

## 解説



## 2010年マルチメディアコミュニケーションと社会

3.2 分散エージェントの世界<sup>†</sup>村上 国 男<sup>††</sup>

## 1. はじめに

21世紀は、高度情報化社会であるといわれている。高度情報化の在り様については各方面で議論されているが、必ずしも現時点で明確なコンセンサスがとられているとは言い難い。しかし、21世紀の社会を構築する前提として、あるいは、情報化社会の発展を支えるインフラストラクチャとして、ネットワークの果たす役割の重要性については異論はないであろう。

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。このシステムの実現には、コンピュータの飛躍的な高性能化と小型化の達成もさることながら、情報処理システムにおけるヒューマンインタフェースのマルチメディア化と自然性の向上、そして、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成果の援用による知識処理機能の充実が不可欠である。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の維持を支援するシステムの実現には、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。分散エージェントのシステムでは、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本質的である。それには高度なコミュニケーション・ネットワークの存在がきわめて重要であり、高速・広帯域サービス総合デジタル網(B-ISDN)の構築と共に、インフラストラクチャとしてのネットワーク内における組織活動支援の機能実現が重要である。

分散協調による問題解決メカニズムについて

<sup>†</sup> Distributed Multi-Agent Systems in 2010 by Kunio MURAKAMI (Kanagawa University).

<sup>††</sup> 神奈川大学理学部情報科学科

は、精力的な研究が展開されているが、現在でも応用分野における事例研究の蓄積や解析がまだまだ不十分である。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構築技術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することが重要であると思う。

本稿では、2010年近傍の分散エージェントによる応用システムの一側面を個人的な視点からスケッチすることにより、この分散人工知能技術の研究開発に1つの方向を示唆したい。

まず、2.では分散エージェントの世界を構築するために必要な基盤技術について2010年の到達状況を展望する。次に、3.で分散人工知能技術の進展を予測し、分散エージェントの応用とこれを支える合意形成メカニズムについて論じ、最後に、4.で今後の展望を述べる。

## 2. 分散エージェントの基盤技術の進展

分散エージェントシステムを支える分散人工知能技術は、人間の知的生産活動をシミュレートするコンピュータ技術と複数のコンピュータシステムを統合するネットワーク技術を主たる技術基盤としている。また、この分散エージェントシステムが人間の組織活動を支援するインフラストラクチャとなり得るためには、マルチメディア化を含めたヒューマンインタフェースの自然性の向上とエージェント間のインタラクションの高速化が重要である。2010年の分散エージェントの世界を展望する前提として、この視点から、その拠って立つ基盤技術の発展を展望・予測しておこう。

## 2.1 ヒューマンインタフェースの進展

現行コンピュータのヒューマンインタフェースは、キーボードによるタイプ入力を基本とし、マウスによるアイコンのクリックを主体にするもの

である。ワープロにおける日本語変換機能が充実したといわれても、タイプ入力日本人にとってやはりきわめて不自然な肉体的にも精神的にも苦痛をともなうインタフェースである。

これらの現状インタフェースへの不満を背景に、2010年におけるヒューマンインタフェース技術は以下のような進展を示すものと予想する。

### (1) 認識技術

端末のマルチメディア化（メディア融合）と高機能化が進展し、音声および線画・画像の入力インタフェースが充実する。特に、特定個人の音声認識は、端末の事前学習によるカスタマイズ効果と発話状況場面の切替えを明示的にシステムに指示することにより、ほぼ100%の精度となる。

### (2) 日本語による操作指示

知識処理技術を援用した特定個人対応の日本語処理機能が充実し、手書き文字および音声によって定常的（企業の日常活動的）な場面における日本語による操作指示や対話が可能となる。

### (3) 臨場感

バーチャルリアリティ技術によって、「見ているところが今いるところ」という環境感覚および操作感覚を出力インタフェース部に実現することが可能となる。

## 2.2 ネットワークの進展

21世紀初頭までに、B-ISDNの導入による網のデジタル化によって、多様化するユーザ要求をこの統合網で一元的に対応できる。従来の単一

メディアごとの最適設計、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し、2010年には、以下のようなネットワークの高度化を達成するものと予想する。

