

## コミュニケーション・ネットワークと人工知能

村上 国男

神奈川大学理学部情報科学科  
〒 259-12 神奈川県平塚市土屋 2946

あらし 来るべき21世紀は、“高度情報化社会”であるといわれている。現在、この実現に向けて、各方面から精力的な検討と技術開発が進められている。特に、新社会資本財としてのコミュニケーション・ネットワークの重要性が指摘されている。NTTは、サービス総合デジタル網と新高度情報通信サービスの展開によって高度情報通信システムを実現し、これに応えようとしている。この高度情報通信システムは、人間、機械、ネットワークが相互に協調し補完し合うシステムとして実現されるべきであり、人工知能技術がその中核技術のひとつとなると予想される。

本稿では、今後のコミュニケーション・ネットワークと人工知能技術との係わりを論ずる。特に、機械と機械との協調の視点から、機械エージェント間の合意形式システムの重要性を論ずる。

和文キーワード コミュニケーション、B-ISDN、分散人工知能、合意形成、協調問題解決、マルチエージェント

## Communication Network and AI

Kunio Murakami

Department of Information Science, Faculty of Science  
Kanagawa University  
2946 Tsuchiya, Hiratsuka-shi, Kanagawa-ken 259-12, Japan

### Abstract

Human community in the 21st century will be "Advanced Information Society", which is the cooperative system of human, computer and network systems. Artificial intelligence seems to be one of the most important technologies, to develop such the cooperative system.

This paper discusses the relationship between the future communication network systems and technologies of artificial intelligence. In the cooperative system, there are three kinds of communication mechanisms; between human, human and computer, and between computers. In this paper, from the viewpoint of computer cooperation, the concept of "mutual agreement system" is proposed in the multi-agent system.

英文 key words Communication, B-ISDN, DAI, Mutual agreement system, Cooperative problem solving, Multiagent

## 1. まえがき

21世紀が目前に迫った。来るべき世紀の社会のあり方をめぐっては、すでに多方面で議論が重ねられている。特に、交通、電力、通信などのインフラストラクチャについては、文字通りの社会基盤としてその充実の重要性が指摘されている。

21世紀を「高度情報化社会」と規定する考え方もそのひとつである。この高度情報化社会の達成には、急激に変貌し顕在化しつつある通信メディア、通信機能、通信相手などの多様性への対応、情報や知識へのアクセス・共有に対する地域と組織間格差の解消、そして、人間とネットワークシステム間のインタフェースの自然性の向上などが不可欠である。

NTTは、これらの要請に応えるべく、21世紀の指標のひとつである高度情報通信システムの実現に向けて各種施策を策定している。即ち、高速・広帯域サービス総合デジタル網の構築とビジュアル・インテリジェント・パーソナル通信サービスの提供である。しかし、複雑化した構成要素をもつネットワーク上に多様な通信サービス機能を実現し、優れたヒューマンインタフェースを提供する為には、従来の情報処理技術に加え、近年の進展著しいマルチメディア技術や人工知能技術を、新しい基盤技術として導入する必要がある。

一方、21世紀社会の特徴といわれる高学歴・高齢化社会では、生活の多様な局面で人間の活動を支援するシステムが必要であり、特に、人間の知的生産活動を支援するシステムが重要となる。そして、この実現には、エキスパートシステムを代表例とする人工知能技術の研究結果の援用が不可欠である。さらに、個人生活のみならず人間の組織活動を支援し円滑な人間関係と組織関係を実現するためには、分散人工知能の諸技術が重要な役割を果たすものと予想される。この分散人工知能のシステムでは、地域的に分散して存在するエージェント相互の通信による協調動作が極めて重要であり、そこには高度なコミュニケーション・ネットワークの存在が望ましい。

分散人工知能については、精力的な研究が展開されているが、現在でもまだ未解決の重要問題が山積しているばかりでなく、応用分野における事例研究の蓄積や解析が不十分であり、研究基盤としての基礎理論を構築するまでには至っていない。

この意味で、個別の応用システムの開発を進め、その経験を通じて問題点をより明確化すると共にシステム実現のメカニズムの体系化を行いながら、現実問題に適用容易な基礎理論を確立して行く事が重要であると思う。この現実の応用システムを適用すべき分野として、今後のコミュニケーション・ネットワークは最も魅力的な領域である。

