

解説

マルチメディアデータベース総論†

増 永 良 文††



1. はじめに

1.1 マルチメディアデータベースに向けて

コンピュータによるデータベース管理の歴史は1960年代初頭に遡ることができるが、以来データベース構築の主たる目的はビジネスデータの処理にあった。ここにビジネスとは庶務、財務、商務などに係わる仕事一般をいう。

しかし、組織体のトータルな生産性を向上させるには、ビジネスデータだけでなく、ビジネス領域以外のデータ、それを非ビジネスデータと呼ぼう、を効果的にデータベース化し利用できるようにすることが、1980年代に入り火急の課題として認識されるようになった。具体的にはオフィスオートメーションやファクトリオートメーションで必要とされる新しいタイプのデータ；テキスト、地図、図面、物体、画像、音などである。このような要求が現実味を帯びてきた背景にはリレーショナルデータベース技術の進歩がある。

さて、非ビジネスデータを構築して生産性を窮極まで向上させるには、文字・数値データベース、テキスト（文書）データベース、図形データベース、画像データベースあるいは音データベースを個々に構築、管理・運用するだけではなく、それらを統合して一体となし、管理・運用してゆくことが是非必要であるとの認識が近年とみに深まった。1983年ごろのことであり、われわれはそのようなシステムをマルチメディアデータベースシステムと呼ぶことにする。現在世界にはこれがマルチメディアデータベースシステムだと言えるようなシステムは実存していない。しかしそのようなシステムの開発の重要性にかんがみ、マルチメディアデータベースとはなにかを、データモデル、システムアーキテクチャ、ユーザインタフェース、ハードウェア環境などさまざまな立場から論じ、テキスト

データベースや図形、画像データベースといったシングルメディアでの非ビジネスデータベース技術の現状を把握し、広く具体的ニーズを掘りおくことは是非行っておく必要がある。

このような観点から、本論文ではマルチメディアデータベースとはなにかを概念規定すべくそれを論じたい。ただ先にも断ったように、現在マルチメディアデータベースは実存していない。したがって、自説を展開してしまう危惧がないわけではないが、これまで多数のマルチメディアデータベース研究開発担当者や識者と意見交換し、文献を参照し、筆者が以下で展開する議論は、大枠において大方のご同意を得れるものと確信している。

まず、マルチメディアデータベースシステムが現在可能となってきた背景をリストアップすることから始める。

- (1) 光ディスクに代表される記憶媒体技術の著しい進歩
- (2) グラフィックス、マルチウィンドウ、ファクシミリ、デジタイザなどの入出力媒体技術の著しい進歩
- (3) 光通信に代表される通信媒体技術の著しい進歩
- (4) 意味的データモデル論、Smalltalk-80、フレーム理論ほかに代表されるオブジェクト指向概念の著しい進歩
- (5) エンジニアリングやオフィスデータベースにみる非ビジネスデータベース管理システム基礎技術の進歩
- (6) 生産性向上を目指すユーザの限りのない要求
一方、マルチメディアデータベースシステムを構築するには、次の三つの技術が必要である。
 - (a) 基盤技術：テキストデータベース技術、図形データベース技術、画像データベース技術、音データベース技術ほか
 - (b) 核技術：オブジェクト指向データベース技術

† Multimedia Database Management Systems by Yoshifumi MASUNAGA (University of Library and Information Science).

†† 図書館情報大学図書館情報学部

(c) 統合技術: システム化技術というも可. 具体的には分散型データベース技術.

基盤技術を抜きにしては単一メディアのデータベースすら管理することができない. 核技術をオブジェクト指向データベース技術に求める理由は本論文を通して明らかにする.

1.2 研究開発経緯

ここで, マルチメディアデータベースシステムに関する主要な研究開発の経緯を概観しておく. マルチメディアなる術語は 1983 年の論文^[TCE, 83]にはじめて見出しされるが, 1984 年のシンガポールにおける第 10 回大規模データベース国際会議において, 「マルチメディアデータベース管理システム」のパネルが開催された. (このパネルの様子は筆者は情報処理学会第 44 回データベースシステム研究会に報告しているので, 興味のおありの方はご参照願いたい^[Masu 84].) パネルは大変興味のあるものだったが, マルチメディアデータベース管理システムとはなにかという設問に対する 4 人のパネリストの意見はバラバラで相互理解は得られなかった. ただ世界にマルチメディア DBMS は実存していないという点では一致した. 近年オフィス用マルチメディアデータベースの開発は盛んで, [CVL.84] [IEEE 84], [ChHT 86], [WoKL 86] などの研究成果が発表されている. マルチメディアデータを取り扱うためのオブジェクト指向アプローチも鋭意研究されており, [CoMa 84], [NiTs 85], [BKW. 87], [Masu 85, 87] などの研究がある. オブジェクト指向 DBMS 一般の研究は最近 [IEEE 85] にまとめられている. 空間的オブジェクトを高速にアクセスするためのインデキシングの研究も図形データベースの分野で盛んで, [Gutt 84], [RoLe 85], [Oren 86] などの報告がある. 日本では 1985 年の情報処理学会春の全国大会のころより, マルチメディアデータベースに関する論文が報告されはじめ, 1985 年 11 月の情報処理学会第 50 回データベースシステム研究会は図書館情報大学で開催され, 「マルチメディアデータモデル」を特集して話題を呼んだ. 1986 年夏には雑誌 Computer Today (サイエンス社) よりマルチメディアデータベース特集号が発刊されている. また 1985 年に通産省大型プロジェクト「電子計算機相互運用データベースシステム」が 7 年計画で発足し, そこではマルチメディアデータベースシステム開発が大々的に謳われている^[ToSa 85].

2. メディアとデータベース

2.1 メディアとは

マルチメディアデータベースといったときの「メディア」とはいったいなにかを論ずる. 古来メディア (media, medium の複数形) は「メッセージの運搬体」という意味で, コミュニケーションの分野では広く使用されてきた. しかし明らかにその意味はデータベースにはあてはまらない.

この問題はデータベースとはいったいなにかを論ずることにより解決される. データベースは実世界の写像であり, それは図-1 に示すように二段階のモデリングの結果えられる. 概略を述べれば, 実世界はまずアクセプタ (概念モデルというも可) により「概念モデル化」される. しかし一般に概念モデルはコンピュータに即実装可能な表現になっていないので, 実装可能なモデルに変換される. それを論理表現モデルといおう. これは, ANSI/X 3/SPARC^[TKI 78] の三層スキーマ構造の術語では, 概念スキーマにあたる.

さて, 概念モデルを得るためには実世界をなんらかの記号系を用いて記述しなければならないが, 「メディア」とは実世界記述に使う記号そのものの物理的・化学的属性とそれが成立する世界」と定義する (図-1 参照). ここに物理的・化学的とは, 記号の大きさ, 形状, 材質などを意味する. 具体的には次の 4 つのメディアを考える. なお, 従来のビジネスデータベース構築では文字・数値という「表層的」記号がもっぱら用いられたのに対し, マルチメディアデータベース構築では, それに加えて, たとえば図形を記号としてのプリミティブ図形の組み合わせで記述するごとく, 「アイコン的」記号が実世界記述に許され, 一層豊かな表現系をもつことを許されたと解釈できる.

