

ヒューマンインターフェースの新概念と技術 (I)

A Survey of New Concept & Technology of Human Interface

福井 徹
Toru, FUKUI

第1節 はじめに

ヒューマンインターフェースの概念が提案されてから既に50年以上経過している¹⁾。その間コンピューターを中心とした情報技術の進歩はめざましいものがある。さらにそれらの応用商品は毎日のように身のまわりをにぎわしており、情報社会の到来と共に一般大衆に普及しつつある。一方これらの商品の機能が高度化・多様化するにつれて、大半の人にとっては、期待した機能の大部分は未使用のままほりをかぶってしまうのが現状の姿である。その要因には色々考えられるが、一番の要因として挙げられるのがユーザにとって機械の取り扱いにくさにある。いわゆるヒューマンインターフェースの問題である。この点につき第2節ではこれまでの商品事例を挙げて論じている。

第3節では、機能と操作の関係を機能情報・操作情報なる新概念をヒューマンインターフェースに導入することによって、図式化し、商品の多機能化に対する操作のプロセスを定量的に論じている。第4節では、従来から定義されてきたヒューマンインターフェースの尺度のあり方につき、第3節に定義した機能情報・操作情報なる概念を導入することによって、より定量的な評価が可能になった。これにより、さらにヒューマンインターフェースの総合評価も可能になった。

第5節では、最近の情報機器の代表例としてマルチメディア商品を取り上げ、ヒューマンインターフェースの優れている点、劣っている点を第4節の評価基準に照らして論じている。

第6節では、近い将来期待されているユビキタス社会の到来を前提に、ヒューマンインターフェースのあり方について情報通信白書平成16年版を参照しながら論じた。技術面では、とくにシステム LSI 技術とソフトウェア技術の急速な進歩を通じて、機能情報と操作情報をユーザーが意識することなしに対応できる新しい概念を提案した。すなわち機能情報・操作情報をシームレスに結びつける「システムエージェント」によってユーザーが対話型で対応できるシステムである。

第2節 ヒューマンインターフェースの必要性が生れた背景

人間は道具を扱う動物であるといわれている。すなわち人間がある対象物との接点において、必ず何らかの手段を生み出してきた。その対象物を自分の期待するように取り扱いやすい手段として、いろいろな道具を発明してきたわけである。

それらの道具は目的を実現するための有効な機能であればあるほど広く一般に適用された。翻ってエレクトロニクス時代の代表的な商品を例にとって考えてみよう。

昭和30年代のいわゆる三種の神器では、人々はその機能の素晴らしさに何とか無理をしても手に入れた欲望にかられたものである。テレビ、電気洗濯機、電気冷蔵庫である。それらはいずれも目的が明確であり、それを実現するための機能が人々によって容易に実現できるものであった。続いて昭和40年代にはカラーテレビ、クーラー、自動車の3C時代の到来であった。この時代も三種の神器と同様に、人々はその機能の素晴らしさに強く引かれたものである。その後10数年を経て1980年代になるといわゆるマイコン搭載の機器が登場するに至り、これまでの状況が一変するのである。例えばマイコン搭載のエアコン、マイコン搭載のVTR、電子レンジ等々である。これらの機器の特長はいずれも多機能化である。マイコンのお陰で数多くの機能をソフトウェアにより実現できるようになったため、人々の期待

する機能とそれを実現する手段の間に一対一の対応がつかなくなったのである。三種の神器や3Cの時代には人々は自分の期待する機能とそれを実現する手段を一対一で対応できたのであるが、マイコン搭載のエアコンになると温度・風量・風向・タイマーによる時刻設定など一般の人々には極めて扱い難い機器になった。

またせっかく取扱いに慣れた頃にはまた新製品が現れて、一から習得せざるを得ないようになってきた。この傾向をさらに加速させたのが1990年代のパソコン・インターネットである。

確かにパソコンの機能は素晴らしいものがある。コンピューターの発明以来、特定の専門家しか取り扱えなかった道具がパーソナルに個人個人のレベルであらゆる情報処理の手段として身近に使えるようになったことは、特筆大書すべきことである。しかしながら、人間が道具を扱って以来、その機能と実現手段の対応が無限に近い状況にいたったのは人類の歴史始まって以来といえよう。しかもこの傾向は今後益々増大していく傾向にあるし、このような環境に一般大衆の人々が飲み込まれていくことになる。その結果、情報社会の中であって、このような環境に馴染めない人々や、阻害された人々、いわゆるデジタルディバイドという新たな社会問題に発展する可能性を孕んでいる。

