解説

次世代ユーザインタフェースの研究トレンド[†]

田野 俊一

1. はじめに

近年、マルチメディア技術、ネットワーク技術の飛躍的な進展により、世界中に広がる多種多様な情報を自由自在に利用可能な個人情報環境が出現し、まさに第2世代の情報化社会を迎えつつあるように見える。しかしながら、コンピュータの利用者は17インチや20インチの狭いモニタに縛りつけられ、コンピュータへの入力にはキーボード、マウスの組み合わせに限定されているのが現状である。紙と鉛筆に代表される実世界に存在する道具のよさや、音声・表情等を利用した人間的な対話形態のよさを無視した現在のコンピュータ利用環境上の制約は、コンピュータ側からの一方的な押し付けであり、一般の人々の自由な利用を妨げる最大の要因となっている。

さらに、このようなコンピュータ側からの不自然な制約は単に使いやすさを減少するばかりでなく、知的創造活動をも潜在的に阻害している。例えば、WWWブラウザを用いれば情報検索は容易に行えるが、その情報をコンピュータのモニタ上で熟読することは極めて困難であり、単に情報の表層のみを眺めているにすぎない場合が多い。この問題は、ハイパーテキストが潜在的に持つ欠点、即ち、縦型のモニタの構造、解像度の不足、情報ビューワのユーザインタフェースの不備等に起因

している。つまり、コンピュータ利用環境が利用者の知的活動に大きな影響を与えてしまう。

このような背景により、コンピュータ中心ではなく、人間中心・実世界中心の考え方により設計され、音声、手書き、ジェスチャ等のマルチモーダルな形態で対話可能な、より人間中心のユーザインタフェースを有するコンピュータ利用環境が望まれており、30年近く続いたGUI (Graphical User Interface)の次に位置付けられる次世代ユーザインタフェースの出現が待たれている。

そこで本解説では、ユーザインタフェース研究の動向を分析し、それに基づき次世代ユーザインタフェースの方向性を探り、実現のためにどのような方法論が必要となるかを解説する。

次章ではユーザインタフェースの大きな流れをまとめ、3章では次世代のユーザインタフェースの基礎となる3つのコンセプトを説明するとともに、そのコンセプトに基づき実際に開発されたシステムを紹介する。4章では、次世代のユーザインタフェースの方向を示し、5章では、それを実現するための課題を説明し、6章でまとめる。

2. ユーザインタフェースの変遷

図1に代表的ユーザインタフェースの形態、そこで用いられる入出力方式の変遷をまとめる。計算機黎明期におけるパッチボード(アナログコンピュータ)、カード、紙テープによるコンピュータの利用は除外してある。

図1において最下段に位置するのは、キーボー

[†] Research Trend of Next Generation User Interface

* Shun'ichi TANO

日立製作所 システム開発研究所

Systems Development Laboratory, Hitachi, Ltd.

4月1日より 電気通信大学大学院情報システム学研究科

Graduate School of Information Systems, University of Electro-Communications

図1 ユーザインタフェースの変遷

ド入力、テキスト表示を基本とするコマンドラインインタフェース (CLI, Command Line Interface) である。次に、入力にマウス、トラックボール等が導入され、出力もモニタ上に2次元表示が可能となり、アイコンとダイレクトマニピュレーションに象徴されるグラフィカルユーザインタフェース (GUI, Graphical User Interface) が生まれ、現在では主流となっている。しかし、その起源は1970年ごろから開発が進められていた Xerox 社の Alto である (この GUI ベースのワークステーション開発に関しては文献9) が詳しい)。つまり、GUI の思想は30年近く前に考案されていたのである。

GUI での限定された入出力バンドを拡大したユーザインタフェースが、マルチモーダルインタフェース (MMI, Multi Modal Interface) である。音声、身振り、手書き等による入力機能、音声、効果音、動画、アニメーション、3D 表示等の出力機能に特徴がある。このマルチモーダルインタフェースはある意味では CLI や GUI の入出力メディアの単純な拡張に過ぎないと見ることもできる。

最近ユーザインタフェースの新しい考え方が提案されるようになってきている。図1では、これを『自然なユーザインタフェース』と総称しマルチモーダルインタフェースの上部に位置付けた。

現在、GUI の次に来るべき次世代ユーザインタフェースを生み出すべく世界各所で研究開発が進められている。

3. 次世代ユーザインタフェースの基礎となる3つのコンセプト

3.1 トレンド分析

入出力メディアの直線的な拡張である、CLI, GUI, MMI の流れとは独立に、斬新なコンセプトを基本にした『自然なユーザインタフェース』が提案され、現在ユーザインタフェースの流れは大きな岐路を迎えている。

本解説では、この『自然なユーザインタフェース』を仮想世界指向 UI, 実世界指向 UI, 知的 UI の3つに分類する。以下それぞれの基本的考え方を簡単に説明する。

