

令和 2 年 5 月 27 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(S)

研究期間：2015～2019

課題番号：15H05711

研究課題名（和文）離散構造処理系の基盤アルゴリズムの研究

研究課題名（英文）Research on Fundamental Algorithms of Discrete Structure Manipulation Systems

研究代表者

湊 真一（MINATO, Shin-ichi）

京都大学・情報学研究科・教授

研究者番号：10374612

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 103,400,000円

研究成果の概要（和文）：研究成果の概要（和文）：本研究では、離散構造処理系のコアとなる基盤アルゴリズムを構築し、高性能な基盤ソフトウェアを応用分野の研究者や技術者に提供することを目指した。主な成果の例として、全国都道府県の隣接ブロック組合せの総数（約1098億通り）を初めて明らかにし、(独)統計センターから国民にデータを公開した、異分野横断の交流から難関国際会議（AAAI, WWW, KDD, INFOCOM, AISTATS, SDM他）に採択される研究成果を多数生み出した、等が挙げられる。

研究成果の学術的意義や社会的意義
論理関数や組合せ集合などの離散構造を表す大規模データを計算機上にコンパクトに表現し演算処理を効率よく行う技法は、システム設計、データマイニング、遺伝子解析、web 解析等、計算機科学の様々な応用分野に共通する基盤技術として非常に重要であり、現代社会に対する大きな波及効果を持つ。本研究成果は社会を支える基盤技術として、今後も活用され続ける。

研究成果の概要（英文）：In this project, we aimed to construct the core algorithms for discrete structure manipulation systems, and to provide efficient software tools for many researchers in various application areas. Our achievements include that (1) we first succeeded in enumerating all connected sub-block patterns (in total 109.8 billion patterns) of 47 prefectures in Japan, the data is open for all Japanese citizens from the governmental statistics center, and (2) we produced many academic papers, accepted at the top-conferences such as AAAI, WWW, KDD, INFOCOM, AISTATS, SDM, etc.

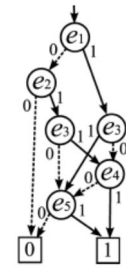
研究分野：アルゴリズム技術

キーワード：離散構造 アルゴリズム 論理関数 組合せ集合 大規模データ処理 グラフ理論 最適化 列挙

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

論理関数や組合せ集合などの離散構造を効率よく行う技法は、計算機科学の様々な応用分野に共通する基盤技術として非常に重要であり、社会に対する大きな波及効果を持つ。代表者は過去 5 年間に渡り JST ERATO プロジェクトの研究総括を務め、ZDD をベースとした離散構造処理系の研究開発とその応用に取り組んできた。その結果として、列挙・圧縮・索引化の技法と融合させた超高速・大規模な離散構造の演算処理は、世界的にも先駆的であり、実用レベルでも十分通用する性能を有するということが明らかとなりつつあった。



ZDD の例

2. 研究の目的

本基盤研究では、離散構造処理系のコアとなる部分に研究者が集まる「場」を継続的に提供し、競争力の源泉となるアイデアを醸成し続けることとする。「論理」や「集合」を始めとして、より高次の離散構造モデルに関わる基盤アルゴリズムを構築し、それらの演算処理体系を実装した高性能な基盤ソフトウェアを開発して種々の応用分野の研究者や産業界の技術者に提供していく。ひいては情報科学全体への貢献、および計算機を用いるあらゆる科学技術への貢献を目指す。

3. 研究の方法

本研究では、まず基本的成果として ZDD をそのまま適用可能な応用先に適用する一方で、それと並行して、整数値・文字列・順列・ツリーといった高次の離散構造モデルに関わる基盤アルゴリズムを構築し、それらの演算処理体系を実装した高性能な基盤ソフトウェアを開発して種々の応用分野の研究者や産業界の技術者に提供していく。具体的には、1) 離散構造処理系の基盤アルゴリズム技術の確立とソフトウェアの整備、2) 離散構造処理系による効果的な組合せ探索法および列挙索引化法の開発、3) ERATO 研究者コミュニティの維持発展および他の国家プロジェクトとの連携に取り組む。

