

氏 名	グリバハ シライ Gulibaha Silayi	
本籍（国籍）	中国	
学位の種類	博士(工学)	
学位記番号	工博 第261号	
学位授与年月日	平成27年 9月25日	
学位授与の要件	学位規則第5条第1項該当 課程博士	
研究科及び専攻	工学研究科デザイン・メディア工学専攻	
学位論文 題目	Surface Fitting Method Based on the Boundary Curves of a Trimmed Surface Considering the G^1-continuity with Adjacent Surfaces (隣接面との G^1 連続性を考慮したトリム曲面の境界曲線に基づく曲面当てはめ手法)	
学位審査委員	主査 教授	今野 晃市
	副査 教授	千葉 則茂
	副査 教授	大塚 尚寛

論文内容の要旨

A 3D CAD (Computer Aided Design) system is a system that can design a product shape in a three-dimensional model and it has become an indispensable tool for manufacturing. The 3D CAD system, which is the core of the application of Information Technologies, is spreading widely. A 3D model designed with 3D CAD systems are becoming vital communication tools between the design process and downstream processes. The more extensive use of a 3D model outside traditional design and manufacturing is trending now. To distribute 3D data quickly to downstream departments is a significant boosts to product quality, production costs, and delivery to markets. In the downstream department, a 3D data received from a design department can be effectively utilized as a reference model for the creation of various process procedures and/or technical documents, such as creating visual assembly instructions, product manuals and product catalogs. In such works, clear visual communication for ease of understanding is important. However, size of 3D CAD data for expressing precise forms tends to be big and takes long time to compute, therefore it may interfere with communication among users. In addition, interoperability also causes poor communication since downstream applications rely on the reusability and interoperability of CAD models. Since the internal data structures and tolerances do not coincide in each system, the intended shape model for downstream distribution may not be delivered correctly. If the shape delivery fails in one system, the shape should be modified through some method to import suitably within the system. For example, a gap is one of the most serious

interoperability challenges between CAD/CAM/ CAE systems. To overcome the problem, direct modeling method which modifies a curve mesh is effective. In direct modeling, modification of a trimmed surface has the restriction where boundary edges must lie on the surface within a certain tolerance. Thus, it is difficult to maintain geometrical consistency of the modified boundary edges and surfaces. Therefore, it is effective to apply a new free-form surface to a closed region enclosed with modified boundary edges because the consistency of the trimmed surface can be maintained.

In a surface fitting method, how to guarantee a smooth connection between adjacent B-spline surfaces is very important. In a conventional surface fitting method which approximates a surface using sample points derived from the tangent plane, surface continuity with an adjacent surface will collapse because the surface was generated individually. In contrast, Muraki et al. proposed a surface fitting method in consideration of maintaining G^1 -continuity with adjacent surfaces. In their method, G^1 -continuity is guaranteed on part of the common boundary edges. However, when a surface connects with adjacent surfaces with G^1 -continuity in two adjoining directions along the common boundary edges, the conditions used as G^1 -continuous cannot be fulfilled near the corner portions with a B-spline surface.

The goal of this work is to make contribution to the communication among downstream processes using 3D data. To be more concrete, first we propose a new surface representation to solve the problems of the Muraki's method, then, contribute to the development of the current 3D models compression and retrieval method and evaluate the 3D data compression and retrieval application system. In our new surface fitting method, 3D shapes can be approximated with good accuracy as a reference model for downstream processes. Our method generates a trimmed surface that is G^1 -continuous with adjacent surfaces in all directions and applicable to shapes with a hole. Our method integrates the advantages of Gregory and B-spline surfaces to define a new surface representation. First, when two surfaces are connected with G^1 -continuity, we calculate the G^1 -continuous control points at the common boundary by using joining equations. Next, a bi-cubic Gregory patch is constructed by the G^1 -continuous control points. Since the constructed Gregory patch is insufficient for representing a trimmed surface, knots are inserted in both u and v directions for increasing the degree of freedom. Then, the unknown inner control points are optimized using least squares approximation method. Finally, a new surface is constructed by applying our new surface representation to a closed region. The proposed method is applicable to shapes with a hole. Moreover, our method is independent of the position and the hole shape. Our method is also applicable to a region surrounded by surfaces in all directions connecting with G^1 -continuity. Since our method

generates surface from boundary edge information, it is applicable to various applications. For instance, by including our method in the trimmed surface compression method, a smooth surface with good quality can be generated. It is also effective for direct modeling where shapes with a hole are modified. Moreover, the performance of 3D data compression and retrieval application system is evaluated with different network environments: such as third generation of mobile telecommunications (3G) and Worldwide Interoperability for Microwave Access (WiMAX). As the result, we confirmed the effectiveness of the compression method with practical data.

