

思考促進の道具としての 知的インタフェースについて

中村 孝

大阪産業大学工学部情報システム工学科

本論文では、現在構築を進めている思考促進の機能を持つ知的インタフェースについて述べる。筆者は、知的インタフェースを、人間の問題解決を支援するための思考促進の道具としてとらえている。また、そのようなシステムの実現には人工知能の技術をヒューマンインタフェースに取り入れることが不可欠であると考えている。

このような立場から、知的インタフェースが持つべき思考促進の機能について考察した。また、それらの機能を検討するためのプロトタイプとして、知的インタフェース実験システムを構築した。

An Intelligent Interface as a Tool for Thought-Acceleration

Takashi NAKAMURA

Faculty of Engineering, Osaka Sangyo University,
3-1-1, Nakagaito, Daito, Osaka, 574 Japan

In this paper, we describe an intelligent interface with the functions of the thought acceleration. We regard an intelligent interface as a tool for the thought process acceleration to support man's problem solving. And, we regard that it is indispensable for the achievement of such intelligent interface systems to take the technology of the artificial intelligence.

From this point of view, we consider some functions for thought acceleration. We also constructed the intelligent interface experiment system as a prototype to examine those functions.

1. はじめに

本論文では、筆者が現在構築を進めている、思考促進機能を持つ知的インタフェースの概要について述べる。

筆者は知的インタフェースを、思考促進の道具として人間の問題解決を支援するものにとらえている。また、そのようなシステムの実現には人工知能の技術をヒューマンインタフェースに取り入れることが不可欠であると考えている。

このような立場から、筆者らはユーザの思考を促進し問題解決を支援する知的インタフェースシステムの研究を行っている[1][2][3]。現在までに、思考の促進に必要な機能の検討のための実験システムとして、問題解決の実行環境をワークステーション上に構築した。さらに、検討した結果をもとに、人工知能の技法を取り入れた知的インタフェースシステムの構築を進めている。

以下、知的インタフェースが持つべき思考促進の機能についての考察、それらの機能を検討する為のプロトタイプシステムとして構築した知的インタフェース実験システム、実験システム構築からえられた思考促進機能に関する知見などについて述べる。

2. 思考促進の道具としての

知的インタフェース

一般に、知的インタフェースは、計算機の入出力インタフェース機能の高度化のための、自然言語・音声・図形画像を介して人間と計算機との間に自然な対話の手段を提供するものにとらえられることが多い。これに対し、筆者は、知的インタフェースを、対話手段の提供だけでなく提供した対話手段を用いて人間の問題解決の支援を行うものにとらえる。

ここでいう問題解決支援の基本的立場は、

知的インタフェース = 思考促進の道具

である。問題解決の主体は人間であり、知的インタフェースとしての計算機の支援を受けて人間が思考して問題を解いていく。計算機にすべての思考、問題解決を任せてしまう「思考の代行」ではない。

