様　式　Ｃ－１９、Ｆ－１９－１、Ｚ－１９　（共通）

科学研究費助成事業　　研究成果報告書

令和　５ 年　５ 月 １８ 日現在

機関番号：１０１０１
研究種目：若手研究
研究期間：2020～2022
課題番号：２０Ｋ１９７４２

研究課題名（和文）グラフの木分解を用いた高速なメタアルゴリズムの研究

研究課題名（英文）Research on fast algorithmic meta-theorems for tree decomposable graphs

研究代表者
小林　靖明（Kobayashi, Yasuaki）

北海道大学・情報科学研究院・准教授

研究者番号：６０７３５０８３

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費）　　2,900,000円

研究成果の概要（和文）：本研究ではグラフの木分解やその特殊な分解に関して，高速で実装可能なアルゴリズム的メタ定理に関する研究を行った．　成果の一部として，(1) 列挙アルゴリズムにおけるメタ的な設計手法，(2) 木分解のより限定した形である頂点インテグリティを用いた様々なアルゴリズムの提案，　(3) 組合せ遷移におけるアルゴリズム的メタ定理の開発に成功した．　(2) の成果は必ずしも研究目的と合致していないが，本研究を動機として他の研究者によって高速なアルゴリズム的メタ定理が導出された．

研究成果の学術的意義や社会的意義
現段階では理論的な研究に留まっているが，これらの成果に基づいて実用的な研究が進めることで社会へ貢献ができるため，その社会的な意義があると考えられる．また，本研究の理論研究の一部が発端となり，さらなる研究が国内外の研究者から行われ始めていることを鑑みると，その学術的な意義は十分にあると考えられる．

研究成果の概要（英文）：The purpose of this work is to study fast algorithmic meta-theorems for tree decomposable graphs. As parts of this work, we give (1) a generic designing scheme for enumeration algorithms, (2) several algorithmic techniques based on vertex integrity, and (3) algorithmic meta-theorems for reconfiguration problems. Although the result of (2) is not considered as a "meta-theorem", it would stimulate a successive study on fast algorithmic meta-theorems for vertex integrity, given by other researchers.

研究分野：アルゴリズムと計算量

キーワード：グラフアルゴリズム　アルゴリズム的メタ定理　木幅　列挙アルゴリズム　組合せ遷移

※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
「アルゴリズム的メタ定理」と呼ばれる研究成果の金字塔として，Courcelle の定理が知られている．この定理は，「単項二階述語論理で記述できる性質は与えられたグラフの木幅が小さいときに（固定パラメータ容易性の意味で）効率良く認識できる」ことを示しており，Arnborg らによる離散最適化問題への拡張や Courcelle らによるクリーク幅への拡張など，より使いやすい形で拡張が行われている．これらは，問題の性質自体の述語論理での記述可能性がそのままアルゴリズムを与えるため，通常のアルゴリズム設計に比べてより「メタ」な定理であると言える．しかしながら，Courcelle の定理は非常に強力である一方，そこから得られる帰結をそのままアルゴリズムの実装へ転用することは非常に難しく，アルゴリズム理論にとっては非常に有用であるが，その実用的な価値は明らかになっていないのが現状である．

２．研究の目的
本研究の目的は，実用的にもアクセスしやすいようなアルゴリズム的メタの構築である．そのために，Courcelle の定理が単項二階論理に基づくアルゴリズム的メタ定理であるのに対し，集合や関係などの初等的記述に基づく制限されたアルゴリズム的メタ定理の構築を目指す．また，Courcelle の定理がグラフの木幅と呼ばれるグラフパラメータに基づき議論されており，その他のグラフパラメータにおけるアルゴリズム的メタ定理の可能性も探索する．より具体的には，

