

令和 2 年 6 月 8 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2014～2019

課題番号：26280001

研究課題名(和文) 列挙構造を利用した高速アルゴリズム開発

研究課題名(英文) Development of efficient algorithms based on enumeration structures

研究代表者

牧野 和久 (Makino, Kazuhisa)

京都大学・数理解析研究所・教授

研究者番号：60294162

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、列挙構造を抽出・解析し、離散最適化の手法と融合させることにより、列挙問題はかりでなく、探索問題や最適化問題などに対する高速なアルゴリズムの開発、あるいは、NP困難性など計算量的な下界を与えることに成功した。

具体的な成果として大きなもの以下の2つがある。1つ目の成果は、単調増加線形関数の最適合成順問題に関する初めての多項式時間アルゴリズムを構成したことである。2番目の成果は正モジュラ関数最小化の指数時間下界と高速指数時間アルゴリズムの開発による成果である。これらはそれぞれ国際会議ISAACのBest Paper AwardとFIT2015船井ベストペーパー賞を受賞した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で得られた成果は国際会議ISAACのBest Paper AwardとFIT2015船井ベストペーパー賞を受賞したことから分かるように非常に意義深い。例えば、最適合成順問題は離散最適化の基礎的な問題であり、時間依存スケジューリング問題や順序なし秘書問題の一般化である。これまで入力関数がすべて単調非減少な線形である場合も効率に解けるか未解決であった。また、正モジュラ最小化問題もエトボシュローランド大学のEgresの未解決問題に挙がるなど非常に基礎的な問題であった。このようなことから本研究成果は非常に意義深いものがある。

研究成果の概要(英文)：This research develops a fast algorithm for not only enumeration problems, but also search and optimization problems by extracting and analyzing enumeration structures and combining them with discrete optimization methods, or proving computational hardness such as NP-hardness.

There are two major achievements: The first one is to construct a first polynomial time algorithm for the optimal composition ordering problem for monotone increasing linear functions. The second result is to show exponential time lower bound of positive modular function minimization and to develop a fast exponential time algorithm. These won the International Conference ISAAC Best Paper Award and FIT2015 Funai Best Paper Award, respectively.

研究分野：アルゴリズム論

キーワード：アルゴリズム 離散数学 最適化

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

近年、情報科学の諸分野で「列挙アルゴリズム」が様々な場面で登場する。たとえば、データマイニングの分野では、相関ルールを効率的に列挙するという研究が行われている。この相関ルールとは、例えば、スーパーマーケットにおいて、顧客の購買データベースから店にとって遊泳的な「顧客の購買ルール」を(沢山)求めるという問題に相当する。有益な「顧客の購買ルール」生成は、スーパーマーケット経営の基本戦略にとって必要不可欠である。情報学分野ばかりでなく、例えば、科学分野では、新しい高分子化合物などを作る際に、まず、構造的、幾何学的な条件を満たす化合物をまず列挙し、その後列挙した化合物の中から実際に実験などを行うことで目的の性質をもつ化合物を探す、という手法がよく用いられている。

### 2. 研究の目的

近年、情報科学分野ばかりでなく、工学、化学、医学など多様な分野で列挙アルゴリズムが広く用いられており、ビッグデータ時代における基盤技術としてその重要性が認識されている。本研究では、様々な問題に潜む汎用的な列挙構造を抽出・解析し、劣モジュラ解析などの離散最適化の手法と融合させることにより、列挙問題ばかりでなく、探索問題や最適化問題などに対する実用的かつ品質保証された高速なアルゴリズムの開発を行う。

また、これらを通してアルゴリズム理論における新しい潮流の創造を目指す。

### 3. 研究の方法

本研究で目指す列挙構造を利用した、実用的かつ品質保証された高速アルゴリズムの開発に向けて、1) 列挙構造、列モジュラ構造、正モジュラ構造の融合解析、2) さらにそれらを利用した高速列挙アルゴリズムの開発、3) 高速な指数時間、および、最適化アルゴリズムの開発、3点を柱に研究を遂行する。なお、計算機科学や最適化分野の問題ばかりでなく、均衡などのゲーム理論的問題に対しても同様の解析手法の適用を試みる。また、実用的なアルゴリズム開発、ならびに、アルゴリズム評価のために大規模な計算機実験も行う計画である。

### 4. 研究成果

本研究では上述の目標の下、列挙問題ばかりでなく、探索問題や最適化問題などに対する高速なアルゴリズムの開発、あるいは、NP困難性など計算量的な下界を与えることに成功した。具体的には、論文リスト(約40本)にあるように多くの成果をあげた。また、国際会ISAACのBest Paper AwardとFIT2015船井ベストペーパー賞の受賞からも分かるように非常に質も高い成果を得た。

