

令和 4 年 6 月 6 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H01697

研究課題名(和文)高度データ構造的手法に基づく文字列情報処理問題の上下界解明

研究課題名(英文) Analysis of upper and lower bounds on string processing problems via advanced data structures

研究代表者

稲永 俊介 (INENAGA, SHUNSUKE)

九州大学・システム情報科学研究所・准教授

研究者番号：60448404

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 11,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究課題の目的は、高度データ構造的手法に基づく文字列情報処理問題の上下界解明である。すなわち、大規模文字列データに対する高速処理アルゴリズムを開発し、また、計算限界の解明にも取り組んだ。特に、以下の4テーマについての研究開発を行った。(A) テキスト圧縮・圧縮テキスト処理アルゴリズム、(B) 文字列アルゴリズムとデータ構造、(C) 文字列の規則性・繰り返し構造発見、(D) 文字列処理問題の下界と困難性。本研究の成果はすべて、文字列に内在する組み合わせ的性質、および高度なデータ構造技術を活用することで達成された。また、これらの結果は、査読付き国際会議および査読付き国際論文誌にて発表済みである。

研究成果の学術的意義や社会的意義

記憶媒体の低価格化やネットワークの高速化を背景として、電子データが爆発的な速度で増加し続けている。そのため、膨大なデータを省領域で格納し、かつ高速に処理を行う情報技術の確立が急務となっている。本研究課題では、電子データの多くは文字列と見なせることに着目し、高度情報処理をサポートする高速・省領域文字列処理アルゴリズムを開発した。特に、近年著しい進展を見せている高度データ構造技術を主体とするアプローチにより、文字列情報処理に関する諸重要問題に対するアルゴリズム開発と、計算量限界(下界)の解明を行った。

研究成果の概要(英文)：The goal of this research project is to study upper and lower bounds on various string processing problems, with the aid of advanced string data structures. Namely, we proposed efficient algorithms that can manipulate large string data, and analyzed theoretical limits of these methods. In particular, the main focus was on the four following topics: (A) text compression and algorithms for compressed text data, (B) string algorithms and data structures, (C) regularities and repetitions in strings, (D) hardness and lower bounds on string processing problems.

All the results of this research project have been published in peer-reviewed conference proceedings and/or in international journals.

研究分野：アルゴリズム

キーワード：アルゴリズム データ構造 文字列処理 テキスト圧縮

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

情報科学技術の発展を背景として、我々の生活に関する様々な情報が電子化され、データベースに蓄積されている。各種 SNS サービスにおいては、世界中に広がる大量のユーザによって膨大なテキストデータが生成・発信されている。

テキストデータはもちろんのこと、電子データの多くは文字列(文字や記号の列)と見なすことができる。例えば、サーバログや、Genbank 等のデータベースに大量に蓄積された生物学的配列データは文字列そのものである。また、音楽データは音符と休符の列であるし、画像データは2次元の文字列と見なすことができる。いうまでもなく、これらの電子データは日々増加の一途を辿っている。

2. 研究の目的

上記のように「巨大文字列データ時代」とも呼べる昨今において、蓄積したデータを最大限に活用するためには、巨大文字列データを効率よく処理する技術が必要不可欠である。そこで本研究では、文字列情報処理問題の対する高速・省領域アルゴリズムの開発、および計算限界の解明を行う。

3. 研究の方法

本研究では、近年著しい進展を見せている高度データ構造技術を主体とするアプローチにより、文字列情報処理に関する諸重要問題に対するアルゴリズム開発と、計算量限界(下界)の解明を行った。すなわち、大規模文字列データに対する高速処理アルゴリズムを開発し、また、計算限界の解明にも取り組んだ。特に、以下の4テーマについての研究開発を主に行った。

- (A) テキスト圧縮・圧縮テキスト処理アルゴリズム
本テーマでは、大規模テキストデータを省領域で表現・保持するための圧縮アルゴリズム、および、圧縮領域で動作するアルゴリズムの開発を行う。
- (B) 文字列アルゴリズムとデータ構造
本テーマでは、パターン検索をはじめとする各種クエリに高速応答するための文字列データ構造の開発を行う。
- (C) 文字列の規則性・繰り返し構造
本テーマでは、文字列中に内在する反復構造や回文構造などの個数に関する上下界の解析、およびそれらの高速計算アルゴリズムに関する研究を行う。
- (D) 文字列処理問題の下界と困難性
本テーマでは、各種文字列処理問題に対する計算限界の証明を行う。

