

人間と共生する情報システムの実現を目指して

京都大学大学院情報学研究科

松山 隆司

ここでは、A O 3 柱における活動の中核的概念として作り育てられてきた「人間と共生する情報システム」に関する筆者の私見をまとめる。

1. 21世紀社会の構造：情報ネットワーク社会と実世界のシームレスな統合

21世紀における社会は、政治、経済、文化、教育、娯楽などあらゆる個人的、社会的活動の分野において、ネットワーク上でのマルチメディア情報処理システムがその活動基盤を支えるようになっていわれている。このことは、我々人類は、生身の人間としてこれまで暮らしてきた実世界に加え、インターネットに代表される情報ネットワークシステム上に作られた「情報ネットワーク社会」においても同時に暮らすことを意味する。すなわち、21世紀社会における大きな課題は、「我々人類が実世界と情報ネットワーク社会の2つの社会においていかにうまく暮らしていくことができるか」ということになり、現在はまさにその課題解決の路を模索している時代であるといえる。

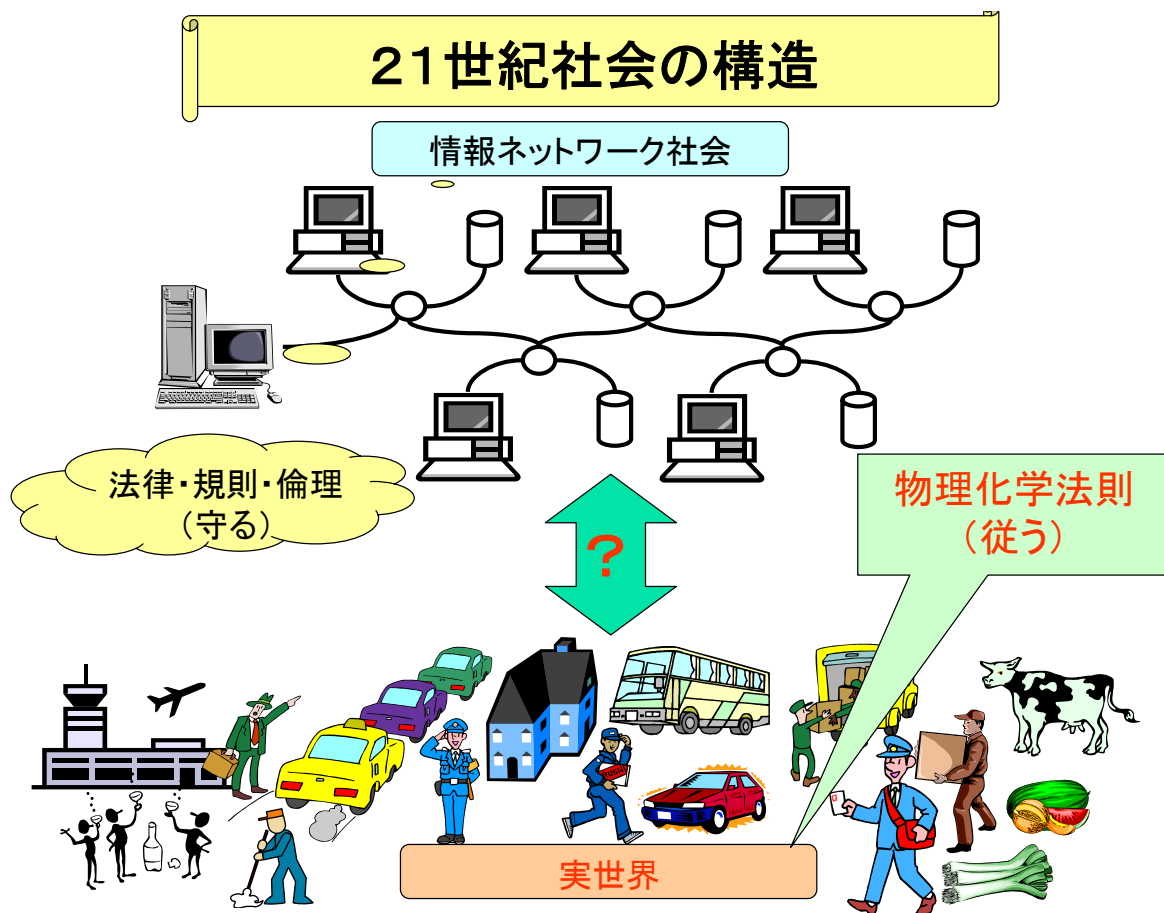


図1 21世紀社会の構造

図1に示すように、2つの世界、社会には本質的な違いがある。

実世界：物理化学、生命活動の法則に従って機能しており、我々人間もそうした法則に従って生きている。たとえば、我々は光のように速く移動できないし、150年も生きることはできない。

