

# 情報・電子・通信 分野の課題と 産総研の取り組み〔Ⅱ〕

研究コーディネータ

太田 公廣

## はじめに ー前号ではー

前号で IT (Information Technology) は、世界における21世紀前半の最重要課題の一つであり、技術者が直面している「緊急課題」について表1に示す4点をあげた。

このうち「ハードウェアの危機」では、既存技術の物理的限界に触れて、第2トランジスタの出現を可能にする原理的な飛躍が欲しいことについて述べ、「研究者の絶望的不足」では、国際的サーキュレーション雑誌に論文を書く本格的研究者は、対米比較では20分の1以下と想定され、早急な拡充が必要であることについて解説した。今月号では、「ソフトウェアの危機」と「システム技術の危機」について述べることにする。

## ソフトウェア開発の遅れ

日本におけるソフトウェアは圧倒的に技術輸入になっている(図1)。「日本発のソフトウェアで、世界に出回り使われているものは、ゲームソフトと電総研が開発した DeleGate というソ

表1 情報・電子・通信分野の4つの緊急課題

緊急課題	概要
ハードウェアの危機	物理的限界
ソフトウェアの危機	高度技術者の不足
システム技術の危機	トータルコストの欠如
研究者の絶望的不足	本格的研究者の桁違いな不足

フトぐらいなものである」と、口の悪い友人にからかわれている。日本ではソフトウェアの本格的なものは今後も出ないと断言する人達も多い。

ソフトウェアを作るためのプログラミング技術では、プログラミング言語を習得する必要がある。さらにそれらの文法である数学的論理構造を把握して、必要に応じて独自の言語も創作する。これらを自在に使いこなしてプログラムを書いてゆく。言語能力に加えてイメージング能力が必要である。

プログラミング言語を上手に操り、使われるようなソフトを書く事のできる人はほんの一握りしかいない。「これらの人達を大事に育て、さらに

その人達に後継者をも育ててもらおうではないか」と私はよく言う。

目を世界に転じてみると、インドはこの15年の間に大きく成長し、年間12万人ものソフトウェア技術者を輩出するほどになってきた。これは米国の年間7万5千人を大きく超えている(TIME, Oct.16, 2000)。日本では果たして年間何人のソフトウェア技術者が育っているのだろうか? 数千人の単位ではないだろうか?

総務省の統計によれば、日本のソフトウェア業界の研究本務者数は現在25,311名である(図2)。前回と同様な試算をすると、本格的研究者といえる人数は1,500名程度となる。この分野は他の分野とは異なり、国際的論文としてはほとんど発表されていないので、数字はもっと厳しくなり、1,000人を大幅に割ることは充分に考えられる。育成された技術者、研究者の数とともに世界の趨勢に追いつけず、桁外れの状態にあることは明らかであろう。信頼でき、内容の充実した統計情報を整備することが急務である。

現状はまさしくソフトウェアの危機である。しかし、インドにおける成功や中国の台頭を参考にすれば、10年後には日本のソフトウェアも世界の弱者とならないことが可能ではないだろうか。

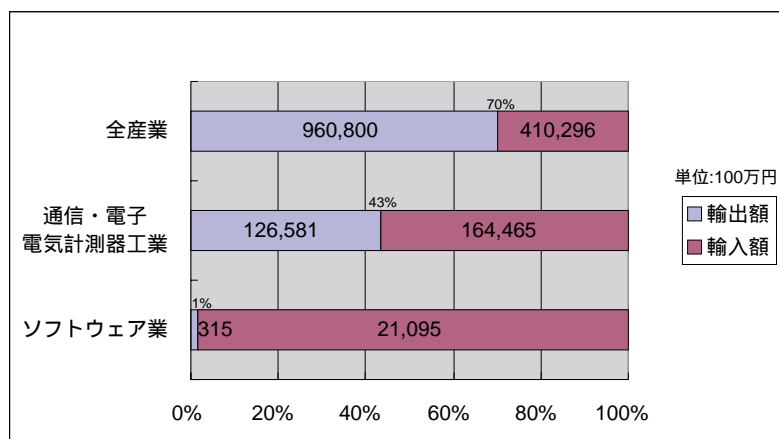


図1 産業別技術輸出入額比較 (平成12年科学技術研究調査結果)

