

機関番号： 17104

研究種目： 基盤研究 (C)

研究期間： 2008 ~ 2010

課題番号： 20500017

研究課題名 (和文) グラフ最適化問題の近似上界と近似下界の研究

研究課題名 (英文) Studies on Upper and Lower Approximation Bounds for Graph Optimization Problems

研究代表者

宮野 英次 (MIYANO EIJI)

九州工業大学・大学院情報工学研究院・准教授

研究者番号： 10284548

研究成果の概要 (和文)： 本研究では、NP 困難であるグラフ最適化問題を対象に、近似アルゴリズムを設計した。本近似アルゴリズムは多項式時間で高速に動作し、最適解に対する近似精度が理論的に保証されている。また、NP 困難であるグラフ最適化問題に対して、近似下界を示した。近似下界は、 $NP = P$ という仮定の下で、多項式時間ではより近似精度の高いアルゴリズムを設計することは理論的に不可能であるという近似の意味での限界を示している。

研究成果の概要 (英文)： In this research, for many NP-hard graph optimization problems, we designed approximation algorithms, which run in polynomial time and are mathematically evaluated by the worst case possible relative errors over all possible instances of the problems. Also, we showed the lower bounds on approximability for NP-hard graph optimization problems. The inapproximability results demonstrate that unless $NP = P$ we cannot guarantee to do substantially better in polynomial time.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2009年度	900,000	270,000	1,170,000
2010年度	1,100,000	330,000	1,430,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野： 総合領域

科研費の分科・細目： 情報学・情報学基礎

キーワード： グラフ最適化問題, 計算複雑さ, 近似上界, 近似下界

1. 研究開始当初の背景

現実世界に現れる生産計画や各種スケジューリング問題などの情報工学的な問題は、時間やコストなどの制約条件のもとで、ある目的を満足させるという最適化問題として捉えることができる。また、多くの問題については、それら制約条件や目的関数を自然な形でグラフ最適化問題として定式化できる。例えば、マルチプロセッサ環境でのタスク割当スケジューリング問題をグラフ最適化問題として定式化する場合には、プロセッサや

タスクをグラフの頂点、プロセッサへの割当をグラフの有向辺、処理時間を有向辺の重みとして表現ができる。このように問題の定式化は、グラフを用いて簡単に実現できるが、多くの場合に NP 困難問題集合に属してしまう。計算理論における有名な未解決予想である $P \neq NP$ 予想が成り立つとすると、厳密な最適解を求めるためのアルゴリズムの動作時間は問題の規模(問題のサイズ)が大きくなるに従って指数的に爆発してしまう。

NP 困難問題集合は応用の面でも重要な問

題を多く含んでいるため、条件に制限を加え、条件を緩和することにより問題を解くことになる。このとき3つのアプローチが考えられる。(i) 多項式時間動作条件の緩和。多項式時間動作を諦めて指数時間の範囲でできるだけ計算時間の短いアルゴリズムを設計する。(ii) 最適解条件の緩和。厳密な最適解を求めることを諦めて、準最適解を求めるための多項式時間アルゴリズムを設計する。(iii) 例題集合の制限。全体集合に対して動作することを諦めて、例題の部分集合にのみ近似精度を保証するアルゴリズムを設計する。本研究では、主に、(ii)と(iii)のアプローチを用いて NP 困難問題集合に対するアルゴリズムの設計を行う。

(ii)のアプローチを採用したときに理論的に重要な点は、得られた準最適アルゴリズムの出力解の近似精度を数学的に保証することである。また、その理論的に保証された近似精度は更に改善の余地があるのか、それとも理論的なベストであるのかという近似可能性の意味での計算限界を示すことも重要な研究課題となっている。(iii)のアプローチにおいては、多項式時間で解くことが可能なできるだけ大きな部分集合を見つける、逆に、NP 困難となるようなできるだけ小さな部分集合を見つけるという、集合制限の意味での計算限界を示すことがテーマとなる。

2. 研究の目的

本研究の目的は、NP 困難問題と呼ばれる多項式時間で最適な解を求めるためのアルゴリズムを持たないであろうと予想されているグラフ最適化問題を対象に、最適解に対する近似精度を理論的に保証できるアルゴリズムの設計手法を構築することである。また逆に、多項式時間ではより近似精度の高いアルゴリズムを設計することは理論的に不可能であるという近似限界を示すことにより、近似精度の数値的な指標を与えることを目的とする。

