

令和 3 年 6 月 5 日現在

機関番号：17104

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2020

課題番号：17K00016

研究課題名(和文) 組合せ最適化問題の条件強化と条件緩和に対するアルゴリズム設計

研究課題名(英文) Algorithm Design for Combinatorial Optimization Problems: Stronger and Weaker Constraints

研究代表者

宮野 英次 (Miyano, Eiji)

九州工業大学・大学院情報工学研究院・教授

研究者番号：10284548

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)：多くの重要な組合せ最適化問題は計算量の意味で困難(NP困難)となる。すなわち、それらの問題の最適解を求めるための多項式時間で動作するアルゴリズムが存在しない。本研究では思いに次の2つの研究成果を得た。(1) 条件を緩和した最適化問題に対しては近似アルゴリズムまたは固定パラメータアルゴリズムを設計した。(2) 条件を強化した最適化問題に対しては高速なアルゴリズムを設計した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

生産計画やスケジューリング問題は、組合せ最適化問題として捉えることができ、所望の解を求めなければならない状況が頻繁にある。しかし、多くは計算困難となってしまうため、得られる解の品質や高速に解くことができる入力に関して、ある程度の正確性を捨て、許容出来る解を求める必要がある。本研究課題は、組合せ最適化問題の条件強化と緩和によって効率の良いアルゴリズム設計を実現していることに学術的・社会的意義がある。

研究成果の概要(英文)：Most important combinatorial optimization problems are computationally intractable (NP-hard), i.e., there are no algorithm to find optimal solutions to such problems in polynomial time. The contributions of this research are mainly divided into the following two: (1) We designed approximation and/or fixed-parameter algorithms for optimization problems with weaker constraints, and (2) efficient algorithms for optimization problems with stronger constraints.

研究分野：計算機科学

キーワード：組合せ最適化問題 条件強化 条件緩和 アルゴリズム設計 計算複雑さ

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

現実世界に現れる生産計画や各種スケジューリング問題、大規模データ集合の中から目的のデータを探索する問題等の情報工学的な諸問題は、時間やコスト、データ関係などの制約条件が与えられた中で、ある目的を満足させるという組合せ最適化問題として捉えることができる。例えば、対象となるインターネット通信網や道路交通網などをグラフとして自然に表現して、通信経路の確保、通信の高速化、通信コストの削減など現実に現れる応用問題を、グラフ上での最小全域木問題、最短経路問題、ネットワークフロー問題などの組合せ最適化問題として定式化できる。定式化された組合せ最適化問題に対するアルゴリズムを設計することで、現実問題の解決方法が探られている。

## 2. 研究の目的

現実問題を組合せ最適化問題として定式化する際には、アルゴリズムもしくはプログラムで問題を解くために、目的関数や制約条件を、どのように表現、もしくは数式化するかが重要である。特に、抽象化・一般化と具体化・特殊化のバランスを考える必要がある。抽象的な組合せ最適化問題は、多くの問題を包含した形で定式化できるため、そこで設計したアルゴリズムの適用範囲は広がる。一方、具体的な組合せ最適化問題は、より現実問題に沿った形で定式化されているため、そこで設計されたアルゴリズムは、少しの修正により現実問題を解くために利用できる。本研究の目的は、計算困難な組合せ最適化問題を対象として、以下のような手法により適用範囲が広く、高品質なアルゴリズム設計法を構築することである。

(条件緩和) 組合せ最適化問題における条件を緩和、または、条件を削除することにより、より一般的な組合せ最適化問題とそれに対するアルゴリズム設計を考え、より適用範囲の広いアルゴリズムを与える。

(条件強化) 組合せ最適化問題における従来の条件を強化、または、新しい条件を付加することにより、従来のアルゴリズムよりも高速または高品質なアルゴリズムを設計する。

