

解説

分散型データベース\*

土井喜一\*\* 関口弘\*\*

1. はじめに

電気通信技術とコンピュータ技術の進歩により、ファイル管理上の処理能力、処理機能、コストパフォーマンス等の向上は、目を見張るものがある。それにより、複雑、高度でかつ広域におよぶ新しいニーズに対しても十分対処できるようになってきた。この一端として、現在、データベース・システムの研究実用化が鋭意進められている。このデータベース・システムは、ファイル及びプロセッサを超大型コンピュータに集中させた集中型データベース・システムの形態を指向したものであるが、情報発生地の局地性、安全性及びコストパフォーマンスの観点からみた場合、今後は、分散型データベース・システムの導入も必要となる。

一般に、ファイル・システムは、図-1、図-2 (次頁参照)のように分類できる。特に分散型データベース・システムは、①ファイルの分散、②プロセッサの機能分散、③データベース管理システム (DBMS) の分散、に大別できるが、①と②はファイル管理の面からみれば、集中型の概念との大きな違いはない。そこで、本稿では、③のDBMSを分散した分散型データベース・

システムを中心に述べる。

この分散型データベース・システムは、多様化するユーザの要求に対して柔軟に対処でき、通信コストの軽減、システム全体の処理効率や信頼性の向上及び開発コストの低減などが期待できる。しかし、システム資源の集約や集中管理の困難さ及びローカル・システム間のインタフェースの複雑さ等に技術的な問題点がある。

以下に③の分散型データベース・システムについて、その背景、アーキテクチャ、システムの実例及び将来等について述べる。

2. システム分散化の背景

情報は、社会・経済活動の発展と共に、膨大化 (年率 10~20%) の一途をたどり、それらの相互関係も複雑になりつつある。更に、その発生、要求地点も広域化の方向にある。また、情報の処理機能に対しても即時性や各種のユーザ要求に応えられる多様性と柔軟性が要求される。一方、情報処理の機械化に伴う機密保護、プライバシー保護等の問題や安全性、保全性等も今まで以上に重要な問題となりつつある。

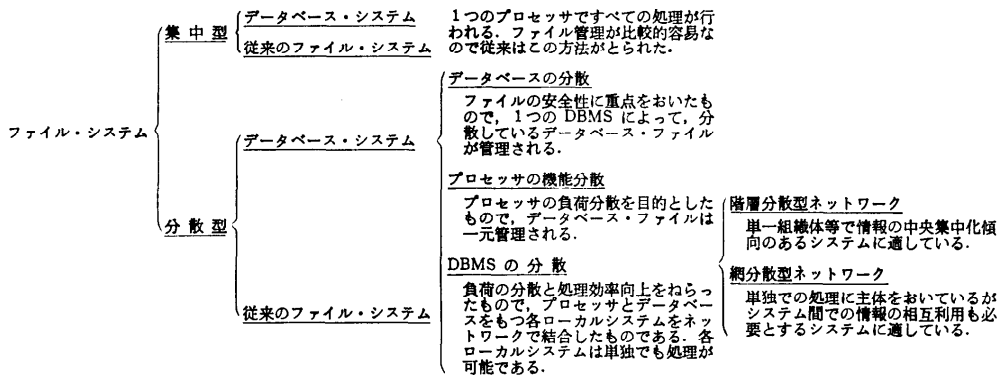


図-1 ファイル・システムの分類

\* Distributed Data Base by Kiichi DOI and Hiromu SEKIGUCHI (N. T. T., Data Communications Bureau).

