

知的マンマシンインタフェース の実現に向けて

浜川 礼、川越恭二

日本電気(株) C & Cシステム研究所

神奈川県川崎市宮前区宮崎4-1-1 (044) 855-1111

(Junet: rei@aslab0.nec.junet)

近年の計算機、ワークステーションの低価格化、利用者の多様化にともないマンマシンインタフェースの重要性が認識されつつある。また、一方で計算機の高性能化、理論の発展にともないゆるやかではあるが、人工知能の分野も発展してきている。そこで、最近では知的マンマシンインタフェース、あるいは知的ユーザインタフェースという言葉が聞かれるようになってきた。欧米を中心に研究されている適応型インタフェースも近年知的な方向に進展しつつある。本稿ではこれらの研究を整理し、現状、問題点及び将来の課題について述べる。また、現在我々が研究開発中の適応型マンマシンシステムIFULについて現状、将来の構想について述べる。IFULは3次元空間プランニングシステムであり、利用者の対話履歴を分析、学習することにより各利用者毎に適したインタフェースを提供するものである。

Towards Intelligent Man-Machine Interface

Rei HAMAKAWA and Kyoji KAWAGOE

C&C Systems Research Laboratories, NEC Corporation
4-1-1, Miyazaki, Miyamae, Kawasaki, Kanagawa, 213 JAPAN

With the rapid diversification and popularization of computer systems, the importance of man-machine interface is being recognized. Furthermore, with the increasing performance of computers and the development of theories, the artificial intelligence (AI) fields are expanding, though slowly. Consequently, terms such as intelligent man-machine interface and intelligent user interface are beginning to be used. Research on adaptive interfaces in Europe and the U.S. is also heading towards the use of AI techniques. In this paper, we summarize those researches and describe the current status, its problems and its future direction. In addition, we describe an adaptive interactive system with a flexible user interface language for spatial planning (IFUL/SPACE) which we are presently developing. This is a three dimensional spatial planning system with an adaptive interface. This system automatically provides a way for a user to form an individual man-machine interface, based on the users intentions at the time the interface is activated.

1. はじめに

近年の計算機の小型化、高性能化という急速な進歩により計算機が広範囲にいきわたり、エンドユーザ自身で計算機を使用する機会が非常に増加している。このため、ユーザがいかに従来の作業と異和感なく計算機を利用できるかが大きな問題になりつつある。すなわち人間と計算機とのインタフェースの問題の解決が必要になってきている。この問題は現在情報処理、人間工学、認知心理等の様々な分野で議論されている。一方で、計算機ソフトウェア技術の成熟、知識処理技術の進歩により、計算機自身が高度な処理を遂行できる能力、特に人工知能技術がゆるやかではあるが、発展しつつある。そこで、近年知的マンマシンインタフェース、あるいは知的ユーザインタフェースという言葉が聞かれるようになってきた。知的とは[1]によると、「推論機能を持つこと」とある。マンマシンインタフェースのどこに推論機能をもたせるかにより、様々な知的マンマシンインタフェースの研究が行われてきている。自然言語理解、パターン理解等もこの範疇の一つと捕らえることも可能であろう。

ところで、1980年頃から欧米で研究されつつある適応型インタフェース(Adaptive Interface)[6,7,9-12,15]も近年知的な方向に進展しつつある(Self-adaptive Interface)[6,7,11,12]。本稿ではこれらの研究の現状、問題点について述べ将来の方向について述べる。また、現在我々が研究開発中の適応型マンマシンシステムIFULについての現状、将来の構想について述べる。

2. 適応型マンマシンインタフェース

適応型マンマシンインタフェースは個々の利用者に適したインタフェース、作業環境を計算機が提供しようとする試みであり、1980年前後から様々なモデル、システムが提案され始めている[9,10]。これは計算機が一部の専門家のためだけの道具であったのが、ソフトウェア、ハードウェアの急速な進歩により一般の計算機に馴染みのない人々にも広く普及され始めたため、従来の機能優先だけでは利用者の多様化に追従できなくなったことが大きな要因と考えられる。つまり、従来の機能優先から使いやすさ優先への計算機システムの評価基準の変化に対する一つの解決策である。適応型マンマシンインタフェースの範囲は広義にとらえれば、CAI、談話理解等も含まれるが、ここでは狭義に対話の操作、および操作環境の適応化を考える。また適応化を実現するためには、その水準を明確にする必要がある

