

認知科学の視点からみたヒューマンインタフェース

さ え き ゆたか
 佐 伯 胖 東京大学教育学部
 にし だ しろう ご
 正 員 西 田 正 吾 三菱電機㈱中央研究所

1. まえがき

情報化の進展に伴って、コンピュータと人間の接点において種々の問題が生じてきており、ヒューマンインタフェースの重要性が注目されるようになってきた。インタフェースの設計に関しては、従来から人間工学・エルゴノミクスの立場からのアプローチがなされていたが、最近では人間の認知や理解のレベルまで考慮したインタフェース設計が必要ではないかという意見が強まっており、実際「認知工学 (Cognitive Engineering)」という言葉も現われてきている⁽¹⁾。

本稿では、認知科学の知見がどのような形でヒューマンインタフェースの諸問題にインパクトを与えるかに焦点をあて、具体的に論じる。まず、第2章ではシステムの運用や設計・管理に関して現実に問題となっているヒューマンインタフェースの課題を述べる。第3章では、これらの課題に関連すると思われる最近の認知科学の知見や考え方を紹介する。第4章では第2章で述べた各課題ごとに、認知科学の立場からどのようなアプローチの可能性があるかについて考えてみる。なお、認知科学そのものの概論については本稿では触れない。これについては、例えば文献(2)(3)などを参照されたい。

2. ヒューマンインタフェースに関する工学的諸問題

システムの規模の増大・複雑化に伴い、人間と機械との接点に関するインタフェース設計が大きな問題となってきた。ここでは、電力・原子力などの大規模システムの運用、設計、管理、教育・訓練におけるインタフェース設計の具体的問題点を紹介する⁽⁴⁾⁽⁵⁾。

[システム運用]

(1) オペレータが操作盤に向かっているとき、一

番困難なのは状況を正しく把握することである。ところが、現実には、対象の振舞いが直感的にわかりにくい。できるだけ対象の動きが直感的に伝わってくるようなシステムにしたい (トランスペアレント化)。

(2) 操作盤は、基本的には必要な情報がすべて表示されるようになっていく。そのため、事故時には多くのアラームが点灯してオペレータが混乱することも考えられる。うまくメンタルオーバーロードを回避するためにはどのような点を考慮すべきであろうか。

(3) 一連の現象が連続して起ったときは、最終結果のみが示されて途中の過程が省かれてしまうことも多く、オペレータが混乱してしまう可能性が高い。この点をうまく処理できるためにはどうすればよいであろうか。

(4) 運用に関しては、自動化は進んでいくであろうが、人間とコンピュータの役割分担の理想形態はどのような形であろうか。また、両者をうまくつなげることも重要となろうが、どのような点に留意すべきであろうか。

[システム設計]

(5) 大規模システムの運用・制御などに用いられるソフトウェアの規模は増大する一方である。今のまままでいくと、たとえ大きなプログラムを作ったにせよ、うまくバグが取りきれぬかどうかや、開発チーム(数百人が関与することもある)から保守チームへ技術の継承・伝達が可能かという問題が出てこよう。ソフトウェアに関しては、プログラムソースおよび膨大な仕様書は残るため、動かすことはできるが、変更・改善するためには開発したときと同じレベルまで到達しないと行えない。このような意図の伝達・表象の支援がうまく行える手法が望まれる。

(6) 設計の支援に関しては、下流、すなわち図面を作成したり、論理チェックを行ったりする部分はか

なり充実しつつある。しかし、上流の部分、すなわち概念設計の支援や思考支援はほとんど行われていないのが現状であろう。この上流部分の支援はいかに行うべきであろうか。

[システム管理]

(7) 業務において、協同作業を支援する側面もアメリカで CSCW (Computer Supported Cooperative Work) ⁽⁶⁾ が話題になるなど、重要視されてきている。協同作業に焦点をあてた場合、インタフェースそのものの考え方も変えなければならないほど大きなインパクトを与え得るであろうか。

[教育・訓練]

(8) 現在の訓練シミュレータは、スキルやルールの取得を目的としたものであるが、最近問題となっているのは、未経験の事態にも対処できる能力を養成したということであり、そのためには、対象の深い理解に基づいた expertise の向上が求められている。このためには、どのような戦略で、どのような形の教育訓練システムを作るべきかが課題である。

