

# 通信とAI

通信の視点から

白鳥則郎

東北大学工学部

〒980 仙台市青葉区荒巻字青葉

あらまし 「通信」を古典的なものより広い意味に解釈した「コミュニケーション」を対象にその基本的なしくみとモデルについて検討する。特に、コミュニケーションのアーキテクチャとして5層モデルを構成し、これまで通信と呼ばれていた物理レベルのコミュニケーションから形而上的な人間の心レベルまで5つに分類し、各レベルと人工知能の連関を省察する。次に人間-機械系において、人間と機械が協調するためのコミュニケーションを次の4つに分けて考察する。①機械と機械②人間と機械③機械を介した人間と人間④人間と人間。また、このようなコミュニケーションと人工知能の関係について通信の視点から述べる。続いて通信システムをとりあげ、これを3つの部分①端末②ネットワーク③情報資源に分け、それぞれについて人工知能との関連について整理・分析する。最後にコミュニケーションソフトウェアの概念を提唱し、その統一的な開発法のアプローチについて議論する。

和文キーワード 通信, コミュニケーション, AI, ソフトウェア, 人間-機械システム, ヒューマンインタフェース, グループウェア

## Communication and AI

From communication point of view

Norio Shiratori

Faculty of Engineering, Tohoku University

Aoba, Aramaki, Aoba-ku, Sendai 980 Japan

**Abstract** This paper discusses fundamental mechanisms and models of "Communication", which includes human-machine communication as well as information transmission, using our 5-layers communications architecture model. In the broader sense communication means not only information transfer, but also knowledge sharing in a comprehensible manner. As far as this broader Communication is concerned between two human, it is evidently intelligent. In this paper, we considered the question of this broader Communication between computers, human and computer, and finally between human through Computer networks. Computers being not basically intelligent, we have to make them artificially intelligent to accomplish this task and here comes the contribution of AI in true communication. Finally, a concept of "communication software" is proposed and its systematic design method is also discussed.

英文 key words Communication, Artificial Intelligence, Software, Man-machine System, Human interface, Groupware

## 1. まえがき

通信の歴史は、コンピュータや人工知能のそれと比較し、かなり古く、技術的な問題に限ったとしても、人類の歴史と共に始まったといってもよい。相手に自分の意思を伝えるという意味で、例えば、「のろし」、「たいこ」、「笛」などが、その手段として用いられてきた。その後、意思の疎通の手段として、多種の言語が考案され、その伝達手段として電気通信技術が発達してきた。

通常、通信という場合、電気通信技術を指すことが多い。一方、「のろし」にしろ「たいこ」にしろ、もともと相手に自分の意思を伝えることが目的であった。つまり、相互理解を目的としていた。そこで、ここでは電気通信技術を指す古典的な通信に加えて、相互理解を指す通信、さらに人間の感性や心のレベルまでを考慮した通信を表す言葉として「コミュニケーション」を用い通信とAIについて、通信の視点から考察する。

このようなコミュニケーションとAIについて従来に関連する文献[1]～[8]を分析し、さらに筆者らが推進してきたコミュニケーションとAIに関連した研究[9]～[31]から得られた知見をもとに次のように議論を展開する。

まず、2.でコミュニケーションの定義を与え、そのモデルを構成する。次に3.で人間-機械系におけるコミュニケーションを、機械と機械、人間と機械、機械を介した人間と人間の3つに分けて検討し、特に人工知能との関係について言及する。4.では通信と人工知能の関係、5.では通信システムを3つの構成要素、端末、ネットワークと資源に分けそれぞれについて人工知能との関係を述べる。さらに6.ではコミュニケーションソフトウェアの概念を提唱し、その統一的な開発法のアプローチについて検討する。最後の7.は結びである

## 2. コミュニケーションのモデル

### 2.1 コミュニケーションとは

コミュニケーションを図1に示すような主体とその主体自身の関係、あるいは主体と他の主体との間の関係として次の5つのレベルに分けて定義する。ここで、主体とは“物質”あるいは精神を表す。