以上に述べたように、これまでの人間と機械との関係から今後の情報時代を展望すると、人々が期待する情報機能とそれを実現する手段との対応において、可能な限り人々の望む形で操作が可能な方法がこれからの大きなテーマである。

これがヒューマンインターフェース（Human Interface 以下では HI で示す。）が必要とされる背景である。

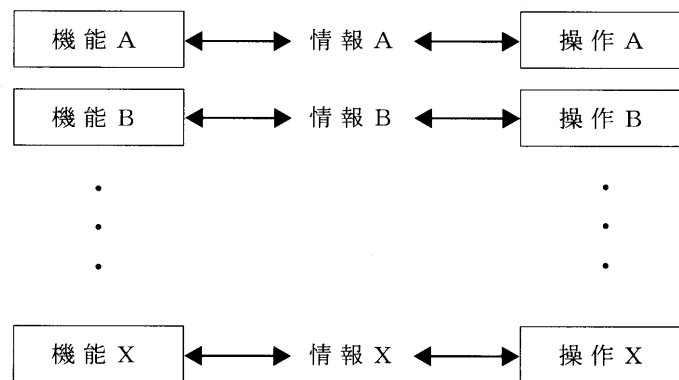
第3節 機能と情報の関係

対象とする機械には一般的に複数の機能がある。

それらを機能A、機能B、・・・機能Xとする。

つぎに機能Aを実現するのに必要な操作を操作A、機能Bに対して操作B・・・が対応するものとする。したがって、機能Aと操作Aを結びつけるのに情報Aが対応する。

同様に機能Bと操作Bを結びつけるのに情報Bが対応する。これらのことを図式すると第1図のようになる。



第1図 機能、情報、操作の関係

機能と操作の関係は通常はいわゆる「取扱説明書」で記載されている。最近の情報機器ではこの「取扱説明書」が電話帳位の分厚さで、一つ一つ理解するのが至難のわざと敬遠されている。情報A、情報B、・・・情報Xがこれに相当する。

第2節で述べたように、三種の神器では機能と操作が1対1に対応していた。したがって機能を想定すれば、特別な情報を得なくとも一義的に操作が決定されたのである。このような状況を認知科学の分野ではアフォーダンス（Affordance）という。これはNorman²⁾がインターフェースの用語として定着させた。この考え方は物体自身がみずから情報を発信しているという概念で、たとえばドアのノブは

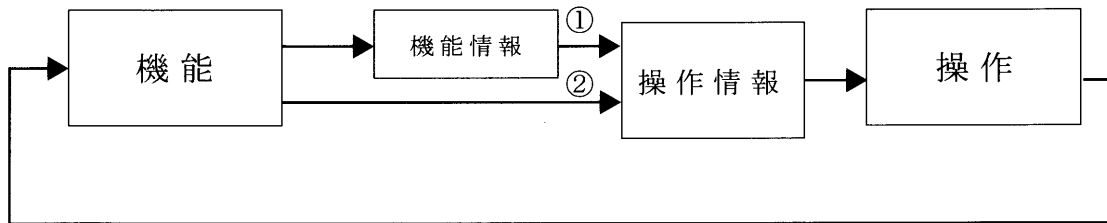
右に回せば開錠し、左に回せば閉まる、という情報をドアのノブは我々に提示しているという考えである。

したがって、アフォーダンスの概念を応用すれば、機能Xから操作Xを導くのに最小限の情報Xで実現することが可能であることを示している。

以上の内容を「機能」、「情報」、「操作」について図示したのが第2図である。

ここで機能情報とはユーザーにとって目的とする機能内容ならびにそれが実現された状態を言う。

操作情報とは機能情報の実現のための操作ならびに手順の内容を言う。



第2図 機能、情報、操作の関係

操作情報には①と②があるが①はいわゆる「取扱説明書」から得られる情報であり、②は「アフォーダンス」から得られる情報に対応する。

以上の説明で明らかなように、本論文では機械と人間の間の関係であるヒューマンインターフェースを機能-情報-操作の関係で論じるものである。

第4節 ヒューマンインターフェースの測定尺度

ヒューマンインターフェースを機能、情報、操作の観点から論じるに当たって、定量的な尺度が必要である。すでにISO13407では効率性、有効性、満足度の3点で表している。

