

研究計画

1. 研究の目的

本研究は、ラティス構造を持つ 3 次元形状を効率的に作成する手法を開発することを目的とし、ラティス構造を持つ 3 次元形状同士を組み合わせて融合形状を作り出す新しいモデリング手法を提案する。

2. 研究の背景

近年、サブディビジョン・サーフェス（再分割曲面）を代表とする制御格子を用いた形状データ表現が研究され、3 次元形状データの作成、編集といった作業を効率化し、形状データの軽量化を試みる技術が研究されている。この制御格子を用いたデータ表現はラティス構造と呼ばれ、インタラクティブな変形操作やデータの軽量化を実現し、モデリングシステムやアニメーション作成に新しいツールとして用いられている。このラティス構造は、曲面データを直接ファイル内部に収めているわけではなく、制御格子とよばれる粗いポリゴン形状のデータと、そのポリゴンの各頂点に割り当てられている曲面生成に必要な重み付け情報を持っている。そして、曲面の表示、評価が必要となる際にラティス構造を解釈し、重み付け情報から曲面を生成するという仕組みになっている。曲面形状の変形やアニメーションは、この制御格子の各要素を移動、変形することで行う。現在、広く用いられている NURBS（非一様有理 B-Spline）よりもデータ作成、保持において優れた点が多く、ハイエンドなデザイン市場においてその有用性が高まっている。

一方で、従来のポリゴンメッシュや NURBS といったデータ表現に利用されてきたツール、手法だけでは、直感的かつ効率的にラティス構造を持つ形状データを作成できないという問題を持つ。従来の 3 次元形状データの作成機能の一つに、複数の形状を組み合わせる集合演算がある。この演算によって生成される形状データは、トリム曲面やリパッチ面、凹多角形や C ループといった不規則で扱いにくいデータ表現を必要とし、形状を作成する上で大きな制限を持つ。また、ラティス構造を持つ 3 次元形状間で集合演算を行うと、その特性上予測できない形状が生成され、意図した結果が得られないといった問題点を持つ。こうした問題点を解決する新しい形状作成手法が必要になっている。

3. 本研究の課題

そこで、本研究ではラティス構造を持つ 3 次元形状を効率的に作成する手法を提案する。本研究で提案する手法は、ラティス構造を持つ複数の 3 次元形状同士を滑らかに 1 つの形状に融合し、3 次元形状のカット＆ペーストを実現する。これによって、基本形状や形状データの任意の一部分の組み合わせによるモデリングが可能になり、既存の形状データを再利用できるという利点を持つ。これにより、従来よりも直感的かつ効率的な 3 次元形状作成が可能になる。

本研究において重要になる要件は次の 2 つ課題である。第 1 に、位相生成の問題である。2 つの形状を融合する際に、集合演算を精密に行うと不規則な形状データが出来てしまい、その後の変形、アニメーション作成などの操作を制限してしまうという問題がある。第 2 に、幾何情報の問題である。融合演算の前後で位相が変化するため、頂点座標などの幾何情報を元の形状に基づいて決定する必要がある。

4. 問題解決のアプローチ

4-1 動的な位相生成

第 1 の課題を解決するために、本研究では次のような手法を試みる。まず、入力形状同士の干渉を考慮して、あらかじめ不規則なデータ構造になる可能性のある要素を削除する。融合演算の影響を受ける面、稜線といった制御格子の位相要素を削除し、出力される境界同士を接続することで新たに最適な位相要素を動的に生成する。また、新しく作成された融合形状を、元の位相構造に基づいて最適な形状に変形していく。このような方法で演算を行うと処理を高速に行うことができ、操作しやすいデータ構造を持つ 3 次元形状を生成することができる。

4-2 制御格子のフィッティング

第 2 の課題を解決するために、エラーエネルギー関数を用いた形状評価を用いて頂点座標などの幾何情報を決定する手法を試みる。これは、演算のために入力された元の曲面形状と、新たに定義された制御格子によって生成される曲面形状との誤差を計算し、その誤差が最小になるように制御格子を修正していく方法である。また、評価関数の結果に応じて再度位相構造も修正し、最適な制御格子を作成するよう処理を進めていく。このように制御格子のフィッティングを行うことで、精度の向上と制御格子の位相構造の自由な生成が可能になると本研究は予想する。

