

## -変形格子モデルの生成とその評価-

北海道大学工学部  
 日本大学工学部

○竹内英明 近藤司 檜原弘之 五十嵐悟  
 白井健二

## 要旨

本研究は、離散点データの構造的記述により、境界表現と等価な点データに基づく形状モデル表現を提案するものである。本報では、離散点データによる面形状の一表現法として変形格子モデルを提案し、その原理と生成法について述べている。また、この手法をディジタイジングデータに適用し、その評価から有効性を確認した。

## 1. 緒論

製品の生産工程において、高速・高精度化等を目的としたCAD/CAMシステムが用いられ、形状は数学的なモデルにより表現されることが一般的となっている。

しかしながら、そのモデルを用いた形状処理のいくつかは点単位のレベルで処理されており、面形状が数学的に表現されているにも関わらず、最終的には離散点データで問題を解決している<sup>1)</sup>。

またその一方で、意匠性の高い形状の計算機入力方法は、実際に作成された模型形状などの物理モデルを基にディジタイジング<sup>2)</sup>・画像処理技術などにより行われており、そのデータは離散点群である。これらを考慮すると、モデルを統一的に扱うことのできる形状表現法の確立が必要であると言える。

本研究では、離散点データに基づく形状モデル表現として変形格子モデルを提案し<sup>3)</sup>、本報では、その変形格子モデルの生成法とその評価について報告する。

## 2. 変形格子モデルの提案

点群の面形状データ保持方法としては、正方格子状に保持する方法と形状特徴部に集中して保持する方法が考えられるが、前者は形状精度に、後者はデータの取り扱いに問題を抱えている。

そこで本研究で扱うモデルでは、形状特徴部とそれ以外の領域を点の粗密化処理により効率的に表現する一方で、点群の位相構造は格子状を保つことによりデータの取り扱いを容易にした“変形格子モデル”を提案する。

## 3. 変形格子の生成原理

変形格子は、正方格子と同様な位相構造により拘束される格子モデルである。格子間の位置関係は、式(1)に示すポテンシャル場のエネルギー極小解として実現され、それは格子自体の内部エネルギー  $E_{node}$  と対象形状に依存する外部エネルギー  $E_{form}$  の線形結合によって表現される。

$$E_{total} = \sum_{k=1}^{allNodes} E_{node_k} + E_{form} \quad (1)$$

3.1 内部エネルギー  $E_{node_k}$ 

一つの格子点に対する格子内部エネルギーは、格子を構成する周囲8点による疑似 Van der Waals 力と正方位相構造を維持する力で決定される。ここで、疑似 Van der Waals 力とは、安定格子点間隔以上で引力場、それ未満で反力場を生成する力である。

3.2 外部エネルギー  $E_{form}$ 

この外部エネルギーを適当に設定することにより、形状の特徴を反映した変形格子を作成することができる。

一般に格子点間隔を一定とすると、離散点で与えられる形状の誤差は形状曲率の大きさに依存する。すなわち誤差一定とするためには、曲率に対して点間を可変とする必要がある。

従って格子位置を決定するポテンシャル場に対して、曲率の大きさ又は形状の特徴量を反映したエネルギーを与えなければならない。

## 4. 変形格子モデルの生成法

次に、具体的な変形格子モデル生成手順を示す。

## 4.1 形状特徴の抽出

形状の特徴に対して影響を与える外部ポテンシャル場を生成するために、あらかじめ離散点群データを用いて、形状特徴部を抽出する。

本報における実験では、点群データとして Z-map 構造を持つディジタイジングデータを用いたため、形状特徴情報として形状の曲率と傾斜量を用いた。

## 4.2 外部エネルギーマップの作成

外部エネルギーによるポテンシャル場は、疑似 Van der Waals 力の安定格子点間隔を変化させることにより実現する。そのために外部エネルギー情報は、形状特徴部を考慮した安定格子点間隔に対するウェイト値のマッピングにより作成する。このウェイト値は、格子点密度を定めるパラメータであり、初期正方格子安定状態を基準として正負の値で段階的に設定する。

また、その分布は、ウェイト値を  $Weight$ 、そのウェイト値の占める領域面積を  $Area$  としたとき、格子変形領域

全体で拘束式 (2) に従う。

$$\sum_{k=1}^{MapArea} (Weight_k \cdot Area_k) = 0 \quad (2)$$

式 (2) は、格子全体における粗密の度合いを決定する式であり、これにより変形格子の最大格子点間隔を管理する。

#### 4.3 格子パラメータの決定

変形格子の作成に影響を与えるパラメータには、標準安定格子点間隔  $SD$ 、局所的な  $SD$  に対する比率を定める  $Weight_k$  の最大値  $Wmax$ 、最大許容格子点間隔  $Dmax$ 、そして格子を形成する格子点数  $N$  があり、式 (3),(4) に示す相互依存関係を持つ。

