

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2007～2010

課題番号：19300002

研究課題名（和文） 実際的な制約を考慮した幾何計算問題の解法とその応用に関する研究

研究課題名（英文） Algorithms for Solving Geometric Problems Considering Constraints from Practice and Their Application

研究代表者 浅野 哲夫（ASANO TETSUO）

北陸先端科学技術大学院大学・情報科学研究科・教授

研究者番号：90113133

研究代表者の専門分野：計算幾何学

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，計算幾何学，三角形メッシュ，距離情報

1. 研究計画の概要

本研究は、現実的な制約を考慮に入れつつも、計算幾何の諸問題を効率よく解く解法を開発しようとするものである。具体的には計算幾何学における下記の3問題について統一的な視点から研究を進める。

A. 距離情報から点の座標を求める問題とその応用

対象物間の非類似度を距離行列の形で入力して、距離を最大限保存する形で対象物を低次元空間の点に埋め込むためのアルゴリズムを提案し、実装まで行って計算機実験を行い、その効果を検証する。

B. 三角形メッシュ改善問題とその応用

本研究では有限要素法などで重要な三角形のアスペクト比（最長辺と最小の高さの比）に基づいたメッシュ改善法を提案する。一般の多角形に対しては問題が困難であるので、対象となる多角形を限定して研究を進める。

C. 三等分曲線の計算問題とその応用

与えられた2点の間を三等分する曲線を厳密な意味で求めることが非常に困難であることは申請者らの以前の研究成果で明らかであるが、本研究では更に判定不能問題とも絡めて議論する。

2. 研究の進捗状況

それぞれの問題ごとに研究の進捗状況を述べる。

「A. 距離情報から点の座標を求める問題とその応用」の課題については、従来の大規模な行列計算を用いる方法ではなく、アルゴリズム理論に基づいてデータが大規模になっても効率よく計算が実行できる仕組みを考

案するなど、予備的な研究を既に終了し、すでに国際会議で発表すると共に国際ジャーナルにも採録された。理論面では提案手法の効果が証明できたが、実用性を検証するためにアルゴリズムの実装を行い、計算機実験を行ってその効果を検証する。

「B. 三角形メッシュ改善問題とその応用」については未だに問題の複雑度が明らかになっていない。すなわち、多項式時間のアルゴリズムが可能であるのかが未解決である。最近になって、対象となる多角形に適切な制約を加えると動的計画法により多項式時間のアルゴリズムが設計できることを証明することに成功した。これを木幅 (tree width) と関連付けて、より広いクラスのグラフに対しても多項式時間で最適解を求めることができるアルゴリズムの開発を行う。

「C. 三等分曲線の計算問題とその応用」の研究については昨年度までに理論面で大きな成果を挙げる事ができた。すなわち、三等分線の存在性と唯一性を不動点定理を用いて照明することに世界で初めて成功し、理論計算機科学の分野で高い評価を得た。現在は、多項式時間の近似アルゴリズムに注目し、区分的線形関数による近似の研究を行っている。ユークリッド距離の代わりにマンハッタン距離の一般かである多角形距離を用いるという方法を検討し、様々な性質を証明することに成功した。

3. 現在までの達成度

②おおむね順調に進展している

(理由)

本研究では、計算幾何学における距離に関連

する代表的な3つの問題に対して実際的な制約を考慮して研究を進めてきた。当初計画では、最初に理論を確立し、最後に得られたアルゴリズムを実際に計算機上に実装し、計算機実験によって人間による主観評価も含めた形での検証を行うこととしていた。現在まで理論面は一部を除いて予定通りの成果をあげることができる。アルゴリズムの実装についても順調に進行しており、年度内の完成は十分に期待できる。

4. 今後の研究の推進方策

理論面ではほぼ予定した成果を得ることができたが、三角形メッシュ改善問題については一般的な理論の確立ができていないので、対象となる多角形に制約を加えるという形で理論の完成を目指す。アルゴリズムの実装に関しては順調に進んでいるが、最終的な計算機実験のためには大規模なデータが必要となる。アルゴリズムの実装と共にデータの入手についても関係機関に働きかけていく予定である。

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 8件)

- (1) B. Aronov, T. Asano, and S. Funke, “Optimal Triangulations of points and segments with steiner points,” to appear in International Journal of Computational Geometry and Applications. 査読有
- (2) T. Asano, Peter Brass, and Shinji Sasahara, “Disc Covering Problem with Application to Digital Halftoning,” Theory of Computing System, vol. 46, No. 2, pp. 157-173, February 2010. 査読有
- (3) Tetsuo Asano, Sergey Bereg, and David Kirkpatrick: “Finding Nearest Larger Neighbors: A Case Study in Algorithm Design and Analysis,” Lecture Notes in Computer Science, “Efficient Algorithms,” edited by S. Albers, H. Alt, and S. Naehrer, Springer, pp. 249-260, 2009. 査読有
- (4) Hee-Kap Ahn, Helmut Alt, Tetsuo Asano, Sang Won Bae, Peter Brass, Otfried Cheong, Christian Knauer, Hyeon-Suk Na, Chan-Su Shin, and Alexander Wolff, “Constructing Optimal Highways,” Internat. J. Found. Comput. Sci., 20, 1, pp. 3-23, 2009. 査読有
- (5) T. Asano, P. Bose, P. Carmi, A. Maheshwari, C. Shu, M. Smid, and S. Wührer, “A Linear-Space Algorithm for Distance Preserving Graph Embedding,”

Computational Geometry: Theory and Applications, 42(4), pp. 289-304, 2009. 査読有

- (6) T. Asano, J. Matousek, and T. Tokuyama, “Zone diagrams: Existence, Uniqueness and Algorithmic Challenge,” SIAM J. on Computing, Vol. 37, Issue 4, pp. 1182-1198, September 2007. 査読有

[学会発表] (計 15件)

- (1) Tetsuo Asano, Jesper Jansson, Kunihiko Sadakane, Ryuhei Uehara, and Gabriel Valiente, “Faster Computation of the Robinson-Foulds Distance between Phylogenetic Networks,” to appear in Proc. 21st Combinatorial Pattern Matching, 2010. 2010/06/24, New York 査読有 (発表決定)
- (2) T. Asano, W. Mulzer, and Y. Wang, “Constant-Work-Space Algorithm for a Shortest Path in a Simple Polygon,” (Invited talk) Proc. 4th International Workshop on Algorithms and Computation, WALCOM, Dhaka, Bangladesh, pp. 9-20, Feb. 10, 2010 (Lecture Notes of Computer Science, LNCS 5942, Springer) 査読有
- (3) Tetsuo Asano and Guenter Rote: “Constant Working-Space Algorithms for Geometric Problems,” Proc. Canadian Conference on Computational Geometry, pp. 87-90, Vancouver, 2009. 8. 15. 査読有
- (4) T. Asano, “Online Uniformity of Integer Points on a Line,” Proc. 24th European Workshop on Computational Geometry, March 18-20, pp. 99-102, 2008, Nancy, France 査読有
- (5) Boris Aronov, Tetsuo Asano and Stefan Funke, “Optimal Triangulation with Steiner Points,” Proc. ISAAC 2007, Sendai, pp. 681-691, Dec. 17-19, 2007. 査読有