

審査の結果の要旨

氏 名 鄭 波

本論文は、「2D Curve and 3D Surface Representation using Implicit Polynomial and Its Application (陰関数を用いた2D曲線と3D曲面の多項式表現とその応用)」と題し、計測等により得られた平面曲線や空間曲面等のデータを多項式陰関数により効率的に表現する手法を提案するとともに、実際に多項式陰関数モデルを用いた3次元モデル間および2次元画像-3次元モデル間的高速位置合わせや超音波画像解析への応用を示した研究をまとめたものであり、6章で構成され、英文で書かれている。

第1章「Introduction」では、平面曲線・空間曲面のモデリング技術について概観し、モデリングの手法を大きく(1) Explicit、(2) Parametric、(3) Implicitな方法に分類し、それぞれの従来研究について紹介している。さらに、既提案手法の問題点を指摘し、問題を解消するための方針を示している。

第2章は「Implicit polynomial」と題し、多項式陰関数の定義、モデリング(対象形状とのフィッティング)に関する関連研究、コンピュータビジョンに役立つ多項式陰関数の性質について述べている。フィッティング手法として非線形および線形手法の2つが提案されているが、計算の頑健さ、高速さから本手法は線形手法をベースとすることを述べている。また、線形手法として代表的な3つの手法: 3L法、Gradient-One法、Min-Max、Min-Var法を紹介している。本手法は、いずれの線形手法にも適用可能な手法である。また、計算の安定性を増すためのRidge Regression (RR)法も紹介している。さらに、多項式陰関数独特の演算、不変量に関して紹介している。

第3章は「3D Surface Segmentation and Representation using IP」と題し、多項式陰関数の表現能力を増す手法の1つとして、対象形状を多項式陰関数で表現するのに適した断片に分割しながら、複数多項式陰関数の組み合わせで表現する方法を提案している。従来の曲率等の幾何的特徴量に基づく方法、グラフカット等のクラスタリングに基づく方法では、必ずしも多項式陰関数表現に適した分割が得られないことを述べ、多項式陰関数を直接用いたcut-and-merge戦略に基づく手法を提案している。その際、多項式陰関数の微分可能性、および微分幾何の知見等を積極的に利用している。また、提案手法が従来の多項式陰関数の不変量の利用に関し悪影響を与えないことを理論的、実験的に示している。

第4章は「An Adaptive and Stable Method for IP fitting」と題し、多項式陰関数の表現能力を増すもう1つの手法として、多項式の次数を適応的に決定する方法を提案している。従来法では、フィッティングの際の逆行列演算の過程において、あらかじめ次数を決定する必要があったが、Gram-Schmidtの直交化に基づくQR分解を用い、その増分的計算可能性を利用して適応的に次数を決定する方法を提案している。また増分の過程と協調することでRR法を部分的に適用することにより、表現能力と計算安定性を同時に満たす手法を提案している。また第3章の分割表現手法と同時に用いる方法についても述べている。

第5章は「A Fast Registration Method using IP Gradient Field」と題し、多項式陰関数の勾配場を利用することにより、3次元モデル同士、2次元画像と3次元モデルを高速に位置合わせする手法を提案している。多項式陰関数の微分可能性に着目し、代数的距離に基づくエネルギー関数を定義し、エネルギー最小化の枠組みで高速な位置合わせを実現している。また、エネルギー関数に超音波画像特有の特性を加えることで、従来S/N比が低く画像処理が困難な2次元超音波画像に対して、頑健に3次元モデルを位置合わせする方法を提案している。これにより手術中に取得された超音波画像とあらかじめモデル化された臓器とを位置合わせすることにより、医師の画像理解を助けるのに役に立つことが期待される。

第6章は「Conclusion」であり、本論文の成果を要約するとともに今後の課題が示されている。

以上これを要するに、本論文では、計測等により得られた平面曲線や空間曲面等のデータを多項式陰関数により効率的に表現する手法を提案しており、多項式陰関数の表現能力の低さを、(1)対象形状のセグメンテーション、(2)多項式の次数の適応的選択、の2つのアイデアにより解決する方法を提案し、有効性を示し、また従来処理が困難であった超音波画像処理への適用例を示しており、電子情報学上貢献するところが少なくない。

よって博士(情報理工学)の学位請求論文として合格と認められる。