- 文字・数値メディア
- 図形メディア
- 画像メディア
- 音メディア

なお, 図形と画像は, 前者にはそれを記述する自明でない記号系があり, 一方後者にはそれがなく, あってもたとえば画素の並びといった自明な記号系しかないとして区別する. (別の表現では前者は言語, 後者はパターンと言えよう.)

2.2 概念モデル

マルチメディアデータベース構築の本論に移る前に, ひとこと概念モデル構築の多様性に言及しておき

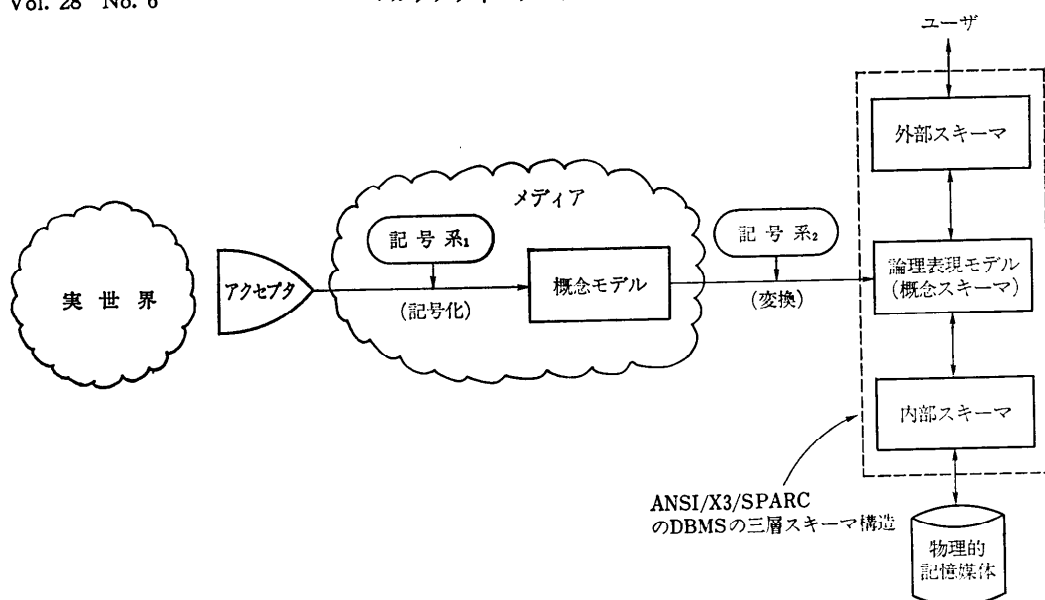


図-1 実世界のデータモデリング

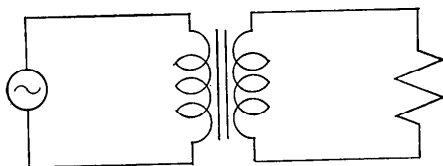


図-2 電気回路 (図)

たい。

たとえば、図-2 に示される電気回路 (図) を概念モデル化してみよう。このとき、次に示すようなさまざまな概念モデルが構築可能である。これはアクセプタ (概念モデル) の実世界認識能力、あるいは、記述能力の相異による。

- 分解能 0.1mm で図面が走査され、ビット列である (ラスタイメージ)。
- ベクトルの集合である (ベクタイメージ)。
- 抵抗、コイル、鉄芯、交流電源といった回路の素子と素子間の結合が認識され、それが表現されている。

● 素子と素子間の結合に加えて、素子のあつまりが、交流電源部、トランス部、負荷部といった機能ブロックを構成することが認識され、それが重畳されている。

● 回路図面一枚そのものを概念モデルとして捉えている (図面を光ディスクに格納した場合)。

概念モデル構築のための記号系 (記号系1) についてもう少し論ずる。以下のものは概念モデル記述のため

の記号系である：従来のデータベース設計で導入された実体-関連モデル (entity-relationship model), RM/T (リレーショナルモデル/タスマニア), あるいは意味的データモデル。CAD の分野での物体の形状モデリングのための、ワイヤモデル、サーフェスモデル、ソリッドモデル。地図の作成に使用する記号系。画像を画素 (pixel) の列と捉えたり、四分割木 (quad-tree)^[Rose 82] で捉えたりすること。音 (音声、音響) の波形や周波数スペクトル。セマンティックネット、フレーム、ロジックなどの知識表現モデル。

なお、従来知られているリレーショナル、ネットワーク、あるいはヒエラルキカルなどのデータモデルは論理表現モデル記述のための記号系 (記号系2) と考えられる。ただしこれらのモデルはそのままではマルチメディアデータベース構築に必要なオブジェクト記述能力に問題がある。

3. マルチメディアデータモデル

3.1 マルチメディアデータモデルとは

図-3 に実世界のマルチメディアデータモデリングの概念を示す。要点は、メディアごと (同一メディアでもアクセプタが異なれば本論文では便宜的にメディアが異なると表現している) に構築された概念モデルは、統合化され、「マルチメディア概念モデル」を構成する。それは実世界のマルチメディアでの概念モデルとなっているはずで、それを記述するための記号系

