

分散処理への期待†

元 岡 達††

1. ま え が き

近年までのデータ処理技術は、汎用大型計算機による集中処理を中心に発展してきた。その主要な理由は高性能で安価なデータ処理能力を確保することが最も大切であり、それを実現するのに最も良い方法は、性能・価格比のすぐれた汎用大型計算機を効率良く使いこなすことにあると考えられていたからである。

しかし、第四世代の計算機技術を考える段階にきて、いろいろな立場から集中処理システムに対する疑問が投げかけられ、分散処理システムへの模索が開始され今や分散処理が次の世代の代表的な処理形態と考えられるに至った。分散処理を指向した計算機の商品化は小型機の分野から浸透し始めているが、これまでの計算機技術の中心思想に対する大変革でもあり、全分野に浸透するには尚多少の歳月を必要としよう。いずれにしろ、分散処理は、今後当分の間情報処理技術を代表する中心課題の一つであることは間違いない。

今日、分散処理と呼ばれている技術には大別して二つの技術があり、更にこの二つが相互に影響し合って、次世代の情報処理システムの理想像が生まれようとしている。その一つは計算機技術と通信技術の結合を中心とした広域分散システムの技術であり、他の一つはLSI技術のインパクトなどの影響を吸収して生まれようとしている機能分散・負荷分散を実現する分散形マシンの技術である。

このように分散処理システムを実現する為には、LSIなどの材料・部品技術や通信技術の助けを必要としていることは間違いないが、ファームウェア技術に代表される仮想化技術など計算機技術として独自に開発した技術も見逃がすことはできない。又、その背後に、ユーザからの使い易いシステムに対する要望、情報処理分野の多様化、更にはデータ管理など、より広

い範囲にわたるより高度な情報システムの追求といったニーズを持って発展しようとしている技術であることを強調しておきたい。

以下の各節では、分散処理の背景にあるニーズや技術との関連について触れ、できれば分散処理システムの理想像といったものについて述べてみたい。

2. 分散処理の背景

分散処理が盛んになった背景として、ユーザ側からの要求、周辺技術の進展方向、コンピュータ産業の動向といった三つの側面があり、これらの姿勢の推移に対応する技術として分散処理技術が脚光を浴びるに至ったということが言えよう。

先づユーザ側の要求から考えてみることにする。より高度の処理能力を必要とするユーザも少なくないが、大多数のユーザにとっては使い易いシステムにより多くの関心が移っている。これを満たす為には手元にコンピュータを持つことが必要であり、又、用途に合った専用のコンピュータがほしくなる。更に大切なことは、人間—コンピュータ間のインタフェースが人間にとって自然で使い易いものであることである。手元にコンピュータを置く手段としてはTSSの端末が考えられるが、各種のリソースを自由に使えるようにする為には、計算機網に接続されたTSS端末が望ましく、これこそ広域分散処理システムが提供しようとしているものである。ユーザ・コンピュータインタフェースを高度化するには知能端末が望ましい。端末に処理能力を与えることはLSI技術の導入によって容易になり、低速で高価な通信回線の負荷を減らす上からも望ましい。これは一種の機能分散、又は負荷分散と考えることもできる。もう一つのユーザ要求の傾向として応用分野の拡大、利用形態の多様化があげられる。従来の数値を中心としたデータ処理だけでなく、文書、図形・画像など処理対象が広がり、利用形態にしてもCADなどにみられるようなユーザとコンピュータが得意とする業務を分担する計算機援助システムがいる

† Distributed Processing by Tohru MOTO-OKA (Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, The University of Tokyo).

