

ワークステーション用データベース

Database for Workstations

ネットワーク上に分散接続された多種ワークステーション、パーソナルコンピュータ、ワードプロセッサなど、共用データベースやローカルなデータベースにアクセスしてデータ、文書、図形などの各種情報を交換、合成、蓄積処理する高度なOAシステムの実用化が迫られている。その実現に必要な基本技術の一つとして、このたびOAシステム指向と大形計算機HITAC Mシリーズのリレーショナルデータベースとのファミリー構成をシステムコンセプトとするOAワークステーション用リレーショナルデータベースシステムの基本技術を開発した。

本論文では、開発のねらい、機能、リレーショナルデータベースシステムの高速度処理、コンパクト化、多種ワークステーション間でファミリー化するための移植性向上技術、適用形態及び効果について述べる。

加藤正道* Masamichi Katô
 奥田弘幸* Hiroyuki Okuda
 岩井徳幸* Noriyuki Iwai
 金子 勉** Tsutomu Kaneko
 石川創一*** Souichi Ishikawa

1 緒 言

OA(オフィスオートメーション)は、オフィスでの定形業務に加えて従来計算機で扱いにくかった文書作成、情報の収集、分析、蓄積などの非定形業務の生産性向上を達成しようとするものである。この実現には、マイクロエレクトロニクス技術に基づくワードプロセッサ、ファクシミリ、ワークステーションなどのOA機器が利用されている。更に、大幅なオフィスの生産性を向上させるには、互いに独立して使われてきたOA機器をLAN(ローカルエリアネットワーク)で有機的に分散、接続し共用データベースやローカルなデータベースにアクセスして文書、図形、音声といった形でデータを相互に交換、共用できる高度の統合形OAシステムが必要とされている(図1参照)。この実現に必要な基本技術の一つとして、OA機器間で情報を蓄積、検索、管理、交換ができ大形計算機HITAC Mシリーズのリレーショナルデータベース管理システム(RDB1)とファミリーを構成するOAワークステーション用リレーショナルデータベース管理システムの基本技術を開発した。本稿では、OAでのリレーショナルデータベース管理システムの機能、使い方、実現技術、適用効果などについて述べる。

2 OA機能とリレーショナルデータベースシステム

統合形OAシステムでは、システム内で扱う情報量の多さ、質の高さが重要であり、その情報を格納するデータベースを構築、運営、管理するためのDBMS(データベース管理システム)の役割が極めて大きい。更に、システム構築には次の二つの要素が重要である。(1)情報は、ネットワークを介して流通、利用されるたびに価値が高まる。情報の流通路を提供するLANは、基本要素の一つである。(2)情報は、人間主体で処理することから、使いやすいマンマシンインタフェースを提供するワークステーションも必要要素である。

一方、オフィスでの仕事は、文書、伝票などの作成、編集、検索、交信に関するものが多く、非定形でその内容はあらかじめ決められていないという特徴をもつ。

これらのことから、OAワークステーションのデータベースに要求される条件は、(1)非定形業務が扱え、(2)計算機の知識のない人にとっても使いやすく、(3)異なったワークステーションのデータベース間で情報のスムーズな交換ができることである。

汎用のデータベースモデルには、ネットワーク、階層、リレーショナルの3種類がある。このうちネットワーク、階層データベースモデルは、データベース中のデータ構造を親子、順序、領域、配置などで定義するために専門知識を必要とし、効率よくデータベースをアクセス、運用するためには、専門の人が注意深く管理しなければならない。またアクセスは、データベースの構造を意識して行なわなければならない。

これに対して、リレーショナルデータベースモデルは、リレーション(テーブル)と呼ばれるフラットな表形式のデータ構造を用いているため、比較的理解しやすく操作も容易である。データベースへのアクセスは、テーブルを分割したり、複数テーブルを結合する操作や演算が定式化されており、非手続き的な言語でユーザー自身で直接データベースを定義したり、操作、検索することができる。更に、LAN上の地理的に分散されたデータベースのテーブルを論理的に結合したり、逆に、ホストコンピュータやデータベースサーバのデータをワークステーション上のローカルなデータベースに選択、切り出す処理にもこの単純な言語が利用できる。