(9) 深い理解に関連して、メンタルモデルの形成を支援することが重要だと思われるが、オペレータがある理解レベルのメンタルモデルを用いて考えた結果と実際の現象との間にギャップがあった場合、どのような支援形態が可能であろうか。

3. 認知科学における有用な知見・考え方

前章で述べた工学的諸問題を考える上で重要と思われる認知科学の最近の知見について以下に幾つか紹介する。

3.1 インタフェースの基本構造

インタフェースの構造については、図1のモデルが提案されている⁽⁷⁾ (以下、佐伯モデルと呼ぶ)。このモデルでは、インタフェースは「ユーザ」「オブジェクト(表象)」「環境(外界)」から構成され、それぞれの間をリンクするインタフェースの役割が異なる点

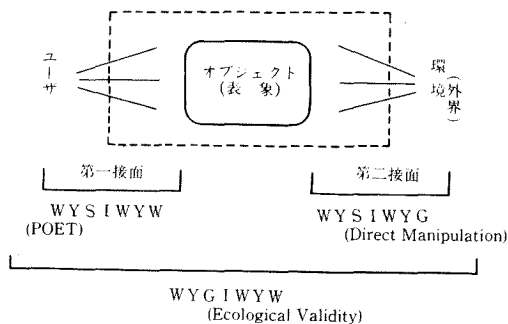


図1 インタフェースの基本構造

に注目している。つまり、「ユーザ」と「オブジェクト」の間の第1接面では、

WYSIWYW

(What-You-See-Is-What-You-Want)

すなわち、ユーザがやりたいと思ったことが自然にやれるようになっていることが重要であり、アフォーダンスが重要な役割を果たす⁽⁸⁾。また、Norman の提唱している POET (Psychology-of-Everyday-Things) の世界もこの部分に対応する⁽⁹⁾。

次に、「オブジェクト」と「環境」の間の第2接面では、

WYSIWYG

(What-You-See-Is-What-You-Get)

すなわち、接面において直接対象を触っているという感覚が重要であり、Shneidermann のいう Direct Manipulation の概念と密接につながっている⁽¹⁰⁾。

第3の接面である「ユーザ」と「環境」の間では、

WYGIWYW

(What-You-Get-Is-What-You-Want)

つまり人間の意図した結果が得られているかどうかの問題となるが、ここでは「意図は最初から決まっているものではなく、状況の中から生まれてくる」ことに留意する必要がある⁽¹¹⁾。この断面では Ecological Validity が重要となる。

以上の点を、例えばプラント制御の例でいうと、「ユーザ」はオペレータ、「オブジェクト」は操作盤、「環境」は実プラントに対応する。そして、第1接面において WYS = WYW となると、「アフォーダンスが欠けているためにボタンの役割がわからない」「どのスイッチを触ったらよいかわからない」などの事態を引き起す。また、第2接面において WYS = WYG となると、「何が起っているのかわからない」「ポンプは本当に動いているのだろうか?」というようなことが起る。そして第3の接面で WYG = WYW となると、予想外の出来事が起り、それを解決するのに四苦八苦の状態となる。

この佐伯モデルは、インタフェースの種々を考える上での基本モデルであり、インタフェースでよくいわれる「Reality が欠ける」「Significance がわからない」などの問題も各断面に分解して考える必要がある。

3.2 人間の得意な思考・推論

人間とコンピュータの役割分担を考える上で、人間の得意なことを見極めることも重要である。ここではインタフェースに関連して、人間が得意でコンピュータが苦手な思考・推論をリストアップしてみる⁽¹²⁾。

(1) 気配情報の処理 符号化する前の情報の処理やモニタリングに関しては人間の能力は非常に優れている。但し、シンタックスになってしまうと、その後の処理はコンピュータの方が得意となる。

(2) オーバーラップする知識表現の処理 幾つかの知識表現がオーバーラップしている場合、それらを統合してつきあわせ、一つのものとして解釈するのは人間の得意なところである。例えば、ある物体を三つの違った方向からみた場合、それらが同じ物体かどうかは人間ならすぐにわかるが、コンピュータにやらせようとするとは簡単にはいかない。