## 3. 研究の方法

研究の形態は理論的な解析が中心であり、以下のような手順で研究を実施した。

- (1) 現実世界に表れる最適化問題の抽出、参考研究や類似研究の調査、従来の組合せ最適化問題の定式化の調査、目的関数と制約条件の検討、アルゴリズム設計方法に関する調査。
- (2) 従来の組合せ最適化問題の定式化の再検討、および(1)で抽出した現実問題の定式化の検討。
- (3) 入力例題集合を条件強化することにより部分集合を定義し、多項式時間計算可能な入力例題部分集合とNP困難な入力例題部分集合を分類。
- (4) NP困難な部分集合に対する最適性条件緩和による近似精度保証付きの近似アルゴリズム設計や例題集合に対する条件強化による固定パラメータアルゴリズム設計。

## 4. 研究成果

本研究課題の研究成果は以下である。

- (1) **最小単一支配サイクル探索問題**. 重みなし無向グラフ  $G=(V, E)$  が与えられたとき、最小単一支配サイクル探索問題 (Minimum Single Dominating Cycle Problem, MinSDC) の目標は、すべての頂点を支配するような最小の長さを持つ単一サイクル  $C$  を探索することである。本研究課題では次のことを明らかにした。① 入力グラフを平面グラフ、二部グラフ、弦グラフ、 $r$  次正則グラフ ( $r \geq 2$ ) に限定したとしても、MinSDC は近似不可能である。② 入力グラフをスプリットグラフに限定した場合には、MinSDC に対する  $(\ln n + 1)$  近似アルゴリズムを設計することが可能であるが、 $P = NP$  でないと仮定すると、 $(1 - \epsilon) \ln n$  近似アルゴリズムを設計することはできない。③ 入力グラフを木幅限定グラフに限定した場合には、線形時間のアルゴリズムが設計できる。

