

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 5 月 11 日現在

機関番号：17104

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2009～2011

課題番号：21500145

研究課題名（和文） 高速計算可能な木構造の類似度の設計とさまざまな離散構造への拡張

研究課題名（英文） Design of the fast computable similarities for tree-structured data and their extension to several discrete structures

研究代表者

平田 耕一（HIRATA KOUICHI）

九州工業大学・大学院情報工学研究院・准教授

研究者番号：20274558

研究成果の概要（和文）：本研究では、まず、木編集距離の新たな階層を導入すると共に、無順序木編集距離計算の MAXSNP 困難性、および、多項式時間計算可能な変種の計算量を改良した。また、順序木編集距離の定数下限を与える線形時間計算可能な局所頻度距離、および、定数下限と上限を与える二乗時間計算可能な二分木符号の文字列編集距離を導入した。さらに、これらに基づく木カーネルを設計した。

研究成果の概要（英文）：This research introduced a new hierarchy of the tree edit distance and improved both the MAXSNP-hardness of computing the unordered tree edit distance and the time complexity for the tractable variations of it. Also it introduced both the local frequency distance, which runs in linear time, with constant factor lower bound of the ordered tree edit distance and the string edit distance of binary tree codes, which runs in quadratic time, with both the constant factor lower bound and the upper bound. Furthermore, it designed the tree kernel based on them.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2010年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2011年度	1,200,000	360,000	1,560,000
年度	0	0	0
年度	0	0	0
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学、知能情報学

キーワード：木構造の類似度、木の編集距離、順序木、無順序木、局所頻度距離、二分木符号、木カーネル

## 1. 研究開始当初の背景

(1) 木、グラフ、超グラフといった離散構造における類似度・非類似度の計算は、パターン認識、機械学習、データマイニングなどの分野で広い応用を持つ。特に木構造の類似度として最も広く用いられていたものが、ノードの挿入、ノードの削除、ラベルの置換という三つの編集操作の回数によって定式化される木の

編集距離である。

(2) この木の編集距離は、子供の順序が決まっている順序木では木のノード数に対して  $O(n^3)$  時間の計算時間がかかるので決して高速ではない上、子の順序が決まっていない無順序木では NP 困難で多項式時間近似困難性の一つである MAXSNP 困難であることが知られている。また、木の類似度という観点からは、

木の編集距離は人間の直観と必ずしも一致しないという問題がある。

- (3) **グラフ構造**の編集距離の計算は、厳密なアルゴリズムはもとより、近似計算アルゴリズムの研究もようやく近年始まったばかりである。さらにグラフ構造を拡張した**超グラフ構造**の類似度に関しては国内外に研究がほとんどない。

## 2. 研究の目的

- (1) 木の編集距離について、これまでに知られている研究結果を再検証した上で新たな知見を得る。
- (2) 木の編集距離を近似し、かつ、より高速に計算可能な木の非類似度や距離を設計する。
- (3) (1)や(2)の知見を利用することで、高速計算可能な木カーネルを設計する。さらに、グラフや超グラフなどの類似度へ拡張する。

