

2・3 ヒューマンコンピュータインタラクションのモデル

2・3・1 モデルの基本的な考え方

@ヒューマンコンピュータインタラクション@のモデルは人間がコンピュータを操作する過程に關与する要素とそれらの間の關連を明らかにするための考え方を提供することを目的としているが、ヒューマンコンピュータインタラクションにおいては、特に認知的な側面をその要素として取り上げることが必要である。

この分野の研究の多くは、その土台をノーマン [Norman, 1986] が提唱しているインタフェースの見方に置いている。ノーマンは、タスクを実行するということを、タスクを構成するゴール等の心理量を具体的な操作などの物理量へマッピングすることとして捉え、マッピングに係わる要素として、目標・意図、行動系列の詳述、心的目標・意図から行動系列へのマッピング、システムの物理的な状態、システムの制御機構、システムの物理機構とシステム状態間のマッピング、システム状態の解釈、行動の結果の評価、を挙げている。

これらの要素をユーザの観点から整理し直すと、ユーザの行動を概ね次の7つのステージに分けて捉えることができる。

- (1) 目標を形成する、
- (2) 意図を形成する、
- (3) 行動系列を具体化する、
- (4) 行動を実行する、
- (5) システムの状態を知覚する、

- (6) システムの状態を解釈する，
- (7) 目標・意図の観点から結果を評価する．

このうち(2)，(3)，(4)は機器に働きかけて操作を実行することに，(5)，(6)，(7)はその結果として起こる機器の状態の評価に関連している．

この見方はヒューマンコンピュータインタラクションに限らず，よりひろく機器とのインタラクションの一般的な考え方を提供している．しかしながら，個々のステージがどのように処理されるか，また，7つのステージがどのような順序で生起するかなどの制御について詳細な考え方が示されているわけではなく，あくまでも近似的な見方として捉えておくことが重要である．

2・3・2 代表的なモデル

[1] メンタルモデル

ノーマンの7つのステージを具体的に表現するための基礎を提供するものの一つに@メンタルモデル@がある．メンタルモデルは，ユーザがタスクやシステムに対して形成するモデルであり，インタラクションを理解するために必要とされる予測，説明の能力を有するものとして考えられている．

今までの研究により明らかにされたメンタルモデルの大きな特徴は，メンタルモデルはそれが表現しようとする実体よりもかなり単純であるということである [Johnson-Laird, 1983] ．ユーザは今までに接したことのない機器に遭遇したとき，機器の振る舞いや操作を表現するメンタルモデルを徐々に形成し，それを利用してインタフェースに関わる世界を理解し，また，予測する．しかし，これら

のモデルは、機器とのインタラクションの中で形成されるものであるから、自ら、不完全、不安定、非論理的、非科学的、非常に単純であり、また、適用範囲も不明確という特徴を持っている[Norman, 1983]。

メンタルモデルに関する研究は、機器とインタラクションするユーザを、ユーザがタスクや機器に対して持つ表現を通じて理解しようとするものであるが、その特徴を挙げるにしか至っていないのが現状である。

[2] ユーザモデル

メンタルモデルとは幾分異なったアプローチとして、インタラクションの解析的な分析ができるようなユーザモデルをまず構成し、それによってユーザがタスクや機器に対して抱くモデルを理解し、さらに実際のインタフェース設計に利用しようというものがある。

ユーザモデルは、ユーザがインタフェースに関して持っている知識をモデル化する静的な@コンピテンスモデル@と、ユーザが実行する過程をモデル化する動的な@パフォーマンスモデル@に大別できる。

(a) コンピテンスモデル

(1) 形式文法 [Reisner, 1981]

最も代表的なモデルは、機器が受け入れることができる入力を文法によって規定する方法である。ここで用いられる@形式文法@ (formal grammar) は、コマンド入力を行うのに必要な要素や、それらの要素を具体的に構成する際にとられる手続きを「書き換え規則」によって表現する。例えば「エディタを用いてテキ

ストのあるブロックをコマンド Dn によって消去する」というゴールを達成する過程は、図 2・1 のような書き換え規則によって記述される。書き換え規則の数と終端記号数は、ユーザがインタラクションを行うのに必要とされる知識の量を反映していると考えられる。

(2) コマンド言語文法 [Moran, 1981]

形式文法による表現の延長上に位置し、それに若干の心理的な構造を取り入れた表現方法に@コマンド言語文法@ (Command Language Grammar ; 略して CLG) がある。CLG は、ユーザがシステムに対して抱く心理的な概念モデルが、概念、コミュニケーション、物理の 3 つのコンポーネントから構成されると仮定している。これらのコンポーネントはさらに 6 つのレベルに分解され、概念コンポーネントはタスクレベルと意味レベルに、コミュニケーションコンポーネントは統語レベルと相互作用レベルに、また、物理コンポーネントは空間配置レベルとデバイスレベルに分けられる。