4. 研究成果

上記 (A) ~ (D) の4研究テーマについて、それぞれ以下の研究成果を得た。

- (A) テキスト圧縮・圧縮テキスト処理アルゴリズム
 - (A-1) 連長圧縮に基づくアーベル規則性の計算
 - (A-2) 連長圧縮に基づく連計算
 - (A-3) 連長圧縮に基づく重み付き編集距離計算
 - (A-4) 連長圧縮に基づく最短ユニーク回文クエリデータ構造
 - (A-5) 文法圧縮文字列に対する Lyndon 分解計算
 - (A-6) 自己参照あり LZ 圧縮と Lyndon 分解のサイズの関係性の解明
 - (A-7) 最長繰り返し優先 LZ 型圧縮法
 - (A-8) LZ78 系圧縮の圧縮領域計算
 - (A-9) 重複 LPF 配列の線形時間計算
- (B) 文字列アルゴリズムとデータ構造
 - (B-1) パック化文字列に対するコンパクト探索木
 - (B-2) 省領域 CDAWG
 - (B-3) 順文字列と逆文字列に対する接尾辞配列の逆問題と列挙

- (B-4) パラメタ化接尾辞配列・パラメタ化最長共通接頭辞配列の直接構築
- (B-5) ラベル付き木に対するパラメタ化照合索引構造
- (B-6) 最短ユニーク部分文字列クエリのための簡潔データ構造
- (B-7) 最短ユニーク反復回文クエリデータ構造
- (B-8) 1文字編集後の最長 Lyndon 部分文字列クエリデータ構造
- (B-9) 1文字編集後の最長回文部分文字列クエリデータ構造
- (B-10) Elastic Degenerate String のオンライン高速照合
- (B-11) パラメタ化ポジションヒープの逆向きオンライン構築
- (B-12) 線形サイズ接尾辞トライのオンライン構築
- (B-13) 左右極大一般化部分文字列データ構造
- (B-14) 動的パターン辞書照合データ構造

(C) 文字列の規則性・繰り返し構造発見

- (C-1) 線形時間スクエア計算アルゴリズム
- (C-2) 最長共通回文部分列アルゴリズム
- (C-3) 最長共通スクエア部分列アルゴリズム
- (C-4) ギャップ付き反復・回文の個数の上界と高速計算アルゴリズム
- (C-5) 最短ユニーク文字列問題の解の個数解析
- (C-6) Lyndon 木の逆問題アルゴリズム
- (C-7) Lyndon 分解の逆問題と列挙アルゴリズム
- (C-8) 連定理
- (C-9) ブロック回文
- (C-10) 片腕ギャップ付き回文計算アルゴリズム
- (C-11) k アーベル同値パターン照合アルゴリズム

(D) 文字列処理問題の下界と困難性

- (D-1) 最長共通回文部分列の計算時間の下界
- (D-2) 最長共通スクエア部分列の計算時間の下界
- (D-3) 各項が異なる回文分解の NP 困難性
- (D-4) LZ78 系圧縮の圧縮領域計算における計算時間の下界

これらの成果はすべて、文字列に内在する組み合わせ的性質、および高度なデータ構造技術を活用することで達成された。また、これらの結果は、以下に示す査読付き国際会議および査読付き国際論文誌にて発表済みである

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計44件（うち査読付論文 44件 / うち国際共著 9件 / うちオープンアクセス 20件）