いいかえると、知的インタフェースの役割は、

- ・ 知能増幅器
- ・ 問題解決のナビゲータ
- ・ 問題解決のための知的なパートナー

としてユーザの思考を促進し、問題解決を支援

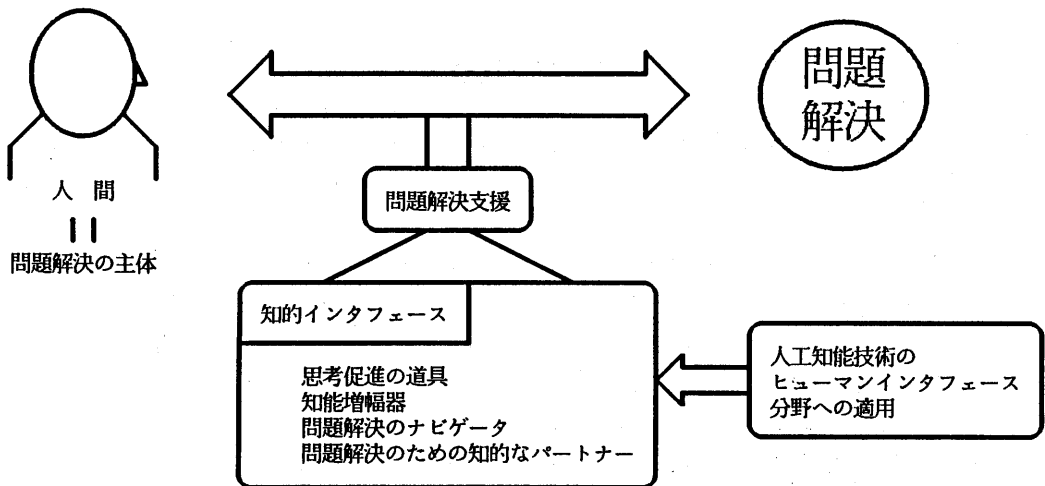


図1 思考促進の道具としての知的インタフェース

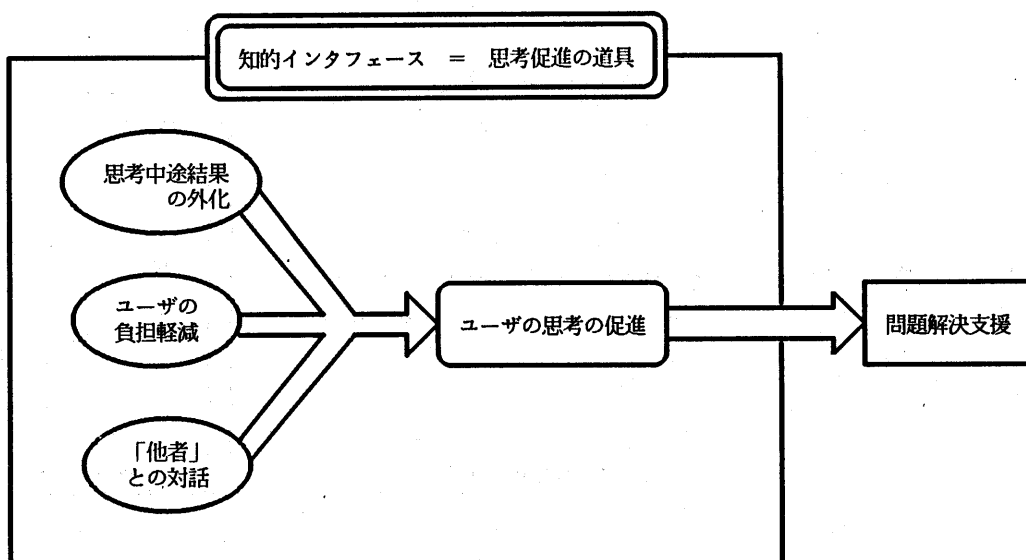


図2 知的インタフェースの思考促進機能

することである（図1）。

知的インタフェースに上で述べたような役割をはたさせるためには、人工知能の技術を取り入れることが不可欠であると考え、人工知能技術のヒューマンインタフェースへの適用について検討していくことも本研究の目的のひとつである。

3. 知的インタフェースの思考促進機能

本章では、知的インタフェースが思考促進の道具として持つべき機能について考察する。2章で述べたように、筆者は知的インタフェースの役割は思考促進の道具として問題解決を支援することであると設定している。このような立場から認知科学分野の知見をもとに考察を行い、知的インタフェースに取り入れる機能について検討する。

具体的には、思考の促進に有効な機能として、

- (1) 問題解決時の負担の軽減による思考の促進
- (2) 思考中途結果の外化による思考の促進
- (3) 「他者」との対話による思考の促進

の3つの思考促進の機能を取り上げる（図2）。

3.1 問題解決時の負担の軽減による思考の促進

問題解決時における思考促進の機能としてまず第一に考えられるのは、ユーザに対し容易に問題解決の試行ができる環境を与えることである。特に問題解決の初期段階においては、実際に「自分自身で手を動かして」問題を解いてみるのが大切である。実際に問題を解いてみることで問題の制約条件などが把握でき、問題内容の理解が深まる。また、試行錯誤の経験により、問題解決に必要な知識・ヒューリスティクスを徐々に獲得することができる。この意味で、試行錯誤的な問題解決の実行が簡単に行える環境が必要となる。

さらに、問題解決支援のための環境は、単なる実行環境ではなく、ユーザの問題解決実行時の負担をできるだけ軽減する環境でなければならない。ユーザの思考活動には推論・計算・状況把握・記憶などの点で能力の限界がある。有用情報の提供などによりこれらの負担を軽減させなければならない。負担を軽減させることに

