

データベース設計用性能推定の一方式について

山 多 昭 , 中 野 勝 之 , 橋 本 正 明

(日本電信電話公社 横須賀電気通信研究所)

1. はじめに

データベースの大規模化、複雑化に伴い、データベース設計は、ますます困難になっている。設計の効率化、容易化の観点から、データベース設計工程は①要求分析、②概念設計、③論理設計、④物理設計に分けられる。〔1〕 ③論理設計や④物理設計では、主要業務のデータベース・アクセス処理の性能推定が行われ、性能の良いデータベースが設計される。特に性能要求が厳密なデータベースの④物理設計では、精度の良い性能推定方式が必要とされる。

データベースの性能推定法は、①データベースのプロト・タイプを用いた実測手法、②シミュレーション手法、③解析手法に分類され、これらの手法の組合せにより、データベース性能推定プログラムが開発されている。〔2、3、4〕 ①データベースのプロト・タイプを用いた実測手法を主体に実現されたデータベース性能推定プログラムは性能推定精度は良いが、データベースの実測環境の設定に工数、時間がかかり、データベース設計用性能推定法として用いるには問題がある。一方、②シミュレーション手法や③解析手法に基づいて実現されたデータベース性能推定プログラムは手軽に使用できるが、十分な推定精度が得にくい。

筆者等は、CODASYL型データベースに関し、データ構造とオカレンス分布を考慮したデータベース・モデル、および、データベース・システムの動作を算定式群で表現したデータベース・システム・モデルを作成した。さらに、本モデルを用い、解析手法を主体とする精度の良い性能推定方式を実現した。本稿では、最初にCODASYL型データベース設計における性能推定の背景を述べ、次に、算定式群による性能推定方式を述べ、最後に、適用例を述べる。

2. データベース設計における性能推定

CODASYL型データベースを対象としたデータベース・システムの動作、データベース設計工程、および、解析手法の課題を述べる。

2.1 データベース・システムの動作

データベース・システムの動作は、データベースへのアクセス性能の観点から図1に示すように促えられる。以下にデータベースへのアクセスの流れを示す。

(1) アプリケーション・プログラムが発行するデータベース操作言語(DML)を解

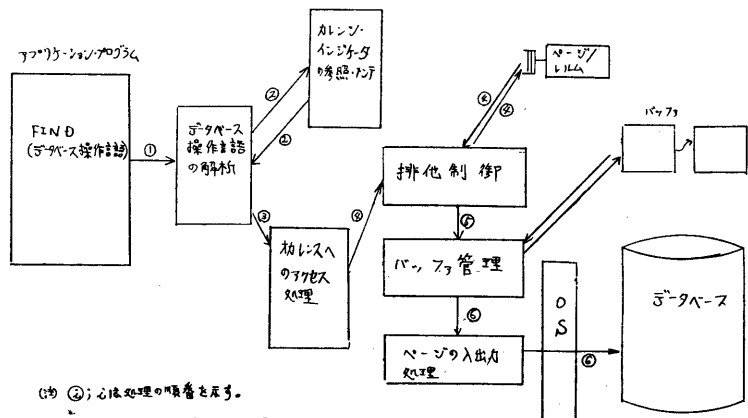


図1 性能上の観点から見たデータベース・システムの動作

析する。

- (2) 本DMLがレコードにアクセスするためにカレンシ・インジケータを参照する。
- (3) スキーマ記述に従って、DMLをオカレンスへのアクセス処理に分解する。
- (4) 排他制御機能により、オカレンスへのアクセスの正当性をチェックする。
- (5) バッファ管理機能により、オカレンスを読みこむ場所(バッファ)を確保する。
- (6) OSの機能を用いて、オカレンスの格納されているページを読みこむ。

2.2 データベース設計工程

データベース設計工程は、要求分析、概念設計、論理設計、物理設計の各工程に分割される。

(1) データベース設計の作業内容

データベース設計の作業内容は以下の通りである。

① 要求分析工程

データベース・システム導入企業の実務者、管理者、経営者の要求を分析し、要求の矛盾・対立を解消したデータベースの設計条件(要求仕様)を作成する。

② 概念設計工程

特定のデータベース管理システムの仕様を用いずに、データの本来の意味に従って、データベース内のデータの相互関係を概念スキーマとして設計する。

③ 論理設計工程

データベース・システムのインプリメントに用いる特定のデータベース管理システムの仕様にしたがって、アプリケーション・プログラムやデータベース・システムの運用に適した論理スキーマを設計する。

