

令和 3 年 6 月 8 日現在

機関番号：32675

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2020

課題番号：16K16012

研究課題名(和文) マッチング、マトロイドと巡回セールスマン問題

研究課題名(英文) Matching, matroid, and traveling salesman problem

研究代表者

高澤 兼二郎 (Takazawa, Kenjiro)

法政大学・理工学部・准教授

研究者番号：10583859

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：巡回セールスマン問題(TSP)は、おそらくもっとも有名なNP困難な問題であり、TSPに対して提案された数々の手法は、離散最適化の分野全体の発展に大いに寄与してきた。特に近年、TSPに対する理論的なブレイクスルーといえる研究が数多く発表されている。本研究は、TSPへの応用を念頭に置き、離散最適化問題の効率的な解法の基礎をなす理論であるマッチング理論およびマトロイド理論の深化と拡大を行った。本研究で発表した20篇の論文はすべて、最適化分野のトップジャーナル・トップカンファレンスを含む、定評のある査読付き国際論文誌に採録、または査読付き国際会議に採択されている。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究課題で発表した20篇の論文のうち、巡回セールスマン問題(TSP)に特に関連する論文として、クラスター巡回セールスマン問題というTSPの一般化に対する近似率を改善したものや、TSPの緩和問題である制約付き2-マッチング問題などの数多くの概念を含む、グラフ上の最適化問題の枠組を提案したものがあ

研究成果の概要(英文)：The traveling salesman problem (TSP) is perhaps the most famous NP-hard problem, and has enhanced developments of many methods in the field of discrete optimization. In particular, TSP attracts recent intensive attention: several theoretical breakthrough papers have been published in this past decade.

Our research has intended to be applied in theoretical improvement in solving TSP. Specifically, our research has achieved deepening and extending of matching theory and matroid theory, which form bases of efficient solutions to discrete optimization problems. All of our 20 papers has been accepted to reputable, international, peer-reviewed journals or conferences, including top journals and conferences in the field of optimization.

研究分野：離散最適化

キーワード：マトロイド 巡回セールスマン問題 マッチング 有向木 混雑ゲーム 制約付き2-マッチング

1. 研究開始当初の背景

マッチング問題は効率的に解ける離散最適化問題の代表例であり、理論・応用の両面において極めて重要な問題である。また、マトロイドとは、一次独立なベクトル集合がもつ性質の中で組合せ的なものに注目した概念である。マトロイド構造は貪欲アルゴリズムによって最適解が常に求まる構造と特徴付けられるなど、最適化と非常に相性の良い構造であることが知られている。

一方で、マッチング問題の実用的な一般化、あるいは現実社会に現れる離散最適化問題の多くは **NP** 困難であり、効率的な厳密解法は設計されていない。中でも、巡回セールスマン問題 (与えられたグラフの中で全頂点をちょうど一度通る最も短い閉路を求める問題) は最も有名かつ基本的な **NP** 困難問題である。現実社会に頻繁に現れる応用上非常に重要な問題であるとともに、巡回セールスマン問題に対する多種多様の研究は離散最適化のみならずグラフ理論・計量理論・オペレーションズリサーチなど様々な分野を進展させてきた。現在までに至るまで、理論・実用両面の研究が盛んに行われている。

近年、Mömke-Svensson [1] により、ある種のメトリック巡回セールスマン問題に対する近似比が約 **40** 年ぶりに改良され、この研究をブレイクスルーとしてメトリック巡回セールスマン問題に対する近似比の改良が活発になされている。さらに、近年提案されている巡回セールスマン問題に対する近似アルゴリズムの多くは様々な種類の制約付き **2**-マッチングを初期解として用いているため、巡回セールスマン閉路に近い制約付き **2**-マッチングに関する理論の整備が求められている。

2. 研究の目的

本研究の目的は、マトロイド構造などの数理的構造に注目してマッチング理論を拡大し、巡回セールスマン問題に対する画期的な近似アルゴリズムの設計を視野に入れた理論的基盤を構築することである。

