

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 16 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2012～2015

課題番号：24240021

研究課題名(和文)大規模知識基盤形成のための次世代半構造マイニング技術の展開

研究課題名(英文)Development of Next-Generation Semi-structured Data Mining for Large-Scale Knowledge Base Formation

研究代表者

有村 博紀(Arimura, Hiroki)

北海道大学・情報科学研究科・教授

研究者番号：20222763

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 36,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、実世界と情報世界が融合した巨大な情報空間から有用な知識を効率よくとりだすための大規模半構造マイニング技術の確立を目指す。とくに、大規模規模知識基盤形成システムのための基礎技術として、超高速半構造マイニングエンジンと、時空間情報を用いた半構造マイニング技術の研究開発、周辺技術として、確率的情報スキーマの導入と、知識連係技術と知識索引技術の研究開発を行った。開発した技術の実装と最適化によりプロトタイプシステムの構築を行った。

研究成果の概要(英文)：The final goal of this research is to establish a strategy for forming large-scale knowledge bases from massive data and information on a wide range of human activities on social, scientific, and industrial aspects in the cyber space. For this purpose, we study next-generation data mining technologies for efficiently extracting useful knowledge as patterns and rules from semi-structured data, that is, huge and heterogeneous collections of weakly structured data in the cyber space. (1) Efficient semi-structured data mining engines based on optimal pattern discovery framework. (2) Semi-structure mining based on spatio-temporal information. (3) Combining semi-structured data mining with stochastic information processing schema. (4) Knowledge federation technologies for large-scale knowledge bases creation. (5) Knowledge indexing technologies for large-scale knowledge bases creation. (6) Development of knowledge base creation systems based on semi-structured data mining.

研究分野：知能情報学

キーワード：大規模半構造データ データマイニング 高次元データ検索 イベントストリーム処理 知識索引 知識発見 ビッグデータ

1. 研究開始当初の背景

1990年代後半からの高速ネットワークと情報処理技術の急速な発展によって、現在、科学技術や経済・社会活動に関する複雑かつ膨大な量のデータと情報がネットワーク上に蓄積されつつある。これにより、World Wide Web (ウェブ) は、総デジタルデータ量は数ゼタバイト (= 109 ギガバイト) に達する実世界と情報世界が融合した人類が歴史上かつて体験したことがない巨大な知識ネットワークとなりつつある。さらに、2000年代に入って急速に普及が進んだスマートフォンに代表される移動端末と、それをつなぐセンサーと位置情報のネットワーク、スマートシティに代表される知識基盤社会システムがつながることにより、実世界とサイバー世界が融合した巨大な情報空間が出現しつつある。

すでに先端的科学技術分野や、社会基盤や社会最適化などの社会・産業分野では、知識集約的な人間活動が重要性を増しているが、その一方で、一人の人間がこれらの膨大な知識を理解し、関連する多様な分野を横断的に研究を遂行することが困難な状況になりつつある。そのため、実世界とサイバー世界が融合した巨大な情報空間上に大量に蓄積され、生成されている膨大なデータと情報から知識を取り出し、学術・社会・産業における活動に利用するための新しい情報アクセス技術の開発が緊急の課題となっている。

2. 研究の目的

そこで本研究では、実世界と情報世界が融合した巨大な情報空間から有用な知識を効率よくとりだすための大規模半構造マイニング技術の確立を目指す。これについて本研究の目的は、以下の3点にまとめられる。

(1) 実世界と情報世界からの膨大な知識断片を有機的に結合し、そこに内在する知識をパターンや規則としてとりだすことが可能な超高速な半構造マイニングエンジン技術を開発する。

(2) この半構造データマイニング技術を、現実の多様な半構造データに適用するための周辺技術を開発し、実世界と情報世界における知識基盤形成支援システムのためのアーキテクチャと、その実現のための実装技術を確認する。

(3) これらのマイニング技術を元に、半構造マイニングエンジンを実装し、知識基盤形成のための周辺技術とともに世界に公開する。さらに、実世界と情報世界を融合した大規模半構造データからの知識基盤形成可能性に関して具体的な領域を選び、実証実験を行う。