④ 物理設計工程

論理設計工程と同様に特定のデータベース管理システムの仕様にしたがって、ファイルへのデータの格納方法(格納/物理スキーマ)を設計する。

(2) 物理設計における性能推定作業への要求条件

論理設計工程や物理設計工程では、図2に示すように、性能推定

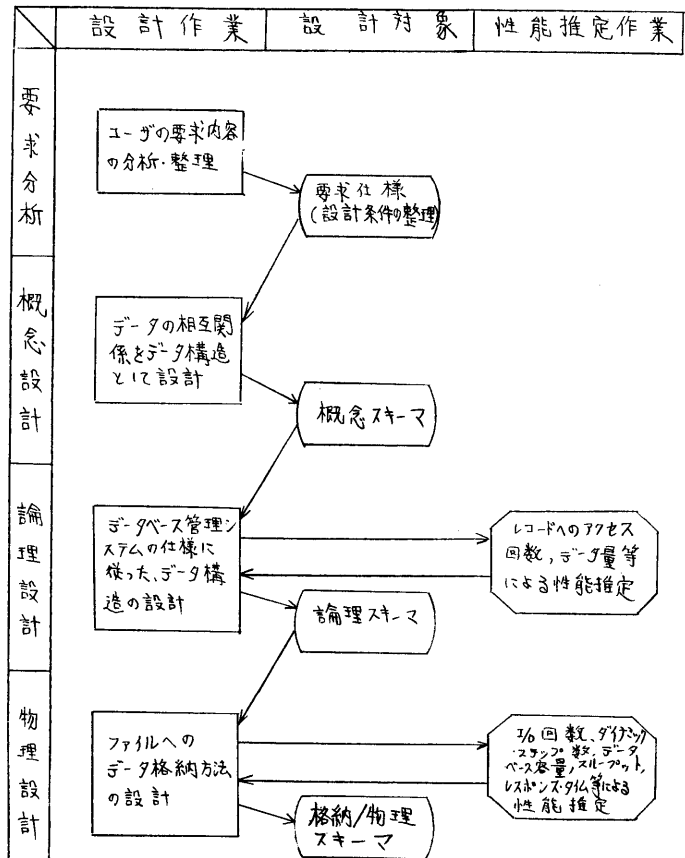


図2 データベース設計工程における性能推定作業

作業が行われ、性能の良いデータベースが設計される。論理設計工程で使用される性能評価尺度として、レコードへのアクセス回数、データ量等がある。物理設計工程で使用される性能評価尺度として、I/O回数、ダイナミック・ステップ数、スループット、レスポンス・タイム、データベース容量等がある。

物理設計内容には①ロケーション・モードの決定、②ポインタの選択、③インデックスの選択等がある。性能要求の厳密なデータベース・システムでは、物理設計工程の性能推定作業で精度よく性能を推定することが必要とされる。

2. 3 解析手法の課題

解析手法によるI/O回数やダイナミック・ステップ数の推定には精度向上の課題がある。データベース・システムは、データベース、および、データベースにアクセスするデータベース管理プログラム等のプログラムから構成されている。したがって、推定精度向上の観点から、データ構造、オカレンス分布、およびデータベース操作命令により定義されるデータベースのモデル化、および、プログラムの動作により定義されるプログラムのモデル化が必要である。なお、前者のモデルをデータベース・モデル、後者のモデルをデータベース・システム・モデルと呼ぶことにする。

(1) データベース・モデルの課題

D. S. B A T O R Y等により、物理データベース・モデルが提案されている。〔6〕

本モデルは、シンプル・ファイルとリンクセットから構成され、様々なファイルをモデル化できる点で優れている。しかし、I/O回数やダイナミック・ステップ数推定用のデータベース・モデルとしては、精密なデータ構造等、たとえば、セット順序基準をモデル化していないので不適である。性能推定用の精密なC O D A S Y L型データベース・モデルの作成が必要である。

(2) データベース・システム・モデルの課題

T E O R E Y等は、バッファ管理やカレンシ・インジケータ処理等から構成されるデータベース・システム・モデルを作成した。〔2〕しかし、個々のデータベース管理システムには、さまざまな特徴がある。たとえば、変形したLRU法でバッファ管理が実現されていること等である。これらの特徴はI/O回数やダイナミック・ステップ数に影響する。したがって、個々のデータベース管理システムの処理方式の特徴も表現できる精密なデータベース・システム・モデルの作成が必要である。

