# 不完全な三面図からのソリッドモデルの合成

1V－2

増田宏、沼尾雅之
日本アイ・ビー・エム株式会社 東京基礎研究所

## 1．はじめに

三面図からソリッドモデルを生成しようとする研究は古くから行なわれており、様々な手法が提案されている [1]. しかし、従来手法の問題点は、与えられた三面図に誤りがないことが前提である点である。三面図に誤りのある場合は、解なし、となるわけであるが、問題なのは、誤った箇所を検出する手法が限られていることである。

一般的なソリッドモデル合成手法では、まず、三つの投影図から対応する線分を選びだして３次元の稜線を求める [1]。従来手法においては、「正しい三面図ならば稜線生成の段階で現れる稜線は過剰であってもよいが、足りないことはありえない」という条件を利用して、対話的に足りない稜線を補うことによってある程度の誤り修正が行なえた。しかしながら、このような方法で検出できる誤りは限られており、検出できるのは、人間が容易に見つけられる単純な場合に過ぎない。

筆者らは、非多様体形状モデルとＡＴＭＳを用いた三面図からのソリッド合成法 [2] を提案したが、この手法を三面図に誤りがある場合でも適用できるように拡張したので、それについて報告する。

## 2．基本的な考え方

三面図は線分の集まりなので、三面図を $P$, 線分を $l_i$ と書き、立体として矛盾のない三面図を $P^o = \{l_j\}(j \in \Lambda^o)$ 、誤りを含んだ三面図を $P = \{l_i\}(i \in \Lambda)$ とする。両者を比較したとき、差集合 $E^- = P^o - P$ は存在すべきであるが欠落している線分の集合、$E^+ = P - P^o$ は存在してはならない線分の集合である。正しい図面を求めるためには、$E^-, E^+$ を検出する必要がある。

このうち、$E^-$ については、すでに述べたように、正しい三面図であれば、候補稜線の合成の段階では、稜線は過剰であってもよいが、足りないことはありえない。従って、足りない稜線があった場合は、三面図に誤りがあることを意味しているので、三面図に新たに線分を書き入れるか、直接ワイヤフレームモデルに稜線を追加することによって、$E^- = \phi$ である三面図 $P'$ を得ることができる。

一方、$E^+$ については、検出は容易ではない。従来の手法では、立体生成に失敗することによって矛盾の存在を知ることはできるが、矛盾した部分を自動的に検出することはできなかった。一般に、どこに矛盾があるかを設計者が判断するのは手がかりが少なく、非常に困難な作業である。

そこで、本手法では、$E^- = \phi$ である三面図 $P = \{l_i\}(i \in \Lambda)$ から立体の投影図として無矛盾であるサブセットを取り出すことによって、候補ソリッドを作りだすことを考える。ただし、このような候補ソリッドは非常に多数になるため、三面図の三つの投影図のうち、少なくとも一つは正しいという仮定の下で候補ソリッドを合成する。

## 3．セル分割によるソリッド合成

本手法では、セル分割モデルに基づく手法 [2] が基本になる。この手法では、(1) ワイヤフレームモデルを生成、(2) ワイヤフレームモデルの稜線を辿り、同一面上のループを探索、(3) 得られたループの面を張っていき、既存の面と稜線以外で干渉すれば干渉稜線を生成、(4) 面に囲まれた閉領域を検出し、その領域をセルとする。

三面図に対応する立体形状は、以上の手順で得られたセルの組み合わせで生成できる。すなわち、ソリッド合成問題は、三面図に適合するセルの組合せを選ぶ問題に帰着する。図１にセル分割モデルを示す。(a) のセル分割モデルから、セルを適当に選び出してその境界を取り出すことによって、(b), (c) のような様々なソリッドモデルを合成することができる。

## 4．誤り検出法

三面図のうち、少なくとも一つが正しい条件を

Solid Generation from Incomplete Orthographic Views.
Hiroshi MASUDA, Masayuki NUMAO.
IBM Research, Tokyo Research Laboratory

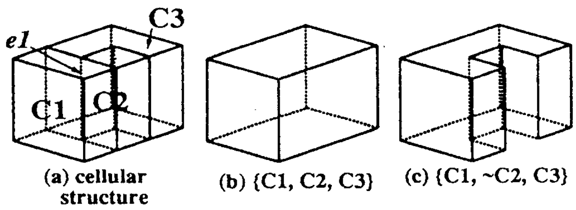


図 1: セル分割モデル.

