

「文書処理とヒューマンインタフェース」 — 認知工学的視点

加藤 隆

日本アイ・ビー・エム（株） 東京基礎研究所

「文書処理とヒューマンインタフェース」というテーマに焦点を当てながら、認知工学の概念的枠組および方法論的課題をチュートリアル形式で紹介・考察する。概念的枠組に関しては、物理的インタフェースと認知的インタフェース、システム（物理的世界）とユーザ（心理的世界）との間隔とその橋渡し、ユーザ・モデルと設計者モデル、そして方法論的課題に関しては、実験的手法と言語プロトコル分析、ユーザ・モデル・アプローチ、などを主な話題として取り上げる。

Document processing and human interface: A cognitive-engineering perspective (in Japanese)

Takashi KATO

IBM Tokyo Research Laboratory, IBM Japan, Ltd.
5-19, Sanban-cho, Chiyoda-ku, Tokyo, Japan 102

The purpose of this presentation is to introduce and discuss conceptual framework and methodological issues of cognitive engineering in the context of document processing and human interface. Main topics on the conceptual framework include physical interface vs. cognitive interface, bridging the gulf between the system (physical world) and the user (psychological world), and user model vs. designer's model. Those on the methodological issues include experimental method vs. verbal protocol analysis, and the user model approach.

1. はじめに

認知工学の概念的枠組とその方法論について私見を混じえながら概観してみたい。ただし、これは個人的な偏向にもとづく、あくまでも部分的な概観であることを初めにおことわりしておきたい。

2. 認知工学の概念的枠組

ここでは、認知工学という新たな領域が提案されるに至った背景、および認知工学の発想と目的について概観してみたい。

2.1 認知工学へ向けて

計算機システムの使い勝手の重要性が叫ばれ、ユーザ・フレンドリーなシステムを求める声が聞かれて久しい。この要求に応える方途として、ユーザ・システム・インタラクションにおける人間要因を的確に捉えようとする努力も重ねられてきた。計算機システムの開発における人間工学の役割を振り返ってみると、主にシステムの物理的インタフェースに注意を向けたものであったといえる。つまり、ディスプレイやキーボードの視覚的・触覚的特性が、人間の感覚・運動系に適合したものであるかを見るものであった。ところが、計算機を用いて行なうユーザの仕事が、ユーザの側にも(人間の)情報処理を要求するものであり、この側面における使い勝手が非常に重要であるとの認識が高まってきた。つまり、物理的インタフェースに加えて、認知的インタフェース - システムとユーザが互いに提示・交換しあう情報の形態 - の検討が必要とされるようになったのである(加藤, 1985)。

このような認識の特徴を鮮明にする意味で、新たに「認知工学 (Cognitive Engineering)」(Norman, 1982)という用語が用いられ始めた(安西, 1986)。Norman (1986)によれば、認知工学は、認知心理学とも、認知科学、人間工学とも異なる。それは、認知科学の知見をシステムの設計と構築に適用しようとする応用認知科学であるという。その目的は、システムやデバイスの設計に関する諸問題を理解し、よりよき選択を可能にし、トレードオフを明らかにすることにあるという。

