



# 1. コミュニケーションを軸とした新しいシステム知のあり方

植田 一博

東京大学大学院総合文化研究科

本稿では、コミュニケーションや社会的インタラクションを中心に据えた新しいシステム知、リアルなシステム知のあり方を、筆者らの研究グループの研究を紹介しながら考察する。最初に、コミュニケーションの3つの側面を抽出し分類する。そしてその分類に従って、まず「コミュニケーションのミクロな側面」に着目することで発想支援システムに対する示唆を、次に「コミュニケーションのマクロな側面」に着目することで社会的創発現象の分析と社会的意思決定支援に対する示唆を、さらに「人对機械のコミュニケーション」を「人对人のコミュニケーション」との対比で考えることでヒューマン・インタフェース設計に対する示唆を与える。

## はじめに

人は、研究開発場面だけにとどまらず日常のさまざまな場面において問題解決や意思決定を行うことを余儀なくされる。このような問題解決や意思決定における認知の問題は、認知科学 (cognitive science) なる学問分野の成立当初から主要なテーマの1つであり続けている。しかし比較的最近まで、その関心の中心は個人が単独で行う問題解決や意思決定であったといえる。他方、我々が日常の場面で問題解決や意思決定を行う場合を思い起

すと、入学試験などで学生が数学や物理などの問題を解くときのように、確かに、個人単独で問題解決や意思決定を行うこともないわけではないが、実際には稀なことだと考えられる。大学人にしろ企業人にしろ、会議 (会議は協同的問題解決や合議の場の1つである) に追われる毎日进行を思い起こしてみればこのことはすぐに実感できようし、やはり大学・企業を問わず“協同プロジェクト”の運営に多くの時間や労力を割いているのが現状であろう<sup>☆1</sup>。このように我々は、個人単独でというよりは協同で問題解決や意思決定にあたる場合が多いといえる。

このような“協同による問題解決・意思決定”の重要性は、インターネット時代の現代においてなおさらに強調されねばならない。たとえば、ビジネスの世界でもようやく脚光を浴びてきたOSソフトLinuxの開発プロセスはまさに、インターネット時代における複数 (協同) による問題解決、すなわち分散的問題解決の重要性とその威力を物語るものだといえる。このような背景から、認知科学の関心は「個人の知」から「社会知」、すなわち「社会的インタラクション」や「コミュニケーション」を介した知のあり方へと急速に拡大しつつある。

認知科学におけるこのような研究動向は、情報科学や人工知能の研究動向とも基本的に一致していると思われる。Linuxの例でも述べたように、インターネットや分散処理・分散人工知能の技術の発展がそれを物語っている。したがって、現在の情報システムに関連する知のあり方は、コミュニケーションを抜きにして語ることはできない。そこで本稿では、このコミュニケーションがもたらす効果を認知科学的な視点、すなわち人の認知活動という視点から捉えて整理し、コミュニケーションを中心に据えた筆者らの最近の研究を紹介する。そして、そこから今後の知能システムのあり方に対する示唆を得たい。

<sup>☆1</sup> Schunnらは、協同研究の一スタイルである学際的協同研究が認知科学研究において占める割合が年々増加しており、現在では (公刊された論文) 全体の30~50%を占めるに至ったと分析している<sup>9)</sup>。

## コミュニケーションをどう捉えるか

コミュニケーションの仕方やその結果生み出される効果それ自体がかなり状況依存的であるのと同様に、コミュニケーションあるいは社会的インタラクションという言葉の使用もかなり文脈依存的で、さまざまな場面において多様な意味に用いられる。認知科学においてもこのような事情は変わらないが、認知科学、特に認知心理学においてコミュニケーションや社会的インタラクションに関して最も研究が進んでいるもの（の1つ）が“協同”（collaboration）だといえる。冒頭でも述べたように、人は個人単独よりも他人と協調して問題解決や意思決定を行うことの方が多いと考えられるが、「三人寄れば文殊の知恵」ということわざが示すような状況、すなわち、複数による問題解決のパフォーマンスが個人単独でのそれよりも、特にグループにおいて最も優秀だと考えられる個人単独のパフォーマンスよりも優れているのかどうか、協同に関する研究の第一の関心事である（たとえば文献6）を参照のこと）。協同に関する研究では“2人から数人のグループ対個人”のパフォーマンスの比較という実験設定がなされることが多く、ここでのコミュニケーションとは、我々が日常最もよく経験する“1対1のコミュニケーション”をベースに考えることができる。したがって認知科学でコミュニケーションの問題を取り上げる場合には、まず、“1対1のコミュニケーション”のあり方とそれが（問題解決や意思決定場面において）もたらす効果を議論することが多い。本稿ではこれを、「コミュニケーションのミクロな側面」と呼ぶことにしよう。

