

入力点密度を考慮した手書き線図形の近似表現

Curve Fitting of Hand-writing Figures Considering with Input Point Interval

上加世田 暁†
Satoru Kamikaseda

齊藤 剛†
Tsuyoshi Saitoh

1 はじめに

筆者らは、手書き線図形の整形および圧縮表現に関する研究を行っている。手書き線図形は、タブレット型 PC を利用した図形入力など幅広く使用されている。従来、これらの手書き線図形の圧縮保存法は、入力された点列を Bézier 曲線やスプライン曲線により近似し、それらの制御点を保持する方法が用いられ、多くの近似法が報告されている [1]。

一方、NURBS をはじめとする有理曲線は、CG および CAD の形状表現に頻繁に用いられるようになった。有理曲線は、円錐曲線を正確に表現でき、また、重みを用いることで形状制御の自由度が高められている。有理曲線においては、パラメータを等間隔とし曲線上の点を求めた場合、点間距離に大きな差異が生じる。これが曲線描画等での欠点とされている。

筆者らは、この差異を積極的に利用して、有理曲線の重みを形状制御のみならず、パラメータを等間隔とした場合のプロット点密度の制御に応用する手法を考案した。すなわち、入力線図形の形状近似のみならず、線図形入力時の描画速度に眼を向け、描いた時の速度を点列の密度に置き換えて近似表現する補間法である。本法では、有理曲線として 2 次および 3 次の有理 Bézier 曲線を用いる。

本稿では、近似手順とその結果について述べる。

2 2 次有理 Bézier 曲線

2 次有理 Bézier 曲線は、3 つの制御点 $P_0 \sim P_2$ と、各々の重み $w_0 \sim w_2$ を用いて次式で表される。

$$r(t) = \frac{(1-t)^2 w_0 P_0 + 2t(1-t) w_1 P_1 + t^2 w_2 P_2}{(1-t)^2 w_0 + 2t(1-t) w_1 + t^2 w_2} \quad (1)$$

ここで、パラメータ変換を施すことで、曲線形状を変えることなく第 1 および第 3 制御点の重みを 1 とする次式に変換できる。

$$r(\tau) = \frac{(1-\tau)^2 P_0 + 2\tau(1-\tau) W P_1 + \tau^2 P_2}{(1-\tau)^2 + 2\tau(1-\tau) W + \tau^2} \quad (2)$$

† 東京電機大学 Tokyo Denki University

これにより、2 次有理 Bézier 曲線は、第 2 制御点の重みを自由度として形状制御が可能となる。

一方、式 (2) における第 2 制御点の重み W に対して、 $W = \alpha/\sqrt{\beta}$ となる関係を保持したまま、以下のように変形する。このとき、 β は、曲線形状には影響を及ぼさないが、パラメータの分散具合を表す値となる。

$$r(\tau) = \frac{(1-\tau)^2 P_0 + 2\tau(1-\tau)\alpha P_1 + \tau^2 \beta P_2}{(1-\tau)^2 + 2\tau(1-\tau)\alpha + \tau^2 \beta} \quad (3)$$

3 曲線の点列前後比近似

与えられた点列を 2 次有理 Bézier 曲線で近似する方法は、[2] 等で述べられている。これらの議論は与えられた点列を近似する曲線を得ることが中心であり、与点列の密度に関しては議論されていない。そこで前節で示したように、 α および β を使用すると形状と密度を制御できる。詳しい手順については [3][4] に記述されている。

4 与えられた点列密度の近似

2 次有理 Bézier 曲線では、曲線点列の前後比が制御できるだけであった。そこで、形状を近似した 2 次有理 Bézier 曲線に対して次数上げを行い、3 次有理 Bézier 曲線を用いることで、より詳細な与点列の密度制御が可能となる。

3 次有理 Bézier 曲線の点列密度を、与えられた手書き曲線の点列密度に近似させるため、始点部分の点と点の距離を利用する。前節における点列の前後比のみの近似では、この始点部分の点の距離にまだ大きな差異が生じている。この差異を、3 次有理 Bézier 曲線の第 1、第 4 制御点の重みを変更することで小さくする。さらに、重みを変更することによって変形してしまう曲線形状は、曲線上の頂点の位置を基準に第 2、第 3 制御点の位置をそれぞれの接線上で移動させることで元の曲線形状に戻す。これにより、手書き曲線の始点部分を基準とした詳細な点列の密度近似が可能となる。