\*\* 日本電信電話公社データ通信本部第四データ部

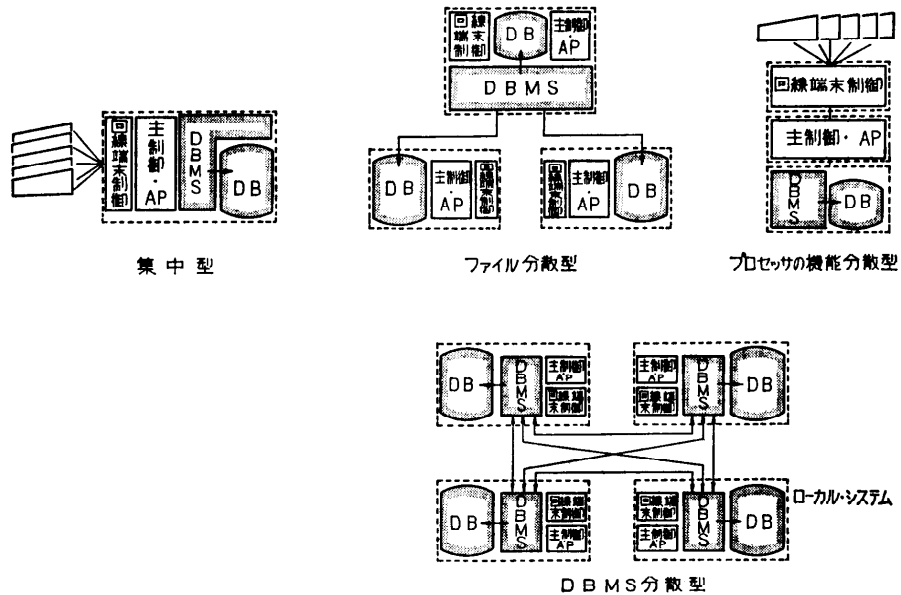


図-2 データベース・システムの構成概念図

次に、コンピュータ及び通信技術について概観してみよう。

まず、ハードウェアからみると本体系については、汎用大型コンピュータのパフォーマンスは年率約 23% で向上するが、価格の方が横ばい状態といわれる。中・小及びミニコンピュータについては、パフォーマンスは年率約 20~24% で向上し、価格は年率約 6% で値下りするといわれている。

計算機本体と端末を結ぶ回線についてみると、今後 10 年間で考えた場合、通信回線料金は画期的に安価になるとは思われない。従って、システム全体の必要コストに占める回線料金の比率は年々上昇の傾向となろう。しかし、デジタル交換網など、新しい通信手段の実現は、従来考えられなかった高度かつ多様なサービスが期待できるものであり、将来のネットワーク・システムを支える重要な柱となろう。

情報を格納する媒体をみると、現在 200M バイトの記憶容量をもつディスクが商用化されており、500M、800M... の実現もそう遠いことではない。更に、ギガバイト単位の容量をもつマス・ストレージは一部で開発されているが、現状は開発途上といえよう。また、マス・ストレージのアクセスタイムは数秒から数十秒かかり、アクティビティの低いデータには適しているが、膨大化した情報を 1カ所に集中格納し、現在のディスク程度の時間でアクセスすることは、かなり先に

なりそうである。従って、大量の媒体を 1カ所で運用保守することは、現実問題として不可能に近く、当面は、媒体を分散して運用していくことになる。

コンピュータ利用技術の面からみると、かなり前になるが、入出力は小型コンピュータで処理し、メカニカル・アクセスの伴わない部分は大型コンピュータで処理することによって、全体としての処理効率を上げようとする衛星コンピュータ・システム概念があった。その後、マルチオペレーション、コンカレントオペレーション、サブフレーム等の手法が開発され、衛星コンピュータの考えを駆逐したようにみえた。しかし、これらのオペレーション手法は、ほぼ改良しつくされた観があり、飛躍的に処理効率を向上させる手法は早急には望めそうもない。そこで、前記衛星コンピュータの考え方が注目され、コンピュータの機能分散により処理効率向上を図ろうとする動きが最近顕著になってきた。現に、米国においては、大型汎用コンピュータ分野の需要の伸びは横ばい状態になっているといわれ、その理由として、

- ① 電算機のトータルなパフォーマンスを理由に、分散化処理（データ発生現場における即時処理）の思想がユーザ間に定着しつつある。
- ② ユーザは新たに大型機を導入するのではなく、低コストで全体のシステムの性能アップを図ろうとしている。