3. 研究の方法

研究の形態は理論的な解析が中心であり、以下のような手順で研究目的の達成を目指す：(1) 参考研究や類似研究の結果の調査、アルゴリズム設計法と下界証明の数学的手法の調査、現実世界に表れる最適化問題の抽出、(2) 得られた最適化問題のグラフ最適化問題としての定式化と計算複雑さの証明、(3) 近似精度を保証した多項式時間アルゴリズムの設計と近似不可能性の証明、(4) 多項式時間で動作が可能となるような部分集合と困難性を有する部分集合の境界の発見、高い近似精度を保証できる部分集合の解明。

4. 研究成果

(1) グラフ支配最大化問題： グラフにおける頂点/辺支配集合問題の新しい亜種に対する近似アルゴリズム設計と近似下界について調べた。ある頂点はその頂点自身と隣接点を支配すると言い、同様にある辺はその辺自身と隣接する辺を支配すると言う。グラフ $G=(V, E)$ と正整数 k が与えられたとき、 k -頂点(k -辺)支配問題 (それぞれ以下 k -MaxVD, k -MaxED と呼ぶ) は高々サイズ k の頂点の部分集合 $D_V \subseteq V$ (または辺の部分集合 $D_E \subseteq E$) の中で、支配する頂点集合 (また辺集合) のサイズを最大化するものを求める問題である。本研究では、まずこの問題に対して単純な貪欲アルゴリズムが k -MaxVD, k -MaxED いずれに対しても近似比 $(1-1/e)$ を達成することを示した。次に $P \neq NP$ の条件下で、 k -MaxVD に対してこの近似比が多項式時間アルゴリズムの最善であることを示した。さらに $P \neq NP$ の条件下で、 k -MaxED に対して $1303/1304$ よりも良い近似比の多項式時間アルゴリズムが存在しないことを示した。一方、 k がグラフの最小最大マッチングのサイズを超えないという条件下では、 k -MaxED に対して近似比 $3/4$ の多項式時間アルゴリズムが存在することを示した。

(2) 完全二分木グラフの直線への歪み埋め込み問題： 頂点集合を $V(G)$ 、辺集合を $E(G)$ とする無向グラフ G について、 G のグラフメトリックを $M=(V(G), D)$ で表すことにする。ここで、 D は距離関数であり、任意の2頂点 $u, v \in V$ について、 u と v の最短距離を表す。距離関数を D とするグラフメトリック、及び距離関数を D' とする他のメトリック空間 $M'=(X, D')$ が与えられたとき、写像 $f: V \rightarrow X$ を M から M' への埋め込みと呼ぶ。写像 f について、 $D(u, v) \leq D'(f(u), f(v)) \times c(f)$ が任意の頂点对 $u, v \in V$ に対して成り立つとき、 f は $c(f)$ の縮小を持つという。また、 $D(u, v) \times e(f) \geq D'(f(u), f(v))$ が任意の頂点对 $u, v \in V$ に対して成り立つとき、 f は $e(f)$ の拡大を持つという。頂点集合 V に対する写像 f について、 $c(f)$ が1となるとき、もしくは $D'(f(u), f(v)) \geq D(u, v)$ が成り立つとき、 f は非縮小であるという。さらに、非縮小な写像 f について、 $e(f)$ が d 以下であるとき、 f は d の歪みを持つという。すなわち、歪みは埋め込みアルゴリズムの距離伸長の近似精度保証を表している。以下では、非縮小な写像を歪み埋め込みと呼ぶ。非縮小の条件 $D'(f(u), f(v)) \geq D(u, v)$ を、異なる2頂点 $u \neq v$ に対する $D'(f(u), f(v)) \geq 1$ という条件で置き換えた場合を考える。このとき、非縮小な写像 f について、 $e(f)$ が1以下であるとき、 f は1の膨張を持つといい、そのような写像を膨張埋め込みと呼ぶ。本研究では、次のような歪み埋め込みにおける基本的な