論文審査結果の要旨

本論文は、曲線メッシュで表された3次元曲面モデルを圧縮・転送するための基盤となる、曲面当てはめ手法について提案している。一般に3次元曲面モデルは、元になる曲面とそれをトリミングする境界曲線のペアで定義される、トリム曲面が用いられる。トリム曲面はデータ量が多いため、インターネットを通じて効率よく転送するためには、データの圧縮・転送技術が必要である。また、データの圧縮には、トリム曲面の元になる曲面データを圧縮することが効果的であることが知られている。本論文では、3次元曲面モデルの品質を維持しながら大幅に圧縮する手法として、トリム曲面の境界曲線から曲面データを推定する曲面当てはめ手法が提案されている。

従来、曲面当てはめ手法の一つに N-side Filling 法がある。N-side Filling 法では、生成された曲面と隣接する曲面を滑らかに接続することが困難であるため、隣接面との滑らかな接続を利点とする曲面内挿法との融合によるハイブリッド手法が提案されている。しかし、従来手法では隣接面との滑らかさは近似的であり、当てはめた曲面の品質に問題がある。本論文では、ハイブリッド手法に適した曲面表現を新たに提案し、その曲面を用いた曲面当てはめ手法を提案している。また提案手法では、隣接面との滑らかさを保証し、品質の高い曲面を生成できることが述べられている。

本論文の構成は以下の通りである。

第1章は序論であり、本研究の背景、課題、関連研究などについて述べられている。

第2章では、本研究の基盤技術である、曲面内挿法と N-side Filling 法、および B-spline 曲面を用いた曲面当てはめ手法について述べられている。また、従来手法の問題点として、隣接する2曲面間の連続性が不十分であることが説明されている。

第3章では、第2章で述べた問題点を解決するために、B-spline 曲面と Gregory 曲面を融合した新しい曲面表現が提案されている。そして、その曲面を用いて隣接

面との滑らかな接続を維持しながら、穴のある形状に曲面当てはめを行う手法について述べられている。具体的には、隣接面との滑らかな接続のために、u, v 方向の境界横断導関数を独立に制御できるように、B-spline 曲面表現を拡張し、G1 連続性の条件を解くことで、隣接面との滑らかさを維持する境界横断導関数を導出している。また、曲面の内部制御点を最小二乗法により算出し、穴の形状と当てはめる曲面の整合性を維持している。提案手法は、これまで B-spline 曲面では実現が困難であった連続性の維持と曲面当てはめの両方を実現した、従来よりも進んだ手法であり、曲面当てはめ手法として有効性があると判断できる。

第4章では、圧縮データを効率よく復元するアルゴリズムについて提案している。また、B-spline 曲面を用いた曲面当てはめ手法に基づいた曲面モデルの圧縮・転送と、復元手法の性能を評価した結果が述べられている。まず、IGES (Initial Graphics Exchange Specification) 形式で表現された3次元曲面モデルと、IGES形式の曲面モデルを商用の3次元曲面モデル圧縮ツールによる圧縮データ、提案手法で圧縮したデータの3種類のデータに対して、3G (Third Generation of Mobile Telecommunications) とWiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) を用いて圧縮データのインターネット転送を行い、その時間を計測している。また転送後の3次元曲面モデルの復元時間を計測し、転送と復元の総時間を比較して、提案手法の優位性を示している。復元時間を短縮するために、圧縮時の計算結果の一部を保持することも示されている。提案手法は、圧縮された3次元曲面モデルを効率よく復元する手法を示し、圧縮から復元までの一貫した過程について、高い有用性があると評価できる。

第5章は結論であり、本論文をまとめるとともに、今後に残された課題について述べられている。

以上、本論文は、3次元曲面モデルを高品質に圧縮するための曲面表現と、3次元曲面モデルを圧縮したデータの復元手法を提案し、3次元曲面モデルをインターネットを通じて有効活用するための基盤技術として、その有効性、有用性を示したものであり、ものづくり分野におけるCAD/CAMシステムの発展に寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士(工学)の学位論文として合格と認める。

原著論文名 (1編を記載)

Gulibaha Silayi, Tsutomu Kinoshita, Katsutsugu Matsuyama, Kouichi Konno, Generating a Reference Model of the Surface with a Hole for Downstream Process, Computer-Aided Design and Applications, accepted.