HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	金型・型構造用CADシステムの開発
Author(s)	木下, 正博; 沖野, 教郎; 嘉数, 侑昇 他
Citation	北海道大學工學部研究報告, 124, 13-24
Issue Date	1985-01-31
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/41896
Type	departmental bulletin paper
File Information	124_13-24.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

北海道大学工学部研究報告
第124号（昭和 60 年）

Bulletin of the Faculty of Engineering,
Hokkaido University, No. 124 (1985)

金型・型構造用CADシステムの開発

木下正博　沖野教郎　嘉数侑昇　沢井　秀*

（昭和 59 年 9 月 29 日受理）

Development of CAD System for a Dieset of Mold Base

Masahiro KINOSHITA, Norio OKINO, Yukinori KAKAZU
and Suguru SAWAI

(Received September 29, 1984)

Abstract

Making a dieset requires a set of complex procedures to complete it and further requires routine work at work shops.

This paper describes an approach to replace this routine work by a computer. First, a problem oriented data base is constructed. In this data base, geometry of the dieset and their dimensions are stored, and then they are retrieved and modified through a design process. Second, when the modification is finished, 3D Solid model is constructed from 2D drawing and is stored in the data base for CAD applications. Experiments are conducted by using TIPS-1 Solid Modeler and three orthographic views, oblique figures (shaded picture etc.) are obtained as well as necessary technical information.

1. はじめに

近年，プラスチック成形品の需要は材料の良質化とも相まって高まる傾向にある。一般に，金型は高価格であり，製品のモデルチェンジの周期が短縮されてきているため，金型の設計は効率よく，高精度，またカットエンドトライの少ないように進められなければならない。これらの理由により，金型設計 CAD に対する関心が高まっている。ここで，金型設計のキャビティ・コア部はもちろんのこと，キャビティ・コアを内部にもつ機構部も CAD の対象となる。本研究では，従来の Drawing 中心の設計システムとは異なり，TIPS-1 ソリッドモデラー[1]を用い，データ処理についてもソリッドの概念を導入し必要に応じて型構造の設計から特性の出力に至るまで種々の機能をもたせることを試みた（図1）。

2. システムの構築

金型・型構造のように形状パターンがほぼ定まっていて，修正作業，すなわち追加，削除，寸法の変更，特に連動修正を設計の主な作業とするケースは，そのデータベース化によくなじ

精密工学科　精密機器学第一講座
＊ソニー（株）

む。よって，連動修正機能とデータベースを持つシステムのアプローチが必要となる。

2.1　CADデータベースとモデロン[2)]

一般に CAD データベースには次の機能が必要である。

（1）データ間に連動修正関係を持つ。
（2）形状，図面を取扱い得る。
（3）データをキイーとする検索機能を持つ。
（4）データの修正，追加，削除が容易である。
（5）プログラムそのものもデータとして持つ。

以上の観点にたって，以下の様に金型・型構造データベースを再構成することができる。

いま，設計対象である構造物を S とすると，S は型構造のもつ全情報諸元 C＝ $\{C_i\}$,$(i=1,2\cdots)$ の集合によって定義できる。これを S:C または S: $\{C_i\}$ のように書くとする。ここで，S を部分S_j: $\{C_i^j\}$ ，$(i=1,2,\cdots)$ に分割できるものとすれば，式（1）が得られる。

$$S=S^1 \cup S^2 \cup \cdots \cup S^n,\ S^i \cup S^j=\phi\ ;\ i\neq j \qquad (1)$$

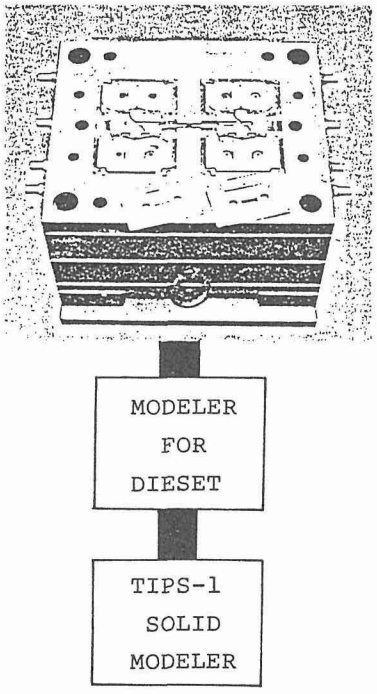


図1　TIPS-1ソリッドモデラーの利用

たとえば，図2の型板のみで成る構造物は次式で表現できる。

$$S=T_1 \cup A \cup B \cup D \cup C_1 \cup C_2 \cup E \cup T_2 \qquad (2)$$

これによって，S の部分を S を構成する部分に置き換えて考えることができる。一般に，部分S_jは S とは無関係にこれを定めることができる。ゆえに，部分 S_j の集合を用意しておけばこれらの組み合せにより，ある目的をもつ S を構築することが可能となる。この時問題となるのは，各部分の組み合せの際のインターフェイスをいかにするかということであり，これをも考慮して部分 S_j は用意される必要がある。そこで，この目的のためにモデロンなる概念を導入する。図3においてモデロン M^j,M^k は前述した情報諸元の集合，つまり，C^j, C^k の集合として定義される。ここで，各部分のインターフェイスともなるべき共有諸元をモデロン M^j,M^k の境界因子とよび，B^{jk} で表わす。すなわち，

