

北海道大学 工学部 ○松原 晋 近藤 司 五十嵐 悟 斎藤勝政
大阪大学 工学部 三好 隆志

要旨

本研究の目的は、マスタモデルから3Dデジタイジングにより得られる離散的な測定点群データを、B-スプライン曲面にあてはめを行なうことにより、数学モデルを構築することにある。本報では、測定点群データをB-スプライン曲線にあてはめを行なう際のノットベクトルの決定法について述べるとともに、曲面をB-スプライン曲線群と定義して、測定点群データの自由曲面へのあてはめを行なった。

1. はじめに

離散的な測定点群データを2次曲面にあてはめ、CADモデルを生成することは概ね可能である。しかし、3次曲面以上の自由曲面にあてはめ、数学モデルを構築し、CADモデルを生成することは、未だに困難である。本研究の目的は、離散的な測定点群データを、ノンユニフォームB-スプライン曲線にあてはめることにより、曲線群としての自由曲面を生成することにある。本報では、点群データのB-スプライン曲線へのあてはめの際のノットベクトルの決定法について提案し、それを基にしてノンユニフォームB-スプライン曲線にあてはめ、曲線群としての曲面への構築を行なったので報告する。

2. B-スプライン曲線へのあてはめ手法

B-スプライン曲線式は次の式で表わされる。

$$P(u) = \sum N_{j,m}(t) Q_j$$

$N_{j,m}(t)$: 階数MのB-スプライン関数

Q_j : 制御点

ここで、B-スプライン関数は階数とノットベクトルを与えると決定される関数である。本研究では2次導関数連続な4階(3次)B-スプライン関数を用いる。よって、ノットベクトルと制御点が求まれば、B-スプライン曲線が算出される。

○制御点算出法

階数は4階と決まっているので、ノットベクトルを与えれば、B-スプライン関数が算出される。次に、測定点群とB-スプライン関数との最小自乗法¹⁾により、制御点が求められる。

○ノットベクトルの決定法

測定形状を構成する断面曲線が、すべて2次導関数連続とは限らない。これらの曲線を4階(3次)B-スプライン曲線で表現するためには、多重ノットを使用する必要がある。それらを考慮すると、ノットベクトルの決定は多重ノットと単ノットの2種類に分けて処理することが必要である。以下にその手法を述べる。

①導関数不連続点判別法²⁾

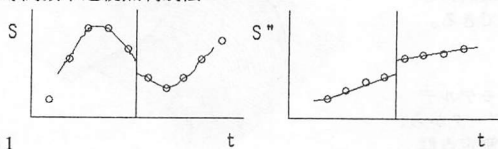


図1

測定点群から前後4点ずつを通る三次曲線を求める。 $S_1(t)$ を前4点、 $S_2(t)$ を後4点をあてはめた3次曲線とすると、2次導関数の差 $|S''_1(t) - S''_2(t)|$ (不連続値)をデータ点の中間点全点に渡って求め、その値があるしきい値以上の場合、不連続点と判別して、2重ノットを設定する。

制約条件: 各2重ノットの間にはデータ点が2点以上存在するように設定する。よって、不連続値の大きな順に適当なものを探索する。不適当なら2重ノットを設定しない。(図2に示す)

②偏差評価による単ノット追加法

効率的で、なおかつ振動を起こさない単ノット追加法として、以下に示す手法を用いた。

算出したノットと測定点群から、最小自乗法を用いて、制御点を算出する。制御点から求めたB-スプライン曲線と、各測定点群の法線方向の偏差を求める。そして、最大偏差をとる算出曲線上のパラメータの値に単ノットを1点追加する。(図3に示す)

(手順1)

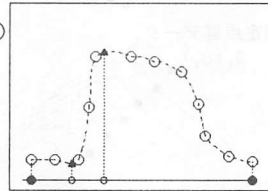


図2. 不連続点を判別し2重ノット設置

(手順2)

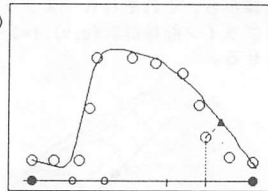


図3. 偏差評価による単ノット追加

(手順3)

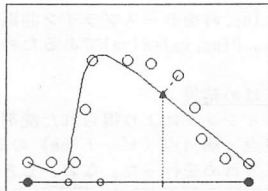


図4. 偏差評価による単ノット追加

再び算出したノットと測定点群から、上述の追加法を用いて単ノットを追加する。そして、算出B-スプライン曲線と測定点群と法線方向の標準偏差が、あるしきい値以下となるまで単ノットを追加する。(図4に示す)

