

## 要 旨

本研究は、物理モデルを基にして計算機内モデルを構築するため、デジタル化システムと従来のモデリングシステムを有機的に結合する新しい形状モデリングシステムの開発を目的としている。本報では、物理モデルに存在する境界線をデジタル化データに対して指定することで領域分割し、その分割面を計算機内モデル（曲面）表現する手法を述べている。また、生成した曲面とデジタル化データを比較し、その評価を行った。

## 1. はじめに

製品の設計・製造においてCAD/CAMシステムにより3次元形状を計算機内モデルとして扱うことが主流となっているが、自由曲面を含む意匠性の高い形状を計算機入力する意匠設計においては、解析面の集合体として形状を定義するCADシステムは、設計者の負担が多く入力が困難である。このような場合、物理モデル（クレイモデルなど）として、デジタル化などの3次元測定機で計算機に座標入力する手法が一般的である。

しかしながら、この手法で入力される位置情報のみの点群データから計算機内モデル（曲面）を構築するには、次のような問題点がある。

- ◇ 1枚の曲面で表現することは難しいため、複数の曲面で表現することになるが、自動的に領域分割することが容易ではない。
- ◇ 生成した曲面が、設計者の意図したものにならない可能性がある。

そこで、この物理モデルの測定点群データを基にしてCADシステムのように対話的に計算機内モデルを構築する形状モデリングシステムが必要である。

## 2. 形状モデリングシステム

本システムは、デジタル化システムと従来のモデリングシステムを有機的に結合することにより、物理モデルから精度を満たすような計算機内モデルを構築するシステム<sup>1)</sup>である（図1）。本システムの実行画面を図2に示す。作業者は、物理モデルのデジタル化データをグラフィックス表示した画面を見ながら、計算機内モデルの構築をマウスを用いて対話的に行う。本システムの基本的な機能は以下の通りである。

- ◇ 任意の点・断面線の指定
- ◇ 面を構成する境界線の指定による領域分割
- ◇ 境界曲線・分割曲面の生成

## 2.1 境界線指定による領域分割

作業者が、物理モデルに存在する面を囲む境界線（ $u$ 方向2本・ $v$ 方向2本あわせて4本：図3参照）を指定することで領域分割を行う。境界線は、平面と形状の交

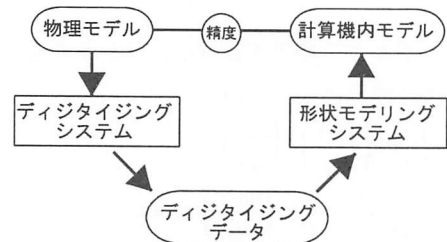


図1 形状モデリングシステム

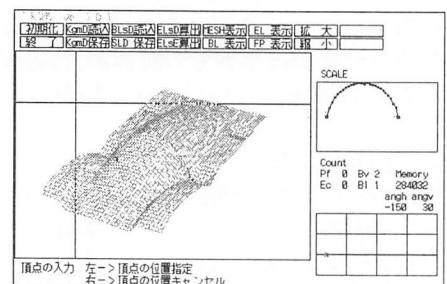


図2 システムの実行画面

線であり、境界線の始点・終点を含む切断平面を回転させることにより指定する。

この指定した境界線の情報とデジタル化データから、境界曲線・分割曲面を生成する。

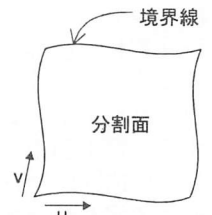


図3 境界線と分割面

## 2.2 境界曲線・分割曲面の生成法

計算機内モデル表現には、曲線・曲面の連続性を考慮し、B-スプライン曲線・曲面を用いる。B-スプライン曲線・曲面は、節点ベクトルにより定義したB-スプライン関数を用いて算出するため、複数の曲線・曲面がなめらかに接続されたものである。 $k$ 階のB-スプライン関数 $N_{i,k}(s)$ で表現されるB-スプライン曲線・曲面は、 $k-2$ 次の導関数まで連続性が保証される $k-1$ 次の曲線・曲面となる。

本システムでは、デジタル化データを用いて最小二乗法により境界曲線・分割曲面を生成する。B-スプライン関数の節点ベクトルは、両端で $k$ 重とし内部節点は等間隔とする。

### 2.2.1 境界曲線生成法

2.1で指定した平面とディジタイジングデータより境界線の点列を算出する。ある点群からB-スプライン曲線の制御点を出すためには、それぞれの点に適切なパラメータを与える必要がある。そこで、点列間の距離の比でパラメータを設定する。パラメータを設定した境界線の点列から制御点の数を決めて、最小二乗法で制御点を算出する。ただし、境界曲線の始点・終点(制御点列の両端点)と境界線の点列の両端点を一致させて算出する。

