

平成 22年 6月 2日現在

研究種目：若手研究 (B)
 研究期間：2006～2008
 課題番号：18710130
 研究課題名 (和文) グラフ・ネットワーク上のゲーム理論に対するアルゴリズム理論的
 厳密アプローチ
 研究課題名 (英文) Algorithmic exact approach to game theory on graphs and networks

研究代表者
 岡本 吉央 (OKAMOTO YOSHIO)
 東京工業大学・大学院情報理工学研究科・特任准教授
 研究者番号 00402660

研究成果の概要：

グラフ・ネットワークに関わる協力ゲーム理論について、アルゴリズム理論・計算理論の観点から精緻な議論を行った。特に、最小彩色ゲームと呼ばれる費用分担問題に対して、今までに提案された公平な費用分担の中のいくつかが効率よく計算できることを示した。それに加えて、コア安定性問題に対する計算量理論的な解析も行った。さらに、最小費用全域木ゲームと呼ばれる費用分担問題に対して、公平費用分担が効率よく計算できるための十分条件である劣モジュラ性を満たす場合の考察をした。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	1,300,000	0	1,300,000
2007年度	1,200,000	0	1,200,000
2008年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	300,000	3,800,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：社会システム工学・安全システム

キーワード：OR, アルゴリズム理論

1. 研究開始当初の背景

規範的な枠組を提供する伝統的なゲーム理論は実際に計算をするような状況をあまり考えてこなかった。そのため、実際のゲーム理論的应用では、関与する主体の数が極端に少ない場合の計算を行うか、あるいは、理論的な保証のない近似的計算をするかのいずれかが行われてきた。これは、ゲーム理論に対するアルゴリズム理論的視点の不足が原因であると考えられる。

2. 研究の目的

グラフ・ネットワークといった一般的なモデ

ルにおけるゲーム理論的状况に対して、アルゴリズム理論的な保証を有する解法設計を行う。これによって、アルゴリズムの与える解の公平性が関与する主体の各人によって追認可能となり、また、アルゴリズムの効率性がこの追認自体の効率性も保証することになる。これによって、アルゴリズム理論が現実問題によりよい方策を与えることのできる大きな例となることが期待される。

3. 研究の方法

文献調査、研究会参加による意見・情報交換を行った。その知見に基づき、公平費用分担

問題の持つ数理解造の解明, および, 理論的保証を有するアルゴリズムの設計を行った. アルゴリズムの実際的な性能を探るための計算機実験の準備も行った.

4. 研究成果

(1) ゲーム理論そのものに関する研究

① 最小彩色ゲームと呼ばれる費用分担問題に対する研究を行った. 今までに提案された公平な費用分担概念である仁や τ -値が効率よく計算できる場合があることを証明した. また, 最小彩色ゲームのコア安定性に関わる問題の計算量理論的な解析を行い, Largeness や Exactness といった性質が成り立つかどうかを判定する問題が計算量理論的に困難であることを証明した.

② 最小費用全域木ゲームと呼ばれる費用分担問題に対して, 公平費用分担が効率よく計算できるための十分条件である劣モジュラ性を満たす場合の考察をした.

(2) より広範な多主体意思決定問題に関する研究

① 多主体に関わる意思決定問題の基盤となる線形相補性問題と超立方体グラフの向き付けの関連を調べ, Stickney と Watson の予想を部分的に解決した. また, 多面体グラフの向き付けと有向マトロイドの実現可能性の関連を調べ, 実現不可能である有向マトロイドの新たなクラスを提案した.

② 多主体に関わる意思決定問題の基盤となる多目的線形計画問題に対して世界で初めて多項式時間アルゴリズムを開発した.

③ 多主体意思決定において重要となる情報可視化に関するいくつかの問題に対して, 高速アルゴリズムの設計, および, 計算量理論的困難性の証明を行った. 特に, 可視化されたグラフを手作業によって見やすいグラフに再配置する問題, および, 系統樹の視覚的比較に用いられるタングルグラムの描画問題に対する研究を行った.

(3) 上記研究の基礎となる, 離散数学, グラフ・アルゴリズム, 幾何アルゴリズムに関する研究

① 単体的複体の性質を調査した. 特に, グラフから生じるクリーク複体と呼ばれる単体的複体がマトロイドの共通部分として書けるための必要十分条件を与えた. これを用いて, Fekete らの結果に対する単純な別証明を与えた. また, 幾何学的な状況から生じる単体的複体の局所トポロジーを考察し, Edelman

と Reiner の予想に対する部分的解決を与えた.

② 幾何的な状況から生じる単位格子交わりグラフと純粋に組合せ的な弦二部グラフの関連を調べ, それらの包含関係に関する研究を行った.

③ メッシュ生成の部分問題として現れる最小重み三角形分割問題に対して, 内点の数というパラメータに注目した高速アルゴリズムを開発した.

