

令和元年6月10日現在

機関番号：14701

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2018

課題番号：16K12435

研究課題名(和文)位相的な厳密性を保証する近似アルゴリズム図形処理のフレームワーク

研究課題名(英文)A framework of approximation algorithm for the geometrical processing to guarantee topological correctness

研究代表者

今井 敏行 (Imai, Toshiyuki)

和歌山大学・システム工学部・教授

研究者番号：90213214

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、図形処理において近似算法で効率的に図形の位相的な厳密性を保証するフレームワークの可能性を追究した。いろいろな図形の勢力圏分割(ポロノイ図)構成においては、点に対する既存の算法を近似算法の基本に用い、まず、線分、円についてフレームワークに基づく図形処理に成功した。ベジエ曲線分や円弧の交差判定も、このフレームワークで実現した。それを部品として、ベジエ曲線分の勢力圏分割も実現した。これにより、位相構造の厳密性を保証する算法群が、図形処理のフレームワークとして機能することも実証した。さらに一般化して、NURBS曲線分の交差判定にも成功し、NURBS曲線分の勢力圏分割構成に目途が立った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

一般的には近似をすれば近似解しか得られないとされてきた。本研究では計算機で扱われる図形を、具体的な角度や座標値のような実数値をとる計量情報と面や辺の接続関係を表す位相情報とに分離して扱い、近似アルゴリズムを位相情報を厳密に求めるためだけに使う。詳細な近似が必要なのは、図形のごく一部の、位相情報を決定するのが困難な場合に限られるため、位相情報の厳密性と高速性が同時に得られた。ベジエ曲線分に対する交差判定や勢力圏図の構成は、原理的に厳密計算だけで実行できない。これに対して、位相情報だけでも厳密な図形処理を達成できたことは、図形処理において、大きな意義がある。

研究成果の概要(英文)：This research pursues the possibility of a framework that guarantees topological correctness of figures efficiently by approximation algorithm in geometrical processing. In the construction of the Voronoi diagram for various figures, the existing algorithm for the point was used as the basis of the approximation. First, the geometrical processing based on the framework for the line segments or circles was succeeded. Then, the intersection judgment of Bezier curves or arcs is also realized by this framework. We also construct the Voronoi diagrams for Bezier curve using those intersection judgments as parts of the algorithm. This proves that the arithmetic group that guarantees the strictness of the topological structure functions as a framework for geometrical processing. We also succeeded in crossing the (more generalized) NURBS curve. The Voronoi diagram for the NURBS curves will be constructed by this framework.

研究分野：数理工学

キーワード：計算幾何学 近似アルゴリズム 位相情報 図形処理

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

計算幾何学は 1978 年にアルゴリズム論から派生した分野である。それは組合せ論など離散数学のアルゴリズム一般論よりも高速な幾何アルゴリズムの構築を図形がもつ特有の性質を利用して実現することから始まった。図形処理において、扱う対象をより一般に、より複雑にしたいという需要は常に存在するが、需要に応じた高速な幾何アルゴリズムを構築し続けていくのは容易ではない。そのため、既に関与されたものを利用し、近似アルゴリズムで代用することが一般的に行なわれていた。一方、近似アルゴリズムでは近似解しか得られないのが常識になっていた。

2. 研究の目的

本研究においては図形処理の分野で近似アルゴリズムにより厳密解を求められることを示し、そのような処理のフレームワークを作り上げる。単純な図形の処理アルゴリズムを近似的に用いて、複雑な図形の幾何的処理を厳密に行なうことを、はじめは勢力圏分割や凸包の構成など、個々の例において実証し、最終的には図形処理の大きな枠組みを構築する。本研究ではそれが可能であることを示す。

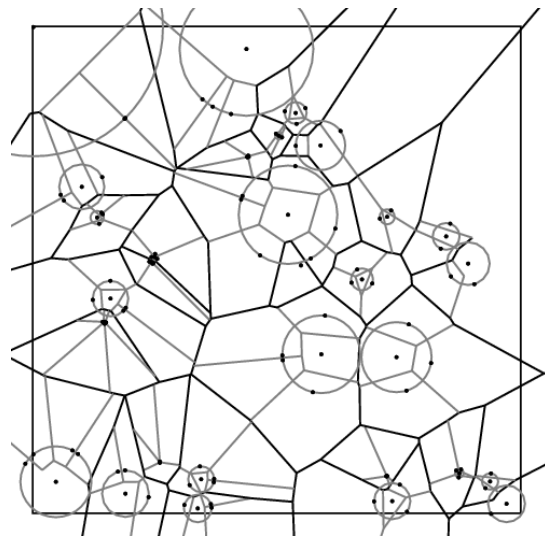
3. 研究の方法

本研究では、教科書程度の基礎図形処理のアルゴリズムを近似アルゴリズムとして選択し、より一般化した図形の厳密な図形処理アルゴリズムが構築できること(可能性)を示す。安定な高速アルゴリズムをめざすが、計算量や安定性はプログラムを実装し実験で確認する。退化入力は動作実験するが対処は次の課題とする。選択する図形処理としては、勢力圏分割や凸包などを中心とし、点群を対象とする基礎アルゴリズムを用いて、線分、多角形、円、ベジエ曲線を対象とする一般化を行う。

