

## 3次元CADによる図面の認識

1V-1

沼尾雅之 増田 宏

日本アイ・ビー・エム株式会社 東京基礎研究所

### 1. はじめに

CAD/CAM/CAE 統合による CIM 実現のためには3次元ソリッドモデルによる形状表現が必要不可欠であるにもかかわらず、現在多くの設計データは2次元の図面の形で表現され、また保存されている。したがって設計から生産工程に行く段階で人間による3次元化とソリッドモデルの合成が必要になっている。設計段階から3次元CADを使えばいいわけであるが、現状CADの3次元モデリング能力や設計者の図面指向を考えると、簡単にはできないのが現状である。

従って、図面を自動認識し、ソリッド化するシステムが必要になってくるわけであるが、図面表現は非常に多様であり、三面図、断面図といった基本的な表現法を中心として、省略表現、寸法や公差記号による表現を3次元的に解釈しなければならない。従来は其中で最も扱い易かった直線のみからなる三面図からのソリッド合成の研究がさかんであったが、ここでは実用的なシステムを想定して、図面を3次元CADで扱うためにはどのような技術が必要であるかを議論する。

### 2. 3次元形状表現とその認識

図面上で、3次元形状を表現する方法としてもっとも多用されているものは、三面図と断面図である。一般的にいて、断面図による図面は、2.5次元形状といわれる、断面を垂直に立ち上げたり、与えられた中心軸の回りに回転して作った立体を組み合わせたような割と簡単な形状の表現に使われ、三面図はより複雑な、たとえば三投影面のどれにも並行でない平面を持つような立体の表現に用いられていることが多いようである。図1に三面図による形状表現を、図2に同じ対象を断面図によって表現したものを示す。また、ソリッド化した形状

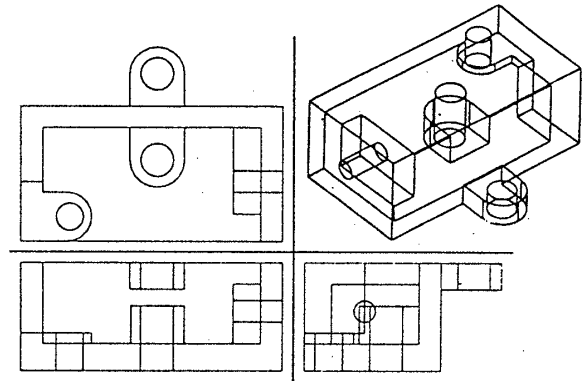


図 1: 三面図による表現と立体形状

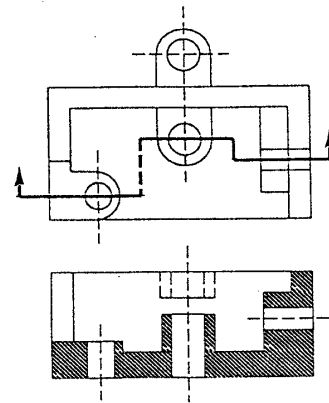


図 2: 断面図による表現

は図1右上に示す。

ところで、三面図による方法は、対象とする3次元物体のローカル座標さえ決めれば、そこからxy, yz, zx平面に投影することによって一意的に三面図が得られるために、逆変換である三面図から3次元ワイヤフレーム構造を構成するための方法も確立している。さらに3次元ワイヤフレーム構造からソリッドを合成する手法も、筆者らの開発した非多様体モデルによる方法等が提案されている[1]。この方法では、曖昧さに基づく複数候補の選択や、図面上の円弧成分のサポート並びに、誤った図面の修復機能[2]など、三面図に関しては実用上十分な機能と、計算速度を持っている。

Understanding of the Engineering Drawing by 3D CAD.

Masayuki NUMAO, Hiroshi MASUDA.