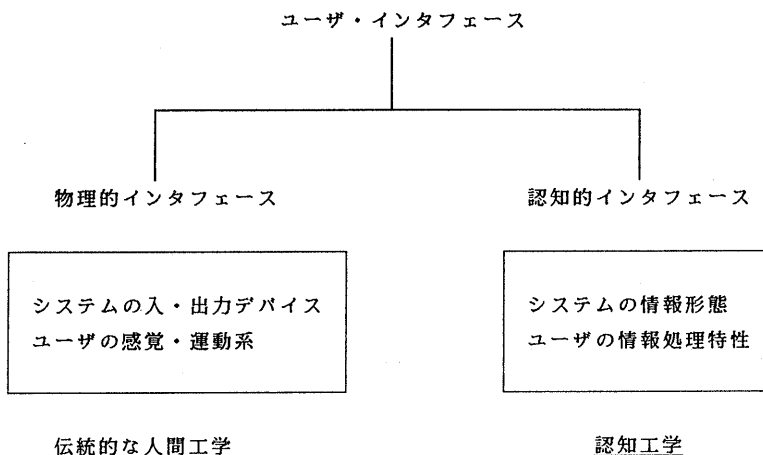


図1. ユーザ・インタフェースの二分割

2.2 評価と遂行の淵

Norman (1986) はまず、ユーザとシステムは互いに異なった世界にあってインタラクションを行なうものであるという基本的な認識を持つことの重要性を主張している。つまり、ユーザの目的や意図はユーザの内的な要求や状況に基づくものであり、心理的世界のものである。ところが、このユーザの目的というものは、外界に存在する物理的システムの上で達成されなければならない。いうなれば、ユーザは自身とシステムの間にある「評価 (Evaluation)」と「遂行 (Execution)」の淵 (Gulf) を越えて課題を達成しなければならないのである。

ユーザは、一方では、システムが物理的に提示する状態表示を解釈・評価して心理的世界に取り入れ、他方では、心理的世界にある意図や目的を特定し、行為として表現して物理的システムに対して遂行しなければならない。したがって、ユーザとシステムとの間の隔りが大きければ、それだけ適切な評価と遂行を行なうことが困難になる。その意味で、認知工学の目的は、システムとユーザとの間に存在する評価と遂行の淵を如何に狭めることができるかを明らかにし、よりスムーズで効率的な橋渡しを可能にすることにあるといえる。