3. 研究の方法

マトロイド構造などの効率的に解くことのできる離散最適化問題がもつ数理的構造に注目し、制約付き **2**-マッチングが数理的構造をもつ条件を導き出し、これまで扱われてきた制約付き **2**-マッチングを一般化する包括的な枠組を提案する。さらに、巡回セールスマン問題に関連する問題に対する近似アルゴリズムを設計する。また、関連するマトロイド理論・マッチング理論の深化と拡大を遂行する。

4. 研究成果

(1) まず、制約付き **2**-マッチングについては、以下の **3** 篇の論文を発表した。

- 論文「**Decomposition theorems for square-free 2-matchings in bipartite graphs**」では、**2** 部グラフにおける辺数 **4** の閉路を含まない **2**-マッチングの構造解析を行った。その成果として、マッチング理論において古くから知られている、**2** 部グラフのマッチングの **Dulmage-Mendelsohn** 分解、および一般グラフのマッチングの **Edmonds-Gallai** 分解に対応する、制約付き **2**-マッチングの分解定理を与えた。
- 論文「**Finding a maximum 2-matching excluding prescribed cycles in bipartite graphs**」においては、効率的に解ける制約付き **2**-マッチングの新たな枠組を示し、解法を与えた。具体的には、**2** 部グラフにおいて、**2**-マッチングにおける禁止構造が誘導する部分グラフが「**Hamilton-laceable**」という性質をもつ場合に、最大最小定理・組合せ的アルゴリズム・分解定理を与えた。この枠組は、辺数 **4** の閉路を含まない **2**-マッチングの一般化であり、新たに含まれる具体例には、弦を **2** 本以上もつ辺数 **6** の閉路を含まない **2**-マッチングなどがある。これは、辺数が **5** 以上の閉路を含まない **2**-マッチングに関する最適化が効率的に解くことのできる特殊ケースを初めて与えたものである。
- 論文「**Excluded t-factors in bipartite graphs: A unified framework for nonbipartite matchings and restricted 2-matchings**」では、これまでに研究されてきた制約付き **2**-マ

マッチングを包括する枠組を提案し、その応用を示した。この枠組に含まれる既存の問題例には、2部グラフにおける辺数4の閉路を含まない2-マッチング、一般グラフにおけるマッチング、一般グラフにおける辺数3の閉路を含まない2-マッチング、有向グラフにおける偶因子などがある。この枠組において、個別の問題それぞれについて知られていた最大最小定理や組合せ的アルゴリズムを包括する一般的な成果を与えた。

- (2) 巡回セールスマン問題に直接的に関係する成果には、論文「**Improving approximation ratios for the clustered traveling salesman problem**」がある。この論文では、クラスター巡回セールスマン問題とよばれる巡回セールスマン問題の一般化について、既存の近似アルゴリズム [2] に対して巡回セールスマン問題に対する最新の近似アルゴリズム [3] を適用することにより、近似比を改善したものである。
- (3) また、巡回セールスマン問題に関連する問題として、論文「**A 7/6-approximation algorithm for the minimum 2-edge connected subgraph problem in bipartite cubic graphs**」では最小2辺連結部分グラフ問題を取り扱い、特殊な性質をみだす制約付き2-マッチング [4] を初期解とすることにより、既存の近似比を改善する近似アルゴリズムを設計した。
- (4) その他、マトロイド理論や関連するグラフ上の最適化問題に対する様々な理論的成果を上げた。主な成果として以下が挙げられる。
 - 論文「**The b-branching problem in digraphs**」では、 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、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という、一般のマトロイド交わりでは成り立たない良い性質が b -有向木に対して拡張されることを証明した。
 - 論文「**Relationship of two formulations for shortest bibranchings**」では、最小重み双有向森問題の2つの定式化の間の関係を解析した。具体的には、最小重み双有向森問題の線形計画表現と M 凸劣モジュラ流表現 [5] について、 M 凸劣モジュラ流表現は線形計画表現に **Benders** 分解を施すと得られること、および、一方の表現の主双対最適解から他方の表現の主双対最適解が構成できることを証明した。
 - 論文「**The b-bibranching problem: TDI System, packing, and discrete convexity**」では、 b -有向木と双有向森の共通の一般化を与えた。この一般化に対し、完全双対整数性をもつ線形計画表現・詰込定理・ M 凸劣モジュラ流表現といった、それぞれについて知られていた重要な性質や定理の共通の拡張を与えた。
 - 論文「**Notes on equitable partitions into matching forests in mixed graphs and b-branchings in digraphs**」では有向グラフの辺集合の b -有向木への均一な分割が存在することを証明するなど、 b -有向木の理論的発展を進めた。
 - 論文「**A generalized-polymatroid approach to disjoint common independent sets in two matroids**」および「**A note on a nearly uniform partition into common independent sets of two matroids**」では、マトロイド交わりにおいて台集合を共通独立集合に分割するという古典的な問題に対し、一般化ポリマトロイド理論を用いた新たな理論的成果を上げた。