3. 算定式群による性能推定方式

I/O回数やダイナミック・ステップ数推定用のC O D A S Y L型データベース・モデルおよびデータベース・システム・モデルを示す。また、このモデルに用いた性能推定方式を示す。

3. 1 データベース・モデル

データベース・モデルは、データ構造のモデル、オカレンス分布のモデル、データベース操作のモデルから構成される。

(1) データ構造のモデル

スキーマの定義記述がモデル化される。主な項目は、以下の通りである。

- ① セット順序の種類
- ② セット選択の種類とパス
- ③ セットへの挿入/切離しのタイプ
- ④ ロケーション・モード

- ⑤ ポインタの種類
- ⑥ インデックスの種類

(2) オカレンス分布のモデル

以下のようにモデル化する。

- ① オカレンス配置分布とオカレンス・アクセス分布に分類する。
- ② 設計者がオカレンス分布を確率で指定できる確率モデルである。セット・オカレンス配置分布パラメータの例を表1に示す。
- ③ オカレンス配置分布はデータベースに1個定義される。また、オカレンス・アクセス分布は業務対応に定義される。なお、後者には、デフォルトとして業務共通も定義できる。

表1 セット・オカレンス配置分布パラメータ

項番	分類	項目	値の範囲	デフォルト値
1	メンバー・オカレンス数の分布	メンバー・オカレンス数の最大値	正の整数	メンバー・ロード数とメンバー・ロード数の商
2		メンバー・オカレンス数の最小値	正の整数	同上
3		個数の存在確率($P(n)$)	$0 \leq P(n) \leq 1$ $\sum P(n) = 1$	等確率
4	セット・オカレンスのページハの配置	オープン・ロードと最初のメンバー・ロードが同一ページに存在する確率	0以上1以下	セット順序平均メンバー・オカレンス数等におお設置
5		オープン・ロードと最後のメンバー・ロードが同一ページに存在する確率	同上	同上
6		隣りあるメンバー・ロードが同一ページに存在する確率	同上	同上
7		任意のメンバー・ロードが同一ページに存在する確率	同上	同上

(3) データベース操作のモデル

CODASYL型データベースのDMLのすべてとそのパラメータをモデル化する。

3.2 データベース・システム・モデル

データベース・システム・モデルは、2章で示したデータベース・システムの動作により、図3に示す6個のサブモデルから構成される。また、サブモデルは、表2に示す処理要素から構成される。

(1) 処理要素の動作タイプによる分類

以下の2タイプに分類できる。

① タイプ1

データベース・モデル、および、データベース・システムの状態にしたがって、複数のプログラム・パス(プログラムの処理の流れ)が存在する処理要素

② タイプ2

データベース・モデルやデータベース・システムの状態とは独立に、単一のパスのみか

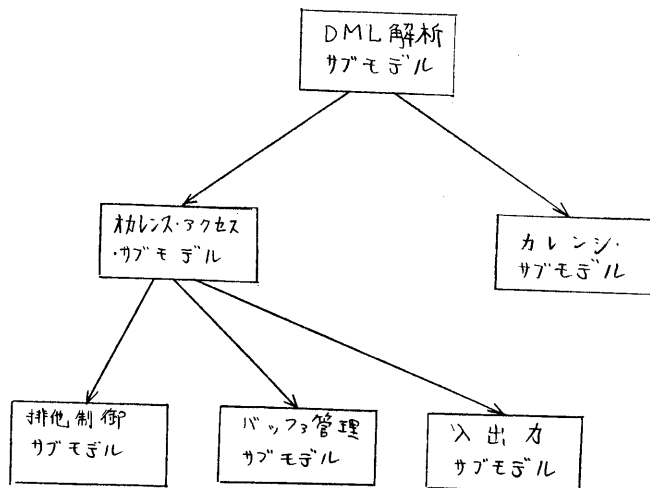


図3 データベース・システム・モデルのサブモデル構成

らなる処理要素

各パスは一意に識別可能な名前で作られる。図4に処理要素のモデルを示す。

(2) パスの表現形式

パスは以下の5個のタイプの処理要素の組合せで表わされる。

① タイプ1

固定のダイナミック・ステップ数やI/O回数を有する処理

<例>所定の領域の初期設定

<表現> C ;

Cは処理のダイナミック・ステップ数またはI/O回数を表わす定数

② タイプ2

『タイプ1』の可変回くりかえし処理

<例>オカレンス・サーチ処理

<表現> C * X ;