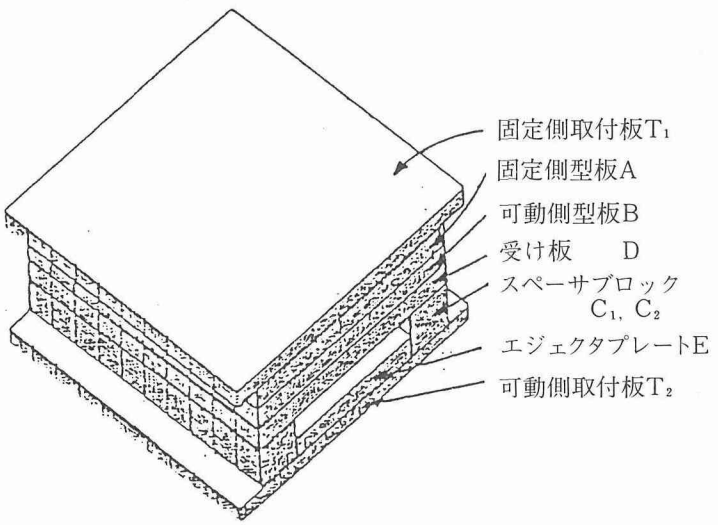


図2　型板のみで成る構造物

$$M^j \cup M^k : B^{jk} = \{C_i^j\} \cup \{C_{i'}^k\} \qquad (3)$$

さらに，M^j を決めるためのすべての設計変数のうち，外部から影響されるものを入力境界因子 $\check{B}^j$，外部に影響を与えるものを出力境界因子 $\hat{B}^j$ とよび，$B^j = \check{B}^j \cup \hat{B}^j$ とすれば，モデリングに際してあらかじめ B^j を設定することによって，M^j に変更のある場合その影響を明確に判断できる。つまり，境界因子はデータの連動修正関係をもたせるのに適している。モデロンと境界因子の概念を図3に示す。CAD データベースではこれらモデロン，境界因子，モデロンプロセサーを構造的にもたせることにし，前述の（1）～（4）に対処するためにここで構築される。実際には，これらはプログラム化され準備される。

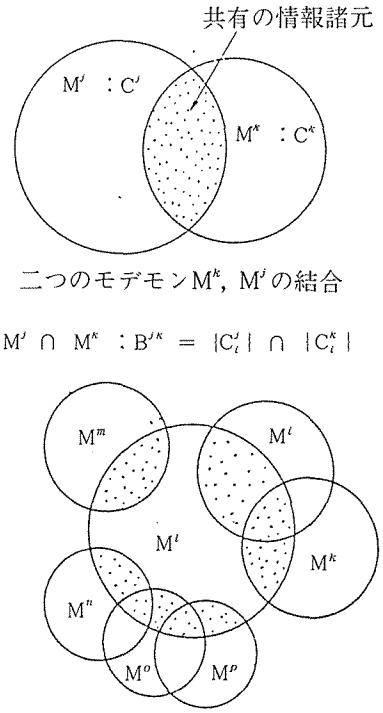


図3　モデロンの概念

2.2　金型・型構造データベース

本来，金型・型構造データベースは幾何学的関係の他，物理的関係を含んでいなければならないが，ここでは幾何学的関係のみを取り扱うことにし，図4に示すようにモデロンデータベースとエンジニアリングデータベースをもって構成する。

モデロンデータベースは狭義の CAD データベースであり，モデロン検索テーブル，モデロンデータ，モデロンプロセサー，形状データ，属性データ，標準構造をもつ。エンジニアリングデータベースはカタログ，規格などをもち，メインプロセサーの下でデータ定義プロセサーを介し，モデロンデータからの参照，チェックに対し情報を供給する。ここで，モデロンデータ，モデロンプロセサーは，プログラムとして登録されており，あらかじめセットされる。データベースの構造は図5に示すようにプロセサーに問合せ，入力があると標準構造中の必要データ検索後，対話処理により修正され，モデリングは遂次進行する。ただし，部品データについてはエンジニアリングデータベースを参照。ここで，修正によって連動的に修正されるものはモデロンデータ中の境界因子テーブルからピックアップされ，モデロンプロセサーにより変更され，またモデロンデータにストアされる。この場合にもエンジニアリング

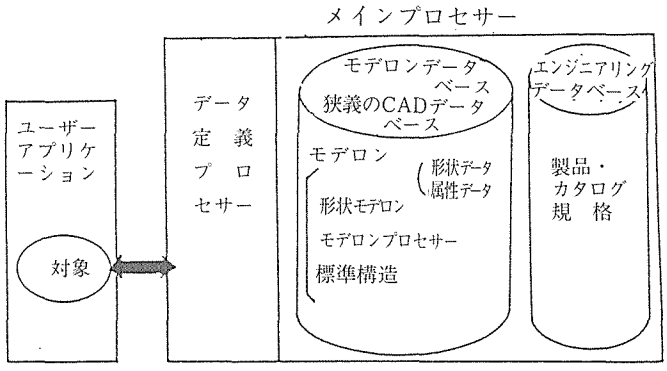


図4　金型・型構造データベース

データベースは参照される。

2.3 連動修正システムの構築

（Ⅰ）部品内連動修正

いま，サポートピンを具体例にとって部品内連動修正を考察する。図6に示すように d, D, L_1, L, および油みぞの個数 N が連動修正関係にあるので，これにより設計式を構築してモデロンプロセサーを用意する。その際，d, D, L_1, L, N が境界因子となるようにする（図7）。たとえば，モデロンプロセサーは d の変更により，D, L_1, および L の範囲を変更する。ただし，この場合ピン長 L は一意に決まらないので後述する他のモデロン（サポートピンホールモデロン）との結合によって決定する。このようにモデロンプロセサー内にあらかじめ変数間の関係を与えておけば，1個所を修正することによって他も連動して修正される。その他の各部品についても同様の処置を行う。また，プロセサーにはあらかじめデフォルト(Default) 値が与えられているため修正のない場合はもとの値が保持される。

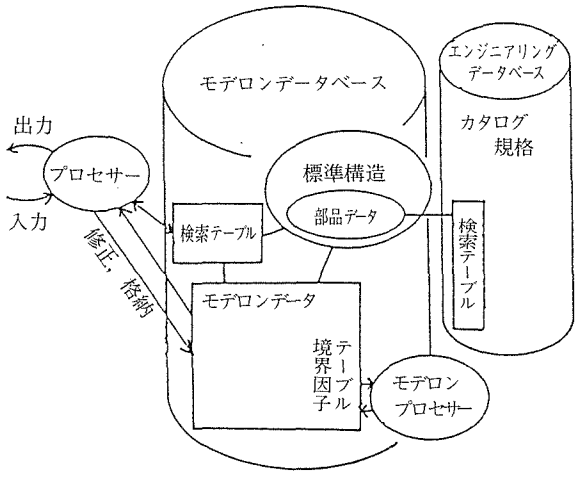
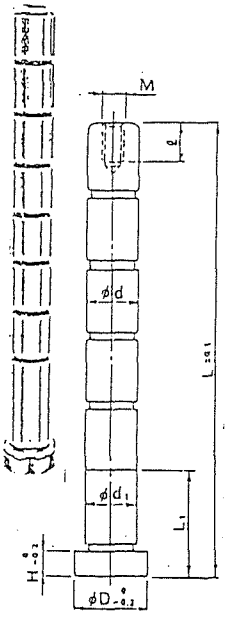


