

解説



障害者のためのインタフェース

—視覚障害者を中心として†—

篠原 正美†† 森川 治††

1. はじめに

平成2年度に、総理府が18歳以上の国民三千人に対して行った「科学技術と社会に関する世論調査」の中で、特に発達すべき科学技術の分野として、「高齢者や障害者の生活の機能を補うものの開発」が第1位（三つまで複数回答可で、45%強）にあげられている。ちなみに、4位が「人工臓器」の開発、7位が「健全な精神を維持するための心理学や医学の発達」となっており、他の上位2, 3, 5, 6位はエネルギー・災害・環境・資源関連テーマというように、個人から地球までの規模の違いはあるものの、生活あるいは生存環境に関わる科学技術が発達すべきとの意見が強い。こうした傾向は、他のいくつかの調査結果でも共通しており、大方の世論とみなすことができそうである。特に、第1位回答の背景には、医療技術の進歩による高齢者人口の増加、交通事故や薬害などによる後天性障害者の増加（先天性障害者人口は減少）といった社会的現象がある。高齢化にともなう感覚・知覚及び運動機能の後退は、後天的障害と同様なハンディキャップを生み出し、相対的な重複障害者の増加という深刻な問題にもつながっている。こうした事実がクローズアップされ、自分に関わる問題として認識されたとき、漠然と将来に対して抱く不安が、先の選択となって現れたのであろう。裏を返せば、それはこれまでの技術進歩の方向に対する不安でもあり、反省でもある。

ところで「高齢者や障害者の生活の機能を補う」という表現は、「特に障害者の使用を考慮せずに健常人の使用を目的に生産販売されている機

器としての民生機器」に対置する「障害者の使用を目的とした福祉機器」の開発をイメージさせるかもしれない。しかしながら、次章で触れる「508条」にみられるように、民生機器も「障害者が使用することを考慮すべき」との声が起こってきた。こうした考え方が社会の常識となったとき、「障害者や高齢者の自立した生活」が現実のものとなる。

2. 508条（米国）の波紋

「ある機器や施設がもたらす利益を享受したい」と切望する人がいるとき、彼をユーザとして受け入れる余地がまったくないようなら、そこには「人に優しいインタフェース」への配慮が欠けているといえるであろう。米国リハビリテーション法508条の表現に倣えば、個人の抱える障害によらずアクセシビリティを保障すべきということになる。1986年に発効した同条項は、「電子機器アクセシビリティ条項」と呼ばれ、電子事務機器が使えないことを理由に障害者の連邦政府職員への採用を拒否してはならないとするものである。その条項をサポートするために、翌年米政府は、「電子機器アクセシビリティ指針」を完成し、88年に政令として公布した。日本では88年に福祉システム研究会（太田茂代表）が指針を紹介し、同年より電子協のヒューマニティ・エレクトロニクス委員会（宇都宮敏男委員長）で、日本版指針の検討が開始された。翌89年に暫定案が作成され、90年6月に「情報処理機器アクセシビリティ指針」として確定された¹⁾。電子協を中心に、その普及のための活動も行われている。こうした動きは、欧米先進国での一つの潮流となりつつある。一方、先鞭を付けた米国では、90年7月に「雇用・交通・通信などにおける障害者の差別撤廃」をうたうADA (Americans with Disabilities Act) を成立させている。生活場面からみれば、情報化時代

† Interface for Persons with Disabilities—Focusing on Visually Disabled—by Masami SHINOHARA and Osamu MORIKAWA (National Institute of Bioscience and Human-Technology, Agency of Industrial and Scientific Technology).

