

オブジェクト指向技術と マルチメディアデータベース

石 垣 久 四 郎

1. はじめに

約 50 年前に科学計算を目的に誕生した電子計算機は、計算機・情報処理・通信技術の驚異的な速さでの発展により、プログラミング言語をはじめとする文字情報処理、シミュレーション、グラフィカルユーザインタフェース、オンラインシステム、コンピュータネットワーク、データベースシステムなどが具体化され、今日の本格的な高度情報化時代をもたらした。近年のアプリケーションを取り巻く環境は、情報をアクセスし、操作し、表現する方法が多種多様化し、目まぐるしく複雑となってきた。そして、1990 年代には、先進的技術としてのオブジェクト指向技術が電子計算機科学のすべての領域において多くの実りをもたらしている。

特に、データベースシステムの領域では、1960 年代に発展した階層構造モデル、ネットワーク構造モデル、1970 から 1980 年代に発展した関係モデルにもとづくデータベースシステムは 1990 年代に入って、その効用が限界にきていることが明確となり、次世代データベース管理システムを巡る議論が国内外で活発となってきた。それは、各種情報の電子化、すなわちニューメディア、マルチメディアのデータベース化が、ここ 2, 3 年急激に進展している。その影響は、大学図書館システムにおいても顕著である。近年の図書館情報処理システムの形態は、高速大容量の構内ネットワーク機能 (LAN) がメインフレームのクライアント/サーバ・モデルによるマル

チメディアデータを対象とした、電子図書館・デジタル図書館 (electronic library, digital library) を指向する流れが高くなってきている。

このマルチメディア (multi media) とは、情報技術における記憶媒体、情報表現、情報伝達媒体といった、いわゆるメディアの多様化を指す言葉であり、その意味するところは次のように分類して考えることができる⁽¹⁾⁽²⁾。

- ① 光ディスク、高密度フロッピーディスク、CD-ROM など、物理的な意味で情報を伝達できる新しい記憶メディアを言う。
- ② 従来までの情報処理の主流であった「符号化された文字列」の処理から大きく踏み出して、イメージデータ及び画像データ (静止画、動画)、音声データなどの処理にまで情報処理を拡張する場合に、そうした新しい情報表現をマルチメディアデータ、新しい拡張処理をマルチメディア情報処理と言う。
- ③ 衛星通信、光通信などの新しい情報通信方式、デジタル録音、コンパクトディスクのように、従来アナログ処理していた情報をデジタル化して処理する場合など、データ通信、放送分野の新しい技術を言う。
- ④ 以上の①から③までの機能・要素を組み合わせ、統合した、電子出版、電子会議、VOD (ビデオ・オン・デマンド)、ワークステーション、インターネットなど、さまざまな新しい情報処理形態を言う。

これらを総称してマルチメディア情報処理と言っている。

マルチメディア・データベース技術は、文字列だけではなく、画像、イメージ、音声など、多彩な情報表現を対象とし、光ディスクなどの新しい記憶媒体技術を活用し、高速・大容量の構内ネットワーク (LAN) による分散処理環境を踏まえたデータベースシステムを実現するための技術である。具体的には、情報表現軸と新記憶媒体軸の高次的な結合が重要であり、

多彩な情報表現の統一的な扱い方が基礎的な研究課題となっている。現在画像データベースとして具体化されている多くのシステムは、いずれも画像データをそれぞれのシステムに固有なやり方で処理し、格納し、利用可能という段階にとどまっている。つまり真の画像データベースではなく、画像ファイルといった方が正しい。画像データベースとは、種類の異なる画像データ（ラスタ・ベクトル形式）を同じ利用者インタフェースで共同利用が可能であること。加えて、文字列データと画像データを同じデータモデルによって表現・理解できることが望ましいことである。したがって、高度情報化社会では、文字列データも、画像データも、音声データも統一的に理解できるようなデータモデル（実世界の情報構造を直載にコンピュータシステムへの写像）；すなわちマルチメディア・データモデルの早期具体化が必須の情報処理技術となっている。

1990年代からオブジェクト指向技術のアプローチは、マルチメディア・データベースシステムの構築技術として、実現性が高いものであると期待されるようになってから多くの議論がなされている。オブジェクト指向は、情報システムをオブジェクトからなるものと考え個々の要素から複雑なシステムを容易に構築できる技術として提供された。近年コンピュータ産業の流れとしては、ネットワーク環境下において小型化されたクライアント/サーバアーキテクチャ（client/server architecture）が、従来の汎用コンピュータより多く選択されるようになった。つまり低コストで、はるかに高い処理効率をもたらすネットワーク間相互を接続したローカルエリア・ネットワークが、従来までの汎用大型コンピュータに対応する巨大なメインフレームのシステムとして取って変わりつつある。