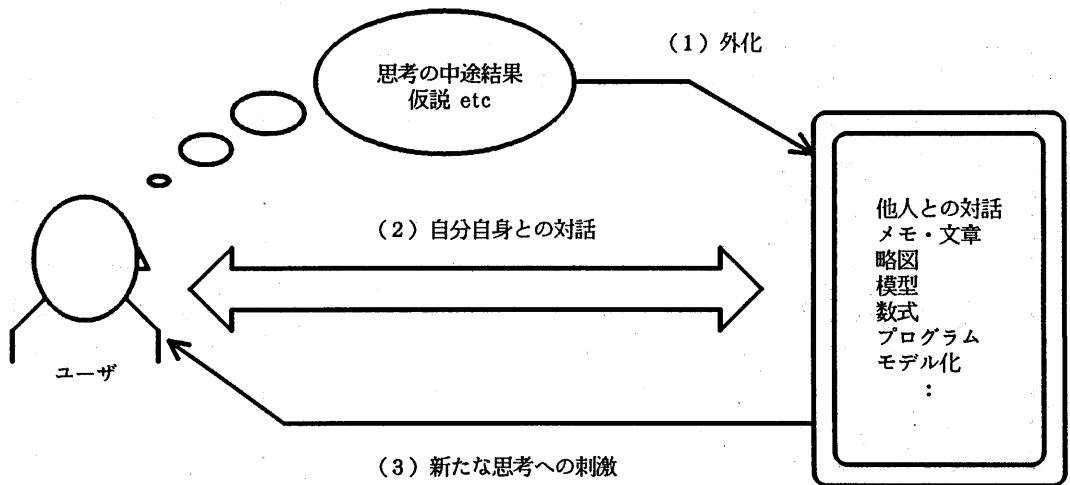


図3 思考中途結果の外化による思考の促進

より、ユーザに問題解決における創造的思考に集中してもらうことができ、思考の促進が行われることになる。

3.2 思考中途結果の外化による思考の促進

問題を解く場合、人間は自分の頭の中でだけ思考を進め問題を解いてしまうことは少ない。「人間は思考するために何らかのシンボル、またはそのシンボルを表示し伝達する媒体（メディア）を必要とする。」[4]のであり、考えている途中でしばしば自分の考えを文章やメモに書いてみたり、略図を描いたりして検討する。頭の中のもやもやとした思考（中間結果や仮説など）をいったん頭の外に出して（外化して）記述し、その記述した結果を通じて「自分自身との対話」を行うことにより、新たな発想が生まれ思考が促進されるのである。三宅[5]はこのような現象を、「思考中途結果の外化による思考の促進」と呼んでいる。

思考中途結果の外化による思考の促進は、図3に示すように、

- (1) 思考中途結果の外化
- (2) 自分自身との対話

(3) 新たな思考への刺激

というサイクルにより行われる。このサイクルのうち、(1) のもやもやとした頭の中の思考を外に出し記述する外化の過程がボトルネックになると考えられる。知的インタフェースがこの外化の過程を促進することができれば、このサイクルが有効に働き、思考の促進に大いに役立つはずである。

3.3 「他者」との対話による思考の促進

実際の問題解決の場面において、一人で問題に取り組むよりも複数の人間が共同して問題に取り組むことで問題の解決が容易になることが多い。単に役割を分担して一人あたりの負担が軽くなるだけでなく、異なる視点・とらえ方を提示する「他者」の存在が大きな役割を果たす。

稲垣と波多野[6]によれば、この場合、「他者」は必ずしも知識のより豊富な人である必要はない。知識の乏しい他者であっても、違った視点から問題をながめてみるとか、問題解決のやり方に対してある種の批判を加えるといったことにより、「問題に含まれる隠された制約条件をはっきりさせたり、無視されがちな制約条件

件に注目させ、解釈・仮説の探索を適切に方向づけていくことができる。」[6]のである。

知的インタフェースにおいても、システムが独立した知的な「他者」として存在し、積極的に助言・指導・発問・提案などを行うことがユーザの思考の促進に有効な手段となる。この場合、思考を促進するような対話がどのような内容であり、それをユーザの負担が少ないようにどのようなタイミングでいかに実現するかが問題となる。

