

[別紙 2]

審査の結果の要旨

氏 名 古 川 慈 之

製造業ではデジタルエンジニアリングの普及により、多くの場面で3次元形状データが使われるようになってきた。その結果、形状モデルが容易に生成でき、共有・再利用ができる環境の構築に対する要求が強くなっている。本論文は自由曲面形状を対象とし、データの作成(モデリング)・共有・再利用を支援するための研究について述べられており、5つの章で構成されている。

第1章では、自由曲面形状のモデリング・共有・再利用に関する研究の重要性について、その背景と目的が述べられている。本論文では、3つの研究テーマを取り上げている。その内容は、曲面データ圧縮、自由形状のカットアンドペースト編集、曲線群からの曲面生成とフェアリングである。これらの研究は、自由曲面形状のモデリング・共有・再利用を達成するために非常に有用であるものの、現時点で入手可能な商用システムでは実現が困難なものである。

第2章では、ネットワークを介した曲面形状データの共有を支援するための研究として、曲面データ圧縮について述べられている。ここでは機械系CADで汎用的に使われているNURBS曲面のデータ圧縮を行う手法を提案している。従来の圧縮手法では、多くの場合、3角形メッシュや他の曲面形式への変換が必要であった。また、NURBS曲面を対象とした圧縮手法も提案されていたものの、圧縮によって個々の曲面パッチ間に隙間が生じるため、品質が劣化するという問題があった。これに対して、本論文では、境界曲線を内挿して近似曲面を生成し、元の曲面との差分を符号化する手法を提案した。さらに、差分の符号化の際に、制御点座標の高周波成分の解像度を落とす損失のある圧縮を施すことで、圧縮率と品質のトレードオフを制御できることを示した。それにより、圧縮率を大きくしたときもパッチ間の隙間が生じない、効率的な圧縮が実現できた。本研究の成果によって、ほとんどの形状処理システムが扱える形式でのデータ共有と再利用を促進できる曲面データ圧縮が可能となった。

第3章では、自由形状の再利用によるモデリングを支援するための研究として、自由形状のカットアンドペースト編集について述べられている。自由形状のカットアンドペースト編集とは、滑らかで平坦な形状の上に存在する詳細な形状を対象として、形状の切り取りと貼り付けを実現する形状編集手法である。ベースとなる形状と詳細な形状を独立に管理して再利用することが可能なため、再利用における柔軟性が高いという特徴がある。この編集手法は近年盛んに研究がなされているが、2つの大きな問題点が存在する。ひとつ

は、詳細な形状を貼り付けた後の形状に自己交差が生じる可能性があることである。もうひとつは、ベース形状と詳細形状が位相同型でない場合には適用が難しいことである。これに対して、本研究では、 \mathbb{R}^3 から \mathbb{R}^3 への空間的な写像に基づくカットアンドペースト編集手法を提案し、それによって上記の問題点を解決できることを示している。空間的な写像は、制約付きのパラメトリックボリュームフィッティングとして定式化し、ボリュームの平滑さの指標を含む目的関数の最適化によって算出できることが示されている。以上のような手法の提案により、再利用することが可能な自由形状の定義域が拡大し、形状データの再利用に大きく貢献したといえる。

第4章では、過去に設計したワイヤフレームデータを再利用して高品質な曲面を生成するための研究として、曲線群からの曲面生成とフェアリングについて述べられている。このような曲線群からの曲面生成は船型設計においてよく用いられるものであるが、従来手法では、生成された曲面に無視できないうねりが生じ、手作業による修正が必要となることが多かった。そこで、本研究では、曲率分布に応じた拘束点の配置を導入した曲面生成を導入することで、微小な曲面の歪みと比較的大きな歪みを同時に除去する方法を示した。ただし、この場合においても、曲面の滑らかさと精度の間に存在するトレードオフが問題となりうることがわかった。この問題は曲面を複数のパッチに分割することで軽減できることが知られているが、その分割基準は明らかではなかった。そこで、本研究では、曲面の品質基準を定式化した指標を用いて曲面の分割線の決定を支援する手法を提案している。

第5章では、自由曲面形状のモデリング・共有・再利用に対して、研究によって得られた成果をまとめ、今後の課題と展望を述べている。

以上、本論文は自由曲面形状のモデリング・共有・再利用を促進するために解決すべき要素技術を示し、それぞれの実現手法とその効果を示した。それによって、製品設計支援技術に関する重要な知見が多数得られている。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。