以下、そのなかのいくつかに関して簡潔に成果をまとめる

1.  $n$ 個の実数関数と実定数 $c$ が与えられたとき、それらを順に並べ合成することで得られた関数の $c$ での値を最大化する最適合成順問題を考察した。この問題は離散最適化の基礎的な問題であり、時間依存スケジューリング問題や順序なし秘書問題の一般化である。これまで入力関数がすべて単調非減少な線形である場合も効率に解けるか未解決であった。本研究では、初めて効率的なアルゴリズムを構築した。また、区分線形な関数は区分数が2の場合でもNP困難であることを示した。(ISAAC Best Paper Award受賞)

2. 正モジュラ関数は無向グラフのカット関数を含む、離散最適で重要な役割を担う関数である。この関数の最小、最大化問題、より正確には、関数のオラクルが与えられて最小解あ

るいは最大解を求める問題である。この問題に対して、最大化問題に関してはタイトな最悪計算量を示すことに成功した。また、最小化問題に関しては指数時間必要なこと、また、非自明な指数上界を示すことに成功した。(FIT2015船井ベストペーパー賞受賞)

3. グラフのベクトル支配集合問題の最大化問題を考察した。この問題は計算困難な古典的なグラフの支配集合問題の一般化である、ベクトル支配集合問題を扱い、分枝幅が定数であるグラフにおいて問題が多項式時間で解けることを示した。さらに、この結果を応用し、平面グラフにおける問題が準指数固定パラメータ容易であることを示した。パラメータ化計算量に関する議論では、単に固定パラメータ容易であるだけでなく、準指数固定パラメータ容易であるかどうかの一つの大きなテーマであり、本論文の成果は特にこの分野に対して大きな貢献を与えている。

4. ナップサック問題に関するロバスト最適化の乱択手法を取り扱った。乱択手法によって得られるロバスト比の上界を示し、それをほぼ達成する乱択手法を設計した。本手法は、決定論的手法による既存のロバスト比を大幅に改善している。さらに、本手法の一般の独立システムへの拡張を行なった。

5. 平均利得である確率的ゲームに対して、その均衡解を凸計画法に基づくアルゴリズムを用いて、確率頂点の数が定数であれば、擬多項式時間で解けることを示した。この手法はこれまでの組合せ的な手法ではないが、最適化分野の凸計画法を用いることで比較的簡単に議論できることを示すもので画期的である。

6. ポジショナルゲームにおいて平均利得は、閉路ゲームなどとも呼ばれ、その均衡解を求める問題は長い間未解決のまま残されている。本研究ではその平均利得を拡張した、 $k$ -トータル利得を考察した。この目的をもつゲームにおいて、その均衡解の存在性や1人ゲームの性質を明らかにした。

7. ホーンルール最小化問題はデータベース分野や含意システムにおいて重要な役割を果たす。また、その最小化は多項式時間で得られることは知られているが、その証明などが複雑で、その正当性は分かっているが、背後にある構造などが分かっていた。本研究では、ルールをすべて列挙した際の構造を利用することで最適化分野における最大最小定理を用いてエレガントに示すことに成功した。

8.  $b$ -有向木とよばれる、有向グラフにおける有向木を一般化するマトロイド交わりのクラスを提案した。有向木に関する多段階貪欲アルゴリズム・詰込定理・多面体の整数分解性は、一般のマトロイド交わりでは成り立たない良い性質であり、本論文では、 $b$ -有向木に対してこれらの基本的な結果が拡張されることを証明した。

9. 各プレイヤーの戦略集合がマトロイド構造をもつ混雑ゲームに対する既存研究を、コスト関数が劣モジュラ関数や  $M$ 凸関数などの離散凸性をもつ集合関数に一般化し、ナッシュ均衡の存在などの性質を証明した。貪欲線形不等式系の概念を導入し、辞書式最適解が整数解を与える条件を吟味し、それによって、室田・田村によって示された「整凸関数の劣微分が整数点を含むこと」の別証明を与えた。

10. 組合せゲームの最も基本的な問題の一つであるNIMゲームの拡張であるハイパーグラフNIMにおけるSprague-Grundy値の構造的な性質を考察した。具体的には、JenkynsとMayberryによって提案されたSprague-Grundy値、より正確には、その拡張と同じ性質をもつハイパーグラフNIMの性質を明らかにした。マトロイドや対称ハイパーグラフに関してその必要十分条件などを与えるとともに、そのアルゴリズム論的な性質も考察した。

11. カバー型、被覆型、またそれらの融合である半正定値計画問題に対して乗算型更新タイプの高速な乱択近似アルゴリズムを開発した.

