

適応的知識利用の認知モデル

人間情報部心理情報研究室
北島宗雄

1. はじめに

日常生活においては、さまざまな道具や機器との関わりが極めて重要である。特に、現代においては、生活のさまざまな局面において情報機器と接する機会が多くなり、その重要性が増してきている。オフィスには、ワープロ、パソコン、ワークステーション、電話、ファックス、ビデオ等の情報機器がある。また、家庭には、テレビ、オーディオ機器、電子レンジ、洗濯機等の家電機器があり、それらにはマイクロコンピュータが内蔵されていて、そのインターフェースは情報機器と変わらない。また、自動車、公衆電話、券売機、銀行などの現金自動支払機も同様である。これらのなかには、問題なく使えるものもある。また、何回かの試行錯誤の末にどうにか使えるものもある。全く分からずにあきらめてしまうものもある。いずれの場合も機器からは同じ情報が提供されているにもかかわらず、それらの情報が人間の脳で処理されるしかたに依存して異なった行動の選択が行われている。日々の生活の快適性、安全性を向上させるためには、このような人間の認知行動プロセスを十分に理解し、それに基づいた機器のインターフェースのデザインを行う必要がある。

機器から提供される情報を処理するプロセスには知識が関わっている。本稿では、人間の認知行動プロセスを知識の利用の観点から概観し、2つの質的に異なった知識利用の形態(ルーチンの知識利用と適応的知識利用)があることを説明するとともに、日常的な機器の利用において特に重要な適応的な知識利用の特質をルーチンの知識利用の場合と対比させながら明かにする。また、それぞれの知識利用形態に適したインターフェースデザインの例を示し、知識利用形態に応じたインターフェースデザインの必要性を述べる。

2. 人間と機器のインタラクション

従来、人間と機器とのインターフェースに関する研究は、航空機のパイロット、原子力プラントのオペレータなどに代表されるプロのオペレータと、航空機やプラントをひとつのマンマシンシステムとして扱うものが主流であった。そこでは、人間とマシンを一体化したシステムとして考えて、システムの運転の確実性や迅速性が達成できるような操作を可能とすることがインターフェースデザインの目的であった。

これとは対照的に、日常場面におけるインターフェースでは、正しい操作の発見のしやすさ、操作の覚えやすさ、操作の思い出しやすさ、誤操作からの復帰のしやすさ、エラーの犯しにくさなどがインターフェースデザインの目的となる。このようなインターフェースデザインの立場は「人間中心のインターフェースデザイン」(Norman, 1986)ということばで表現されているが、そのような方向の研究・開発の重要性が認められてきたのは最近のことである。日常場面においては、ルーチン化され、手続き化された機器操作が行われて