が、下記のように定める[18]。

水準	内容		例
対話概念レベル	概念	対話内容に現われない利用者の概念	あれ、これの抽象的操作、誤り操作
	文脈	対話の流れに含まれる利用者の概念	過去の操作や対象の利用、選択
	意味	個々の対話に含まれる利用者の概念	利用者定義の用語
対話シケルレベル	対話の操作内容		コマンドカタログ マクロ
対話入出力	論理	論理装置と操作との関係	ロケータ、ビツキングのアイ、画面用途
	物理	物理装置、物理インタフェース	画面レイアウト、 文字フォント

3. 適応型インタフェースの知的化

適応型インタフェースの初期のモデルでは例えば、図1[10]のように、インタフェースのデザイナーが介在していた。つまり、インタフェースデザイナーが効率的にインタフェースを変更するにはどうすればよいかの問題であった。

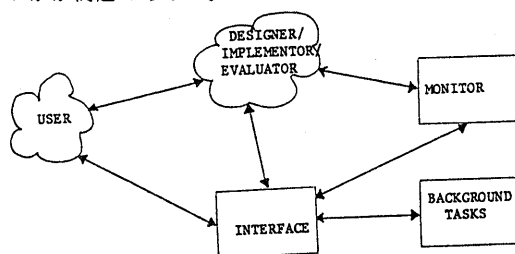


図1 インタフェースのモデル[10][7]

やがてこの機能を例えばエキスパートシステム等を用いて計算機が代行するモデルが提案されるようになる。即ち、利用者と計算機との対話を計算機がモニタリングして分析を行なうことによりインタフェースを変更していく。どの様な分析を行なうかにより色々な方式が考えられるが以下に幾つかの例を示す。

• GinsburgのCAD[11]

CADシステムでは、メニュー形式で利用者がその中のコマンドを選択しながら作業を行っていくのが一般的である。ところが、利用者によっては非常に面倒なことが生じる場合がある。例えば、メニューの中には、ほとんど使用されていないコマンドも多数入っている場合が多い。一つのメニュー内に使用するコマンドと使用しないコマンドが混在している場合、利用者は誤操作をしないように注意深く操作を行なう必要がある。下記のメニューで、コマンド1→コマンド3→コマンド10→コマンド6という操作列を頻繁に使用する場合、コマンド1、3、10、6だけ他のメニューにしておいた方が遙かに操作し易い。

コマンド1	コマンド6
コマンド2	コマンド7
コマンド3	コマンド8
コマンド4	コマンド9
コマンド5	コマンド10

他の例では、一般にメニューは画面の右及び下に配置されるが、これは左利きの人にとっては大変使用しづらい。

GinsburgのCADシステムでは利用者に適したメニューをシステムが半自動的に提供するために、利用者の使用したコマンドの頻度を分析する。非常に簡単な例だが梁設計CADプログラムで、図2のようなオリジナルのメニューが、図3のようなコマンド頻度解析により、図4のようなメニューに最終的に変更していく。

DEFINE BEAM	1. 1
Spans: 7	↓
End conditions: L-fixed R-simple	↓↓↓
	↓↓↓
CURRENT: L=14.00 ft I=385.8 in ⁴	↶
INTERACTIVITY [Kip/ft?]	NEXT

図2 オリジナルのメニュー[11]

MODIFY MENU	1. 1
Menu # 1	↓
Frequency: 1:3,2:6,(4,5,7) 3:1,2:2	↓↓↓
6:3,1:3,1:3,1:3	↓↓↓
TEMPORARY STORAGE	↶
	NEXT
INTERACTIVITY SELF	
SELECT MODE DRAG ELEMENTS	

図3 頻度解析[11]

FINAL MENU Menu #1	1. 1
	↓↓↓
	↓
YES NO	↓↓↓
INTERACTIVITY SELF	↶
	NEXT
ACCEPT?	