1. Courcelle の定理などを代表とした，木構造と述語論理の組合せがなす数学的な構造をヒントとし，グラフの木構造が離散最適化問題の容易にするための簡潔な十分条件を明らかにする．
2. そのような構造が計算困難な離散最適化問題をどのように記述し，そこからどのようにアルゴリズム設計に寄与するかを調べる．
3. 従来取り組まれていた離散最適化問題だけでなく，新しい分野においてもこのような「アルゴリズム的メタ定理」の可能性を探索する．

２．研究の方法
様々な離散最適化問題に関してグラフパラメータを用いた様々な解法を設計し，そのなかで生じる共通点をヒントとして本研究の目標とするメタ定理を目指す．また，Courcelle の定理がグラフの木幅（さらに一般的にはクリーク幅）と呼ばれるグラフパラメータに基づき議論されているのに対し，より制限の強いグラフパラメータに基づきアルゴリズム設計を行うことで．単項二階論理では扱いづらい性質などを分析し，それらを扱うための動的計画法や，整数計画法などを用いた手法を探索した．これらのアプローチをいくつかのサブテーマにおいて行い，そこから得られた成果を次節でまとめる．

４．研究成果
研究成果としては，いくつかのサブテーマでまとめて記述する．

グラフパラメータを用いた固定パラメータアルゴリズムの研究：
このサブテーマでは様々な離散最適化問題に対して，グラフパラメータに基づく新しいアルゴリズムの設計を行った．具体的には，グラフの 2 等分割問題に関する高速なアルゴリズムとその(計算複雑性理論的条件付き）下界（FAW 2020, TCS 2021），グラフ上の影響拡散に関するパラメータ化複雑性に関する研究（IPEC 2020, Algorithmica 2022），頂点インテグリティを用いた計算困難な離散最適化問題に対する固定パラメータアルゴリズム（CIAC 2021, TCS 2022），グラフの最大極小分離集合問題に対し，グラフパラメータとグラフクラスの観点から計算複雑性を明らかにした研究（TCS 2021），グラフの非分離経路問題に対するマトロイド理論などを用いたアルゴリズム設計（MFCS 2022）などの成果を得ることができ，それらは国際会議や国際論文誌等で研究成果を公開した．頂点インテグリティに関する研究は，その後の Lampis ら(ISAAC 2022）の頂点インテグリティを用いた高速なアルゴリズム的メタ定理の結果のひとつの足がかりになったと考えることができる．また，扱う対象をグラフに限らず，半順序集合などの離散構造でも考え，半順序集合の線形拡張全体からなる空間の直径計算のパラメータ化複雑性（コンピューテーション研究会 2022），順序埋め込み問題のパラメータ化複雑性（コンピューテーション研究会 2022)などの成果が得られた．

組合せ遷移に関する研究：
本研究を通して得られたグラフパラメータに関する知見を生かして，離散最適化問題における解同士の隣接関係を扱う「組合せ遷移」の研究を行った．具体的には，有向木の遷移（COCOON 2021, TCS 2023），正則部分グラフの遷移問題（WALCOM 2022），組合せ遷移問題に対するアルゴリズム的メタ定理（ESA 2022），有向グラフ上のトークンスライディング問題（MFCS 2022）などの成果を得ることができた．有向木の遷移問題については，無向グラフの全域木の遷移問題

との関係性を明らかにし，その数学的な性質を明らかにすることでアルゴリズム設計に成功した．また，組合せ遷移問題に対するアルゴリズム的メタ定理の成果は，本研究で得られた知見を十分に活かしており，目的に合致するような成果を得ることができた．