†† 東京大学 工学部 電気工学科

いろいろな分野で本格的に利用され始めている。これらの要求を満たす為にコンピュータ業界が提供しようとして努力を重ねているものに目的指向形の専用システムや専用プロセッサがある。又、データ管理をデータ処理と同程度あるいはそれ以上に重要なコンピュータの役割と考え、これに適したシステム作りを目指している。

前者の代表的なものとしてはプロセスコンピュータ、オフィスコンピュータなどがあり、高級言語プロセッサや画像処理プロセッサなどの開発も盛んである。これらの専用プロセッサがそれぞれの現場で気軽に受入れられるようになった背景には、通信回線などによって簡単に他システムと結合でき、必要な機能・性能を利用できることがあげられ、分散処理を前提としたプロセッサであり、システムであると言える。

データベースマシンは後者の例であり、通信制御プロセッサなどと共に代表的な機能分散マシンとなる。ワードプロセッサは文書処理と言う広大なコンピュータの応用分野を開始する為の先兵であり、データ管理とも密接な関連のある目的向きプロセッサと言える。

LSI の普及によりデータ処理に要するコストは急速に低下する可能性があり、パーソナルコンピュータによって大多数のユーザが必要とする数値データの処理能力は満たされるかも知れないが、データベースはその性質から集中管理されたものを共用することが望ましい。たとえコピーをとるにしてもその更新を考えるとコピーの数は極力少なくすることが望ましい。このことから情報システムというものは用途によって全国的あるいは全世界的な拡がりを持った広域分散システムにならざるを得ない性質を持っていると言える。

次に周辺技術の進展が分散処理の発達にどのような影響を及ぼそうとしているかについて述べる。先づ第一にあげられるのが LSI 技術の発展であり、これが先づ RAM や ROM といった半導体高速記憶の価格を大幅に下げ、高速化も可能にした。LSI 記憶が現れるまでの計算機技術は、高価な記憶を如何に小容量にとどめ、これを効率良く使うかにその努力の大半を捧げてきたと言っても過言ではない。LSI 記憶の価格低下は小規模プロセッサにも大容量の内部記憶を使用できることを意味し、仮想記憶技術の普及もあって、処理速度を度外視すれば、小型コンピュータでも大型コンピュータと同じ方式でデータ処理ができることになり、分散システムの普及に貢献した。次に現れたのが

マイクロプロセッサで、これが分散システムの発展に貢献した点については説明するまでもない。端末のインテリジェント化はもとより、各種の測定器のデジタル化と通信制御機能の付加に対して果たした役割は大きい。これによって何でも安価かつ手軽に通信回線を介してコンピュータに接続できることが実証された。又、コンピュータの周辺機器などの制御回路も多くの部分がマイクロプロセッサによって置きかえられ、インテリジェント化が進んでいる。この分野での機能の分散化は余り目立たないが、着実に実施されつつある。コンピュータの処理装置部への本格的な LSI 技術の導入は、現在進行中であり、いろいろな方式がとられようが、LSI の大量生産に伴う利点を活用する為には、負荷分散・機能分散といった技術が是非とも必要になってくる。

LSI 以外には、ノンインパクトプリンタなど入出力装置の電子化による信頼性の向上と価格の低下も分散システムの普及には無視できない役割を果たしている。磁気ディスクの大容量化・低価格化や大容量記憶の実用化なども広域分散システムの普及に欠くことのできない技術である。

コンピュータ産業の立場からは新しい応用分野の開発が新規需要を開発する最善の策である。又、LSI 技術の導入は価格競争に打ち勝つ為にさけて通れない課題である。前者の立場からの最大の課題はデータ管理のコンピュータ化であり、これは広域分散情報システムの発達を促すものである。文書処理もこの範疇に入る。更に進んで図形・画像・物体・言語・音声といった非数値データの処理・管理に向けて新しい応用分野は拡大されようとしており、これに伴って目的指向形のプロセッサによる機能分散システムの目指す方向が、多様化する応用分野に柔軟に対応するうまい方式として受け入れられようとしている。

3. 分散形マシン

ここで言う分散形マシンの定義は、一応単一の操作システムのもとで動作するプロセッサの集合とする。このような分散形マシンの形態をとる理由としては、大別して負荷分散の為と機能分散の為との理由があげられる。^[1]

従来の汎用計算機からの直接的な技術の流れとして先づ考えられたのは負荷分散形マシンである。第三世代のように性能・価格比の向上を高性能大容量機に求めた時代においても、生産台数の少ない超大型機では

