

知的コミュニケーション

野口正一
東北大学 電気通信研究所

知的コミュニケーションの研究は、人間と人間との間で行われている高度のコミュニケーションをできる限り人間とコンピュータ、コンピュータとコンピュータの間でも可能とする研究である。本報告ではこの重要な問題に対する基本的な考え方、研究の基本方針について述べ、今後の本研究の発展について述べる。特に、本研究で重要となる知的コミュニケーションのモデルを論理的に明確にし、この上で研究すべき具体的テーマを示す。又次世代情報処理システム構築のために不可欠な新しいコンピューテーションパラダイムについて考察する。

HIGH INTELLIGENT COMMUNICATION

Soichi Noguchi
Research Institute of Electrical Communication
Tohoku University

Human being exchanges their information by the high intelligent communication. The object of the research on "High Intelligent Communication" is the creation of high level communication between human and computer and computer and computer as same as human communication. This paper describes the basic idea how to promote this big project and the basic concept of this research which is deeply related to the semantical information processing. Introducing the basic model of intelligent communication scheme, and prove the several important research themes. Still, for the next generation computer project, new computation paradigm is proposed.

[はじめに]

21世紀を目前に我々の社会は急速に高度情報化社会へと移りつつある。この急速な変化に対応し、新しい情報化社会を構築していくためには人間と機械・システム、特にコンピュータを中心とする情報処理システムが人と十分に協調できる社会を作らねばならない。

しかしながら、現在のコンピュータは、それ自体のもつ本質的な能力が低いため、人間がコンピュータに合わせ、人間の努力により初めて機械とのコミュニケーションが可能となっている。このような状況のもとで、上述のような新しい高度情報化社会を構築するためには、コンピュータが人間に合わせて協調できる新しいコミュニケーションと情報処理の研究を進めることが不可欠である。そしてそのためには、従来の形式情報で取り扱われていた領域より一段と高い意味レベルでの情報の処理、つまり情報の本質である意味世界でのコミュニケーションと情報処理を可能とする新しい情報科学・工学の研究を推進しなければならない。

この研究を遂行するためには情報の基礎理論、高次コミュニケーション、知能インタフェース、知的情報処理システムの研究に参与する研究者が互いに協力し、同じ目的に対してそれぞれの研究を遂行し、新しい意味世界での情報の理論の確立と、これに基づく次の世代のためのコミュニケーション、情報処理研究の基礎を築かなければならない。この研究の推進により、21世紀に向けての新しい情報科学・工学の展開に大きい展望が期待できるであろう。

[通信工学とコミュニケーション]

新しい高次知的コミュニケーションを考える上で、まず、我々は従来の通信工学をベースとしたコミュニケーションの問題を考えておくことが重要である。従来からの通信は図1に示す如く、通信を行う主体 A、Bの間に一つの論理的な情報媒体を提供することが通信のもつ本質的な論理機能である。そしてこの機能は物理的な伝送路、交換機を用いて具体的に構成されている。ま

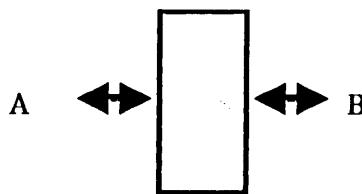


図 1

た、このとき必要なことはAとBの間の距離が如何に離れていても、ある限られた時間内で、必要とする多くの情報を送ることである。この立場にたてば、通信とは通信を行う任意の主体 A、Bの間の空間的、時間的な制約を克服し、必要とする情報の交換をこの間で可能とする技術ということになる。

このとき問題になるのは、情報の意味である。従来の通信では図1で A、B はそれぞれ人であ

り、A,B間に設定された通信路を流れる情報はA,Bの世界で了解されているtransparentな形式情報である。電話の例でいえば音声信号そのものである。当然のことであるけれども、このときの通信主体A,Bそれぞれのインテリジェンスは高く、transparentな情報の通信でも、A,Bの間でsemantic情報の交換は可能となる。

