連載「情報学を創る」
―科研プロジェクトがめざしたもの

人間の情報処理の理解とその応用に関する研究

松山隆司（京都大学大学院情報学研究科）
佐藤洋一（東京大学大学院情報学環）

平成 13 年度から平成 17 年度の 5 年間にわたり実施された科学研究費特定領域研究「IT の深化の基盤を拓く情報学研究（代表者：安西祐一郎慶應義塾大学塾長）」において，第一著者が柱長を務めた「A03 柱：人間の情報処理の理解とその応用に関する研究」では，「人間と共生する情報システム」という概念を新たに提唱し，その実現に向けて神経生理学，心理学，マルチメディア情報処理，ロボティクスといった多様な分野の研究者による学際的な研究を進めた．本稿では，A03 柱において得られた主な成果を紹介し，5 年間の研究を総括する．

人間と共生する情報システムとは

A03 柱では，「人間と共生する情報システム」という考え方を提唱し，神経生理学，心理学，マルチメディア情報処理，ロボティクスといった多様な分野の研究者が集い学際的な研究を展開してきた[1]．また，国際的な連携を進めるため 2002 年と 2004 年に International Workshop on Man-Machine Symbiotic Systems を開催した．「人間と共生する情報システム」の考え方自身については，すでに文献 2)，3）において述べたため，ここではその考え方がどのように生まれ発展，深化してきたかについて述べる．

【初期の位置づけ】

まず，情報学特定領域研究は，当初特定領域研究（C）という種別で，政策的必要性に基づいて文部科学省が課題を設定して実施するというものであった．A03 柱の課題としては，「人間の情報処理の理解とその応用に関する研究」が決められており，特定領域研究の申請書作成に当たって，具体的な研究目的を以下のように定めた．

我が国における言語，音声，画像といったパターン情報処理研究は，1971 年に始められた通産省の「パターン情報処理システムの研究開発」プロジェクトを契機に急速に発展し，着実な進歩を遂げてきた．この間，大学等における研究成果を基に企業での実用化が図られ，かな漢字変換，機械翻訳，音声認識，音声合成，郵便番号読み取り装置，指紋認識，CT など現在の情報化社会を支える基盤技術として豊かな実りをもたらしている．

しかし，こうしたパターン認識技術には以下のような限界がある．

(a) 従来のパターン認識技術は，言語，音声，画像といったメディアごとに独立して考えられたものが多く，人間の持つマルチモーダルな認識機能を実現するには新たなメディア統合方式，マルチメディア認識技術が必要である．また，触覚や体勢感覚に訴える力学メディアについてはまだ十分な研究開発が行われていない．

(b) 従来の認識技術は，カテゴリ識別を主な目的としたものがほとんどで，人間や動物のように行動を誘発・実行させるための知覚，あるいは，他者とのコミュニケーションを円滑にするための知覚といった視点からの認識機能の解明・技術開発が望まれる．

(c) 従来は機械を知的にするための認識機能といった観点から研究が行われてきたが，人間には知覚を通じて「美しい」，「心地好い」と感じる感性がある．機械がそうした感性を備えることにより，人間と機械が共生する新たな社会が構築できると考えられる．

本研究では，以上のような限界を克服し，人間と共生する機械を実現するための基礎研究として，以下の視点から人間の情報処理の理解とその応用に関する研究を行う．

(1) 知覚と行動の動的相互作用に着目した人間の情報処理機能の解明

(2) 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の認識・表現方式の考案

(3) 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・インタラクションシステムの開発

(4) universal access 機能を持った教育・学習支援および文化・教養・娯楽システムの開発

すなわち，人間と共生する機械を実現するには，人間，機械相互間のマルチメディアを用いたマルチモーダルな動的インタラクションを実現する必要があり，人間側，機械側それぞれが知覚と行動を介してそうした動的インタラクションにどのようにかかわればよいのかに関する研究が重要となる．また，上記（1)～(3）の研究成果の

統合化，総合的評価を行うための共通テストベッドとして，教育・学習支援および文化・教養・娯楽システムを取り上げ，システム開発を行う．特に，非熟練者・高齢者・障害者・年少者といったいわゆる情報弱者にも容易に利用できるインタフェース機能の実現に重点を置いてシステム開発を行う．

以上のように，「人間と共生する情報システム」という考え方は，マルチメディア情報処理の目的を，従来の分類・認識から人間の活動・コミュニケーション支援へと転換するためのスローガンとして打ち出されたわけである．

【概念の深化】

研究開始後，A03 柱では「人間と共生する情報システム」という考え方をより具体化し学術的意義を明らかにするための議論を精力的に展開し，以下のような位置づけを行った．

従来のヒューマン・マシン・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おり，たとえ多様かつ高度なマルチメディア情報処理機能を備えていたとしてもすべて同一の「命令－応答インタラクション・モデル」に基づいている．

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さまざま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，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よ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 1m 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．