仮想世界指向 UI

コンピュータの中にデスク環境やオフィス環境を Virtual Reality や Computer Graphics の技術を用いて、そっくり生成し、その中で仕事をすればよいという考え方。つまり、コンピュータの中に実世界を作るというアプローチ。

実世界指向 UI

上記とは逆に、実世界をコンピュータによって強化しようという考え方。実世界へ回帰するという意味で、Back to Real World と呼ばれたり、また、コンピュータによって実世界が機能的に強化されるという意味で、Computer-Augmented Environments と呼ばれたり、コンピュータによって機能強化された実世界の物がいたるところにあるという意味で、Ubiquitous Computing と呼ばれる。

知的 UI

ユーザインタフェースの世界にも知的処理が必要であるという考え方。従来は知的処理は特定のアプリケーション内で複雑な問題解決のために利用されてきたが、これがユーザインタフェースの世界でも利用されるようになってきた。

これらが現在のユーザインタフェースの先端的なコンセプトである。次節以下では、次世代のユーザインタフェースにおいて重要な概念であるこ

これらの3つのコンセプトを実例を紹介しながら解説する。

3.2 仮想世界指向ユーザインタフェース

— Virtual World-centered User Interface —

(1) Macintosh, Windows のデスクトップ

仮想世界指向ユーザインタフェースの最も広く用いられているものは、Apple 社の Macintosh, Microsoft 社の Windows 等のデスクトップである。実際の机上の様子を、レベルは低いものの、仮想的に画面上に再現している。

例えば、机の上にはファイルを入れておくフォルダーやキャビネットが実際のフォルダーやキャビネットの形に似せたアイコンで表示される。また、くず箱もその形に似せたアイコンで表示され、それにファイルを入れることによって、ファイルを消去できる。

(2) Bob

上記の考え方を (a) 仮想世界の対象を机の周りの世界から家へと拡大し、(b) フォルダーなどの実物の外観を抽象化したアイコンで表示するのではなく、実画像ではないものの、それに近い画像で表示する、の2点の拡張を行ったシステムとして Microsoft 社の Bob が発売されている。上記 (1) に比べればはるかに自然な世界がコンピュータ画面上に表示される。

Bob を起動すると、まず家のドアが表示され、ドアをノックするとリビングルームに入れる。リビングルームは、暖炉、テーブル、窓、時計、棚などが、実画像ではないものの、それらしく表示される。ここに存在する机、アドレス帳、などを自由に移動し、配置しなおすことができる。また、これらの物をダブルクリックすると、それにリンク付けされているプログラムが起動される。リビングルーム以外にも個人の書斎などがあり、部屋の雰囲気(クラシックかモダンかなど)や配置を自由に設定できる。

さらに、この家の使い方を教えてくれる動物が用意されており、何か困ったことがあるとこの動物が現れ教えてくれる。

忠実度の高い仮想世界の表示と動物によるアシスタントの導入により、20 ページほどの雑誌風のマニュアルを読むだけで利用できる。

(3) Head Mounted Display

(ex. Responsible WorkBench)

上記の (1) と (2) では、コンピュータの画面に仮想世界を映しているだけであり、ユーザは仮想世界で生きているという実感は乏しく、仮想世界指向ユーザインタフェースの実現のレベルは低い。

仮想世界指向ユーザインタフェースの究極の目的は、あたかも人間がコンピュータによって生成された仮想世界で活動しているように思わせることであり、その典型例は、ヘッドマウントディスプレイを頭部に、データグローブを手に着用し利用する。例えば、高所恐怖症の診断・治療に用いるシステム¹⁰⁾や、机の上に人間の骨格を3次元表示したり、あるいは自動車の走行中の空気の流れを3次元表示し、それを利用して共同作業を行う Responsible WorkBench と呼ばれるシステム¹¹⁾などがすでに開発されている。

3.3 実世界指向ユーザインタフェース

— Real World-centered User Interface —

前節で示した仮想世界指向ユーザインタフェースには2つの問題点がある。1つは、現在のコンピュータの計算能力をもってしても現実世界と違いがわからないほどの仮想世界のリアルタイム生成は困難であるという実現上の問題点である。もう一つは、果たして人間はコンピュータが生成した仮想世界で生活することを好むであろうかという疑問である。

そこで生まれたのが「実世界への回帰」の考え方であり、立場を180度反転させ、現実世界を中心にしつつ、現実世界をコンピュータの能力によって強化するというアプローチである。

(1) Charade

Charade¹²⁾は図2に示すように、プレゼンテーション支援システムである。利用者はデータグローブを手に着用し、観衆に向かって OHP やスラ

図2 Charade の例

図3 Digital Desk の例

イドを用いてプレゼンテーションを行う。

つまり、講演者は聴衆に向かってジェスチャを交え自然にプレゼンテーションを行うが、それを常に監視しているコンピュータがこの部屋に隠されており、講演者のジェスチャの意図を推定しOHPやスライドを操作する。聴衆に向かってのジェスチャは無視し、OHPやスライドが映されている画面に関するジェスチャはOHPなどの機器の操作指令であると解釈する。