### (1) 高速広帯域化と高機能化

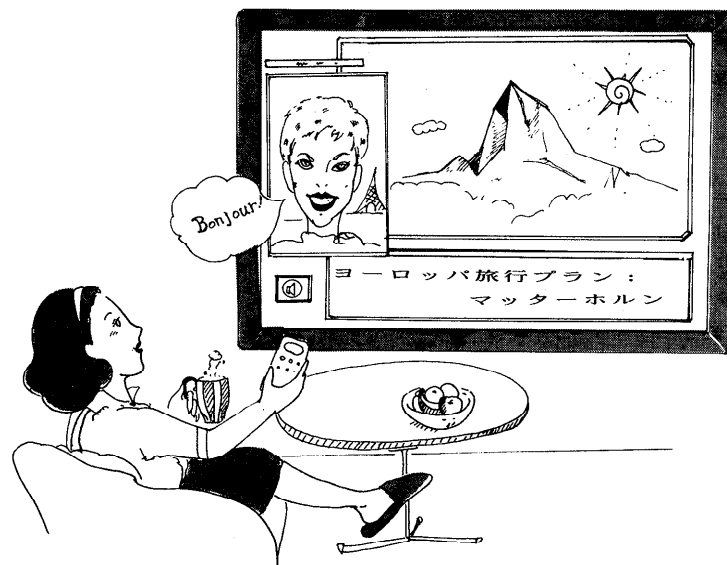
FTTHが実現する。これによって、156 Mb/sあるいは622 Mb/sなどのインタフェースが、各家庭で容易に使用可能となる。現在、パーソナルコンピュータの内部バス速度は約30 Mb/s、ワークステーションでは約160 Mb/s程度といわれていることを考慮すると、現行のワークステーションの内部バスの世界が公衆網の世界に広がり、同時にユーザ・網インタフェースで数千以上のバーチャルチャンネルを使用した通信が個人レベルで可能となる。

### (2) マルチメディア化

情報処理システムにおけるマルチメディア化は、まず第一に情報の入出力手段としての端末におけるメディア融合が実現し、次に、集配信メディアとしてのネットワーク、情報蓄積メディアとしてのデータベース、そして最後に、エージェント間プロトコルとしての機械系通信インタフェースにおけるメディア融合、というステップを経て達成される。2010年までには、第二ステップのネットワークにおけるマルチメディア化が実現している。

### (3) インテリジェント化

電気通信システムの本来的な目的は、意思疎通の



支援にある。そのためには、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ことが必須であろう。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ように思える。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る。このためには、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。

この要請に応じて、共有社会資本としてのデータベースや専門分野ごと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機能が、ネットワーク基本機能として実現される。

#### (4) オープン化

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がネットワークの基礎技術として導入され、ネットワークの仮想構成もユーザの簡単なパラメータ設定により動的に構築可能となる。

また、移動体通信が充実し、移動する任意の地点のパーソナルコンピュータ相互間で自由に信頼度の高いマルチメディア通信が可能となる。

### 3. 2010年の分散協調エージェント

現在までの人工知能の研究成果の1つは、既存の情報処理システム設計技術を補完する。次のような特徴を持つソフトウェアシステムの構築技術を生み出したことであろう。

第一は、すべ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新しい問題解決法を提出したことである。第二は、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、システムを中断させることなく変更・成長させていくというソフトウェア開発技法を方法論として登場させたことである。

この柔軟性に富んだ新しいシステム開発手法は、以下のように分散人工知能技術の発展を吸収

し、今後の新しい応用システムの設計・構築の重要な中核技術となる。

#### 3.1 分散人工知能技術の展開

従来の人工知能技術を応用したエキスパートシステム（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こと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本来の人工知能技術の能力を十分に活用していない。たとえば、「問題解決のために必要なすべての情報は、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、「知識ベース中のすべての情報は完全に正しい」という知識の質に関する前提は、きわめて閉鎖的で孤立的な世界を作り出している。

2010年には、これらの問題点を克服し、正確で十分な知識を前提とせず、システムの外に存在する知識や問題解決能力の利用を前提としたオープンなシステム実現のためのメカニズムが開発される。与えられた1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成果がシステム構築技術として体系化され実用に供される。

