

異種記憶媒体に構築されたデータベースの 検索応答時間について

渡辺 豊英、堀池 博巳、小澤 義明

(京都大学・大型計算機センター)

1. はじめに

情報化社会と呼ばれる今日では、膨大なデータを効率的に管理し、利用することが重要なテーマになっており、データベースはこの要求に応える計算機利用の一つである。大学を初め、各企業の計算機センターでは、データベース管理システムの下に種々のデータをデータベース化し、学術研究・業務処理にデータベースを活用している。

データベースは日増しに増大する一方で、また新しいデータベースを構築しなければならない事情も、情報化時代の要請と共に多くなっている。従って、時間の経過と共にデータを格納する記憶媒体も膨大な容量が必要となってくる。限られたリソースを用いてデータベースを構築する場合に、必ずしも記憶媒体の種類が同一装置であるとは限らず、異種の記憶媒体を用いなければならないことも多い。データベースは一度に総てのデータが参照されることは少なく、一回の処理で参照されるデータはほんの一部である。従って、総てのデータが直接アクセス可能な磁気ディスク装置（以下、DISKという）に格納されていなくても、参照されるデータが必要ときにDISKに配置されていれば、データベースを効率的に利用できる。

このようなデータベースの特性に一致する記憶媒体として Mass Storage System（以下、MSS という）がある。MSSはDISKの様にオンラインでデータを処理し、磁気テープ並みの低価格でデータを記録できる。また、DISKに比べて大容量で、運用経費（電気代、床面積など）も安く、有効な記憶媒体である。しかし、データ・カートリッジからデータを取り出すのに機械動作が伴い、DISKに比べてアクセス時間が非常に遅い。従って、MSSを用いる場合には、検索応答時間がどれ程になるかの算定が必要になる。実際に、MSSにデータベースを構築して検索実験を行った結果では、検索応答時間にそれ程問題はなかった〔1〕。計算機システムの運用環境

から、データベースをアクセス時間の異なる記憶媒体に構築しなければならないことも多い。異種の記憶媒体に数多くのデータベースを如何に割り付けるかの検討は、検索応答時間を良くするために必要であり、データベースの利用状況・容量・件数などの条件によって判断しなければならない。

本稿では、アクセス時間の異なる記憶媒体MSSとDISKにデータベースを構築した場合に、データベースの割り付け方によって平均検索応答時間がどの様に異なるかを調べる方法を述べる。即ち、MSSとDISKの解析モデルを用いて種々の配置状態と検索状況を設定し、その平均検索応答時間が最も良いデータベースの割り付け方法を検討する。また、京都大学大型計算機センター（以下、京大センターという）のデータベースの運用状況をこの評価方法に基づいて分析・検討する。本稿は次の各節から構成されている。第2節ではMSSの解析モデルを構成し、第3節では平均検索応答時間の算定方法とデータベースの割り付け方法を述べる。続いて、第4節では京大センターのデータベースの運用状況を評価・検討する。

2. MSSの解析モデル

異種記憶媒体に構築されたデータベースの平均検索応答時間を算定するために、MSSの解析モデルを用いる。このモデルについて簡単に述べる。

2.1 MSSの動作原理

MSSの解析モデルを構成する前に、簡単にMSSの動作原理を説明する。MSSのハードウェア構成を図1に示す。MSF (Mass Storage Facility) は実データを管理・格納し、MSS全体を制御する装置で、複数の機構から構成されている。即ち、CS (Cartridge Store) はカートリッジを保

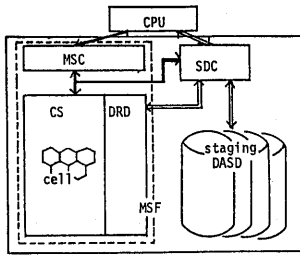


図1 MSSのハードウェアの構成図

MSF: Mass Storage Facility
 MSC: Mass Storage Control
 DRD: Data Recording Device
 CS: Cartridge Store
 SDC: Staging Disk Control

⇄: flow of data
 ⇆: flow of control information

管する機構、DRD (Data Recording Device) はカートリッジのデータを読み書きする機構、MSC (Mass Storage Control) はMSSを構成するハードウェアを管理・制御する機構である。また、カートリッジのデータを直接CPUから読み書きできる様に、一時的に記録するステージングDASD (Direct Access Storage Device) というDISK、さらにステージングDASDとCPU間、DRDとステージングDASD間のデータ転送などを制御するSDC (Staging Disk Control) がある。これらの各装置・機構が有機的に動作して、データを管理する。DRDからステージングDASDへのデータ転送をステージング