4. 研究成果

本研究課題は、H27 年 5 月 29 日に採択内定通知を受け取り、同日より研究活動を開始した。内定通知の直後に開催された人工知能学会全国大会において、研究代表者の湊が千人を超える聴衆の前で基調講演を行ったが、その際に、ERATO 後継プロジェクトの位置づけで基盤(S)が開始されたことをタイムリーな話題として広報することができた。H27 年度は ERATO プロジェクトのソフトランディング期間であり、基盤(S)プロジェクトの予算規模は最小限度として、離散構造処理系のコアとなる基盤技術の研究推進、および他の大型研究プロジェクトとの連携研究拠点の開設準備を行った。H28 年度以降は ERATO プロジェクトが完全に終結し、基盤(S)プロジェクト単独での研究活動を本格的に開始した。

H28 年 5 月には東京神田に連携研究拠点(神田サテライトラボ)を開設し、そのキックオフミーティングを開催した。理研 AIP センター所長に内定していた杉山将教授を始め、河原林 ERATO およびビッグデータ CREST/さきがけの代表者・関係者が多数集まり、研究拠点の開設を祝った。神田ラボはその後も現在に至るまで、情報系の研究プロジェクトの連携拠点として有効に機能している。



神田サテライトラボの
キックオフミーティングの様子

研究代表者が所属する北大の研究拠点では、H28 年度より、NTT 研究所の石畠正和研究員を特任助教として雇用した。(NTT が本人に支払う給与のうち、特任助教の給与相当分を北大が NTT に補てんする出向契約を締結した。) 石畠氏は、基盤(S)プロジェクト専任のフルタイム研究員として、H28~29 年度の 2 年間に渡って本研究課題遂行の中心的役割を果たした。その他に、北大の博士課程学生を中心に、毎年 10 名前後の研究補助員および支援員を雇用し、ほぼ毎週、定期的に研究セミナーを開催して、本研究課題に関する議論を深めた。さらに本研究課題の特徴的な取り組みとして、国内外の若手を中心に年間 25 名程度の研究者を北大拠点に招き、セミナー講演を依頼するとともに、1~2 週間滞在してもらって北大メンバとの議論を深め、新しい研究の芽を見出す活動を行った。また、春秋の年 2 回、「基盤(S)ワークショップ」を北大または北海道内で開催し、毎回 50 名規模の参加が夜遅くまで活発な議論を展開することも本研究課題の恒例行事となっている。これらの活動記録は「基盤(S)プロジェクト講義録」として年度単位で冊子および CD-ROM にまとめ出版を行っている。

以上のような、組織や分野を横断するオープンで幅広い活動の中から、難関のトップ国際会議に採択されるような研究業績が多数生まれている。例えば、前原氏が北大滞在中に行った共同研究の成果として、ネットワーク上での影響拡散の確率的な振る舞いを、ZDD を用いて厳密に解析するアルゴリズムが新規に考案され、国際会議 WWW2017 に採択された。論理設計の分野で発展した

BDD/ZDD に関連する技術がインターネット系のトップ会議である WWW に採択されたのは初めてのことで、本研究課題の取り組みにより、新しい異分野横断の研究が生まれた好例と言える。その他にも疾病のホットスポット解析に関する研究成果 (SDM2019 発表) や、統計的検定で保証可能なデータマイニング手法の提案など、これまでにない分野での研究成果が多数得られている。なお、本基盤(S)の後継プロジェクトの位置づけで申請した基盤(A)「離散構造処理系に基づく列挙と最適化の統合的技法の研究」が 2020 年 4 月に採択されており、今後も 5 年間にわたり研究者コミュニティの維持発展を目指す予定である。