## システム技術の未発達

ここで言うシステム技術は、人間と機械を一緒にしたシステムのことであり、機械だけで構成されているシステムのことでない。ここでは社会システムなどあまり大きなものは考えず、生産工場や製造業におけるロボットのような自動制御機械から町の工場ぐらゐまでの規模に適用できる技術を想定している。

例えば、簡単な機械工具などであっても、使う立場で作られていないことが多い。さらに、これらの工具を作る製造機械も安く作る立場で機械が作られており、機械を使う人の立場に立って作られていないなかったり、その製造機械や装置を設置している工場なども、コストの節約が優先され、働き易さや行動のし易さなどが無視されていることもある。製造経費のみならず製品の使用者の人件費や使用後の廃棄による環境汚染回復費用なども含めた、循環系のトータルなコスト削減などの概念

が、これまでの製造業や社会システム構築ではなかなか見られない。IT技術をフルに活用することにより、トータルコストが格段に安くなるなどが設計に含まれておらず、目的を優先した設計思想はどうも日本人には苦手なのではないかと思われることも多い。

ハードウェアとソフトウェアの技術の乖離などもこの一つの表れかも

知れない。行動心理や価値判断などを先読みし、人を組み込んだ、生理的にマッチしたシステムの設計や構造設計がふんだんにあってほしいものである。

人間中心のセンスが欠落するとシステム技術の危機に落ち入る。最近の日本の技術者や研究者の弱点になっているのではないだろうか？

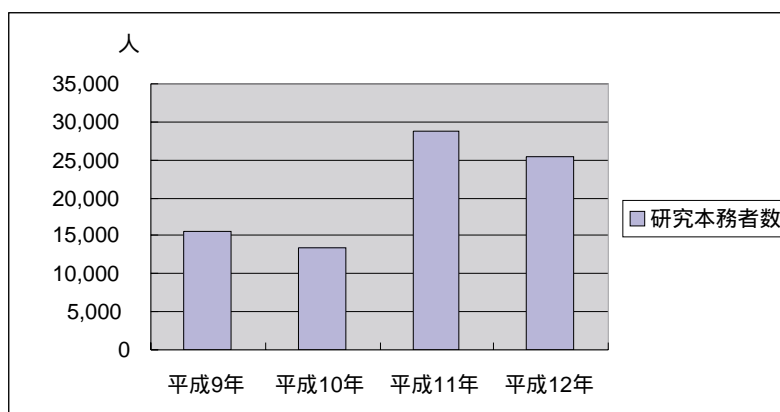


図2 ソフトウェア産業研究本務者数の推移

## 産総研の取り組み

### ～ソフトウェア技術の強化～

DNA やタンパク質の構造解析を計算機上で理解し、予測したりするソフトウェアは、先端的な生命現象の理解や薬品探索には必要不可欠な特殊ツールである。その専門の研究ユニットとして「生命情報科学研究センター」が産総研に設置された。インターネットはもちろんのことネットワーク技術やネットワークでつながれた計算機の開発、ソフト開発部門として「情報処理研究部門」がある。当然のことであるが計算機を用いての対話などの応用開発もある。一般的にはウィンドウズやマッキントッシュなどが普及しているが、ソフトウェア開発ではユニックスが専門家の間で多く用いられている。当所には高度なシミュレーション技術を専門とする「計算科学研究部門」が設置されており、ソフトウェア技術を駆使している。原子や分子がどのように結合して化学反応が起こるか、生体高分子になるか、有益な材料になるか、相変化が生じるかなどの理解に役に立っている。

これらの部門は将来、基盤となるようなソフトウェア技術領域を開発しようとしている。

### ～人に優しいシステム～

システム技術は機械と人間の間での接点の在り方をどう捉えるかが問題である。人とその回りの機械や構造物、そこでのモニタリングや制御系の在り方、さらにこれらにおける問題設定方法や問題解決のプロセス、制約条件の捉え方などもシステムの問題と考えて、最終目的が人のためであることを念頭に置いた解決方法の設定の仕方を目指している。このように、人も社会システムも一体構造とみなして、人を中心として再構築を考える研究ユニットとして「サイバーアシスト研究センター」が設置されている。自動制御機械などのロボットは機械の高度発展形態と見なされて来たところがあるが、これからは人の心理、生理を充分に取り入れた方法論で進めることが大切であり、そのための研究ユニットとして「知能システム研究部門」が設置され、また、人間の機能を探究し利用して行く小さいながらも逞しい研究ユニット