1. 著者名 Isamu Furuya, Takuya Takagi, Yuto Nakashima, Shunsuke Inenaga, Hideo Bannai and Takuya Kida	4. 巻 -
2. 論文標題 MR-RePair: Grammar Compression based on Maximal Repeats	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proc. Data Compression Conference 2019 (DCC 2019)	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) 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 Yuki Kuhara, Yuto Nakashima, Shunsuke Inenaga, Hideo Bannai, and Masayuki Takeda	4. 巻 LNCS 11147
2. 論文標題 Recovering, Counting and Enumerating Strings from Forward and Backward Suffix Arrays	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proc. 25th International Symposium on String Processing and Information Retrieval (SPIRE 2018)	6. 最初と最後の頁 254-267
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-00479-8_21	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 Keisuke Goto, Tomohiro I, Hideo Bannai and Shunsuke Inenaga	4. 巻 LNCS 11147
2. 論文標題 Block Palindromes: A New Generalization of Palindromes	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proc. 25th International Symposium on String Processing and Information Retrieval (SPIRE 2018)	6. 最初と最後の頁 183-190
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-00479-8_15	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 Isamu Furuya, Yuto Nakashima, Tomohiro I, Shunsuke Inenaga, Hideo Bannai and Masayuki Takeda	4. 巻 -
2. 論文標題 Lyndon Factorization of Grammar Compressed Texts Revisited	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proc. 29th Annual Symposium on Combinatorial Pattern Matching (CPM 2018)	6. 最初と最後の頁 24:1-24:10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4230/LIPIcs.CPM.2018.24	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 Yuki Urabe, Yuto Nakashima, Shunsuke Inenaga, Hideo Bannai, and Masayuki Takeda	4. 巻 -
2. 論文標題 Longest Lyndon Substring After Edit	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proc. 29th Annual Symposium on Combinatorial Pattern Matching (CPM 2018)	6. 最初と最後の頁 19:1-19:10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4230/LIPIcs.CPM.2018.19	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 Takafumi Inoue, Shunsuke Inenaga, Heikki Hyyro, Hideo Bannai, and Masayuki Takeda	4. 巻 -
2. 論文標題 Computing longest common square subsequences	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proc. 29th Annual Symposium on Combinatorial Pattern Matching (CPM 2018)	6. 最初と最後の頁 15:1-15:13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4230/LIPIcs.CPM.2018.15	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 Mitsuru Funakoshi, Yuto Nakashima, Shunsuke Inenaga, Hideo Bannai, and Masayuki Takeda	4. 巻 -
2. 論文標題 Longest substring palindrome after edit	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proc. 29th Annual Symposium on Combinatorial Pattern Matching (CPM 2018)	6. 最初と最後の頁 12:1-12:14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4230/LIPIcs.CPM.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 Kotaro Aoyama, Yuto Nakashima, Tomohiro I, Shunsuke Inenaga, Hideo Bannai and Masayuki Takeda	4. 巻 -
2. 論文標題 Faster Online Elastic Degenerate String Matching	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proc. 29th Annual Symposium on Combinatorial Pattern Matching (CPM 2018)	6. 最初と最後の頁 9:1-9:10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4230/LIPIcs.CPM.2018.9	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 Akihiro Nishi, Yuto Nakashima, Shunsuke Inenaga, Hideo Bannai and Masayuki Takeda	4. 巻 -
2. 論文標題 O(n log n)-time Text Compression by LZ-style Longest First Substitution	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proc. Prague Stringology Conference 2018	6. 最初と最後の頁 12-26
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Noriki Fujisato, Yuto Nakashima, Shunsuke Inenaga, Hideo Bannai and Masayuki Takeda	4. 巻 -
2. 論文標題 Right-to-left Online Construction of Parameterized Position Heaps	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proc. Prague Stringology Conference 2018	6. 最初と最後の頁 91-102
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Heikki Hyry and Shunsuke Inenaga	4. 巻 29(4)
2. 論文標題 Dynamic RLE-compressed edit distance tables under general weighted cost functions	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 International Journal of Foundations of Computer Science	6. 最初と最後の頁 623-645
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1142/S0129054118410083	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 Pawel Gawrychowski, Tomohiro I, Shunsuke Inenaga, Dominik Koepl, Florin Manea	4. 巻 62
2. 論文標題 Tighter Bounds and Optimal Algorithms for All Maximal k -gapped Repeats and Palindromes	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Theory of Computing Systems	6. 最初と最後の頁 162 ~ 191
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00224-017-9794-5	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 Yuto Nakashima, Takashi Okabe, Tomohiro I, Shunsuke Inenaga, Hideo Bannai, Masayuki Takeda	4. 巻 689
2. 論文標題 Inferring strings from Lyndon factorization	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Theoretical Computer Science	6. 最初と最後の頁 147 ~ 156
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.tcs.2017.05.038	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 Takuya Takagi, Shunsuke Inenaga, Kunihiko Sadakane, Hiroki Arimura	4. 巻 E100.A
2. 論文標題 Packed Compact Tries: A Fast and Efficient Data Structure for Online String Processing	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences	6. 最初と最後の頁 1785 ~ 1793
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/transfun.E100.A.1785	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 Hideo Bannai, Tomohiro I, Shunsuke Inenaga, Yuto Nakashima, Masayuki Takeda, Kazuya Tsuruta	4. 巻 46
2. 論文標題 The “Runs” Theorem	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 SIAM Journal of Computing	6. 最初と最後の頁 1501 ~ 1514
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1137/15M1011032	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 Shunsuke Inenaga and Heikki Hyyro	4. 巻 129
2. 論文標題 A hardness result and new algorithm for the longest common palindromic subsequence problem	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Information Processing Letters	6. 最初と最後の頁 11 ~ 15
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ipl.2017.08.006	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 該当する