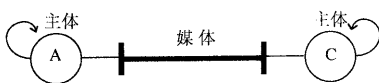


図1 コミュニケーションとは

[定義1] 物理レベル； “主体間における信号の伝送である”

[定義2] 論理レベル； “主体間におけるメッセージの伝達である”

[定義3] 意味レベル； “主体間における意思の疎通である”

[定義4] 感性レベル； “主体間における相互作用による効果である”

[定義5] 心レベル； “主体の形而上のゆらぎである。”

### 2.2 コミュニケーションのアーキテクチャ

主体として人間と機械を想定すると、コミュニケーションのアーキテクチャ(論理構造)は、前述した定義1から定義5を用いて図2の(1)のように5層モデル[27]と考えることができる。

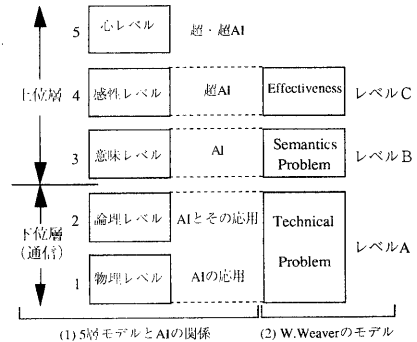


図2 コミュニケーションのアーキテクチャモデル

- (1) 物理レベル：主体間における電気信号の高信頼高速伝送  
(例) 伝送機器同士の電気信号の伝送(変調, アンテナ, 回路)・・・AIの応用(回路の故障診断, 自動設計)
- (2) 論理レベル：主体間におけるメッセージの高信頼・高速伝達  
(例) コンピュータ同士の会話(OSI)・・・AIとAIの応用(システムの知能化, 知識型通信ソフトウェア開発支援システム)
- (3) 意味レベル：主体間における意思の疎通  
(例) 人間同士の会話・・・AI(意図の理解, 学習, 自然言語処理)
- (4) 感性レベル：ある主体が他の主体へ及ぼす効果  
(例) 絵を見て、音楽を聞いて感動・・・超AI
- (5) 心レベル：主体自身のゆらぎ  
(例) 形而上, 観念, 自己問答, 悟り, 自然との同化・・・超・超AI

図2の(2)にW.Weaverのモデル[1]を比較のために示す。W.Weaverのモデルでは、コミュニケーションの問題を3つのレベルに分類している。レベルAは本稿の5層モデルの物理レベルと論理レベルに対応しており、レベルBは意味レベル、レベルCは感性レベルに対応している。コミュニケーションとAIとの関係で言えば物理レベルでのコミュニケーション、つまり従来の通信の分野では、回路の故障診断などAIの応用が主となっている。また、論理レベルでは、システムの知能化などAI自身の課題と、プロトコルと通信ソフトウェアの設計支援システムやネットワーク管理にエキスパートシステムの手法を適用するAIの応用がある。感性レベルと心レベルは、将来のAIの課題であり、特に心レベルは工学だけでなく文化、宗教などとも関係した永遠の課題であり、ここでは超AI, 超超AIと呼んでいる。

### 3. 人間-機械系におけるコミュニケーションと人工知能

#### 3.1 人間-機械系とコミュニケーション

人間-機械系における機械とは、端末、コンピュータ、通信装置、ロボット、データベースなどを示す。このような系において、人間と機械が調和・協調して共存するための基本的なしくみがコミュニケーションである。人間-機械系におけるコミュニケーションは図3に示すように次の4つに分けて考えることができる。