情報ネットワーク社会：実世界と異なり、そこでの活動には法律や規則によってルールが定められており、我々はルールに従って活動することになる。しかし、ルールを守らないことは可能であり、社会全体として有効に機能するには、ルールを守らせるための仕組みが必要となる。

こうした両者の本質的違いによって、20世紀末から急速に膨張して来た情報ネットワーク社会は、現在我々生身の人間が生活する「実世界」との間で様々な摩擦を生じ、両者の狭間で深刻な社会問題が生まれている。たとえば、

- ・ ウィルスや不正アクセス、システムの乗っ取り、なりすましといったルール破りの横行による社会に対する安心感、信頼感の低下
- ・ 行政の効率化のための住民基本台帳システムや医療の効率化・高度化のための電子カルテ、セキュリティのための監視カメラシステムと個人のプライバシー保護
- ・ デジタル音楽や映画のコピーと著作権保護
- ・ 情報漏えいによる個人情報の不正利用

こうした問題を回避し、21世紀社会の健全な発展を実現するには、実世界と情報ネットワーク社会とをそれぞれ独立したものと考えるのではなく、両者をシームレスに繋ぐための技術や社会システム、ルールの開発が重要である。

実世界と情報ネットワーク社会のシームレスな統合のための方法としては、現在以下のような試みが行われている。

- ・ 超小型ICチップを実世界のすべての対象に埋め込むことによって、実世界の対象と情報ネットワーク社会における対象の一致を図る。
- ・ マルチメディア情報処理技術・システムの利用（詳細は後述する。）

前者は、いわゆる「ユビキタス情報システム」の実現を目指したもので、インテリジェントなバーコードシステムとしての農林水産物トレースシステムや次世代POSシステムとしてスーパーなどの物流・在庫管理などへの応用が進められている（図2）。

ただ、こうしたICチップが物ではなく個々の人間に関する詳細な情報を記録し、情報ネットワーク社会がそうした個人情報を基に構築されると、それは正しく実世界が「超管理社会」になってしまい、プライバシーとの深刻な対立を引き起こすことになる。そうした意味では、原子核に関する研究開発と同様あるいはそれ以上にしっかりと社会・倫理的ルールを今の内に確立する必要があるといえる。

また、ICチップによるユビキタス情報システムは、実世界の対象にIDを割り当てそれを基に情報ネットワーク社会を構築することが中心となっており、実世界の状況を正確かつリアルタイムに捉える機能はなく、その導入によって反って実世界と情報ネットワーク社会の間に亀裂をもたらす危険性があり、次に述べるマルチメディア情報処理技術による実世界の状況把握機能を別途導入する必要がある。

一方、後者（マルチメディア情報処理技術・システムの利用による実世界とネットワーク情報社会の統合、図3）は、以下の2つのマルチメディア情報処理技術によって、実世界と情報ネットワーク社会の間の情報流通をリアルタイムに実現しようとするもので、拡張現実感システムとして、飛行機の組み立て作業支援、キッチンでの使

