

# データベースの設計と評価のためのツールの試作 — MELCOM 700 データベース (EDMS) 向け —

和田雄次 溝口徹夫 中村晋

(三菱電機(株) 計算機研究部) (同 電子技術部)

## 1 はじめに

データベースの自動設計は重要な技術課題の一つである。データベースの設計は次の3クラスに分類できる。(1)情報構造の設計, (2)論理構造の設計, (3)物理構造の設計。このテーマについて数多くの研究が発表されている。Berlid [10], Smith and Smith [16], [17], Schiffner [18] 及び Bubenko [19] が上記の(1)について, また Chen and Yao [6], Chen [4], [15], Gerritsen [20], Navathe [24] 及び House [25] が, 上記の(2)論理設計について, また, Gerritsen [2] 及び Schkolnick [12] が(3)物理設計について各々研究している。一方, このような設計方式の研究のみならず, 設計ツールもまた数多く開発されている。例えば Gambino [1], March [3], Duhne [4], Nakamura [5], Hulten [7], Berelian [8], Siler [9], Ravor [11], Mitoma [13], Teorey [22] 及び 米田 [23] などが挙げられる。こうした設計ツールの多くは, 先ずオIにデータ仕様, 向合せ情報, データベース管理システムの情報及びハードウェア情報を入力し, 次にデータベースの論理構造または物理構造を決定し, 最後にその性能を評価する方式をとっている。

本論文は上記の(1)情報設計は取り挙げず, (2)論理設計と(3)物理設計について言及する。本研究の目的は, CODASYL 準拠 [21] データベース向けの設計評価ツール(特に, CODASYLスキーマの設計と性能評価のためのツール)を開発することである。著者らは, CODASYL仕様準拠汎用データベースシステムの一つである MELCOM EDMS データベースシステム [28] を取り上げ, その EDMS 専用今回新たに開発された設計評価ツール (DMSDBDA) について述べていく。DMSDBDA はデータベース管理者 (DBA) のための対話形式の設計支援ツールであり, 次の4機能から成る。(1)論理設計 (例. データ項目, グループ, セットなどの定義), (2)物理設計 (例. グループのロケーションモード, セットのポインタチェーン, エリアのサイズ, バッファのサイズなどの決定), (3)性能評価 (例. 向合せの応答時間, アクセスコスト, 記憶コストの推定), (4)スキーマファイルの生成。DMSDBDA は MELCOM COSMO 700 計算機のオンライン端末として接続される CRT キュラクタディスプレイ上で実行され, かつ優れたマンマシンインタフェースを提供している。

## 2 DMSDBDA の構成と機能

DMSDBDA は図1に示されるような4フェーズから成る。オ1フェーズはデータ仕様, 向合せ情報, ハードウェア情報及びDBMS情報の入力である。オ2フェーズはデータベースの論理構造の設計であり, オ3フェーズはその物理構造の設計であり, オ4フ

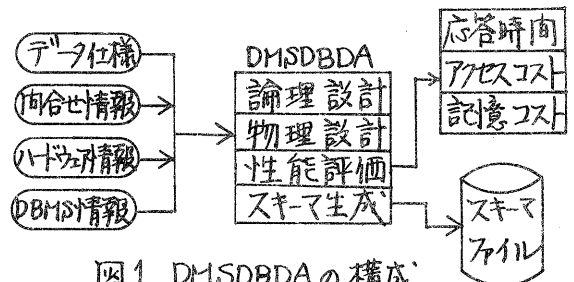


図1 DMSDBDAの構成

エーズはスキーマファイルの生成である。

## 2.1 論理設計

論理設計は図2に示される如く6ステップから成る。

### (1) データ項目のクラス化

クラスとは1個以上のデータ項目タイプから成る情報集合であり、論理設計の基本単位である。本ステップは(a)クラスの新規作成、(b)既存クラスの再構成及び(c)既存クラスの表示の3機能を有し、その機能の選択はCRTディスプレイ上に表示されたメニュー画面を通して実施される。