とくに、実世界とサイバー世界が融合した巨大な情報空間上に大量に蓄積され、生成されているビッグデータ、すなわち、

膨大な量の
多様な形式をもつ

時間的に変化する 非定型データの集積

から、そこに含まれる情報を互いに関連付け、外在化して理解し、知識を取り出して、実問題へ再適用するための半構造マイニングとその周辺技術の研究開発を行う。

3. 研究の方法

本研究では、実世界とサイバー世界が融合した巨大な情報空間からの人間の知識獲得を支援するための鍵になる技術として、申請者等が開発してきた高速な最適化半構造データマイニングの枠組みを採用し、これを実世界の大规模半構造データに適用可能なように拡張する。

データマイニングは、データベースに蓄積された一見無意味に見える大量のデータから知識として自明でない規則性やパターンを半自動的に取り出す方法についての科学研究である。データマイニング研究は、1990年代初頭から顕在化し、主に定型的な構造をもつ関係データベースを対象に、理論と応用の両面で活発な研究が進んできたが、先に述べたような大规模半構造データ(ビッグデータ)に対して直接適用ができなかった。

これに対して、申請者等は、これまでの研究で、木構造やグラフ構造などの離散構造として表現される大规模半構造データに対して、きわめて高速な最適化半構造データマイニング・エンジンの研究開発を行ってきた。本研究では、これらの研究をさらに進めて、半構造マイニング技術を、半構造イベントストリームや、データ間の関係を表すネットワーク構造、さらに、テキストストリームやブログからの言語情報や、時間と共に変化する地理情報等や行動情報に適用し、情報が時間と空間に複雑にからみあう実世界の大规模半構造データからの知識獲得に展開する。

具体的には、先行する科研費基盤研究(A)(代表:有村博紀、H20~H23)「大規模知識基盤形成のための次世代半構造マイニング技術の研究」の成果をさらに発展させて、これまで開発してきた半構造データマイニング・エンジンをより一般的な時空間構造をとりいれたグラフ構造やストリーム構造に拡張して知識ネットワークに対する最適化半構造データマイニング・エンジンを開発した。

さらに、大規模知識ネットワークからの知識基盤形成という視点から、半構造データマイニング・エンジンの開発に加えて、知識連係機構の研究および、大規模知識索引の研究という基本的な知識処理問題を定式化し、最終的に、これらの3つの過程を統一的かつ有機的に結合することで、大規模半構造データマイニングを用いた知識ネットワークからの知識基盤形成システムの実現方式を明らかにすることを目標として、研究開発を行った。

また、効率よいアルゴリズムを開発する一方で、これらの問題を理論的に定式化し、その本質的な難しさを理論的に特徴付けるよう

理論研究も進めた。

4. 研究成果

本研究課題では、次の項目に関して次の研究成果を得た。

(1)最適パターン発見を用いた超高速半構造マイニングエンジンの研究開発(有村・宇野・平田)。大規模実世界データにおける知識発見の先端技術調査に基づき、従来の超高速パターン発見アルゴリズムを拡張し、限定サイズ部分木の族[論文 13]に対する理論的性能保障付き超高速パターンマイニングアルゴリズムを開発した。データベース問合せや知識表現のモデルである超グラフ(または集合族)にこれを拡張し、非巡回超グラフの種々の部分族に対する高速な列挙技術を開発した[論文 24]。また概念間の間接的な結合のもとでの非巡回性である誘導木についても、縮退性という制約のもとで定数遅延列挙と遷移問題の計算量を解析した[論文 55, 17]。また、開発した手法を木カーネルやグラフモチーフ発見に適用した[論文 25, 発表 31]。さらに、

(2)時空間情報を用いた半構造データマイニングの研究開発(有村・宇野・平田・下園)。2次元以上の高次元軌跡データに対して複数の移動体が互いに近接して移動するようすを表す「群れパターン」の族に対する世界で初めての多項式遅延列挙アルゴリズムを開発し([論文 4, 19], 情報処理学会 2015 年度論文賞)。また、時間的に変化するグラフからの効率良いクリーク発見や空間照合アルゴリズムを開発した[論文 8, s6]。

(3)確率的情報スキーマと半構造データマイニングの結合の研究(喜田・伊藤・有村)。無限関係モデルや隠れマルコフモデルに文脈と背景知識を取り入れて、関係データからの統計マイニングアルゴリズムを開発した[論文 11, 28]。時間と空間を結合した軌跡データのモデル化のための可変時間の時系列モデルを提案した[発表 6]。さらに分担者の宇野が開発した世界最速の閉集合マイニングアルゴリズムを基に、統計的有意なパターンを高速に発見する LAMP 手法の高速化を行った[論文 15]。半構造データの柔軟な検索のための類似度計算と近似検索も研究した[論文 12, 18, 27]。