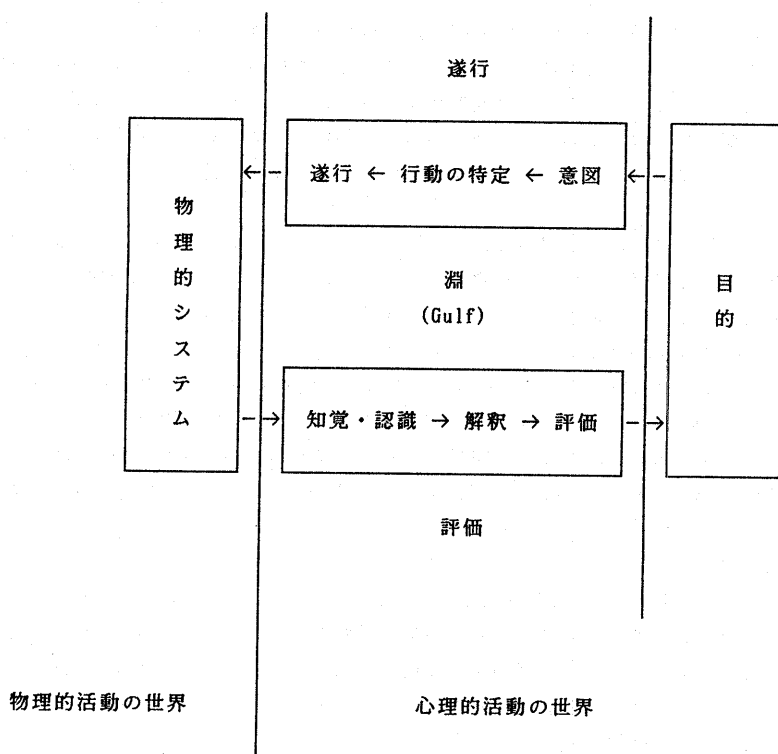


図2. システムとユーザの相互関係

2.3 ユーザ・システム間の「橋渡し」

ユーザが行なう評価と遂行の「効率」と「心理的快適さ」は、個々のシステムが持つユーザ・インタフェースに依存している。インタフェース部分が薄弱で物理的システムがほとんど剥き出しの状態では提示されていると、心理的世界への解釈と、心理的世界からの表現が極めて困難なものになる。ユーザは、システムからのアウトプットを受けても、それを自らの心理的世界の意味に的確に解釈することができなかつたり、ようやく解釈はできても、それに対して、自らの意図を形成し、行為を特定して、システムへインプットすることができなかつたりする。いふならば、「ユーザ・ブレイクダウン」の状態を呈することになる。これでは、システムの性能自体は如何に優れたものであったとしても、ユーザ・システム・インタラクションの結果としてのスループットは貧弱なものとなり、また、ユーザのくだす主観的評価も低いものとなる。システム自身に如何に優れた機能があったとしても、ユーザ・インタフェースを介してユーザ自身が使用できるものでなければスループットの向上には何ら寄与しない。まさに、システムの潜在的機能を顕在化させるのがユーザ・インタフェースの働きであるといえる。ユーザの参画なしには機能しえない相互的システムにとって、ユーザ・インタフェースの重要性は強調されてもさし過ぎることではない。

ユーザ・ブレイクダウンの状態を回避するには、Norman (1986) の言う評価と遂行の淵の双方を狭める努力をしなければならない。評価の淵の場合、システムからの出力情報がユーザの心理的世界の意味に近い形で提示されれば、それだけユーザとしては少ない心的努力で適切な評価を行なうことができる。また、マニュアルやヘルプ機能によってユーザが新たにシステムの世界の理解を得ると、それだけ評価の淵は狭まることになる。遂行の淵についても同じようなことが言える。システムがユーザの心理的意味に近い入力コマンドを受け入れることができれば、それだけユーザが行なう心理的意図の翻訳・表現努力は少なく済む。また、マニュアルやヘルプ情報によって、ユーザは新たな表現形式を獲得し、遂行の淵を狭めることができる。

いずれの場合をとっても、評価と遂行の淵を狭めるためには、ユーザの心理的世界の理解が不可欠である。どのような情報を、どのような形態で、いつユーザに提示すれば、それがユーザの心理的世界に近いものとなるか。ユーザからは、どのような情報が、どのような形態で、いつ提示されるのか。ところで、このようなユーザの心理的世界の理解が困難であるからといって、不足分はマニュアルの記述に頼ろうとしても、効果的なマニュアルの作成のためには、やはりユーザの心理的世界の理解が必要である (海保・高橋, 1987; 海保ら, 1987; Sebrechts et al., 1983)。外的な情報を理解し、適切な行為を形成するプロセスは、情報の出所がディスプレイであれ、紙面であれ同様である。ここから、ユーザの認知的行動原理の把握や、メンタル・モデルあるいはユーザ・モデルの構築の必要性が叫ばれるのである (甲・安西, 1987)。

2.4 ユーザ・モデルと設計者モデル

ユーザは、自らの心理的世界とシステムという物理的世界を結びつけることで、システム操作を行ない、課題を達成する。この物理的システムは、設計者が自らの心理的世界に在るシステム概念を物理的世界に具現化したものである。したがって、ユーザの心理的世界を反映したユーザ・モデルと共に、設計者の心理的世界を反映した設計者モデルが考えられる。評価と遂行の淵が狭まるということは、別の見方をすれば、ユーザ・モデルと設計者モデルが相似してくるということである。

単純に考えれば、初期ユーザ・モデルに合った設計者モデルを採用し、それに基づいて実際のシステムを構築すれば、評価や遂行の淵に関する問題は始めから基本的に存在しないということになる。もちろん、インタラクションが心理的世界と物理的世界の対話である以上、評価や遂行の淵は必ず存在するが、それは極めて容易に越えられるものであり、実質的にはなきに等しいものであると期待できるわけである。

一方、設計者は、ユーザがタスクの達成レベルを高めることができるようにという意図でシステムの設計を考える。これが現在のユーザ・モデルと適合していれば問題はないが、隔りがある場合に、(1) 達成レベルをある程度は犠牲にしてもユーザ・モデルに合わせて設計するか、(2) ユーザに新たな学習を