ネットワークと人工知能との相互作用は、21世紀の高度情報化社会における両技術の発展に極めて有益であろう。

本稿では、コミュニケーション・ネットワークと人工知能の関わりを機械と機械との協調の視点から論じ、システム構築技術として重要な位置を占める機械-機械間コミュニケーションの技術的問題点を述べる。

## 2. 研究・開発の現状

### 2.1 ネットワークの高度化

電気通信システムの本来の目的は、意志疎通の支援にある。その為には、利用者間に共通な知識をネットワークに蓄積・利用する手段を提供する事が必須であろう。ところが、従来のネットワークの近代化は、逆にこれらの機能をネットワークから排除しながら高度化を達成してきた様に思える。情報処理技術の未成熟も原因であったが、高速化と経済性を重要指標として技術革新を押し進めた結果でもある。しかし、21世紀におけるコミュニケーション・ニーズの多様化に応えるには、人間、機械、ネットワークが相互に協調・補完しあう高度情報通信システムの実現が重要であり、この為には、機械、ネットワークを可能な限り「知能化」し、人間との協調動作を円滑に行うシステムを構築する必要がある。

NTTは、21世紀におけるネットワークのイメージを図2.1のように描き、これを実現する為、21世紀初期までに高速・広帯域サービス総合デジタル網(B-ISDN)を、図2.2のステップを追って導入しようとしている。

B-ISDNでは、電話網のディジタル化によって、1980年代に個々のメディアに対応して構築されたDDXパケット・回線交換網(1980年)ファックス通信網(1981年)、ビデオテックス網(1984年)などの個別網を統合すると共に、多様化するユーザ要求にこの統合網

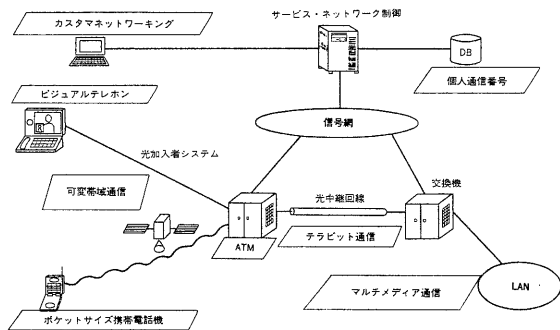


図 2.1 21 世紀のネットワーク [1]

技 術	アナログ	デジタル (STM)	ATM	光統合
ネットワークの 変革	1970	1980	1995	2000
ネットワークへの インパクト	アナログ ネットワーク	デジタル ネットワーク	デジタル ネットワーク	インテリジェント ネットワーク
サービス	電話	デジタル 専用線 サービス	N-ISDN サービス	ATM 専用線 サービス
				N/B-ISDN サービス

図 2.2 B-ISDN へ向けたネットワークの展開 [2]

で一元的に対応しようとしている。メディア統合のみを考慮しても、従来の単一メディア毎の最適設計、最適制御実現を基礎としてきたネットワーク構築の基本思想を大きく変更すべきである。その上でさらに、情報処理の世界では技術常識であるオープンシステム化、マルチドメイン化の手法をネットワークの基礎技術として導入する必要がある。

## 2.2 人工知能技術の進展

人工知能の研究は、1970年代の人工知能応用システムの研究や1980年代の第五世代コンピュータの開発プロジェクトを経て、情報処理技術の研究・開発の大きな流れとなった。一時期、その応用面の目新しさと多様さに過度の期待が寄せられたが、現在では、本来の研究の落ち着きを取り戻しつつある様に思える。

現在までの研究成果のひとつは、エキスパートシステム (ES) に代表される、既存の情報処理システムを補完する応用システム構築技術を生み出した事であろう。応用ソフトウェア開発技術の

視点から見た時、ESは、従来の手法と二つの大きく異なった特徴をもっている。

そのひとつは、新しい問題解決法としての特徴であり、アルゴリズムの明確でない分野のシステム化が可能であるという点である。アルゴリズムが明らかでないかあるいはパラメータが多く、全ての状況についての処理をアルゴリズムで記述 (定式化) することが困難な問題に対しても、専門家のノウハウ/経験知識を基に状況に応じた実用的な結論を導出するソフトウェアを構築することができる。