$$Wmax \cdot SD = Dmax \quad (3)$$

$$f(SD) = N \quad (4)$$

従って、これらのうち二つのパラメータを定めれば、残り二つは必然的に決定される。

#### 4.4 演算実行

式 (1) の極小化は反復計算により行い、格子は反復を重ねるごとに極小解へと変形を繰り返していく。

#### 5. 評価

形状点群データとして Z-map 構造を持つディジタイジングデータを用い、本手法を適用した。その外観を図 1 に示す。

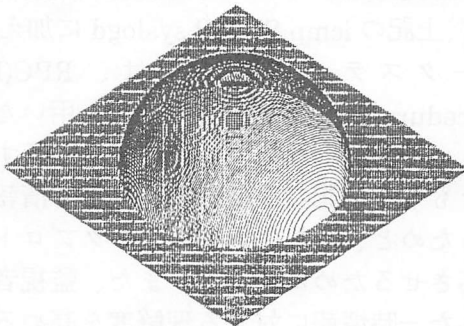


図 1 適用対象面

対象とする形状は、 $9.0 \times 9.0$  mm の領域内に存在する半径 3.15 mm の半球である。これに対し、一辺 11 点で構成される変形格子モデルをあてはめ、その効果を調べる。変形格子の初期状態は、図 2 に示す通り正方格子である。

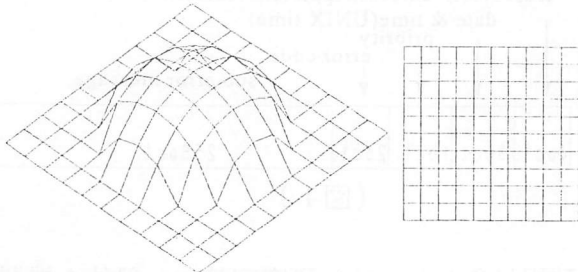


図 2 変形前の正方格子モデル

本手法を適用し、変形した格子モデルの結果を図 3 に示す (反復演算回数 3000)。形状曲率が大きくなるエッ

ジ部と、傾斜部に応じた粗密のある点群が得られることがわかる。

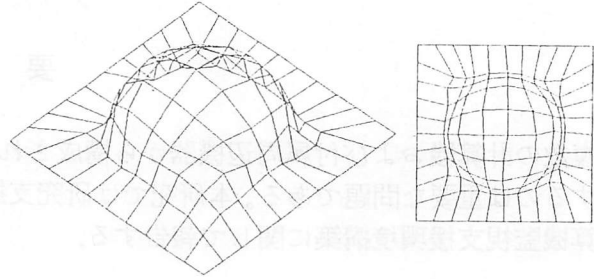


図 3 変形後の変形格子モデル

また、式 (1) の極小解を求める反復計算の回数に対する、変形格子が持つエネルギー  $E_{total}$ 、そしてその変形格子により表現される形状と実形状との形状誤差の絶対値平均をプロットしたものを図 4 に示す。

この評価では、詳細測定データを実形状データとして用いる。各詳細測定データ XY 座標値において、その点を内包する変形格子 3 点により形成される平面上の Z 座標値をモデル形状値とし、詳細測定データの Z 座標値との差を形状誤差とした。

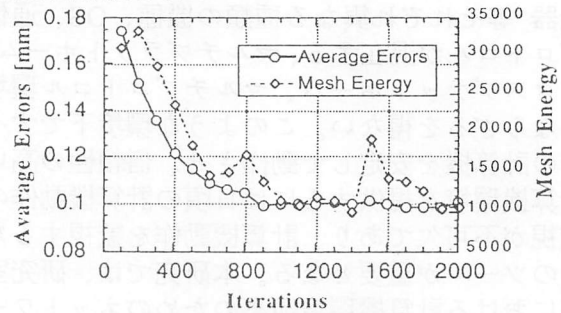


図 4 格子エネルギーと形状誤差の収束

この結果より、反復演算とともに格子エネルギーは、多少の増減を繰り返しながら減少し、形状誤差もそれに伴い改善されていくことがわかる。

#### 6. 結論

1. ポテンシャル場を応用した変形格子モデルによる点群データ構造を提案した。
2. 変形格子を生成するためのパラメータ決定方法を示した。
3. ディジタイジングデータを用いて変形格子を作成し、提案する形状モデル表現の有効性を確認した。

#### 参考文献

- 1) 近藤司：離散形状点データによる工具経路生成システムの開発研究, 北海道大学博士論文 (1995)
- 2) 竹内英明：非接触ディジタイジングシステムの多機能化に関する研究, 1994 年度精密工学会北海道支部論文集, p.71
- 3) 竹内英明：ディジタイジングデータを用いた形状モデル表現に関する研究 - ポテンシャル場を応用した離散データによる形状表現 -, 1995 年度精密工学会春季大会講演論文集, pp333-334