即ち、この講演会場という現実世界は、この世界の裏に隠れているCharadeというコンピュータシステムによって強化されているとみなすことができる。

具体的には、指をスクリーンに向け特殊なジェスチャを行うと、OHPなどの機器の操作指令であると解釈する。指令はジェスチャ開始時の指の状態、手の動作方向、ジェスチャ終了時の指の状態の3つ組で構成されており、16種の操作が可能となっている。

(2) Digital Desk

前記の例では、プレゼンテーションを対象としていたが、Digital Desk¹³⁾は机の環境を対象としている。

図3にシステム構成を示す。実物の机の上部に机の様子を監視するカメラと、机の上に像を強制的に射影するプロジェクタがある。

ユーザはこの机の上に実物の紙と実物のペンを使って、通常の業務を行うことができる。これはコンピュータによって強化されていないごく普通の机の環境である。

Digital Deskでは、カメラとプロジェクタを使うことにより、この机の実世界をコンピュータによって強化している。2つの例を示す。

[例1]

電卓を使いたい時、電卓を机の上にプロジェクタを通して強制的に射影できる。つまり、現実の世界(この机の上)にない電卓を、机の上に映し出し、カメラで入力した画像を解析しユーザの指の動きを検出することにより、机の上に映されている電卓が操作可能となる。

[例2]

実物の紙の上で花が咲いている庭の絵を書いている場合、花を1本だけ実物の紙の上に書き、それを指で囲んで移動する動作を行うと、移動先として指定された場所に、その花をプロジェクタを通して強制的に再投影する。つまり、実物の紙の上に、実物のペンを使って1本の花を描けば、コピーのための動作を手で行うことにより、花の絵をいくつでも実物の紙の上にコピーすることができ、さらに結果の絵を記録することも可能となっている。

即ち、机という現実世界は、この裏に隠れてい

る Digital Desk というコンピュータシステムによって強化されたとみなすことができる。

(3) KARMA

KARMA¹⁴⁾はコピー機の操作を教えるシステムである。ユーザは透過型のヘッドマウントディスプレイと頭部の位置を検出するデバイスを頭部に装着している。システムを動作させない場合、(多少頭が重い)通常通りのコピー機の操作が可能である。

KARMA を動作させ、紙詰まりの取り除き方法教示モードに設定すると、どのレバーをどの方向に回すか、さらに、そのレバーを回すとどのようにふたが開くかなどを鮮やかな赤色の線画でヘッドマウントディスプレイに表示する。ヘッドマウントディスプレイは透過型であり、また、ユーザの頭の位置と見ている方向をセンサーを用いて正確に検出しているため、操作対象であるコピー機とそのアニメーションは正しい位置関係で重なって見える。

即ち、コピー機が置いてある部屋は、この裏に隠れている(実は頭の上に載っているが) KARMA というコンピュータシステムによって強化されたとみなすことができる。

(4) Ubiquitous Computing

実世界のいたるところにコンピュータが埋め込まれそれが自然に利用されるというコンセプトである Ubiquitous Computing(ユビキタスコンピューティング、ユビキタスは「どこでもある」という意味)¹⁵⁾を XeroxPARC が提唱し実世界指向ユーザインタフェースの重要なコンセプトとして認知されている。

このコンセプトに基づいて、ホワイトボードにコンピュータを埋め込んだ LiveBoard、紙にコンピュータを埋め込んだ Pad、メモ帳にコンピュータを埋め込んだ Tab という 3 種のハードウェアを試作した。コンセプトは革新的であったものの、試作した Pad や Tab はあまりにもコンピュータ的な操作感であり、コンセプトを忠実に実現したと評価することは難しい。現在新たなコンセプト創造と試作による検証を進めているという状況で

ある。

ここでは、次に説明する「紙を中心としたユーザインタフェース」の一例として Ubiquitous Computing の一要素である LiveBoard を取り上げるにとどめる。

(5) 紙を中心としたユーザインタフェース

上記(1)～(4)は現実世界の環境であるプレゼンテーションルーム、机、コピー機、居室をコンピュータを使って強化した例である。これらとは異なり、実世界に存在する重要なデバイスである『紙』の機能をコンピュータを使って強化するというアプローチの研究が進められている。

従来のワープロソフトやドローイングソフト等は、コンピュータによる実物の紙の機能拡張とみなすことも可能である。例えば、ワープロソフトを用いれば、検索や置換が自由自在にでき、これは実物の紙が持たない機能である。

しかし、ここでは、実物の紙のよさを残しつつ、かつ、コンピュータによる機能強化を図るアプローチについて述べる。ワープロやドローイングソフトは確かに機能としては、実物の紙を凌駕する機能を有するが、一方では実物の紙のよさを失っているという反省のもとに出現してきた実世界指向のユーザインタフェースである。