(3) 常識(定性的、直感的な処理) 常識による処理も人間はごく自然にやってしまうが、コンピュータではなかなかうまくいかない。この常識は、基本的には定性的なものであり、定性的なものの違いを見極める能力が人間の場合優れているといえる。

3.3 納得世界の構造

人間がある事柄を理解して納得する場合、その納得世界の構造は、Lampert によると次の三つの世界により構成される⁽¹³⁾⁽¹⁴⁾。

(1) 手続きの世界 いわゆる how-to の世界であり、アルゴリズムに対応する。つまり、ある目的のためのやり方を知っているという意味で納得していることに相当する。

(2) 直感的世界 常識的な経験世界のことであり、結果的には論理性に従っているが、行為自身に必然性が伴っているもののことをいう。これは、「小さな子供でも、自分の経験世界の中で合目的性が文脈の中にあるときには、高度な推論が可能である」事実とその例がみられる。

(3) 原理的世界 これは法則や理屈の世界であり、その代表例としては、物理の世界があげられる。この世界の特徴は「状況に依存しない」つまりひとつの整合した閉じた世界を形作っていることである。

対象を理解するためには、これらの三つの世界を行き来する多面的な教育訓練が必要である。

4. 認知科学の立場からのヒューマンインタフェース諸問題への示唆

前章で述べた認知科学の知見をベースに、第2章のヒューマンインタフェースに関する工学的問題について考察してみる。以下、第2章で述べた各課題順に述べていく。

(1) 対象の振舞いの直感的な伝達 図1の佐伯モデルでいうと、対象の振舞いの直感的な伝達は基本的には第2接面において WYSIWYG を達成すること

に対応するように思われる。しかし現実には、その上に第3の接面の問題、すなわち WYGIWYW の問題が存在し、そこでのギャップを埋めることが最も重要な課題となる。そのためには、WYW というのは状況の中から生まれてくるものであり最初から存在するものではないことを認識して、状況認識をサポートする「略図の活用」や「視点の変更」を考えるべきであろう。

(2) メンタルオーバーロードの回避 アラームコントロールに関しては、二つの方向があろう。一つは、論理的な関係を利用したインテリジェント化であり、もう一つは人間のアダプテーションレベル(人間の内部では、幾何平均的なところに生理的な基準ができる⁽¹⁵⁾⁽¹⁶⁾)を考慮して、アラーム自身に自己学習機能をもたせる方向である。前者はエキスパートシステムのアプローチであり、例えば多くのアラームが点灯したとき、その原因系だけに絞り込んで表示することなどが考えられる。一方、後者は PDP 的アプローチともいえ、環境に応じて学習することにより、アラームの表示の度合を考えていくことなどが考えられる。

(3) 一連の連続現象の提示方法 状況が変化していく過程において、人間が欲するフェーズの情報が得られることが最も重要であろう(例えば各フェーズの情報を紙芝居的に表現しておき、必要な場面に戻れるようにしておくことなどが考えられる)。また、人間の Cognitive Capacity を考慮してあまり多くの情報を与え過ぎない点にも留意する必要がある。

(4) 人間とコンピュータの役割分担 前章で述べた人間の得意な思考・推論、すなわち「気配情報の処理」「オーバーラップする知識表現の処理」「常識」は人間に任せる方向で、機械との協調をとっていく必要がある。全体としては、コンピュータを用いたインテリジェント化の方向をうまく組み合わせていくことが重要であろう。

(5) 設計の意図の表象・伝達方法 これには、ツールとしての問題と教育・訓練の問題の二つが考えられる。ツールとしては、設計の意図や目的の表象を許す言語や全体構造をうまくディスプレイしリンケージのトランスペアレント化を目指すようなものが必要となろう。また、教育・訓練としては、例えばプログラムの場合、「読む訓練」と「書く訓練」の双方の間の行き来が必須であり、読み手の立場を考慮して書くためには特に「読む訓練」について今後重視していく必要がある。なお、プログラムの読み方については、初心者には1ステップずつ追おうとするのに対し、熟練者は機能ユニットごとにとらえようという傾向が強い

