

## 機械図面の計算機処理

横山 正明

佐藤 健太郎

東京工業大学  
総合理工学研究科NKK  
福山研究所

三面図による機械図面から基本立体（本報告ではPart featureと呼称している）の集合としての立体の生成法ならびに加工プロセス計画について述べている。従来境界表現による立体生成が多かったが、加工プロセスを考えるときには難点があるので、本報告における立体表現はCSG方式と境界表現方式の併用によっている。機械図面は三面図の段階で基本ループに分割され、他の面図の基本ループを参照しつつ、形状ルールベースによって逐次基本立体を発生していく。加工プロセス計画においては、機械図面に素材形状を書き入れ、この図面から生成される基本立体群もとの図面の基本立体群との差を考慮して加工プロセスを計画する。

## Computer Processing of Machine Drawings

Masaaki Yokoyama

Kentaro Satoh

Graduate School of  
Tokyo Institute of TechnologyFukuyama Laboratory  
NKK Co.4259, Nagatsuta, Midori-ku  
Yokohama, 227 Japan1, Kohkanmachi, Fukuyama  
Hiroshima, 721 Japan

This report presents a feature-based approach for the computer processing of machine drawings, which can be used to the machining process planning. In the stage of solid object generation, all loops in a three-view drawing are divided into primitive loops and every primitive solid is generated from three primitive loops, each of which is selected separately from every view drawing. The collection of these primitive solids form a solid object corresponding to the input drawing. Considering the difference between two collections of primitive solids for the original drawing and for the base stock drawing, a machining process can be planned.

# 1 結 言

機械図面は製品の形状情報だけでなく、加工・測定・組立などに関する製造情報をすべて含み、人間がこのような設計・製造の諸過程に少しでも関係する限りにおいては機械図面の存在意義は失われないと考える。したがって、計算機援用による設計・加工・測定・組立等の諸過程の合理化に際しては、人間に分かりやすい従来タイプの機械図面の計算機処理技法の確立が必要不可欠である。

機械図面から立体の生成に関しては二十年以上前の出沢の研究<sup>(1)</sup>以来かなり多くの研究<sup>(2)~(16)</sup>がなされており、機械図面から曲面を含む立体の生成に関してはかなりの成果が得られている。著者らも数年前から機械図面の計算機処理に関して基礎的な研究を継続しており、三面図から曲面を含む立体の生成に関してはいくつかの成果<sup>(17)</sup>を得ている。しかし、境界表現による立体生成であるために、加工プロセス計画に適用しようとする点と難点がある。そこで、この難点を解決すべく立体表現にCSG方式を併用した図面処理方式を考え、基礎的な成果<sup>(18)</sup>を得ているのでその基本的な考え方を報告する。なお、同様な方式は北嶋らによっても報告<sup>(19)</sup>されている。

## 2 立体表現方式

本報告における立体表現は図1に示すようにCSG方式と境界表現方式の併用によっている。CSG方式はここでは「形状特徴に基づく表現」と呼称しており、Form feature、Part feature および Feature boundaryの階層構造をとっている。CSG方式の基本立体がここでは Part feature に対応する。本報告で採用している基本的な Part feature は図2に定義されているような9個である。もちろん、このような少数の基本 Part feature で十分であろうはずはなく、将来的にはもう少し増やさなければならない。