(staging)、反対方向の転送をデステージング (destaging) という。

MSSは、この様な構造の下にカートリッジ・ファイルとディスク・ファイルの間でDISKの仮想化を図り、ステージングDASDの容量に制限されることなく、膨大なデータを扱うことを可能にしている。表1にMSSのステージングに於ける動作手順を示す。デステージングの場合も同様に行われる。表1の時刻 T_i は各ステップの終了時間を表す。

ステージング動作には各種の処理モードがある。データセットのオープン時に総てのデータを転送するステージ・モード、ステージング要求の都度1シリンダ (約248Kバイト) のデータを転送するシリンダ不在モード、ステージング要求の都度1ページ (8シリンダ、約2Mバイト) のデータを転送するページ不在モードなどがある。しかし、

表1 MSSの動作シーケンス

ステップ	時刻	動作内容
1		CPUはMSCにステージング要求を行う。
2	T_1	MSCはこの要求に対してミニヘッダ (MSSが要求するための管理情報) を作成する。
3	T_2	MSCはこのミニヘッダを処理できるDRDを選択する。
4	T_3	アクセス機構は該当のカートリッジを選択してDRDに設定する。そして、DRDはカートリッジ・データを読み、制御データを照合する。
5	T_4	MSCはSDCにステージングの実行を指示する。
6	T_5	DRDはSDCを介してカートリッジ・データをステージングDASDに転送する。
7		CPUはSDCを介してステージングDASDのデータを参照する。

(注) 時刻 T_i は各ステップの処理が終了した時刻を示し、MSSトレース情報から収集できる。ステップ2から6がMSSのステージング動作を表している。

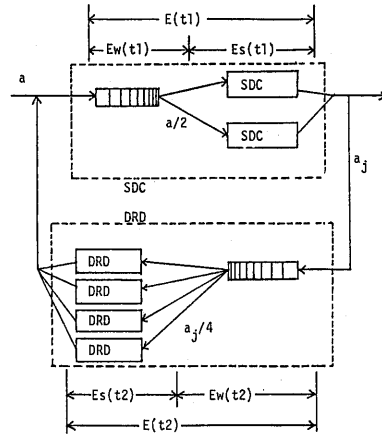


図2 MSSの解析モデル

データベースの検索にはページ不在モードが最も有効であることを、我々は実験で確かめた [1, 2]。従って、本稿では、ステージング方法としてページ不在モードだけを考える。

2.2 解析モデルと定式化

MSSの機構をモデル化すると、図2の様な循環待ち行列システムになる。即ち、SDCを介したデータの制御に関するSDC系と、DRDを介したデータの転送に関するDRD系から成る待ち行列システムである。表1の時刻 T_1 から T_3 をDRDのサービス時間、時刻 T_3 から T_5 をSDCのサービス時間と考えることができる。ステップ6ではDRDの処理も関与しているが、この動作が行われる段階では、DRDは既に確保されていてSDCのサービスを受けることだけが問題になるために、この様なモデル

表2 待ち行列の解析に用いた記号

記号	意味
a 1	ステージング要求の到着率
a 2	デステージング要求の到着率
a 3	マウント要求の到着率
a 4	CPUのデータ読み書き要求の到着率
a 5	MSCとSDCとのデータ転送要求の到着率
a j	a 1 + a 2 + a 3 + a 4 + a 5 a 1 + a 2 + a 3
Es(t1)	SDC系の平均サービス時間
Es(t2)	DRD系の平均サービス時間
Es1(t1)	SDC系のDRDとステージングDASD間のデータ転送の平均サービス時間
Es2(t1)	SDC系のCPUとステージングDASD間のデータ転送の平均サービス時間
Es3(t1)	SDC系のMSCとSDC間のメッセージ、制御情報の転送の平均サービス時間
Es4(t1)	SDC系のデータ・チェックなどの平均サービス時間
Ew(t1)	SDC系の平均待ち時間
Ew(t2)	DRD系の平均待ち時間
E(t1)	SDC系の平均応答時間
E(t2)	DRD系の平均応答時間
E1(t1)	SDC系のDRDとステージングDASD間のデータ転送の平均応答時間
E2(t1)	SDC系のCPUとステージングDASD間のデータ転送の平均応答時間
E3(t1)	SDC系のMSCとSDC間のメッセージ、制御情報の転送の平均応答時間
E4(t1)	SDC系のデータ・チェックなどの平均応答時間

を構成できる。

次に、このモデルを定式化する。この定式化のために必要な記号を表2に示す。要求の到着はポアソン分布に、サービス時間は指数分布に従うとする。なぜなら、SDCはCPUとのデータ転送、DRDとのデータ転送、ステージングDASD上のデータ管理、MSCとの制御情報の転送などの種々のサービスがあり、そのサービス時間も一定ではない。一方、DRDのサービスは、CS内のカートリッジの格納場所によってアクセス時間が異なったり、またある要求の処理が終了して、DRDが次の要求に割り当てられて再利用可能になるまでの時間（以下、DRDの返却時間という）が必要であり、この影響は要求の到着間隔によって異なっていて一定ではない。