しかし、コミュニケーションは1対1に代表されるような小規模な人数の間でのみなされるわけではない。インターネット技術の進歩により、かなりの人数の間で同時にコミュニケーションすることが可能となったわけだし、インターネット以前から、社会・経済現象のある側面は人々のコミュニケーション（とそれに基づく共同幻想）で成立しているのだともいえる。たとえば、1972年に起きた豊川信用金庫の取り付け騒動は、ある噂が別の噂を呼び、それがあつという間に地域コミュニティを駆け巡った結果生じたものである。また、株や為替などの売買に携わっているディーラーは、インターネットや電話などのあらゆる手段を尽くして市場全体の動向、すなわちコンセンサスを探りながら売買を行い、その結果として価格の乱高下のような興味深い我々の生活を脅かすことさえある経済現象が生じている。このようなコミュニケーションでは、各人がどのような状況でどのような手段によってどのような情報をやりとりするかというミクロな側面も重要だが、コミュニケーションの結果としてどのよう

なグローバルな現象が生じるのかというマクロな側面がより重要だと考えられる。本稿ではこれを、「コミュニケーションのマクロな側面」と呼ぶことにする。これを考察するには、ある程度の数的規模のグループにおけるコミュニケーションを研究対象とする必要がある。

ここまでは、“人対人のコミュニケーション”に関して話を進めてきたが、コミュニケーションを何も“人対人”に限定する必要はない。コンピュータや複雑な機械がこれほどまでに日常生活に浸透した現代において、“人対機械のコミュニケーション”（一般的にはヒューマン・インタフェースと呼ばれるが）は、人対人のそれと同じくらい重要である。実際、情報科学においても認知科学においても、インタフェースの問題は年々重要になってきている。しかしながら、人対機械のコミュニケーションが人対人のコミュニケーションと一体どこが同じでどこが違うのかという議論は比較的最近までなかったように思われる。本稿ではこの「人対機械のコミュニケーション」までも視野に入れて考える。

まず「コミュニケーションのミクロな側面」に関して、次に「コミュニケーションのマクロな側面」に関して、続いて「人対機械のコミュニケーション」に関して、我々の研究グループの研究成果を紹介する。そして最後にまとめとして、新しいシステム知のあり方として重要だと思われる事柄について言及したい。

## コミュニケーションのミクロな側面：協同に関する研究

協同に関する研究は、認知科学のコミュニティ以前に社会心理学のコミュニティで盛んになされてきた。社会心理学の伝統的な研究の多くが示してきたことは、グループでの協同による問題解決のパフォーマンスは、そのグループの平均的な個人のそれは上回っても、グループ内の最良の個人のパフォーマンスを上回ることが難しいということであった<sup>6)</sup>。すなわち、我々が「三人寄れば文殊の知恵」ということわざに期待するような協同の効果は否定されてきたわけである。

これに対して、認知科学者は協同の効果がいかなる状況であれば期待できるのかに関心を寄せてきた。たとえば岡田らは、科学的な仮説形成のプロセスにおいて、協同を行うことがグループの創発性、すなわち気付きにいきが妥当な仮説の発想に有効に働くことを心理実験により明らかにした<sup>7)</sup>。それまでの社会心理実験の多くが投票などの意思決定やパズルのような単純な問題解決の場面における、いわば各人の意見の集約プロセスを問題にしたのに対し、岡田らの実験は、科学者が実際に行う創造的な思考、つまりアイデアの創出に焦点を当てた点が重要である。それゆえ、良い協同は研究開発に良い効果

サジェスチョンの種類	研究者-研究者間	研究者-マネージャ間
メタな視点変更をもたらす	3	4
具体的な知識を提供する	7	0

表-1 観察されたサジェスチョンの種類 (数字は件数)