## 3 機械図面から立体の生成

機械図面は矛盾のない三面図とし、図中の線分は直線、円弧、有理Bezier曲線としている。図面は別途作成された2次元CA

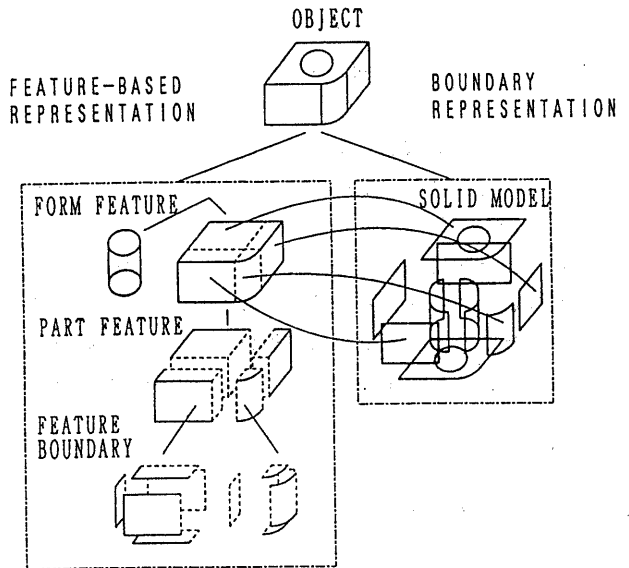


図1 立体表現方式

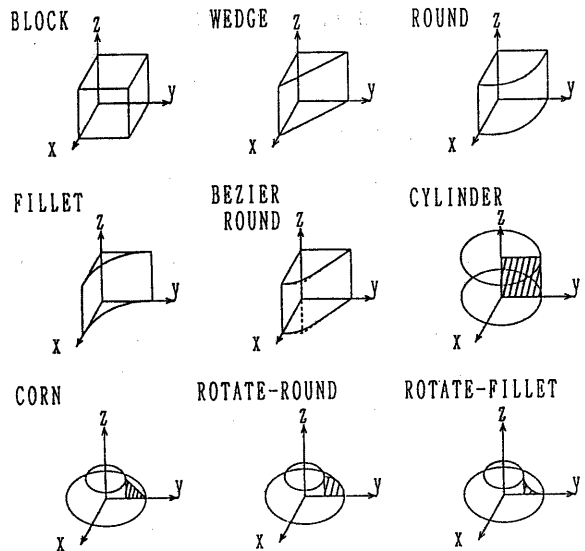


図2 基本Part featuresの定義

DシステムによってCRT画面上に描かれたものであり、寸法線・数値・記号等を含むことができるが、本報告の段階ではそれらの処理は行わない。

このように作成された機械図面に2次元的な処理を行い、その処理結果から整合性のある3次元立体を構成する。立体は基本 Part feature の集合として構成するものであるから、各面図における閉ループは基本 Part feature の構成面のループ（「基本ループ」と呼称する）でなければならない。したがって、各面図においてすべてのループについて基本ループであるか否かをチェックし、基本ループでないものは図3に示すような方法で基本ループに分割する。このループ分割により新たに発生した辺を「仮想辺」と呼称する。

このように各面図は基本ループの集合として再構成される。つぎに各面図から逐一基本ループを取り出し、IF-THEN ルールベースを参照しながら Part feature を生成していく。たとえば、直方体生成のIF-THEN ルールベースは次のようになる。

IF front view loop = Square AND top view loop = Square AND side view loop  
= Square THEN PART FEATURE = BLOCK

図4に図面例と生成される Part feature を示す。この図面においては点線のように仮想辺が生成されて、合計8個の実の Part feature が生成される。各面図においてループを基本ループに分割するために、実際には存在しない「虚な Part feature」が生成されてくる。この図の場合には、1個の虚な Part feature が生成されてくる。虚な Part feature は、他の Part feature とは共有しない仮想辺を持っているので、それをチェックして削除する。最後に、すべての Part feature を統合して3次元立体を生成する。このとき、面の統合などの必要な処理も行う。以上のような基本的な考えにしたがって、APOLLO DN3500 およびシリーズ400 上でC言語によるプログラムを開発している。立体表示に関してはHP社の3Dグラフィックパッケージ（3D-GMR）を使用し、モデルのシェーディングを行っている。

図5に入力図面、図6に生成された Part feature 群、図7に生成された立体のワイヤフレーム表現、図8にソリッドモデル表現を示す。生成された Part feature は100個近くあり、生成時間は2分20秒程度である。

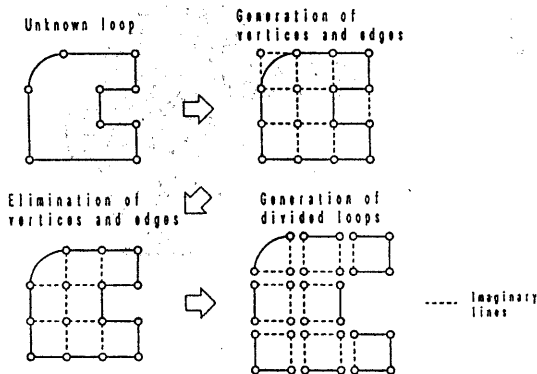
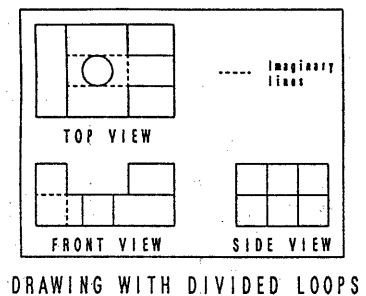
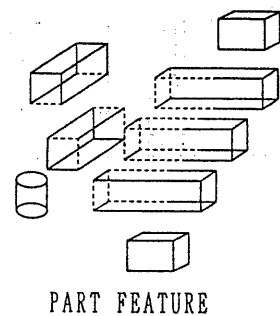


