

あいまいな三面図の概略理解手法

印南 智仁 川崎 純一 李 江洪 西原 清一

筑波大学 電子・情報工学系

大ざっぱに描かれた三面図から、物体の概略の3次元モデルを生成する手法について述べる。従来の三面図から3次元モデルを復元するシステムは、幾何学的に整合のとれた三面図のみを対象としていた。この為、ユーザは完全な三面図データを作成するまで対象物体の形状を把握することができなかった。本手法は、この整合性の期待できない三面図に対し、その三面図が示すと思われる3次元モデルを生成するというものである。本手法では、まず各面図を基本図形ループへ分割する。次に、これらの基本図形ループを面図間で対応をとり、プリミティブを生成する。最後に、これらのプリミティブに集合演算を施して、三面図が示すと思われる3次元モデルを生成するというものである。本稿では、この手法とこれを用いたシステムの実行例について述べる。

Rough Understanding Method for Inconsistent Three-View Drawings

Norihito Innami Jun-ichi Kawasaki Jianghong Li Seiichi Nishihara

Institute of Information Sciences and Electronics
University of Tsukuba
Tsukuba, Ibaraki 305, Japan

We propose a method which restores 3D-models from three orthographic views drawn roughly. Most restoration methods hitherto proposed usually accepts only correct drawings without any abbreviation of lines. So user must prepare perfect drawings to get correct 3D models. Our method tries to generate some candidate 3D-model which the given inconsistent drawing seems to represent. In our method, first, all the possible primitive loops are picked out of each view. Secondly, after finding consistent triples of primitive loops each of which is extracted from the corresponding view, one or more primitive solids are generated. In the last step, set operations are applied to these primitive solids to generate the CSG tree of the final 3D-model. Some experimental results are also shown.

1. はじめに

機械部品や製品の設計などにCADシステムは広く用いられている。このCADによる形状のモデリングには2次元CADによるものと3次元CADによるものがある。ここで、2次元CADによるものは、図面の入力、修正、保管が容易であるが、2次元の図面から物体の3次元形状を想像するには、かなりの熟練が必要である。一方、3次元CADによるものは対象物体を直接3次元モデルで構築するため、より容易な形状認識が可能となるが、その形状の定義や入力方法が複雑となってしまう[1]。このようなことから、入力の容易な2次元上の三面図で設計や修正を行い、そこから形状認識の容易な3次元モデルを作成する3次元形状モデリングCADシステムが開発され、実用化されている[2][3]。

これまで研究の中心となっていたのは、幾何学的に完全な図面から3次元モデルを復元する手法であった[4][5]。しかし、実際の図面には慣習的な省略や、不完全な部分を含むのが現状である。また、形状把握も同時に具体化していけるように、設計途中の図面からの3次元モデルの提示も必要である。そのため、不完全な図面に対応した手法の研究が進められている[6][7]。

本稿で述べる手法[8]は、大まかに描かれた三面図から物体の概略の3次元モデルを生成する、というものである。3次元モデルの表現にはB-repsとCSGの2つがあるが、本手法ではCSGによる復元を行う。これは入力された図面に対し確実に何らかの3次元モデルを提示できることを保証するためである。

2. 概略三面図からの3次元モデルの復元

2.1 概略三面図とは

本稿で定義する概略三面図は、物体の大まかな形状を表した三面図である。つまり、描かれていない線分があるために、各面図間で必ずしも線分の対応のとれていない場合がある。概略三面図の