第一の例は、Ubiquitous Computing の構成要素である LiveBoard である。前述のようにホワイトボードにコンピュータを埋め込んだシステムである。このようなシステムの場合、一旦入力をコード化すれば、あとは、検索や置換など自由自在に行えるので、手書き文字認識を中心に考えてしまいがちである。

しかし、ホワイトボードを利用するユーザは多くの場合、議論をまとめるために利用しており、入力のために文字認識を起動したくはないし、議論をまとめるためにもっと異なる方法でコンピュータに支援して欲しいと思っているはずである。このような考え方によって LiveBoard のユーザインタフェースの改良が進められている¹⁶⁾。

図 4 は LiveBoard の表示例である。ホワイトボード大の大きさであり、大きな TV と同じ機構を

持つ。特殊なペンで表示面上をなぞると、なぞった軌跡を TV 画面に表示するので、ホワイトボードのように使うことができる。表示面の下部にはペンの色や太さを変えるためのメニューがある。

さて、この機能はホワイトボードを単に大きな TV で置き換えただけに過ぎないが、コンピュータを内蔵していることにより、表形式の認識機能を基本にした特殊なユーザインタフェースを持っている。

操作例を図 4 を用いて説明する。今 LiveBoard を用いてメンバの名前とその担当業務をまとめている。4 人 (Jane, Tim, Angie, Bob) のリストを作り終えている。最初の 2 人のデータは、手書き文字認識されフォントで表示されている。3 番目と 4 番目はまだ案の段階であり手書き文字認識させていないメモ書きのレベルである。

さてこの状況で、3 番目と 4 番目の間に、Alex の情報を入れようと思った場合、この LiveBoard では、3 番目と 4 番目の間で挿入のジェスチャを行うと、3 番目と 4 番目の間を空けてくれるのである。つまり、フォントで表示されている 1, 2 行目と手書きの 3 行目をそのままにして、手書き文字で表示されている 4 行目を少し下に移動するのである。

この表形式の認識による行空けの機能は、ペンで入力した文字を即座に認識する入力方法にしてしまえば容易に実現可能であるが、それではホワイトボードのよさを失ってしまう。そこで、処理は複雑ではあるが、敢えてこのようなユーザインタフェースを採用しているのである。

次の例は電子手帳などにおける手書き文字検索の例である¹⁷⁾。電子手帳ではメモを書くことが多い。そのメモは自分のためのメモであるから多くの場合、手書き文字認識させてコード化しておく必要はない。

しかし、検索や置換という操作を行う場合にはコード化されていることが前提となっているシステムが多い。このようなユーザインタフェースを採用することは、本来の手帳のよさを失わせる。

図4 Tivoli on Live board の例

図5 Scribbler の例

そこで、図 5 に示すように手書きのメモであっても、手書き文字で検索できるユーザインタフェースが提案されている。下図では、“like”という手書き文字の検索の様子を示している。

この実現は比較的容易ではあるが、ユーザインタフェースの考え方が従来と全く異なっている。

最後に、ユーザインタフェースデザイナーの支援の例を図 6 に示す¹⁸⁾。ユーザインタフェースのデザイナーはまず、大まかなボタンやメニューなどの

図6 SILK の例

画面の構成を設計し、このボタンを押すとどのように画面が変化するかを考え、それらが使いやすいかどうかを検討している。

従来の考え方に沿ってこの支援システムを設計すると、従来のドローイングソフトでまず画面の構成を設計させ、その後、画面間のリンクで動作を模擬し・・・、のようになりがちであるが、このようなシステムをデザイナーは使いたがらない。なぜなら、流れの第一のフェーズであるドローイングソフトがあまりにも精密な定義を求めるからである。つまり、デザイナーは図6に示すようにラフなスケッチで画面を設計したいのにもかかわらず、精密な作図を要求されてしまう。デザイナーが求めているのは、このようなラフなスケッチでも、ボタンが押せて、ボタンを押すと次にどのような画面になるかをさらにラフスケッチで示すことができるシステムなのである。

図6に示したSILKはまさにこのユーザインタフェースを持ち、図6のラフスケッチ内のボタンやスクロールバーは実際に動く、つまり、ラフスケッチのままで、ユーザインタフェースの評価が可能となっているのである。

以上のように、紙と中心としたユーザインタフェースをコンピュータシステム設計の立場からでなく、例え処理が複雑になろうとも、あくまでも実物の紙のユーザインタフェースを損なわずに、

かつ、コンピュータの処理能力を享受できるようなユーザインタフェースを設計することが重要視されるようになってきている。

3.4 知的ユーザインタフェース

- Intelligent User Interface -

従来、知的処理は故障診断等の高度で複雑な問題を対象として利用されてきたが、次第にユーザインタフェースに用いられるケースが増えてきている。本節では、知的処理を実現するための3つの手法—知識ベース、学習、ユーザプログラム—により実現されたユーザインタフェースの例を示す。