などがあげられている。フロント・エンド・プロセッサの考えもこの現われである。つまり、このフロント・エンド・プロセッサに種々のインタフェース処理機能をもたせ、計算機間を通信回線で結ぶことによって、システムのトータル・パフォーマンスの向上を図っている。

システムの運用面からみると、最近、安全性、信頼性が重要視されており、集中型システムにおいては、ファイルの集中化に伴って運用の困難性、危険性及び機密漏洩の問題が深刻化している。この種の問題と管理の容易さのどちらを優先させるかは、システムによって違うが、過度の集中化は排除する方向にあるといえよう。

分散化を指向するその他の要因として、回線の開放、デジタルデータ交換網の実現や全国的規模をもつシステム（全国の地方自治体、行政情報通信ネットワーク、医療情報ネットワーク、流通情報システム、広域交通管制システム等）からの要求などがあげられる。

### 3. 分散型データベース・システムの構成と機能

分散型データベース・システムのネットワーク構成及びローカル・システムの機能構成について以下に述べる。

#### 3.1 ネットワーク構成

分散型データベース・システムを DBMS の管理的構成面から分類すると、基本的には階層分散型と網分散型の2つであり、あとはこれらの変形と考えられる。

階層分散型は、図-3 に示すように、1つまたは複数の大型システムを中心に置き、その配下にサブ・システムを順次階層的に構成する。サブ・システム間の通信は、上位システムを経由して行われる。

この構成の利点として次の点があげられる。

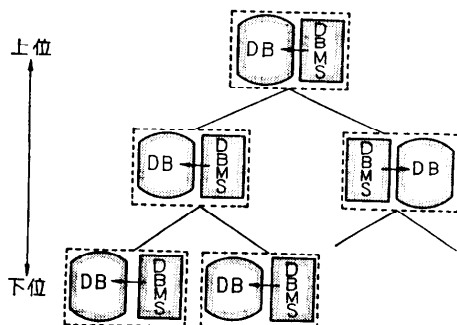


図-3 階層分散型ネットワーク構成

- ① 各システムは、下位システムのみを意識すればよいので、システム管理ソフトウェアが比較的単純になる。
- ② システムの管理区分が明確であるので、システム管理が容易である。
- ③ 既存の集中型システムを階層的に結びつけることにより、分散型データベース・システムが構築できる。
- ④ 一般的に、会社組織等の管理体制に一致しているので、比較的導入しやすい。

しかしその反面、次のような欠点がある。

- ① サブ・システム間の通信は、上位システムを経由しなければならない。
- ② 上位システムを経由することによるオーバーヘッド増がある。
- ③ 上位システムが障害の場合、下位サブ・システム間の通信ができない。

一方、網分散型は、図-4 に示すように、各ローカル・システムを独立対等の立場で網目状に結ぶものであり、次のような利点及び欠点をもつ。

利点

- ① 他ローカル・システムを介さないで、階層分散型に見られるオーバーヘッド増はない。
- ② 全体として強じんて信頼性が高い。
- ③ 標準インタフェースを使う限り、独立にシステム設計ができる。

欠点

- ①  $n-1$  個の相手を意識する必要がある。
- ② 集中型システムから網分散型システムへの移行は難しい。
- ③ 全体のインタフェースの標準化が必要である。

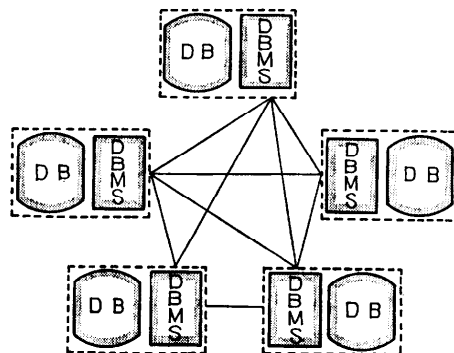


図-4 網分散型ネットワーク構成

ており、互換性のあるファミリー計算機で構築されるケースが多いであろう。これに対し、組織間システムは、各ローカル・システムが独立対等に位置付けられる場合が多いので、網分散型に向いている。この場合、同種計算機によるシステムの構築はまれであり、異機種計算機によるシステム設計が必要である。

