

氏名(本籍)	伊 東 拓 (岩手県)
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	博甲第3959号
学位授与年月日	平成18年3月24日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
審査研究科	システム情報工学研究科
学位論文題目	陰関数曲面モデル生成問題への数値解析的アプローチ
主査	筑波大学教授 工学博士 北川高嗣
副査	筑波大学教授 理学博士 佐藤三久
副査	筑波大学教授 博士(工学) 福井幸男
副査	筑波大学助教授 工学博士 工藤博幸
副査	筑波大学助教授 博士(工学) 小木哲朗

論文の内容の要旨

本論文では3次元領域において、重複のない離散点群から3次元形状を再構成する問題を考えている。同問題は、CG (Computer Graphics)、CAD (Computer Aided Design) や3Dレーザスキャナの処理過程等で現れる。近年この問題に対して、陰関数曲面による表現法が注目されている。本論文では、陰関数を用いて3次元形状を再構成する問題を、陰関数曲面モデル生成問題と呼ぶ。同問題においては、陰関数曲面を生成するために形状関数を求める必要がある。形状関数を求める方法は、大きく分けて2種類に大別できる。1つは与えられた離散点群を統一的に扱う方法で、RBF (Radial Basis Functions) と呼ばれる基底を用いて、形状関数を構成する。もう1つは、領域を適応的に再分割することで小領域を作成して各小領域毎にローカル関数を生成し、最後にPU (Partition of Unity) と呼ばれる重み関数を介して形状関数を構成する方法である。

本論文では、前者および後者の方法それぞれについて考え、数値解析的なアプローチをした。まず、前者の方法では、処理過程で現れる連立1次方程式の解法に、前処理付き反復法を導入した。特に基底としてCSRBF (Compactly-Supported Radial Basis Functions) を用いた際に現れる連立1次方程式 (CSRBF型連立1次方程式) について考え、同連立1次方程式の解法として適切な前処理と反復法の組み合わせを探った。その結果、不完全Cholesky分解とCG法の組み合わせ (ICCG法) がCPU時間とメモリ使用量の両面で優れていることから、CSRBF型連立1次方程式の解法として適していることを明らかにした。

次に、不完全Cholesky分解前処理に注目して、同前処理の性能向上を図っている。特に、厳密なCholesky分解を行ったときに現れるFill-inの個数が不完全Cholesky分解の性能に関係していると考え、Fill-inが少なくなるように行列を帯行列化した。これはいわば前処理の前処理であり、このようなアプローチはこれまでにほとんどとられてこなかった。帯行列化した場合には、帯行列化しない場合と比較して、約3倍程度高速に連立1次方程式を解くことができる例を挙げている。

一方、後者の方法においては、まず、PUとRBFを用いた方法 (PU+RBF法) において、形状関数生成時に実行するAdjusting Schemeの簡略化を行った。この簡略化の適用によって、関数生成に必要なCPU時間

を減少できた。その際に、関数の精度はオリジナルの方法と比較して下がるが、視覚的には十分な精度を保っていた。また、ローカル形状関数を求める際に解く必要のある連立1次方程式において、係数行列を形状関数及び属性情報関数の両方で一致するように構成し、LU分解を適用することによって、余分な計算コストをほとんど必要とせずに属性情報関数を生成している。

審査の結果の要旨

本研究で使用している Kojekine らの帯行列化のアルゴリズムは、CSRBF 型連立1次方程式以外にも、係数行列の非零構造が節点間の距離で決まるような問題の場合、適用可能である。したがって、本研究成果は陰関数曲面モデル生成問題に限らず、他の問題においても、帯行列化後に不完全 Cholesky 分解を適用することで、高速に連立1次方程式を解ける可能性がある。

さらに、MPU (Multi-level Partition of Unity implicits) 法に陰関数曲面モデルへの属性情報の付加法を応用し、特に色情報について考え、MPU 法に基づく色情報付き陰関数曲面の生成を行っている。その際に、単に色関数を作るだけでなく、色情報特有の問題である色境界の表現法について考えた。鮮明な色境界を表現するには不連続関数を構成する必要がある、通常の属性情報関数生成のアプローチでは構成することはできない。本研究では、RBF を用いた不連続関数の構成法を提案した。同構成法を用いることで2色までの色境界を鮮明に表現することができ、これは本研究独自の成果である。

よって、著者は博士(工学)の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。