問題について考える：重み無しの完全二分木グラフ $T = (V, E)$ が与えられたとき、歪み $\max_{u, v \in V} (|f(u) - f(v)| / D(u, v))$ を最小にするような直線への歪み埋め込み f を求める。すなわち、非縮小写像 f により完全二分木グラフの頂点 V は直線上に並べられ、任意の 2 頂点 $u, v \in V$ について $|f(u) - f(v)| \geq D(u, v)$ を満たす。このような直線への埋め込みを直線歪み埋め込みという。本研究の目的は、高さ h の完全二分木グラフの直線歪み埋め込みに対する $O(2^h)$ の上界と $\Omega(2^h/h)$ の下界のギャップを埋めることである。2008 年に Mathieu と Papamanthou は、完全二分木グラフの直線歪み埋め込み問題に対して $\Omega(2^h)$ よりも小さい歪みを持つ直線歪み埋め込みアルゴリズムは存在しないと予想していた。しかし、本研究では、 $O(2^h/h)$ の歪みを持つ完全二分木グラフに対する直線歪み埋め込みが存在することを示した。

(3) 直径 d 部分グラフ最大化問題：MaxClique 問題はグラフにおける組合せ最適化問題として有名なものの 1 つであり、多くの研究が行なわれている。クリークとは、任意の頂点間が隣接しているグラフのことで、その直径は 1 である。グラフ G が与えられたとき、MaxClique 問題の目的は、 G 中の最大クリークを見つけることである。MaxClique 問題に対して最良の多項式時間近似アルゴリズムは、最適解の $n(\log \log n)^2 / (\log n)^3$ 分の 1 程度の解なら見つけることができる。ここで n は入力グラフの頂点数である。一方、 $NP \neq ZPP$ という仮定のもとで、Bellare らは MaxClique 問題には $n^{1/3-\epsilon}$ よりも良い近似度を持つ多項式時間アルゴリズムは存在しないことを示した。ここで ϵ は任意の正数である。また、Hastad は同じ仮定のもとで、 $n^{1-\epsilon}$ よりも良い近似度を持つアルゴリズムは存在しないことを示した。ここで、 $NP \neq ZPP$ ではなく、少し弱い $P \neq NP$ を仮定すると、この近似度の下界は $n^{1/2-\epsilon}$ になる。既知の最も高い下界は、Zuckerman により示されており、 $P \neq NP$ という仮定の下での $n^{1-\epsilon}$ である。ここで、 ϵ は、上と同様に任意の正数である。

本研究では MaxClique 問題の自然な拡張である、直径 d 部分グラフ最大化問題 (MaxDBS 問題) について議論した。MaxDBS 問題においては、グラフ G と整数 $d \geq 1$ が入力として与えられ、直径 d である最大の部分グラフを探すことを目的とする。 $d=1$ の場合は、MaxDBS 問題は正確に MaxClique 問題と同じ問題であり、 $P \neq NP$ の仮定の下では任意の $\epsilon > 0$ に対して $n^{1-\epsilon}$ よりも良い近似度を持つアルゴリズムは存在しないことになる。さらに、 $d \geq 2$ である場合にも、任意の $\epsilon > 0$ に対して $n^{1/3-\epsilon}$ よりも良い近似度の解を求めることは NP -困難であることが Marincek らによって

示されている。本研究では、まずこの $d \geq 2$ に対する近似度の下界を強める。すなわち、任意の $\epsilon > 0$ に対して、 $n^{1/2-\epsilon}$ よりも良い近似度の解を一般のグラフに対して求めることが NP -困難であることを示した。そして、偶数 $d \geq 2$ に対しては近似度が $n^{1/2}$ であるようなアルゴリズム、3 以上の奇数である d に対しては近似度が $n^{2/3}$ であるようなアルゴリズムを提案する。著者らが把握している限りでは、 $d \geq 2$ に対しては、これまで近似アルゴリズムは知られていなかった。