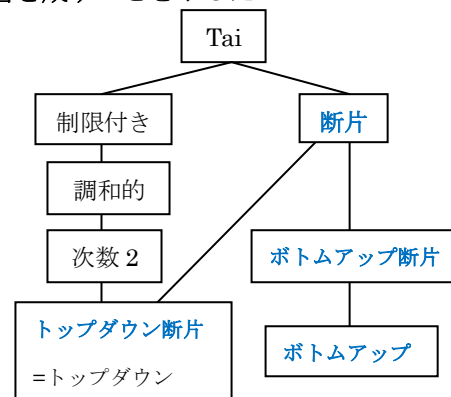
## 3. 研究の方法

- (1) 木の編集距離を定式化する**Tai**マッピングに対する制限とそれによって得られる**編集距離の変種**について、既知の計算量を改良すると共に、人間の直観に合うような変種を導入する。
- (2) **無順序木の編集距離計算は MAXSNP 困難**であることが知られている。ただし、この結果は、木の高さが7で、編集操作として挿入と削除しか認めない**インデルコスト関数**の場合にのみ成り立つ。これが任意のコスト関数のときにも成り立つかどうかを検証する。
- (3) 編集距離より高速に計算可能で、かつ、**編集距離の定数下限を与える非類似度**と**編集距離の定数下限と上限を与える距離**を定式化し実装する。なお、(1)の編集距離の変種は、編集距離の定数上限を与える距離となる。
- (4) (1)や(3)に基づく木カーネルを設計し実装する。
- (5) 木構造の類似度に関する成果を、グラフや超グラフへ、特に、グラフや超グラフと木構造の類似に着目することで拡張することを目指す。

## 4. 研究成果

- (1) 完全部分木を保存するような**ボトムアップ編集距離**を再定式化し、**順序木のボトムアップ編集距離が  $O(n^2)$  時間で計算可能なこと**と**無順序木のボトムアップ編集距離の計算が MAXSNP 困難**であることを証明した。また、Tai マッピングを制限することで、ボトムアップ距離と(葉の削除と挿入しか許さない)トップダウン編集距離の一般形であり、親子

関係をなるべく保存する**断片マッピング**に基づく**断片距離**を定式化し、それが既存のマッピングの階層に加えて下記のハッセ図の青字で表される**新たな階層を成す**ことを示した。



- (2) 無順序木の編集距離の多項式時間計算可能な変種について、下表のように計算時間を改良した。ここで、 $n$  は二つの木の最大ノード数、 $D$  は最大次数、 $d$  は最小次数である。青字が新たに得られた成果である。

変種	計算時間
編集距離	MAXSNP 困難
制限付き	$O(n^2 D \log D)$ 時間 $O(n^2 d^{1/2} \log d)$ 時間
調和的	$O(n^2 d^{1/2} \log d)$ 時間
次数2	$O(n^2 d^{1/2} \log d)$ 時間
トップダウン	$O(n^2 D \log D)$ 時間 $O(n^2 d^{1/2} \log d)$ 時間

- (3) 無順序木編集距離計算の MAXSNP 困難性に対して、新たに下表の改良を示した。ここで、高は高さ、次は次数、\*はそれらに制限がないことを示している。青字が新たに得られた成果である。

高	次	コスト	計算量
$h$	$d$	任意	多項式時間
7	*	インデル	MAXSNP 困難
2	*	インデル	MAXSNP 困難
3	*	任意	MAXSNP 困難
*	2	インデル	MAXSNP 困難
*	2	任意	MAXSNP 困難

また、無順序木編集距離を計算する **A\*** アルゴリズムを設計し実装した。

- (4) 木の編集距離の特殊な場合である**木包含問題**とは一方の木(テキスト木  $T$ )からノードを削除することでもう一方の木(パターン木  $P$ )になるか否かを判定する問題である。**木包含問題は一般には NP 完全である**ことが知られている。それに対して、次数2木包含問題の拡張であり(1)(2)の制限付き距離に対応する木包含問題である**孤立部分木包含問題**が、 $O(|T| |P|^{3/2})$ 時間  $O(|T| |P|)$ 領域で解けることを示した。

- (5) ノードとそれに接続するノードの情報の組合せである**局所パターン**、および、その頻度の L1 距離である**局所頻度距離**を導入し、それらが下表のように順序木の編集距離の定数下限を持つことを示した。ここで、 $\tau$  は編集距離、 $\delta_i$  はそれぞれの局所パターンの局所頻度距離を表す。また、 $fc(v)$  は  $v$  の左の子、 $ch(v)$  は  $v$  の子の列、 $ps(v)$  は  $v$  の左の兄弟、 $ns(v)$  は  $v$  の右の兄弟のノードを表す。なお、黒字は既存研究があるものであり、青字が新しく得られた成果である。

