

コミュニケーションとデータベース

野口 正一

東北大学応用情報学研究センター

概要 将来の分散協調システムを構築する上で、コミュニケーションとデータベースのもつ本質的な問題について考察し、通信システム及びデータベースの今後の解決すべき問題を示す。また、分散協調システムの論理機能を明確にし、これによって導かれる分散協調システムのモデルを与える。また、このモデルの上でデータベースがもつ役割について、それぞれどのような機能をもつべきかを考察する。

Communication and Data Base

Shoichi Noguchi

Research Center for Applied Information Science

Katahira 2-1-1, Aobaku, Sendaishi 980, JAPAN

Abstract In the design of high intelligent network, the concept of mutual cooperation of the agent in the network becomes very important. In this paper, the key functions of communication and data base in the distributed system is discussed from the point of the theoretical and technological point of view, relating with the concept of cooperation in the network. Introducing fundamental model, the roles of communication and data base are explained in each model.

[はじめに]

将来の情報処理の研究・開発の流れの中で、最も重要なものに分散協調システムの研究がある。分散協調システムとは、ある地域又は領域内に存在する情報資源がそれぞれ有機的に結合して協調し、又あるときは単独に目的とする処理を自律的に行っていくシステムである。つまり分散処理システムは自律分散協調の機能をもつシステムである。

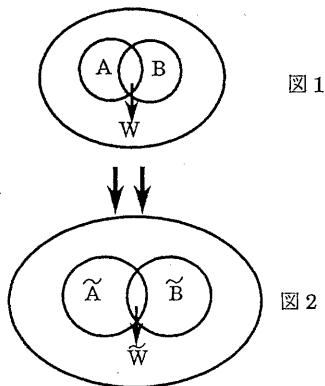
この分散協調システムを構築するための基幹となるものが、システム内のエイジェント相互の間で情報交換を行う通信システムであり、又、処理システムの上に構築される、知識データベースを含んだ処理システムである。

本論文では、分散協調システムを対象とし、この中で通信システムと知識データベースのもつ意義について考察し、この上で分散協調システム構築の問題を考える。

分散協調システムを考えると、当然重要となるコンセプトは協調の概念である。協調はエイジェント相互間で行われるコミュニケーションを通して達成されるわけであるから、協調分散システムを考える上で、まずコミュニケーションのモデルを明確にしていかなければならない。以下、コミュニケーションの基本モデルを明らかにしよう。

[1] コミュニケーションの基本モデル

コミュニケーションの基本モデルは図1に示すように二つのagent A,B の関係モデルで表現される。



この図でAはagentのもつ世界、つまりある論理表現のもとで記述されたAの意味世界であり、Bも同様である。この場合Aは計算機の中のプロセ

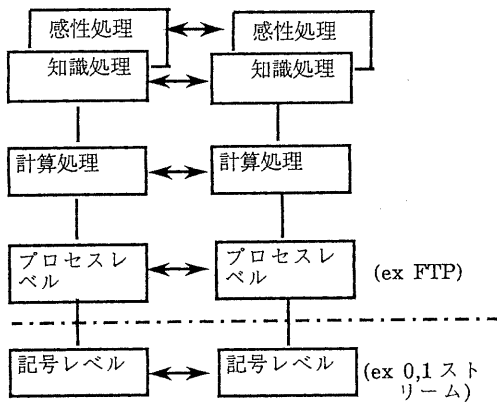
スであっても良いし、又人間であっても良い。このモデルの中でコミュニケーションを相互に行い得るのは図の中の共通部分Wの世界である。つまりagentが互いに理解し、コミュニケーションできるのは共通の世界Wのみである。例えば二つのソフトウェアが協調的に動作するためには相互のspec, プロトコルが完全に同一のsemanticsの中で定義されて、共通のWをもたなければならない。このレベルのコミュニケーションを第一段階のコミュニケーションという。第一段階のコミュニケーションは静的なコミュニケーションである。これに対し、更に進んだコミュニケーションでは二つのagent A,Bはそれぞれ相互のコミュニケーションにより新しい情報を獲得し、自分自身の内部状態を変えていく。又同時にA,B以外の外側の環境からのコミュニケーションによってもA,Bはそれぞれの内部状態を変更していく。この関係を示したものが図2である。このレベルのコミュニケーションを第二段階のコミュニケーションという。明らかなように第一段階と第二段階ではagentによって大きい機能の差が存在する。一般的に言えば自己組織化、及び学習の機能である。つまりA,Bは幾つかのコミュニケーションのプロセスを経た後それぞれが \tilde{A} 、 \tilde{B} として自己組織化する。当然両者の共通の世界である世界もWから \tilde{W} へと拡張される。このため第一段階、第二段階のコミュニケーションの間には大きい差が存在する。しかし現状の多くは第一段階のレベルのコミュニケーションが多い。

