



情報処理技術の新しい展開*

西野 博 二**

はじめに

これからの情報処理システムは一体どのように変わっていくのであろうか、どのような新しい応用分野が開けていくのか、そのために必要な情報処理技術は何かは、情報処理に携わる者に共通した最大の関心事である。今日は学会の総会であるから、学会会員に最も共通したテーマとして表記のテーマをとりあげ、私見を述べて御批判を得たい。

しかし、いくら共通した関心事とはいっても、その内容はそれぞれの分野や立場で異なっている。計算機メーカーの立場での最大の関心は、IBM の次世代機種 1 の動向に集中している。ソフトウェア会社では、ソフトウェア作成を工学的手法で、より効率化しようとする Software Engineering であろう。ユーザにとっては、性能対価格比のより高いシステムを入手して、自己のニーズを充足していくことであると思われる。研

究の分野では、人間の高度の知的活動の機械化、いわゆる人工知能の実現である。

現在も含めて最近の数年来、情報処理の世界で最も関心をひいたトピックスのキーワードを並べたものが図-1 である。勿論、私見であるから異論があるかもしれない。

これ等の内容をよくみていくと、相互に関連し合っており、これ等の技術が統合されて情報処理技術の新しい展開が正に始まっているというのが、本日の私の講演内容である。

1. マイクロ・コンピュータ

将来の計算機システムに直接的に最も大きな影響を与えるのは半導体 LSI の今後の進展であろう。半導体デバイス関係の技術者に聞いてみると、いくら悲観的な人でも今後 10 年位の発展は疑っていないようである。

図-2 は、LSI メモリのチップの集積度と価額の推移を示したもので、集積度は回路の微小化とチップ面積の増大等から、毎年 2 倍宛という驚くべき速さで増加していることが過去のデータから示されている。毎年 2 倍というのは、10 年もたてば 2^{10} で 1,000 倍になるということで、大変なことである。我々にとって、超

キ ー ワ ー ド	関 連 技 術
マイクロ・コンピュータ	LSI 技術 計算機アーキテクチャ 計算機複合体
分散処理システム	問題向き専用マシン 計算機間通信 計算機通信網
データベース・システム	分散データベース データベース・マシン データ・モデル データベース用語
構造化プログラミング	構造化プログラム 高級言語設計 プログラム自動作成 ソフトウェア・エンジニアリング
人工知能	マンマシン通信 自動設計 QAS

図-1 情報処理技術の最近のトピックス

* 情報処理学会第 18 回通常総会特別講演 (昭和 52 年 5 月 20 日)
The Continuing Evolution in Information Processing Techniques by Hiroji NISHINO (Electrotechnical Laboratory)

** 電子技術総合研究所パターン情報部

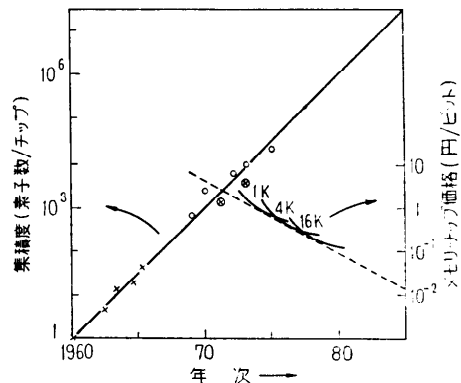


図-2 メモリ・チップの集積度と価格

LSI への期待は大きい。

一方、価格の方は集積度の変化より緩やかで、過去の例から推して2年ごとに半減、または集積度の平方根に逆比例というのが相場であろう。これは、近い将来には現在の大型機並みのメモリ容量を小型機のユーザでも持てるようになることを意味する。

LSI の進歩が計算機メモリに与える影響は極めて直接的であるが、プロセッサへの影響はこれ程簡単ではない。これは、プロセッサがメモリとは全然異なるランダム・ロジックであること、またその故にプロセッサの様な分割ができないこと等の理由による。

また商業的な観点からみれば、LSI の利点は一括生産の特徴を生かした量産規模にあるのだから、現在のマイクロ・コンピュータまたはミニコンピュータ程度の規模のプロセッサが LSI 向きであるということになる。

自動車に例えれば、LSI 化されたミニコンピュータが大量生産の大衆車のようなもので、最も性能対価額比が高く、LSI 化の利点が生かし難い大型機が大型高級車、超大型機はさしずめスーパーカーといったところであろうか。