1. 著者名 Hideo Bannai, Travis Gagie, Shunsuke Inenaga, Juha Karkkainen, Dominik Kempa, Marcin Piatkowski, Simon J. Puglisi, Shiho Sugimoto	4. 巻 29(2)
2. 論文標題 Diverse Palindromic Factorization is NP-Complete	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 International Journal of Foundations of Computer Science	6. 最初と最後の頁 143 ~ 163
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1142/S0129054118400014	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 Yuto Nakashima, Hiroe Inoue, Takuya Mieno, Shunsuke Inenaga, Hideo Bannai and Masayuki Takeda	4. 巻 LNCS10765
2. 論文標題 Shortest Unique Palindromic Substring Queries in Optimal Time	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proc. 28th International Workshop on Combinatorial Algorithms (IWOCA 2017)	6. 最初と最後の頁 印刷中
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 Shiho Sugimoto, Naoki Noda, Shunsuke Inenaga, Hideo Bannai and Masayuki Takeda	4. 巻 LNCS10765
2. 論文標題 Computing Abelian string regularities based on RLE	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 28th International Workshop on Combinatorial Algorithms (IWOCA 2017)	6. 最初と最後の頁 印刷中
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 Keita Kuboi, Yuta Fujishige, Shunsuke Inenaga, Hideo Bannai and Masayuki Takeda	4. 巻 -
2. 論文標題 Faster STR-IC-LCS computation via RLE	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proc. 28th Annual Symposium on Combinatorial Pattern Matching (CPM 2017)	6. 最初と最後の頁 20:1 ~ 20:12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4230/LIPIcs.CPM.2017.20	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 Hideo Bannai, Shunsuke Inenaga, and Dominik Koepl	4. 巻 -
2. 論文標題 Computing All Distinct Squares in Linear Time for Integer Alphabets	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proc. 28th Annual Symposium on Combinatorial Pattern Matching (CPM 2017)	6. 最初と最後の頁 22:1 ~ 22:18
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4230/LIPIcs.CPM.2017.22	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 Takuya Mieno, Shunsuke Inenaga, Hideo Bannai and Masayuki Takeda	4. 巻 -
2. 論文標題 Tight bounds on the maximum number of shortest unique substrings	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proc. 28th Annual Symposium on Combinatorial Pattern Matching (CPM 2017)	6. 最初と最後の頁 24:1 ~ 24:11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4230/LIPIcs.CPM.2017.24	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 Yuto Nakashima, Takuya Takagi, Shunsuke Inenaga, Hideo Bannai and Masayuki Takeda	4. 巻 -
2. 論文標題 On Reverse Engineering the Lyndon Tree	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proc. Prague Stringology Conference 2017 (PSC 2017)	6. 最初と最後の頁 108 ~ 117
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Yuka Tanimura, Takaaki Nishimoto, Hideo Bannai, Shunsuke Inenaga and Masayuki Takeda	4. 巻 -
2. 論文標題 Small-space LCE data structure with constant-time queries	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proc. 42nd International Symposium on Mathematical Foundations of Computer Science (MFCS 2017)	6. 最初と最後の頁 10:1 ~ 10:15
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4230/LIPIcs.dMFCS.2017.10	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 Golnaz Badkobeh, Travis Gagie, Shunsuke Inenaga, Tomasz Kociumaka, Dmitry Kosolobov and Simon Puglisi	4. 巻 LNCS10508
2. 論文標題 On Two LZ78-style Grammars: Compression Bounds and Compressed-Space Computation	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proc. 24th International Symposium on String Processing and Information Retrieval (SPIRE 2017)	6. 最初と最後の頁 51 ~ 67
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-319-67428-5_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 Takuya Takagi, Keisuke Goto, Yuta Fujishige, Shunsuke Inenaga and Hiroki Arimura	4. 巻 LNCS10508