列挙問題に関する研究：
通常の離散最適化問題においてはひとつの解を得ることが目的であるが，そのすべてを列挙する研究も盛んに行われている．本研究では，この文脈における「アルゴリズム的メタ定理」を目指して研究を行った．具体的な成果としては，極小多分割カット・多点対カットの効率の良い列挙（MFCS 2020），データベース理論分野で研究をされている Steiner 木列挙問題に対する線形遅延アルゴリズム（PODS 2022），通常の列挙問題と最適化基準を組合せた研究である大きな極大マッチングの多項式遅延列挙（WG 2022）などの成果を得た．また，列挙アルゴリズムに対するアルゴリズム的メタ定理として，列挙対象の木幅（クリーク幅）が小さいときに高速に列挙するアルゴリズムを提案した．この成果は，単に与えられたグラフのパラメータが小さい時を超えた結果を示しており，列挙問題に対するアルゴリズム的メタ定理として非常に興味深いものとなっている．その他にも，マトロイドに関する列挙問題（2021 年夏の LA シンポジウム）や省スペースなトップ k 列挙（人工知能基本問題研究会 2021），平面グラフにおける連結度制約のある全域部分グラフの列挙（コンピューテーション研究会 2022）などの成果を得た．

離散最適化問題に対する多様な解を求めるアルゴリズムの研究：
列挙問題に関する研究では，ひとつの解を得る代わりにすべての解を得るようなアルゴリズムを考えるが，社会的な要請などの背景により，近年では十分な数の「多様な解」を求める研究が人工知能分野を中心として盛んに行われている．本研究では，グラフの多様な全域木を求める多項式時間アルゴリズム と多様な解を求めるための固定パラメータ容易性フレームワーク（AAAI 2021），古典的な組合せ最適化問題に対する多様な解を求める多項式時間アルゴリズム（AAAI 2022）を提案した．また，本成果の一部を人工知能学会人工知能基本問題研究会で発表したところ，2020 年度の人工知能学会研究会優秀賞を受賞した．

５．主な発表論文等

〔雑誌論文〕　計26件（うち査読付論文　26件／うち国際共著　6件／うちオープンアクセス　0件）

１．著者名 Gima Tatsuya、Hanaka Tesshu、Kiyomi Masashi、Kobayashi Yasuaki、Otachi Yota	４．巻 918
２．論文標題 Exploring the gap between treedepth and vertex cover through vertex integrity	５．発行年 2022年
３．雑誌名 Theoretical Computer Science	６．最初と最後の頁 60～76
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.tcs.2022.03.021	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 KOBAYASHI Yasuaki、NAKANO Shin-ichi、UCHIZAWA Kei、UNO Takeaki、YAMAGUCHI Yutaro、YAMANAKA Katsuhisa	４．巻 E105.D
２．論文標題 An O(n^2)-Time Algorithm for Computing a Max-Min 3-Dispersion on a Point Set in Convex Position	５．発行年 2022年
３．雑誌名 IEICE Transactions on Information and Systems	６．最初と最後の頁 503～507
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1587/transinf.2021fcp0013	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 Aoike Yuuki、Gima Tatsuya、Hanaka Tesshu、Kiyomi Masashi、Kobayashi Yasuaki、Kobayashi Yusuke、Kurita Kazuhiro、Otachi Yota	４．巻 66
２．論文標題 An Improved Deterministic Parameterized Algorithm for Cactus Vertex Deletion	５．発行年 2022年
３．雑誌名 Theory of Computing Systems	６．最初と最後の頁 502～515
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s00224-022-10076-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 Kobayashi Yasuaki、Otachi Yota	４．巻 84
２．論文標題 Parameterized Complexity of Graph Burning	５．発行年 2022年
３．雑誌名 Algorithmica	６．最初と最後の頁 2379～2393
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s00453-022-00962-8	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 Ito Takehiro、Iwamasa Yuni、Kobayashi Yasuaki、Nakahata Yu、Otachi Yota、Wasa Kunihiro	4．巻 943
2．論文標題 Reconfiguring (non-spanning) arborescences	5．発行年 2023年
3．雑誌名 Theoretical Computer Science	6．最初と最後の頁 131～141
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.tcs.2022.12.007	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 －

1．著者名 Kobayashi Yasuaki、Kurita Kazuhiro、Wasa Kunihiro	4．巻 13453
2．論文標題 Polynomial-Delay and Polynomial-Space Enumeration of Large Maximal Matchings	5．発行年 2022年
3．雑誌名 Proceeding of WG 2022, Lecture Notes in Computer Science	6．最初と最後の頁 342～355
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/978-3-031-15914-5_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 －

