

要 旨

本論文は、パラメータで表現された自由曲面の断面曲線を利用した形状操作に関する報告である。ここでは、自由曲面の変形における断面情報に基づく形状操作の手法を提案した。自由曲面の断面算出、断面変形曲線から曲面を生成するシステムの試作を行い、提案した手法の具体的構成法を示した。

1. 緒 言

現在、CADで自由曲面を変形操作する場合には、2次元のディスプレイ上で3次元形状を扱うため、操作性が悪い。また、自由曲面の形状を直接操作せず、形状表現固有のパラメータを変化させる間接的な変形操作が行なわれる。

これらの2つの問題改善のためには、3次元形状を、2次元で容易に取り扱うことができ、直接形状を指定できる手法が必要である。そこで、本論文では、自由曲面の変形を断面曲線の変形によって局所的に形状操作する手法を提案し、具体的構成法を示す。

2. 本研究における変形手法

本研究で提案した変形操作の手法と、その流れを図1で示し、以下、2次のベジェ曲面で定義された自由曲面 $P(u, v)$ を変形する手法を述べる。

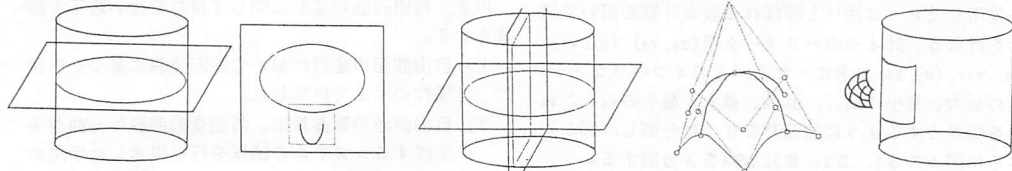
2. 1 断面曲線の変形操作

1) 断面曲線の算出と変形

自由曲面 $P(u, v)$ の変形したい箇所を通るような断面曲線(平面と曲面 P)の交線の算出を行う。¹⁾

断面曲線に対し、断面上に局所変形曲線を決める。曲線は2次のベジェ曲線とし、3点 p_1, p_2, p_3 を決定し、この3点を通るベジェ曲線を描く。ただし、 p_2 は後に述べる2つめの断面で決定するベジェ曲線とを交差させるため、この曲線のパラメータが0.5の時の点とする。

次に、3点をもとに断面曲線の変形領域を決定する。図2で p_1 から p_3 の方向を n_1 、 p_2 から p_1 と p_3 の midpoint o へ方向を n_2 とする。これら n_1, n_2 を用いて四辺形をつくり、四辺形内の断面曲線部分を変形領域とする(図2)。



①自由曲面 P の断面の算出 ②変形させる形状と変形領域の決定 ③①、②を最初の断面に対し垂直な平面で行う ④2つの断面曲線から曲面 N を生成 ⑤曲面 P と曲面 N とを接続

図1 本研究における変形手法的流れ

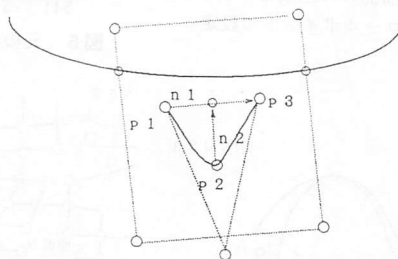


図2 変形部分と変形領域

2) 最初の断面に垂直な断面での変形操作

1つの断面曲線の変形だけでは情報が少ないので、最初の断面に垂直で、かつ、 p_2 と o を通るような平面を用いる。前回同様、断面曲線を算出し、2次のベジェ曲線が通るような3点 p_1', p_2', p_3' を決める。ただし、 p_2' は、お互いの曲線のパラメータが0.5で交差するように、3次元座標が前回の p_2 のそれと一致する点を用いる。

2. 2 形状操作された新しい曲面の生成

1) 局所変形曲面の生成

2. 1章で決定した2本のベジェ曲線から1枚の2次のベジェ曲面 $N(s, t)$ を生成する。2. 1章で決定した p_1 を $N(0.5, 0)$ 、 p_3 を $N(0.5, 1)$ 、 p_1' を $N(0, 0.5)$ 、 p_3' を $N(1, 0.5)$ 、 p_2 を $N(0.5, 0.5)$ の点にとなるように曲面 N を決めなければならない。

2次のベジェ曲面は9つのコントロールポイントにより決まるが、2. 1章で決定した点は5点のみである。そこで、四隅のコントロールポイントの位置を決める。 p_2 から p_1 へのベクトルを b_1 、 p_2 から p_1' へのベクトルを b_2 とし、 $Q_{11} = c(b_1 + b_2) +$