(4)大規模知識基盤形成システムのための知識関係技術の研究開発(伊藤, 平田, 喜田, 有村)。正規表現と XML クエリ, 複合イベントパターンの部分族に対して, 低メモリビット並列計算に基づく超高速照合手法を開発し[論文 30], さらに XML ストリームやトランジェクトリデータに対して GPU や FPGA 等の並列ハードウェア実装に適した高速パターン照合手法を開発した[論文 32, 6, 31, 34]。この数値化手法を適用し, プライバシー保護のための秘密検索方式も開発した[論文 20, 発表 15]。

(5)大規模知識基盤形成システムのための高速な知識索引技術の研究開発(湊, 宇野, 有

村) 分担者の湊が開発したゼロサプレス型二分決定グラフ (ZDD) を元に, それらを巡回に拡張した DD や, 系列集合に拡張した SeqBDD 等の大規模知識索引の研究開発を行った[論文 1, 16, 21, 29]。さらに, 知識索引上で種々の知識処理問題の高速な解法を研究開発した[論文 7]。これと並行して, 高速なストリームに対するコンパクトかつ適応的な索引構造[論文 2, 3]や, 高圧縮率を達成する生成ルールを用いた文法圧縮手法[論文 8, 発表 13]や圧縮の限界[発表 26]を研究した。

(6)知識基盤形成支援システムのプロトタイプ構築(全員)。開発した知識発見技術を用い, 実世界からの知識基盤形成システムのプロトタイプを構築し, 評価実験を行った。また, 各研究項目に関して, 随時, 理論的な解析を元にさらなる最適化を行い, 実装したエンジンを公開プログラムとして公開した。

まとめると, 研究成果として, 実世界の大量半構造データから効率良く知識を抽出するための核技術としての半構造マイニングエンジンと, その周辺技術としての高速検索と知識索引技術を研究開発し, 基盤技術としてその実装を発表し, 公開した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 38 件)

1. S. Denzumi, R. Yoshinaka, H. Arimura and S. Minato: Sequence Binary Decision Diagram: Minimization, Relationship to Acyclic Automata, and Complexities of Boolean Set Operations, *Discrete Applied Mathematics*, 2016. (in printing) [査読有]
2. T. Takagi, S. Inenaga, Kunihiko Sadakane, H. Arimura: Packed Compact Tries: A Fast and Efficient Data Structure for Online String Processing, *Lecture Notes in Computer Science (IWOC2016)*, 2016. [査読有] (accepted)
3. T. Takagi, S. Inenaga and H. Arimura: Fully-online construction of suffix trees for multiple texts, *Proc. the 27th Annual Symposium on Combinatorial Pattern Matching (CPM'16)*, LNCS, , 2016. [査読有] (accepted)
4. 耿 晓亮, 宇野 毅明, 有村 博紀: 大規模軌跡データからの群パターン発見のための実用的アルゴリズム, *情報処理学会論文誌*, Vol.56, No.4, pp.1292-1304, 2015. [査読有] (2015 年度論文賞, 情報処理学会, 2016 年 6 月 3 日受賞)
5. K. Wasa, K. Yamanaka, H. Arimura: The Complexity of Induced Tree Reconfiguration Problems, *Lecture Notes in Computer Science*, Vol.9618 (LATA 2016), March 2016. [査読有]
6. Y. Sasaki, T. Shibuya, K. Ito and H. Arimura: Efficient Approximate 3-Dimensional Point Set Matching Using Root-Mean-Square

