

機関番号：12301

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2008～2010

課題番号：20500005

研究課題名（和文）平面グラフの効率的なデータ構造に関する研究

研究課題名（英文）Efficient Data structures for Plane Graphs

研究代表者

中野 眞一（NAKANO SHINICHI）

群馬大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号：30227855

研究成果の概要（和文）：

いくつかの平面構造を格納する、コンパクトなデータ構造を開発した。これらのデータ構造は少ないメモリしか必要とせず、簡単で、基本的なデータに高速にアクセスできる。さらに、必要であれば、元のデータを再構成することもできる。

たとえば、各点の子の個数が高々2であり、かつ、兄弟間に順序がない木を格納するコンパクトな2進文字列を開発した。この文字列の長さは圧縮の理論的限界に非常に近いことも示した。

研究成果の概要（英文）：

We have designed several compact data structures to represent some plane structures. Our data structures are compact, simple and support basic queries. Also we can compute the original data from the compact data structure if it is needed.

For instance we have designed a compact binary string to represent unordered trees in which each vertex has at most two children. The length of the binary string is near the theoretical compression bound.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2009年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2010年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：アルゴリズム

科研費の分科・細目：情報学・情報学基礎

キーワード：アルゴリズム、平面グラフ

1. 研究開始当初の背景

計算機で扱えるデータのサイズは年々増大しているが、データのサイズはこれ以上の

速度で増大している。すべてがRAMに格納できないような巨大データを処理することが様々な分野で要求されている。

RAMの容量とハードディスクのメモリ容量には100倍ほどの開きがある。また、ハードディスク上のデータのアクセス速度とRAM上のデータのアクセス速度には100倍以上の差がある。すなわち、ハードディスクはRAMに比べて巨大であるが、非常に遅いメモリである。ハードディスク上の超巨大データへのアクセスには膨大な時間がかかるかもしれない。

様々な分野の情報化によって集められたハードディスク上の巨大データを実際に処理するには膨大なメモリや時間がかかる。巨大データをより利用しやすくする新しい技術を開発したい。たとえば巨大かつ精密な電子地図を効率よくRAM上に格納し、高速に扱うデータ構造を開発したい。

2. 研究の目的

平面構造に関する様々なデータを計算機上に圧縮格納する新しいデータ構造を開発することが本研究の目的である。また、圧縮格納したまま利用できるすぐれたデータ構造を開発することが目的である。これにより、ハードディスクを利用することなくRAMのみで計算できるデータの規模を拡大することができる。またそのようなデータ構造の理論的限界等をもつめる。

3. 研究の方法

基本的に研究代表者がひとりでデータ構造やこれを利用するアルゴリズムを設計・評価・改良した。ただし様々な計算機科学の研究者とアイデア等を交換・討論しつつ研究を推進した。様々なデータ構造や高速なアルゴリズムについて調査・改良・開発した。グラフではなく文字列の圧縮については様々な手法がすでに知られており、これらの手法をグラフの圧縮に応用することを試みる。

4. 研究成果

様々なデータ構造とこれに関連するアルゴリズムを新たに開発することができた。

幾つかの圧縮アルゴリズムは、あらかじめ、小さな構成部品を、抜けなく重複なく、列挙しておき、これらの構成部品の組み合わせ方を記述することで巨大データを格納する。同一の部品を繰り返し独立して記憶することがないので、巨大なデータをコンパクトに表現できる可能性がある。

また対象の個数は理論的に圧縮できる限度に関連する。たとえば対象が n 個あるとき

$\log n$ bit までしか理論的に圧縮できない。

このように列挙や数え上げは圧縮と深い関係がある。

本研究では、様々な高速な列挙アルゴリズムを設計することができた。ほとんどのアルゴリズムは高速であるばかりでなく、理論的に最速であることを示すことができた。また比較簡単であり、拡張等が容易である。これらを多数の学術雑誌や学術会議等で発表した。

たとえば、いくつかの木構造、疑似平面アライメント、st-numbering、平面グラフ、順列、指定した次数列を持つグラフ、等の高速列挙アルゴリズムを開発した。これらはきわめて高速なアルゴリズムである。