- ①機械と機械
- ②人間と機械
- ③機械を介した人間と人間
- ④人間と人間

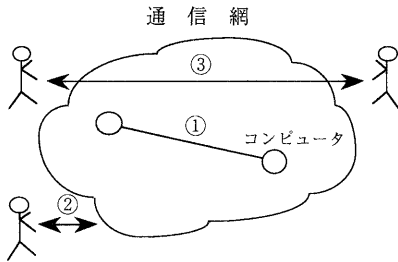


図3 人間-機械系とコミュニケーション

#### (1) 機械-機械

機械と機械のコミュニケーションはコンピュータコミュニケーションとばれている。代表例として、データ通信システム、交換システム、情報ネットワークなどを挙げることができる。このようなシステムにおけるコミュニケーションのしくみは、ネットワークアーキテクチャやプロトコルとして規定されている。

#### (2) 人間-機械

人間と機械の間におけるコミュニケーションの問題は、ヒューマンインタフェース、マンマシンコミュニケーション、仮想化や分散透明と呼ばれている。ここでは、老若男女がそれぞれの目的や立場に応じコンピュータや通信システムとなかよくし円滑に会話するためしくみが重要となる。具体的な課題としては、ユーザモデル、ユーザフレンドリーインタフェース、システムの利用支援システムと教育などが挙げられる。

人間-機械の問題は、さらに次の部分問題に分けて考えることができる。

#### ①人間から見える機械の世界

機械が人間に多種多様な仮想空間を提供するためのしくみが研究課題となる。例えば、リモートの資源をローカルの資源と同じ様に利用できる環境や臨場感通信などがある。また、機械の中にあたかも機械に精通した人間がいてユーザを支援する環境、例えばインテリジェントヘルプやデータベースの曖昧検索などがある。

#### ②機械から見える人間の世界

機械の側から人間を見ると、人間とのコミュニケーションのためには、自然言語、音声、画像などの認識と合成問題が課題となる。

#### (3) 人間-機械-人間

機械を介した人間と人間のコミュニケーションには、古いものとして電話の基本サービスがある。また、IN（インテリジェントネットワーク）における高機能サービスや情報ネットワークを用いたソフトウェアの共同開発などのようなグループウェアやCSCWなどが挙げられる。このような高機能サービスやグループウェアにおいて、機械を介することによって人間と人間のコミュニケーションに大きな影響を与えている。特に、「時間」が重要なパラメータとなろう。具体的には、例えば、異なる時刻における人間と機械の環境の変化と、その変化量が人間同士の相互理解に及ぼす効果などが考えられる。

#### 3.2 コミュニケーションと人工知能

主体として人間と機械を考えると、人間-機械システムにおけるコミュニケーションとAIの関係は表1のように要約できる。

(1)は機械としてコンピュータを想定すると、コンピュータ間通信の問題となる。ここでは、例えばOSI7層モデルのアーキテクチャとプロトコル及び通信ソフトウェアに関連した課題が挙げられる。具体的には、エキスパートシステムを用いた設計支援システムやネットワーク管理などAIの応用が中心となる。

(2)は老若男女が機械、例えばコンピュータや情報ネットワークを、そのレベルに応じて使用しやすい環境を提供するための課題である。ここでは自然言語処理、音声認識などAI自身の問題とICAIや知的利用支援システムに代表されるAIの応用の課題がある。

表1 人間-機械システムにおけるコミュニケーションとAI

コミュニケーションの主体	コミュニケーションレベル	AIとの関係	例
(5) 人間	心	超・超 AI	形而上、観念
(4) 人間-人間	感性、意味	超 AI, AI	感受性、意図
(3) 人間-（機械）-人間	意味	AIとその応用	分散協調 AI, CSCW エキスパートシステム
(2) 人間-機械	意味、論理	AIとその応用	ヒューマン インタフェース
(1) 機械-機械	論理、物理	主として AIの応用	OSI, 知的符号化

(3)は機械を介した人間と人間のコミュニケーションに基づく協調システム、例えば、高度情報通信システム、分散処理システム、さらにCSCWなどが対象となる。ここでは、学習、分散AIなどAI自体の課題と共に、設計支援や知能化技術などAIの応用が課題となる。

