

2K-3

三面図解釈における組合せ探索法の効率改善

西田 淳, 西原 清一, 張 紹星

(筑波大学 電子・情報工学系)

1. はじめに

物体の形状モデリングを行う場合、三面図は最も広く用いられてきた手段である。しかし、CAD/CAMにおいて、3次元グラフィックスによるモデリングが行われるようになるにつれて、三面図から3次元シーンを復元する技法が望まれるようになった。そこで本稿では、入力から出力までを一貫して自動的に行えるシステム [1] を紹介する。ここでは特に、線分データからの多面体復元法について報告する。

ところで、人間が三面図を解釈するときは、三面図により復元可能な複数の候補面の中から、適切な物体の構成面を何らかの探索により求めていると考えられる。本稿で紹介する方法も、面に基礎を置き、これらの面の組合せ探索によって3次元シーンを復元するというものである。また、探索処理にヒューリスティックスを導入することにより、多面体の効率的な復元を目指している。

2. システム構成

本システムで復元可能な3次元シーンは、1つ以上の多面体である。各多面体は稜線や頂点を共有したり、内部に中空の部分を含んでもよい。よって、三面図に現われる形状はすべて直線である。なお、破線は隠線を表すものとする。

図1にシステムの概要を示す。処理はまず、図面読み取り部において三面図をイメージスキャナで読み込み、得られた2値画像からその特徴点および線分を抽出する。次に、それらのデータをもとに、多面体復元部において面の組合せ探索を行い、ソリッドモデルを復元する。そして最後に、3次元グラフィックスで表示するというものである。

3. 組合せ探索による多面体の復元

多面体復元は、多面体を構成するすべての可能な面の組合せを求める、一種の組合せ探索問題である。ここでは、三面図

の各要素の面図間の対応により得られた、虚の要素を含む候補面を組合せ探索によって再帰的に貼り合わせて行き、3次元物体として正しい解を作り上げていくという方法を用いている。

探索には、3つの条件を適用する。これらの条件は、3次元物体に関する基本的性質を基にした、三面図に一致する3次元多面体シーンを構築するための必要十分条件である。

条件1. 3次元物体が存在するための必要十分条件

(Rule1) 投影図に垂直な直線は、面と偶数回交差する。

(Rule2) 任意の稜線について、その稜を共有する面の個数は、2以上の偶数個である。

(Rule3) 稲線を介さずに交差する複数個の候補面があるとき、たかだか1つの候補面が実在する。

条件2. 復元された多面体とともに三面図との一致

(Rule4) 三面図のすべての線分について、対応する稜線が存在する。

(Rule5) 破線を境界とする領域に対応する面は、その破線位置において、面を隠すする、視点により近い他の面が存在する。

条件3. 探索開始ノードの決定条件

(Rule6) 視点に最も近い面、つまり他の面によって全く隠されていない面に対応する領域が、各面図に少なくとも1つ以上存在する。

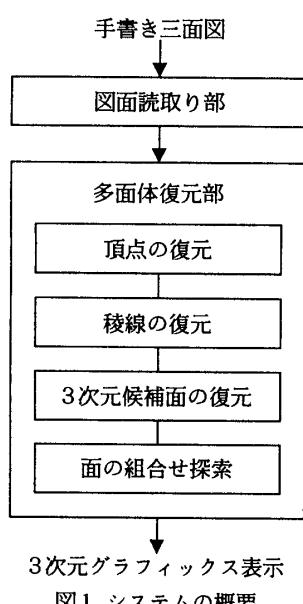


図1. システムの概要

ここで、条件1は、3次元物体の基本的性質を多面体に適用したものである。従って、復元される多面体は3次元空間内に実際に実現できるという意味においてすべて正しい。また、条件2は、もとの三面図と復元されるシーンとが一致することを保証するための必要十分条件である。条件3は、厳密にいえば必ずしも正しいというわけではない。しかしながら、この条件は、探索空間を縮小させるという意味においては実用的なルールである。また、この条件に反する様に3次元物体を三面図に描くことは、実際上はないに等しい。

以上3つの条件、6つのルールによって探索を行う。まず、条件3によって探索木の開始ノードを決定する。次に、条件1で、現ノードから次のノードを見つけ出す。最後に条件2で、現ノードがゴールノードであるか否か、すなわち解であるかどうかを判定する。なお、探索木において各ノードは、復元可能なすべての面の部分集合を表している。

4. 知識の導入

先に挙げた拘束条件を用いて、多面体を復元することは可能である。しかし、この探索処理は、多くの無駄な組合せを調べるために、人間が自然に行っているような効率的な復元手続きにはなっていない。そこで、人間が無意識に用いていると思われる知識を導入することによって、処理の向上を図る。