図3 ループの分割法



DRAWING WITH DIVIDED LOOPS



PART FEATURE

図4 入力図面とPart features

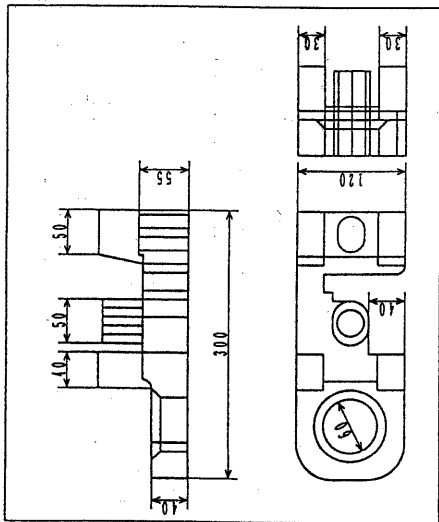


図5 入力図面

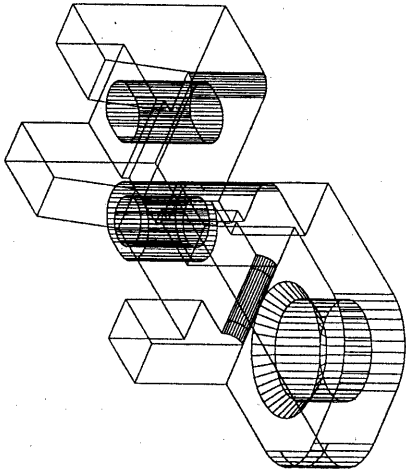


図7 ワイヤフレーム表現

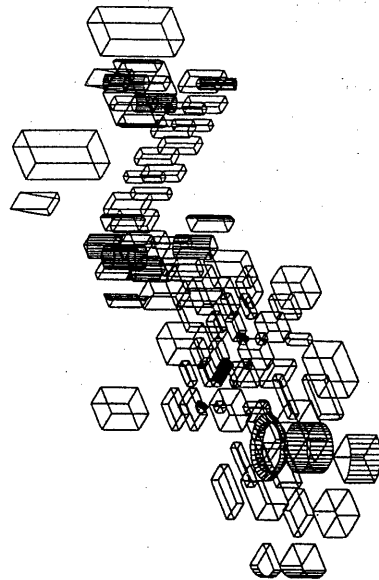


図6 生成されたPart features

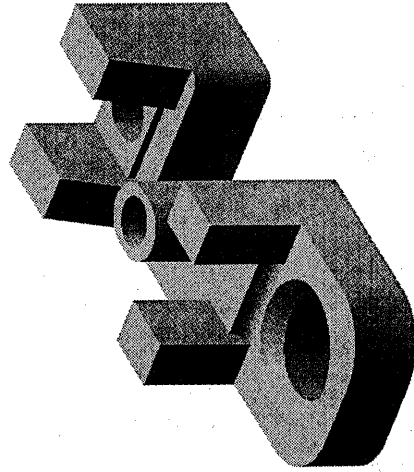


図8 ソリッドモデル表現

#### 4 機械図面から加工プロセス計画の生成

機械部品の図面から機械加工のプロセスが自動的に計画できれば、CADとCAMの統合化が可能となるので非常に有用であろうと考えられる。

本報告では、部品本体の形状以外の、加工によって除去されるべき空間の形状を認識することで加工への適用を考える。すなわち、素材全体を部品形状と加工形状の Part feature 群の集合として取り扱い、これらの Part feature 間の関係を認識することで、加工形状、加工形状と周辺形状との関係、加工過程の形状等を生成する。