- (2) **最大ハッピー頂点彩色問題, 最大ハッピー辺彩色問題.** 頂点の彩色を考えたときに, 隣接するすべての頂点と同じ色で彩色されている頂点をハッピー頂点と呼ぶ. また, 両端点と同じ色で彩色されている辺をハッピー辺と呼ぶ. 頂点重み付き無向グラフ  $G$ , 色集合  $C$ , 部分的な頂点彩色  $c$  が与えられたとき, 最大ハッピー頂点彩色問題 (Maximum Happy Vertices Problem, MHV) の目標は, ハッピー頂点の重みの総和を最大にするような頂点彩色を求めることである. また, 辺重み付き無向グラフ  $G$ , 色集合  $C$ , 部分的な頂点彩色  $c$  が与えられたとき, 最大ハッピー辺彩色問題 (Maximum Happy Edges Problem, MEV) の目標は, ハッピー辺の重みの総和を最大にするような頂点彩色を求めることである. MHV および MEV は, 巨大ネットワークにおける同種親和性の研究で現れる 2 つの基本問題であり, 両問題は NP 困難問題である. 本研究課題では, MHV および MEV について, 乱択線形緩和手法を用いた次の近似制度保証を持つ新しい近似アルゴリズムの設計を行った. ① MHV については,  $1/(\Delta + 1/g(\Delta))$  近似可能であることを示した. ここで,  $\Delta$  は入力グラフの最大次数であり,  $g(\Delta) = (\Delta^{1/2} + (\Delta + 1)^{1/2})\Delta$  である. ② MEV については,  $0.8535$  近似可能であることを示した.
- (3) **最大距離限定部分グラフ探索問題.** グラフ  $G$  の  $d$  クリーク  $S$  とは,  $S$  の中のすべての 2 点の距離が高々  $d$  であるような部分グラフである. グラフ  $G$  の  $d$  クラブ  $S'$  とは,  $S'$  の直径が高々  $d$  となるような誘導部分グラフである. 無向グラフ  $G$  が与えられたとき, 最大  $d$  クリーク探索問題の目標  $y$  は, グラフ  $G$  の中で頂点数が最大の  $d$  クリークを求めることである. また, 無向グラフ  $G$  が与えられたとき, 最大  $d$  クラブ探索問題の目標  $y$  は, グラフ  $G$  の中で頂点数が最大の  $d$  クラブを求めることである. 本研究課題の研究成果は以下である. ①  $n$  を入力の頂点数とすると, 任意の  $\epsilon > 0$  かつ任意の固定数  $d \geq 2$  について, 最大  $d$  クラブ探索問題を  $n^{1/2-\epsilon}$  近似することは NP 困難である. ② 任意の整数  $d \geq 2$  について, 最大  $d$  クラブ探索問題に対する  $O(n^{1/2})$  近似アルゴリズムを設計することができる. ③  $n$  を入力の頂点数とすると, 任意の  $\epsilon > 0$  かつ任意の固定数  $d \geq 2$  について, 最大  $d$  クリーク探索問題を  $n^{1/2-\epsilon}$  近似することは NP 困難である. ④ 任意の整数  $d \geq 2$  について, 最大  $d$  クラブ探索問題に対する  $O(n^{1/2})$  近似アルゴリズムを設計することができる. ⑤ 設計した近似アルゴリズムを計算機実装して, ランダムグラフに対する性能評価を行った.
- (4) **最大誘導マッチング問題.** グラフ  $G$  について, マッチングとは, お互いに頂点を共有しない辺の集合である. 誘導マッチングとは, お互いに隣接しないマッチング辺の集合である. 最大誘導マッチング問題は, 与えられたグラフの中から, 最大サイズの誘導マッチングを求める問題である. 本研究課題では, 入力を長さ 5 のサイクルを含まないような  $d$  次正則グラフに限定した場合の  $(2d/3 + 1/3)$  近似アルゴリズムを設計した.
- (5) **最大  $k$  パス被覆問題.** グラフ  $G$  と整数  $s$  が与えられたとき, 最大  $k$  パス被覆問題 (MaxPkVC) の目標は, 高々  $s$  頂点からなる頂点部分集合  $S$  により被覆される長さ  $k$  のパスの数を最大化することである. MaxPkVC は一般には NP 困難となる. 本研究課題では, 入力グラフを制限した場合の計算容易性・困難性について以下の研究成果を得た. ① MaxP3VC ( $k = 3$ ) は, 入力をスプリットグラフに限定したとしても NP 困難となる. ② 入力グラフを木幅定数グラフに限定した場合には, MaxP3VC に対する多項式時間アルゴリズムを設計することができる.
- (6) **出現数条件つき最長共通部分列問題.** 入力として 2 つの文字列が与えられたときに, 最長の共通文字列を求める問題 (Longest Common Subsequence Problem, LCS) は古くから多くの研究があり, 多項式時間で最長共通部分列を求めることができることが知られている. 本研究課題では, 共通部分列に含まれる各文字の出現回数の上限という条件を考えた最長共通部分列問題 (Repetition-Bounded LCS, RBLCS) の計算時間について以下の研究成果を得た. 以下では, 与えられた文字列のうち長い文字列の長さを  $n$  とする. ① 共通部分列に重複を許さない, つまり, 各文字の出現回数を 1 回という強い条件を考えた最長共通部分列問題 (Repetition-Free LCS, RFLCS) について, 従来研究で提案されていたアルゴリズムを参考に,  $O(1.44225^n)$  時間で最適解を求めることができるアルゴリズムを設計した. ② RBLCS について, 動的計画法を基本手法とする  $O(1.44225^n)$  時間で最適解を求めることができるアルゴリズムを設計した. ③ 動的計画法に基づくアルゴリズムは, RFLCS に対しては,  $O(1.41422^n)$  時間で動作することを示した. ④ RBLCS が APX 困難であることを示した.
- (7) **重み付き最大出次数最小化グラフ有向化問題:** 入力として辺重み付きの無向グラフが与えられたとき, 重み付き最大出次数最小化グラフ有向化問題 (Minimum Maximum Outdegree Problem, MM0) の目標は, 各頂点における出次数の重みの合計の中で最大の重み付き出次数を最小化するように辺の有向化をすることである. 本研究課題における研究成果は以下であ