(I) ICタグによる両世界の対象の対応付け

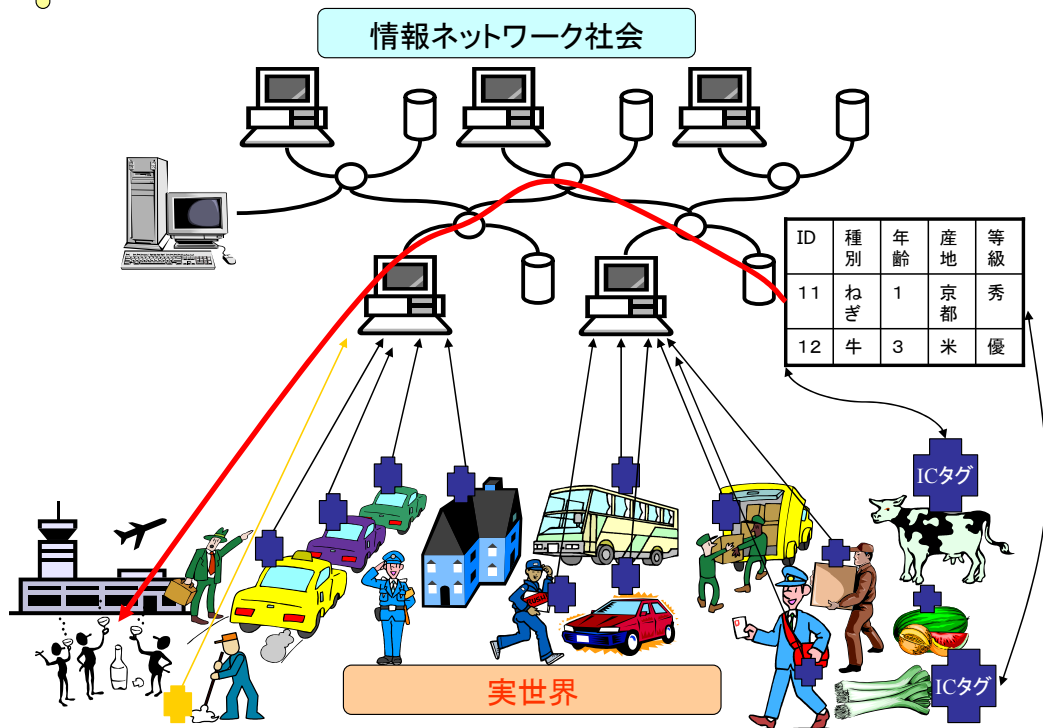


図2 ICタグを使った2つの社会の統合

(II) マルチメディア情報処理による実時間双方向実時間結合

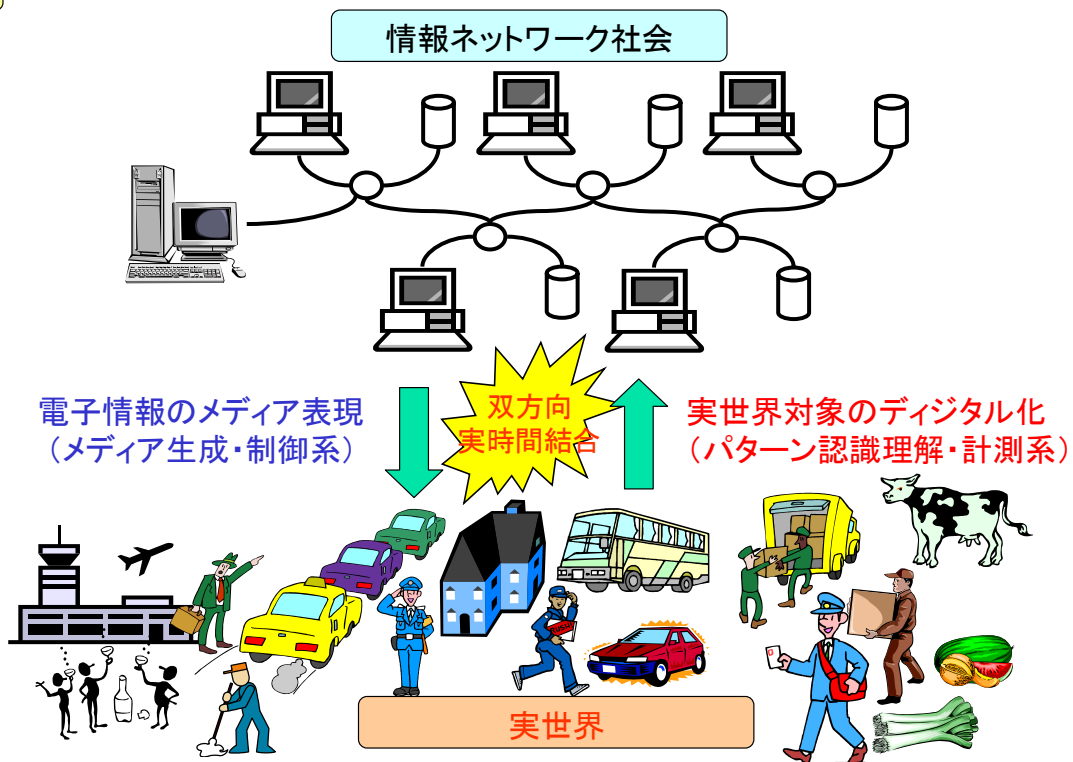


図3 マルチメディア情報処理による両社会の統合

い勝手シミュレーション、博物館などでのマルチメディア展示などのシステムが開発されている。

(1) 実世界対象のデジタル化（認識系） 実世界→ 情報ネットワーク社会

物体の3次元形状計測、画像認識理解、音声認識理解、自然言語理解などのいわゆるパターン認識理解。最近では、絵画などの2次元対象だけでなく、仏像や彫刻、電気製品といった3次元対象、さらには舞踊やスポーツといった動的な3次元対象のデジタル化が可能となっており、センサ・ネットワークによる広範な地域の環境情報のリアルタイム・モニタリングも試みられている。

(2) 電子情報のメディア表現（生成系） 情報ネットワーク社会→ 実世界

仮想現実、コンピュータグラフィックス、音声合成、文章生成、さらには機械を使った力学的情報提示などによる電子情報のメディア表現。特にCGによる画像・映像表現については、最近の技術開発によって高精度な表現が容易に行えるようになり、研究、教育のみならず映画やゲームなどの娯楽において広く利用されている。