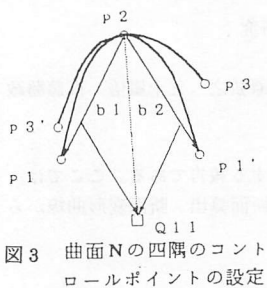


図3 曲面Nの四隅のコントロールポイントの設定

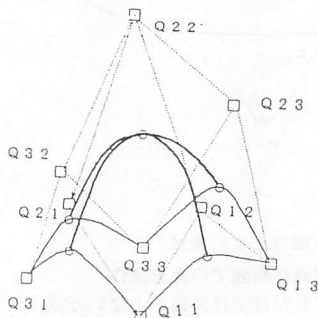


図4 曲面Nのコントロールポイント

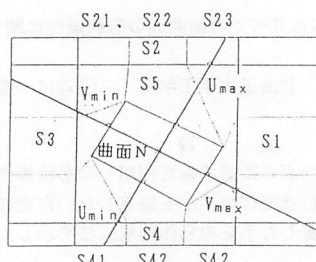


図5 元の曲面Pの分割法

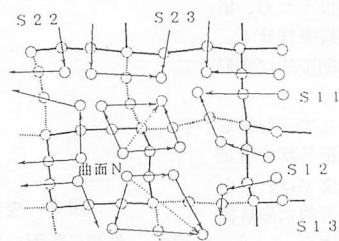


図6 曲面Pと曲面Nとを接続する曲面のコントロールポイントの関係(矢印は同一直線上にあることを示す。)

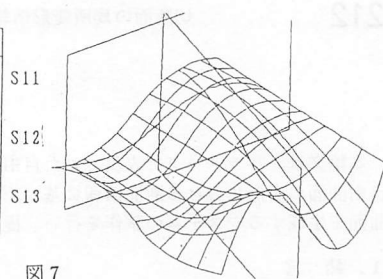


図7

2次ベジェ曲面4枚からなる自由曲面P

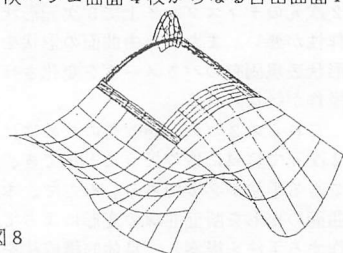


図8

生成された曲面Nと分割された曲面P

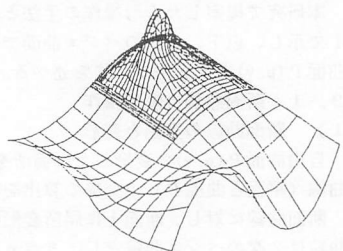


図9 変形後の曲面

S32、S42とを4枚の3次のベジェ曲面で補間し、残りの部分を更に4枚の3次のベジェ曲面で補間する。この際、補間する曲面のコントロールポイントの関係を図6に示す。以上で自由曲面の変形が終了する。

3. 出力例

2次ベジェ曲面4枚からなる自由曲面の変形を図7、図8、図9で示す。

4. 結言

以上、自由曲面の変形に関して検討を行い以下を結言とする。

1. 自由曲面の変形において断面情報に基づく形状操作の手法を提案した。
2. 自由曲面の断面算出、断面変形曲線から曲面を生成するシステムの試作を行い提案した手法の具体的構成法を示した。

参考文献

- 1) 青村茂 ほか：オフセット曲面を含む統一した交線形算手法、精密工学会誌, 57, 9(1991) 1657-1579.

p2 (cは任意)となる点にコントロールポイントを置く(図3)。同様に他の3点Q13, Q31, Q33も決定する(図4)。

次に、Q12, Q21, Q23, Q32を求めるが、ベジェ曲線の性質よりコントロールポイントQ12は $Q12 = (Q11 - Q13)/2 + p1'$ なる点に相当する。同様にQ21, Q23, Q32を決定し、最後にN(0.5, 0.5)の点がp2と成るようなコントロールポイントQ22を決定する。

2) 元の曲面と生成した曲面との接続

次に上記に示した曲面Nを元の曲面Pとを接続しなければならない。まず、2.1章で述べた四角形の変形領域と断面曲線の交点に対応する曲面Pのパラメータ(u, v)を求める。その際、2.1章の断面曲線算出の時使用したP-Z法¹⁾と呼ばれる収束計算を用いて探索を行なう。計4つのパラメータ組(u0, v0), (u1, v1), (u2, v2), (u3, v3)が求まった後、この4つのパラメータ組の最大、最小のUmax, Umin、最大、最小のVmax, Vminを境界とするように曲面Pを9つに分割し(図5)、さらに図4のS1、S2、S3、S4を3分割する。

その後、S5を取り除き、この中に生成された曲面Nを置いて、周りを8枚の曲面で補間する。曲面Nと元の曲面Pとを滑らかに接続するため曲面Nを3次まで次数上げを行う。その後、曲面Nと図4のS12、S22、