図5　モデロンデータベースとエンジニアリングデータベースの構成



呼び寸法	d 寸法	d 寸法差	d_1 寸法	d_1 寸法差	D	H	M	ℓ
16	16	−0.016 −0.034	16	+0.012 +0.002	20	8	10	20
20	20	−0.020 −0.033	20	+0.021 +0.008	25	10	12	35
25	25		25		30	12	14	30
30	30		30		35	14		
35	35	−0.025 −0.041	35	+0.025 +0.009	40	16	16	35
40	40		40		45	18		

L \ d, L_1	16, 24	20, 29	25, 34	30, 44	35, 49	40, 59
80	◎					
90	◎	◎				
100	◎	◎	◎			
110	◎	◎	◎			
120	◎	◎	◎	◎		
130	◎	◎	◎	◎		
140	◎	◎	◎	◎	◎	
150	◎	◎	◎	◎	◎	◎
160	◎	◎	◎	◎	◎	◎
170	◎	◎	◎	◎	◎	◎
180	◎	◎	◎	◎	◎	◎
190		◎	◎	◎	◎	◎
200		◎	◎	◎	◎	◎
210		◎	◎	◎	◎	◎
220			◎	◎	◎	◎
230			◎	◎	◎	◎
240			◎	◎	◎	◎
250			◎	◎	◎	◎
260				◎	◎	◎
270				◎	◎	◎
280				◎	◎	◎
290				◎	◎	◎
300				◎	◎	◎
310				◎	◎	◎
320				◎	◎	◎
330						◎
340						◎

図6　サポートピンのカタログ，規格

（Ⅱ）部品間連動修正

上述の関係が部品間同志でも成り立つ。例として図8に示すような2枚の型板を貫くホールをもつ形状では，型板の厚さを H_1, H_2, ホール長を L とするとホールが型板を貫くという条件より，$L=H_1+H_2$ なる関係がモデロン間に存在する。当然ながらホールの下限は型板1の下限に，ホールの上限は型板2の上限に一致する。これらモデロン間の関係を部品関係式，すなわち構造式にすべて与える（図8）。これによってあるモデロン内の境界因子を修正すれば，そのモデロンと関係するモデロンは連動修正され，

そのモデロン内においても関連部分は連動修正される。つまり，部品間においてはモデロンの結合が連動修正のツールとなる。この方法を用いた出力を図9に示す。これは型板の厚さを変えた場合で，ホール，ピン，ボルト，ブッシュが連動修正され，部品内においても連動修正が行なわれている。ここでは，構造式と設計式をサブルーチンとして用意している。また，境界因子はその引数 (Argument) としてセットされ，モデロンプロセサールーチン群の間で引き渡される。

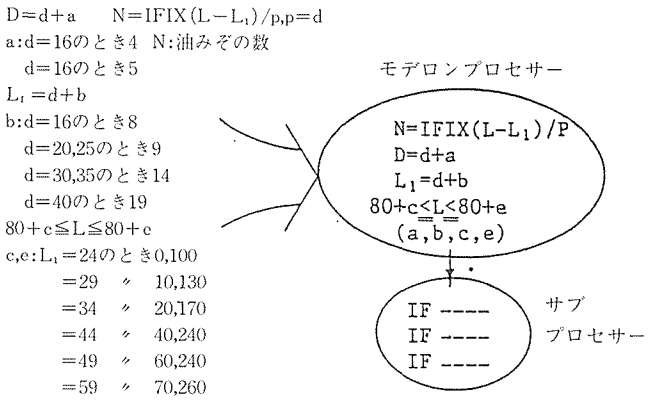


図7　サポートピンの境界因子とモデロンプロセサー

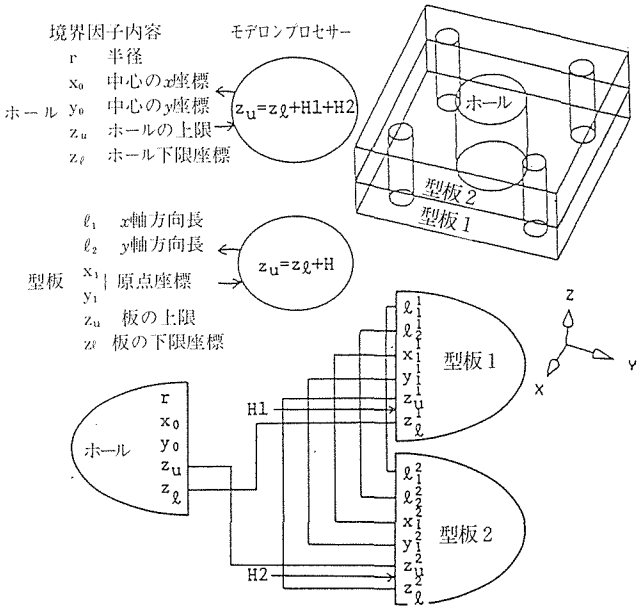


図8　型板とホールの例

3. 図　面　出　力

図面は設計のプロセスにおいてしばしば重要な役割をはたす。そこでここでは，2次元の部品図，型構造の平面図，側面図をモデロン，境界因子，モデロンプロセサーを利用し出力する。部品図はどの部品を設計するかを選択するためのカタログ出力から始まる。カタログは図10に示すように，モデロン検索テーブルの内容をエンジニアリングデータベースを参照しながら出力される。部品番号がモデロン番号，CODE　がモデロンの名称となる。モデロン検索テーブルとモデロンデータはポインタによって結合されているため，モデロン番号の選択によりデータ処理が可能となる。この際，モデロンデータには標準構造が格納されている。すなわち，部品番号をヒットすることによりそれぞれの部品の作図プロセサーに処理が引き継がれる。それぞれの部品作図プロセサーの先頭では標準構造データをもとに部品図の出力とともにカタログに準備されている寸法表を出力する。部品図の出力は例えばピン類であれば，図形は長方形の集まりで表現でき，長方形の作図に必要な寸法データは境界因子より抽出される。さらに，境界因子そのものが意味をもっているので寸法データと処理方法を作図プロセサーに渡すことにより図形出力は可能となる。寸法表については，カタログ出力同様エンジニアリングデータベースを参照しながら出力