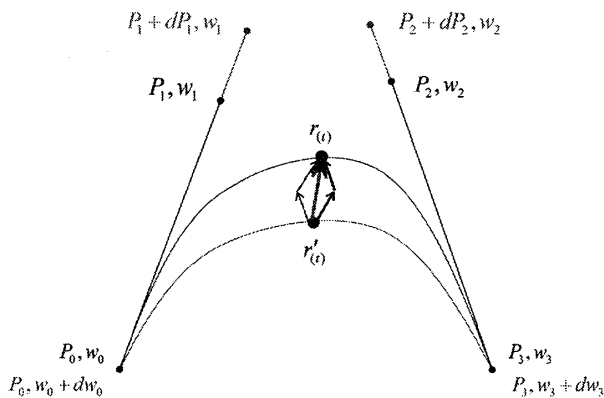


図 2. 点列密度の近似手順

5 近似表現適用結果と評価

本手法を用いた、与点列の密度を考慮した近似表現の適用と評価を行った。適用例図 3 は左の手書き線図形を 7 つのセグメントに分けて右のように近似表現している。セグメント毎に形状が滑らかにされており、点列の密度もある程度近似されているのが確認できる。

評価例図 4 は左の手書き線図形を 2 つのセグメントに分けて右のように近似整形している。評価は手書き線図形と整形図形それぞれについて、各々の全長に対する各パラメータの始点からの軌跡距離の関係をグラフ化することで行った。縦軸は全長に対する各点の距離、横軸はパラメータ値である。図 5 は図 4 の右セグメントの曲線の点密度のグラフである、近似前が図 5 (左) のように点の密度推移に大きな差異が生じていたのに対し、図 5 (右) の点密度近似後は点密度の推移を近づけることができていることから点密度の近似ができていることが確認できる。

6 おわりに

本稿では、与点の密度を考慮した近似曲線を得る方法について述べた。本方法ではまず、2 次有理 Bézier 曲線を利用して、曲線形状の制御と、点列密度比制御を行い、曲線の点列密度の前後比を考慮した近似曲線を得た。さらに、2 次有理 Bézier 曲線に対して次数上げを行い、3 次有理 Bézier 曲線を用いて、より詳細な点列密度比の近似を行った。その結果、手書き線図形の形状のみならず、点密度の推移まで考慮した近似曲線を得ることが可能となった。

今後は、分けているセグメントの滑らかな接続と、より複雑な形状の近似表現を考察する予定である。

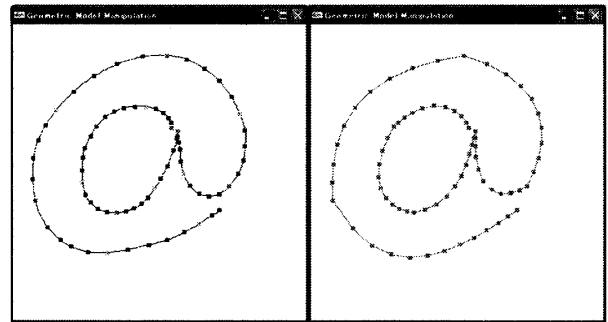


図 3. 手書き線図形の形状・点密度の近似表現

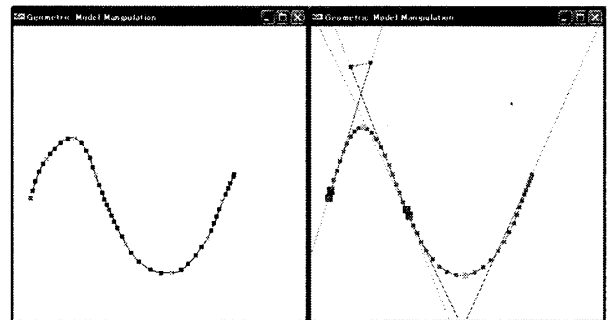


図 4. 手書き線図形の形状・点密度の近似表現

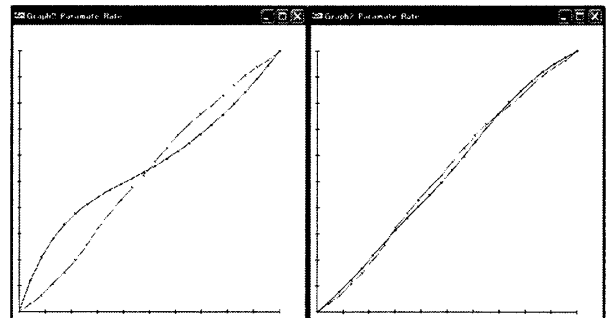


図 5. 2 セグメント目の密度近似評価

参考文献

- [1] G. Farin: "Curves and Surfaces for Computer Aided Geometric Design", Academic Press, 1990
- [2] M. Hosaka: "Modeling of Curves and Surfaces in CAD/CAM", Springer-Verlag, 1992.
- [3] 上加世田暁, 齊藤剛, "入力点密度を考慮した手書き線図形の近似表現", 情報処理学会 グラフィックスと CAD 研究会 第 132 回研究発表会, pp.7-10 (2008).
- [4] 上加世田暁, 齊藤剛, "入力点密度を考慮した手書き線図形の近似表現", FIT2008 第 7 回情報科学技術フォーラム, pp.215-216 (2008).