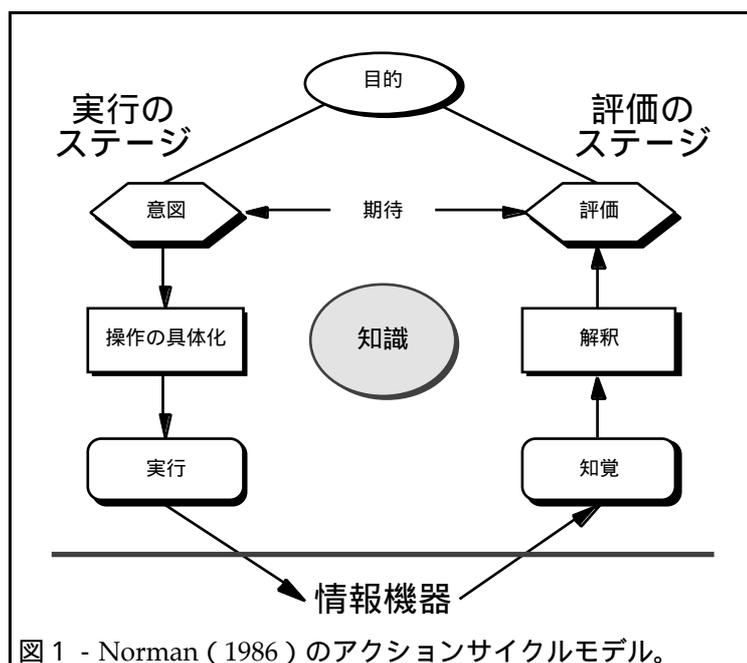
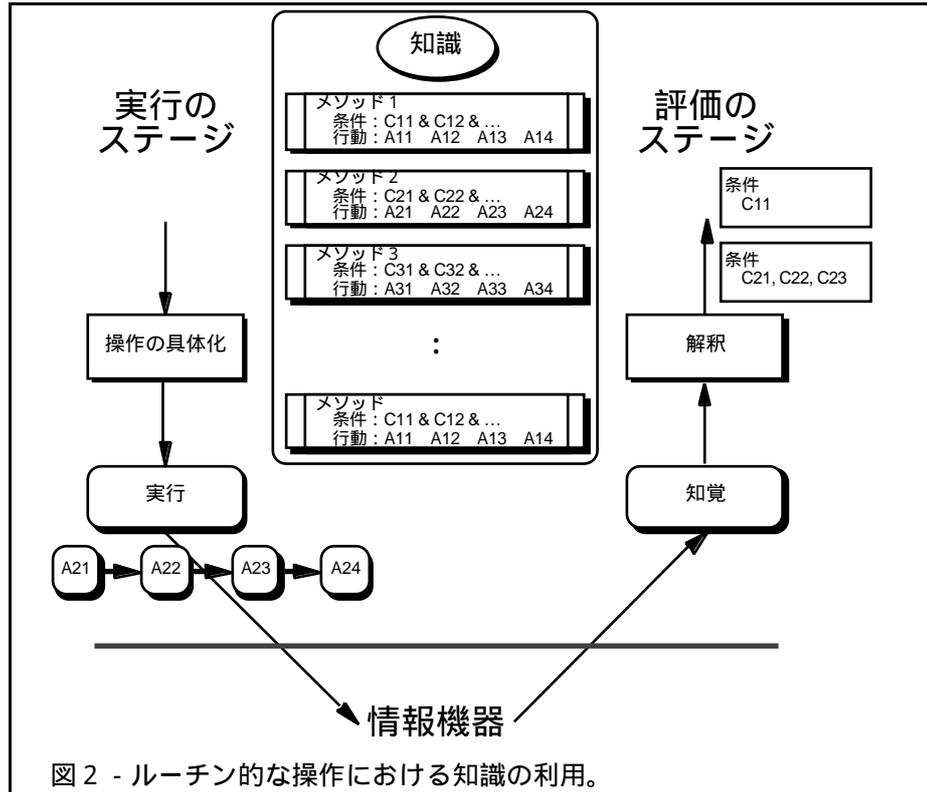


図1 - Norman (1986) のアクションサイクルモデル。

いるわけではない。その機器でやりたいこと(目的)は分かっているとしてもその操作の仕方を逐一覚えているわけでは必ずしもない。したがって、このような場合にはその都度、操作法を発見しなければならない。人間中心のインタフェースデザインはこのような操作の特徴を考慮したものでなければならない。

しかしながら、プロのオペレータ、日常場面のど



ちらの場合でも、機器を操作するプロセスにおいてさまざまな知識が活用されることにおいては共通している。操作に関する知識、行おうとしているタスクに関する知識、操作パネルに表示されている情報を理解するための知識、等である。図1は、Norman(1986)による人間と機器のインタラクションのアクションサイクルモデルを示している。人間は何らかの目的(ゴール)を持って機器との接触を開始する。評価のステージでは、機器に表示される情報を知覚し、関連する知識を利用して状況を解釈し、その目的を達成するという観点から現状を評価する。実行のステージではその評価に基づいて次に行うべき操作を決定し、インタフェース上で実行できる物理的な操作の系列に展開する。これらの各ステージにおいて上記の知識が利用される。しかしながら、プロのオペレータの場合と、日常的な機器操作ではその使われ方が大きく異なっている。この点について以下に説明する。