図4 変更後のメニュー

• BenyonのMONITORシステム[7]

MONITORシステムは初心者からエキスパートまで幅広い層の利用者の要求を満足する柔軟なユーザインタフェースの構築を目標としている。実際には利用者と計算機との対話をモニタリングし、その結果を用いてエキスパートシステムがインタフェースを適応させていく。Benyonの利用者と計算機との対話のモデルは [10]を拡張したものであり、全体の構成は図5のようになる。

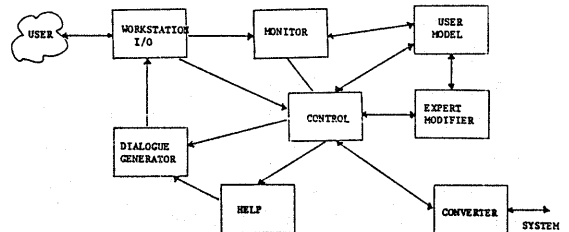


図5 Benyonのモデル[7]

MONITORは上図のmonitor、user model、expert modifierモジュールを指している。

MONITORの特徴は、一ザモデルを持っていることであり、初期のステレオタイプ^①のモデルを対話をモニタリングしていくことにより、個々の利用者に適したユーザモデルを生成していく。そして個々のユーザモデルに応じてインタフェースを変更していく。ユーザモデルはフレーム形式で表現されており、実際にはLISPで、

CAR USER	user name
CADR USER	user's occupation
CADDR USER	user's course level or NONE
CADDRR USER	list of allowable Tasks
CADDDDR USER	list of task performance
CADDDDDR USER	list of Sessions
CAR (CADDDDDR USER)	Session number
CDR (CADDDDDR USER)	(first Node, 2nd Node, etc....)
CADDDDDDR USER	remedial assistance flag

のように表現されている。

4. 問題点

以下に、上記システムの問題点について述べる。

・GinsburgのCADシステムにおける適応化のメカニズムは非常に簡単であり、知的とは言えないかも知れないがユーザの多様性に適応しCAD等では一つの有効な手段であるかもしれない。しかし、コマンドの履歴から頻度だけを分析していたのでは、適応化の水準は対話入出力レベルであり、より高度な適応化水準を満足させるには、他のアプローチを考える必要がある。

・BenyonのMONITORシステムでは利用者のレベルが段階的に表現できるような応用分野には有効と思われる。実際、BenyonはPASCAL学習プログラム等CAIに近い分野を取り上げている。しかし一般のシステムの利用者は一次元的な順序列では表現できず、もっと広がりを持っている。従ってこのような多様性を表現する必要がある。

以上を考え、現状での問題点、今後の課題をまとめると次のようになる。

①適応化水準の向上

応用によっては適応化水準が低くても効果がある場合があるが、一般にはより高い適応化水準の方が効果は大きい。ところが、従来のシステムはほとんど対話入出力レベルまでなので、適応化水準を対話概念レベルまで向上させる必要がある。

②利用者の多様性

利用者は各々操作の好み、癖等を持っている。このようなものをインタフェースに反映させることによって、より適応化は進む。よって、利用者の多様性は熟練度のみならず嗜好、利用者固有の概念等を表現するようなユーザモデルが必要である。また、個々の利用者を考えると、熟練度が徐々に変化していくので動的に表現する必要がある。

③応用独立性

上記の二つをはじめ、ほとんどのシステムは応用に強く依存している。そのため、利用者が別のシステムを使用するときは、一から適応化を行なう必要がある。今後、一人の利用者が多数のシステムを使用する機会は増加すると考えられるので、より普遍的なモデルを用いて一つのシステムで行なった適応化を他のシステムでも利用可能にする必要がある。

5. IFULシステム[2-6]

上記問題点の解決を踏まえて、我々が現在適応型マンマシンインタフェースをもつ空間プランニングシステムIFULを研究開発中であるが、これは工場、部屋等のレイアウト計画や機器の実装設計を支

援するためのシステムであり、動的にインタフェースが変更することが可能な機構を提供することにより利用者の意図通りに効率よく形状配置を行うことが可能になることを目指したものである。(図6)