1．著者名 Kobayashi Yasuaki、Kurita Kazuhiro、Wasa Kunihiro	4．巻 41
2．論文標題 Linear-Delay Enumeration for Minimal Steiner Problems	5．発行年 2022年
3．雑誌名 Proceedings of PODS 2022	6．最初と最後の頁 301～313
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1145/3517804.3524148	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 Takehiro Ito、Yuni Iwamasa、Yasuaki Kobayashi、Yu Nakahata、Yota Otachi、Masahiro Takahashi、Kunihiro Wasa	4．巻 241
2．論文標題 Independent Set Reconfiguration on Directed Graphs	5．発行年 2022年
3．雑誌名 Proceedings of MFCS 2022, LIPIcs	6．最初と最後の頁 58:1～58:15
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.4230/LIPIcs.MFCS.2022.58	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 Ankit Abhinav、Susobhan Bandopadhyay、Aritra Banik、Yasuaki Kobayashi、Shunsuke Nagano、Yota Otachi、Saket Saurabh	4．巻 241
2．論文標題 Parameterized Complexity of Non-Separating and Non-Disconnecting Paths and Sets	5．発行年 2022年
3．雑誌名 Proceedings of MFCS 2022, LIPIcs	6．最初と最後の頁 6:1～6:15
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.4230/LIPIcs.MFCS.2022.6	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 Tatsuya Gima、Takehiro Ito、Yasuaki Kobayashi、Yota Otachi	4．巻 244
2．論文標題 Algorithmic Meta-Theorems for Combinatorial Reconfiguration Revisited	5．発行年 2022年
3．雑誌名 Proceedings of ESA 2022, LIPIcs	6．最初と最後の頁 61:1～61:15
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.4230/LIPIcs.ESA.2022.61	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 Tesshu Hanaka、Yasuaki Kobayashi、Kazuhiro Kurita、See Woo Lee、Yota Otachi	4．巻 37
2．論文標題 Computing Diverse Shortest Paths Efficiently: A Theoretical and Experimental Study	5．発行年 2022年
3．雑誌名 Proceedings of AAAI 2022	6．最初と最後の頁 3758～3766
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 Duarte Gabriel L.、Eto Hiroshi、Hanaka Tesshu、Kobayashi Yasuaki、Kobayashi Yusuke、Lokshtanov Daniel、Pedrosa Lehilton L. C.、Schouery Rafael C. S.、Souza U?verton S.	4．巻 83
2．論文標題 Computing the Largest Bond and the Maximum Connected Cut of a Graph	5．発行年 2021年
3．雑誌名 Algorithmica	6．最初と最後の頁 1421～1458
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s00453-020-00789-1	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 Hanaka Tesshu、Kobayashi Yasuaki、Kobayashi Yusuke、Yagita Tsuyoshi	4．巻 865
2．論文標題 Finding a maximum minimal separator: Graph classes and fixed-parameter tractability	5．発行年 2021年
3．雑誌名 Theoretical Computer Science	6．最初と最後の頁 131～140
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.tcs.2021.03.006	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 Hanaka Tesshu, Kobayashi Yasuaki, Kazuhiro Kurita, Yota Otachi	4．巻 35
2．論文標題 Finding diverse trees, paths, and more	5．発行年 2021年
3．雑誌名 Proceedings of AAAI 2021	6．最初と最後の頁 3778 - 3786
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 Belmonte Remy、Hanaka Tesshu、Kanzaki Masaaki、Kiyomi Masashi、Kobayashi Yasuaki、Kobayashi Yusuke、Lampis Michael、Ono Hirotaka、Otachi Yota	4．巻 84
2．論文標題 Parameterized Complexity of (A,l)-Path Packing	5．発行年 2021年
3．雑誌名 Algorithmica	6．最初と最後の頁 871～895
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s00453-021-00875-y	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 Hanaka Tesshu、Kobayashi Yasuaki、Sone Taiga	4．巻 873
2．論文標題 A (probably) optimal algorithm for Bisection on bounded-treewidth graphs	5．発行年 2021年
3．雑誌名 Theoretical Computer Science	6．最初と最後の頁 38 - 46
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.tcs.2021.04.023	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 Ito Takehiro、Iwamasa Yuni、Kobayashi Yasuaki、Nakahata Yu、Otachi Yota、Wasa Kunihiro	4．巻 13025
2．論文標題 Reconfiguring Directed Trees in a Digraph	5．発行年 2021年
3．雑誌名 Proceedings of COCOON 2021, Lecture Notes in Computer Science	6．最初と最後の頁 343～354
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/978-3-030-89543-3_29	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 Eto Hiroshi、Ito Takehiro、Kobayashi Yasuaki、Otachi Yota、Wasa Kunihiro	4．巻 13174
2．論文標題 Reconfiguration of Regular Induced Subgraphs	5．発行年 2022年
3．雑誌名 Proceedings of WALCOM 2022, Lecture Notes in Computer Science	6．最初と最後の頁 35～46
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/978-3-030-96731-4_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 －