要求しても達成レベルの向上を保証するか、という選択がでてくる (Wright & Bason, 1982)。システムを課題を達成するための手段・支援ツールとしてとらえたとき、(1)の考え方には問題がある。

初期ユーザ・モデルに合わせて設計を行えば、ユーザの学習の容易さ、初期の使い勝手・生産性を確保できるであろう。しかし、習熟後の使い勝手・生産性を考えた場合、初期ユーザ・モデルの盲目的な適用は、ユーザにとって必ずしも利益であるとは限らない。初心者の頃には簡単で使いよかったものが、慣れてくると操作が冗長でまわりくどく、使いにくさが目立ってくるということがある。また、ユーザ・インタフェースが初心者用に設計されているために、かえってシステムを課題達成の支援ツールとして十分に使いこなしていないという結果にもなる。このような点を考慮すると、むしろ、ユーザの習得可能な範囲でユーザの学習を積極的に促進・支援し、ユーザ・モデルを設計者モデルに発達的に変容させるユーザ・インタフェースを求める必要がある。

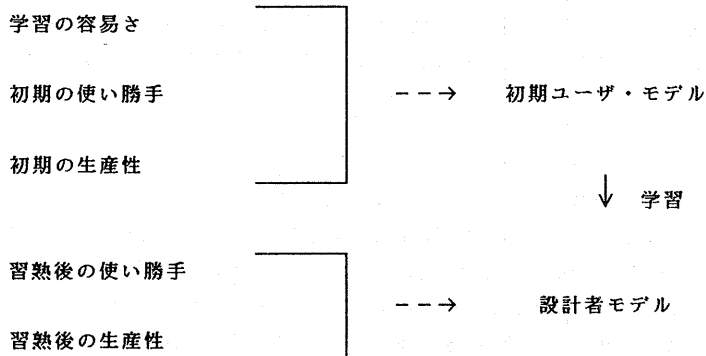


図3. ユーザ・モデルと設計者モデル

3. 認知工学の方法論について

計算機システムを操作して行なう情報処理は、それが高度になればなるほど、ユーザの側にも、より高度な認知的処理を要求するものである。したがって、個々のアプリケーションにおけるユーザの認知的プロセスを理解し、その限界と可能性を考慮したユーザ・インタフェースの設計が必要となってくる。そのためには先ず、いかにしてユーザの認知的プロセスを適確に把握するかという方法論の問題を取り上げなければならない。

3.1 実験心理学的手法

心理学的実験の場合、通常は実験的検証の対象となる心理的現象が既にあり、その現象のプロセスについて仮説を立てることから始まる。そして、その仮説に基づいて、ある要因を独立変数として決め、実験・統制群間で操作し、従属変数の測定値における差異をみる。もしも、この2群間で有意な差が認められれば、操作した要因の効果が認められることになる。しかし、このような原因帰属が妥当なものであるためには、実験群と統制群が独立変数の有無という点だけで異なるというように、他の様々な攪乱変数の統制が適切になされ、実験の内的・外的妥当性が保証されていなければならない。

このような実験心理学的手法を認知工学の方法論として適用する場合、すなわち、ユーザとシステムとの間の評価と遂行の淵をできるだけ狭めるために、ユーザ・システム・インタラクションにおける「システム要因」を1つ1つ同定し、これを実験的に操作して明らかにし、システム設計へと反映させて行こうとした場合にも、まず仮説の生成が必要になる。たとえば、モード・エラーを防ぐためには、現在どのモードにあるかがユーザにわかるようになっていなければならないが、この情報をキー入力時の音の違いとして聴覚的に知らせれば、より効果的な情報提示ができるであろうという仮説を立てたでしょう。この場合、被験者に同じ課題を与え、一方には、モード別に異なったキー入力音を発する条件での操作、他方にはモードの区別なく同じキー入力音を発する条件での操作を要求する。前者の条件のモード・エラーが少なければこの仮説が支持されたことになる (Monk, 1986)。

