 秀史、今井 浩
2. 発表標題 制限付きボルツマンマシンに対する経路積分モンテカルロ法の実験的評価
3. 学会等名 人工知能基本問題研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 H. Chang, H. Hiraishi, H. Imai
2. 発表標題 Comparing Simulated Annealing with Simulated Quantum Annealing on Max-cut and Other NP-Hard Problems
3. 学会等名 17th Asian Quantum Information Science Conference (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Mio Murao
2. 発表標題 Higher order quantum operations of unitaries and their implications
3. 学会等名 17th Asian Quantum Information Science Conference (AQIS 2017) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Shojun Nakayama, Akihito Soeda, Mio Murao
2. 発表標題 Adiabatic quantum computation and Grover search applied to higher-order quantum operations
3. 学会等名 17th Asian Quantum Information Science Conference (AQIS 2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Jisho Miyazaki, Akihito Soeda, Mio Murao
2. 発表標題 Universal complex conjugation of quantum states and unitaries: Implementation algorithm and implications
3. 学会等名 International Workshop on Quantum Simulation & Computation (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 添田彬仁
2. 発表標題 高階量子情報処理の最近の展開
3. 学会等名 電子情報通信学会量子情報技術研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Soma Esaki, Masato Onoda and Shigeru Yamashita
2. 発表標題 An Ancilla Reduction Technique for Quantum Circuits Converted from NAND-based Circuits
3. 学会等名 17th Asian Quantum Information Science Conference (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Jingwen Ding and Shigeru Yamashita
2. 発表標題 Synthesis of Physical-Limitation-Aware Optimal Quantum Circuits in 2-D Architecture
3. 学会等名 17th Asian Quantum Information Science Conference (AQIS 2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Masato Onoda and Shigeru Yamashita
2. 発表標題 Quantum Circuit Design by Using ESOP Minimization
3. 学会等名 17th Asian Quantum Information Science Conference (AQIS 2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kentaro Haneda and Shigeru Yamashita
2. 発表標題 Locating Loops for TCSC Considering Bridge Transformation
3. 学会等名 17th Asian Quantum Information Science Conference (AQIS 2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 松崎雄一郎, 仲山将順, 添田彬仁, 村尾美緒, 斎藤志郎
2. 発表標題 未知の共鳴周波数を持った量子ビット集団に対するエネルギー射影測定
3. 学会等名 日本物理学会 第72回年次大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 坂井亮介, 添田彬仁, 村尾美緒
2. 発表標題 Hamiltonian and energy in controllable quantum systems
3. 学会等名 新学術領域ハイブリッド量子科学・第4回領域会議
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Mio Murao
2. 発表標題 Higher order quantum operations and hybrid quantum information processing
3. 学会等名 新学術領域ハイブリッド量子科学・第4回領域会議 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hidefumi Hiraishi, Hiroshi Imai
2. 発表標題 A Note on Extended Formulations of Lower-truncated Transversal Polymatroids
3. 学会等名 The fifth International Conference on Continuous Optimization (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 小野田将人、山下茂、櫛田耕平
2. 発表標題 複数出力を考慮した量子回路設計手法
3. 学会等名 2016年度情報処理学会関西支部 支部大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 羽田健太郎、山下茂、Devitt Simon、根本香絵
2. 発表標題 クラスタ状態TQC回路のループ削減手法
3. 学会等名 2016年度情報処理学会関西支部 支部大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Nurul Ain Binti Adnan, Kouhei Kushida and Shigeru Yamashita
2. 発表標題 Reduction of Quantum Cost by Changing the Functionality
3. 学会等名 16th Asian Quantum Information Science Conference (AQIS 2016) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Kentaro Haneda, Shigeru Yamashita, Simon Devitt and Kae Nemoto
2. 発表標題 Reducing Loops for Topological Cluster State Quantum Computationin
3. 学会等名 16th Asian Quantum Information Science Conference (AQIS 2016) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Kotaro Hoshi and Shigeru Yamashita
2. 発表標題 Braiding Operations for Topological Quantum Computation
3. 学会等名 16th Asian Quantum Information Science Conference (AQIS 2016) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Masato Onoda, Kouhei Kushida and Shigeru Yamashita
2. 発表標題 Optimization of Quantum Circuits with Multiple Outputs
3. 学会等名 16th Asian Quantum Information Science Conference (AQIS 2016) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Mio Murao
2. 発表標題 Entanglement assisted classical communication simulates "classical communication" without causal order
3. 学会等名 Hong Kong workshop on quantum information and foundation (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Mio Murao
2. 発表標題 Entanglement assisted classical communication simulates "classical communication" without causal order
3. 学会等名 The 3rd Seefeld workshop on Quantum Information (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 村尾美緒
2. 発表標題 未知ハミルトニアンのエネルギ射影測定アルゴリズム
3. 学会等名 「量子情報と有限長理論の新展開」研究会 (招待講演)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Kohtaro Kato, Fabian Furrer, Mio Murao
2. 発表標題 Information-Theoretical Analysis of Topological Entanglement Entropy and Multipartite Correlations
3. 学会等名 16th Asian Quantum Information Science Conference (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Eyuri Wakakuwa, Akihito Soeda and Mio Murao
2. 発表標題 A Four-Round LOCC Protocol Outperforms All Two-Round Protocols in Reducing the Entanglement Cost for A Distributed Quantum Information Processing
3. 学会等名 16th Asian Quantum Information Science Conference (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 仲山将順、添田彬仁、村尾美緒
2. 発表標題 量子操作間の相互変換アルゴリズムと量子学習プロセスへの応用
3. 学会等名 日本物理学会2016年秋季大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Akihito Soeda
2. 発表標題 Universal controllization--its no-go and remedy for projective measurement of energy
3. 学会等名 Quantum Information Science Workshop (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Francois Le Gall
2. 発表標題 Further Algebraic Algorithms in the Congested Clique Model and Applications to Graph-Theoretic Problems
3. 学会等名 電子情報通信学会コンピューテーション研究会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 安田智, 矢野洋祐, 今井浩
2. 発表標題 Benchmark test on solution quality for max cut solvers
3. 学会等名 2015年夏のLAシンポジウム
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 Hiroshi Imai, Yosuke Yano, Satoru Yasuda
2. 発表標題 Benchmark Test on Solution Quality for Max Cut Solvers
3. 学会等名 15th Asian Quantum Information Science Conference (AQIS 2015) (国際学会)
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 Hiroshi Imai, Yosuke Yano, Satoru Yasuda
2. 発表標題 Benchmark Test on Solution Quality for Max Cut Solvers
3. 学会等名 15th Asian Quantum Information Science Conference (AQIS 2015) (国際学会)
4. 発表年 2015年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 徳山豪, 小林直樹, 岩間一雄, 渡辺治, 今井浩, 南出靖彦, 五十嵐淳, 長谷川真	4. 発行年 2022年
2. 出版社 朝倉書店	5. 総ページ数 800
3. 書名 理論計算機科学事典	

〔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	山下 茂 (Yamashita Shigeru) (30362833)	立命館大学・情報理工学部・教授 (34315)	

6. 研究組織（つづき）

	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
連携研究者	ルガル フランソワ (Le Gall Francois) (50584299)	京都大学・情報学研究科・特任准教授 (14301)	
連携研究者	村尾 美緒 (Murao Mio) (30322671)	東京大学・理学系研究科・教授 (12601)	

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 Asian Quantum Information Science Conference (AQIS)	開催年 2020年～2020年
---	--------------------

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