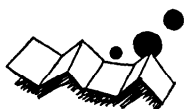


解説

CAD/CAM におけるデータベースについて†



松家 英雄††

1. はじめに

エンジニアリングデータベースの重要な役割りが、工業界の技術部門に幅広く深く認識されてきている。しかしながら、実動は大規模な先進的企業に限定されている。というのは幅広い利用に対して、データベース設計の困難さ、利用時の不明確さ、およびコスト効果の不十分さがあげられる。現在のデータベース管理システムは販売、購売などの管理、在庫管理、人事、給与管理などの商業業務の世界において開発、利用されてきたので、技術部門に対しては必ずしも適当でなかったように思える。エンジニアリングデータベースには、技術資料や標準化、規格化資料、製品実績データなど、商業用の利用形態に近いデータベースもあるが、製品に対して設計したデータ、すなわち設計活動そのものの情報を貯えるデータベースが重要である。それはダイナミックであり、設計が完了した時点で初めてデータの整合性がとれる。このような要求に対して、現存のデータベース管理システムの機能は不十分である。

本稿では、エンジニアリングデータベースに対して重要なそして固有な要求を明確にし、その現状を紹介したものである。次章では CAD/CAM システムを通じて設計プロセスの特徴を分析し、3章でこれらの分析から、現状でのあるべきデータベースの形態を考察する。4章では、データベースに蓄積される設計情報のうち、代表的なデータモデルの現状と傾向を整理し、最後に、データベース管理システムの1つとして RIX を取り上げ、アプリケーションのインタフェースを充実させることがエンジニアリングデータベースの定着化に役立つことを述べる。

2. 設計プロセス

製造業や建設業における技術部門の業務は営業面、

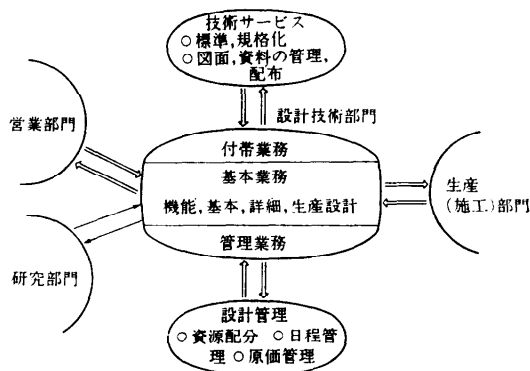


図-1 設計技術部門の業務

研究開発面からの情報をもとに、製造部門や建設部門に生産指示や建造指示を作る業務と定義することができる。すなわち、技術部門は

- 設計案を具体化する基本業務
- 設計のために必要な情報収集、規格化および伝達作業などの付帯業務
- プロジェクト間の資源配分、プロジェクト日程などの管理業務

などの一連の業務を組織的に処理している(図-1参照)。

これらの業務の中で、技術部門の最も重要な基本業務の流れについて考えてみよう。基本業務の流れは製品の流通や生産形態によって少しずつ異なってくる。たとえば、産業プラントや建造物などの受注型個別生産をおこなっている業界は日常業務的設計プロセスに、自動車や家電製品などの見込型大量生産をおこなっている業界は新規開発型設計プロセスになってくる。日常業務的設計は類似度の高い繰り返し型設計であり、注文者や顧客の要求に従って、一定の手順のもとに過去の製品を変更することが多い。一方、開発型設計は新製品の開発から大きなモデルチェンジをおこなう設計であり、試作設計が全工程の中で重要な位置を占める。これら、2つの設計プロセスは業界によっ

† Data Base in CAD/CAM System by Hideo MATSUKA (Tokyo Scientific Center IBM Japan, Ltd.).

†† 日本アイ・ビー・エム(株)東京サイエントフィック・センター

表-1 設計プロセスにおける出力

設計対象物 設計相	建 築	船	プラント
機 能 設 計	建物外形 構造様式 平面計画 経済分析	船種 主要目 船型	プロセス構成 プロセス計算
基 本 設 計	意匠設計 構造設計 設備設計 仕様書	線図 一般配置 諸特性 見積総括表	プロセスイン ストラメント線図 プロットプラン
詳 細 設 計	構造図 構造解析 設備図	構造図 構造解析 機装図	機器設計図 加熱炉設計図 配管設計図 計装設計図
生 産 設 計	建物/設備見積り 仮設見積り 施工計画 施工図	外板展開 ロτζ展開 一品図 ネスティング	積算 資材関連

で名称も異なったり、また明確に分れているものではない。そこで、次の設計プロセス名のもとに、設計の特徴および設計支援システム化の概略を整理してみる。

#### (1) 機能設計 (Conceptual Design)

市場や顧客の要求を分析し、製品化のため、あるいは引合いのための製品の概要を決定する。この活動は創造的な活動と計画案の採用決定が重要になる。このため、採用決定に必要な情報が適切な形で加工、検索できるシステムが考えられてきている<sup>1),2)</sup>。特に受注型個別生産分野では、営業実績検索システム<sup>3)</sup>と組み合わせ、その支援化に力を注いでいる。

#### (2) 基本設計 (Preliminary Design)

製品全体の構造を明確にする。多くの場合、製品性能の最適解を得るため、あるいは安全度を高めるため、工学的解析が繰り返してなされる。特に、航空機設計ではこのプロセスが全工程の40%も占めている<sup>4)</sup>。これは、この過程が複雑で行きつもとどりの繰り返し工程で時間を必要とするばかりでなく、この過程に時間をかけて、設計変更を極力少なくしようと試みるからでもある。この分野は、古くから技術計算としてコンピュータを利用してきたが、最近では対話型計算システムが定着してきている<sup>5)</sup>。

#### (3) 詳細設計 (Detail Design)

部品の形状、寸法、材料等を具体的かつ詳細に設計するプロセスである。この過程は図面作業が中心であり、最近、汎用システム<sup>6)</sup>やターンキーシステム<sup>7)</sup>の出現とともに、システム化が急激になされてきてい

る。

#### (4) 生産設計 (Production Design, Design Documentation)

詳細設計が完了した時点で、生産に適した情報に加工する過程である。ここでは部品発注などのB/M (Bill of Material) 作成<sup>8)</sup>や、製作加工手順などのNC (Numerical Control)<sup>9)</sup>作成も含まれる。多くの製造業は省力化の目的で支援システム化の実現<sup>10)</sup>をはかってきた分野である。

このように眺めてみると、基本業務は製品情報を抽象から具体的に、概要から詳細に、全体から部品に加工するトップダウンプロセスであるといえる。表-1に受注型個別生産における加工情報の具体例を示す。

しかしながら、昨今、市場ニーズからくる製品の多様化、短いライフサイクル、原価の高騰、技術者の人件費アップ、競争の激化などにより、技術部門は次の問題に直面している。

- ・ 見積回答の正確化と短縮化
  - ・ 新製品開発期間の短縮化
  - ・ 重複設計の回避と部品共通化率の増大化
  - ・ 設計変更、クレームの回避とその処理の迅速化
  - ・ 図面資料出図の迅速化と技術的ノウハウの活用化
  - ・ 設計図、部品表の作成・維持の迅速化と正確化
- これらの問題に対処しようとするのがエンジニアリングデータベース指向型システムである。

### 3. エンジニアリングデータベース

エンジニアリングデータベース (EDB) とは、技術部門の過去の蓄積技術情報を最大限に利用し、製品設計の効率化、信頼化を高める情報管理データベースであり、これを中核にして技術部門業務の総合支援システム化が始めて可能となるものである<sup>11)</sup>。

ここで、基本業務を通して EDB の特徴を眺めてみよう。

(1) いくつかのプロジェクトが同時に進行している。そして、それらは互いに独立であるが、同じ構造を持ったデータがプロジェクト間で共通に利用される。そのためにデータベースはプロジェクト固有のデータベースと共通 (参照) データベースの2種類に分けることができる (表-2 参照)。

(2) プロジェクト・データベースには設計対象物に関する形状データ、属性データあるいはそれらを図面として出力する図面データの他に部品表データなどが蓄積される。

表-2 参照データとプロジェクト・データ

	参照データ	プロジェクト・データ
データ量	多	小~中
データ型	数値, 文章, 図形	数値, 図形
追加削除	少	多
更新	少	多
検索	多	多
構造	単純	複雑
保存期間	長期	短~中期
整合性	容易	困難

(3) 設計対象物に関する情報は設計プロセスが進むに従って、全体から個別データに、概略から正確なデータに変化し、データ量が増大していく。

(4) これらのデータは代替案として多くの専門家達によって試行錯誤に創成、評価され、最終的に1つの案としてまとまっていく。そのため、個々の専門家が取り扱うデータは局所的であり、作業が完了するまで不完全である。

(5) データは専門家によって対話的に作成、評価、更新されるばかりでなく、複雑なアルゴリズムを持った解析プログラムや自動設計プログラムによっても処理されることが多い。

(6) 共通データベースには材料や部品などのカタログデータ、規格や技術資料データ、製品実績データ、図面仕様及び図面データなどの多様なデータが蓄積、保管される。

(7) これらのデータは検索が中心であり、データ間の構造変化やデータ更新は頻繁におこなわれない。

(8) プロジェクト・データベースおよび共通データベースに蓄積されているデータは入力手続が簡単明瞭でしかも図形、表、文書として理解し易い出力表現が要求される。

EDB に要求される条件は必ずしも、現存のデータベース管理システムで可能であるとはいえない。設計データの重複度を防ぎ、データ間の矛盾を少なくし、設計変更に対して対処するためには、プロジェクト・データベースは図-2 に示すような2段の構成にならざるを得ないであろう。設計プロセスごとにあるいは応用分野ごとにワークデータベースを作り、中央のデータベースでこれらを管理する方法である<sup>2)</sup>。

(1) ワークデータベースの導入により、各設計プロセス内であるいは応用分野内で、独自の処理が迅速かつ自由に処理できる。

(2) 各ワークデータベース間の連結は中央のデータベースを介しておこなわれる。

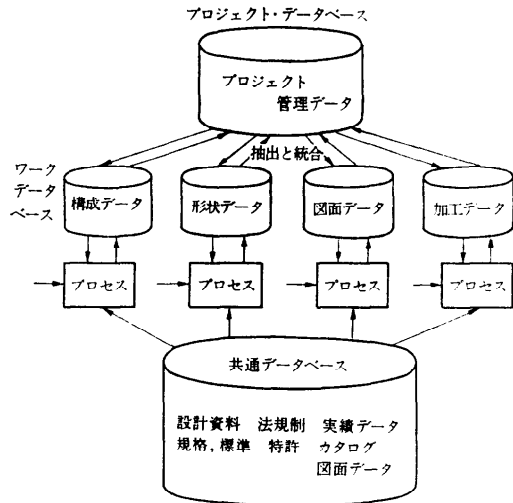


図-2 エンジニアリングデータベースの構成

(3) 中央のデータベースの管理により、オーソライズされていない使用に対するデータの保護、オーソライズされていない代替案に対するデータの保護、任意の時点でデータの値、意味に矛盾を生じさせないような保護の管理が可能になる。

(4) しかし、中央のデータベースとワークデータベース間のデータマッピング(例: 単位変換、抽出と統合、データモデルの変換)の問題は今後の大きな研究課題である。

ワークデータベースは多くの長所も持っているが、解決しなければいけない問題点もある。プロジェクト・データベースを構築する最も簡単な方法は、設計変更を生じないよう、またデータの矛盾が生じないように設計手順をスケジューリングすることである。しかしながら、この方法は現実的ではなく、上記の方法を採用せざるを得ないであろう。

#### 4. 設計対象物に関するモデリング

プロジェクト・データベースには設計プロセスに従って製品に関する設計情報が構築されていく。具体的な設計情報として表-1 に示されたものがあるが、総合的な設計支援システムが叫ばれるようになってから、対象物を組織的、統一的に表現する必要が生じている。J. Hatvany は対象物を機能モデル (Functional Model)、トポロジカルモデル (Topological Model)、幾何モデル (Geometric Model) の3つに分類し、その表現法の現状を整理しようとしている<sup>13)</sup>。

NTWK			
対 偶	始リンク	続リンク	
JT *1	*	LNK 1	
JT 11	LNK 1	LNK 1	
JT 1*	LNK 1	*	
JT 12	LNK 1	LNK 2	
JT 23	LNK 2	LNK 3	
JT 38	LNK 3	LNK 8	
JT 88	LNK 8	LNK 8	
JT 85	LNK 8	LNK 5	
JT 56	LNK 5	LNK 6	
JT 67	LNK 6	LNK 7	
JT 7*	LNK 7	*	
JT 77	LNK 7	LNK 7	
JT *7	*	LNK 7	
JT 84	LNK 8	LNK 4	
JT 4*	LNK 4	*	

(注) リンク機構のトポロジカル情報は、対偶機素がどの始リンク材と続リンク材によって結合されているかといった形で表現されている。

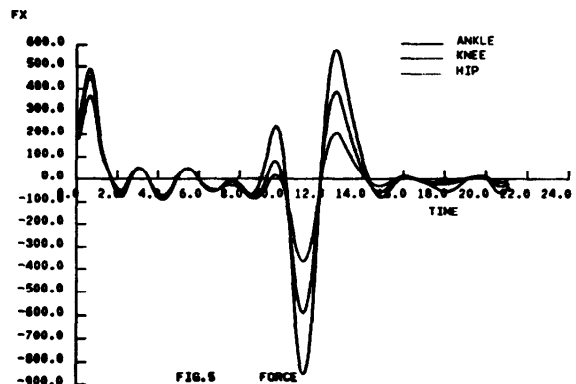
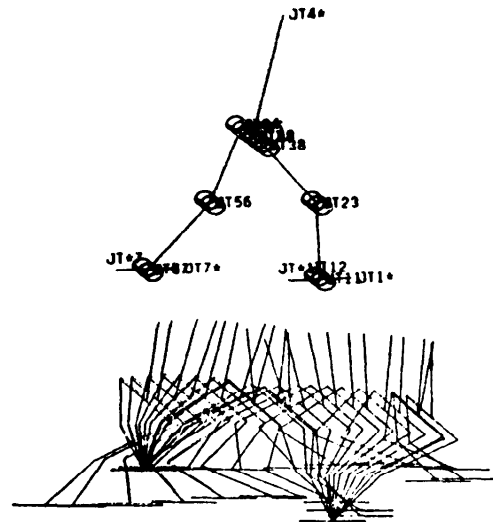


図-3 A-IDASによるリンク機構シミュレーション(2足歩行機構)

ここでは製品の機能的構造を表すトポロジカルモデル、部品の形状モデル、図面編集としての図面モデル、組立モデルについて考えてみよう。

#### 4.1 トポロジカルモデル

製品の機能的構造を表現するトポロジカルモデルは機能設計段階に多く立案される。たとえば、化学プラントのフロー・ダイアグラム<sup>14)</sup>、機構構造の系統図<sup>15)</sup>、建築空間の動線図<sup>16)</sup>などが考えられる。

これらのモデルは一般にグラフネットワークとして表現される。化学装置や対偶機素をノードと、パイプラインやリンク部材をアークとし、これら、エンティティの関係をノードに注目してどのようなアークによって構成されているか、あるいはアークに注目してアークの端のノードは何かといった2種類の方法で表現される。そして、それぞれのエンティティに属性値

を持たせることによって、機能解析が可能となる。図-3はA-IDAS<sup>17)</sup>で採用されているリンク機構のトポロジカルモデル及び運動のシミュレーションを示している。

#### 4.2 幾何モデル

幾何モデル、特に3-Dソリッドモデルは機械設計分野ではプロジェクト・データベースの中心的な存在である<sup>18)</sup>。その主たる理由は

- (1) 部品の機械的諸特性計算
- (2) 機構や組立てにおける3次元干渉のチェック
- (3) 公差や寸法のチェック
- (4) 各種投影による投影図、断面図の作成
- (5) 3次元機械加工情報への容易な創成

が考えられるからである。そのため、3-Dソリッドのモデルの研究、開発は旺盛である<sup>19)-21)</sup>。PADL-1、

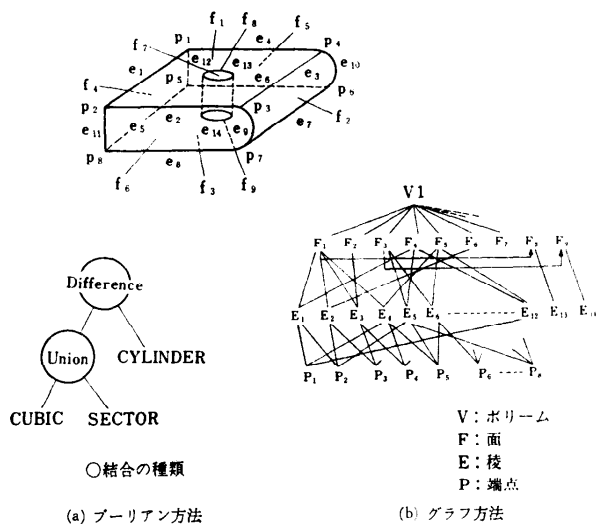


図-4 幾何モデル

TIPS 1 などの基本形状の集まりを論理的な演算集合としてトリー構造で表現する Boolean 方法 (Constructive representation) と, BUILD, GLIDE などに見られる体は面より, 面は稜より, 稜は端点より構成されていると考えるグラフ方法 (Boundary representation) を基礎として, これらを併用した GDP<sup>23)</sup>, GEOMAP II, COMPAC など, さまざまなモデルが出現している (図-4 参照)。しかしながら, 一部は実用に供され始められているが, 詳細な形状を表現するにはまだまだ多くの問題点が横たわっている。

図-5 はリンク機構のトポジカルモデルと部材の幾何モデルを結合させて表示した例であり, シミュレーションの状況がより視覚的にみることができる。

4.3 図面モデル

3-D ソリッドモデルから投影されたデータは 2-D 線画モデルあるいは 2-D 面画モデルとしてプロジェクト・データベースに蓄積した方が望ましい。なぜなら, 図面として編集したり, 局部のより複雑な形状を

修正したりするためである。このモデルは 3-D ソリッドモデルの 2次元空間へのサブセットである。この 2-D モデルに, 寸法線や中心線, 引出線などの寸法モデルが, 稜と稜, 稜と頂点, 頂点と頂点の関係として追加される (図-6 参照)。図-7 は投影変換後の寸法線を加えて図面を編集したグラフィックスの出力図である<sup>23)</sup>。

4.4 組立てモデル

製品の組立て情報として, ロボットに作業を指示するための組立てモデルから, 生産管理をするための部品表モデルまで含まれる。特に 3D ソリッドモデルの利用としての組立てモデルは興味深いものがある。

GDP<sup>23)</sup> では部品間の組立て情報を図-8 に示すようなグラフで表現している。ノードとして部品, サブ部品 (ソリッド), 集合部品を考え, 4 種類のアークでそれらの結合状態を表わしている。それぞれのエンティティには属性を持っている

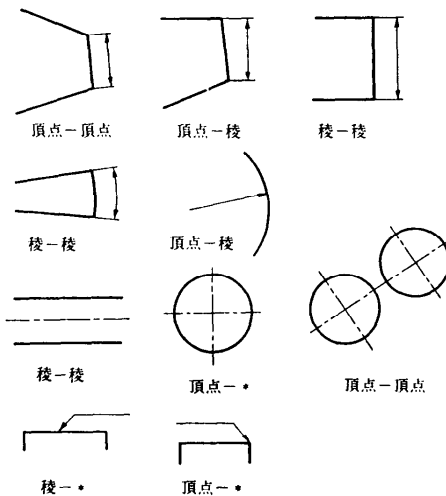


図-6 寸法線, 中心線, 補助線のモデル

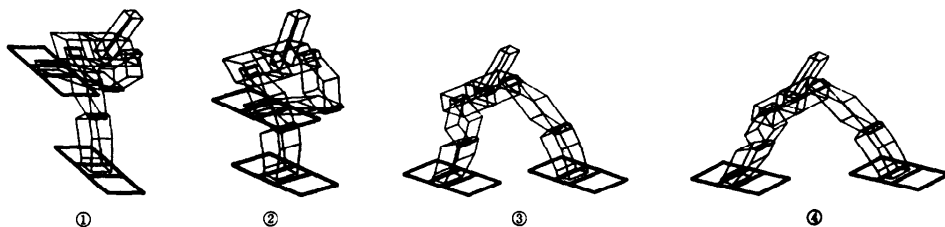
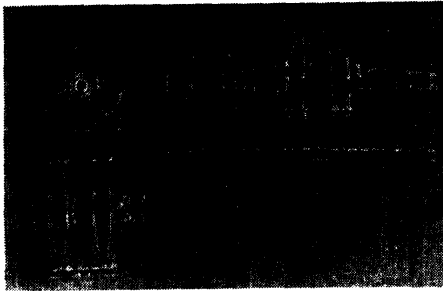


図-5 トポジカルモデルと幾何モデルの結合 (A-IDAS)

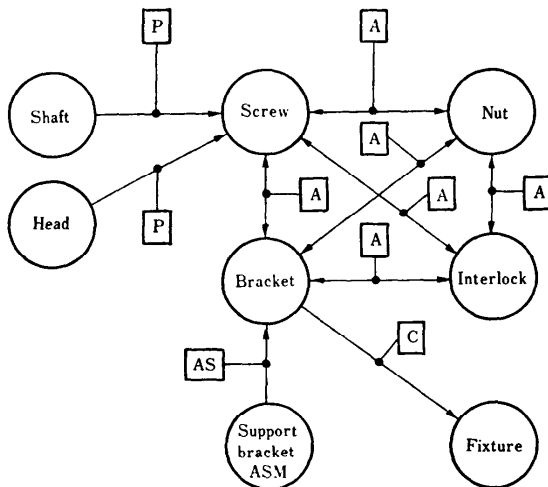


(a) 建築平面図



(b) クランクシャフト3面図

図-7 寸法線図



- [A] Attachment: 部品間の結合を表す。結合の種類として剛的接続(互いに動かない)、動的接続(球対偶、平面对偶など互いに動く)、条件付き接続(ある条件のもとのみ接続)がある。
- [C] Constraint: ある力を越えようと部品が運動するような制限を表す。
- [AS] Assembly: 対象物がある組立ての構成部品であることを示している。
- [P] Part of: 対象物が集合部品の一部か、部品の1部(サブ部品)かを表す。

図-8 GDP によるブラケット組立てモデル

る。特にノードは部品形状を表わす幾何モデルへのポインタを持っている。このように表現されたモデルはロボット作業言語、AUTOPASS<sup>24)</sup>によって、ロボットを操作する操作言語に翻訳されると同時に、組立て状況に従って変化する。

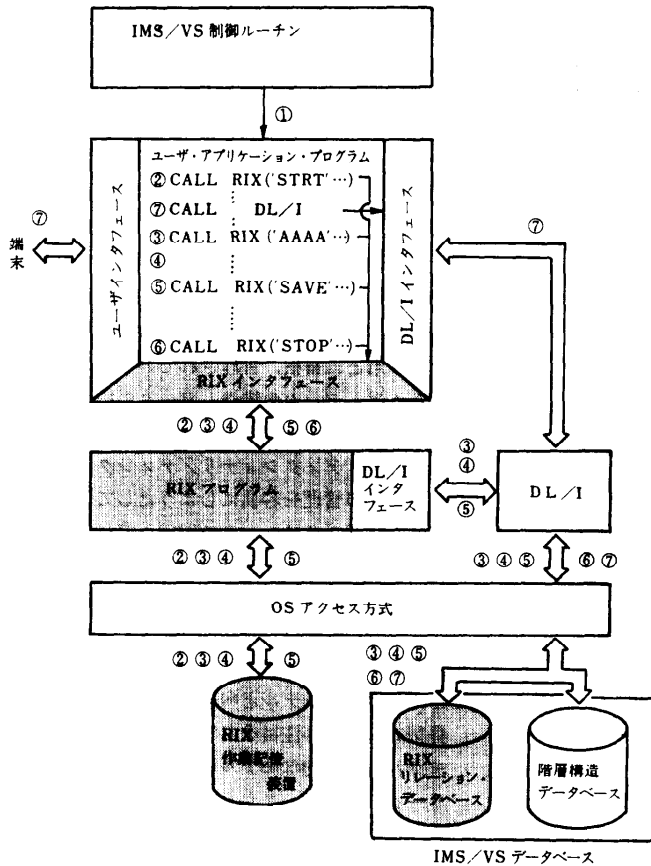
### 5. データベース管理システム

設計対象物のデータは前述のとおり、各設計相あるいは処理目的に応じてモデル化をおこない、市販のIMS, ADABAS, TOTAL などのデータベース管理システムのもとに蓄積、管理されている。これらの管理システムは、データの構造、データの統合、保全あるいはデータに対するコメント情報などを前もって定義するデータ・ディクショナリ/ディレクトリ機能を持ち、データの管理を容易にしようとしている。

一方、対話型グラフィックス環境下では、頻繁な更新のため、リング構造、連想3つ組など<sup>25)</sup>の物理的な内部構造をそのままモデルとして持ち、処理しようとするシステムがある。しかしながら3章でも述べたように、EDB としては十分にその機能を持たない。最近では、概念的なモデルと内部モデルを分離し易い関係型式モデルが注目をあびている<sup>26),27)</sup>。関係型式モデルは概念的なモデルとして処理できるため、ワークデータベースから、中央データベースの統合、抽出がより容易におこなえる特徴を持っている。