④ グラフにおける部分構造を数え上げる問題に対して効率的アルゴリズムをいくつか設計した. 特に, 独立集合, マッチング, 森といった部分構造を考察対象とした. さらにそのアプローチを Tutte 多項式と呼ばれるグラフ不変量に対して一般化し, 統一的なアルゴリズムを与えた.

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 11 件)

① Xavier Goaoc, Jan Kratochvil, Yoshio Okamoto, Chan-Su Shin, Andreas Spillner, and Alexander Wolff. Untangling a planar graph. *Discrete & Computational Geometry*, 42, 542-569, 2009. 査読有

② Komei Fukuda, Sonoko Moriyama, and Yoshio Okamoto. The Holt-Klee condition for oriented matroids. *European Journal of Combinatorics*, 30, 1854-1867, 2009. 査読有

③ Heidi Gebauer and Yoshio Okamoto. Fast exponential-time algorithms for the forest counting and the Tutte polynomial computation. *International Journal of Foundations of Computer Science*, 20, 25-44, 2009. 査読有

④ Yoshio Okamoto. Local topology of the free complex of a two-dimensional generalized convex shelling. *Discrete Mathematics*, 308, 3836-3846, 2008. 査読有

⑤ Yoshio Okamoto, Takeaki Uno, and Ryuhei Uehara. Counting the number of independent sets in chordal graphs. *Journal of Discrete Algorithms*, 6, 229-242, 2008. 査読有

⑥ Yoshio Okamoto. Fair cost allocations under conflicts --- a game-theoretic point of view. *Discrete Optimization*, 5, 2008, 1-18. 査読有

- ⑦ Yota Otachi, Yoshio Okamoto, and Koichi Yamazaki. Relationships between the class of unit grid intersection graphs and other classes of bipartite graphs. *Discrete Applied Mathematics*, 155, 2007, 2383-2390. 査読有
- ⑧ Kenji Kashiwabara, Yoshio Okamoto, and Takeaki Uno. Matroid representation of clique complexes. *Discrete Applied Mathematics*, 155, 1910-1929, 2007. 査読有
- ⑨ Sonoko Moriyama and Yoshio Okamoto. The even outdegree conjecture for acyclic PLCP-cubes in dimension five. *IEICE Transactions on Information and Systems*, E89-D, 2402-2404, 2006. 査読有
- ⑩ Thomas Bietenhader and Yoshio Okamoto. Core stability of minimum coloring games. *Mathematics of Operations Research*, 31, 418-431, 2006. 査読有
- ⑪ Michael Hoffmann and Yoshio Okamoto. The minimum weight triangulation problem with few inner points. *Computational Geometry: Theory and Applications*, 34, 149-158, 2006. 査読有

[学会発表] (計 24 件)

- ① Sang Won Bae and Yoshio Okamoto. Querying two boundary points for shortest paths in a polygonal domain. 20th International Symposium on Algorithms and Computation (ISAAC 2009), 2009 年 12 月 18 日, Ala Moana Hotel, Hawaii, USA.
- ② Sang Won Bae, Matias Korman, Yoshio Okamoto. On the geodesic diameter in polygonal domains. Japan Conference on Computational Geometry and Graphs (JCCGG 2009), 2009 年 11 月 11 日, 金沢市文化ホール.
- ③ Kevin Buchin, Radoslav Fulek, Masashi Kiyomi, Yoshio Okamoto, Shin-ichi Tanigawa, and Csaba D. Toth. A tight lower bound for convexly independent subsets of the Minkowski sums of planar point sets. Japan Conference on Computational Geometry and Graphs (JCCGG 2009), 2009 年 11 月 11 日, 金沢市文化ホール.
- ④ Yoshio Okamoto and Takeaki Uno. A provably efficient algorithm for the multicriteria linear programming. 20th International Symposium on Mathematical Programming (ISMP 2009), 2009 年 8 月 26 日, University of Chicago, IL, USA.
- ⑤ Yoshio Okamoto and Ryuhei Uehara. How to make a picturesque maze. 21st Canadian Conference on Computational Geometry (CCCG 2009), 2009 年 8 月 18 日, University of British Columbia, Canada.
- ⑥ Yoshio Okamoto. Discrete geometry of multi-criteria optimization problems. Canada-Japan Workshop on Discrete and Computational Geometry. 2009 年 7 月 14 日. 東京大学.
- ⑦ Yoshio Okamoto, Ryuhei Uehara, and Takeaki Uno. Counting the number of matchings in chordal and chordal bipartite graph classes. 35th International Workshop on Graph-Theoretic Concepts in Computer Science (WG 2009), 2009 年 6 月 26 日, Centre Rabelais, Montpellier, France.
- ⑧ Hee-Kap Ahn and Yoshio Okamoto. Adaptive algorithms for the planar convex hull problems. 2nd AAAC Annual Meeting, 2009 年 4 月 11 日, Hangzhou Huajia SHAN Resort, Hangzhou, People Republic of China.
- ⑨ Tobias Christ, Michael Hoffmann, and Yoshio Okamoto. Natural wireless localization is NP-hard. 25th European Workshop on Computational Geometry (EuroCG 2009), 2009 年 3 月 17 日, Université Libre de Bruxelles, Brussels, Belgium.
- ⑩ Hee-Kap Ahn and Yoshio Okamoto. Adaptive computational geometry. RIMS Workshop on Computational Geometry and Discrete Mathematics, 2008 年 10 月 18 日. 京都大学.
- ⑪ Yoshio Okamoto. Drawing binary tanglegrams. RIMS Workshop on Acceleration and Visualization of Computation for Enumeration Problems, 2008 年 9 月 30 日. 京都大学.
- ⑫ Kevin Buchin, Maike Buchin, Jaroslaw Byrka, Marin Nöllenburg, Yoshio Okamoto, Rodrigo I. Silveira, and Alexander Wolff. Drawing (complete) binary tanglegrams: Hardness, approximation, fixed-parameter tractability. 16th International Symposium on Graph Drawing (GD 2008), 2008 年 9 月 24 日, Aldemar Knossos Royal Village Hotel, Hersonissos, Crete, Greece.
- ⑬ Yusuke Abe and Yoshio Okamoto. On algorithmic enumeration of