### 2.2.2 分割面生成法

分割面内のディジタイジングデータは、格子状ではなく離散的な点群であるため、それぞれの点に適切なパラメータをどうやって設定するかが問題となる。

これを解決する一つの手法となる本システムの生成手順を以下に示す(図4参照)。

- ① 2.2.1の境界線の点列データをB-スプライン曲線で補間し、パラメータが等間隔(1/N)になるように点列を算出する。
- ② ①で算出したv方向の境界曲線の点列を始点・終点とする平面とディジタイジングデータから、u方向の点列を算出する。平面の角度はu方向の境界線の切断平面の角度から決定する。
- ③ ①で算出したu方向の境界曲線の点列を始点・終点とする平面と②で算出した点列を補間した曲線から、交点を算出する。この交点群は、(u,v)のパラメータが等間隔の(N+1)×(N+1)の格子点群となる。
- ④ ③で算出した格子点群を用いて最小二乗法によりB-スプライン曲面を生成する。
- ⑤ 分割面内のディジタイジングデータから最も近い④で算出した曲面上の点のパラメータ(u,v)を、ディジタイジングデータのパラメータとする。
- ⑥ 最小二乗法で分割曲面(B-スプライン)を生成する。

また、それぞれの分割面において、最小二乗法により制御点を算出すると、境界において隣り合う曲面と接続しなくなるため、周囲の制御点は2.2.1の手法で生成した境界曲線の制御点を用いて、内部の制御点のみを最小二乗法により算出する。

曲面生成は、設定した精度を満たすまで制御点の数を増やし繰り返し行う。曲面の誤差は、ディジタイジングデータから最も近い曲面上の点までの距離とする。

### 3. 適用例とその評価

自由曲面で構成される自動車形状の物理モデルに対して本手法を適用した(図5)。物理モデルを非接触式ディジタイザで計算機入力(測定ピッチ2mm)したディジタイジングデータに対して境界線を指定し、誤差の平均が0.2mm以下になるように分割面をB-スプライン曲面で表現し、曲面上の曲線をパラメータ0.1間隔で表示した。また、2.2.2の④で生成した曲面と⑥で生成した曲面の誤差の平均、最大値、標準偏差を図6に示す。

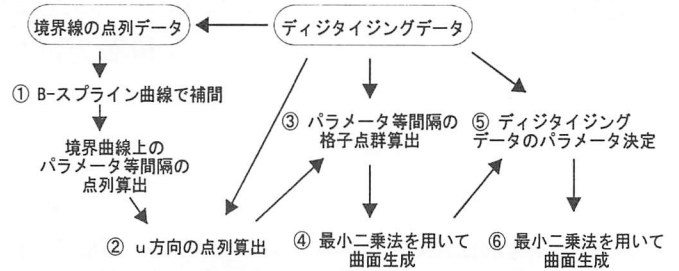


図4 分割曲面の生成手順

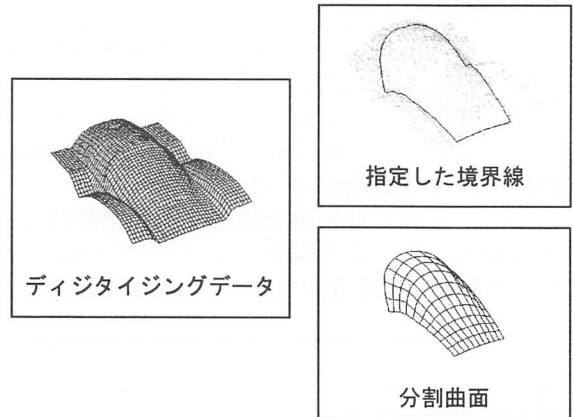


図5 適用例

	制御点数	平均	最大値	標準偏差
④	7×7=49	0.196mm	1.315mm	0.195mm
⑥	7×7=49	0.191mm	1.186mm	0.177mm

分割面内のディジタイジングデータ数: 947

図6 生成した曲面の評価

947点のディジタイジングデータを、B-スプライン曲面として49点の制御点で表現できた。算出した格子点群を用いて生成した曲面(④)は、実際のディジタイジングデータを用いて生成した曲面(⑥)と比べ、誤差にばらつきがあることが分かる。しかし⑤の計算に時間がかかることを考えると、④の曲面で十分であると思われる。また、現段階では、u方向とv方向の制御点数を同じにしているが、誤差の大きい方向の制御点数を増やすようにすると、より適切な表現ができるであろう。

### 4. おわりに

- 1) 境界線を指定し領域分割し、その分割面を曲面表現するまでの手順を示した。
- 2) 本手法を実際の物理モデルに対して適用し、その有効性を確認した。

### 参考文献

- 1) 栗山敬弘: 物理モデルを基にした形状モデリングシステムの開発, 1996年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, p825-826