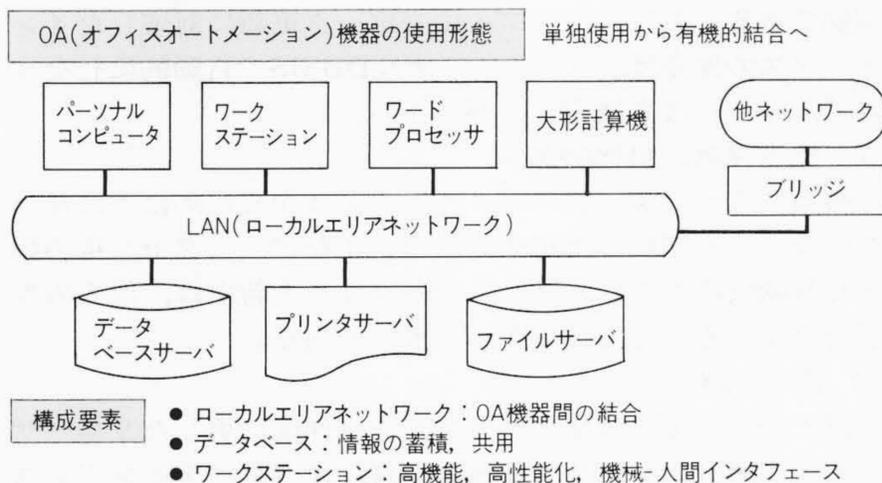


図1 統合形OAシステムの構成例 LAN(ローカルエリアネットワーク)上に分散接続されたパーソナルコンピュータ、ワークステーション、ワードプロセッサなどのOA機器と、それら機器から共用されるデータベース、プリンタ、ファイルなどの機能を提供するサーバから構成される。

* 日立製作所システム開発研究所 ** 日立製作所旭工場 *** 日立製作所多賀工場

このような特徴からリレーショナルデータベースは、統合形OAシステムを構築するのに向いているので、(1)大形計算機、ワークステーション、パーソナルコンピュータなどでリレーショナルデータベースのアクセス(照会)言語を標準化し、(2)各種ワークステーション上にリレーショナルデータベース管理システムをファミリー化して搭載した。

3 機能概要と照会言語

3.1 ワークステーション用リレーショナルDBMSの機能

テーブルは、図2(a)に示すようなアクセスの基本単位である複数の縦の列(カラム)と、横の行(ロー)から構成されている。テーブルは、従来のファイルに対応し、ローはレコードに、カラムはフィールドにそれぞれ対応している。データベースは複数のテーブルから構成されており、これを扱うリレーショナルDBMSの機能を同図(b)に示す。

(1) テーブルの定義, 削除

テーブルは、テーブル名、カラム名、カラムに格納されるデータのタイプを指定してデータベース中に新しく定義したり、カラムを追加したり、不用になったテーブルを削除することが任意の時点で行なえる。

(2) データの操作

定義したテーブルはデータ操作機能により、値の挿入、更新、削除ができる。テーブル定義とデータ操作機能により、データベースを構築することができる。

(3) データの検索

リレーショナルDBMSでのデータ検索は、主機能の一つであり関係代数の選択、射影、結合演算を非手続き形式(アクセス手順を条件判定や繰返し機能を使わず)で指定して行なう。選択は、図3に示すようにテーブル上の条件に合うローだけを、射影は、図4に示すように指定したカラムだけを部分抽出して検索する。また、結合は図5に示すように、二つのテ

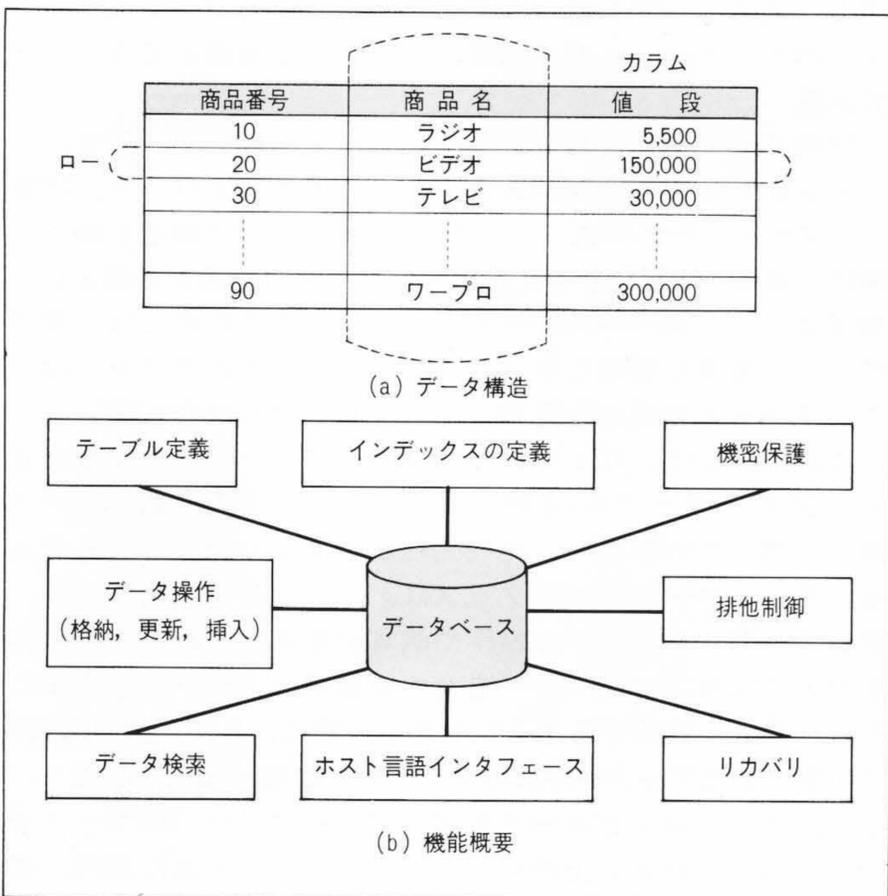


図2 データ構造とリレーショナルデータベース管理システムの機能概要 リレーショナルデータベースで扱うデータ構造は、シンプルな表形式をしている。データベース管理システムは、テーブル定義、データ操作、検索など八つの主機能を備えている。