第二は、新しいソフトウェア開発技法としての特徴であり、ESは成長するという点である。ESは、共通の解釈のルーチンのもとに、応用毎に知識ベースが作られ、その知識ベースによってシステムの動作が決定される。当該応用領域の典型的な処理についてラビッドプロトタイプングした後、経験により判明した問題と解の関係を順次追加し、システムの変更なしに成長させる事ができる。従来のソフトウェアの作り方では、システム設計時にあらゆるケースを想定しケース毎に事前に対応策を明確にしておく必要があった。ESでは、知識ベースの中に知識を入れてやればやるほど賢くなる。システムを中断させる事なく成長させていくという新しい方法が、ソフトウェアの開発の手法、方法論として登場した事になる。

しかし、従来のESは、個人の知的生産能力の増強や個人の知的パートナーを実現する事に主眼を置いてきた。その結果、「成長する」システムや「オープンな」システムを構築する技法としての人工知能技術の本来の能力を、十分に活用していない。例えば、「問題解決の為に必要な全ての情報は、システム内の知識ベース中に存在する」という知識量の前提や、「知識ベース中の全ての情報は完全で正しい」という知識の質に関する前提は、極めて閉鎖的で孤立的な世界を作り出している。しかし、現実の応用局面では、正確で十分な知識を前提としたシステム構築は困難であり、システム構築技術として不完全な知識を基にしたシステムや、オープンな問題解決能力を前提としたシステムの為のメカニズムが必要である。

このような背景のもとに、近年、与えられたひとつの問題を複数のESが協力して解決する、いわゆる協調問題解決システムの研究・開発が精力的に展開されている。

本来、人間は、社会活動・組織活動によって多くの知的生産活動を行っている。協調問題解決技術を含む分散人工知能技術の研究は、組織における個人の行動をモデル化し、グループメンバー間のコミュニケーションやインタラクションによって協力関係を維持しながら個人能力を越えた問題の解決を行うメカニズム、システムの実現を目指している。[3][4]

### 3. ネットワークと人工知能の相互作用

#### 3.1 B-I S D N構築における人工知能技術の援用

高度情報通信システムの目的を達成するためには、ネットワークのディジタル統合化と共に、共有社会財としてのデータベースや専門分野毎の個別知識ベースをネットワーク内に体系的に蓄積する機能と、これを本来のコミュニケーション実現のために活用する手段をネットワーク側から提供する事が必要である。

N T Tでは、これを、ビジュアル・インテリジェント・パーソナル通信サービス(V I & P)として実現しようとしている。現在、武蔵野研究センタと横須賀研究センタ間を2.4 G b / s で結び、各種サービスの有効性を確認する為のV I & P総合実験システムが構築されている。[5] 映像系、マルチメディア系、データ系の各サービスについて実験が行われているが、B-I S D Nを前提としこの能力を十分に活かした21世紀の基幹サービスのイメージが見えてこない。

一方、複雑化した構築要素から成るネットワークの効率的な運用には、ネットワーク状態の監視・分析、サービス品質の動的把握・分析、そして、ダイナミック・ルーティングなどネットワークの管理機能の飛躍的な充実が必要である。さらに、多様なユーザニーズに柔軟に対応し、ネットワーク機能やユーザインタフェースのサービス・カスタマイズ化を容易にするためには、ネットワーク全体のインテリジェント化が必要である。

高度情報通信システムを図3.1の様にモデル化してみよう。このモデルにおけるネットワーク・エージェントは、従来の交換機能のみならず、サービスに依存しないマルチメディアによる高度なヒューマンインタフェースや将来追加される高機能な交換処理・通信処理を実現したノードを

モデル化したものである。システムのユーザである利用者や端末、コンピュータ上のESは、ユーザエージェントとしてモデル化している。

さらに、コミュニケーション・ネットワークには、ネットワーク管理、サービス管理等を行うネットワーク・サポート・エージェントとこれを結ぶ情報転送網が存在する。

このモデル化でも明かな様に、高度情報通信システムでは、ユーザ・エージェント間の通信を実現するために、ネットワーク・エージェント間、ネットワーク・サポート・エージェント間の協調動作が必要である。このためには、マルチベンダOSやデータベース技術あるいはマルチメディア技術のみならず、現在成果をあげつつある分散人工知能の研究結果を通信システムの基盤技術として活用する事が重要である。