これらクライアント/サーバシステムの根幹が、情報ネットワーク上で並行に共有される全情報のリポジトリ（repository）としてのデータベースサーバとなってきたことは、しだいに明らかになりつつある。オブジェク

ト指向データベースは、単に「先進的」データベースアプリケーションであるだけでなく、コンピュータによる共同作業全般の要求を満たすべく、これら二つの流れを結びつけ統合することが可能であると考えられるものである。それは、文字、数値、図形、画像（静止画・動画）、音声といった全く異なる (heterogeneous) データを同質化して統合するには、それらの構成要素を全てオブジェクトとみなすことで可能となるであろう。

本小論では、オブジェクト指向技術とマルチメディア・データベース技術について、オブジェクト指向とデータベース機能の両面を概括・検討することにする。

2. オブジェクト指向技術とマルチメディアデータベース

データベースとは、実世界の情報相互間の関連を出来る限り忠実にコンピュータシステムに写像するモデルである。そのモデルを構築するためには、コンピュータがわかるように実世界でのデータの構造や、意味的制約、あるいは操作を記述してやらねばならない。そのための記号系をデータモデルと呼んでいる。従来までの階層構造型、ネットワーク構造型、関係型のデータベースシステムは、1980年代までの文字型データを対象とするデータベースには、大きな効用を発揮してきた。しかしながら、これら従来のモデル及び拡張なしのリレーショナル型データベース管理システム技術は、1990年代のCADデータや長い文字列領域、ラスタまたはベクトル形式の画像データ、イメージデータ、音声データ、動画といった抽象型データのようにさまざまな要素が複雑に絡み合ったオブジェクト、すなわちさまざまな形態を持つマルチメディアデータを表現し、効率よく管理運用しようとする、それはサポートに必要な基本的要素の観点から不向きであるということが、1980年後半頃から明確になってきた。

この問題を解決してくれるのではないかと期待されているのが、オブ

ジェクト指向技術である。オブジェクト指向技術は、Smalltalk-80 や C++言語といったオブジェクト指向プログラミング言語のオブジェクトを永続化できること。さらに質問処理、メタデータ管理、トランザクション管理といった通常のデータベースシステム機能に加え、バージョン管理などの先進的機能を併せもっている。オブジェクト指向データベース技術は、アプリケーション領域と意味的ギャップを取り除く、いわゆる実世界の情報関連ができるだけ密接にモデル化できるため、モデル中の実体間のリンクや関連 (entity relation-ship) が直接表現でき、操作することが可能である。オブジェクト指向データモデルの能力は、抽象データ型付け (abstract data typing)、継承 (inheritance)、オブジェクト識別性 (object identity) といった、オブジェクト指向の考え方から得られたものである。ここで、抽象データ型付け、継承、オブジェクト識別性とは、次のようなことを意味している⁽³⁾。

① 抽象データ型付け (abstract data typing) ;

システムや情報のとらえ方を抽象データ型付けにより、オブジェクトのインタフェースルーチンの実装を隠すことが可能である。また、抽象データ型付けは、クラスという再利用可能な構成要素により複雑なソフトウェアシステムを構築できるようにする考え方である。

② 継承 (inheritance) ;

オブジェクト定義及びクラス構造は継承により、新しいクラスやソフトウェアモジュールをすべて始めから設計する代わりに、汎用性のある既存のクラス階層の上に構築できる。これは特化 (specialization) によりなされ、特化を相補うのが汎化 (generalization) である。汎化により既存モジュールの共通の構成要素が抽象化され、特化と汎化は、ソフトウェアの拡張性、再利用性、そしてコード共有性を拡張するものである。

③ オブジェクト識別性 (object identity) ;

オブジェクト識別性は、アプリケーション中のオブジェクト群を、任意のグラフ構造を持つオブジェクト空間に組織化することを可能にしている。従来までのプログラミング言語とデータベースでオブジェクトを参照するという手法とを比較すると、オブジェクト識別性の方が強力な記法の点で優れており、汎用性もある。