ところで、人間の情報処理の文脈依存性を考えると、1つのユーザビリティ要因であっても、アプリケーションによって、また同一のアプリケーション内でも操作の文脈によって、その働きが異なるかも知れない。特定のインタラクションの現象は特定の課題と特定のシステムの双方に依存したものであり、システム要因だけをここから独立的に抽出するのは極めて困難な作業である。したがって、このシステム要因を文脈に依存しない形に一般化して、新たなシステムの設計段階でそのまま適用するには危険が伴うことに注意しなければならない。

3.2 言語プロトコル分析

被験者の言語報告データを定性的に分析し、そこからシステムの問題点を明らかにしようとする方法がある。人間の認知プロセスというものは、当然ながら直接には観察できない。したがって、何らかの外的反応を手掛りにして、その背後にある認知プロセスを推論していくことになる。どのような外的反応を取ればより適確な推論が可能かは、その研究対象と目的によって異なる。認知工学において言語プロトコル・データが特に有用であると思われるのは、一連の操作におけるユーザの目的なり意図を把握したい場合である。たとえば、あるキー操作がエラーを引き起こしたという状況は外からの観察でわかるが、ユーザがそのキーを何故押したのかはわからない。ユーザは、その時のシステムからのプロンプトが理解できていなかったのかもしれないし (評価の淵)、プロンプトの意味はわかったが、それに対する操作を間違えたのかもしれない (遂行の淵)。このような判断ができなければ、効果的な解決策を生みだしていくことはできない (加藤, 1985)。

この言語プロトコル分析は、基本的には、ある課題を被験者に与え、それを特定のシステムを使って達成するように要求し、同時に、思い浮かぶことを何でも即時的にひとりごとを言うように喋るとか、あるいは課題を達成するために必要なことは何でも質問するようという教示を与える。このようにして得られた言語プロトコル・データを他の観察データなどと共に、被験者の操作エラーや非効率的な操作などの分析に用いていく。ここで注意すべきことは、言語プロトコル・データは個々の操作の文脈で定性的に分析すべきであって、文脈が欠落し、言語報告行為の実験的統制が問題となる定量化は安易に行なうべきではない (Kato, 1986)。

3.3 近似モデル・アプローチ

心理学的実験手法にしても言語プロトコル分析法にしても、被験者が操作できる実機 (たえプロトタイプや模擬装置であっても、被験者には実機と同じようにうつるもの) が必要である。新たなシステムのデザインにこの方法を使おうとすると、プロトタイピングとテストを繰返し行なわなければならない。特に、実験手法を使おうとすると、実験条件と統制条件を反映した少なくとも2つのプロトタイプが1つ1つの実験に必要な。プロトタイピングを速く行なえるような環境が整えられたとしても、被験者を実際に使って行なうテストはかなりの時間と労力が掛かる作業である。

そこで、実験用システム作成のためのコーディングやユーザビリティ・テストを行わずに、かつ、ユー

ザビリティを考慮にいれた設計案の決定ができるような方法が求められることになる。たとえば、目的のシステム設計案の分析と、そのシステムを使ってユーザが行なうタスクの分析を通して、タスクを達成するためにユーザがシステム上で行なわなければならない一連の操作をモデル化し、ユーザにとってより認知的複雑度の少ない設計案の選択を可能にしようとする試みがある (Bennett et al., 1987; Kieras & Polson, 1985)。ただし、これはあくまでも近似モデルによる予測であって、ユーザビリティ・テストによる最終的な確認を無用にするものではない。

ところで、心理学的実験などで確認された設計ガイドラインが整備されていれば、それを適用して設計案の選択を行なうことができるのではないかということもできる。しかしながら、このようなガイドラインは、局在的な単一の側面をとらえるものであるか、逆にスローガンの大雑把なものであるかの両極端であることが多く、いくつかのユーザビリティ要素が集まって全体をなす場合のユーザビリティはどうかという問いに対応するようなものではない。特に、トレードオフがあってどちらを選択すべきかという判断を要求される場合には、ガイドラインに従うだけでは答えは出てこないであろう。