る. ① 入力として無向グラフと非負整数  $p$  が与えられたとき, 無向グラフの有向化を行う前に  $p$  回までの頂点の分割操作を行い, 得られた無向グラフに対して各頂点における出次数の重みの合計の中で最大の重み付き出次数を最小化するように辺の有向化を行う問題の計算複雑さについて調べた. 辺重みが単一の場合には多項式時間アルゴリズムを設計できること, そうでない場合は NP 困難となることを示した. ② 無向グラフ  $G$  に対して, 辺を削除または追加してグラフ  $G$  を得るとする. 与えられた出次数の条件を満たしつつ  $G'$  の辺を向き付け(有向化)できるように,  $G$  から削除可能な辺の最大数/最小数, あるいは  $G$  へ追加可能な辺の最大数/最小数を求める問題として 4 つの問題 (MIN-DEL-MAX, MIN-INS-MIN, MAX-INS-MAX, MAX-DEL-MIN) の計算複雑さを示した. ③ 定められた本数の辺を  $G$  から削除, または  $G$  に追加することにより,  $G'$  を向き付け後の最大次数の最小化, あるいは最小次数の最大化を行う 4 つの問題  $p$ -DEL-MAX,  $p$ -INS-MIN,  $p$ -INS-MAX,  $p$ -DEL-MIN の計算複雑さを示した.

(8) **最小ブロック転送問題.** 入力として有向非巡回グラフ (Directed Acyclic Graph, DAG)  $G$  と整数  $B$  が与えられたとき, 頂点を高々  $B$  個ずつのブロックに分割することを考える. すべての根から葉までの有向パスを考えたとときに, 異なるブロック間にまたがる有向辺の最大数を最小化するようにブロック分割を行う問題を最小ブロック転送問題 (Minimum Block Transfer Problem, MBT) と呼ぶ. 本研究課題では, MBT について以下の研究成果を得た. ①  $B = 2$  としたとき, 入力 DAG の高さが 3 で, 最大入次数および最大出次数がそれぞれ 2 および 3 であったとしても, MBT は NP 困難となる. ②  $B = 2$  としたとき, 入力グラフの高さを 2 に制限した場合については, MBT に対する線形時間のアルゴリズムを設計した. ③  $B = 2$  としたとき, 入力グラフの高さを  $h$  とした場合については,  $(2 - 2/h)$  近似アルゴリズムを設計した. ④  $P = NP$  でないと仮定したとき, 任意の  $\varepsilon > 0$  について,  $(3/2 - \varepsilon)$  近似アルゴリズムを設計することができないことを示した.

(9) **最大ハッピー頂点集合問題.** 無向グラフ  $G = (V, E)$  とその頂点部分集合  $S \subseteq V$  について, 頂点  $v$  とそのすべての隣接頂点が  $S$  に含まれるとき,  $v$  をハッピー頂点と呼ぶ. 無向グラフ  $G$  と整数  $k$  が与えられたとき, 最大ハッピー頂点集合問題 (Maximum Happy Set Problem, MaxHS) の目標は, ハッピー頂点の数が最大となるような  $k$  頂点からなる頂点集合  $S$  を求めることである. MaxHS は NP 困難となることが知られている. 本研究課題では以下の研究成果を得た. ① 入力グラフの最大次数を  $\Delta$  とするとき, MaxHS に対する  $(2\Delta + 1)$  近似アルゴリズムを設計した. ② 入力グラフの最大次数  $\Delta$  が定数であるとき, MaxHS に対する近似精度を  $\Delta$  まで改善することができた. ③ 入力グラフをブロックグラフに限定した場合に, MaxHS に対する多項式時間アルゴリズムを設計した. ④ 入力グラフを区間グラフに限定した場合に, MaxHS に対する多項式時間アルゴリズムを設計した. ⑤ 入力グラフを二部グラフに限定したとしても, MaxHS は NP 困難であることを示した. ⑥ 入力グラフを立方体グラフに限定したとしても, MaxHS は NP 困難であることを示した.