制約条件：単ノット間にはデータ点が1点以上存在するように単ノットと2重ノットとの間にはデータ点が2点存在するように設定する。よって、最大偏差をとる算出曲線のパラメータの値が不適当なら、偏差の大きな順に適当なものを探索する。

3. 曲面への変換

本研究において、B-スプライン曲面はB-スプライン曲線群として定義する。従って、個々のB-スプライン曲線は独立に表現される。ここで、本定義における曲面上の点 $P(u_0, v_0)$ を求める手順を以下に示す。

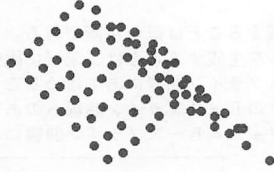


図5. 測定点群データ

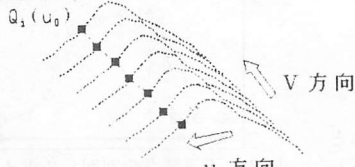


図6. 測定点群データから、u方向一定にしてv方向についての各断面曲線から、それぞれB-スプライン曲線を算出する。求めたB-スプライン曲線群 $S_i(u, v)$, $i=0 \sim n$ から $u=u_0$ の点列 $Q_i(u_0, v)$ を発生させる。

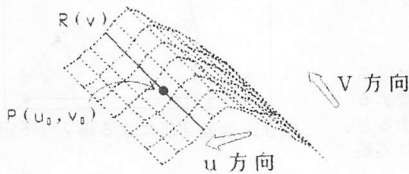


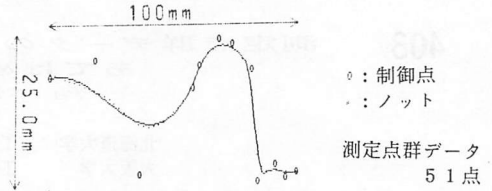
図7. $Q_i(u_0, v)$ をB-スプライン曲線式へあてはめ、曲線 $R(v)$ を決定する。 $P(u_0, v_0)=R(v_0)$ であるため、 $P(u_0, v_0)$ と決定できる。

4. あてはめ結果

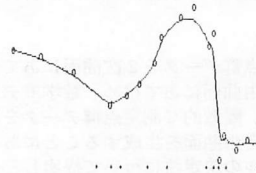
デジタル化により得られた洗剤容器形状のマスタモデルデータ縦51点×横51点(ピッチ2mm)の総数2601点の3Dデータから、曲面にあてはめを行った。なお、しきい値は算出曲線と測定点群との法線方向の偏差が0.1mm以下になるようにした。図8、9に示す。一部振動がみられるが、曲面全体に渡ってのあてはめが良好に行えた。

5. 結論

- 1) 測定点群データを基にして、ノンユニフォーム4階B-スプライン曲線にあてはめる際、有効なノット決定手法を明らかにした。
- 2) B-スプライン曲線群を基にした、B-スプライン曲面への拡張手法を明らかにした。
- 3) 実際のデジタル化データを基にした実験により、本手法の正当性を確認した。

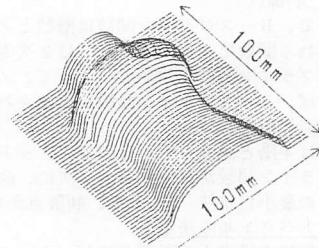


2重ノットだけで算出したB-スプライン曲線
算出曲線と測定点群との
法線方向標準偏差=0.233mm

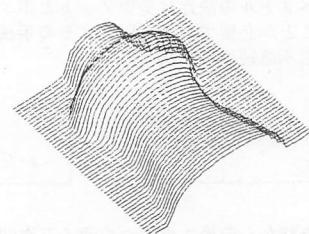


B-スプライン曲線あてはめ終了
(しきい値0.100mm)
算出曲線と測定点群との
法線方向標準偏差=0.0720mm

図8. B-スプライン曲線の算出



デジタル化データ(51×51点)



算出曲面

図9. 曲面へのあてはめ

参考文献

- 1) 市田浩三, 吉本富士市: スプライン関数とその応用, 教育出版, 1979
- 2) 菊地慶仁他: 「B-spline曲面式による測定曲面データのあてはめについて」, 昭和60年度北海道支部学術講演会講演論文集, 1985