

解 説



## 2010年マルチメディアコミュニケーションと社会

## 1.5 やわらかいネットワーク†

菅原 研次†

## 1. はじめに

産業社会の成熟化にともない、生産の在り方が生産者主導から消費者主導へとシフトしてきている。これにともない従来の画一的な大量生産指向の工学の在り方をとらえ直す動きが高まっている。この中の1つのアプローチとして、情報処理技術、通信技術において、利用者の多様なニーズに柔軟に対応する「やわらかい情報処理」<sup>1)</sup>や「やわらかいネットワーク」<sup>2)</sup>の研究の重要性も喚起されている。

一般にシステムの「やわらかさ」とは、標準に拘束されない高度で知的なサービスを利用者に提供するだけでなく、利用者要求を含めたシステムの外部や内部の状況の変化に対して、自らの機能・構造を変化させることにより、システムを取り巻く環境の変化に適応し、自らの機能を進化させる能力である。

一方、情報化社会の基幹システムである情報ネットワークは、この世界に現存する最も大規模なシステムであり、多様な利用者の時々刻々の要求を処理し、かつ予想しえなかった状況でも社会活動への危機的状況につながる事故が発生することなく安定して運用が行われることが要求される。あるいは、科学技術の急速な進歩や利用者要求の高度化に対して、超複雑なシステムであるネットワークの機能を高度化することができなければ、このことが高度情報化社会の健全な発展のボトルネックになる恐れさえ考えられる。すなわち将来のネットワークの基本的性質として、環境等の変化に適応する「やわらかさ」は重要な概念になるであろう。

やわらかいネットワークはきたるべき21世紀

† Flexible Network by Kenji SUGAWARA (Department of Computer Science, Chiba Institute of Technology).

†† 千葉工業大学情報工学科

の高度情報化社会における様々な利用者の知的な社会活動を支える安定したインフラストラクチャとしての期待がこめられたネットワークの概念であると考えられる。本稿では、2010年の高度情報化社会のネットワークに対するニーズと、そのニーズに対するネットワークの在り方について考察する。

## 2. 2010年のやわらかなネットワーク社会

きたるべき21世紀における、消費者中心の社会とはどのような社会であろうか。生産・流通系を構成する一組織への所属だけが個人のアイデンティティを決定するものではもはやなく、政治、経済、文芸、趣味、スポーツ、研究、学習、ボランティアなどの様々な社会活動の総体が個人のアイデンティティを与えるようになるであろう。また、消費者の嗜好は、マスメディアによる集中型の制御の下を離れ、個々の社会活動、個性、関わる人々などの社会的ネットワークから自由自在に得られる情報に基づいて、主体的に決定されるであろう。個人は、あるときは生産者であり、また消費者であり、流通者であり、組織のリーダであり、組織の参加者である。このような組織から自立した個人の間ネットワークは、地域性を越えて世界中の人々がネットワークの対象になる。

現在は原始ネットワーク社会であり、その形態は組織や地域やメディアの制約を受け、ネットワークの範囲と能力は限られており、かたいネットワーク社会である。しかしながらパソコン通信の発達、情報・通信メディアの急速な進歩やライフスタイルの変化にともない、社会におけるヒューマンネットワークも徐々にこれまでとは異なる世界に移入しつつある。現実これまでになかった社会形態として、ネットワークシチズンの社

会がインターネット上に形成されつつある。このネットワーク上の仮想社会における人々の考え方、価値観、行動の目的や形態は、現在の実社会のそれとは異なる。多様なネットワーク機能を持ち、個人の多様なネットワーキングの要求を充足するという意味でこれはやわらかなネットワーク社会と呼ばれるべきものではないだろうか。たとえばこの特集企画のキーワードである2010年に向けて、このようなネットワーク社会が徐々に形成されていくものと思われる。

このようなネットワーク社会では、人間、メディア、グループのそれぞれの間に様々な多量の情報交換を必要とする。このサービスを提供するネットワークに対して、移動通信あるいはユビキタスコンピューティングなど空間に拘束されないアクセス方式を要求し、またそれぞれのアクセスの仕方も状況により様々な形態を要求する。情報を運ぶメディアもテキスト、音声、映像だけではなく、芸術コミュニティでは感性を通信することも要求され、医療のためには触感、料理講習ではにおいや温度感覚の伝送も要求されるであろう。現在のネットワークはこのようなネットワーク社会の要求に対処できるのであるか。

### 3. 2010年のやわらかいネットワーク

現在、日米欧の各国では、2010年代に向けて情報通信基盤の整備を重点課題としている。光通信技術、プロトコル技術など現存する個々のネットワーク要素技術の不断の発展の結果として、2010年代のネットワークが存在するのであろうし、さらに次の世代を目指してネットワークの進化の営みは続いていくのであろう。そしてこのネットワーク技術が前章で述べたやわらかなネットワーク社会のインフラストラクチャとしてその役割を果たしていくという図式を我々は期待している。しかしこの図式には何か見えない落とし穴はないのだろうか。