加工形状抽出の手順を説明する。まず、部品の形状と加工の対象となる素材の形状を機械図面を用いて入力する。図9の左側に簡単な入力図面を示す。実線が最終部品の図面であり、一点鎖線が素材境界を含む部品の図面を示す。後者の図面から Part feature 群を生成すると、図9の右側に示すようなP1~P9およびW1~W3の11個が生成される。この Part feature 群と最終部品の図面から生成される Part feature 群(図4)の差が加工によって除去されるべき Part feature 群である。穴形状に相当するP9も当然除去加工されなければならない。このような方式により、素材から機械加工によって除去されるべき Part feature 群が認識できる。本報告において、Part feature 間の関係はグラフ表現している。ノードは Part feature に対応し、アークは Part feature 間の関係を示す。矢なしの実線アークは実在する辺による Part feature の接触、矢なし点線アークは仮想辺による接触を意味する。矢付き正符号アークは Part feature の外接、矢付き負符号アークは内包を意味する。除

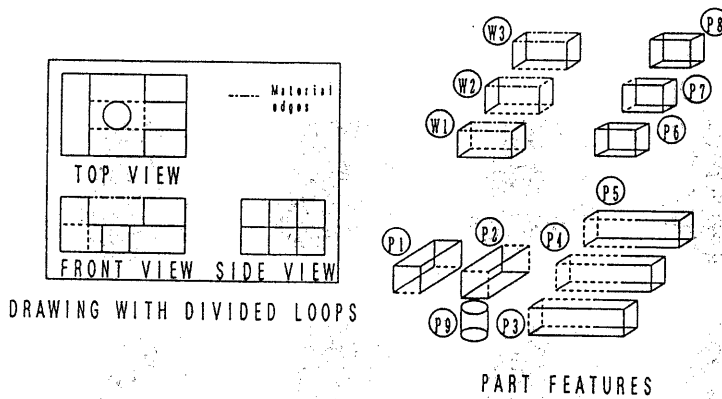


図9 素材の図面と生成されたPart features

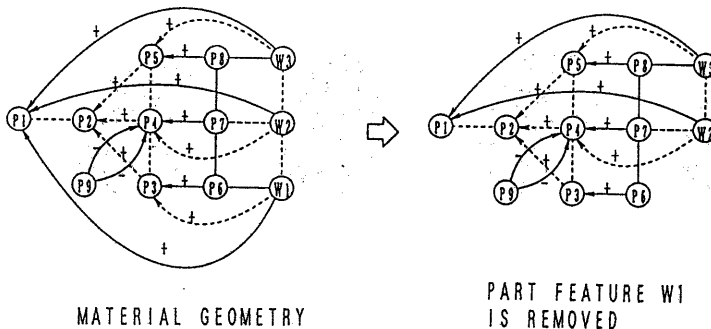


図10 除去加工によるグラフ表現の変化

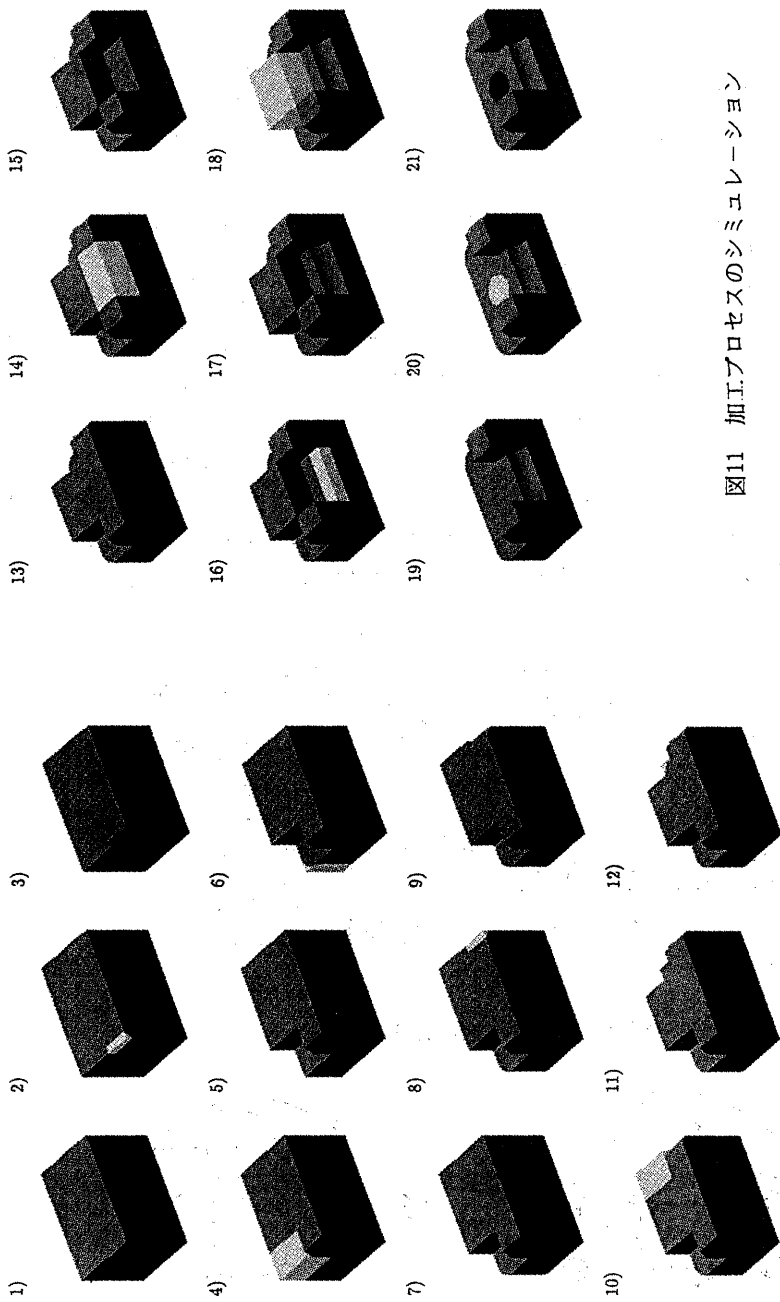


図11 加工プロセスのシミュレーション

去加工によって、例えば図10のようにグラフ表現は変化する。

機械加工によって除去されるべき Part feature 群の加工順序は、例えば工具の接近が可能な自由面の多寡によって決定すればよい。図11に加工プロセスのシミュレーションを示す。白い部分が除去されるべき Part feature を示す。

## 5 結 言

機械図面から曲面を含む立体の生成に関しては、従来は立体の境界表現による取り扱いが多かったが、CAMとの統合を考えるとCSG方式の方が取り扱いやすいので、本報告においては境界表現方式とCSG方式を併用した図面処理方式を採用すべく、その基本的な考え方、すなわち、