2. 論文標題 Linear-Size CDAWG: New Repetition-Aware Indexing and Grammar Compression	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proc. 24th International Symposium on String Processing and Information Retrieval (SPIRE 2017)	6. 最初と最後の頁 304 ~ 316
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-319-67428-5_26	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 Yuta Fujishige, Yuto Nakashima, Shunsuke Inenaga, Hideo Bannai, and Masayuki Takeda	4. 巻 -
2. 論文標題 Almost Linear Time Computation of Maximal Repetitions in Run Length Encoded Strings	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proc. 28th International Symposium on Algorithms and Computation (ISAAC 2017)	6. 最初と最後の頁 33:1 ~ 33:12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4230/LIPIcs.ISAAC.2017.33	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 Diptarama Hendrian, Shunsuke Inenaga, Ryo Yoshinaka, and Ayumi Shinohara	4. 巻 792
2. 論文標題 Efficient dynamic dictionary matching with DAWGs and AC-automata	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Theoretical Computer Science	6. 最初と最後の頁 161 ~ 172
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.tcs.2018.04.016	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 Shintaro Narisada, Diptarama Hendrian, Kazuyuki Narisada, Shunsuke Inenaga, and Ayumi Shinohara	4. 巻 812
2. 論文標題 Efficient computation of longest single-arm-gapped palindromes in a string	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Theoretical Computer Science	6. 最初と最後の頁 160 ~ 173
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.tcs.2019.10.025	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 Kiichi Watanabe, Yuto Nakashima, Shunsuke Inenaga, Hideo Bannai and Masayuki Takeda	4. 巻 64
2. 論文標題 Fast Algorithms for the Shortest Unique Palindromic Substring Problem on Run-Length Encoded Strings	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Theory of Computing Systems	6. 最初と最後の頁 1273 ~ 1291
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00224-020-09980-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 Takuya Mieno, Dominik Koepl, Yuto Nakashima, Shunsuke Inenaga, Hideo Bannai, and Masayuki Takeda	4. 巻 845
2. 論文標題 Space-efficient algorithms for computing minimal/shortest unique substrings	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Theoretical Computer Science	6. 最初と最後の頁 230 ~ 242
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.tcs.2020.09.017	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 Hiroe Inoue, Yuto Nakashima, Takuya Mieno, Shunsuke Inenaga, Hideo Bannai, and Masayuki Takeda	4. 巻 52-53
2. 論文標題 Algorithms and combinatorial properties on shortest unique palindromic substrings	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Discrete Algorithms	6. 最初と最後の頁 122 ~ 132
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jda.2018.11.009	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 Golnaz Badkobeh, Hideo Bannai, Maxime Crochemore, Tomohiro I, Shunsuke Inenaga and Shiho Sugimoto	4. 巻 -
2. 論文標題 k-Abelian pattern matching: Revisited, corrected, and extended	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proc. Prague Stringology Conference 2019 (PSC 2019)	6. 最初と最後の頁 29 ~ 40
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 Mitsuru Funakoshi, Yuto Nakashima, Shunsuke Inenaga, Hideo Bannai, and Masayuki Takeda	4. 巻 -
2. 論文標題 Computing Maximal Palindromes and Distinct Palindromes in a Trie	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proc. Prague Stringology Conference 2019 (PSC 2019)	6. 最初と最後の頁 3 ~ 15
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Ryo Sugahara, Yuto Nakashima, Shunsuke Inenaga, Hideo Bannai, and Masayuki Takeda	4. 巻 -
2. 論文標題 Computing runs on a trie	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proc. 30th Annual Symposium on Combinatorial Pattern Matching (CPM 2019)	6. 最初と最後の頁 23:1-23:11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4230/LIPIcs.CPM.2019.23	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 Diptarama Hendrian, Takuya Takagi, and Shunsuke Inenaga	4. 巻 -