- Deviation Score, Lecture Notes in Computer Science, Vol.9371 (SISAP 2015), 2015. [査読有]
7. M. Nishino, N. Yasuda, S. Minato, Masaaki Nagata: BDD-Constrained Search: A Unified Approach to Constrained Shortest Path Problems, Proc. AAAI 2015, 1219-1225, 2015. [査読有]
 8. T. Uno, Yushi Uno: Mining Preserving Structures in a Graph Sequence, Lecture Notes in Computer Science, Vol.9198 (COCOON 2015), 3-15, 2015. [査読有]
 9. T. Uno: Constant Time Enumeration by Amortization, Lecture Notes in Computer Science, Vol.9214 (WADS 2015), 593-605, 2015. [査読有]
 10. T. Yoshino, K. Hirata: Alignment of Cyclically Ordered Trees, Proc. the Int'l Conf. on Pattern Recognition Applications and Methods (ICPRAM), 263-270, 2015.
 11. I. Ohama, T. Kida, and H. Arimura: Multi-Layered Framework for Modeling Relationships Between Biased Objects, Proc. 2015 SIAM International Conference on Data Mining, poster, SIAM, 2015. [査読有]
 12. K. Hirata, T. Kuboyama, T. Yoshino: Mapping Kernels Between Rooted Labeled Trees Beyond Ordered Trees, Lecture Notes in Computer Science, New Frontiers in Artificial Intelligence, Vol.9067, 317-330, 2015. [査読有]
 13. K. Wasa, Y. Kaneta, T. Uno, and H. Arimura: Constant Time Enumeration of Subtrees with Exactly k Nodes in a Tree, IEICE Trans. Inf. and Syst., Vol.E97-D, No.3, pp.421-430, 2014. [査読有]
 14. S. Yoshida, T. Kida: An efficient Variable-to-Fixed length encoding using multiplexed parse trees, J. Discrete Algorithms 32: 75-86, 2015. [査読有]
 15. S. Minato, T. Uno, K. Tsuda, A. Terada, J. Sese: A Fast Method of Statistical Assessment for Combinatorial Hypotheses Based on Frequent Itemset Enumeration, Lecture Notes in Computer Science, Vol.8725 (ECML/PKDD 2014), 422-436, 2014.
 16. 伝住周平, 有村博紀, 定兼邦彦: 文字列の圧縮列挙索引技術とパターン照合技術, 小特集「フカシギの数え方」から広がるアルゴリズムの理工学: 二分決定グラフによる離散構造処理と広がる応用分野, 電子情報通信学会誌, Vol.97, No.12, pp.1080-1085, 2014年12月(解説).
 17. K. Wasa, T. Uno, and H. Arimura: Efficient Enumeration of Induced Subtrees in a K-Degenerate Graph, Lecture Notes in Computer Science (ISAAC 2014), Vol.8889, 94-102, 2014. [査読有]
 18. T. Kan, S. Higuchi, K. Hirata: Segmental Mapping and Distance for Rooted Labeled Ordered Trees, Fundam. Inform. 132(4): 461-483, 2014. [査読有]
 19. X. Geng, T. Takagi, H. Arimura, and T. Uno: Enumeration of Complete Set of Flock Patterns in Trajectories, Proc. the 5th ACM SIGSPATIAL International Workshop on GeoStreaming (IWGS 2014), pp.53-61, ACM, 2014. [査読有]
 20. H. Sasakawa, H. Harada, D. duVerle, H. Arimura, K. Tsuda, J. Sakuma: Oblivious Evaluation of Non-deterministic Finite Automata with Application to Privacy-Preserving Virus Genome Detection, Proc. the 13th Workshop on Privacy in the Electronic Society (WPES 2014), ACM, pp.21-30, 2014. [査読有]
 21. S. Denzumi, J. Kawahara, K. Tsuda, H. Arimura, S. Minato, and K. Sadakane: DenseZDD: A Compact and Fast Index for Families of Sets, Lecture Notes in Computer Science (SEA 2014), Vol.8504, 187-198, 2014. [査読有]
 22. Y. Yamamoto, K. Hirata, T. Kuboyama: Tractable and Intractable variations of Unordered Tree Edit Distance, Int. J. Found. Comput. Sci. 25(3): 307-330, 2014. [査読有]
 23. S. Yoshida and T. Kida: A Variable-length-to-fixed-length Coding Method Using a Re-Pair Algorithm, IPSJ Transactions on Databases, Vol. 6, No. 4, pp. 17-23, September 2013. [査読有]
 24. K. Wasa, T. Uno, K. Hirata, and H. Arimura: Polynomial Delay and Space Discovery of Connected and Acyclic Sub-Hypergraphs in a Hypergraph, Lecture Notes in Computer Science (DS 2013), Vol.8140, 308-323, 2013. [査読有]
 25. K. Wasa, H. Arimura, K. Hirata, and T. Uno: Faster Algorithms for Tree Similarity Based on Compressed Enumeration of Bounded-Sized Ordered Subtrees, Lecture Notes in Computer Science (SISAP 2013), Vol. 8199, pp.73-84, 2013. [査読有]
 26. X. Geng, T. Uno, and H. Arimura: Trajectory Pattern Mining in Practice: Algorithms for Mining Flock Patterns from Trajectories, Proc. the 5th Int'l Conf. on Knowledge Discovery and Inform. Retrieval (KDIR2013), 143-151, September 2013. [査読有]
 27. T. Yoshino, S. Higuchi, K. Hirata: A Dynamic Programming A* Algorithm for Computing Unordered Tree Edit Distance, Proc. IIAI International Conference on Advanced Applied Informatics (IIAI AAI 2013), 135-140, IEEE, 2013. [査読有]
 28. I. Ohama, H. Iida, T. Kida, H. Arimura: An Extension of the Infinite Relational Model Incorporating Interaction between Objects, Lecture Notes in Computer Science (PAKDD 2013), Vol. 7819, 147-159, 2013. [査読有]
 29. R. Yoshinaka, J. Kawahara, S. Denzumi, H. Arimura, and S. Minato: Counterexamples to the long-standing conjecture on the complexity of BDD binary operations, Information Processing Letters, Vol.112, Issue 16, pp.636-640, Aug. 2012. [査読有]
 30. Y. Kaneta, H. Arimura, and R. Raman: Faster