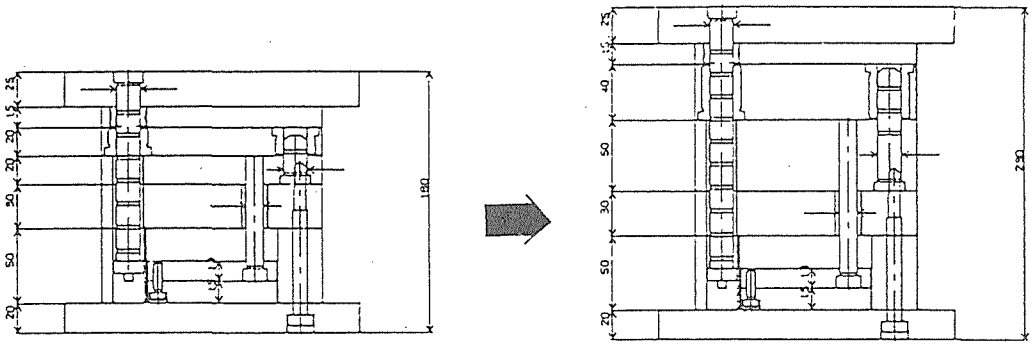


図9　連動修正出力例

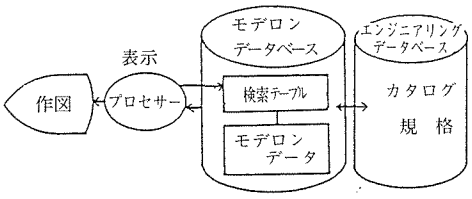
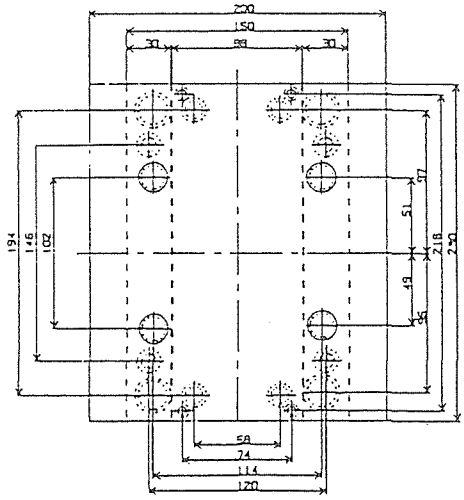


図10　カタログ出力法



される。上記処理後，対話プロセスに入り，部品データは修正され，修正後のデータはモデロンデータベースに再ストアされる。修正はローカルな修正とグローバルな連動修正を含む修正が可能である。また，修正のたびに修正後の部品図を出力

+++ PARTS NAME +++	++ CODE ++	NO.	+++ PARTS NAME +++	++ CODE ++	NO.
GUIDE PIN	GP	1	STOP BOLT, PULLER BOLT A	STBA,PBA	31
GUIDE PIN HOLE	GP-H	2	PULLER BOLT	PBB	32
GUIDE PIN BUSH A	GBA	3	STOP BOLT C	STBC	33
GUIDE PIN BUSH A HOLE	GBA-H	4	TENSION LINK	TL	34
GUIDE PIN BUSH B	GBB	5	TENSION LINK BOLT	TLB	35
GUIDE PIN BUSH B HOLE	GBB-H	6	ANGLER PIN	AP	36
INTER LOCK PIN	ILP	7	ANGLER PIN HOLE	AP-H	37
INTER LOCK PIN BUSH	ILB	8	SLIDE CORE GUIDE RAIL	SC,GR	38
LOCATE RING	LB	9	LOCKING BLOCK A	LBA	39
CAP SCREW / CAP SCREW HOLE	C-H C-T	10	LOCKING BLOCK B	LBB	40
UNIFIED CAP SCREW / HOLE	UNC-H/T	11	SPRUE BUSH A	SBA	41
DWELL PIN	DP	12	SPRUE BUSH B	SBB	42
DWELL PIN HOLE	DP-H	13	RUNNER LOCK PIN BUSHB / C	RL B/C	43
LIFTING BAR	LIB	14	SPRUE LOCK PIN	SLP	44
EJECTOR BAR	EP A	15	COLD RUNNER		45
EJECTOR PIN B	EP B	16	COUPLER / COUPLER HOLE	CP CP-H	46
EJECTOR PIN D	EP D	17	PIUG / PLUG TAP	PLG /-T	47
EJECTOR PIN SLEEVE	EPS	18	O LING P	OP OP-H	48
EJECTOR PIN HOLE / B HOLE	EP-H/B-H	19			49
RETURN PIN	RP	20			50
RETURN PIN HOLE	RP-H	21			51
EJECTOR PLATE GUIDE PIN A	EGPA	22			52
EJECTOR PLATE GUIDE PIN HOLE	EGPA-H	23			53
EJECTOR PLATE GUIDE PIN B	EGPB	24			54
EJECTOR PLATE GUIDE PIN HOLE	EGPB-H	25			55
EJECTOR PLATE GUIDE PIN BUSH	EGB	26			56
EJECTOR GUIDE BUSH HOLE	EG-H	27			57
SUPPORT	SU	28			58
EJECTOR ROD	ER	29			59
STOP PIN	SP	30			60

PART NO. ? (12)

図11　カ　タ　ロ　グ　出　力

し，どのように修正されたかを確認できる。カタログを図11に，部品図を図12に示す。平面図，側面図についても本質的に部品図とは変わらず，図9に示した図形パターンそのものをモデロンとして処理することが特色である。図形パターンをモデロンとしたので，図13に示すように図形の寸法を境界因子としてセットできる。平面図モデロンは側面図モデロンと高さ方向の情報をもつ境界因子を除いた境界因子によって結合されているため，側面図モデロンに高さ方向の情報をもつ境界因子を追加すれば，すべての境界因子をセットできる。さらに，各部品モデロンをこれらに結合し，作図プロセサーを通すことにより図が得られる。寸法記入に関しては，あらかじめ境界因子を作る際にどの方向に引き出し線を出