2. 論文標題 Online Algorithms for Constructing Linear-size Suffix Trie	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proc. 30th Annual Symposium on Combinatorial Pattern Matching (CPM 2019)	6. 最初と最後の頁 30:1-30:19
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4230/LIPIcs.CPM.2019.30	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 Yuki Urabe, Yuto Nakashima, Shunsuke Inenaga, Hideo Bannai, and Masayuki Takeda	4. 巻 -
2. 論文標題 On the Size of Overlapping Lempel-Ziv and Lyndon Factorizations	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proc. 30th Annual Symposium on Combinatorial Pattern Matching (CPM 2019)	6. 最初と最後の頁 29:1-29:11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4230/LIPIcs.CPM.2019.29	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 Mitsuru Funakoshi, Yuto Nakashima, Shunsuke Inenaga, Hideo Bannai, and Masayuki Takeda	4. 巻 -
2. 論文標題 Faster queries for longest substring palindrome after block edit	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proc. 30th Annual Symposium on Combinatorial Pattern Matching (CPM 2019)	6. 最初と最後の頁 27:1-27:13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4230/LIPIcs.CPM.2019.27	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 Noriki Fujisato, Yuto Nakashima, Shunsuke Inenaga, Hideo Bannai, and Masayuki Takeda	4. 巻 LNCS 11485
2. 論文標題 The Parameterized Position Heap of a Trie	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proc. 11th International Conference on Algorithms and Complexity (CIAC 2019)	6. 最初と最後の頁 237 ~ 248
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-17402-6_20	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 Hideo Bannai, Shunsuke Inenaga, and Neerja Mhaskar	4. 巻 168
2. 論文標題 Longest previous overlapping factor array	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Information Processing Letters	6. 最初と最後の頁 106097 ~ 106097
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ipl.2021.106097	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 Kazuki Kai, Yuto Nakashima, Shunsuke Inenaga, Hideo Bannai, and Masayuki Takeda, and Tomasz Kociumaka	4. 巻 LNCS 11811
2. 論文標題 On Longest Common Property Preserved Substring Queries	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 26th International Symposium on String Processing and Information Retrieval (SPIRE 2019)	6. 最初と最後の頁 162 ~ 174
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-32686-9_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 Noriki Fujisato, Yuto Nakashima, Shunsuke Inenaga, Hideo Bannai, and Masayuki Takeda	4. 巻 LNCS 11811
2. 論文標題 Direct Linear Time Construction of Parameterized Suffix and LCP Arrays for Constant Alphabets	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 26th International Symposium on String Processing and Information Retrieval (SPIRE 2019)	6. 最初と最後の頁 382 ~ 391
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-32686-9_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 Yuta Fujishige, Yuto Nakashima, Shunsuke Inenaga, Hideo Bannai, and Masayuki Takeda	4. 巻 -
2. 論文標題 An improved data structure for left-right maximal generic words problem	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 30th International Symposium on Algorithms and Computation (ISAAC 2019)	6. 最初と最後の頁 40:1-40:12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4230/LIPIcs.ISAAC.2019.40	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 Kohei Yamada, Yuto Nakashima, Shunsuke Inenaga, Hideo Bannai, and Masayuki Takeda	4. 巻 LNCS 12011
2. 論文標題 Faster STR-EC-LCS Computation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 46th International Conference on Current Trends in Theory and Practice of Computer Science (SOFSEM 2020)	6. 最初と最後の頁 125 ~ 135
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-38919-2_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 -