したがってここでも、その尺度を適用して進めることにする。

4-1) ISO13407によるHIの尺度³⁾

効率性 (Efficiency) …ユーザが指定された目標を達成する際に、正確さと完全さとに費やした資源

有効性 (Effectiveness) …ユーザが指定された目標を達成する上での正確さと完全さ

満足度 (Satisfaction) …不快さのないこと、および製品使用に対しての肯定的な態度のように定義されている。

しかしながら、この考え方は必ずしも定量的・客観的に表現しきれない面がある。特に満足度はきわめて主観的である。そこで本論文ではそれらを機能、情報、操作の観点から適用すると、

効率性 (Efficiency) = I_k … ①と②との一致度

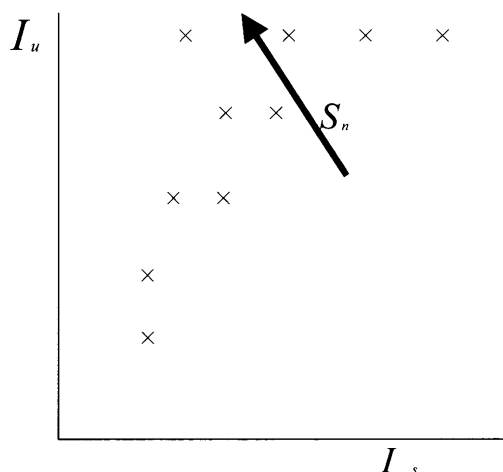
有効性 (Effectiveness) = I_u … 操作情報にもとずいて機能実現に至る正確度

満足度 (Satisfaction) = I_s … 操作過程における機能実現の達成度

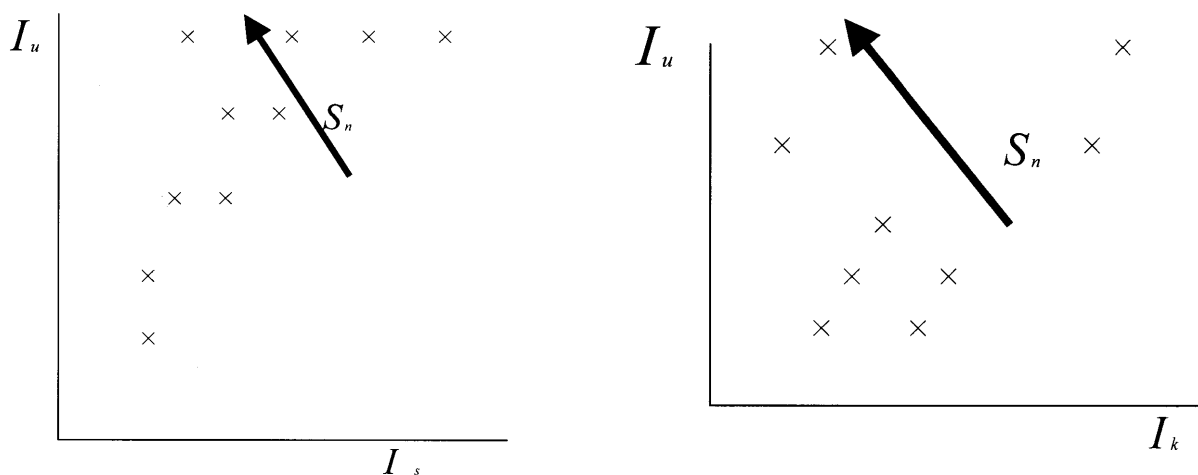
で表すことにより、より定量的、客観的にヒューマンインターフェースを扱うことが可能となる。

次に I_k , I_u , I_s の関係について図式的に考察してみよう。(第3図参照)

このバックデータはヒューマンインターフェース授業で得られた学生のデータを参照したものである。



I_u と I_s 及び I_k と I_s の間にはきわめて強い相関がある。

第3図 I_k, I_u, I_s の関係

一方 I_u と I_k の間にはさほど強い相関はない。 S_n はいわゆる学習回数であり、同じ操作の繰り返して達成できる機能の実現度の高さと相関がある。

3-2) HI 総合評価の定義

ISO13407では3つの尺度を定義し、それぞれを個別に論じてはいるが、総合的に見て、HI はどのような評価になるかは論じられていない。そこでここでは新たに次のような形でHI 総合評価の定義をする。

$$HI_v = \phi (I_k, I_u, I_s, S_n) \quad \dots \text{第1式}$$

ここに、 HI_v はHIの総合評価指数と定義し、変数 I_k, I_u, I_s とパラメータ S_n の関数である。ところで経験的に I_k と I_u と I_s はきわめて相関が高く、したがって

