

# サービス工学としてのサイバーアシスト

## — 10年早すぎた?プロジェクト —

中島 秀之<sup>1</sup>、橋田 浩一<sup>2</sup>

サイバーアシスト計画は2000年に発動し、2001年より2005年まで産総研サイバーアシスト研究センターを中心として研究開発が行われた。これは日本におけるユビキタス・コンピューティングやサービス工学の先駆けであったと同時に、世界的にも先見性を持った計画であった。おそらく、現在であれば高く評価された活動であると考ええる。ポイントは人間中心の情報システムを謳ったこと、実空間でのサービス提供を行ったこと等である。本稿は同センターが当時残した文書を中心にセンターの目標と活動を再構成する。また、それを受けて今後の研究方向を示す。

**キーワード:** サイバーアシスト、サービス工学、環境知能、ユビキタス・コンピューティング

## Cyber Assist project as service science and engineering

– A project that began ten years too early –

Hideyuki Nakashima<sup>1</sup> and Koiti Hasida<sup>2</sup>

The Cyber Assist project was initiated in 2000, and its R&D was conducted at Cyber Assist Research Center of AIST from 2001 to 2005. This project was a leading activity followed by ubiquitous computing and service engineering in Japan as well as one of the foresighted projects in the world. It should be highly evaluated even in the present time. The project had its focus on a human-centered information system that provides services in the physical world. This article rebuilds the goals and activities of the research center on the basis of documents produced then, and provides future research directions.

**Keywords:** Cyber Assist, service science and engineering, ambient intelligence, ubiquitous computing

### 1 はじめに

サイバーアシスト計画は2000年に発動し、2001年より2005年まで産総研サイバーアシスト研究センターを中心として研究開発が行われた。これは日本におけるユビキタス・コンピューティングやサービス工学の先駆けであったと同時に、世界的にも先見性を持った計画であった。ポイントは人間中心の情報システムを謳ったこと、実空間でのサービス提供を行ったこと等である。

通常、技術が最初に開発されてから世の評価を得るには10年単位の時間がかかるようである。たとえば現在ソフトウェア作成の主流となっているオブジェクト指向の考え方は1970年代後半に提案され、1990年頃から実社会で使われ始めた。そして更に10年を経てやっと主流というところまできている。10年を単位としてみるときに、サイバーアシスト研究センターは短命(2001～2004年)であった。そのため未完成の要素が散見される。

発案から10年を経た現在、サイバーアシストの目指し

たものが他の研究開発テーマの下に市民権を得始めている。それらとの関連を示し、新たな研究開発の枠組みを作り上げるという意味での構成的研究という観点からサイバーアシストの再評価をすることが本稿の目的である。特に、最近注目を浴びているサービス工学の実践<sup>註1</sup>としての活動を中心に上げたい。以下では同センターが当時残した文書を中心にセンターの目標と活動を再構成し、その後には評価を加える。

### 2 研究開発目標とその実現手法

まず、サイバーアシスト研究センターの目標と、それを実現するための組織について述べる。

#### 2.1 サイバーアシスト計画

サイバーアシスト計画の最初の発表は1999年<sup>[1]</sup>であるが、そこで述べられている背景認識は現在でも変わらない:

サイバネティクス(Cybernetics)はアメリカの数学者ウィーナーが“動物と機械における制御と通信”<sup>[2]</sup>で提唱した概

1 公立はこだて未来大学 〒041-8655 函館市亀田中野町116-2、2 産業技術総合研究所 社会知能技術研究ラボ 〒135-0064 江東区青海2-3-26 臨海副都心センター407号

1. Future University Hakodate 116-2 Kamedanakano-cho, Hakodate 041-8655, Japan, 2. Social Intelligence Technology Research Laboratory, AIST 2-3-26 Aomi, Koto-ku 135-0064, Japan

Original manuscript received September 15, 2009, Revisions received February 23, 2010, Accepted February 23, 2010

念である。彼は情報のフィードバックによる制御系の概念を打ち出した。我々は街にこのような情報フィードバック系(神経系)を与えたい。中枢神経系は高度な情報処理を行なうし、末梢神経系はセンサー情報の伝達や人間との情報通信を行なう。

そのような動きはすでに始まっている。インターネットを始めとする情報インフラの提供により、一般人が世界中の情報を容易に入手できるようになってきた。ネットワークの利便性は今後ますます高まって行くように思う。また、携帯端末の普及により、個人が情報処理装置を持ち歩き、それを通して社会の情報システムと対話することが日常的になると予想される。(中略)

我々が従来別の手段で行なっていたことをインターネットで行なえるようになったこと(例えば商品を買うことやホテルや航空機の予約等)にとどまらず、情報処理の助けによって初めて可能となったことも多い。更にその結果として、情報の選別、セキュリティ、プライバシー等の問題が新しく浮上してくることも考えられる。それらを解決するために個人に適応した情報処理システムが必要であり、パーソナルエージェントの研究も開始されている。個人のプライバシーを確保しつつ情報洪水の中から自分に必要な情報を選別し、安全に通信する技術が問われるのである。もちろん、法規制等の社会制度の大幅な見直しが必要であるが、技術者としても、そういった社会設計の道具として何が提供できるのかを考えておく必要がある。

上記の論説はサイバーアシスト研究センター(Cyber Assist Research Center。以下CARC)設立前のもので、他にデジタル・シティー<sup>[3]</sup>等を含む広い文脈のものであった。概念的には情報処理が関連する(あるいは、関連する)人間生活のあらゆる場面を包含する。たとえば、(空や海を含むが)典型的にはITS(知的交通システム)に代表される地上交通網のためのインフラや情報システム、都市設計や都市の情報システム、行政サービスや行政自体のためのシステム、遠隔医療システム、観光情報のためのインフラ等である。都市の神経網という意味ではビルや道路、橋梁等の構造物に歪みセンサー等を埋め込み、地震による被害を実時間測定するといったことも含まれる。あまりにも広範囲にわたりすぎるため、少し後の論説<sup>[4]</sup>では個人用情報機器とそれに関連する技術に絞り込み、以下のように記述されている：

サイバーアシスト(Cyber Assist)プロジェクトは、すべての人々が生活のあらゆる場面で状況に即した支援を情報技術に基づいて受けられる社会の構築を目指す。以前の情報技術は、机上のコンピュータを通じてしか利用できなかった。最近ではモバイル機器の普及によって利用範囲が広がっ

てきたが、それでもなお、一部の人々が生活の特定の場面で利用できるに過ぎない。

モバイル/ユビキタス情報技術を用いて、「今ここで」使える、生きた情報にいつでもどこでも誰にでもアクセスできる環境を創ることにより、社会全体を活性化することができる。黙っていてもスケジュールに合わせて切符を買ってくれたり、ショッピングモールの中を道案内してくれたり、隣席の人が小学校時代の同級生であることを教えてくれたりするサービスを可能にすることによって、われわれの生活を単に便利にするだけでなく、実世界での絆を結び、深めるような、物質的な面に限らない豊かさの支援を実現したい。

CARC活動当時、一般的に使われていたキーワードは「いつでも・どこでも・誰にでも」であった。これはいかなる状況でも情報通信機器にアクセスでき、そのサービスを楽しむことができることを意味する。それに留まらず、サービスの状況依存性を強調して「今ここで」としたのは先見の明である。現在は両方のキーワードが使われるようになりつつある。すなわち、いついかなる状況においても、その状況に適したサービスを提供することを重要視している。従来の情報技術はコンピュータを介してアクセスできるデジタル世界にはほぼ限定されていたが、われわれ人間の生活は実世界で営まれている。したがって、情報技術の利用可能な場面をすべての人々の生活のあらゆる側面に拡張するということは、デジタルな情報を実世界に密接にグラウンディングすることを意味する。実世界とは人間にとって意味のある世界であり、モノや個人や社会が織り成すリアリティの総体である。グラウンディング(grounding; 接地)とは、デジタルな世界とこの実世界との間で意味や状況を共有するということである。物理的位置の計測やコンテンツの意味構造化等の情報通信インフラに基づいてグラウンディングを実現し、それによって、実世界にある人やモノの間の絆を支援しようというのがサイバーアシストの構想といえる(図1)<sup>[4]</sup>。

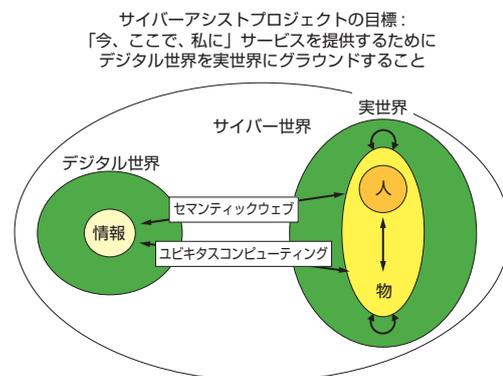


図1 サイバーアシストの研究目標

デジタルな世界と実世界とを緊密に結び合わせることで、情報技術を効果的に活用する上で本質的に重要である。米国におけるネットバブルの崩壊が物語っているように、デジタルな世界に閉じこもっている限り新しい価値を生み出せない。インターネットに閉じた世界は、金融のみに閉じた(工場生産の存在しない)経済と同じようなものである。情報に価値があるのは、伝達経路の両端に人がいてモノがあるからにはほかならない。情報技術を用いた健全なビジネスモデルを数多く生み出し、また情報技術によってわれわれの生活におけるさまざまな価値を高めるには、デジタル世界を実世界と融合する情報技術が欠かせない。

