

ワイヤー・サーフェス・ソリッドの統一モデルのブール演算

3P-8

相沢民王(茨城大学工学部)

高瀬洋史(日立東北ソフトウェア(株))

1. 緒言

CAEにおいては、その汎用性の高さから有限要素解析が広く用いられている。この解析では、ワイヤ、サーフェス、ソリッドの組合せモデルをその対象とする。また、この組合せモデルではいわゆるトポロジカルな関係の正確な記述が要求される<sup>1)</sup>。そのため、モデリングの自動化が難しく、この問題の解決のためには、いわゆるソリッドモデルのブール演算のようなモデリングのための強力な手法の開発が必要となる。

しかしながら、現在のところ、組合せモデルのブール演算の一般的な処理方法は明らかにされていない。

本研究は、幾何学的胞複体鎖(数学モデル)<sup>3)-5)</sup>に基づくワイヤ、サーフェス、ソリッドの統一モデラーに関するもので、そのブール演算の三次元モデラーへの適用について述べたものである。

2. 用語、記号の説明(図1)<sup>3)-5)</sup>

- $|\sigma|$  : 胞体
- $|\sigma^r|$  : r次元胞体
- $|v|$  : 点(0次元胞体)
- $|e|$  : 線要素(1次元胞体)
- $|f|$  : 面要素(2次元胞体)
- $|s|$  : ソリッド要素(3次元胞体)
- $\sigma$  : 向きをもつ胞体( $\sigma$ と逆向きをもつ胞体は $-\sigma$ )
- $\sigma_j/\sigma_k$  :  $\sigma_k$ の内部胞体
- $i\sigma$  :  $\sigma$ の内部胞体集合
- $\partial\sigma$  :  $\sigma$ の境界サイクル
- G : 基底鎖
- B : 境界サイクル鎖(Gの各要素の境界サイクルの集合)
- P : 部分鎖
- I : 内部胞体集合鎖(Gの各要素の内部胞体集合の集合)
- G(P) : Pから生成されるGの部分基底鎖
- B(P) : Pから生成されるBの部分境界サイクル鎖
- I(P) : Pから生成されるIの部分内部胞体集合鎖
- $\hat{\sigma}_k$  : Gの要素
- $\tilde{\sigma}_\ell$  : Bに属する $\partial\hat{\sigma}_k$ の要素
- $\tilde{\sigma}_i$  : Pの要素
- $\hat{\sigma}_j$  : Iに属する $i\hat{\sigma}_k$ の要素
- $\tilde{\epsilon}_\ell$  :  $\tilde{\sigma}_\ell$ と $\hat{\sigma}_k$ の結合係数
- ( $|\tilde{\sigma}_\ell| = |\hat{\sigma}_k|$ で、 $\tilde{\sigma}_\ell$ と $\hat{\sigma}_k$ の向きが同じとき  $\tilde{\epsilon}_\ell = +1$ , 向きが異なるとき  $\tilde{\epsilon}_\ell = -1$ )

- $\tilde{\epsilon}_i$  :  $\tilde{\sigma}_i$ と $\hat{\sigma}_k$ の結合係数
- $\hat{\epsilon}_j$  :  $\hat{\sigma}_j$ と $\hat{\sigma}_k$ の結合係数
- A(P) : (P, G(P), B(P), I(P))  $\equiv$  {A( $\hat{\sigma}_i$ )} (胞複体鎖, ワイヤ・サーフェス・ソリッドの統一モデル)
- [A(P)] : G(P)の各要素 $\hat{\sigma}_k$ のユークリッド空間の部分集合としての集合和(A(P)の図形変換による像, 形状モデル)

3. 統一モデラーの開発

統一モデルA(P<sub>A</sub>), A(P<sub>B</sub>)のブール演算は、基本的には、共通細分(細分, 空間の合体, 向きの合体), 集合演算(タイプa)または共通細分, 部分基底鎖による拡大, 集合演算(タイプb)によって構成される。また、これらに境界サイクル要素による制限, 内部胞体による制限, 鎖写像(孤立内部胞体の削除を含む)を加えることによって適用対象に適したものとすることができる(図2参照)。さらに、鎖写像を孤立内部胞体の削除のみとすれば、胞体分割モデルのブール演算となる。