MaxClique 問題ならびに MaxDBS 問題は、最適解を得ることが困難であることはもちろんのこと、例えば定数などの近似度は得られないことから、近似の観点からも難しいと考えられる。しかしながら、例えば入力されるグラフが平面グラフや弦グラフなどに制限される場合には、MaxClique 問題は多項式時間で解けることが知られている。そこで、本研究でもこれにならい、入力グラフの構造を制限した場合の MaxDBS 問題の近似可能性と近似困難性について考察した。対象とするグラフ構造としては、弦グラフ、スプリットグラフ、区間グラフ、 k 部グラフを扱った。スプリットグラフと区間グラフは弦グラフの部分クラスである。主要な結果は以下である。(i) 一般のグラフに対して、 d が偶数ならば $O(n^{1/2})$ -近似アルゴリズム、 d が奇数なら $O(n^{2/3})$ -近似アルゴリズムがそれぞれ存在する。(ii) 一般のグラフに対して、 $P \neq NP$ の仮定の下で、任意の $\epsilon > 0$ について多項式時間で動作する $O(n^{1/2-\epsilon})$ -近似アルゴリズムは存在しない。(iii) d が奇数の場合、弦グラフとスプリットグラフに対して、多項式時間で動作する最適アルゴリズムが存在する。(iv) $d=2$ の場合、スプリットグラフに対する $O(n^{1/3})$ -近似アルゴリズムが存在する。(v) 弦グラフに対して、 $P \neq NP$ の仮定の下で、任意の $\epsilon > 0$ と偶数 d について多項式時間で動作する $O(n^{1/3-\epsilon})$ -近似アルゴリズムは存在しない。スプリットグラフについても同様に、多項式時間で動作する $O(n^{1/3-\epsilon})$ -近似アルゴリズムは存在しない。(vi) 区間グラフに対して、多項式時間で動作する最適アルゴリズムが存在する。(vii) 2部グラフに対して、 $P \neq NP$ の仮定の下で、任意の $\epsilon > 0$ と $d \geq 3$ について多項式時間で動作する $O(n^{1/3-\epsilon})$ -近似アルゴリズムは存在しない。同様に $k \geq 3$ であるような k 部グラフと $d \geq 2$ についても、多項式時間で動作する $O(n^{1/3-\epsilon})$ -近似アルゴリズムは存在しない。

(4) グラフ探索問題：グラフ上での地図作成問題とは、探索者が未知のグラフの全ての頂点を訪問することによりグラフ構造を調査する問題である。探索者は辺の存在とその長さをその端点を訪れるまで判らないとす

る。探索者は、できるだけ短い経路を通ることにより全ての頂点と辺を調査して、出発点まで戻って来なければならない。本問題に対する最も単純な方法の一つは、最近傍アルゴリズム (NN) であり、まだ訪れていない頂点の中で探索者の現在の場所から最も近い場所に移動する戦略である。重み付き最近傍アルゴリズム (WNN) は、NN の拡張であり、ある重み付きの距離により次の移動場所を決める。平面グラフにおいては、重み 3 である WNN が 16 競合であることが知られている。本研究ではサイクルグラフについては、NN の競合比が 1.5 となること、その解析が厳密であることを示した。また、サイクルグラフに対しては WNN の中で NN が最適であることを示した。さらに、本問題に対しては、1.25 競合よりも良いアルゴリズムが存在しないことを示した。

(5) 最小マンハッタンネットワーク設計問題： 2次元平面上の2点 p, q を横方向の線分と縦方向の線分で連結しているとき、そのパスを直線パスと呼ぶ。また、2点間の直線パスの長さを横線分と縦線分の長さの合計とすると、パスの長さが最小となる直線パスのことをマンハッタンパスと呼ぶ。すなわち、マンハッタンパスの長さは2点間の L_1 距離に等しい。2次元平面上の n 点集合 T が与えられたとき、すべての2点の対についてマンハッタンパスが存在するネットワーク G をマンハッタンネットワークとする。ネットワーク G について、 G に含まれるすべての線分の長さの合計を G の長さということにし、 $L(G)$ と表す。最小マンハッタンネットワーク問題 (MMN 問題と略記) は、点集合 T が与えられたとき、 $L(G)$ が最小となる T のマンハッタンネットワーク G を求める問題である。

MMN 問題は、2001年に、Gudmundsson, Levcopoulos, Narasimhanにより提案された問題であるが、MMN 問題に対して多項式時間アルゴリズムが存在するかどうかについてはまだ分かっていない。Guo, Sun, Zhuは、組合せ的な手法により、 $O(n^2)$ 時間で動作する2近似アルゴリズムを2008年に提案し、さらに、 $O(n \log n)$ 時間へと高速化を行っている。本研究では、Guoらによって提案された2近似アルゴリズム (以下ではGSZアルゴリズムと呼ぶ) と、その後提案された別の2近似アルゴリズム (以下ではF-GSZアルゴリズム) の近似下界について調べる。両アルゴリズムに対して、どのような入力ネットワークが都合が悪く、近似比が大きくなってしまいか示されておらず、近似解析が厳密なものであるのか分からない。実際に、後で述べるように、F-GSZアルゴリズムはGSZアルゴリズムの近似解析でまだ'余裕のある無駄な線分'を追加することにより近似比を大き