ここでソフトウェア危機という言葉を思いだしていただきたい。ソフトウェア危機とは、大規模化し、複雑化する情報システムに対する要求を正確に充足するソフトウェアを、定められた期限内で開発し、これを維持し続けていく方法をいまだ見いだし得ないことに起因する現象である。ソフトウェア工学の研究者・技術者はそれを解決する新

しい技術をたゆまず開発していくが、しかし利用者要求はそのときにはすでに先を歩んでいる。要求の高度化に大規模システムの開発技術が追いつかないことがソフトウェア危機の正体なのである。

それではネットワークの世界では何が起こるのであろうか。ネットワークに対する利用者要求の源はやわらかいネットワーク社会である。やわらかいネットワーク社会は21世紀には我々の目の前に現れてくるであろう。ここでは音声や文字データの伝送だけでは満足せず、映像、感性のメディアを双方向あるいは同時多数の形式で、任意の場所から利用者の好む形態で伝送することを要求する。サービスの質、性能も人により状況により異なる。やわらかいネットワーク社会の個々の要求に対してそれを解決するための技術は、それぞれの技術領域の方々の努力で解決されるであろう。その成果はネットワークに組み込まれて初めて役にたつ。しかしそれらを簡単にネットワークに組み込めるのだろうか。ネットワークは間違いなく地球上で最も大規模で複雑なシステムであろう。膨大な数の要素が複雑に絡みあい、それらが調和して微妙なバランスの上に高度な機能を保持しているシステムである。かたいネットワーク社会からの要求に対して、またシーズ指向でネットワークが構成される状況では、ネットワークの基本構造は、ある程度の一様構造（標準化）を保障できたため、このバランスを維持するのは比較的やりやすい。しかしやわらかいネットワーク社会からの要求はこの一様構造を保つことをもはや許さないのではないだろうか。

となれば、ネットワークシステムの複雑さは、これまでの通常システムの複雑さに対して、その次元を1つあげることになる。複雑な構造を持つ非一様構造の大規模システムを、管理し、構成要素部品を取り替え、それがシステム全体に与える影響を調べ、他の要素との関係を調整する作業は、まさにソフトウェア工学における保守の問題であり、いまだもって解決できないソフトウェア危機の最大要因である。それもソフトウェア工学がかつて経験したこともない規模でネットワークシステムはそれを経験しなければならぬ。

もし、ネットワークシステムの管理・維持を簡単にすると理由で一様なシステム構造、インタ

フェースの標準化というシーズ側の要求を固守し、保守はしやすいがしかし「かたいネットワーク」を提供し続けたらどようになるのであろうか。これは人間、メディア、グループの間の複雑な構造のネットワーク、非一様なネットワーク、動的なネットワークを形成することを必要とするやわらかなネットワーク社会の形成への大きな障害になるのではないだろうか。きたるべきポスト大量生産の時代はニーズ指向でものごとが決められるとすると、ネットワークシステムも、やわらかなネットワーク社会からのニーズに無関心であるわけにはいかない。

やわらかなネットワーク社会のためのやわらかいネットワークであることが必要である。やわらかいネットワークの必要要件を簡単にまとめると以下ようになる。

(1) 利用者の不完全であいまいな、あるいは突拍子もない要求や意図を理解し適正なサービスを提供することができるよう、ネットワークは知性を持つ

(2) ネットワーク内部に発生する障害を認識し、利用者に対するサービスを本質的に低下させることもなく障害を自律的に回復させることができるよう、ネットワークは恒常性を持つ

(3) やわらかなネットワーク社会の要求の進化に対応して、ネットワーク要素技術の進化を取り込みつつ、ネットワーク自身の能力を安定して発展させていくことができるよう、ネットワークは自己組織的進化機能を持つ

以上の機能をどのようにしてネットワークに組み込むべきであろうか。それについて次に述べる。

#### 4. エージェントにより構成されるネットワーク

ここでは、エージェントとは自律・分散・協同の能力を持った知的ソフトウェアであると定義する。エージェントは自律的であるから、自分の能力、自分が属する環境あるいはその中に存在する他のエージェントのことを知っている。環境の変化を認識し、自分の機能を変えていく自己組織化の能力を持つ。エージェントは独自の目的や価値観を持ち、それに基づいて環境の中で様々な行動を起こすことができる。目的を達成するために他