【インタラクション・ダイナミクスの高度化】

研究期間の後半では，さらなる研究の深化に伴い，「人間と共生する情報システム」実現のための中核的学術研究課題として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（**図 -1**）という考え方を提唱し，重点的な研究を行った．この考え方はいわゆる **Hybrid Dynamical System**[4] と呼ばれる新たな動的イベントのモデル化法の開拓を目指すものとなっている．Hybrid Dynamical System は，物理的現象記述に適した力学系モデル（計量空間における連続的な状態遷移を記述する微分方程式系）と，人間の心的・知的活動の記述に適した情報系モデル（離散的状態遷移を記述する記憶書き換え系）を統合した計算・制御モデルの実現を目指したもので，従来にはない新たな機能を持ったマルチメディア情報処理，ロボット行動制御，インタラクティブシステムが実現できるものと期待される．

以上のように，当初スローガン的であった「人間と共生する情報システム」という考え方は，研究の進展と共に深化し，最終的にはマルチメディア情報処理やロボット行動制御，ヒューマン・マシン・インタラクションにおけるダイナミクスの新たなモデル化に焦点が絞られ現在に至っている．

人間と共生する情報システム実現のための研究課題

A03 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 6 つの具体的研究課題に焦点を当てて研究を推進してきた（**図 -2**）．

(1) 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．

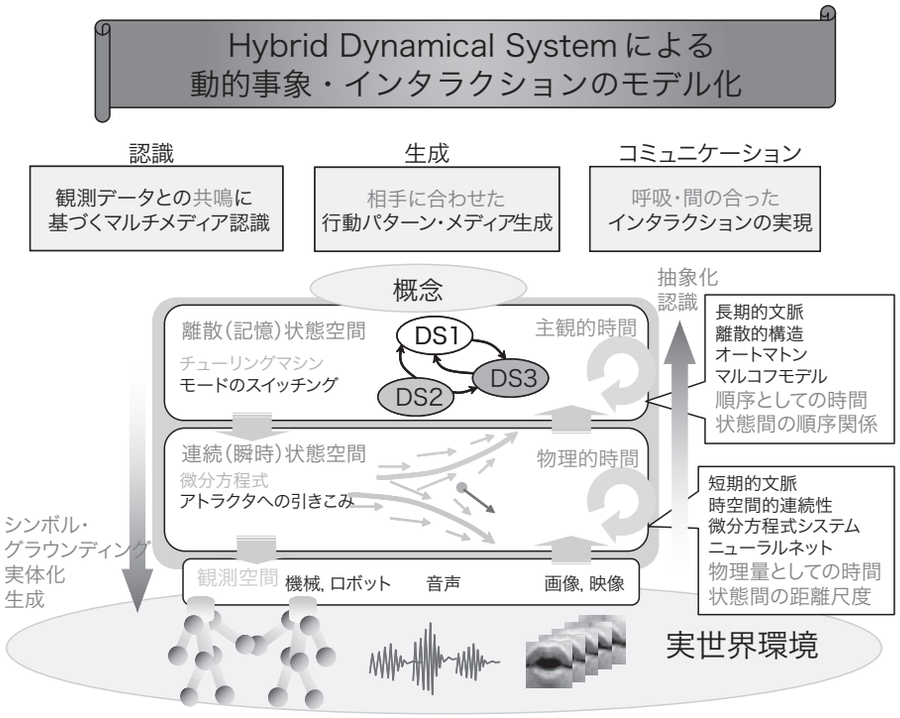

図-1　自律ダイナミクスを持つ情報システムによる動的イベントの表現・学習・認識・生成

(2) 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．

(3) 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，「ヒトを知る」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．

(4) 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．

(5) 人と暮らす：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．

(6) 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：上記（1)～(5)の研究課題の共通基盤となる新たな情報処理機構として，微分方程式系による連続状態変化とオートマトンなどの離散状態遷移との融合・統一的表現法の確立を目指す．

研究の概要

以下では，上記6つの研究課題のそれぞれについて，A03柱で得られた研究成果の概要を紹介する．本柱では多様な分野の研究者によって学際的な研究成果が多く得られており，それらすべてを紹介することはできないため，それぞれの研究課題ごとにいくつかの研究成果を紹介するにとどめる．A03柱で得られた約100テーマに及ぶ研究成果全体については最終成果報告書[1]を参照されたい．また，筆者らのグループで得られた主な研究成果については，文献3）にまとめられている．

