

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 7 日現在

機関番号：37102

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2016

課題番号：25330018

研究課題名(和文) 構造拡張型の組合せ最適化問題に関する研究

研究課題名(英文) Research on combinatorial optimization problems for finding solutions with extended structures

研究代表者

朝廣 雄一 (Asahiro, Yuichi)

九州産業大学・情報科学部・教授

研究者番号：40304761

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、組み合わせ最適化問題に対し、解構造に要求される制約について拡張や緩和を行うことで高品質な解を得る手法について考察することが目的であった。具体的に対象とした問題としては、無向グラフの辺に対する有向化問題、直径指定部分グラフを発見する問題、正則部分グラフ発見する問題などが挙げられる。これらの問題に対して、計算複雑さの検討、理論的性能評価を伴うアルゴリズムの開発、開発したアルゴリズムの計算機実験による実際的性能の評価を行った。研究成果については、12編の国際学術論文としてまとめるとともに、26回の国内学会や研究会での発表を行った。

研究成果の概要(英文)：The objective of this research was to study combinatorial optimization problems for which we can extend or relax constraints on structure of solutions. The target problems were graph orientation problems, a problem to find a subgraph with small diameter, and a problem to find regular subgraphs, and so on. For these problems, we considered intractability or inapproximability of the problems, developed algorithms with theoretical performance guarantees, and evaluated practical performance of the developed algorithms by computer experiments. Results of this research were published as 12 papers in international conferences and journals, and also presented in 26 domestic conferences and research meetings.

研究分野：計算機科学

キーワード：組合せ最適化 アルゴリズム 近似 計算複雑さ

1. 研究開始当初の背景

入力が前もって与えられる(オフライン)状況下で、様々な組み合わせ最適化問題に対して、近似アルゴリズムの開発が行われている。また、入力が時々刻々と与えられるオンライン問題についても様々なアルゴリズムが開発されている。オンライン問題に対するアルゴリズムの開発において、資源増加という手法が一つの有用な設計方針として知られている。

2. 研究の目的

入力が時系列に従い与えられるため、将来の入力が不明であるという条件のもとで意思決定を行う必要のあるオンライン問題と、そのアルゴリズムに関する研究が活発に行われている。このオンラインアルゴリズムの分野で、利用できる資源(例えば記憶容量)を増加させた上で、高品質な解を得る資源増加型アルゴリズムが研究されている。この資源増加の概念を解構造の拡張と捉え、自然な形で定義できる解構造拡張型の(オンラインではなく、全ての入力が事前に与えられる)オフライン型問題に対して、資源増加型オンライン問題と共通の視点から取り組むことにより、両者に統一的に適用できる要素技術やアルゴリズムの開発、ならびに計算複雑さの解明を行うことを本研究の目的とする。

3. 研究の方法

研究の流れとしては、「計算複雑さの検討アルゴリズムの開発 論文の執筆」を基本とする。また、既知のアイデアの応用や基本的なアイデアの有用性を検討する、ならびに開発したアルゴリズムの実用性を検証する目的で、必要に応じて計算機実験を組み合わせる。

4. 研究成果

次項の「主な発表論文等」の〔雑誌論文〕に記載するものに関連づけて、主な研究成果を以下の3点にまとめる形で記載する。

- (1) 〔雑誌論文〕の において、グラフ構造として捉えることのできる仕事割り当て問題について研究した。グラフ中の無向辺に向きを決定することが、その無向辺に対応する仕事を、両端のどちらかの頂点に対応する計算機に割り当てることに対応する。ここで、各計算機の負荷について、例えば仕事量の上限などが決まっている場合に、その上限を超えるような計算機が発生することを許すという解構造の拡張を行い、その上で、そういった計算機の数できるだけ少なくするためのアルゴリズム等を開発した。またいくつかの問題設定に対して、計算複雑さや近似不可能性について明らかにした。

- (2) 〔雑誌論文〕の においては、直径指定部分グラフ問題について研究した。直径指定部分グラフ問題においては、全体のグラフ構造の中から、指定された直径を持つ最大部分グラフを抽出することが目的である。ここでは本来は直径1の部分グラフを必要としている状況下で、それよりも少しだけ大きな直径の(すなわち構造を拡張した)部分グラフを見つけることで満足しようという考え方に基づく。近似度としての理論的境界に迫る性能を持つアルゴリズムを開発するとともに、その実際的な性能について計算機実験により評価を行った。またいくつかの特殊なグラフ構造に対する計算複雑さについて考察を行った。