「デジタルヒューマン研究ラボ」が設置されている。

これらにはソフトウェアとハードウェアの融合が必要であり、人に優しいシステムを求めて、技術の再構築を追求している。

### ～他の部門との連携～

2回に亘って解説して来たが、情報・電子・通信分野に関係が深く、常に連携を取っているハードウェア系のユニットとしては「パワーエレクトロニクス」「スマートストラクチャー」「光応答制御」「新炭素系材料開発」の各研究センター、さらに「計測標準」「ナノテクノロジー」「電力エネルギー」「エネルギー利用」「人間福祉工学」の各研究部門や「薄膜シリコン系太陽電池開発研究ラボ」などがある。ソフトウェア系では「脳神経情報研究部門」「人間系特別研究体」「ライフエレクトロニクス研究ラボ」などがある。総合科学技術会議や産総研中期計画、相互連携など、紹介出来なかった事項やユニットについては別の機会に譲ることとする。

## 生命情報科学研究センター

## バイオインフォマティクスの高度化と体系化への挑戦

当研究センター(CBRC)は、生命情報科学(バイオインフォマティクス)研究の中核拠点を目指した研究開発を推進している。生命情報科学は、ゲノム配列からタンパク質分子の立体構造・機能、それらの細胞・個体内での相互関係にいたるまでの生命現象を、情報論的な立場から取り扱うもので、ライフサイエンスと情報科学を融合した新しい領域である。

我々は、データベースからの相同配列の探索や立体構造の分類推定など、従来別々の支援ツールとして開発されてきた技術を情報科学的な理論体系を与えて統合し、最終的には生命現象を計算機上にモデル化し、信頼度の高い計算機シミュレーションを通じた新しい生物学研究の手法として開拓することを目指している。情報論的なアプローチは、必要とされる実験の量を減らすことによる開発時間の短縮、コス

トの軽減、倫理・安全問題の解消などに貢献し、21世紀のバイオテクノロジー産業の基盤を支える技術として期待されている。

## 最近の研究から

アルゴリズムチームは、ゲノム配列やアミノ酸配列の比較解析を中心とした、生命情報科学の基盤となるアルゴリズムの開発を行っており、実験系研究者と連携して薬物代謝酵素の全般的データベースを構築するなど、実用に直結した研究開発にも積極的に関わっている。

数理モデル・知識表現チームは、情報学の本格的な研究と実用的な応用の両立を図っている。数理モデルの理論研究、遺伝子領域発見システム(GeneDecoder)・単粒子画像解析システム(Bespa)などの応用の開拓と、生命情報の高度な格納・検索・演繹方式および表現方法について研究を行っている。また、配列情報(文字列)から細胞情報ネットワークまで幅広い