以下に、研究計画書に記載の 3 項目それぞれについての主な研究成果を列挙する。



講究録の冊子と CD-ROM

(1) 離散構造処理系の基盤アルゴリズム技術の確立とソフトウェアの整備

- ・汎用技術としてのフロンティア法をジャーナル論文にまとめて出版した。
(IEICE Trans. Fundamentals, Vol. E100-A, No. 9, 2017)
- ・ZDD の発展形の 1 つである ZSDD を考案 (AAAI2016 に採択)
- ・ZSDD を用いて高速にパス列挙を行うアルゴリズムを考案 (AAAI2017 に採択)
さらにパス列挙以外の汎用アルゴリズムに拡張 (SEA2020 に採択)
- ・本プロジェクトが開発したソフトウェアパッケージである SAPPOROBDD および graphillion の維持発展を継続的に行った。
- ・ERATO で開発した未来館のアニメ動画に関連するアウトリーチ活動を継続的に行った。
未来館サイエンスアゴラへの出展、北大祭での展示、北大総合博物館での常設展示、LINE スタンプの企画出版、巨大数表クリアファイルの企画制作、放送大学にコンテンツ提供 (2019 ~)、他
- ・プロジェクト全体のアウトリーチ活動多数:
H27.06 人工知能学会全国大会, H27.06 電子情報通信学会 COMP 研究会招待講演,
H27.09 通信学会ソサイエティ大会企画シンポジウム, H27.12 CANDAR2015 招待講演
H28.05 ISMVL2016 招待講演, H28.08 人工知能学会 FPAI 研究会共催,
H29.08 人工知能学会 FPAI 研究会共催, H29.09 ドイツ Dagstuhl セミナー招待参加
H29.09 スイス EPFL ワークショップ招待講演,
H30.06 人工知能学会全国大会オーガナイズドセッション企画
H31.03 情報処理学会全国大会で招待講演
R1.06 人工知能学会全国大会オーガナイズドセッション企画

(2) 離散構造処理系による効果的な組合せ探索法および列挙索引化法の開発

- ・日本の都道府県の隣接ブロック組合せの総数 (約 1098 億通り) を明らかにした。これは明治の廃藩置県以降、初めての成果であり、総務省配下の統計センターのデータベースに登録され、国民に公開された。本成果は北大・統計センター他から報道発表され、共同通信社の配信で多くの新聞社の紙面に掲載された。
- ・選挙区割りの列挙に関する研究成果が、2015 年度の選挙学会および国際会議 (WALCOM2017) に採択された。
- ・統計的に発生率が高い地域を見出すホットスポット解析への応用について、本研究課題の共催により国際会議 IFCS2017 において特別セッションを企画し、4 件の研究発表を行った。さらに本手法を発展させた超高速ホットスポット解析アルゴリズムを開発 (難関会議 SDM2019 に採択)
- ・列挙アルゴリズムの研究では初めて超難関会議 STOC に採択 (2019)
- ・列挙アルゴリズムの国際会議 WEPA を創設 (2016, 2018, 2019)
- ・ERATO プロジェクトから継続している電力網設計最適化に関する研究成果:
IEEE Trans. on Smart Grid に 3 件の論文採択、電力分野の国際会議 (PSCC2016) に採択、JST 主催の技術調査ワークショップに招待され、将来の電力網のあり方に関する政策提言を行った。電気学会全国大会 (2019.03) 主催者企画パネルセッションで招待講演。
- ・ERATO プロジェクトから継続している統計検定手法 LAMP に関する研究成果:
並列分散処理により 1000 倍の高速化を達成 (国際会議 SoCS2017 に採択)
- ・ユビキタスシステムのモデル検査への応用:
(国際会議ベストペーパー 3 件、和文誌での秀逸論文賞 1 件)

ERATO 研究者コミュニティの維持発展、および他の国家プロジェクトとの連携

- ・神田サテライトラボの設置 (H28 年 4 月 ~)、キックオフミーティングを始めとして、頻繁な研究打合せの開催により情報系研究プロジェクトの交流拠点の役割を果たす。
主な連携先: 河原林 ERATO, ビッグデータ CREST/さきがけ (佐久間, 宇野, 加藤, 津田他), 新学術領域「計算限界」(代表: 渡辺治), 理研 AIP センタ (所長: 杉山将),