4. 研究成果

いろいろな図形の勢力圏分割(ポロノイ図)構成においては、点に対する既存の算法を近似算法の基本に用い、まず線分、円についてフレームワークに基づいた図形処理に成功した(図)。

次に、線分と円が混在した生成元に対する勢力圏分割の構成もプログラムとして実装し、実現した。この際、本フレームワークで位相的な厳密性を保持するため、線分と円それぞれに対する個別処理の必要性が判明し、近似算法による統一的な処理を目指す意味で欠点となった。ベジエ曲線分や円弧の交差判定も、このフレームワークで実現した。この場合の近似に用いた算法は、線分の交差判定である。それを部品として、ベジエ曲線分の勢力圏分割も実現した。まだ効率化の余地があるものの現状で一般的な近似算法より少数の近似点で実現できている。またこれにより、位相構造の厳密性を保証する算法群が、図形処理のフレームワークとして機能することも実証した。ベジエ曲線の勢力圏分割は、厳密計算では構成できないので、位相的な厳密性が保証できたことは画期的である。さらに、未発表であるが、より一般化し NURBS 曲線分の交差判定にも成功し、NURBS 曲線分の勢力圏分割構成に目途が立った。これは、線分や円、ベジエ曲線を包含する曲線なので、本フレームワークの欠点として発見された個別処理の必要性を回避できると予想される。また、点列や線分で近似するほかに、直線を確率的に分布するものとして近似する手法にも着手したが、本フレームワークに組み込むに至っていない。



図：位相的に厳密な円の勢力圏分割

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 12 件)

[1] 今井敏行: 構造情報処理の厳密性を保証する近似図形処理フレームワーク 日本応用数学会 2018 年度年会 (2018 年度)

[2] 辻野弘章, 今井敏行: Bezier 曲線を生成元とした Voronoi 図の正確な隣接関係の決定 日本応用数学会 2018 年度年会 (2018 年度)

[3] 舩本高紀, 陳謙, 今井敏行: 消失点検出のための直線の確率表現に基づく投票法 日本応用数学会 2018 年度年会 (2018 年度)

- [4] 辻野弘章, 今井敏行: Bezier 曲線を生成元とする Voronoi 図の厳密な位相構造の決定 2018 年度 情報処理学会関西支部 支部大会 (2018 年度)
- [5] 舩本高紀, 陳謙, 今井敏行: 直線の確率表現に基づく消失点の安定検出に関する研究 2018 年度 情報処理学会関西支部 支部大会 (2018 年度)
- [6] 舩本高紀, 陳謙, 今井敏行: 確率的表現に基づく消失点の安定検出に関する研究 情報処理学会 第 81 回全国大会 (2018 年度)
- [7] 辻野弘章, 今井敏行: Bezier 曲線を生成元とする Voronoi 図の位相構造の決定 情報処理学会 第 81 回全国大会 (2018 年度)
- [8] 今井敏行: 生成元として円と線分が混在した Voronoi 図の位相的に厳密な近似構成 日本応用数理学会 2017 年度年会 (2017 年度)
- [9] 辻野弘章, 今井敏行: 点列近似による Bezier 曲線の Voronoi 図の位相的に正確な構成 日本応用数理学会 2017 年度年会 (2017 年度)
- [10] 辻野弘章, 今井敏行: Bezier 曲線を生成元とする Voronoi 図の正確な位相構造の決定 応用数理 学生・若手研究者のための研究交流会 (2017 年度)
- [11] 今井敏行: 領域隣接情報が厳密な円の Voronoi 図の近似構成の性能評価 情報処理学会 第 79 回全国大会 (2016 年度)
- [12] 今井敏行: 位相的に厳密な円や線分の Voronoi 図の統一的近似構成 日本応用数理学会 2016 年度年会 (2016 年度)
- 年度)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年:
国内外の別:

取得状況(計 0 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年:
国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名:

ローマ字氏名:

所属研究機関名:

部局名:

職名:

研究者番号(8桁):

(2) 研究協力者

研究協力者氏名:

ローマ字氏名:

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。