をもたらすという我々の直観を支持するような結果が得られたといえる。

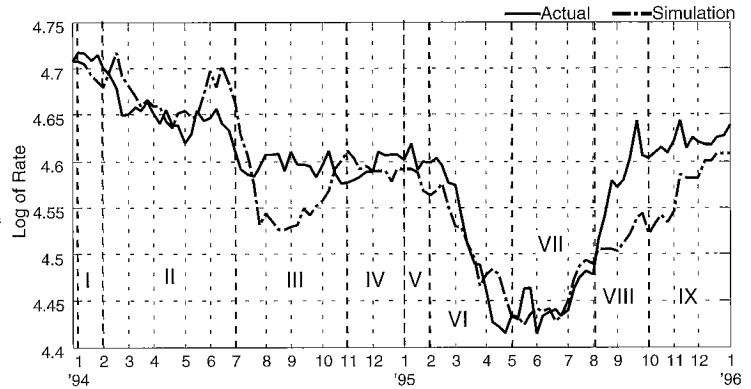
となると、実際の研究開発場面において協同は本当にプラスの効果をもたらすのか、あるいはプラスの効果をもたらす良い協同とは何かが問題になってくる。そのような問題意識から、筆者らはまず、長期的な研究開発プロジェクトにおいて協同がいかなる意味を持っているのかを分析した<sup>11), 12)</sup>。具体的には、研究開発のみならず、製造やマーケティングまでもが関与した大規模な洗剤開発プロジェクトを対象とした詳細なインタビュー調査を実施した。その結果、協同は、(1) ものの見方・捉え方のバイアスを除去し、考え方の大きな変更を促す可能性がある、(2) 問題解決を迫られている人間に不足している知識を他人が補ってくれる可能性がある、という2点において、研究開発の進捗に大きな影響を与え得ることが明らかとなった。

このような協同の効果は、多くの場合、個人対個人のコミュニケーション、すなわちある人が別の人に何らかのサジェスチョンを行うことでもたらされると考えられる。それでは研究開発場面で研究者間でなされるサジェスチョンには、上述の(1)のようなメタな視点変更をもたらすサジェスチョンと、(2)のような具体的な知識を提供するサジェスチョンがあるのだろうか。筆者らは、4つの研究開発プロジェクト内のメンバ同士のサジェスチョンを調査し、それをメンバ同士のポジション(役職)の違いという観点から分析した。その結果を表-1に示す。この表が示すように、2種類のサジェスチョンが存在するものの、それはコミュニケーションを行う人間のポジションに影響を受けると考えられる。

このことは、人工知能分野で盛んに研究されている“発想支援システム”にとって示唆的だと思われる。すなわち、サジェスチョンの種類によってもたらされる効果は異なるので、支援すべきタスク内容や支援対象のユーザに応じて適切なサジェスチョンの与え方を工夫する必要があるといえる。

## コミュニケーションのマクロな側面：人工市場に関する研究

最近注目されている“複雑系の科学”では、一見すると単純な構成要素間の局所的な相互作用がある程度の規模で生じると、系全体にまったく性質の異なる現象が観察されることを分析する。このような現象の現実的で具体的な典型例の1つが、先に説明したような社会・経済現象である。そしてこれら社会・経済現象の創発(emergence)に、



\*実線が実際のレート変化で、破線はシミュレーション結果

図-1 円ドル為替レートの変化(1994年初～1995年末)

系の構成素たるエージェント間のコミュニケーションが大きな役割を果たすことが経験的に知られている。

筆者らのグループでは、現実社会でインタラクションやコミュニケーションを介して創発すると思われる現象の構成的手法に基づく解明を行うべく、“人工市場”(artificial market)の研究<sup>3)～5)</sup>を行ってきた。この研究の最終目標は、現実の外国為替市場に(ある本質的な点で)類似した人工的な市場をコンピュータ上に構築し、その仮想市場でのシミュレーションを通して、レート変動(典型的にはバブル現象)などのマクロな現象が創発する要因を探ることにある。現在稼働しているシミュレーション・モデルでは、コンピュータ・プログラムで表現される仮想的な各ディーラが17の経済データ(たとえば、貿易収支・金利・要人発言など)から取捨選択を行うステップ、取捨選択されたデータからレートの予想を行うステップ、その予想を基に円/ドルの売り買いの戦略を立てるステップ、需給関係から人工市場全体でのレートが決定されるステップ、そして自分の予想と市場のレートとの差から自分の予想方式を適応学習するステップからなっている。このうち最後の適応学習ステップにおいて生物の遺伝メカニズムからヒントを得た遺伝的アルゴリズム(genetic algorithm)が用いられている。このモデルによって、図-1に示すように、1994～1995年のバブル現象を(30%程度の確度で)再現できた。

