

1H-2

要素メッシュの生成

原田正範

(株) リコーソフトウェア研究所

1 はじめに

構造解析には有限要素法が多く使われている。しかしCADで設計した形状データを解析するには要素分割する必要がある。そのため、形状データから自動的に有限要素メッシュを生成する方法が多く提案されている[1][2]。そのうち3次元格子を利用する方法は、比較的簡単にメッシュ生成を行う事ができる。しかしこのようにして得られたメッシュの要素は形状が歪んでおり、計算精度の低下をもたらす。そのため、スムージングを行って、要素の形を整えなければならない。本稿では3次元格子を利用して開発した自動メッシュ生成について、種々のスムージングの実行結果を示す。

2 メッシュ生成

三次元の形状データから3次元の格子を使用し以下の様にメッシュデータを生成する。

立体に等間隔格子をあてはめる。その格子の点が立体の内部にある場合は節点として採用し、そうでない場合は捨てる。格子点の内外判定にはそして採用された節点が、六面体の頂点を成すように8個並んでいたら、その組合せの部分六面体要素として認識する。今回この形状データとして、境界表現のソリッドモデラーを使用した。このため点の立体に関する内外判定部を開発した。これについてはここでは述べない。内外判定を全体に行えばメッシュ生成ができるが、このままだと立体表面とメッシュの表面との間が、最大で格子間隔分も離れてしまう。そこで、立体外部の格子点のうちで隣の格子点が立体内部(表面を除く)の点であったら、その格子点を立体表面に移動して、新たに節点として採用する。これにより、立体形状に沿ったメッシュの生成ができる。図1が形状モデル図2が以上の手順でできるメッシュである。

3 スムージング

前節で示した方法では図2から判る様に立体表面部では節点を移動するため要素の縦横比が悪くなり、形状が歪む。そこで全体的に節点を移動して歪みを平均化するスムージングを行う必要が生じる。

まずある節点を隣り合う節点群の位置の平均に移動するスムージング(ラプラシアンスムージング)をかけてみた。(図3)

図2と図3を比べてみるとラプラシアンスムージングを行うともとのメッシュと比較して、かえって歪みを大きくしてしまう傾向がみられる。これは立体表面部の節点は周りに採用されていない格子点があるため移動できず、隣の点の移動に追従できないからである。

上のラプラシアンスムージングの、欠点を解消したスムージングとして、アイソパラメトリックスムージングがある。これはHermannが[3]で述べている方法で、節点の周囲の要素全体を一つのアイソパラメトリック要素と考えその要素の中心位置に、節点を移動する方法である。[3]では2次元平面に対してのスムージングについて述べられているので、ここではそれを3次元に拡張する。

2次元での四辺形要素のアイソパラメトリックスムージングは、以下のように表される。(図4)

$$P_i = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (P_{nj} + P_{nl} - P_{nk})$$

ここでNは、節点iの周りの要素の数である。3次元の六面体要素におけるアイソパラメトリックスムージングを、もとめる。セレンディピティ2次元要素に於ける中心の点(パラメータ0の点)での各節点の形状関数の値は、

$$\text{隅の要素} - \frac{1}{4} \text{稜線の中点} \frac{1}{4}$$

となる。よってアイソパラメトリックスムージングは次の様に導かれる。(図5)

$$P_i = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (P_{nj} + P_{nk} + P_{nl} - 2P_{no})$$

ただし、アイソパラメトリックスムージングは、縦横比の改善はしない。そこで(x, y, z)各方向で、節点を均等に配分して縦横比の改善をあらかじめ行うことにする。(一方向均等配分)これは以下の手順で行う。

```
for(総ての軸方向(x,y,z)) {  
  for(総ての採用された点p) {  
    if(pの両隣の点が採用されている) {  
      if(pと両隣の点が直線上にある) {  
        この点を両隣の中心に移動する;  
      }  
    }  
  }  
}
```

Finite Element Mesh Generation from 3-D Solid Modeler Data

Masanori Harada
Ricoh Co.,Ltd.

```

    } else {
        軸方向を法線に持ち両隣の間接点を
        通る平面上に注目している点を
        投影する;
        この点を投影位置に移動する;
    }
}
}
}

```

一方向均等配分を行った後、アイソパラメトリックスムージングを行ったのが、図6である。図3と比較して、形状が改善されたことがわかる。

4 結論

3次元ソリッドモデラー DESIGNBASE において、有限要素メッシュを自動的に生成する方法を開発し、それによって生成されたメッシュの持っている欠点の立体表面部における要素の縦横比の悪化や形状の歪みなどを改善する必要が生じたため、さまざまなスムージングを適用してみた。このうち、アイソパラメトリックスムージングと一方向均等配分を、併用したものは、定量的評価はしていないが、図から判断して満足できるほど要素形状が改善されたことがわかった。

References

- [1] Sapidis N. and Perruccio R., "Advanced techniques for automatic finite element meshing from solid models" *CAD*, vol. 21, num. 1, jan/feb 1989
- [2] Ho-Le K., "Finit element mesh generation methods: a review and classification" *CAD*, vol. 20, num. 4, may 1988
- [3] Herrmann L. R., "Laplacian-Isoparametric Grid Generation Scheme" *J of Eng. Mech. Div. Proceedings of Amer. Soc. Civil Eng.*, vol. 120, Oct 1976

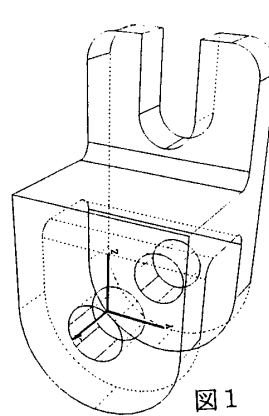


図 1

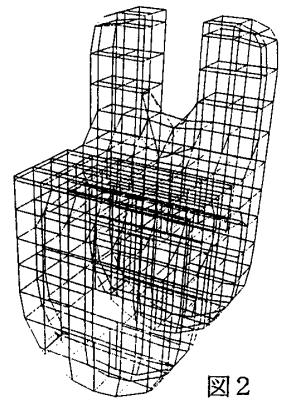


図 2

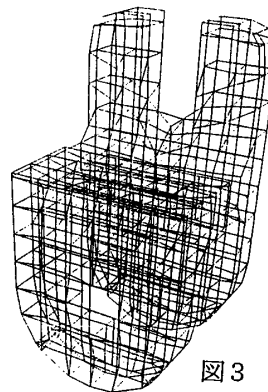


図 3

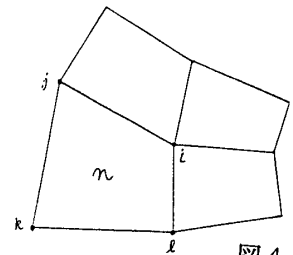


図 4

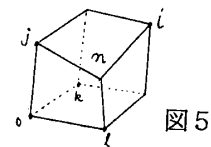


図 5

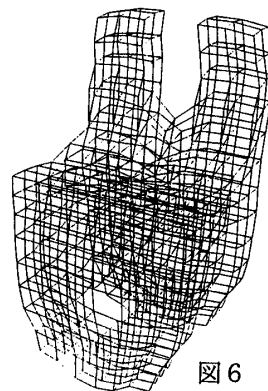


図 6