(1) Newton

Apple社のPDAであるNewtonは、本格的な自然言語理解を目指すワークステーションタイプのシステムから派生して登場した¹⁹⁾。

そのため、OSレベルのサービスとして、自然言語の構文解析や問題解決などを有している。

この機構を利用することにより、例えば手書きで"Fax Bob"と指示すると、アドレス帳からファックス番号を取りだし、次にファックスアプリケーションを自動的に起動するなどの処理を実現している。

手帳サイズの機器に実装している関係上、本格的な推論機構や大規模な知識ベースは持たないものの、知識ベースアプローチによる知的処理実現の一例である。

(2) Intelligent Agent (Agent, ALIVE system)

次に学習による知的処理の実現の例を示す。このアプローチの根底には、知識ベースアプローチでは知的処理を実現する十分な能力が得られないとの見通しがある。即ち、知的な処理を行わせるには大規模な知識ベースと強力な推論機構が必要であり、現時点ではまだ不十分であるとの認識である。

そこで、Pattie Mayesらは、ユーザの操作を肩越しに常に監視し、ユーザがよく行う動作を学習することにより知的ユーザインタフェースを実現

しようとしている²⁰⁾。その学習アルゴリズムは統計的性質を用いる Q-Learning 等の比較的単純なものである。

具体的には、メールのリーダである Eudora の操作を監視し、メールの処理の助言(読むべき、捨てるべき等)を行うシステムや、興味のあるニュースだけをピックアップしてくれるシステムを構築し、その有効性を検証している。

(3-1) KidSim

次の例はユーザプログラムによる知的処理の実現の例を示す。このアプローチの根底には、知識ベースアプローチや学習アプローチでは知的処理を実現する十分な能力が得られないとの見通しがある。即ち、現在の技術レベルでは結局ユーザがプログラムを記述する以外に知的処理を実現することは困難であるという認識である。

そこで、A. Smith らは、そのプログラミングを子供でも可能にするような仕掛けを考え、KidSim と呼ぶシステムにまとめた²¹⁾。

その最大の特徴は、プロダクションルールの条件部と結論部を絵で定義するグラフィカルルールの導入と、動作をシステムにデモンストレーションしてみせることにより、グラフィカルルールの結論部を自動生成する機能を設けたことにある。

KidSim の直接の目標は、子供でも高度なコンピュータゲームを開発できることにあるが、その考え方は、一般のユーザインタフェース構築にも適用可能である。

(3-2) Mac の音声認識, Apple Script & Editor

KidSim と同様、知的処理をさせるには、ユーザがプログラムを作成しなければならないとの考えを基に開発され、製品として提供されている例を示す。Apple 社の Macintosh には、バックグラウンドで常に動作する音声認識ソフトウェアが付属している。特定の単語を発話した時にどのような操作をさせるかをユーザが定義する必要があるが、一からプログラムすることは困難なため、ユーザの操作履歴をプログラムの形で記録する機能を持つエディタが用意されている。ユーザは一度操作をデモして見せることによりプログラムを得るこ

とができ、容易に音声で操作するユーザインタフェースを構築できるようになっている。

3.5 トレンドのまとめ

以上紹介したシステム分類し下表にまとめる。

表1 トレンドとシステム一覧

トレンド		システム名	機関	時期
仮想世界 指向 U I		Macintosh のデスクトップ	Apple 社	1985
		Windows のデスクトップ	Microsoft 社	1990
		Bob	Microsoft 社	1995
		Virtual Reality (Responsible WorkBench)	(GMD)	1995
実世界 指向 U I		Charade	Univ. of Paris-Sud	1993
		Ubiquitous Computing	Xerox PARC	1991
		Digital Desk	Xerox EuroPARC	1991
		KARMA	Columbia Univ	1992
		Live Board (製品)	Xerox	1995
知的 処理 指向 U I	ユーザ プログラム	Mac の音声認識, Apple Script & Editor KidSim	Apple 社	1995
	学習	Intelligent Agent, ALIVE	MIT	1995
	知識ベース	Newton	Apple 社	1993

4. 次世代ユーザインタフェースの方向 ～3つのコンセプトの融合～

以上が現在のユーザインタフェースの主要なコンセプトである。図7に、これら3つのコンセプトを軸に従来のユーザインタフェースを位置付け、さらに次世代のユーザインタフェースに関し考察を試みる。

従来のグラフィカルユーザインタフェースは、コンピュータの中にデスクトップの世界を実現しようとしている。これは、仮想世界重視の考え方

図7 3つのコンセプトの融合：RVI-Concept

であるが、その仮想世界の実現レベルは低く、書類、フォルダ、屑箱のアイコンとダイレクトマニピュレーションのみで仮想世界を構成した(図7のGUI)。最近のユーザインタフェースの流れの一つとして、デスクトップなどを疑似3次元表示(完全な3次元表示ではないので2.5次元とも表現される)するユーザインタフェース設計も提案され、より仮想世界重視の方向に進んでいる(図7の2.5 D-GUI)。