かつて、計算機の性能は価額の2乗に比例するとした Grosch の法則はもはや完全に成立しなくなったといつてよい。図-3は、カーネギーメロン大学の Wulf 教授の論文²¹⁾ から引用したもので、現状でもミニコン程度の計算機の性能対価額比が最も高いことを示している。つまり、量産規模の利点が生かせる計算機が安い割に性能がよいのである。

しかし、この図での性能のとり方は少し大雑把すぎて問題がある。現状ではまだこれだけの変化が起こっているとは思えない。しかし、私自身で調査したデー

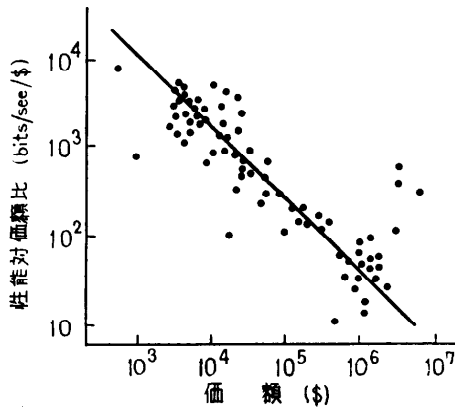


図-3 計算機の性能対価額比

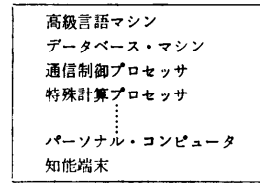


図-4 問題向き専用マシン

タがないので止むなくこの図を借用した訳であるが、極めて近い将来にこの図のような傾向が実現されることは間違いないと思われる。

現在、マイクロ・コンピュータは急激に普及しており、特に4ビットおよび8ビットのマイクロ・コンピュータは今まで計算機が利用されなかった分野に浸透している。マイクロ・コンピュータの普及の第一段階は、まず計算機の適用分野の拡大から始まったといえよう。次に起こりつつあることは、マイクロ・コンピュータの高性能化である。わが国でも既に16ビットのマイクロ・コンピュータが市販されている状況にあるなど、マイクロ・コンピュータの高性能化が進行している。一方において、ミニコンピュータのLSI化も進んでおり、近い将来、マイクロ・コンピュータの上位機種と、LSI化されたミニコンピュータとは性能上も構造的にも全く同じものとなる。

したがって、マイクロ(ミニ)プロセッサやコンピュータは安価なシステム資源として、手軽に使える時代になってきた。このような状況から次に起こる変化は、図-4に示すような各種の問題向き専用マシン(プロセッサ)の開発であろう。パーソナル・コンピュータや知能端末などもこの範疇に含まれる。問題向き専用マシンについては、情報処理学会誌の4月号²²⁾が特集を組んだばかりであるので、詳しいことは省略する。

2. 計算機網

マイクロ(ミニ)コンピュータが手軽に使えるような時代になっても、単体のマイクロ・コンピュータでは不十分な場合が多々ある。そこで、このような要素コンピュータを組み合わせ、より大きな規模のシステムを構成する技術が必要となってくる。

広義の計算機網は図-5(次頁参照)に示すように、(1)広域計算機網(Remote computer network)、(2)構内計算機網(Local computer network)、(3)多重プロセッサ・システム(Multi-processor system)の3種類に大別される。これ等はそれぞれの必要性と環境の

分類	距離	伝送速度
1) 広域計算機網	>10 km	<0.1 Mbs
2) 構内計算機網	10-0.1 km	0.1-10 Mbs
3) 多重プロセッサ	<0.1 km	>10 Mbs

距離・速度積≒1 Gb-meter/s

図-5 計算機網(広義)の種類

下で利用され、それぞれの特徴と得失がある。普通、狭義の計算機網といえば、(1)と(2)を指すが、(1)~(3)全部に共通して距離・速度積がおおよそ 1 Gb-meter/s になるという指摘は興味深い⁹⁾。現在の技術水準に起因するひとつの measure であろう。

マイクロ(ミニ)コンピュータの複合体によって、より大形の計算機システムを実現しようとする発想からの研究開発は過去においてまず多重プロセッサ・システムから始まった。この場合、複数のプロセッサが主記憶を共有するものは密結合 tightly coupled と呼ばれ、これには図-6に示すように、(1)集中スイッチ、(2)共有バス、(3)分散スイッチの3種の結合方式がある。