Cは1回当りのダイナミック・ステップ数、または、I/O回数、Xはくりかえし回数を示すパラメータである。なお、Xは確率を含む場合もある。

③ タイプ3

下位処理要素、または、下位サブモデルの処理要素のコール処理

<例>レコードの格納処理

処理はセットへのコネクタ処理と、レコードの格納場所への割当て処理をコールする。

『タイプ3』については、コールされる処理要素内に存在するパス数に応じて、次の2表現が必要となる。

<表現1> コールされる処理要素のパス数が単一の場合

P ; Pはコールされる処理要素名

<表現2> コールされる処理要素のパス数が複数存在する場合

R ! Y ; Rはコールされる処理要素名、YはR内の走行パスを決めるパラメータ

④ タイプ4

『タイプ3』の可変回くりかえし処理

『タイプ4』は、確率処理の必要性に応じて、次の2表現が必要となる。なお、以下

表 2 データベース・システム・モデルのサブモデルの概要

項番	サブモデル	モデル化部分の分類	サブモデルの処理要素例	
1	DML解析サブモデル	DML解析処理	STOREの角解析	
2	カレンシ・サブモデル	カレンシの登録更新	セットのカレント・ロードの登録	
		カレンシの参照	セットのカレント・ロードの参照	
3	オカレンス・アクセス・サブモデル	アクセスの分解	セットのコネクタとロードの格納場所の分解	
		アクセスのくり返し	セット参照によるセット検索のくり返し	
4	排他制御サブモデル	ロック処理	範囲	レルムをE.U.モードでロックする。
			契機	READY命令でロックする。
		アンロック処理	範囲	レルムをアンロックする。
			契機	FINISH命令でアンロックする。
5	バッファ管理サブモデル	バッファの登録	読み込みバッファを登録する。	
		バッファの追出し	LRUで追出す。	
		救済情報の収集	更新後情報と収集する。	
6	入出力サブモデル	リード	ブロックを読込む	
		ライト	ブロックを書き込む	

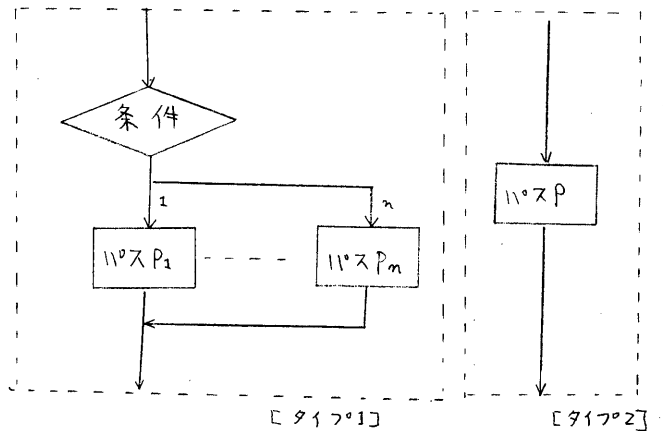


図4 処理要素のモデル

の2表現の組合せもある。

<表現1> 確率に応じて、同一処理がくりかえされる場合

R * Z1 ; Rはコールされる処理要素名、Z1は確率を含むパラメータ

<表現2> 整数回くりかえされる場合

R \$ Z2 ; Rはコールされる処理要素名、Z2は整数回のくりかえし対象(例:レコード格納時のコネクト対象のAUTOMATICセット名の集合)を表わすパラメータ

⑤ タイプ5

システムの状態の登録更新処理

<例> セットのカレント・レコードを登録する。

<表現> Q ; Qは登録更新処理のパラメータ

図5にパスの表現例を示す。各パスのダイナミック・ステップ数およびI/O回数は、上記5タイプの処理のダイナミック・ステップ数およびI/O回数の和であり、各々を“+”記号で結合したもので表わす。これを算定式という。