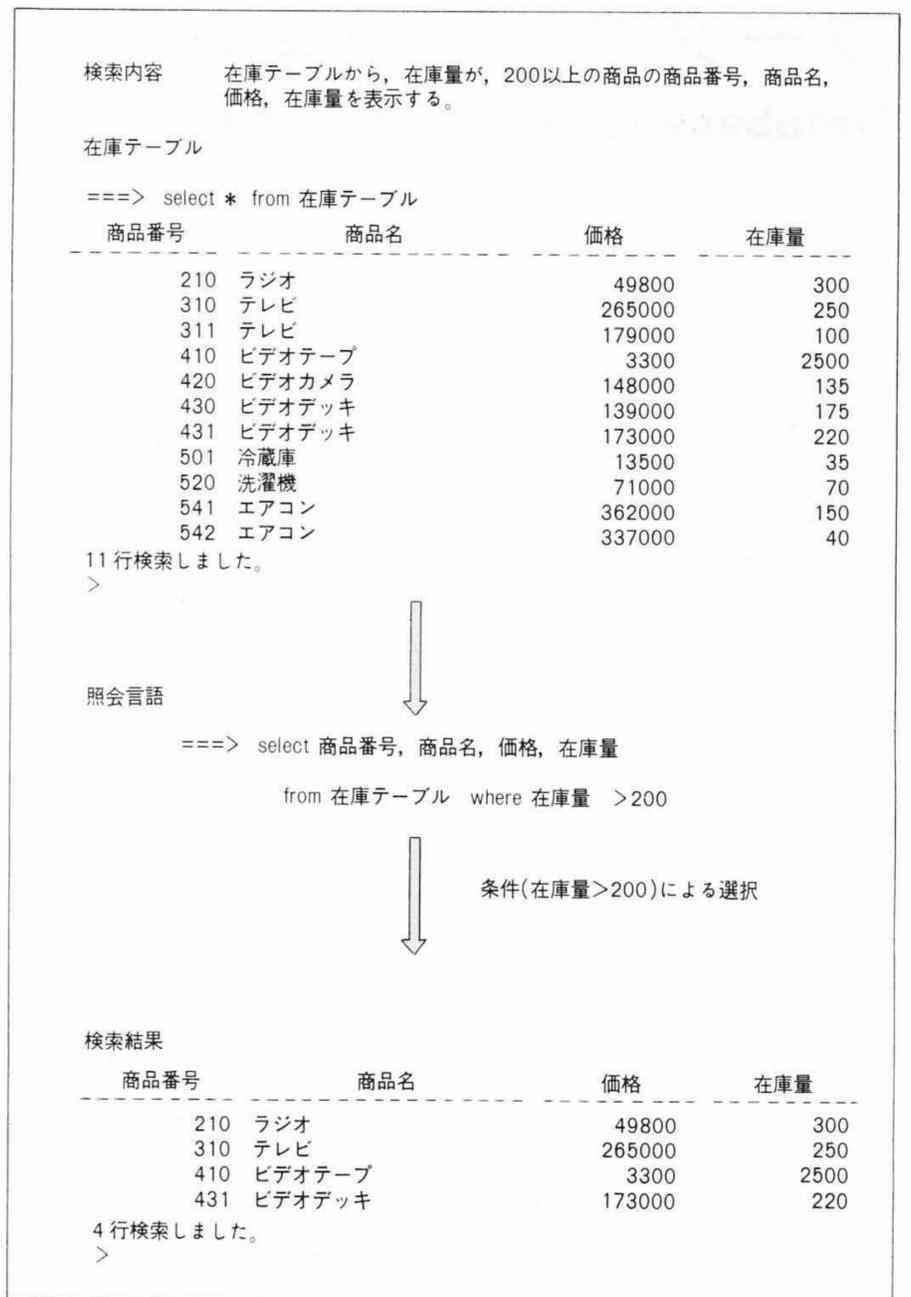


図3 選択(条件の合致ロー)による検索 テーブル中の指定されたカラムの条件に合致した値をもつローを検索する。

ーブルを共通カラムを指定して一つのテーブルに結合して検索する。この基本検索機能は、組み合わせることで、結果に対し並び替えやグループ化が指定できる。

(4) インデックスの定義, 削除

テーブルの大量データ中から検索条件に合うデータが、高速検索できるようにインデックスを定義できる。インデックスは、テーブル上の任意のカラムに対して随時定義したり、削除できる。更に、テーブル中のデータ更新に対応したインデックスの保守は、リレーショナルDBMSで自動的に行なうのでユーザーは意識する必要はない。