上で述べたように、コミュニケーションには大きく分けて、第一段階、第二段階の二つのレベルがあることが明らかになったが、これをエイジェント間の、共通世界の上で伝送される情報の本質からコミュニケーションのモデルを示せば、これは図3の階層モデルで与えることができる。

図3の階層モデルを良く見ると、トランスパレントな情報の通信を司る基盤層と、この上の上位階層のコミュニケーションの二つに分けられることが分かる。特にこの上位階層は、さらに従来の定まった計算処理の階層と人間と同様に環境に適応し、学習しながら処理を行う処理階層、つまり図2に対応する第二段階のコミュニケーションの二つに大別される。

この後者の世界で、知識情報処理、知識データベースが重要な本質的な役割をもつものである。以下の議論では、エイジェントの機能を考えながら、改めて分散協調の基本モデルを以下に示す。

[2] 分散協調の基本モデル



コミュニケーションモデル

図3

分散協調の基本モデルは図4に示すように、ある限られた有限の領域に存在するn個のagent A_1, \dots, A_n が時刻の進行とともに情報を交換しながら、それぞれが処理を行っていくモデルである。この分散協調のモデルによって得られる Computation $C(t)$ は A_i の時刻 t での、それぞれの内容 $C(t) = [A_1(t), \dots, A_n(t)]$ によって定まる。

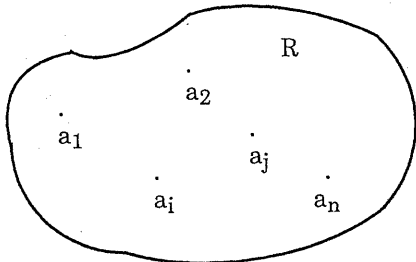


図4

以下にこのモデルの Computation のステップを同期モデルとして捉えたとすると従来のセル構造オートマトンの定式化と同様につきの如く与えられる。

$$C(t+1) = F[C(t)] \quad (1)$$

$$A_i(t+1) = \Gamma_i(A_{i-n}(t), \dots, A_i(t), \dots, A_{i+m}(t)) \quad (2)$$

(1)式は(2)式で与えられる近傍関係処理(以下近傍という) Γ_i によって定義され、 F はシステム全体の処理の状況を示す。又は Γ_i は図5のごとく、通信機能 C_i と処理機能 P_i の二階層モデルで表現される。これを

$$P_i = P_1 \cdot C_i \text{ とかく} \quad (3)$$

上式の定式化は分散協調モデルを最も簡単にし

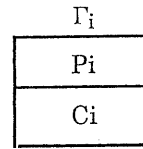


図5

たモデル化であるが、既に述べたごとく、重要なことは C_i は完全にトランスパレントな情報通信のための通信システムであり、 P_i はこのエージェントのもつ情報処理のシステムである。 P_i は当然図6に示すように、さらに二つのサブシステムから構築される。勿論 P_i の機能は処理される情報の機能によって多様である。

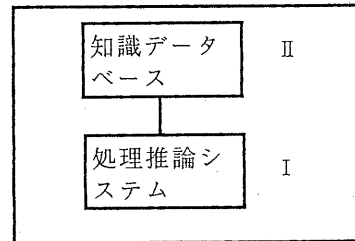


図6

図5ではIは処理、推論を行う処理系であり、IIは知識データベースシステムである。このモデルから分かるように、分散協調システムは C_i のもつ機能、 P_i のもつ機能によって論理レベルで類別され、この立場から幾つかの基本的なクラスが特性化されて導かれる。

この議論を行う前に、まず C_i の通信機能に対して物理的機能の側面から、つまり将来のマルチメディア超高速通信の世界における情報の通信、交換の基本技術について考えておかなければならない。