- Bit-Parallel Algorithms for Unordered Pseudo-tree Matching and Tree Homeomorphism, *J. Discrete Algorithms*, Vol.14, 119-135, July 2012. [査読有]
31. 笹川 裕人, 金田 悠作, 有村 博紀: 長大な拡張文字列パターンに対する大規模文字列照合の高速化, *日本データベース学会論文誌, DBSJ Journal*, Vol.11, No.1, pp.55-60, Jun. 2012. [査読有]
 32. Y. Kaneta, S. Yoshizawa, S. Minato, H. Arimura, and Y. Miyanaga: A Dynamically Reconfigurable FPGA-based Pattern Matching Hardware for Subclasses of Regular Expressions, *IEICE Trans. Inf. and Syst.*, Vol.E95-D, No.7, 1847-1857, July 2012. [査読有]
 33. X. Geng, H. Arimura, T. Uno: Pattern Mining from Trajectory GPS Data, *Proc. the 3rd IIAI International Conference on e-Services and Knowledge Management (IIAI ESKM'12)*, 2012. [査読有]
 34. H. Sasakawa, H. Arimura: Trajectory Pattern Matching Based on Bit-Parallelism for Large GPS Data, *Proc. the 3rd IIAI Int'l Conf. on e-Services and Knowledge Management (IIAI ESKM'12)*, 2012. [査読有]
- [学会発表](計 66 件)
1. 栗田 和宏, 和佐 州洋, 喜田 拓也, 有村 博紀: グラフに含まれる誘導マッチングの列挙, 第 157 回アルゴリズム研究会, 情報処理学会, 2016 年 3 月 6 日, 電気通信大学.
 2. 長部 和仁, 平田 耕一, 宇野 毅明, 有村 博紀: アイテム集合の和のクラスに対する効率良い代表パターンマイニング, DEIM2016, 電子情報通信学会 DE 研究専門委員会, 日本データベース学会, 情報処理学会 DBS 研究会, 2016 年 2 月 29-3 月 2 日, ヒルトン福岡シーホーク, 福岡市.
 3. 和佐 州洋, 有村 博紀, 宇野 毅明, 平田 耕一: 二部グラフ中に含まれる弦二部誘導グラフの列挙, 第 154 回アルゴリズム研究会, 情報処理学会, 2015-AL-154, 2015 年 9 月 28 日, 九大西新プラザ, 福岡市.
 4. 佐々木 耀一, 渋谷 哲朗, 伊藤 公人, 有村 博紀: 三次元空間における効率良い近似点集合マッチングと分子パターン照合への応用, 第 42 回バイオ情報学(BIO)研究会, 2015 年 6 月 23-25 日, OIST, 沖縄県国頭郡恩納村.
 5. 和佐 州洋, 山中 克久, 有村 博紀: 極大誘導木遷移問題, 第 153 回アルゴリズム研究会, 情報処理学会, 2015-AL-153, 2015 年 6 月 12 日, 定山溪温泉 北海道.
 6. 岩館 洗太, 和佐 州洋, 有村 博紀: 隠れマルコフモデルを用いた軌跡データに対するカーネルの設計, DEIM2015, P2-1, 2015 年 3 月 2-4 日, 磐梯熱海ホテル華の湯, 郡山市.
 7. H. Sasakawa, M. Yamamoto, K. Kurita, and H. Arimura: Bit-parallel Approximate Trajectory Matching for 2-dimensional Trajectory Data, *JCDCGG 2014*, Sep. 15-16, 2014, Tokyo Science University, Tokyo. [査読有]
 8. 正木 拓也, 笹川 裕人, 喜田 拓也: Dense 符号化のための文法圧縮分割, 第 149 回アルゴリズム研究会, IPSJ, 2014-AL-149, 2014 年 9 月 12 日, 伝国の杜, 米沢市.
 9. 有村 博紀: 実世界非構造データからの高速マイニング ~エネルギーデータの高度利用に向けて~, 平成 26 年電気学会電子・情報・システム部門大会, 2014 年 9 月 3-5 日, 島根大学, 松江市. (招待講演)
 10. R. Kurai, N. Yasuda, H. Arimura, S. Nagayama, S. Minato: Fast Regular Expression Matching Based on Dual Glushkov NFA, *Proc. Prague Stringology Conference 2014 (PSC'14)*, 2014 年 9 月 1 日 -3 日, Czech Technical University in Prague, Czech. [査読有]
 11. 和佐 州洋, 有村 博紀, 宇野 毅明: K-縮退グラフに含まれる誘導木の列挙, 第 148 回アルゴリズム研究会, 情報処理学会, 2014 年 6 月 13-14 日, 道後温泉 大和屋, 松山市. (2015 年度コンピュータサイエンス領域奨励賞, 情報処理学会, 2015 年 10 月)
 12. M. Nyirenda, H. Arimura, K. Ito: Towards data assimilation of Malaria in Zambia, *Mathematical Science on Big Data Assimilation in Meteorology*, poster, 2014.3.19-21, Kyoto University, Kyoto.
 13. S. Yoshida, H. Sasakawa, K. Sekine, and T. Kida: Direct Access to Variable-to-Fixed Length Codes with a Succinct Index, *Proc. of Data Compression Conference 2014 (DCC 2014)*, 436, March 26-28, 2014, Snowbird, Utah, USA. [査読有]
 14. 高田 怜, 喜田 拓也: 大規模音声信号データベースに対する超高速部分一致近似検索手法, DEIM2014, F9-4, 2014 年 3 月 3-5 日, 淡路夢舞台, 淡路市. (DEIM2014 学生プレゼンテーション賞, 電子情報通信学会, 2014.3.5 受賞)
 15. 多項式時間・領域秘密正規表現照合アルゴリズム: 原田 弘毅, 笹川 裕人, 有村 博紀, 佐久間 淳, SCIS 2014, 4D1-3, 電子情報通信学会, 2014 年 1 月 21-24 日, 城山観光ホテル, 鹿児島市.
 16. 有村 博紀: 大規模非構造データからの超高速パターン発見: 実世界からの知識創出に向けて, CSWS 2013, 電子情報通信学会, 2013.11.13--14, 第一滝本館, 登別温泉, 北海道. (招待講演)
 17. I. Hamada, T. Shimada, K. Hirata, T. Kuboyama: Agreement Subtree Mapping Kernel for Phylogenetic Trees, *Proc. Workshop on Data Discretization and Segmentation for Knowledge Discovery (DDS2013)*, 1-8, 2013, 2013.10.27, Keio University, Kanagawa. [査読有]
 18. H. Sasakawa and H. Arimura: Faster Multiple Pattern Matching System on GPU based on Bit-Parallelism, *Proc. the 18th Workshop on Synthesis And System Integration of Mixed Information Technologies (SASIMI'13)*, 2013, October 21- 22, 2013, Hotel Sapporo Garden Palace, Sapporo.