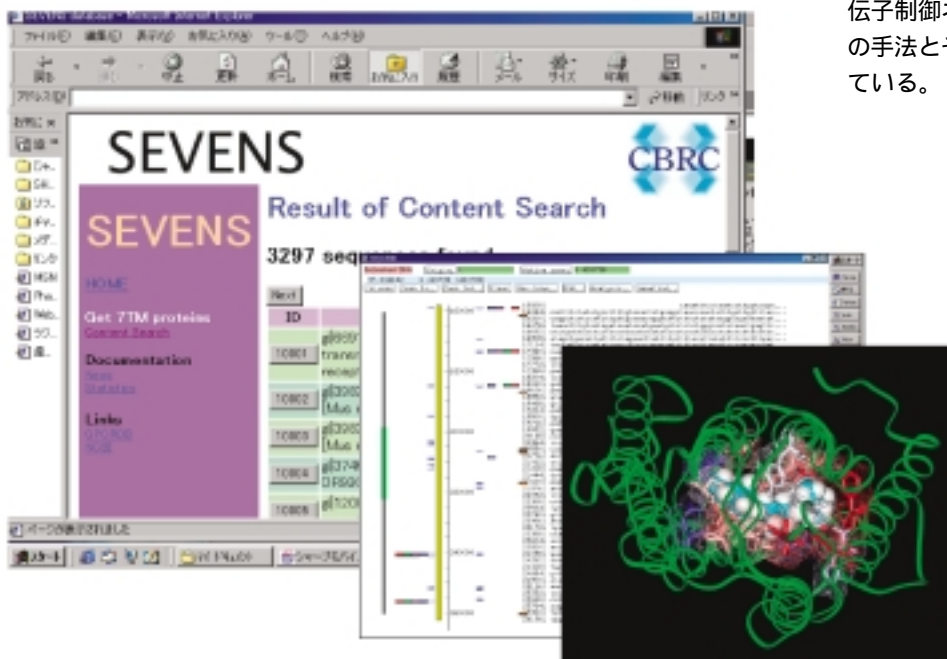
理論研究も行っている。

ゲノム情報科学チームは、全ゲノムレベルでの解析を通じて、遺伝子やタンパク質の機能発現メカニズムを理解し、機能予測を行うための研究とその応用を行っている。特に従来の方法では機能予測が困難な遺伝子を対象としており、最近ではヒトゲノム全体から創薬のターゲットとして最も重要なGタンパク質共役型受容体のほぼ全てを同定し終え、データベース化(SEVENS)したところで、医薬分野への大きな貢献が期待されている。

一方、分子情報科学チームは、タンパク質やペプチド分子等の立体構造および機能部位の解析・予測を行うためのシステム開発とその応用研究を行い、溶媒効果を精密に取り入れたツリーコード分子動力学プログラムMolTreC2を並列計算機上で効率的に並列動作させ、分子の振り舞いを高速にシミュレーションするシステムの開発を行っている。

細胞情報科学チームは、細胞内生命現象の理解を目指して、代謝経路や遺伝子制御ネットワークを解析するための手法とその応用のための研究を行っている。

(秋山 泰)



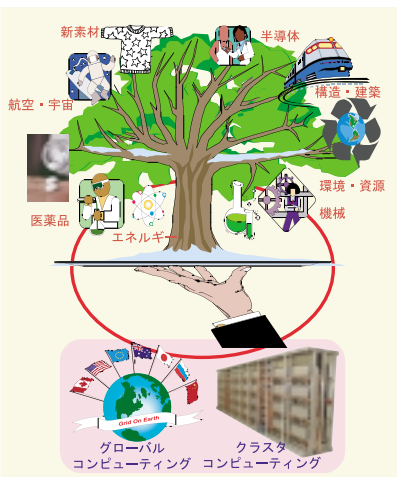
ヒトゲノム全体からのGタンパク質共役型受容体の網羅的な自動発見システム

# 情報処理研究部門

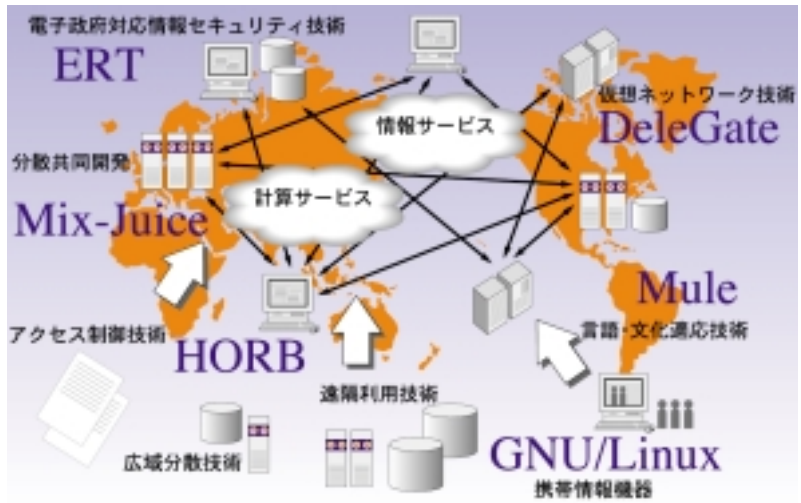
当部門の役割は、情報技術の基盤を提供することである。そして次の3つの分野についての研究拠点を目標としている。