### (2) クラスのグループ化

グループとは1個以上のクラスから成る情報集合である。本ステップは(a)グループの新規作成、(b)既存グループの分割及び(c)既存グループの統合の3機能を有し、その選択はメニュー画面を通して実施される。

### (3) セットの定義

セットは2つのグループを関係付けるための情報である。本ステップは(a)セットの新規作成、(b)セットの追加及び(c)既存セットの削除の3機能を有し、その選択はメニュー画面を通して実施される。グループ間の対応関係が1対多の時は1つのセット、また対応関係が多対多の時は2つのセットと連結グループを指定する。本ステップが完了するとデータベースの論理構造がCRT画面に図形表示される。

### (4) エリアの定義

本ステップは、エリア名の定義とエリアサイズの初期化の2機能から成る。

### (5) スキーマの定義

本ステップは、スキーマ名の定義、パスワードの指定、サブスキーマ生成用プライベートロックの指定及びスキーマ変更用プライベートロックの指定の4機能から成る。

本フェーズにおいて設計された論理構造は以下の拘束条件(条件1と条件2)を満足しなければならない。

<条件1> 1つのデータ項目タイプは唯1つのクラスに含まれる。

データ項目タイプの索引集合 $\Pi$ とクラスの索引集合 $C$ を次のように定義する。

$$\Pi = \{1, 2, \dots, M\}, \quad C = \{1, 2, \dots, N\}$$

ただし、 $M$ はデータ項目タイプの総数、 $N$ はクラスの総数である。クラス拘束変数 $T_{tc}$  ( $t \in \Pi, c \in C$ )を次のように定義する: データ項目タイプ $t$ がクラス $c$ に含まれている時は $T_{tc} = 1$ , 逆に含まれていない時は $T_{tc} = 0$ とする。したがって、上記の<条件1>の必要十分条件式は次のように記述される。

$$\sum_c T_{tc} = 1 \quad \forall t \in \Pi$$

<条件2> 1つのクラスは唯1つのグループに含まれる。

グループの索引集合 $R$ を以下のよう定義する。

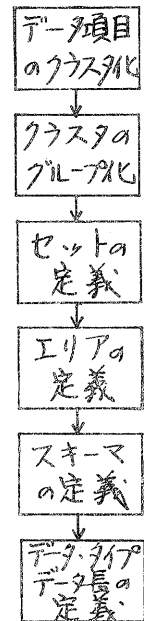


図2 論理設計

$$R = \{1, 2, \dots, n\}$$

ただし、 $n$ はグループの総数である。グループ拘束変数  $G_{ci}$  ( $c \in C, i \in R$ ) を次のように定義する：フラスタ  $C$  がグループ  $i$  に含まれている時は  $G_{ci} = 1$ 、逆に含まれていない時は  $G_{ci} = 0$  とする。したがって、先述の〈条件2〉の必要十分条件式は次のように記述される。

$$\sum_i G_{ci} = 1 \quad \text{ただし } c \in C$$

## 2.2 物理設計

物理設計は図3に示す如く、7ステップから成る。グループのロケーションモードは、CALC, VIA, INDEXEDの3種類が用意されており、その選択はメニュー画面Eを通して実施される。セットオータ i.e. ポインタは、(1) NEXT, (2) NEXTとOWNER, (3) NEXTとPRIOR, (4) NEXTとPRIORとOWNERの4種類が用意されており、その選択はメニュー画面Eを通して実施される。OWNER AREAの指定はCODASYL[21]のSYSTEMと類似の機能を意味し、その指定の有無がグループごとに決定される。グループが格納されるエリアを決定する。データベースの基本的な構成単位はページであるので、グループを格納するページ範囲を決定する。エリアのサイズとコアバッファのサイズを変更することもできる。