ブール式の形で求める。図 2 の例において、(a) は誤りを含んだ三面図で、$t_i$, $f_i$, $s_i$ はそれぞれ上面図、正面図、側面図の線分、(b) は三面図から生成されたセル分割モデルで、$e_i$ は 3 D稜線、$C_i$ はセルを表している。ここで、$t_i$, $f_i$, $s_i$ を、候補ソリッド の投影図に含まれるとき真となる 2 値変数であると考える。このとき、三面図の各投影面を $P_t$ (上面図)、$P_f$ (正面図)、$P_s$ (側面図) とすると、

$$P_t = t_1t_2...t_8,\ P_f = f_1f_2...f_{13},\ P_s = s_1s_2...s_{13}$$

と書くことができる。三面図のうち少なくとも一つが正しい条件は、$P_t \cup P_f \cup P_s$ を求めればよい。

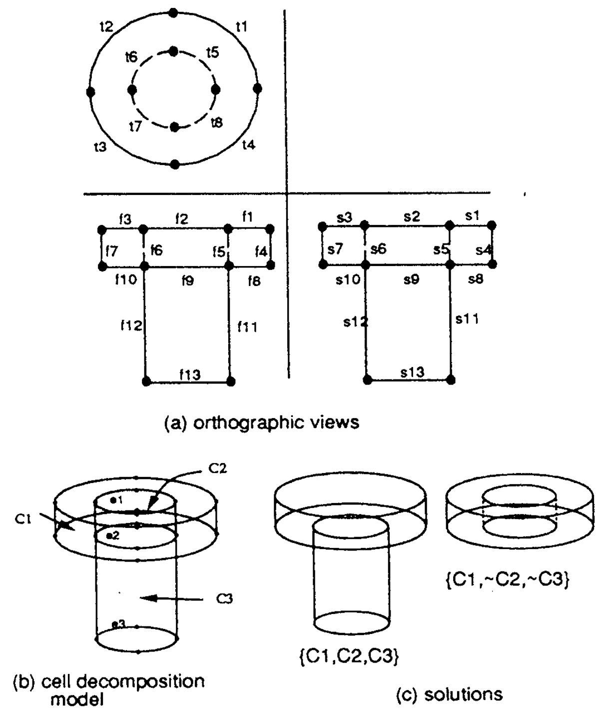


図 2: 誤りを含んだ三面図

三面図の線分 $t_i, f_i, s_i$ が真となるのは、対応する 3 次元の稜線の集合 $\{e_i\}$ の少なくとも一つが真である場合である。たとえば、図 2において、投影図が $t_6$ と一致するセル分割モデルの稜線は、$e_1, e_2, e_3$ の三本で、このうち少なくとも一つがソリッドの稜線になるとき、$t_6$ が真となる。そこで、いま $e_2$ が候補ソリッドの稜線となる条件について考えてみる。$e_2$ に隣接しているセルは図 2 の $C_1, C_2, C_3$ の三つである。これらのセルの組合せは、$2^3$ 通りである。ここで、$C_1$ を選択しないとき $\overline{C_1}$ と書くと、$e_2$ が候補ソリッドの稜線として現れるのは、

$$\{C_1C_2C_3, \overline{C_1C_2}C_3, \overline{C_1}C_2\overline{C_3}, C_1\overline{C_2C_3},\}$$

の 4 通りの場合である。したがって、$e_2$ が候補ソリッドの稜線となる条件は、

$$e_2 = C_1C_2C_3 \cup \overline{C_1C_2}C_3 \cup \overline{C_1}C_2\overline{C_3} \cup C_1\overline{C_2C_3}$$

と書くことができる。このような関係式を $e_1, e_3$ についても、同様に、

$$e_1 = \overline{C_1}C_2 \cup C_1\overline{C_2},\quad e_3 = C_3$$

と求めることができる。

よって、三面図の線分 $t_6$ が真となる条件は、

$$t_6 = e_1 \cup e_2 \cup e_3 = \overline{C_1}C_2 \cup C_1\overline{C_2} \cup C_3$$

となる。このような条件をすべての三面図の線分について求めて、その $AND$ をとれば、三面図 $P_t$, $P_f$, $P_s$ のそれぞれが真となるための条件がセルの選択条件として記述できる。たとえばこの例では、

$$P_t = C_1C_2C_3 \cup C_1\overline{C_2C_3},\quad P_f = \phi,\quad P_s = \phi.$$

したがって、少なくとも一つの三面図が正しいという条件は、$P_t \cup P_f \cup P_s = C_1C_2C_3 \cup C_1\overline{C_2C_3}$ となり、条件を満たす立体は、$C_1C_2C_3$ と $C_1\overline{C_2C_3}$の二つとなる。それぞれに対応する立体形状は 図 2 (c) に示した通りである。設計者がこのうち一方を選択すれば、それによって三面図の誤りが明らかになる。

## 5. まとめ

本手法を用いることにより、三面図に過剰な線分が含まれる場合において、少なくとも一つの投影図が正しければ、ソリッドモデルの候補を得ることができる。論理式を解くことによって解を得られるので、比較的短時間で候補ソリッドを求め、三面図の誤りを検出することが可能である。

### 参考文献

[1] 伊藤潔, ' 三面図を用いたソリッドモデルの合成,' 情報処理学会誌, Vol. 31, No. 8, Aug. 1990.

[2] 増田,沼尾,清水, ' ＴＲＬ次世代ＣＡＤ：非多様体形状モデラを用いた三面図からのソリッド合成' 92 年度秋期情報処理全国大会