局所パターン	定数下限
$\langle v \rangle$	$\delta_1 \leq 2\tau$
$\langle v, fc(v), ps(v) \rangle$	$\delta_2 \leq 6\tau$
$\langle v, fc(v), ns(v) \rangle$	$\delta_3 \leq 5\tau$
$\langle v, fc(v), ps(v), ns(v) \rangle$	$\delta_4 \leq 9\tau$
$\langle v, ch(v) \rangle$	$\delta_5 \leq 4\tau$
$\langle v, ch(v), ps(v) \rangle$	$\delta_6 \leq 7\tau$
$\langle v, ch(v), ns(v) \rangle$	$\delta_7 \leq 7\tau$
$\langle v, ch(v), ps(v), ns(v) \rangle$	$\delta_8 \leq 11\tau$

$\delta_i$  はすべてノード数  $n$  に対して  $O(n)$  時間で計算できる。また、 $\delta_1$  と  $\delta_5$  に対する定数下限は、無順序木の編集距離に対しても成り立つ。さらに実際の糖鎖データに適用することで、これらの近似が有効であることを検証した。

- (6) 順序木のノード、左の子、右の兄弟の三つ組を先行順走査で並べた文字列である**二分木符号**  $bc(T)$  を導入した。そして、その文字列編集距離  $\sigma$  と編集距離  $\tau$  の間に、 $1/2\sigma \leq \tau \leq (h+1)\sigma + h$  という関係が成り立つことを示した。ここで、 $h$  は最小の木の高さである。なお、 $\sigma$  は  $O(n^2)$  時間で計算できる。
- (7) 順序木カーネルとして、離散データ構造のカーネル設計フレームワークとして広く使われている畳み込みカーネルを拡張したマッピングカーネルを提案した。マッピングカーネルの枠組みによって既存の様々な木カーネルを統一的な枠組みで捉えることに成功した。また、無順序木カーネルとして、部分パス木カーネルを定式化し、それを高速に計算するアルゴリズムを設計・実装した。また、それらの木カーネルを糖鎖データや XML データに適用することで、高精度の類別に成功した。
- (8) 超グラフにおける非巡回超グラフはグラフにおける木に、非巡回部分超グラフは全域木に対応する。また、非巡回超グラフでは、 $\alpha$  非巡回、 $\beta$  非巡回、 $\gamma$  非巡回、Berge 非巡回という、この順番で条件が強くなる非巡回度が知られている。非巡回度  $\theta \in \{\alpha, \beta, \gamma, Berge\}$  に対して、超グラフが全域  $\theta$  非巡回部分超グラフ、最大  $\theta$  部分超グラフを持つか否

かを判定する問題が NP 完全であることを示した。また、既存の結果である極大  $\alpha$  非巡回部分超グラフの成果に加えて、極大 Berge 非巡回超グラフが  $O(|V|+|E|)$  時間で見つかることを示した。ここで、 $|V|$  は超点数、 $|E|$  は超辺数である。

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 28 件)

1. S. Higuchi, T. Kan, Y. Yamamoto, K. Hirata, An A\* Algorithm for Computing Edit Distance between Rooted Labeled Unordered Trees, New Frontiers in Artificial Intelligence, Lecture Notes in Artificial Intelligence, 2012 (to appear), 査読有
2. Y. Yamamoto, K. Hirata, T. Kuboyama, On Computing Tractable Variations of Unordered Tree Edit Distance with Network Algorithms, New Frontiers in Artificial Intelligence, Lecture Notes in Artificial Intelligence, 2012 (to appear), 査読有
3. Y. Nakamura, T. Horiike, T. Kuboyama, H. Sakamoto, Extracting Research Communities from Bibliographic Data. KES Journal 16, 25-34, 2012, 査読有
4. 木村大翼, 久保山哲二, 渋谷哲朗, 鹿島久嗣, 部分パスに基づいた木カーネル, 人工知能学会論文誌 26, 473-482, 2011, 査読有
5. K. Hirata, Y. Yamamoto, T. Kuboyama, Improved MAX SNP-Hard Results for Finding an Edit Distances between Unordered Trees, Proc. 22<sup>nd</sup> Annual Symposium on Combinatorial Pattern Matching (CPM2011), Lecture Notes in Computer Science 6661, 402-415, 2011, 査読有
6. Y. Yamamoto, K. Hirata, T. Kuboyama, A Bottom-Up Edit Distance between Rooted Labeled Trees, Proc. 7<sup>th</sup> Workshop on Learning with Logics and Logics for Learning (LLLL2011), 26-33, 2011, 査読有
7. N. Sugimoto, K. Hirata, On Learning Dyck-Typed Regular Translation Elementary Formal Systems with Tag Operations between XML Documents, Proc. 7<sup>th</sup> Workshop on Learning with Logics and Logics for Learning (LLLL2011), 4-10, 2011, 査読有
8. T. Kuboyama, K. Hirata, Broom