ところで、データベースの論理構造が決定されると、初期物理構造 (i.e. CALCロケーションモード, NEXTポインタ, OWNER AREA無し, コアバッファ1ページ etc) が指定される。この初期物理構造は、2.3節の性能評価の結果を基にして、修正することが出来る。

本フェーズにて設計された物理構造は以下の拘束条件(条件3~12)を満足しなければならない。

- <条件3> 1つのグループは、唯一つのロケーションモードを有する。
- <条件4> VIAセットのロケーションモードはメンバグループのみ指定できる。
- <条件5> 1つのセットは唯一つのセットオータを有する。
- <条件6> エリアサイズは当該エリアに属する全グループのサイズの合計よりも大きい。
- <条件7> 2次記憶装置の容量は全エリアのサイズの合計よりも大きい。
- <条件8> 主記憶装置の容量はコアバッファのサイズとDBMSの占有サイズの和よりも大きい。
- <条件9> 1つのグループは唯一つのエリアに属す。
- <条件10> VIAセットのロケーションモードは、そのセットのオータグループとメンバグループが同じエリアに属す。
- <条件11> INDEXEDロケーションモードを持つグループは当該エリア内に唯一つだけ存在できる。
- <条件12> グループのページ範囲は当該グループのオカレンスのサイズの合計よりも大きい。

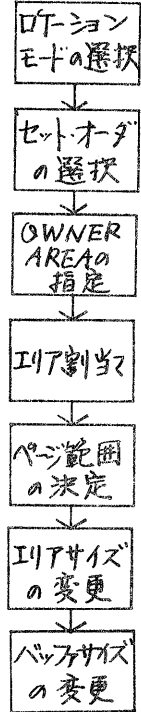


図3 物理設計

この拘束条件は Gemitsen エテル [2] の拘束条件を拡張し、EDMS に適用したものであり、INDEXED ロテーションモードと条件 12) がその拡張の例である。

### 2.3 性能評価

DMSDBDA はデータベースの現在の設計内容を評価する。その評価は図 4 に示す如く、5 ステップから成る。

DMSDBDA は性能評価を行うために、次の 3 種の情報を使用する：(1) 向合せ情報、(2) ハードウェア情報、(3) DBMS の情報。向合せ情報には、アクセスパス、アクセス回数、希望応答時間及び検索の論理条件などがある。ハードウェア情報には、ページ長、主記憶容量、2 次記憶容量、主記憶格納費用、2 次記憶格納費用、2 次記憶の平均アクセス時間などがある。DBMS 情報には、ポインタ領域長、DBMS 占有記憶容量及び平均インポート回数 (CALC アクセス) などがある。

DMSDBDA は、データベースの性能を評価する前に、現在の設計内容が、実現可能であるかを判断する。先述の条件 3 ~ 12) が、その判断の対象である。実現不可能であると判断された時は、DBA はデータベースの構造を再設計しなければならない (2.4 節の論理/物理構造の再設計)。

DMSDBDA は、上述の 3 種の情報を用いて、与えられた向合せの応答時間を推定し、次に主記憶装置のアクセス費用とデータベースの記憶費用を推定する。この性能評価は、Gemitsen エテル E、EDMS 向けに拡張した数式モデル E を利用している。

応答時間の推定値は向合せプログラムのアクセス形式を次の 4 種類に分類することにより、算出される。

- (a) セットを至由して、メンバグループをアクセスする
- (b) セットを至由して、オーナーグループをアクセスする
- (c) グループをニリアルにサーチする。
- (d) CALC キーは INDEXED キーを用いてグループをアクセスする。

主記憶のアクセス費用  $C_1$  は、時間  $T$  の間に占有した主記憶の費用であり、次の算式で求められる。

$$C_1 = T (b \cdot B + \text{Biase}) C_1$$

ただし、 $B$  はページ長、 $b$  はバッファページ数、 $\text{Biase}$  は DBMS 占有記憶容量、 $C_1$  は主記憶アクセスの単価である。