(4)は人間と人間の直接のコミュニケーションであり、両者間の意思の疎通が目的である。ここでは、意図理解などAIの問題に加えて、表情やしぐさによる微妙な表現及びそれらの背後に存在するものを理解する超AIの課題などがある。

(5)は人間の心の動きに関係し、観念など形而上の問題であり、ここでは、超・超AIの問題と呼ぶことにする。

#### 4. コミュニケーションのしくみ

##### 4.1 シヤノンとウィーバーの通信モデル

「通信とは、任意の2つの主体間あるいは複数の主体間で所望の情報を授受することである。」例えば、図4において、送信点Aから受信点Bへある情報を伝達することである。このような通信を考える上での論理モデルとして、図4に示すシヤノンとウィーバーの通信モデル[1]が有名である。

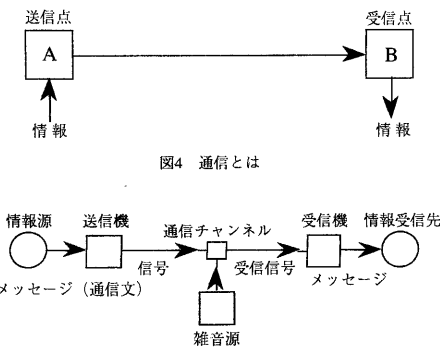


図4 通信とは

図5 シヤノンとウィーバーの通信モデル

このような通信の古典的モデルは、3.1で述べた機械と機械の1対1の通信(コンピュータ間コミュニケーション)を考える上で有用である。一方、機械と機械のm対n通信、人間-機械や人間-機械-人間のコミュニケーションを考える上では不十分である。

##### 4.2 相互理解のモデル

主体間で相手の意図を理解する過程を説明するためのモデルとしてコミュニケーションの螺旋収束モデル(Rogers, Kincaid, 1981)がある。このモデルと基本的には同じであるが、図6をもとに相互理解について検討する。ここでは、主として、意味レベルと感性レベルのコミュニケーションを考える。つまり、主体間での意思の疎通及びある主体が他の主体へ及ぼす効果の仕組みを検討する。主体間で意思の疎通をはかるには、共通の世界(知識)が必要となる。共通の知識として、例えば、両者が文化を共有し共に英語を知っていれば、これを用いて会話が円滑に行われる。このような共通知識が多いほど、意思の疎通が容易となり、また少ないとコミュニケーションが困難になる。図6に示すように言葉のやり取りなど主体間の相互作用を通して、共通世界が段階的に拡大し、コミュニケーションが次第に円滑

になる。

このような相互作用のプロセスの問題は次のようなAIの研究課題となっている。

- (1) 知識の獲得(学習)
- (2) 知識の表現
- (3) 知識の組織化と利用

このようなコミュニケーションのモデルを主体間の交渉(言語などによるやりとり)のルールに注目すると図7のように、パートナモデルとして考えることができる。

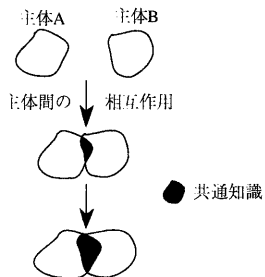


図6 主体と共通知識

##### コミュニケーションプロトコル

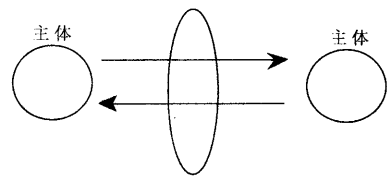


図7 パートナモデル

意思の疎通をはかるには、交渉を通じて相手に関する知識(パートナモデル)を自分の中に構築する必要がある。この時、主体は相手を認識、理解し意図を伝えるために、自分の知識を活用する。このような主体のもつ知識の中で、コミュニケーションに関するものをここではコミュニケーションプロトコルと呼ぶ。人間と人間、人間と機械の間でコミュニケーションを行うためのコミュニケーションプロトコルの仕組みを解明するには前述の(1)、(2)、(3)に加えてAIなどに関連した次の研究項目が課題となる。