## 2.2 具体的研究目標と手段へのブレークダウン

サイバーアシスト計画を実現するには人間の日常生活における(前述のような交通・医療・災害等を含む)極めて広い範囲の場面において、極めて広い範囲の支援を考える必要がある。これが一研究センターの手に負える仕事ではないことは明らかである。適切なサイズの部分問題を切り出す必要がある。研究組織としては上記のトップダウンの要請と、自らが持つ資源(研究者の専門分野、研究施設、研究資金)からのボトムアップな制約を考慮した結果、以下のような具体的目標を設定した(研究センターの設立提案書より)：

● 目標：個人情報支援(位置とIDを併用した総合的な情報収集・検索・提示技術)

1. 状況依存パーソナルエージェント
2. 状況依存情報検索・提示
3. タグを用いたコンテンツ構造化

## 4. マルチモーダルインターフェース

● 手段：状況依存通信ソフトウェア

1. 位置に基づく通信技術
2. セキュリティとプライバシーの段階的管理
3. 物理情報を利用した情報サービス

● 媒体：位置による通信を用いた携帯端末・インフラ

1. 携帯端末
2. センサー・タグ群

センター活動の初期段階において、研究者全員からなるミーティングを毎週行い、各自の専門・興味とセンターの目標を繋げる作業を行った。その結果、上記目標を具体化・詳細化し研究テーマに落とし込んだものが図2<sup>註2</sup>である。状況依存性はあらゆるテーマにおいて考慮すべき事項なので、それより下が具体的研究テーマとして設定されることになる。3章でこれらのうちの重要なものについて記述する。

## 2.3 研究センターの運営と構成

前節で述べた目標を達成するために、CARCでは従来と異なる組織運営・構成を行った。現在でいえばサービス工学を実践するための組織づくりを行ったのである。

新しいサービス概念に基づくシステムを構築するためにはデバイスからアプリケーションまでを一貫して扱う研究開発の体制が必要である。そのためCARCの研究チームの構成は技術層別になってはいるが、それらの技術が互いに連携してユーザーの状況依存支援を目指せるように図3のような円環構造とした。ユーザーインターフェース(図2のインターフェースを担当)を頂点に、デバイス(図2の位置に基づく通信とそれを実現するデバイスを担当)、ソフトウェア(図

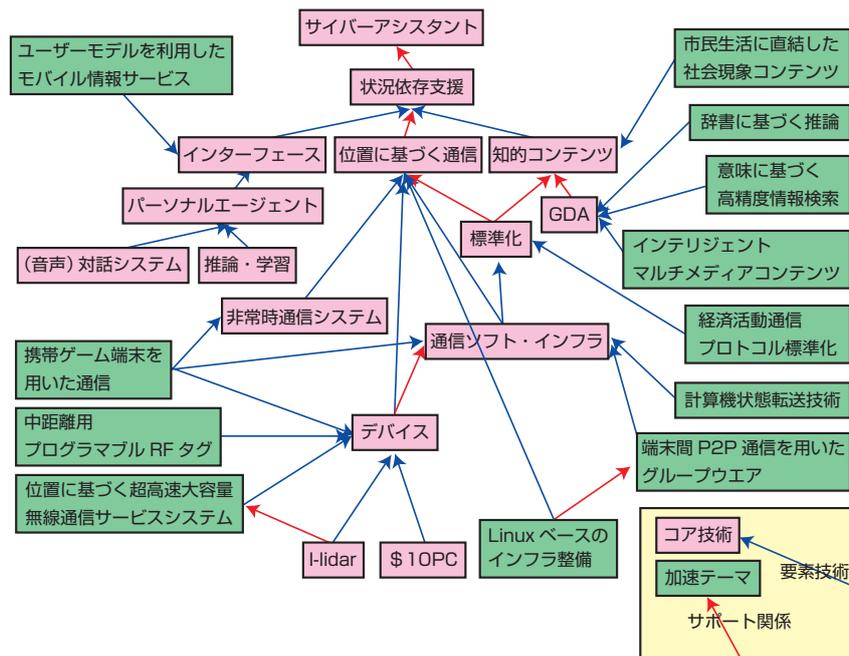


図2 サイバーアシストの研究テーマ相互関連図(初期)

2の通信ソフト・インフラを担当)、マルチエージェント(図2のパーソナルエージェント以下を担当)、知的コンテンツ(図2の知的コンテンツ、GDA、標準化を担当)の各チームが連携する。コンソーシアムのバザール方式(付録9.3)と同じで、アプリケーションを中心に基礎から応用までの技術がそろい、独自にアプリケーション開発ができることを目指したものである。単一の研究組織内にこのような異種技術分野がそろうのは産総研の、技術を社会に出すというミッションと、その中でも特に応用を担う研究センターならではのものと見えよう。

分野の異なる研究者間で全体としての出口イメージを共有するため、センター開始初期には、チーム別ではなく全員が集まってどのようなサービスを構築すべきかを議論する機会を毎週1回設けた。また毎年全体合宿を行い、各チームの進捗状況やアプリケーションイメージの共有に努めた。

また、出口(社会応用)を意識したことから、設立時より研究コーディネータを採用<sup>注3</sup>した。彼の働きにより工業デザイナー<sup>注4</sup>や弁理士事務所長を非常勤顧問とすることができた。その事務所の若い弁理士にはCARCのミーティングに出席していただき、特許化への対応をとった。知財の有効管理は企業との共同研究やベンチャー創出には不可欠のものである。また、サイバーアシストコンソーシアムも産総研初のコンソーシアムとしてその規則作りから行う必要があったが、これも研究コーディネータの働きである。

### 3 研究シナリオ

サイバーアシスト計画には現在で言うところの「ユビキタス・コンピューティング」と「サービス工学」との二つの性格がある。ユビキタス・コンピューティングはその名の通りコンピュータによる人間支援を「遍在」させることが目標であり、かつ、コンピュータの存在を人間に意識させないインターフェースを必要とする。そのため、研究要素や技術要素が多岐にわたり、狭い範囲にフォーカスすることが困難である。そのため以下で述べる項目は、一貫性を持ったものでも、サイバーアシスト計画の全体をカバーするものでもない。

またサービス工学としての実践重視の性格を持つため、

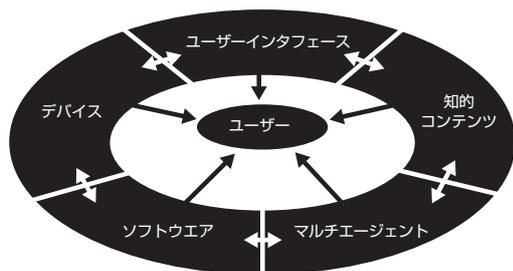


図3 CARCのチーム構成

ますます多岐にわたる些細な技術項目をクリアして行かねばならない。従来型の論文になりにくい研究である<sup>注5</sup>。

### 3.1 位置に基づく通信

CARCの研究領域を一言で表せば「情報の実世界へのグラウンディング」である。グラウンディングのためにはさまざまな実世界情報を得、利用することが必要であるが、その中でも位置情報は他の情報に比べて格段に重要かつ有用なものだと考えている。

我々は研究の初期に「位置に基づく通信」という概念を提案した<sup>[5][6]</sup>。これは従来の電話番号やインターネットのIPアドレスといった、世界中からユニークに一機器を同定できるIDをアドレスとする方式に代わり、位置をIDとすることによりプライバシー保護と状況依存(最近では「コンテキスト・アウェア」と呼ばれることも多い)の支援を両立させようとするものである:

現在の情報通信では、電話番号、IPアドレス、ハードウェアのMACアドレス等、個人やマシンを同定するIDに依存して通信が送られる。その通信を中継するために、これらのIDの情報を全世界に配っておく必要がある。このように個人のIDを公開するとプライバシーが保護されない。たとえば電子マネーで買物をする際にも身分が明かされる危険がある。一方、IDが必要であるため、近くの見知らぬ人と交信できず、日常生活で頻繁に必要なコミュニケーションの用を満たせない。

自由な社会生活と経済活動を保証するとともに、日常生活における必要性の高い通信を実現するには、個人やマシンのIDを宛名としない通信技術が必要である。さらに、匿名性の悪用を防ぐためのセキュリティ技術も同時に並行して開発し、プライバシーとセキュリティを両立させなければならない。(初期のCARCホームページより)

位置に基づく通信は状況依存ユーザーインタフェースの観点からも重要である。たとえば駅の自動改札は、位置による同定を通じたサービスを行っている。物理的に1人ずつしか通れない空間を作り出すことにより、料金支払カードと乗客の1対1対応をとっている。仮にSuica<sup>注6</sup>が5m先から読み取れたとしたら、ユーザーの位置が不確定になり誰に課金してよいのか判定できないためサービスが破綻する。位置が使えないとすると別の認証が必要となり、インターフェースが複雑になる。つまり、位置をインターフェースの一部とすることにより、煩雑なやり取りが避けられるわけである。これと同等の考え方が後述のCoBITシステム(4.1節)で採用されている。

### 3.2 マイボタン

CARCでは、究極の状況依存ユーザーインタフェースの概念として「マイボタン」を提唱した<sup>[7]</sup>。これはボタンが1

個しか無い個人用端末(図4)で、長年生活を共にした老夫婦の「阿吽の呼吸」のようにボタンの一押し(1ピットの通信)で「今、ここで、私が」欲しいサービスを得られるようにしようという努力目標である。つまり、ユーザーが多くを指示しなくても、その状況を共有・理解して適切な動作を行うのである。簡単かつ自然なインターフェースの究極モデルとして提案した。実際にはボタン1個ですべてをこなすのは無理だとは考えているが、ボタンの数が少ない方が良いのは事実である。また、ボタンを排除する完全自動化も好ましくないという意味を含んでいる。最終的な決断はユーザーの側に残すべきである。

