

審査の結果の要旨

氏名 小林 左千夫

小林左千夫（こばやし さちお）提出の本論文は「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」と題し、全6章よりなり、機械の意匠設計で特に重要となる曲面生成のための問題を扱っている。

現状の3次元CADシステムにおける、曲率分布の性質が制御された曲線・曲面の生成には多くの作業時間が必要となるという課題がある。これに対して本研究では、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、離散幾何モデルを初期形状として評価関数を最小化する曲線・曲面を生成することで、曲率の局所的な変動が小さい曲線・曲面を生成する方法を示している。また、実際に曲線・曲面を生成することで本手法により、曲率の局所的な変動が小さい曲線・曲面を生成できることが示された。

具体的には、入力がうねりの原因とならない適切な点列であると仮定し、点群、離散曲線、離散曲面などの離散幾何モデルを初期形状として利用することで、入力とした点群を補間するように、滑らかな曲率変化を持つ曲線・曲面を生成する方法と、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、入力がうねりの原因となりうる場合にも滑らかな曲線・曲面を入力に対する近似曲線・曲面として生成する方法を提案した。

第1章で本テーマの背景などについて序論を述べた後に、第2章では基礎となる、微分幾何学や自由曲線曲面理論、離散曲面理論等についての概要を示している。さらに、第3章では滑らかな曲率変化を持つ曲線を数値最適化により生成する手法（補間）として、曲率の変化率が一定である平面曲線をひとつの理想的な曲線と考え、平面曲線の符号付きの曲率を空間曲線に拡張した曲率従法線ベクトルの変化率が一定である「滑らかな曲率変化を持つ曲線」を定義した。また、入力の点列がうねりの原因とならないという仮定の下、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、入力の点列を通るような滑らかな曲率変化を持つ曲線を生成する方法を示している。この生成され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

り、その生成した曲線の性質を確認するために、入力として同じ点列を指定して、滑らかな曲率変化を持つ曲線と 3 次 Bézier 曲線を要素とする C2 連続な区分接続曲線を生成し、比較を行った結果、平面曲線、空間曲線のどちらの場合にも、本論文の手法により生成された曲線の方が曲率の増減の繰り返しが少なくなることが示されている。

第 4 章では、滑らかな曲率変化を持つ曲面を数値最適化により生成する手法（補間）と提案している。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」を理想的な曲面であると考え、うねりの原因とならない点列が入力として与えられるという仮定の下、離散曲面を初期形状として、評価関数を最小化することで入力の点列を通る滑らかな曲率変化を持つ曲面を生成する方法を示している。この生成された滑らかな曲率変化を持つ曲面は、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 G2 曲面である。入力として同じメッシュを指定して、滑らかな曲率変化を持つ曲面と双 3 次スプライン曲面を生成し、比較を行った結果、本手法で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い曲面を生成できることを示している。

第 5 章では、接続点の再構成により、滑らかな曲率変化を持つ曲線・曲面を生成する手法（近似）として、設計者が指定した点列・点群を入力とした離散曲線・曲面を基に、セグメントや曲面パッチ間の接続点を再構築することで曲率の局所的変動の小さい曲線・曲面の生成方法を示している。これにより、設計者が点間距離が不均一な点列を指定した場合でも、うねりの少ない曲線・曲面を生成可能とした。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い曲面を生成できることを示している。

以上を要約するに、本研究は、現状の手法では困難とされる滑らかな曲率分布をもつ曲線・曲面の生成の課題に対して、曲率の局所的な変動が小さい曲線・曲面を生成できることを示しており、これは自由曲面生成理論において大きな貢献をしたと言える。

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。