### 3.2 ローカル・システムの機能構成

ネットワークを構成する各ローカル・システムの機能構成について、その考え方を図-5 に示す。これは、従来の DBMS の考え方をベースに発展させたものである。

#### (1) コミュニケーション機能

ローカル・システムの通信制御を行う次の機能をもつ。

- ① 回線端末制御
- ② 文字組立、文字処理制御
- ③ 各種変換機能
- ④ メッセージ伝送制御及びハンドリング機能
- ⑤ その他

階層分散型では、通信相手が上位・下位に限られるが、網分散型では、自システム以外のすべてとなる。本機能は、フロント・エンド・プロセッサとして本体系から切り離し、処理能力範囲において、本体系の前処理部分をもたせるべきである。例えば、Waterloo 大学の実験例（後述）では、この部分を本体系から切り離して別プロセッサとして構成し、ローカル・システム内及び間のメッセージ通信に全く同じプロトコルを使うことによってユーザに対し、データベースの物理的分散を意識させないという方法をとっている。

#### (2) インタフェース標準化機能

一般的に、システムが異なればデータ・フォーマット、操作言語も異なると考えられる。従って、他システムからの要求については、自システムが理解できる

言語ならびにデータ・フォーマットに翻訳し、他システム宛の要求については、標準的言語ならびにデータ・フォーマットに翻訳する必要がある。この実現手段として次のような方法が検討されている。

- ① 各ローカル・システムの言語を分散型データベース・システム内共通の抽象化言語に置き換える方法
- ② 更に、データをも抽象化する方法
- ③ あるローカル・システムに必要なデータは、そのシステムで理解できる形態に翻訳してから利用する方法
- (3) システム管理機能

本構成部分の主な機能は次のとおりである。

- ① システム全体のデータベースのメタ的情報の把握
- ② マッピング機能
- ③ 他システム及び自システムへの処理依頼機能
- ④ アプリケーション・プログラムとの会話及び制御機能
- ⑤ DBMS との会話機能

例えば、処理要求に対して、処理の切り分けを行い、自システム宛であれば、処理を DBMS へ依頼する。他システム宛のものであれば、インタフェース標準化機能を介して他システムへ処理を依頼する。

#### (4) データベース管理機能

本構成部分は、自システムのデータベースを管理し、データの蓄積、検索処理を効率的に行わせるものである。つまり、自システムのデータベース・アクセスやデータベース保護などのデータベース管理機能を持ち、データとプログラムの独立性、データの安全性、機密保護等を実現している。

#### (5) データベース管理者 (DBA)

本構成では、ローカル・システムごとに DBA を置いている。その理由として次の点があげられる。

- ① 各ローカル・システムがそれぞれで1つのデータベース・システムを形成しており、自システムのデータベースの管理が必要である。
- ② 各ローカル・システムのファイル変更及び障害等については、DBA 相互で連絡をとり、ネットワーク内の円滑な運営をはかる必要がある。