4. 知的インタフェース実験システム

本章では、3章で述べた思考促進の機能を考慮して現在実際に構築を進めている知的インタフェース実験システムについて述べる。この実験システムは、思考促進の機能を検討するためのプロトタイプシステムである。具体的な問題解決の課題を設定し、その課題についてユーザを支援するシステムの構築を通じて知的インタフェースに必要な機能を明らかにしようとしている。

問題解決支援システムの構築にあたっては、プロトタイピングの手法を取り入れ、段階的に改良を加えていくことにより構築を進めている。まず問題解決の実行環境を構築し、ユーザに試用してもらって、出てくる意見・要望・内観・観察結果などをフィードバックしながら支援機能を加えていく。こうして、問題解決支援に有効な機能を現実的側面から明らかにしていくことをめざしている。

以下、タスクとして設定した課題、実験システムの現状、および構築したシステムから得られた思考促進の機能に関する知見について述べていく。

4.1 カルキュレーション

具体的な問題解決の課題としては、カードゲーム「カルキュレーション」を取り上げる。問題解決支援システムはユーザが実際にこのゲー

ムを行い、与えられた課題を解きながらゲームの解法を獲得していく過程を支援する。

カルキュレーションとは、トランプの52枚のカードを用いて行う一人遊びのゲームである[7][8]。『山』につんである52枚のよく切ったカードを一枚ずつめくっていき、4つの『台』に定められた並び（ターゲット列と呼ぶ）になるように置いていく。この並びは、mod 13で九九の表になっている。このとき、4つの『スタック』を作業領域として用いることができる。『スタック』はその名のとおりに「先入れ後出し」の作業領域である。

小谷[7]によれば、カルキュレーションは、『人間の場合、初心者成功率はほとんど0%であるのに、熟達すると、95%を超える』ようなゲームであり、『これほどまでに、知恵が劇的に作用する遊びは少ない』と評されている。

4.2 実験システムの現状

知的インタフェース実験システム構築の現状は、現在のところ実行環境構築の段階にとどまっている。これまでにカルキュレーションを実行する環境の構築とその改良を行ってきた。カルキュレーションの実行環境は、ワークステーション上でXtoolkitを利用して構築した。カードの表示などは画面上にグラフィック表示し、カードの移動などの操作は画面上でのマウス操作により行う。図4に実験システムの画面例としてカルキュレーション実行の様子を示す。