【ヒトを知る】

(1) 意図が複合道具行為の法則的発現に反映される神経機構（計画研究：入來班）

この研究は，これまで哲学や心理学の研究テーマだとされてきたヒトの「知性」を，その脳内メカニズムの生物学的解明という自然科学の研究手法の射程にとらえよう

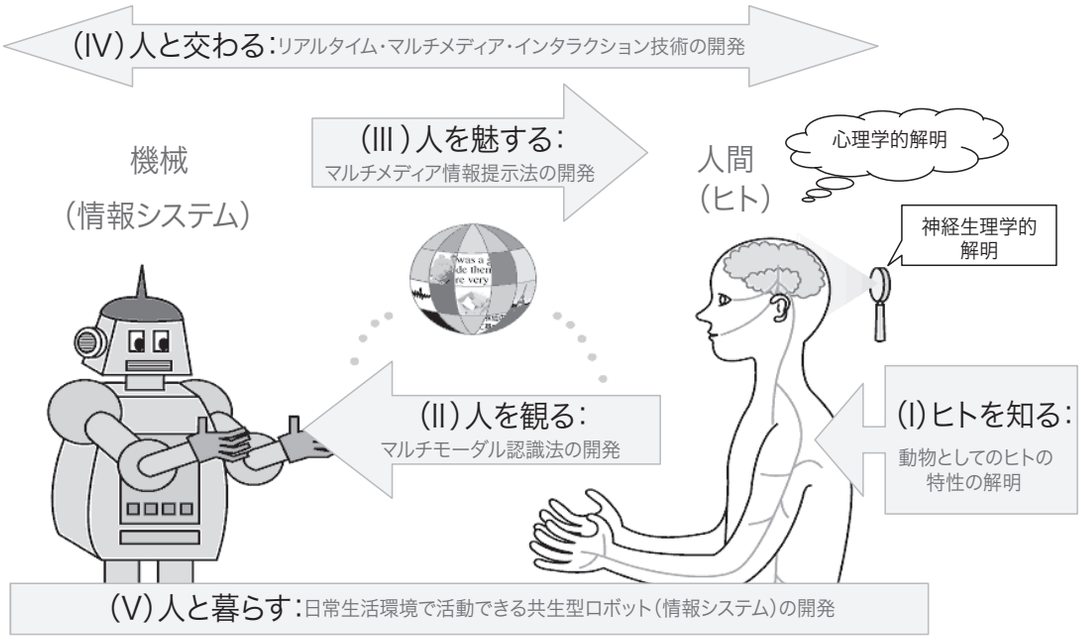

図 -2　人間と共生する情報システム実現のための研究課題

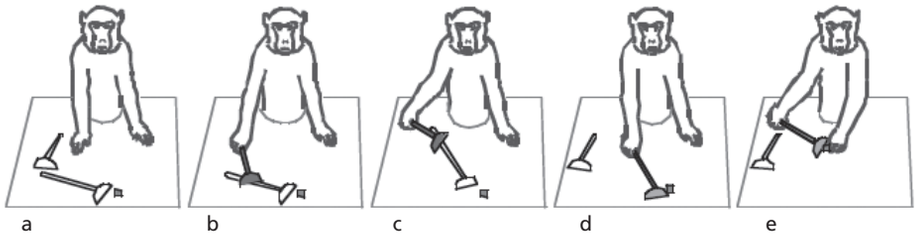

図 -3
因果性の知覚に基づく推論行動

とする試みである．複数の手段と道具使途の「手段－目的関係」の認知，道具使用行為の「時系列の理解」，「問題解決能力」などといった高次認知機能を必要とする課題をニホンザルに訓練し（**図 -3**），学習前後の行動・運動の様式の変化を経時的に定量化し，その結果をもとに上述の高次機能にかかわる脳内領域を，数理モデルを構築して予測するとともに，課題遂行中の脳内活動部位を機能画像的に解析することにより特定した．

(2) 物や環境をヒトの行為で記述する方法の開発（計画研究：佐々木班）

重度の運動障害者の運動獲得過程に物がどのような制約を与えているのかを，靴下－頚椎損傷者，魚－脳卒中者，卵の表面－高次脳機能障害者という状況に対して記述した．また，乳児の行為とその環境を長期に渡り撮影記録し，行為の解析に利用可能な動画データベースを作成した．さらに，プロのバイオリン奏者の身体運動に現れるさまざまな水準の協調に着目し，楽器演奏の「芸術性」，「個性」の記述・解析に関する研究を進めた．

(3) 時系列情報の知覚に関連する脳活動（公募研究：岡ノ谷班）

音楽熟練者は楽譜を見た際，音符が読めるだけでなく，その音が頭の中で響く感覚を覚えるという．一方，音楽に熟達していない者は，楽譜を読めても頭の中で音が響くというような感覚を覚えることはない．このことから，音楽熟練者は楽譜を見た際に聴覚表象（明確な音のイメージ）を動的に作りだしていると考えられる．この研究では，音楽熟練者は読譜時に聴覚表象を形成するのか，またその表象は聴覚情報の処理過程においてどのような性質を持つのかを，事象関連電位を用いて検証した．