12. オンライン問題として、凹である目的関数をもつオンラインナップサック問題やバイバック問題（重みの上限をもつ比例コストの場合や単一コストをもつ場合）の競合比解析を行うとともに、競合比の不可能性についても議論した.

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計39件（うち査読付論文 39件 / うち国際共著 14件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 S. Fujishige	4. 巻 53
2. 論文標題 Greedy systems of linear inequalities and lexicographically optimal solutions	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 RAIRO--Operations Research	6. 最初と最後の頁 1929-1935
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1051/ro/2019001	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 Hitoshi Hayakawa, Toshimasa Ishii, Hirotaka Ono and Yushi Uno	4. 巻 265
2. 論文標題 Settlement fund circulation problem	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Discrete Applied Mathematics	6. 最初と最後の頁 86-103
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.dam.2019.03.017	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 N. Kakimura, N. Kamiyama and K. Takazawa	4. 巻 117
2. 論文標題 The b-branching problem in digraphs	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 LIPIcs	6. 最初と最後の頁 12:1-12:15
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4230/LIPIcs.MFCS.2018.12	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 K. Takazawa	4. 巻 11436
2. 論文標題 Generalizations of weighted matroid congestion games: Pure Nash equilibrium, sensitivity analysis, and discrete convex function	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 LNCS	6. 最初と最後の頁 594-614
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-14812-6_37	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 Hanna Sumita, Naonori Kakimura, Kazuhisa Makino	4. 巻 274
2. 論文標題 Total dual integrality of the linear complementarity problem	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Annals of Operations Research	6. 最初と最後の頁 531-553
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10479-018-2926-8	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 -

1. 著者名 Yasushi Kawase, Kazuhisa Makino, Kento Seimi	4. 巻 80
2. 論文標題 Optimal Composition Ordering Problems for Piecewise Linear Functions	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Algorithmica	6. 最初と最後の頁 2134-2159
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10479-018-2926-8	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 -

1. 著者名 Endre Boros, Khaled Elbassioni, Mahmoud Fouz, Vladimir Gurvich, Kazuhisa Makino, Bodo Manthey	4. 巻 80
2. 論文標題 Approximation Schemes for Stochastic Mean Payoff Games with Perfect Information and Few Random Positions	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Algorithmica	6. 最初と最後の頁 3132-3157
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00453-017-0372-7	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 Endre Boros, Vladimir Gurvich, Nhan Bao Ho, Kazuhisa Makino, Peter Mursic	4. 巻 239
2. 論文標題 On the Sprague Grundy function of Exact k-Nim	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Discrete Applied Mathematics	6. 最初と最後の頁 1-14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.dam.2017.08.007	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 Michael Lampis, Kazuhisa Makino, Valia Mitsou, Yushi Uno	4. 巻 248
2. 論文標題 Parameterized Edge Hamiltonicity	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Discrete Applied Mathematics	6. 最初と最後の頁 68-78
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.dam.2017.04.045	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 Kei Kimura, Kazuhisa Makino	4. 巻 -
2. 論文標題 Linear Satisfiability Preserving Assignments (Extended Abstract)	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IJCAI	6. 最初と最後の頁 5622-5626
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.24963/ijcai.2018/797	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 Khaled M. Elbassioni, Kazuhisa Makino	4. 巻 101
2. 論文標題 Enumerating Vertices of 0/1-Polyhedra associated with 0/1-Totally Unimodular Matrices	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 LIPIcs	6. 最初と最後の頁 18:1-18:14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4230/LIPIcs.SWAT.2018.18	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 Kobayashi Yusuke, Takazawa Kenjiro	4. 巻 699
2. 論文標題 Randomized strategies for cardinality robustness in the knapsack problem	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 TCS	6. 最初と最後の頁 53~62
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.tcs.2016.12.019	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 Halldorsson Magnus M., Ishii Toshimasa, Makino Kazuhisa, Takazawa Kenjiro	4. 巻 10389
2. 論文標題 Posimodular Function Optimization	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 LNCS	6. 最初と最後の頁 437 ~ 448
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-319-62127-2_37	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 itoshi Hayakawa, Toshimasa Ishii ,Hiroataka Ono, Yushi Uno	4. 巻 92
2. 論文標題 Settlement Fund Circulation Problem	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 LIPIcs	6. 最初と最後の頁 46:1--46:13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4230/LIPIcs.ISAAC.2017.46	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 Yasushi Kawas, Kei Kimura, Kazuhisa Makino, Hanna Sumita	4. 巻 92
2. 論文標題 Optimal Matroid Partitioning Problems	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 LIPIcs	6. 最初と最後の頁 51:1--51:13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-319-62127-2javascript:clickZassiSearchButton(3)	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 Sumita Hanna, Kakimura Naonori, Makino Kazuhisa	4. 巻 79
2. 論文標題 Parameterized Complexity of Sparse Linear Complementarity Problems	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Algorithmica	6. 最初と最後の頁 42 ~ 65
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00453-016-0229-5	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 Boros Endre, Elbassioni Khaled, Gurvich Vladimir, Makino Kazuhisa	4. 巻 46
2. 論文標題 A nested family of $\sum_{k=1}^n k$ -total effective rewards for positional games	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 International Journal of Game Theory	6. 最初と最後の頁 263 ~ 293
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00182-016-0532-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 該当する