A03柱では、21世紀情報社会における人間と情報システムとの関係、関わり合い方 ―すなわち、実世界の中で生活している我々生身の人間は情報ネットワーク社会とどう関わるのか― について、マルチメディア情報処理の観点からアプローチすることを目指し（図4）、以下に述べる「人間と共生する情報システム」という考え方をゴールとして研究を展開することとなった。

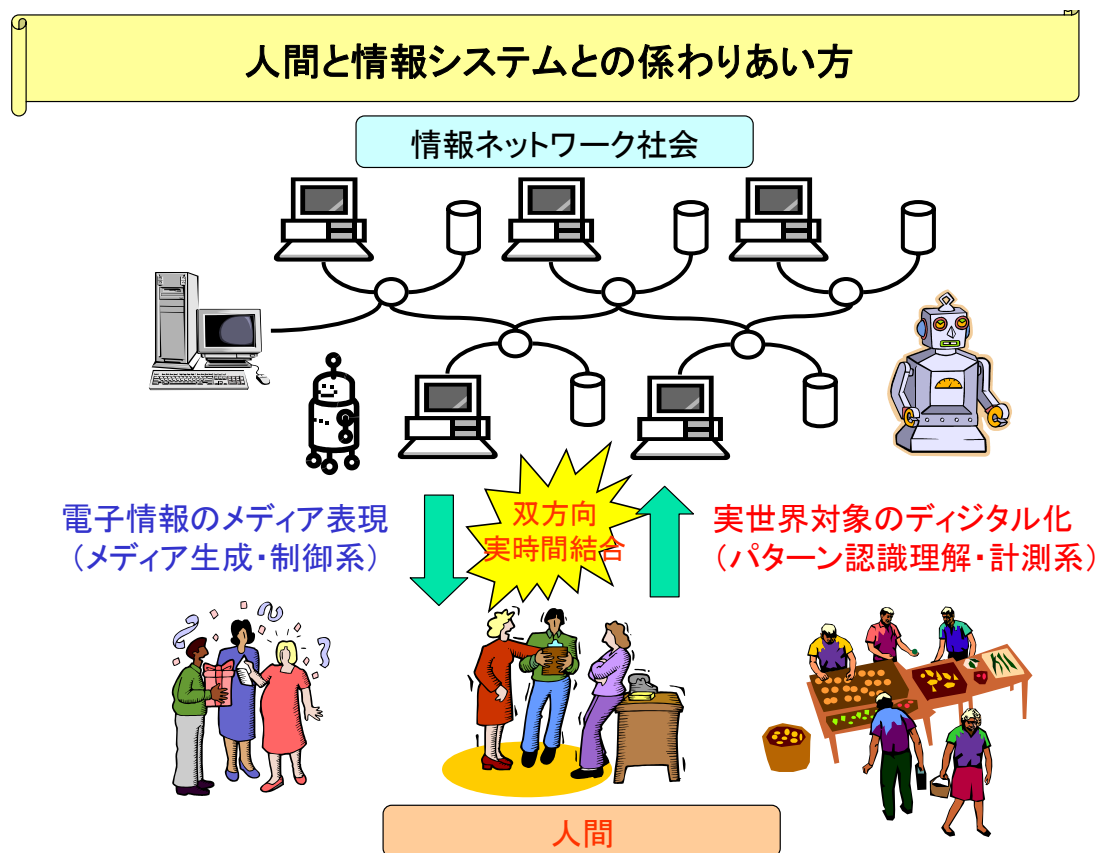


図4 人間と情報システムとの係わりあい方

2. 人間と共生する情報システム

本柱で提唱してきた「人間と共生する情報システム」の意義・位置づけは以下のようによまとめることができる。

図5は、ヒト（この言葉は生物としての人間を表している）・人間と、「もの」（道具や機械）とのかかわり合い方を歴史的経緯に沿って左から右に向けて整理してみたものである。

まず、人間と「もの」との係わり合いを考える上で、道具という「もの」は特別な意味を持つと考えられる。「ヒトは道具を使う動物である」という言い方をする。もちろん、道具を使うのはヒトだけに限られているわけではなく、サルやラッコも道具を使うことが知られているが、自由自在に多様な道具を使うことができることはヒトの大きな特徴であることに違いない。道具は、古来より、人間にとって生活を営んでいく上で必要不可欠なものであり、道具によって我々人間は現在の繁栄を築くことができたといっても過言ではない。