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計20件（うち査読付論文 19件 / うち国際共著 15件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Yuichi Asahiro, Jesper Jansson, Eiji Miyano, Hirotaka Ono, Sandhya T.P..	4. 巻 322
2. 論文標題 Graph Orientation with Edge Modifications	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 International Journal of Foundations of Computer Science	6. 最初と最後の頁 209-233
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1142/S012905412150012X	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 Yuichi Asahiro, Tetsuya Furukawa, Keiichi Ikegami, Eiji Miyano, Tsuyoshi Yagita	4. 巻 228
2. 論文標題 How to Pack Directed Acyclic Graphs into Small Blocks	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Discrete Applied Mathematics	6. 最初と最後の頁 91-113
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.dam.2020.08.005	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 Yuichi Asahiro, Jesper Jansson, Eiji Miyano, Hesam Nikpey, Hirotaka Ono	4. 巻 844
2. 論文標題 Graph orientation with splits	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Theoretical Computer Science	6. 最初と最後の頁 16-25
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.tcs.2020.07.013	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 Yuichi Asahiro, Jepsen Jansson, Guohui Lin, Eiji Miyano, Hirotaka Ono, Tadatoshi Utashima	4. 巻 838
2. 論文標題 Exact algorithms for the repetition-bounded longest common subsequence problem	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Theoretical Computer Science	6. 最初と最後の頁 238-240
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.tcs.2020.07.042	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 Qiaojun Shu, Yong Chen, Shuguang Han, Guohui Lin, Eiji Miyano, An Zhang	4. 巻 LNCS12337
2. 論文標題 Acyclic edge coloring conjecture is true on planar graphs without intersecting triangles	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proc. 16th Annual Conference on Theory and Applications of Models of Computation (TAMC2020)	6. 最初と最後の頁 426-438
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-59267-7_36	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 Eiji Miyano, Toshiki Saitoh, Ryuhei Uehara, Tsuyoshi Yagita, and Tom C. van der Zanden	4. 巻 E103-A
2. 論文標題 Complexity of the maximum k-path vertex cover problem	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEICE TRANSACTIONS on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences	6. 最初と最後の頁 1193-1201
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/transfun.2019DMP0014	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 Yuichi Asahiro, Hiroshi Eto, Tesshu Hanaka, Guohui Lin, Eiji Miyano, Ippei Terabaru	4. 巻 LNCS12273
2. 論文標題 Graph classes and approximability of the happy set problem	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proc. 16th International Computing and Combinatorics Conference (COCOON 2020)	6. 最初と最後の頁 335-346
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-58150-3_27	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 Asahiro Yuichi, Jansson Jesper, Miyano Eiji, Ono Hirotaka, T. P. Sandhya	4. 巻 LNCS11458
2. 論文標題 Graph Orientation with Edge Modifications	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proc. 13th International Frontiers of Algorithmics Workshop	6. 最初と最後の頁 38 ~ 50
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-18126-0_4	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 ASAHIRO Yuichi, LIN Guohui, LIU Zhilong, MIYANO Eiji	4. 巻 E102.A
2. 論文標題 An Approximation Algorithm for the Maximum Induced Matching Problem on $C_5$ -Free Regular Graphs	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 1142 ~ 1149
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/transfun.E102.A.1142	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 Asahiro Yuichi, Kubo Tomohiro, Miyano Eiji	4. 巻 13
2. 論文標題 Experimental Evaluation of Approximation and Heuristic Algorithms for Maximum Distance-Bounded Subgraph Problems	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Review of Socionetwork Strategies	6. 最初と最後の頁 143 ~ 161