くすること無く高速化を実現している。本研究では、GSZアルゴリズムに対して近似比が1.5になってしまう入力例を示す。また、GSZアルゴリズムを用いた場合には1.5近似になるが、F-GSZを用いた場合には近似比が2まで大きくなる例を示した。このことはGSZアルゴリズムの近似解析の精度を高めることで、より小さい近似上界を求めることができる可能性が残っていることを示している。

(6) グラフの最小出次数最大化問題：MaxMin0という無向グラフの向き付け問題の一種について考える。無向枝重みつきグラフの向き付けを与えることにより、重み付き出次数を定義する (枝重みは正整数であるとする)。この問題は、グラフ中の最小重み付き出次数を最大化する問題である。本研究ではまず、MaxMin0は枝重みを $\{1, 2\}$ に限定し、かつ各頂点の (重みなし) 次数が高々3、さらにグラフが平面二部であるような場合でも強NP困難であり、 $P = NP$ でない限り、任意の定数 $\epsilon > 0$ に対して多項式時間では $2-\epsilon$ 近似不可能であることを示した。次にすべての枝重みが1である場合には、多項式時間で解くことができることを示した。これにより、枝重みが w_{\min} よりも大きい枝数が $O(\log n)$ であるときにも、多項式時間で解くことができる。さらに、この手法によりMaxMin0に対する単純な w_{\max}/w_{\min} 近似多項式時間アルゴリズムを得ることができる (w_{\max}, w_{\min} はそれぞれ枝重みの最大値, 最小値)。最後に、入力グラフがカクタスである場合にもMaxMin0は多項式時間で解くことができることを示した。

(7) 線画描画問題：MS Excelなどのスプレッドシートは、PCユーザーにとって最も利用頻度が高いソフトウェアの一つであり、表作成を行う際の便利で使い易い道具になっている。作成したスプレッドシートを読み易くするために、横線や縦線を描画することは実際に利用する場面で頻繁に起こる。本研究では、これらの作業を罫線描画問題 (BDP) として形式化を行う。描画を行いたい黒い線分の配置が与えられたときに、アルゴリズムの観点から、罫線ボタンの集合を用いて効率良く描くための手順とその難しさについての考察を行った。(i) MS Excelに基づき、形式的な罫線描画のモデルを与え、(ii) Excelの罫線ボタンの集合、およびその部分集合に対して罫線描画問題がNP困難となることを示した。(iii) さらに、より効率的な罫線描画を行える可能性のある新しい罫線ボタン集合を提案し、その描画可能性に関する必要十分条件を与えた。

(8) 試問予定表作成問題：本研究では、試問予定表作成問題と呼ばれる大学における

時間割表作成問題を考えた。この問題では、 m 人の審査員の集合、 $2n$ 人の学生の集合、各学生について審査する複数の審査員の担当割当（例えば各学生を3人ずつの審査員が担当）が与えられる。審査は n 人ずつ2つの部屋で同時に行われるため、学生と担当審査員の組は、 n 個の時刻と2つの部屋から成る $n \times 2$ 行列に割り当てられる必要がある。ここで、同じ審査員が担当する異なる2人の学生は異なる時刻に割り当てられなければならない。さらに、すべての審査員が2つの部屋を移動する回数の合計をできるだけ少なくしたい。本問題は、実際に京都大学の試問予定表作成時に起きた問題を形式化したものである。この問題について2つの制約付きモデルを提案し、それらの計算複雑さについて調査した。

(9) ソーティングバッファ問題： ソーティングバッファ問題の入力は、メトリックスペース上の頂点で表された要求の列、それらの要求に応えるために頂点から頂点へと移動を行うサーバ、ある個数以下の要求を記憶することができるソーティングバッファである。要求に応えるためにサーバは頂点を訪れる必要があり、頂点 p から頂点 q に移動を行ったときのコストを p と q の距離 $d(p, q)$ であるとする。ソーティングバッファは要求列の順序を入れ換えるために用いられる。ソーティングバッファ問題の目的は、要求列の一部をソーティングバッファに記憶して要求列の順序を入れ換えることにより、すべての要求に応えるときのサーバの移動距離（コスト）を最小化することである。本研究では、一様メトリックにおけるソーティングバッファ問題が NP 困難となることを示した。