$$HI_v = \phi (I_s, S_n) \quad \dots \text{第2式}$$

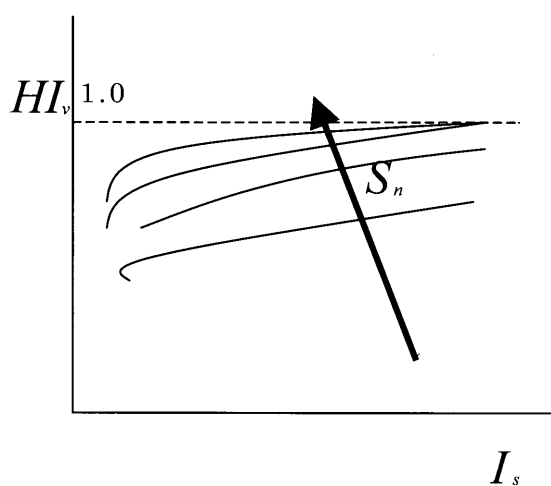


図4から明らかなように I_s の増大と共にまた S_n の増大と共に、は限りなく1に HI_v 近づく。

第4図 HI_v, I_s, S_n の関係

以上の考察から明らかなように、 HI_v の極大化には

1. 満足度の高い機能の設定、
2. 第2図の①と②の一致度を高める

3. 学習回数 S_n の増大を円滑に行うために、機能そのものがえられた達成感をその実現過程で、表示ランプや音などで表示する。

第5節 最近の代表的商品例ーマルチメディア

マルチメディアとは文字、写真、映像、音声などの異なるメディアが、一つの目的のために統合された状態をいう。

この典型例として、車載ナビゲーションシステムがある。これは、ユーザが目的地を指定すれば、ナビゲーションディスプレイ上に走行中の主要場所ごとに右左折・直進、周囲の建物の表示などを指示すると同時に音声でガイダンスをするシステムである。

これは道路地図というメディアと比較すれば、地図メディア以外に建物表示や道路の走行表示・音声ガイダンスなど複数のメディアを統合した、ユーザにとってきわめて有益な機能である。この例からも明らかなように、マルチメディアはHIの点からも従来にない機能と情報の関係にある。

第5節では最近の「新三種の神器」の中からデジタルテレビ、DVDを取り上げマルチメディア技術を利用したHIの優れた例と課題のある例を紹介しよう。

5-1) DVDで録画番組を検索する例

従来のVHSビデオでは6時間の録画をした内容の中から特定の番組を検索する場合その内容が数十種類に分かれていると、その検索作業だけでもきわめて長時間を要する。

ところが、最近のDVD録画によると、録画されたすべての番組が一画面の中に栞目上に配列されて(カレンダー表示)それぞれの栞目をクリックすればその番組の動画と音声が表示され、即座に自分の欲しい番組が選択できる。したがって、ユーザが自分の欲しい番組を再生したい場合はこのようなマルチメディアの表示方法であれば直感的に番組を選択できる。すなわちアフォーダンスの面で優れた例といえよう。

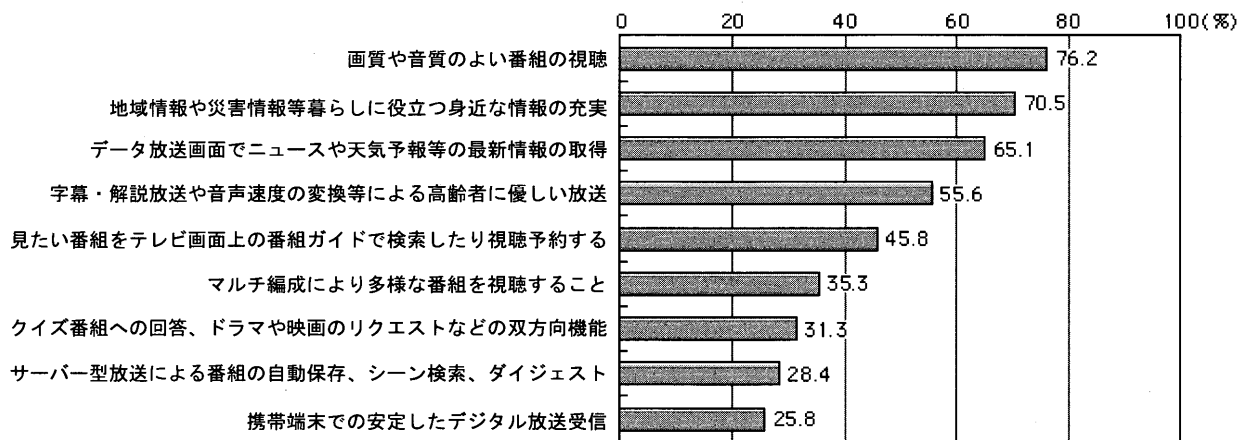
次にマルチメディア技術を利用しているが、操作情報の上で問題のある例をあげてみよう。