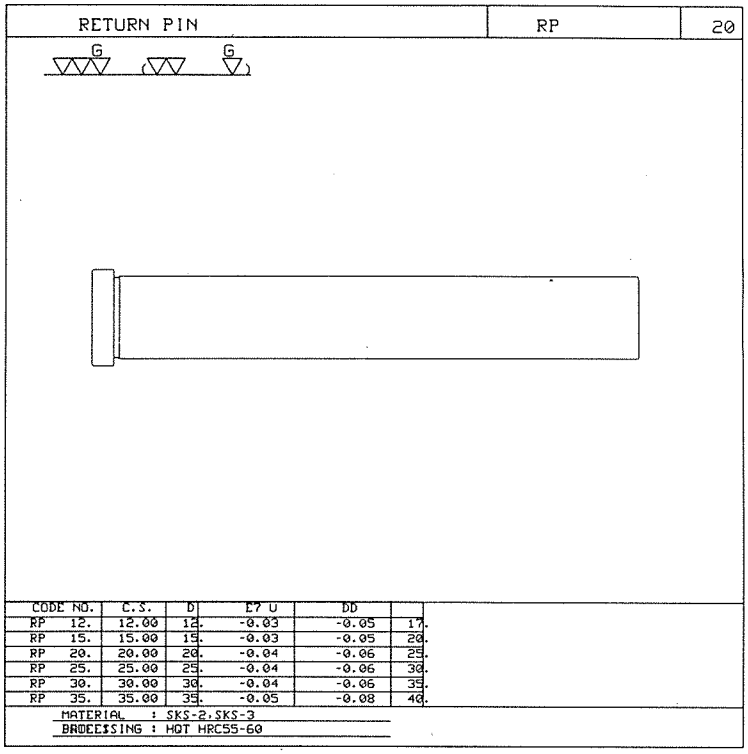


図12　部品図出力例（リターンピン）

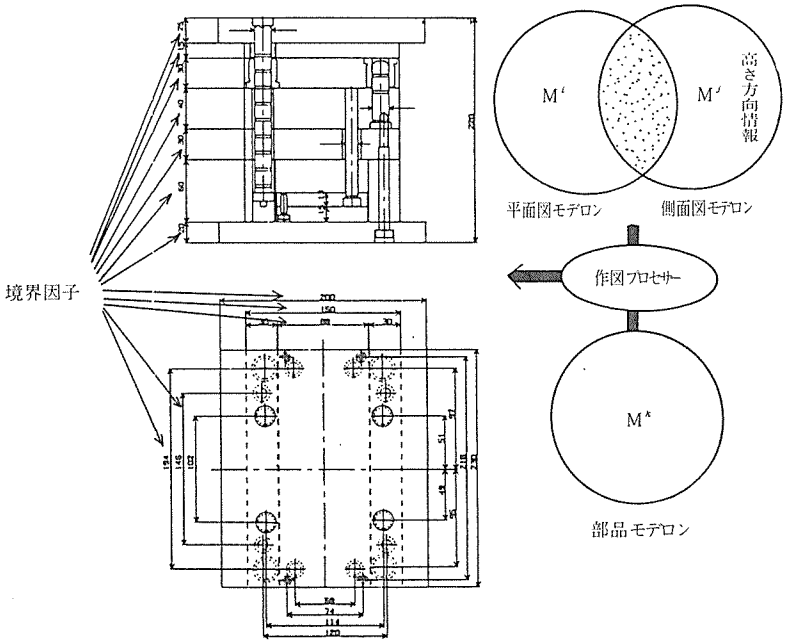


図13　図形と境界因子，モデロン

すか，寸法の大きさ等をモデロンに与える方法をとった。ただし，引き出し線が交差する場合は作図プロセサーにより自動的に寸法引き出し線の条件を変更する。型構造全体の作図プロセスは，部品図と同様に標準構造中のどのタイプを設計するかの選択から始まる。各タイプには，おも型[3] によりいくつかのパターンが存在し，このタイプとパターンの2つを入力することにより，求める型構造を抽出することができる。抽出後，平面図，側面図，あるいは両者を出力することができる。この後修正を行い，最終形状をデータベースにストアする。この選択プロセスを図14に示す。

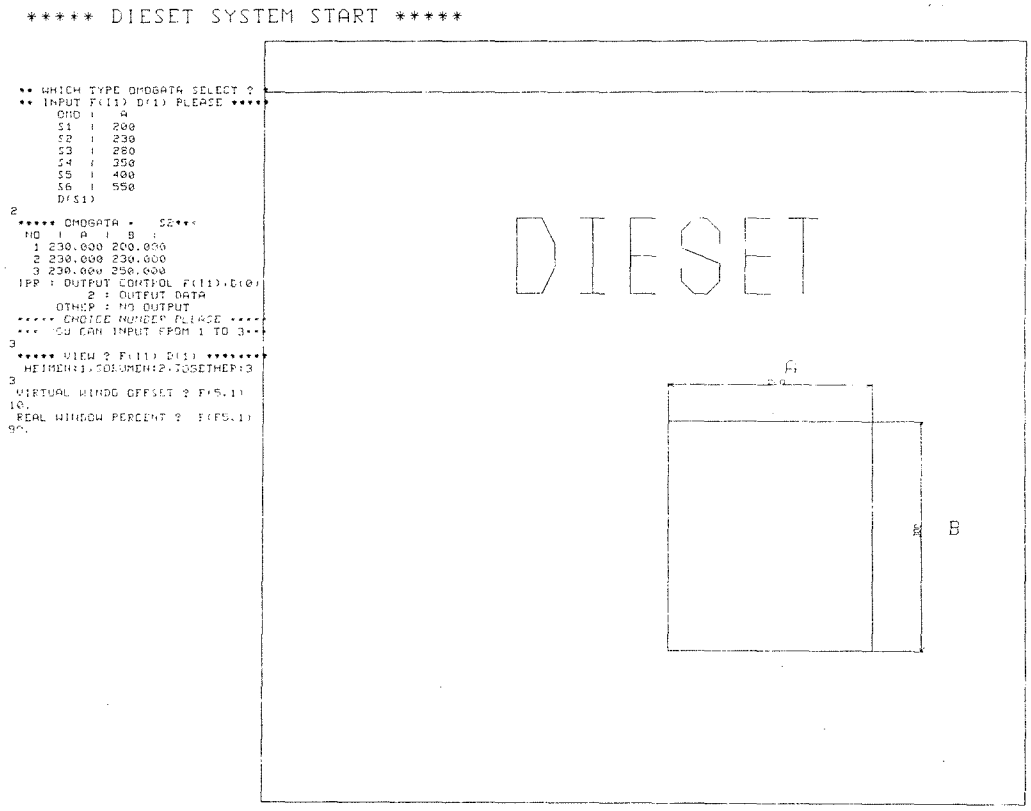


図14 オモ型選択プロセス

4. 2次元データから3次元データの自動創成とアプリケーション出力

ここまで取り扱ってきたデータはすべて2次元データであったが，3次元 CAD 用に開発されているアプリケーションルーチンを利用するためには3次元データが必要となる。ここでは，前述の議論により決定された2次元形状データから TIPS-1 のソリッドデータ (CSG) を自動作成し，TIPS-1 のアプリケーションルーチンと接続する。