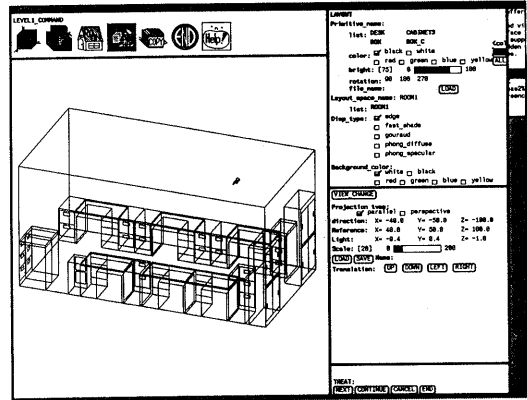


図6 IFULシステム

システムは以下の構成要素からなる。

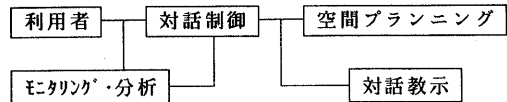
対話制御機能：対話の管理

対話教示機能：利用者による対話操作

モニタリング・分析機能：利用者との対話分析

空間プランニング機能：形状生成、形状配置、表示操作

利用者とこれらの機能間との関係を下図に示す。



以下に各機能の内、主に知的と大きく関わる部分について述べる。

・対話制御

対話制御は、利用者と応用プログラム間の情報と処理の流れを制御する。実際には、ピッキングやローケータリング、キーボードからの入力、図形、メッセージ出力等の入出力制御、入力データ解釈、入出力データの応用プログラムに適した形式への変換、応用プログラムの実行シーケンスやパラメータの編集、起動、対話制御に必要な情報機能の一括管理 (User Interface Management System) を行なう。本対話制御機能は対話モデル[2,6]を基本としている。

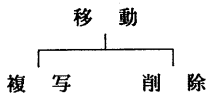
このモデルでは基本的に一つの対話はオペレーション (操作) とオブジェクト (対象物) と付属パラメータからなる。例えば、三角形を消去するのであればオペレーション=Delete、オブジェクト=Triangleとなる。従って、本機能は知的化とは直接関係ないが、対話が上記モデルを満足するものであればいかなるアプリケーションにおいても、知的化され

たインタフェースを適用することが可能である。

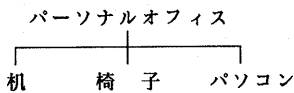
• 対話モニタリング・分析[3,5]

モニタリングは個々の利用者と計算機との対話を抽出する機能であり、分析はモニタリングにより抽出した対話から抽象化を行う機能である。抽象化機能は利用者の意図に即して上述のモデルにおけるオペレーションとオブジェクトとを抽象化し、利用者に適したコマンドやレイアウトを生成する部分であり、オペレーションの抽象化とオブジェクトの抽象化がある。

• オペレーションの抽象化例



• オブジェクトの抽象化例



この2種類の抽象化を組み合わせることにより、一連の対話列から利用者に適応した抽象化されたオブジェクト、オペレーションが生成され、それらは新しい対話として利用者固有のコマンド等になる。GinsburgのCADシステムが、操作の頻度だけを分析していたのに対して、本分析では、操作+対象を一つの対話と考え、その対話列を分析することにより、より高度な適応化水準の実現が可能になる。図7に簡単な例を示す。ここでは、利用者が机とキャビネを連続して頻繁に操作していることを計算機が認識し、2つのオブジェクトを一つに取り扱った方が良いのではということを提案している。利用者がこの提案を受け入れれば以後2つのオブジェクトを一まとめにして操作することが可能になる。

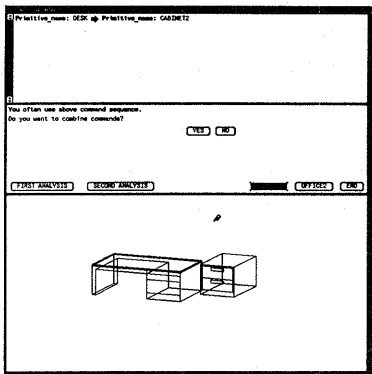


図7 計算機による分析

• 対話教示

対話教示は、対話制御機能によって制御され、対話操作方法の生成、変更を行なう機能である。この対話教示機能は、①利用者による対話操作方法の操作と、②空間プランニング機能実行時の対話状況の動的表示を行なう。つまり、利用者自身が自分の対話履歴、対話状況等を見ながら対話操作を自分に適したものに変えていく。本機能は空間プランニング機能と同一レベルに位置づけられている。つまり、本機能自身の利用者による操作もモニタリング、分析される。従って、本機能自身も適応化の対象に含まれる。

