

# 論文の内容の要旨

論文題目 形状設計のための細分割曲面の解析と拡張

氏名 川原田 寛

(本文) 本論文では、形状設計のための細分割および細分割から生成される細分割曲面について解析し、また細分割の拡張を行った。大きく分けて4つの貢献を果たした。

第一に、定常な細分割曲面の  $G^j$  級連続性の必要十分条件の導出である。これは、多くの研究者が研究してきたテーマであり、かつ細分割の最大の難問であるが、本論文では、より直感的な解析を用い、任意の細分割に対しての条件を導く。特に、差分スキームや normal の細分割スキームなどを任意の細分割が持っていることを示し、それにより線形代数だけで議論が出来ている点が新しくかつ理解しやすい。

第二に、Laplacian 細分割という、Laplacian オペレータと細分割行列の線形結合を新たな細分割行列として持つ細分割の拡張を提案する。Laplacian オペレータは曲面のうねりを制御できる性質を持っており、それを受け継いだ Laplacian 細分割は細分割曲面のうねりを制御することができる。さらに、第一の貢献の条件を用いることにより、Laplacian 細分割が  $G^1$  級連続になるための必要十分条件を導出する。これにより、滑らかでうねりの制御ができる曲面生成手法が構成できたことになる。非常に実用的な細分割の拡張である。

第三に、双対細分割の枠組みを提案する。双対細分割は射影幾何学の双対原理を細分割に適用することにより得られる、細分割の双対構造で、三角形でない平らな面をもった多面体により曲面を近似することを可能にする。また、双対細分割は滑らかさの双対など、通常の細分割の性質を多数受け継ぐ。さらに、細分割核というアイデアを用い、双対細分割が生成する曲面が有界となる十分条件も導出する。また変曲平面というアイデアを用い、双対細分割が任意位相の曲面を表現できるようにする。

第四に、直線の細分割という枠組みを提案する。双対細分割はメッシュの面に関する細分割であり、従来の細分割は頂点に関する細分割である。直線の細分割はメッシュの最後の要素、辺に関する細分割である。直線の細分割も従来の細分割と同様に、滑らかな曲面を生成する。また、直線の細分割が生成する曲面が有界となるための条件を求める。直線の細分割は特殊ケースとして、従来の細分割と双対細分割を含む広い枠組みになっている。これにより、細分割と双対細分割を統一的に議論できるようになる。