(5) 機密保護, 排他制御

複数の人が、データベースをアクセスするために人に見せたくないテーブルの指定や更新の禁止など、アクセス権の指定や解除機能がある。また、テーブルの更新中は、他人の参照を禁止するなどの排他制御の機能がある。

(6) 障害回復

試行錯誤による操作でテーブルを操作前に戻したりユーザーの操作誤り、ディスク媒体の不良、オペレーティングシステムやDBMSの誤動作などの障害からデータベースを守るためにテーブルを故障前に戻すための機能をもっている。

3.2 照会言語の仕様

ワークステーション用リレーショナルDBMSの照会言語の基本仕様概要は、表1に示すようなものである。本仕様は、ISO(国際標準化機構)で標準化中のSQL(Structured Query

検索内容 在庫テーブルから商品番号, 商品名, 在庫量を表示する。

在庫テーブル
 ==> select * from 在庫テーブル

商品番号	商品名	価格	在庫量
210	ラジオ	49800	300
310	テレビ	265000	250
311	テレビ	179000	100
410	ビデオテープ	3300	2500
420	ビデオカメラ	148000	135
430	ビデオデッキ	139000	175
431	ビデオデッキ	173000	220
501	冷蔵庫	13500	35
520	洗濯機	71000	70
541	エアコン	362000	150
542	エアコン	337000	40

11行検索しました。
>

照会言語
 ==> select 商品番号, 商品名, 在庫量 from 在庫テーブル

(商品番号, 商品名, 在庫量)への射影

検索結果

商品番号	商品名	在庫量
210	ラジオ	300
310	テレビ	250
311	テレビ	100
410	ビデオテープ	2500
420	ビデオカメラ	135
430	ビデオデッキ	175
431	ビデオデッキ	220
501	冷蔵庫	35
520	洗濯機	70
541	エアコン	150
542	エアコン	40

11行検索しました。
>

図4 射影(カラムの選択)による検索 テーブル中の指定したカラムを検索する。

Language)言語に準拠し、日立製作所の大形計算機HITAC MシリーズのリレーショナルDBMS(RDB1)のサブセットとした。更にワークステーション用リレーショナルDBMSの照会言語仕様は、主メモリ、二次メモリ量が多く実装され、複数ユーザーで同時使用できる高級形ワークステーションと単一ユーザーで使う普及形ワークステーション用に2種類用意して、選択して採用できるようにした。両者の仕様の主な相違点は、障害回復、複数ユーザー同時参照用機能があるかないかである。

(1) 照会言語の特徴

データベースの照会言語は、図3~5に示すように検索対象に対して何を検索するかというWhat to形式の非手続き形式をしている。この方式は、従来のHow to形式に比べて仕様の機能水準が高く、データベースの物理的なデータ構造やアクセス手順などに依存せずに記述できるという特徴をもっている。このため、照会言語を使用して開発した応用プログラムは、データ管理部のプログラム開発の工数を削減できるうえ、異種ワークステーションへの移植性が向上する。

(2) 照会言語の使用方法

- 照会言語の使い方は、以下に示す三つの方法がある。
- (a) 端末からコマンドの形式で入力して、結果は、ディスプレイに表示して使用する。
 - (b) リレーショナルDBMSをサブルーチンやマクロの形式で参照するとき、照会言語はパラメータで渡して使用する。
 - (c) プログラミング言語COBOL, Cなどで記述した応用プログラム中に、照会言語を埋め込んで記述して使用する。

4 実現方式

4.1 ワークステーションのソフトウェアシステムにおける位置づけ

図6はワークステーション内の他のソフトウェアとリレーショナルDBMSの関係づけを示したものである。従来の入出力装置制御、メモリ管理といった基本オペレーティングシステム機能の上に拡張オペレーティングシステム機能として通

検索内容 顧客テーブル, 売上テーブルから, 商品番号の商品を買った顧客の顧客名, 住所, 電話番号を表示する。

顧客テーブル
 ==> select * from 顧客テーブル

顧客番号	顧客名	住所	電話番号
11	木下商会	港区浜松町2-4-1	453-4111
12	高橋電機	横浜市西区2-9-40	321-5217
13	川崎産業	千葉市新宿2-14-2	47-8607
31	ハヤマ商事	沼津市黒瀬町8-1-2	32-4962
32	中部百貨店	名古屋市中区3-17-12	251-3111
51	秋田電気	仙台市一番町2-4-1	23-0121
41	神戸商会	神戸市中央区京町7-1-2	392-0921

7行検索しました。
>

売上テーブル
 ==> select * from 売上テーブル

伝票番号	顧客番号	商品番号	売上数
311	32	410	500
312	32	420	20
313	32	431	35
314	32	541	40
315	32	550	10
316	12	310	5
317	12	501	3
318	41	410	650
319	41	430	50
320	41	520	10
321	11	431	70
322	31	311	15
323	31	410	450
324	31	550	15
325	13	210	50
326	13	311	20
327	11	420	35