## ネットワークコンピューティングの研究拠点

我々は、高速ネットワークで接続された高性能計算機群を統合してハイパフォーマンスコンピューテーションを実現するグローバルコンピューティング技術（Grid）と高性能計算ノードを高いコストパフォーマンスで実現できるクラスタコンピューティング技術の開発を行ってきた。そして基盤ソフトウェアライブラリとして Ninf を開発し世界に公開してきた。Grid は、現在の「Webベースのデータ交換の時代」の次に来る「コンピューテーションの交換の時代」を先取りした重要技術とされ、各国が精力的に研究開発を行っている。我々はGridのアジア太平洋地域国際研究プラットフォーム（ApGrid）の研究拠点となっている。Grid Forumという国際会議が頻繁に開催され、欧米そしてアジア太平洋から民間も含めて100以上の研究組織が参加しGridのためのソフトウェアやハードウェアの共通プラットフォーム化が行われている。我々はNinfなどのソフトウェア技術を背景にApGridの代表的研究機関として大きな役割を果たしている。



ネットワークコンピューティングとその広範な応用



オープンソース・フリーソフトとして公開中のソフトウェアなど

## オープンソースソフトウェア・フリーソフトウェアの研究拠点

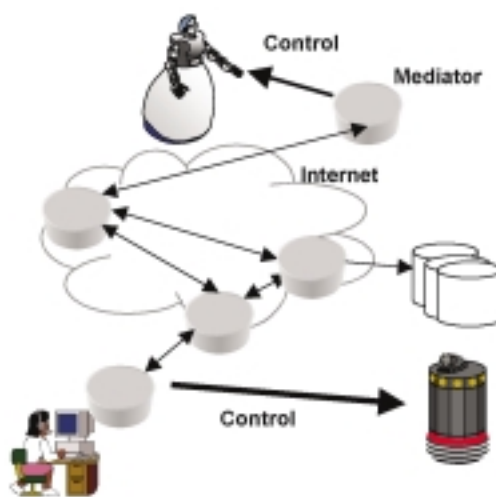
世界のソフトウェア技術を牽引する重要なものとして、オープンソースソフトウェアあるいはフリーソフトウェアという開発モデルがある。これはソースコードを公開し共有することで、インターネットに群がる有能な技術者によって高品質のソフトウェアを生産できる、というモデルである。我々はこのモデルにより、Mule, DeleGate, HORBなど基盤ソフトウェアを世に出し世界で使われている。我が国が遅れているといわれる

ソフトウェア技術の世界で、このモデルによるソフトウェア開発において成功事例を数多く示したい。そのことにより、このモデルにおいて、わが国でも世界のソフトウェア技術の牽引が可能であることをソフトウェア産業に携わる方々に示したい。

## 先端メディアの研究拠点として

我々は、人間と情報システムの間、あるいは情報システムを介した人間同士のインタラクションを、よりストレスの少ない、自然な、質の高いものにすることを目指して、実時間性・実環境性・適応性に富んだメディア処理技術の研究拠点を目標としている。これまでに、マルチモーダル対話システムや、オフィス対話ロボット（事情通口ロボット）などを世の中に先駆けて構築してきた。また、音声対話コーパス、日本語ディクテーションソフトウェア Julius など、研究開発の基盤の整備・普及に貢献している。今後はパーソナルコンピュータに加えて、様々なセンサやロボットなどが情報ネットワークに無数に接続される状況を想定した研究も進めてゆきたい。

（大蒔 和仁）



実世界メディエータ

# 計算科学研究部門

## 新しい技術の創成を支える 技術基盤

技術を進歩させるためには、科学的な解析・予測・設計の過程が必要になる。そのために高度な実験技術が開発されているが、技術が進むにつれて、そのサイズはナノメートルの領域に到達し、実験だけでは観測が困難になってきている。マクロな現象にあっても複数の要因が影響しあってその原因を特定することが困難な現象が多くなってきた。このようなことを背景に、仮想現実世界での実験である計算科学によるシミュレーションがますます重要になってきている。そこで、当研究部門では、**図1**のように4つの重点課題（解析・設計シミュレーション技術）と基礎解析により、工学・理学・社会科学の広範な分野において、計算機シミュレーションによる現象の解析・予測を通して、知的資産の蓄積、研究支援、生産活動の効率化、環境・エネルギー問題、安全などに貢献することを目指している。