【人を観る】

(1) 人間の視線検出に基づく注視対象の高精細情報獲得と人の行為の認識（計画研究：松山班）

人と同じ視点で人が見た対象の映像を記録する手段として装着型カメラがある．本研究では，人の視線や運動を計測しそれと連動するようにカメラを能動制御すること

図 -4
装着型能動視覚センサと
3 次元注視対象の認識例

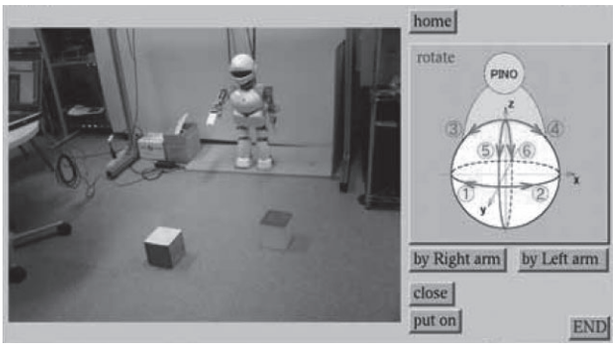

図 -5　ヒューマノイドを用いた遠隔作業指示システム

で，解像度と視野の問題を解決しつつ，人の行動と人が見た対象に関する詳細な記述を得ることを目指して，視線測定装置とコンピュータ制御可能な 2 台の首振りカメラで構成される装着型能動視覚センサ（**図 -4**）を開発した．このセンサを用いて，注視対象の 3 次元形状復元と装着者の 3 次元移動軌跡推定を実現し，共生型情報システムとして有効に機能することを実証した．

(2) 複数話者追跡法の開発とインタラクションへの応用（公募研究：奥乃班）

ロボットが動的環境で複数の人との間で高度なコミュニケーションを行うために必要な基盤技術として，複数話者が存在する環境における話者の位置同定（定位）と特定話者の追跡がある．本研究では複数話者位置同定の実時間処理および音響処理と画像処理との階層的な統合により，ロバストな話者位置同定と追跡手法を開発した．これにより，見えない位置から話しかけられたときでも，話者の位置を同定し，話者の方向に顔を向け，画像とともに安定して追跡するシステムを実現した．

(3) 音声の音響的普遍構造を用いたパラ言語情報の推定（公募研究：峯松班）

音声の音響的特徴には，性別，年齢といった非言語的特徴が不可避的に混入する．音声から言語情報やパラ言語情報を抽出する場合，これらの特徴はノイズ以外の何者でもない．静的な非言語的特徴を表現する次元そのものを含まない音声の物理的表象は存在しないのか？　この問題に対して，本研究では言語学の構造音韻論をもとにして「構造不変の定理」を導出し，その定理を音声物理に適用することによって普遍的な音声表象モデルを求める解析手法を開発した．

(4) 話し言葉音声のモデルと認識技術（公募研究：河原班）

自動音声認識技術は，ディクテーションシステムに代表されるように，機械を意識して丁寧に発話された音声に対しては 90% を上回る認識精度を達成しているが，人間同士のコミュニケーションで用いられるような音声にはまだ十分に対応できない．話し言葉音声では，発話速度が速く，発音が不明瞭であるために音響的な変動が大きく，また，口語的な表現や言い淀みなどの現象により言語的な変動も大きい．本研究では，講演音声約 2,500 件，約 500 時間分からなる『日本語話し言葉コーパス』を用いて，発音変形パターンの統計的なモデル学習によって話し言葉の精密な統計モデルを構築し，最高水準の認識精度を実現した．

【人を魅する】

(1) ヒューマノイドを用いた遠隔作業指示とジェスチャの評価（公募研究：日浦班）

人と人との会話において，ノンバーバル情報は大きな役割を持つ．特に実物体に関する協調作業を行う場合は，感情や量的感覚を伝えるためのジェスチャとは異なり，実物体を指差したり，実物体の向きや動きを掌の向きで表すなど，実物に対して幾何学的な関係を持つジェスチャが行われ，それらは円滑なコミュニケーションを行う上で非常に重要な要素である．本研究では，実作業が行われる空間に指示者の身代わりとなるヒューマノイドを配置した遠隔作業指示システム（**図 -5**）を構築し，その遠隔作業指示システムを用いた実験を通じて，実物体を用いた作業に関する意図のコミュニケーションの円滑化・効率化に関してさまざまな知見を得た．