- 産総研 AIRC(所長:辻井潤一), さきがけ「社会情報基盤」(研究総括・安浦寛人),
ACT-I「情報と未来」(研究総括・後藤真孝)
- ・初夏と秋のワークショップの開催(H27, H28, H29, H30, R1 毎回の参加者数:約 50 名)
 - ・北大拠点 短期滞在者招へいプログラム:
 - H28 年度:のべ 15 名が滞在. 滞在中の共同研究が WWW2017, KDD2017 に採択
 - H29 年度:のべ 24 名が滞在. AAAI2018 に 2 件, INFOCOM2018, AISTATS2018 に 1 件採択.
 - ・短期集中 세미나 週間(SSSW)プログラムの創設、実施:
 - H30 年度:11 回の SSSW を実施、計 55 件のセミナー講演. 研究成果が多数の国際会議に採択.
 - R1 年度:6 回の SSSW を実施、計 30 件以上のセミナー講演. IWOCA2019, WALCOM2020 他採択
 - ・基盤(S)プロジェクト講究録(H28 年度, H29 年度, H30 年度)の出版
 - ・計算化学分野の世界トップレベル研究拠点プログラム(WPI)課題申請への協力・アドバイザー就任
 - ・河原林 ERATO「情報系 WinterFesta EP1, EP2, EP3」の開催協力(H27, H28, H29, H30, R1):
このイベントは, 元々は湊 ERATO の最終報告会の前日に同じ会場で, 河原林 ERATO との合同
ワークショップを企画したのが始まりとなっていて, その後, 年々規模が拡大されて, 今では 10 以上
の情報系プロジェクトが一堂に会する重要イベントとなっている.
 - ・本基盤(S)の後継プロジェクトの位置づけで申請した基盤(A)「離散構造処理系に基づく列挙と最適化
の統合的技法の研究」が採択された(2020.04). 今後も研究者コミュニティの維持発展を目指す.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計93件（うち査読付論文 88件 / うち国際共著 15件 / うちオープンアクセス 10件）

1. 著者名 Yamanaka Katsuhisa, Demaine Erik D., Horiyama Takashi, Kawamura Akitoshi, Nakano Shin-ichi, Okamoto Yoshio, Saitoh Toshiki, Suzuki Akira, Uehara Ryuhei, Uno Takeaki	4. 巻 23
2. 論文標題 Sequentially Swapping Colored Tokens on Graphs	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Graph Algorithms and Applications	6. 最初と最後の頁 3~27
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7155/jgaa.00482	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 Fumio Ishioka, Jun Kawahara, Masahiro Mizuta, Shin-ichi Minato, and Koji Kurihara	4. 巻 2-1
2. 論文標題 Evaluation of Hotspot Cluster Detection using Spatial Scan Statistic based on Exact Counting	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Statistics and Data Science (JJSD)	6. 最初と最後の頁 241-262
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s42081-018-0030-6	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 -

1. 著者名 Yuji Takenobu, Norihito Yasuda, Shunsuke Kawano, Yasuhiro Hayashi, and Shin-ichi Minato	4. 巻 Vol. 9, No. 3
2. 論文標題 Evaluation of Annual Energy Loss Reduction Based on Reconfiguration Scheduling	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEEE Trans. Smart Grid	6. 最初と最後の頁 1986-1996
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TSG.2016.2604922	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 Takenobu Yuji, Yasuda Norihito, Minato Shin-ichi, Hayashi Yasuhiro	4. 巻 105
2. 論文標題 Scalable enumeration approach for maximizing hosting capacity of distributed generation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Journal of Electrical Power & Energy Systems	6. 最初と最後の頁 867~876
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ijepes.2018.09.010	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 Yamanaka Katsuhisa, Demaine Erik D., Horiyama Takashi, Kawamura Akitoshi, Nakano Shin-ichi, Okamoto Yoshio, Saitoh Toshiki, Suzuki Akira, Uehara Ryuhei, Uno Takeaki	4. 巻 23
2. 論文標題 Sequentially Swapping Colored Tokens on Graphs	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Graph Algorithms and Applications	6. 最初と最後の頁 3~27
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7155/jgaa.00482	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 該当する