構成的研究においてはこのような、ニーズ指向でもシーズ指向でもない、ある意味理想化されたゴールを持つことは重要であると考えている。これを基に研究と応用のシナリオを組み立てることができる。サービス工学では新しい理想化されたサービスモデルを中心に据えることもできよう。

### 3.3 インテリジェントコンテンツ

近年のサービス提供において大きな比重を持つのがコンテンツサービスである。映画、ニュース、情報検索、音楽等のコンテンツと、それを提供する仕組みは車の両輪の関係にある。CARCではCoBIT(4.1節)等で提供されるコンテンツを操作する仕組みにも注目した。

CARCでは電子データの構造化のための標準的な方法を策定し普及させるとともに、それに基づいて構造化されたさまざまな情報コンテンツ(インテリジェントコンテンツ)を作成・配布するための技術を開発した<sup>[8]</sup>。具体的には文章や映像にタグ付け<sup>[9]</sup>を行うことにより、構造を明示し、コンピュータによる意味処理を可能にした。それによってコンテンツのさまざまな操作、特に意味に基づく検索や再構成が可能となる。

さらに、自然言語処理やマルチエージェント等の技術を用いてインテリジェントコンテンツのさまざまな応用技術を開

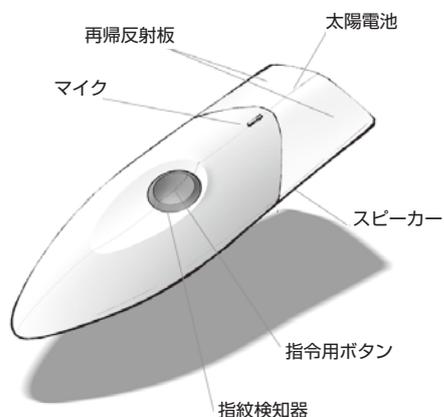


図4 マイボタンのイメージ(例)

開発した。これによって、コンテンツの意味に関する情報を広く共有し再利用できる社会の構築を目指した。情報コンテンツはしばしば実世界に関するデータであるから、インテリジェントコンテンツを物理世界にグラウンディングすることにより、世界を意味的に構造化できる。

位置に基づく通信と世界の意味的構造化とは情報をグラウンディングするための車の両輪である。これらにより情報の意味をコンピュータシステムと人間が共有でき、従来になかったシステムの実現の可能性をもって社会全体に長足の発展を促す。それは、これらの技術の応用分野が、通信技術や知能情報処理技術の全般に関連する極めて幅広い範囲におよぶからである。特に、こうした技術と携帯電話等の技術とは互いに補完する関係にあり、これらが自然に融合することによって、時と場所を選ばないさまざまな知的情報サービスが実現される。CARCでは、上記のような基礎技術を開発し、関連する規格の標準化を推進するとともに、研究要素の大きい代表的な応用技術のいくつかについてプロトタイプを示し、多くの応用に共通のプラットフォームを広く提供することにより、民間企業が他のさまざまな応用技術を開発するための基盤を整備することを目指した。

現在、これらの研究は映画の場面の検索、オンライン総合辞書<sup>[10]</sup>の共同執筆システム等に結実している。CARCとしては後述のイベント空間支援システム(5.2節)や愛・地球博(5.4節)等における情報提供システムでの利用も想定していた。大量のタグ付きデータから状況に応じて必要とされる情報をリアルタイムに再構築し端末へ発信するのである。しかしながら、コンテンツ作成にかかるコストの膨大さと、適切な内容を切り出す際に必要となるセンシングの設備の欠如等から、部分的にしか実現できなかった。

## 4 プロジェクト群(研究開発内容)

研究開発内容について目標テーマ毎に記述する。内容は研究開発の進展により徐々に変化したが、ここでの記述は最終成果時点の観点によるものである。なお、活動内容は多岐にわたり、すべてをここに記すことはできない。以下は代表的な成果である。

### 4.1 マイボタンを目指した端末の開発

プロジェクトの初期には「位置に基づく通信」(3.1節)の例としてレーザー・レーダ*i-lidar*による位置測定と通信を組み合わせたものを考えていた<sup>[11]</sup>。*i-lidar*は時間変調をかけたレーザー光を反射波と干渉させることにより対象物との距離を測定する装置である。レーザーの発射方向の情報と合わせることで対象物の3次元位置が測定できる。しかしこの装置は1台あたり数千万円のコストがかかり、量産時にも百万円のオーダーを下回ることは不可能で

ある。実社会で多数用いるには高価すぎるという点からこのシステムの利用は基礎研究のみにとどめた。

この *i-lidar* から派生<sup>注7</sup>した概念が赤外線通信を用いた無電源端末 CoBIT<sup>[12]</sup>（図5）である。これは赤外線により位置指定と通信を同時に行う（さらには端末へのエネルギー供給も同時にこの赤外線が行う）という意味で位置に基づく通信の例であるとともに、「マイボタン」概念の要求する簡単かつ自然なインターフェースを満たす CARC 初の成果となった。環境側に必要な装置も LED のみに簡略化することによりさまざまな応用が可能となり、CARC が設立した産総研ベンチャー「サイバーアシスト・ワン」を通じて普及させる構想もでき、実際に5章で述べるような多くの応用がなされた。

CoBIT は光源の前方に位置したときのみ情報を受信するという意味で、「位置に基づく通信」を行っている。Suica は 10 cm の超近接通信を行う位置に基づく通信システムであるが、CoBIT は数メートルオーダーの通信距離を持っている。Suica は電磁波であるため無指向である。このため高い位置精度を要求する。一方 CoBIT は光通信の利点として方向性を有している。即ち光源に向いた場合のみ受信可能である。この方向性を活かすことによって、同じ位置で向きによる複数の情報の分離が可能となる。たとえば街角の信号機から盲人用の案内情報を流す場合、位置だけでなく方向性が重要である。ある方向の信号が青でも、それから 90 度ずれた方向の信号は赤になっており、どちらに行きたいかによって情報が変わることが重要である。

#### 4.2 ミドルウェアの設計と開発

ユビキタス・コンピューティングの世界では、さまざまなデバイスがアドホックに連結されるため、デバイスの固定コンフィギュレーションを前提とした従来型 OS の概念は通用しない。ハードウェアとソフトウェアの層間にミドルウェアと呼ばれる層を構築し、ここで異種デバイスの相互接続や、デバイスを仮想化してアプリケーションソフトウェアに見せる等の変換を行う必要がある。



図5 CoBIT

ソフトウェア研究チームでは UBKit<sup>[13]</sup> と呼ぶミドルウェア構築のためのツール群を提案・実装し、情報家電システム等の実装に用いた。

CARC では、デバイス研究チームも CoBIT のための独自のミドルウェアを構築していたため、両者の共通化に腐心した。しかしながら、ベースが違いすぎたのと、3 年余りという短い研究開発期間で各々のアプリケーションを優先したため、CARC の全体会議では再三話題に上ったものの、この共通化は最後まで実現しなかった。時間が足りなかったことが主要因ではあるが、残念である。

#### 4.3 マルチエージェントシミュレーションの応用

マルチエージェントチームは交通シミュレーション等<sup>[14][15]</sup>の基礎研究の他、シミュレータ技術の応用として、日本発世界標準となった「ロボカップ」<sup>[16]</sup>（サッカーならびにレスキュー）における標準シミュレータ構築等の中心的役割も果たした。ロボカップにおいてはサッカーもレスキューも共に実機（ロボット）部門とシミュレーション部門があるが我々はシミュレーションのみに参加している。時期的にはサッカーは CARC 開始以前から行われていた活動を続けたものであり<sup>注8</sup>、レスキューは CARC 時代に開始されたものである。同時にレスキューシミュレーションや災害時にユーザー端末をアドホックに繋いだ情報伝達システム（無線）のシミュレーション等も行った。災害時の情報伝達システムは日常使っているものをそのまま使うのが望ましいので、CoBIT 等の無電源端末にまで広げられれば CARC としてのテーマが閉じるのだが、果たせずにいる。

### 5 豊富な実証実験や応用

CARC ではサービスの設計のみならず、実際にサービスを提供し、そこからフィードバックを得る活動を重視した。サービス工学の実践である。以下に代表例を示す。

#### 5.1 After 5 Years

新丸の内ビルの竣工に合わせて、5 年後の情報環境を見据えた After 5 Years という名の展示会が開催された。会場では多くの展示が隣接して並べられていたため、当初音声無しで企画されていた。しかしながら、CoBIT を使うことにより、展示の前に来た人だけに音声情報を伝えることが可能になる（位置に基づく通信の実現例）ため、これが採用された（図6）。

この展示の他にも「ドラえもん」展等で使用した結果、音源となる LED の劣化の問題が明らかとなった。LED に供給する電源電圧を音声変調しているため、LED の設計レベルを超える電圧がかかると性能の劣化が激しいことがわかり、これ以降の回路設計を修正した。

この方式はその後さまざまな展示（日本科学未来館や

産総研)でも使われることとなった。その大集成が後述の愛・地球博での応用である。

## 5.2 イベント空間支援システム

人工知能学会の全国大会では図7のような会議用システム<sup>[17]</sup>を構築して会議参加者に提供した。会議参加者の入場識別タグを兼ねた名札に特別設計の赤外線受光部、イヤホン、反射板、LEDライト(反射板の中央部に見える)からなるユニットを取り付けて端末とした。会場内の各所に設けられた情報ステーションには赤外線発光部、カメラ、ディスプレイからなるユニット(写真のものはPCをそのまま用いた試作版)を用いた。ステーションからの音声情報をイヤホンで聞くほか、LEDからIDを発信することによって、その記録をサーバーに残す機能、反射板の動きをカメラで捉えてマウスのように使って情報をディスプレイに表示する機能等を付けた。