- higher-order Delaunay triangulations. 11th Japan-Korea Joint Workshop on Algorithms and Computation. 2008年7月20日. 九州大学.
- ⑭ Masayuki Kobayashi and Yoshio Okamoto. Submodularity of minimum-cost spanning tree games. 1st AAAC Annual Meeting, 2008年4月26日. University of Hong Kong.
- ⑮ Tobias Christ, Michael Hoffmann, Yoshio Okamoto, and Takeaki Uno. Improved bounds for wireless localization. 11th Scandinavian Workshop on Algorithm Theory (SWAT 2008), 2008年7月2日, Scandic Opalen Conference Center, Goteborg, Sweden.
- ⑯ Shuji Kijima, Masashi Kiyomi, Yoshio Okamoto, and Takeaki Uno. On listing, sampling, and counting the chordal graphs with edge constraints. 14th Annual International Computing and Combinatorics Conference (COCOON 2008), 2008年6月27-29日, Mercure Teda Dalian Hotel, Dalian, People Republic of China.
- ⑰ Yoshio Okamoto and Takeaki Uno. A polynomial-time-delay polynomial-space algorithm for enumeration problems in multi-criteria optimization. 18th International Symposium on Algorithms and Computation (ISAAC 2007), 2007年12月19日, 仙台エクセルホテル東急.
- ⑱ Xavier Goaoc, Jan Kratochvil, Yoshio Okamoto, Chan-Su Shin, and Alexander Wolff. Moving vertices to make drawings plane. 15th International Symposium on Graph Drawing (GD 2007), 2007年9月24日, Swiss-Grand Resort & Spa Bondi Beach, Sydney, Australia.
- ⑲ Yoshio Okamoto. Hardness of separating a bicolored point set by spheres. 6th Slovenian International Conference on Graph Theory. 2007年6月25日. Best Western Kompas Hotel Bled, Slovenia.
- ⑳ Yoshio Okamoto and Hideki Tsubouchi. Separating a bicolored point set by spheres. Kyoto International Conference on Computational Geometry and Graph Theory in honor of Jin Akiyama and Vašek Chvatal on their 60th birthdays. 2007年6月11日. 京都大学
- ㉑ Yoshio Okamoto and Takeaki Uno. A provably efficient algorithm for the multi-criteria linear programming.
- 5th Hungarian-Japanese Symposium on Discrete Mathematics and Its Applications, 2007年4月3日. 東北大学.
- ㉒ Heidi Gebauer and Yoshio Okamoto. Fast exponential-time algorithms for the forest counting in graph classes. 13th Computing: The Australasian Theory Symposium (CATS 2007), 2007年2月1日, University of Ballarat, Ballarat, Australia.
- ㉓ Heidi Gebauer and Yoshio Okamoto. Fast exponential-time algorithms for the forest counting in graph classes. ICALP'06 Affiliated Workshop "Improving Exponential Time Algorithms." 2006年7月16日. S. Servolo, Venice, Italy.
- ㉔ Takehiro Ito, Yoshio Okamoto, and Takeshi Tokuyama. Algorithms for the full Steiner tree problem. ICALP'06 Affiliated Workshop "Improving Exponential Time Algorithms." 2006年7月16日. S. Servolo, Venice, Italy.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

岡本 吉央 (OKAMOTO YOSHIO)
東京工業大学・大学院情報理工学研究科・
特任准教授
研究者番号：00402660

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし