

## 解説



## CAD/CAM へのマルチメディア データベースの応用†

川越 恭二<sup>††</sup> 真名垣 昌夫<sup>†††</sup>

### 1. はじめに

計算機を用いて設計や製造活動を支援する CAD/CAM は、企業間の競争が激化するにつれて期間短縮、品質向上の重要な手段として期待されている。CAD/CAM 分野では、製品仕様の検討から具体的に製品を製造することまでを対象とするのであるが、同一の仕様でもコストや機能などさまざまな点からの検討により最終的な設計結果は大きく異なるものとなる。期間の短縮や品質向上のためには、良い成果が得られた過去の設計結果を流用したり、計算機内部での試作回数を増加すること、さらにほかの設計部門や製造部門への効率的な情報伝達が不可欠である。このことは、過去の設計データを効率よく保存、管理することと計算機内部での設計途上のデータの効率的な管理が必要である。また、情報伝達のための統一的な設計データの管理も必要である。これは、データベースの必要性を意味している。

このようなデータベースの構築が要請されているにもかかわらず、現実システムではデータベースを効果的に活用するには至っていない。CAD/CAM システムはその名前が示すように、計算機と設計者が共同で設計作業を遂行するものであり、対話的な利用がなされている。しかし、円滑に対話操作を行う必要上、データベースよりも処理の効率化が重要なファクタとなり、効率の低下や応答時間の増加を招くデータベース化はなかなか進展しないのが第1の原因である。第2の原因は、CAD/CAM 利用者が設計データベースの構築を意図し、従来の事務用のデータベース管理システムを導入しようと計画しても、従来の事務データに比べて設計データは非常に複雑でデータ構造設計の

難しさに直面することである。第3の点は、事務用データベース管理システムを用いて設計データベースを構築してもこれまでの CAD/CAM システムとの整合性が取れず、データ変換に時間がかかり運用に支障をきたすという問題である。

このような CAD/CAM データベースの問題を解決するために、最近になって数多くの研究が進められている。さらに、最近のマルチメディアデータベースに関する研究が盛んに行われるにつれて、その応用分野の一つとしてこの CAD/CAM が取り出されてきている。CAD/CAM のマルチメディアデータベースにおける重要性は、以下に示すような CAD/CAM データの特性からきている。CAD/CAM データの特性は以下の章でさらに詳しく説明するが、簡単に言って、CAD/CAM では製品に関するあらゆる情報が対象となっていること、製品情報には仕様から製造情報や図面情報など設計者の作業に必要な情報が関係していること、そして設計作業に応じた情報を仕様することが重要であることである。すなわち、CAD/CAM は、マルチメディアデータベースの要件であるさまざまなメディア情報の統一的な管理が不可欠な分野である。

CAD/CAM におけるマルチメディアデータベース応用の研究は、三つの面から進められている。一つは、CAD/CAM データの基本である図形情報のデータモデル及びその管理方法の研究である<sup>1)~3)</sup>。他方は、時々刻々変化する CAD/CAM データやその管理に関する研究である<sup>9), 30), 41)</sup>。そして、図形や時間さらに製品情報をすべてオブジェクトとして考える研究である<sup>10)</sup>。つまり、マルチメディアのうち、図形を中心とした研究、時間を中心とした研究、オブジェクト指向の研究である。

以下では、このような CAD/CAM データベースのマルチメディア的な性格を考慮して、製品情報を統一的に扱う製品モデリングの状況を説明し、上で述べたオブジェクト指向の研究活動、図形を中心とした研究

† Multi-media Databases In CAD/CAM by Kyoji KAWAGOE (C & C Systems Research Labs., NEC Corporation) and Masao MANAGARI (C & C Information Research Labs., NEC Corporation).

†† 日本電気(株) C & C システム研究所

††† 日本電気(株) C & C 情報研究所

活動と時間を中心とした研究活動の状況を説明する。

なお、CAD/CAM でのデータベースやエンジニアリングデータベースに関してはこれまでも本誌に解説されている<sup>44),45)</sup>。

## 2. CAD/CAM とマルチメディア

本章では、CAD/CAM で使用されるデータのモデリングとそのデータ特性及びマルチメディアの側面を説明するとともに、CAD/CAM データベースの現状を説明する。

### 2.1 製品モデル

CAD/CAM では、設計情報を統一的に管理することで過去の設計結果を効果的に活用したり円滑に情報を他部門に伝達し、さらに冗長な情報を生成することを排除することが要求される。このため、設計情報すなわち、設計しようとする製品に関する情報のデータベース化が必要である。データベース化には、情報の構造を明確に記述する必要があるが、事務用のデータベースと異なり、情報構造の記述が難しい。また、情報交換のためには、おのおののデータベースで独自に構造を作成し交換ができなくなることを避けなければならない。このため、データベース化を意識した情報交換フォーマットの標準化作業が行われている。このような標準フォーマットは、将来のデータベース構築の標準的構造を示すだけでなく、CAD/CAM データベースやマルチメディアデータベースの技術を検討する際の事例として有用であるといえる。

現在、標準フォーマットとして検討されている代表的なものは、機械系では PDES<sup>33)</sup> (Product Data Exchange Standard) と電気系の EDIF<sup>32)</sup> (Electronic Design Interchange Format) である。このうち、PDES の内容を簡単に説明する。

[PDES]<sup>33)</sup> PDES は、CAD/CAM システム間のデータ交換のためのデータ形式である IGES を拡張したものである。IGES は、主に図形情報の交換を目的としたもので、図面に書かれた図形の意味情報や図形以外の情報については対象外であった。このため、IGES の拡張版として製品情報の記述形式の検討が開始された。昭和 62 年に第 1 版の仕様が発表されることになっている。

PDES 案では、製品モデルを主に以下に示す情報から構成する。

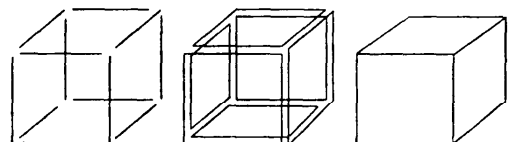
- 製品定義情報
  - 図形情報：点、線、面などの図形やその結合情報

- 許容誤差：許容できる図形変化
  - 特徴：製品としての図形特徴
  - 特性：図形や特徴などの性質
  - 部品/アセンブリ：製品を構成する要素とその関係
    - 制約/依存：情報間で維持する必要がある特別の関係
  - 材質：材料の種類
  - プロセス：製造、検査などで使用される作業
  - 製品関連情報
    - 解析情報：製品の解析に必要な情報や解析方法
    - 製造情報：製造に必要な機械、手順など
    - 品質管理情報：品質検査のための仕様、機械など
    - テスト情報：製品テストの仕様とテスト結果
  - 応用依存情報
  - 管理/制御情報
  - メタデータ
- など

以上の製品モデルの構成情報のなかでも、特に図形情報を説明する。

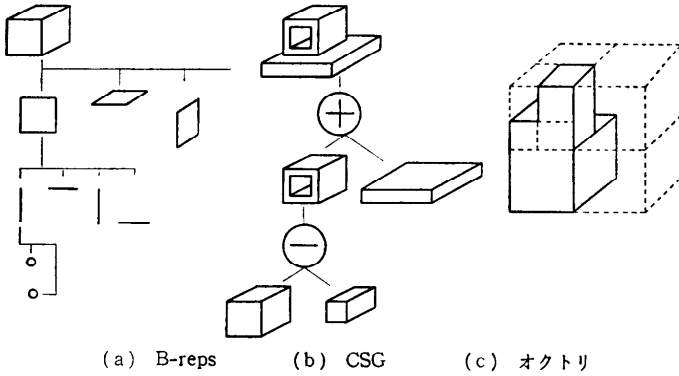
【図形情報】 図形情報とは、2次元図形や3次元図形を記述するための情報をいう。2次元図形の場合には点や、線、さらに線に囲まれた領域という簡単な図形のみを対象とするが、3次元図形の場合には線以外に、面モデルや立体（ソリッド）モデルを扱う必要がある。面モデルとは、3次元空間内の図形がすべて平面や自由曲面であるときの図形記述形式を指し、立体モデルとは3次元空間内に、実世界に存在するような固体物の図形記述形式である（図-1）。

固体物を記述する立体モデルの表現は主に次の3種に分類される。まず、B-reps (Boundary Representation) と呼ぶ方式である。この方式では、立体を、それを囲む面で記述し、その面をさらに境界線で記述する。線は、始点と終点で切断されている。このような、各図形要素をほかの図形要素で区切られるような記述形式を B-reps と呼ぶ。2番目の方式は、CSG (Constructive Solid Geometry) である。この方式は、立



(a) 線モデル (b) 面モデル (c) 立体モデル

図-1 3次元図形モデル



(a) B-reps (b) CSG (c) オクトリ

図-2 3次元立体モデル

化をとまう情報も興味あるものであるため、以下に動作情報の記述について説明する。

【動作情報】 動作情報とは、2次元や3次元の図形に対する動作を記述するための情報をいう。CAD/CAMで扱う機械では動きをとまうため、この動作情報の記述が必要である。動作情報の記述形式は、図形の動きとともに図形動作間の相互作用を記述する必要がある。図形の動きには移動、回転などの基本動作の組み合わせで表現することができるが、相互作用の記述には

動作間の関係記述の表現が必要である。これに関する方式はまだ固まっていないが、ペトリネットを基本としたネットワークを用いた記述形式が提案されている<sup>4)</sup>(図-3)。

体を円柱、直方体などの基本立体の組み合わせで記述するもので、組み合わせとして立体間の和、差、積演算を用いる。最後の方式は、オクトリと呼び、3次元空間内で立体の占める領域を3次元空間の再帰的な8等分割で記述するものである。図-2に各方法を示す。

2.2 CAD/CAM データの特性

このような記述形式で表現される図形情報をデータベースとして管理するには、通常の事務情報と異なり図形情報のもつ性質、たとえば階層性、抽象データなどを考えると同時に効率よいアクセスを可能としなければならない。これらについては、3.で説明する。

2.1で説明したCAD/CAMで対象となる製品モデルやその構成情報の特性を考える。

CAD/CAMデータベースの実現にあたり、Freilingらは以下に示すようなCAD/CAMデータの特性を指摘している<sup>5)</sup>。

●構造データ (Structural Data)

製品モデルでは静的な情報のみ対象とし、ものの動きや機械の動作は対象としていない。マルチメディアデータベースでは、図形だけでなくこのような時間変

1) 部品階層：実体は、さまざまな部品の複雑な組み合わせであり、各部品もそれ自身複合実体である。

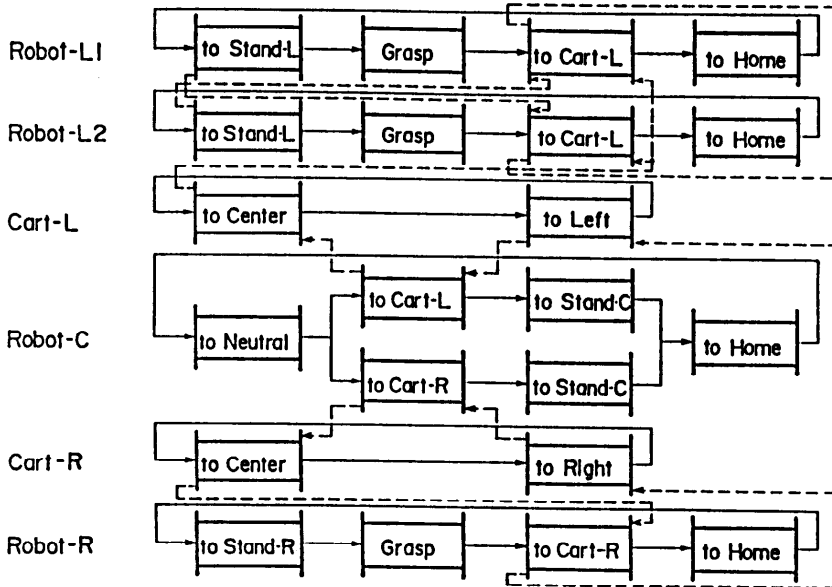


図-3 動作モデル

2) 多様な表現: 実体の表現は複数ある。一つの実体の部品階層が多数定義できる。

3) 層にまたがる関係: 実体間の関係には、実体の部品階層の層にまたがった関係がある。

4) 複雑な接続関係: 特定の実体を対象とせずにさまざまな実体間の接続関係がある。

● 推論データ (Inferential Data)

推論データとはエンジニアリングデータの中で実体の動作やそれを予想するのに適したデータ。

さらに、製品モデルの内容から、以下のような特性が追加できる。

● データベース内の実体は対話的 CAD/CAM システムで利用される。

● 実体は加工されて他の実体に変換される。

● 変換には、同一タイプ内の変換とほかのタイプの実体への変換がある。

● 実体とその実体から生成された実体の間には関係がある。

● 実体には多数のビューがある。

● 実体にはさまざまな基本タイプがある。

● 実体の識別はその表現により行われる。

この特性のなかで、マルチメディア的な側面を取り上げると、CAD/CAM への応用を考えたマルチメ

ディアデータベースでは、以下のことを考える必要がある。

● データモデル: さまざまな種類、メディアの CAD データや複雑な関係を扱うための統一概念 (オブジェクト) とその操作。

● 図形メディア: CAD で重要な図形情報を管理するための図形操作。

● 時間メディア: CAD データの動的な側面を扱う版数や動作。

● メディアアクセス効率: 対話システムでの効率的な大量データの操作。

そこでこれらの項目に関して、その研究動向を次章で説明する。

### 3. DBMS 研究開発動向

#### 3.1 CAD/CAM データベース一般

CAD/CAM データベースの最近の主な研究活動を表-1に示す。CAD/CAM におけるデータベースの技術課題は、2. でのべた CAD/CAM データ特性から分かるように以下の点である。

● オブジェクト指向データモデル: 実体の表現としてオブジェクトを単位とし、その抽象化、階層化により CAD/CAM データを統一的に扱うデータモデル。

表-1 CAD/CAM データベースの主な研究活動

文献	機 関	システム名	年度	分野	内 容	図 形	時間
1	MCC	DOSS	86	E	オブジェクト指向、応用インタフェース	2次元	版数
2	RPI	—	86	M	抽象化とオブジェクトのデータモデル	2/3	—
3	CCA	CCDBMS	83	E/M	異種分散 DBMS, 関数データモデル	2/3	—
4	AT & T	Vdd	83	E	関係 DBMS の利用	2	—
5	IEM	XSQL	86	E	関係 DBMS の拡張	2	—
6	Boeing	EMIS	84	E/M	分散 DBMS, 関係モデル中心	2/3	—
7	CMU	KADDBMS	85	?	分散 DBMS, 推論部との結合	?	—
8	UCB-1	INGRES	83	E	抽象データ型	2	—
9	UCB-2	—	83	E	版数管理	2	版数
10	USC	ADAM	85	E	オブジェクトデータモデル 3 DIS の提案	2	版数
11	NYSU	—	85	M	CAD/CAM 用の DBMS の提案	2/3	—
12	フロリダ大	IMDAS	86	E/M	SA*データモデルの応用	2/3	—
13	NTT	—	84	—	図面作成機能との結合	2	—
14	日立	EASY-DOC	83	E/M	文書作成・管理機能との結合	2	—
15	日電	CAD-DBMS	84	M	実用的で効率な CAD 用 DBMS	2/3	動作
16	三菱	ADAM	86	E	データ汎化, 図形データとの結合	2	版数
17	沖	IDEAS	85	E	LSI 用 DBMS	2	—
18	CVT	COSMIC	86	E	—	—	—
19	IMAG	TIGRE	85	E	一般化 DBMS, LSCAD へ応用	2	—
20	ETM	—	86	M	関係モデルとグリッド格納構造の応用	2/3	—
21	CI	TORNADO	81	M	ネットワーク型, 可変長・行列のデータ	2/3	—

記号 E: 電気系 M: 機械系

表-2 CAD/CAM における主なオブジェクトデータベース研究

機関	年度	データモデル	概念	状況	文献
USC	85	3DIS	ドメイン, 写像, レンジ, オブジェクト	VLSI/CAD の ADAM を構築中	10
	85	IPO	オブジェクト表現, フラグメント表現 ISA 表現 (一般化, 特殊化)	設計支援環境 ESE を構築中	29
RPI	86	—	一般化, アグリゲーション	モデル拡張と操作を検討中	2
MCC	85	—	分子オブジェクト, タイプ一般化	版数モデルを拡張中	1
IMAG	86	—	制約, 関係, 再帰的定義, 構造×解像度 ×形態によるオブジェクト表現	LSI 用プロトタイプ DBMS を構築	19

● 図形データベース: 製品データベースの要素である図形情報を中心とした情報を管理するデータベース。

● 時間データベース: 実体の動的な要素を中心とした情報を管理するデータベース。

● 格納構造: オブジェクトや図形, 時間のデータを効率的に取り出したり, 登録するためのデータベース格納構造。

各項目の動向を次節以降に示す。

### 3.2 CAD/CAM におけるオブジェクトデータベース

CAD/CAM におけるオブジェクトデータベースの主な研究状況を表-2 に示す。このうち, 3DIS と RPI のモデルの内容を以下に示す。

#### 3.2.1 3DIS<sup>10)</sup>

3DIS は, 南カリフォルニア大で行われている VLSI 用の CAD である ADAM (Advanced Design AutoMation) における CAD データベースのためのデータモデルである。3DIS モデルはオブジェクト指向モデルであるため実体や関連, 事象, オペレーションはすべてオブジェクトという単位で扱われる。3DIS では, ほかのオブジェクトモデルと同様に原子オブジェクトや複合オブジェクト, タイプオブジェクトを定義できる。3DIS の特徴とする点は, このモデルが幾何表現をもつことであり, オブジェクトをドメイン(D), 写像(M), レンジ(R)の3軸で張られる空間内の点で表現する。図-4 に 3DIS モデルの表現例を示す。ここで, FA-1 や FA-2 は, タイプオブジェクト Single-Node の要素であると同時に H 42 padder-Dataflow のモデル構成要素 (Model-Constituents) である。写像軸については, オブジェクト H 42 padder-Dataflow の写像軸方向でそのオブジェクト上で定義されるすべての写像, たとえば Has-Model-Constituents や Is-Dataflow-Model-Of を記述することができる。この幾何表現はオブジェクトに関するブラウジング機能において容易に所望のオブジェクトを探索す

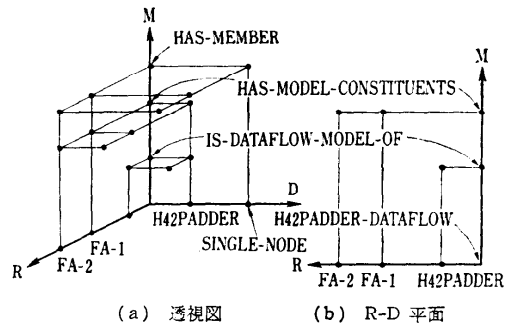


図-4 3DIS モデル

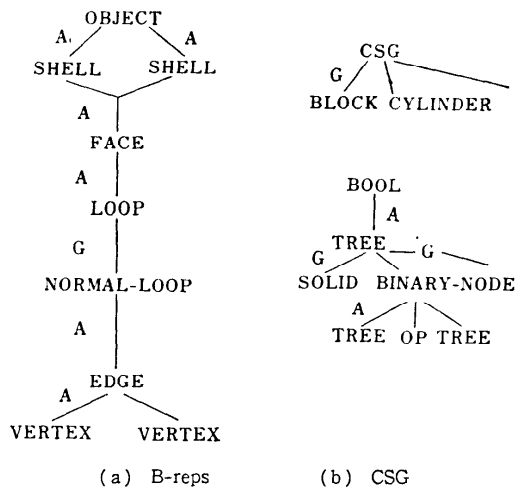


図-5 オブジェクトによる図形記述

るための基本インタフェースとして利用できる。

#### 3.2.2 RPI<sup>11)</sup>

RPI (Rensselaer Polytechnic Institute) では, 機械系 CAD における設計情報の統一的な管理機構としてオブジェクト指向の DBMS を検討している。CAD データ特に図形データを表現するためのさまざまな種類の実体をすべてオブジェクトとし, オブジェクト指向モデルの共通点であるアグリゲーション (Aggregation) と一般化 (Generalization) により,

表-3 CAD/CAM における主な図形データベース研究

機関 (名称)	年度	モデル	内 容	状 況	文 献
ロッキード (IPAD)		関 係	FORTRAN ベースの RIM を利用, 分散化	知識ベースの組み込み	6
NEC	84	関係+ ネットワーク	効率を重視, 3階層のスキーマ, 従来に比べ1桁の性能向上	2/3次元 CAD を製品化済	15
ETH (TORNADO)	82	ネットワーク	可変長, ベクトルや行列の操作	製品化済	21
ATT (Vdd)	83	関 係	商用 DBMS の利用	実用化	4
IBM (XSQL)		関 係	SYSTEM-R を改良	不明	49
CCA	86	関 数	CADDB や IMS との結合	試作中	3
UCB	84	関 係	INGRESS に抽象データ型を組み込み	POSTGRES を開発中	8
スタンフォード大	85	E R	XEROX の Cypress を VLSICAD 評価	不明	50
三菱	86	関 係	関係モデルを拡張, VLSICAD 実現	試作中	16

部品階層や3次元図形構造を記述することを狙っている。このようなアプローチにより、データの意味、特に、構造に関する意味と操作に関する意味をうまく記述できると指摘している。

構造に関するものとして、2. で説明した B-reps タイプの3次元図形の記述例と CSG タイプの記述例を図-5 に示す。

3.3 CAD/CAM における図形データベース

CAD/CAM における図形データベースの主な研究活動状況を表-3 に示す。このうち、IPAD と NEC のデータベースの内容を以下に説明する。

3.3.1 IPAD<sup>6)</sup>

ボーイング社で行われている NASA 用 CAD 研究活動プロジェクトである IPAD(Integrated Programs for Aerospace-Vehicle Design) の一環として開発された CAD データベースとして RIM と IPIP がある。RIM (Relational Information Management) はその名前が示すように関係 DBMS の一つであり、FORTRAN で記述しているため CAD プログラムでの利用が容易である。現在はずでにボーイング社での RIM の開発は終了した模様である。一方、IPIP (IPAD Information Processor) は、CAD/CAM のデータを統一化するための DBMS として開発され、多種データモデル (関係、ネットワークなど) のサポート、多層スキーマなどの技術により分散 DBMS としての利用が可能となっている。

IPIP では内部スキーマが基本となり、内部スキーマより記述された論理スキーマ、さらに内部スキーマと論理スキーマよりほかの論理スキーマと記述していくことができる。したがって、図-6 に示すように、同一のデータベースを用いて図形処理プログラムの図形操作に適した形式で図形データを操作することができる。一方、多種のデータモデルサポートについては、

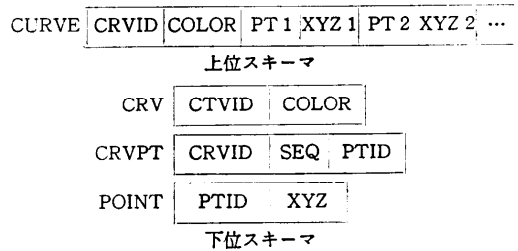


図-6 折れ線に関する上位/下位スキーマ

関係モデルとネットワークモデル (正確には CODASYL モデル) とを結合したデータモデルを基本としていることで実現しているようである。

3.3.2 NEC<sup>6)</sup>

機械系 CAD で用いられる大量の 2/3 次元図形データを処理するには効率的な DBMS が不可欠である。効率面からみれば DBMS 化は避けるのが自然であるが、大規模 CAD システム開発、保守の面からはプログラム開発効率、プログラムやデータの独立性などの DBMS 化の長所をいかに活用するかが重要である。このため、コンパクトで効率的でありながら CAD に適したデータモデルや DDL/DML をもつ CAD 用データベース管理システムを開発した。開発にあたって考慮したことは、CAD データの特性から、データを製品-部品-部品仕様の 3 種に分類し、その各タイプの情報の操作を限定したことである。このことで、CAD プログラムでの操作性を維持しながら効率アクセスを実現している。データモデルは関係モデルに結合情報を付加した形式をもつ (図-7)。また、格納構造については、大量データと登録性能を考慮して索引データを避け、ハッシングとポインタで実現している。このことから、タプル単位の操作に必要な CPU は関係 DBMS より 1 桁、CODASYL 型に比べて 1/3 に減少したと報告している。

表-4 CAD/CAM における主な時間データベース研究

機関	年度	対象	概念	状況	文献
MCC	86	版数	一時版, ワーキング版, リリース版	プロトタイプ DBMS を構築中	47
UCB	85	版数	版平面, 構成平面, 等価平面	VLSI 用 CAD を構築中	9
ハーグ六	86	版数	版数, 版数グラフと分割操作	版数モデルの物理構造を検討	46
NEC	86	動作	ネットワークによる動作モデル	4次元 CAD を試作	41

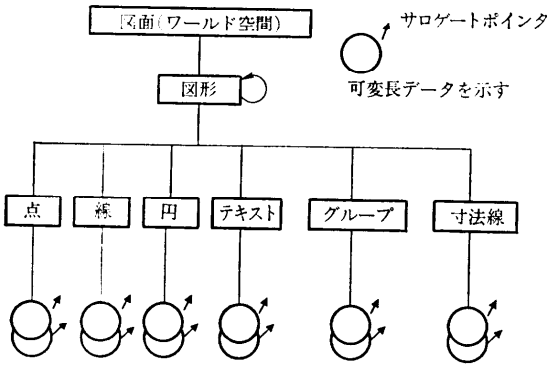


図-7 CAD用DBMSモデル表現

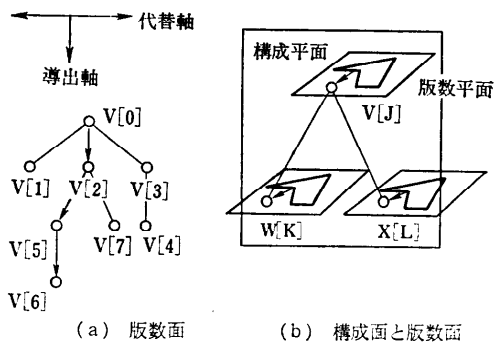


図-8 版数モデル

このDBMSは、すでに3次元CADシステム内に実装されて、実際に使用されている。また、このDBMSはCADに必要なデータベースの一部であり、生産管理などの他部門とのインタフェース情報を管理するグローバルDBMSと設計部門間の情報交換や設計情報のグループ管理を行うローカルデータベースとの3層データベース構造により、CADデータの効果的な管理が実現できる。

3.4 CAD/CAM における時間データベース

CAD/CAMにおける時間データベースの主な研究活動状況を表-4に示す。このうち、設計結果の版数を扱うモデルを検討しているUCBとMCCの研究内容を以下に説明する。

3.4.1 UCB<sup>9)</sup>

設計データをオブジェクトの集合で表現したとき、版数(バージョン)はオブジェクトの時間軸での関係である。UCBでは、LSIデータを対象とした版数モデルを提案している。版数を扱うには、オブジェクトのシーケンスや時刻印の方法では十分でなく、旧オブジェクトと新オブジェクトの関係を正確に表現しなければならない。UCBでは、オブジェクトの構成(Configuration)や等価などの関係(Equivalence)とは独立な版数の平面を考えることを提案している。版数平面は、代替軸(Alternatives)と導出軸(Derivatives)により張られる平面で、その平面内でオブジェクトを

配置し、版を矢印で示すものである(図-8-a)。構成平面は、この版数平面に直交し、製品の部品構成は構成平面の各オブジェクトに関連した版数平面内の版を結び付けることで記述できる(図-8-b)。

版数を生成するために、動的バインディングの方法を提案している。動的バインディングは、時間的に分割されたデータベースの各層をサーチし、カレントな版を決め新しい版の層レベルを決定することをいう。この方法により、設計者が容易に版を決めることができると同時にデータベース側の管理も容易になる。

現在、この版数モデルをもつバージョンサーバはUNIXワークステーション上で試作されている。

3.4.2 MCC<sup>10)</sup>

版数を管理するにはデータベースをその用途に応じて分類しておくことが重要であるとして、データベースをパブリック、プロジェクト、プライベートの3種に分けるとともに、版数タイプをリリース版、ワーキング版、一時版に分け図-9のようにその利用を限定している。個々のオブジェクトの版数は版数導出階層と呼ぶ構造で表現し、階層内のオブジェクトに対して上の版数タイプによって操作を定義している。たとえば、一時版に対しては、1)作成者のみ更新、削除可能、2)新規の一時版は既存の一時版より生成可能、3)作成者のプライベートデータベースのみ格納可能という制約がある。

分散データベースを想定した版数モデルでは、版数

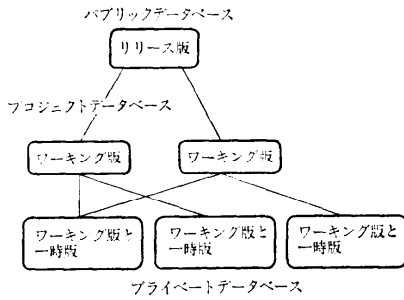


図-9 データベースと版数

表-5 CAD/CAM における主な格納構造研究

機関	年度	概念	内容	文献
CCA	86	Z オータ多次元ファイル	効率的な空間操作	48
UCB	83	R-木	LSI データアクセスの効率化	8
ETM	85	グリッドファイル	多次元空間分割による 2/3 次元図形のデータ構造	20
MCC	86	4-D木	K-d 木の応用, VLSI データ索引	1

の変更をほかのデータベースに通知する必要がある。このため、フラグベースの通知方式を提案している。この方法では、利用者は自由に自分のデータを更新できる。ほかの利用者は、その更新された版数のオブジェクトを実際にアクセスするときのみ版数の変更が通知される。

現在、この版数モデルの MCC で開発中のオブジェクト DBMS への組み込みが検討されている。

### 3.5 CAD/CAM における格納構造

CAD/CAM におけるデータベースの格納構造に関する主な研究活動状況を表-5 に示す。このうち、MCC より提案された LSI 用のデータのおおのの構造である 4-D 木と CCA の主に 2/3 次元図形の格納を意識した Z オータ多次元ファイルの研究内容を以下に説明する。

#### 3.5.1 4-D 木<sup>1)</sup>

MCC で行われている CAD データベースプロジェクトで検討された VLSI 設計システム内部でのデータ操作パターンに関して効率よくアクセスできる格納構造として K-d 木の一形態である 4-D 木を提案した。頻繁に発生するデータ操作パターンは、2次元空間での矩形や点のサーチと矩形間の交差判定である。4-D 木は、このような 2次元空間での矩形を中心にした操作に有効な構造として開発されたもので、矩形の左下の X, Y 座標と右上の X, Y 座標の 4次元を用いた

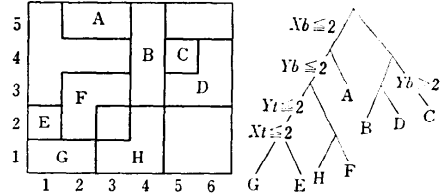


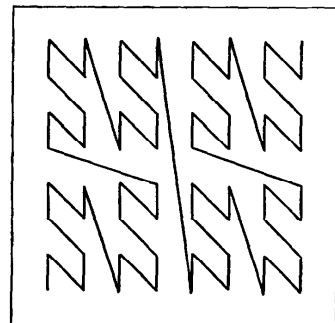
図-10 4-D 木

K-d 木である。すなわち図-10 に示すように各ノードには 4次元の一つの次元に関してあるしきい値を決め、その値より矩形がどちらにあるかで矩形集合を分割していく方法である。これまでの方法 (R-木など) と比べ、それらの方法に欠けていた一様に (log N) のオーダーでアクセスできる点が異なる。

MCC では、さらに大量の矩形をより効率的に格納するために 4-D 木の代わりに 4-D-B 木への拡張を提案している。これは、K-d 木の B 木への拡張版である K-D-B 木を使用した方法である。現在、4-D 木の有効性の検証のためにプロトタイプデータベースの構築中である。

#### 3.5.2 Z オータ多次元ファイル<sup>18)</sup>

4-D 木では VLSI データのもつ矩形と 2次元図形という特徴を利用したが、3次元図形や折れ線などからなる任意の図形を管理することはできない。CCA では、CAD を中心とした応用に適したデータベースを研究する PROBE プロジェクトのもとで、空間操作に適した格納構造として Z オータ多次元ファイルを提案した。空間データを扱うにはその空間内でのデータの位置や領域を扱う構造、すなわち多次元ファイルが適している。この多次元ファイルは、一般に空間を再帰的に複数の領域に分割し、その領域内で対象デー



座標値 アドレス  
(3, 5) → (011, 101) → 011011

図-11 Z オータ多次元ファイル



タを示す点や領域を対応づける構造である。Zオーダー多次元ファイルは、2/3次元図形を効率よく格納するために、近傍データはファイル内でも近傍に配置するようにした構造で、ファイルへの並べ方をZオーダーと呼んでいる。図-11にこの並べ方の例を示す。

この格納構造により、集合演算(和、差、積)やオーバレイなどの演算を簡単に記述できるとともに効率よく行うことができる。現在、PROBEシステムは研究試作中である。

#### 4. おわりに

マルチメディアデータベースの応用という観点でCAD/CAMデータベースの研究動向の一部を紹介した。現在の段階では、CAD/CAMデータベースでマルチメディアデータベースにできるものはまだないものの、図形や時間要素などのさまざまなメディア情報からなると考えられる製品情報をCADシステムで扱う際の情報の保管庫としてのCADデータベースは、将来必ずマルチメディアデータベースの応用として重要な位置を占めるものである。本稿では、マルチメディアデータベースの基本であろうオブジェクト指向のデータモデルをCADの視点から説明し、図形や時間要素のデータベースの状況、さらに図形を格納するための効率的な構造を紹介した。

今後、マルチメディアデータベースの技術がCAD/CAMシステムがより高度化するための核となることを期待している。また、エンジニアリング・データベースがCAD/CAM構築の鍵といわれてから久しいが、いまだこれがそのデータベースというものが出現していない状況の打開策としてマルチメディアデータベース技術が有効となることも同時に期待したい。

#### 参考文献

- 1) Banerjee, J. et al.: Supporting VLSI Geometry Operation in a Database System, Proc. of IEEE Data Engineering, pp. 409-415 (1986).
- 2) Spooner, D.L. et al.: Modeling Mechanical CAD Data with Data Abstraction and Object Oriented Techniques, *ibid.* pp. 416-424 (1986).
- 3) Brodie, M.L. et al.: CAD/CAM Database Management, IEEE Data Engineering, Vol. 7, No. 2 (June 1984).
- 4) Chu, K.-C.: Vdd-A VLSI Design Database System, ACM SIGMOD, pp. 25-37 (May 1983).
- 5) Lorie, R.A. et al.: On Extending the Reals of Applications of Relational Systems, IFIP '86, pp. 889-894 (1986).
- 6) Johnson, H.R.: Engineering Data Management Activity within the IPAD Project, Data Engineering, Vol. 7, No. 2, pp. 91-99 (June 1984).
- 7) Rehak, D.R. et al.: Architecture of an Integrated Knowledge Based Environment, IFIP WG 5.2, Proc. of Knowledge Engineering in CAD (1984).
- 8) Storebraker, M. et al.: Using Relational Database Management System for CAD Data, Data Engineering, Vol. 7, No. 2, pp. 108-112 (1984).
- 9) Katz, R.H. et al.: Version Server for Computer-Aided Design Data, Proc. of 23rd DA Conference, pp. 27-33 (1986).
- 10) Afsarmanesh, H. et al.: An Extensible Object Oriented Approach to Databases for VLSI/CAD, Proc. of VLDB '85, pp. 13-23 (1985).
- 11) Kalay, Y.E.: Database Management Approach to CAD/CAM Systems Approach, Proc. of 22nd DA Conf., pp. 111-116 (1985).
- 12) Su, S.Y.W. et al.: Architecture and Prototype Implementation of an Integrated Manufacturing DB Administration System, Proc. of COMPCON '86 pp. 287-296 (1986).
- 13) 村田他: マルチメディア DB に向けたデータモデルについて, 情報処理学会研究会資料 (DB システム) 43-1 (1984).
- 14) Nakamura, F.: Integration of Word Processing and Database Management in Engineering Environment, Data Engineering, Vol. 7, No. 2, pp. 128-133 (1983).
- 15) 川越他: CAD 用データベース管理システム, 情報処理学会研究会資料 (DB システム) 42-1 (1984).
- 16) Udagawa, Y. et al.: An Advanced Database System ADAM, Proc. of Data Engineering, pp. 3-10 (1984).
- 17) 浜崎他: VLSICAD 用データベースのデータ構造について, 情報処理学会第 24 回全国大会, pp. 1101-1102 (1982).
- 18) Jullien, C. et al.: Database Interface for an Integrated CAD System, Proc. of 23rd DA Conf., pp. 760-777 (1986).
- 19) Nguyen, G.T.: Semantics of CAD Objects for Generalized Databases, Proc. of 23rd DA Conf., pp. 34-40 (1986).
- 20) Meier, A.: Applying Relational Database Technique to Solid Modeling, CAD, Vol. 18, No. 6 (1986).
- 21) Meen, S. et al.: TORNADO: A DBMS for CAD/CAM Systems, IFIP WG 5.2 File Structures and DB for CAD (1982).
- 22) Bennett: A Database Management System for Design Engineers, 19th DA Conf., pp.

- 268-273 (1982).
- 23) Weiss, S. et al.: DOSS: A Storage System for Design Data, 23rd DA Conf., pp. 41-47 (1986).
  - 24) Wolf, W.: An Object-Oriented Procedural Database for VLSI Chip Planning, *ibid.*, pp. 744-751 (1986).
  - 25) Lee, Y.C. et al.: Integration of Solid Modeling and Database Management for CAD/CAM, 20th DA Conf., pp. 367-373 (1983).
  - 26) Krishnan, D. et al.: GEO DERM: Geometric Shape Design System using an Entity-Relationship Model, CAD, Vol. 18, No. 4, pp. 207-218 (1986).
  - 27) Maier, D. et al.: Data Model Requirement for Engineering Applications, Proc. of WS on Expert Database Systems, pp. 759-765 (1984).
  - 28) Buchmann, A.P. et al.: An Architecture and Data Model for CAD Databases, Proc. of VLDB '85, pp. 105-114 (1985).
  - 29) Bryce, D. et al.: A Conceptual Basis for Graphics-based Engineering Data Management, Proc. of Foundation of Data Organization, pp. 346-356 (1985).
  - 30) Katz, R.H.: Database Approach for Managing VLSI Design Data, 19th DA Conf., pp. 274-282 (1982).
  - 31) Nievergelt, E. et al.: Storage and Access Structures for Geometric Data Bases, Proc. of Foundation of Data Organization, pp. 335-345 (1985).
  - 32) (EDIF) Eurich, J.P.: Tutorial Introduction to the Electronic Design Interchange Format, Proc. of 23rd DA Conf., pp. 327-333 (1986).
  - 33) (PDES) The Second Draft Report of the Ad Hoc Committee on the Content of the IGES (The Second PDES Report) (1984).
  - 34) Wederhold, G. et al.: Database Approach to Communication in VLSI Design, IEEE Trans. on CAD of IC and Systems, Vol. CAD-1, No. 2 (1982).
  - 35) Stonebraker, M. et al.: Application of Abstract Data Types and Abstract Indices to CAD Databases, ACM SIGMOD, pp. 107-113 (1983).
  - 36) Hollaar, L. et al.: The Structure and Operation of a Relational Database System in a IC Design System, Proc. of 21st DA Conf., pp. 117-125 (1984).
  - 37) Plauffe, W.: Database System for Engineering Design, Data Engineering, Vol. 7, No. 1 (June 1984).
  - 38) Hardwick, M.: Extending the Relational Database Data Model for Design Applications, Proc. of DA Conf., pp. 110-115 (1984).
  - 39) Zara, R.V. et al.: Building a Layered Database for Design Automation, Proc. of DA Conf., pp. 645-651 (1985).
  - 40) Managaki, M. et al.: A Model and Implementation in a practical CAD/CAM Database, Computer in Industry, Vol. 5, No. 4, pp. 319-327 (1984).
  - 41) Shinohara, K. et al.: Motion Model and Simulator for Flexible Manufacturing Systems, Proc. of SCS Multi-Conference (1987).
  - 42) IEEE & ACM Proceedings of Annual Meeting, Database Week (May 1983).
  - 43) IFIP WG 5.2 Proceedings of Workshop on File structures and Databases for CAD (1982).
  - 44) 中村: エンジニアリング・データベース, 情報処理, Vol. 25, No. 4, pp. 349-354 (1984).
  - 45) 松家: CAD/CAM におけるデータベースについて, Vol. 23, No. 10, pp. 1000-1007 (1982).
  - 46) Klahold, P. et al.: A General Model for Version Management in Databases, Proc. of VLDB '86, pp. 319-327 (1986).
  - 47) Chou, H-T. et al.: A Unifying Framework for Version Control in a CAD Environment, Proc. of VLDB '86, pp. 336-344 (1986).
  - 48) Manola, F. et al.: Toward a General Spatial Data Model for an Object-Oriented DBMS, Proc. of VLDB '86, pp. 328-335 (1986).
  - 49) Haskin, R.L. et al.: On Extending the Functions of a Relational Database System, SIGMOD '82 (1982).
  - 50) Wilkins, M.W. et al.: Relational and Entity Relationship Model Databases and VLSI Design, Report, Stanford Univ. (1985).
  - 51) Rehfuß, S. et al.: Particularity in Engineering Data, Proc. of WS on Erpart DB Systems, pp. 677-684 (1984).

(昭和62年2月3日受付)