性能・価格比に問題があり、これが商用機の限界を与えていた。この為、超大型の計算に対しては多重プロセッサによる並列処理と言った負荷分散が考えられてきた。又、記憶容量に対する要求のばらつきを吸収する意味からも主記憶共用による多重プロセッサシステムがリソースの有効利用の点からすぐれたシステムと考えられ、二台程度の比較的プロセッサ数の少ない多重プロセッサシステムは広く用いられてきた。LSI 技術の進展は、処理能力の価格低下と同時に、大量生産の利点を予測させ、性能・価格比が最大となる商用機の規模が小型機の方へ移動する可能性が生まれてきた。このことは必然的に多数のプロセッサによる負荷分散形マシンの出現を予測させ、大規模計算をこのようなシステムで処理する為の並列処理の研究が盛んに行われた。しかし、多数プロセッサによる並列処理は必ずしも効率良く処理できず、多くの研究では一般の計算では5~6台までの並列化では台数にほぼ比例した性能向上が望めるものの、10台以上では飽和して殆んど性能が向上しないと云った結論を得ているものが多く、汎用プロセッサによる負荷分散マシンには並列化の限界があると考えられている。

このような負荷分散形マシンの限界を打破する方策として考えられたのが機能分散形のマシン構成である。機能分散の考えは必ずしも新しいものではなく、チャンネル制御装置のように古くから機能分散された特殊プロセッサが存在した訳であるが、これを更に大規模に本格的に行おうとするのが機能分散形のマシンである。このようなマシンに用いられるプロセッサは、それぞれの目的に専用化された装置であり、専用化によって小規模であっても性能・価格比の高いプロセッサとすることを旨とし、これを集めることによって大型マシンを実現するシステム構成方式である。

このような機能分散形マシンへの傾向が生まれた背景には上述の負荷分散形マシンに限界のあることの他に次のような幾つかの理由があげられる。その一つはファームウェア技術の進歩などによって専用プロセッサが比較的容易に構成できるようになったことがあげられる。ビットスライスの演算論理ユニット (ALU) や各種の LSI 化された機能モジュールの組合せと、マイクロプログラムによって各種の専用プロセッサを大量生産指向の LSI 技術と矛盾することなく、むしろその特徴を積極的に取り入れる形で安価に実現できる可能性が生まれてきたことである。全く同一のハードウェアを持ったプロセッサでもその制御記憶内のマイ

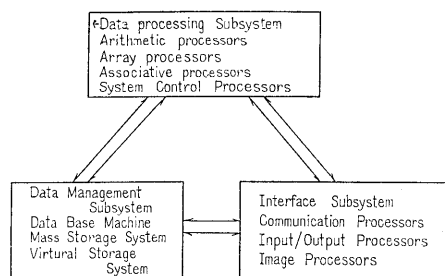


図-1 機能分散形情報システム

クロプログラムを変えることによって全く異なった用途の専用プロセッサに変わり、性能的にもそれぞれの専用プロセッサとして満足できるものにする事が可能である。更に LSI 化された各種の機能モジュールを付加することによって、ハードウェア的にも比較的簡単に特殊機能を付加することが可能である。

第三の理由としては、応用分野の拡大に伴ってコンピュータに要求される性能もデータ処理の性能だけでなく、データ管理や人間-コンピュータインタフェースの性能が重視されるようになって、性能に対する要求も多様化し、目的向きのシステム構成をきめ細かく考慮する必要が生じてくる。この為操作システムについてもモジュール化が目指されており、ハードウェアの面でも機能別モジュール化が行われれば柔軟なシステム構成が可能になる。このような観点から、図-1 に示すように、データ処理サブシステム、データ管理サブシステム、インタフェースサブシステムの三つのサブシステムで構成された機能分散形マシンが今後の代表的なシステム構成方式と考えられ、各サブシステムは幾つかの機能別プロセッサで構成されることになる。入出力プロセッサ、サービスプロセッサ、アレープロセッサ、通信制御プロセッサ、データベースプロセッサなど既に部分的には本図で示す構成法をとっている例も多いが、これが本格的に導入され中央処理装置 (CPU) がどれかわからなくなる時がくるものと期待している。