(1) SDC系

この系の平均サービス時間は、

$$Es(t1) = (1/a) [a_j Es1(t1) + a_4 Es2(t1) + a_5 Es3(t1) + (a_1 + a_2 + a_3 + a_4) Es4(t1)] \quad \text{----(1)}$$

である。SDCは2台の窓口を有し、ヒンチン・ポリッェック式よりM/M/2型になる(2)。一方、平均待ち時間は、

$$Ew(t1) = [a^2 Es^2(t1) / (4 - a^2 Es^2(t1))] Es(t1) \quad \text{-(2)}$$

である。従って、SDC系に於ける個々の要求の平均応答時間は、

$$E1(t1) = Ew(t1) + Es1(t1) \quad \text{----(3)}$$

$$E2(t1) = Ew(t1) + Es2(t1) \quad \text{----(4)}$$

$$E3(t1) = Ew(t1) + Es3(t1) \quad \text{----(5)}$$

$$E4(t1) = Ew(t1) + Es4(t1) \quad \text{----(6)}$$

となる。

(2) DRD系

この系にはa1からa3の要求が到着し、M/M/4型の待ち行列となる。この平均待ち時間は、

$$Ew(t2) = a_j^4 Es^5(t2) / [(24 + 18a_j Es(t2) + 6a_j^2 Es^2(t2) + a_j^3 Es^3(t2))(4 - a_j Es(t2))] \quad \text{(7)}$$

となる。従って、平均応答時間は、

$$E(t2) = Ew(t2) + Es(t2) \quad \text{----(8)}$$

である。

以上の様に応答時間を決定でき、各々の要求に対する平均応答時間は、

(a) ステージング要求時:

$$Et1(t) = E1(t1) + E4(t1) + E(t2) \quad \text{----(9)}$$

(b) デステージング要求時:

$$Et2(t) = E1(t1) + E4(t1) + E(t2) \quad \text{---(10)}$$

(c) マウント要求時:

$$Et3(t) = E1(t1) + E4(t1) + E(t2) \quad \text{---(11)}$$

(d) CPUのデータ読み書き時:

$$Et4(t) = E2(t1) + E4(t1) \quad \text{---(12)}$$

(e) SDCとMSC間のデータ転送時:

$$Et5(t) = E3(t1) \quad \text{---(13)}$$

である。従って、1要求当りの平均応答時間は、

$$E(t) = (1/a) [a_j E1(t1) + a_4 E2(t1) + a_5 E3(t1) + (a_1 + a_2 + a_3 + a_4) E4(t1) + a_j E(t2)] \quad \text{---(14)}$$

となる。

ここで、Es1(t1)、Es(t2)に比べて、Es3(t1)、Es4(t1)は非常に小さく、無視できるものとする、式(14)は、

$$E(t) = (1/a) [a_j E1(t1) + a_4 E2(t1) + a_j E(t2)] \quad \text{-(15)}$$

になる。

3. MSSの解析モデルを用いた検索応答時間の推定

MSSの解析モデルを式(15)の様に定式化することが

できた。このモデルの各パラメータに検索プロセスを表す値を設定することによって、平均検索応答時間を求めることができる。ここで求めようとする検索応答時間とは、検索コマンドを入力して、次に表示コマンドで検索結果を出力するまでの時間とし、平均検索応答時間とは、種々のデータベースに対する複数の検索者の応答時間の平均値とする。従って、情報検索システムやデータベース管理システムの処理方法、データベースの構造などを問題とせず、MSSやDISKへのアクセス時間だけを問題とする。

3.1 DISKに於ける検索

MSSとDISKのデータベースの検索を考えており、DISKもモデル化する必要がある。しかし、DISKの機構は簡単である。DISKは制御装置を介してCPUに接続されており、主なサービスはCPUとのデータ転送である。即ち、MSSの解析モデルで、SDCをDISKの制御装置、ステージングDASDをDISKと考えることができる。ステージングDASDのDISKは、MSSから切り離して通常のDISKとして用いることができ、特性的に変わりはない。MSCとSDC間のメッセージ転送などのサービスを無視した式(15)では、 a_1 から a_3 、 $E_{s1}(t_1)$ 、 $E_s(t_2)$ がMSSの状況を表すパラメータであり、これらを値0と設定すれば、DISKのモデルとも考えることができる。従って、 a_4 と $E_{s2}(t_1)$ を定めれば、DISKの1要求に対する平均検索応答時間を求めることができる。