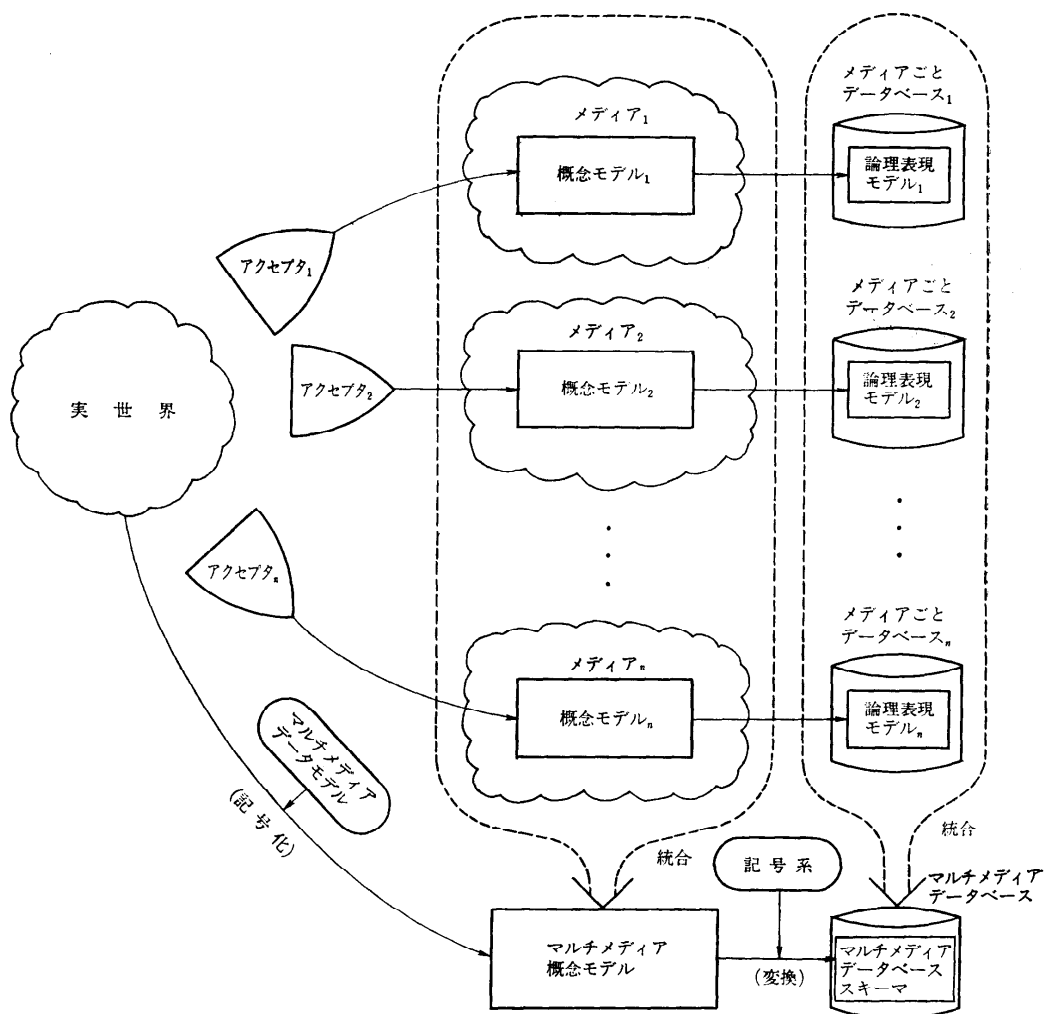


図-3 マルチメディアデータモデリング

がある。その記号系をわれわれは「マルチメディアデータモデル」と呼ぶ。一般にマルチメディア概念モデルはそのままコンピュータ上に実装可能な表現になっていないだろうから、他の記号系を使って、それも論理表現モデルに変換する。その結果えられるものがマルチメディアデータベーススキーマである。なお、マルチメディアデータベーススキーマのインスタンス (instance) をマルチメディアデータベースという。

さて、より具体的に、マルチメディアデータモデルとはいったいなにか、またマルチメディア概念モデルをどう作るのか、以下に議論したい。

3.2 オブジェクト指向アプローチ

マルチメディアデータベースではオブジェクト指向アプローチをとることがきわめて有効と考えられる。その理由を示したい。そもそも、実世界のデータベース化を、ビジネスデータベースの構築から非ビジネスデータベースの構築へと捉えてゆくと、実世界のモノやコトの捉え方に大きな変化の潮流があることに気付く。それは、ビジネスデータにおいては、一本のタプル、あるいは一本のレコードがデータとして一つのまとまった意味をもっていた。しかしこれは非ビジネスデータを従来のビジネスデータベース構築の枠内で捉えようとしたとき、もちろん崩れてしまう。た

たとえば、一枚の図面は、それを表現しようとするれば、いくつものリレーションにまたがるいくつものタプルのあつまりとしてしか、表現できないのである。われわれはそれを複合オブジェクトと名付けた^[HaLo 82]。しかればと、オブジェクト指向プログラミング言語CLU^[LSAS 77]ほかの影響を受けて、非ビジネスデータを抽象データ型で捉える研究が出た^[StRG 83]。しかし、抽象データ型はANSI/X3/SPARCの術語では外部スキーマレベルでサポートされるため、パフォーマンスに致命的な欠陥があった。近年、オブジェクト指向プログラミング言語 Smalltalk-80^[Xero 81, GoRo 83] ほかに見られるオブジェクトをデータベースのデータアクセス（質問と更新）の単位とするDBMSが研究開発されてきた^[CoMa 84]。抽象データ型と異なって、(i) オブジェクトのなすクラス間に相続概念が導入され、実世界のデータ構造をより効果的に表現できる、(ii) ANSI/X3/SPARCの概念スキーマレベルでオブジェクトをサポートしようとするため、パフォーマンスを期待できる、をあげれる（5.4に関連した議論）。さらにマルチメディアデータベースにおいては、上記の理由に加えて、オブジェクト指向アプローチはメディアの異質性を克服し、その構築と管理・運用を可能とする切り札と考えられる。具体的には次のようである。

(1) すべてをオブジェクトとみなすことによって、メディアが違いまちまちな記号系で記述されている実世界のモノやコトに画一的表現を与えることができる。

(2) その結果、「オブジェクト参照法」と呼ぶマルチメディアデータベースの構成法を提示することができる（4.2参照）。

(3) オブジェクト指向アプローチをとることによって、ユーザに対してメディアの違いを意識させることなく、単一で統一されたマルチメディアデータベースのアクセスインタフェースを提供できる（3.6と6.2参照）。

3.3 IS-PART-OF 関係と IS-A 関係

オブジェクトほど語意の広い語もない。本節ではわれわれがオブジェクトといったときに何を意味するのかを明らかにする。実は非ビジネスデータのデータベース化を睨むと、次の二つのオブジェクトの概念があれば、かなりの応用分野をカバーできそうであり、次節でフォーマルな定義を与える前にその概略を論ずる。

(a) 複合オブジェクト^[HaLo 82]

(b) Smalltalk-80 流のオブジェクト^[Xero 81]

この二つのオブジェクトの概念は全く異なっている。

複合オブジェクトではモノやコトを部品展開し、そこに見出される関係にデータベース構成の着眼点を置く。たとえば自動車₁はフレーム₁とシャシ₁からなるという具合である。一方、Smalltalk-80では、同じタイプのオブジェクトはクラスをなすとし（したがってオブジェクトとクラスはA-KIND-OF (AKO)の関係になる）、クラスとスーパークラスやサブクラスを導入、それら間にはIS-Aの関係（データ抽象化の術語では汎化関係）があるとし、その仕掛けのもとで実世界を記述しようとする。たとえば自動車クラスのスーパークラスは乗り物クラスである。

もう若干説明を要する。本来、複合オブジェクトにはSmalltalk-80流のクラスという概念は持ち込まれていない。しかしデータベース構築の観点からは是非それがある。そこでクラスを導入、クラス間にも部品展開の関係を導入する。つまり、オブジェクトレベルでオブジェクト₁がオブジェクト₂の部品であるなら、オブジェクト₁のクラスとオブジェクト₂のクラス間にIS-PART-OFの関係があるとするのである。そのとき前者を子クラス、後者を親クラスという。定義から子クラスの任意のオブジェクトに対して、親クラスに必ずあるオブジェクトが存在して、その部品になっている。また、ある子クラスのオブジェクトが二つ以上のオブジェクトを親としてもつことはない。同一クラスがそのクラスの親クラスになることもある。（たとえばコンピュータマッピングで、地図をレイヤ分けしてゆく場合に、レイヤはまた（サブ）レイヤに展開される。）なお、IS-PART-OF関係にはデータ抽象化^[SmSm 77]の集約化（aggregation）演算も含まれるものとする。

つまり、われわれがマルチメディアデータベースでサポートしようとするオブジェクトとクラス間の関係を例示すると図-4のようになる。

3.4 オブジェクト指向マルチメディアデータモデル——構造記述

マルチメディアデータモデルの定義を与える。一般にデータモデルを規定する場合、スキーマ、スキーマのインスタンス、インスタンスの元、という三つの概念を明確に区別しておくことが、データベースの管理上望ましい。たとえば、リレーショナルデータモデルでは、リレーションスキーマ、そのインスタンスとし