以上の論文を含む、本研究で発表した20篇の論文はすべて、最適化分野のトップジャーナル **Mathematical Programming** や、トップカンファレンス **Integer Programming and Combinatorial Optimization** など、定評のある査読付き国際論文誌に採録、または査読付き国際会議に採択された。さらに、2つの国際学会および1つの国内学会で招待講演を行うなど、国内外で高い評価を得た。

【参考文献】

- [1] Tobias Mömke, Ola Svensson: Removing and Adding Edges for the Traveling Salesman

Problem. J. ACM 63(1): 2:1-2:28 (2016)

[2] Nili Guttman-Beck, Refael Hassin, Samir Khuller, Balaji Raghavachari: Approximation Algorithms with Bounded Performance Guarantees for the Clustered Traveling Salesman Problem. Algorithmica 28(4): 422-437 (2000)

[3] Rico Zenklusen: A 1.5-Approximation for Path TSP. SODA 2019: 1539-1549

[4] Sylvia C. Boyd, Satoru Iwata, Kenjiro Takazawa: Finding 2-Factors Closer to TSP Tours in Cubic Graphs. SIAM J. Discret. Math. 27(2): 918-939 (2013)

[5] Kenjiro Takazawa: Shortest Bibranchings and Valuated Matroid Intersection. Japan J. Ind. Appl. Math. 29: 561-573 (2012)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計20件（うち査読付論文 20件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Yuni Iwamasa, Kenjiro Takazawa	4. 巻 -
2. 論文標題 Optimal matroid bases with intersection constraints: Valuated matroids, M-convex functions, and their applications	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Mathematical Programming	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) 10.1007/s10107-021-01625-2	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 Kenjiro Takazawa	4. 巻 -
2. 論文標題 The b-bibranching problem: TDI system, packing, and discrete convexity	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Networks	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) 10.1002/net.22035	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 Kazuo Murota and Kenjiro Takazawa	4. 巻 38
2. 論文標題 Relationship of two formulations for shortest bibranchings	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Japan Journal of Industrial and Applied Mathematics	6. 最初と最後の頁 141-161
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s13160-020-00432-0	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 Naonori Kakimura, Naoyuki Kamiyama, Kenjiro Takazawa	4. 巻 283
2. 論文標題 The b-branching problem in digraphs	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Discrete Applied Mathematics	6. 最初と最後の頁 565-576
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.dam.2020.02.005	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 Masamune Kawasaki, Kenjiro Takazawa	4. 巻 63
2. 論文標題 Improving approximation ratios for the clustered traveling salesman problem	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of the Operations Research Society of Japan	6. 最初と最後の頁 60-70
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.15807/jorsj.63.60	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 Satoru Fujishige, Kenjiro Takazawa, Yu Yokoi	4. 巻 63
2. 論文標題 A note on a nearly uniform partition into common independent sets of two matroids	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of the Operations Research Society of Japan	6. 最初と最後の頁 71-77
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.15807/jorsj.63.71	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 Kenjiro Takazawa	4. 巻 12176
2. 論文標題 Notes on equitable partitions into matching forests in mixed graphs and b-branchings in digraphs	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Lecture Notes in Computer Science	6. 最初と最後の頁 214-224
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-53262-8_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 -