RIX (IMS/VS Relational Interface Extension)<sup>28)</sup> は IMS/VS のもとで関係型式に基づいたデータ処理を可能にするように設計されたもので次の特徴を持っている(図-9 参照)。

- (1) 親言語 (FORTRAN, PL/I) のもとに、CALL ステートメントでデータをアクセスできる。
- (2) 関係型式の定義および変更は、ユーザ・プログラムの実行中に可能である。
- (3) データ操作単位は、エレメント、タプル、リレーション、群リレーションの4段階である。
- (4) 関係型式で提案されているモデル以外に、タプルの繰返し、仮想カラム、仮想エレメントの概念を導入している。
- (5) 1つまたは2つのリレーションを論理演算により、別の関係を持ったリレーションを作ることができる。
- (6) 複数のユーザ・プログラムにより同時に



- ① IMS/VS 制御ルーチンと連係
- ② RIX の START により、主記憶装置、作業記憶装置、DL/I の連係を準備
- ③ データの読み込み、書き込み、更新、削除等の処理
- ④ 新しいデータスキーマの定義や、別の関係形式の創成
- ⑤ SAVE により作業記憶域にあるデータをデータベース上に記憶
- ⑥ RIX の STOP により RIX の終了
- ⑦ DL/I 機能の利用

図-9 RIX の構成

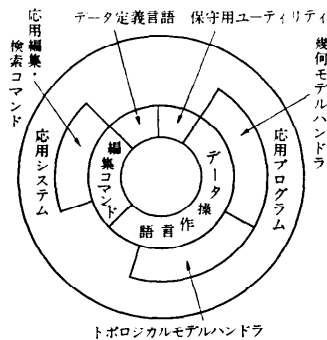


図-10 統合 CAD/CAM システムのための DBMS 多層ユーザー・インタフェース

共有/更新することができる。

(7) 障害回復機能およびユーザ・プログラムのチェックポイント/リスタート機能を持つ。

(8) IMS/VS と共存可能であり、階層構造と関係型式が同一システムにより可能である。

このように拡張された関係型式は EDB システムとして期待されているが、設計で取り扱うモデルは複雑な構造を持っているため、データ操作言語の上に、トポロジカルモデルや幾何モデルを操作する言語を加える必要がある。

A-IDAS の MATE<sup>29)</sup> データベース管理システムでは親言語型のデータ操作言語に加えて対話的にデータを操作できる編集コマンドを持っている。また応用システム開発のために、データ操作言語を利用して、各種のモデルハンドラ<sup>22)</sup>をサポートしている(図-10 参照)。このように、ユーザーインタフェースを充実することによってアプリケーションが短期間にしかも拡張できる形で開発される<sup>30)</sup>。

## 6. おわりに

設計期間の短縮、コスト低減、品質向上をめざして、設計技術業務の総合支援システムが考えられるようになり、そのため EDB の重要性が

認識されるようになった。EDB は事務処理の内容とは異なっているため、その実現化には多くの問題点が残っている。その1つは技術部門で取り扱う情報のモデル化が不確定であるからである。幾何モデルおよびそのハンドラが注目すべき発展をとげているように、広くエンジニアリング全般に到るモデルが明確化されると、EDB も広く進展していくものと思われる。最後に EDB の発展経過について興味ある方は、ぜひ文献 31)~34)を一読されることを勧める。