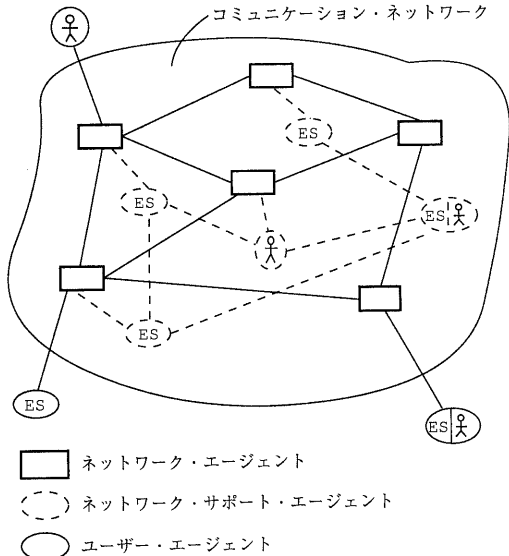


図3.1 高度情報通信システムのモデル

#### 3.2 分散人工知能技術へのB-I S D Nのインパクト

図3.1におけるユーザ・エージェントのグループを、与えられたひとつの問題に対し、各々の知見を持ち寄り分担・協力して解を求めるエージェント集団と見ることが出来る。これは、分散協調問題解決システムであり、図で明かな様に、ユーザ・エージェント同志を結び付けるコミュニケーション・ネットワークの役割、即ち、その通信能力や機能が極めて重要となる。

ATMを用いたB-ISDNは、ユーザ・網インタフェースに数千以上のバーチャルチャンネルを持つ事ができる。これらのチャンネルを用いると、映像、音声といった複数のメディアを同時に伝送するマルチメディア通信が可能となる。

また、Fiber-To-The-Home (FTTH) が実現すると、B-ISDNでは156Mb/sあるいは622Mb/sなどのインフェースが、各家庭で容易に使用可能となる。現在、パソコン内部バスの速度は約30Mb/s、ワークステーションでは約160Mb/s程度と言われている事を考慮すると、B-ISDNの実現は、ワークステーションの内部バスの世界を、マルチメディア通信可能とし公衆網によってこれを地球上に広げることを意味する。

現在までの分散人工知能では、従来のネットワークの通信能力を前提とするモデル化であった為、文字情報中心の単一メディアによる、しかも、時間量パラメータに重きを置かないインタラクションを基礎とした協調動作が、システム化の中心であった。また、電話系通信によるインタラクションを基礎とする、組織における人間の協調行動をモデル化しているため、各エージェントについて極めて高い自律性を要請してきた。

しかし、上記の様なB-ISDNの能力を仮定できれば、自立性の高いエージェントの協調システムのみならず、機械系システムをモデル化した自立性の低い単純エージェント間の協調システムをも実現可能になる。また、エージェント間のインタラクションも、多様なメディアによる事が可能になる。言い替えば、知識の量や質を別にとすると、従来の負荷分散的な単一メディアによる会話型分散人工知能システムから機能分散的なマルチメディアによる実時間分散人工システムまでも対象とした技術の研究・開発が必要となる。

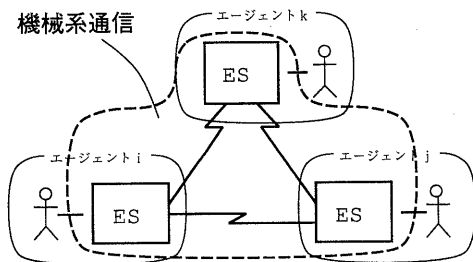


図4.1 分散人工知能システム

#### 4. 合意形成システム

##### 4.1 分散人工知能における通信機能

分散人工知能では、問題解決能力を持った知的エージェントの集団における、エージェント相互のインタラクションと各エージェントの振舞いを研究対象とする。

エージェントは、一般的には図4.1に示すように、知的活動の主体である人間とこれを支援するESとで構成される。エージェント集団におけるインタラクションは、組織的な知的生産活動を行う人間が、コンピュータの支援を受けて相互に情報交換を行なう集団活動のモデルである。現在の分散人工知能の研究では、エージェント間の意識疎通をES間の通信、即ち機械-機械間のコミュニケーション（以下では、これを機械系通信とよぶ）によって行うモデルを設定し、ES間のインタラクションを議論する。