なお、このシステムにはコンテンツとしてWeb上の論文情報等を用いた研究者関係自動抽出<sup>[18]</sup>を元に構築した研究者マップによる情報の利用<sup>[19]</sup>が含まれている。研究者の集会であるということを最大限に活用したサービスである。他にも会議のプログラム等と連動したサービスを提供し、CARCとしては数少ないインテリジェントコンテンツの利用例となっている。



図6 After 5 Yearsにおける使用風景(左上が光源)

このイベント空間支援サービスは人工知能学会の毎年の大会で継続的に提供した他、東京で開催されたユビキタス・コンピューティングの国際会議UbiComp 2005でも提供した。

## 5.3 情報家電

ソフトウェア研究チームで開発したミドルウェアUBKit<sup>[20]</sup>を使い、複数の情報家電を有機的に結合したシステムの実証実験を横浜で行った。ユーザーは個々の機器を意識するのではなく、音声により要求を発するだけで、後は部屋全体のネットワークが知的にタスクを遂行するシステムである。たとえば、「NHKのニュースが見たい」と言えば、テレビの電源、チャンネル(地域によってNHKのチャンネルが異なる)の設定、部屋が明るすぎる場合にはカーテンを閉める等の一連の動作を行う。朝の一定時刻になるとカーテンを開き、エアコンのスイッチを入れる等の設定も可能である。

実証実験(図8)は地域のコミュニティセンターで行い、実証実験の数カ月前から適宜住民に集まっていただき、アンケート調査の他、数回にわたるミーティングも行った。これにより情報機器に弱い老人や弱視の方等を含むさまざまな方の貴重な生の声を集め、次の研究へとフィードバック<sup>注9</sup>することができた。

## 5.4 愛・地球博

CARCが挑んだ最大の応用は愛・地球博であった。これは万博という世界規模のイベントでのサービス提供を半年にわたって続けるという、研究所としては未経験の挑戦であった。ここでは二つの企画に参加した。

グローバルハウス：日本政府直営の展示館である。荒俣宏氏の収集物等を中心に展示が行われ、その音声説明部分をCARCが受け持った。ここではCoBITのIDタグ付き発展型が投入されたが、商標の関係からCoBITの名は使わず新たにAimulet™ GHと命名した(GHはGlobal House)(図9)。Aimuletはamulet(お守り)に情報のIを重ねた造語であり、日本語の「愛」にも掛けている。

Aimulet GHは多国語対応とすることを旨とした。これ

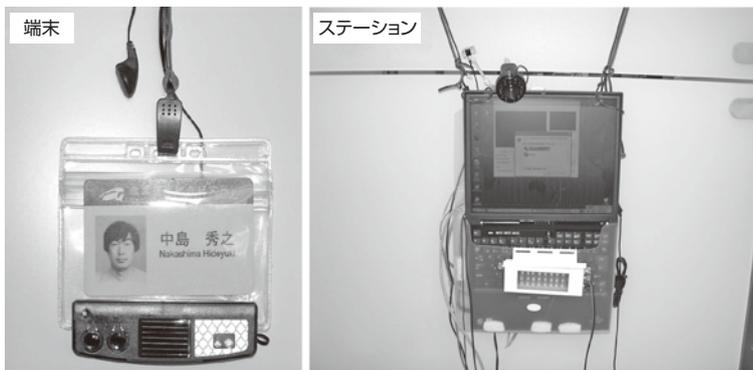


図7 会議用端末(左)とステーション(右)



図8 情報家電実証実験風景

は放送電波で使われている方式と同様に赤外線の周波数帯を変えることによる方式である。万博計画当初はアジア圏の言語を含む5ヶ国語を目標としたが、その後の実験で十分な帯域が確保できないことがわかり、実施は日英の2ヶ国語のみとなった。研究上の理論的な可能性と実用のギャップを痛感した。今後のサービス工学研究における課題である。

音声による情報提供の他、内臓のタグを天井のセンサーで検出することにより、訪問者の動線データを獲得した。これは以後のイベント会場設計における重要なデータとなる。

Show & Walk: これはパフォーマンスアーティストのローリー・アンダーソンが企画したイベントで、日本庭園内の各所にオブジェや音源を隠しておき、その場に行った人だけが体験できるという概念のものである(図10)。位置に基づく通信の理念に近いものであり、CARCにとっても新しい応用分野を示唆するものであった。我々は音の部分だけを担当することとし、企画時にアメリカの彼女の事務所に研究者が出向いて先方スタッフと共にさまざまな可能性を検討した。当初はステレオ方式により空間中に音像を定位させることを狙ったのであるが、これは挫折し、結局は他のCoBITやAimulet GHと同等の方式とならざるを得なかった。

こちらの端末(図11)(Laulie Andersonの頭文字をとってAimulet™ LAと命名した)は安価で入場券の代わりに



図9 Aimulet™ GH



配布できることを目指した。博物館等で貸し出した端末を漏れなく回収するのに苦労していること、特に出入り口の多い日本庭園のような屋外環境での回収の困難さを考えればこの安価な端末は強力な武器になると考えた。同時に愛地球博のテーマであるエコロジーをデザインに採り入れ、省資源で安価な竹の皮でケーシングを作り、回収せず来場者がお土産として持ち帰れるようにした。

図11はAimulet LAを受光部側(屋外での太陽光干渉を避けるため下に向けて使うよう設計)から見たものであるが、球形の太陽電池を使用している。これは指向性を鈍感にすると共に受光面積を増すのに役立っている。なお、Aimulet LAは竹と太陽電池の使用が評価され、2006年のグッドデザイン経済産業大臣賞エコロジーデザイン賞<sup>注10</sup>を受賞することができた。

なお、Aimulet GHならびにLAは太陽電池を電源としていることにより、会期中に電池交換が不要というメリットを持つ。数百から数千単位の端末の電池入れ替え(あるいは充電)作業は大きな負担で、これを必要としないメンテナンスフリー端末は長期間イベントでは大きな武器となろう。

## 6 サービス工学と環境知能

最後に最近の動向から振り返ったサイバーアシストの位置付けについて考察したい。CARCの活動は「Cyber-physical system」のドメインで「環境知能」を実現し、「サービス工学」を実践してきたものだと言えよう。

### 6.1 サービス工学

まずはここでいう「サービス工学」の意味を明確にしておく必要がある。「サービス工学」という用語は最初に東京大学人工物工学研究センターにおいて使用された<sup>(21)(22)</sup> p.134)。ここでは「サービス」は提供者が、対価を伴って受容者が望む変化を引き起こす行為と定義されている。

英和辞典で「service」という項目を引くと20以上のエントリーが並んでいる<sup>注11</sup>。勤務、(神に)仕えること、兵役、点検、テニスのサーブ、種付け等が並ぶ。これはservice



図10 Show & WalkにおけるAimulet LAの利用場面(左はLaulie 本人)

という概念に1対1で対応する日本語が存在しないことを意味する。

しかしながら、これらに共通する本質的な部分は「提供すること」である。何を何に提供するかによって意味が異なってくるのである。本稿の文脈で言えば情報システムを実際に使ってもらうことがサービスである。この部分(使用)を対象とした工学がサービス工学である。工学とは一般的な意味ではなんらかのシステムを構築するための学問体系である。自動車を構築するのが自動車工学、情報システムを構築するのが情報工学である。これら縦割りの工学分野に対し、それらを「使用」というフェーズで横断的に切ったものがサービス工学である。使用のフェーズを客観的に分析する(科学する)のではなく、そのフェーズを実際に構成し(つまり、サービスの提供を実施し)、その知見をシステムに戻すことが中心となる。

なお、IBMはservice science, management and engineering (SSME) という研究分野を打ち出している。日本でこれは「サービス科学」と呼ばれることもある。しかし、実用に供するシステムをデザインしたり構築したりする学問体系は科学ではなく工学である<sup>[23]</sup>。その意味でサービスは科学の対象というよりは工学の対象と考えるべきであるから、この学問分野を「サービス工学」と呼びたい。英語では「工学」にぴったり対応する単語がないためこのように長くなってしまふのであろう。

サービス提供を中心に据えた情報工学の実践という意味で、CARCの活動はまさにサービス工学の一分野の実践として位置付けることができる。製品化される前の研究成果を実際の使用に供するという行為は、産総研の研究センターという組織にして初めて可能になったように思う。この部分は従来の研究開発の枠組みを超えており、公的研究資金の調達しにくい部分である。そのため「死の谷」あるいは「悪夢の時代」<sup>[24]</sup>とも呼ばれ、研究者も企業も手をだせなかった領域である。産総研では

1. 独立行政法人化により研究資金を用いたさまざまな人



図11 Aimulet™ LA

(研究者以外)の雇用が可能になったこと

2. ベンチャー支援資金の供給が得られたこと<sup>[12]</sup>
3. 愛・地球博の場合には産総研に運営資金が投入されたこと
4. 研究センターという、基礎研究指向ではない組織の存在等によりサービス提供が可能であった。

サービス工学の実践は、基礎研究を中心に行う研究組織とサービスの実現を目指す研究組織という二つの性格の異なる研究組織に分離して考えるのが重要だと考える。後者は従来の基礎研究の評価基準にはのらないためである。

## 6.2 Ambient Intelligence

実空間に配置したセンサーやアクチュエータを通じて人間の活動を支援する仕組みを研究する分野は ubiquitous computing, pervasive computing 等さまざまな呼び方をされている分野であるが、ヨーロッパでは ambient intelligence<sup>[13]</sup> (環境知能) と呼ばれることが多い。