研究計画

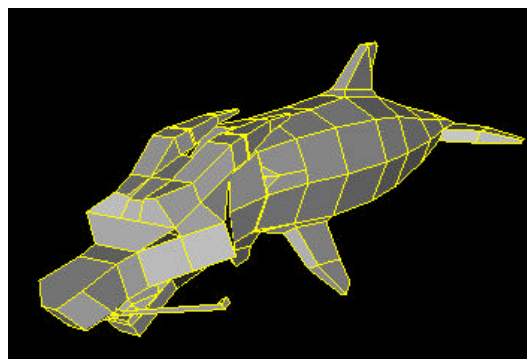
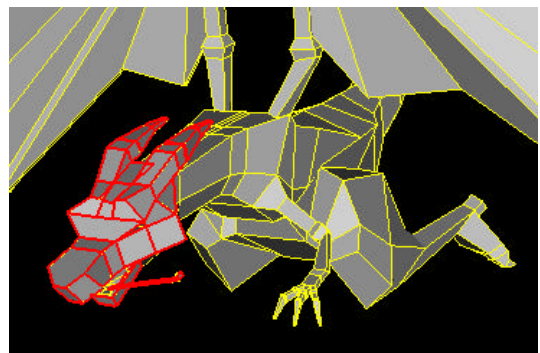
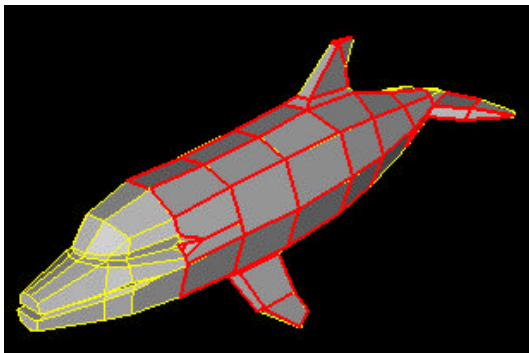
5. 融合演算の実行プロセス

以上のアプローチで3次元形状の融合演算を行う手順は次のようになると予想される。まず、入力形状の干渉計算を行い、削除対象となる位相要素を検索する。また、ユーザーによる領域指定というオプションも用意する。次に、位相要素が削除されて出来る境界同士の対応を求め、元の位相構造を考慮しながら形状を同士を接続する。さらに、エラー評価関数を用いて制御格子を評価し、制御格子のフィッティングを目的の精度まで繰り返し行う。その際に、評価結果を参考に再度位相要素の変形を行う。

6. 期待される成果

本研究により期待される成果は次のようなものである。本研究によって、複数の曲面形状を融合させる技術が確立され、3次元形状のカット&ペースト操作が直感的に行えるようになる。これにより、様々な3次元形状データ、またはそのデータの一部を組み合わせて新しい形状を製作していくというモデリングが可能になる。また、形状の一部を置き換えることで、個性を持った3次元形状が効率的に作成できるようになる。

これまで、モデリング技術としてメタボールやボクセル表現、モーフィングなどを利用して、滑らかな融合形状を作り出す研究はいくつかある。本研究はそれらに対して、融合演算速度の向上、データの汎用性、生成される形状の品質という点で飛躍的な進歩が予想される。



図：「イルカの胴体部分」と「ドラゴンの頭部」を融合演算したイメージ

7. 実際の研究活動

実際の研究は、学内の共同プロジェクトと並行して行われる。本研究は、慶応義塾大学内の経済学部、理工学部との共同プロジェクトである『デジタルアーカイブ「北海道炭鉱の歴史」の作成』と並行して行われ、本共同プロジェクトの3次元コンテンツ作成への応用が期待される。本共同プロジェクトを通して、実際のモデリングシステム開発、コンテンツ作成を担当し、本研究の提案する手法の有用性を検証していく。

また、本研究における成果は次に挙げる学会へ研究論文として応募する予定である。

<国内学会>

日本情報処理学会

NICOGRAPH/MULTIMEDEIA 論文コンテスト

<国際学会>

EUROGRAPHICS

ACM SIGGRAPH