上述の演算の中で、向きの合体処理を除く共通細分の各処理と集合演算処理<sup>\*1)</sup>は、ソリッドモデル<sup>6)</sup>と同様の方法で処理される。そこで、以下では、今回新たに追加した演算処理を簡単に説明する(図1~図2参照)。

- (1) 向きの合体処理 共通の基底鎖上にある統一モデルA(P<sub>A</sub>)とA(P<sub>B</sub>)において、部分鎖P<sub>B</sub>の各要素の向きをこれと同じ図形を表すP<sub>A</sub>の要素と同じ向きにする。
- (2) 部分基底鎖による拡大処理 部分鎖P内の各要素から生成される部分基底鎖G(P)の各要素に結合係数+1を与え、部分鎖Pに加える。
- (3) 境界サイクル要素による制限処理 部分鎖Pに属する胞体の中で、境界サイクル(Bの要素)に含まれるものを部分鎖Pから削除する。
- (4) 内部胞体による制限処理 部分鎖Pに属する胞体の中で、内部胞体集合鎖Iに属する内部胞体集合に含まれるものを部分鎖Pから削除する。
- (5) 孤立内部胞体の削除による鎖写像処理 内部胞体集合鎖Iに属する内部胞体集合の要素(胞体)の中で、部分鎖P, または境界サイクル(Bの要素), 他の内部胞体集合(Iの要素)に含まれないものをその内部胞体集合から削除する。

4. 結言

理論的に定義されたワイヤ・サーフェス・ソリッドの統一モデル(幾何学的胞複体鎖, いわゆる非多様体胞体分割モデルを含む)のブール演算を三次元モデラー適用した。

- (1) このブール演算処理は共通細分処理と集合演算処理

\*1 形状モデルではなく、統一モデル(胞複体鎖)の集合演算

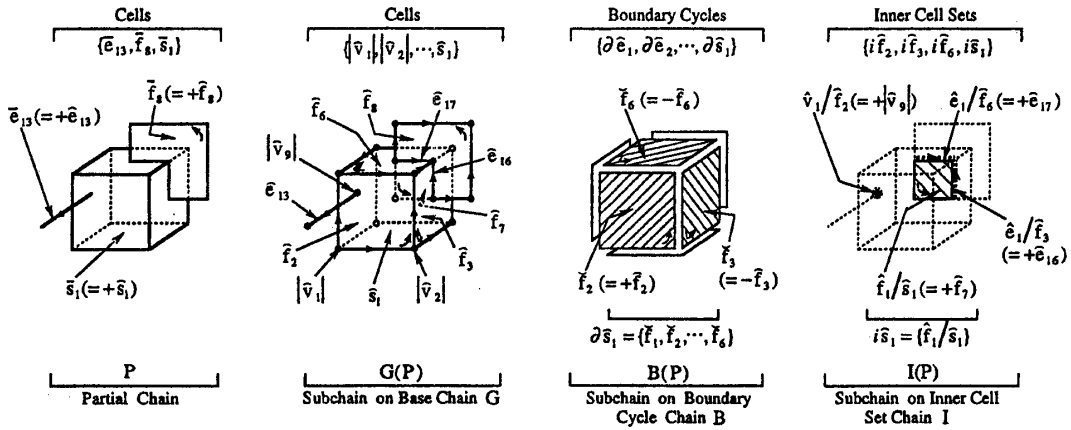


図1 統一モデル  $A(P) (\equiv (P, G(P), B(P), I(P)))$  とその例  $A(\{\bar{e}_{A13}, \bar{f}_{A7}, \bar{s}_{A1}\})$

(基本ブール演算処理)に拡大処理,境界サイクル要素による制限処理,内部胞体による制限処理,孤立内部胞体の削除処理を加えることによって組み立てられる。

(2)点,ワイヤ,サーフェス,ソリッドだけでなく,それらの組合せモデルに対してもブール演算ができる。

(3)境界で接するモデルに対してもブール演算ができる。

文献

(1)相沢民王,大和功一,中沢優,日本機械学会論文集(C編),

49,448 (1983) 2221.

(2)K.J.Weiler, doctoral dissertation, Rensselaer Polytechnic Inst., Troy, N.Y., 1986.