サイバーアシストは人工知能の応用分野と見ることもでき、実際、サイバーアシスト研究センターの正副両センター長を初めとするセンターの研究員の大半は人工知能分野の出身者であった。米国では個人の熾烈な成果競争のため、論文数をかせぐ必要から社会応用を目指す研究開発は困難らしく、ambient intelligenceの研究も会議室等、大学や研究所の環境内に应用範囲が限定されているものが多くCARCのような社会に出た活動は少ない。そのためか、人工知能の社会応用をテーマとした2007年人工知能国際会議では招待講演<sup>[25]</sup>を依頼されることとなった。

## 6.3 Cyber Physical System

最近NSFが中心となってCPS(Cyber Physical System)<sup>[26]</sup>という研究分野が立ち上がっている。物理システムが情報システムに影響を与え、情報システムが物理システムを制御する、両者間のフィードバックループを扱うという意味ではサイバネティクスやサイバーアシストの考え方と同じである。

## 7 評価

最後に、サイバーアシスト計画全体の自己評価を記しておきたい。

### 7.1 プロジェクトとして

サイバーアシスト計画は参考資料に示すように、当初通産省工業技術院産業科学技術研究開発制度による先導研究「知的社会基盤工学技術」の一翼を担うものとして計画されたものである。先導研究はその名のとおり、より本格的な国家プロジェクト(たとえば第五世代プロジェクトのようなもの)を目指しての先行的調査研究の仕組みであるが、残念ながら知的社会基盤プロジェクトが日の目を見ることは

なかった。一つには省庁横断型であり、通産省あるいは経済産業省が担うには大きすぎたということがある。この縮小版であるサイバーアシストも同様に国家プロジェクト志向のものであり、CARCの活動を中心にして全日本に広がることを期待していた。その点では失敗であったといえよう。以下でその理由を分析したい。

## 7.2 サービス工学として

産総研の役割の一つに、研究開発の「死の谷」を渡るというものがある。技術開発から製品化の間のギャップを埋める役割である。産総研には研究部門と研究センターがあるが、この製品化への橋渡しは研究センターが担うのが適切であると筆者らは考えている。

CARCはこの実践に努めた。情報技術において、この橋渡しには実サービスの提供を例示することが最も有効である。そのためCARCの活動はサービス工学の実践であると位置付けることができるし、同時に方法論の研究という意味ではサービス工学の研究対象ともなり得ると考えている。本論文はサービス工学という観点からCARCの活動を振り返ったものである。

CARCの提供したさまざまなサービス（学会におけるイベント空間支援サービス、愛・地球博における展示案内サービス等）は、それらが社会で実用化されたときに成功といえる。しかしながら、自分たちの手を離れて実用化されたサービスは残念ながら存在しない。この理由の一つは、3年少々というセンターの存在期間の短さにあると考えている。新しい技術が社会に出るには通常少なくとも10年の期間を要する。それに比べて3年は短すぎた。CARCがそのまま存続し、現在のサービス工学研究センターへと繋がっていたら、実用システムをいくつか世に送り出せたのではないかと思っている。

## 7.3 名前のごと

プロジェクト、論文、研究テーマ、造ったシステム等の名前は非常に大事である。名前が良くて広がったテーマ（たとえば「カオス」）や、逆に名前が悪くて広がらなかったテーマなど枚挙に暇がない。その意味では「サイバーアシスト」という名前は失敗だったと思う。研究内容を知る同分野の研究者には多大な影響を与えることができたが、多くの企業を巻き込むことや国のプロジェクトとする等の社会的広がりには達することができなかった。総務省が使っている「ユビキタス」や経済産業省が使っている「サービス工学」のようにはなれなかった。

第一の失敗は「サイバー」の意味。我々はWienerのCyberneticsの意味で使ったのであるが、映画Matrix等の「サイバー世界」が、ジャックインした先のデジタル構成された仮想世界の意味に用いられており、こちらが市民権

を得てしまった。「サイバー・テロ」ではインターネットと同義に用いられている。そのため、我々の研究がユビキタス・コンピューティングとは無関係なネットワーク上のシステムの研究に思われてしまった節がある。我々は

サイバー＝デジタル＋リアル

であるという主張を繰り返した<sup>[27]</sup>が、それを繰り返さなければならなかったという時点で負けであろう。最近米国ではCyber-physical systemという分野（6.3節）が立ち上がりつつあるが、我々が目指したものは正にこれである。「実世界」を意味する単語を入れておくべきだったと反省している。

第二の失敗は「ユビキタス」という用語を用いなかった点にある。センター設立時には「ユビキタス」という用語は存在していたものの市民権は得ていなかった。当時の首相が意味不明と言ったという話もあり、現在のように市民権を得るという予測が立たなかった。ただし、この「ユビキタス」という用語は総務省が使い始めたために、Mark Weiserの本来の意味ではなく、通信に偏った使われ方が主流になってしまった気がする。すなわち「いつでも・どこでも・誰でも」インターネットに繋がるという限定された使い方である。本当はその上でのサービスが大事なのだ。また、「ユビキタス社会」のように意味不明の使い方（インフラだけに言及しているのか？）も現れている。

ただし「アシスト」という人間支援の概念を名称に含めたのは成功だった。技術あるいは分野名ではなく、目的を含んだ名称の例は少ないが重要であると考えられる。では、今ならどういった名称にしたであろうか？候補としては「ユビキタス・アシスト」、「サイバー・アシスト・リアル」あるいは「環境知能」あたりであろうか？

## 7.4 デザインのごと

CARCでは外部スタッフ（研究アドバイザー）としてデザイナーの山中氏を起用する等、設立当初よりデザインを重視してきた。これは技術を社会に出す上でデザインが重要と考えたからである。デザインには形のデザイン（意匠）と機能のデザインの二つがあり、後者は研究者にもある程度可能であるが、前者はやはりプロにはかなわない。

山中氏は元は自動車デザイナーであったが、本人の弁によれば、自動車は機能と形の間の自由度が大きすぎて面白くないということで独立された。機能が形を決める例としては氏のSuica読み取り機のデザイン等が有名である。

山中氏には隔週の全体ミーティングの他、センターの合宿討論にも参加していただき、我々の議論している機能を形にするアイデアを出していただいた。機能を活かす形作りができたと考えている。Aimulet LAがグッドデザイン賞を受賞したことは成功例の一つに数えることができるが、し

かしながらこれに代表される赤外線通信システムがいまだに実用的に使われた例が無いのは残念である。

## 7.5 達成できなかった課題

プロジェクトの初期に課題として掲げながら達成できなかったものに「デジタル情報版の割符方式」がある。割符というのは物理的な1枚の板や紙を2分割し、それぞれを別個に保存するもので、両者が合わないと鍵とならない。個人情報保護のために、これのデジタル版を開発することを目指した：

### 【例】割り符方式による情報格納

サーバーに個人情報を集積するのは、悪用や漏洩などプライバシーの問題がある。ユーザー端末とサーバーに情報をうまく分離し、両者が揃わないと意味を持たないような表現、暗号技術の開発が必要である。

これは非常に困難な技術であることは当初から認識していた。暗号化した情報では、複合化した瞬間に通常のデジタル情報となり、コピーが可能である。たとえば病院に個人カルテを暗号化して持ち込んでも医者が端末で見た瞬間にコピー可能な情報になってしまう。患者がいるときにしか見えない方式が欲しいと考えているが、これはデジタル世界だけでは実現不可能という見通しもあった。実世界の情報をうまく組み合わせる(例えば「位置に基づく通信」と組み合わせる)ことによる実現が唯一の可能性と考え、その方式を模索したが、今のところ失敗に終わっている。

## 7.6 アドバイザリボードから

最後にサイバーアシスト研究センターアドバイザリボードの最終レポート(2004年)のエグゼクティブサマリー(元は英語)の日本語訳を掲載しておきたい。これは我々が考えるCARCの評価とも一致している。

サイバーアシスト研究センター(CARC)は以下の理由でユニークな組織であると考えられる：

- 世界的に重要な分野で有力な新しいビジョンを追求している
- 研究成果を実世界の環境におけるプロトタイプとして精力的に実装している
- 国際的な位置づけの研究室としての勢いを得つつある

CARCの分野は「環境知能」である。これは、情報技術をデバイス、建築物、衣服あるいは他の人工物にまんべんなく埋め込み、それらの能力と有用性を飛躍的に拡大することを強調するパーベイシブコンピューティングのアプローチである。この分野においてCARCは生活のあらゆる局面で人間を支援する情報技術に焦点を当てている。CARCのビジョンの独自性は、人間と物理的文脈を最大限に利用することによって、比較的単純な情報インタラクションで最高の援助が得られるとする点にある。

CARCの、研究成果の初期型プロトタイプを実際に適用するという方式は一般社会からの即時フィードバックを可能にし、同時に社会に対し新しい技術の利便性を印象づける効果を持っている。それに呼応するかたちで外部資金は年々著しく増加しており、CARCのプロトタイプの成功に合うものとなっている。

CARCのビジョンと研究手法は海外の研究コミュニティにおいて名声を高めてきた。CARCは日本における情報技術革新の先端的研究室の一つと見なされている。CARCは環境知能、セマンティックウェブ、マルチエージェント技術という世界的な情報技術の三つの主要な流れを、世界に先駆けて統合するという意味で流れに先行している。この競争的優位性を活かすために、CARCは研究センターとしてこの統合ビジョンを精力的に追求し続ける必要がある。