カルキュレーション実行環境でグラフィック表示されるものとしては、

- ・ 山、台、スタックに置かれるカード
 - ・ ターゲット列
 - ・ つかんだカードに対し、その置ける位置、ターゲット列中の位置
- などがある。

カード操作を含むすべての操作は、マウスのみで行うことができる。マウスクリックによりカードを「つかんで」所定の場所（台、スタック

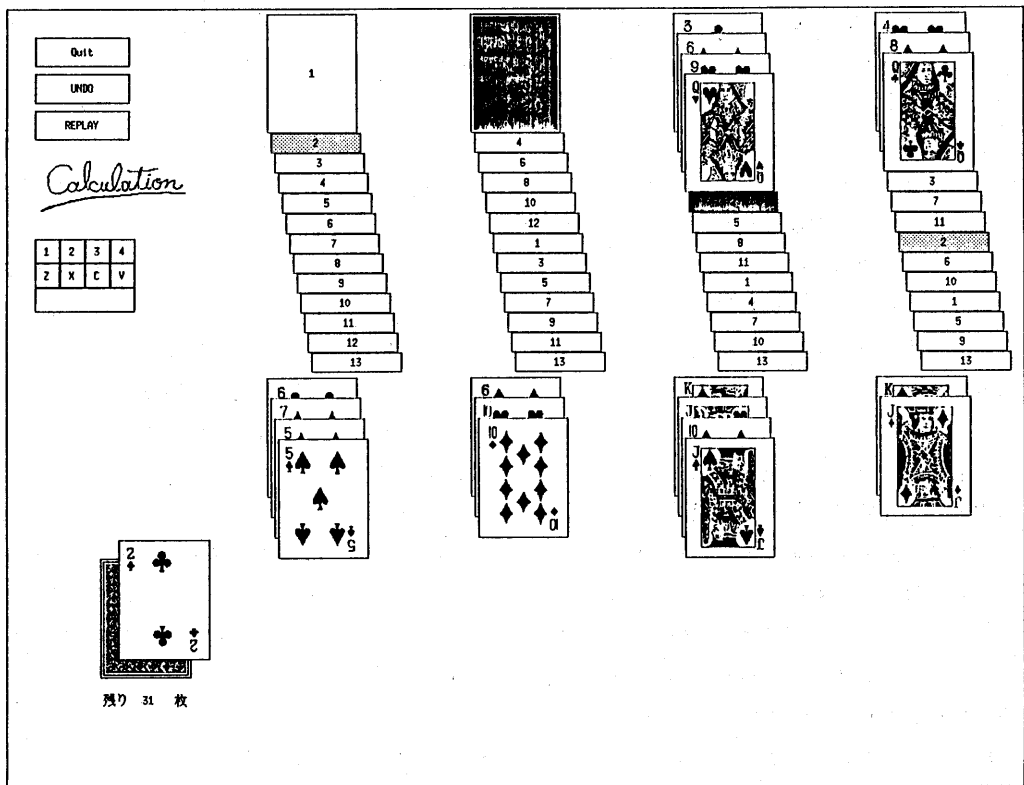


図4 実験システムの画面例

ク)に置くことにより実行が進んでいく。

マウスの移動量を少なくしたいと考えて、画面左にある「ミニボタン」を実現してみた。ミニボタンの各ボタンはそれぞれ山、台、スタックに対応し、ミニボタン上のマウス操作だけでカードの移動が可能となっている。ミニボタンの利用により、確かにマウスの移動量は減少したが、カードを具体的にどこに置くかの感覚がつかみにくいという副作用が生じている。

4.3 実験システムにおける思考の促進

4.2 で述べた実験システムの構築および改良の段階で得られた、思考の促進に関する知見について紹介する。

見逃しの多発とその防止：

まず最初に構築したカルキュレーション実行環境において、実際に何人かのユーザに課題の実行を行ってもらった。その結果、一人で行う場合に比べ、二～三人共同作業により成功率が向上するという現象が生じた。

これは、各人が戦略的に「異なる視点」を提示しあうためというよりも、一人の場合には注意力不足から見逃しが多発するためだと思われる。一人の場合、台にカードを置くことができるにもかかわらず、それに気づかず作業を進めてしまい、結局カードを置けなくなってしまうという現象が多いようであった。

そこで、ユーザの見逃しを防止することに重点をおいて、カルキュレーション実行時に台に置けるカードを明示するように実行環境の改良を行った。単に山からめくったカードが台にお

ける場合に表示するだけではなく、カードの台への移動により新たに台に置けるようになったカードも表示するようにした。これにより、実際にゲームの成功率が大幅に向上した。

カルキュレーション実行の詳細についてみると、見逃しの防止に重点を置いた実行環境の改良により、成功率の向上に特に効果があったのは、注目していた以外のスタックからの移動可能カードや、注目していた以外の台への移動可能カードの見逃しが防げたことである。通常、ユーザは視野が狭く、注目していた対象以外の変化や移動の可能性には気づきにくい、これらの点を指摘してもらうことにより視野の狭さを補うことができるようである。

負担の減少：

また、見逃し防止の実現により、成功率が向上した他にユーザの心理的負担が減少し、気軽に再挑戦してみようという気にさせるという効果があった。しかし、軽減された負担の分より深く考えるという望ましい方向に進むことは少ないようである。じっくり考えるかわりに、台に置けるかどうかの判定をシステムにまかしてしまい、台に置ける場合には置いてしまう。台に置けない場合には適当にスタックに置くという傾向がみられた。

また、ユーザ自身に望まれる支援を尋ねてみると、より直接的な、明確な指示に当たる援助を求めるという傾向がみられた。誤りの指摘、カードをどの台に置くべきか、どちらのカードを動かすべきかなど、自分自身で深く考えること無しに、より安易な方向に進みがちであった。

戦略記述の難しさ：

複数人の共同作業を観察してみると、互いに提示しあった異なった解法戦略のうち一つを選ぶ、という感じはあまりない。どの台・スタックに注目しているか、考慮している属性は何かという違いはあるようだが、明確な戦略の差は

みられなかった。

カルキュレーションの実行において解法のために考慮しなければならない制約条件であるカードのブロック現象、カード間の距離、キングの特殊性などの属性については、各ユーザともあいまいながらも把握しているようであった。しかし、これらを明確に言語化することはあまりなく、明確化を要求しても困難であるようであった。