- (4) 知識と知識の相互作用
- (5) ヒューマンインタフェース
- (6) ICAI

図7のパートナモデルにおいて、両方の主体を機械と考えると、これはコンピュータ間通信となり、コミュニケーションプロトコルは、通常、通信プロトコルと呼ばれる規則の集合となり、OSIプロトコルなどが挙げられる。OSIプロトコルなどを分析し、通信の仕組みを探ることにより、その結果から人間と人間、人間と機械のコミュニケーションの仕組みに接近する方法が考えられる。具体的なアプローチとしては次の研究手順が必要となる。

- a) プロトコルの規則性の抽出
- b) 抽出された規則性の知識表現
- c) 規則と規則の間の知識表現

このようなアプローチを用いると、コミュニケーション機構の解明に役立つだけでなく、プロトコルの設計支援システムの構成にも効果的に応用することが可能となる。

#### 4.3 コミュニケーションとAI

2.1の図2のコミュニケーションのアーキテクチャモデルにおいて、下位層は古典的な通信の範疇である。一方、上位層は、4.2で述べたようにAIと密接な関係がある。コミュニケーションのレベルが高くなる程、コミュニケーションの本質は図8に示すようにAIと限りなく一致する。

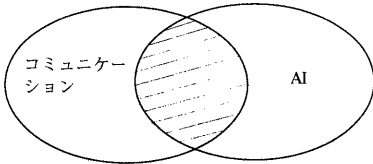


図8 コミュニケーションの本質とAI

#### 5. 通信システムと人工知能

主体として人間と機械を考えると通信システムは図9のようになる。また、このような通信システムは端末、ネットワーク、情報資源の3つの構成要素から成り、AIとの関連を表2に示す。



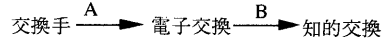
図9 通信システム

##### 5.1 端末とAI

ユーザが使いやすい、つまりユーザフレンドリーな環境の構成が課題であり具体的には次の項目が重要となる。

#### [1] アクセスの高度化

- (1) 自然言語処理
  - <1> 音声認識, 文字/画像認識
  - <2> 自動翻訳
- (2) インテリジェントアクセス
  - <知的交換>



・Aでは、人間（交換手）の代行をするという意味で知能化を達成。一方、失ったものとしては、次の点が挙げられる

- a) 目的によるアクセス：「飛行機を予約したい」→旅行代理店へ接続
  - b) 名前によるアクセス：「たばこ屋のとなりの佐藤さんへ電話したい」
  - c) あいまいさの許容：関連情報によるアクセス
- ・Bでは、Aで失った前述の a), b), c) を実現し、且つ次の機能が必須となる。
- a) 電子秘書サービス
  - b) 追跡接続
  - c) 意図理解
  - d) 大規模データ（知識）ベース
    - ・共通知識ベース
    - ・辞書の知識ベース

#### [2] 利用技術と教育

システムの機能が高度化しても、利用者がそれを十分に使いこなさなければ宝の持ちぐされとなる。そこで、みんなが電話を使うように通信システムを利用できるような次のような技術が重要となる。

- (1) ヒューマンインタフェース
  - <1> ユーザフレンドリーインタフェース
    - 1) ユーザモデル
      - ・利用者の技術レベル, 老若男女
    - 2) グラフィカルインタフェース
  - <2> 自然言語と音声による入出力
- (2) システムの利用支援システムと教育
  - <1> ICAI
    - ・エンドユーザ向け利用技術  
(例えば、ISDNのリテラシー技術)
  - <2> システム提供者向け教育
    - ・設計者, 保守運用者

表2 通信システムの構成要素とAI関連技術

構成要素	AI 関連技術
(1) 端末	ヒューマンインタフェース, 自然言語・音声処理, 画像処理, ICAI, サービス仕様化・プログラミング環境
(2) ネットワーク	システムの知能化, エキスパートシステム, 設計支援システム, 知能プロトコル, 分散・並列・協調処理
(3) 情報資源	分散知識(データ)ベース