## 4つの重点課題

### ナノ物質シミュレーション技術

最近、ナノテクノロジーが技術開発のキーワードになっているが、例えば、将来のデバイスとして期待される膜を用いた素子の分子動力学による解析などを行っている（**図2**）。

### 化学反応シミュレーション技術

持続的循環社会を実現するために、効率的な化学反応プロセスの設計手法の確立が急務である。例えば、電子状

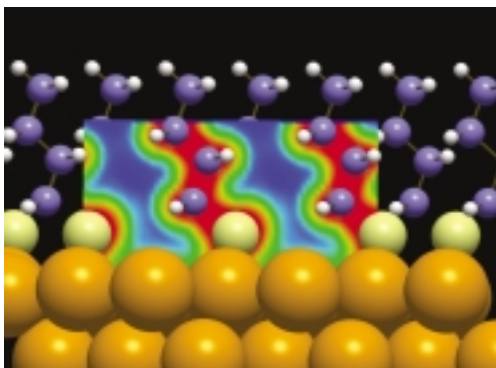


図2 金表面上の自己組織化膜の電子状態

## 重点研究課題の概念図

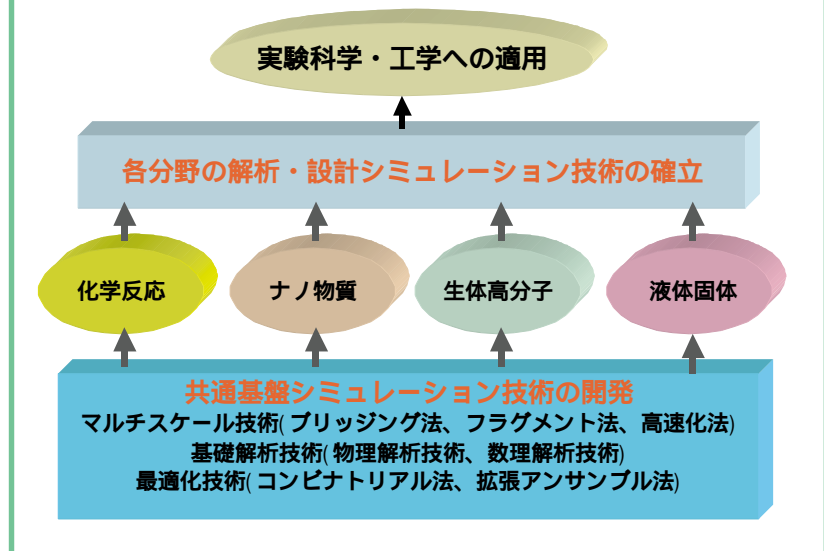


図1 計算科学と4つの重点課題

態計算と分子動力学を結合した第一原理による触媒作用の解析（**図3**）や、地球大気での化学反応の解析手法の開発などを行っている。

### 生体高分子シミュレーション技術

生体系は、多くの複合領域にわたる境際的な対象である。酵素反応を解明するための大規模分子動力学計算、量子化学計算の大規模化、タンパク質の立体構造の予測手法の開発などを行っている。

### 流体固体連成シミュレーション技術

多くの産業分野で計算力学は、基盤技術としての地位を確立しているが、単一の対象からさらに流体と固体の両方を同時に解析する手法の開発や、複合化した複雑な構造物の最適化設計、逆問題に挑戦している。