(10) 線分上での移動物体巡回問題： 本研究では、次のような車両配送計画問題の一種である移動物体回収問題 (Pickup and Delivery for Moving Objects, PDMO 問題) を考えた。問題の入力として、 n 個の移動荷物および一度に荷物を1個のみ回収可能なロボット・アームが与えられる。移動荷物はあらかじめ決められた移動軌跡上を一定の速さで移動する。ロボット・アームは原点を出発し、1個の荷物を掴み、それを原点へと回収する。本問題の目的は、できるだけ多くの移動荷物を決められた場所まで回収するような移動経路の集合を求めることである。本研究では次の結果を得た。(i) すべての荷物が少なくとも1度折れ曲がるような折線上を移動する場合には、PDMO 問題は MAXSNP 困難であり、(ii) PDMO 問題に対する2近似アルゴリズムが存在する。しかし、(iii) すべての荷物がそれぞれ直線上を移動する場合には、PDMO 問題に対する多項式時間アルゴ

リズムが存在する。

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 Eiji Miyano, Hirotaka Ono. Maximum Domination Problem. Proc. Computing: The 17th Australasian Theory Symposium (CATS 2011), CRPIT, Vol.119, Alex Potanin and Taso Viglas Eds., ACS., 査読有, pp.55-61, (2011)
- ② Masao Kumamoto, Eiji Miyano. Optimal Distortion Embedding of Complete Binary Trees into Lines. Proc. the 2010 International Conference of Foundation of Computer Science (FCS' 2010), 査読有, pp.16-21, (2010)
- ③ Yuichi Asahiro, Eiji Miyano, Kazuaki Samizo. Approximating Maximum Diameter-Bounded Subgraphs. Proc. The 9th Latin American Theoretical Informatics Symposium (LATIN2010), LNCS 6034, 査読有, pp.616-627 (2010)
- ④ Yuichi Asahiro, Eiji Miyano, Shuichi Miyazaki, Takuro Yoshimuta. Weighted Nearest Neighbor Algorithms for the Graph Exploration Problem on Cycles. Information Processing Letters, 査読有, Vol.110, No. 3, pp.93-98 (2010)
- ⑤ 山崎康行, 宮野英次. 最小マンハッタンネットワーク問題の近似について. 数理解析研究所講究録 1649, 査読無, pp.210-216 (2009)
- ⑥ Yuichi Asahiro, Jesper Jansson, Eiji Miyano, Hirotaka Ono. Graph Orientation to Maximize the Minimum Weighted Outdegree. Proc. 11th Workshop on Advances in Parallel and Distributed Computation Models, IPDPS 2009, APDCM 2009, 査読有, pp.1-8 (2009)
- ⑦ Kazuo Iwama, Eiji Miyano, Hirotaka Ono. Drawing Borders Efficiently. Theory of Computing Systems, 査読有, Vol. 44, No. 2, pp.230-244 (2009)
- ⑧ Naoyuki Kamiyama, Yuuki Kiyonari, Eiji Miyano, Shuichi Miyazaki, Katsuhisa Yamanaka. Computational Complexities of University Interview Timetabling. IEICE Transactions on Information and Systems, 査読有, Vol.E92-D, No.2, pp.130-140 (2009)
- ⑨ Yuichi Asahiro, Kenichi Kawahara, Eiji Miyano. NP-Hardness of the Sorting Buffer Problem on the Uniform

Metric. Proc. the 2008 International Conference of Foundation of Computer Science (FCS'08), 査読有, pp.137-143 (2008)

- ⑩ Yuichi Asahiro, **Eiji Miyano**, Shinichi Shimoirisa. Grasp and Delivery for Moving Objects on Broken Lines. Theory of Computing Systems, 査読有, Vol.42, No.3, pp.289-305 (2008)

[学会発表] (計 18 件)