### [3] サービスの仕様化環境

従来、エンドユーザはシステムから提供されてきたサービスの中から利用目的に応じ選択しながら利用してきた。その利用の仕方は、解くべき問題を提供されるサービス機能に適合するように変形することにより行われた。今後は、多種多様なユーザの要求に十分適合したサービス機能を要求に応じて即座に実現するサービス仕様化環境が重要となる。具体的にはユーザ（アプリケーション）の範囲をいかにして広げるかが課題である。このようなサービスを開発する方向としては次の2つが挙げられる。

#### ・サービスの開発

- (1) サービス開発の専門家
  - ・エンドユーザはデータやパラメータを指定
- (2) エンドユーザ自身

前述の(1)と(2)に共通する技術はユーザフレンドリーなサービス仕様化環境の構成である。

#### ・ユーザフレンドリーサービス仕様化環境

- a) エンドユーザ（アプリケーション）向き仕様記述言語
- b) ユーザモデル
- c) グラフィカルインタフェース
- d) 知的インタフェース
- e) 基本（共通）サービス要素の部品化と知識ベース化

## 5.2 ネットワークとAI

ネットワークは、通信システムの本体であり、ここではネットワークの知能化、知識型設計支援システムなどが中心的課題となっている。特に事例ベース推論やエキスパートシステムはネットワーク管理、サービス仕様、プロトコルと通信ソフトウェアの開発に大きな効果をもたらすであろう。

さらに詳細な課題を以下に要約する。

### [1] ネットワークの知能化

- (1) 交換処理
- (2) ネットワーク管理
- (3) 輻輳制御
  - ・フロー制御
  - ・ルーチング
- (4) プロトコルの選択と交換
- (5) 符号化方式

### [2] 知識型設計支援システム

- (1) 設計の方法論と環境
- (2) ネットワークプランニング
- (3) プロトコルと通信ソフトウェア
- (4) 実装仕様のデータベース化と利用
- (5) 適合性試験

### [3] 大量マルチメディア情報の高速伝送

将来の通信網は単なるDelay lineとなるであろう。そのため、今こそ次の研究項目を中心とした基礎研究を開始すべきであることを提唱する。

- (1) ギガビット、テラビット伝送技術
- (2) 網のDelay line 化へ向けた新しいアーキテクチャとプロ

トコル

- (3) 網のDelay line 化へ向けたAI技術に基づく設計、サービス、利用支援環境

## 5.3. 情報資源とAI

情報資源はデータベースなどのシステム全体における共通な資源であり、分散マルチメディア知識ベースに関連した課題が中心となろう。

### (1) 分散知識ベースシステム

- a) マルチメディアデータ（知識）ベース
- b) 知識型ネットワークプロトコル
- c) 分散AI
- d) メディア変換

### (2) 知的検索処理

- a) あいまい処理
- b) 連想処理

## 6. コミュニケーションソフトウェア

### 6.1 コミュニケーション/AI/ソフトウェア

3.1で述べた人間-機械系における4つのコミュニケーションを実システムに実装するには、ハードウェアと共に特に高度なソフトウェアが必須となる。まず、システムの知能化、ユーザフレンドリー性を実現するにはAIや認知科学の手法が有用となろう。また、前述の高度なソフトウェアの開発には、人工知能技術が重要な役割を果たすことになると思われる。具体的には、今後、大きな需要が予想されるエンドユーザのためのサービス仕様開発環境や通信ソフトウェアの生産性を飛躍的に向上させる上で、事例ベース推論やエキスパートシステムなどのAI技術を応用いかにするかが鍵となろう。