3.2 検索状況の設定

複数の検索者が複数のデータベースを検索する状況に於いて、ある検索者があるデータベースを検索して結果を出力するまでの検索応答時間を求めなければならない。この様な状況を設定する方法には種々あるが、ここでは、表3に示すパラメータを用いて検討する。これは、実際に計測できる値に基づく点で有意と思われる。このために、情報検索システムFAIRSを用いて実験したときの測定値を用いる〔1〕。また、検索だけを考えているので、データ

表3 検索状況の設定用パラメータ

記号	説明	単位
T	データベースの検索サービス時間	秒
W	CPUのデータ読出し量	Kバイト
M	検索サービス時間当りの検索者の数	人
Z	検索サービス時間当りの利用データベースの数	個
N1	1検索者の検索回数	回
N2	1検索者の結果表示回数	回
S1	原データ・ファイルの量	Mバイト
S2	転置データ・ファイルの量	Mバイト
F	検索サービス時間当りのCPUのデータ読出し回数	回
A	総出力レコード数と総レコード数の比	

(注) 必要であればMSSとDISKを分けて示すために添字を用いる。たとえば、MSSのZであればZmとし、DISKのZであればZdとする。

の書込みや、デステージング要求は発生しない。

- (1) $E_{s1}(t_1)$: これはMSSのトレース情報から1シリンド約248Kバイトの転送では0.655秒であった。従って、1ページ8シリンドでは5.240秒になる。しかし、マウント時には1シリンド分しか転送されないで、マウント要求時とステージング要求時との総要求数の平均値を用いる必要がある。一方、DISKでは値0となる。
- (2) $E_{s2}(t_1)$: これはCPUがデータを読むバイト量によって決定され、FAIRSの転送量の2Kバイトを用いる。2Kバイトを転送するのに0.005秒を要する(但し、この値を変えても結果にはほとんど影響しない)。
- (3) $E_s(t_2)$: $E_{s1}(t_1)$ と同様にMSSのトレース情報から、MSSの動作に余裕があるときには7.414秒であった。しかし、MSSへの要求が密に到着すれば、DRDの返却時間が影響し、(7.414+d)秒となる。但し、 $0 \leq d < 5$ の値である。dは要求の到着率の関数として求めることができる。一方、DISKでは値0となる。
- (4) a_1 : これはステージング要求に関係してデータがどの様に参照されるかによって決定できる。しかし、一般にはデータベース中にどの様に参照されるデータが分散しているかを推定することは困難である。ここでは、データベースの個数に出力レコード総数と全レコード件数の比の積を係数とする変数(以下、参照変数という)として、この変数の参照範囲を変化させて求める。この場合、さらに正確さを図るために、原データと転置データの参照率を変え、転置データには10の重みを与えている。一方、DISKでは値0である。
- (5) a_2 : デステージング要求は発生しないとしているため、値0である。また、DISKも値0である。

表4 各種パラメータ値

	DISKの場合	MSSの場合
Es1(t1)	0	$(5.240 * temp + 0.655 * Zm) / (temp + Zm)$
Es2(t1)	$0.005 * W / 2$	$0.005 * W / 2$
Es(t2)	0	$7.414 + d$
a1	0	$(temp - Zm) / T$
a2	0	0
a3	0	Zm / T
a4	Fd / T	Fm / T

(注) tempは以下の様になる。
 $temp = (S1 / 10 + S2) * A * Z * P / 248$
 但し、参照率変数としてある範囲の値を有する。
 (注) dはDRDの返却時間であり、 $0 \leq d < 5$ である。

(6) a3 : マウント要求の回数に依存し、データベースの個数と考える。一方、DISKでは値0である。

(7) a4 : これはCPUのI/O回数であり、EXCP回数と考える。

従って、表3に示した各記号を用いて各パラメータを整理すれば、表4の様になる。

3.3 平均検索応答時間の決定

以上の様に各パラメータを設定することができ、MSSとDISKの1要求当りの検索応答時間をEm(t)、Ed(t)とすれば、平均検索応答時間(Ems、Edisk)は、

$$Ems = Em(t) * (Fm + temp) / (Mm + N2m) \quad \text{---(16)}$$

$$Edisk = Ed(t) * Fd / (11d + N2d) \quad \text{---(17)}$$

であり、データベース全体の平均検索応答時間Ea11は、

$$Ea11 = (Ems * Mm * N2m + Edisk * Md * N2d) / (Mm * N2m + Md * N2d) \quad \text{---(18)}$$