ことがわわっている⁽¹⁷⁾⁽¹⁸⁾。

(6) 設計の上流部分の支援 人間の思考プロセスの支援は今後の大きな課題である。ハイパーテキストをベースにしたアイデアプロセッサも提案されているが、ディスプレイを利用した場合、面積の限界があり、机とカードを用いたKJ法に比べてどうしても見劣りしてしまう。また、ハイパーテキストそのものも、出来上がった物を人に説明するにはよいが、曖昧な状態から1本の筋を組み上げて主張していくためのツールとしては限界がある。ラフな表現を許す方向の改善が必要であろう。

(7) CSCW へのアプローチ アメリカでは、人類学者・社会学者が研究に参画しており、技術的要素以外の社会的・情動的要素を深く研究している。このような捉え方が今後重要となつてこよう。

(8) 対象の深い理解の支援方法 前章で述べたように、人間の納得世界は「手続きの世界」「直感的世界」「原理的世界」により構築されている。これらの世界を相互に行き来することにより対象の理解が深まると考えられる。そのため、これらの三つの世界のバランスがうまく取れた教育・訓練システムを作る必要がある。

(9) メンタルモデルの形成支援 メンタルモデルは、対象の人間内部における表象であり、対象を理解するためのツールと考えられる。そのため、図1の佐伯モデルの一つの観点からのモニタリングを常に行って、進化させていく必要がある。また、メンタルモデルは本人がだんだんと作っていくものであり、人に与えられるものではないという捉えかたも重要である。

5. あとがき

以上、認知科学の視点から捉えたヒューマンインタフェースのあり方について考察を加えた。ここで述べたような工学的問題点は、種々の分野で見受けられるようになってきており、新たな対応を迫られている。

認知科学の成果や知見は、これらの問題に対して将来の方向性を示唆するという意味で有用であり、認知科学は今後ますます重要となつていくものと思われる。

(平成元年7月3日受付)

文 献

- (1) D. A. Norman: "Cognitive Engineering and Education", in D. T. Tuma & F. Reif, eds., "Problem Solving and Education" LEA (1980)
- (2) 佐伯:「認知科学の方法」認知科学選書 10 (昭61) 東京大学出版会
- (3) 認知心理学講座 1-4 (昭59) 東京大学出版会
- (4) 西田:「知的ヒューマンインタフェース——AIとメディアテクノロジーの融合——」SICE 知識工学シンポジウム特別講演 (昭63-10)
- (5) 西田:「知的ヒューマンインタフェース——AIの果たす役割——」情報処理学会関西支部 AI とヒューマンインタフェースセミナー (平1-1)
- (6) *Proceedings of CSCW'86 and CSCW'88*, ACM SIGCHI, (1986 and 1988)
- (7) 佐伯:「身体の延長としてのヒューマンインタフェース」第2回 NTT ソフトウェアセミナー (平1-5)
- (8) J. J. Gibson: "The Ecological Approach to Visual Perception" (1979) Houghton Mifflin Company
- (9) D. A. Norman: "Psychology of Everyday Things" (1988) Basic Books
- (10) B. Shneidermann: "Direct Manipulation; A Step Beyond Programming Languages" *IEEE Computer* 16, 8, 57 (1983-8)
- (11) L. A. Suchman: "Plans and Situated Actions" (1987) Cambridge
- (12) 佐伯:「インタフェースと認知工学」情報処理学会誌 30, 1, 2, (平1-1)
- (13) M. Lampert: "Knowing, doing, and teaching multiplication" *Cognition and Instruction* 3, 305 (1986)
- (14) 佐伯・大村・藤岡・汐見:「すぐれた授業とは何か——授業の認知工学——」(平1) 東京大学出版会
- (15) H. Helson: "Adaptation Level Theory" in S. Koch (ed.), "Psychology: A Study of Science" Vol. 1, p. 565 (1957) MacGraw-Hill
- (16) M. H. Appley (ed.): "Adaptation Level Theory" (1971) Academic Press
- (17) 福田:「計算機プログラムの読解過程の分析——初心者と熟達者の比較による検討——」昭60 東京大学大学院教育研究科学学校教育専攻修士論文
- (18) 福田:「コンピュータの操作・理解と対象モデルの効果」認知過程研究 1986 年度大学院佐伯ゼミ報告集 No.1, 東京大学教育学部教育学科研究室
- (19) 佐伯:「認知科学コンピュータ」情報処理学会誌 30, 5, 494 (平1-5)