1. 著者名 Kenjiro Takazawa	4. 巻 38
2. 論文標題 Generalizations of weighted matroid congestion games: pure Nash equilibrium, sensitivity analysis, and discrete convex function	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Combinatorial Optimization	6. 最初と最後の頁 1043-1065
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10878-019-00435-9	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 Yuni Iwamasa, Kenjiro Takazawa	4. 巻 12337
2. 論文標題 Optimal matroid bases with intersection constraints: Valuated matroids, M-convex functions, and their applications	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Lecture Notes in Computer Science	6. 最初と最後の頁 156-167
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_14	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 Kenjiro Takazawa and Yu Yokoi	4. 巻 342
2. 論文標題 A generalized-polymatroid approach to disjoint common independent sets in two matroids	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Discrete Mathematics	6. 最初と最後の頁 2002-2011
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.disc.2019.03.009	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 Kenjiro 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 2019年
3. 雑誌名 Lecture Notes in Computer Science	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 Naonori Kakimura, Naoyuki Kamiyama, and Kenjiro 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 Leibniz International Proceedings in Informatics	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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Kenjiro Takazawa	4. 巻 10328
2. 論文標題 Excluded t-factors in bipartite graphs: A unified framework for nonbipartite matchings and restricted 2-matchings	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Lecture Notes in Computer Science	6. 最初と最後の頁 430-441
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-319-59250-3_35	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 Kenjiro Takazawa	4. 巻 26
2. 論文標題 Finding a maximum 2-matching excluding prescribed cycles in bipartite graphs	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Discrete Optimization	6. 最初と最後の頁 26-40
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.disopt.2017.05.003	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 Kenjiro Takazawa	4. 巻 233
2. 論文標題 Decomposition theorems for square-free 2-matchings in bipartite graphs	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Discrete Applied Mathematics	6. 最初と最後の頁 215-223
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.dam.2017.07.035	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 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 Theoretical Computer Science	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 Magnus M. Halldorsson, Toshimasa Ishii, Kazuhisa Makino, and Kenjiro Takazawa	4. 巻 10389
2. 論文標題 Posimodular function optimization	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Lecture Notes in Computer Science	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 Kenjiro Takazawa	4. 巻 116
2. 論文標題 A 7/6-approximation algorithm for the minimum 2-edge connected subgraph problem in bipartite cubic graphs	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Information Processing Letters	6. 最初と最後の頁 550-553
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ipl.2016.04.011	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 Kenjiro Takazawa	4. 巻 9224
2. 論文標題 Decomposition theorems for square-free 2-matchings in bipartite graphs	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Lecture Notes in Computer Science	6. 最初と最後の頁 373-387
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-662-53174-7_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 -

1. 著者名 Kenjiro Takazawa	4. 巻 58
2. 論文標題 Finding a maximum 2-matching excluding prescribed cycles in bipartite graphs	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Leibniz International Proceedings in Informatics	6. 最初と最後の頁 87:1-87:14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4230/LIPIcs.MFCS.2016.87	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 -

[学会発表] 計18件(うち招待講演 3件/うち国際学会 11件)