で求められる。但し、tempは表4に示した式で定義される。従って、Ea11を各種のデータベースの組合せに対して求め、その中で平均検索応答時間が最小になる割付け法が最も良い記憶媒体の用い方である。即ち、m個の組合せ方があるとすれば、

$$\min[Ea11^1, Ea11^2, \dots, Ea11^m] \quad \text{---(19)}$$

を求めることである。

ここでは、DISKがMSSよりもアクセス時間が速いことが明らかであるとして、最初にDISKの容量に格納できる最大の個数のデータベースを配置し、次に残りのデータベースをMSSに割り付けるものとする。

表5 データベースの一覧

(1982年12月現在)

データベース名	確保容量 (MB)	実容量 (MB)	件数	記憶媒体	説明	運用開始年
CHINA1	4.94	4.26	7546	MSS	科学合格者情報	1981年 4月
CONPHYS	234.40	65.20	105779	MSS	物理学国際会議録	1982年 5月
CSM	6.84	2.34	2073	DISK	植物細胞性粘菌	1980年 5月
DESY	211.47	155.17	85589	DISK	高エネルギー物理学	1979年 4月
ERIC	331.74	265.19	131268	DISK	教育学関連	1980年 9月
INSPEC	1960.11	1738.18	870633	DISK	物理学、電気・電子・計算機工学など	1979年 4月
INSPECJ	14.82	2.07	3559	MSS	INSPEC雑誌	1980年12月
JMARC	513.76	435.38	158695	MSS	日本全国書誌(選)	1982年 6月
PICMS	11.40	2.87	3098	DISK	数理学会誌	1980年 9月
RIMS	62.13	20.96	29947	DISK	数理学会関連	1979年 4月
SAO	88.92	53.64	258997	DISK	10等星以上星データ	1979年 4月
SHR	2.47	0.47	468	MSS	高血圧ラット文献	1982年 5月
XDCBIB	35.34	23.62	30854	DISK	結晶構造解析	1979年 4月

4. 京大センターへの適用

MSSとDISKにデータベースを格納した場合の平均検索応答時間を求める方法を3節までに述べた。この方法を用いた評価例として、京大センターのデータベースの運用状況を検討する。

4.1 京大センターのデータベース

京大センターでは、FAIRSの下に現在13種、約170万件のレコードを有したデータベースが、DISKとMSSに構築されている(3)。その一覧を表5に示す。DISKとMSSが用いられているが、必ずしも利用・運用特性などが考慮されて配置されている訳ではない。表6には1982年1月から12月まで(1日を10.5時間の運用として256.7日)の利用状況を整理した。CONPHYS、JMARC、SHRはこの期間内に運用されたデータベースであり、補正した値を括弧で示した。INSPECなどの市販データベースやDESY、RIMSの利用が多いことが顕著に現れている。

次に、平均検索応答時間を求めるために、必要となる各種検索パラメータを求めよう。表6に示したデータを基に、各種の換算値を整理したのが表7である。1日平均26.62人が検索し、その半数がINSPECを利用している。件数当り最も良く利用されているのがCSMであり、出力量の多いのがCSM、INSPECJである。

表6 1982年の利用状況

	利用者数 (人)	接続時間 H:M:S	総出力 (件)	EXCP回数			検索		出力 コマンド数	総コマンド数	備考
				定義 ファイル	データ・ ファイル	総計	コマンド数	項目数			
CHINA1	31	2:11:32	144	238	4983	5221	42	38	48	130	MSS
CONPHYS	89 (151.7)	15:23:03	30345 (51726.1)	1055 (1798.4)	14491 (24701.4)	20499.8	398 (678.4)	450 (767.1)	166 (283.0)	753 (1283.6)	MSS
CSM	342	44:10:50	91023	3306	177930	181236	1020	4070	545	2061	
DESY	507	99:33:20	17240	11122	1484818	1495940	4286	4852	819	5760	
ERIC	463	30:20:53	7499	7845	150953	158798	1819	1857	528	3301	端末出力のみ
INSPEC	3450	689:21:16	69742	71952	5625468	5697420	15068	17061	5980	28004	端末出力のみ
INSPECJ	135	25:14:18	17508	961	18905	19866	311	351	129	623	MSS
JMARC	460 (768.8)	114:56:25	3002 (5017.2)	5984 (10001.1)	101103 (168973.4)	178974.5	2060 (3442.9)	2614 (4368.8)	556 (529.2)	3285 (5490.2)	MSS
PICMS	32	2:22:30	1535	314	4180	4494	80	78	36	158	
RIMS	699	93:53:31	38712	15144	227662	242806	4426	5065	1329	6577	
SAO	84	4:16:22	210	473	2600	3073	108	112	82	278	
SHR	8 (12.1)	0:45:13	11 (16.6)	51 (77.0)	55 (83.0)	160	7 (10.6)	5 (7.5)	2 (3.0)	21 (31.7)	MSS
XDCBIB	159	26:30:43	19588	1888	41823	43711	1739	1895	564	2534	端末出力のみ
合計	6459 (6834.6)		296559 (319960.9)	120333 (125119.5)	7854971 (7933079.8)	8058199.3	31364 (33030.9)	38448 (40522.4)	10784 (11275.2)	51485 (54231.5)	