2.1. ルーチン的な操作における知識の利用(プロのオペレータの場合)

ルーチン的な操作においては、ゴールが与えられると、現在機器がどのような状態にあるかの評価が行われ(評価のステージ)、その状況で最も適切な一連の定型的な操作系列(メソッド)が知識のなかから引き出されてくる(実行のステージ)。メソッドは「ある条件が満たされたならばある操作を行う」という形式で表現される規則(プロダクションルール)がいくつかまとまったものである。図2はメソッドが記憶から引き出され、それに基づいて操作が行われるようすを示している。メソッドは、特定の状況においてのみ適用されるものであるが、ひとたびメソッドによる操作が開始されると個々の操作が自動的に生成される。プロのオペレータには「繰り返し行なうことを間違いなく速く実行できる能力」が要求されるが、このような知識とその利用のしかたがそれを可能にしている。メソッドはいわゆるHOW-TO知識(手続き的知識)である。

メソッドは始めから知識として記憶されているのではなく、ルーチン的な操作を訓練により繰り返すことによって獲得されたものである。コンピュータでプログラムを実行することとのアナロジーで、メソッドを「プロダクションルールがコンパイルされたもの」と言い表す場合がある。訓練の初期には個々のプロダクションルールを意識的に適用していたのが、しだいにひとつづきの一体化されたものとして無意識的に適用できるようになる。自動車の運転にあてはめれば、教習所で習っている段階の教習生とベテランドライバーに相当する。

メソッドは一連の操作をスムーズに実行することを可能にする。その結果として、一旦、一連のプロダクションがメソッドとしてコンパイルされてしまうと、その内容を言語化することは一般に困難である。マニュアル自動車を発進させる手続きをことばで言い表すのが難しいのはその一例である。しかし、その一方で、メソッドの実行中に何らかの原因により、その操作系列が中断させられた場合には、もとの系列への復帰は容易でない。このことがエラーを引き起こすきっかけともなる。例えば、自動車から降りる際に、エンジンを止めた後、キーを抜く前に、ふと鞆の中味が気になって持って行くものの確認をしたために、キーを残したままドアをロックしてしまう、といったことである。また、メソッドは、特定の状況にのみ適用できるようにする