このような異種プロセッサの組合せからなるマシンをポリ・プロセッサ・システムと呼ぶ。狭義には主記憶を共用する異種プロセッサからなるマシンであるが、同一の操作システム下にあると見なすことができれば結合方式は、バス結合、チャンネル結合など、もう少し疎な結合であっても単一マシンと考えられ、ポリ・プロセッサ・システムの範疇に入れて良いのではなからうか。いずれにしてもポリ・プロセッサ・システ

ムは、マルチ・プロセッサ・システムが同種プロセッサの主記憶共用結合であるのに対して、異種プロセッサの集まりであることを強調する意味で使った名前である。

このような機能分散マシンで一番難しい問題はプロセッサ間の結合方式である。せっかく機能を分散しても相互の交信やデータ転送に時間をとられ、全体の性能が押えられるのでは仕方がない。この為機能の分割はデータの転送が最少限で済むようなインターフェースで行う必要がある。この問題はデータベースマシンなど一部では真剣に研究が進められているが、機能分散形マシンの立場からの研究は殆んど行われていない。困難な課題であるが結合方式と共に解決を必要とする重要な課題である。仮想記憶、仮想入出力、仮想ディスク、仮想マシンなど各種の仮想化技術があるが、これなども機能分割のインターフェースの立場から見直すと面白いかも知れない。次節で述べる階層化モデルとも関連のある課題である。

4. 広域分散処理システム

各種のオンラインシステムやコンピュータによる援助システムが盛んになるにつれて、端末を介した通信回線によるコンピュータの遠隔利用は我が国でもこの数年の間に目覚ましい発展をとげた。自分のオフィスから手軽にコンピュータが使えることの利点は大きなものがあり、一度その味を知ると手離せなくなる。

この数年急速な普及をみた理由としては先づはマイクロコンピュータなど LSI 技術によって通信回線制御装置の価格が下り、端末の機器自体も電子化によって信頼性が上って価格が安くなったことがあげられる。第二の理由としてはディスクの価格が下り、比較的大きなファイルをユーザが余り価格を気にしないでオンライン利用できるようになったことがあげられる。通信回線の価格が高いことが普及を妨げる要因となっているが、一方ではマイクロコンピュータなどによる端末のインテリジェント化により、端末での処理も進んで、通信回線の利用を極力減らす技術も進んできた。しかしこのことは遠隔のホストコンピュータとの結合が不要になるということではなく、必要最少限のデータの転送によって中央のデータベースを上手に使い、分散処理を効率良く行う技術が進んできたということである。前節で述べた理想的なインターフェースの設定が試みられている例である。

端末が地域的に分散し、中央のホストコンピュータ

に通信回線で接続されていても、端末が簡単な入出力機能のみで、データ処理はすべて中央のホストコンピュータで集中的に行われるシステムは通常分散処理システムとは考えない。端末がインテリジェント化され、データ処理の一部を分担するようになると、広域分散処理システムと呼ばれる。ホストコンピュータが複数台有って相互に通信回線で接続されているような計算機網の場合には例えば端末がインテリジェント化されていなくても、端末の接続されているホストコンピュータを介して他のホストコンピュータが使用でき、この場合、複数のホストコンピュータがデータ処理を分担できるので分散処理システムである。スタンドアロンシステムのように通信回線で他システムと接続されていなくても、ディスク、磁気テープなどでデータを交換し分散処理をすることができる。広義にはこのようなシステムも広域分散処理システムに入るが、以下ではこのようなものは除いて、通信回線によって結合されているシステムに限って論じることにする。