1．著者名 Kazuhiro Kurita、Yasuaki Kobayashi	4．巻 170
2．論文標題 Efficient Enumerations for Minimal Multicuts and Multiway Cuts	5．発行年 2020年
3．雑誌名 Proceedings of MFCS 2020, Leibniz International Proceedings in Informatics	6．最初と最後の頁 60:1-60:14
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.4230/LIPIcs.MFCS.2020.60	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 Hanaka Tesshu、Kobayashi Yasuaki、Sone Taiga	4．巻 12340
2．論文標題 An Optimal Algorithm for Bisection for Bounded-Treewidth Graph	5．発行年 2020年
3．雑誌名 Proceedings of FAW 2020, Lecture Notes in Computer Science	6．最初と最後の頁 25～36
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/978-3-030-59901-0_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 Belmonte Remy、Hanaka Tesshu、Kanzaki Masaaki、Kiyomi Masashi、Kobayashi Yasuaki、Kobayashi Yusuke、Lampis Michael、Ono Hirotaka、Otachi Yota	4．巻 12126
2．論文標題 Parameterized Complexity of (A,\ell)-Path Packing	5．発行年 2020年
3．雑誌名 Proceedings of IWOCA 2020, Lecture Notes in Computer Science	6．最初と最後の頁 43～55
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/978-3-030-48966-3_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 Bodlaender Hans L.、Hanaka Tesshu、Kobayashi Yasuaki、Kobayashi Yusuke、Okamoto Yoshio、Otachi Yota、van der Zanden Tom C.	4．巻 82
2．論文標題 Subgraph Isomorphism on Graph Classes that Exclude a Substructure	5．発行年 2020年
3．雑誌名 Algorithmica	6．最初と最後の頁 3566～3587
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s00453-020-00737-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 Hikaru Shindo ， Masaaki Nishino ， Yasuaki Kobayashi ， Akihiro Yamamoto	4．巻 325
2．論文標題 Metric Learning for Ordered Labeled Trees with pq-grams	5．発行年 2020年
3．雑誌名 Frontiers in Artificial Intelligence and Applications	6．最初と最後の頁 1475～1482
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3233/FAIA200254	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 Yasuaki Kobayashi ， Yota Otachi	4．巻 180
2．論文標題 Parameterized Complexity of Graph Burning	5．発行年 2020年
3．雑誌名 Proceedings of IPEC 2020, Leibniz International Proceedings in Informatics	6．最初と最後の頁 21:1-21:10
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.4230/LIPIcs.IPEC.2020.	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 Duarte Gabriel L.、Eto Hiroshi、Hanaka Tesshu、Kobayashi Yasuaki、Kobayashi Yusuke、Lokshtanov Daniel、Pedrosa Lehilton L. C.、Schouery Rafael C. S.、Souza U?verton S.	4．巻 83
2．論文標題 Computing the Largest Bond and the Maximum Connected Cut of a Graph	5．発行年 2021年
3．雑誌名 Algorithmica	6．最初と最後の頁 1421～1458
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s00453-020-00789-1	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 Hanaka Tesshu、Kobayashi Yasuaki、Kobayashi Yusuke、Yagita Tsuyoshi	4．巻 865
2．論文標題 Finding a maximum minimal separator: Graph classes and fixed-parameter tractability	5．発行年 2021年
3．雑誌名 Theoretical Computer Science	6．最初と最後の頁 131～140
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.tcs.2021.03.006	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25件（うち招待講演　2件／うち国際学会　4件）