5. 支援系についての考察

本章では、4章で述べた実験システムをもとに、いかに思考促進の機能を持った知的インタフェースを構築していくかについて考察する。

支援系との結合：

筆者が考えている知的インタフェースの基本的立場は、「思考促進の道具」である。3章で、思考促進の機能として、

(1) 問題解決時の負担の軽減による思考の促進

(2) 思考中途結果の外化による思考の促進

(3) 「他者」との対話による思考の促進

の3つを取り上げた。しかし、現状の実験システムはこのうち「問題解決時の負担の軽減」の一部のみが実現されているだけである。「思考中途結果の外化（自分自身との対話）」や「他者との対話」による思考の促進の機能を取り入れていくことが今後の課題として残されている。

今後の知的インタフェース構築としては、現在の環境系をできるだけ利用し、プロセス間通信などの手段により支援系と結合させることを考えている。

他者との対話：

「他者との対話による思考の促進」では、他者の「異なる視点」の提示が重要な役割を果たすと考えていた。しかし、実際のカルキュレーションの実行をみると、戦略記述の困難さ

のせいか複数人の共同作業においても「異なる視点」にあたるような明確な戦略の違いはあまりみられない。「着目点の違い」や「評価関数の違い」にあたるものがみられる程度である。

記述言語の設定：

「思考中途結果の外化」や「他者との対話」による思考促進の手法として、「システムに解き方を教える」アプローチが有効であろうと考えていた。解き方、戦略を教えようとする対話が解き方について考える刺激となるからである。しかし、実際には戦略の記述（言語化）の困難さが問題となり、戦略の記述が容易に行えるような記述言語の設定が必要となる。戦略記述言語による解法のプログラミングにより、システムが解法を実行できる形で記述することができれば解法のシミュレーションを行うことができる。システムが独自に問題を解くことによる戦略の吟味や、ユーザが問題を解いているときにシステムも同時に与えられた戦略で次の手を予測し、ユーザへ提案したりユーザの誤りを指摘したりすることができるようになる。

6. まとめ

本論文では、現在構築中の、思考の促進機能を持つ知的インタフェースについて述べた。知的インタフェースの目標は「問題解決のための知的なパートナー」であるが、現状の実験システムは実行環境を提供するにとどまっている。今後、本論文で述べた内容にもとづき、支援系をも含めた知的インタフェースの構築を進めていく予定である。

また、

- ・ユーザ要求に適應する実行環境のための自動プログラミングの応用
- ・問題解決システム自身への学習機能の導入
- ・ユーザモデリング機能にもとづく対話機能の充実
- ・視覚言語・図形の利用、思考過程の視覚化

などについても検討していきたいと考えている。

参考文献

- [1] 中村孝，豊田順一：問題解決を支援する知的インタフェース実験システム，日本ソフトウェア科学会第6回大会，D7-1（1989）。
- [2] 中村孝，豊田順一：問題解決支援システムのための思考促進機能について，日本認知科学会第7回大会，D-3（1990）。
- [3] 中村孝，豊田順一：思考促進機能を持つ問題解決支援システムについて，第6回ヒューマン・インタフェース・シンポジウム論文集，2253，pp.455-460（1990）。
- [4] 佐伯胖：コンピュータと教育，岩波新書332，岩波書店（1986）。
- [5] 三宅なほみ：思考中途結果の外化による思考の促進，日本認知科学会第6回大会，C-6（1989）。
- [6] 稲垣佳世子，波多野誼余夫：人はいかに学ぶかー日常的認知の世界，中公新書907，中央公論社（1989）。
- [7] 小谷善行：G P C Cーウルトラ・ナノピコ問題，bit，共立出版，Vol.20，No.4，pp.473-475（1988）。
- [8] 有澤誠：レクリエーションナルプログラミングー遊びの中の情報処理，ソフトバンク（1990）。
- [9] 安西祐一郎：問題解決の心理学，中公新書757，中央公論社（1985）。
- [10] 小橋康章：協力者プログラムとの対話による知識抽出，日本認知科学会第6回大会，A-4（1989）。
- [11] 河越正弘，山口徹郎，青山宏：トピカ計画：創造支援システムを目指して，情報処理学会ヒューマンインタフェース研究会資料，25-3（1989）。