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s12626-019-00036-2	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 Asahiro Yuichi, Jansson Jesper, Lin Guohui, Miyano Eiji, Ono Hiroataka, Utashima Tadatoshi	4. 巻 LNCS11949
2. 論文標題 Exact Algorithms for the Bounded Repetition Longest Common Subsequence Problem	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proc. 13th Annual International Conference on Combinatorial Optimization and Applications	6. 最初と最後の頁 1 ~ 12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-36412-0_1	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 Asahiro Yuichi, Eto Hiroshi, Hanaka Tesshu, Lin Guohui, Miyano Eiji, Terabaru Ippei	4. 巻 LNCS12049
2. 論文標題 Parameterized Algorithms for the Happy Set Problem	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proc. 14th International Conference and Workshops on Algorithms and Computation	6. 最初と最後の頁 323 ~ 328
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-39881-1_27	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 Asahiro Yuichi, Jansson Jesper, Miyano Eiji, Nikpey Hesam, Ono Hiroataka	4. 巻 LNCS10856
2. 論文標題 Graph Orientation with Splits	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of 5th ISCO2018	6. 最初と最後の頁 52 ~ 63
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-319-96151-4_5	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Zhang Peng, Xu Yao, Jiang Tao, Li Angsheng, Lin Guohui, Miyano Eiji	4. 巻 80
2. 論文標題 Improved Approximation Algorithms for the Maximum Happy Vertices and Edges Problems	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Algorithmica	6. 最初と最後の頁 1412 ~ 1438
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00453-017-0302-8	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 Asahiro Yuichi, Miyano Eiji, Yagita Tsuyoshi	4. 巻 LNCS10961
2. 論文標題 Approximation Algorithms for Packing Directed Acyclic Graphs into Two-Size Blocks	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of ICCSA 2018	6. 最初と最後の頁 607 ~ 623
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-319-95165-2_43	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 Tong Weitian, Miyano Eiji, Goebel Randy, Lin Guohui	4. 巻 734
2. 論文標題 An approximation scheme for minimizing the makespan of the parallel identical multi-stage flowshops	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Theoretical Computer Science	6. 最初と最後の頁 24 ~ 31
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.tcs.2017.09.018	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 Tong Weitian, Miyano Eiji, Goebel Randy, Lin Guohui	4. 巻 734
2. 論文標題 An approximation scheme for minimizing the makespan of the parallel identical multi-stage flow-shops	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Theoretical Computer Science	6. 最初と最後の頁 24 ~ 31
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.tcs.2017.09.018	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 Hiroshi Eto, Hiroyuki Kawahara, Eiji Miyano, Natsuki Nonoue	4. 巻 E101-D
2. 論文標題 Complexity of the minimum single dominating cycle problem for graph classes	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems	6. 最初と最後の頁 574-581
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/transinf.2017FCP0007	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 Eiji Miyano, Toshiki Saitoh, Ryuhei Uehara, Tsuyoshi Yagita, Tom C. van der Zanden	4. 巻 LNCS10755
2. 論文標題 Complexity of the maximum k-path vertex cover problem	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proc. 12th Annual Workshop on Algorithms and Computation (WALCOM 2018)	6. 最初と最後の頁 240-251
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	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 朝廣雄一, 宮野英次	4. 巻 101(3)
2. 論文標題 メンバー間の距離が小さいコミュニティの発見	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 電子情報通信学会誌	6. 最初と最後の頁 262-266
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 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 -