- ① 朝廣雄一. 資源増加を許した OVFS 符号割当問題に対する 2 競合アルゴリズム. 情報処理学会アルゴリズム研究会, 2011 年 3 月 7 日, 琉球大学 (沖縄県).
- ② 小野廣隆. 最大支配問題. 電子情報通信学会 コンピューテーション研究会, 2010 年 12 月 3 日, 九州工業大学 (福岡県).
- ③ 上米良謙太. オンライン OVFS 符号割当問題のリソースと競合比. 2010 年度電子情報通信学会九州支部学生講演会, 2010 年 9 月 24 日, 福岡工業大学 (福岡県).
- ④ 隈元政雄. 完全二分木の直線埋め込みにおける最適な歪み. 2010 年度電子情報通信学会九州支部学生講演会, 2010 年 9 月 24 日, 福岡工業大学 (福岡県).
- ⑤ 隈元政雄. 完全二分木の直線埋め込みについて. 電子情報通信学会コンピューテーション研究会, 2010 年 6 月 25 日, 東京工業大学 (東京都).
- ⑥ 朝廣雄一. 直径 d 部分グラフ最大化問題の計算複雑さ. 情報処理学会 アルゴリズム研究会, 2010 年 3 月 5 日, 東芝科学館 (神奈川県).
- ⑦ 河原憲一. 一様メトリック上でのオンラインソーティングバッファ問題に対する下界. 電気関係学会九州支部連合大会, 2009 年 9 月 28 日, 九州工業大学 (福岡県).
- ⑧ 山崎康行. 直線数最小マンハッタンネットワーク問題. 電気関係学会九州支部連合大会, 2009 年 9 月 28 日, 九州工業大学 (福岡県).
- ⑨ Hirotaka Ono. On Graph Orientation to Maximize the Minimum Weighted Outdegree. 情報処理学会アルゴリズム研究会, 2009 年 5 月 11 日, 東京大学医科学研究所 (東京都).
- ⑩ **Eiji Miyano**. Complexity of Max d -Diameter Subgraph Problems on Chordal Graphs (one page abstract). Second Asian Association for Algorithms and Computation Annual Meeting (AAAC09), 2009 年 4 月 11 日, Hangzhou Huajia SHAN Resort (Hangzhou, China).

- ⑪ **宮野英次**. 直径 d 部分グラフ最大化問題の計算複雑さ. 情報処理学会アルゴリズム研究会, 2009 年 3 月 5 日, 小樽商科大学札幌サテライト (北海道).
- ⑫ 山崎康行. 最小マンハッタンネットワーク問題の近似について. 2008 年度冬の LA シンポジウム, 2009 年 2 月 3 日, 京都大学 (京都府).
- ⑬ 三溝和明. 辺追加操作に対するグラフクラスの閉包性. 電気関係学会九州支部連合大会, 2008 年 9 月 24 日, 大分大学 (大分県).
- ⑭ 山崎康行. 最小マンハッタンネットワーク問題に対する 2 近似アルゴリズムの近似下限例. 電気関係学会九州支部連合大会, 2008 年 9 月 24 日, 大分大学 (大分県).
- ⑮ 詰光将也. ブロードキャストスケジューリングに対する FIFO アルゴリズム. 電気関係学会九州支部連合大会, 2008 年 9 月 24 日, 大分大学 (大分県).
- ⑯ 中村拓. リテラル出現数限定 2CNF 等価項除去問題に対する近似困難性. 電気関係学会九州支部連合大会, 2008 年 9 月 24 日, 大分大学 (大分県).
- ⑰ **宮野英次**. 一様メトリックにおけるソーティングバッファ問題の NP 困難性. 電子情報通信学会 コンピューテーション研究会, 2008 年 5 月 13 日, 九州産業大学 (福岡県).
- ⑱ **Eiji Miyano**. NP-Hardness of the Sorting Buffer Problem on the Uniform Metric. First Asian Association for Algorithms and Computation Annual Meeting (AAAC08), 2008 年 4 月 26 日, The University of Hong Kong (Hong Kong, China).

[その他]

ホームページ等

- ① <http://theory.ces.kyutech.ac.jp/~miyano/publication-j.html>
- ② <http://theory.ces.kyutech.ac.jp/~miyano/talk-j.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

宮野 英次 (MIYANO EIJI)

九州工業大学・大学院情報工学研究院・
准教授

研究者番号： 10284548