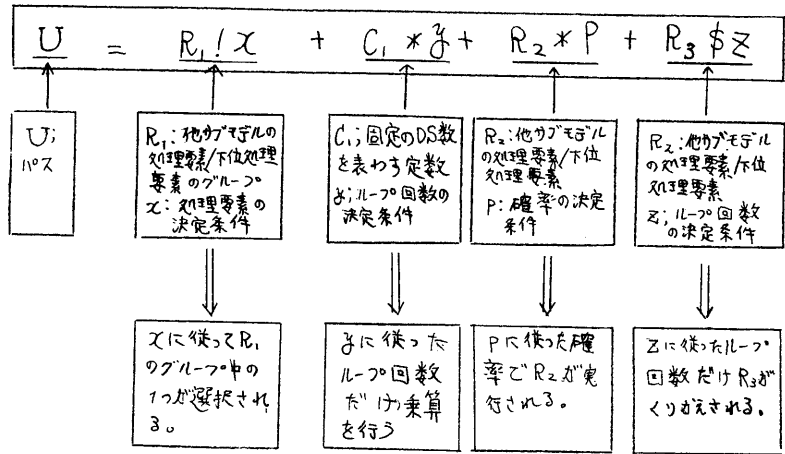


図5 パスの表現例

表3 算定式中のパラメータの例

(3) データベース・システム・モデルの表現
データベース・システム・モデルは算定式の集合体として、表現される。算定式中に現われるパラメータの例を表3に示す。この算定式の集合体には、データベース・モデルやデータベース管理システムの固有処理がパラメータとして反映されている。したがって、このデータベース・システム・モデルは個々のCODASYL型デ

項番	パラメータ	概 要
1	BUF0	バッファ面数
2	CALKEYNO	指定レコードのカリキー項目数
3	CRTOWN	セットカレントの位置
4	DATARLMNO	スキマ内のデータレム数
5	IDJNX	IDインデックスの有無
6	INXENTNOS	指定レコードのインデックス・エントリのサーチ回数
7	OPPTR	オーナ・ポインタの有無
8	ORDPORT	SET-ORDERかSORTEDか否か
9	PSPR	指定レコードと加入レコードのページ内存在確率
10	PLLNOAP	AP内ページロック回数
11	PLROUT	ページをLRUで追出す
12	RECMNO	セットのメンバ・レコード・タイプ数
13	STYP	指定レコードの格納タイプ
14	VSG	指定レコードがメンバとなるセット名集合

データベース・システムについて、ダイナミック・ステップ数やI/O回数を忠実に表現できる。

3.3 処理方式

本処理方式は、図6に示すように①算定式の逐次実行処理を行なうドライバ、②パラメータ値を求めるパラメータ処理、③データベース・モデル等のデータの収集・解析処理から構成される。