〔学会発表〕 計37件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 朝廣雄一, 江藤宏, 土中哲秀, Guohui Lin, 宮野英次, 寺原一平
2. 発表標題 最大ハッピー集合問題に対する近似アルゴリズム
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 2020年

1. 発表者名 西谷麻生, 歌島侃勇, 宮野英次
2. 発表標題 複製文字列長を固定したタンデム複製問題について
3. 学会等名 令和2年度OR学会九州支部・若手OR交流会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 藤井滯央, 寺原一平, 宮野英次
2. 発表標題 最大ハッピー集合問題に対する貪欲アルゴリズムの実装評価
3. 学会等名 令和2年度OR学会九州支部・若手OR交流会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 野々上礼央, 宮野英次
2. 発表標題 グラフクラスに対する最大彩色可能部分グラフ問題
3. 学会等名 令和2年度OR学会九州支部・若手OR交流会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 御厨 謙史, 朝廣 雄一, Jesper Janssen, 宮野 英次, 小野 廣隆
2. 発表標題 最大出次数最小グラフ有向化問題における辺重みと頂点重み
3. 学会等名 令和2年度OR学会九州支部・若手OR交流会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小林 賢也, Guohui Lin, 宮野 英次, 斎藤 寿樹, 鈴木 顕, 歌島 侃勇, 八木田 剛
2. 発表標題 長さコスト付きパスカバー最大化問題に対する近似アルゴリズム
3. 学会等名 第73回電気・情報関係学会九州支部連合大会(令和2年度)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 寺原 一平, 朝廣 雄一, 江藤 宏, 土中 哲秀, Guohui Lin, 宮野 英次
2. 発表標題 グラフクラスに対するハッピー集合問題
3. 学会等名 第73回電気・情報関係学会九州支部連合大会(令和2年度)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 歌島 侃勇, 朝廣 雄一, Jesper Janssen, Guohui Lin, 宮野 英次, 小野 廣隆
2. 発表標題 出現数を限定した最長共通部分列問題の困難性
3. 学会等名 第73回電気・情報関係学会九州支部連合大会(令和2年度)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yuichi Asahiro, Guohui Lin, Zhilong Liu, Eiji Miyano
2. 発表標題 On the Approximability of the Maximum Induced Matching Problem on Regular Graphs
3. 学会等名 The 12th Annual Meeting of the Asian Association for Algorithms and Computation (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 朝廣 雄一, Guohui Lin, Zhilong Liu, 宮野 英次
2. 発表標題 C5フリー正則グラフの最大誘導マッチング問題に対する近似アルゴリズム
3. 学会等名 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 小林賢也, Guohui Lin, 宮野 英次, 八木田 剛
2. 発表標題 カクタス上のコスト付きパスによるパスカバー問題
3. 学会等名 第72回電気・情報関係学会九州支部連合大会(令和元年度)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 寺原一平, 江藤宏, Guohui Lin, 宮野英次
2. 発表標題 無色グラフに対する彩色ハッピー頂点問題のNP困難性
3. 学会等名 第72回電気・情報関係学会九州支部連合大会(令和元年度)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 歌島侃勇, 朝廣雄一, Jesper Janssen, Guohui Lin, 宮野英次, 小野廣隆
2. 発表標題 重複無し最長共通部分列問題に対する指数計算時間の上界
3. 学会等名 第72回電気・情報関係学会九州支部連合大会(令和元年度)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 林田将敬, 宮野英次
2. 発表標題 接続制限付きハブ空港配置問題に対するNP困難性
3. 学会等名 令和元年度OR学会九州支部・若手OR交流会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 吉瀬紘平, 宮野英次
2. 発表標題 適切なグラフ有向化の解の存在性
3. 学会等名 令和元年度OR学会九州支部・若手OR交流会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 税所航平, 宮野英次
2. 発表標題 初期解からの変更数を制限した最適化問題
3. 学会等名 令和元年度OR学会九州支部・若手OR交流会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 歌島侃勇, 朝廣雄一, Jesper Janssen, Guohui Lin, 宮野英次, 小野廣隆
2. 発表標題 重複無し最長共通部分列問題の計算時間
3. 学会等名 令和元年度OR学会九州支部・若手OR交流会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 寺原一平, 朝廣雄一, 江藤宏, 土中哲秀, Guohui Lin, 宮野英次
2. 発表標題 ネットワークの同種親和性を定式化した最適化問題
3. 学会等名 令和元年度OR学会九州支部・若手OR交流会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小林賢也, Guohui Lin, 宮野英次, 八木田剛
2. 発表標題 コスト付きパスによるパスカバー問題
3. 学会等名 令和元年度OR学会九州支部・若手OR交流会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 朝廣雄一, ジャンソンジェスパー, 宮野英次, 小野廣隆, T.P.サディヤ
2. 発表標題 辺の追加と削除を伴うグラフ有向化問題
3. 学会等名 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 歌島侃勇, 朝廣雄一, Jesper Janssen, Guohui Lin, 宮野英次, 小野廣隆
2. 発表標題 重複無し最長共通部分列問題の厳密アルゴリズム
3. 学会等名 2019年度・冬の LAシンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 朝廣雄一, ジャンソン ジェスパー, 宮野英次, ニクパイ ヘサム, 小野廣隆
2. 発表標題 頂点分割を伴うグラフ有向化問題
3. 学会等名 情報処理学会アルゴリズム研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 江藤宏, 土中哲秀, 宮野英次, 西島歩美, 小野廣隆, 大館陽太, 斎藤寿樹, 上原隆平, ヴァンデルザンデン トム
2. 発表標題 三角形の個数を最大・最小にする三角分割
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 2018年