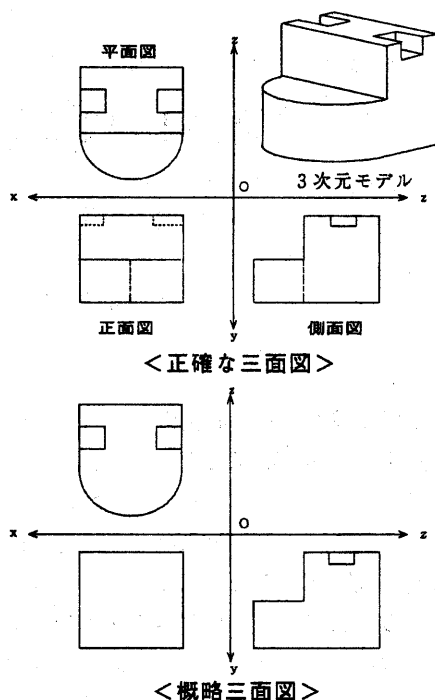


図1 正確な三面図と概略三面図の例

例と、それに対応する正確な三面図および3次元モデルを図1に示す。

2.2 CSGを用いた従来手法による復元

CSGは3次元物体を直方体、円柱といった基本的な立体形状(プリミティブとよぶ)に集合演算を施して表現したものである。一般にプリミティブを投影すると、三つの面図に2次元の開領域の形状(基本図形とよぶ)が現れる。CSGによる復元は図面中に基本図形の組をみつけ、その組に対応するプリミティブを生成するというアプローチである。

CSGを用いた従来手法による復元の手順を以下に示す。

(1) ループ抽出、分割:

各面図の閉じた線分の並び(ループ)を抽出する。抽出したループを基本図形のループと非基本図形のループとに分類する。非基本図形ループは線分を補って基本図形へ分割する。抽出パターン、分割パターンは一般に複数存在するが、各パターンについて以後の処理を行う。

(2) プリミティブ生成:

三つの面図間で基本図形ループの対応をとり、対応のとれる場合にはプリミティブを生成する。対応のとれない場合は、その抽出パターン、分割パターンを除去し、別のパターンに対してプリミティブ生成処理を行う。

(3) CSGツリー生成:

プリミティブの結合関係を求め、集合演算による組合わせを表すCSGツリーを生成し解を得る。

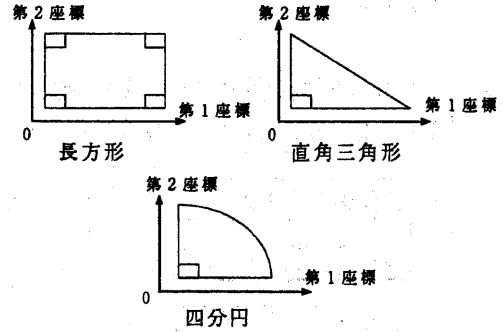


図2 本手法で用いる基本図形

2.3 本方式の基本方針

概略三面図では、3つの面図間でループの対応がとれない場合がある。このため、従来手法では全ての抽出パターン、分割パターンが消去されてしまいループの対応情報を作ることができない。よって、概略三面図から3次元モデルを復元することはできない。そのため、本方式では以下のような基本方針をとることにする。

(1) ループ抽出では、基本図形ループ全てを抽出するようにする。

(2) プリミティブ生成では、3つの面図で対応のとれていない基本図形ループからもプリミティブを生成できるようにする。この際、対応のとれない部分には基本図形として長方形をあてはめる。

(3) CSGツリー生成では、プリミティブ生成の際に対応をとった面図の個数によってプリミティブを分類する。CSGツリーは各分類ごとに生成するようにする。

(4) 本手法で用いる基本図形ループは図2に示す長方形、直角三角形、四分円の3種類とする。ただし、各基本図形ループの直角を挟む二辺は座標軸に対して平行であるとする。これらの基本図形ループで表現できるプリミティブは図3に示す直方体、三角柱、四分円柱、四角錐、三角錐、四分円錐、八分球の7種類となる。各プリミティブに対応する基本図形ループの3つの組を表1に示す。

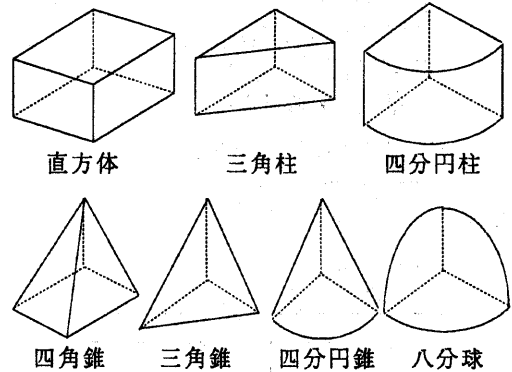


図3 表現できるプリミティブ

表1 プリミティブに対応する基本図形ループの組

	平面図	正面図	側面図
直方体	長方形	長方形	長方形
三角柱	直角三角形 長方形 長方形	長方形 直角三角形 長方形	長方形 長方形 直角三角形
四分円柱	四分円 長方形 長方形	長方形 四分円 長方形	長方形 長方形 四分円
四角錐	長方形 直角三角形 直角三角形	直角三角形 長方形 直角三角形	直角三角形 直角三角形 長方形
三角錐	直角三角形	直角三角形	直角三角形
四分円錐	四分円 直角三角形 直角三角形	直角三角形 四分円 直角三角形	直角三角形 直角三角形 四分円
八分球	四分円	四分円	四分円