一方、データベースの記憶費用  $C_2$  は、次の算式で求められる。

$$C_2 = \sum_a P_a \cdot C_2$$

ただし、 $P_a$  はエリア  $a$  のページ数、 $C_2$  は 2 次記憶装置 1 ページ当りの格納費用である。

DMSDBDA は、データベースの構造の初期設定または修正されるたびに、上述の  $T$ 、 $C_1$  及び  $C_2$  の値を表示する。

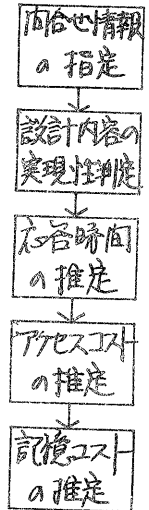


図 4. 性能評価

## 2.4 論理/物理構造の再設計

DBAは、データベースの現在の設計内容に対する性能評価が、ある希望する水準に達するまで、その論理構造または物理構造を修正することができる。

### (1) 物理構造の再設計

DBAは、現在の性能を満足できない時には現在の設計内容が実現不可能である時は、その論理構造に影響を与えずに、物理構造を再設計できる。その再物理設計項目は次に示す7件である。

- (i) グループのローテーション・モード
- (ii) セットのオーダ (i.e. ポインタの種類)
- (iii) グループのOWNER AREA指定の有無
- (iv) グループのエリア割り当て
- (v) グループのページ範囲
- (vi) エリアのサイズ
- (vii) バッファのサイズ

この再設計項目の選択は、CRT画面上に表示されるメニュー画面を通して実施される。

### (2) 論理構造の再設計

DBAは、データベースの論理構造も変更することもできる。したがって、同じ問合せ要求に対して、種々の論理構造をもつデータベースを評価することができる。再論理設計項目は次に示す4件である。

- (i) グループの分割
- (ii) グループの統合
- (iii) セットの追加
- (iv) セットの削除

論理構造が再設計されると、先述した初期物理構造(2.2節の物理設計参照)が指定される。したがって、以前のデータベースの物理構造はすべてクリアされる。さらに、問合せプログラムの情報(例えば、アクセスパスやアクセス回数など)やグループオカレンスの関連情報(例えば、オカレンス件数やエリア割り当てetc.)も、クリアされるので、再指定しなければならない。しかしながら、データ項目関連情報(例えば、名前、タイプ、ピクチャア及びデータ長)、クエスツ、エリア名、スキーマ名、ハードウェア情報及びDBMS情報は、最初の論理設計の時に指定された内容が維持される。

## 2.5 スキーマ生成

DMSDBAは、データベースの設計と評価が終了すると、その設計内容に従って、EDMS スキーマ DDL ステートメントを自動生成する。

DDLステートメントの生成は以下の条件のもとで実施される。

- (a) CALC ロケーションモードが与えられたグループに対し、CALC キー項目の duplicate は許されないとする。
- (b) メンバグループオカレンスの挿入属性は AUTOMATIC であるとする。
- (c) セットオカレンスの選択 (SET SELECTION) は CURRENT であるとする。
- DMSDBDA は、スキーマ DDL ステートメントを CRT 画面上に表示し、次に二次記憶装置にスキーマファイルに生成する。

### 3 設計の実例

本章では、DMSDBDA を用いた自動車部品データベース [26] の設計例を示す。

#### 3.1 サンプルデータベース

次のような自動車部品に関する情報をもつデータベースを考える。

- (1) ある部品を製造するために必要な子部品
- (2) ある子部品を使用して組み立てられる部品
- (3) ある部品をある部品メーカーから購入するときの単価
- (4) ある部品をある部品メーカーに発注するときの発注条件 (納期, 数量)

この自動車部品データベースに次のような 11 件のデータ項目を定義する:

PARTCODE (部品番号), PARTNAME (部品名), STOCK (部品在庫量), SUBPART (子部品番号), AMOUNT (ある部品の製造に必要な各子部品の個数), MAKERCOD (メーカー番号), MAKERNAM (メーカー名), QUALITY (部品メーカーの製造品質), DATE (部品の納期), QUANTITY (部品の納入数量), COST (部品の単位)。

表 1 ~ 表 5 にデータ項目の内容をまとめる。表 1 は部品自身のデータであり、例えば、部品名 A の部品番号は 1001、その在庫量は 5 個であることを意味する。表 2 は、部品展開の情報であり、部品番号 1001 の部品は 1002, 1003 及び 0001 の子部品から組み立てられ、その所要量は各々 1 個, 2 個及び 4 個であることを意味する。表 3 は、部品の単価情報であり、部品 0002 は、メーカー PM01 から 20 円、またメーカー PM02 から 20 円の単価で発売されていることを意味する。表 4 は、部品の発注情報であり、部品 0002 はメーカー PM01 と PM02 の 2 社へ発注され、各々の納期は 77/20 と 77/200 であり、また各々の発注数量は 10 個と 20 個であることを意味する。表 5 は、部品メーカーの情報であり、例えばメーカー名 ABC のメーカー番号は PM01 であり、その製造品質は A クラスであることを意味する。

#### 3.2 DMSDBDA による設計

DMSDBDA を用いて、上記の自動車部品データベースを設計する。先づ、クラス E 次のように定義する: クラス 1 は (PARTCODE, PARTNAME, STOCK), クラス 2 は (SUBPART, AMOUNT), クラス 3 は (MAKERCOD, MAKERNAM, QUALITY), クラス 4 は (DATE, QUANTITY, COST) である。次にグループを 4 件、次のように定義する: GPART (クラス 1), GSUBPART (クラス 2), GMAKER (クラス 3), GCOST (クラス 4)。次に、セットを 3 件、図 5 に示す如く定義する。次に、200 ページから成るエリア (AREA1) を定義し、

表1 部品情報

PARTCODE	PARTNAME	STOCK
1001	A	5
1002	B	2
1003	C	3
1004	D	0
2011	K	4
0001	1	10
0002	2	8
0003	3	9
0010	10	7
0011	11	6
0012	12	10
0013	13	5

表2 子部品情報

PARTCODE	SUBPART	AMOUNT
1001	1002	1
1001	1003	2
1001	0001	4
1002	1004	1
1002	0010	2
1002	0011	3
1004	1003	1
1004	0013	4
2011	1004	2
2011	0010	3
2011	0012	6
1003	0002	1
1003	0003	4

表3 単価情報

PARTCODE	MAKERCOD	COST
0001	PM01	15
0002	PM01	30
0002	PM02	20
0003	PM01	45
0003	PM02	40
0003	PM03	30
0010	PM01	15
0011	PM03	12
0011	PM04	11
0012	PM01	18
0013	PM03	15
0013	PM04	13

表4 発注情報

PARTCODE	MAKERCOD	DATE	QUANTITY
0002	PM01	77120	10
0002	PM02	77200	20
0003	PM02	77060	15
0003	PM03	77100	50
0011	PM03	77100	10
0011	PM04	77150	40
0013	PM01	77200	50
0013	PM01	77250	100
0013	PM04	77100	30

表5 購入先情報

MAKERCOD	MAKERNAM	QUALITY
PM01	ABC	A
PM02	DEF	B
PM03	GHI	C
PM04	JKL	C

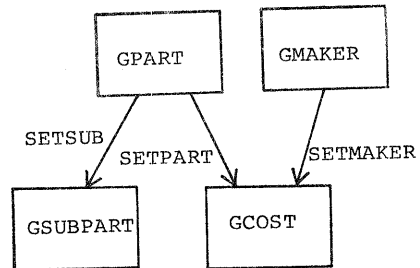


図5 自動車部品データベース

すべてのグループがAREA1に含まれるとする。各グループのページ範囲を次の如く定義する：GPARTは1~50ページ、GSUBPARTは51~100ページ、GMAKERは101~150ページ、GCOSTは151~200ページとする。各グループのオカレンス件数は、GPARTが12件、GSUBPARTは13件、GMAKERは4件、GCOSTは13件となる。データ項目のタイプ、コクチャ及びデータ長を表6に示す。