1. 著者名 Shin-ichi Minato	4. 巻 E100-D (8)
2. 論文標題 Power of Enumeration - Recent Topics on BDD/ZDD-Based Techniques for Discrete Structure Manipulation	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Information and Systems	6. 最初と最後の頁 1556-1562
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 Jun Kawahara, Takeru Inoue, Hiroaki Iwashita, and Shin-ichi Minato	4. 巻 E100-A (9)
2. 論文標題 Frontier-based Search for Enumerating All Constrained Subgraphs with Compressed Representation	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 IEICE Trans. Fundamentals	6. 最初と最後の頁 1773-1784
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 Inoue Takeru, Mano Toru, Mizutani Kimihiro, Minato Shin-ichi, Akashi Osamu	4. 巻 116
2. 論文標題 Fast packet classification algorithm for network-wide forwarding behaviors	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Computer Communications	6. 最初と最後の頁 101-117
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.comcom.2017.11.011	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 Junpei Komiyama, Masakazu Ishihata, Hiroki Arimura, Takashi Nishibayashi, Shin-ichi Minato	4. 巻 -
2. 論文標題 Statistical Emerging Pattern Mining with Multiple Testing Correction	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 The 23rd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (KDD-2017) (査読付き国際会議論文)	6. 最初と最後の頁 897-906
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 Reona Minoda, Masakazu Ishihata, Shin-ichi Minato	4. 巻 -
2. 論文標題 Probabilistic CCRN: Reliability Analysis of Ubiquitous Computing Scenarios Using Probabilistic Model Checking	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proceedings of the Eleventh International Conference on Mobile Ubiquitous Computing, Systems, Services and Technologies (UBICOMM 2017) (査読付き国際会議論文)	6. 最初と最後の頁 85-91
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 Shinsaku Sakaue and Masakazu Ishihata	4. 巻 -
2. 論文標題 Accelerated Best-first Search with Upper-bound Computation for Submodular Function Maximization	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proc. of The Thirty-Second AAAI Conference on Artificial Intelligence (AAAI-2018) (査読付き国際会議論文)	6. 最初と最後の頁 1413-1421
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 Shuhei Denzumi, Ryo Yoshinaka, Hiroki Arimura and Shin-ichi Minato	4. 巻 212
2. 論文標題 Sequence Binary Decision Diagram: Minimization, Relation-ship to Acyclic Automata, and Complexities of Boolean Set Operations	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Journal of Discrete Applied Mathematics	6. 最初と最後の頁 61-80
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.dam.2014.11.022	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 A. Terada, R. Yamada, K. Tsuda and J. Sese	4. 巻 32 (22)
2. 論文標題 LAMPLINK: detection of statistically significant SNP combinations from GWAS data	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Bioinformatics	6. 最初と最後の頁 3513-3515
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 Masaaki Nishino, Norihito Yasuda, Shin-ichi Minato and Masaaki Nagata	4. 巻 -
2. 論文標題 Dancing with Decision Diagrams: A Combined Approach to Exact Cover	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proc. of the 31st AAAI Conference on Artificial Intelligence (AAAI2017) (査読付き国際会議論文)	6. 最初と最後の頁 868-874
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 Masaaki Nishino, Norihito Yasuda, Shin-ichi Minato and Masaaki Nagata	4. 巻 -
2. 論文標題 Compiling Graph Substructures into Sentential Decision Diagrams	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proc. of the 31st AAAI Conference on Artificial Intelligence (AAAI2017) (査読付き国際会議論文)	6. 最初と最後の頁 1213-1221
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 Yu Nakahata, Jun Kawahara, Takashi Horiyama and Shin-ichi Minato	4. 巻 LNCS 12049
2. 論文標題 Implicit Enumeration of Topological-Minor-Embeddings and Its Application to Planar Subgraph Enumeration	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proc. of the 14th International Workshop of Algorithms and Computation (WALCOM2020)	6. 最初と最後の頁 211-222
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_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 Hirofumi Suzuki, Masakazu Ishihata and Shin-ichi Minato	4. 巻 LNCS 12049
2. 論文標題 Designing Survivable Networks with Zero-suppressed Binary Decision Diagrams	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proc. of the 14th International Workshop of Algorithms and Computation (WALCOM2020)	6. 最初と最後の頁 273-285
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_23	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136件 (うち招待講演 28件 / うち国際学会 46件)