- Distance between Rooted Labeled Trees, Proc. 7<sup>th</sup> Workshop on Learning with Logics and Logics for Learning (LLLL2011), 34-41, 2011, 査読有
9. K. Sata, K. Hirata, K. Ito, T. Kuboyama, Discovering Global Propagation for Influenza A Viruses Based on Robinson-Foulds Distance between Phylogenetic Trees, Proc. Annual International Conference on Bioinformatics and Computational Biology (BICB2011), B12-B17, 2011, 査読有
  10. T. Kuboyama, K. Ito, K. Hirata, H. Sakamoto, Predicting Mutations of Influenza Virus HA Genes Using Dimensionality Reduction of Hamming Distance Space, Proc. Annual International Conference on Bioinformatics and Computational Biology (BICB2011), B43, 2011, 査読有
  11. M. Nakahara, S. Maruyama, T. Kuboyama, H. Sakamoto, Scalable Detection of Frequent Substrings by Grammar-Based Compression, Proc. 14<sup>th</sup> International Conference on Discovery Science (DS2011), Lecture Notes in Artificial Intelligence 6926, 236-246, 2011, 査読有
  12. K. Shin, M. Cuturi, T. Kuboyama, Mapping Kernels for Trees. Proc. 28<sup>th</sup> International Conference on Machine Learning (ICML 2011), 961-968, 2011, 査読有
  13. T. Aratsu, K. Hirata, T. Kuboyama, Approximating Tree Edit Distance through String Edit Distance for Binary Tree Code, Fundamenta Informaticae 101, 1-15, 2010, 査読有
  14. K. Shin, T. Kuboyama, A Generalization of Hausser's Convolution Kernel - Mapping Kernel and Its Application to Tree Kernels. J. Comput. Sci. Technol. 25, 1040-1054, 2010, 査読有
  15. T. Katoh, H. Arimura, K. Hirata, Mining Frequent k-Partite Episodes from Event Sequences, New Frontiers in Artificial Intelligence, Lecture Notes in Artificial Intelligence 6284, 331-344, 2010, 査読有
  16. K. Hirata, K. Motoyama, S. Yokoyama, K. Matsuoka, Temporal Interrelations of Bacteria Based on the Occurrence Time, Proc. 2010 ICME International Conference on Complex Medical Engineering (CME2010), 188-192, 2010, 査読有
  17. T. Katoh, K. Hirata, H. Arimura, S. Yokoyama, K. Matsuoka, Aligned Bipartite Episodes between the Genera of Bacteria, Proc. 2010 ICME International Conference on Complex Medical Engineering (CME2010), 193-197, 2010, 査読有
  18. T. Katoh, H. Arimura, K. Hirata, An Efficient Depth-First Search Algorithm for Extracting Frequent Diamond Episodes from Event Sequences, IPSJ Transactions on Databases 2, 143-151, 2009, 査読有
  19. K. Shin, T. Kuboyama, Polynomial Summaries of Positive Semidefinite Kernels. Theor. Comput. Sci. 410, 1847-1862, 2009, 査読有
  20. T. Katoh, H. Arimura, K. Hirata, Mining Frequent Bipartite Episodes from Event Sequences, Proc. 12<sup>th</sup> International Conference on Discovery Science (DS2009), Lecture Notes in Artificial Intelligence 5808, 136-151, 2009, 査読有
  21. K. Sata, K. Hirata, K. Ito, T. Kuboyama, Discovering Networks for Global Propagation of Influenza A (H3N2) Viruses by Clustering, Proc. 13<sup>th</sup> International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information & Management Systems (KES2009), Lecture Notes in Artificial Intelligence 5712, 490-497, 2009, 査読有
  22. T. Horiike, Y. Takahashi, T. Kuboyama, H. Sakamoto, Extracting Research Communities by Improved Maximum Flow Algorithm. Proc. 13<sup>th</sup> International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information & Management Systems (KES2009), Lecture Notes in Artificial Intelligence 5712, 472-479, 2009, 査読有
  23. T. Aratsu, K. Hirata, T. Kuboyama, Local Frequency Distances for Rooted Ordered Trees, Proc. 6<sup>th</sup> Workshop on Learning with logics and Logics for Learning (LLLL2009), 11-18, 2009, 査読有
  24. T. Katoh, H. Arimura, K. Hirata, Mining Frequent k-Partite Episodes from Event Sequences, Proc. 6<sup>th</sup> Workshop on Learning with logics and Logics for Learning (LLLL2009), 43-50, 2009, 査読有