3.4 その他の方法論的試み

近似モデルに対しても、いくつかの批判がある。1つは、近似モデルの取り扱いレベルが、あくまでも具体的な個々の操作のレベルであって、ユーザの概念レベルの記述が欠けているというものである。一連の操作レベルでの使い勝手も、より高次の概念レベルから全体的に見たものでなければならないというのが主な主張点である。この主張の背景には、ユーザはシステムに対して概念モデルを形成し、それに基づいて課題の達成のためにシステム操作を行なうという考えがある。このようなアプローチの一例として、ある文書処理システムに関する初心者と熟達者の概念モデルを、クラスター分析を用いて把握しようとしたものがある (Kellogg & Breen, 1986)。

もう1つの批判は、近似モデルが操作エラーなどの定性的な側面をとらえていないというものである。ユーザとシステムのインタラクションを見るとき、エラーは極めて重要な因子である。通常のオペレーションの円滑さはもちろん重要であるが、予期しない状況になった場合でも、ユーザが元の操作の流れに円滑に戻れるかどうか重要である。つまり、エラー・フリーの状況を前提としたモデルでは、エラーが起こった場合のコストが考慮に入れられていないため、全体としてのデザインの良し悪しが見えないことになる。その意味で、定量的なモデルよりも、ユーザがどのような状況ではどのような操作行動を示すかという情報を提供する定性的なモデルが必要であるとの主張に注目する必要がある (Rasmussen, 1983)。

4. 文献

- 安西祐一郎 (1986) 知識情報処理と認知工学. 電子通信学会誌. Vol.69, 1099-1106.
- Bennett, J.L., Lorch, D.J., Kieras, D.E., & Polson, P.G. (1987) Developing a user interface technology for use in industry. Manuscript for INTERACT '87.
- 海保博之・高橋秀明 (1987) マニュアルの認知工学序説 - 問題の所在、研究の現状、展望 - . 筑波大学心理学研究, 第9号, 29-34.
- 海保博之・加藤隆・堀啓造・原田悦子 (1987) マニュアルの書き方. 共立出版.
- 加藤 隆 (1985) 計算機ユーザの認知的行動原理を探るための一手法. 情報処理, 第26巻, 1106-1109.
- Kato, T. (1986) What "question-asking protocols" can say about the user interface. International Journal of Man-Machine Studies, 25, 659-673.
- Kieras, D., & Polson, P.G. (1985) An approach to the formal analysis of user complexity. International Journal of Man-Machine Studies, 22, 365-394.

- 甲 洋介・安西祐一郎 ユーザインタフェースと認知モデル. 人工知能学会誌. Vol.2, 141-149.
- Kellogg, W.A., & Breen, T.J. (1987) Evaluating user and system models: Applying scaling techniques to problems in human-computer interaction. Proceedings of the CHI+GI 1987, ACM.
- Monk, A. (1986) Mode errors: A user-centered analysis and some preventive measures using keying-contingent sound. International Journal of Man-Machine Studies, 24, 313-327.
- Norman, D.A. (1982) Steps toward a cognitive engineering: design rules based on analyses of human error. Proceedings of Human Factors in Computer Systems, Gaithersburg, Maryland, 378-382.
- Norman, D.A. (1986) Cognitive engineering. In D.A. Norman & S.W. Draper (Eds.), User-centered system design: New perspectives on human-computer interaction. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum.
- Rasmussen, J. (1983) Skills, rules, and knowledge; signals, signs, and symbols, and other distinctions in human performance models. IEEE Transactions on System, Man, and Cybernetics, SMC-13, No.3, 257-266.
- Sebrechts, M.M., Deck, J.G., & Black, J.B. (1983) A diagrammatic approach to computer instruction for the naive user. Behavior Research Methods & Instrumentation, 15, 200-207.
- Wright, P., & Bason, G. (1982) Detour routes to usability: A comparison of alternative approaches to multipurpose software design. International Journal of Man-Machine Studies, 18, 391-400.