

# CSG からポリゴンへの形状記述形式の変換法に関する基礎検討

佐藤 慈泰<sup>†</sup>, 小山 和広<sup>††</sup>, 岡田 稔<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 中部大学工学部, <sup>††</sup> 名古屋大学大学院工学研究科

## 1 はじめに

CG(Computer Graphics)において, 現在用いられている代表的なソリッドモデリングの形状記述方式として, CSG(Constructive Solid Geometry), B-reps(Boundary representations)などが挙げられる. CSG 表現では単純な形状(プリミティブ)を集合演算子により結合し, より複雑な物体を生成することができる. これは人間による直観的な形状把握や構成が容易であるといえる.

しかしながら, コンピュータ上(仮想空間)でモデリングした物体を実世界で実際の三次元形状として表現する場合, CSG 形式からポリゴン形式のように物体の形状や大きさを直接記述するようなフォーマットへの変換が必要とされる.

そこで本論文では, CSG 表現として筆者らが提案している半空間と 3 値論理代数系とによる方式 [1], ポリゴン表現として CAD システムなどで多用されている DXF(Drawing eXchange Format: [2])を取り上げ, その変換方法について基礎検討する.

## 2 形状記述形式

ここでは, 本研究で用いる CSG 表現と本研究で取り上げた DXF 表現との形状記述形式における相違について説明する.

### 2.1 CSG 表現

本研究では半空間  $f_i(x, y, z) \leq 0$  をプリミティブとする CSG [1] を用いる. ここで平面方程式  $S_i$  を,

$$S_i : f_i(x, y, z) = a_i x + b_i y + c_i z - d_i = 0 \quad (1)$$

$$(0 \leq d_i, 0 \leq i < n)$$

のように定義する.

また, プリミティブ同士の論理演算として 3 値論理演算 [1] を利用し, CSG データは文献 [1] 同様, Lisp などに用いられる S 式を準用して記述されているものとする.

### 2.2 DXF 表現

物体を表す頂点や直線を数字(座標)で表す [2]. DXF 表現を用いて 1 つの多角形ポリゴンを記述する場合, 頂点の数は 4 に限定される. したがって, 四角形の場合はそのまま表現することができ, また, 三角形の場合は, 4 つ目の頂点の座標は 3 つ目と同じ座標を代入することにより表現する. しかしながら, 五角形以上の多角形ポリゴンを記述する場合には, それを複数の四角形あるいは三角形に分割し, それらをつなぎ合わせるにより表現しなければならない.

## 3 変換アルゴリズム

2.1 で述べた CSG 表現を用いて定義された多面体に対して, その DXF 表現への変換アルゴリズムについて以下で説明する.

1. CSG データをポリゴンデータに変換する. その際, 一般に凹多面体の場合には, 実際には存在しない頂点やエッジが計算されてしまう. これらは河合らによる冗長性削除の一手法 [3] を用いて削除する.
2. 1 つの  $n$  角形ポリゴンに注目し, そのポリゴンデータを DXF データに変換する. 2.2 で述べたように DXF 表現を用いてポリゴンを記述する場合, そのポリゴンを構成する頂点の数は 4 でなければならない. そこで,  $n$  によって以下の 3 つの場合に分ける.
  - (a)  $n = 4$  の場合, それぞれの座標をそのまま変換する. 例えば 4 つの頂点の座標が  $(x_i, y_i, z_i)$  ( $0 \leq i \leq 3$ ) の場合, それに対応する DXF 表現は図 1(a) のようになる. ここで, 10, 20, ... はグループコードである.

A Fundamental Study on Translation from CSG to Polygon in Geometrical Description

Yoshiyasu SATO<sup>†</sup>, Kazuhiro KOYAMA<sup>††</sup> and Minoru OKADA<sup>†</sup>

<sup>†</sup> College of Engineering, Chubu University  
1200 Matsumoto-cho, Kasugai, 487-8501, Japan

<sup>††</sup> Graduate School of Engineering, Nagoya University  
Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya 464-8603, Japan