25. T. Katoh, H. Arimura, K. Hirata, A Polynomial-Delay Polynomial-Space Algorithm for Extracting Frequent Diamond Episodes from Event Sequences, Proc. 13<sup>th</sup> Pacific-Asia Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (PAKDD2009), Lecture Notes in Artificial Intelligence 5476, 172-183, 2009, 査読有
26. A. J. Muller Molina, K. Hirata, T. Shinohara, A Tree Distance Function Based on Multi-sets, Proc. JSAI PAKDD 2008 Post-Workshop Proceedings, Lecture Notes in Artificial Intelligence 5433, 87-98, 2009, 査読有
27. T. Aratsu, K. Hirata, T. Kuboyama, Sibling Distance for Rooted Labeled Trees, Proc. JSAI PAKDD 2008 Post-Workshop Proceedings, Lecture Notes in Artificial Intelligence 5433, 99-110, 2009, 査読有
28. T. Katoh, K. Hirata, H. Arimura, S. Yokoyama, K. Matsuoka, Extracting Sequential Episodes Representing Replacements of Bacteria from Bacterial Culture Data, Proc. 2009 IEEE/ICME International Conference on Complex Medical Engineering (CME2009), 4 pages, 2009, 査読有

[学会発表] (計 26 件)

1. 菅智宏, 平田耕一, 木の断片距離: 木の編集距離の新たな階層, 火の国情報シンポジウム 2012, 2012 年 3 月 15~16 日, 九州工業大学(飯塚市)
2. 余村有佳, 平田耕一, 薬剤感受性検査データからの出現間隔付き菌交代規則の抽出, 第 85 回人工知能学会基本問題研究会, 人工知能学会研究会資料 SIG-FPAI-B104, 41-46, 2012 年 2 月 2~3 日, 下呂交流会館(下呂市)
3. 外園貴洋, 山本恭之, 菅智宏, 平田耕一, 無順序木に対する孤立部分木包含問題, 第 85 回人工知能学会基本問題研究会, 人工知能学会研究会資料 SIG-FPAI-B104, 59-64, 2012 年 2 月 2~3 日, 下呂交流会館(下呂市)
4. 松本美玲, 山抱由依, 中原昌哉, 久保山哲二, 坂本比呂志, 大規模ネットワークデータ分析のためのデータ圧縮ツール, 第 85 回人工知能学会基本問題研究会, 人工知能学会研究会資料 SIG-FPAI-B104, 65-68, 2012 年 2 月 2~3 日, 下呂交流会館(下呂市)
5. 牧野俊亮, 平田耕一, インフルエンザウイルスにおけるパッケージングシグ