では、ヒトにとって道具というのは何か、あるいはヒトは道具とどのように関わっているのだろうか。そのとらえ方もいろいろあるが、ここでは道具というのは身体の延長、拡張、体の一部であると考え。すなわち、「もの」である道具がヒトの身体と同化されるというのが、道具を使いこなすということの具体的な姿であるといえる。だから、我々人間にとって使いなれた道具というものは、身体の一部として認識がされる。この身体との同化作用については、本柱の計画研究を担当された入来班

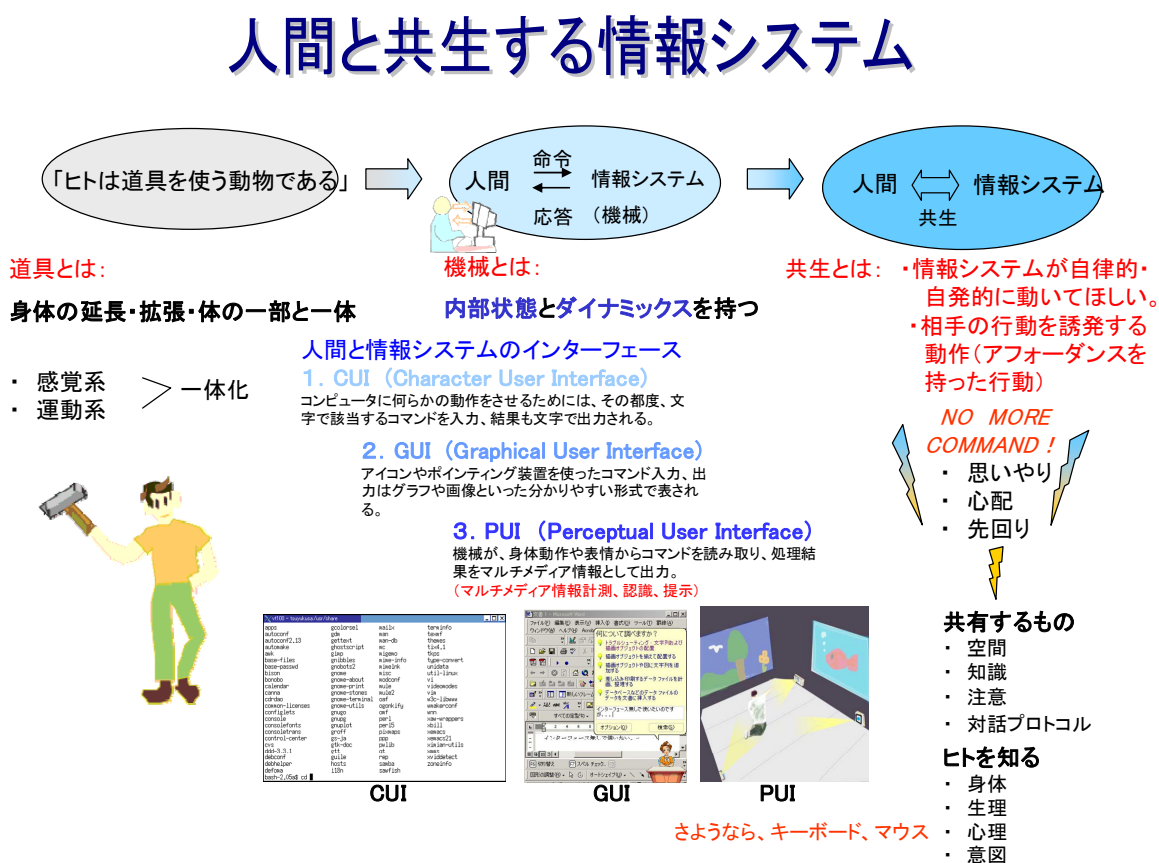


図5 人間と共生する情報システムの意義・位置づけ

が行ったサルを使った生理学的な実験でも、確かめられている。つまり、道具と身体との同化作用は神経系においてなされるという研究結果が示されている。このことは、ヒトが道具と関わる際には、特別な仕組みは必要なく、環境の整備と、訓練を通じて身体との一体化を図ればよいことを意味する。

人間と「もの」との関係を大きく変化させた出来事として産業革命による自動機械の発明がある。産業革命後飛躍的な進歩を遂げた自動機械は、主体である人間に対して従であるものとして位置づけられ、人間の命令を受けその活動を支援するためのものとして捉えられてきた。(機械については、エネルギー的な視点からの特徴づけ—つまり、機械は道具と異なり、内部にエネルギー源を持つ—もあるが、ここでは情報的側面に絞って議論を行う。)。