3. 提案する方式

本手法の処理概要を図4に示す。以下、図5の三面図を例にとり各処理について説明する。

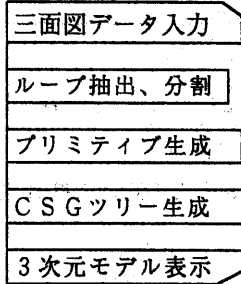


図4 処理概要

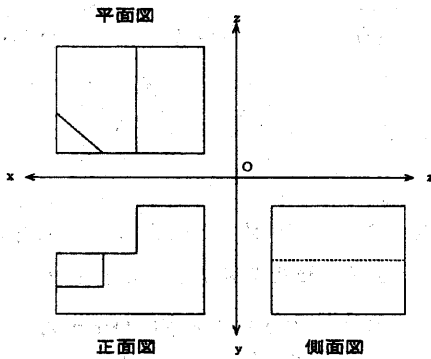


図5 入力三面図

3.1 ループの抽出、分割

・ループ抽出

各面図ごとにループを抽出する。図面中に存在する基本図形ループ全てを抽出する。抽出されたループは単純領域（その領域を分割する線分がない領域）と複合領域（単純領域を組み合わせてできる領域）とに大別される。基本図形の線分として使用されなかった線分があった場合、その線分を含むループを非基本図形として抽出する。図6に図5の三面図から抽出されたループを示す。

基本図形ループの抽出は以下の手順で行う。

step 1: 四分円弧について、四分円を捜す。

step 2: 斜め線分について、直角三角形を捜す。

step 3: 座標軸に平行な線分について、長方形を捜す。

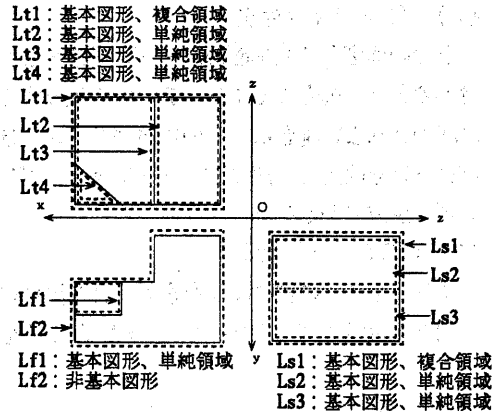


図6 抽出したループとその分類

・ループ分割

非基本図形に線分を補って基本図形へと分割する。分割方法は線分の補い方によって一般に複数存在する。そこで分割後のループ数が最も少なくなるものを全てを保持するようにする。図7は図6で抽出された非基本図形ループLf2の分割パターンである。この場合分割1、2、3を保持する。