ここで注目すべきは、バブルの出現と消滅の要因が、モデルの仮想ディーラのトレンドへの心理的同調と需給関係にあることが判明した点である。しばしば「相場は心理の実験場」と呼ばれるが、株式価格や外国為替レートがディーラの心理的側面に大きく左右されることが、ディーラの間では経験的に知られている。しかしこれまでの多くの経済理論では、この心理的側面は軽視されてきた。これに対して筆者らは、まず現場のディーラに対する調査を行うことで、(1)ディーラ意思決定が、時間経過とともに変化する市場のコンセンサスの影響を大きく受けること、(2)市場のコンセンサスの学習を促すが、自らの予想の失敗と他のディーラとのコミュニケーションであること、を明らかにした。これにより、バブル

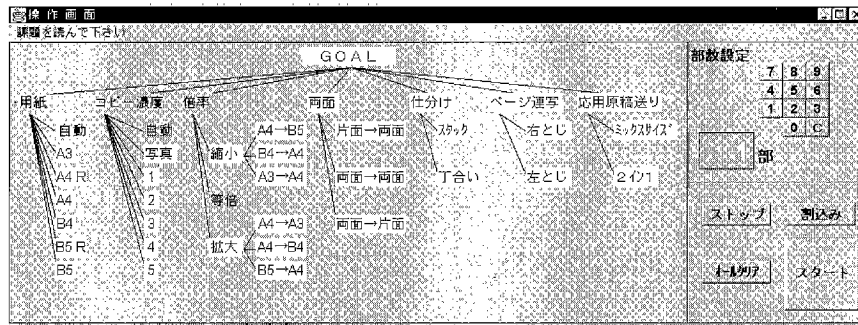


図-2 「タスク分割」の概念に基づいてデザインされたコピー機インタフェースの例

現象のような創発現象の要因が、“コミュニケーション”と“学習”にあることを突き止め、次にそのメカニズムを遺伝的アルゴリズムで表現したのである。

このようにコミュニケーションのマクロな側面に注目することで、社会的な創発現象を構成的な手法で解明することが可能となる。Epsteinらも“人工社会”の研究<sup>2)</sup>において同様なアプローチをとっているが、我々の研究がEpsteinらの人工社会研究と大きく異なるのは、現実社会のデータや仕組みを積極的にモデルに採り入れている点である。このことで、より現実的な創発現象を再現し分析できるようになったばかりか、政府の介入や経済データなどにある種の仮定をおくことで、今後の中期的な為替レートの動向のシナリオを描くことが可能となった。これは経済政策を決定する際の意思決定を支援するツールになり得ると期待される。

## 人と機械のコミュニケーション ：認知的インタフェースに関する研究

すでに述べたように、コミュニケーションを“人対人”のそれに限定する必要はない。そこで本章では、“人対機械”のコミュニケーションに話を広げてみたい。

人対機械のコミュニケーションとはいわゆるヒューマン・インタフェースにはかならない。近年、コンピュータをはじめとするさまざまな機器は高機能化・多機能化によりその操作が複雑になる一方であり、それに伴って、アイコンや対話的インタフェースなどの導入により操作性向上の努力がなされている。しかしそのような改善の努力がいかなる認知理論をベースにしているかとなると、はなはだ心許ない。

このような状況に対して、Reevesらは“Media Equation”と称する一連の研究<sup>8)</sup>において、人は対人コミュニケーションにおいて（無意識的に）身につけている立ち振る舞い方を対機械のコミュニケーションにおいても無意識的にとってしまうことを示した。たとえば、我々は丁寧な応対をする人に対しては自分も自然と丁寧に応対する傾向があるが、実はエラーメッセージなどの表示において丁寧に応対してくれるコンピュータに対してはそうではないコンピュータよりも好感を持つばかりか、前者