計算科学は、基盤的・境際的な研究であり、産総研の多くの研究ユニットをつなぐ横系的役割も果たしている。

（寺倉 清之）

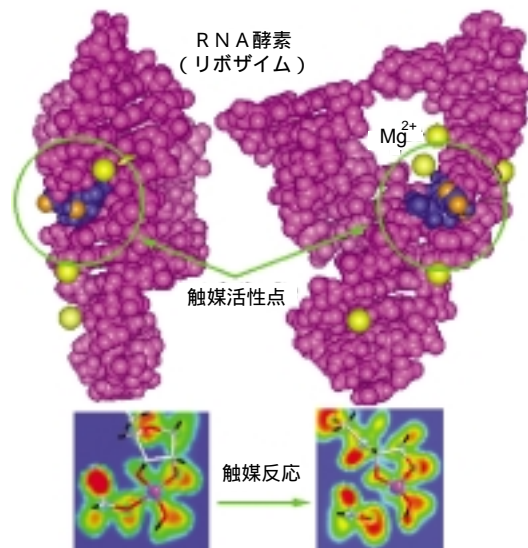


図3 酵素分子の触媒作用

## システム技術の構築

### サイバーアシスト研究センター

#### 目標

誰でも情報処理の恩恵が受けられる、人間中心の情報処理環境を作り上げるのがサイバーアシスト研究センターの目標である。街に知的センサーを含む情報通信網を築き、それを使って人間のアシストをするシステムを開発する。デバイス、インフラ、ソフトウェア、サービスを統合した情報処理の未来像を現実のものとするべく、産学官連携の研究開発の場として設計した。以下の二項目を中心課題としている。



#### ～状況依存支援～

位置を鍵とした意味的構造化を考えている。利用者の位置や要求内容に関する豊富な文脈情報を使い、さらに利用者のモデルを含むさまざまな情報コンテンツを意味的に構造化しておくことにより、意味と文脈に基づくインタラクティブな情報サービスが実現可能となる。

#### ～プライバシー保護～

我々は全く新しい通信手段を考え、これを「位置に基づく通信」と呼んでいる。物理空間内の位置という、個人を特定できない対象に対してサービスを提供し、その対価もデジタルキャッシュという、やはり個人を特定できない形での精算ができる技術を考えている。人類の経済活動の歴史上最大の発明と思われる現金という匿名媒体を情報処理の世界に再登場させたい。



#### 研究内容

マイボタンと呼んでいる超小型携帯端末、それと通信する情報インフラの設計、そしてその上のサービスのプロトタイプを構築する。これには主として以下の技術が必要である：

- 高精度位置追跡技術
- 近距離通信技術
- コンテンツ技術

個々の課題を深く追求するとともに、これらの統合によるプラットフォームを構築することにより、状況に応じた適切な情報提示と、プライバシーを保護したかたちでのサービス提供が可能になると考えている。

(中島 秀之)

### 知能システム研究部門

#### 知能システム技術の産業展開を目指して

計算機やネットワーク技術など情報技術の発展は、我々の情報処理能力を飛躍的に発展させ、生活やビジネスに変革をもたらしている。しかし情報技術も、情報の世界で閉じている場合は我々の頭脳活動の支援にとどまる。実世界で物理的に行動する我々にとっては、情報と物の流れの調和の取れた世界を築くことが重要であり、それはまた情報の付加価値を高めることにもなる。知能システム研究部門は、こうした考えのもとに、ITインフラとユーザーや実世界との接点にあって、人の様々な知的活動や作業を支援代行する

知能情報処理やロボット・メカトロニクスシステム技術に関わる研究開発を推進している。

#### 最近の成果から

高齢化が加速する21世紀社会は、人々が安全かつ安心して送れる生活を



図1 モジュラー型ロボットシステム

保障することに対し技術の貢献が求められ、こうした技術の中に新規産業の芽があると予測される。これら21世紀のニーズを意識して、生活支援知能システム（人間共存型ロボット、ヒューマノイドなど）社会・産業応用知能システム（屋外作業ロボット、ITSなど）実環境理解技術（3次元視覚、知能ロボット技術など）人間中心型情報処理システム技術（ウェアラブルビジョン、音声・聴覚技術など）知能基盤（推論・学習、技能、自律分散技術など）を重点に据えて、産学との連携を強化しつつ、11の研究グループが研究開発に取り組

んでいる。図に最近の成果の例を示す。図1は接続された均一セルの結合状態を制御することで変形し異なる機能を生成する自律分散モジュール型ロボットシステムである。新概念の多機能型機械として今後の応用・発展が期待されている。また、図2は、ウェアラブルコンピュータとビジョン技術を融合して開発された携帯型視覚インタフェースである。ユーザは、眼鏡に取り付けられた超小型ディスプレイを介して情報豊かなコンピュータ映像と実世界映像を重ね合わせて見たり、表示情報にアクセスすることが可能なインタフェース機器である。各種機器のメ