(2) 人物行動を伝えるための映像文法を用いた知的映像撮影・編集システムの構築（公募研究：中村班）

「効果的に情報を提示するために，どのような映像部品（単語）を用意し，どのような映像編集規則（文法）に従って提示すればよいか」という問題に対し，自動撮影シス

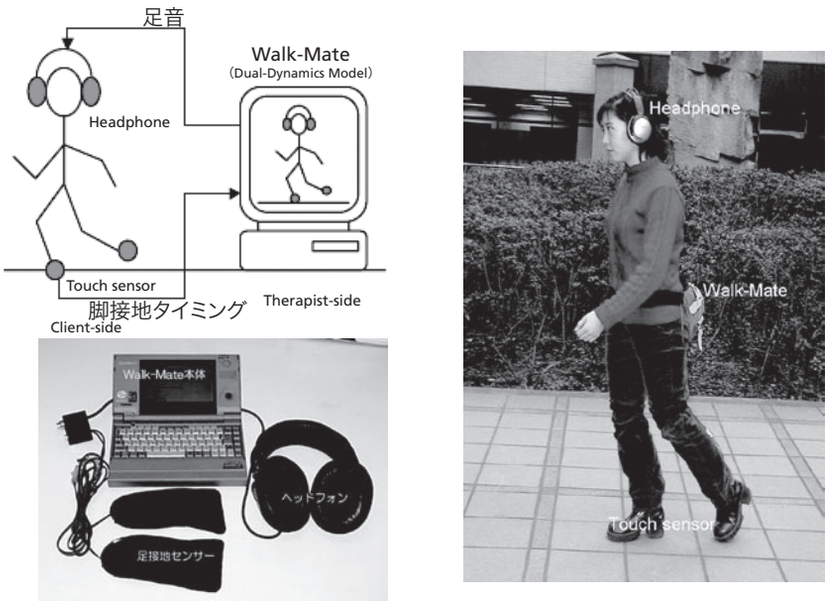

図 -6
間の共創メカニズムを利用した歩行介助システム

テム，自動編集システムを構築しながら，映画等の種々の例との比較を行い，その有効性を確かめた．

(3) 直交 3 軸スピーカーアレイによる音場の 3 次元制御（公募研究：溝口班）

対象とする人の周りでのみ局所的に音のやりとりができる，新しい自然な非束縛型ヒューマンインタフェースを実現するための基盤技術として，直交 3 軸スピーカーアレイによる音場の 3 次元制御により，対象とする人の頭部周辺に「スポット状」の高音圧領域を作り出し，いわば「耳元で語りかける」ことを可能とする技術を開発した．

【人と交わる】

(1)「間」の共創メカニズムに関する研究（公募研究：三宅班）

「間（ま）」はコミュニケーションにおいて共創されるものと捉え，そのメカニズムを解析した．具体的には，同期タッピング課題を用いて，予測的タイミング制御との関係から実験的解析を進めた．その結果，Working Memory 等の高次脳機能にかかわるプロセスとそれがかかわらない身体化されたプロセスの 2 種類の過程から間が創出されることが明らかにされた．さらに「間」を合わせるタイミング機構の研究成果を，「共創インタフェース」として構成し，高齢者に優しい歩行介助システム（**図 -6**）を開発した．

(2) マルチプリミティブ触感提示法（公募研究：篠田班）

触覚を介した情報の伝達方法を研究した．特に人間の触覚の特性を解明し，皮膚の大面積に触感を再生・伝達する方法を開発した．本研究では，触感を生成するための最少基本要素として，二点弁別閾程度の皮膚領域内に生じ得る圧力分布の時空間パターンの中から，少数の基本パターン（プリミティブ）を選び出し，それらの線形和によって触感を網羅することができたならば，それらの基本刺激を生成可能な機構によって触感ディスプレイが実現できるという考えを基本としている．本研究では，このような考え方によるマルチプリミティブ触感提示法の実現を目指し，プリミティブの候補として 2 種類の表層受容器であるマイスナ小体とメルケル細胞を選択刺激する 2 種類の時空間パターンを理論的に導き，それらの複合によって多様な触感が生じることを検証実験により確認した．

【人と暮らす】

(1) 成人型アンドロイドの改良開発（計画研究：國吉班）

人間の身体性・社会性は他者との相互作用に現れるものであると考えられる．ゆえに人間とロボットの自然な相互作用の実現を通して，身体性・社会性にせまることが可能となる．しかしながら，従来のヒューマノイドロボットを用いたアプローチでは，姿・動作が人間と大きく異なるという点で不完全であった．人間を模して形作られたヒューマノイドロボットの姿が，どこまで人間に近づくべきか，ロボットの見かけと動作がどのような関係を持つのかといった問題を，ロボットを実現する工学と，認知科学など人間そのものを研究する科学の接点において研究するアンドロイドサイエンスの一環として，本研究では，人間に酷似した動作が可能な成人アンドロイド Repliee Q1 を開発した（**図 -7**）．