## 8 謝辞

ここに述べた研究はCARCの研究員の手によるものであるが、謝辞にその名を列記することはしない。引用文献から推測いただきたい。

また、CARCではさまざまな非研究員の方に客員として参加していただいた。工業デザイナーの山中俊治氏のデザインなしにはCoBITやAimuletの成功はなかった。また西澤特許事務所の小澁高弘氏には毎週のミーティングの段階からお付き合いいただき、特許出願や審査請求後の対応を一手に引き受けていただいた。(株)サイバー創研は利益度外視でコンソーシアムの運営を引き受けていただいた。他にも研究コーディネイト等で多くの方の協力の上にサイバーアシストプロジェクトの成立があったことを記しておきたい。

## 参考資料

### 研究センターの歴史と運営

#### 1) CARC設立までの経緯

通産省工業技術院産業科学技術研究開発制度による先導研究「知的社会基盤工学技術」(安西祐一郎委員長)<sup>[28]</sup>ではITによる新しい社会インフラ設計の提案を行った。ここで提案されていた知的社会基盤工学は、当時の通産省の領域を超え、郵政省や建設省等にまたがる省際性や、その規模の大きさから残念ながら国家プロジェクトとしては成立しなかったが、サイバーアシスト研究は上記構想のうちの主としてソフトウェア部分を切り出したものである。

「サイバーアシスト」の名称は上記先導研究の後継として組織された、安西祐一郎氏を委員長とする通産省のユーザビリティ委員会(1999)<sup>[29]</sup>にて創造されたものである。当時「ユビキタスコンピューティング」という名称はまだ市民権を得ていないという理由で使用されなかった。

通産省工業技術院が独立行政法人産業技術総合研究所とし

て再編成された際にサイバーアシスト研究センターが設立され、サイバーアシスト研究の中心となった。以下は設立時に記述された CARC の目標である。

誰でもどこでも安心して高度な情報支援が受けられる社会を実現するため、情報洪水を解消し、情報弱者を支援し、またプライバシーを保証する、現実世界の状況に基づいた情報サービス（状況依存型知的情報サービス）の技術を開発し、その普及を図る。そのための基盤として下記のような技術を研究開発する。

- 状況依存通信ソフトウェア技術と位置に基づく通信を用いた携帯端末・インフラ技術
- コンテンツの意味構造化とその利用技術
- 有用な情報をユーザーの状況に応じて提供する技術

以下はCARCにまつわる代表的イベントのリストである。

- 1998/3 知的社会基盤工学技術調査研究報告書
- 1999/3 ユーザビリティ研究会報告書
- 2001/2 第1回サイバーアシスト国際シンポジウム開催
- 2001/4 産総研サイバーアシスト研究センター（CARC）設立（2004/7まで）
- 2001/4 情報処理学会知的都市基盤研究グループ設立（2003/3まで）
- 2001/9 サイバーアシストコンソーシアム設立
- 2002/10 第2回サイバーアシスト国際シンポジウム開催
- 2003/4 情報処理学会ユビキタスコンピューティングシステム研究会設立
- 2003/4 産総研ベンチャー：（有）サイバーアシスト・ワン設立
- 2004/7 CARCが産総研の他の研究部門と合体し情報技術研究部門設立
- 2004/11 第3回サイバーアシスト国際シンポジウム開催
- 2005/10 第4回サイバーアシスト（国内）シンポジウム
- 2007/3 サイバーアシストコンソーシアム終結

## 2) 世界のトップクラスを集めたアドバイザリボード

CARC では独自のアドバイザリボードを組織し、関連分野の世界的権威を集めた。メンバーは以下のとおり（敬称略。肩書は当時）：甘利俊一（理化学研究所ディレクター）、安西祐一郎（慶應義塾大学塾長）、Rodney Brooks（マサチューセッツ工科大学教授）、William Mark（SRI インターナショナル AI 担当副社長）、二木厚吉（北陸先端科学技術大学院大学教授）、大星公二（NTT ドコモ相談役）、Stanley Peters（スタンフォード大学教授）、竹内郁雄（電気通信大学教授）、田中芳夫（日本 IBM 理事）、辻井潤一（東京大学教授）、Wolfgang Wahlster（ドイツ人工知能研究センター所長）、Steven Willmott（カタルーニヤ工科大学客員研究員）、米澤明憲（東京大学教授）。

## 3) 産総研初のコンソーシアム結成

CARC 立ち上げ直前からサイバーアシストシンポジウムを国内と国際を隔年で開催し、それを通じてサイバーアシストコンソーシアムへの参加を勧誘した。センターの立ち上げ後約半年で産総研コンソーシアムの規約をまとめるとともに産総研初のコン

ソーシアムを組織した<sup>註14</sup>。

通常のコンソーシアムは同業種による連合を基本とするが、本コンソーシアムではバザール方式と呼ぶ異業種連合を目指した。たとえばデバイス製造業者とサービス提供者者が組むことにより技術が世に出ることを願ったからである。

## 4) 産総研初のゼロからのベンチャー立ち上げ

産総研ではベンチャー起業を推奨していたが、我々としては CARC 設立時にはベンチャー立ち上げの構想は持っていなかった。しかしながら、研究開発の出口として社会応用までを射程に入れた<sup>註15</sup> ことで、すぐに装置の製造や設置を担う企業が必要となった。当然のことながら、そのようなことを一貫して扱う企業は存在しておらず自分たちでベンチャーを立ち上げるのが最適と考えるに至った。株式会社として最低限必要な一千万円の資金を出し合っただけで設立となった。メンバーの半数が CARC 研究員である。

しかしながら、我々の想定するベンチャーの形態と産総研のそれとは必ずしも一致していなかった。特に障害となったのは利益相反の問題であった。CARC のメンバーがベンチャーの出資者であり、その役員を兼ねていたため、利益相反の可能性があるというだけでベンチャーの入札参加が拒否されたため、初期の目的であったベンチャーを通じての応用の実施は困難を極めた。

また、ベンチャーの運営についても齟齬があった。我々は研究者として永久にベンチャーにかかわる予定はなく、ある程度軌道に乗った時点で売却して運営を移譲することを想定していた。しかしながら、知的所有権の独占使用権が5年間ベンチャーに貸与された後に産総研に戻されるという方針であったため、売却もかなわなかった。2009 年度現在、我々のボランティア的活動で支えているが、今後の展開の目は立っていない。

## 5) 学会活動

サイバーアシスト計画には学会での研究グループの育成も含まれていた。情報処理学会では 2001 年より知的都市基盤研究グループを組織し、IT 社会応用を中心とした研究活動を行った。この研究グループは情報家電研究グループと合体し、2003 年度より情報処理学会ユビキタス・コンピューティング・システム研究会となり、現在に至っている。

関連分野の研究者とともにユビキタス情報研究会という任意団体にもセンター長の中島（筆者）が積極的に参加した。これは学会に属する研究会ではなく、むしろこの研究会の参加者が各学会で研究会運営に携わりながら、それらを統括する組織として機能していた。この研究会の主たる成果として Small Stories 2008<sup>註16</sup> というビデオ創りが挙げられる。Microsoft、Hewlett Packard、NTT DoCoMo、Nokia 等がさまざまな未来予測／研究プロモーションビデオを作成する中で、研究者が技術的可能性を担保した上で描く未来像として制作した。CARC で試作した CoBIT やマイボタンの概念を反映した情報ルーベ等が登場する。

注1)現状において「サービス工学」の定義は多様であるが、我々は後述のように、実践の学として捉えている。サービス産業のための工学という限定は行わない。

注2)図2においてGDAとはGlobal Document Annotation(インテリジェントコンテンツのためのタグ<sup>9)</sup>)

注3)独法化以前の工業技術院として研究者ではない人材の初の正式採用を働きかけ、実現した。

注4)日産のQ45やJRのSuica読み取り装置のデザインで有名な山中俊治氏を非常勤に迎えた。

注5)CARC活動時にSynthesiologyが存在したなら、ここに投稿できたであろうと考えている。その意味で、終わってからの投稿が本論文である。

注6)Suicaのサービス開始は2001年11月であるから、CARC設立より後になる。

注7) i-lidarで位置測定のために発射している赤外線をそのまま通信に使ってしまうというアイデアの実装がCoBITである。

注8)研究者個人の活動は研究所の組織改編やプロジェクトの実施期間を超えて続いていることが多い。CARCにおいてはプロジェクト独自の研究テーマとこのような個人的活動の比率は1対1とするように指示・運営した。ただし、これらは必ずしも分離すべきものではなく、ロボカップの例のように、プロジェクトの一環として継続できるものも多い。

注9)詳細を記すスペースはないが、一例だけ示しておく。視覚障害の人もテレビ聴取をすることがわかった。その場合、音声だけでは想像できない情報を友人に電話して聞くことがあるらしく、遠隔地とのテレビチャンネル同期システムが有用であることがわかり、実装した。

注10)通常のグッドデザイン賞は約一千点の商品に授与されるが、そのうち経済産業大臣賞の冠がつく賞は合計21しかない。しかもエコロジーデザイン賞の受賞枠は通常二つである。大変な名誉と言える。

注11)実は英英辞典でも事態は同じで、20以上の項目が列記されている。

注12)ベンチャー支援資金の用途は、産総研側での開発に限定されており、直接ベンチャーを支援する用途には使えなかった。そのため、我々の創ったベンチャー自身は成功しなかったが、このような支援資金を使ってサービス実施のための開発が可能であった点は大きい。

注13)The European Union report, Scenarios for Ambient Intelligence in 2010. (<ftp://ftp.cordis.lu/pub/ist/docs/istagscenarios2010.pdf>)