ナルの進化系統解析, 第 84 回人工知能学会基本問題研究会, 人工知能学会研究会資料 SIG-FPAI-B103, 25-29, 2011 年 12 月 15~16 日, 慶応義塾大学(横浜市)

6. 李侯偉, 平田耕一, 薬剤感受性検査データからの共変薬剤耐性の抽出, 第 84 回人工知能学会基本問題研究会, 人工知能学会研究会資料 SIG-FPAI-B103, 31-36, 2011 年 12 月 15~16 日, 慶応義塾大学(横浜市)
7. 菅智宏, 平田耕一, 木の高差兄弟文字列距離と編集距離の関係について, 第 84 回人工知能学会基本問題研究会, 人工知能学会研究会資料 SIG-FPAI-B103, 19-24, 2011 年 12 月 15~16 日, 慶応義塾大学(横浜市)
8. 樋口鐘一, 菅智宏, 山本恭之, 平田耕一, A\*アルゴリズムによるラベル付き無順序木の編集距離の計算, 第 82 回人工知能学会基本問題研究会, 人工知能学会研究会資料 SIG-FPAI-B101, 57-61, 2011 年 8 月 4~5 日, 釧路工業高等専門学校(釧路市)
9. 山本恭之, 平田耕一, 久保山哲二, ネットワークアルゴリズムの違いによる無順序編集距離の変種の計算, 第 82 回人工知能学会基本問題研究会, 人工知能学会研究会資料 SIG-FPAI-B101, 51-56, 2011 年 8 月 4~5 日, 釧路工業高等専門学校(釧路市)
10. 山本恭之, 有福洋史, 平田耕一, 根付き無順序木の編集距離とその変種の比較, 火の国情報シンポジウム 2011, 2011 年 3 月 8~9 日, 福岡大学(福岡市)
11. 牧野俊亮, 佐田和也, 平田耕一, インフルエンザウイルスの塩基配列からの正規圧縮距離に基づく系統樹推定, 火の国情報シンポジウム 2011, 2011 年 3 月 8~9 日, 福岡大学(福岡市)
12. 李宏偉, 平田耕一, 薬剤感受性検査データにおける薬剤耐性変化の時系列解析, 火の国情報シンポジウム 2011, 2011 年 3 月 8~9 日, 福岡大学(福岡市)
13. 佐田和也, 平田耕一, 伊藤公人, 久保山哲二, 進化系統樹の Robinson-Flouds 距離を用いたインフルエンザウイルスの地位間遷移解析, 第 81 回人工知能学会基本問題研究会, 人工知能学会研究会資料 SIG-FPAI-B004, 37-42, 2011 年 1 月 31 日~2 月 1 日, 山梨大学(甲府市)
14. 樋本竜也, 平田耕一, 伊藤公人, インフルエンザウイルスの RNA 分節に生じる共変異の抽出, 第 81 回人工知能学会基本問題研究会, 人工知能学会研究会資料 SIG-FPAI-B004, 43-48, 2011 年 1 月 31 日~2 月 1 日, 山梨大学(甲府市)