非基本図形ループの分割は以下の手順で行う。

step 1: 四分円弧について、座標軸に平行な線分を補って四分円へ分割する。

step 2: 斜め線分について、座標軸に平行な線分を補って直角三角形へ分割する。

step 3: 座標軸に平行な線分について、線分を外側に補う分割、線分を内側に補う分割を行い長方形へ分割する。

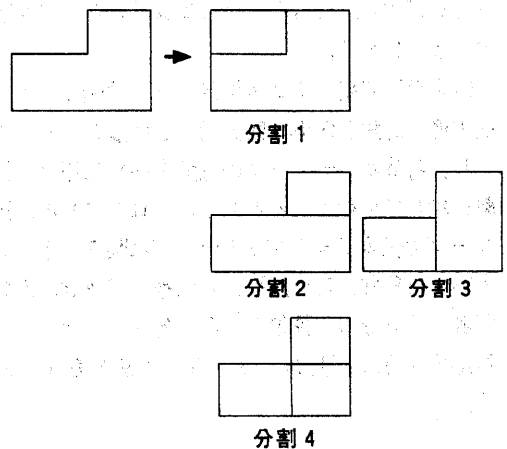


図7 非基本図形の分割

3.2 プリミティブ生成

各非基本図形の分割パターンに対して、次の手順でプリミティブ生成を行う。以下図7の分割1の場合を例にとって各手順の説明をする。

step 1:各面図ごとに、単純領域の基本図形ループを残りの面図の基本図形ループ（単純領域、複合領域どちらでもよい）と対応をとる。3つの面図間で対応がとれた場合、表1に従ってプリミティブを生成する。図8に3つの面図で対応の取れる基本図形ループと生成されたプリミティブを示す。図8中のループから直方体が生成され、ループから直方体が生成される。

step 2:各面図ごとに、step 1でプリミティブを生成しなかった単純領域の基本図形ループに関して、プリミティブを生成したループを構成する線分を組み合わせて表現できるか調べる。表現できる場合はそのループはプリミティブを生成せず無視するものとする。例えば図6中のループLt2はプリミティブを生成しなかった基本図形ループであるが、これはプリミティブを生成したループLt1とLt3の線分を組み合わせて表現できるのでプリミティブを生成しなくてもよい。同様に、Ls2もLs1とLs3の線分から構成できるので無視してよい。

step 3:各面図ごとに、step 2終了後に残っていた単純領域の基本図形ループを他の2つの面図のループと対応をとる。2つのうちいずれかの面図のループと対応がとれた場合、対応がとれなかった残りの面図に長方形を当てはめてプリミティブを生成する。図9に2つの面図で対応の取れる基本図形とそれらから生成されるプリミティブを示す。他の面図のループと全く対応がとれなかった場合、他の面図に当てはまる最も大きい長方形を当てはめてプリミティブを生成する。

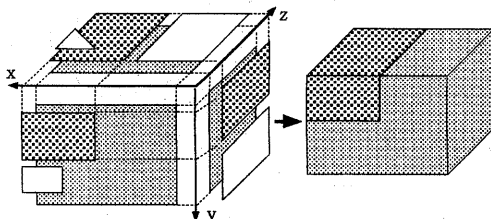


図8 3つの面図間で対応のとれるループと生成されるプリミティブ

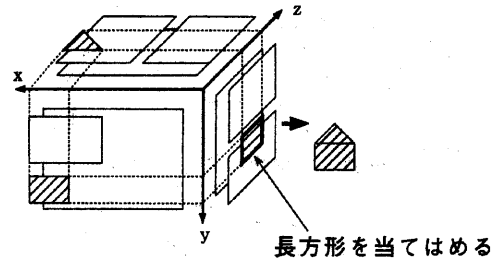


図9 2つの面図間で対応のとれるループと生成されるプリミティブ

3.3 CSGツリー生成

非基本図形の各分割パターンごとに生成されたプリミティブに対して符号判定を行い、3次元モデルの構成を決めるCSGツリーを生成する。なお、解となる3次元モデルが複数存在する場合、それらを順に表示し、ユーザが最も意図したモデルを選ぶようにする。

図10に図7で示した3つの分割ごとに生成されるCSGツリーを示す。同図下には、それらが表す3次元モデルを示してある。この例ではどのCSGツリーも同じ3次元モデルを表す。

CSGツリー生成は以下の手順で行う。

step 1:プリミティブを生成の際に対応をとった面図の個数によって分類する。

step 2:3つの面図の基本図形ループから生成されたプリミティブに関して、以下の処理を行う。

step 2-1:各プリミティブについて、他のプリミティブを組み合わせるかどうか調べる。作れる場合はそのプリミティブを除去する。

step 2-2:各プリミティブについて、他のプリミティブとの包含関係からそのプリミティブの符号を判定する。そのプリミティブを含むプリミティブの個数を調べ、偶数個に含まれる場合は正、奇数個に含まれる場合は負とする。