1. 著者名 Han Xin, Ma Ning, Makino Kazuhisa, Chen He	4. 巻 10336
2. 論文標題 Online Knapsack Problem Under Concave Functions	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 LNCS	6. 最初と最後の頁 103 ~ 114
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-319-59605-1_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 該当する

1. 著者名 Boros Endre, Cepek Ondrej, Makino Kazuhisa	4. 巻 10472
2. 論文標題 Strong Duality in Horn Minimization	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 LNCS	6. 最初と最後の頁 123 ~ 135
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-662-55751-8_11	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 Yasushi Kawase, Kazuhisa Makino	4. 巻 64
2. 論文標題 Surrogate Optimization for p-Norms	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Leibniz International Proceedings in Informatics (LIPIcs)	6. 最初と最後の頁 41:1-41:13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4230/LIPIcs.ISAAC.2016.41	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 Endre Boros, Khaled Elbassioni, Vladimir Gurvich, Kazuhisa Makino, Vladimir Oudalov	4. 巻 45
2. 論文標題 Sufficient conditions for the existence of Nash equilibria in bimatrix games in terms of forbidden $2 \times 22 \times 2$ subgames	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 International Journal of Game Theory	6. 最初と最後の頁 1111-1131
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00182-015-0513-7	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 Yasushi Kawase, Kazuhisa Makino, Kento Seimi	4. 巻 64
2. 論文標題 Optimal Composition Ordering Problems for Piecewise Linear Functions	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Leibniz International Proceedings in Informatics (LIPIcs)	6. 最初と最後の頁 42:1-42:13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4230/LIPIcs.ISAAC.2016.42	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 Khaled Elbassioni, Kazuhisa Makino, Waleed Najy	4. 巻 10138
2. 論文標題 A Multiplicative Weights Update Algorithm for Packing and Covering Semi-infinite Linear Programs	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Lecture Notes in Computer Science	6. 最初と最後の頁 78-91
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-319-51741-4_7	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 Toshimasa Ishii, Hirotaka Ono, Yushi Uno	4. 巻 207
2. 論文標題 (Total) vector domination for graphs with bounded branchwidth	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Discrete Applied Mathematics	6. 最初と最後の頁 80-89
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.dam.2016.03.002	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 Yusuke Kobayashi and Kenjiro Takazawa	4. 巻 ANALCO2016
2. 論文標題 Randomized strategies for cardinality robustness in the knapsack problem	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 ANALCO 2016	6. 最初と最後の頁 25-33
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="http://dx.doi.org/10.1137/1.9781611974324.3">http://dx.doi.org/10.1137/1.9781611974324.3</a>	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 Khaled M. Elbassioni, Kazuhisa Makino, Kurt Mehlhorn, Fahimeh Ramezani	4. 巻 73
2. 論文標題 On Randomized Fictitious Play for Approximating Saddle Points Over Convex Sets	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Algorithmica	6. 最初と最後の頁 441-459
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00453-014-9902-8	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 Hanna Sumita, Naonori Kakimura, Kazuhisa Makino	4. 巻 40
2. 論文標題 The Linear Complementarity Problems with a Few Variables per Constraint	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Math. Oper. Res.	6. 最初と最後の頁 1015-1026
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1287/moor.2014.0708	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 Shuji Kijima, Kentaro Koga, Kazuhisa Makino	4. 巻 46
2. 論文標題 Deterministic random walks on finite graphs	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Random Struct. Algorithms	6. 最初と最後の頁 739-761
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/rsa.20533	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 Xin Han, Yasushi Kawase, Kazuhisa Makino	4. 巻 562
2. 論文標題 Randomized algorithms for online knapsack problems	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Theor. Comput. Sci.	6. 最初と最後の頁 395-405
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.tcs.2014.10.017	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 Yasushi Kawase, Xin Han, Kazuhisa Makino	4. 巻 LNCS9486
2. 論文標題 Proportional Cost Buyback Problem with Weight Bounds	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 COCO A 2015:	6. 最初と最後の頁 794-808
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-319-26626-8_59	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 Hanna Sumita, Naonori Kakimura, Kazuhisa Makino	4. 巻 LIPIcs43
2. 論文標題 Parameterized Complexity of Sparse Linear Complementarity Problems	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 IPEC 2015	6. 最初と最後の頁 355-364
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4230/LIPIcs.IPEC.2015.355	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 Jakub Gajarsky, Michael Lampis, Kazuhisa Makino, Valia Mitsou, Sebastian Ordyniak	4. 巻 LNCS9235
2. 論文標題 Parameterized Algorithms for Parity Games	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 MFCS	6. 最初と最後の頁 336-347
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-662-48054-0_28	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 Xin Han, Yasushi Kawase, Kazuhisa Makino	4. 巻 70
2. 論文標題 Online Unweighted Knapsack Problem with Removal Cost	5. 発行年 2014年
3. 雑誌名 Algorithmica	6. 最初と最後の頁 76-91
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00453-013-9822-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 Xin Han, Yasushi Kawase, Kazuhisa Makino, He Guo	4. 巻 540
2. 論文標題 Online removable knapsack problem under convex function	5. 発行年 2014年
3. 雑誌名 Theoretical Computer Science	6. 最初と最後の頁 62-69
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.tcs.2013.09.013	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 -