4.1 TIPS-1 ソリッドモデラー

TIPS-1 は主に機械部品を対象とした CAD／CAM システムであるが，ここでは TIPS-1 の形状モデラー (Geometric Modeler) といくつかのアプリケーションルーチンを使用する。形状モデリングの概念は3次元ボリュームの集合演算 (Set Operation) をベースとしており，そのデータ構造は CSG (Constructive Solid Geometry) とよばれる。形状をS とすると S は次

式で表わされる。

$$S = \bigcup_{j=1}^{m} P_j - \bigcup_{j=1}^{m'} Q_j \qquad (4)$$

P_j は正の集合，Q_j は負の集合のセグメント（Segment）とよばれるもので，セグメントは半空間（Half Space）領域であるエレメント（Element）と座標軸に垂直な2枚の平面から成る直方体領域のドメイン（Domain）との積（Product）集合として定義される。TIPS-1では，機械部品にしばしば見られる簡単な形状パターンを標準エレメントとしてもち，その他は非標準エレメントとして扱う。TIPS-1のエレメントを図15に示し，集合演算の様子を図16に示す。TIPS-1の3次元形状データは2次元配列として構成される。行はセグメントを表わし，列はセグメントに必要な情報をもっている。また，式(4)はセグメントの定義順序に制約がないことを示している。よって，トリー構造（Tree Structure）をもつモデラーとは異なり定義順序を考慮することなく，ランダムにデータを作り出せる。TIPS-1のデータフォーマットを図17に示す。

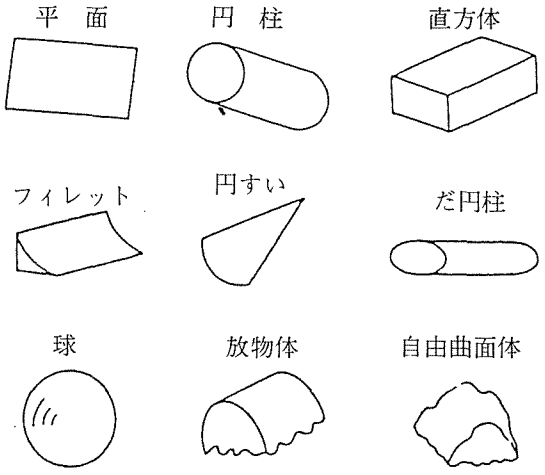


図15　TIPS-1のプリミティブ(エレメント)

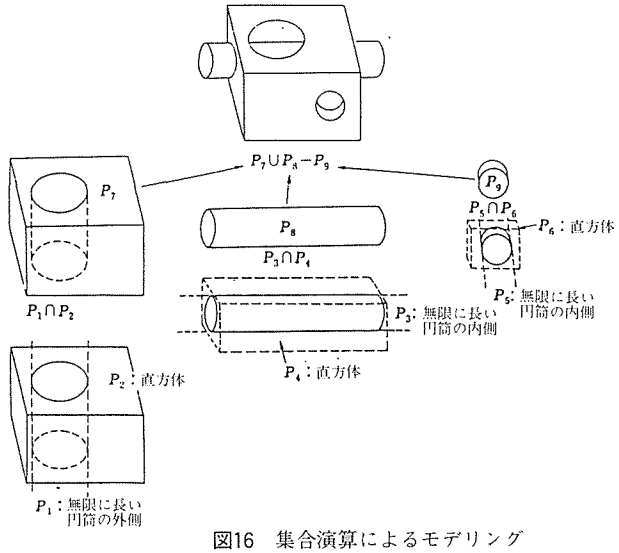


図16　集合演算によるモデリング

4.2　型構造形状データ作成

金型・型構造の形状はTIPS-1のCUBE, CIRCLEエレメントの集まりで構成できる。これらのエレメントは直方体と円柱であるが，この幾何情報はデータベースから抽出できる。よって，CUBEとCIRCLEの2つのエレメントのデータをデータベースからダイレクトに作り出す。

このプロセスは下記のごとくである。

（Ⅰ）CUBEとCIRCLEのダミーのデータを用意する。すなわち，TIPS-1形状データの1行にCUBEとCIRCLEのデフォルト値を与えるサブルーチンを用意する。

（Ⅱ）モデロンデータの境界因子とエレメントの共通データを抽出する。連動修正の節で述べたように，モデロンプロセサーは形状の幾何学的関係を扱っているので，境界因子がエレメントのどのデータに対応するかを判定できる。

（Ⅲ）共通データが存在すれば，作成するデータへダミーのデータをコピーし，共有部を書き

TlLIST(I,J): Data table for constructive representation of objects

I / J	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
	Part	Part Data			Comment			Rotation Angle			Coordinate			Domain of Part						System	
1	Name	MJ	CC	N	M	MP	MQ				PHI	PSI	THETA	X	Y	Z	LX	UX	LY	UY	LZ	UZ		ISN
	(A4)	(I2)	(I2)	(I2)	(I2)	(I2)	(I2)	(A4)	(A4)	(A4)	(F4)	(F4)	(F4)	(F4)	(F4)	(F4)	(F4)	(F4)	(F4)	(F4)	(F4)	(F4)	(I2)	(I2)
	Seg.	Pattern Data						Constants						Coordinate			Domain of Segment						System	
2	Name	MD	CC	PN	DM	FC	SD	ARG1	ARG2	ARG3	ARG4	ARG5	ARG6	X	Y	Z	LX	UX	LY	UY	LZ	UZ		ISN
	(A4)	(I2)	(I2)	(I2)	(I2)	(I2)	(I2)	(F4)	(F4)	(F4)	(F4)	(F4)	(F4)	(F4)	(F4)	(F4)	(F4)	(F4)	(F4)	(F4)	(F4)	(F4)	(I2)	(I2)
MP					P-Mode Segments																			
MQ					Q-Mode Segments																			
MJ					D-Mode Segments & Error Segments																			
M					Blank																			