1．発表者名 栗田和宏，土中哲秀，清見礼，小林靖明，小林佑輔，大舘陽太
2．発表標題 多様な解集合を発見する効率良い近似アルゴリズム
3．学会等名 人工知能学会 第119回人工知能基本問題研究会
4．発表年 2022年

1．発表者名 Tesshu Hanaka, Yasuaki Kobayashi
2．発表標題 Fixed-parameter tractability of linear extension diameter
3．学会等名 電子情報通信学会 コンピュテーション研究会
4．発表年 2022年

１．発表者名 Yasuaki Kobayashi, Shunsuke Nagano, Yota Otachi
２．発表標題 Finding shortest non-separating and non-disconnecting paths
３．学会等名 情報処理学会 第187回アルゴリズム研究会
４．発表年 2022年

１．発表者名 儀間達也，伊藤健洋，小林靖明，大舘陽太
２．発表標題 Algorithmic meta-theorems for combinatorial reconfiguration revisited
３．学会等名 Japanese Conference on Combinatorics and Its Applications 2022
４．発表年 2022年

１．発表者名 江藤宏，伊藤健洋，小林靖明，前澤俊一，大舘陽太，和佐州洋
２．発表標題 木における誘導マッチング遷移
３．学会等名 Japanese Conference on Combinatorics and Its Applications 2022
４．発表年 2022年

１．発表者名 江藤宏，伊藤健洋，小林靖明，大舘陽太，和佐州洋
２．発表標題 正則誘導部分グラフ遷移問題の計算複雑さ
３．学会等名 日本オペレーションズ・リサーチ学会 ２０２２年秋季研究発表会＆シンポジウム
４．発表年 2022年

１．発表者名 Yasuaki Kobayashi, Kazuhiro Kurita, Kunihiro Wasa
２．発表標題 Efficient Enumeration of Spanning Subgraphs in Planar Graphs with Edge Connectivity Constraints
３．学会等名 電子情報通信学会 コンピュテーション研究会
４．発表年 2022年

１．発表者名 宮﨑玲子，有村博紀，小林靖明
２．発表標題 半順序集合の弱埋め込み問題に対するパラメータ化アルゴリズム
３．学会等名 電子情報通信学会 コンピュテーション研究会
４．発表年 2022年

１．発表者名 須江瑞樹，小林靖明，有村博紀，中島祐人，稲永俊介
２．発表標題 コンパクト非巡回語グラフに基づく連長圧縮Burrows-Wheeler変換の効率良い構築
３．学会等名 電子情報通信学会 コンピュテーション研究会
４．発表年 2022年

１．発表者名 伊藤大修，山中克久，平山 貴司，小林 靖明
２．発表標題 Reconfiguration of Linear Extensions
３．学会等名 情報処理学会 第191回アルゴリズム研究会
４．発表年 2023年

１．発表者名 儀間達也，伊藤健洋，小林靖明，大舘陽太
２．発表標題 Algorithmic meta-theorems for combinatorial reconfiguration revisited
３．学会等名 2022年冬のLAシンポジウム
４．発表年 2023年

１．発表者名 村井亮太，儀間達也，土中哲秀，小林靖明，小野廣隆，大舘陽太
２．発表標題 頂点インテグリティのパラメータ化計算量
３．学会等名 2022年冬のLAシンポジウム
４．発表年 2023年