17行検索しました。
>

照会言語
 ==> select 顧客名, 住所, 電話番号 from 売上テーブル, 顧客テーブル Where 顧客テーブル, 顧客番号=売上テーブル, 顧客番号 and 商品番号=431

顧客名	住所	電話番号
木下商会	港区浜松町2-4-1	453-4111
中部百貨店	名古屋市中区3-17-12	251-3111

2行検索しました。
>

図5 二つのテーブルを顧客番号で結合した検索 複数テーブルを、結合カラムを指定して単一テーブルの形で結合して検索する。

表1 照会言語の仕様概要 ワークステーション用リレーショナルデータベースをアクセスする照会言語は、大形計算機HITAC Mシリーズの照会言語EQL(Extended Query Language)のサブセットで構成している。

分類	構文	
検索コマンド	SELECT { * <列名リスト> <関数参照> } FROM <表名リスト> [WHERE <検索条件>] [GROUP BY <列名リスト>] [HAVING <検索条件>] [ORDER BY <ソート条件>]	
更新コマンド	行の挿入 INSERT INTO <表名> ((<列名>) {VALUES(<データ値リスト>) <検索コマンド>}	
	行の削除 DELETE FROM <表名> [WHERE <検索条件>]	
	行の更新 UPDATE <表名> SET <列名> = <データ値> [WHERE <検索条件>]	
	列の追加 ALTER TABLE <表名> ADD <列名> <データ形>	
定義コマンド	表の作成 CREATE TABLE <表名> <列名> <データ形>	
	表の削除 DROP TABLE <表名>	
	インデックスの作成 CREATE INDEX <インデックス名> ON <表名> (<列名>)	
	インデックスの削除 DROP INDEX <インデックス名>	
制御コマンド	権限の認可 GRANT {ALL <アクセス権限名>} ON <表名> TO {<ユーザID> PUBLIC}	
	権限の取消	権限の取消 REVOKE {ALL <アクセス権限名>} ON <表名> FROM {<ユーザID> PUBLIC}
		権限の取消 <アクセス権限名> := SELECT INSERT DELETE UPDATE <列名>
	トランザクションの終りの定義 COMMIT WORK	
	トランザクション内のロールバック ROLLBACK WORK	

信機能、日本語処理機能などが存在し、その中の一つとしてリレーショナルDBMSを位置づける。これらの機能は、オペレーティングシステム機能として応用プログラムから利用される。これにより、応用プログラムごとにリレーショナルDBMSを組み込む必要がなくなり、実行に必要なメモリ量削減と使い勝手が向上する。

4.2 プログラム構造

リレーショナルDBMSの構造を図7に示す。

(1) 管理プログラム制御部

複数ユーザーの管理制御やユーザーのデータベースに対する仕事の基本単位として定義される論理トランザクションの開始、終了管理などを行なう。

(2) 照会言語の解析、実行部

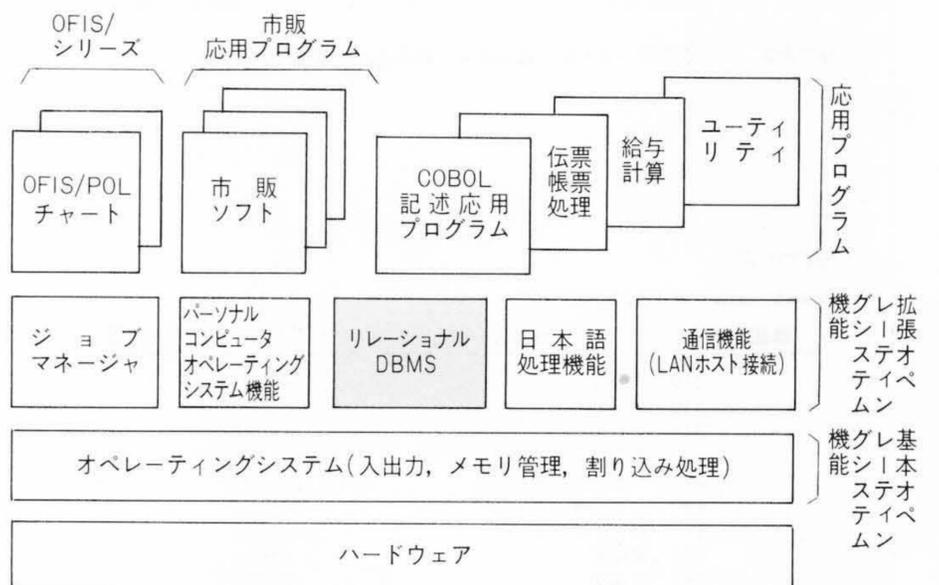
データベースに対する照会言語のWhat to access形式をHow to access形式に変換するのが処理内容である。