ペンコンピュータの出現により、実物の紙の性質を付加した世界へと少し踏み出した(図7のPEN-Com)。現在マルチモーダルインタフェースといわれているシステムはそのほとんどが、従来型の Graphical User Interface(GUI) ベースのシステムへ音声、ジェスチャを導入したものである。MMI の実現は知的処理の第一歩である捉えることができるので、従来の GUI やペンコンピュータの上部に位置付けることができる(図7の Current MMI)。

Digital Desk は EuroPARC で開発され、Back to Real World コンセプトの代表例であり、世界的に著名なシステムである。完全な現実世界重視の実現とはいかないが、GUI やペンコンピュータに比べ、より現実世界重視のコンセプトによって設計されている(図7の DigitalDesk)。

このように、一見、現実世界重視と仮想世界重視の考え方は正反対に見えるが、実は融合可能であり、融合したシステムの方がより現実的、人間的ではないかと考えられる。例えば、仮想世界重視を完全に実現すると、ヘッドマウントディスプレイ、データスーツを身に付け、あとは VR 技術で模擬される世界だけで生きていくことになる。これは、非現実的な世界を体験するには有意義であるが、日常生活をこのような形で行うことには抵抗感を覚える。また、現実世界重視を完全に実現するには、例えば、物理的には紙であり、かつ、編集操作が可能なデバイスを作る必要があり実現は難しい。つまり、完全な現実世界重視、完全な仮想世界重視はいずれもほとんど実現困難であり、両者の融合がキーである。

また、現在ではすべての操作を例えば GUI によるダイレクトマニピュレーションなどで明示的に指示しなければならない。複雑になる一方のアプリケーションソフトウェアで何ができるかということに加えて、どのようにやるかまでユーザが知らなければならない。また、現在、パソコンやネットワークには莫大なデータが保持されているにもかかわらず、コンピュータがその意味を認識できないでいるために、その貴重なデータの活用が十分行われていない。

この状況を打破するためには、ダイレクトマニピュレーションからインダイレクトマネージメントへの進化が必須であり、このためにはユーザインタフェースは知的にならなくてはならない。

このように、次世代のユーザインタフェースは、現実世界指向 UI、仮想世界指向 UI、MMI を含む知的 UI の融合をキーコンセプトとして実現されると予想している。我々はこのキーコンセプトをそれぞれの頭文字をとって RVI-concept と呼んでいる。

5. 次世代ユーザインタフェース実現への課題

前章で説明したように次世代ユーザインタフェースにおいて RVI-Concept は中心的役割を果たすと考えている。この実現には2つの解決すべき課題がある。

第1の課題は、システムの外部設計に対応するハードウェア構成およびユーザインタフェース設計の問題である。どのようにして実世界指向、仮想世界指向、知的処理という考え方の折り合いをつけ、融合し、システムを構築するかという問題である。最適な融合形態は対象とする領域ごとに異なるであろう。

第2の課題は、この外部仕様を持つシステムをどのように実現するか、即ち、システムの内部設計である。RVI-Concept で設計されたシステムではマルチモーダル情報を用いた知的処理が基本になるので、図8に示すシステムアーキテクチャは共通して現われる。つまり、図8は次世代ユーザ

図8 システムアーキテクチャ

インタフェースの基本ソフトウェアとして位置付けることができる。

図8に示す基本ソフトウェアでは、キーボードによるテキスト、マイクによる音声、ペンによる手書き文字およびジェスチャの入力などを、まず個々のモダリティごとに対応する認識エンジンにより認識する。その後それらの認識結果は統合され、これらのマルチモーダル入力認識結果および現在の対話過程の文脈から、ユーザの意図を推定しユーザへ応答すべき情報を導出する。生成されたユーザへ応答すべき情報を、どのメディアで、どの時間順序で表示するかを計画立案し、さらにそれらの実行を監視する。

認識率の向上や自然な出力の生成のために、これらのコンポーネントは単方向でなく協調動作が可能な密なフィードバック連携で結合され、かつ、迅速な反応を確保するために、刺激-反応のショートカットが複数存在する構造となっていることが必要である。

この基本ソフトウェアの各コンポーネントは密な連携を行う必要があり、基本ソフトウェア全体が統一的な手法で実現されることが望ましい。

問題はいかなる理論を基に構築するかにある。現在、旧AIと呼ばれている記号操作に基づく知的処理手法と Computational Intelligence や Soft Computing と呼ばれる計算に基づく知的処理手法がある。前者は論理的な意味の処理に向いており、後者は、刺激・反応的な処理に向いている。