分散型データベース・システムの DBA 機能として、従来の DBA 機能の他に次のものがあげられる。

- ① トランザクション特性の分析評価
- ② 資源利用特性の分析評価

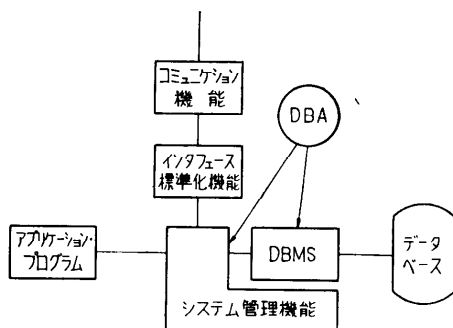


図-5 ローカル・システムの構成概念

- ③ 資源の最適な割当て
- ④ DBMS 及びシステム管理機能のマッピング情報の管理
- ⑤ リカバリとリスタートの処理

4. 分散型データベース・システムの例

分散型データベース・システムとして商用化されたものは現在のところみあたらない。しかし、実験的に行われた例として、ベル・テレフォン研究所におけるモデルシステム・XDMS (Experimental Data Management System)<sup>2)</sup>、Waterloo 大学の実験システム<sup>1)</sup>などがある。これらの実験例では、ミニコンピュータでシステムを構築しているが、実用化される大規模、広域システムでは、大型コンピュータが導入されることになろう。

4.1 XDMS の実験例

XDMS は、図-6 に示すように、従来、1 計算機内で一体となっていたデータベース・システムから、データベース管理機能を分離させて、それを別のコンピュータ (バック・エンド・コンピュータ) に任せ、それ以外の機能をホスト・コンピュータにもたせたものである。また、バック・エンド・コンピュータに標準化機能をもたせることにより、データベースの分散が可能となる。

バック・エンド・システムは、データベース管理機能がホスト側の OS から独立しているので、ホスト側の変更に対して柔軟に対処できる。また、ホスト側を

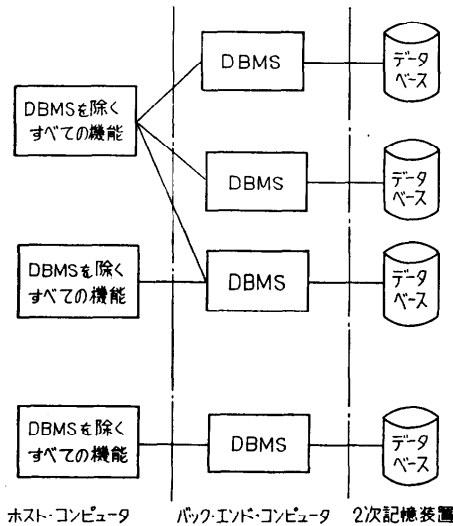


図-6 バック・エンド・システムの構成

大規模化する必要がなく、経済効果が期待できる。しかし、ホスト側のコスト縮小とバック・エンド側の開発コスト増分とのペイの問題や、ホスト CPU の使用効率に余裕があるにもかかわらず、バック・エンド側 CPU 使用率が限界値に達しているというリソースの負荷のアンバランスが発生する恐れや、バック・エンド・システムに機能分割することによる応答時間のオーバーヘッド増等の問題が考えられる。

これらの問題を実験的にシミュレートして確認した結果によると、コスト的には、単純処理では従来と変わらず、複雑情報では XDMS の方が1桁経済的である。データの共用面では、本質的な障害は今のところみあたらない。リソースの負荷不均衡は、それほど問題とならない、などの好ましいデータが出ているということである。

4.2 Waterloo 大学の実験例

この実験例は、図-7 に示すように、各ローカル・システムとして、同種のミニコンピュータを用い、それらをネットワークで結合することによって、分散型データベース・システムを実現している。この方法は、各ローカル・システムに負荷を分割し、かつ、全体を1つのデータベース・システムとして動作させることによって、処理効率の向上をねらったものである。

各ローカル・システムでは同種の OS が走行し、ローカル・システム相互は時分割多重ループ回線で結ばれている。従って、各ローカル・システムは、ループするメッセージの中から自分に関係するものを識別して抽出する。この構成は、リモートサービスを必要と