カーネギーメロン大学で開発した C. mmp⁴⁾ は集中スイッチ方式の計算機複合体の代表例である。集中スイッチ方式の欠点は結合するモジュール数が多くなると、急激にスイッチが複雑になることで、ある程度以

上のモジュール数を結合することには実的に無理がある。集中スイッチのハードウェアならびにソフトウェアの overhead のために、C. mmp も計画当初のバラ色の期待は満足されずにプロジェクトは事実上終了したとみられる。現在は C. mmp のミニコンピュータをマイクロ・プロセッサ (LSI-11) に置き替え、かつ集中スイッチを分散化した計算機複合体 C_M^* のプロジェクトが進行中である。

バス結合方式は集中スイッチの結合方式にくらべると簡単であるという理由から、多くのシステムで利用されているが、この方式もある程度以上プロセッサ数が増加すると、バスを共有するための性能低下が大きくなり、プロセッサ数に実用的な制限がある。バスを複数にすれば、ある程度までこの制限はゆるくなるが、バスの制御は複雑になる。

分散スイッチ方式は、数台程度のプロセッサの場合に実用例はあるが、多数のモジュールを結合するには有利な方式でないことは明白であろう。

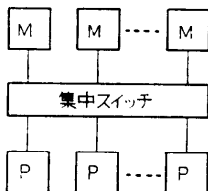
密結合の計算機複合体は、今までの研究開発の結果から実用化の規模について見当ができてきたと思われる。頑張って要素計算機より1桁程度大きなシステム規模を実現できるのが生態学的な限度であろう。現時点において、特に汎用を指向した大規模な密結合の計算機複合体の成功例は皆無である。前述の論文で Wulf 教授が、「大きな計算機メーカーのどこも、このような計算機複合体を発表していないのは興味深い」と述べている事実には、私には別の深い意味があるように思える。このような経験から、このようなシステム開発の動きは、より疎結合の計算機複合体、ないしは構内計算機網へと移っていると思われる。

構内計算機網は大学のキャンパスとか、工場の敷地内、ビルのなかなどに局地的に散在している計算機を専用の通信網で結んだもので、今後の普及が期待されている計算機網である。これにも、

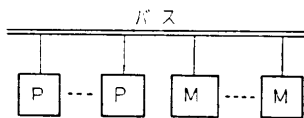
- (1) 網の制御方式が集中であるか分散であるか、
- (2) 網の構成が、星型、木構造、リング、バス等々のいずれであるか
- (3) 情報の伝送速度や伝送手続き、パケットの大きさ、ステーションの数など

の違いによって、現実に稼動しているシステムには種々のものがある、これ等の比較研究自体、非常に興味のあるテーマであるが、詳細に論ずる余裕がないので、ここでは網制御が分散方式である代表例2つを図-7(次頁参照)に示す。

(1) 集中スイッチ結合



(2) バス結合



(3) 分散スイッチ結合

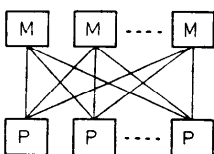
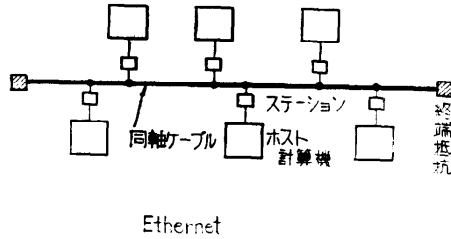
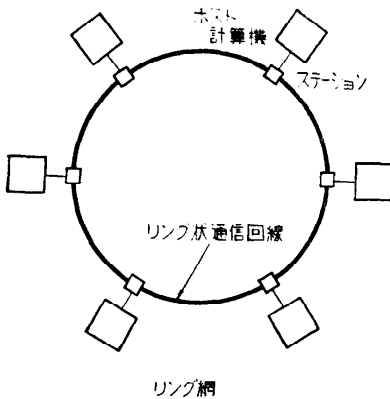


図-6 密結合の多重プロセッサ・システム



Ethernet



リング網
図-7 Ethernet とリング網

リング網についてはよく知られているが、Ethernet はゼロックス社のパロアルト研究所で実用している構内計算機網で³⁾、米国では非常に注目されているがわが国では余り知られていない。