(2) 人間の発話に協調的に振る舞う音声対話システム（公募研究：北岡班）

ヒューマノイドロボットなどでは，人間同士の会話と同様に相槌や割り込みなどの応答を返し，より円滑な対話

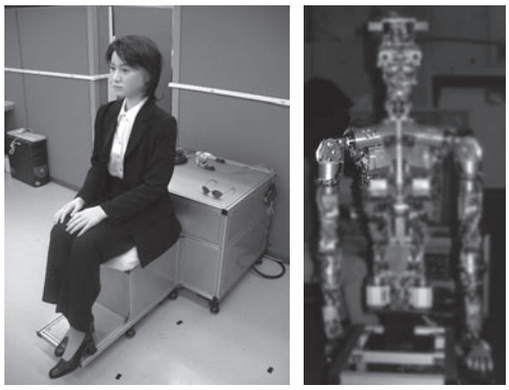

図 -7　成人型アンドロイド Repliee Q1

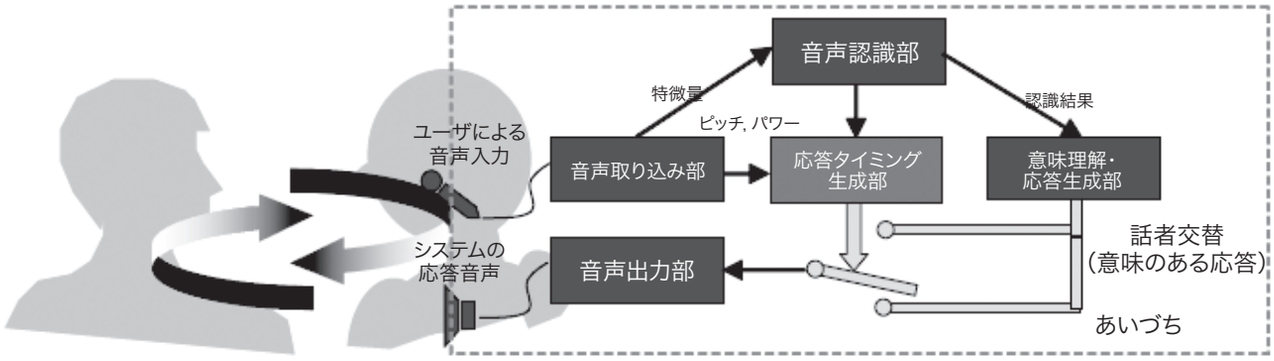

図 -8　応答タイミング生成部を用いた対話システムアーキテクチャ

を行うことが期待される．人間同士の対話では相槌や話者交替をタイミングよく繰り返すことによって対話が継続されていく．本研究では，まず自然な雑談対話をする上で最も重要である相槌・話者交替のタイミングを生成する仕組みを構築した．そして，このタイミング生成器を用いた対話システムのアーキテクチャ（**図 -8**）を提案し，実際に雑談対話システムを構築した．

(3) 複数回観察に基づく作業の重要個所の推定（公募研究：池内班）

「観察に基づく学習」に関する研究において，従来は1回の観察結果のみを利用して作業の解析を行っていたが，この場合教示者はロボットに学習させたい動作を明示的に切り出して教示する必要がある．しかし，日常生活において動作をより自然に教示するためには，教示者が自然に行う動作の中からロボット側が意味を持つ動作を自動的に切り出し獲得することが望ましい．本研究では，教示者が複数回教示動作を示し，そのすべてに共通して現れる部分動作を，意味を持つ動作と見なして自動的に切り出し取得する手法を開発した．

【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】

(1) 動的イベントの分節化・学習・認識のための Hybrid Dynamical System（計画研究：松山班）

人の動作・仕種など複雑な時空間構造を持つ動的イベントを認識・学習するための新たなモデルとして，力学系モデルと情報系モデルを統合した Interval-Based Linear Hybrid Dynamical System（ILHDS）を構築した．従来の動的イベントに対するモデル化としては，制御システムなどの力学系に基づく手法と，チューリングマシンなどの情報系に基づく手法がある．連続的な変化を表現するには力学系が適しているが，複雑な構造を扱うのには適していない．一方で，「口を広げた後に発話する」のように，意味づけられた情報の間の関係（同期関係や順序関係等）を表現するには，情報系が適しているが，あらかじめ記述単位（記号）を定義する必要がある．本研究で構築した ILHDS（**図 -9**）は，複数の線形システムと確率オートマトンからなり，オートマトンの1つ1つの状態が，それぞれ異なる線形システムに対応している．ILHDS では，入力された時系列データを，単一の線形システムで表現できる区間に分節化しながら，どのような順序・確率でこれら線形システムが活性化していくか