オブジェクト指向データベースは、プログラミング言語とデータベース管理システム間のインピーダンス不整合を軽減することが可能である。すなわち、複雑なアプリケーションにおいては、データはデータベース管理システムから SQL などのデータベース問い合わせ言語によって検索 (取り出される) され、それからの操作 (編集加工) は言語 C や PL/1 といった従来のプログラミング言語で記述されたルーチンによって行うことができる。異なるプログラミング言語 (C と SQL など) におけるデータ型は同じではなく、相互に変換しなくてはならない。データベース言語によりデータにアクセスし、それから従来のプログラミング言語によりそれを操作する理由は、データベース言語が問い合わせだけに制限されているからである。多くの場合、データベース言語は複雑な計算はほとんどサポートしない。計算はプログラミング言語によってなされる。オブジェクト指向データベースは、通常、オブジェクト指向データベース管理システムのデータ操作言語 (data manipulation language) により、アプリケーションの計算を実行するための必要な表現能力を提供することが可能であるという意味で、より完全である。

データベース管理システムの進化と普及、オブジェクト指向システムの展開、クライアント/サーバ・アーキテクチャの普及が、1990 年代の時代精神を表す流れである。それは、ネットワーク環境下で情報を共有化する必要性と、メインフレームからダウンサイジングの流れがコンピュータアプ

リケーションの分野においてデータベースサーバの登場を促進したといっても過言ではない。現在データベースサーバは、ダウンサイジングされたクライアント/サーバ・コンピューティングの根幹として位置づけられる。そうして、オブジェクト指向データベース管理システムは、データベースとオブジェクト指向技術を統合する新しい情報システムへの流れである⁽⁴⁾。オブジェクト指向技術の言語やシステムのアプリケーションは、永続性や並行処理、トランザクションといったデータベース機能を、その情報環境に要求している。これらの要求が、オブジェクト指向データベースと呼ばれる強力なシステムを生み出したのであると言える(図1)。

図1のようにオブジェクト指向データベースは、オブジェクト指向技術の特長と、データベース機能を結合したものであり、またオブジェクト指

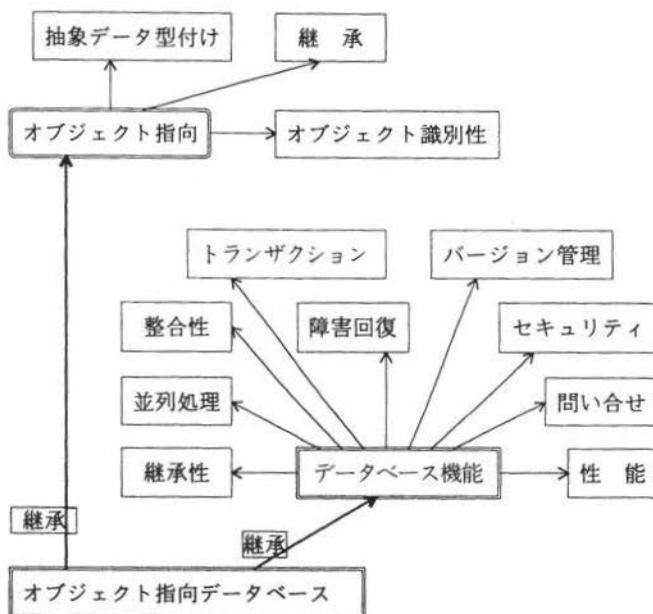


図1 オブジェクト指向データベースの概念図

向は、実世界の問題を直載に表現でき、そのモデル化ができるものである。オブジェクト指向の構文によれば、モジュールの実装の詳細な情報隠蔽 (information hiding), 参照によるオブジェクトの共有既存モジュールの特化によって、自由自在なシステムの拡張が可能である。

データベースの機能は、アプリケーションにおける永続性の保証や、情報の並行な共有が必要である。それは、データベースにより、オブジェクトの状態を永続させたり、プログラムの更新作業を行ったり、多数のユーザが並行に同一の情報を共有できるようにするためである。したがって、オブジェクトの利点と概念を、データベース機能に結合することであり、次のような枠組みで (特徴付け), 定義することができる。

オブジェクト指向は次のように定義される。

- ・抽象データ型付け+継承+オブジェクト識別性

データベース機能は次のように定義される。

- ・永続性+並行処理+トランザクション+障害対策+問い合わせ
+バージョン管理+整合性+セキュリティ+性能

オブジェクト指向データベースは次のように定義される。

- ・オブジェクト指向+データベース機能

以上のことから、オブジェクト指向データベースは、オブジェクト指向とデータベースという、二つの概念を拡張したものであり、その能力は、これら二つの技術を密接に結合した点にあるといわれている⁽⁴⁾⁻⁽⁶⁾。