自動車部品データベースに対して、次のような問合せ要求を考える。(i)在庫量が5個以下である部品の名前を検索する。(ii)上の(i)で検索された部品を組み立てるのに必要の子部品の名前と数量を求める。(iii)先の(i)で検索された子部品のメーカ、品質、納期、数量及び単価を検索する。次に、この問合せ要求の発生回数を1000回、その希望応答時間を5分、アクセス形式をキー付きとする。この問合せ要求のアクセスパスは、GPART→GSUBPART→GPART→GCOST→GMAKERとなる。このパスに従って、各グループのアクセス頻度は、表7に示す通りである。

表6 データ項目のタイプ、ヒロクキマ、データ長

データ項目名	タイプ	ヒロクキマ	データ長
PARTCODE	-	9	4 (バイト)
PARTNAME	CHARACTER	X	2
STOCK	BINARY	-	4
SUBPART	-	9	4
AMOUNT	BINARY	-	4
MAKERCOD	CHARACTER	X	4
MAKERNAM	CHARACTER	X	3
QUALITY	CHARACTER	A	1
DATE	-	9	5
QUANTITY	BINARY	-	4
COST	BINARY	-	4

次に、この問合せ要求の発生回数を1000回、その希望応答時間を5分、アクセス形式をキー付きとする。この問合せ要求のアクセスパスは、GPART→GSUBPART→GPART→GCOST→GMAKERとなる。このパスに従って、各グループのアクセス頻度は、表7に示す通りである。

表7 グループのアクセス頻度

アクセス	グループ名	頻度
1	GPART	50 %
2	GSUBPART	100 %
3	GPART	83 %
4	GCOST	100 %
5	GMAKER	100 %

### 3.3 DMSDBDAによる評価結果

DMSDBDAを用いて、自動車部品データベースを評価する。表8に、ハードウェアとDBMSの情報に関するパラメータ値の例を示す。先づ、初期物理構造(構造1)とするため、全グループのローテーションモードが、CALC、全セットのオーダがNEXT、全グループに対し、OWNER AREAの指定なし、バッファは1ページ、エリアは200ページである。その応答時間推定値は67分、アクセスコストは496,715円、記憶コストは200,000円である(表9)。

表8 ハードウェアとDBMSの情報

パラメータ	値
ページ長	2048 バイト
主記憶容量	512 KB
2次記憶容量	200 MB
主記憶の使用単価(1バイト・秒)	0.01 円
2次記憶(1ページ)	1000 円
平均シーク・アクセス時間	5 ミリ秒
平均ダイレクト・アクセス時間	50 ミリ秒
DBMSホインタ領域サイズ	4 バイト
DBMS占有(主)記憶容量	10 KB

次に、GSPARTグループはSETSUBセットのメンバーであるので、そのローテーションモードをVIA SETSUBとし、同様の理由でGCOSTグループのローテーションモードをVIA SETPARTと変更する(構造2)。構造2の応答時間推定値は19分(構造1より減少)、そのアクセス費用は146,718円(構造1より減少)、その記憶費用は200,000円(不変)となる(表9)。データベースの問合せは、GPARTグループからアクセスが開始されるので、そのローテーションモードをCALCからINDEXEDに変更してみる(構造3)。構造3の応答時間推定値は5分(構造2より減少)、そのアクセス費用は39,736円(構造2より