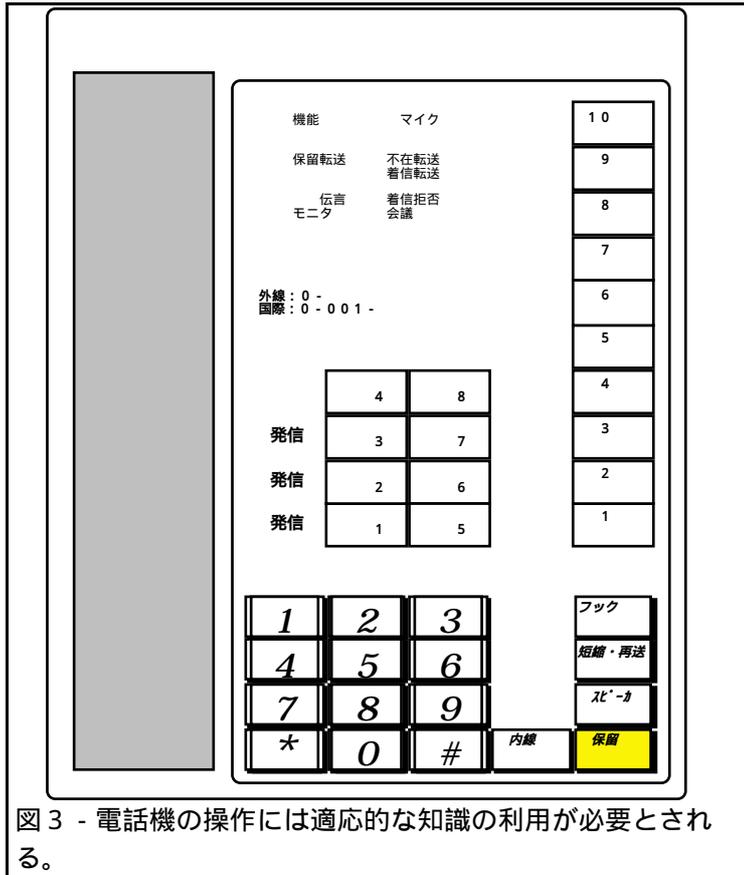


図3 - 電話機の操作には適応的な知識の利用が必要とされる。

ることにより、確実性や迅速性が達成されている。このことを裏返していえば、少しでも状況が異なっている場合にはそれを利用することができないということになる。すなわち、柔軟性、適応性を犠牲にして、確実性、迅速性を確保しているということになる。

2.2. 適応的な操作における知識の利用

さて、日常的な場面においては、上に説明したようなメソッド的な知識を利用する能力ではなく「初めて遭遇した状況であっても適切な行動をすばやく取ることができる能力」が重要である。例えば、友人のオフィスの電話を借りて自分の会社に電話をしようとしたとしよう。電話機には図3に模式的に示したようにさまざまなラベルが表示されている。どのようにしたら外線電話発信の目的を達成できるだろうか。正しい操作を選択するには、さまざまな情報を統合して総合的に評価することが必要である。例えば、この電話機を使うのは初めてであるが、同種のものは使ったことがあるような場合に、このタスクを遂行するために統合される情報としては以下のものが含まれるであろう。

- 1 外線発信という目的、
- 1 知覚される電話機の現在の状態、
- 1 通話に関する一般的な知識、
- 1 電話機に関する一般的な知識、
- 1 電話機に付属しているボタンやインディケータに関する一般的知識、
- 1 表示されている文字や記号情報を解釈するための知識。

ルーチン的な操作の場合に HOW-TO 知識が活用されたのとは対照的に、ここで利用される知識は「点灯しているインディケータは選択されている」といった意味的な知識や、「外線発信の準備 0 を押す」といったタスクとアクションを結び付ける知識である。これらのタスクアクションマッピングの知識は断片的でありその適用順序が知識として予め記憶されている訳ではない。操作の選択は機器の状態を見ながら適応的に行われる。これがルーチン的な操作と大きく異

なっている点である。

ここで、どのようにしてこの断片的な操作知識が選択・適用されるのかを例に基づいて説明する。図3に示した電話機で「発信」というラベルをパネル上に見つけたとしよう。これは「外線発信」という目的と適合し非常に魅力的である。「外線：0-」と書かれた説明用のラベルも同様である。このようにして、目的に照らして操作の対象として有望そうないつかの候補がパネル上から選択される。次に、それらの操作対象候補についての付随的な知識を援用して操作が選択される。すなわち、「発信」というラベルのそばにボタンがあり、その横のインディケータが点灯していないという電話機の現状認知と、それに関連する知識、「ボタンは押すことができる(アフォーダンス)」、「インディケータの無点灯はその機能が選択されていないことを表す」、「ボタンを押すことによって機能を選択できる」等、インタフェースに関わる汎用的な知識を用いることによって、そのボタンを押すという操作が最も目的に適合したものと選択される。

3. 適応的知識利用の認知モデル (Kitajima, 1996)