関係モデルにもとづくデータベースシステムは、1980年代に入って次第に一般化し、1990年代に飛躍的に普及した。そして、マルチメディア時代の現在、これに代わるデータベース・データモデルの機能は、意味データモデル (実体関連モデル), 複合オブジェクトモデル (抽象データ型付け), に加えて継承とオブジェクト識別性が基盤となるデータベースシステムが希求されている。

3. オブジェクト指向技術の機能拡張；マルチメディアデータベースと知的データベース

オブジェクト指向方法論の最も基本的な側面は、抽象データ型、継承、オブジェクト識別性の三つである。これらのおのおのは、ソフトウェア工学と、オブジェクト指向システムのモデル化という特性に貢献し、多くのオブジェクト指向概念が、これら三つの概念に結びついている。ここでは、オブジェクト指向技術の機能拡張として、SQL 言語を基本とした知的データベースシステムとマルチメディア・データベースを取り上げ検討する^{(8),(9)}。

データベース言語 SQL の拡張と標準化は、次世代データベースシステム、すなわち知的データベースシステムの基本的構成要素である。知的データベースシステムは、次の要素を統合したものである。

- ・オブジェクト指向
- ・演繹ルール（エキスパートシステムと人工知能）
- ・情報検索
- ・マルチメディア

図2に知的データベースシステムの機能を示す。知的データベース機能は、オブジェクト指向技術の三つの概念すべてを SQL に統合されねばならない。以下には、抽象データ型、継承、マルチメディア型などについて検討する。

(1) 抽象データ型

抽象データ型付けのためには、スタックのようなユーザ定義データ型、住所のようなタプル型、図書登録番号と表題のような表、などのメソッドと操作を関連つけなければならない。ユーザ定義の抽象データ型付けの概念は、いくつかの商用データベースシステムでサポートしているユーザ定義

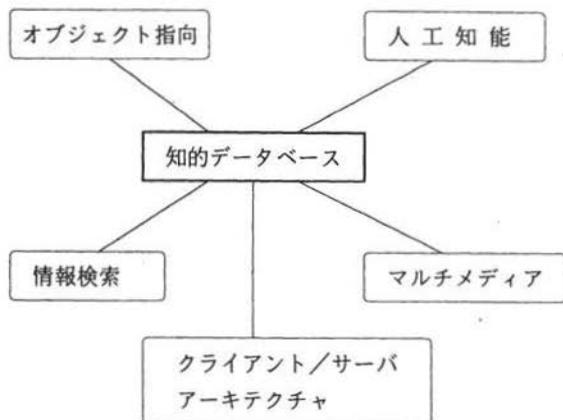


図2 知的データベース技術と機能

関数の機能を拡張することによって、可能となる。抽象データ型付けは、型と操作の両方をユーザ自身が構築でき、永続的 SQL システムで使用できるように概念を型に拡張したものである。次に知的 SQL 表で使える一般的なスタック型の例を考える。一般的なスタッククラスは、Push と Pop というメソッドをもっている。データ型スタックの定義は次のようになる。

```

CREATE CLASS Stack[T] (
  INSTANCE VARIABLES (
    .....
    .....);
METHODS (
  Push
    .....
    .....
    .....

```

```
RETURN St) ;
```

```
Pop
```

```
.....  
.....  
.....
```

```
RETURN StArr[.....] ;))
```

これを知的 SQL 表で表現すると次のようになる

```
CREAT TABLE Account (
    AccountNumber    INTEGER,
    Location          CHAR(20),
    Payables          Stack[DOLLAR, EN, ])
```

知的 SQL で問い合わせをすると次のように表現する。

```
SELECT    AccountNumber, Pop(Payables)
FROM      Account
WHERE     Location="New York"
```

(2) 継承

継承は、永続的表の構造とインスタンスを組織化できる強力なオブジェクト指向技術の概念である。表定義は、構造と表のすべての行の集合；要

素集合の定義を含むもので、知的 SQL における表継承は、集合の包含という、セマンティクスの性質を持つことになる。

Khoshafian. S は、知的 SQL における継承は制約によっても実行できることを示し、知的 SQL における継承の一般型を、次のように記述している^{(8),(9)}。

```

CRESTE TABLE <table name>
    SPECIALIZES <restricted table name list>
        [AS <column name list>]
        [<table elements>]
    
```

ここで、

```

<restricted table name list>
    ::= =<restricted table name>[<, ……>]
<restricted table name>
    ::= =<table name>
        [WHERE <restricted clause>]
<table attributes list> ::= <table attributes>[<, ……>]
<table attributes> ::= =<table name> (<columns list>)
    
```