19. 原田 弘毅, 笹川 裕人, 有村 博紀, 佐久間 淳: 準同型性暗号を用いた拡張文字列の秘匿パターン照合, Computer Security Symposium 2013 (CSS 2013), 3C2-4, 情報処理学会, 2013年10月21-23, かがわ国際会議場, 高松市.
20. H. Arimura: Faster Broadword Pattern Matching Algorithms for Regular Expression and Trees, NII Shonan Meeting on Compact Data Structure for Big Data, NII, 2013.9.27-9.30, Shonan Village Center, Zushi, Kanagawa. (招待講演)
21. S. Minato: ZDD-Based Representation for Large-Scale Sparse Datasets and Z-Skip-Links for Fast Traversal, NII Shonan Meeting on Compact Data Structure for Big Data, NII, 2013.9.27-9.30, Shonan Village Center, Zushi, Kanagawa. (招待講演)
22. 湊 真一: BDD/ZDD を基盤とする離散構造処理系の最近の展開, 電子情報通信学会 2013 ソサエティ大会, 2013.9.17-9.20 福岡工業大学, 福岡市. (招待講演)
23. 有村博紀: 大規模非構造データからの高速パターンマイニング~大規模・非定型な実世界データからの知識発見へ向けて~, 第4回ビッグデータと統計学研究集会, 2013.9.3, 北海道大学, 札幌市. (招待講演)
24. S. Denzumi, K. Tsuda, H. Arimura and S. Minato: Compact Complete Inverted Files for Texts and Directed Acyclic Graphs Based on Sequence Binary Decision Diagrams, Proc. Prague Stringology Conference 2013 (PSC'13), September 2-4, 2013, Czech Technical University, Prague.
25. 有村博紀: 構造パターンの検索, 学習, マイニング~「かたち」から「意味」へ, JST さきがけ「知の創生」領域, 第8回領域会議, 2013 (招待講演), 2013.8.31, 能登ロイヤルホテル, 石川県羽咋郡. (招待講演)
26. K. Ueno, S. Shimozone, K. Narisawa, and A. Shinohara: On the hardness of approximating the minimum consistent DFA from prefix samples, ICALP2013 on Sattelite Workshop LTC, 2013年7月, リガ, ラトビア.
27. H. Arimura: Efficient Enumeration of Subtrees in Graphs and Hypergraphs (talk), Pattern Mining Seminar, July 7th, 2013, LIG, Grenoble University. (招待講演)
28. 笹川 裕人, 喜田 拓也, 有村 博紀: 長大な拡張文字列パターンに対する GPU による高速な文字列照合, DEIM2013, E2-4, 電子情報通信学会, 2013年3月3-5日, ホテル華の湯, 郡山市.
29. 有村博紀: データマイニングにおける離散構造の列挙, 学習理論における組合せ論, 九州大学マス・フォア・インダストリ研究所 短期共同研究研究集会(赤間 陽二, 東北大学数学), 2012年9月18-21日, 九州大学 伊都キャンパス. (招待講演)
30. 細川 威樹, 金田 悠作, 有村 博紀: 複合イベント系列処理のための効率良い窓付きパターン照合アルゴリズム, DEIM2012, B8-1, 2012, 2012年3月3日-3月5日, 神戸市. (DEIM2012 若手奨励賞, 電子情報通