Ethernet は図に示すように 1 本の同軸ケーブル (約 1 km 長) に約 100 台の計算機が接続されている計算機網である。リング網との本質的な違いは、まずリング網に不可欠な中継器が不要で、同軸ケーブルと計算機との接続はケーブルの分岐タップを介するだけで、網の主通信路は完全に受動素子だけから構成されている単純明快さの点である。これは網の信頼性と拡張性が非常に高いことを意味する。普通、計算機網での計算機間の接続は point-to-point で考えるが、Ethernet の場合は「1 対多」の有線放送網である。

また、リング網では分散制御の場合には、網制御のための制御パルスがリングを廻っていて、それを各ステーションが取り合いをするのが常用手段である。Ethernet の場合には始めから各ステーションの間の送信の衝突を前提として、衝突が最小限になるような回路的な工夫と論理的な手段に大きな特徴があり、競合網 contention network の名称も生れている。図-8

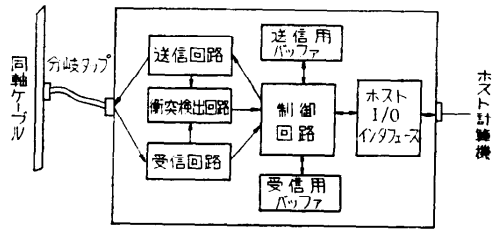


図-8 ステーションのブロック図

はステーションのブロック図である。

Ethernet はゼロックス社とロチェスタ大学で実用されているほか、MIT の 計算機科学研究所 (旧称、MAC プロジェクト) 及び人工知能研究所でも同類の構内計算機網の建設を計画しており、特に大学や研究所で急速に普及していく動きが感じられる。

多数の計算機を安価に接続できる信頼性の高い構内計算機網を建設する技術が確立して広く普及するようになれば、ユーザは大きなシステムの資源を自由に配分することができ、将来の計算機の利用形態に非常に大きな影響を与えるものと思われる。これはまた、現在実社会で進行しつつある分散処理システムの動向と密接な関係を持っている。

広域計算機網については、方々で語られすぎているので、ここでは省略する。広域計算機網よりも構内計算機網をまず設置すべきであると感ずることがしばしばある。

3. 分散処理システム

計算機システムの集中か分散かという論議は決して新しいものではなく、過去において何回か繰り返されてきた古典的なテーマである。しかし、この問題が最近のように非常に大きな注目を集めているのは、分散処理システムを構築するためのシステム資源やシステム構成技術が成熟してきたことから、ユーザにとっても現実に選択を迫られるようになってきたからである。情報処理システムの集中から分散への移行には、システムの設計思想やユーザの意識の変革が不可欠であるが、それ等が実を結ぶための条件が備わらねばならない。

分散処理システムは、要するにシステムの機能をどのようなレベルで、どのように区分けする (partition) かが問題であって、分散化はその結果の形である。また、何故分散化するかの点については、図-9 (次頁参照) に示すように、(1)システムの信頼性を高める、(2)システムの処理能力を向上させる、(3)分散化さ

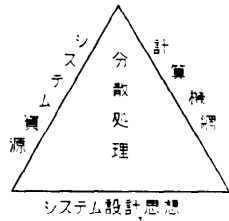


図-9 分散処理システムの概念

利 点
1. 信 頼 性
2. 処 理 能 力
3. 単 純 化
4. 通 信 コ ス ト
5. 拡 張 性
欠 点
1. 操 作・保 守
2. プ ロ グ ラ ム 開 発
3. デ ー タ ベ ー ス
4. 網 構 成

図-10 分散処理システムの利点と欠点

れたサブシステムの単純化や使い易さを狙う、(4)通信経費を軽減する、(5)拡張が容易であることを重視する、等々の種々の理由からであり、これ等はそのまま分散処理システムの利点につながっている。ただし、これ等のどこに重点を置くかによって、システムの具体的な形は全然異なったものになる。

一例として、米国一の大銀行である Bank of America では、従来計算センタで稼動していた IBM 370/168 の大型機2台の多重プロセッサ・システムをミニコンピュータの分散処理システムで置き替える作業が進行中である。分散化されたサブシステムは、それぞれ預金、小切手勘定、貸付、信託等々の業務別の専用システムである。図-11に示すように、それぞれのサブシステムは、多数のユーザ端末の要求を処理し、かつサブシステム間の通信も可能にするメッセージ・プロセッサと、業務別のデータベースを管理するファイル・プロセッサから構成されており、システムの信頼性を高めるため全て2重化されている⁶⁾。同銀行がこのような分散処理システムへの移行を決意したのは、年々増加する処理量に対応して、システムの処理能力を向上することが最大の狙いであった。現在、このシステムの性能対価額比と大形機のそれとの比較結果に満足している由である。