(3)相沢民王,精密工学会誌,55,2 (1989)331,Bull.JSPE,23,2(1989)152.

(4)相沢民王,精密工学会誌,55,4 (1989)729,Bull.JSPE,23,2(1989)272.

(5)相沢民王,第14回設計シンポジウム講演論文集(1996)72.

(6)相沢,飯村,城,茨城講演会講演論文集(1994)194.

(7)相沢,高瀬,茨城講演会講演論文集(1995)65.

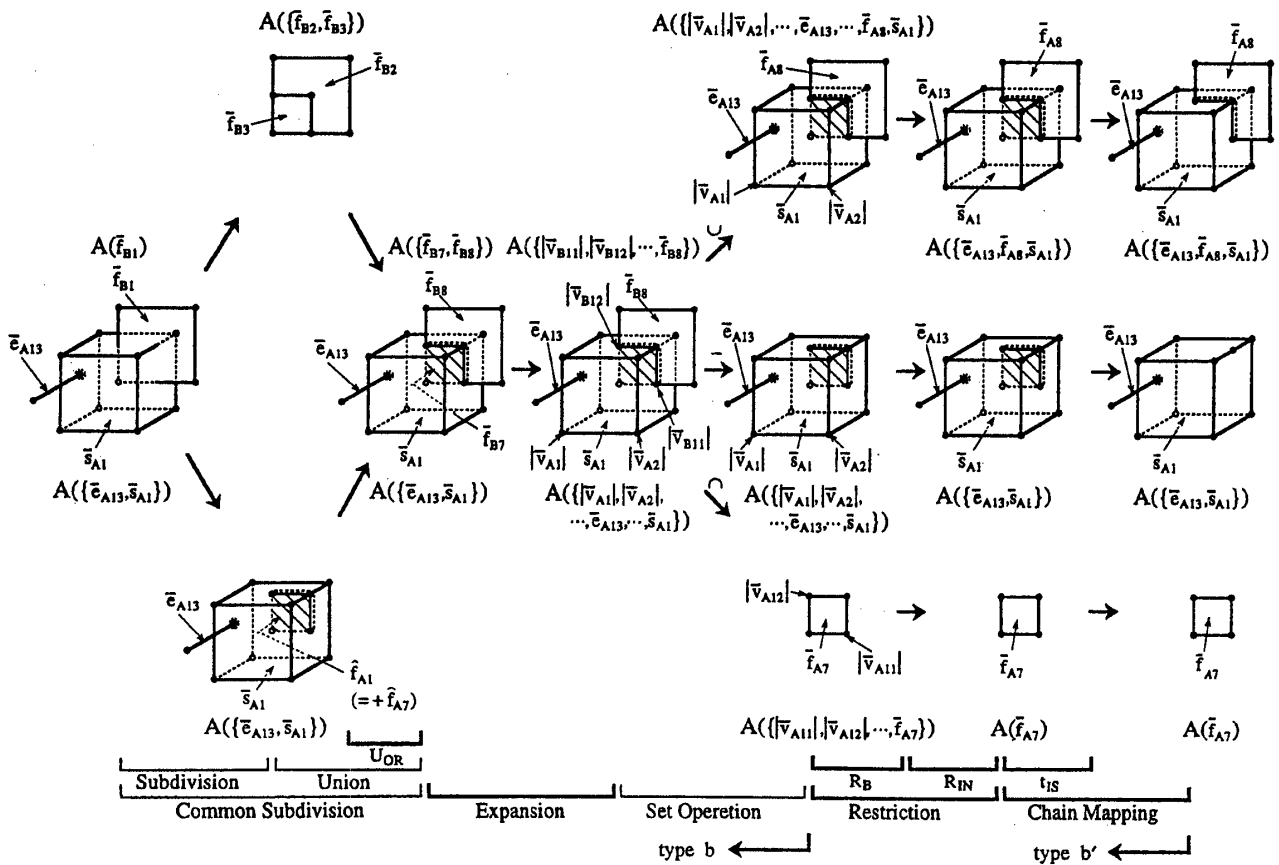


図2  $A(\{\bar{e}_{A13}, \bar{s}_{A1}\})$  と  $A(\bar{f}_{B1})$  ブール演算の構成例