†† 工業技術院生命工学工業技術研究所

を背景に、まず「働く」機会均等を目指し、次に「伝える」や「移動する」といった場面に拡張している。こうして、最終的には「文化を等しく享受する権利」を実現しようとするものである。

こうした社会状況が、計り知れない努力の積み重ねの結果であることは想像に難くないが、その根底には欧米流の「権利社会」としての風土が生きている。たとえば、我が国でも有名な北欧の社会福祉の思想に、その典型をみることができる。当然のことながら、そうした風土の上に、欧米の福祉機器開発研究は展開されてきた。

3. 機能補助と機能代行

ところで、ISO²⁾やICIDHでは、われわれが漠然と使っている「障害」という概念を、“IMPAIRMENT”、“DISABILITY”及び“HANDICAP”の三つの下位概念に分けて定義し*さらに、それらを用いて、“DISABLED PERSON”及び“TECHNICAL AID”を定義している**。近年我が国でも、ようやくこうした認識が、一般に浸透しつつある。

それによれば、TECHNICAL AIDとは、DISABLED PERSON(障害者としておく)を補助し、救済し、障害による不利益を解消するものであり、「福祉機器」という日本語が当てられている。福祉機器の特徴は、人々がもつ障害の多様性が、そのまま多様なニーズに直結する、極論すれば障害者個々がそのままモデルとなるところにある。

ところで現代は情報化時代といわれる。CPUの進歩によって情報処理技術と通信技術が結合し、システム化・ネットワーク化が促進され、日常機器の高機能化や情報の集積化が進んでいる。ただし、現状は、モノや情報が、単に氾濫している

だけの感がある。さらに、そこでの生産は、平均値的モデル人間を想定した「特に障害者の使用を考慮しない技術開発」に支えられている。そうした技術が作り出す環境が、DISABLED PERSONに限らず新たなハンディキャップ層を作りだしてしまうという矛盾が顕在化しつつあり、「人間中心の技術開発」の必要性が改めて認識されている。

情報関連機器に話を絞り、508条の表現を借りれば、必要なのは「障害者の使用も考慮した」アクセシビリティの確保であり、そのためのインタフェースの充実である。

当然のことながら、通常の情報機器のインタフェースには、操作に必要な人間のモデル機能が想定されている。基本的なシステムの変更をせずに、そうした既存の資源を障害者が使うためには、二つの支援方法がある。該当する機能が残存していて、それを補綴する方法、及び該当機能がすでに失われていて、別の機能で代替する方法である。仮に前者を機能補助、後者を機能代行と呼ぶことにする。視覚を例にとれば、弱視用眼鏡のように、人工的な構成物によって視覚機能を補強し、健常者の機能に近づけようとするのが視覚補助であり、これに対して、たとえば後に述べるOPTACONのように、印刷物紙面上の白黒パターンを触刺激パターンに変換して伝達するような本来視覚系で処理されるべき情報を、聴覚や触覚などの別の感覚系を使って受容・処理させるのが視覚代行である。視覚情報に対する補助と代行の関係を、図-1に示す。視覚補助では、個々人の視知覚特性に合致した刺激の変換技術が、また視覚代行の場合、代行に用いられる感覚の受容特性に合致し、かつ中枢での連合形成に適した刺激パターンへの変換技術が要求される。さらに、単一の他感覚の情報処理能力では代行しきれないような場合、複数の感覚系の相補的利用によることとなる。当然のことながら、視覚補助では、視覚代行に比べて外界情報に対する受容能力が高く、かつ連合形成が自然に行われるという長所がある。したがって、障害の進行、きわめて低い残存能力といった問題を除けば、補助によるほうが人間に掛かる負荷が小さい。もちろん、それらのいずれの方法も、障害の状態(たとえば、色弱のような部分機能、弱視、全盲など)、障害履歴(先天性、後天性

* IMPAIRMENT: Any loss or abnormality of psychological, physiological or anatomical structure or function.

DISABILITY: Any restriction or lack (resulting from an impairment) of ability to perform an activity in the manner or within the range considered normal for a human being.

HANDICAP: Disadvantage for a given individual, resulting from an impairment or disability, that limits or prevents the fulfillment of a role that is normal (depending age, sex and social and cultural factors) for that individual.

** DISABLED PERSON: Person with one or more impairments, one or more disabilities, one or more handicaps or a combination of impairment, disability and/or handicap.

TECHNICAL AID (FOR DISABLED PERSON): Any product, instrument, equipment or technical system used by a disabled person, especially produced or generally available, preventing, compensating, relieving or neutralizing the impairment, disability or handicap.