1. 著者名 Endre Boros, Khaled Elbassioni, Vladimir Gurvich, Kazuhisa Makino	4. 巻 8881
2. 論文標題 A Potential Reduction Algorithm for Ergodic Two-Person Zero-Sum Limiting Average Payoff Stochastic Games	5. 発行年 2014年
3. 雑誌名 10.1007/978-3-319-12691-3	6. 最初と最後の頁 694-709
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-319-12691-3_52	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 Xin Han, Yasushi Kawase, Kazuhisa Makino	4. 巻 562
2. 論文標題 Randomized algorithms for online knapsack problems	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Theoretical Computer Science	6. 最初と最後の頁 395-405
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.tcs.2014.10.017	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 Endre Boros ,Khaled Elbassioni,Vladimir Gurvich, Kazuhisa Makino	4. 巻 30
2. 論文標題 Markov Decision Processes and Stochastic Games with Total Effective Payoff	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 LIPIcs	6. 最初と最後の頁 103-115
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4230/LIPIcs.STACS.2015.103	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 Toru Hasunuma, Toshimasa Ishi,Hiroataka Ono, Yushi Uno	4. 巻 4
2. 論文標題 Algorithmic aspects of distance constrained labeling: a survey	5. 発行年 2014年
3. 雑誌名 International Journal of Networking and Computing	6. 最初と最後の頁 251-259
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 Toshimasa Ishi,Hiroataka Ono, Yushi Uno	4. 巻 8596
2. 論文標題 Subexponential fixed-parameter algorithms for partial vector domination	5. 発行年 2014年
3. 雑誌名 LNCS	6. 最初と最後の頁 292-304
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-319-09174-7_25	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4件 (うち招待講演 0件/うち国際学会 1件)

1. 発表者名 K. Takazawa
2. 発表標題 The b-bibranching problem: TDI System, packing, and discrete convexity
3. 学会等名 The 23rd International Symposium on Mathematical Programming (ISMP 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 石井 利昌, 牧野 和久
2. 発表標題 正モジュラ関数の最適化
3. 学会等名 FIT2015
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 小林佑輔, 高澤兼二郎
2. 発表標題 ナップサック問題に対する確率的ロバスト最適化
3. 学会等名 日本応用数学会 2015 年度年会
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 Toshimasa Ishii , Hirotaka Ono, Yushi Uno
2. 発表標題 (Total) vector domination for graphs with bounded branchwidth
3. 学会等名 情報処理学会AL
4. 発表年 2014年

〔図書〕 計0件

〔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	高澤 兼二郎  (Takazawa Kenjiro)  (10583859)	法政大学・理工学部・准教授    (32675)	

## 6. 研究組織（つづき）

	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	石井 利昌  (Ishii Toshimasa)  (30324487)	北海道大学・経済学研究院・教授    (10101)	
研究 分 担 者	藤重 悟  (Fujishige Satoru)  (10092321)	京都大学・数理解析研究所・特任教授    (14301)	