



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Computing Geodesics on Polyhedral Surfaces [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	館入, 数磨
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(情報科学)
Dissertation Number	甲第16065号
Issue Date	2024-06-28
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/92784
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Kazuma_Tateiri_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士 (情報科学) 氏名 舘入 数磨

審査担当者 主 査 教 授 有村 博紀
副 査 教 授 堀山 貴史
副 査 教 授 沼田 泰英

学位論文題名

Computing Geodesics on Polyhedral Surfaces (多面体上の測地線の計算)

コンピュータグラフィックス (CG) や、コンピュータ支援設計 (CAD)、地理情報システム (GIS) に代表される実世界空間情報処理への関心の高まりから、膨大な量の 3 次元空間の物体データや計測データがネットワークや記憶媒体上に蓄積され、計算機上で収集・解析・加工されるようになってきた。これらの新しいタイプの 3 次元データの多くは、3 次元のメッシュデータや点群データのようになり、平面や、辺、頂点からなる離散的な連続図形であり、その抽象化の一つが、3 次元空間の多面体 (polyhedron) である。

一方、離散最適化において、グラフ (graph) 上の指定した 2 点間をつなぐ最短路の計算は、1960 年代から集中的に調べられてきた問題の一つである。3 次元空間において最短路に対応する概念が、多面体上の測地線 (geodesics) である。ここに、測地線とは、多面体の表面だけを通り、2 点をつなぐ経路のなかで、微小な摂動の下で局所的に最短なものをいう。連続な空間に埋め込まれた離散的な構造が関わるために、測地線は効率良く計算することが難しく、その効率良い計算手法の研究開発は十分でない。応用の観点からは、測地線の計算は、3 次元の対象を扱うコンピュータグラフィックスや、地理情報システムにおける基本的な技術となると期待される。したがって、3 次元の多面体上における測地線を効率良く扱う方法を明らかにすることは、アルゴリズム理論における重要な課題といえる。

以上の背景のもとに、本論文において、著者は、多面体上の測地線に関する 2 つの計算問題の効率良いアルゴリズムについて考察している。はじめに 2 章において、著者は、幾何学と多面体に関する基本的な定義を与えたあとで、多面体上の測地線を定義して、以降の章に必要な概念と用語の準備を行っている。

次に 3 章では、第一の問題として、多面体上の単一始点最短測地線探索問題を解の列挙問題に拡張して、非凸な多面体上の単一始点からの測地線の列挙問題 (single source geodesic enumeration problem) を考察している。この測地線列挙問題は、今回初めて定式化し研究される新しい問題であり、多面体上では固定した始点に対して非加算無限個の終点がとれるため、その定式化は自明でない。これに対して、著者は、利用者がアドホックに与えた終点に対して、始点から終点に至る測地線すべてを列挙するという測地線列挙クエリを導入し、このクエリに効率良く答えられるコンパクトなデータ構造を前処理で求める問題として、測地線の列挙問題を定式化した。成果として、クエリ処理のためのコンパクトなデータ構造である完全測地区間木と、その改良版である既約測地区間木を提案し、これらに関する効率良い前処理アルゴリズムを与えている。さらに、計算量の理論解析および計算機実験によって、実行時間やメモリ消費に関して、基本手法に比べて、改良版手法の優位性を

実証的に示している.

続いて 4 章では, 第二の問題として, 多面体における最小跡の計算問題 (cut locus computation problem) の計算を考察している. 2 次元の平面幾何において, 与えられた点集合の複数の点から等しい距離にある地点全体は, 平面全体を直線分でいくつかの素な領域に分割する. この図形はボロノイ図と呼ばれ, 地理情報システムやパターン認識において, 多数の応用をもつ重要な問題となっている. 本論文で考察する 3 次元多面体上では, ただ一つの始点に対しても同様の図形が定義できることが知られており, これを多面体上の始点からの最小跡 (cut locus) とよぶ. 著者は, これまでに多面体の展開図に関連して最小跡の性質が研究されてきた一方で, その効率良い計算手法がほとんど研究されていないことに着目し, 関連する最短測地線探索問題に対する既存アルゴリズムを拡張する形で, 凸多面体上で最小跡を構築する高速なアルゴリズムを与えている. さらに, アルゴリズムの中間計算結果を保存することで, 測地線クエリを効率良く処理する手法を提案し, 計算機実験によって提案アルゴリズムの計算時間を実証的に評価している.

これを要するに, 著者は, 離散および計算幾何学分野における 3 次元空間の多面体上の測地線に関して, 種々の計算問題に着目し, 凸または非凸な多面体上において効率良いアルゴリズムの設計と実装が可能であるという新知見を得たものであり, 情報科学における離散アルゴリズムと空間データ処理分野において貢献するところ大なるものがある. よって著者は, 北海道大学博士 (情報科学) の学位を授与される資格あるものと認める.