この際の知識情報処理システムの枠組みは、次のような特徴を備えている。

(a) ホストコンピュータにおける知識処理は、情報処理システムの多くが計算処理からデータベース中心の処理に移行したと同様に、知識処理から知識供給型へ移行している。

(b) クライアント側の主要コンピュータは、デスクトップからウォーキング型コンピュータに移行しており、音声や手書き情報などのマルチメディア入力機能を持った、個人対応にカスタマイズされたパーソナル知識処理システムとなっている。

(c) システムを構成する各エージェントは、人間とこれを支援するESから構成される。また、相互の役割分担はエージェントごとに任意に設定される。

#### 3.2 グループ意思決定支援システム

本来、人間の主たる知的生産活動は、社会的・組織的な状況下で行われており、組織における最も高度な知的活動は、グループとしての集団的意思決定行為であろう。

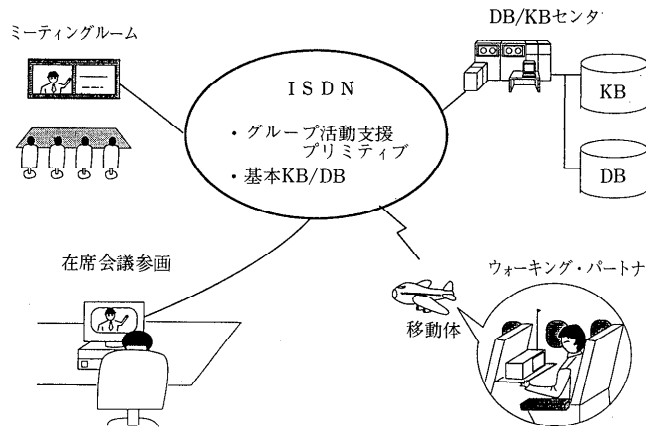


図-1 分散グループ(意思決定)会議システム  
—時間および空間の同一性制約の克服—

当面、このグループの意思決定を支援する(エキスパート)システムの構築技術あるいはメカニズムの確立を、分散人工知能技術の研究開発の主要な目標としたい。

従来のグループ意思決定は、メンバが同一時間、同一場所に集まって協議する、いわゆる一堂に会した会議形式で行われていた。近年のテレビ会議機能の充実、一応、遠隔会議の有効性を示して、グループ会議における場所の同一性の制約をある程度和らげている。しかし、まだ不満は多い。

分散エージェントシステムによる意思決定支援の会議システムは、図-1のような構成となり、上記の時間と場所の制約を完全に取り払うことをめざしている。2010年には、次のような機能を具備した知識の量や質の点で多様なウォーキング・エージェントから成る、分散グループ会議システムが実用に供されよう。

(1) タイムスクロール・メカニズム

意思表示・意見集約に関して、時間的順序パラメータを制御可能とする分散協調システム機能を提供する。

このために、現行の時間順序制約の厳しいインタラクションの協調動作モデルに基づく機能と異なり、たとえば、現状から予測される結論をシミュレートする機能、会議途中での任意の関係する部分メンバ間の意見集約を支援する機能、自分の立場のみを過去の時点へ遡らせて別意見の陳述を行い現在までのグループ意思決定過程をシミュレ