IFULの適応化の水準は物理レベルから文脈レベルまでの適応化を扱っている。

6. IFULシステムの将来構想

現在、IFULシステムはワークステーション上でインプリメントを行なっており、近く評価を行なう予定である。より高度な知的化を進めていくことにより次のような目標を設定している。

①複数利用者からの特徴抽出

CAD等では、グループ毎に作業を管理している場合がよくある。よって、個人ではなくグループで行なっている作業から特徴抽出を行なえば、これは応用分野に依存した操作に関するKnow Howの獲得と考えることができる。

②複数システムからの特徴抽出

逆に、個人の使用している複数のシステムから特徴を抽出すれば、これは応用分野に依存しない個人個人の特徴、すなわち個人の固有の概念の抽出になる。

③適応化水準の向上

適応化の水準を概念レベルまで上げることにより、より抽象的な操作（あれを消す等）が可能になり、利用者の負担が減る。このようなことを実現するには以下の機能が必要と考える。

①ユーザモデル

従来のユーザモデルはユーザが“必要な知識もっている。あるいはもっていない。”あるいは“誤った知識もっている。”等を表現するために用いられるものが一般的であり、ユーザの知識の状態と、正しい知識との比較を行いユーザの知識を補正していくというアプローチがとられていた。しかし、CAD、情報検索等、一般のシステムでは複雑な知識概念を扱い、かつ高度な問題解決処理を行うため、こ

のような知識だけでは不十分であり、各ユーザ固有の概念、特性を表現できなければならない。つまり、誤っている、正しいという尺度の知識ではなく、より一般的な知識を表現するためのユーザモデルの構築が必要である。

②概念クラスタ機構

抽象化が利用者の概念の抽出と考えれば、これは、Machine LearningにおけるConceptual Clusteringと非常に似ている。[14-16]Conceptual Clusteringでは対象を記述するための属性の集合、並びに属性値の構造を参照しながら、目的に依存した評価基準にしたがい対象集合を分類していくという手法である。ただし、本適応化ではそのままでは使用できない。最も大きな理由はConceptual Clusteringが対象物を分類していくのに対して適応化では操作列を分類しなければいけない点である。つまり操作列のもつ属性を考慮しなければいけないが、これは陽に利用者が定義するのではないため計算機が生成しなければいけない。

③エラー処理

人間は実際には非常に頻繁に過ちを犯す。従って誤りを認識しなければ、誤りを含んだまま抽象化されたり、逆に本来抽象化されるべきなのに誤りを含んでいるために抽象化されないこと等が起こる。そのためには誤りを認識する必要がある。但しここでいう誤りとは、操作ミスではなく、利用者の概念的な誤り(例: Create A→Delete A)のことである。

最終的には、夢物語ではあるが利用者個々が自分のモデルを記述したIDカードを持ちどのようなシステムを使用するときでもそのIDカードを差し込むだけで自分に適応したインタフェースをシステムが提供するような環境を目指したいと考えている。

7. おわりに

適応型マンマシンシステムの知的化への問題点と今後の課題について述べた。今回、問題点として取り上げたのは主に適応化水準、ユーザの多様性、独立性等であったが、これ以外にも推論のメカニズム、効率も大きな課題である。今後、これらの点を考慮しながら適応型マンマシンシステムの知的化を目指していく予定である。

「参考文献」

- [1]上野晴樹：知識工学入門、オーム社、1985
- [2]浜川他：ユーザの設計思考プロセスに適応する対話モデル、第3回設計自動化学講演会1985
- [3]浜川他：マンマシン対話におけるモニタリングと分析について、情報処理学会第32回全国大会1986

