

## 論文の内容の要旨

論文題目 離散幾何モデルを基礎として  
滑らかな曲率変化を実現した曲線・曲面の生成

氏 名 小林 左千夫

**(本文)** 自動車や家電製品などの工業製品では、機能的な観点のみではなく、意匠的な意図を持つ形状も重要視されるようになってきている。しかしながら、意匠設計で用いられるような滑らかな曲線・曲面は、現状の3次元CADシステム上での設計者の感性を頼りにした修正・評価の繰り返し作業により創成されており、多くの時間が必要となる。その主な原因は、2つある。ひとつは、曲線・曲面の曲率分布が重要であることが認識されているにもかかわらず、どのような曲率分布を持てば、滑らかな曲線・曲面であるのかという一般的な定量的指標が知られていないことが挙げられる。また、他の理由として、現状の3次元CADシステムにおいて、曲線・曲面の曲率分布を陽に制御することが困難であり、設計者の求める曲率分布を持つ曲線・曲面を容易に生成できないことが挙げられる。

本研究は、後者の課題を解決することで設計者の試行錯誤を減らすことを目的とし、現状の3次元CADシステムで扱うことができる曲線・曲面の表現形式の範囲内において、点列を入力として、意匠設計で用いられるような曲率分布を持った滑らかな曲線・曲面を自動的に生成する方法を示す。

本研究では、美的平面曲線の1つであるクロソイド曲線の曲率の局所的な変動が0である性質を空間曲線、曲面に拡張した性質を持つ曲線・曲面を1つの理想的な曲線・曲面であると考え、その生成方法を示す。空間曲線については、平面曲線の符号付きの曲率を空間曲線に拡張したものは曲率従法線ベクトルであると考え、その変化率が一定である「滑らかな曲率変化を持つ曲線」を定義する。また、曲面については、曲面上の点における2つの主曲率の主方向への変化率が一定である「滑らかな曲率変化を持つ曲面」を定義する。

曲率分布を制御する際には、複数のセグメント・曲面パッチを接続した集合で表現される曲線・曲面全体としての大域的な曲率分布と個々のセグメント・曲面パッチないし、その一部の局所的な曲率分布の両方が重要になる。

曲率分布を制御された曲線・曲面を生成する方法としては、滑らかな曲率変化を持つ曲線・曲面の定量的な基準を評価関数として定義し、数値最適化する方法を用いる。曲率分布は、局所的にも大域的にも制御される必要があるが、評価関数を数値最適化する方

法では、本来大域的な曲率分布の制御が可能である。しかし、この方法では、使用するパッチ式や初期形状に強い影響を受け、局所的な最適化になってしまう場合が少なくなく、必ずしも望む曲率分布になることを保証する手法ではない。この問題に対し、離散曲線、離散曲面といった離散幾何モデルでは、解析的な曲線・曲面に比べ、自由度が高いため局所的な最適化になってしまう問題が起こりづらい。そこで、本研究では、大域的な曲率分布を制御した離散幾何モデルを初期形状として利用する。この方法により、一般的な3次元CADで使用される曲面の大域的な曲率分布の制御が可能であると考えた。設計者が通過点を指定して曲線・曲面の生成を行う場合には、指定した通過点を滑らかに通る曲線・曲面を生成する「補間」と、極力小さい誤差の範囲で通過点付近を通る曲線・曲面を生成する「近似」が2つの大きな方法として挙げられる。本研究では、補間と近似の両方において、滑らかな曲率変化を持つ曲線・曲面を生成する方法を示し、従来手法と比較することで手法の有効性を示した。

まず、入力として、うねりの原因とならない点列を設計者が指定すると仮定し、離散曲線・曲面を初期形状として利用して、入力とした点群を補間する滑らかな曲率変化を持つ曲線・曲面を生成する方法を示した。曲線については、滑らかな曲率変化を持つ空間離散曲線である3次元クロソイド・スプライン離散曲線を初期曲線として、評価関数を最小化することで滑らかな曲率変化を持つ曲線を生成する方法を示した。ここで、生成した滑らかな曲率変化を持つ曲線は、5次Bézier曲線を要素とするG2連続な区分接続曲線である。また、曲面についても同様に5次Bézier曲線を要素とするG2連続な区分接続曲線メッシュに双5次Gregoryパッチを内挿した滑らかな曲率変化を持つ曲面を生成する方法を示した。実際に曲線・曲面の生成を行い、従来手法と比較した結果、本手法で生成した曲線・曲面は、曲率の局所的な変動が小さく、曲率分布が曲線・曲面全体で増減の繰り返しが少なくなるということがわかった。

次に、入力の点列がうねりの原因となりうる場合の例として、点列間距離の不均一な点列を入力として、離散幾何モデルに基づき曲線・曲面の接続点を再構成することで、入力を近似し、うねりのない滑らかな曲線・曲面を生成する方法を示した。実際に曲線・曲面を生成し、再構成をしない場合と比較した結果、本手法により曲率の局所的な変動が小さく、断面曲線の曲率分布が曲面全体で増減の繰り返しが少なくなる曲面を生成できることがわかった。

以上