(3) データ操作部

照会言語の変換結果であるデータベースアクセス手順に従って、ディスクに対してデータを格納、検索したり、ソートする。

4.3 実現上の課題

ワークステーションのリレーショナルDBMSは、実現するに当たって以下のような技術課題がある。



注：略語説明 DBMS(Data Base Management System)

図6 ワークステーションのソフトウェア構成図 リレーショナルDBMSは、オペレーティングシステムの拡張機能として応用プログラムからアクセスされる。

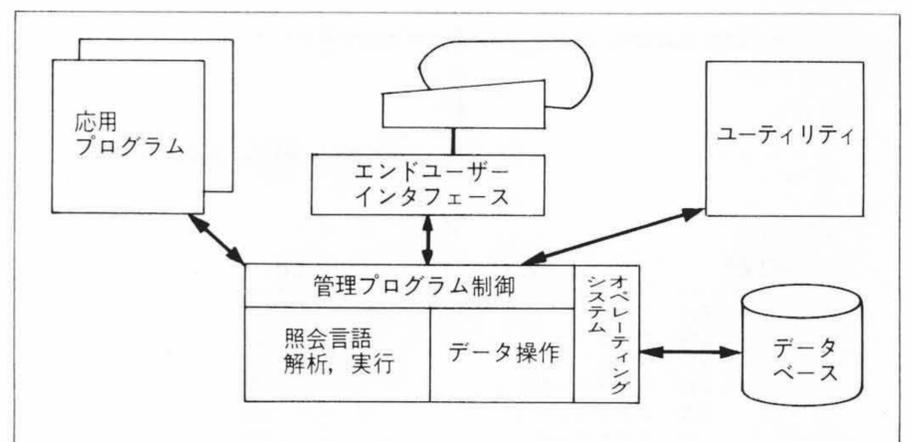


図7 リレーショナルDBMSの構造 リレーショナルDBMSは、制御部、照会言語の解析・実行部、データ操作部から構成されている。照会言語は、端末からコマンドとして入力したり、システムマクロのパラメータとしてリレーショナルDBMSに渡される。

(1) コンパクト化

小規模な装置上で、応用プログラムと結合して使用するため、所要メモリの少ないことが要求される。

(2) 処理の高速化

- (a) 照会言語が、何をアクセスするか(What to access)の形式で与えられるので、これをいかにしてアクセスするか(How to access)の形式に変換する処理が必要となる。一つの照会言語に対して、複数のアクセスパスが生成できる場合もあり、処理速度のより速いものを選択生成する必要がある。
- (b) 大量のデータが処理対象であり、更に以下に示すような処理が必要となるので高速化処理は重要である。
 - (i) 複数ユーザーで、データを共用したり同時使用することがあり、機密保護、排他制御の処理を必要とする。
 - (ii) 障害に備えて、データ回復用情報の取得処理が必要である。
 - (iii) LANなどを介してアクセスされる場合があり、新たに、通信のオーバーヘッドが生じる。

(3) ファミリー化

リレーショナルDBMSは、異種ワークステーションやサーバなどにファミリー化して搭載し、LAN上で接続しOAシステムを構築できるようにする。このため、異種ワークステーションやサーバなどへ移植しやすい実現方式、構造に設計する

必要がある。

4.4 プログラムの設計

- (1) コンパクト化のために以下の方式で対応している。
 - (a) 照会言語の構文解析は、解析手順を表の形式にまとめて、入力言語に基づき表を解釈実行しながら行なう表駆動方式を用いて、従来方式に比べて約 $\frac{1}{2}$ のメモリ量で実現している。
 - (b) データベースのデータ、インデックス、ディレクトリは、すべてページと呼ばれる同一のメモリブロック単位で扱いディスクとの入出力処理プログラムの共用を図っている。
 - (c) このほか、**図8**に示すように、ワークステーションの実装メモリ量に応じて、プログラム、データのオーバーレイ量の割合を変更して対応している。
 - (d) 管理プログラムの機能定式化を進めモジュール化を図り、モジュールの選択により普及形ワークステーション用バージョンと排他制御、機密保護、通信機能などを備えた高級形ワークステーション用バージョンが構成できる。
- (2) データベースへの高速アクセス処理を実現するために、以下の方式や処理を組み込んだ。
 - (a) インデックス定義

インデックスを定義することにより、データベースに高速にアクセスできる。インデックスの構造はB⁺ツリーであり、カラムのデータ変更に対して管理プログラムでインデックスの更新を行なう。
 - (b) アクセス手順(パス)の短縮化(**図9**参照)

単一コマンドのレベルで以下のようなアクセス手順の短縮化を行なう。

 - (i) 結合演算では、二つのテーブルにインデックス定義あり、ソート済み及びインデックス定義もソートもされていない、場合に分けて処理方式を分類する。
 - (ii) 複数カラムにインデックスが定義されている場合、検索条件式中の比較演算子の種類や単一か複数条件かでインデックスの活用順位を決定する。
 - (c) ディスクとの入出力処理で複数の入出力バッファ群は、良くアクセスされるデータをより長くバッファ上に残しておくLRU(Least Recently Use)方式により管理する。
 - (d) データ、ディクショナリ、インデックスは、ページと呼ばれるメモリブロック単位で格納して統一処理を行なっている。データベース管理情報のディレクトリは、同じテーブルの情報を一つのページに局所化して格納してディスクとの入出力回数を削減している。