道具とは異なり、機械は

- ・ それ自身の固有の内部状態 (記憶)
- ・ その動作を定めるダイナミックス

を持ち、それらに基づいて主体からの命令に反応・応答する。このため、人間が機械とうまく関わり合う—「命令と反応・応答」をスムーズに行う—には、

- ・ 現時点での機械の内部状態を知る。(同じ命令を機械に与えても機械の状態が異なっていれば異なった反応・応答が返されるため。)
- ・ 機械のダイナミックスを知る。(命令を与えると機械が人間とは独立に動くため、機械の将来における動作を予測して命令を与える必要があるため。)

ことが必要となる。このため、人間と機械との関わり合い方である「命令と反応・応答」をスムーズに行うことを目指した研究としてマン・マシン・インタフェースの研究が必要となり、様々な自動機械を対象としたインタフェース—たとえば、スピードメータ、電圧計、流量計などの計器類および、弁やスイッチ、アクセルペダル、ハンドルなどの操作器具類—が作られてきた。

20世紀後半に発明されたコンピュータは、

- ・ それまでの自動機械と比べ、圧倒的に複雑な内部状態を持つため、その状態を把握、理解することがむずかしい
- ・ プログラムによってその動作特性が動的に変化するため、その動作を予測することがむずかしい

といった特性があり、人間がコンピュータを使いこなすには、高機能かつ人間にとって分かりやすいインタフェースの開発が不可欠になった。

コンピュータに対するインタフェースの研究は、図5中央に示したように、テレタイプやキーボード・文字ディスプレイを使ったCUI (Character User Interface) から始まり、現在ではマウス・マルチウィンドウ・グラフィックディスプレイを使いデスクトップメタファを取り入れたGUI (Graphical User Interface) が主流になっている。また、これからのインタフェースとして、力学メディアなど視覚以外のモダリティも含めたマルチモーダルインタフェース (MMUI: Multi-Modal User Interface) や、MMUIに機械が人間のジェスチャや音声を認識する機能を付加したPUI (Perceptual User Interface) が提唱されている。図5中央下端に書いたように、PUIでは「マウス・キーボードよ、さようなら」がスローガンになっている。

しかし、これらのインタフェース研究は、人間と機械とは主従の関係にあるという立場、すなわち、人間からの命令とそれに対する機械の反応・応答というコンセプト

に立脚している点ではすべて同一の「命令－応答インタラクション・モデル」であり、その意味では、産業革命以後のマン・マシン・インタフェースの延長線上に位置することには変わらない。

一方今後の社会が情報社会として発展するためには、ネットワーク結合されたコンピュータ群と人間が一体となって様々な活動を行うことが必要であり、そのためには従来の命令－応答モデルを超えた新たなインタラクション・モデルの導入が不可欠となる。

そうした次世代のインタラクション・モデルとして本柱では、「人間と共生する情報システム」というコンセプトを提案してきた。すなわち、従来のインタフェース研究と異なり、日常生活環境において「人間と共生する情報システム」を実現するには、システム自身が主体性、自律性を有し、パートナーとして人間との間で双方向の動的インタラクションを行うというモデルが必要となると考えられる。すなわち、図5右端に示したように、人間と共生する情報システムは、

- ・ 人間からの命令を受けて動くだけでなく、
- ・ システム自身が自律的、能動的に人間の行動や意図を理解し、
- ・ それに基づいて人間への指示や情報提供を自発的に行う

といった双方向の（主従関係ではない）動的インタラクションを実時間で行うことが必要である。つまり、人間と共生する情報システムでは、「コマンドよ、さようなら」がスローガンとなる。言い方を変えると、従来のreactiveなシステムからproactiveなシステムへの展開が必要となるということである。

また、人間と共生する情報システムを実現するには、人間がシステムを見てパートナーとして認知することが重要となり、システムの持つ身体性（物理的な身体形状とその動作機能）が情報処理機能とどのような関係を持てば良いのかを解明することも重要な研究課題となる。たとえば、犬型ロボットAIBOの身体の大きさ、形状、動作から、我々人間に「かわいらしい」という感覚、感情が生まれるが、AIBOが1 mもの大きさであったら、こうしたことは起こらないであろう。

以上述べた問題意識に基づき本柱では、日常生活環境において人間と共生する情報システムを実現するための基礎研究として、以下の研究課題に焦点を当てて研究を推進してきた（図6）。

(I) 「ヒトを知る」：システムが自律的に人間の行動や意図を理解するには、まず動物としてのヒトの特性や行動パターンを解明し、得られた知見に基づいて共生のために必要な機能を考える必要がある。具体的には、本課題では、知覚と行動の動的相互作用に焦点を当てた、神経生理学および心理学の立場からの人間の情報処理機能の解明を行う。

(II) 「人を観る」：共生を実現するには、システムがリアルタイムかつ能動的に人間の状態、動作を観測する必要がある。本課題では、日常生活環境における人間の行動や動作・仕種をマルチメディア情報として観測し、その心理状態や意図、くせなどを理解するための言語・音声・画像・力学メディアを統合したマルチメディア情報認識法・システムを開発する。