(履歴)など), 場面・機器仕様状況(たとえば, ある感覚系に対して有意味情報がないなど)に応じて変化する. そうした中で, 今後深刻になると予想されるのは, 高齢化にともなう諸感覚機能の同時並行的低下や, 中枢系の損傷による複数の機能障害の出現といった障害の重複や障害の進行の問題であろう. 重複は代行を困難にし, 進行は, たとえば補助から代行への切り替えを必要とする. それらを克服するためには, おそらくかなりの努力が要求されるが, 長寿化傾向と大きな関わりをもつ問題であるがゆえに, 「機器を使いこなすための努力」を引き出すための「動機付け」をいかにしていくかが, 今後の大きな問題となる.

以上の感覚系についての議論は, そのまま運動・行動機能に置き換えることができる.

そうした機能補助・代行技術は, おおの長い研究開発の歴史をもっているが, 次章では視覚代行技術に絞り, 欧米で行われた先駆的研究のいくつかを概観する.

4. 視覚代行研究の推移

「外部環境状況を触覚を通して伝える」という視覚代行の最初のアイデアは, 1887年に Noisetzowski によって提案された. その後, さまざまな研究が試みられてきたが, 電子技術の急速な発展と呼応して, 視覚代行技術は 1960年代に入って一気に開花することになる. 代表的なものとして Bach-y-Ritaらによる TVSS (Tactile-Vision Substitution System)³⁾, Linvillらによる OPTACON (Optical to Tactile CONvertor)⁴⁾, Kay による Sonic Guide⁵⁾ があげられる.

TVSS は, TV カメラで撮影された外部像を, 20×20 のソレノイド・マトリクスを用いて触パタ

ンに変換し, 背部に提示するものである. その後の研究によって, 簡単な文字や図形の判別, ある程度の奥行き知覚が可能であるとの結果が得られている. また, ソレノイドを電極に変えたとともに他のコンポーネントの小型・軽量化を図り, 歩行補助への応用を目指した研究もある.

OPTACON は, 通常の文字や図形を, 手走査型の小型 TV カメラで撮影し, 24×6 のピエゾ振動子マトリクスを用いて振動パターンに変換し, 指尖腹部に提示する. OPTACON は, 汎用性・携帯性に優れていることから, 全世界に普及しているが, その背景には, 教育・指導体制の確立を先行させるという強固な基本理念がある. また OPTACON は, 専用のアタッチメントを装着することにより, CRT 画面の読取りにも使用できる. これは, あたかもルーペのように対象に左右されないという利点をもつ一方, 習熟にはかなりの労力が必要とされる. 近年のパーソナル・コンピュータの普及に呼応して, CRT を介さず直接画面情報にアクセスするように, 機能改善が図られている.

それらとは異なり, 聴覚によって伝えようとする研究は, 1920年の d'Albe による Optophone⁶⁾ が最初であるが, 中でも Sonic Guide は, 実用性に優れた機器として著名である. 超音波を発し, 対象からの反射を受信して可聴音に変換することにより, 対象までの距離は音の高低で, 位置は両耳聴効果で判断できるようになっている. Brabyinら⁷⁾により, 歩行補助としての有用性が検証されているほか, Aikenら⁸⁾による認知的研究など, 多くの研究者の興味を引いている. 類似機能をもった機器として, Path Sounder (Russell)⁹⁾, Sonic Guide の眼鏡型に対して手持ちの箱型でそれ自