5-2) デジタルテレビ

平成16年度情報通信白書によれば、デジタルテレビで望まれる機能について

1. 高画質・高音質
2. 地域情報・災害情報
3. 地域天気情報

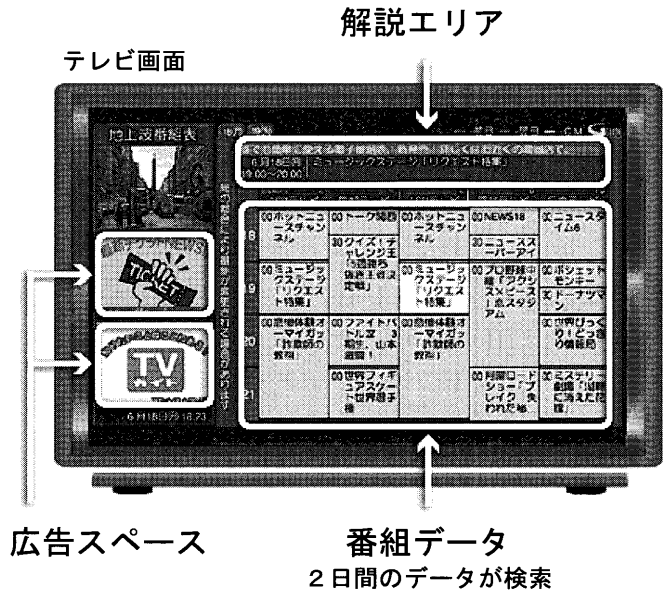
が圧倒的に高い要望になっている。(第5図参照)



図表⑤~⑦ (出典) 総務省「地上デジタルテレビ放送に関する認知度調査」

第5図 デジタルテレビに望まれる機能

それに対して、操作情報の表示方法は EPG (Electronic Program Guide) にもとずいて操作する。(図 6 参照)



第 6 図 EPG その 1 番組データ一覧表

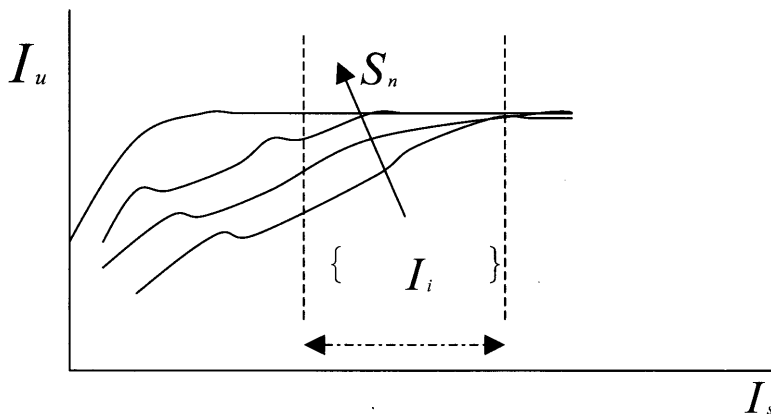
したがって従来から新聞のテレビ番組表から番組を決定していたユーザはいきなりパソコンの前に座らされたような違和感を体験することになる。しかもそれらのテレビ番組は軽く数百種類を超える数になり、それらの中から希望の番組を第 6 図の EPG で選択するには、相当抵抗感が予想される。このような場合、あらかじめ自分の選択チャンネルの範囲を絞り込んでおけば、自動的に好みのチャンネル集合を選択し、表示してくれる。このように、機械系とユーザ側であらかじめ取り決めをしておればそのユーザに対応した表示ができる。