1. 発表者名 八木田剛, 朝廣雄一, 宮野英次
2. 発表標題 有向非巡回グラフ分割問題の近似(不)可能性
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 2018年

1. 発表者名 野々上夏葵, 江藤宏, 宮野英次
2. 発表標題 最大・最小支配ツアー問題の計算複雑さ
3. 学会等名 日本オペレーションズ・リサーチ学会九州支部「若手OR研究交流会2018」
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 柳植竜, 朝廣雄一, Guohui Lin, 宮野英次
2. 発表標題 C5フリー正則グラフ上での誘導マッチング問題に対する近似アルゴリズム
3. 学会等名 日本オペレーションズ・リサーチ学会九州支部「若手OR研究交流会2018」
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 寺原一平, 江藤宏, Guohui Lin, 宮野英次
2. 発表標題 無色グラフに対する彩色ハッピー集合問題について
3. 学会等名 情報処理学会九州支部「若手の会セミナー2018」
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小林賢也, Guohui Lin, 宮野英次, 斎藤寿樹, 鈴木顕, 八木田剛
2. 発表標題 パス長を限定したパスカバー問題
3. 学会等名 情報処理学会九州支部「若手の会セミナー2018」
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 江藤宏, 伊藤健洋, 柳植竜, 宮野英次
2. 発表標題 立方体グラフ上の距離独立集合問題の近似可能性
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 2017年

1. 発表者名 肘井雅春, 柳植竜, 宮野英次, 斎藤寿樹
2. 発表標題 距離独立集合問題に対する近似アルゴリズムの実験的評価
3. 学会等名 第70回電気・情報関係学会九州支部連合大会(平成29年度)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hiroshi Eto, Takehiro Ito, Zhilong Liu, Eiji Miyano
2. 発表標題 An improved approximation algorithm for the distance-3 independent set problem on cubic graphs
3. 学会等名 The 10th Asian Association for Algorithms and Computation Annual Meeting (AAAC17) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yuichi Asahiro, Eiji Miyano, Tsuyoshi Yagita
2. 発表標題 Approximation algorithms for the minimum block transfer problem
3. 学会等名 The 10th Asian Association for Algorithms and Computation Annual Meeting (AAAC17) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 八木田剛, 宮野英次, 斎藤寿樹, 上原隆平, Tom C. vander Zanden
2. 発表標題 k-path vertex cover問題に関する研究
3. 学会等名 平成29年度OR学会九州支部・若手OR交流会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 西島歩美, 江藤宏, 土中哲秀, 宮野英次, 小野廣隆, 大館陽太, 斎藤寿樹, 上原隆平, Tom C. vander Zanden
2. 発表標題 三角形総個数最大化問題
3. 学会等名 平成29年度OR学会九州支部・若手OR交流会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 野々上夏葵, 江藤宏, 宮野英次
2. 発表標題 最大支配頂点集合問題についての研究
3. 学会等名 平成29年度OR学会九州支部・若手OR交流会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 八木田剛, 宮野英次, 斎藤寿樹, 上原隆平, Tom C. van der Zanden
2. 発表標題 部分グラフクラス上での最大 k-パス頂点被覆問題
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 2017年

1. 発表者名 八木田剛, 朝廣雄一, 宮野英次
2. 発表標題 最小ブロック転送問題について
3. 学会等名 2017年度冬のLAシンポジウム
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

九州工業大学 / 研究者情報 <a href="https://hyokadb02.jimu.kyutech.ac.jp/html/233_ja.html">https://hyokadb02.jimu.kyutech.ac.jp/html/233_ja.html</a> 個人ホームページ <a href="http://algorithm.ces.kyutech.ac.jp/wp/members/miyano/publications/">http://algorithm.ces.kyutech.ac.jp/wp/members/miyano/publications/</a>
--

6. 研究組織			
	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関			
カナダ	University of Alberta			
中国	The Hong Kong Polytechnic University	Shandong University	Chinese Academy of Science	
イラン	Sharif University of Technology			
米国	Georgia Southern University			
The Netherlands	Utrecht University	Maastricht University		