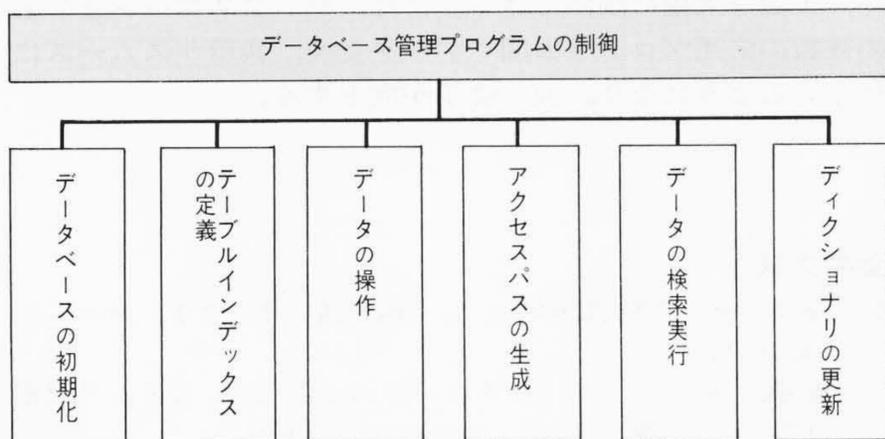


図8 オーバレイ構造 メモリ量の少ないワークステーション用にリレーショナルDBMSは、プログラムやデータのオーバーレイで対応する。オーバーレイ構造は、テーブルの定義系、検索系、アクセスパスの生成系などで構成される。

●問合せ処理最適化分類

分類	対象	方式
大局的最適化(I)	複数トランザクション	・トランザクションのクラスタリング ・スケジューリング
大局的最適化(II)	トランザクション 複数コマンド	・コマンドのクラスタリング ・問合せ変更とスケジューリング
局所的最適化	単一コマンド	・問合せ等価変換 ・関連条件のクラスタリング ・ルール利用による処理手順限定 ・処理手順コスト評価

●インデックス複数カラム定義時の利用順位

優先	条件	比較子
1	単一条件	" = "
2		" is Null "
3	複数条件	区 間
4	単一条件	<, > <=, >=
		IN
5	複数条件	" = "

●結合演算の処理方式

優先	結合カラム条件
1	インデックス定義
2	ソート
3	非ソート

図9 データベースアクセス手順の短縮化 アクセス手順の短縮化処理は、単一コマンド(照会言語の一文)を対象に、インデックスの利用順位や結合演算のカラム条件による処理の選択をする。

- (3) ファミリー化は、以下の方式で実現している。
 - (a) パーソナルコンピュータ、ワークステーション、端末など複数の機器に搭載できるように、それら機器で共通に使えるC言語で記述し、オペレーティングシステムやシステム構成に依存する部分を局所化し設計した。リレーショナルDBMSは、MS-DOS^{*1)}、UNIX^{*2)}、リアルタイムオペレーティングシステムなど、複数のオペレーティングシステム上に移植した。
 - (b) ワークステーションのシステム規模の大小に対応するため、プログラム、データのオーバーレイ制御の採用と機能モジュールの取舍選択を可能とする構造で設計した。
 - (c) 特定オペレーティングシステムに依存する部分を局所化するために、機密保護、排他制御、タスク管理などをDBMSの基本機能として支援し、かつディスクとの入出力を、ページ単位で論理化して行なっている。

5 適用形態と効果

5.1 適用形態

- (1) 単独で使用するパーソナルコンピュータ、ワークステーション、ワードプロセッサなどに搭載して、その上で使用可能な文書処理、グラフ処理、伝票帳票処理などの応用プログラムを統合するデータ管理にリレーショナルDBMSを利用する。
- (2) **図10**に示すようにパーソナルコンピュータ、ワークステ