一方、コンピュータの発達は、当然他のコンピュータシステムとの情報交換を本質的に要求することになる。このときコンピュータ通信における通信の主体は各コンピュータ内におけるプロセスである。即ち、コンピュータ通信とは、他のコンピュータのプロセスとの間での情報交換である。当然のことであるけれども、コンピュータ内におけるプロセス自体はインテリジェンスが低く、定められた形式情報のコマンドでしか動作が行われない。

又一方、各コンピュータのもつプロセスはそれぞれ各コンピュータのもつ世界の中で定義され、このプロセスはすべてのコンピュータの世界では共通のものとなっていない。

以上のような状況のもとでコンピュータ間の通信をどのようにして達成させたらよいであろうか。これがコンピュータネットワークの研究である。本報告ではコンピュータネットワークの詳細については触れないが、基本とする考え方は次の通りである。

第一はプロセス間通信における論理モデルを明確に定め、このモデルを共通とする。

第二は、共通モデルにおける情報のやりとり、つまり情報交換の規約を定める。これがプロトコルである。

問題は、このモデルの設定とプロトコルの定め方であるが、この中心をなすものがOSIの7層モデルであり、それに基づくプロトコルの標準化である。そして、この立場に立って具体的にコンピュータ通信の問題を実際のimplementationまで統一して考える研究がInter-Operabilityの研究である。そしてこの研究はさらにつぎの

- (1) 異種ネットワークの結合
- (2) 分散データベースの流通と統合
- (3) 各種情報資源の流通と統合
- (4) 人間-機械システムの協調

を逐次達成すべく研究が行われなければならない。

しかしながら、コンピュータネットワークの本質的な問題を理解してみれば分かる通り、コンピュータ通信における情報は未だ形式情報の世界であり、その間の通信はsemanticsをもたないtransparentなレベルの通信が行われていることになる。このように考えてみると上に述べた(1)~(4)の中で、特に本質的な(3)、(4)のレベルの研究は現在のコンピュータ通信のレベルでその解決を求めることは不可能である。特に我々が望んでいる(4)の人間-機械システムの協調を可能とするためには、コンピュータのもつコミュニケーションの主体が、少なくとも、我々と最小限の知的コミュニケーションができることが必要である。それにはプロセスのインテリジェンスをそのレベルまで上げなければならない。このためには、通信というものが従来の形式情報の世界のみでなく、その一段高い意味情報の世界でのコミュニケーションを可能とするものでなければならない。それができない限り、上に述べた問題は解決されない。

この問題を正面に据え、新しい次世代コミュニケーションの研究として位置づけられたものが、ここでいう高次コミュニケーションである。

さて、この研究の本質をよく考えてみれば、実は高次コミュニケーションの研究を達成する

ためには人間のもつ本質的な意味情報の世界の情報処理の研究がその中心となる。以上の事をまとめて整理してみると実はコミュニケーションの研究も、情報処理の研究もその出発点こそ異なっていたが、今や、その目標とする所は同一のターゲット、即ち人間のもつ本質的な情報処理の解明ということになる。

[知的コミュニケーションのモデル]

コミュニケーションの基本問題の解明のために、最初に必要となるものがコミュニケーションの基本モデルの設定である。以下これを考える。

今二つの固体AとBとの間でコミュニケーションが行われている状況を想定する。まずAが最初にするのは、自分自身のもつ情報を相手に伝えるため、A自身の頭の中にある必要な情報を、我々の前に提供されているメディアの中に明確に表現することである。我々の通常のコミュニケーションではAの情報は自然言語を用いて表現され、これが音声として発声されて、相手に伝えられる。さらに情報をより詳しく、正確に送るためにはイメージ情報や、場合によっては五感で表現できるすべての情報を総合して、即ちマルチメディア環境のもとで相手に送ることになる。一方受け手であるBは受けとった情報から、自分自身の頭の中に一つの情報の世界を構築することになる。しかしながら一般的に言えば、Bの頭の中に生成されたこの世界はAのなかにある世界とは必ずしも一致しない。これが一致し得るのはコミュニケーションの課程でやりとりされる情報のレベルが原始レベルのとき、即ち情報がtransparentなレベルのときのみである。しかしながらコミュニケーションを行っているAとBが互いに共通する世界をもっていれば、二人の間でのコミュニケーションは、この共通の世界で原則的に可能であり、二人の間の情報のずれは差ほど大きいものでない。即ち、許容できる誤差の範囲でコミュニケーションが成立する。以上の関係を示したものが図2である。図2はコミュニケーションのモデルであり、このモデルで、AとBとの間にコミュニケーションが成立し得るのは、図のAとBの共通部分であることを言っている。以上をまとめると結局AとBのもつ概念の世界が一致する世界においてのみコミュニケーションが可能となり、その他の領域ではコミュニケーションは成立し得ない。