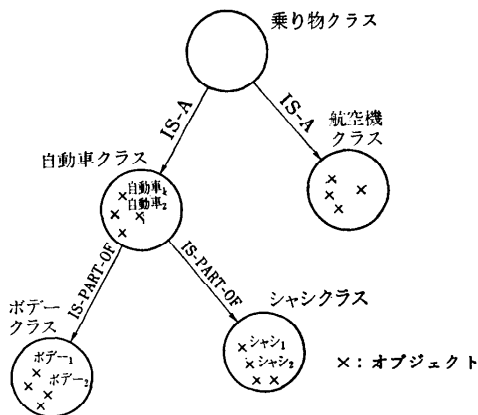


図-4 マルチメディアデータベースでサポートしようとするクラスと関係の概念

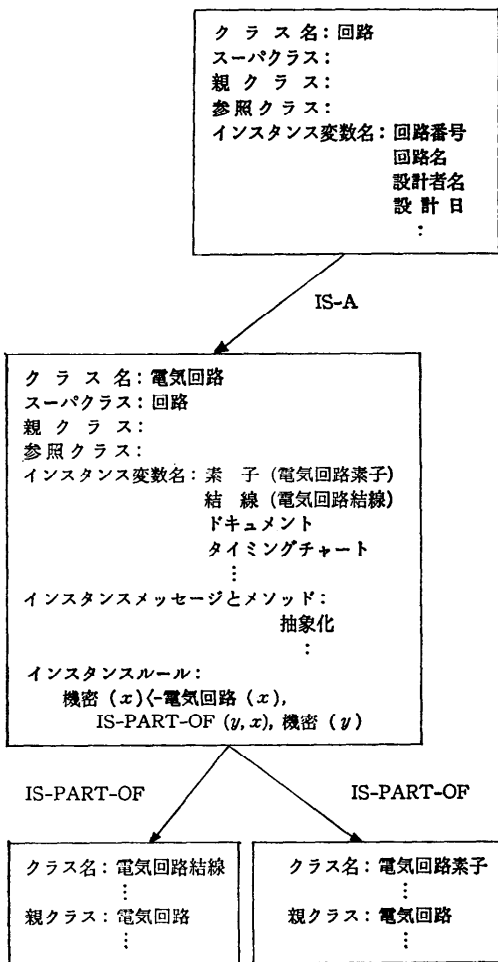


図-5 クラステンプレートの例

てのリレーション、リレーションの元としてのタプルがこれら三つに対応する。マルチメディアデータモデルといえども例外ではない。そのため次の概念を明確に導入、区別する必要がある。

- クラステンプレート
- クラス
- オブジェクト

クラステンプレートはスキーマ、クラスはスキーマのインスタンス、オブジェクトはクラスの元に相当する。

図-5 にクラステンプレートの一例を示す。この表現法は Smalltalk-80 のクラス定義のそれに準じている。ただ、それと本質的に異なっている主な点は次のとおりである。

● IS-PART-OF の関係をクラス間でサポートするために、クラステンプレートに「親クラス」を記述する項目が追加されている。

● クラス間の IS-PART-OF の関係に特有な知識を表現するために、メソッドと区別して、「ルール」項目を設定してある。なおルールはメディアあるいはクラス間にまたがるデータ、あるいは単一クラス内のデータの一貫性制約を表現するためにも使用する(3.5 参照)。

● 異なったメディアごとに構築された概念モデルを「オブジェクト参照法」により統合して、一つのマルチメディア概念モデルを得られるよう、クラステンプレートに「参照クラス」(referred class) という項目が導入されている(4.2 参照)。

インスタンス変数、スーパークラス、メッセージとメソッド、及びクラスとそのスーパークラス間に IS-A 関係の存在をアプリアリに仮定しているのは、Smalltalk-80 に準ずる。インスタンス変数はそのドメイン(値域)となるクラス名をそれに続けて丸括弧でくり明示できる(図-5 参照)。明示なき場合はインスタンス変数名と同じクラス名が存在し、それがドメインとなるとする。図-5 の例では、素子は電気回路素子をドメインとしてとる。更に、電気回路クラスと電気回路素子クラスは IS-PART-OF 関係にあるので、素子というインスタンス変数名が IS-PART-OF 関係を表わす一つの名前として使用されていることもわかる。親クラスについてはすでにその定義、諸性質を前節で論じている。次節でルールについて若干の説明を加える。なお IS-PART-OF 関係を陽にサポートすることの意義は 3.7 で述べる。

3.5 ルール

われわれのマルチメディアデータモデルではクラス間の IS-PART-OF 関係を陽にサポートした。それに係わる知識を表現し、クラスやオブジェクトに対するアクセス処理に役立てるために導入されたのがルールである。原理的にはメソッドであるが、特に IS-PART-OF 関係に係わることを明示する意味でルールとした。ルールにはクラスルールとインスタンスルールの二つあると考えられるが、インスタンスルールの例を二つあげる。

【例1】電気回路のクラスを考える。このとき、ある電気回路（インスタンス）に、この回路は機密か否か、という質問が（メッセージの形で）ぶつけられたとする。そのとき、回路が機密であるのは、その回路の部品（使われている素子など）が機密のときそうであるというルール（ R_1 とする）が存在したとする。これをそのクラステンプレートのルール項目のところに書く（図-5 参照）。 R_1 は次のように書かれる（PROLOG ふうに書いているが、その表記にはそれ以上の意味はない）。

(R_1) 機密 (x) ← 電気回路 (x), IS-PART-OF (y , x), 機密 (y)

DBMS には一般に IS-A (x , z) ← IS-A (x , y), IS-A (y , z) に基づく相統関係のほか、IS-PART-OF (x , z) ← IS-PART-OF (x , y), IS-PART-OF (y , z) というルールや電気回路の機密性に答えるために、その部品に再帰的にその機密性を問うてゆき、その結果を返すメカニズムを実装しておく必要がある。

【例2】自動車部品展開した例を考えよう。仮定として、車は単色で、色というインスタンス変数は、ボデークラステンプレートで定義されているとする。

つまり、ボデーはフレームとドアからなっているが、ボデーが赤ならドアも赤色という具合と定義する。そうすると、次のルールをドアクラステンプレートのルール項目の所に定義しておけば、ドアの色についての問い合わせに答えることができる。

(R_2) 色 (x , x) ← ドア (x), IS-PART-OF (x , y), ボデー (y), 色 (x , y)

なお、(R_2) のアイディアは最近の論文に「値の伝播」として見出される^[BKW⁸⁷]。

ルールはマルチメディアデータベースの一貫性制約 (integrity constraint) 記述にも使えよう。たとえば、テキストデータベースに「月」という単語があり、それに対応して画像データベースに「月」の絵があったとする。このとき、もしテキスト中の「月」が「太陽」に更新されたなら、画像データベース中の「月」の絵は「太陽」の絵に更新されるべきである。このようなメディア間にまたがるデータの一貫性制約を記述するためにもルールが使えよう。また多重相統の問題であるが、Smalltalk-80 や、KEE^[Xero 85] で想定している場合は少なくともとも制御する必要がある。

3.6 オブジェクト指向マルチメディアデータモデル——演算記述

データモデルを明らかにするには上記の構造記述に加えて演算の体系を明らかにしておかねばならない。基本的には次の三つの演算が必要である。

- 定義 (definition)
- 操作 (manipulation)
- 質問 (query)