[3] マルチメディア通信と高速通信・交換技術

今後の情報通信システムは当然音声、画像、イメージ情報、データ情報、さらに高精度の動画等、多種多様の情報を伝送、交換するものでなければならない。この状況を示したものが図7である。特に情報伝送・交換の問題を現在の通信技術を用いて構築していく立場から考えてみると、これはつぎの二つの問題、LANの構築とLAN間接続の問題に帰着される。以下これについて述べる。

LAN構築の問題

本報告ではこの具体的な構築問題には立ち入ら

ないが、LAN構築における今後の基幹の技術の一つがATM(Asynchronous Transfer Model)技術の活用である。ATMでは、通信路の情報をセルとよばれる50バイト前後の固定長の単位に分割し、あて先を示すヘッダの情報を用いて、セルを交換機の中で自律的に高速に交換させる技術である。この交換技術を確立すればリアルタイム性の要求の強い情報伝送、例えば音声も自由に多重化して送ることができる。また、ATMでは伝送方式からもわかるようにflexibleな情報伝送サービスが可能となり、利用者からみて従来の固定的な回線のサービスだけではなく、任意の速度の通信サービスが提供可能となり、パースト的なトラフィックに対しても十分効率的なサービスが可能となる。

ATMを用いたLAN構築の一例を図8に示す。

高速・広帯域サービスのニーズ

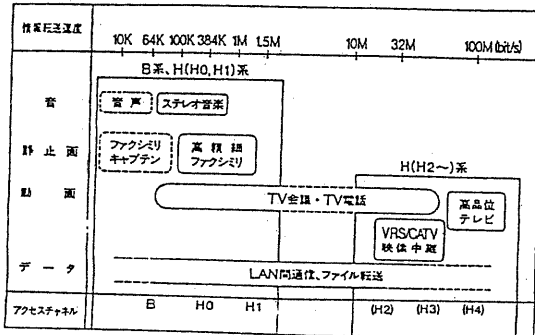


図7

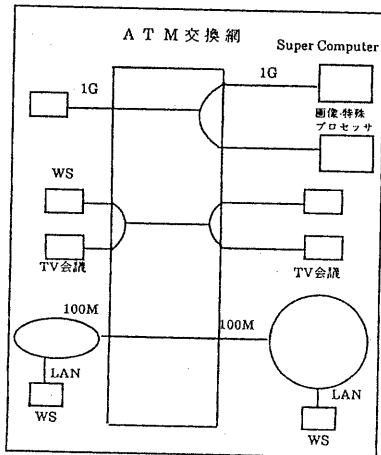


図8

LAN間接続の問題

現在のLAN間接続は専用回線、公衆回線を用いて行われており、LAN間接続の上で必要なネット

ワークの管理及び運用の情報は主として利用者によってサポートされている。しかし今後大規模なLAN間接続のネットワークの管理運用を考えていくと、利用者によるサポートは大変に難しいものとなる。一方将来150M~600Mの情報伝送を提供するB-ISDNの急速な進展が具体化されるならば、LAN間相互接続のためのネットワークはB-ISDNが提供するVPN(Virtual Private Network)の機能を活用することが望ましい。何れにしてもB-ISDNは今後の情報通信の基幹となることは間違いの無いことであるから、以下、今後のB-ISDN及びそれに続くISDN構築のための問題点を以下に示す。まずB-ISDNを構築するためには基幹となるためにはつぎの三つの重要な課題を解決しなければならない。第一が抜本的な通信容量の拡大を支える技術の開発、第二がユーザにとって使いやすい、高機能、低価格のマルチメディアのためのインタフェースの開発であり、第三が知能通信の研究である。知能通信の中には近未来のB-ISDNによりサービスされるものもあるが、本質的知能通信サービスはむしろ次世代のISDNである。

さて、第一の基幹技術について考えてみると、次の三つのものがある。第一が光通信である。第二が光交換技術、第三が既に延べた交換方式としてのATMである。

第一の光通信の研究の基礎は従来の通信と同じように光の周波数、位相を活用し、数100THzの帯域を自在に通信利用するまったく新しい技術の開発である。このためには単一周波数で発光するコヒーレンシのよい光素子の開発、光による変復調技術の開発が中心となる。

