

Bool 演算を用いた境界要素モデル構築のための基礎的研究

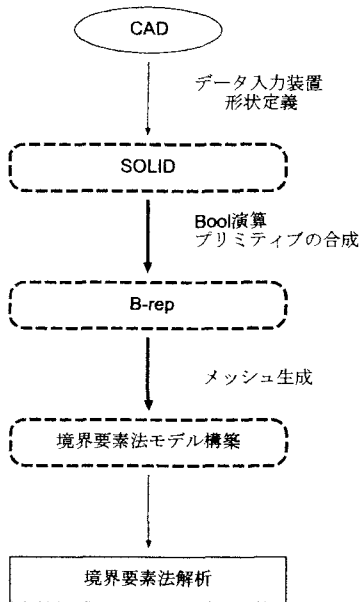
福井大学大学院 学生会員 ○ 今度 薫
福井大学大学院 正会員 福井 卓雄

1 はじめに

近年複雑で多種多様な形状をもつ構造体が増え、CAMやCAEによる解析が不可欠になってきた。一方、高速多重極法を利用した境界要素解析法により、境界要素データを使った大規模問題の解析が可能になってきている。このような大規模問題の解析において境界データの作成は容易ではない。効率よく解析を行うためには、データ作成を自動化する必要がある。これを行うために、形状表現のために広く普及しているCADやCGといった技術を利用することを本研究の目的とする。最適な形状設計を行うため、CADの出力する形状データを使って、境界要素モデルを自動的に生成することが望ましく、そのための研究を進めてきた [1][2][3]。

本研究では、既存のシステム・既研究を利用し、複雑形状の境界要素モデルを構築するための基礎的研究を行う。

2 形状設計



本研究の解析の流れを左図に示す。データ入力装置としてCADを利用し、プリミティブの集合として形状定義を行う。このとき形状を表現する方法として、SOLIDモデルを利用する。形状定義のために、プリミティブ間のBool演算を行い、B-repデータを作成し、境界要素モデルを構築する。今回は2次元形状を扱い、とくに点線部分に着目する。

2.1 データ構造選択

SOLIDモデルには、CSG・B-repsの2つの表現方法がある。CSGは直感的に分かりやすい基本的な形状の組合わせで目的の形状を表現する。さらに、やり直しのような操作が比較的容易であるといった特徴をもっている。また、B-repsは、境界条件である頂点・稜線・面を用いて表現する方法で、コンピュータ内でのデータ処理は容易である。そこで、本研究には形状をとらえるためにはCSGを用い、境界要素を生成するためにはB-repsの構造体を利用することにする。

2.1.1 CSG法

目的の形状を作成するために、CSG表現を利用する。基本的な形状(プリミティブ)の集合を集合演算し、複雑形状を表現する。データは種類、位置、大きさ、形を木構造としてもつ。

Bool 演算 定義された形状を、「和」「差」「積」を求め複雑な形状を作成し、内部と外部を決定する。

内部と外部の境界ポイントを判断する具体的な操作を以下に示す。下図は、Bool演算により得られる結果である。

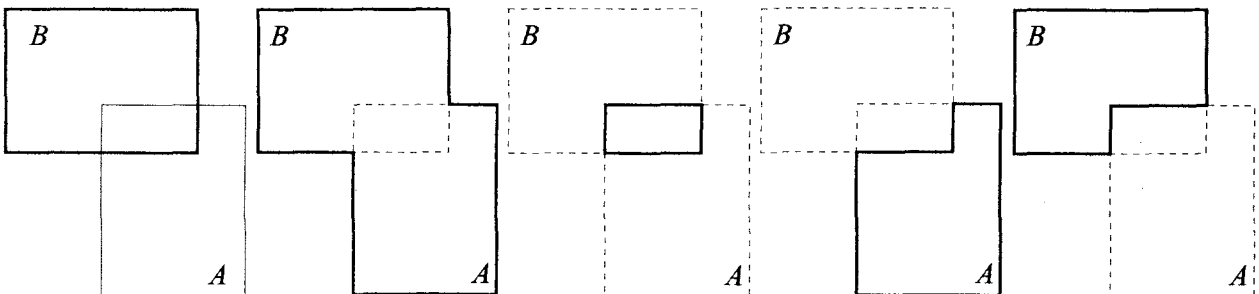


図-1 A and B

図-2 $A \cup B$

図-3 $A \cap B$

図-4 $A - B$

図-5 $B - A$

- ☐ 表面の法線が、平面の外側に向うと内部と判断する。
- ☐ 境界を結合したものは閉じたセットとする。
- ☐ 閉じたセットは境界ポイントをすべて含み、開いたセットは1つも含まない。
- ☐ 交差している境界部分は常に内部に含まれる。
- ☐ 共有されない境界で、内部の境界に隣接していないものは境界としない。
- ☐ 境界各面の表面の法線は、どちらかの法線をとる。
- ☐ どれが境界の偽りの面かを決め、これらの面の1つに隣接する場合、交差している境界に頂点かエッジを含む。

2.1.2 B-rep

Bool 演算により求められた形状を、幾何要素情報だけでなく、接続関係（位相要素情報）をデータに持たせ、形状を表現する。平面の内部と外部を分け、境界を表現する。面は稜線の矢印が時計方向にあれば内側と判断させる。

左図を例にとり、以下にデータ構造を示す。

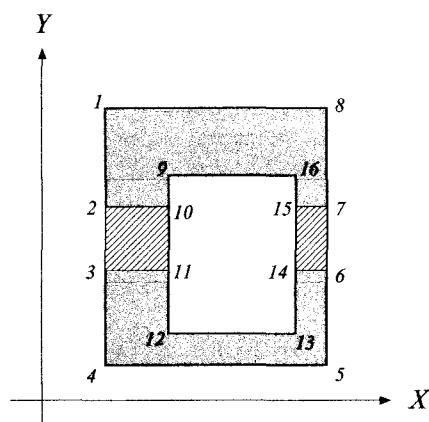


図-6 データ例

頂点番号	x 座標	y 座標	稜線番号	頂点番号	面番号	稜線番号				
1	2	9	a	1	4	A	a	d	c	b
2	2	6	b	4	5	B	e	f	g	h
3	2	4	c	5	8	C	i	l	k	j
4	2	1	d	1	8	D	m	p	o	n
5	9	1	e	9	12					
⋮			⋮							
14	8	4	n	14	6					
15	8	6	o	6	7					
16	8	7	p	7	15					

面 B は、 $e \rightarrow f \rightarrow g \rightarrow h$ の順であるから、稜線の外側に内部が存在することになる。つまり、面 B は穴を意味することになる。面 C・D に関しては、面 A の中に違う物体が存在することを意味する。

多角形に関しては、上記のように頂点・稜線・面構成をデータとして与えることで、形状をとらえることができる。円は中心座標および半径をデータとしてもつ。2次元曲面に関しては、座標値・制御点・フィット点数などのデータをもち、曲線を組み合わせて形状を表現することが可能である。

2.2 境界要素モデル構築

2次元形状の境界要素モデルを構築する場合、形状を正確に表現することができれば、それぞれの表現式を用いることで容易に分割することができる。

2.3 おわりに

境界要素データを作成するための基礎的準備を行った。これをもとに、最適な境界要素を作成する。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] 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.
- [2] 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.
- [3] 今度薫、上田哲也、福井卓雄：3次元CADを用いた不定形構造要素の境界要素法モデルの作成に関する基礎的研究，土木学会第60回年次学術講演会概要集，2005