* CONPHYS, JMARC, SHRは他のデータベースと同一日数のサービスをしたとしての補正値を括弧内の値で示した。

表7 利用状況の換算値

	利用者数 /日	容量/ 利用者数	件数/ 利用者数	容量/ 総コマンド数	件数/ 総コマンド数	総出力数 /件数	検索コマンド 数/利用者数	検索項目数/ 検索コマンド数	総出力数/ 利用者数	EXCP回数/ 利用者数
CHINA1	0.12	0.1374	243.42	0.0328	58.0462	0.0191	1.35	0.90	4.65	168.42
CONPHYS	0.59	0.4238	697.29	0.0508	82.4081	0.4890	4.47	1.13	340.96	174.69
CSM	1.33	0.0068	6.06	0.0011	1.0058	43.9083	2.98	3.99	266.15	529.93
DESY	1.98	0.3061	168.81	0.0269	14.8592	0.2014	8.45	1.13	34.00	2950.57
ERIC	1.80	0.5728	283.52	0.0803	39.7661	0.0571	3.93	1.02	16.20	342.98
INSPEC	13.44	0.5038	252.36	0.0668	33.4807	0.0801	4.37	1.13	20.22	1651.43
INSPECJ	0.53	0.0153	26.36	0.0033	5.7129	4.9194	2.30	1.13	129.69	147.16
JMARC	2.99	0.5663	206.42	0.0793	28.9051	0.0316	4.48	1.27	6.53	232.80
PICMS	0.12	0.0897	96.81	0.0182	19.6076	0.4955	1.88	0.98	47.97	140.44
RIMS	2.72	0.0300	42.84	0.0032	4.5533	1.2927	6.33	1.14	55.38	347.36
SAO	0.33	0.6386	3083.30	0.1929	931.6439	0.0008	1.29	1.04	2.50	36.58
SHR	0.05	0.0388	38.68	0.0148	14.7634	0.0355	0.88	0.71	1.38	13.22
XDCBIB	0.62	0.1486	194.05	0.0093	12.1760	0.5030	10.94	1.09	123.19	274.91

4.2 解析ケースの設定

表8には、データベースの利用状況から各項目について並べた便宜的な順位を示した。解析を総てのデータベースについて試みると膨大になるので、この順位に従って割付け方法をあらかじめ推定して、解析ケースを選定する。表8に従って、順位の比較的高いデータベースからDISKに配置するとして、表9の様に11通りの解析ケースを選ぶことができる。データベース用のDISKの容量は最大3170Mバイトであり、ここに配置できる最大個数のデータベースを想定している。case 0は現行の京大センター

の状態であり、case 12は総てのデータベースをDISKに配置できるとした場合の状態である。

4.3 解析結果

総計13ケースについて解析した結果を表10に示す。この場合、原データと転置データの容量を別々に求めることができなかったため、総容量に対する割合として、転置データと原データの容量を定めた。転置データと原データの割合が4対6、5対5の場合を設定したが、その結果にほとんど差がなかった。また、参照変数の値によってもそれ程

表8 便宜的に与えた順位

順位	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
容量	F	H	E	D	B	K	M	J	A	I	C	G	L
件数	F	K	H	E	B	D	M	J	A	G	I	C	L
利用者数	F	H	J	D	E	C	M	B	G	K	I	A	L
総出力数	C	F	B	J	M	G	D	E	H	I	K	A	L
EXCP回数	F	D	J	C	H	E	M	B	G	A	I	K	L
コマンド数	F	J	D	H	E	M	C	B	G	K	I	A	L
利用者数/日	F	H	J	D	E	C	M	B	G	K	I	A	L
容量/利用者数	C	G	J	L	I	A	M	D	B	F	H	E	K
件数/利用者数	C	G	L	J	I	D	M	H	A	F	E	B	K
容量/総コマンド数	C	J	G	M	L	I	D	A	B	F	H	E	K
件数/総コマンド数	C	J	G	M	L	D	I	H	F	E	A	B	K
総出力数/件数	C	G	J	M	I	B	D	F	E	L	H	A	K
検索項目数/利用者数	M	C	D	J	H	B	F	E	G	I	K	A	L
総出力数/利用者数	B	C	G	M	J	I	D	F	E	H	A	K	L
EXCP回数/利用者数	D	F	C	J	E	M	H	B	A	G	I	K	L