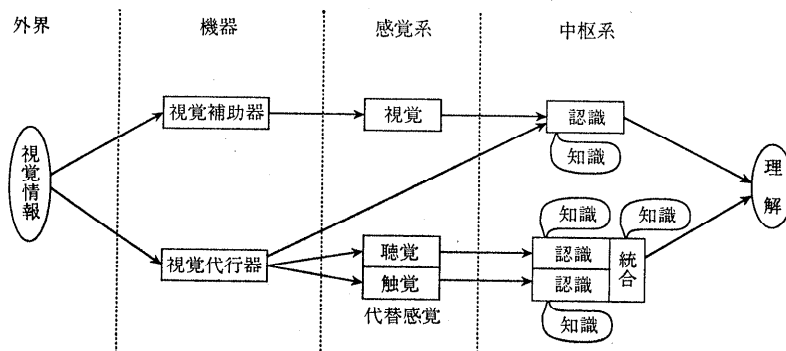


図-1 視覚補助・代行における情報伝達経路

体が振動するようにしたもの、レーザを用いる Laser Cane (Benjamin)¹⁰⁾ などが知られている。

OPTACON を発展させたものとして、文字を認識して合成音声で読み上げる KRM (Kurzweil Reading Machine 1979)¹¹⁾ がある。現在の KRM は、自動・手動の両入力機構を備え、高品質の合成音声出力との組合せによって、高い実用性を備えている。

また、視覚代行というよりは、人工感覚ともいえる研究として、Brindley や Dobelle による直接脳刺激法がある。これは、大脳半球感覚野付近に電気刺激を与え、それによって生じる phosphenes 現象を利用して、パターン認識を行わせようとするものであったが、諸般の事情により、あまりその後の発展がみられない。

以上のように、これまでの視覚代行研究は、日常生活を支える二つの大きな柱である「モビリティ」と「コミュニケーション」の支援を目指して展開されてきた。

5. コミュニケーション支援

盲人の読み書きは、主として、ブライユによって考案された点字を原点とする各種点字体系によって行われている。したがって、読むことに関しては、墨字から点字あるいは音声への変換が必要であった。そうした変換作業は、ボランティアへの依存度が高く、いきおい選択対象が制限されることとなる。OPTACON や KRM は、点字を介さずに墨字に直接アクセスすることによって、そうした制限の緩和を目指した画期的な開発であり、まさに時代の技術の賜物であった。一方、書くことについても、パーソナルコンピュータ及び音声合成技術の進歩により、点字と墨字の相互変換が可能となった。

ところで、情報化の進行により、近い将来、あらゆる生活場面で「コミュニケーション」が重要な地位を占めるようになって予想される。ただし、ここでの「コミュニケーション」の相手方には、人間のみならず機器も含まれるものとする。当然のことながら、「コミュニケーション」場面では、人は感覚系を介して情報を受け、運動系を介して意図を表出する。人対人の場合は基本的に「マルチ・モーダル」であり、「適応的」である。つまり、意図的に特定の情報源に注意を集中し、

伝えたい内容と相手の状況に応じた表出制御を行う。たとえば、視覚障害者に対しては聴覚重視、聴覚障害者に対しては視覚重視の配慮がなされるが、現在の機器にそうした能動的機能を期待することは現実的でなく、まずは 2. で触れたように、アクセシビリティを確保するための広い間口をもった基本的入出力機能と、豊富な端末のバリエーションを提供すべきである。特に、視覚障害者の場合には、「民生機器」である「情報機器」のディスプレイが、晴眼者を前提とした視覚言語主体であることが問題となる。現在、視覚の代替感覚としては、聴覚と皮膚感覚（主として触覚）が利用されており、たとえば表示文字を音声に変えて伝達することは可能であるし、音声合成技術は、十分に実用レベルに達している。ところで、最近では、コンピュータに限らず、情報機器、電子機器の呈示情報の中で、図形の占める比率が年々増加している。これは、インタフェースに振り分けられる情報処理資源が、ハードウェアの進歩によって飛躍的に増加したことと、文字に比べて図形表示が、機器の機能や状態をより直観的に伝えることができるという事情によって行っている。こうした GUI 化傾向に対し、G.C. Vanderheiden¹²⁾ は、視覚呈示情報を 11 のタイプに分類し、おのおのに対する可能な代行技術についてのレビューを行い、おのおのに対する対応策を検討している。そこでは、図形情報は、Icon image, Stereotypic image, Pictographic image, Animated image 及び 3-dimensional image の 5 つのタイプに分けられ、さらに図形に準ずるものとして空間配置や関係表現も加えられている。そこでも述べられているように、図形情報へのアクセスには、固有の感覚・知覚（あるいはパターン認識）特性、及び情報伝達効率の視点から、複数感覚の相補的利用が望ましい。しかし現状では、触覚表示関連技術は他の情報処理技術に比べて大きく立ち遅れており、マルチメディア関連研究の中でも、最も弱い部分である。残念ながら、本来文字情報獲得のために開発された OPTACON を、乗り越えるまでに至っていない。上記分類で言えば、高々 Stereotypic image のレベルであろう。