したがって、クラステンプレート、クラス、オブジェクトのおのおのについて、上記三つの演算が定義されることになる。その枠組みを表-1 に示す。なおマル

表-1 マルチメディアデータモデル演算体系の記述

	定 義	操 作	質 問
クラス テンプレート	CREATE CLASS CREATE SUPER CLASS CREATE SUBCLASS CREATE PARENT CLASS CREATE CHILD CLASS DROP CLASS	ALTER CLASS	クラステンプレートの諸元に対する質問
ク ラ ス	(CREATE CLASS 時点で空集合をそのクラスとして生成し、DROP CLASS 時点でそのクラスを消滅させるので特に定義する必要はない)	UPDATE CLASS	クラスに対する質問：集合論的演算とクラスに特有の演算を使って
オブジェクト	CREATE OBJECT DROP OBJECT	UPDATE OBJECT	オブジェクトのインスタンス変数に関する質問

チメディアデータベースにおいて、オブジェクト指向をとる大きな意義の一つは、同一の操作名（つまりメソッドやルール名）を用いてもクラスが異なれば、全く異なった内容の演算を定義できるということである。たとえば、図形メディアにおける二つの電気回路図オブジェクトを結合させる（一つの出力を他方の入力にする）という操作と、文字・数値メディアにおける二つの文章オブジェクトを結合させる（一つの文章に次の文章をつなげる）という操作は全く異なろう。しかし、結合という概念に類似性が見い出せるから、共に CONCATENATE という操作名に使うことが混乱をまねくことなく許され、この意味でメディアの異質性を越えた統一したユーザインタフェースを提供できる。

3.7 IS-PART-OF 関係を陽にサポートすることの意義

クラス間に IS-PART-OF 関係を陽にサポートしなくても、オブジェクトの部品展開をクラステンプレートのインスタンス変数を使って表現はできる。たとえば、自動車クラステンプレートにボデーとシャシというインスタンス変数を定義し、それらのドメインはおののボデークラスとシャシクラスとすればよい。ボデーやシャシはさらに部品展開されるだろうから、同様な記述がくり返される。

しかし、このような体系のもとでは、原理的に不可能という訳ではないが、たとえば自動車オブジェクトの「すべての部品を求める」というような最も定型的な質問に答えるためにも、いちいち複雑なメソッドをすべての部品クラスに記述しておかねばならない。具体的には、(i)自動車クラステンプレートのどのインスタンス変数が部品展開情報を担っているかを知り（ただしこの情報はテンプレートをいくら眺めていても得られない。テンプレートを定義した人のみが知っている。）、(ii)それらの変数値として具体的に部品（この場合あるボデーとシャシ）を求め、(iii)部品がさらにこまかい部品に展開される場合には（たとえばボデーはフレームとドアに展開される）、その部品（ここではボデー）の部品を求めるべく、そのクラステンプレートにそのためのメソッドを定義しておくということを自動車の部品展開に表われるすべてのクラスに対して再帰的に行って、はじめて当初の質問に答えられる。

さて、クラス間に IS-PART-OF 関係を陽にサ

ポートしておく、クラスの親子関係をテンプレートの親クラス情報を使って、マルチメディア DBMS は正確に知ることができる。したがって、さきほどの全ての部品を求めるといった定型的質問は、たとえば listAllParts というメッセージ名を定義して、いちいち関係するクラステンプレートにメソッドを記述するのではなく、IS-A 関係を DBMS がサポートしているのと同じ水準で、それが処理しうる。しかもこの方法をとると、いかなるオブジェクトの部品展開情報も一元的に管理できる。これが第一義である。

4. マルチメディアデータベース

4.1 オブジェクト表現

本章では図-3 に示されたマルチメディアデータモデリング思想に則り、マルチメディアデータベースをどう作るか議論する。議論のポイントは、メディアごとに構築された概念モデルをどう統合して、一つの意味のあるマルチメディア概念モデルを構築することができるか、の方法論にある。

さて、アクセプタにより認識された概念モデルの構成要素（2.2 の電気回路の概念モデル化の例では、ビット列のビット、ベクトル、素子、トランス部といった機能ブロック、光ディスクの図面一枚など）をすべてオブジェクトとみなすことから始まる旨、3.2 で述べた。それらオブジェクトはわれわれのモデルではクラスのインスタンスとして表現される。たとえばベクトルをオブジェクト化する場合、クラス「ベクトル」が定義され、図-6(a)のようなインスタンス表現となろう。ここにベクトルは始点の座標を (x_0, y_0) 、方向を θ (ラジアン)、長さを l とする。光ディスクに格納した図面一枚をオブジェクトとみなそうとする場合、図-6(b)のような表現となろう。ここにその図面はディスク番号 007 のトラック番号 28400 に格納されたとする。

※ ベクトル_i

ベクトル名: ベクトル _i
始 点: (x_0, y_0)
方 向: θ
長 さ: l

(a) クラス「ベクトル」のオブジェクト例

※ 図面₁₀₀

図 面 名: 図面 ₁₀₀
ディスク番号: 007
トラック番号: 28400

(b) クラス「図面」のオブジェクト例

ここに ※ はオブジェクトのサロゲート^[H*Ow 76] (システムが生成する唯一識別子) を表す

図-6 オブジェクトの例

4.2 オブジェクト参照法

さて、メディアごとまじまじに構築された概念モデルを統合するには、統合デザイナが存在を仮定し、そのデザイナに統合のための「糊」として、実世界のオブジェクト構造をオブジェクトベースとして提示するよう要請する。そして、そのオブジェクトベースを基にしてメディアごとの概念モデルを張り合わせて、マルチメディア概念モデルを作るのである。3.4で導入されたクラステンプレートの「参照クラス」という項目はそのためにある。われわれはそのような統合法を「オブジェクト参照法」と呼ぶことにする。例で説明しよう。

一冊の絵本を文字・数値メディアと画像メディアを使ってマルチメディア概念モデル化する場合を図-7に示す。そこでは統合デザイナは絵本はページ、ページは文章部と絵部からなると構造的 (syntactic) に認識しており、提示された複合オブジェクトとしての絵本と、個々のメディアで認識されているオブジェクトの参照関係をつけるべく、図-7(b)に示したように、「絵」クラステンプレートの参照クラス項目に、「絵部」クラス名が記されている。一方、絵オブジェクトと絵部オブジェクトの具体的な参照関係 (たとえば絵_iは絵部_iの画像表現である) を付けるべく、「絵」クラステンプレートに「表現」というインスタンス変数が定義されている (変数のドメインは参照クラスである絵部クラスとする)。この例では、絵本は構造的に認識されているが、本は章、章は節という具合に意味的 (semantic) に認識され、提示されてもよい。あるいは構造的、意味的、二つの認識を統合して (集約化演算を用いて、第何ページから第何ページが第何章にあたるという対応関係を設けること) 提示されるかもしれない。

なお、参照関係には上記の「メディア表現」のほか、時空間に係わる順序と同期の関係がある。たとえばページ_iがページ_{i+1}に先行することは絵本において時間的・空間的順序関係である。一方、同一ページにある絵オブジェクトと文章オブジェクトは時間的・空間的に同期していなければならない。もちろんこれらの関係もマルチメディア概念モデル中に取り込まれていなければならない (図-7 参照) が、そのフォーマリズムは今後の課題の一つである。