* A:CHINA1、B:CONPHYS、C:CSM、D:DESY、E:ERIC、
 F:INSPEC、G:INSPECJ、H:JMARC、I:PICMS、
 J:RIMS、K:SAO、L:SHR、M:XDCB1B を示す。

表9 解析ケース

		case0	case1	case2	case3	case4	case5	case6	case7	case8	case9	case10	case11	case12
データベースの種類	DISK	C, D, E, F, I, J, K, M	A, C, D, E, F, H, I, K, L, M	A, B, E, F, H, K	A, C, D, E, F, G, H, I, J, L, M	A, B, C, E, F, G, H, I, K, L	A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M	A, B, C, D, D, F, I, J, K, L, M	A, B, C, E, F, G, H, I, J, L	A, B, C, E, F, G, H, I, J, L	A, C, D, E, F, G, H, K, M	D, E, F, H, J, K	D, E, F, G, H, I, K, M	A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M
	MSS	A, B, G, H, L	B, G, J	C, D, G, I, J, L	B, K	D, J, M, H	E	D, K, M	D, I, K	B, I, J	A, B, C, G, I, L, M	A, B, C	—	—
DISKの占有量 (MB)		—	3166.99	3169.21	3155.02	3169.40	2964.58	3146.60	3142.61	3166.55	3167.94	3168.13	3168.56	—
1日の検索者数 (人)	DISK	22.34	22.78	19.89	25.70	21.50	23.63	24.82	23.69	24.19	23.14	23.26	21.81	26.62
	MSS	4.28	3.84	6.73	0.92	5.32	2.99	1.80	2.93	2.43	3.48	3.36	4.81	—
データベースの数 (個)	DISK	8	10	7	11	10	12	12	10	10	9	6	8	13
	MSS	5	3	6	2	3	1	1	3	3	4	7	5	—
データベースの平均容量 (MB)	DISK	282.75	268.11	369.35	240.96	256.96	194.50	208.68	253.69	255.77	297.76	444.75	334.52	213.03
	MSS	101.48	29.41	30.65	59.42	66.58	435.38	265.19	77.48	70.56	22.38	14.40	18.65	—
平均検索回数 (回)	DISK	4.98	4.72	4.48	4.89	4.13	4.88	4.90	4.42	4.60	4.69	4.88	4.80	4.83
	MSS	4.08	5.49	5.87	3.34	7.66	4.48	3.93	8.18	7.18	5.81	4.50	5.00	—
平均出力回数 (回)	DISK	1.72	1.63	1.65	1.65	1.57	1.71	1.69	1.61	1.66	1.62	1.62	1.62	1.65
	MSS	1.27	1.77	1.66	1.55	1.99	1.21	1.14	1.95	1.50	1.85	1.86	1.79	—
検索コマンド対検索項目数 (回)	DISK	1.23	1.24	1.14	1.23	1.27	1.22	1.24	1.25	1.24	1.24	1.14	1.14	1.23
	MSS	1.23	1.14	1.42	1.12	1.13	1.27	1.02	1.12	1.13	1.14	1.86	1.61	—
1人当たりの出力レコード数 (件)	DISK	42.81	36.25	30.11	40.62	44.69	51.92	49.04	46.48	48.45	38.38	23.18	24.71	46.81
	MSS	67.73	109.51	96.22	220.35	55.34	6.53	16.20	49.38	30.47	102.80	210.41	146.97	—
総レコード数 (件)	DISK	1412459	1549221	1563772	1323730	1542116	1529811	1557238	1313066	1340822	1549214	1535129	1542693	1688506
	MSS	276047	139285	124734	364776	146390	158695	131268	375440	347684	139292	153377	145813	—
総出力レコード数 (件)	DISK	245549.0	212014.8	153776.9	268024.8	244420.9	314943.7	312461.9	282922.9	300975.9	227971.2	138420.2	138339.2	319960.9
	MSS	74411.9	107946.1	166184.0	51936.1	75540.0	5017.2	7499.0	37038.0	18995.0	91989.7	181540.7	181621.7	—
総EXCP回数 (回)	DISK	7827478.0	7769027.5	6113697.3	8028626.5	6275742.3	7879224.8	7899401.3	6515475.3	6554692.3	7784239.5	7777011.5	7602276.5	8058199.3
	MSS	236721.3	289171.8	1944502.0	295772.8	1782457.0	178974.5	158798.0	1542724.0	1503507.3	273959.8	281187.8	455922.8	—
データ出力参照率	DISK	0.000242	0.000234	0.000135	0.000338	0.000290	0.000407	0.000378	0.000354	0.000361	0.000223	0.000091	0.000128	0.000360
	MSS	0.001227	0.002359	0.003390	0.001208	0.001134	0.00041	0.000123	0.000395	0.000263	0.002852	0.009603	0.005040	—

