

4P-11 ベクトル合成による点間の曲線補間の一手法

加藤 誠巳 中條 有規
(上智大学理工学部)

1. まえがき

近年、自動車のナビゲーションシステムや街角の情報提供端末などが普及しつつあるが、それらにおいて、地図情報を不自然でなく表現することが要求されることがある。本稿では、これらの用途に適した、ベクトルの合成による折れ線近似を用いて、与えられた任意の点を必ず通る曲線補間の手法について述べると共に、既に提案されている他の補間法と比較した結果を示す。

2. 従来の補間曲線

道路地図補間の手法として、バットランド法^{[1][2]}および高速再帰スプライン近似^[3]等が知られている。

(1) バットランド法

これは、媒介変数を用いた区分的多項式による補間方法であり、曲線の形状は本手法とよく似ているが、平面データの位置関係によって直線で結ばれたり、回転によって形状が変化するという欠点がある(図1)。

(2) 高速再帰スプライン近似

再帰的な折れ線近似法と二次スプライン曲線の幾何学的生成手法による補間方法であり、ある程度滑らかでアルゴリズムも簡単であるが、与えられた点を通らないという欠点がある。海岸線や、県境等の表現には向いているが、道路網などの表現には適さないと考えられる。

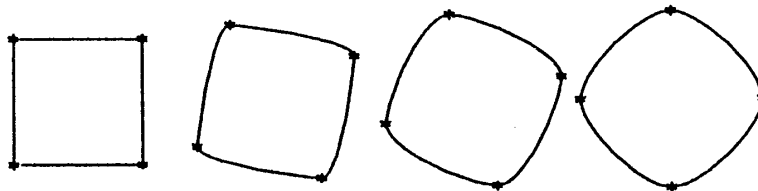


図1 バットランド法における平面データの回転にともなう形状変化

3. ベクトル合成を用いた曲線補間

平面上の4つの点 P_1, P_2, P_3, P_4 とその x, y 座標が与えられたとき、 P_2 と P_3 を結ぶ補間曲線の生成手順は次の通りである。(図2参照)

- 1) P_2 と P_3 の距離が打ち切り長さ (D とする) より小さければ、2点間を直線で結び、終了する。
- 2) ベクトル $\vec{P_i P_j}$ と向きが同じで長さが L のベクトルを、 $u_{ij} (i, j; 1, 2, 3, 4)$ とする。
- 3) ベクトル $a = u_{12} + u_{23}$ 、 $b = -(u_{23} + u_{34})$ を求める。
- 4) P_2 を P_1 で置き換え、 P_1 からベクトル a だけのばした点を P_2 とする。
 P_3 を P_4 で置き換え、 P_4 からベクトル b だけのばした点を P_3 とする。
- 5) このようにして得られた、 P_1 と P_2 、 P_4 と P_3 をそれぞれ直線で結び、1) に戻る。

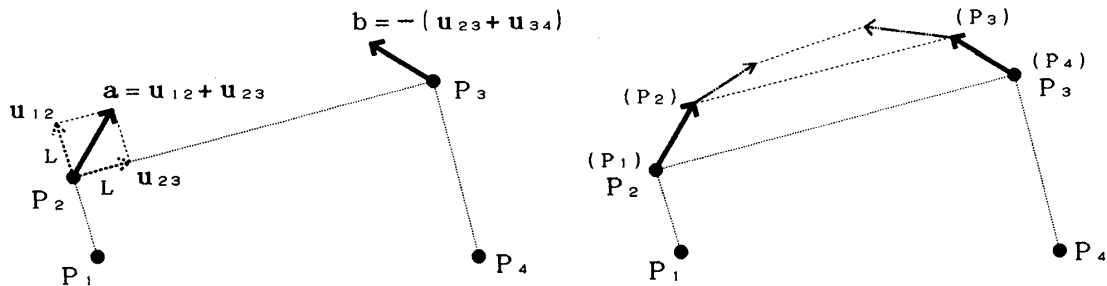


図2 曲線補間の手法

4. 本手法の特徴

一般的に、他の曲線補間の手法では媒介変数を用いて区分的に関数近似を行っているが、本手法では幾何学的にベクトルを合成し、折れ線近似することにより曲線を発生させるものであり、本手法によって得られた曲線は以下のような特徴を有している。