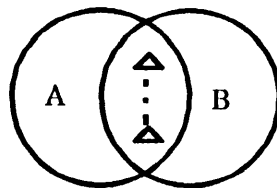


図 2

[情報の階層]

前節の考察をさらにつきつめてみると、コミュニケーションの基本となるものは対象とする情報、さらに概念がどのようにして人間の頭の中に構成され、この情報がコミュニケーションを

通して相手に伝えられるとき、どのような形でこの情報が表現されているのかが、基本問題であることが分かる。しかし、知識、情報の表現問題は情報処理の最も基本的な中心問題であり、未だ十分な解答は与えられていない。つぎに重要な問題は、ある形式で情報が与えられたとしても、この情報が受け手にとってどのような意味をもち、どのように理解できるのかその解明が重要である。言い換えれば、知識としての情報の価値が何であるかということである。そしてこの価値は、情報の受け手によって定められる。例えば情報がストリング系列とか、又は一枚の画像として受け手に与えられた場合を考える。このとき、どのレベルでこの情報を理解できるかによって、その価値が定まる。今、ストリング系列が受け手に与えられたとき、これを単なる0,1又はアルファベットの系列として認識するのか、又はそのストリング系列によって表現される自然言語の意味の中から豊かな情報の世界を認識するのか、それは受け手の認識のレベルによって定まるということである。このように考えてみると一つの情報がある表現形式に従って与えられても、そのもつ価値は受け手によって多くの階層をもつことが分かる。この関係を簡単に図で示したものが図3である。この図では最も低いレベルの情報として形式情報が定義され、これは0,1であらわされるtransparentなストリング系列そのものである。この上のレベルに位置する情報として、日常的な知識情報や感性情報が位置づけられる。この考え方を普遍化すれば情報はさらに複数の多くの階層に分けられることが理解されよう。階層性の考え方をさらによく理解するために、つぎにコミュニケーションを通して概念生成のプロセスが階層的に行われる状況を考える。

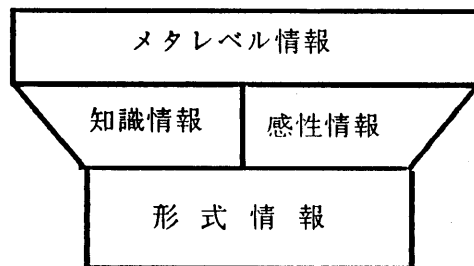


図 3

[コミュニケーションと概念生成]

本節では、グローバルなモデルの上でコミュニケーションを通してある主体Aの中に概念が生成されていくプロセスを考えてみる。まず最初に、Aの中に概念 S_0 が構成されていたものとする。Aは S_0 をベースとして、外界との相互のコミュニケーションを通して、新しい情報を知識ベースの中に蓄えていく。このときAにない一つの新しい事実がコミュニケーションにより与えられれば、この事実の一つの知識としてAの中の知識ベースの中に加えられる。このとき、明らかに一つ一つの事実は、fact情報として形式レベルの情報表現のもとで蓄積され、知識形成を行うことができる。しかしながらある限られた分野にせよ、その世界のすべてはfact情報では記述することはできない。このためには、この分野の全体の世界を一つのまとまった世界で統一し、

記述すること、即ち無限の世界を有限の記述の中で正確に表現する方法が必要である。この手続で最も重要な考え方が抽象化の概念である。このレベルで考えたとき、我々の取り扱う情報空間の世界は一段高いレベルで取り扱われることになる。以下このような手続は、逐次上の階層に向けて行われることになり、抽象化のレベルはさらに上がる。そして人間は常に外界とのコミュニケーションを自律的に行い、人間 ↔ 外界 ↔ 人間のサイクルの中で学習し、メタレベルの知識を構成しながら概念を形成していく。これが概念形成のモデルである。