ニューヨークの CITYBANK も分散処理システムで銀行業務を行っていることでよく知られている。このシステムについては、昨年わが国の情報化週間に

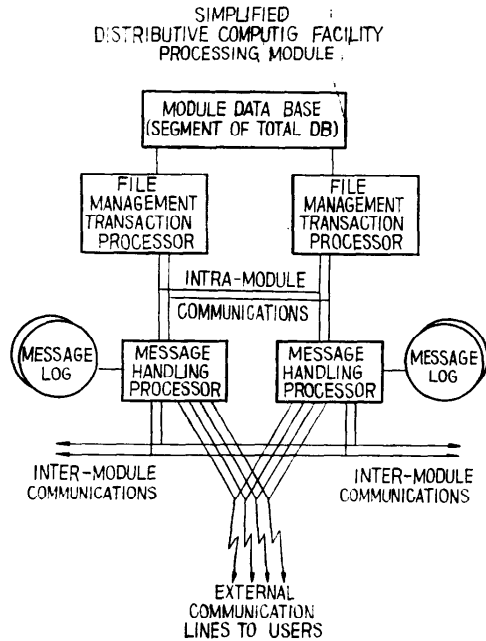


図-11 サブシステムのブロック図

Bank of America	Citybank N. A.
1) コンピュータ技術者主導によるシステム開発	ユーザ(銀行員)主導によるシステム開発
2) 業務別によるシステム区分	組織(部局)別によるシステム区分
3) 標準化されたコンピュータ・モジュール	ユーザが自由に発注したミニコン群
4) 性能/価額比の向上が第一の目的	ユーザの使い易さが第一の目的 "Workstation Concept"

図-12 分散処理システムの実例の比較

情報処理開発協会が主催した国際シンポジウムで、講演があったのでわが国でもよく知られている⁶⁾。

私も両方の銀行を昨年暮に訪問する機会を得たので両者を比較してみたのが図-12である。同じ銀行業の分散処理システムといっても、両者でシステム区分の方式から、開発のアプローチまで全然異なる両極端のシステム開発が現実に行っているのは興味深かった。

おわりに

最初に示したスライドのトピックスはまだ残っているが、時間がなくなってきたので、残りは早じまいさせて頂くことにする。

分散処理システムが将来益々普及していくとして

も、このシステムにも利点ばかりではなく欠点もある。そのひとつに、今まで集中して行われていたプログラム開発が分散化によって生ずる無駄や管理のむづかしさ等が挙げられよう。このようなソフトウェア開発には、最近の構造化、モジュール化によるプログラム開発の手法が役立つことが期待されよう。

また、データベースの専用マシンの開発も、機能分散化の波に乗って現在活潑に研究が続けられているが、分散処理システムで最後まで残る問題は、処理の分散よりもデータベースの分散の問題である。分散データベースには実用レベルでの困難な問題があり、今後の課題となっている。

パターン認識とか人工知能の研究分野の成果は、まず人間と機械との自由な対話を実現することに期待がかけられよう。分散処理システムがデータの発生場所、またデータを必要とする場所で処理が行われるのが原則であるならば、人間と機械との対話をより自由に行えるようにすることの効果は大きい。

以上、最近の情報処理のトピックスを素材にして、これ等が複雑にからみ合っている糸をときほぐして、情報処理システムの新しい展開が正に始まりつつある

ことの一端をお話した。皆様方に多少なりとも御参考になれば幸いである。

参 考 文 献

- 1) W. A. Wulf: Minicomputer Complexes; Progress and Prospects; Computer Science and Scientific Computing, p. 283, Academic Press, New York (1976)
- 2) 専用プロセッサの方式とシステム構成特集号: 情報処理, Vol. 18, No. 4 (1977-04)
- 3) R. M. Metcalfe and D. R. Boggs: Ethernet; Distributed Packet Switching for Local Computer Networks, Comm. ACM, Vol. 19, No. 7 (1976-07)
- 4) W. A. Wulf: コンピュータ・コンプレックス・システムとソフトウェア・エンジニアリングに関する動向, 特別セミナー講演録, 電子協 (1977-03)
- 5) J. D. Foster: The Development of a Concept for Distributive Processing, Compcon Spring '76, (1976-02)
- 6) A. J. Weber: Managing a Distributed Processing System, 情報化国際講演録, 情報センター (1976-11)