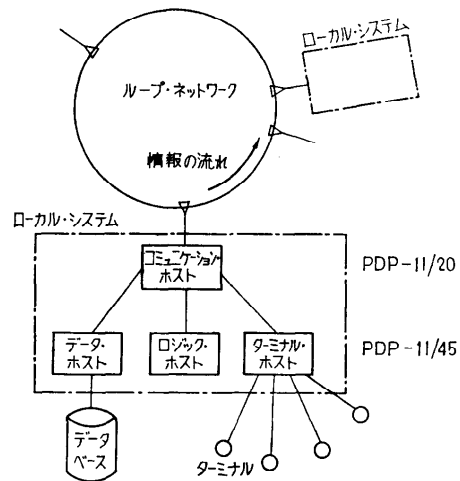


図-7 Waterloo 大学の実験システム構成

するものが全トランザクションの 10~30% 程度であるという前提に基づいている。10k ビット/秒のループをもつネットワークで実験した結果、平均遅延応答時間は 0.74 秒であり、局地的なサービス要求に対しては 0.44 秒であることが報告されている。

もちろん、1つのコンピュータでこの負荷を扱うことも可能であるが、このアーキテクチャの利点として、安価であること等、システムの拡張性に優れていることなどがあげられる。

### 5. 分散化システムの将来

コンピュータ・システムのアーキテクチャは、従来、企業の近代化、省力化の一助として、ユーザ・ニーズごとに性能と機能のトレードオフにより決定されてきた。しかし、ハードウェア技術の進歩により、今後は、コスト・パフォーマンスの向上をはかりつつも、次の点に着目してシステムを構築していくことになる。

- ① システムの汎用性、柔軟性、拡張性の向上
- ② システムの信頼性の向上
- ③ 情報の総合的管理

これらの条件を満足させるための一手段として、データベース・システムが開発されつつあるが、今後は、ユーザの処理形態にも着目して、一層のコスト・パフォーマンスの向上をはかるために、分散型データベース・システムが導入されることになる。

本格的なデータベース・システムは、現在、各社で模索の状態にあり、このシステムが商用に導入されるのは 5~6 年先とみられる。また、分散型データベース・システムは、将来非常に有効な手段として期待されるが、実用化される時期は更に先になるであろう。

分散化システムの導入は、

- ① 既存のシステムを中心に置き、ローカル・システムを逐次増設して、分散化システムを構成する
- ② 既存のシステムを結合して、超大型分散化システムを構成する。

などの方法がとられるであろう。一方、今後開発されるナショナル・プロジェクト等の大規模システムでは、

当初から分散化システムの構想に基づいて、システム的设计を行うことになる。

IBM は 1976 年頃までに“革新的なシステム”を公表するであろうとグロッシュ博士は予想している(現在のところ公表されていない)<sup>7)</sup>。この中で提供される予定のシステム Q-OS と FS ハードウェアは、分散化システムを指向したものであろうといわれており、今後の動向について注目する必要がある。

### 6. おわりに

システムに要求される形態を考えた場合、システムの目的により、集中型と分散型にわかれる。しかし、いずれにするかはシステムの要求条件を十分検討して決定すべきであり、むやみに分散化するという姿勢は好ましくない。また、分散化するにしても、階層分散型がよいのか、網分散型がよいのかは慎重な検討を要する。いずれにしても、各々のローカル・システム単独でも十分なデータベース機能をもつものでなくてはならない。開発手順にしても、集中化したシステムを開発してゆき、その後、各システムを逐次接続して網を構成する等、実態に応じて工夫する必要がある。

### 参 考 文 献

- 1) Richard Peebles and Eric Manning: A Computer Architecture for Large Distributed Databases, University of Waterloo.
- 2) R. H. Canaday, R. D. Harrison 他: A Back-end Computer for Data Base Management, Communications of the ACM, Vol. 17, No. 10, (Oct. 1974).
- 3) P. G. Comba, IBM Cambridge Scientific Center: Needed: Distributed Control.
- 4) Structures for Future Systems, EDP Analyzer, (Aug. 1974).
- 5) 郵政省編: 昭和 50 年度版通信白書.
- 6) 馬場行雄: 地方公共団体の行政情報システムの現況と将来, データ通信, 1973. 5.
- 7) Computing: Interview-Herb Grosch's shop talk, 22, (November 1973).

(昭和 51 年 7 月 7 日受付)  
(昭和 51 年 8 月 2 日再受付)