地域的に分散したシステムは、実用上の要求から古くからいろいろな分野で用いられてきた。しかしこれらのシステムはいずれも注文に応じて個別に設計・製造されたシステムであった。専用であるから効率は悪くないが、そのプログラム開発に多くの人件費を費した高価なシステムであった。これが普及を妨げていた要因の一つであったが、コンピュータ間及びコンピュータと端末間の通信回線による接続の為の通信規約を統一し、ユーザの要望に答え得る安価なシステムを提供することが、いろいろなレベルで研究され始めた。ARPA 網に代表されるパケット交換を利用した計算機網の研究、ISO などで制定した HDLC などのデータ通信規約の国際標準化、IBM の SNA を始めとして各社がその開発を競っているネットワークアーキテクチャの研究と実用化などがその代表的なものである。これまでのところデータ通信を中心に標準化が進められてきたが、広域分散処理システムを普及させ、どここのコンピュータでも気軽に使いこなせ、データベースを世界的なレベルで共用することができるようにする為には、応用プロセスが相互に意志の交換ができ、データの受け渡しができる必要がある。この為には各種プロトコルの統一を応用分野も含めて行う必要がある。この為の国際標準制定の基礎研究が ISO TC 97/SC 16 (Open Systems Interconnection) の場で、各国の専門家を集めて精力的に始められた。システムが

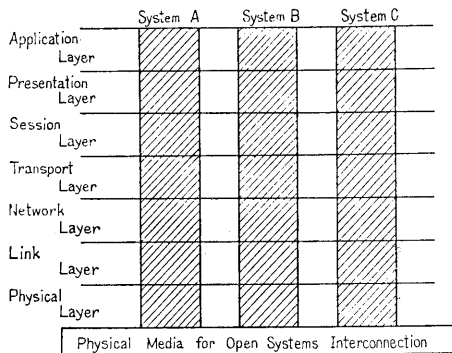


図-2 開放システムの階層形結合方式

相互に意志を交換しデータを転送する為のプロトコルをいろいろなレベルで制定する必要があるが、現在はその準備段階として、Open Systems Architectureの参照モデルを制定し、これから各所で制定が進められるであろう個々のプロトコルの役割を明確にして混乱が起きないようにしようとしている。この為にシステムを図-2に示すように、上は Application Layerから、下は Physical Layer まで七つの Layer に分割し、それぞれの Layer におけるシステム間のプロトコルを制定するように勧告しようとしている。

この Layer の考えは、システム内における機能分割の一例であり各 Layer は機能分散サブシステムである。Layer 間のインタフェースは、そこを介して行われる対話の量を最少限にし、下の Layer が提供する機能が簡単明瞭なものとなるところに制定することが理想である。同一の機能を達成するのに幾つかの手段がある時には、そこに Layer が作られる。

このような努力が実って、国際的な規模の情報網が構築されて、同一のデータベースが世界中で利用できるようなになれば、国際間の誤解に基づく紛争は大幅に減少することであろう。

5. おわりに——インタフェース論——

計算機技術は、いろいろな場面において階層化の概念を巧みに取入れることによって発展してきた。ゲートレベル、レジスタ転送レベル、機能モジュールレベルといった階層もその一つであり、このことが 10^5 個のゲートを使ったプロセッサの設計を可能にできた。

LSI の導入によって少なくともゲートレベルをプロセッサの設計者は意識する必要がなくなった。そのことが一つ上の階層すなわちプロセッサレベルを生み、分散処理システムが各所にとり入れられる原動力となったと考えることができる。ここで注意しなければならぬことはプロセッサレベルとして、どのようなプロセッサを用意することが、それらを用いたシステムの構築を容易にするかである。それぞれのプロセッサの役割が理解し易いものであり、ブラックボックスとして安心して使用でき、しかもプロセッサ間の対話やデータ転送が最少限ですめば、理想的なプロセッサレベルである。この為にはデータの処理・管理・入出力について機能分割の方式・インタフェースの記述法等について研究することが必要で、このようなインタフェース論の確立に力を合せたいものである。仮想記憶・仮想ディスクなどはこのこととは全く別の発想から生まれた思想であるが、ここで言う理想インタフェースとしてもすぐれた性質を持っている。仮想端末の思想は分散システムから生まれ、同じような性質を持つと言える。

分散処理システムの健全な発展の為には、プロセッサレベルを確固たるものにするインタフェース論の確立が必要であり計算機技術者にかされた課題であることを強調して筆を擱く。

(情報処理 Vol. 20, No 4 より転載)