

論文の内容の要旨

論文題目 平面曲線の曲率フローを用いた高速形状補間

氏名 平野 正浩

形状補間はジオメトリ処理において最も基本的な処理の一つであり、様々な分野で応用される技術である。形状補間は形状表現を通して時間的な変化を記述することと等価であり、解析的・位相的性質を陽に取り扱うことが重要である。とりわけ位相的な観点から形状補間を取り扱う重要性に着目し、位相的構造が比較的単純な平面曲線を端緒として、異なる位相的性質を持つ曲線対の審美性の高い補間を実現する手法の探求を行う。物理的な意味を持つ形状補間においては物理的忠実性が尊重されるが、アニメーションなどの審美性が問われる場面では、客観的な品質の定量評価基準が存在せず、形状補間は不良設定問題となるため、補間形状生成手法の適切な設計指針を与えることが望ましい。一方で、形状補間の計算に要する時間は、形状補間手法の定量評価における数少ない指標であり、高速な計算手法が望ましい。

そこで、形状のフェアリング問題に対して、曲率フローと呼ばれる発展方程式とそれに課す制約条件を適切な空間に射影することで、安定かつ高速に計算することができるスキームに着目し、形状補間に対してもこのスキームが有効であるという可能性に着目する。しかし、形状補間に応用するためには、どのように曲率フローをデザインするべきか、また補間形状が満たすべき性質をどのように制約条件として記述すればよいか、といった問題を解く必要がある。

本論文では、平面曲線の形状補間を対象に、形状の解析的・位相的性質を陽に扱うことの重要性を指摘し、形状の意味的關係に基づく補間指針を示すとともに、曲率フローと制約条件のデザインによる平面曲線のブレンディングと、形状に意味的關係が強い部分と弱い部分が混在するような複雑な構造を有する平面曲線の中割りを高速に計算する手法を提案する。まず初めに閉曲線対を対象として、曲率で記述した曲率エネルギーの勾配フローを線形な閉曲線条件のもと積分することで、滑らかな形状遷移を高速に計算する手法を提案する。次に、回転数と呼ばれる閉曲線の位相的特徴に着目し、異なる回転数を持つ閉曲線対においても審美性の高いブレンディングを実現する手法を提案する。さらに、曲率フローと制約条件のデザインによるブレンディングというスキームを開曲線対に拡張する手法を提案する。そして最後に、一筆書きアニメーションを題材として、意味的關係に注意した高品質中割り手法を提案する。また、提案した手法によって生成した補間形状の審美性に関して、クラウドソーシングを用いた主観品質評価実験を行い、手法の有効性を確認した。