第二の光交換技術の研究は従来の研究が光←→電気交換をベースとして行われており、システムはこの変換のため、また処理の上からみても大きなover headをもつことになる。新しい交換技術は多重化された光信号をそのまま光による交換系で処理する技術である。このための高速のしかも、高密度集積可能な新しい光素子の開発が必要となる。図9及び10に1995年以降に展開されるB-ISDNの状況を示す。

以上述べてきたB-ISDNの技術は将来1Gbpsレベルの情報伝送の世界までは一応対応するものであるが、さらに1Tbの情報伝送・交換の技術を考えてみると、論理レベルからみればネットワークアーキテクチャ、物理レベルからみれば情報伝送・交換技術の上で多くの新しい通信技術の開発が不可欠のものとなる。

[4] 論理レベルからみた分散協調システム

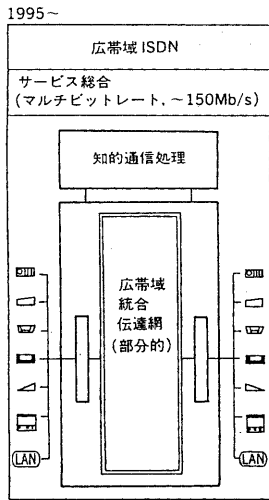


図9

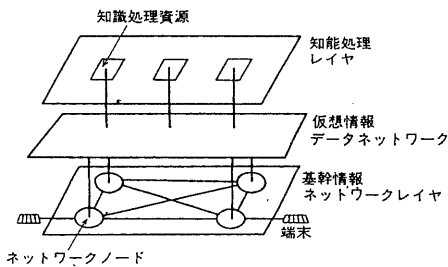


図10

分散協調システムにおける基盤となる通信方式を考えるとまずつぎの三つのタイプがある。第一が1対1通信である。第二が1対m(固定、適応的)第三が放送通信、第四がn:m通信である(固定、適応的)。いずれの場合に対しても各エイジェント間の通信では送受信のためポートの制御がつぎのモデルで示すように必要となる。一方、 $P_i(t)$ については対象とする処理の内容により、基本的な特性化が行える。以上のことを念頭において分散協調モデルをモデルとして類別する。

Model I

- (1) 通信制約:各 $\Gamma_i(t)$ の $C_i(t)$ において、通信のためのポートは固定
- (2) P_i に対する入力シンタクスは同一で処理は確定している。

Model I のシステム構築の基本問題は Γ_i がそれぞれ与えられたとき、F を計算する最も効率的な通信ネットワーク、言い換えればFのためのネット

ワーク・アーキテクチャ設計の問題となる。つぎに Model I の代表的な場合について考察する。

Model I - 1

$$\Gamma_i = \Gamma$$

Γ_i が一様な場合である。

この場合のネットワーク・アーキテクチャは境界の近傍を除けばuniformな構造となる。

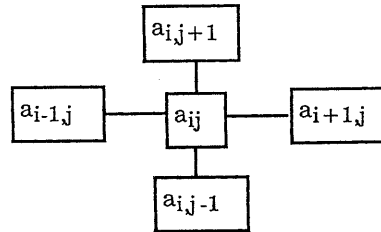


図11

特に近傍が二次元のモデルとして図11に示すようにその前後、左右で与えられる場合 agent を A_{ij} とすると関係する agent は $A_{i-1,j}, A_{i,j}, A_{i+1,j}, A_{i,j-1}, A_{i,j+1}$ である。このネットワークモデルに対応するFのComputationモデルとして代表的なものに画像処理システムや、偏微分方程式を解く計算モデルがある。

Model I - 2

Γ_i :各agentで任意であるか確定

$\{\Gamma_i\}$ の集合から最適なネットワーク構成、それに伴うComputationのためのアーキテクチャが研究対象となる。

Model II

- (1) A_i と A_j との通信のための C_i のポートが固定されず、通信が行われるとき設定される。
- (2) P_i は協力するエイジェント間の複数の処理の集まりとして、論理的に定義される。