4.3 分解—データ抽象化のいち演算

概念モデルの統合にあたっては、各アクセプタの実世界認識能力の違いに起因する認識レベルの相違をう

まく吸収する必要がある。この場合、データ抽象化の理論で導入された集約化 (aggregation) の概念は大変重要となってくる。しかし、上述の問題を解決するには集約化だけでは力不足で、その逆演算が必要となる。これを分解 (decomposition) と呼ぼう。たとえば、図-2に示された電気回路をあるアクセプタは三つのオブジェクト O_1 (図中左手側の閉回路)、 O_2 (真中の鉄芯)、 O_3 (右手閉回路) でその回路になると認識したとする。一方、文字・数値データベースにはトランスという概念があり、その諸特性が記述されていたとする。この二つのデータベースを統合するには、 O_1 を左側の交流電源 O_{11} と右側のコイル部分 O_{12} に分解し、(O_3 についても同様に左側のコイル部分を O_{31} 、右側の抵抗部分を O_{32} と分解する)、 O_{12} と O_{31} の三つのオブジェクトから集約化演算で、トランスというオブジェクトを定義することを行わなくてはならない。

5. マルチメディアデータベース管理システム

5.1 マルチメディア DBMS とメディア独立性

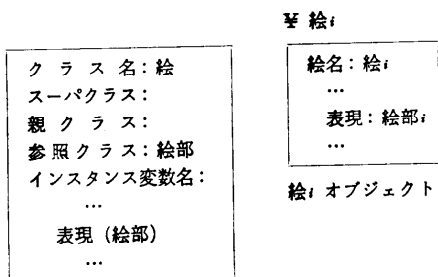
マルチメディアデータベースと利用者の仲立ちをするソフトウェアをマルチメディアデータベース管理システム (DBMS) という。メタデータ管理、質問処理、トランザクション管理といった機能を遂行しないといけないことは従来のビジネスデータ処理用 DBMS と変わりはないが、マルチメディアではオブジェクト指向となるのでユーザインタフェースや記憶構造を含む上記管理体制の中味はかなり変わってこよう。

とくに、マルチメディア DBMS は「メディア独立性」を達成することが必要である。ここに、メディア独立とは、管理すべきマルチメディアデータベースのメディアがどのように変化しようとも、DBMS を変える必要はないという概念である。このための必要条件については 5.3 で改めて言及するが、これは、われわれが一つのリレーショナル DBMS を購入すれば、さまざまなリレーショナルデータベースを管理できることに、たとえられよう。

5.2 マルチメディア DBMS アーキテクチャ

マルチメディア DBMS をどう構築するかの概略を議論する。マルチメディアデータベースは 4.2 で述べたオブジェクト参照法により構築されるとする。三つの基本的 DBMS アーキテクチャが考えられる。

(1) 単一 DBMS アーキテクチャ



絵クラステンプレート

(b) クラステンプレートとオブジェクトレベルの表現

図-7 オブジェクト参照法によるマルチメディア概念モデル構築

(2) 主-従 DBMS アーキテクチャ

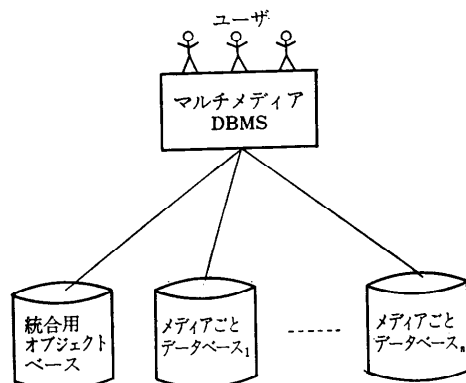
(3) 協調型 DBMS アーキテクチャ

それぞれのアーキテクチャを概念的に図示したのが、図-8 の (a), (b), (c) である。簡単に特徴を述べると、単一 DBMS アーキテクチャでは、マルチメディアデータベースを一つのマルチメディア DBMS で管理しようとする。メディアごとデータベースと統合のために持ち込まれたオブジェクトベースもその管理下におかれる。主-従 DBMS アーキテクチャではメディアごとのデータベースは固有の DBMS が管理している。それらを統括して、一つの DBMS があり、その上に立つユーザにそれらデータベースは一つのまとまりのある一個のマルチメディアデータベースとしてみえる。統合用オブジェクトベースは主 DBMS の直接の管理下におかれてもよい。協調型 (連邦型という可) アーキテクチャではメディアごとに分散した DBMS がお互いに通信仕合って問い合わせや更新に対応し、全体として一つのマルチメディアデータと、どこに座っているユーザにも、みえるようにする。統合用のオブジェクトベースは分散して (重複を許そう) 管理されることとなろう。

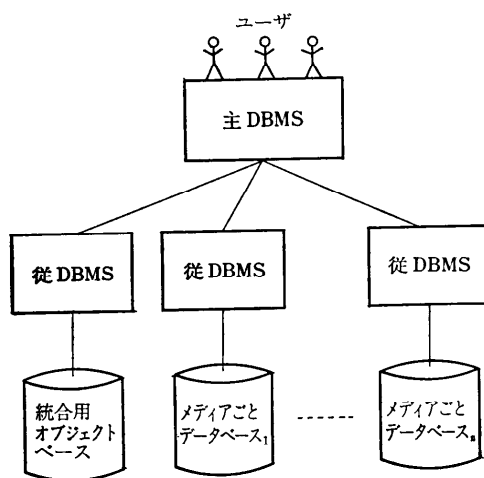
5.3 DBMS の拡張可能性と開放性

メディア独立性を達成することがマルチメディア DBMS では必要であることを 5.1 に指摘した。一方、基本的に三つのマルチメディア DBMS アーキテクチャが考えられることを前節で述べた。しからば、そのメディア独立性はこれらの三つのアーキテクチャでは達成可能なものであろうか。そのための条件といえるようなものを論ずる。