次章では、図形を伝える方法を概観する。

6. 図形を伝達する方法

情報伝達に利用可能な皮膚感覚 (Skin Senses) には、触覚 (Sense of Touch)、温冷覚 (Temperature Senses) があり、それらに対応する刺激としては、圧刺激、振動刺激、及び熱 (冷) 刺激があるほか、特異なものとして電氣的皮膚刺激 (Electrocutaneous Stimulation) がある。これらを視覚代行に利用する場合、空間分解能、時間応答性、順応性といった諸特性及び安全性を考慮する必要があり、現在は主に圧及び振動刺激が用いられている。

ところで、視覚ディスプレイ上の図形は2次元配置された絵素の集合であるが、OPTACONを初めとして、2値図形を表現できる触覚ディスプレイは、点字ディスプレイと並行してすでにいくつか開発されており、また新しい駆動素子も研究されている。しかしながら、実際の図形は、色や階調をパラメータとしてもつ絵素の集合であり、こうした付加情報の伝達も必要となる。触覚のみによる解決策として、バースト振動¹³⁾による振動パタンの弁別や、レリーフパターン (疑似3次元図形)^{14), 15)} による高さ弁別能力の利用が提案されているが、いずれも実用化には多くの課題を残している。

ところで、触覚情報表示方式は、次の三つの視点から分類することができる。

①一時的 VS 永久的

後者には、点字による図形表示、立体コピー及び膨張紙 (swell paper) などの技術がある。

②静的 VS 動的

触知時に表示形が保存されている場合を静的とし、それ以外を動的とする。振動子や電極による刺激表示も、2次元位置固定でON—OFF変動のみの場合は、静的と考えることにする。たとえば、ある間隔をもった2本の触知ピンが、適当な時間間隔で手掌に押し当てられることによって、一本の線分が知覚されるといった仮現運動を利用した筆順による文字表示方式は、動的の典型例である。

③能動的 VS 受動的

触知時に受容部位を意図的に走査できる (能動的触知可能な) 場合を能動的、それ以外を受動的とする。この分類によれば、GUI化に対応するための視覚代行機器として、現在最も関心がもたれ

ているのが、一時的で、静的かつ能動的な触覚情報表示機器である。

次章では、その要件を満たし、かつレリーフ表示可能な触覚情報表示装置の開発プロジェクト (工業技術院) について、簡単に紹介する。

7. 第1次試作から第2次試作へ

レリーフパターンを表示するための装置としての望ましい要件を列挙すると、以下のようになる。

①高密度触知ピン配列と高精度ピン階高制御。

②触圧に耐える大きな駆動力と保持力。

③ピン駆動の高速性。

④大きな表示体積をもちかつ外形はコンパクトサイズ。

⑤汎用的 (ホスト機種を選ばない)。

⑥安全で壊れにくく、保守が容易。

これらの要件は、ハードウェア構成に関わる制約からなかなか両立し難く、妥協範囲を探す必要がある。そのために、計測用の模擬ディスプレイを用いて、認識とピン密度の関係¹⁶⁾、高さ弁別^{17), 18)}、触知時押圧¹⁹⁾などの触知に関わる基礎的な実験を行った。他方、平成5年度までに実現可能な駆動用アクチュエータに関しても、実験による検討を行った。その結果、ピン間距離 3.0 mm でピン数 64×64 本の千鳥格子状配列、昇降ピッチ 0.2 mm、最大ピン高 10 mm、ピン当たり耐荷重約 250 g という目標値を設定し、リード・スクリューによるリニア制御方式と、ステッピング・モータの組合せによって、ハードウェア開発が進められることとなった。