さて、まず高度情報化社会において重要なことは、今述べてきたレベルでの情報として、どれだけ、意味のあるものを知識ベースとして構築し得るかということである。特にマルチメディア媒体の中で、自由な情報表現が与えられた環境のもとでの情報の表現はきわめて重要な問題である。

以上の議論を通して、あらためてマルチメディア環境におけるコミュニケーションのモデルを総合的に示せば図4の如くなる。この図で、情報の深さが深い程、高度なコミュニケーションができることを示している。

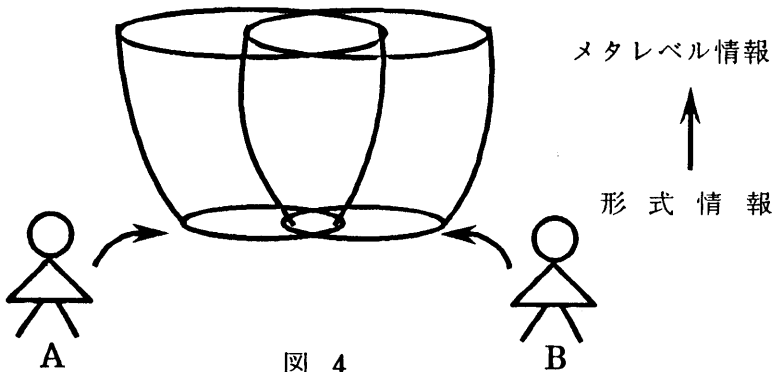


図 4

[知的コミュニケーションの基本問題]

情報と情報の相互作用を定式化し、新しく作り出されてくる情報の生成過程のメカニズムを明らかにすること。これが知的コミュニケーションの基本問題である。

この問題の解決にはつぎのような幾つかの重要な研究が必要である。

- (a) 情報の表現をどのように定式化するか。
- (b) 学習などによる知識の獲得のプロセスとその表現。

情報の獲得により生じた個々の知識をどのようにして一段高い階層、つまりメタレベルの知識として体系化するか。これは、個々の事実の集合からどのようにして一つの概念を形成してい

くかの問題である。言い換えれば、抽象化のメカニズムの解明である。しかもこの概念形成の過程は一つの自律系の中で行われなければならない。

A, Bがコミュニケーションを始めるとき、一般にはA, BはそれぞれB, Aのもつ世界についての情報は殆どもっていない。このとき、AからみればBの世界の indentification が必要であり、BからみればAについての indentification が必要である。それぞれこのような indentification の手続により初めてAとBはそれぞれの間で共通の世界Wの部分集合をそれぞれの固体の世界の中に構成できる。この上で、コミュニケーションが成立するわけであるが、逐次コミュニケーションのプロセスによりA, Bの共通の世界は漸近的に拡大し、 W_0 に漸近する。勿論 W_0 自体も静的なものではなく、 W_1, W_2, \dots と変化する。

ここで示した問題は、従来のシステム工学の立場からみると system indentification の問題として考えることができるが、システム工学の世界の話は全て微分方程式系で定義ができる形式情報の世界の話であり、我々の研究の対象である semantic world の話とは本質的に異なるものである。

以上述べた基本的問題の解決が高次コミュニケーション研究を進めるうえで、もっとも重要な研究問題であろう。

さて、以上述べてきた問題に対して、現在我々は具体的に解決する直接的な方法論を殆ど確立していない。そしてこの問題の本質的な解明が高次コミュニケーション解決のためのブレークスルーを与えるものである。

[新しい知的コンピューテーションのパラダイム]