機器の状況を目的に照らして評価し最も適切な操作対象と操作を選択するという過程は、文章中の単語の意味を決定し文意を汲み取るという文章理解の過程と類似している。文章を理解するときには、その文章から何かを引き出そうという目的が読み方に大きな影響を与える。推理小説を読む場合と、技術的な資料を読む場合では自ずからその目的が違っているので、それに応じた読み方がなされる。その意味で、文章理解の過程は極めて戦略的である。Kintsch (1988) は、その戦略がスキーマという知識の形式によって表現されていると提案している。そのスキーマによって現在読んでいる文章中の単語の意味は精緻化され、連想ネットワークが一時的に構成される。この精緻化過程は単語によってトリガーされるボトムアップ的なものであり、活性化された知識には互いに矛盾したものも含まれている可能性がある。現在の文脈に適合する意味の選択はこのネットワークを統合することによってなされる。この構成・統合の過程は文章のセンテンス毎に行われ、最後のセンテンスを読み終えたときに残っているネットワークのパターンが文章理解の結果とみなされる。

Kitajima & Polson (1995, 1996) はこのモデルをヒューマン・コンピュータ・インタラクションの分野に拡張・適用し、グラフィカルユーザインタフェースを用いて、コンピュータに関する知識を持ったユーザがタスクを遂行する認知プロセスのモデル化を行った。コマンドベースのイン

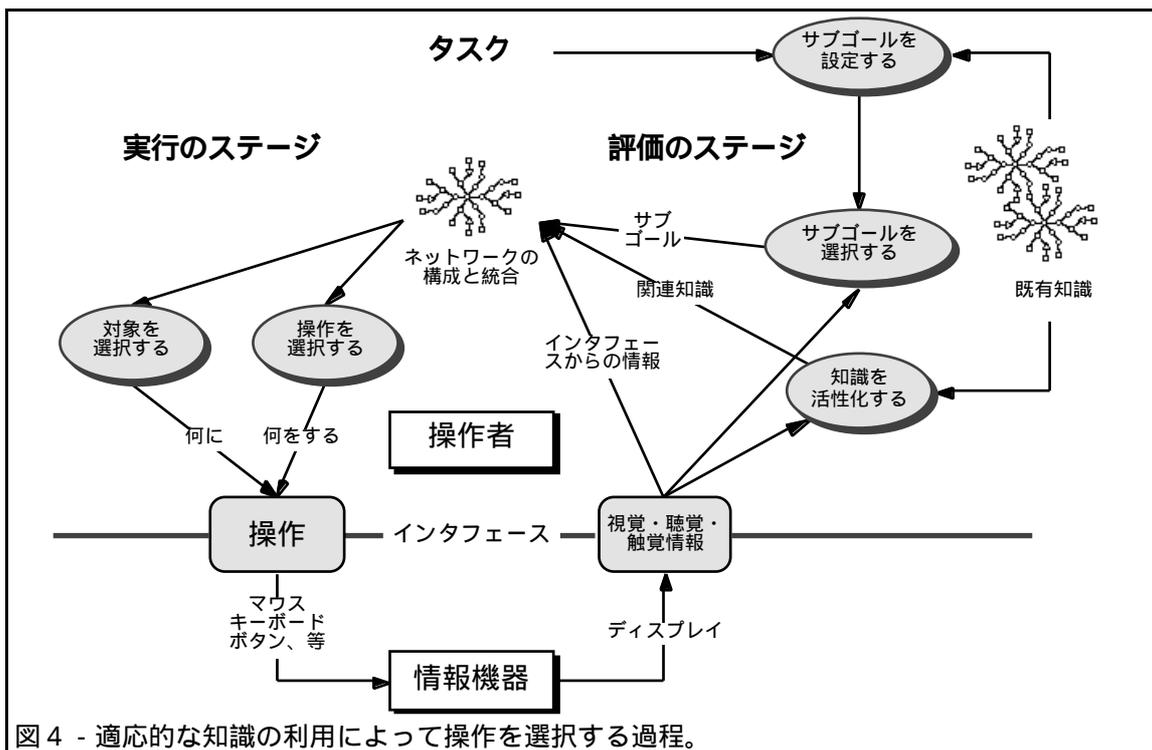


図4 - 適応的な知識の利用によって操作を選択する過程。

タラクションがルーチ的な操作選択によってモデル化できるのとは対照的に、グラフィカルユーザインタフェースの場合には、先に電話の例で示したような適応的な知識の利用が重要になる。したがって、そのモデルではそのプロセスのモデル化が焦点となっている。

