

研究種目： 若手研究(B)

研究期間： 2007~2010

課題番号： 19700017

研究課題名 (和文) 効率的な極大極小元列挙アルゴリズムのための新しい理論構築とその実用化

研究課題名 (英文) A theoretical Approach to Efficient Maximal/Minimal Enumeration Algorithm and its Applications

研究代表者

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・准教授

研究者番号： 00302977

研究分野：新領域系

科研費の分科・細目：情報学・情報学基礎

キーワード：極大元, 列挙, アルゴリズム, 双対化, 極小集合被覆, マトロイド, 出力多項式時間

1. 研究計画の概要

集合族 F が、 F の任意の元の部分集合が F に含まれる、つまり $\forall X \subseteq Y, Y \in F \Rightarrow X \in F$ という条件を満たすとき、 F は**独立集合族**である、あるいは**単調**であるといわれる。また、集合上に定義された真偽関数 f が、独立集合族 F の元に対して偽、 F の元でないものには真の値を与えるとき、 f は**単調**であると言われる（両者は基本的に等価である）。独立集合族・単調真偽関数ともに、実世界の多くのシステムを良く表現することができるため、モデルとして重要な役割を持つ。そのため、学習理論、組合せ最適化、データマイニング、組合せ数学など多くの分野で精力的に研究されてきている。

本研究課題では、独立集合族の極大元を列挙する問題に対して、実用的に高速なアルゴリズム設計のための理論構築を行うことを目標とする。実用的に高速であるとは、単に多項式時間性のみに着目するのではなく、低次の計算オーダを実現する技術、大規模で疎なデータでの高速性、使用メモリの減少、最悪ケースの解析でなく、実データでの実用的な高速性などの着目し、一般的な極大元列挙問題や、今まで困難とわかってきた問題に対して新たなアルゴリズムを開発することである。具体的には、以下のような研究を行う。

(a) 一般の極大極小元列挙問題に対して、実用的観点からの問題構造の解析と、実用的

に効率的なアルゴリズムの理論構築

(b) 双対化問題・パターンマイニング問題に対する、時間効率・メモリ効率の良いアルゴリズムの開発

(c) 極大極小元列挙問題のグラフ構造や文字列構造への一般化と、その効率的なアルゴリズムの開発

(d) 極大極小元列挙を利用した、効率よい独立集合族の大きさの計算とその元のランダム生成

2. 研究の進捗状況

(b)、(c) に関しては、完全列や疑似クリークの極大元列挙といった、未解決であった問題に対して多項式時間アルゴリズムを与えることに成功した。また、大量の文字データの中から、類似する文字列の組合せを列挙するアルゴリズムを開発した。これらのアルゴリズムは、大規模で疎なデータでも高速で動くよう設計されており、本研究課題の方針にそった設計に成功している。

また、ディスタンスヒアディタリグラフという、グラフクラスに属するグラフを効率良く全て列挙するアルゴリズムの開発も行った。このグラフクラスに関しては未解決問題が多く、今後最適化やデータマイニングの問題に対するアルゴリズムを設計していく上での基礎になるアルゴリズムである。

(d) に関しては、枝制約がついたコーダルグラフの列挙とサンプリングを効率良く行う

アルゴリズムの設計に成功している。

3. 現在までの達成度

②おおむね順調に進展している。

(b),(c),(d)に関して、部分的にはあるが、今まで未解決であった問題を解決することに成功している。3年間の成果としては十分であり、予定通りであると考えている。これらの成果を元に今年度の研究を推進することで、目標の達成は十分可能であるとする。

4. 今後の研究の推進方策

今後は、これらの研究成果をまとめ上げる一般的な列挙手法を開発し、全ての極大元列挙問題に有効ではなくとも、現実的に現れる多くの問題に対して、たとえ問題が巨大でも実時間で動くようなアルゴリズムを設計することを目標とする。また、効率の酔い実装も合わせて開発し、ホームページ上で公開する予定である。

5. 代表的な研究成果

(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 4 件)

① Takeaki Uno: An Efficient Algorithm for Solving Pseudo Clique Enumeration Problem, *Algorithmica*, 査読有, vol. 56, no.1, 2010, pp. 3-16.

② Shin-ichi Nakano, Ryuhei Uehara and Takeaki Uno: A New Approach to Graph Recognition and Applications to Distance-Hereditary Graphs, *Journal of Computer Science and Technology*, 査読有, vol. 24, no. 3, 2009, pp. 517-533.

③ Takeaki Uno: An Efficient Algorithm for Finding Similar Short Substrings from Large Scale String Data, *Lecture Notes in Artificial Intelligence*, 査読有, vol. 5012, 2008, pp. 345-356.

④ Shuji Kijima, Masashi Kiyomi, Yoshio Okamoto, and Takeaki Uno: On listing, sampling, and counting the chordal graphs with edge constraints, *Lecture Notes in Computer Science*, 査読有, vol. 5092, 2008, 458--467.

[学会発表] (計 1 件)

① 上原隆平, 松井泰子, 宇野毅明: Enumeration of Perfect Sequences of Chordal Graph. 日本オペレーションズリサーチ学会 2009 年春季研究発表会, 2009 年 3 月 18 日, 筑波大学.

[図書] (計 1 件)

松井泰子, 根本俊男, 宇野毅明, 東海大学出

版会, 入門オペレーションズ・リサーチ, 2008 年, 241pp.

[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 <http://researchmap.jp/uno/>