(III) 「人を魅する」：共生を実現するには、システムが自発的かつ効果的に人間に働き掛けを行うとともに、人を魅了するような情報提示を行うことが必要となる。本課題では、(I)の知見に基づいて人を魅了する情報提示を実現す

るための、力学メディアも含めたマルチメディア情報の生成・提示法およびシステムの研究開発を行う。

(IV) 「人と交わる」：共生を実現するには「息の合った」（意識的、無意識的）コミュニケーションがなされなければならない。本課題では、身体およびマルチメディアを介したマルチモーダルなヒューマン ⇄ マシン・リアルタイム・インタラクションの実現法およびそれを利用した共生型情報システムの開発を行う。

(V) 「人と暮す」：人と共に暮すには、システムが日常生活環境にうまく馴染まなければならない。本課題では、身体性の持つ情報学的意味の解明（「共生型情報システムには身体が必要か？」）および知覚系・行動系を動的に統合化した共生型ロボットシステムの実現を目指す。

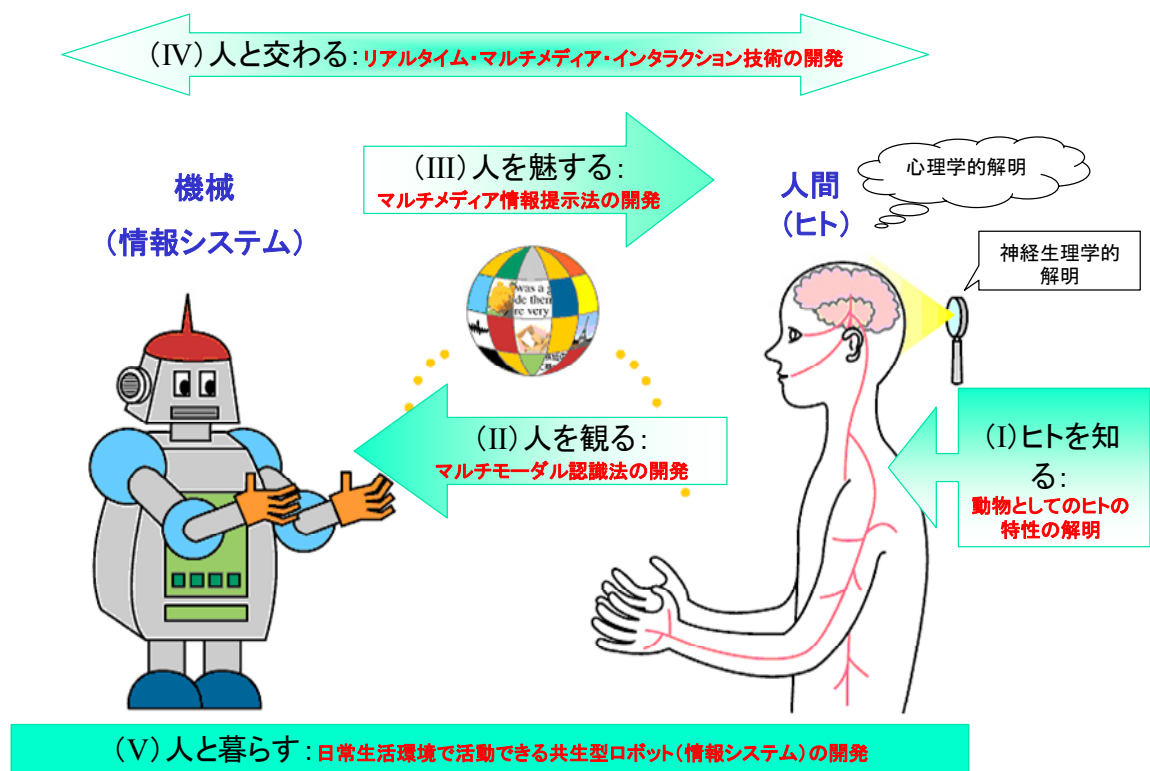


図6 人間と共生する情報システム実現のための研究課題

上記のように課題 (I) ～ (V) は相互に関連しており、各課題間の連携、相互的な成果活用によってはじめて「人間と共生する情報システム」への路が明らかになるものと考えられる。このため、(II) ～ (V) の情報学系の課題においては、単にシステムの性能向上を目指すだけでなく、人間と情報システムとの関わり方についての観点からの意義を明確にして研究を行う必要がある。すなわち、人間との関わり方を踏まえた情報システム研究が、情報学と従来のIT技術との本質的違いであるといえる。