これらの各々のレベルは、そのレベルで作用を受ける対象であるオブジェクト、まとまったタスクを遂行するための一連のオペレーションやアクションを記述するメソッド、メソッドを表現するための基本的要素であるオペレーションという要素によって表現され、要素のいくつかは他のレベルの要素と関係付けられている。各レベルを構成する要素を図 2・2 に示す。

(3) タスクアクション文法 [Green, 1986]

@タスクアクション文法@ (Task Action Grammar ; 略して TAG) は機器に関する

る概念モデルを機器の上でのアクションにどのようにマッピングするかを説明するモデルであり，形式文法やCLGの延長線上に位置づけられる．TAGの中心的な目的は，マッピングの心理的な様相を文法の上で定義できる単純なメトリック（規則数など）によって予測できるように，タスクレベルからアクションレベルへのマッピングを定式化することである．

TAGはシンプルタスク（simple task）とルールスキーマタ（rule schemata）を記述の要素とする．シンプルタスクとは自動化された認知タスク（cognitive task）のことであり，ユーザにとっては分かりきったルーチン的なタスクである．ルールスキーマタはシンプルタスクをそれらの特徴にしたがって表現するための記憶構造である．この構造によりタスク記述をアクションにマッピングすることが可能になる．すなわち，ルール・スキーマタはシンプル・タスクを素材としてそれらの特徴に応じて選択・順序づけすることにより，アクションを構成するのである．

図2・3は長方形や楕円などの一般的な図形を描く手順の特殊な場合として正方形や正円を描くことができるようなインタフェースのTAGによる表現を示している．このように表現することによりインタフェースの一貫性を調べる事が可能となる．

（b）パフォーマンスモデル

（1）GOMSモデル [Card, 1983]

@GOMSモデル@は，ユーザのタスク遂行過程を，

- (1) ゴール (goal) ,
- (2) オペレータ (operator) ,
- (3) メソッド (method) ,
- (4) 選択規則 (selection rule) ,

の4つの要素によってモデル化し、操作過程に再現性があるエキスパートユーザのパフォーマンス(実行時間、オペレータ系列など)を予測することを目的とする。オペレータは最低レベルの運動やメンタル活動を、メソッドはプリミティブオペレータが結合してできるチャンク化された活動を、また、選択規則はある状況におけるメソッドの選択を支配する規則を表している。対象がエキスパートなので、実際に収集された行動データを解析することによりかなりの精度でこれらの要素を推定することができる。

ユーザの行動は概略次のようにモデル化される。タスクが与えられると、ユーザは最高レベルのゴールを構成する。次に、それはサブゴールに分解される。それらは、メソッドの選択を起動し、オペレータを活性化する。サブゴールは個々のオペレータ、または、一連のオペレータ(メソッド)によって達成されるが、それにより機器の状態の変化が引き起こされ、それがトリガーとなって次のサイクルが起動される。

図2・4は原稿の訂正指示を校正原稿から読み取って修正作業をする過程のGOMSモデルによる記述例である。図中、ゴール、オペレータ、メソッド、選択規則をG、O、M、Sで示してある。

キーラス [Kieras, 1988] はGOMSモデルを手軽に記述する方法として NGOMSL (Natural GOMS Language ; 略してNGOMSL) を開発している .

また , GOMSモデルは単位タスクが時間的に重なって起こる場合なども扱える ような拡張が行われている [Gray, 1993] .

(2) 認知複雑性理論 [Kieras, 1985]

ユーザの学習時間 , 実行時間とエラーを予測するためのモデルとして , @認知 複雑性理論@ (Cognitive Complexity Theory ; 略してCCT) がある . これは , GOMSモデルのプロダクションシステム版であり , GOMS モデルでは対象とさ れていなかった初心者ユーザの学習を扱うようにしたモデルである . ユーザは 個々のプロダクションを学習し機器操作ができるようになるものとしてモデル化 されている .

ユーザがタスクを遂行する過程はIF-THEN形式の@プロダクション@によるプ ログラムによってモデル化されており , そのプログラムを実行することによりユー ザと全く同じ振るまいを再現でき , また , タスクを遂行する過程で要求される認 知オペレーションをシミュレートできる . このプロダクションには , ユーザのシ ステム操作に関する知識が記述されるが , その一例を図 2 ・ 5 に示す .