- (3) 〔雑誌論文〕の においては、グラフ中から正則部分グラフを発見する問題について研究した。発見する部分グラフの構造として正則性ととも、導出グラフであるという条件を課すか課さないかという観点で問題の性質について考察し、本質的に変わらない場合と、この性質の有無により性質が変わってくることもあることが分かり、それに対応した形でアルゴリズムの開発や計算複雑さの考察を行った。

以上により得られた研究成果については、(詳細は発表論文の欄にゆずるが)、国際的な学術雑誌や国際会議において採録されており、また国内の研究会等でも研究成果の公表に努めたことから、当該分野において国内外で一定のインパクトを持つ成果として捉えられていることを期待している。

今後の展望としては以下の通りである。本研究課題において、各種のアルゴリズムの設計ならびに計算複雑さの解明を行い、一定の成果を得た。しかしながら、一部においては、既知の計算複雑さ(の下界)とアルゴリズムの性能に開きが残ったままになっている。これらに継続的に取り組み、より良いアルゴリズムの設計ならびに厳密な計算複雑さの解明に繋げていくこと、また設計したアルゴリズムを実装しその実際的な性能を明らかにすることが、今後の課題であると同時に当該分野に対する科学的な貢献になると考えている。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計12件)

Yuichi Asahiro, Jesper Jansson, Eiji Miyano, and Hirotaka Ono, Degree-Constrained Graph Orientation: Maximum Satisfaction and

Minimum Violation, Theory of Computing Systems, Vol.58, No.1, pp.60-93, 2016.(査読有) DOI: 10.1007/s00224-014-9565-5

Yuichi Asahiro, Tomohiro Kubo, Eiji Miyano, Experimental evaluation of approximation algorithms for maximum distance-bounded subgraph problems, Proc. Joint 8th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 17th International Symposium on Advanced Intelligent Systems, 892-897, 2016. (査読有)

Yuichi Asahiro, Hiroshi Eto, Takehiro Ito, and Eiji Miyano, Regular induced subgraphs in bipartite and planar graphs, Proc. The 19th Japan-Korea Joint Workshop on Algorithms and Computation (WAAC 2016), 43-1-8, 2016. (査読有)

Yuichi Asahiro, Jesper Jansson, Eiji Miyano, and Hirotaka Ono, Graph Orientations Optimizing the Number of Light or Heavy Vertices, Journal of Graph Algorithms and Applications, Vol.19, No.1, pp.441-465, 2015. (査読有) DOI:10.7155/jgaa.00371

Yuichi Asahiro, Yuya Doi, Eiji Miyano, and Hirotaka Shimizu, Optimal Approximation Algorithms for Maximum Distance-Bounded Subgraph Problems, Proc. 9th International Conference on Combinatorial Optimization and Applications (COCOA 2015), Lecture Notes in Computer Science, Vol.9486, pp.586-600, 2015. (査読有) DOI:10.1007/978-3-319-26626-8_43

Kaede Utsunomiya and Yuichi Asahiro, An Improvement of the Greedy Algorithm for the (n^2-1) -Puzzle, Proc. 15th International Conference on Computational Science and Its Applications (ICCSA 2015), Lecture Notes in Computer Science, Vol.9156, pp.457-473, 2015. (査読有) DOI:10.1007/978-3-319-21407-8_33

Yuichi Asahiro, Hiroshi Eto, Takehiro Ito, Eiji Miyano, Complexity of finding maximum regular induced subgraphs with prescribed degree, Theoretical Computer Science, Vol. 550, pp.21-35, 2014. (査読有) DOI: 10.1016/j.tcs.2014.07.008

Yuichi Asahiro, Jesper Jansson, Eiji Miyano, and Hirotaka Ono, Degree-Constrained Graph Orientation: Maximum Satisfaction and Minimum Violation, Proc. 11th International Workshop on Approximation and Online Algorithms (WAOA 2013), Lecture Notes in Computer Science, Vol.8447, pp.24-36, 2014. (査読有) DOI: 10.1007/978-3-319-08001-7_3

Yuichi Asahiro, Kenta Kanmura and Eiji Miyano, $(1+)$ -competitive Algorithm for Online OVFS Code Assignment with Resource Augmentation, Journal of Combinatorial Optimization, Vol.26, Issue 4, pp.687-708, 2013. (査読有) DOI: 10.1007/s10878-012-9454-2