のエージェントと協調して作業を行い、その過程で何らかのサービスが実現される。

エージェントは何らかの意味で自分が存在する環境を認識し、予期しない障害やサービスの要求に対して動的に問題解決の組織を構成し、他のエージェントと協調して障害を回復したり、新しいサービスを創出する。システムの構成要素が自律性を持てば、構成要素の一部が他の要素で置き換えられたとき、構成要素間のインタフェースの変更を互いに協調して吸収し、その変更を全体に及ぼさない。すなわち、構成要素をエージェント化することにより、独立性の高い部品によりシステムを構成でき、部品再利用率を向上させ、また新しい部品の組込みなどシステムの進化能力を向上することができる。

以上のパラダイムでシステムを開発する方法はエージェント指向技術と呼ばれる。エージェント指向はオブジェクト指向と分散人工知能が融合した技術であり、今後オブジェクト指向と互いに補いあう形で発展していくと考えられる。現時点ではシステム開発・保守のための具体的技術としては存在していないが、実現に向けた様々な試みが行われ始めており、2010年には実用技術として利用可能となることを期待したい。このようなエージェント指向技術はやわらかいネットワークを構成する上で欠かせない技術である。

このエージェントのモデルに基づいたやわらかいネットワークのモデルは3層の構造をとることになるであろう。第1層はやわらかなネットワーク社会のモデルである。やわらかなネットワーク社会を構成する人間、メディア、情報システム、それらの組織はエージェントモデルに抽象化され、互いに協調・競合する自律的な存在であり、やわらかいネットワークの利用者である。第2層は第1層のエージェントに対して知的情報処理サービス、知的ネットワークサービス、人工現実感などの利用者インタフェースサービスなどを提供するエージェントの集団である。第3層は、第1層、第2層のエージェントに対して高度な通信サービスを提供する通信エージェントの集団である。

第2層はデータベース/知識ベースなどの情報資源をエージェント化したエージェントの世界であり、ネットワークの上に超分散システムとして

構成される。これらのエージェントは、第1層の利用者の要求を実現するために動的に問題解決組織を構成し、必要なサービスを提供する。たとえば、電子図書館などのサービスが提案されている。また、ネットワークの膨大な情報資源を探索することは、利用者にとって困難な作業であり、利用者に代わってこの作業を引き受けるノウハウあるいは知的ナビゲータと呼ばれるエージェントが提案されている<sup>3)</sup>。

通信エージェントは第1層、第2層のエージェントの要請により、自らが管理する通信資源、たとえば光ファイバー回線、衛星回線などを利用し、他の通信エージェントと協調しながら最適な通信サービスを提供する。これまで提供した経験のない非定型な処理を要請された場合は通信エージェントの間で協議を行い、他のサービスに影響のない範囲で、動的にその論理構造を変更し、新しいサービスを創出するよう努力する。

このように動的に様々なサービスを創出するメカニズムは、実はネットワークにおける対象機能を設計・開発するプロセスと類似のものである。すなわち、対象システムの構成要素であるエージェントは、自らを設計する設計プロセスで使われた設計知識を利用して、状況の変化に合わせて自らの機能を動的に再設計することになる。もし、設計プロセスをエージェント化し、その設計知識を再利用可能にすれば、そのプロダクトである対象システムを構成するエージェントと協調することにより、やわらかいネットワークが持つべき自己組織化機能の実現が期待できる。

## 5. ま と め

情報処理技術、通信ネットワークの技術は高度情報化社会の構築に向けた必須の技術であり、社

会の期待も大きく、またその進歩も著しいものがある。一方、それらの利用者であるネットワーク社会も確実に形成されつつあり、そこより発生する利用者要求の進化も目覚ましいものがある。2010年のネットワークはこれらのニーズ側の要求の高度化とシーズ側の提供する技術要素群の複合機能の絶え間ない競争にさらされ、その機能・構造を常に変化させつつ、そのサービスを安定して柔軟に維持するという、インフラストラクチャとしての重い役割を果たさなければならない。

このように多様な利用者要求に対応し、環境の変化に適応して自己機能を進化させていくことができる「やわらかいネットワーク」の概念とその実現技術は重要になるであろう。そのためのアプローチの1つとして、エージェント指向に基づくやわらかいネットワークの構成技術を2010年に向けて今から準備する必要があるのではないだろうか。

## 参 考 文 献

- 1) 大津：情報処理の新たなパラダイムをめざして、情報処理, Vol. 34, No. 12 (Dec. 1993).
- 2) 富永：フレキシブルネットワーク—総論—, 電子情報通信学会誌, Vol. 77, No. 1 (1994).
- 3) 後藤滋樹他訳：インターネット縦横無尽, 共立出版 (1994).

(平成6年12月19日受付)



菅原 研次 (正会員)

昭和48年東北大学工学部通信卒業。昭和55年同大学院博士課程中退。同年千葉工業大学助手。ネットワークの知識型設計、CAI、マルチエージェントの研究に従事。工学博士。平成4年日本工業教育協会賞功績賞。平成6年本会山下記念研究賞受賞。現在、千葉工業大学情報工学科教授。