第1段階として、駆動方式、アクチュエータ配置、ユニット化、配線、発熱・放熱といった諸問題の検討、あるいは新たな問題の発掘や解決法の策定を行うために、既存のモータを利用した第1次試作機が構成された²⁰⁾。ピン間距離 6 mm で 16×16 の千鳥格子状配列で、昇降ピッチ 0.25 mm、最大ピン高 5 mm、ピン当たり耐荷重 250 g 以上が達成されている。レリーフパタンの表示例を図-2に示す。

現在、そこで得られた知見に基づき、新たに開発された 4 mm 径のモータを用い、32×32 で目標仕様に準じた第2次試作が行われている (図-3)。

また並行して、開発されたディスプレイを利用

するための環境整備の一環として、レリーフ図形生成・編集エディタの作成や、それによる画像データの集積といった作業も行われている。

なお、この研究開発プロジェクトは、通商産業省工業技術院管轄の医療・福祉機器研究開発プロジェクトの一環として、新エネルギー・産業技術開発機構（NEDO）の支援を受けており、その推進にあたっては、視覚障害者、特殊教育関係者及び工学関係者よりなる開発委員会（杉江昇委員長）が指導を行っている。

8. 機器開発にあたっての問題点

図-1にも示したように、視覚代行には知識に関わる問題がある。本来触覚は、対象面に沿ってなぞることにより、局所的な面の状態を認識するものであり、視点を原点として対象との相対位置関係を認識する視覚とは基本的に機能が異なる。そのことは、たとえば、視覚ゲシュタルトは、触覚では成立しにくいといった研究報告や、開眼手術を受けた先天盲の、術後の空間知覚成立の困難さについての研究報告からうかがい知ることができる。他方、教示学習によって、図法と実体との対応付けがある程度可能になったという実験報告や、聴覚ではあるが、ソニックガイドを一定期間装着されていた乳幼児が、外界（もの）に対して

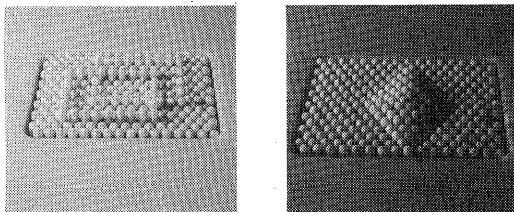


図-2 第1次試作機によるレリーフパターン表示例

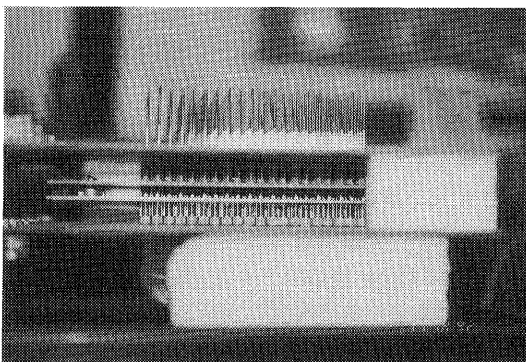


図-3 第2次試作機外観（開発途中）

晴眼児のそれと同じような働きかけをしたという観察報告もあり、それらは代行可能性への期待をもたせる。

このような感覚代行技術の開発にあたっては、感覚系の違いによる差異に加えて、発達期と失明時との時間的關係や、それまでの刺激・行動環境などの個人の履歴による多様性を考慮する必要があるが、そうした人間の特性に関わる研究が、心理・生理両面にわたって触覚では立ち遅れているのが実状である。おそらく、日常的な情報処理量の相対的な低さが、研究者や技術者の関心を引かなかったためと思われるが、その結果、ここに紹介したような開発研究も、足場の悪い手探り歩行状態にある。逆に、こうした開発から、新たな実験・計測環境が生まれ、新たな知見が得られることが期待されるが、それを求めることが実用化と必ずしも両立しないことがまた問題である。