また様々な平面構造のコンパクトなデータ構造を開発した。これらを多数の学術雑誌や学術会議等で発表した。

たとえば、極大平面グラフ、フラレーングラフ、矩形描画、各点の子の個数が高々2である順序なし木、格子矩形描画等のコンパクトなデータ構造を開発した。

特に、極大平面グラフや矩形描画については、圧縮格納したまま、様々な基本データに高速にアクセスもできるデータ構造を開発した。すなわち圧縮前の元データは不要となる。

各点の子の個数が高々2である順序なし木は、たとえば、演算の構造を表現する重要なモデルである。我々は点の個数が n であるそのような木をわずか $1.4n$ bit で表現する2進文字列を開発した。さらに、これは圧縮の限度にきわめて近いことも示すことができた。また、圧縮や、元のデータを復元することも、わずか $O(n)$ 時間しかかからず、きわめて高速である。さらにアルゴリズムも簡単でありさらなる改良が期待できる。

矩形描画とは長方形をいくつかの長方形に分割したものである。これは、様々なフロアプランの基本となる重要なモデルであり工学的に広く応用がある。従来のデータ構造は矩形描画のグラフ構造しか圧縮格納できなかった。すなわち、各辺の長さを圧縮格納することは、効率よくはできなかった。これに対し、各辺の長さも圧縮格納するコンパクトなデータ構造を新たに開発した。圧縮や元のデータを復元することはわずか $O(n)$ 時間しかかからない。またアルゴリズムも簡単であり実装や拡張が容易である。

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10件)

1 Katsuhisa Yamanaka, Yota Otachi and

Shin-Ichi Nakano,
"Efficient Enumeration of Ordered Trees with k leaves",
Theoretical Computer Science, 掲載決定
査読あり

2 Katsuhisa Yamanaka, Shin-ichi Nakano,
Yasuko Matsui, Ryuhei Uehara, Kento Nakada,
Efficient Enumeration of All Ladder
Lotteries and Its Application
Theoretical Computer Science, Vol.411,
pp.1714-1722, (2010). 査読あり

3 Katsuhisa Yamanaka, and Shin-ichi
Nakano
"A Compact Encoding of Plane
Triangulations with Efficient Query
Support",
Information Processing Letters, Vol.110,
pp.803-809, (2010). 査読あり

4 金子昌弘, 中野眞一
2 連結平面グラフの st-numbering の列挙
日本応用数学会論文誌, Vol.20, no.1, pp.
33-44 (2010). 査読あり

5 Katsuhisa Yamanaka and Shin-Ichi
Nakano,
"Listing All Plane Graphs",
JGAA Journal of Graph Algorithms and
Applications, Vol.13, No. 1, pp.5-18
(2009). 査読あり

6 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,
Vol. 24(3), pp. 517-533, 2009. 査読あり

7 Naoki Shimotsuma, Shin-ichi Nakano,
A Simple Canonical Code for Fullerene
Graphs,

電子情報通信学会英文論文誌 A, IEICE TRANS.
FUNDAMENTALS, Vol.E92-A, no.12, pp.
3398-2400 (2009). 査読あり

8 関根航人, 山中克久, 中野眞一
順列の列挙
電子情報通信学会論文誌 A, Vol. J91-A, No.5,
pp.543-549 (2008). 査読あり

9 佐藤圭介, 中野眞一
指定された次数列をもつグラフの列挙
電子情報通信学会論文誌 A, Vol. J91-A, no.7,
pp.716-725 (2008). 査読あり

10 Katsuhisa Yamanaka and Shin-ichi
Nakano,
A Compact Encoding of Rectangular Drawings
with Efficient Query Supports,
電子情報通信学会英文論文誌 A, IEICE TRANS.
FUNDAMENTALS, Vol.E91-A, No.9, pp.
2284-2291 (2008). 査読あり

[学会発表] (計 15 件)