単一 DBMS アーキテクチャと協調型アーキテクチャは、前者が集中型、後者が分散型のアーキテクチャとして、対比的に捉えられよう。結論から述べると、



(a) 単一 DBMS アーキテクチャ

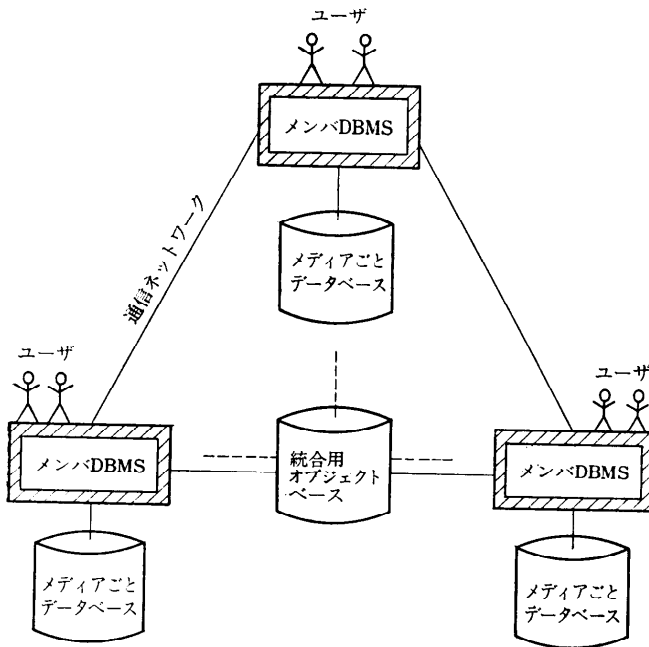


(b) 主-従 DBMS アーキテクチャ

図-8 マルチメディア DBMS アーキテクチャ

前者がメディア独立性を達成できるためには、DBMS が「拡張可能」であることが必要となろう。ここで拡張可能とは、DBMS に必要な機能をいつでも要求により DBMS に付与できるようなフック (hook) が DBMS の側面に付いている、といった概念である [SCF.86], [BaMa86]。たとえば、空間的インデックスを張りたとき、もし DBMS に現時点でその機能が付いていないなら、それ用のエキスパート (特別のプログラム) をとり込める仕掛けがしてあるということである。別の表現にすれば、さまざまな特別注文に即応できるような能力のある DBMS といったらよいかもしれない。

一方、協調型アーキテクチャに基づく DBMS がメディア独立性を達成するには、個々の DBMS がメディアの違いを克服、通信可能であることが前提となる。そのためには個々のシステムは開放型でなくては



斜線部分：遠隔データベースアクセスプロトコルとそれを使った
分散型マルチメディア DBMS 機能の実装

(c) 協調型 DBMS アーキテクチャ

図-8 マルチメディア DBMS アーキテクチャ

ならない。具体的には OSI の 7 層モデルの最上層である応用層上でお互いがオブジェクトレベルの通信を行えるプロトコルの設定が火急の課題となる。現在 ISO で検討されている RDA (遠隔データベースアクセス) プロトコル^[ISO 86]は、SQL レベルで通信を行うことが想定されており、協調型マルチメディア DBMS への適用にはオブジェクト概念のサポート力のないことで問題となろう。

主-従 DBMS アーキテクチャは折衷案で、現実的であろう。

5.4 マルチメディアデータベースのための記憶構造

従来のビジネスデータベース構成 (抽象データ型によるエンジニアリングデータも含む) と、マルチメディアデータベース構成の一番の相異点はタプル (あるいはレコード) 中心のアクセスからオブジェクト中心のアクセスに変わることである旨は、以前に指摘した (3.2)。このことは、従来は ISAM や B-木を用いた一レコード単位のファイルアクセスと処理を前提に設計してきた記憶構造を、マルチメディアデータベースでは、一オブジェクトを表すファイルレベルの

表現が一般に構造化された複数の (ファイル間にまたがる) レコードのあつまりとなるので、それらを高速にアクセスし処理できるように設計仕直さなければならないことを意味しており、その体系化が火急の技術課題となるのである。

6. マルチメディアデータベース利用

6.1 マルチメディアデータベースと利用者

マルチメディアデータベースを構築することは、ユーザにとっていったいどのような意味をもっているのであろうか。シーズ (技術) 先行型となるも、ただ技術者だけの自己満足に終わらないように、真剣に考えておく必要がある。そもそもマルチメディアデータベース構築の目的はビジネスデータ処理領域でのデータベース構築の成功を非ビジネス領域にまで敷衍しようとするににあった。すなわち、文字・数値データに限らず、世の中で見るもの聞くものすべてをデータ

ベース化して、あらゆる生産性を向上させようとするのが目的である。したがって、ユーザがマルチメディアデータベースシステムに対するとき、そこにはさまざまなディスプレイ装置を通して、実世界さながらの空間が再現されねばならない。古くは SDMS^[Hero 80]で実証された二次元インタフェースの重要性は言うまでもない。さらに実世界がメディアごとにあたかもスペクトル分析されたかのようにコンポーネントワイズに組織化されているのであるから、技術が許す範囲でのさまざまな実世界の取り扱いが可能とならねばならない。特に次の二つを本章で記す。

6.2 マルチメディアジョイン

同一の、あるいは異なったメディアの概念モデルのオブジェクト同士、オブジェクトとクラス、クラス同士の結合操作をマルチメディアジョインということにする。基本的には二つのオブジェクト同士の結合が定義できればよい。このため、二つのオブジェクトは同じ値域をもつインスタンス変数があれば、その値を介して、(たとえば値が等しいなら) 結合できるというぐあいにする。ちょうどリレーショナルデータベースでの (自然) 結合の概念に似せる。マルチメディアジョ

イン操作により、メディア間にまたがったデータの検索が可能となる。たとえば一枚の写真に撮っている人々の勤務先一覧などが検索できる。この様子を図-9に示す(ただし、この例では被写体が写真の部品としてすでにオブジェクト認識されていると仮定。6.4 参照)。マルチメディア環境ではジョインは図形が「似ている」とかさまたまな概念のもとでそれを定義することが必要となる。

6.3 メディア変換

先ほど記したようにマルチメディアデータベースでは実世界がメディアごとにスペクトルに分解されるようなぐあいなので、メディア変換を行うことにより、実世界をよりユーザ好み(ユーザの生産性を上げよう)に変換することができる。テキスト部分をナレーションに変換すれば、絵本は紙芝居になる。ただ、このようなメディア変換を本格的に行おうとすると、問題は深く人工知能の問題とかかわっている。したがって、変換が可能かどうかは、画像や音の機械による認識レベルに大きくかかわってくる。その結果、ソースとターゲットとなるメディアの違いにより、その変換の難易度が変わってこよう。たとえば文字→音への変換は、文字→絵に比べてやさしいだろう。「(彼女は美人だ)」という文をどう絵で表すか。

6.4 DBMS 機能と応用プログラム機能の峻別

マルチメディアデータベースに限ったことではないが、そこでは特にマルチメディア DBMS の機能と DBMS 上の応用プログラムの機能を峻別しておくことが必要である。たとえば、「ピタパン」が描かれているページを求める問題を考えてみると、マルチメ

ディア DBMS が直接それに答えられるのは、ページに描かれている内容物がその部品としてオブジェクト認識され、それらが DBMS で管理されていることが前提となる。一方そうでない場合は、DBMS の行える仕事は、絵データベースから一枚一枚絵をとり出し、その絵をピタパンが描かれているかどうかを識別できるエキスパート(すなわち特定のプログラム)にわたすことで、応用プログラムが識別結果をユーザに答えてゆくということになる。

7. む す び

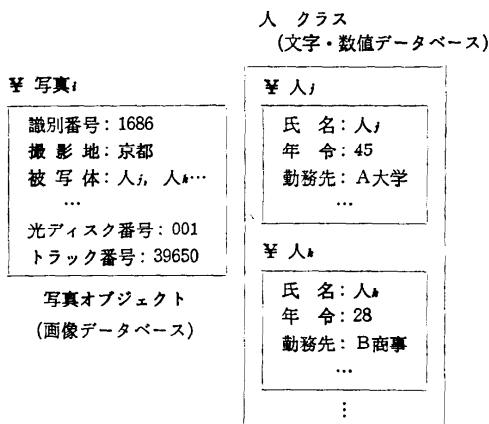
マルチメディアデータベースとはなにかを議論してきた。マルチメディアデータベースシステムを現実のものとするために、テキストデータベース、図形データベース、画像データベース、音データベースに代表される基盤技術をさらに進歩させ、一方、核技術としてのオブジェクト指向データベースシステムの技術とシステム化にむけた統合化技術をみがくことが必要である。日本のハードウェアや通信に対する高い技術水準をみると、核技術の研究開発に一層の努力をはらえば、マルチメディアデータベースが日本で世界に先がけ開花する日が遠くないことを確信している。