従って、図8のシステムアーキテクチャでは、入出力に近い認識や合成は Computational AI を使い、高度な問題解決部分は Symbolic AI を使い、実現するといった分担が自然であると考えられており、実際、認識エンジンや推論エンジンはそのように構築されているケースが多い。ところが、現実には、認識・合成において処理性能の向上のために意味の処理を統合したアルゴリズムが求められ始めてきており、また、問題解決においてもあいまいさへの対応やロバスト性の確保のために計算論的アプローチの取り込みが課題となりつつある(表2参照)。

これは現在、Computational Intelligence と呼ばれる計算に基づく知的処理の欠点が次第に明確になり、シンボリズムへ回帰する動きと符合する。

以上のように、図8のシステムアーキテクチャの実現には、自然言語などの高次の意味の処理から、音声入出力や手書き文字認識などの低次のデータ処理まで統一的に取り扱える方法が必須であり、Computational AI と Symbolic AI を統合するアプローチが有望であると考えられる。

表2 Symbolic & Computational AI

	刺激-反応	推論
シンボリズム 旧AI	×	○
Symbolic & Computational AI	○ (知的さの付与)	○ (ロバスト、高次)
コネクショニズム Computational Intelligence Soft Computing	○	× (△)

現在のファジィ理論の用いられ方はどちらかと言えば、計算的手法としての利用である。しかしその本質は、自然言語の意味の表現と処理にあり、計算的手法により意味の論理的処理を目指したアプローチであったはずであり、次世代のユーザインタフェース構築のための中心的方法として用いられる可能性を秘めている。

6. まとめ

本解説では、次世代ユーザインタフェースの基本となる3つのコンセプトである、仮想世界指向UI、実世界指向UI、知的UIについて実例を交え説明した。また、今後これらの3つの融合をキーコンセプトとして、次世代のユーザインタフェースを設計すべきであることを示した。さらに、実現への課題として、Symbolic AIとComputational AIの統合の必要性を説明し、ファジィ方法論の適用可能性に言及した。

以下本解説に直接関連する書籍、学会誌特集号、文献を挙げたので参考にされたい。

参 考 文 献

マルチメディア／モーダルUIの教科書的書籍

- 1) Taylor M. M., Neel, F. and Bouwhuis, D. G.: The Structure of Multi modal Dialogue, North-Holland, 1989
- 2) Sullivan, J. W. and Tyler S. W.: Intelligent User Interface, ACM Press, 1991
- 3) Blattner M. M. and Dannernberg, R. B.: Multimedia Interface Design, ACM Press, 1992
- 4) Matbury, M.T.: Intelligent Multimedia Interface, AAAI Press, 1993

次世代GUIに関する特集号

- 5) Communications of the ACM Vol.36, No.4 (1993)

仮想環境に関する特集号

- 6) IEEE Computer, Vol. 28, No. 7 (1995)

実世界指向UIに関する特集号

- 7) Communications of the ACM Vol.36, No.7 (1993)

知的エージェントベースUIに関する特集号

- 8) Communications of the ACM Vol.37, No.7 (1994)

本論文で内容を紹介した文献

- 9) A History of Personal Workstations, Adele Goldberg (ed.), Addison Wesley, 1988(日本語訳: ワークステーション原典, アスキー出版局)
- 10) J. Hodges, et.al.: Virtual Environments for Treating the Fear of Heights, pp. 27-34 in 6)
- 11) W. Kruger, et.al.: The Responsible Workbench: A Virtual Work Environment, pp. 42-48 in 6)
- 12) T. Baudel and M. Beaudouin-Lafton: CHARADE: Remote Control of Objects Using Freehand Gestures, pp. 28-37, in 7)
- 13) P. Wellner: Interactive With Papers on the DigitalDesk, pp.87-97, in 7)
- 14) S. Feiner, B. MacIntyre and D. Seligmann: Knowledge-based Augmented Reality, pp. 52-62, in 7)
- 15) M. Weiser: Some Computer Science Issue in Ubiquitous Computing, pp. 74-85, in 7)
- 16) T. Moran, P. Chiu, W. Melle, G. Kurtz: Implicit Structures for Pen-based Systems Within a Freeform Interaction Paradigm, CHI'95, pp.487-494, 1995
- 17) A. Poon, K. Weber, T. Cass: Scribbler: A Tool for Searching Digital Ink, CHI'95, pp. 252-253, 1995
- 18) J.A. Landay, B.A. Myers: Interactive Sketching for the Early Stages of User Interface Design, CHI'95, pp. 43-50, 1995
- 19) デファイング・グラビティー-Newton テクノロジーの誕生-, 翔泳社, 1994
- 20) Pattie Mayes: Agents that Reduce Work and Information Overload, pp. 30-40, in 8)(日本語訳: 竹内彰一訳, 仕事と情報の深を軽減するエージェント, Bit, Vol. 27, No. 12, pp. 15-28)
- 21) A. Cypher, D. C. Smith: KIDSIM: End User Programming of Simulation, CHI'95, pp. 27-34, 1995