最近では、いくらか技術に関わる状況が変化したようである。たとえば、仮想現実（VR）への関心の高まりが、触覚への関心も呼び起こしたようであるし、マイクロマシン研究の成果の移転も期待できる。また、神経生理分野でも、触覚関連研究がかなり行われている。近い将来、こうした技術や知見が、福祉機器開発に集積されることを期待したい。ただし、感覚代行はVRではなくて、まさにRV（Real Virtuality）である。また、正負両面から見ることで、たとえば、弱視者のための表示装置としてアイフォンを用いる前に、彼の眼への影響をきちんと押さえておくというようなことが必要である。

9. 内外の研究動向

6.からは、一つの触覚表示端末のみを題材として取り上げてきたが、同種の研究に限っても、日本の開発アクティビティは高い。その中には、触知ピン、タッチセンサ、及び音声合成器の組合せにより、一種のマルチモーダルコミュニケーション環境の構成を目指した研究¹⁵⁾もあり、新しい流れとして注目される。一般のコミュニケーション環境は、今後人間の振舞いを考慮に入れたマルチモーダル情報環境へと進んでいくと思われるが、最もそれを必要としているのが、障害によるコミュニケーション・ハンディキャップを負った人々である。そして理想的には、個々の状態に対応し

た環境設定が望まれる。508 条は、そうした理想の社会的実践の第一歩であったが、技術的なアプローチも米国ですでに開始されている。ARCHI-MEDES PROJECT と名付けられたこのプロジェクトは、障害をもったユーザとホストとの情報の送受信が、障害の種類や程度によらず一定になるようなハードウェア（汎用情報変換器及び個人対応端末）及びソフトウェア（情報翻訳プログラム）の開発を目指している。N. Scott の発案になるこのプロジェクトは、1992 年秋より 3 年計画で、スタンフォード大の CSLI の中に組まれたチームによって推進されている。この大胆な構想が、いつどのような成果を上げてくるのかは、読者の予測にお任せしたい。

たとえばいえば、自分用のループは、実に汎用的で便利である。OPTACON は、その概念の延長線上にあると思うが、情報化に則した知的能力も備えたループの概念、こうした視点からの研究開発は是非とも必要であり、そこからの成果と社会的施策とが結びついたとき、ヒューマン・インタフェースという言葉は、だれも使わなくなっているに違いない。

10. おわりに

情報化が進んで、あらゆる生活場面で情報が重要な役割を演じるようになるといわれる。そうした状況が身近に迫っているながら、アクセシビリティはなかなか向上しない。一つには、「生きていく」と「情報」との関係が、危機感をもつほどには体感されていないのではないかと自分自身で感じる。事実、福祉機器用品最新情報（時事通信社編）の大半を占めているような生活補助具こそが、「生きていく」ために現在最も望まれている機器であるし、それらは個々の障害状態にきめ細かく対応し得るよう深く配慮されている。さらに、情報には、従来のモノと身体との関係とは異なり、心との関係が深いという意味での扱いにくさがある。いわゆるハイテクではなく、既存の技術の精緻化及び組合せによる技術開発であっても、その固有性のため法外な費用が掛かるという問題もある。もちろん、素晴らしい創意・工夫と思いきやりに富み、かつ金の掛からない開発例もたくさんあるが、社会の仕組み上、費用が掛かるのは当然であり、問題はその負担のし方と開発後のフォ