知的 SQL における継承のセマンティクスのための規則は、次のように要約される。

- ・表継承階層のグラフは、有向非循環グラフである。つまり閉路は存在しない。
- ・ AS 節から指定されると、上位表から継承された列は、AS 節の中の名

前に変更される。

- ・継承階層は、集合の包含というセマンティクスをもつ。
- ・WHERE 節が指定されているすべての上位表について、WHERE 節を満たす上位表は下位表でもある。

(3) マルチメディアデータ型

マルチメディア・オブジェクトとオブジェクト指向データベース技術には、密接な関連がある。いくつかのデータベース管理システムは、たとえば、MicrosoftSQL サーバシステムは、マルチメディアデータ型、すなわち任意の大きさのテキスト、画像、動画などが扱える。このサーバは、TEXT と IMAGE 領域をサポートし、長い領域はデータベースに格納することにより、マルチメディアデータがトランザクション制御下で複数のユーザにより並列的に共有することを可能としている (BLOB, LONG, VARCHAR, IMAGE, TEXT など)。しかし、長い領域をサポートしているほとんどの関係型データベース管理システムにおいては、それらの領域を格納し、アクセスする機能だけで、データ型付け (構造+操作) は考慮されていない。

知的 SQL を含むいくつかの SQL の拡張は、マルチメディア・オブジェクトへの問い合わせのために特別な演算子と述語を提供できる。それは、従来のリレーショナルデータベース管理システムの BLOB または長いデータ領域のサポートに、より知的なマルチメディア型を拡張するものである。マルチメディア型のサポートにおける知的機能は、マルチメディア・オブジェクトの内容検索や属性の連想、マルチメディア・オブジェクトの構造に対する操作などである。

また、画像データは、グラフ、図表、動画、及び2次元ビットマップであるが、ベクトル形式での画像データは特定の位置、サイズ、陰、色をも

つ図形のグループに対応する。画像は、スキャナーにより生成されるか、あるいは外部の PCX, TIFM 又は他の形式の画像ファイルから取り込まれることが多い。知的 SQL では、クラスタとベクトル画像の両方をサポートできるようにしている。また、さらに知的 SQL は、複数の空間的オブジェクトに格納された異種情報の並置問い合わせも実行可能である。

4. おわりに

社会の高度情報化が浸透した昨今、マルチメディアデータ型を管理運用できる次世代データベースシステムは、今後の情報システムの基盤と言っても過言ではない。このような状況から、オブジェクト指向技術を導入したデータベースシステムでは、抽象データ型の概念（メソッド）を活用して多彩なメディアの基本操作プログラムを管理できそうである。また、マルチメディアデータ型のデータベースシステムをより高次なシステムへと拡張するには、知的データベースという流れもあることを忘れてはならない。知的データベースとは、人工知能、情報検索、オブジェクト指向、マルチメディア技術を既存のデータベースと統合したものである。

特に、今後優れた電子図書館（デジタルライブラリ）の構築を具体化するためには、インタフェース（人工知能）、全文データベースと検索（情報検索）、マルチメディア型（音声、画像、テキスト、グラフィクス）のサポートに知的 SQL の機能拡張システムの導入が重要となろう。次世代データベース管理システムでは、これらの機能が効率的/効果的に統合されることが期待されている。

5. 参考文献

- (1) 志賀信夫；“いま、ニューメディアの時代”，朝日ブックレット-34（1984）
- (2) 植村俊介；“新世代データベースシステムに向けて”，信学論(D-1), Vol. J74,

- No. 8, pp 443-446 (1991)
- (3) Setrag Khoshflan; "OBJECT-ORIENTED DATABASES", John Wiley & Sons, Inc. (1994)
 - (4) Atkinson, M., Bancilhon, F et al "The Object-Oriented Database System Manifesto" In Bancilhon et al. (eds), Building an Object-Oriented Database System, (1992)
 - (5) Brown, A.W. "Object- Oriented Databases." Applications in Software Engineering. New York : McGraw-Hill (1991)
 - (6) Cattell, R.G.G., "Object Data Management, Object-Oriented and Extended Database Systems", Reading, MA : Addison-Wesley (1991)
 - (7) K.C. Kim, "Performance of query optimization heuristics in object oriented database systems," Proc. 2nd Int'l. Symp. on Database Systems for Advanced Applications (DAS.FAA '91), PP 99-108, April 1991.
 - (8) Setrag Khoshflan; "Intelligent SQL." Computer Standards and Interfaces 12(1-3), Presented at the X3/SPARC/DBSG OODB Task Group Workshop, Atlantic City, N.J., 1990.
 - (9) Setrag Khoshflan; "Modeling With Object-Oriented Databases." AI EXPERT, October. 1991.