[学会発表] 計32件(うち招待講演 0件/うち国際学会 32件)

1. 発表者名 Isamu Furuya, Takuya Takagi, Yuto Nakashima, Shunsuke Inenaga, Hideo Bannai and Takuya Kida
2. 発表標題 MR-RePair: Grammar Compression based on Maximal Repeats
3. 学会等名 Data Compression Conference 2019 (DCC 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuki Kuhara, Yuto Nakashima, Shunsuke Inenaga, Hideo Bannai, and Masayuki Takeda
2. 発表標題 Recovering, Counting and Enumerating Strings from Forward and Backward Suffix Arrays
3. 学会等名 25th International Symposium on String Processing and Information Retrieval (SPIRE 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Keisuke Goto, Tomohiro I, Hideo Bannai and Shunsuke Inenaga
2. 発表標題 Block Palindromes: A New Generalization of Palindromes
3. 学会等名 25th International Symposium on String Processing and Information Retrieval (SPIRE 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Isamu Furuya, Yuto Nakashima, Tomohiro I, Shunsuke Inenaga, Hideo Bannai and Masayuki Takeda
2. 発表標題 Lyndon Factorization of Grammar Compressed Texts Revisited
3. 学会等名 29th Annual Symposium on Combinatorial Pattern Matching (CPM 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yuki Urabe, Yuto Nakashima, Shunsuke Inenaga, Hideo Bannai, and Masayuki Takeda
2. 発表標題 Longest Lyndon Substring After Edit
3. 学会等名 29th Annual Symposium on Combinatorial Pattern Matching (CPM 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takafumi Inoue, Shunsuke Inenaga, Heikki Hyyro, Hideo Bannai, and Masayuki Takeda
2. 発表標題 Computing longest common square subsequences
3. 学会等名 29th Annual Symposium on Combinatorial Pattern Matching (CPM 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Mitsuru Funakoshi, Yuto Nakashima, Shunsuke Inenaga, Hideo Bannai, and Masayuki Takeda
2. 発表標題 Longest substring palindrome after edit
3. 学会等名 29th Annual Symposium on Combinatorial Pattern Matching (CPM 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kotaro Aoyama, Yuto Nakashima, Tomohiro I, Shunsuke Inenaga, Hideo Bannai and Masayuki Takeda
2. 発表標題 Faster Online Elastic Degenerate String Matching
3. 学会等名 29th Annual Symposium on Combinatorial Pattern Matching (CPM 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1 . 発表者名 Akihiro Nishi, Yuto Nakashima, Shunsuke Inenaga, Hideo Bannai and Masayuki Takeda
2 . 発表標題 O(n log n)-time Text Compression by LZ-style Longest First Substitution
3 . 学会等名 Prague Stringology Conference 2018 (PSC 2018) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Noriki Fujisato, Yuto Nakashima, Shunsuke Inenaga, Hideo Bannai and Masayuki Takeda
2 . 発表標題 Right-to-left Online Construction of Parameterized Position Heaps
3 . 学会等名 Prague Stringology Conference 2018 (PSC 2018) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Keita Kuboi, Yuta Fujishige, Shunsuke Inenaga, Hideo Bannai and Masayuki Takeda
2 . 発表標題 Faster STR-IC-LCS computation via RLE
3 . 学会等名 28th Annual Symposium on Combinatorial Pattern Matching (CPM 2017) (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 Hideo Bannai, Shunsuke Inenaga, and Dominik Koepl
2 . 発表標題 Computing All Distinct Squares in Linear Time for Integer Alphabets
3 . 学会等名 28th Annual Symposium on Combinatorial Pattern Matching (CPM 2017) (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1. 発表者名 Takuya Mieno, Shunsuke Inenaga, Hideo Bannai and Masayuki Takeda
2. 発表標題 Tight bounds on the maximum number of shortest unique substrings
3. 学会等名 28th Annual Symposium on Combinatorial Pattern Matching (CPM 2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Shiho Sugimoto, Naoki Noda, Shunsuke Inenaga, Hideo Bannai and Masayuki Takeda
2. 発表標題 Computing Abelian string regularities based on RLE
3. 学会等名 28th International Workshop on Combinatorial Algorithms (IWOCA 2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yuto Nakashima, Hiroe Inoue, Takuya Mieno, Shunsuke Inenaga, Hideo Bannai and Masayuki Takeda
2. 発表標題 Shortest Unique Palindromic Substring Queries in Optimal Time
3. 学会等名 28th International Workshop on Combinatorial Algorithms (IWOCA 2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yuto Nakashima, Takuya Takagi, Shunsuke Inenaga, Hideo Bannai and Masayuki Takeda
2. 発表標題 On Reverse Engineering the Lyndon Tree
3. 学会等名 Prague Stringology Conference 2017 (PSC 2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yuka Tanimura, Takaaki Nishimoto, Hideo Bannai, Shunsuke Inenaga and Masayuki Takeda
2. 発表標題 Small-space LCE data structure with constant-time queries
3. 学会等名 42nd International Symposium on Mathematical Foundations of Computer Science (MFCS 2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Golnaz Badkobeh, Travis Gagie, Shunsuke Inenaga, Tomasz Kociumaka, Dmitry Kosolobov and Simon Puglisi
2. 発表標題 On Two LZ78-style Grammars: Compression Bounds and Compressed-Space Computation