- [4]浜川他：適応型インタフェースをもつ空間プランニングシステム、情報処理学会第33回全国大会1986
- [5]浜川他：知的ユーザインタフェースにおけるユーザ概念・知識の抽出、情処第52回知識工学と人工知能研究会1987
- [6]Hamakawa, R. et al: An autonomously organized interaction model for individual domain use r, CAPE'86,1986
- [7]Benyon D.: MONITOR. A self-adaptive user interface, INTERACT'84, 1984
- [8]Brodie, M.L. et al.: On conceptual modelling, Springer Verlag,1984
- [9]Edmonds, E.A.: Adaptive man-computer interface, Computing skills and the user interface,1981
- [10]Edmonds, E.A.: The man-computer interface, International journal of man machine studies 16, 1982
- [11]Ginsburg, S.: Self-adapting menus for CAD software, Computers & Structures, Vol.23, No.4, 1986
- [12]Innocent P.R.: Towards self-adaptive interfacesystems,International journal of man machine studies 16, 1982
- [13]Mark, W.: Representaiton and inference in the Consul system, IJCAI'81, 1981
- [14]Michalski, R.S. et al.: Automated Construction of classifications: Conceptual Clustering versus Numerical Taxonomy, IEEE Transactions on PAMI, Vol.5, No.4, 1983
- [15]Roach, J. et al.: Improving human-computer interaction by learning a model of user preference, The second conference on artificial intelligence applications, 1985
- [16]Stepp, R.E. and Michalski, R.S. et al.: Conceptual Clustering:Inventing goal-oriented classifications of structured objects, Machine learning II,1986
- [17]Wilczynski, D.: Knowledge acquisition in the Consul system, IJCAI'81, 1981
- [18]川越他、適応型インタフェースを持つ知的対話対話システムとその応用、第2回ヒューマンインタフェースシンポジウム、1986

討 論

6. 知的マンマシンインタフェースの実現に向けて

浜川（日電）

- 守屋：推論とは基本的に予想がつきにくいことをするのに対して、ユーザインタフェースでは予想ができないと使いやすすくないと思いますがどうでしょうか。
- 浜川：勝手に推論をして変えてしまうのではなくて、ユーザのやっていることを分析して、ユーザに是非を聞いてから変更を行うので予想はつくと思います。
- 川合：聞いて来るかどうかの予想はつくのですか。（笑い）
- 浜川：初心者には予想がつかないかもしれませんが、ユーザにどのようにフィードバックするかは、人間工学的な面もあり分析能力に依るので今後の課題です。
- 福井：分析するモニターとユーザと対話しているプログラムは並列に動いているのでしょうか。
- 浜川：ええ、別々のプログラムとして動いています。簡単に言うと、ユーザの行動の履歴をファイルにとっておいてそれを分析します。
- 福井：そうするとファイル操作でデータをときどき見ながら分析しているのですか。
- 浜川：現在は自動的にモニタリングして、分析しろというコマンドを入れると今までのデータを分析するようになっていきます。
- 福井：システムからの提案はいつ行われるのですか。
- 浜川：モニタリングはいつも行っていて、1つのセッションの切れ目でまとめて分析をして提案を行います。現在はインタラクションの善し悪しよりも、分析のアルゴリズムの方に重点を置いています。
- 守屋：構造を持ったメニューについては、単純な頻度分析ではうまく行かないのではないのでしょうか。
- 浜川：階層を持っている場合には、各階層ごとに分析しています。
- 川合：下の階層のものを上の階層に上げるようなことはしないのですか。
- 浜川：コマンドを複合することはやっています。どれぐらい効率よくできるかは今後の課題です。現在は3階層で各階層10メニュー程度の規模のものまでは扱えます。
- 村上：具体的に何回ぐらい同じオペレーションを行うとシステムからの提案が起こるのでしょうか。
- 浜川：現在はある固定のしきい値を与えて判断しています。例えば、あるコマンドの後に90%の確率で別の特定のコマンドが使われているときなどです。学習によってしきい値をうまく制御することが必要かもしれません。
- 村上：具体的に履歴からどのような推論をして結論を出すのですか。
- 浜川：パターンマッチングで同時に使っているコマンドを見つけます。さらに、まとめて使われているコマンドから共通の性質を推論し、新しい概念をつくるということをします。現在は単純なレベルで実現されています。
- 村上：推論の結果新しく加えられたコマンドは自動的にメニューに加えられるのですか。
- 浜川：半自動です。デフォルトの表示の仕方があって、ユーザがそれを自分の好きなように変更します。