注14)産総研のコンソーシアム規則はCARCが中心になって起草したものである。

注15)産総研理事長が本格研究という概念を規定する前である。

注16)Uabilaプロジェクト制作。 <http://www.akgt.u-tokyo.ac.jp/ubila/video/>

## 参考文献

- [1] 中島秀之, 石田亨, 西田豊明, 久野巧: サイバー・シティ計画, コンピュータソフトウェア, 16 (5), 84-90 (1999).
- [2] N. Wiener: *Cybernetics, or the control and communication in the animal and the machine*, Wiley, New York (1948). (池原止戈夫, 彌永昌吉, 室賀三郎, 戸田巖訳: サイバネティクス第2版-動物と機械における制御と通信, 岩波書店 (1962, 2004).
- [3] T. Ishida: Digital City Kyoto: Social information infrastructure for everyday life, *Communications of the ACM*, 45 (7), 76-81 (2002).
- [4] 中島秀之, 橋田浩一, 森彰, 伊藤日出男, 本村陽一, 車谷浩一, 山本吉伸, 和泉潔, 野田五十樹: 情報インフラに基づくグラウンディングとその応用-サイバーアシストプロジェクトの概要-. コンピュータソフトウェア, 18 (4), 48-56 (2001).
- [5] H. Nakashima and K. Hasida: Location-based communication infrastructure for situated human support, *Proc. SCI 2001(World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics, Florida, USA. (2001).*
- [6] 中島秀之, 伊藤日出男, 山本吉伸: 位置に基づく通信の提案, *情報処理学会研究報告 2001-MBL-1*, 25-30 (2001).
- [7] 中島秀之: マイボタンによる状況依存支援, *人工知能学会誌*, 16 (6), 792-796 (2001).
- [8] 橋田浩一: 人間中心の知的都市基盤-インテリジェントコンテンツ, *情報処理*, 43 (7), 780-784 (2002).
- [9] 橋田浩一: GDA, 意味的修飾に基づく多用途の知的コンテンツ, *人工知能学会誌*, 13 (4), 528-535 (1998).
- [10] 橋田浩一: オントロジーに基づく学術辞典の設計, 総合学術オントロジーフォーラム, 東京 (2005).
- [11] H. Itoh, S. Yamamoto, M. Iwata and Y. Yamamoto: Guest guiding system based on the indoor laser radar system using hv targets and a frequency shifted feedback laser, *International Topical Workshop on Contemporary Photonic Technologies 2000 (CPT2000)*, 117-118, Tokyo (2000).
- [12] T. Nishimura, H. Itoh, Y. Yamamoto and H. Nakashima: A compact battery-less information terminal (CoBIT) for location-based support systems, *Proc. International Symposium on Optical Science and Technology (SPIE)*, 4863B-12 (2002).
- [13] H. Nakashima, M. Hashimoto and A. Mori: UBKit for cyber assist, *Proc. 2nd International Conference on Active Media Technology*, 46-56, China (2003).
- [14] 太田正幸, 篠田孝祐, 野田五十樹, 車谷浩一, 中島秀之: 都市型フルデマンドバスの実用性, *情報処理学会高度交通システム研究会研究報告 2002-ITS-11-33* (2002)
- [15] T. Yamashita, K. Izumi, K. Kurumatani and H. Nakashima: Smooth traffic flow with a cooperative car navigation system, *Proc. Autonomous Agents and Multiagent Systems*, 478-485 (2005).
- [16] H. Kitano, M. Asada, Y. Kuniyoshi, I. Noda, E. Osawa and H. Matsubara: RoboCup - A challenge problem for AI -. *AI Magazine*, 18 (1), 73-85 (1997).
- [17] 武田英明, 松尾豊, 濱崎雅弘, 沼晃介, 中村嘉志, 西村拓一: イベント空間におけるコミュニケーション支援, *電子情報通信学会誌*, 89 (3), 206-212 (2006).
- [18] 松尾豊, 友部博教, 橋田浩一, 中島秀之, 石塚満: Web上の情報から人間関係ネットワークの抽出, *人工知能学会論文誌*, 20 (1), 46-56 (2005).
- [19] 武田英明, 西村拓一, 松尾豊, 濱崎雅弘: 出会いの情報技術, イベント空間の高度化, *人工知能学会誌*, 23 (4), 461-467 (2008).
- [20] 森彰, 橋本政朋, 泉田大宗, 渡邊充隆: ユビキタスコンピューティング環境構築のためのオープンプラットフォーム UBKit(ミドルウェア), *情報処理学会研究報告, ユビキタスコンピューティングシステム 2003-UBI-2*, 201-206 (2003).
- [21] 下村芳樹, 原辰徳, 渡辺健太郎, 坂尾知彦, 新井民夫, 富山哲男: サービス工学の提案(第1報)サービス工学のためのサービスモデル化技法, *日本機械学会論文集C編*, 71 (702), 315-322 (2005).
- [22] 内藤耕(編), *サービス工学入門*, 東京大学出版会 (2009).
- [23] 中島秀之: 科学・工学・知能・複雑系-日本の科学をめざして, *科学* 17 (4/5), 620-622 (2001).
- [24] 吉川弘之: *本格研究*, 東京大学出版会 (2009).
- [25] H. Nakashima: Cyber-assisting real world with ambient intelligence and semantic computing, *International Joint Conf. on Artificial Intelligence, Hyderabad, India* (2007).
- [26] Edward Lee: Cyber physical systems: Design challenges. *Technical Report UCB/EECS-2008-8*, University of California, Berkeley (2008). <http://www.eecs.berkeley.edu/Pubs/TechRpts/2008/EECS-2008-8>

- [27] 産業技術総合研究所サイバーアシスト研究センター, デジタルヒューマン研究ラボ(編): デジタル・サイバー・リアル人間中心の情報技術-, 丸善 (2003).
- [28] 安西祐一郎 他: 知的社会基盤工学技術の調査研究報告書, 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (1998).
- [29] ユーザビリティ研究会報告書, 通商産業省 (1999).

## 執筆者略歴

中島 秀之 (なかしま ひでゆき)

1983年、東京大学大学院情報工学専門課程修了(工学博士)。人工知能を状況依存性の観点から研究。マルチエージェントならびに複雑系の情報処理とその応用に興味を持っている。公立はここで未来大学理事長・学長。認知科学会元会長、ソフトウェア科学会元理事、人工知能学会元理事、情報処理学会元副会長。マルチエージェントシステム国際財団元理事。主要編著書: Handbook of Ambient Intelligence and Smart Environments (Springer)、知能の謎(講談社ブルーバックス)、AI 辞典第2版(共立出版)、知的エージェントのための集合と論理(共立出版)、思考(岩波講座認知科学8)、記号の世界(岩波書店)、Prolog(産業図書)。本論文で記述したプロジェクトの立案ならびに初代センター長としてプロジェクトの遂行を受け持った。



橋田 浩一 (はしだ こういち)

1981年東京大学理学部情報科学科卒業。1986年同大学院理学系研究科博士課程修了。理学博士。1986年電子技術総合研究所入所。1988年から1992年まで(財)新世代コンピュータ技術開発機構に外向。2001年より産業技術総合研究所サイバーアシスト研究センター副研究センター長、2004年に同研究センター長。その後、情報技術研究部門研究部門長等を経て現在は社会知能技術研究ラボ長。専門は自然言語処理、人工知能、認知科学。最近は、セマンティックコンピューティング、制約に基づく社会的相互作用(サービス)の計算モデル等に興味を持つ。日本認知科学会会長、言語処理学会会長、情報処理学会「次世代情報処理ハンドブック」編纂委員長、ソフトウェア科学会理事。著書・編著書に、知のエンジニアリング: 複雑性の地平(ジャストシステム)、言語(岩波講座認知科学7)、言語の数理(岩波講座言語の科学8)、Topics in Constraint-Based Grammar of Japanese (Kluwer)等。本論文で記述したプロジェクトの立案ならびにインテリジェントコンテンツ研究を担当。また二代目センター長としてプロジェクトを継続、特に愛・地球博実施を担当した。



## 査読者との議論

### 議論1 全体

コメント(小林 直人: 早稲田大学研究戦略センター)

本論文は、産総研に2001年に設置された「サイバーアシスト研究センター(CARC)」の活動を振り返り、発足当時の同研究センターが目指したものの意味と現在の状況を比較し、その活動を再構成して、現在でも(あるいは現在だからこそ)通じるその高い意義を確認することを目標とするもの、と理解しました。しかし、シンセシオロジーが第2種基礎研究をベースにおいた研究の学術論文誌であることに鑑みると、再構成を行うことだけでは論文としての価値は発揮できないと思います。そこで、シンセシオロジーの論文の眼目である(1)研究目標、(2)そこに至るシナリオ、(3)要素技術、(4)要素技術の構成方法、(5)結論、のそれぞれに対応して記述していただけませんか。

コメント(赤松 幹之: 産業技術総合研究所ヒューマンライフテクノロジー研究部門)

この論文の主題は、サイバーアシスト研究センターという構成学的手段が、いかにして「サイバーアシスト構想」に構成学的に取り組んだかという方法と成果、考察を述べることだと理解しています。そこで、例えば、ストーリーの主題を「位置に基づく通信」に絞りこむ等、主張が明確に読者に分かるようにしていただきたいと思います。

回答(中島 秀之)

客観的なコメントをありがとうございました。CARCの設計に関して自分では当然だと思っていることが、実はそんなに自明のことではないということが良くわかりました。センターの構成等も売りの一つなのですが、伝わっていないようです。これ以外の部分も含めて全面的に加筆・修正しました。

サイバーアシストのような、人間支援という概念を全面に出したサービス工学あるいは純粋なサービス提供という行為はストーリーの絞り込みが困難だと考えています。つまり、特定の機器や特定の機能の提供ではなく、それを含む広範囲の些細なことの積み重ねが必要であり、だからこそ従来そのような研究開発が行われてこなかったのだと思います。その点を強調するよう加筆しました。