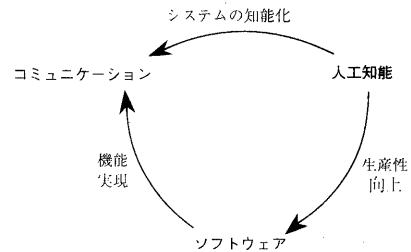


図10 コミュニケーション/AI/ソフトウェア

### 6.2 コミュニケーションソフトウェアとは

「コミュニケーションソフトウェア」とは、人間と機械が調和・協調し共存するためソフトウェアであり、具体的には次の3つに関連したソフトウェアから構成されている。

#### (1) 機械-機械コミュニケーション

- ① 交換ソフト
- ② OSIソフト など

#### (2) 人間-機械コミュニケーション

- ① ヒューマンインタフェース
- ② エンドユーザ仕様獲得機構
- ③ プログラミング環境 など

#### (3) 人間-機械 人間コミュニケーション

- ① グループウェア/CSCW
- ② マルチメディア通信と分散環境 など

### 6.3 コミュニケーションソフトウェア・パラダイム構築へ向けて

6.2で述べたコミュニケーションソフトウェアを統一的に開発するには、基盤となる新しいパラダイムが必要となる。コミュニケーションを構成する3つの要素それぞれについて、これまで個別的に研究されてきた。一方、人間-機械系が真に人間を中心として調和し機能するためには、コミュニケーションソフトウェアのための新しいパラダイムが必要となる。このようなパラダイムを構築するには、以上の議論をふまえると、図11に示すようにコミュニケーション(COM)、人工知能(AI)とソフトウェア(SE)を統一的にとらえる視点が重要となる。そのためには、3つの分野に精進することが端緒となる。従って、計画的な研究・開発とそれをプロモートする体制が必要となる。さらに教育的見地から3つの分野にまたがる研究者、技術者の養成が肝要となる。

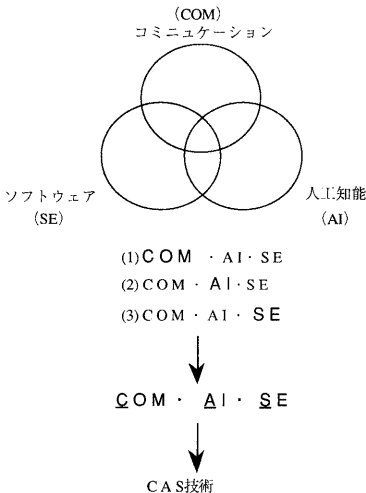


図11 コミュニケーションソフトウェアモデルへのアプローチ

### 7. むすび

コミュニケーションのアーキテクチャモデルとして5層モデルを構成し、AIとの関係を述べた。また、人間-機械系を4つに分けそれぞれについて通信の視点からAIとの関係を検討した。さらに、通信システムを端末、ネットワークと資源の3つに分割しAI技術の応用について述べた。最後に、コミュニケーションソフトウェアの概念を提唱し、その新しいパラダイムの構築へ向けた議論を展開した。

#### [参考文献]

- (1) C.E.Shannon, W.Weaver, "The Mathematical Theory of Communication", The University of Illinois Press Urbana, 1949.
- (2) "Knowledge-Based Systems for Communications", IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol.6, No.5, 1988.