Transposed TILIST

図17　TIPS-1 形状データフォーマット

換える。

(Ⅳ) (Ⅱ)と(Ⅲ)をエレメントの数だけ繰り返す。

(Ⅴ) データの先頭に全パート情報を挿入する。

以上で TIPS-1 の形状データが出来上がる。このプロセスの様子を図18に示す。一般構造の型構造の場合，エレメント数は 120～130 個である。これらのデータを人間が

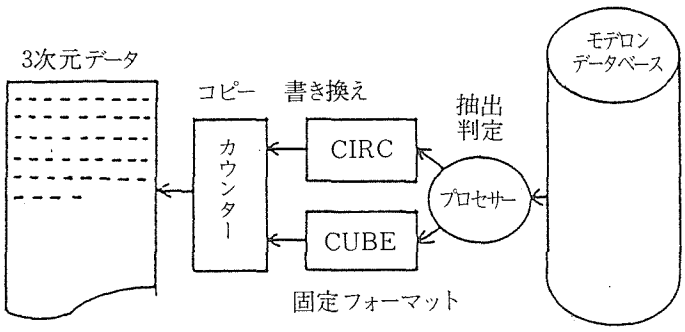


図18　2次元データから3次元データ創成法

```
            ------------ TILIST OUTPUT / DTUTPT ( NJE,IPR=    0     2 ) ----------------------------
            |                                                                                      |
PART  | PART NAM |   MJ   CC|    N    M|   PJ   QJI|                COMMENT                |   PHI    |   PSI    |  THETA   |
      |    X     |    Y     |    Z     |    LX     |    UX     |    LY     |    UY     |    LZ     |    UZ     |    ISN    |
    1 |**(EX01)**|  123    0|   20   200|   11    75|          **(   DIESET   )**      |    0.0   |    0.0   |    0.0   |
      |     0.0  |     0.0  |     0.0  | -100.0001 | 100.0001 | -125.0001 |  125.0001 | -10.0001  | 190.0001  |    0      1|
SGMT  | SGMT NAM |   MD   CC|   PN   DM|   FC   SDI| ARG1      | ARG2      | ARG3      | ARG4      | ARG5      | ARG6      |
      |    X     |    Y     |    Z     |    LX     |    UX     |    LY     |    UY     |    LZ     |    UZ     |    ISN    |
    2 |**(HT1 )**|    2    0|    4    3|     0    0|     0.0   | 200.0001  | 250.0001  |    0.0    |  1.0001   |    0.0    |
      |  -100.0001| -125.0001|-99997.0001| -100.0001 | 100.0001  | -125.0001 |  125.0001 |  155.0001 |  180.0001 |    0      2|
    3 |**(HR  )**|    2    0|    4    3|     0    0|     0.0   | 150.0001  | 250.0001  |    0.0    |  1.0001   |    0.0    |
      |   -75.0001| -125.0001|-99997.0001| -100.0001 | 100.0001  | -125.0001 |  125.0001 |  140.0001 |  155.0001 |    0      3|
    4 |**(HA  )**|    2    0|    4    3|     0    0|     0.0   | 150.0001  | 250.0001  |    0.0    |  1.0001   |    0.0    |
      |   -75.0001| -125.0001|-99997.0001| -100.0001 | 100.0001  | -125.0001 |  125.0001 |  120.0001 |  140.0001 |    0      4|
    5 |**(HB  )**|    2    0|    4    3|     0    0|     0.0   | 150.0001  | 250.0001  |    0.0    |  1.0001   |    0.0    |
      |   -75.0001| -125.0001|-99997.0001| -100.0001 | 100.0001  | -125.0001 |  125.0001 |  100.0001 |  120.0001 |    0      5|
    6 |**(HU  )**|    2    0|    4    3|     0    0|     0.0   | 150.0001  | 250.0001  |    0.0    |  1.0001   |    0.0    |
      |   -75.0001| -125.0001|-99997.0001| -100.0001 | 100.0001  | -125.0001 |  125.0001 |   70.0001 |  100.0001 |    0      6|
    7 |**(HC1 )**|    2    0|    4    3|     0    0|     0.0   |  30.0001  | 250.0001  |    0.0    |  1.0001   |    0.0    |
      |   -75.0001| -125.0001|-99997.0001| -100.0001 | 100.0001  | -125.0001 |  125.0001 |   20.0001 |   70.0001 |    0      7|
    8 |**(HC2 )**|    2    0|    4    3|     0    0|     0.0   |  30.0001  | 250.0001  |    0.0    |  1.0001   |    0.0    |
      |    45.0001| -125.0001|-99997.0001| -100.0001 | 100.0001  | -125.0001 |  125.0001 |   20.0001 |   70.0001 |    0      8|
```

図19　TIPS-1 の3次元形状データ

入力することは，時間がかかり，形状パターンが似ているので退屈な作業となる。創成された3次元形状データを図19に示す。TIPS-1 では，これがすべてのアプリケーションルーチンに共通に使われる。このデータを用いた TIPS-1 のアプリケーションルーチンの出力を図20に示す。ホストコンピュータはPRIME550-IIを用いた。これらアプリケーションルーチンを適用することにより，実物を作らずとも型構造の外観，特性を知ることができる。ここで自動作成された3次元形状データもまたデータベースにストアされる。