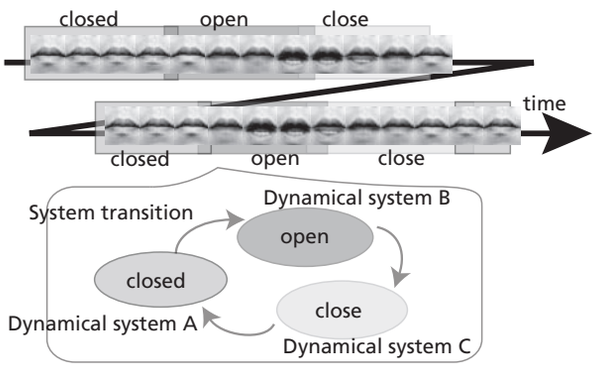

図 -9　Interval-Based Linear Hybrid Dynamical System

が確率オートマトンとして記述され，複雑な動的イベントの認識・生成が可能である．さらに，ILHDS の構造・パラメータは観測データより学習できるという特長を持つ．人の動きは，身体の各部位の運動のリズムや，環境との相互作用タイミングなど，時間軸上での複雑な構造を持つ．たとえば，手話などでは左右の手の形状と動作の時間的関係によって単語や文の意味が決まる．また，人の生成する多くの行動においては，関節制御のタイミング構造が，ある行動タスクを達成するための本質的な構造となる．ILHDS では，力学系と情報系を統合したモデルを構築することにより，複雑な時空間構造を持つ動的イベントとその間の相互作用を記述・認識でき，新たなヒューマン・マシン・インタラクションを実現することが可能となる．

(2) 非線形力学系のアトラクタ設計によるロボットの運動生成（公募研究：岡田班）

ロボットの全身運動をその関節パラメータ空間内の曲線として表現し，これをアトラクタとする力学系を設計することにより，ロボットの全身運動を記憶，生成することが可能となる．しかし，これまではロボットの身体力学は考慮されておらず，運動学レベルでの運動表現のみに限定されていた．本研究では，これにロボット身体の力学を埋め込み，安定化コントローラの役割を持つ力学的情報処理の設計を行った．提案手法では，運動パターンが存在せず，コントローラ（力学的情報処理）とロボット身体によってフィードバック系を構成することではじめてロボットの運動が生成されるが，このコンセプトは「身体性」の概念とも合致しており，身体の存在によってはじめて運動が生まれるという特徴を有する．

(3) 運動計測情報に基づく人間の日常生活動作認識モデル（公募研究：森班）

人間と機械とが密に協調する，将来の人間支援システムにおいては，機械による動作認識手法が基礎的技術の 1 つとして非常に重要となり，その中核には，人間動作解析技術と，人によって行われる動作認識のモデル化が位置する．このような考えに基づき，本研究では，長期間にわたり人間の日常行動を計測するためのシステムを構築し，それにより記録・蓄積される生活行動情報に基づいて，人による動作認識と同様の結果を出力する動作認識モデルを新たに考案し，その有効性を実験的に示した（**図 -10**）．

(4) ダイナミック全身運動の情報構造解析（計画研究：國吉班）

実世界でロバストに目的を達成するためには，自己と環境の相互作用の中に，外乱等により変動しない不変構造を捉え，それを目的に向けて「乗りこなす」タイプの新しい行動原理が必要となる．本研究では，環境からの影響が極端に強い行動例として，等身大ヒューマノイドロボットによるダイナミック起き上がり動作を取り上げ，解析，実機実験，認識実験を行うことで，不変構造の存在を示した．人間のモーションキャプチャの解析からは，人間は一様な制御ではなく間歇的に精密な制御を行い，それ以外は変動を許容していることが分かった．また，力学モデルの解析からは，最も成功条件の厳しいポイントが，人間の間歇制御ポイントと一致することが分かった．さらに，これらの知見を反映させた実機の動作実験に成功した（**図 -11**）．

おわりに

本稿では，「人間と共生する情報システム」の実現を目指して平成 13 年度から 17 年度までの 5 年間に渡って行われた研究の概要を紹介した．この研究によって，数々の新たな知見や理論，有用な技術やシステムが得られたが，それらは「人間と共生する情報システム」の実現に向けた第一歩にしかすぎず，今後も組織的，継続的な研究の実施が望まれる．

最近では，本研究と考えを共にした以下のような新たな取り組みが進められており，より広範な研究活動の展開，学術分野の深化が進むものと期待している．

- 情報処理学会における「シンビオティック・システム」に関する研究活動 [5)]