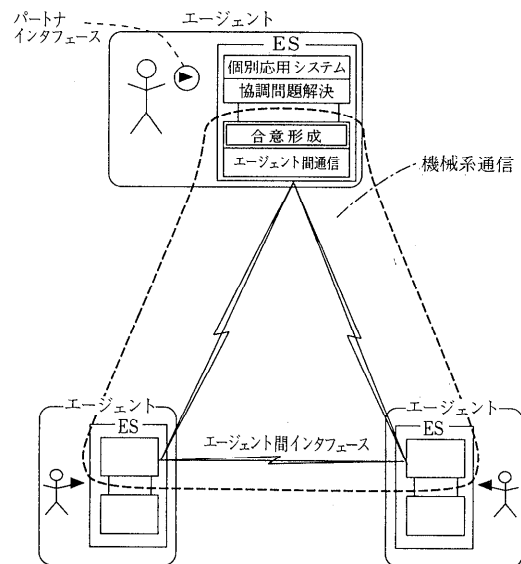


図-2 分散エージェントの機能構成

ートするメカニズムなどを実現する。

(2) ウォーキング・メカニズム

会議中のメンバの移動性を確保する。

この意思決定支援システムでは、メンバの参画位置は固定を求めず、各メンバの行動現場から会議スケジュールに拘束されことなく任意時点で参画することができる。すなわち、場所の同一性の前提を取り払い、任意時点での同席・移動の自由を保証するメカニズムを実現する。

(3) 多層的意思想定メカニズム

会議構成メンバの多様性を吸収し、重層構造の

意思決定を同時に行う機能を実現する。

従来は、システムの構成エージェントには、人間の協調行動をモデル化したきわめて高い自律性と判断能力を要請してきた。しかし、本来の組織としての意思決定には、組織の各構成レベルのメンバーが参画し、グループ全体の多層的な意思決定を同時に行うことが望ましい。そこで、自律性の高いエージェントから機械系システムをモデル化した自律性の低い単純機能エージェントをも参加し、組織全体の調和のとれた意思決定を各レベルで行うための支援メカニズムを実現する。

### 3.3 合意形成メカニズム

協調問題解決技術を含む分散人工知能技術の研究は、組織における多様な個人の行動をモデル化し、エージェント間のコミュニケーションやインタラクションによる協力関係を保存しながら、個人能力を越えた問題の解決を行うメカニズムやシステムの実現を目指している。

共通目標を持って互いに協力し合うエージェントは、図-2のような機能構成を持つ。このようなシステムでは、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)、分担作業の実行結果間の調整などのために、機械系通信を前提とした合意形成のメカニズムが重要な位置を占める。この合意形成の手段は、対話形式と会議形式に大別できる。対話形式は、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、当然のことながら上下関係など最初からバイアスがかかっていることもありうるし、極端には命令・指示形式となる場合もある。会議形式は、関係する複数のエージェントが集団交渉や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よい。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。

この合意形成メカニズムは、今後のグループ活動を支えるグループウェアや協調システムなどの応用システム構築の際の基本機能となり、2010年までには、ネットワークOSの中核に基本エージェント間協調メカニズムとして組み込まれ提供されるものと予想している。

## 4. おわりに

分散人工知能、特に協調問題解決の研究領域は、まだまだ個別の応用システムの経験が不十分である。分散人工知能の技術が、今後の情報処理システム構築の中核技術となることは間違いないが、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ことは危険である。この意味で、グループウェアやネットワークの保守運用など本質的に複数エージェント間の機能分散/協調問題解決を前提とした応用分野との研究交流は、今後の研究・開発にとってきわめて重要である。また、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とを考慮し、当面は、まず会社組織における人間の行動様式を具体的な工学的システムとしてモデルとすることが妥当であろう。この応用との整合性を考慮した支援システムを構築することを当面課題とすべきである。このような現実の場での評価・分析の繰返しにより、基本合意形成メカニズムなどのシステム構築技術を確立・体系化することができると思う。

本稿では、2010年近傍の分散エージェントによる応用世界の一面を個人的な視点からスケッチし、研究開発に1つの方向を提案した。

なお、参考文献については、多くの論文・資料のお世話になったが、論考の性質上ご迷惑も考慮して著者の独断とすることとし、割愛させていただいた。ご了解いただきたい。

(平成6年11月14日受付)



村上 国男 (正会員)

1964年茨城大学工学部電気工学科卒業。工学博士。神奈川大学理学部情報科学科教授。1964年日本電信電話公社電気通信研究所入所。以来、PL/I処理系、DIPS-1オペレーティングシステム、機能分散型計算機アーキテクチャ、分散型大規模データベースシステム、知識処理システムなどの研究開発に従事。この間、1982年から3年間(財)ICOT第一研究室長として出向。1990年4月より現職。電子情報通信学会、日本ソフトウェア科学会、人工知能学会、IEEE、ACM、AAAI各会員。