図2 ウェアラブルビジョンシステム

ンテナンスや医療・生活分野への将来の応用が期待されている。  
(谷江 和雄)

## デジタルヒューマン研究ラボ

### デジタルヒューマンとは

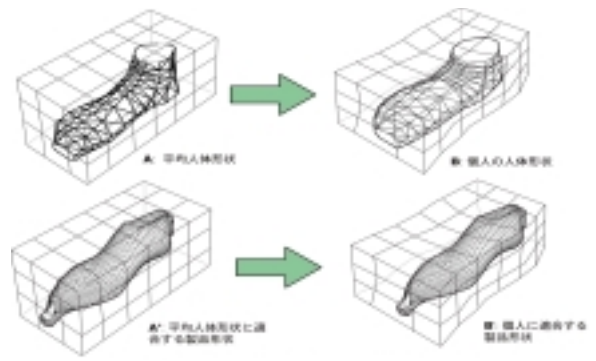
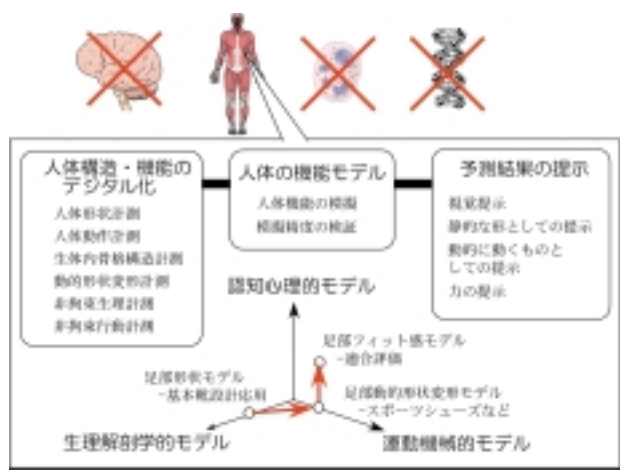
人間は、多くのシステムに関わる重要な要素である。一方、人間は、それがどう機能するかがよく理解されていない、システムの中で最も弱いリンク - Weakest Link - でもある。デジタルヒューマンは、人間に関わるシステムにおけるWeakest Linkを解決するために、人間機能をコンピュータ上に実現したモデルである。しかるに、われわれは人間組成（遺伝子、細胞・・・）のモデル化ではなく、人間全体の機能のモデル化に焦点を当てている。人間の機能を、生理解剖、運動機械、心理認知の3つの軸から記述し、人間機能の統合モデルを目指す。これらの人間機能を科学的に解明し、統合的に記述することは難しい。そこで、われわれは、

Application Drivenな研究スタイルで、比較的小さい産業応用上の具体的問題を解決しうるデジタルヒューマン研究からスタートし、徐々にモデルの高度化を図る戦略を採る。このような研究には、人を観察・計測する技術、モデル化する技術、その結果を人に提示する技術の3つのが不可欠である。当ラボでは、これらの研究を一貫して行う。

### 研究課題紹介

- 当研究ラボでは、
1. システムが人間を観察し、人間を支援するように環境を制御する - 人を見守るデジタルヒューマン
  2. デジタル空間の中で人間とシステムの親和性を評価し、人間と調和がとれるシステムを設計する - 人に合わせるデジタルヒューマン
  3. 人間機能の統合的解明をめざす - 人を知るデジタルヒューマン
  4. これらの技術環境を与える - デジタルヒューマンプラットフォームの研究を進めている。たとえば、人に合わせるデジタルヒューマンでは、人体形態をモデル化し、その個人差を形態変換関数として記述することで、個人の体に合った製品設計を実現する研究を行っている。具体的に、国内外の靴メーカー、下着メーカーなどと共同研究を実施し、2001年7月には、メガネフレームメーカーと共同開発した「日本人男性の顔にフィットする新型フレーム」が製品化され、産業界に貢献している。

(持丸 正明)



FFD法による空間歪を用いて、形状の個人差を定式化し、それを個人対応の製品設計に利用するイメージ図