信学会, 2012.03.05 受賞)

31. 和佐 州洋, 金田 悠作, 宇野 毅明, 有村 博紀: 半構造データに対する効率良い近接パターン照合アルゴリズム, DEIM2012, 2012年3月, 神戸市. (DEIM2012 若手奨励賞, 電子情報通信学会, 2012.03.05 受賞)

[図書](計1件)

1. S. Minato: Encyclopedia of Algorithms (Counting by ZDD), 454-458, 1166pages, 2015.

[産業財産権]
出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

[その他]
ホームページ等
<http://www-ikn.ist.hokudai.ac.jp>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

有村 博紀 (ARIMURA HIROKI)
北海道大学・大学院情報科学研究科・教授
研究者番号: 20222763

(2) 研究分担者

宇野 毅明 (UNO TAKEAKI)
国立情報学研究所・情報学プリンシプル研究系・教授
研究者番号: 00302977

湊 真一 (MINATO S.)
北海道大学・大学院情報科学研究科・教授
研究者番号: 10374612

平田 耕一 (HIRATA KOUICHI)
九州工業大学・情報工学研究院・教授
研究者番号: 20274558
(平成25年から研究分担者)

伊藤 公人 (ITO K.)
北海道大学・人獣共通感染症リサーチセンター・教授
研究者番号: 60396314

下園 真一 (SHIMOZONE S.)
九州工業大学・情報工学研究院・准教授
研究者番号: 70243988

喜田 拓也 (KIDA T.)
北海道大学・大学院情報科学研究科・准教授
研究者番号: 70343316

(3) 連携研究者

なし