分散人工知能における特有の通信機能の階層は、図4.2に示すような4層に大別する事ができる。最上層は、グループウェア等の個別の応用システムのレベルで必要となる意識疎通であり、次の分散協調問題解決システム層は、個別の応用システムがエージェント間の協調・分担が必要な際に使用する交渉機能である。次の層は、相異なる問題解決能力を持つ複数のESが、協調動作をとるために、制約条件を満足する土俵作りに向けて折衝する「合意形成システム」である。最下位の層が、実際に通信回線を経由してES間通信を行う機械系通信のメカニズム層である。

合意形成を目指して通信を行うシステムは、2つのタイプに分けることができる。ひとつは、共

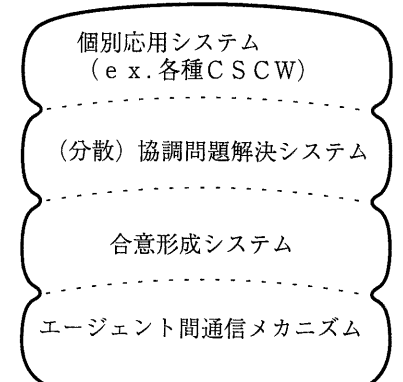


図4.2 エージェントにおける通信機能の階層

通目的達成タイプであり、達成すべき集団の目的に対し相互の能力を結集させ分担・協力してこれを実現するシステムである。ネットワークの障害診断など保守・診断問題は、この代表である。もうひとつは、協調資源分配タイプであり、互いに独立の目的を持って知的活動を行っているエージェントが、その目的達成の為に、エージェント間で共用する資源を相互にある種の取引を行いながら分配・確保し合うシステムである。授業計画スケジュールなど、計画問題がこの代表であろう。

#### 4. 2 機械系通信の分類

共通目標達成タイプの合意形成システムでは、目的実現に必要な作業分割と割当て、集団内のエージェントの相互関係の規定（組織化）、分担結果間の整合・調整などの為に機械系通信が必要となる。協調資源分配タイプでは、資源の割付け要求、取引交渉、利害調整などの合意の為に必要である。

これらの合意を形成するエージェント間通信メカニズムは、対話形式通信メカニズム、会議形式通信メカニズムに分類できる。対話形式通信メカニズムは、2エージェント間での交渉・調整を基本とし、この積み重ねによって合意を実現する。2者間には、当然の事ながら、上下関係など最初からバイアスがかかっている事もありうるし、極端には命令・指示形式となる場合もある。会議形式通信メカニズムは、関係する複数のエージェントが一同に会し、この会議における集団交渉および多者間同時調整によって一挙に全体合意を形成する。この形式では、議長（調停者）の存在を仮定しても良い。組織内で常用される多数決や、極端には、権力が集中した議長による指示となる場合も排除しない。さらに、全エージェントに開示されている対価によって在庫がある限り自由に必要なものを入手可能な、申し込み方式もこの特殊ケースである。

#### 4. 3 合意形成システムの例

機械系通信の役割を明らかにするために、対話による合意形成システムの具体例を示そう。[6]

##### (1) 対象とする組織行動のモデル

独立の行動目標に従って知的生産活動を行っている多忙なメンバのスケジュールを調整し、会議日程を設定するのは必ずしも容易なことではない。

メンバにとっても、本来の意志決定作業以前の雑務に、知的エネルギーを割くことは避けたい。このような組織人の知的作業の支援には、独立な問題解決能力を持つ複数のエージェントが地域的に分散しながら協調して動作する、システムを提供することが自然である。そこで、ネットワークにより結合されている複数のESが、エージェント内の会議構成メンバの意を体して、交渉を通じて相互に協調しながら会議日程を設定するシステムを考える。システムには、メンバ・エージェント以外に事務局エージェントと会議主査エージェントが存在する。事務局は、必要な共通情報の整理を担務し、交渉の内容には関与しない。会議主査の権限の設定は、システムの動作と能力に重大な影響を与えるが、ここでは、事務局同様、当事者間の日時設定それ自身には関与しないこととする。