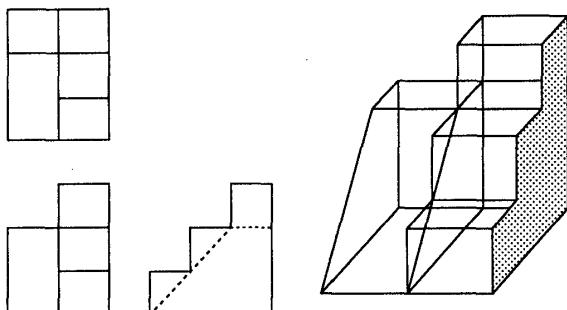
知識1：探索開始ノード

探索開始ノードには、三面図中の最も特徴的な面図を選び、その面図の各領域に対応する視点に最も近い候補面を設定する。

知識2：候補面の真偽

面の単純な組合せを行う前に、前処理的に局所部分に着目して候補面の真偽の判定を行う。

知識1は、実際の処理では、単純領域の個数が最小で、破線を含む領域の個数が最大の面図を選び、その面図の各単純領域に対応する視点に最も近い候補面を探索開始ノードに設定している。これは、破線を含む領域に対応する面が、多面体において特徴的な面となる場合が多いと考えられるからである。これにより、探索開始ノード数をさらに縮小できる。



(a) 三面図-A
(b) 候補面

図2. 知識1の導入

知識2では、候補面の真偽を判定し、不確定な候補面の数を減らすことによって、探索空間の縮小を行っている。特にここでは、視点に最も近い面から面の真偽の判定を行い、それに付随する面に対して判定を拡張するという方法を適用している。その処理には、Rule1に付随して次の4つのルールを適用した。

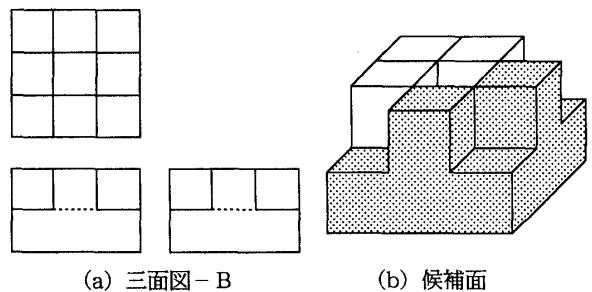
(Rule7) 投影図の各面図において、外形線を形成する線分を含む領域に対応する面は2以上偶数個が真である。特に、対応する面が2個のときは、その何れもが真である。

(Rule8) 任意の隣合う2領域に対応する、視点に最も近い面が互いに同一平面上に存在するとき、それらの面のうちのたかだか1つが真である。

(Rule9) 真の面に接続する面が唯一の場合、その面は真である。

(Rule10) 偽の面に接続する面が唯一の場合、その面は偽である。

図3-(b)は、これらのルールを用いた真偽の判定により、すべての候補面の中から偽の面を取り除いたときの状態を示す。



(a) 三面図-B
(b) 候補面

図3. 知識2の導入

している。また、影をつけた面は、真と判明した候補面である。この状態から探索が開始される。

知識2は、すべての三面図に対して必ずしも有効というわけではない。つまり、真である候補面が見つかることのみ有効である。しかし、実際の機械図面等ではRule7によって真の面が見つかる場合が多い。また、真の面が見つからない三面図は、人間にとっても復元の難しいものであるといえる。

5. 実験

本システムで扱った多面体復元プログラムは、Sequent社のSymmetry S81上にCを用いて実装した。図2および図3の三面図A, Bに対する多重プログラミング環境下での処理結果を図4に示す。表中、知識とは、上記の知識2のことである。知識1は、常に利用している。三面図-Bにおいて、真の面の個数と偽の面の個数の和は候補面の総数となっていない。これは、知識2だけでは真とも偽とも見分けることができない候補面が存在するからである。しかし、真の面と偽の面を見つけること、特に偽の面を数多く見つけることによって探索空間を縮小することができた。

三面図	真の面 (個)	偽の面 (個)	候補面 の総数	CPU time (sec)	
				知識無し	知識有り
A	21	4	25	2.1	2.0
B	19	12	47	954.7	71.5

図4. 処理結果

6. 結論

手書き三面図を解釈し、三次元ソリッドモデルを復元するシステムを開発した。本稿では、多面体復元法について主に報告した。また、知識の導入により高速処理が可能になったことを示した。

ところで、4章に示した知識は、手続き的な作業によって処理の行える、いわば、人間の持つごく一部の知識に過ぎない。これに対し、人間は、ヒューリスティックスなどにより、問題をうまく部分問題に分割して復元を行っていると考えられる。今後は、探索に推論機構を導入して、部分問題に分割した多面体の復元に発展させたい。

文献

- [1] 西田, 他: 探索手法による三面図からの多面体復元, 情報処理学会, グラフィックスとCAD研究会, 35-4 (1988).