(1) ドライバ

処理要素のタイプにしたがって以下の処理を行う。

① タイプ1の処理

単に積算する。

② タイプ2の処理

パラメータにしたがって、パラメータ処理を起動し、パラメータ値を求め、演算後、積算する。

③ タイプ3の処理

表現1の場合は、走行パスの算定式を入力し、タイプ1～5の処理を行う。

表現2の場合は、パラメータ処理を起動し、パラメータ値を求め、処理要素内走行パスを決定する。さらに、パスの算定式を入力し、タイプ1～5の処理を行う。

④ タイプ4

表現1の場合は、パラメータ処理を起動し、確率を求める。次にパスの算定式を入力し、算定式が数値に変換された時点で演算後、積算する。

表現2の場合は、パラメータ処理を起動し、くりかえし対象を求め、そのくりかえし対象数だけ、処理要素を展開する。

⑤ タイプ5の処理

パラメータ処理を起動し、パラメータ処理が指定する処理に基づいて、システムの状態を更新する。

(2) パラメータ処理

以下の処理に分類される。

① データ収集・解析処理を起動し、単に数値を求める。

② データ収集・解析処理を起動し、パスやくりかえし等の条件を求める。

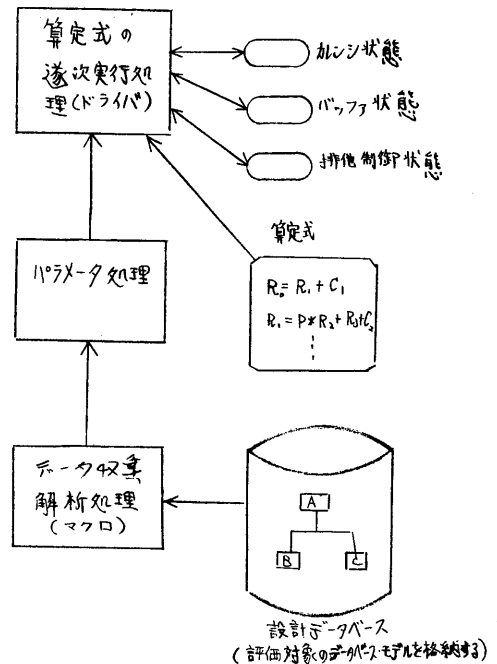
③ システムの状態や制御の種類をドライバに通知する。

(3) データ収集・解析処理

以下の処理に分類される。

① データベース・モデルを解析し、情報を収集する。

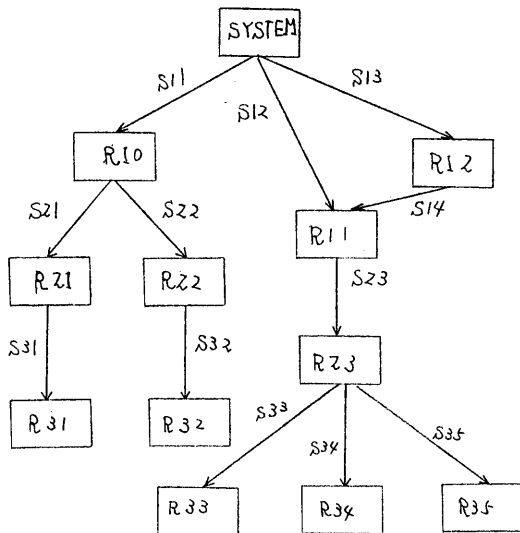
② データベース管理システムの特徴にしたがってデータ収集・解析処理を行う。



4. 適用例

3章で示した方式により、電電公社で開発したDEIMS-3[7]の集中型機能を対象としたデータベース性能推定プログラム(DBDESIGN)を実現した。

図7に示すデータ構造と図8に示す業務から構成されるデータベース・システムのダイナミック・ステップ数の推定に適用したところ、図9の結果が得られた。本図より推定誤差は20%以内と考えられる。

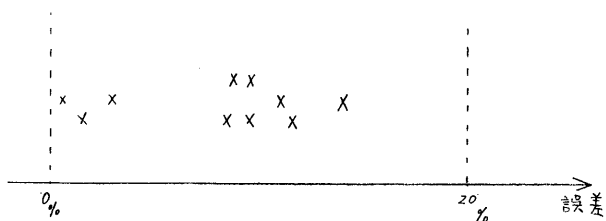


(注) R_{ij}: レコード名, S_{ijk}: セット名

図7 Xシステムのデータ構造

FETCH	R10	S11
FETCH FIRST	R22	S22
FETCH NEXT	R22	S22
FETCH	R32	S32
STORE	R32	
FETCH	R11	S12
FETCH	R23	S23
MODIFY	R23	
FETCH LAST	R33	S33
STORE	R33	

図8 Xシステムの業務



(注) 誤差は|測定値-推定値|/測定値

図9 ダイナミック・ステップ数の推定誤差

5. おわりに

本稿では、データベースへアクセスする業務処理プログラムのI/O回数やダイナミック・ステップ数推定の一方式を述べた。主な内容は以下の通りである。

- (1) 性能推定用のCODASYL型データベース・モデル
- (2) 算定式群を用いたデータベース・システム・モデル
- (3) 算定式群を逐次実行するドライバを用いた処理方式
- (4) 性能推定精度; 20%以内

DBDESIGNはI/O回数やダイナミック・ステップ数等を推定する実用プログラムである。今後、性能面からデータ構造の改良点をガイドするエキスパート・システムへ拡張する予定である。

謝辞 日頃、ご指導戴く寺島室長、および、DBDESIGN関係各位へ感謝致します。

[参考文献]

- [1] V. Lum etc:1978 NEW ORLEANS DATA BASE DESIGN WORKSHOP REPORT, IBM RJ2554, 1979
- [2] T. J. Teorey, L. B. Oberlander: Network Database Evaluation Using Analytical Modeling, NCC. 833-847, 1978
- [3] IBM:DBPROTOTYPE General Information Manual, プログラム番号:5796-PBB, GH20-1272
- [4] C. Hulten, L. Soderlund:A Simulation Model for Performance Analysis of Large Shared Data Base. 3th VLDB. 524-532. 1977
- [5] K. C. Sevcik:Data Base System Performance Prediction Using An Analytical Model, 7th VLDB. 182-198. 1981
- [6] D. S. Batory, C. C. Gotlieb:A Unifying Model of Physical Databases, ACM. TODS Vol. 7, No. 4, 509-539, 1982
- [7] 田中豪他:分散型データベース管理システム(DEIMS-3)の構成, データベース・システム研究会資料37-1, 1983
- [8] 真名垣昌夫他:データベース設計における性能評価, データベース・システム研究会資料26-4, 1981
- [9] 中野勝之他:精度向上を図ったデータベース性能算定方式について, 情報学会第27回全国大会, 1983