その他の関連文献

- 22) A.I. Rudnicky, A. Hauptmann, K.F. Lee : Survey of Current Speech Technology, CACM Vol.37, No.3, pp. 52-57 (1994).
- 23) H. Ishii, M. Kobayashi and J. Groudin : Integration of Inter-Personal Space and Shared Workspace : Clear Board Design and Experiments, Proc. of CSCW'92, pp. 33-42, 1992
- 24) H. Kuzuoka : Spatial Workspace Collaboration : A SharedView Video Support System for Remote Collaboration Capability, Proc. of CHI'92, pp.533-540, 1992
- 25) H. Kuzuoka, T. Kosuge and M. Tanaka : GestureCam : A Video Communication System for Sympathetic Remote Collaboration, Proc. of CSCW'94, pp. 35-43, 1994
- 26) B. Magee : Enhanced Factory Communication, SIGGRAPH Video Review, Issue 87, CSCW'92 Technical Video Program, 1992
- 27) Y. Nakauchi, K. Kawasugi, T. Okada, N. Yamasaki and Y. Anzai : Multi-Agent Interface Architecture for Human-Robot Cooperation, Proc. of 1992 IEEE Int. Conf. on Robotics and automation, pp. 413-418, 1992
- 28) R. W. Root : Design of a Multi-Media Vehicle for Social Browsing, Proc. CSCW'88, pp. 25-38, 1988
- 29) L. Shu and W. Flowers : Groupware Experiences in Three-dimensional Computer-Aided Design, Proc. CSCW'92, pp. 179-186, 1992
- 30) M. Stefik and J. Brown : Toward Portable Ideas, Technological Support for Work Group Collaboration, KAwrence Erlbaum Associates, Inc., pp. 226-232, 1989
- 31) H. Takemura and F. KIshino : Cooperative Work Environment Using Virtual Workspace, Proc. of CSCW'92, pp. 226-232, 1992
- 32) J. Tang : Findings from observational Studies of Collaborative Work, Int. J. Man-Machine Studies, No.34, pp. 143-160, 1991
- 33) M. Tani, M. Horita, K. Yamaashi, K. Tanikoshi and M. Futakawa : Courtyard : Integrating Shared Overview on a Large Screen and Pre-user Detail on Individual Screens, Proc. of CHI'94, pp. 44-50, 1994
- 34) M. Tani, K. Yamaashi and K. Tanikoshi : Object-Oriented Video : Interaction with Real-World Objects Through Live Video, Proc. of CHI'92, pp. 593-598, 1992
- 35) P. Wellner : The DigitalDesk : Supporting Computer-based Interaction with Paper Documents, Proc. of Imagina, pp. 110-119, 1993
- 36) G. W. Fitznaurice : Situated Information Spaces and Spatially Aware Palmtop Computers, Communications of the ACM, Vol, 36, No. 7, pp. 38-51, 1993
- 37) M. Resnick : Behavior construction Kits, Communications of the ACM, Vol, 36, No. 7, pp.64-71, 1993
- 38) D. B. Koon, C. J. Sparrell and K.R. Thorisson : Integrating Simultaneous Input From Speech, Gaze, and Hand Gestures, Intelligent Multimedia Interface (M. T. Maybury ed.), AAAI Press, pp. 257-276, 1993
- 39) O. Stock : ALGRESO : Enjoying the Combination of Natural Language Processing and Hypermedia for Information Exploration, Intelligent Multimedia Interface (M. T. Maybury ed.), AAAI Press, pp. 197-224, 1993

(1995年1月25日 受付)

[問い合わせ先]

〒182 東京都調布市調布ヶ丘1-5-1

電気通信大学 大学院情報システム学研究科
田野 俊一

TEL : 0424-83-2161(内線5222)

FAX : 0428-81-5934

E-mail : tano@tlab.is.uec.ac.jp

—— 著 者 紹 介 ——

田野 俊一 (たの しゅんいち)

電気通信大学 大学院情報システム
学研究科助教授

1981年 東京工業大学工学部制御
工学科卒業。1983年 同大学院総合理
工学研究科システム科学専攻修士課
程修了。同年 ㈱日立製作所システム
開発研究所入所。1990-1991年 カー
ネギメロン大学客員研究員。1991-
1995年 国際ファジィ工学研究所主
任研究員。1994年 ㈱日立製作所シス
テム開発研究所主任研究員。1996年4
月より電気通信大学 大学院情報シ
ステム学研究科助教授。人工知能、知
識工学、自然言語理解、あいまい理
論、知的ユーザインタフェースの研
究に従事。情報処理学会、人工知能学
会、日本ファジィ学会、言語処理学
会、AAAI、IEEE、ACM 各会員。博
士(工学)