のコンピュータ上で作業した方が簡単なタスクの効率までも向上するという。さらに驚くべきことに、このような傾向はコンピュータの素人ばかりかプロといわれる人でも無意識的に示してしまうという。このような機械に対する一種の人格の（類推的な）付与は、ヒューマン・インタフェース設計が対人コミュニケーションについての認知心理学ないし社会心理学の研究成果に基づくべきことを示唆している。

このようにヒューマン・インタフェースの問題をコミュニケーションという観点から捉え直すことは重要である。ここから、機械操作に困難を覚える一部のユーザは、他の人が難なく実行できる機械とのコミュニケーションに困難を覚えているのであり、そのようなコミュニケーションを阻害する要因がインタフェースやユーザないしはその両者に存在すると予想できる。このような立場から筆者らは、コピー機を題材にして、一部の初心者ユーザが機械操作に困難を覚える原因を心理実験に基づいて探った<sup>1), 10)</sup>。その結果、ユーザが持っているメンタルな世界とインタフェース設計者が前提としている世界とがうまくみ合わないことがその一因であることを突き止めた。

どんな機械であれ、複雑な機能はそれよりも単純な機能の組合せとして実現される。たとえば、“片面原稿4枚を両面で5人分コピーする”というタスクには、“片面原稿→両面印刷”、“ソータ”、“用紙サイズ”などの各機能（サブタスク）の設定を含む。このような「タスク分割」(task decomposition)は設計者にとっては至極当然のことなのだが、初心者ユーザにはそれが簡単には理解できないのである。それも、日常生活ではタスク分割をこともなげに行っているにもかかわらずである。すなわち、タスク分割に関して、設計者と一部ユーザの間のコミュニケーションは阻害されており、設計者とユーザという異なる世界間のコミュニケーションを促進するインタフェース上の工夫が必要となってくる。図-2に示すように、我々はそれを“ツリーによる全機能構造の提示”に求めた。図-2のインタフェースは、一般的な（アナログ）コピー機で実行可能な機能の全体構造を単に表示しているだけのシンプルなものに過ぎず、バーチャル・リアリティのような高度な最新技術を一切用いていない。しかも外見上はインタフェースとして若干奇異に見える、つまり多くのユーザにとっては見慣れないものですらある。にもかかわらず、このようなインタ

フェースを用いた初心者ユーザのコピータスクの実行パフォーマンスは、市販されているいくつかのコピー機を用いた場合よりも相当に良かったのである。

このように、インタフェースの問題を「人対機械のコミュニケーション」という観点から捉え直すことで、これまで見えなかった事柄が浮き彫りになりつつある。

## まとめ

本稿では最初に、コミュニケーションの3つの側面を抽出し分類した。そしてその分類に従って、まず「コミュニケーションのミクロな側面」に着目することで発想支援システムに対する示唆を、次に「コミュニケーションのマクロな側面」に着目することで社会的創発現象の分析と社会的意思決定支援に対する示唆を、さらに「人対機械のコミュニケーション」を「人対人のコミュニケーション」との対比で考えることでヒューマン・インタフェース設計に対する示唆を与えた。

ところで、コミュニケーションの3つの側面について筆者が行ってきた研究に共通することは何であろうか。それは、コミュニケーションのどのような側面に着目するにせよ、「現場の知」を重視し分析しているという点である。協同の分析あるいは人工市場のシミュレーションは、まさに現実世界における現象の分析に基づいている。タスク分割に基づくインタフェース設計もまた、初心者ユーザが抱える実際上の困難の分析に基づいている。その意味で、筆者らの一連の研究は、コミュニケーションや社会的インタラクションの分析を軸にして現場の知を分析し、現実世界に何らかの貢献をし得るシステム設計にその分析結果を結び付けるという一貫した意図のもとになされている。

最近、人工知能や認知科学の分野では“実世界 (real world) の知”が注目されている。実世界で有用なシステム知が求められているわけだが、コミュニケーションや社会的インタラクションを分析することは、まさに実世界の知・現場の知<sup>☆2</sup>を解明し、リアルなシステムの作成に生かすことにはかならない。その意味で、コミュニケーションや社会的インタラクションを軸としたリアルなシステム知の研究は今後ますます重要となるであろう。