従来より我々が扱ってきた情報処理の世界は数値処理の世界でも、論理処理の世界でも基本となる演算はデジタル処理を基本とし、全ての処理は原則的には完全解を求める精密なアルゴリズムの上で実行され、その結果は理論的に完全である。つまり完全解の導出である。この処理の過程をみると、結論として対象とする処理は何であっても、基本的には処理すべき問題はすべて形式情報の世界に写像され、実行されている。しかしながら今後の新しい知的コンピューテーション、情報処理の展開を考えると、以上述べてきたようなコンピューテーションのパラダイムをそのまま延長するだけで、すべての処理が可能となるのであろうか。結論的に言えば二つの理由で不可能である。第一は既に述べた形式情報の上の階層に位置する知識情報や、感性情報を形式情報の世界に直接写像する方法論を現在我々もっていない。第二はNP完全問題に対する処理である。第一の問題は今後の知的情報処理研究の中心問題である。一方、第二の問題は対象とする処理の複雑度が、現在の最高速のコンピュータで処理できるものであるなら従来する方法論で処理可能であるが、NP完全問題の複雑度は原理的には有限であるにしても、一般には限りなく大きくなり得るものであり、このためには従来する方法論ではこの問題を解決することはできない。そのためここに従来にない新しいコンピューテーション探究の問題が生まれる。即ちNP-完全の問題に対する新しい挑戦である。この問題の基本的な立場は与えられた問題の完全解を求めるのではなく、大局的にみて十分最適解となり得る新しい計算のパラダイムを探すことにある。このためには従来NP-完全問題に対する新しい特性化の研究が重要となろう。つまり、色々な立

場から NP-問題を分類して、コンピューテーションの新しい complexity の特性化を行い、それに従って大局的処理のプロトタイプを求め、このための新しい計算の方法論を導くことである。これができるのならコンピューテーションの新しいパラダイムの導出に一つの道を拓くことができるのではなからうか。即ちこれは、ある許容誤差のもとで $Np \rightarrow P$ の変換問題と考えてもよい。

[新しい情報処理システム]

今後の新しい情報処理システムの設計を考えたとき、基本となる考え方はつぎの二つである。第一が既に述べた新しいコンピューテーションのパラダイムの機能をもつコンピュータを設計すること。第二は我々が手にし得るすべてのコンピューテーションの機能を integration したシステムを設計することである。この立場に立って考えてみると、我々が現在適用できるコンピューテーションの機能には、既に述べたごとくつぎの二つのものがある。第一がアルゴリズムをベースとしたコンピューテーションであり、これは (a) Von Neuman 型コンピュータによる主として数値処理のコンピューテーションである。(b) がシンボリックな処理を主とする推論型コンピューテーションである。

第二が新たに提案されたコンピューテーションのパラダイムである。これは完全なアルゴリズムによって完全解を求めるものでなく大局的な処理を可能とする新しいコンピューテーションである。そしてこの中に、ニューロンコンピューテーション、Fuzzy コンピューテーションは当然含まれる。以上のことを総括すれば今後構築すべきコンピュータシステムのアーキテクチャは図 5 のモデルのごとく、三つの処理システムを融合したものでなければならない。

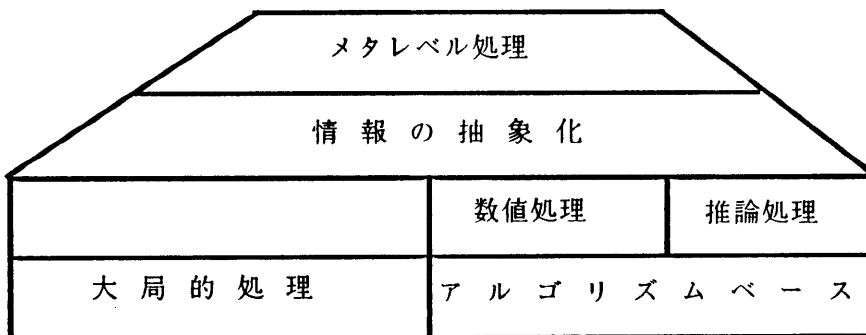


図 5

[結語]

本報告では、まず高度情報化社会を支える最も重要なコンセプトは高度知的コミュニケーションであることを述べ、このコンセプトを実現するための基本的な考え方と、それに基づく新しい研究の具体的な問題について述べた。