

2次元要素を持つ拡張 CSG 方式の基礎研究

5 D-3

タン チョ ヨン* 山口 和紀†

*筑波大学理工学研究科

†東京大学教養学部 情報・図形教室

1 はじめに

機械設計の CAD において、3次元の立体を計算機内でどのように表現するかということは重要な問題である。忠実に立体の情報を表す形状モデルをソリッドモデルと呼ぶが、CSG (Constructive Solid Geometry) [1] と B-rep (Boundary Representation) との大きな2つの流れがある。

CSG 方式は、基本立体 (primitive object) を集合演算で組み合わせて立体を表現する方法である (図1)。一方の B-rep 方式は、境界で立体を表すモデルである。

機械設計を行なう時に、設計の高度化に伴い、2つの面の交わったところに対して、削ったり、丸めたりすることにより生じるブレンド (blend) した面を表すことが要求される。しかし、前述の2つのモデルとも blend を厳密に定義していない。そこで本研究では CSG 方式に新たな演算子として blend 演算子を導入し、そのための基礎研究を行う。

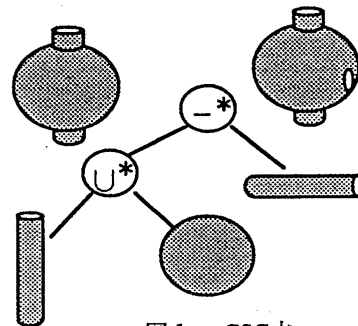


図1. CSG木

2 拡張 CSG

全節で述べた blend 演算をするには、立体のどの部分に対して行なうかを指定しなければならない。今回は集合演算 [1] を行った後、それぞれの立体の面と面の交線に沿って blend する方法を考える。しかし、従来の CSG 方式では、3次元立体に対する集合演算の結果として、立体 (volume) しか扱っていないので、ここでこのような交線を扱うために curve という概念を導入した。また、集合演算によって curve が複数生じる場合、どの curve に沿って blend を行なうかを指定する必要がある。図2は本研究で考えている拡張 CSG の簡単な例である。この例は、立体 A と立体 B から和集合演算によって生成された立体と、和集合演算時に同時に生じる複数の curve から目的の curve を選択し、その curve に沿って blend を行なうことにより、生成される立体を表す例である。この構造を代数的に書けば次のようになる。

$$\begin{aligned} \alpha &= \text{union}^*(\text{block}, \text{cylinder}) \\ \beta &= \sigma_{x>x_c}(\alpha) \\ \gamma &= \text{blend}(\alpha, \beta) \end{aligned}$$

従来の CSG は volume のみを考えていたが、ここでは curve も考えているため、 α は和集合演算 (union) の結果の volume の意味と和集合演算の時に生じる交線 curve の両方の意味を持っている。和集合演算によって立体に2つの curve C1、C2 が生成されるが、 σ は複数の curve に対する選択子を表し、ここで C1 を指定する。 β は σ で指定した curve を表す。そして、最後に γ は α の β に沿って行なった blend を表す。この構造は従来の CSG の木構造ではなく、DAG(Directed Acyclic Graph) 構造になった。

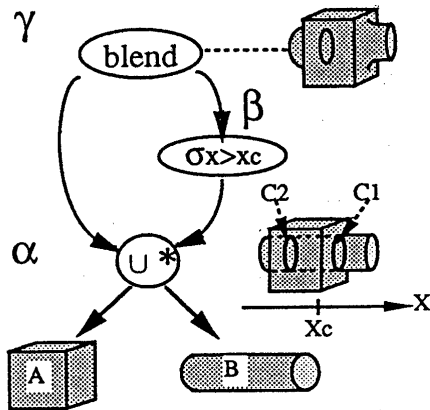


図2. Unionに対してblendを行なう例

3 curve の分類と選択

2節では curve を導入し、必要な curve の選択について述べたが、図3の例で示すように、立体の表面の共通部分が面になる場合もある。この例では、立体 A と立体 B の境界の積集合をとると面 S となり、面 S の境界をとると曲線 C が求められる。ここで、曲線 C を微分可能多様体の考え方をを用いて、微分可能な点と微分可能ではない点に分類し、微分可能な点は一つの要素としてまとめると、e1、e2、e3、e4、v1、v2、v3、v4 に分類される。このように分類しておくことにより、選択演算 σ_P により、例えば e1 を選択する。

4 blend 演算のアルゴリズム

今までは blend を導入するための CSG の拡張について述べてきたが、具体的な blend[2] の方法としては次のものを考えている。Blend の対象となる curve に隣接する面を指定して、両方の面にトリム線 (trimline) を生成し、それぞれのトリム線上の点を patch fitting に対応させる (図4)。これはアサイメント (assignment) と言う。blend した面はこのような patch によって表される。blend 演算を行なうためのトリム線も拡張 CSG の中で扱うので、その扱う方法を決めなければならない。ここで、トリム線に相当するものを curve と同様に 2次元要素として扱っている。

5 おわりに

今回は複雑な形状を持つ立体の表現法の1つとして blend 演算を導入し、そのための必要な情報と問題点について考察を行なった。また3次元要素と2次元要素を得られる集合演算を評価した。今後の課題としては、blend 演算の実行時に起こるさまざまな問題点例えば、アサイメントや、blend 演算のターミネションなどの指定方法を決め、blend 演算の実験を行うことである。

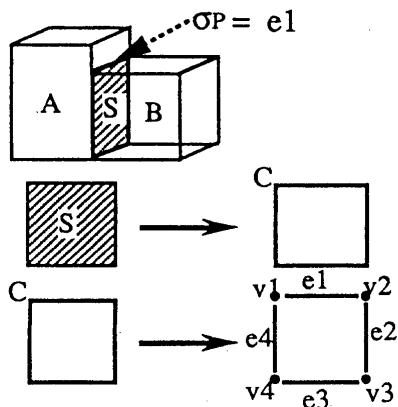


図3. 境界の共通部分の分類

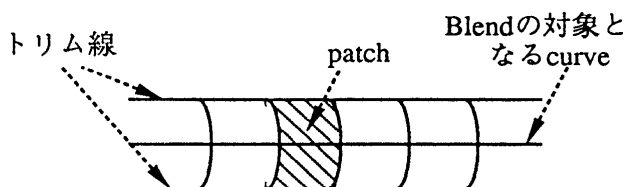


図4. 具体的なBlend方法の例

参考文献

- [1] Christoph M.Hoffmann, "Geometric and Solid Modeling. An Introduction", Morgan Kaufmann Publishers, Inc., 1989.
- [2] Tomas Varady, Ralph R. Martin, and Janos Vida, "Topological considerations in blending B-rep solid models", in Theory and Practice of Geometric Modeling, Springer-Verlag, P205-220, 1989.