### 議論2 タイトルにある「サービス工学」の定義

質問(赤松 幹之)

サイバーアシストはサービス工学である、という視点がタイトルとして表現されており、その一方でサービス工学に対して独自の定義をされています。6.1節においてサービス工学についての記述がありますが、初稿においては著者らにとってのサービス工学の定義があまり明確に記述されていないようです。「提供する」という意味でのサービスの工学ということでしょうか。

回答(中島 秀之)

一般的に言って「実用に供するシステムをデザインしたり構築したりする学問体系」には、そのシステムを「実用に供する」部分が含まれます。ここが「サービス」だと考えています。そうすると「サービス工学」とは、サービス産業のための工学という(狭い)定義ではなく、工学のうちシステムを実用に供する部分、あるいはシステムを実用に供することを中心に再構成した工学分野ということになります。6.1節に定義を含めて加筆しました。

### 議論3 サブタイトル

コメント(赤松 幹之)

サブタイトルに「10年早すぎた」とありますが、なぜ10年早すぎたのか初稿には述べられていないように思います。もし、これが本論文の重要な観点であれば、早すぎてうまく行かなかった原因や考えられる対処法、また、現在ならうまくいくであろうと判断した論拠等記述が望まれます。

質問(小林 直人)

サブタイトルで「10年早すぎた? プロジェクト」とありますが、これはCARCが活動を始めた10年前には世の中がまだサイバーアシストの中心概念である「人間中心の状況依存型知的情報サービス」の重要性を理解するには早すぎ、それを認知させるには3年という時間が短すぎたという解釈でよいでしょうか。あるいはCARCの活動に関係なく、世の中は10年後の今やっとその重要性に気づき始めたと考えればよいでしょうか。

回答(中島 秀之)

例えば、今ならサービス工学をやりますと言えば済んだことが、色々説明が必要でした。世の中より10年進んでいたとの自負でもあります(当時の当該研究ユニットの外部評価委員がそのように言ってくれました)。CARCだけが先駆だとは言いませんが、時代がそうなる

前に始めてしまった苦労は多々ありました。また CARC のみで世の中に認知させられたとも思いませんが、3 年ではなく 10 年続いていたら、もっとメッセージ性の高いプロジェクトになっていたのだと考えています。ただ、この部分で言いたかったのは「実用システム」を世に出すことに失敗したという点です。そのように改変しました。

#### 議論4 サーバーアシストを構成する技術

コメント (赤松 幹之)

読者の立場からは、サーバーアシストを構成する技術が分かることを期待します。具体的には、「2.2 具体的研究目標と手段へのブレークダウン」について、シンセシオロジーの論文としては、「トップダウンの要請と、自らが持つ資源からのボトムアップな制約を考慮した」というそのプロセスの中身が具体的に書かれることを期待します。

回答 (中島 秀之)

トップダウンの要請と、自らが持つ資源からのボトムアップな制約を考慮したプロセスの中身が具体的にうまく分析できれば貴重な資料になると思います。しかし、このあたりは毎週のミーティングを通して長い間に絞り込んできたので、具体的に書ける形にはなっていません (分析できていません)。「センター活動の初期段階において、研究者全員からなるミーティングを毎週行い、各自の専門・興味とセンターの目標をつなげる作業を行った。その結果、上記目標を具体化・詳細化し研究テーマに落とし込んだものが図 2 である。」という記述を追加するに留めさせていただきたいと思います。

#### 議論5 研究開発された技術

コメント (赤松 幹之)

サイバーアシストはデジタルな情報を実世界にグラウンディングする構想であると述べられ、それを実現するためのセンターの構成要素として、位置に基づく通信、マイボタン、知的コンテンツ、ユーザインタフェース、が書かれています。しかしこれらは要素技術に落ちているので、サイバーアシストを構成するためのサブゴールが分かりにくくなっています。可能であれば、2 章の各内容と 3 章の内容の相互関係を図示する等して、要素技術からみた研究シナリオを読者にとって理解しやすいようにしていただきたいと思います。

回答 (中島 秀之)

確かに整理不足でした。2.2 節に説明と研究テーマの関連図(図 2)を追加しました。また、説明が総花的になっていたのを、いくつかのテーマを落としました。特に「新しい交通システムの提言」に関しては割愛しました。

ただ、カーナビを用いた最適経路誘導に関して説明だけはしておきたいです。現在使われている技術が問題で、これは装着率が増すに従って効率が悪くなるのがわかっています。混雑情報を時間遅れで反映するシステムのため、フィードバック系の発振が起こります。我々はマルチエージェントシミュレーションによる未来予測型 (現在の技術で実現可能です) にしたため上記の問題を根本的に解決しました。しかし、これらの説明にあまりページを割けないことと、これが抜けても CARC の全体説明には問題がなさそうなので削ぐことにします。なお、フルデマンドバスは函館全域で実施する計画を立てています (ほこだて未来大学と産総研他の共同)。都市を対象としたサービスの実施です。

#### 議論6 構成学におけるデモの役割

コメント (赤松 幹之)

これまでのシンセシオロジーの論文でも主張している論文がありましたが、実装やデモによって実際に動かしてみることで問題点や重要なポイントが明らかになって、次のステップでそれに取り組むといった研究のプロセスがあると想像されます。それぞれのデモで得られて、それに基づいて取り組んで、次のステップにつながったことがあったら、その具体的な内容を記載してください。

回答 (中島 秀之)

一つの問題は、愛・地球博実施中にサイバーアシスト研究センターが解散してしまったことにあり、その後の研究展開の追跡ができていません。分かっている範囲で記述し、注 8) に記述を追加しました。

#### 議論7 研究成果に対する評価

コメント (赤松 幹之)

未達成の成果として割り符方式による情報格納を挙げられていますが、5.2 節の記述からは、原理的にデジタル技術では実現できないことをゴールとして設定してしまったようにも読取れます。もし、そうでしたら、研究を進めていくうちに、どういったことがわかってきて、その結果として原理的に不可能なことに気付いたのか、といったことが書けませんか？

回答 (中島 秀之)

「割り符」はデジタル+リアルで解決すべき問題であると初期より考えていました。デジタル技術のみでは解決不能であったとしても、それだけで不可能ということにはならないのですが、実際に解決の目的が立たなかった問題の一つです。ただ、今後の情報技術における面白いテーマだとは思っています。そこで、表現を補強しました。

#### 議論8 Suica との関係

コメント (赤松 幹之)

2.2 節の最後に Suica の話があり、CoBIT にその考え方が採用された点があります。Suica も位置に基づく情報、ユーザーの意思による、プライバシーが守れる、など、サイバーアシストの狙っている概念を実現する手段として Suica は近いものと推察します。こういった Suica を用いたアシストと、サイバーアシストとして提唱されている技術とはどのような関係があるのか等の記述があると、読者にとって身近なものとの対比になるので、読者の理解が進むものと期待できます。

回答 (中島 秀之)

CoBIT の項 (4.1 節) の最後に Suica との比較を追加しました。

#### 議論9 産総研の研究部門と研究センター

コメント (小林 直人)

初稿 6.1 節に「サービス工学の実践は産総研のように、基礎研究を中心に行う研究部門とサービスの実現を目指す研究センターという二つの性格の異なる研究ユニットを分離して考えることが重要である。」とあり、同 7.2 節に「要素技術の開発は基礎研究として研究部門が担い、製品化への橋渡しは研究センターが担う」という図式がある。」とありますが、このような図式は公式的ではないと思いますのでご確認ください。現在の産総研のウェブサイト ([http://www.aist.go.jp/aist\\_j/field/index.html](http://www.aist.go.jp/aist_j/field/index.html)) には、「研究部門：産総研ミッションと中長期戦略の実現に向け、研究ユニット長のシナリオ設定と研究者の発意に基づく研究テーマ設定を基本とし、一定の継続性をもって研究を進める研究ユニット。研究センター：研究部門からの派生ないし社会からの要請に応じて、特定の課題を解決するための技術、知識を早期に産み出すことを主目的に、研究ユニット長の強いリーダーシップのもと、集中的かつ時限的に研究を進める研究ユニット。設置年限は 3～7 年間。」と書かれています。

回答 (中島 秀之)

私見になりますが、私は当時の産総研吉川理事長の本格研究の分類に関して、基本的には第 1 種基礎研究=科学、第 2 種基礎研究=工学だと理解しています。氏の従来の研究は第 1 種基礎研究のことであるという言明は、世間では基礎研究が科学と同義に語られていたことに合致します。(ウェブサイトの「本格研究」p4「本格研究とは」の中に、基礎研究と応用研究として対比されています)。ただし、通

常の「科学」と「工学」の使い方は人によって異なりますから、ちゃんと定義しておく必要があると思います。ここでの「科学」とは、現象を理解するための分析的手法、「工学」とは現象を作り出すための構成的手法を意味します。「製品化研究」に関しては正直なところ良くわかりませんが、第2種基礎研究を世に出すフェーズのことを言っているのだと思います。

このように考えたときには研究部門は第1種基礎研究を中心とし、研究センターは第2種基礎研究を中心とするのが良いと考えています。当然、両者はきれいには切れませんから、一人の研究者が両方

やることもあるし、同一研究ユニットに両者が混在するのも当然です。しかし、そのことと、理念としてのユニットの設計とは別だと考えます。また、産総研のウェブサイトにあるような、時間スケールによって分けるというのは二次的なことではないかと考えます。製品化研究は必然的に短期になるでしょう。

いずれにしても、CARCは上記の理解の下に運営してきました。研究センターとして第2種基礎研究を中心に運営できたことが強みであると考えています。