* case 0 は現行の本センターの状態であり、case 12 は総てをDISKに格納できる状態である。

表10 解析ケースの平均検索応答時間

	原データと 転置データ の割合	DISKの 平均検索応 答時間(秒)	MSSの平均検索 応答時間(秒)	全体の平均検索 応答時間(秒)	順位
case 0	4割	3.968	8.271~8.297	4.501~4.504	10
	5割	3.968	8.271~8.296	4.501~4.504	
case 1	4割	4.075	4.390~4.397	4.124~4.125	5
	5割	4.075	4.390~4.397	4.124~4.125	
case 2	4割	3.629	7.724~7.737	4.669~4.672	11
	5割	3.629	7.724~7.737	4.669~4.672	
case 3	4割	3.688	11.721~11.744	3.949~3.950	3
	5割	3.688	11.721~11.743	3.949~3.950	
case 4	4割	3.621	5.566~5.571	4.086~4.087	4
	5割	3.621	5.566~5.571	4.086~4.087	
case 5	4割	3.798	3.194~3.195	3.748~3.749	1
	5割	3.798	3.194~3.195	3.748~3.749	
case 6	4割	3.668	5.440~5.443	3.751	2
	5割	3.668	5.440~5.443	3.751	
case 7	4割	3.327	9.496~9.500	4.131~4.132	6
	5割	3.327	9.496~9.500	4.131~4.132	
case 8	4割	3.179	14.676~14.679	4.136	7
	5割	3.179	14.676~14.679	4.136	
case 9	4割	4.045	5.842~5.852	4.308~4.310	8
	5割	4.045	5.842~5.842	4.308~4.309	
case 10	4割	4.020	9.915~9.950	4.859~4.864	12
	5割	4.020	9.915~9.950	4.859~4.863	
case 11	4割	4.191	5.717~5.730	4.490~4.493	9
	5割	4.191	5.717~5.729	4.490~4.492	
case 12	4割	3.573	—	3.573	—
	5割	3.573	—	3.573	

大きな相違はなかった。

この結果、最も良い配置法はJMARCをMSSに、残りをDISKに格納するcase 5であることが解る。また、現行の京大センターの状況(case 0)はそれ程良いものでなく、case 5に比べて1.20倍になっている。しかし、現行の運用状況が決して悪いとは言えない。それは、データの追加・更新などの運用管理を考慮すれば、必ずしもここで試みた様に最大個数をDISKに配置できるとは限らないからである。

今の様なデータベースの検索状況では、どの様に配置しても大きな差が生ずることがないことを、この結果は示している。

5. おわりに

本稿では、MSSとDISKというアクセス時間の異なる

記憶媒体にデータベースを配置するための方法の一つとして、平均検索応答時間の視点から最も良い応答性を示す配置法が最適であることを述べた。また、その評価例の一つとして、京大センターの場合に適用し、最も良い配置法と現行の運用状況を算定した。その結果、現行の運用は決して悪い配置法を採っている訳でないことが解った。それは現在の様に1日26.62人の検索者ではMSSの処理動作に十分余裕があるためである。もっとも、MSSはデータベースの管理のためだけでなく、利用者の個人ファイル、京大センターの管理ファイルとして用いられており、MSSの動作はもう少し厳しい。しかし、データベースの検索者数をさらに増加させて調べたが、要求数が10倍の状態になってもあまり変化はなかった。

少なくとも、異種記憶媒体を用いてデータベースを格納することは運用環境から将来必然になってくる。この場合、MSSは記憶媒体として最も適した格納ツールであり、本稿で述べた評価法は、MSSとDISKを有効に用いるための一つの方法であると考えられる。

謝辞 日頃からデータベースの開発・研究に御便宜と御理解をいただいている丹羽義次センター長、萩原宏研究開発部長に深謝します。また、北川一、島崎真昭両助教授、及び村尾義和技官を初めとする研究開発部員の方々に感謝します。

参考文献

- (1) 堀池、柴山、小澤、渡辺：データベースに於けるMSS利用に関する実験と考察、全国共同利用大型計算機センター研究開発論文集、NO.2 (1980)。
- (2) 小澤、堀池、渡辺、星野：大容量記憶システム(MSS)を用いた情報検索の性能について、情報処理学会第22回(昭和56年前期)全国大会、4L-11。
- (3) 堀池、村尾、小澤、渡辺：京都大学大型計算機センターに於けるデータベース利用状況の分析について、情報処理学会第25回(昭和57年後期)全国大会、3P-7。
- (4) 渡辺、堀池、小澤：データベースに於ける記憶装置の割付けと検索応答時間について、全国共同利用大型計算機センター研究開発論文集、NO.4 (1982)。