*1) 米国マイクロソフト社が開発したオペレーティングシステムの名称である。

*2) 米国ATTベル研究所が開発したオペレーティングシステムの名称である。

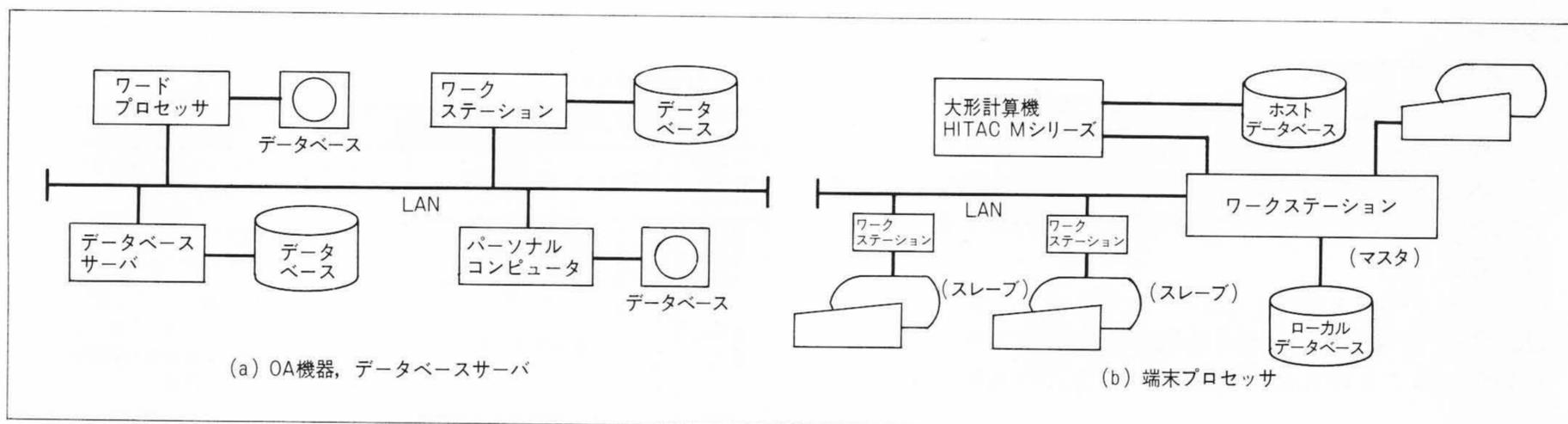


図10 適用形態 リレーショナルDBMSは、ワードプロセッサ、ワークステーション、パーソナルコンピュータなどのOA機器や、データベースサーバに搭載して使用する。

表2 ファイルシステムとリレーショナルデータベースの比較 データベースによるデータ処理は、応用プログラムの開発工数、プログラムの作りやすさの点で優れている。しかし、処理速度は、ファイルシステムのほうが専用化されるので一般に速い。

項目	ファイルシステム	データベースシステム
方式の概略		
プログラムの開発工数	プログラムごとにデータ操作方法、データ構造を個別に設計	データベース管理システムのデータ構造、検索処理言語を利用
プログラムの作りやすさ	プログラム、計算機の専門知識必要 (How to access)	非専門家でも作成可能 (What to access)
データの重複	同一データの重複格納あり。	一つのデータ共用
データの共用	困難(変換処理多い。)	容易
処理速度	プログラム専用化により速い。	汎用化のオーバーヘッドあり。
総合評価	×	総合評価

ーション、ワードプロセッサなどOA機器上のローカルDBMSとして使用する。

(3) 大形計算機に接続された端末やワークステーションに搭載して、大形計算機のデータベースを共用データベースとし、ワークステーションのデータベースをローカルデータベースとして使う。

5.2 適用効果

表2に、リレーショナルDBMSと従来のファイルによるデータ処理を比較して示す。適用効果は、以下のようにまとめることができる。

- 高水準の非手続き形式の照会言語と、単純で理解しやすいデータ構造によりデータベースの使い勝手が向上し、構築、管理、運用が容易となる。
- 各種ワークステーションにリレーショナルDBMSを搭載することにより、ワークステーション間やワークステーション上の応用プログラム群の間でデータ管理が統一化でき、データ共用、交換がスムーズに行なえる。
- 応用プログラムのデータ処理プログラムが、高い機能水準の照会言語で記述できるので開発工数が大幅に減り、かつ異種間あるいは新旧ワークステーション間で応用プログラムの流用がしやすくなる。
- 大形計算機HITAC Mシリーズとワークステーション、あるいは端末と接続して大形計算機データベースのデータを切り出し、ワークステーションのDBMSで処理することにより負荷分散が実現できる。

6 結 言

統合形OAシステムと大形計算機HITAC Mシリーズとのファミリー化を指向したワークステーション用リレーショナルDBMSを開発した。これにより、ワークステーション上で計算機の知識の少ない人でも比較的容易に個人用データベースが構築できるようになり、更にLANに分散接続された異種間ワークステーションのローカルデータベースやサーバ、ホストコンピュータ上の共用データベースをアクセスできるようになった。一方、応用プログラム開発は、データ操作の処理をリレーショナルDBMSの高水準な照会言語で開発できるので、工数を大幅に削減できる。また、ワークステーション上の複数の応用プログラム間でデータ交換、共用がスムーズに行なえるようになり、使い勝手が向上する。

参考文献

- 尾関，外：OA実践の考え方，OA実践シリーズ1，オーム社（昭60-1）
- 福嶋，外：リレーショナルデータベース管理システム“RDB 1”，日立評論，66，8，599～604（昭59-8）
- 増永：リレーショナルのすすめ，Computer Today，サイエンス社，7，4～17（昭60-5）
- 加藤，外：OA向けリレーショナルDBMSの開発，第31回情報処理学会全国大会論文集，1151～1152（昭60-9）