また、研究期間の前半における成果・議論の結果、(II) ～ (V) の課題の共通基盤となる新たな情報処理機構として、

(VI) 自律ダイナミクスを持つ情報システムによる動的イベントの表現・学習・認識・生成

という新たなアイデアに基づく研究課題が生み出された。これは、Norbert Wienerが提唱した微分方程式系に基づいた知的機能のモデル化を目指すサイバネティックスと、Alan Turingの提案した離散的状態遷移（記憶書き換え）に基づいた計算機械とを融合したHybrid Dynamical System（図7）によって、実世界における動的イベントの表現・学習・認識・生成機構を構築しようとするもので、本柱における独創的研究成果につながるものと考え、集中的な研究を展開してきた。

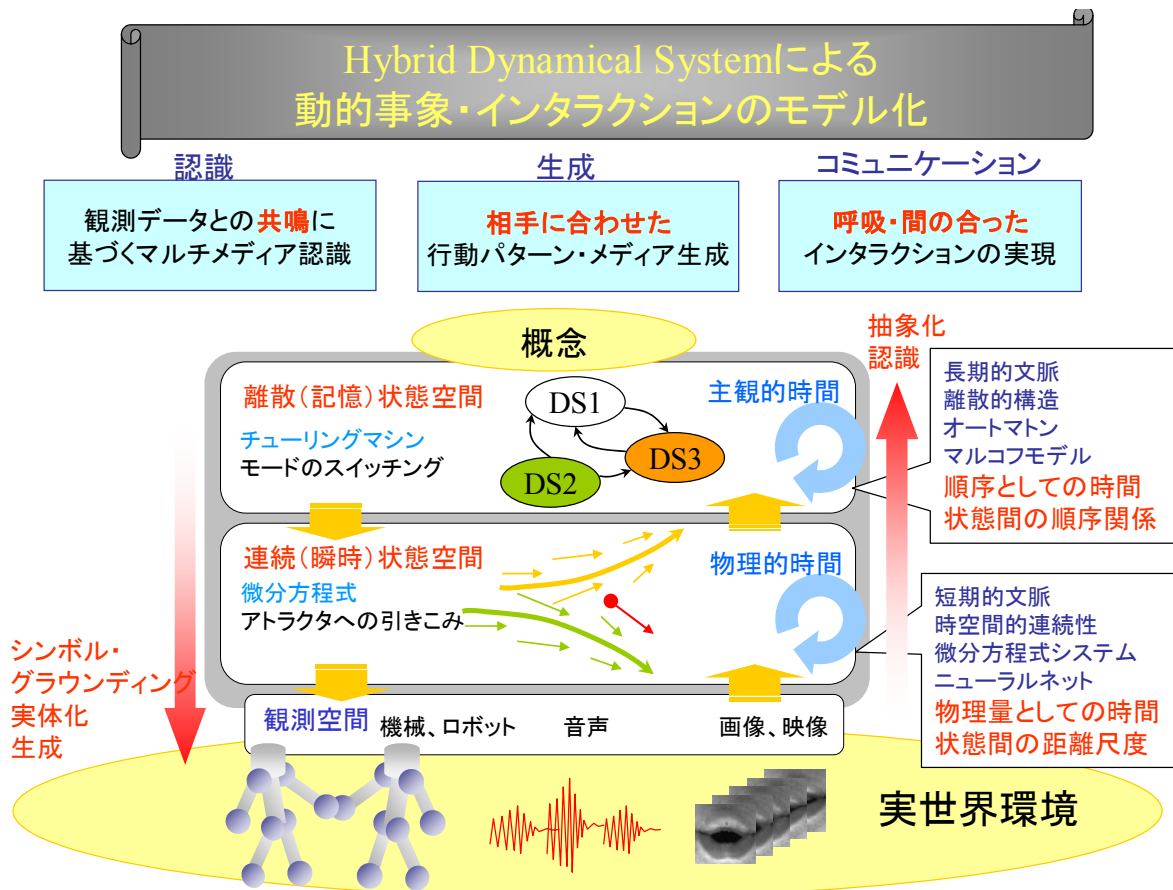


図7 自律ダイナミクスを持つ情報システムによる動的イベントの表現・学習・認識・生成

最後に、身体を介した知覚系と行動系との相互依存関係を神経生理学および心理学的立場から解明し、そこで得られた知見を基に多様なメディア情報処理技術・システムの開発によって日常生活環境において人間と共生する情報システムを実現することは、「人にやさしい」、「バリアフリーな」情報社会の構築にも大きく寄与するものと考えられる。こうした本柱の研究を通じて、IT社会の深化が人間中心の社会の構築を目指したものであることを広く社会にアピールすることができ、本柱の研究は社会的にも大きな意義があると考えられる。