謝辞 協同の分析に関する研究は丹羽清氏 (東京大学) との、人工市場に関する研究は和泉潔氏 (電子技術総合研究所) との、認知的インタフェースに関する研究は鈴

<sup>☆2</sup> 詳しいことは述べないが、ここでいう現実世界とは、バーチャル・リアリティが仮定しているような自然にあるがままのリアルではなく、むしろ共同幻想としての現実である。

木宏昭氏 (青山学院大学)、遠藤正樹氏 (東京大学) および堤江美子氏 (大妻女子大学) との共同研究である。共同研究者なしにはこれらの研究はあり得なかった。ここに感謝の意を表したい。

### 参考文献

- 1) Endo, M., Ueda, K., Tsutsumi, E., Suzuki, H. and Nagano, S.: Design Principle of User Interfaces based on the Concept of Task-Decomposition - What is a Useful Interface for Technophobes? -, accepted at 2nd ICCS (1999).
- 2) Epstein, J.M. and Axtell, R.: Growing Artificial Societies, MIT Press (1996).
- 3) Izumi, K. and Ueda, K.: Emergent Phenomena in a Foreign Exchange Market - Analysis based on an Artificial Market Approach -, Proc. of ALife VI, pp.398-402 (1998).
- 4) 和泉 潔, 植田一博: コンピュータの中の市場 - 認知機構をもつエージェントからなる人工市場の構築とその評価 -, 認知科学, Vol.6, No.1, pp.31-43 (1999).
- 5) Izumi, K. and Ueda, K.: Analysis of Dealers' Processing Financial News Based on an Artificial Market Approach, Journal of Computational Intelligence in Finance, Vol.7, No.2, pp.23-33 (1999).
- 6) 亀田達也: 合議の知を求めて - グループの意思決定 -, 共立出版 (1997).
- 7) Okada, T. and Simon, H.A.: Collaborative Discovery in a Scientific Domain, Cog. Sci., Vol.21, No.2, pp.109-146 (1997).
- 8) Reeves, B. and Nass, C.: The Media Equation - How People Treat Computers, Television, and New Media Like Real People and Places, Cambridge University Press (1996).
- 9) Schunn, C.D., Crowley, K. and Okada, T.: The Growth of Multidisciplinarity in the Cognitive Science Society, Cog. Sci., Vol.22, No.1, pp.107-130 (1998).
- 10) 鈴木宏昭, 植田一博, 堤江美子: 日常的な機器の操作の理解と学習における課題分割プラン, 認知科学, Vol.5, No.1, pp.14-25 (1998).
- 11) 植田一博: 現実の研究 - 開発における科学者の複雑な認知活動 - インタビュー手法によるデータ収集とその分析 -, 科学を考える, 北大路書房, 第3章, pp.56-95 (1999).
- 12) 植田一博, 丹羽 清: 研究・開発現場における協調活動の分析 - 「三人寄れば文殊の知恵」は本当か? -, 認知科学, Vol.3, No.4, pp.102-118 (1996).

(平成11年4月30日受付)

### 用語の定義

#### ▶ 人工市場アプローチ

「現実の経済市場を取り巻く社会知」に関する知見をフィールドワークにより抽出し、その成果に基づいてモデルを立てシミュレーションを行い、その結果を現実世界での現象の解析にフィードバックさせる、という方法論。

#### ▶ 認知的インタフェース

ユーザの認知特性に合わせて設計されたインタフェースおよびその設計理論。

#### ▶ 課題分割ストラテジー

「ある複合的な課題を遂行するには、そのサブ課題をすべて遂行すべし」という機械操作の一般的でベーシックな原理。機械操作の苦手の初心者ユーザはこの方略を欠くため、しばしば機械操作に困難を覚えると考えられる。

#### ▶ Media equation

機械に対してなされる、自然で無意識的な人格に付与あるいは擬人化。

#### ▶ 人間-計算機協同システム

人間が持つ豊富な暗黙知を言語化することなくそのまま利用することで、人間も計算機と同じく問題解決に必要な資源とみなすシステム設計の原理。本稿では特に、人間同士のコミュニケーション方法を人間-計算機間に応用した発想支援システムを想定している。