図4に従ってその概略を説明する。まず、タスクが与えられると既有知識を用いて行わなければならないサブゴール（副次的目的）への展開がなされる。この段階では、どのサブゴールから行うべきか、また、全てのサブゴールを行わなければならないか、等は未知である。実行しなければならない可能性のあるサブゴールがリストアップされるだけである。次に、情報機器からの情報が知覚される。機器上の情報がトリガーとなって関連情報が知識から検索されてくる。現在のタスクにとっての知識の重要性の評価はなされず、ただ次に行う操作の選択を行う際の判断材料となりそうな知識を活性化するだけである。このようにしてサブゴールのリストと活性化された知識が渾然一体となったネットワークが一時的に構成される。それを統合し総合評価することによって、先ほどの例に示したような操作対象の選択・操作の選択がなされる。選択されるのは、現在の機器の状態をゴールの観点から評価したときに最も適切な情報機器上の対象に対する実行可能な操作である。

4. むすび

情報機器と人間の関わり（インタラクション）をそれを利用する人間の認知行動プロセスの観点から見たとき、その形態としてルーチ的な操作と適応的操作の2通りがあることを説明した。どちらの場合もその概略は図1に示したプロセスによって表わされるが、それぞれにおいて利用される知識とその使われ方は異なっている。ルーチ的な操作の場合は図2に示したように、また適応的操作の場合は図4に示したようにインタラクションプロセスはモデル化され、前者では確実性、迅速性が、後者は適応性、柔軟性が、それぞれ特徴として表現される。

ルーチ的な操作や適応的操作が図1に示したプロセスでスムーズに実行されるためには人間と機器とのインタフェースが重要な役割を果たす。エラーの観点から見たとき、前者は割り込みの影響を大きく受けるのであるから、インタフェースはそれを考慮したものにする必要がある。後者は、割り込みの影響は受けにくいものの、インタフェース上の情報（ラベル、ボタン、インディケータ）が正しい操作を選択するのに必要な知識と適切に関連づけられていない場合には、それが操作選択時に活性化されず、誤った操作が選択されてしまう。ルーチ的な操作の場合にはインタフェース情報の解釈が逐次的に行われるのではないのでこのような問題は生じにくい。

人間-機器をひとつのシステムとして見たとき、操作が行われるプロセスは大きく見れば、ルーチ的な操作も適応的操作も同様に見えるが、そのなかで起こっているプロセスはまったく異質のものである。したがって、日常的な場面における機器利用を支援するインタフェースのデザインにおいては、従来から研究が進められているプロのオペレータの操作を支援するインタフェースデザインとはまったく異なった視点が必要とされる。そのためには、適応的な認知行動プロセスの解明がひとつの重要な鍵となる。

5. 参考文献

- Kintsch, W. (1988). The role of knowledge in discourse comprehension: a construction-integration model. *Psychological Review*, **95**, 163-182.
- Kitajima, M. (1996). ディスプレイベースのHCIの認知モデル - 適応専門知識の理論にむけて. *人工知能学会誌*. 11, 2, pp. 321-329.
- Kitajima, M. & Polson, P.G. (1995). A comprehension-based model of correct performance and errors in skilled, display-based human-computer interaction. *International Journal of Human-Computer Systems*, **43**, 65-99.
- Kitajima, M. & Polson, P.G. (1996). A comprehension-based model of exploration. *Proceedings of CHI'96 Conference on Human Factors in Computing Systems*.
- Norman, D. A. (1986). Cognitive engineering, In Norman, D. A. and Draper, S. W., Eds., *User Centered System Design*, pp. 31-61, Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, NJ.