step 2-3:各プリミティブを自身を包含するプリミティブの数が少ないものから順に並べてCSGツリーを生成する。

step 3:2つの面図、1つの面図のループから生成されたプリミティブをCSGツリーにつなげる。

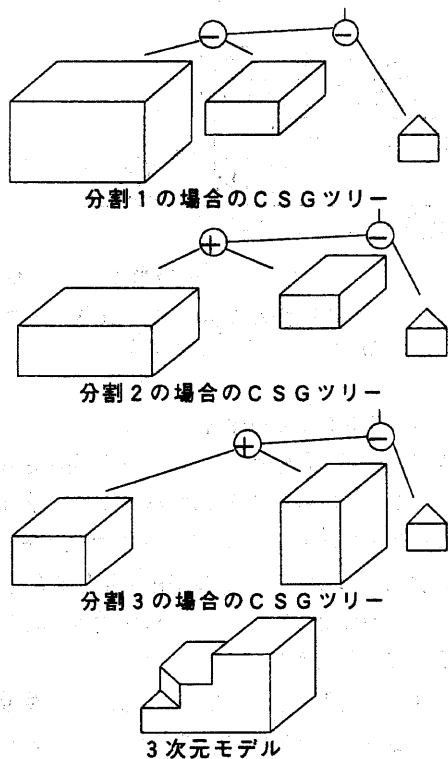


図10 分割ごとのCSGツリーと3次元モデル

4. 実行例

以上述べた手法に基づいたシステムを開発した。ここでは図1に示したような概略三面図をこのシステムに入力し、本手法の機能を確認する。

図11に実行結果を示す。なお、図面データを入力してから3次元モデルを得るまでに要した待ち時間はオムロン社WSLUNA88K、25Mz×4において1秒程度であった。

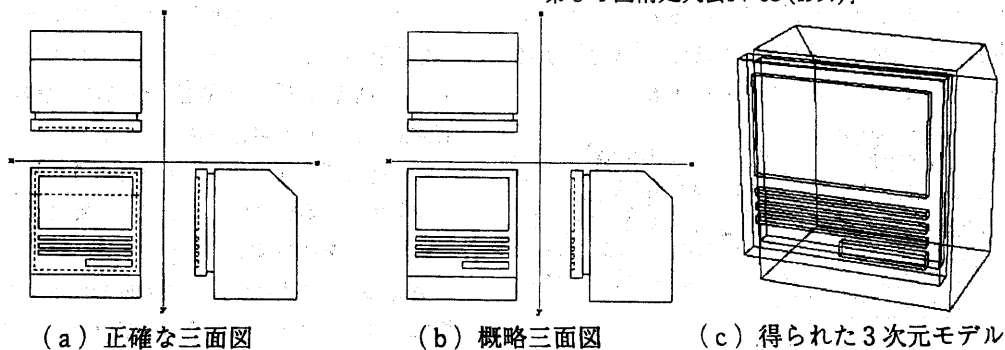


図11 実行結果

5. おわりに

本稿では、大まかに描かれた三面図から3次元モデルの概略を復元する概略理解手法を提案し、その処理手順を示した。また、この手法に基づくシステムを開発し、その有効性を確認した。

今後は、基本図形で四分円を用いているが、これを内角が 90° 以下のおうぎ形へ拡張することを考えている。また、正四面体やトーラスのような三面図上では基本図形として現れるが、プリミティブの組み合わせで表せない形状への対応について検討していく。

参考文献

- [1]西原：図面理解による3次元モデリング、Computer Today No.56 (1993)。
- [2]秋間、今井、山本、金光：Solid-R, ibid (1993)。
- [3]青村：運慶、ibid (1993)。
- [4]北嶋、田坂：プリミティブの直和および差演算のCSGを出力する三面図解釈の一手法、情処研報、Vol.93 No.62 CG-63 (1993)。
- [5]井上、金、西原：代数曲面を含む三面図の解釈、情処研報、Vol.93 No.14 CG-61 (1993)。
- [6]田村、梅澤、狩野、西原：省略の含まれる三面図からの3次元モデルの復元、情処研報、Vol.95 No.63 CG-75 (1996)。
- [7]印南、田村、狩野、西原：あいまいな三面図の概略理解手法、第52回情処大会6G-06 (1996)。
- [8]川崎、印南、李、西原：プリミティブ合成による概略三面図からの3次元モデルの復元、第54回情処大会1V-08 (1997)。