すなわち学習機能を保有した機械と人間のシステムが存在しうる。その結果

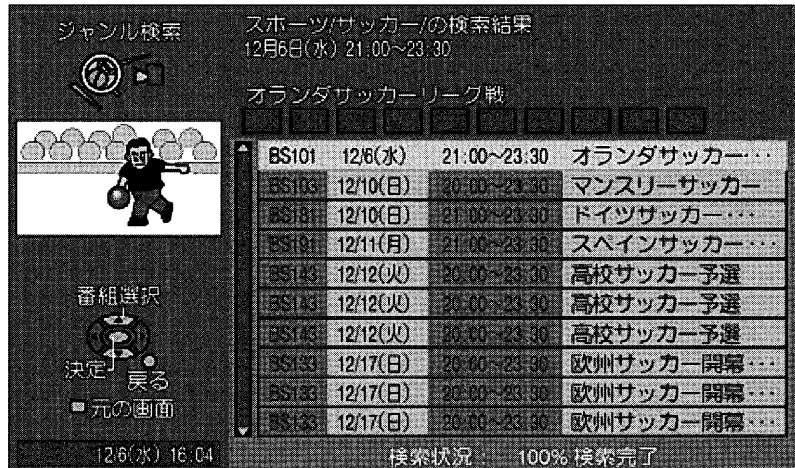
$$I_u = g(I_s, S_n) \text{ において } (S_n \text{ は学習効果を示すパラメータ})$$

$$I_u \in \{ I_i \} \quad i=1, 2, 3, \dots, n, \text{ (ここで } \{ I_i \} \text{ はユーザの希望チャンネルの集合である。)}$$

の範囲で絞り込むことができ I_u の極大化を図ることが可能となる。



第 7 図 I_s, I_u, S_n の関係



第8図 EPG その2 サッカー番組一覧表

一方、EPG を上手に使いこなすことができれば、たとえばサッカーの番組を取り忘れずにすべて録画したい人にとっては、図8のように関連番組がすべて表示されれば、きわめて有効な HI となる。

この例で明らかなように、従来型の新聞のテレビ番組による方法に比べればきわめて個人的に満足度の高い HI となる。

第6節 ユビキタス時代のヒューマンインターフェースについて

6-1) ユビキタスとは

「ユビキタス」(Ubiquitous) という言葉はラテン語で「いたるところに在る。遍在する。」ということの意味する。「ユビキタス」という言葉が初めて情報通信分野で用いられたのは、1988年に米国のゼロックスのマーク・ワイザー (Mark Weiser) 氏が「ユビキタスコンピューティング」(Ubiquitous Computing) という概念を発表したときであると言われている。同氏のユビキタスコンピューティングとは、高度な情報処理能力を有した機器、すなわちコンピュータをどこにいても活用できることを意味している。

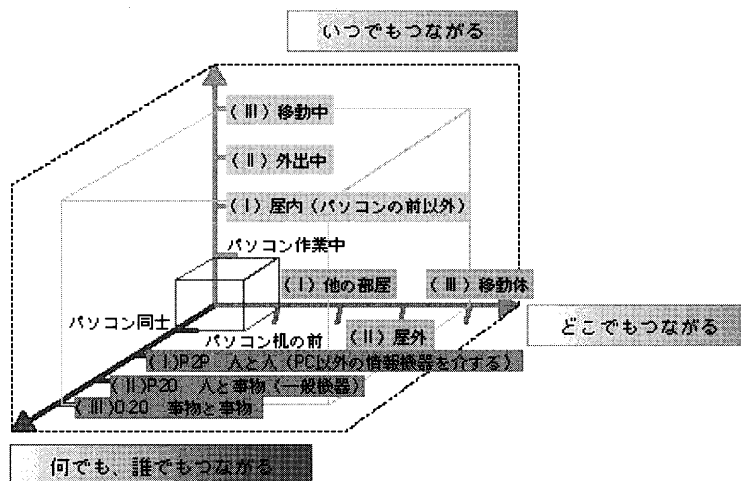
他方、現在考えられているユビキタスネットワーク社会とは、情報通信ネットワークの進化により、我が国独自の概念形成が行われている情報通信技術パラダイムであり、ユビキタスコンピューティングを含む、より上位の概念である。すなわち、ユビキタスネットワーク社会とは、個別の情報通信の活用を指すのではなく、情報機器からネットワーク、プラットフォーム、そしてサービスまで含めた広い概念を指すものである。マーク・ワイザー氏のユビキタスコンピューティングをインターネット普及以前のコンピューティングの概念とするなら、ユビキタスネットワーク社会は、インターネットが普及した後の時代の新しい情報通信環境やその利活用環境を指す概念である。