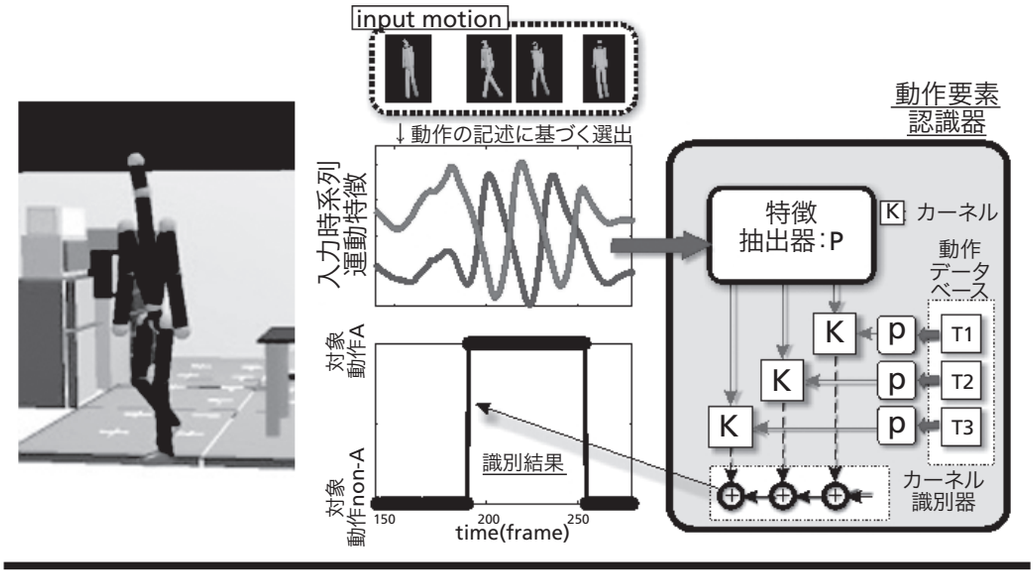

図 -10　運動計測の様子とカーネル SVM に基づく各動作識別器

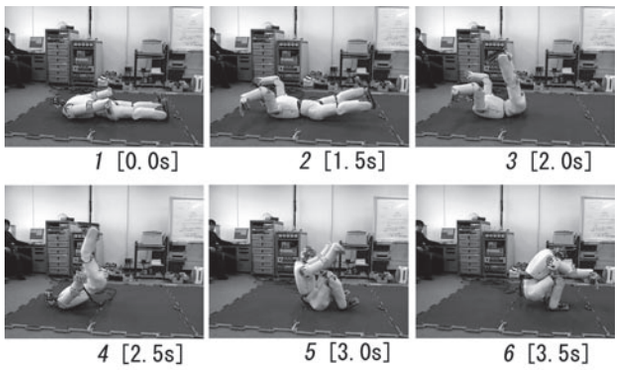

図 -11　ダイナミック起き上がり動作

- 総務省ユニバーサル・コミュニケーション研究[6)]
- 文部科学省特定領域研究「情報爆発時代に向けた新しい IT 基盤技術の研究」A03 柱「情報爆発時代におけるヒューマンコミュニケーション基盤」[7)]

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・システムを開発することにより，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ことは，「人にやさしい」，「バリアフリーな」情報社会の実現にも大きく寄与するものと考えている．特に，本柱で進められた学際的研究により，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たことは，社会的にも大きな意義があったと考えている．

最後に，5 年間に渡り，精力的な議論を行うとともに多くの実りある研究成果を挙げていただいた A03 柱の先生方に感謝の意を表したい．

参考文献
1）特定領域研究「IT の深化の基盤を拓く情報学研究」A03 柱「人間の情報処理の理解とその応用に関する研究」最終成果報告書（2006）．（http://vision.kuee.kyoto-u.ac.jp/Informatics-A03/result/index.html）
2）松山隆司，杉本晃宏，佐藤洋一，川嶋宏彰：人間と共生する情報システムの実現を目指して，人工知能学会誌，Vol.19, No.2, pp.257-266 (2004).
3）松山隆司，川嶋宏彰，鷲見和彦：人間と共生する情報システムの実現を目指して，情報処理（特集：シンビオティック・システムの実現に向けて），Vol.47, No.8, pp.851-858 (Aug. 2006).
4）Alur, R., Henzinger, T. A. and Sontag E. D. (Eds.) : Hybrid Systems III Verification and Control (Lecture Notes in Computer Science 1066), Springer (1996).
5）特集：シンビオティック・システムの実現に向けて－人，社会，環境，情報システムの協調系－，情報処理，Vol.47, No.8, pp.809-866 (Aug. 2006).
6）http://www.soumu.go.jp/s-news/2005/pdf/051215_3_2.pdf
7）http://itkaken.ex.nii.ac.jp/i-explosion/index.php

（平成 19 年 1 月 6 日受付）

● 松山隆司（正会員）
tm@i.kyoto-u.ac.jp
1976 年京都大学大学院工学研究科修士課程修了．同大助手，東北大学助教授，岡山大学教授を経て 1995 年より京都大学教授．現在同大学院情報学研究科知能情報学専攻教授．2005 年京都大学情報環境機構長．2006 年情報通信研究機構知識創成コミュニケーション研究センター長．画像理解，分散協調視覚，3 次元ビデオの研究に従事．最近は「人間と共生する情報システム」の実現に興味を持っている．人工知能学会元評議委員，情報処理学会元理事，日本学術会議連携会員．

● 佐藤洋一（正会員）
ysato@iis.u-tokyo.ac.jp
1990 年東京大学工学部機械工学科卒業．1997 年カーネギーメロン大学計算機科学部ロボティクス学科博士課程修了．Ph. D in Robotics．同年より東京大学生産技術研究所研究機関研究員，講師，助教授を経て，現在同大学院情報学環助教授．コンピュータビジョン，ヒューマン・コンピュータ・インタラクション，コンピュータグラフィクスに関する研究に従事．