1 Kozue Iwata, Shiro Ishiwata and
Shin-ichi Nakano,
A Compact encoding of Unordered Binary
Trees, Proc. of TAMC2011, 8th Annual
Conference on Theory and Applications of
Models of Computation, LNCS 6648,
pp.106--113. 掲載決定 (2011.5.23-25,
Tokyo)

2 Enumerating All Rooted Trees Including
 k Leaves
石川雅信, 山中克久, 大舘陽太, 中野眞一
情報処理学会アルゴリズム研究会
2010-AL-131-6(2010.9.22 函館高専)

3 Katsuhisa Yamanaka, Shin-Ichi Nakano,
"Efficient Enumeration of All Ladder
Lotteries with k Bars"
Proc. of The 7th Japan Conference on
Computational Geometry and Graphs,

JCCGG2009, pp. 63-64 (2009).
(2009. 11. 11-13, Kanazawa)

4 Yosuke Kikuchi, Katsuhisa Yamanaka and Shin-Ichi Nakano,
Enumerating All Graphical Sequences
Proc. of The 7th Japan Conference on
Computational Geometry and Graphs,
JCCGG2009, pp. 61-62 (2009).
(2009. 11. 11-13, Kanazawa)

5 k本の横線をもつあみだくじの列挙
山中克久, 中野眞一
情報処理学会アルゴリズム研究会
2009-AL-126-1(2009. 9. 15 鳥取環境大)

6 グラフ的列の列挙
菊地洋右, 山中克久, 中野眞一
情報処理学会アルゴリズム研究会
2009-AL-126-2(2009. 9. 15 鳥取環境大)

7 Yosuke Kikuchi, Katsuhisa Yamanaka,
Shin-Ichi Nakano,
"A Simple Generation of d-dimensional
Partitions"
Proc. of WAAC 2009, 2009 Korea-Japan Joint
Workshop on Algorithms and Computation
pp. 60-67 (2009). (2009. 7. 4-5, Seoul,
Korea)

8 Andry Setiawan and Shin-Ichi Nakano
"Listing All st-orientations"
電子情報通信学会コンピュータセッション研究
会(COMP2009-16) (2009. 05. 26 埼玉大大宮ソ
ニックシティカレッジ)

9 Katsuhisa Yamanaka, Shin-Ichi Nakano,
Yasuko Matsui, Ryuhei Uehara and Kento
Nakada
"Efficient Enumeration of All Pseudoline
Arrangements",
Proc. of EuroCG 2009, pp. 143-146 (2009).
(2009. 3. 16-18, Brussels, Belgium)

10 Katsuhisa Yamanaka, Yota Otachi and

Shin-Ichi Nakano,
"Efficient Generation of Ordered Trees
with n Vertices including k leaves",
Proc. of WALCOM 2009, LNCS, 5431,
pp. 141-150 (2009). (2009. 2. 19-20, Kolkata,
India)

11 Mohammad Tanvir Parvez, Md. Saidur
Rahman and Shin-Ichi Nakano,
"Generating All Triangulations of Plane
Graphs",
Proc. of WALCOM 2009, LNCS, 5431,
pp. 151-164 (2009). (2009. 2. 19-20, Kolkata,
India)

12 Katsuhisa Yamanaka, Shin-Ichi Nakano,
Yasuko Matsui, Ryuhei Uehara and Kento
Nakada
"Efficient Enumeration of All Ladder
Lotteries"
The 20th Workshop on Topological Graph
Theory in Yokohama, (2008. 11. 24-28, 横浜)

13 Shin-ichi Nakano,
Listing All Trees with Specified Degree
Sequence,
Kyoto RIMS Workshop on Acceleration and
Visualization of Computation for
Enumeration Problems(2008. 09. 29-30 京大)

14 A canonical Coding for Fullerene
Graphs,
下間直樹, 中野眞一,
LA シンポジウム, 学生セッション,
S6, (2008. 07. 12-24 南紀勝浦)

15 2連結平面グラフのst-numberingの列挙
金子昌弘, 中野眞一
LA シンポジウム, 学生セッション,
S7, (2008. 07. 12-24 南紀勝浦)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

中野 眞一 (NAKANO SHINICHI)

群馬大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号：30227855