り減少), その記憶費用は200,000円(不変)となる(表9)。アクセスのエントリグループであるGPARTに対し, OWNER AREAを指定し(構造4), その影響を調べる。構造4の応答時間推定値は5分(構造3と同じ), そのアクセス費用は39,736円(構造3と同じ), その記憶費用は200,000円(不変)となる(表9)。

表9 評価結果の例

物理構造	応答時間	アクセス費用	記憶費用
1	67 分	496715円	200000円
2	19	146718	200000
3	5	39736	200000
4	5	39736	200000
5	21	158945	200000
6	2	349439	200000

データベース向合せのアクセスは, SETSUBセット及びSETMAKERセットをメンバからオーナーへと進むので, そのセットのオーナーにOWNERポインタを追加する(構造5)。構造5の応答時間推定値は21分(構造4より増加), そのアクセス費用は158,945円(構造4より増加), その記憶費用は200,000円(不変)となる(表9)。そこで, 物理設計の内容を構造4へと戻し, 次にバッファの影響を調べるために, その容量を1ページから100ページへと増やす(構造6)。構造6の応答時間推定値は2分(構造4より減少), そのアクセス費用は349,439円(構造4より増加), その記憶費用は200,000円(不変)となる。したがって, 表9に示した6種の物理構造について, 次の如く結論される: (1)向合せの応答時間をなるべく小さくしたいという評価基準のもとでは, 構造6が推奨される, (2)コストをできる限り低くしたいという評価基準のもとでは, 構造3または4が推奨される。

#### 4 おわりに

データベースの自動設計に関する研究の一環として, 設計/評価の支援ツールDMSDBDAとMELCOM COSMO 700データベースEDMS向けに試作した。DMSDBDAを用いて, データベース設計を行う際, 次のような方針が標準と考えられる。

- (1) メンバグループのロケーションモードはVTAセットに変更する。
- (2) データベース向合せがキー付きアクセスを行う時は, アクセスのエントリグループのロケーションモードをINDEXEDに変更する。
- (3) 向合せがキーなしアクセスを行う時は, アクセスのエントリグループに対しOWNER AREAを指定する。
- (4) メンバグループからオーナーグループへとアクセスが進む時は, そのセットのオーナーにOWNERポインタを追加する。
- (5) 応答時間の最小化がオ1の評価基準であるならば, バッファ容量を増やす。
- (6) コストの最小化がオ1の評価基準であるならば, エリア容量をできる限り減らす。

Gernitsenの数式モデル[2]を基にした設計として, Gambino[1]のDBDDSSが発表されている。DMSDBDAはデータベースの物理設計だけでなく論理設計の機能も同時に持つ, すなわち概念スキーマの記述(DBDDSSには必要)が不要であることが, DBDDSSとの主要な相違点である。

最後に, 本研究の遂行にあたり, 御指導並びに御協力を賜りました三菱電機株式会社電子技術部システム部, 同社計算機製作所並びに同社開発本部計算機研究部の関係各位に深く感謝致します。