- 1) 与えられた点を必ず通る。
- 2) 滑らかさを多少犠牲にし、点間を直線に近い形状で表現する。
- 3) ある2点間を補間するために、それらの前後を合わせた、4つの点のデータを用いる。
- 4) 同じ点を2度用いることにより、微係数の不連続な角を表現することができる。
- 5) 平面データの拡大・縮小・回転等による、形状の変化がない。

地図情報の忠実な表現において、1)と2)の特徴は重要である。すなわち、実際の地図において、極値となる点のみを平面データとすればよく、データ量の圧縮が可能となる。図3に各種補間曲線の例を示す。

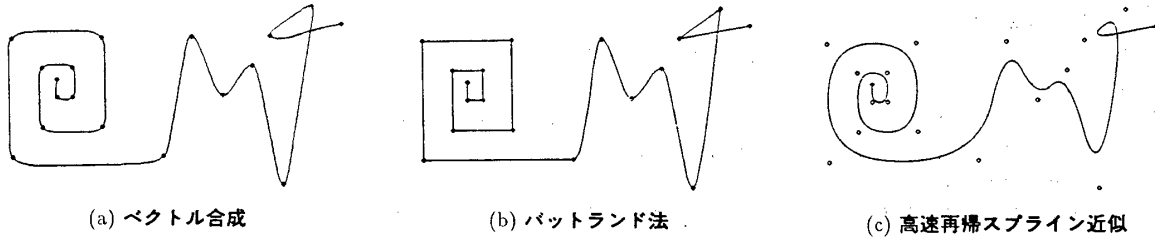


図3 各種補間曲線の例

5. 本手法の更なる拡張

(1) 可変長ベクトルの採用

合成するベクトルの長さ L が一定であると、細かい表現の必要な場所で粗くなったり、逆に、粗い表現で構わないところを細かく描いて時間がかかる、といった不都合を生じる可能性がある。この場合、 L の長さを、 P_2 と P_3 の距離によって変化させればよい。この手法を用いた絵画的図形の例を、図4に示す。この例では、 L を P_2 と P_3 の距離の30分の1とし、最大値5、最小値2の範囲に正規化して用いた。

(2) 再帰的手法の導入

3の5)では、 P_1 と P_2 、 P_4 と P_3 を直線で結んだが、可変長ベクトルの概念を用いて、この区間をさらに、再帰的に補間することも可能である。ベクトル長の設定方法によっては、滑らかな曲線を表現することもできるが、処理速度はかなり遅くなり、計算機のメモリも多く必要となる。この手法を用いた例を図5に示す。

(3) 高速再帰スプライン近似との合成

合成するベクトルの長さ L を大きくすると粗い折れ線近似となるが、これらの近似点に対し、さらに高速再帰スプライン近似を施すことによって、より滑らかな曲線を表現することができる。(2)と同様、処理速度は明らかに遅くなる。この手法を用いた曲線の例を図6に示す。



図4 可変長ベクトルによる絵画的図形

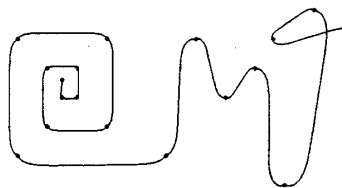


図5 再帰的手法を用いた例

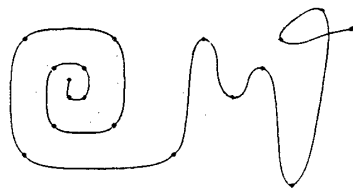


図6 高速再帰スプライン近似との合成

6. むすび

地図情報を表現するためには膨大なデータが必要であり、ナビゲーションシステムではCD-ROM等が利用されているが、情報を圧縮することは重要である。曲線補間アルゴリズムの進歩にともない、地図情報データのさらなる圧縮が期待される。

最後に、有益な御討論をいただいた本学マルチメディア・ラボの諸氏に謝意を表す。

参考文献

- (1) J. Butland: "A Method of Interpolating Reasonable-Shaped Curves Through any Data", Computer Graphics 80, pp.409-422, (1980).
- (2) 安居院、長尾、中嶋、鈴木: "道路網表示に適した曲線補間法に関する検討", 情処学会グラフィクスとCAD研資, 26-6(昭62-05).
- (3) 山路、鶴岡、木村、三宅: "道路地図の高速スプライン近似表示アルゴリズム", 情処学会グラフィクスとCAD研資, 36-3(昭63-12).