このモデルに基づくシステムを構築する上で重要な問題はつぎの三つである。

- (1) 任意の C_i と C_j の間に論理的なリンクを通信時に構成し、論理的にも物理的にも効率のよい通信を確立する問題
- (2) 各 A_i と A_j 間の協調処理を可能とするプロトコルの問題
- (3) (1)の論理的通信のための物理的な交換システムを構築する問題

(1), (2) の問題は論理的には情報ネットワーク・アーキテクチャ設計の基本問題であり、コンピュータ・ネットワーク構築のための基本問題が典型的な例である。現在最も重要なコンピュータ・ネットワークアーキテクチャとしてTCP/IP、OSIの七層モ

ルがある。この分野の研究は現在も活発な研究分野であるが、将来の Intelligent Network の構築を考えれば、開発すべき課題は山積している。代表的な問題をあげれば、将来 Gbit order の超高速の通信回線が提供されたとき、現在のネットワーク・アーキテクチャ、例えば TCP/IP のもとでは十分な効率的な通信を行うことは困難である。又新しいネットワークの機能として高信頼性、security 等の問題はもとより、マルチメディア環境のもとでの各種サービス提供のための TOS 等多くの重要な研究開発テーマがある。勿論これらの問題は将来の OSI の環境のもとでも同じ問題となる。

又現実の問題として TCP/IP、OSI の共存の世界から OSI への移行の問題、OSI 環境下での多くの有用な AP、特にビジネス環境の下での開発、Conformance Test 等の問題がある。

Model II における(1),(2)の基本問題の中で、特に(2)における協調問題として次の三つが重要である。

- (a) 各 P_i の入力について、その時間順序関係を論理的にシステム全体として保証する問題
 - (b) 協調を行うため各 P_i に共通のプラットフォームを構築する問題
 - (c) 各 P_i がその他の agent の処理に対して semantical なレベルで理解し、互いに協調する問題
- (a) の問題についてはつぎのような代表的な問題がある。

1. 各 agent A_i から出力された message が相手側の agent に届くとき、必ず各出力の時間関係全体がシステム全体として論理的に保証されること。

この問題はネットワークプロトコルの設計の問題として捉えられ、与えられた問題毎に解決されなければならない。

2 システム全体の場合が定義され、この仮想 agent を A_0 とする。この A_0 に対して入力される message は論理的に各 A_i より同一時刻に出力されること。

簡単なこの計算モデルとして agent 全体が参加しているゲームを考えることができる。このときゲームの公正さを保証するためには各 agent の出力は論理的に同一の時刻に出力されなければならない。

この処理系を構築するための方法は A_0 と A_i の間の通信機能につぎのような論理的な機能を付加することである。

- (i) A_i から A_0 への通信は原則として書き込みだけの機能を持ち読み出しは特定のみに限る。
- (ii) A_0 から各 A_i への一斉放送機能

以上の二つの機能をもてば条件を満足するシステムを論理的に構成することができる。

(2)又プロセス問題はきわめて大きく、かつ重要であるがここで、例えば CTRON Project や MIA (Multi-Vendor Integration) の project が一つの例として進行していることだけを言及しておく。

Model-III

各 P_i は固定的ではなく、環境に対応して変化する、協調する。つまり P_i は各 agent 間のコミュニケーションにより適応し、意味世界での協調処理を可能とするものである。これについては次節で述べる。

[5] 知識処理システムと知識データベース

[4]で分散協調システムのモデル化について述べたがこの中の Model-III について以下述べる。

Model-III に対応する分散協調システムは各エージェントは少なくとも次に述べる三つの機能を持たなければならない。第一が他のエージェントとのコミュニケーション、あるいは環境の中から自らの知識を自己組織化する機能、このためにはエージェントは当然学習の機能をもたなければならない。第二が他のエージェントとのコミュニケーションのもとで相手の世界を認知できる機能である。既に最初に述べた如くコミュニケーションが成立する領域はそれぞれのエージェントのもつ共通の世界のみであり、このためには各エージェントはそれぞれ他の世界を自分の view を通して認識できなければならない。第三が数多くの事実の集合の中から、新たにメタレベルの抽象化された情報を生成できる機能である。この機能の下に新たな知識データベースが構築されることになる。何れにしても以上述べた三つの機能は今後の知識情報処理研究の最も重要な基本テーマであり、これ等の問題の解決を通して始めて分散協調システムの構築が可能となる。