基本 Part feature と呼称している9個の基本立体を定義し、機械図面の三面図のそれぞれにおいて基本立体が生成されるようにループを基本ループに分割し、IF-THENルールベースを参照して基本ループの組み合わせから対応する Part feature を生成する。最後に、Part feature 群を統合して立体を生成する。また、素材を書き入れた図面から生成される Part feature 群と部品図面から生成されるそれを比較することにより加工形状を抽出し、加工プロセス計画に利用する。

このような考え方を報告した。

## 参考文献

- (1)出沢、日本機械学会論文集、38-310(1972)1267.
- (2)Markowsky,G. and Wesley,M.A., IBM Journal of R. and D.,24-5(1980)582.
- (3)Markowsky,G. and Wesley,M.A., IBM Journal of R. and D.,25-6(1981)934.
- (4)Preis,K., Computers in Industry,2(1981)133.
- (5)Sakurai,H. and Gossard,D.C., Computer Graphics, 17-3(1983)243.
- (6)Aldefeld,B., Computer-Aided Design, 15-2(1983)59.
- (7)Aldefeld,B. and Richter,H., Computer Graphics, 8-4(1984)371.
- (8)Lequette,R., Computer-Aided Design, 20-4(1988)171.
- (9)Preis,K., Computers in Industry,2(1981)133.
- (10)石川・ほか、情報処理学会コンピュータビジョン研究会、37-3(1985).
- (11)西原・ほか、情報処理学会論文誌、28-5(1987)534.
- (12)佐々木・ほか、情報処理学会論文誌、28-12(1987)1288.
- (13)佐々木・ほか、情報処理学会論文誌、30-6(1989)699.
- (14)伊藤、情報処理、31-8(1990)1095.
- (15)千田、情報処理学会論文誌、31-9(1990)1313.
- (16)桜井・福井、情報処理学会論文誌、31-1(1990)24.
- (17)横山・河上、日本機械学会論文集、56-526(1990)1518.
- (18)飯塚、平成2年度東京工業大学修士論文(1991).
- (19)佐藤、平成3年度東京工業大学修士論文(1992).
- (20)北嶋・田坂、電子情報通信学会論文誌、J75-D11-9(1992)1526.