ローアップであろう。

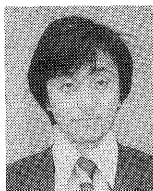
参考文献

- 1) 太田 茂:「情報処理機器アクセシビリティ指針」とは、リハビリテーション研究, No. 67 (1981).
- 2) ISO 9999:1992 (E/F).
- 3) Bach-y-Rita, P., Scadden, L. A. and Collins, C. C.: Tactile Television System, Smith-Kettlewell Institute of Visual Sciences (1975).
- 4) Linvill, J. G. and Bliss, J. C.: A Direct Translation Reading Aid for the Blind, Proc. IEEE, 54, pp. 40-50 (1966).
- 5) Kay, L.: A Sonar and to Enhance Spatial Perception of the Blind, Engineering Design and Evaluation, The Radio and Electronic Engineer, 44, 11, pp. 605-629 (1974).
- 6) d'Albe, E. E. F.: The Optophone: An Instrument for the Reading by Ear, Nature, 105, pp. 295-296 (1920).
- 7) Brabyn, J. A., Sirisena, H. R. and Clark, G. R. S.: Instrumentation Systems for Blind Mobility Aid Simulation and Evaluation, IEEE Trans., Biomedical Engineering, BME-25, pp. 556-562 (1978).
- 8) Aiken, S. and Bower, T. G. R.: Intersensory Substitution in the Blind, Journal of Experimental Child Psychology, 33, pp. 309-323 (1982).
- 9) Russell, L.: Travel Path Sounder-Further Results, Proc. Int. Conf. on Sensory Devices for the Blind, Dufton, R. (ed), London. St. Dunstan's, pp. 293-297 (1967).
- 10) Benjamin, J. M.: The New C-5 Laser Cane for the Blind, Carnahan Conf. on Electronic Prosthetics, pp. 77-82 (1972).
- 11) Goodrich, G. L., Bennet, R. R., de L'Aune, W. R., Lauer, H. and Mowinski, L.: Kurzweil Reading Machine: A Partial Evaluation of Its Optical Character Recognition Error Rate, Visual Impairment and Blindness, Dec., pp. 389-399 (1979).
- 12) Vanderheiden, G. C.: Nonvisual Alternative Display Techniques for Output from Graphic-Based Computers, Journal of Visual Impairment and Blindness, Oct., pp. 383-390 (1989).
- 13) 今堀直三, 末田 統: 皮膚バースト振動感覚特性, 電子通信学会研究報告, MBE 83-99, pp. 79-84 (1979).
- 14) Shimizu, Y.: Tactile Display Terminal for Visually Handicapped, Displays, July, pp. 116-120 (1986).
- 15) 河井良浩, 大西 昇, 杉江 昇: 盲人用図面認識システム, 第 4 回生体・生理工学シンポジウム予稿集, pp. 361-364 (1989).
- 16) 清水 豊, 斎田真也, 志村 洋: 盲人用三次元情報表示装置—三次元情報表示の重要性, 第 16 回感覚代行シンポジウム予稿集, pp. 55-60 (1990).
- 17) 篠原正美: 盲人用三次元触覚ディスプレイ, 情報処理学会, ヒューマンインタフェース研究会, HI

33-3 (1990).

- 18) 篠原正美: 盲人用三次元情報表示装置一階高差弁別特性, 第17回感覚代行シンポジウム予稿集, pp. 105-106 (1991).
- 19) 斎田真也, 清水 豊, 檜田 修, 王 晋民: 盲人用三次元情報表示装置一触知覚時に触知ピンが抗する垂直圧力, 第16回感覚代行シンポジウム予稿集, pp. 49-54 (1990).
- 20) Shinohara, M., Saida, S., Shimizu, Y., Mochizuki, A. and Sorimachi, K.: Development of a 3-D Tactile Display for the Blind; System Design, Computer for the Handicapped Persons, Proc. of 3rd Int. Conference Vienna July 7-9, pp. 422-430 (1982).

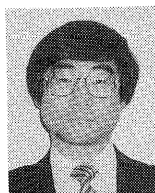
(平成5年5月18日受付)



篠原 正美

1970 年東京工業大学理工学部数学科卒業。同年, 通商産業省工業技術院製品科学研究所に入所。以来, マン・マシン・インタフェースに関

わる人間の情報処理特性の研究, 及び視覚障害関連機器の研究に従事。現在, 生命工学工業技術研究所人間情報部心理情報研究室長。日本数学会, 日本行動計量学会, 日本リハビリテーション工学協会等各会員。



森川 治 (正会員)

1977 年東京工業大学理学部情報科学科卒業, 1979 年同修士課程修了, 1982 年同博士課程修了。理学博士。同年通産省工業技術院製品科学研究所入所。1993 年生命工学工業技術研究所主任研究官。マンマシンインタフェース研究に従事。日本人間工学会会員, ISO/TC 159 人間工学国内委員会, 情報処

理学会 HI 研究会各委員。