15. 中村優士, 堀池寿彦, 久保山哲二, 坂本比呂志, 論文データからの関連情報抽出, 第 81 回人工知能学会基本問題研究会, 人工知能学会研究会資料 SIG-FPAI-B004, 75-80, 2011 年 1 月 31 日~2 月 1 日, 山梨大学(甲府市)
  16. 平田耕一, 山本恭之, 久保山哲二, 無順序木編集距離の MAX SNP 困難性について, 第 80 回人工知能学会基本問題研究会, 人工知能学会研究会資料 SIG-FPAI-B003, 33-38, 2010 年 11 月 17 日, CIC・キャンパスイノベーションセンター(東京都)
  17. 申吉浩, 久保山哲二, 自由度 1 及び 2 の分割自由カーネル, 第 79 回人工知能学会基本問題研究会, 人工知能学会研究会資料 SIG-FPAI-B002, 35-39, 2010 年 9 月 24~25 日, 北海道大学(札幌市)
  18. 河東孝, 有村博紀, 平田耕一, 細菌検査データからの頻出二部エピソードの抽出, 第 79 回人工知能学会基本問題研究会, 人工知能学会研究会資料 SIG-FPAI-B002, 27-30, 2010 年 9 月 24~25 日, 北海道大学(札幌市)
  19. 久保山哲二, 申吉浩, 伊藤公人, 平田耕一, アミノ酸の高次元符号化によるインフルエンザウイルスの抗原変異予測, 第 78 回人工知能学会基本問題研究会, 人工知能学会研究会資料 SIG-FPAI-B001, 1-8, 2010 年 7 月 31 日~8 月 1 日, 兵庫県立大学(神戸市)
  20. 山本恭之, 平田耕一, 林田崇佑, 久保山哲二, ラベル付き根付き順序木のボトムアップ距離, 第 78 回人工知能学会基本問題研究会, 人工知能学会研究会資料 SIG-FPAI-B001, 65-76, 2010 年 7 月 31 日~8 月 1 日, 兵庫県立大学(神戸市)
  21. 佐田和也, 瀧口伸弥, 本田晃悠, 平田耕一, 進化系統樹を用いた H3N2 亜型インフルエンザウイルスの地域間遷移解析, 第 77 回人工知能学会基本問題研究会, 人工知能学会研究会資料 SIG-FPAI-A904, 55-60, 2010 年 3 月 17~18 日, 北海道大学(札幌)
  22. 久保山哲二, 伊藤公人, ハミング距離空間の次元削減によるインフルエンザウイルス遺伝子変異の解析, 第 77 回人工知能学会基本問題研究会, 人工知能学会研究会資料 SIG-FPAI-A904, 91-95, 2010 年 3 月 17~18 日, 北海道大学(札幌)
  23. 本山健一郎, 平田耕一, 時刻と時間幅に基づく菌交代規則の抽出, 第 76 回学会基本問題研究会, 人工知能学会研究会資料 SIG-FPAI-A903, 7-12, 2010 年 1 月 27~28 日, 崇城大学(熊本)
  24. 河東孝, 有村博紀, 平田耕一, 極小出現を用いた頻出多部エピソードの効率のよい発見アルゴリズム, 第 76 回学会基本問題研究会, 人工知能学会研究会資料 SIG-FPAI-A903, 13-17, 2010 年 1 月 27~28 日, 崇城大学(熊本)
  25. 林田崇佑, 柴田智博, 平田耕一, 局所ラベル木の文字列表現と編集距離, 第 76 回人工知能学会基本問題研究会, 人工知能学会研究会資料 SIG-FPAI-A903, 61-66, 2010 年 1 月 27~28 日, 崇城大学(熊本)
  26. 大梧諦真, 平田耕一, 超グラフの非巡回度と非巡回部分超グラフの発見問題, 第 74 回人工知能学会基本問題研究会, 人工知能学会研究会資料 SIG-FPAI-A901, 45-50, 2009 年 9 月 14~15 日, 広島市立大学(広島)
- [図書] (計 1 件)
1. A. Yamamoto, K. Hirata, S. Minato, The Sixth Workshop on Learning with Logics and Logics for Learning (LLLL2009), JSAI-isAI Workshops 2009, New Frontiers in Artificial Intelligence, Lecture Notes in Computer Science 6284, 315-316
- [その他]  
論文リスト  
<http://www.dumbo.ai.kyutech.ac.jp/hirata/papers/papers.html>
6. 研究組織
- (1) 研究代表者  
平田 耕一 (HIRATA KOUICHI)  
九州工業大学・大学院情報工学研究院・准教授  
研究者番号: 20274558
  - (2) 研究分担者  
久保山 哲二 (KUBOYAMA TETSUJI)  
学習院大学・計算機センター・准教授  
研究者番号: 80302660