## 参考文献

- 1) 山脇陽治, 松岡進士郎, その他3名: グラフィ

- ック・ディスプレイによる建築計画総合システム「SPACE」, 第1電子計算機利用シンポジウム論文集, 建築学会 (1979).
- 2) エンジニアリングデータ・ベースシステム—アプリケーション・ガイド—, 日本アイ・ビー・エム, ES-6012.
  - 3) 金子 操, 日紫喜一史: 建設における情報の管理と有効利用システム, 情報管理, Vol. 19, No. 12 (Nov. 1979).
  - 4) Sobieszczanski, J. E., Voigt, S. J. and Fulton, R. E.: On Computer-aided Design of Aerospace Vehicles, ASME Symposium on Structural Optimization (1974).
  - 5) 庄司博志: 対話型グラフィック・ターミナルによる構造解析, 第3回エンジニアリングシンポジウム, 日本アイ・ビー・エム (1982).
  - 6) 岡田久豊: 統合 CAD/CAM システム構築への提言, 図形と画像, (夏 1982).
  - 7) 編集部: 特集ターンキー型 CAD/CAM システムの研究, 図形と画像 (秋 1981).
  - 8) 田村信之, 沖 信一: 乗用車を中心とした技術情報管理システム, 三菱重工技報, Vol. 14, No. 4 (1974).
  - 9) 岡本正男: NC ソフトウェア—KLAPS—, 第2回エンジニアリングシンポジウム, 日本アイ・ビー・エム (1977).
  - 10) 三浦致和, 中川喜三郎, その他2名: 船殻設計一貫システム: IHICS, 石川島播磨技報, Vol. 16, No. 4 (1976).
  - 11) Dror, B.: Computer-Aided Design at Israel Aircraft Industries, Computer & Graphics, Vol. 3 (1978).
  - 12) Foster, J. C.: The Evolution of An Integrated Data Base, Proc. 12 DA Conf. SIGDA (1975).
  - 13) Hatvany, J.: Report to IIASA on CAD, IIASA (1974).
  - 14) Tsubaki, M.: Family Generation in Integrated Engineering System, CAD, Vol. 11, No. 3 (1979).
  - 15) Okino, N., Kubo, H. and Kakazu, Y.: TIPS-2; An Integrated CAD/CAM System, Proc. 3rd IFIP/IFAC PROLAMAT Conf. (1976).
  - 16) Mitchell, W. J.: Computer-Aided Architectural Design, Petrocell/Charter, pp. 201~220
  - 17) 松家英雄, 伊藤和男, その他2名: 多自由リンク機構設計支援システムの開発—第一報—, 第20回計測制御学術講演会予稿集 (1981).
  - 18) Kimura, F.: Construction and Uses of An Engineering Data Base in Design and Manufacturing Environment, Proc. of IFIP W. G. 5.2 Working Conf. on CAD Data Bases (Sept. 1981).
  - 19) Bear, A., Eastman, C. and Henrion, M.: Geometric Modelling: a Survey, CAD, Vol. 11, No. 5 (Sept. 1979).
  - 20) Requicha, A. G.: Representations for Rigid Solids; Theory, Methods and Systems, Computing Surveys, Vol. 12, No. 4 (Dec. 1980).
  - 21) 沖野教郎, 久保 洋: 形状モデルと CAD/CAM, 情報処理 (July 1980).
  - 22) Matsuka, H. and Uno, S.: Application of Advanced Integrated Designer's Activity Support System, Proc. of IFIP W. G. 5.2-5.3 Working Conf. (1980).
  - 23) Wesley, M. A., Lozano-Perez, T. and et.: A Geometric Modeling System for Automated Mechanical Assembly, IBM J. Res. Develop. Vol. 24, No. 1 (1980).
  - 24) Lieberman, L. I. and Wesley, M. A.: AUTOPASS; An Automatic Programming System for Computer Controlled Mechanical Assembly, IBM J. Res. Develop. Vol. 21, No. 4 (1977).
  - 25) William, R.: A Survey of Data Structure for Computer Graphic Systems, Computer Surveys, Vol. 3, No. 1 (1971).
  - 26) Lorie, R. A.: Issues in Databases for Design Applications, Proc. of IFIP 5.2 Working Conf. on CAD Data base (Sep. 1981).
  - 27) Managaki, M.: Multi-Layered Database Architecture for CAD Systems, Proc. of IFIP 5.2 Working Conf. on CAD Data base (Sep. 1981).
  - 28) IMS/VS Relational Interface Extension—ユーザー・ガイド—, N: SB 10-6969, 日本アイ・ビー・エム.
  - 29) VM/CMS における非定型適用業務開発・実行援助パッケージ—ユーザー・ガイド—, N: SB10-7419, 日本アイ・ビー・エム.
  - 30) 杉本和敏, 宇野 栄, 松家英雄: A-IDAS によるアプリケーション・システムの開発, 情報処理研究会資料, IP 8148, 電気学会.
  - 31) Proc. of Data Base for Interactive Design, Waterloo, SIGDA/SIGMOD/SIGGRAPH (1975).
  - 32) Data base Techniques for Pictorial Applications, Lecture Notes in Computer Science No. 81, Springer-Verlag.
  - 33) Data Base Design Techniques II, Lecture Notes in Computer Science No. 133, Springer-Verlag.
  - 34) Proc. of IFIP W. G. 5.2 Working Conference on CAD Data Bases (Sep. 1981).

(昭和 57 年 6 月 21 日受付)