- (3) "AI技術の適用による新情報通信サービスの展望と課題", シンポジウム論文集, 情報処理学会, 昭62-11.
- (4) "電気通信分野への人工知能技術の導入に関する技術的諸問題", 電気通信審議会答申, 諮問第32号, 昭 63-6.
- (5) "1990年代の分散処理", シンポジウム論文集, 情報処理学会, 平2-11.
- (6) "第2回情報通信ネットワークアーキテクチャワークショップ予稿集", 電子情報通信学会, 情報通信ネットワークアーキテクチャ時限研究会, 1991-4.
- (7) "人間-機械・システム協調のための高次コミュニケーションに関する基礎的研究", 文部省科研費, 重点領域研究(1)研究成果報告書, 平3-3.
- (8) E.M.ロジャース(安田寿明訳), "コミュニケーションの科学", 共立出版, 1992
- (9) N.Shiratori, et al., "分散処理技術", 電子通信学会誌, Vol.70 No.11, 1987.
- (10) K.Kurosawa, et al., "利用者とコンピュータとの相互の対話の過程に基づいたユーザインタフェースの設計", 電子通信学会論文誌, Vol.70, No.11, 1987.
- (11) H.Yamamoto, et al., "ユーザフレンドリープロトコル検証システム", 電子通信学会論文誌, Vol.70-D, No.11, 1987.
- (12) K.Takahashi, et al., "プロトコルインプリメンテーションの支援環境とそのユーザインタフェース", 電子通信学会論文誌, Vol.70-D, No.11, 1987.
- (13) Y.-X.Zhang, et al., "An Interactive Protocol Synthesis Algorithm Using a Global State Transition Graph", IEEE Trans. SE, Vol.14, No.3, 1988.
- (14) K.Takahashi, et al., "An Intelligent Support System for Protocols and Communication Software Development", IEEE Journal SAC, Vol.6, No.5, 1988.
- (15) T.Kinoshita, et al., "Knowledge-Based Design Support System for Communication Systems", IEEE Journal SAC, Vol.6, No.5, 1988.
- (16) Y.-X.Zhang, et al., "A Knowledge-Based System for Protocol Synthesis (KSPS)", IEEE Journal SAC, Vol.6, No.5, 1988.
- (17) N.Shiratori, et al., "An Intelligent User-Friendly Support System for Protocol and Communication Software Development", Proc. of Eighth, 1988.
- (18) N.Shiratori, et al., "A Software Design Method and Its Application to Protocol and Communication Software Development", J.Computer Networks, Vol.15, No.4, 1988.
- (19) N.Shiratori, et al., "プロトコルの合成支援環境の構成と実現", 電子通信学会論文誌(D-1), Vol.72-D-1, No.1, 1989.
- (20) N.Shiratori, et al., "Applications of AI Technologies to Communications System, Toward Advanced Intelligent Network", Proc. of PPCC-3, 1989.
- (21) K.Sugawara, et al., "Knowledge-based Design Methodology for Distributed Processing Systems", Proc. of PPCC-3, 1989.
- (22) T.Kinoshita, et al., "知識型設計方法論に基づくインタフェース設計法の形式化と設計支援システムの構成", 情報処理学会論文誌, Vol.31, No.6, 1990.
- (23) T.Kinoshita, et al., "知識型インタフェース設計のためのユーザモデルについて", テレビジョン学会誌, Vol.44, No.11, 1990.
- (24) E.Lee, et al., "G-LOTOSの仕様化環境SEGLの構成と試作", 情報処理学会論文誌, Vol.32, No.3, 1991.
- (25) N.Shiratori, et al., "A User Friendly Software Environment for Protocol Synthesis", IEEE Transactions on Computers,

Vol.40, No.4, April, 1991.

- (26) N,Shiratori, et.al., "A User-Friendly Software Environment for Designing and Verifying Communication Protocols" , Distributed Environments , Springer-Verlag , 1991.
- (27) N,Shiratori, "コミュニケーションと人工知能", (情)学会・シンポジウム,「B-ISDN時代におけるマルチメディア通信と分散処理」, 1991.
- (28) N,Shiratori,et.al, "Using Artificial Intelligence in Communication Software Design." , IEEE Software Magazine, January 1992.
- (29) N,Shiratori,et.al, " A User-Friendly Specification Environment for FDT and its Application to LOTOS " , Proc.of IPCCC, April 1992.
- (30) S.Yoshimura,et al, "事例ベース推論を適用したソフトウェア再利用に基づく通信ソフトウェア開発環境" 信学会・人工知能と知識処理研究会・技報, 1992-09.
- (31) T.kinoshita, et al, "分散システム設計における設計知識の表現と利用" , 信学会・人工知能と知識処理研究会・技報, 1992-09.