IBM Research, Tokyo Research Laboratory

一方、断面図による方法は、断面の取り方に任意性があるために、たとえ対象物体のローカル座標を決めたとしても、無数の図面表現の仕方がある。また、断面図には通常省略表現が加わっている。たとえば、同一種類の穴が多数あいた形状では、そのうちの1つだけを代表として、その断面が与えられるし、他の穴については中心線だけで記述されることもある。図2には、三面図には記述されていた側面図がない。このために、側面に開けられた穴が丸穴であるか、角穴であるかの区別は、「中心線」という記号によって始めて判断される。このような任意性、曖昧性が数学的なアプローチを阻んでいる理由であり、システム化が難しかった理由である。われわれは、こうした図面の認識には図面に関する種々の知識に基づいた、「知識情報処理」が必要不可欠であるとの認識に立ってシステムを設計した。

### 3. 形状特徴認識によるソリッド合成

われわれは、人間が図面（特に断面図）から3次元形状を構成する過程を次のようにモデル化した。

- (1) 図面（平面図）上から形状特徴を抽出する。
- (2) 断面図を使って形状特徴を3次元化する。
- (3) 3次元化された形状特徴を組み合わせて最終形状を合成する。

これは、図面を渡された人が3次元CADを使って、3次元形状を入力する過程を模倣しているともみなせるから不自然なものではない。もちろん、この方法は、三面図→ソリッド変換のような厳密なモデルに基づくものではないので、どの程度の図面が3次元化できるかは、各段階での知識の量に依存する。

#### 3.1 形状特徴の抽出

2次元図面のパターン認識といえるものであり、認識のための知識はルールベース上に構築される。以下に手順を示す。また、例を図3に示す。

- (1) まず、2次元的な閉領域を抽出し、ラベル付けする。ラベルにはその領域を囲む線要素の情報や、領域の面積、他の閉領域との包含関係などが初期値として入力される。
- (2) 次に、各領域が回転体型かそうでないかに分け、回転体型については、それに属さない線要素から新しい閉領域を構成する。
- (3) 各閉領域のラベルを比較し、似たものをグループ化する。さらに、同じグループの閉領域を含む

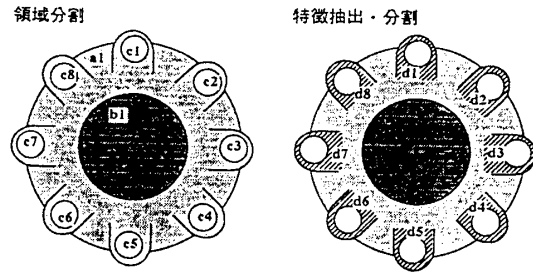


図3: 形状特徴認識

ような閉領域を順次グループ化していく。これによって、複合形状特徴が認識される。

#### 3.2 形状特徴の3次元化

3.1によって得られた閉領域の中で断面線が通っているものは、次のように3次元化する。

- (1) 断面線によって切られた輪郭線を、断面図に投影することによって、断面図を領域分割する。
- (2) 回転体型については、断面を中心軸の回りに回転することによって3次元化する。
- (3) それ以外の領域は柱体であると仮定し、断面図から高さ情報を取り出して3次元化する。

また、断面線が通っていない閉領域については、もし同一グループの形状特徴がすでに3次元化されているならば、それと同じようにする。グループに属さないような孤立閉領域については、そのままでは認識できないので、ラベルの類似度によって似たグループを探すか、さもなければ、とりあえず輪郭線を無視して、それを含む閉領域と同一化する。この部分はあとでユーザによる対話的処理に任せる。

#### 3.3 ソリッドモデル合成

3次元化された閉領域を、もっとも大きな閉領域を土台として、集合演算によって順次加えていくことによって、最終的なソリッドモデルを構成する。この方法の利点は、形状特徴のCSG木が保持されているので、寸法線によるパラメトリックな変形操作にも対応可能できている。

#### 参考文献

- [1] 増田, 沼尾, 清水, 'TRL次世代CAD: 非多様体形状モデル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 [2] 増田, 沼尾, '不完全な三面図からのソリッドモデルの合成' 93年度秋期情報処理全国大会