システムの状態遷移は、図4.3の様に表示できる。事務局は、会議主査の指示により各メンバへ会議案内原案を周知する（原案設定）。会議案内原案を受けた各メンバからの応答により、事務局は、全メンバの変更要求をまとめ、必要に応じ会議日設定の為に二者間交渉を依頼する（意見集約）。交渉依頼を受けたメンバの組は、エージェント内のESに必要な情報を与え、可能な限り自分の意見を反映しかつ全体として妥当な会議設定を行なうよう、各エージェントとの交渉に当たらせる（交渉）。関係メンバ全員が適当な条件で折り合えば、会議設定は完了する（会議案内内）。

##### (2) 対話形式による交渉

交渉状態での対話形式による二者間交渉は、合意形成の基本動作である。エージェントにおけるESの交渉動作の処理の流れは、図4.4の通りである。

交渉における各エージェントの動作は、交渉全体のシナリオを設定する戦略ルールと個々の条件下での行動を規定する戦術ルールとの二階層に分類されたルールによって決定される。

戦略ルールは、会議原案で設定された制約条件を前提に、目的を達成するためのシナリオを動的に策定する。この主要部分は、現在は（人間である）メンバが決定せざるを得ないが、例えば、当該時点の局面でどの戦術ルールセットを使用するかは決定は、ESに一部分担させることも可能である。

一方の戦術ルールは、交渉の流れの各局面で条件に適したESの実行可能な動作を定める。この下位の戦術ルールが、機械系通信のプロトコルに大きな影響を与える。戦術ルールの例を上げよう。

- ・ごり押しルール： 職権を利用して圧力をかけ、相手の譲歩を求めるルールであり、たとえば、相手のメンバが自分の部下であれば、相手のイベントを断念させ提案日に同意する事を強要する。
- ・条件つき譲歩ルール： 本来の条件交渉のためのルールである。相手提案日には自分の予定イベントがあり、このため、提案日の相手の好都合度を推定し、その都合いと自分の予定イベントの重要度とを相互比較して、受諾か対案を提示するかを判断する。
- ・逃避ルール： 断わりにくい相手のため、相手の都合を優先させる事を前提に複数の候補日を提案してもらい、その中のどれかの日を選定する。

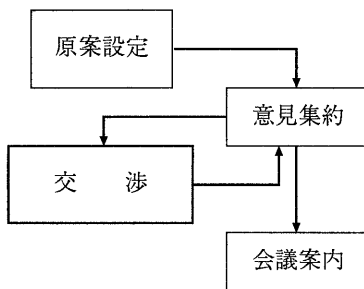


図4.3 システム状態の遷移

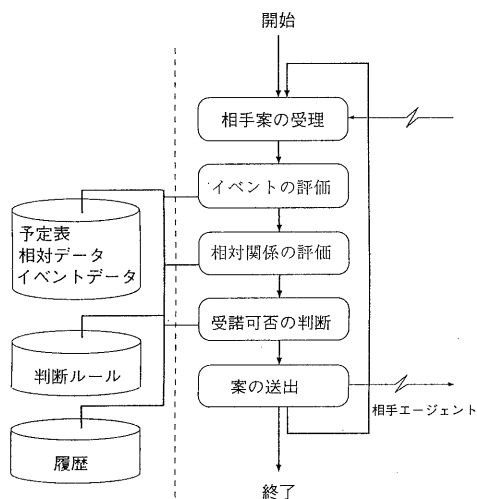


図4.4 エージェントにおける処理の流れ

#### 4.4 機械系通信の研究課題

上記のシステム例でも明らかのように、以下の諸点が、機械系通信分野の当面の主要な研究課題である。

##### (1) 交渉収束性に関する課題

交渉による合意形成を保証するには、機械系通信におけるESの行動の枠組みをどの様に設定すればよいかという問題である。前述のシステム例では、組織内の行動規律とも呼ぶべき、ESの交渉行動に関する制約を制御する方式を取っている。制約をなくし完全に自由にすれば、合意形成が保証されないのは明かであり、交渉それ自体が意味を持たない恐れがある。逆に、厳しい制約に絞れば、各ESにほとんど自由度がなくなり、自明の合意しか得られない。

組織行動規律のモデル化を進めると共に、合意形成の目的やメンバ間の相互関係などの環境条件に対応した規律を選択し、この制約を状態遷移の制御と機械系通信の手順に反映する方式の確立が重要である。