1. 発表者名 Shin-ichi Minato, Jun Kawahara, Fumio Ishioka, Masahiro Mizuta, and Koji Kurihara
2. 発表標題 A Fast Algorithm for Combinatorial Hotspot Mining Based on Spatial Scan Statistic
3. 学会等名 SIAM International Conference on Data Mining (SDM2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Alessio Conte, Takeaki Uno
2. 発表標題 New polynomial delay bounds for maximal subgraph enumeration by proximity search
3. 学会等名 the 51st Annual ACM SIGACT Symposium on Theory of Computing, STOC 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Nakamura A, Takigawa I, Mamitsuka H
2. 発表標題 Efficiently enumerating substrings with statistically significant frequencies of locally optimal occurrences in gigantic string
3. 学会等名 34th AAAI Conference on Artificial Intelligence (AAAI-20) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Shinsaku Sakaue, Masakazu Ishihata, and Shin-ichi Minato
2. 発表標題 Efficient Bandit Combinatorial Optimization Algorithm with Zero-Suppressed Binary Decision Diagrams
3. 学会等名 The 21st International Conference on Artificial Intelligence and Statistics (AISTATS 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kunihiro Wasa, Takeaki Uno
2. 発表標題 An Efficient Algorithm for Enumerating Induced Subgraphs with Bounded Degeneracy
3. 学会等名 The 12th Annual International Conference on Combinatorial Optimization and Applications (COCO A 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計5件

1. 著者名 湊 真一 (監修)	4. 発行年 2019年
2. 出版社 基盤(S)離散構造処理系プロジェクト	5. 総ページ数 554
3. 書名 2018年度 科研費 基盤(S)「離散構造処理系の基盤アルゴリズムの研究」 講究録	

1. 著者名 湊 真一 (監修)	4. 発行年 2018年
2. 出版社 基盤(S)離散構造処理系プロジェクト	5. 総ページ数 406
3. 書名 2017年度 科研費 基盤(S)「離散構造処理系の基盤アルゴリズムの研究」 講究録	

1. 著者名 湊 真一 (監修)	4. 発行年 2017年
2. 出版社 基盤(S)離散構造処理系プロジェクト	5. 総ページ数 391
3. 書名 2016年度 科研費 基盤(S)「離散構造処理系の基盤アルゴリズムの研究」 講究録	

1. 著者名 湊真一(監修)	4. 発行年 2016年
2. 出版社 基盤(S)離散構造処理系プロジェクト	5. 総ページ数 456
3. 書名 2015年度 JST ERATO湊離散構造処理系プロジェクト / JSPS 科 研費基盤(S)「離散構造処理系の基盤アルゴリズムの研究」 講究録	

1. 著者名 湊真一	4. 発行年 2017年
2. 出版社 共立出版	5. 総ページ数 4
3. 書名 "BDD とZDD", 人工知能学大事典, 人工知能学会編, 6章-36節, pp. 344-347	

〔産業財産権〕

〔その他〕

北海道大学大学院情報科学研究科 基盤(S)離散構造処理系プロジェクト http://www-erato.ist.hokudai.ac.jp/

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	有村 博紀 (ARIMURA Hiroki) (20222763)	北海道大学・情報科学研究科・教授 (10101)	
研究分担者	瀧川 一学 (TAKIGAWA Ichigaku) (10374597)	国立研究開発法人理化学研究所・革新知能統合研究センター・研究員 (82401)	
研究分担者	宇野 毅明 (UNO Takeaki) (00302977)	国立情報学研究所・情報学プリンシプル研究系・教授 (62615)	
研究分担者	堀山 貴史 (HORIYAMA Takashi) (60314530)	埼玉大学・理工学研究科・准教授 (12401)	
研究分担者	津田 宏治 (TSUDA Koji) (90357517)	東京大学・大学院新領域創成科学研究科・教授 (12601)	
研究分担者	鷺尾 隆 (WASHIO Takashi) (00192815)	大阪大学・産業科学研究所・教授 (14401)	