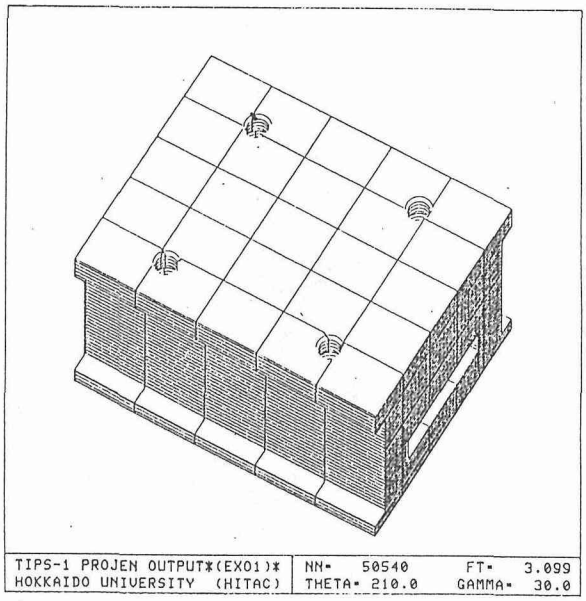
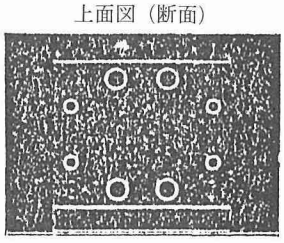
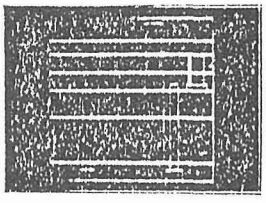


図20 TIPS-1 のアプリケーション





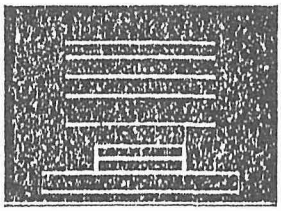


図20-(b) 三面図

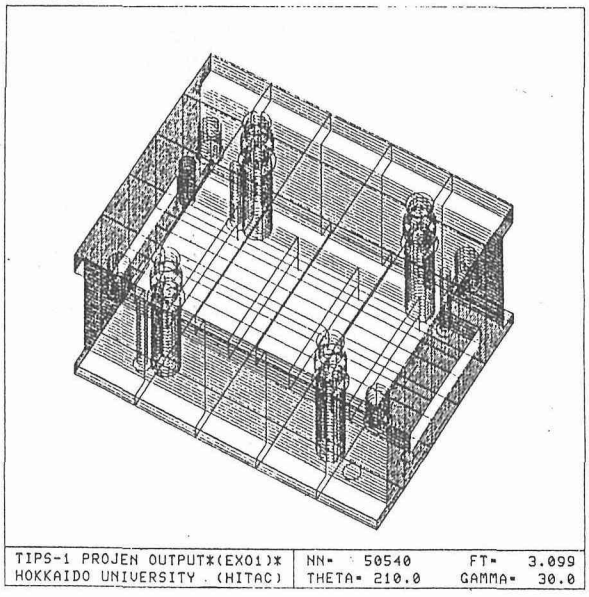


図20-(a) 積層斜視図

5. お わ り に

金型・型構造の設計は，キャビティ・コア部の設計とともに最適な構造を得るために多くの工程を要する。本研究では，従来設計者が直接カタログ等を調べ試作品を作り，カットエンドトライを行ってきた部分をモデロンと境界因子の考え方を用いたCAD システムに構成できることを示した。

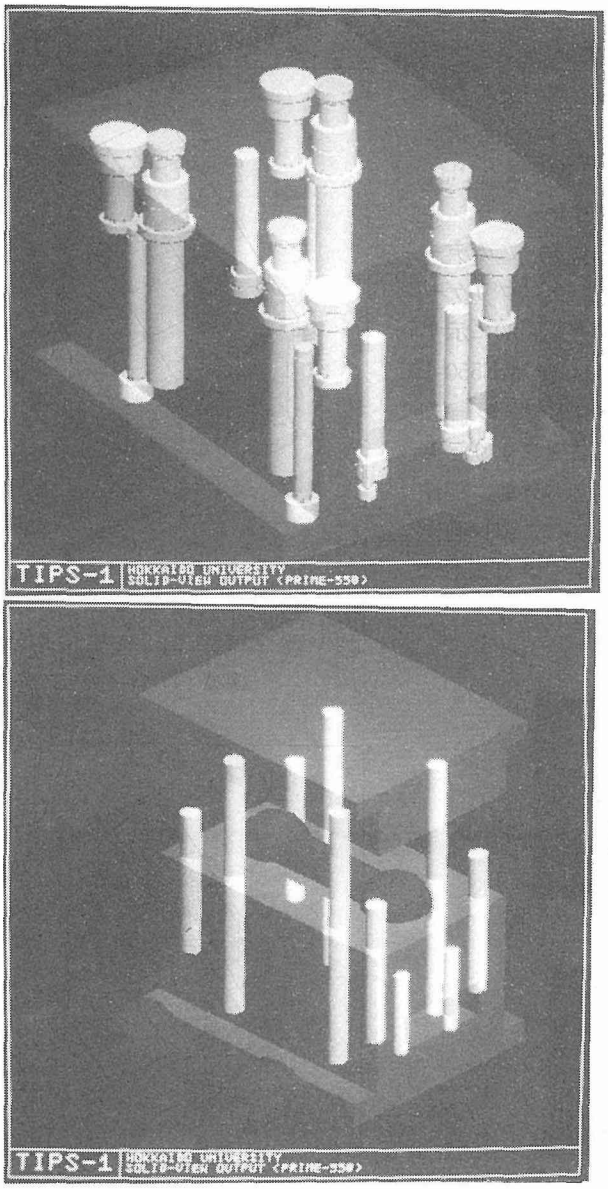


図20-(c) 面画斜視図

参 考 文 献

1) N. Okino, et al : "TIPS-1" (Green Book), Institute of Precion Engineering, Hokkaido University, (1978)
2) 沖野：「自動設計の方法論」, 養賢堂, (1982)
3) 白石順一郎：「射出成形用金型」, 日刊工業新聞社, (1973)
4) 木下, 沖野, 嘉数, 沢井：連動修正型CADシステムの開発―金型・型構造への適用―, 日本設計製図学会講演論文集, (1983)
5) 秋山, 星, 沢井, 沖野, 嘉数：金型設計用三次元CADシステムの開発, 精機学会講演論文集, (1983)
6) N. Hashimoto, et al : "TIPS-1'77 Version, System Manual", CAM-I, (1981)
7) James Martin : "Principles of DATA-BASE Management", 日本コンピュータ協会, (1982)
8) 沢井；金型のCAD, TIPS研究会報告, (1982)
9) 木下：CAD／CAMシステムTIPS-1, PIXEL, No. 24, 図形処理情報センター, (1984)