１．発表者名 Yasuaki Kobayashi, Kazuhiro Kurita, Kunihiro Wasa
２．発表標題 Polynomial-Delay Enumeration of Large Maximal Matchings
３．学会等名 WEPA 2022
４．発表年 2022年

１．発表者名 Yasuaki Kobayashi, Shin-Ichi Nakano, Kei Uchizawa, Takeaki Uno, Yutaro Yamaguchi, Katsuhisa Yamanaka
２．発表標題 Max-Min 3-dispersion on a Convex Polygon
３．学会等名 EuroCG（国際学会）
４．発表年 2021年

１．発表者名 Reconfiguring Directed Trees in a Digraph
２．発表標題 Takehiro Ito, Yuni Iwamasa, Yasuaki Kobayashi, Yu Nakahata, Yota Otachi, Kunihiro Wasa
３．学会等名 Combinatorial Reconfiguration, Satellite workshop of ICALP 2021（国際学会）
４．発表年 2021年

１．発表者名 小林靖明
２．発表標題 疎グラフに対するアルゴリズム的メタ定理
３．学会等名 日本OR学会 RAMP数理最適化シンポジウム（招待講演）
４．発表年 2021年

１．発表者名 Kazuhiro Kurita, Yasuaki Kobayashi and Kunihiro Wasa
２．発表標題 Efficient Constant-Factor Approximate Enumeration of Minimal Subsets for Monotone Properties with Cardinality Constraints
３．学会等名 Fourth International Workshop on Enumeration Problems and Applications（国際学会）
４．発表年 2020年

１．発表者名 Yasuaki Kobayashi, Shin-Ichi Nakano, Kei Uchizawa, Takeaki Uno, Yutaro Yamaguchi, Katsuhisa Yamanaka
２．発表標題 Max-Min 3-dispersion on a Convex Polygon
３．学会等名 The 37th European Workshop on Computational Geometry (EuroCG 2021)（国際学会）
４．発表年 2021年

１．発表者名 栗田和宏，小林靖明
２．発表標題 Efficient enumeration of minimal multiway cuts
３．学会等名 情報処理学会 第177回アルゴリズム研究会
４．発表年 2020年

１．発表者名 久保田稜，小島健介，小林靖明，山本章博
２．発表標題 可換マッチング問題の固定パラメーター容易性に関する研究
３．学会等名 人工知能学会，第113回人工知能基本問題研究会
４．発表年 2020年

１．発表者名 土中哲秀，小林靖明，栗田和宏，大舘陽太
２．発表標題 多様な部分グラフを発見するアルゴリズム
３．学会等名 第113回人工知能基本問題研究会
４．発表年 2020年

１．発表者名 Yasuaki Kobayashi, Kazuhiro Kurita, Kunihiro Wasa
２．発表標題 Polynomial delay enumeration for Steiner problems
３．学会等名 電子情報通信学会 コンピュテーション研究会
４．発表年 2020年

１．発表者名 Yuuki Aoike, Tatsuya Gima, Tesshu Hanaka, Masashi Kiyomi, Yasuaki Kobayashi, Yusuke Kobayashi, Kazuhiro Kurita, Yota Otachi
２．発表標題 An improved deterministic parameterized algorithm for cactus vertex deletion
３．学会等名 電子情報通信学会 コンピュテーション研究会
４．発表年 2020年

１．発表者名 吉村仁志，小林靖明，山本章博
２．発表標題 順列グラフのカラフル独立集合問題に対するアルゴリズム
３．学会等名 情報処理学会 第182回アルゴリズム研究会
４．発表年 2021年

１．発表者名 小林靖明，栗田和宏，和佐州洋
２．発表標題 単調な性質を持つサイズ制約付き極小解の近似列挙アルゴリズム
３．学会等名 日本OR学会 超スマート社会のシステムデザインのための理論と応用研究部会（招待講演）
４．発表年 2020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

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