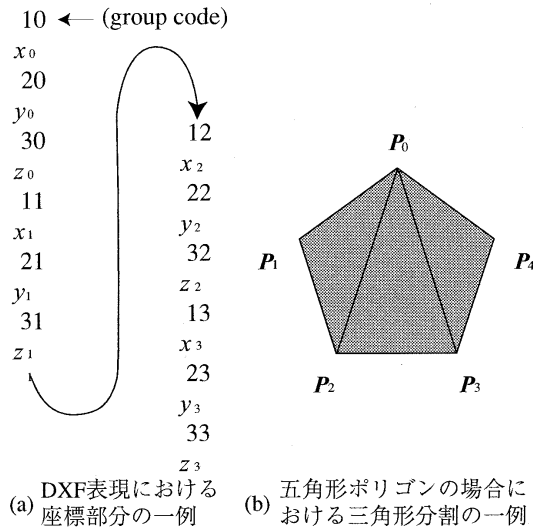


図 1: ポリゴンデータから DXF データへの変換

- (b)  $n = 3$  の場合, 4 つ目の頂点の座標は 3 つ目の頂点と同じ座標を設定する. つまり図 1(a) で  $x_3 = x_2, y_3 = y_2, z_3 = z_2$  とする.
- (c)  $n \geq 5$  の場合, 本論文では全て三角形に分割する. 例えば図 1(b) のような五角形があるとす. この五角形を 3 つの三角形  $P_0P_1P_2, P_0P_2P_3, P_0P_3P_4$  に分割する. しかしこのとき表示しないエッジが存在する. つまり三角形  $P_0P_1P_2$  では  $P_0P_2$ , 三角形  $P_0P_2P_3$  では  $P_0P_2$  と  $P_3P_0$ , 三角形  $P_0P_3P_4$  では  $P_0P_3$  である. これらはオプションを使い非表示にする.
3. 物体を構成するすべてのポリゴンに対して, 2. を適用する.

#### 4 実験

アルゴリズムの有効性を検証するために実験を行った. 立方体と 12 面体について, その CSG 形式での表示と DXF 形式での表示を図 2 に示す. 立方体では, 全ての面が四角形のため CSG 表現, DXF 表現両方ともポリゴンの数は 4 である. 一方 12 面体では, CSG 表現ではポリゴンの数は 12 であるが, これを DXF 表現に変換した場合, 全ての面が五角形で三角形分割するため, DXF 表現ではポリゴンの数は 36 になる. このときの立方体における DXF 表現のデータ量は 200 行, 12 面体では 1640 行である.

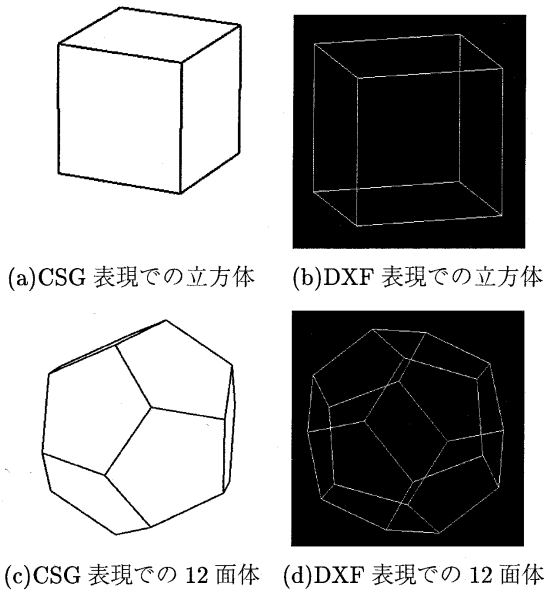


図 2: CSG 表現から DXF 表現への変換結果

DXF 表現と CSG 表現の立方体と 12 面体をそれぞれ比べると, 同じ図になっているのがわかる. したがって, CSG 形式から DXF 形式へ変換することができることを示した.

#### 5 まとめ

本論文では, 形状記述形式の変換として筆者等が提案している CSG 形式と CAD など で用いられる DXF 形式とを取り上げ, その変換方法に関して基礎検討した. ある程度の CSG 表現を DXF 表現に変換することができることを示した.

今後の課題としては, 1 つのポリゴンが五角形以上の場合における四角形分割の導入, 球など他のプリミティブに対する DXF 形式への変換, そして色データの変換が挙げられる.

#### 参考文献

- [1] 岡田, 金, 横井, 鳥脇: “半空間プリミティブと 3 値論理代数系に基づく多面体の記述”, 情処論, Vol. 38, No. 8, pp. 1583-1592 (Aug. 1997).
- [2] 落合: “新 DXF リファレンスガイド”, 日経 BP 社 (1997).
- [3] 河合, 岡田: “半空間プリミティブに基づく多面体表現のための多角形パッチ生成における冗長性削除の一手法”, 情処論, Vol. 40, No. 8, pp. 3310-3317 (Aug. 1999).