6-2) ユビキタスネットワーク社会とは

ユビキタスネットワーク社会とは、「いつでも、どこでも、何でも、誰でも」ネットワークにつながるにより、様々なサービスが提供され、人々の生活をより豊かにする社会である。「いつでも」とは、パソコンで作業を行う時だけでなく、日常生活活動の待ち時間や移動時間等あらゆる瞬間においてネットワークに接続できるということであり、「どこでも」とは、パソコンのある机の前だけでなく、屋外や電車・自動車等での移動中等あらゆる場所においてネットワークに接続できるということであり、「何でも、誰でも」とは、パソコン同士だけでなく、人と身近な端末や家電等の事物(モノ)やモノとモノ、あらゆる人とあらゆるモノが自在に接続できるということである(図表[1])

ユビキタスネットワーク社会において人々は、より豊かな生活を実現するために、より多くの時間、ネットワークにつながり、よりネットワークを利用するようになることが予想される。インターネット導入期には、家庭で書斎にいるときや、職場で机に座っているとき、あるいは店頭で業務に携わるとき

等がネットワークの主な利用シーンであったが、ユビキタスネットワーク社会では、移動中、外出中のみならず、家庭内でも風呂、寝室、台所等、これまでネットワークを利用しなかった場所でのネットワーク利用も可能になる。また、インターネット導入期では、ネットワーク回線や端末等が限られていたのに比べ、ユビキタスネットワーク社会では、ADSL、FTTH等のブロードバンド回線、第3世代携帯電話、無線LAN、ブルートゥース（Bluetooth）等、ネットワークが多様化し、端末においてもテレビ、冷蔵庫や洗濯機等の家電がネットワークにつながり、電子タグ等の小型チップが様々なものに付けられるなど多様化する。さらに、家電等の身近な端末がネットワークにつながるにより、これまでパソコン等が使えずネットワークを利用できなかった人も含めた幅広い人々がネットワークを利用できるようになる。



(出典)「ユビキタスネットワーク社会の国民生活に関する調査」

第9図 ユビキタスネットワーク社会の概念

(6-1)と6-2)とは平成16年度情報通信白書より抜粋させていただいた。

6-3) ユビキタスネットワーク社会におけるHIのありかた

上記6-1)と6-2)で明らかのように、ユビキタスネットワーク社会では「いつでも、どこでも、何でも、誰でも」ネットワークにつながる社会であり、そのためには

1. ユーザが何をしたいのか
2. そのためにはどのような機能を選べばよいか
3. 機能を実現するための操作方法は
4. 誤りなく操作されたことの確認のしかた
5. ユーザーの目的完了の表示

がユーザの望む場所、時間を問わず実行できるためには、ネットワークや情報機器、各種ソフトウェアを含めたインフラの整備は必須である。

近年このようなトータルシステムに向けて急速に進展しつつあり、2~3の例をあげてみよう。

i) 道路交通情報システム (ITS⁵⁾)

高速道路のゲートで自動的に料金チェックをするETCシステム⁶⁾は、車載機のカードをゲートセンサーが無線信号で読み取り通行区間に応じて料金を請求するシステムである。

さらに、走行中の安全確保のため必要な情報を的確に送受信することも可能である。

この例では運転者は情報の送受に関して、上記①~④間での項目をHIのわずらわしさは一切かわらせずに、運転に専念できる。

このように運転走行中に発生する機能情報と操作情報をユーザは、HIの面から何ら意識せずに実現できることがユビキタス社会のあり方であろう。

ii) ICカード

現在はカード社会といわれている。

一人当たり平均すると十数枚以上は持っているだろう。しかしながらこれらのカードはほとんど単機能である。

その点では機能と操作が1対1でHIの点からはユーザにとって4-2)第1式に述べた

$$HI_v = \phi (I_k, I_n, I_s, S_n)$$

は常に最大値を得る。

ところが、ユビキタス社会でユーザの目的を実現させるために、機能ごとにカードを単独に対応させていけば、その数はおそらく数千枚以上になるだろう。その結果、カードを使った便利さが消滅して HI_v の極大化の為に、 S_n の極大化が要請される。

そこで、カードの利便さを生かしながら HI_v の極大化を図る方法を考えてみよう。

最近のカードは磁気カードから半導体メモリに変わりその記録容量も256MB~512MBクラスも可能になってきた。あわせて、いわゆるシステムLSI化によりパソコン機能の主要部分を1チップで実現するに至ってきた。