REFERENCES

- [1] Gambino, T. J. and Gerritsen, R., "A Data Base Design Decision Support System," Proc. Third Conference on Very Large Data Bases, Tokyo, Japan, 1977, pp.534-544.
- [2] Gerritsen, R. and Gambino, T. J., "Cost Effective Database Design: An Integrated Model," Working Paper 77-12-03, Department of Decision Sciences, The Wharton Schhol, University of Pennsylvania, 1977.
- [3] March, S. T. and Severance, D. G., "A Mathematical Modeling Approach to the Automatic Selection of Database Designs," Proc. International Conf. on the Management of Data, Austin, Texas, May 1978, pp.52-65.
- [4] Duhne, R. A. and Severance, D. G., "Selection of an Efficient Combination of Data Files for a Multiuser Database," AFIPS Conf. Proc. 1978 NCC.
- [5] Nakamura, F., Yoshida, I. and Kondo, H., "A Simulation Model for Data Base System Performance Evaluation," Proc. NCC, 1975.
- [6] Chen, P. P. and Yao, S. B., "Design and Performance Tools for Data Base Systems," Proc. Third Conference on Very Large Data Bases, 1977, pp.3-15.
- [7] Hulten, C. and Solderlund, L., "A Simulation Model for Performance Analysis of Large Shared Data Bases," Proc. Third Conference on VLDB, 1977, pp.524-532.
- [8] Berelian, E. and Irani, K. B., "Evaluation and Optimization," Proc. Third Conference on VLDB, Tokyo, Japan, 1977, pp.545-555.
- [9] Siler, K. F., "A Stochastic Evaluation Model for Database Organizations in Data Retrieval Systems," CACM Vol. 19, No. 2, 1976, pp.84-95.
- [10] Berild, S. and Nachmens, S., "CS 4-A Tool for Database Design by Infological Simulation," Proc. Third Conference on VLDB, Part II, pp.85-94.
- [11] Raver, M. and Hubbard, G. U., "Automated Logical Data Base Design: Concepts and Applications," IBM System Journal, No. 3, 1977, pp.287-312.
- [12] Schkolnick, M., "A Survey of Physical Database Design Methodology and Techniques," Proc. Fourth Conference on VLDB, 1978, pp.474-487.
- [13] Mitoma, M. F. and Irani, K. B., "Automated Data Base Schema Design and Optimization," Proc. First Conference on VLDB, 1975, pp. 286-321.
- [14] Chen, P. P., "The Entity-Relationship Model: Toward a Unified View of Data," ACM TODS Vol.1, No. 1, March 1976, pp.9-36.
- [15] Chen, P. P., "The Entity-Relationship Model - A Basis for the Enterprise View of Data," Proc. AFIPS 1977 NCC, Vol. 46, pp. 77-84.
- [16] Smith, J. M. and Smith, D. C. P., "Database Abstractions: Aggregation," CACM Vol. 20, No. 6, 1977, pp.405-413.
- [17] Smith, J. M. and Smith, D. C. P., "Database Abstractions: Aggregation and Generation," ACM TODS Vol. 2, No. 2, 1977, pp. 105-133.
- [18] Schiffner, G. and Scheuerman, P., "Multiple Views and Abstractiona with an Extended Entity-Relationship Model," Northwestern University Department of Electrical Engineering and Computer Science, No. 79-03-DBM-02.
- [19] Bubenko jr, J. A., Berild, S., Lindencrona-Ohlin, E. and Nachmens, S., "From Information Requirements to DBTG-Data Structures," Proc. Conf. on Data: Abstraction, Definition, and Structure, ACM SIGPLAN SIGMOD, Vol. 8, No.2, 1976, pp. 73-85.
- [20] Gerritsen, R., "A Preliminary System for the Design of DBTG Data Structures," CACM Vol. 18, No. 10, 1975, pp.551-556.
- [21] CODASYL, "CODASYL Data Base Task Group," April 1971 Report.
- [22] Teorey, T. J. and Oberlander, L. B., "Network Database Evaluation Using Analytical Modeling," Proc. NCC, 1978, pp.833-842.
- [23] 米田, 山口, "汎用DBMSの性能推定システム," 情報処理学会論文誌 Vol. 20, No.4, July 1979, pp.314-321.
- [24] Navathe, S. B. and Schkolnick, M., "View Representation in Logical Database Design," Proc. ACM SIGMOD, Austin, Texas, May 1978, pp.144-156.
- [25] Housel, B. C., Waddle, V. and Yao, S. B., "The Functional Dependency Model for Logical Database Design," Proc. Fifth Conf. on VLDB, 1979.
- [26] 穂鷹, "データベース要論," 共立出版社, 1978.
- [27] 植村, "データベースシステムの基礎," オーム社, 1979.
- [28] 三菱電機株式会社, "MELCOM EDMS説明書" NM-SR00-54A.