3. 学会等名 24th International Symposium on String Processing and Information Retrieval (SPIRE 2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Tenma Nakamura, Shunsuke Inenaga, Hideo Bannai and Masayuki Takeda
2. 発表標題 Order preserving pattern matching on trees and DAGs
3. 学会等名 24th International Symposium on String Processing and Information Retrieval (SPIRE 2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Takuya Takagi, Keisuke Goto, Yuta Fujishige, Shunsuke Inenaga and Hiroki Arimura
2. 発表標題 Linear-size CDAWG: new repetition-aware indexing and grammar compression
3. 学会等名 24th International Symposium on String Processing and Information Retrieval (SPIRE 2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yuta Fujishige, Yuto Nakashima, Shunsuke Inenaga, Hideo Bannai, and Masayuki Takeda
2. 発表標題 Almost Linear Time Computation of Maximal Repetitions in Run Length Encoded Strings
3. 学会等名 8th International Symposium on Algorithms and Computation (ISAAC 2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Noriki Fujisato, Yuto Nakashima, Shunsuke Inenaga, Hideo Bannai, and Masayuki Takeda
2. 発表標題 The Parameterized Position Heap of a Trie
3. 学会等名 11th International Conference on Algorithms and Complexity (CIAC 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ryo Sugahara, Yuto Nakashima, Shunsuke Inenaga, Hideo Bannai, and Masayuki Takeda
2. 発表標題 Computing runs on a trie
3. 学会等名 30th Annual Symposium on Combinatorial Pattern Matching (CPM 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Mitsuru Funakoshi, Yuto Nakashima, Shunsuke Inenaga, Hideo Bannai, and Masayuki Takeda
2. 発表標題 Faster queries for longest substring palindrome after block edit
3. 学会等名 30th Annual Symposium on Combinatorial Pattern Matching (CPM 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuki Urabe, Yuto Nakashima, Shunsuke Inenaga, Hideo Bannai, and Masayuki Takeda
2. 発表標題 On the Size of Overlapping Lempel-Ziv and Lyndon Factorizations
3. 学会等名 30th Annual Symposium on Combinatorial Pattern Matching (CPM 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Diptarama Hendrian, Takuya Takagi, and Shunsuke Inenaga
2. 発表標題 Online Algorithms for Constructing Linear-size Suffix Trie
3. 学会等名 30th Annual Symposium on Combinatorial Pattern Matching (CPM 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kiichi Watanabe, Yuto Nakashima, Shunsuke Inenaga, Hideo Bannai and Masayuki Takeda
2. 発表標題 Shortest Unique Palindromic Substring Queries on Run-Length Encoded Strings
3. 学会等名 30th International Workshop on Combinatorial Algorithms (IWOCA 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Mitsuru Funakoshi, Yuto Nakashima, Shunsuke Inenaga, Hideo Bannai, and Masayuki Takeda
2. 発表標題 Computing Maximal Palindromes and Distinct Palindromes in a Trie
3. 学会等名 Prague Stringology Conference 2019 (PSC 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1 . 発表者名 Golnaz Badkobeh, Hideo Bannai, Maxime Crochemore, Tomohiro I, Shunsuke Inenaga and Shiho Sugimoto
2 . 発表標題 k-Abelian pattern matching: Revisited, corrected, and extended
3 . 学会等名 Prague Stringology Conference 2019 (PSC 2019) (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Takuya Mieno, Dominik Koepl, Yuto Nakashima, Shunsuke Inenaga, Hideo Bannai, and Masayuki Takeda
2 . 発表標題 Compact Data Structures for Shortest Unique Substring Queries
3 . 学会等名 26th International Symposium on String Processing and Information Retrieval (SPIRE 2019) (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Kazuki Kai, Yuto Nakashima, Shunsuke Inenaga, Hideo Bannai, and Masayuki Takeda, and Tomasz Kociumaka
2 . 発表標題 On Longest Common Property Preserved Substring Queries
3 . 学会等名 26th International Symposium on String Processing and Information Retrieval (SPIRE 2019) (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Kohei Yamada, Yuto Nakashima, Shunsuke Inenaga, Hideo Bannai, and Masayuki Takeda
2 . 発表標題 Faster STR-EC-LCS Computation
3 . 学会等名 46th International Conference on Current Trends in Theory and Practice of Computer Science (SOFSEM 2020) (国際学会)
4 . 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

個人研究ページ https://str.i.kyushu-u.ac.jp/~inenaga/index-j.html 研究者情報（九州大学） http://hyoka.ofc.kyushu-u.ac.jp/search/details/K003385/index.html

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	坂内 英夫 (Bannai Hideo) (20323644)	東京医科歯科大学・M & Dデータ科学センター・教授 (12602)	
研究分担者	田部井 靖生 (Tabei Yasuo) (20589824)	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・ユニットリーダー (82401)	

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			
フィンランド	University of Helsinki	University of Tampere		
ドイツ	TU Dortmund	University of Kiel		
ポーランド	University of Warsaw	Nicolaus Copernicus University		
イギリス	University of Warwick	Goldsmiths, University of London	King's College London	
チリ	Diego Portales University			