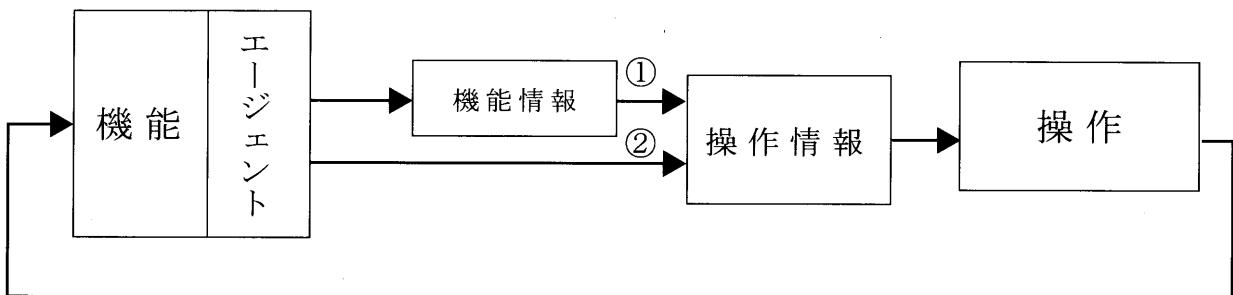
そこで1枚のカードでユーザの求める機能をすべて実現させることができる方法を下記の第10図を参考に説明する。

既に第3節では機能情報と操作情報の関係を詳しく論じたが、ここではさらに「エージェント」の概念を導入する。

「エージェント」とは代理人であり、文字通りユーザーに代わって、ユーザの目的を代行してくれる。すなわちユーザーが自分の目的を実行するに当たって必要な機能を探す際になんのわずらわしさもなく「エージェント」が代行してくれて、ユーザに確認を求めた際に確認の合図をすればよいシステムである。

その関係を示したのが第10図である。

ユーザが自分の目的を実現するためにたとえばATM装置の前に行き、自分のカードをセットすると



第10図 機能、エージェント、情報、操作の関係

「エージェント」がお金の引き出しか入金か問い合わせてくる。ユーザは従来通りキーあるいは音声で答えて操作は「エージェント」が自動的にやってくれる。

結果の確認で完了となる。

このカードでコンビニなどの決済、自宅のキー代わりもなる。

すなわち、第10図の全体をシステム LSI 化することにより、ユーザは「エージェント」のサポートにより 1 枚のカードであらゆる機能を実行できる。

このように、理想のヒューマンインターフェースとはユーザーが求めるあらゆる機能に対してシームレスに操作を提示し（アフォーダンス）ユーザとの間でインタラクティブに目的の機能が実現できるシステムといえよう。

このようにあらゆるシステムに対して HI を実現してくれる中枢にあるエージェントをここでは「システムエージェント」と名づけることにする。

第7節 まとめ

デジタル技術の目覚ましい発展で、我々の周りには次々と新しい商品が現れ、特に情報社会で一般の日常生活を営む場合にもこれらの商品を使わざるを得ないのが現状になってきている。身近な例では携帯電話や家庭用のデジタル商品（DVD、デジタルテレビなど）である。商品の特長に高機能をうたいつつも、一般のユーザにはほとんど使い切れない多機能化が大半を占め、そのために最も必要な機能がフルに生かしきれにくくなっている。

本論文では、このような背景を前提にして、近い将来のユビキタス時代に求められる HI の新しい概念を提案しそれらを「機能情報」、「操作情報」となづけ、従来から定義されてきた HI との関連を明確にし、より定量的、客観的に評価できる形に仕上げた。

あわせて「システムエージェント」を加えることによって、システム LSI 技術の進展とソフトウェア技術の導入によって、あらゆる機能と操作のシームレス化が可能な概念を提案した。

この結果、来るべきユビキタス時代に高齢者は勿論、情報バリアフリーな HI が実現できることを期待する。

参考文献

- 1) <http://www.crest.sccs.chukyo-u.ac.jp/~masakuma/HI/>参照
および <http://www.usability.gr.jp/lecture/20001010.html> 参照
- 2) D.A.Norman: “The psychology of Everyday Things”, Basic Books (邦訳 D.A ノーマン著、野鳥 久雄訳「誰のためのデザイン」新曜社 (1988))
- 3) Jacob.Nielsen: “Usability Engineering” 「ユーザビリティ エンジニアリング原論」ヤコブ・ニールセン著、三好 かつおる訳および <http://www.usability.gr.jp/lecture/20001010.html> 参照
- 4) 情報通信白書平成16年版総務省発行
- 5) <http://www.its.go.jp/ITS/j-html/whatITS/>参照
- 6) <http://www.mex.go.jp/etc/info.html>参照
- 7) <http://arena.nikkeibp.co.jp/col/20040616/108849/>参照