

CAD を利用した境界要素データ生成法

福井大学工学部
福井大学大学院

正会員

○ 今度 薫
福井 卓雄

1 はじめに

今日 CAD ソフトの発展により、物体をモデル空間上に表現し、その形状を画面上で捕らえることが一般的になってきた。CAD には自動要素生成ツールがあるが、扱う種類によってメッシュデータは不完全である。したがって本研究では、各種の CAD データの変換用標準フォーマットとなっている DXF を利用して、3次元境界要素モデルを生成する。DXF データの各要素を整理し、境界要素生成に利用できる要素を抽出して、それぞれについて、要素生成を行う。また、既研究で得た曲面上の要素生成法を活用する。

2 CAD データ

DXF とは、Drawing Interchange Format の略称で、Autodesek 社が AutoCAD 間のデータ交換変換を目的に作った中間ファイル形式である。このファイルを介して他のアプリケーションと図面データの受け渡しが可能となる。DXF データは図面データの記述を目的としているために、必ずしも形状データを正確に記述するものではない。また、2次元の図面データを中心に記述するために、3次元形状の表現はやや弱い。しかしながら、DXF のデータ形式は普及しており、その取り扱いも容易であるので、本研究では、AutoCAD により作成された DXF データを用いる。

DXF のファイル構造は、以下のセクションに分れる。

HEADER セクション	図面の変数の設定
CLASS セクション	C++のクラスライブラリデータ
TABLE セクション	図面内の共通データ
BLOCK セクション	複合図形の定義データ
ENTITY セクション	画面上に表示される図形のデータ
OBJECT セクション	GROUP と MLINE データ

図形描写に最も重要なセクションが、ENTITY である。3次元形状モデルとしては、ソリッドモデルとサーフェスモデルが利用できる。表-1 に、モデルとそこで利用できるプリミティブ、操作についてまとめた。

表-1 3DCAD データ

モデル	プリミティブ	操作	特徴
3D ソリッド	直方体	押し出し	合成可能
	円錐 円柱 球 円環体 くさび	回転 合成	
サーフェスモデル	3D オブジェクト (3D ソリッド, 角錐) 矩形メッシュ ポリメッシュ	ルールドサーフェス タビュレートサーフェス 回転サーフェス エッジ定義サーフェス 3D メッシュ	合成不可
	線形図形 2次元図形 リージョン		

3 要素生成の方針

ソリッドモデルは立体をいくつかのプリミティブの組み合わせとして表現するもので、閉じた空間で、体積を属性として持つ。表-1によると、ソリッドモデルでは、形状に対して論理演算を行って、形状の合成をすることが可能である。しかし、利用できるプリミティブの種類が限られており、とくに、スプラインのような自由曲面を扱えないので、複雑な形状作成には不向きである。また、3D ソリッドは ACIS による sat データを用いて形状を記述するために、DXF フォーマットとしては閉じておらず、追加の情報と操作が必要である。

サーフェスモデルは、物体の表面だけで立体を表現するモデルであり、体積などの属性を持たない。これはむしろ平面や曲面の集合体であると考えられる。この意味で合成演算などはできず、すべての表面の要素を定義してやる必要がある。しかしながら、平面や曲面のデータは、それが適切に定義されていれば境界要素の生成には使いやすい。ただし、DXF では多くの曲面がポリゴンとして記述されているので、球面や円柱面などの曲面を再現するためには余分な解釈が必要である。また、ルールドサーフェス、タビュレートサーフェス、回転サーフェス、エッジ定義サーフェスなど CAD 描画に適合させた定義をおこなっており、適切な解釈を加えなければ本来の曲面を再現できない。このような問題点はあるものの、現在のところは、サーフェスモデルの方が境界要素生成には適しており、また、2次元用の形状要素もデータとして含めることができるので、ここでは、サーフェスモデルから境界要素を生成することとする。

以下では、DXF の代表的な形状要素について、その利用と対応する境界要素生成の方法についてのべる。

ライン ラインは、線分である。始点と終点の座標値から成る。ラインによる 3D は、厚さによるもので面境界となる。面境界については、長方形の均等要素を生成することは容易である。応力集中などを考慮して非均質サイズの要素を生成する場合には、バブル法を利用して 3 角形要素分割する。

ポリライン ポリラインは、線形図形である。線分や円弧などを組み合わせてひと続きの図形として表現する。項目 POLYLINE で、スプライン曲線を描くことも可能である。これらには 2 次と 3 次 B-スプライン曲線があり、通常は 3 次 B-スプライン曲線を用い表現する。スプライン・フレームの制御点を設定できるが通過点は設定できない。ポリラインによる 3D は、厚さを与えることで境界を生成する。この場合、柱状の境界しかなく、上下に対しては境界は存在しない。この場合には、境界は平面と曲面とから構成される。平面部分については上と同様に扱い、曲面部分については、均等分割の場合には、柱の母線方向に平行な長方形要素に分割する。非均等な分割の場合には、福井・上田の方法 [3, 4] を用いる。

スプライン スプライン曲線を組み合わせて曲面を作成することができる。項目 SPLINE では、座標値・ノット数・制御点・フィット点数・ノット許容差・制御点許容差をデータとして持つ。フィット許容差により近傍を通過するスプラインを作成することも可能である。もっとも自由な曲面を作成するための方法となっている。要素の生成には、前出の方法 [3, 4] を用いることができる。

タビュレートサーフェス、ルールドサーフェス、回転サーフェス、エッジ定義サーフェス サーフェスモデルの各種の描画操作により得られる曲面であり、ポリゴンあるいはスプライン曲面として表現される。曲面上の要素分割については方法 [3, 4] を用いる。

4 おわりに

代表的な CAD データ交換用ファイル形式である DXF フォーマットのデータから境界要素法データを作成するための基礎的な準備を行った。形状モデルとしてサーフェスモデルを選択し、それから与えられる境界面の要素分割法について方針を示した。現在、要素分割のためのプログラムの作成を進めている。

参考文献

- [1] AutoCAD 2005 ユーザーガイド, Autodesk, 2004.
- [2] 落合 重紀: 新・DXF リファレンスガイド, 1997 日経 BP 社
- [3] 福井卓雄: 確率的サンプリング法を利用した任意曲面の境界要素モデル作成手法, 計算数理工学コンファレンス論文集, **3**, 2003.
- [4] 上田哲也、浦勝一、福井卓雄: 大規模境界要素解析のための境界要素自動生成手法, 計算工学講演会論文集, **9**, pp.801-804, 2004.