##### (2) 交渉行動の判断方式に関する課題

合意形成には、枠組みとしての行動制約による交渉収束性の保証ばかりでなく、ES自身による交渉進展の努力も重要である。このためには、交渉が合意にどの程度近づいているかをES自身が確認する手段と自分の次の行動が全体としてのどの程度の効果・利益をもたらすものであるかを推定する手法、さらに、これを用いて、次を取る行動の評価を行いながら自己規制を取るメカニズムが必要である。前述のシステム例では、条件つき譲歩ルールでイベントの重要度を評価する事により自己規制を行っている。

この問題は、交渉に関する人間とESの機能分担の設定に深く関わっており、評価尺度の設定や評価知識の体系化ばかりでなく、ESによる交渉行動の学習メカニズムにも影響を与える。

##### (3) プロトコルに関する研究課題

ES間のプロトコルをどの程度高レベルにすべきか即ち、プロトコルに盛り込むべき機能の応用依存度が問題であり、戦術ルール部のプロトコルをどの程度まで機能的に拡大、充実させるかである。プロトコルは、エージェントにおけるESの持つ知識のレベルに依存する。前述したシステム例では、エージェントが持つ交渉知識を戦略知識と戦術知識に大別し、各々をルールの形式で整理

・表現し蓄積している。

戦略に関する知識をどこまで整理し、人間とESでどの様に分担するかは、まだ大問題であり、プロトコルに盛り込むべき機能の応用依存度の問題である。

また、既存のOSIプロトコルとの整合性も検討してゆく必要がある。

#### (4) 合意形成用通信シェルに関する課題

合意形成システムは、ES間の通信による協調作業である。このため、システムの実現には、ES中核機能、プロトコルに基づくES間の通信機能、交渉状態管理機能など多階層の共通機能を必要とする。この部分を、機械系通信のカテゴリ毎にシェルとして実現しておく必要があろう。

## 5 あとがき

協調問題解決システム、特に、合意形成の為の機械系通信の研究は、まだまだ個別の応用システムの経験が不十分である。応用システム構築に関する知見が不足のまま、理論構築を急ぐ事は危険である。

分散人工知能は、人間の社会組織における知的生産活動を支援するものである。この為、当面はまず、会社組織における人間の行動様式が具体的な工学的システムとしてモデル化され、これとの整合性を考慮した知的支援システムが構築・提供されて行くだらう。このような現実の場での評価・分析の繰り返しにより、機械系通信シェルなどのシステム構築技術が、確立・体系化されて行くと思う。

この意味で、先に述べたネットワークの分野との研究交流は重要であらう。ネットワークの保守・運用領域への適用により、機械系通信は、応用領域でのモデル化能力や処理機能を含めた構築能力の面で大きな刺激を受け、発展を遂げて行くと思われる。また、今後のB-ISDNの展開が、システム構築技術のインフラストラクチャとして、直接、分散人工知能に与える影響も大きい。高帯域化による会議モードの合意形成の実現、高速化による実時間機能分散型協調システムの実現、合意形成・協調手段のマルチメディア化、移動体通信の発展によるESワークマン化など、多方面に及ぶと考えられる。

本論文では、コミュニケーションと人工知能の関わりを機械と機械との協調の視点から考察した。

最後に、ご討論頂いた、山梨大学山崎晴明教授、千葉工業大学菅原研次 教授、冲電気工業木下哲男室長、城風敏彦・岩根典之研究員に深謝する。

## 参考文献

- [1] 宮脇：NTTにおける研究開発、NTT R&D, Vol. 42, No. 2, pp113-120, 1993
- [2] 青木：ネットワークアーキテクチャの研究開発動向、NTT R&D, Vol. 42, No. 2, pp121-128, 1993
- [3] 石田、桑原：分散人工知能(1) 協調問題解決、人工知能学会誌、Vol. 7, No. 6, pp13-22(1992)
- [4] 石田、桑原：分散人工知能(2) 交渉と均衡化、人工知能学会誌、Vol. 8, No. 1, pp17-25(1993)
- [5] 宮内、神保：VI&P総合実験の進展、NTTジャーナル、Vol. 5, No. 3, pp54-57(1993)
- [6] 柳沢、村上：マルチエージェントによる会議日程調整支援システム、第7回人工知能学会全国大会、pp-(1993)