Yuichi Asahiro, Eiji Miyano, Toshihide Murata, and Hirotaka Ono, Optimal Approximability of Bookmark Assignments, Discrete Applied Mathematics, Vol.161, Issues 16-17, pp.2361-2366, 2013. (査読有) DOI: 10.1016/j.dam.2013.05.018

Yuichi Asahiro, Hiroshi Eto, Takehiro Ito, and Eiji Miyano, Complexity of Finding Maximum Regular Induced Subgraphs with Prescribed Degree, Proc. 19th International Symposium on Fundamentals of Computation Theory (FCT 2013), Lecture Notes in Computer Science, Vol.8070, pp.28-39, 2013. (査読有) DOI: 10.1007/978-3-642-40164-0_6

Yuichi Asahiro, Yuya Doi, Eiji Miyano, and Hirotaka Shimizu, Maximum Diameter-Bounded Subgraphs in Intersection Graphs, Proc. The 16th Korea-Japan Joint Workshop on Algorithms and Computation (WAAC 2013), pp.83-90, 2013. (査読有)

[学会発表](計26件)

有木正, 朝廣雄一, 宮野英次, アクセス制限付きバッファをもつ再整列問題の計算困難性, 火の国情報シンポジウム2017, 講演論文集(CDROM), 講演番号 B2-2(5 pages), 鹿児島大学(鹿児島県鹿児島市), 平成29年3月1-2日.

八木田剛, 朝廣雄一, 宮野英次, 最小ブロック転送問題に対する $(2-)$ 近似アルゴリズム, 火の国情報シンポジウム2017, 講演論文集(CDROM), 講演番号 B1-2(8

pages), 鹿児島大学(鹿児島県鹿児島市), 平成 29 年 3 月 1-2 日.

朝廣雄一, 土井悠也, 志水宏宇, 宮野英次, 距離限定部分グラフ探索問題に対する近似アルゴリズム, 情報処理学会アルゴリズム研究会, 情報処理学会研究報告, Vol.2016-AL-158, No.18, pp.1-6, 石川県教育会館(石川県金沢市), 2016 年 6 月 24-25 日.

Yuichi Asahiro, Yuya Doi, Eiji Miyano, Hirotaka Shimizu, Approximation Algorithms to Find Maximum Distance-Bounded Subgraphs, The 9th Annual Meeting of Asian Association for Algorithms and Computation, p.11(one page abstract), Taipei(Taiwan), May 14-16, 2016.

Yuichi Asahiro, Ichiro Suzuki, Masafumi Yamashita, A Self-stabilizing Algorithm for Robust and Adaptive Marching, Workshop on Distributed Robotic Swarms, Tokyo (Japan), Oct. 5, 2015.

朝廣雄一, ジェスパージャンソン, 宮野英次, 小野廣隆, 次数制約のあるグラフ有向化問題の計算複雑さについて, 情報処理学会アルゴリズム研究会, 情報処理学会研究報告, Vol.2014-AL-150, No. 19, pp.1-8, 大瀧信泉記念館(沖縄県石垣市), 2014 年 11 月 20-21 日.

朝廣雄一, 江藤宏, 伊藤健洋, 宮野英次, 理想グラフの中の正則部分グラフの探索, 電気・情報関係学会九州支部連合大会論文集, 10-1A-06, 鹿児島大学(鹿児島県鹿児島市), 2014 年 9 月 18-19 日.

土井悠也, 朝廣雄一, 宮野英次, ランダムグラフにおける最大 2-クランのサイズ, 電気・情報関係学会九州支部連合大会論文集, 鹿児島大学(鹿児島県鹿児島市), 10-1A-07, 2014 年 9 月 18-19 日.

Yuichi Asahiro, Hiroshi Eto, Takehiro Ito, and Eiji Miyano, Maximum r -Regular Induced Subgraph Problems for Chordal Bipartite Graphs, Seventh Asian Association for Algorithms and Computation Annual Meeting (AAAC14), p.18(one page abstract), Hangzhou(China), May 17-19., 2014.

Yuichi Asahiro, Yuya Doi, Eiji Miyano, and Hirotaka Shimizu, Maximum Diameter-Bounded Subgraphs in Graphs without Long Induced Cycles, The 6th

Annual Meeting of Asian Association for Algorithms and Computation (AAAC2013), p.24(one page abstract), Matsushima(Japan), Apr. 19-21, 2013.

他 16 件

6. 研究組織

(1) 研究代表者

朝廣 雄一 (ASAHIRO, Yuichi)

九州産業大学・情報科学部・情報科学科

研究者番号: 40304761