1. 発表者名 Kenjiro Takazawa
2. 発表標題 Generalizations of weighted matroid congestion games: Pure Nash equilibrium, sensitivity analysis, and discrete convex function
3. 学会等名 The 15th Annual Conference on Theory and Applications of Models of Computation (TAMC 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kenjiro Takazawa
2. 発表標題 b-branchings: Branchings with high indegree
3. 学会等名 The 11th Hungarian-Japanese Symposium on Discrete Mathematics and Its Applications (HJ 2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Naonori Kakimura, Naoyuki Kamiyama, Kenjiro Takazawa
2. 発表標題 The b-branching problem: Branchings with high indegree
3. 学会等名 The 10th Cargese Workshop on Combinatorial Optimization (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kenjiro Takazawa
2. 発表標題 Notes on equitable partitions into matching forests in mixed graphs and b-branchings in digraphs
3. 学会等名 The 6th International Symposium on Combinatorial Optimization (ISCO 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岩政勇仁, 高澤 兼二郎
2. 発表標題 交叉制約下でのマトロイドの最適基とその一般化
3. 学会等名 京都大学数理解析研究所 共同研究(グループ型) 数理最適化の理論・アルゴリズム・応用
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yuni Iwamasa, Kenjiro Takazawa
2. 発表標題 Optimal matroid bases with intersection constraints: Valuated matroids, M-convex functions, and their applications
3. 学会等名 The 16th Annual Conference on Theory and Applications of Models of Computation (TAMC 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 河崎政宗, 高澤兼二郎
2. 発表標題 クラスター巡回セールスマン問題に対する近似率の改善
3. 学会等名 最適化とその応用 未来を担う若手研究者の集い 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kenjiro 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 Naonori Kakimura, Naoyuki Kamiyama, and Kenjiro Takazawa
2. 発表標題 The b-branching problem in digraphs
3. 学会等名 The 43rd International Symposium on Mathematical Foundations of Computer Science (MFCS 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kenjiro Takazawa
2. 発表標題 Excluded t-factors in bipartite graphs: A unified framework for nonbipartite matchings and restricted 2-matchings
3. 学会等名 The Traveling Salesman Problem: Algorithms & Optimization (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高澤兼二郎
2. 発表標題 制約付きマッチングとその応用
3. 学会等名 日本オペレーションズ・リサーチ学会 RAMP シンポジウム (RAMP2018) (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kenjiro Takazawa
2. 発表標題 Excluded t-factors in Bipartite Graphs: A Unified Framework for Nonbipartite Matchings and Restricted 2-matchings
3. 学会等名 The 19th Conference on Integer Programming and Combinatorial Optimization (IPCO 2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kenjiro Takazawa
2. 発表標題 Excluded t-factors in Bipartite Graphs: A Unified Framework for Nonbipartite Matchings and Restricted 2-matchings
3. 学会等名 The 10th Japanese-Hungarian Symposium on Discrete Mathematics and Its Applications (JH 2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 垣村尚徳, 神山直之, 高澤兼二郎
2. 発表標題 有向グラフにおけるマトロイド交わりの多段階貪欲アルゴリズム
3. 学会等名 2017 年度応用数学合同研究集会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 垣村尚徳, 神山直之, 高澤兼二郎
2. 発表標題 有向グラフにおける b-有向木
3. 学会等名 日本オペレーションズ・リサーチ学会 2018 年春季研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kenjiro Takazawa
2. 発表標題 Finding a maximum 2-matching excluding prescribed cycles in bipartite graphs
3. 学会等名 The 41st International Symposium on Mathematical Foundations of Computer Science (MFCS 2016) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 高澤兼二郎
2. 発表標題 制約付き t-マッチングの統一的な枠組
3. 学会等名 日本オペレーションズ・リサーチ学会 2017 年春季研究発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kenjiro Takazawa
2. 発表標題 Finding a maximum 2-matching excluding prescribed cycles in bipartite graphs
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

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

Publications by Kenjiro Takazawa http://ds.ws.hosei.ac.jp/papers_j.html 研究内容紹介: Ck-free 2-マッチングとは? http://ds.ws.hosei.ac.jp/Ck-free.html 法政フロネシス: 教員紹介 http://phronesis.hosei.ac.jp/article/article-20190605163610
--

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
---------	---------