謝辞 マルチメディアデータベースとはなにかについて、これまで多くの方々にご議論を賜った。本論文はそれらの方々からの貴重なご意見、ご批判、ご注意を抜きにして成り立つものではない。また本論文査読者からも大変貴重なご意見を賜った。ここに深く感謝の意を表明する。

なお本研究は一部文部省科学研究費補助金、一般C「マルチメディアデータベース管理システムの構築法の研究」と、特定研究A「多元知識情報」の交付を受けて行われたものである旨記す。

参 考 文 献

- [BaMa 86] Batory, D.S. and Mannino, M. (chair persons): Panel on Extensible Database Systems, Proc. of the 1986 ACM SIGMOD Conf., pp. 187-190 (1986).
- [BKW. 87] Banerjee, J., Kim, W., Woelk, D., Ballou, N. and Chou, H-T: A Data Model for Object-oriented Persistent Databases, to be appeared in ACM Trans. on Office Information Systems (1987).
- [ChHT 86] Christodoulakis, S., Ho, F. and Theodoridou, M.: The Multimedia Object Presentation Manager of MINOS: A Systematic Approach, Proc. of the 1986 ACM SIGMOD



検索式 (一例): (1686 [被写体=氏名] 人クラス) [勤務先]

図-9 マルチメディアジョイン

- Conf., pp. 295-310 (1986).
- [CoMa 84] Copeland, G. and Maier, D.: Making Smalltalk a Database System, Proc. of the 1984 ACM SIGMOD Conf., pp. 316-325 (1984)
- [CVL 84] Christodoulakis, S., Vanderbroek, J., Li, J., Li, T., Wan, S., Wang, Y., Papa, M. and Bertino, E.: Development of a Multimedia Information System for an Office Environment, Proceeding of the 10th International Conference on VLDB, pp. 261-271 (1984).
- [GoRo 83] Goldberg, A. and Robson, D.: Smalltalk-80, Language and its Implementation (book), Addison-Wesley (1983).
- [Gutt 84] Guttman A.: R-Tree: A Dynamic Index Structure for Spatial Searching, Proc. of the 1984 ACM SIGMOD Conf., pp. 47-57 (1984).
- [HaLo 82] Haskin, R.L. and Lorie, R.A.: On Extending the Functions of a Relational Database System, Proc. of the 1982 ACM SIGMOD Conf., pp. 207-212 (1982).
- [HaOw 76] Hall, P., Owlett, J. and Todd, S.J. P.: Relations and Entities, in "Modelling in Data Base Management Systems" (Nijssen, G. M. ed.), North-Holland (1976).
- [Hero 80] Herot, C.F.: Spatial Management of Data, ACM TODS, Vol. 5, No. 4, pp. 493-513 (1980).
- [IEEE 84] Special Issue on Multimedia Data Management, IEEE Computer Society, Database Engineering, Vol. 7, No. 3 (1984).
- [IEEE 85] Special Issue on Object-Oriented Systems, IEEE Computer Society, Database Engineering, Vol. 8, No. 4 (1985).
- [ISO 86] ISO/TC 97/SC 21/WG 3 Remote Database Access Draft (April 1986).
- [LSAS 77] Liskov, B., Snyder, A., Atkinson, R. and Schaffert, C.: Abstraction Mechanisms in CLU, Comm. ACM, Vol. 20, No. 8, pp. 564-576 (1977).
- [Masu 84] 増永良文: 第10回 VLDB 国際会議報告, 情報処理学会データベースシステム研究会資料, 44-4 (1984).
- [Masu 85] 増永良文: マルチメディアデータベースシステムの概念設計, 図書館情報大学研究報告, 第4巻, 第1号, pp. 9-26 (1985).
- [Masu 87] Masunaga, Y.: Multimedia Databases: A Formal Framework, Proc. of IEEE Computer Society Symposium on Office Automation, pp. 36-45, Gaithersburg, MD. (1987).
- [NiTs 85] Nierstrasz, O.M. and Tsichritzis, D. C.: An Object-Oriented Environment for OIS Applications, Proc. of the 11th International Conference on VLDB, pp. 335-345 (1985).
- [Oren 86] Orenstein, J.A.: Spatial Query Processing in an Object-Oriented Database System.: Proc. of the 1986 ACM SIGMOD Conf., pp. 326-336 (1986).
- [RoLe 85] Roussopoulos, N. and Leifker, D.: Direct Spatial Search on Pictorial Databases Using Packed R-trees, Proc. of the 1985 ACM SIGMOD Conf., pp. 17-31 (1985).
- [Rose 82] Rosenfeld, A.: Quadtree Grammars for Picture Languages, IEEE, Trans. PAMI, Vol. SMC-12, pp. 401-405 (1982).
- [SCF. 86] Schwarz, P., Chang, W., Freytag, J. C., Lohman, G., McPherson, J., Mohan, C. and Pirahesh, H.: Extensibility in the Starburst Database System, IBM Research Report, RJ 5311 (September 1986).
- [SmSm 77] Smith, J.M. and Smith, D.C.P.: Database Abstractions: Aggregation and Generalization, ACM TODS, Vol. 2, pp. 105-133 (1977).
- [StRG 83] Stonebraker, M., Rubenstein, B. and Guttman A.: Application of Abstract Data Types and Abstract Indices to CAD Data Bases, Proc. Engineering Design Applications of ACM-IEEE Database Week, San Jose, CA., pp. 107-113 (1983).
- [TCE. 83] Tsichritzis, D., Christodoulakis, S., Economopoulos, P., Faioutsos, C., Lee, A., Lee, D., Vandebroek, J. and Woo, C.: A Multimedia Office Filling System, Proc. of the 9th International Conference on VLDB, pp. 2-7 (1983).
- [ToSa 85] Tojo, A. and Sato, T.: Interoperable Database System: A New National R & D Project and its Impact on Multimedia Information Processing Technology, Proc. IEEE Computer Society Workshop on Computer Architecture for Pattern Analysis and Image Database Management, pp. 336-339 (1985).
- [TsK 178] Tsichritzis, D. and King, A.: The ANSI/X3/SPARC DBMS Framework Report of the Study Group on Database Management Systems, Information Systems, Vol. 3, pp. 173-191 (1978).
- [WoKL 86] Woelk, D., Kim, W. and Luther, W.: An Object-Oriented Approach to Multimedia Databases, Proc. of the 1986 ACM SIGMOD Conf., pp. 311-325 (1986).
- [Xero 81] Xerox Learning Research Group: The Smalltalk-80 System, Byte, Vol. 6, No. 8 pp. 36-48 (1981).
- [Xero 85] KEE System Training Manual, Xerox Corp. (1985).

(昭和62年3月30日受付)