認知複雑性理論を基にしてインタフェース設計者がインタフェース評価を手軽 に行えるような@認知ウォークスルー@ (Cognitive Walkthrough) がポウルソン ら [Polson, 1992] により考案されている . ユーザが新しいインタフェースを学 習するときにしばしば行う探求的な学習 (exploratory learning) を , 設計中のイ

インタフェースがどの程度促進するかについての評価をインタフェース設計段階で行うことができる。

文献

[Card, 1983] Card, S. K., Moran, T. P. and Newell. A. : “ The Psychology of Human-Computer Interaction ” , Lawrence Erlbaum Associates, (1983)

[Johnson-Laird 1983] Johnson-Laird, P. N. : “ Mental models : Towards a cognitive science of language, inference, and consciousness ” , Cambridge University Press, (1983)

[Gray, 1993] Gray, W. D., John, B. E., and Atwood, M. E. : “ Project Ernestine : Validating a GOMS analysis for predicting and explaining real-world task performance ” , Human-Computer Interaction, 8, pp. 237 - 309, (1993)

[Green, 1986] Green, T. R. G. and Payne, S. J. : “ Task-action grammars: A model of the mental representation of task languages ” , Human-Computer Interaction, 2, pp.93 - 133, (1986)

[Kieras, 1985] Kieras, D. E. and Polson, P. G. : “ An approach to the formal analysis of user complexity ” , International Journal of Man-Machine Studies, 22, pp. 365 - 394, (1985)

[Kieras, 1988] Kieras, D. E. : “ Towards a practical GOMS model methodology for user interface design ” , in The Handbook of Human-Computer Interaction, ed. M. Helander, North-Holland, (1988)

[Moran, 1981] Moran, T. P. : “ The command language grammar: a representation for

the user interface of interactive computer systems ” , International Journal of Man-Machine Studies, 15, pp. 3 - 50, (1981)

[Norman, 1983] D. A. Norman, “ Some observations on mental models ” , in Mental Models, eds. D. Gentner and A. L. Stevens, Lawrence Erlbaum Associates, (1983)

[Norman, 1986] Norman, D. A. : “ Cognitive Engineering ” , in USER CENTERED SYSTEM DESIGN: New Perspectives on Human-Computer Interaction, eds. D. A. Norman and S. W. Draper, pp. 31 - 61, Lawrence Erlbaum Associates, (1986)

[Polson, 1992] Polson, P.G., Lewis, C., Rieman, J., and Wharton, C. : “ Cognitive Walkthroughs: A Method for Theory-Based Evaluation of User Interfaces ” , International Journal of Man-Machine Studies, 36, pp. 741 - 773, (1992)

[Reisner, 1981] Reisner, P. : “ Formal Grammar and Human Factors Design of an Interactive Graphic Systems ” , IEEE Transactions on Software Engineering, SE-7, 2, pp. 229 - 240, (1981)

Dnを使用 1行目を確認 + Dnコマンドを入力 + **ENTER**を入力
1行目を確認 画面上に1行目を表示 + カーソルを1行目に移動
画面上に1行目を表示 「ロケート」戦略を使用 | スクロール戦略を使用
「ロケート」戦略を使用 カーソルをコマンド入力領域に移動 +
「ロケート」コマンドをタイプ + **ENTER**を入力
カーソルをコマンド入力領域に移動 カーソルキーを使用 |
PFCURSOR を押す | 何もしない
「ロケート」コマンドをタイプ 「ロケート」キーワードをタイプ +
行番号をタイプ
「ロケート」キーワードをタイプ **L+O+C | L | L+O+C+A+T+E**
行番号をタイプ 数字をタイプ

図2・1 形式文法によるインタフェースの記述例

コンポーネント	レベル	要素
概念	タスク	システムに関連したタスク領域 概念，ゴール，手続き，手続きとゴールを結ぶメソッド
	意味	システムによって表現される概念 システム概念，システムオペレーション（SO），ユーザオペレーション（UO），手続き（SO + UO），メソッド
コミュニケーション	統語	コマンド・引数の構造 コマンド，引数，引数記述式，コマンドコンテキスト，引数コンテキスト，状態変数，表示領域，表示アイコン，手続き，メソッド
	相互作用	会話構造 構成要素，入力デバイス，ユーザとシステムの基本アクション，会話制御規則，時間順序規則，ユーザアクション規則，システムアクション規則，手続き，メソッド
物理	空間配置	入出力装置の配置，グラフィックスレイアウト
	デバイス	他の物理的特徴

図 2・2 コマンド言語文法の表現の要素

タスク [結果 = インサート, 図形のタイプ = ANY, 特殊な場合 = ANY]
 特殊アクション [特殊な場合] + 図形の描画 [図形のタイプ]
図形の描画 [図形のタイプ]
 ツール選択 [図形のタイプ] + マウス移動 + ...

図2・3 タスクアクション文法によるインタフェースの表現

ゴール：原稿の校正	G
・ゴール：校正単位タスク；単位タスクがなくなるまで続ける	G
・・ゴール：単位タスクを獲得	G
・・・次のページに移る；現在のページが終了時	O
・・・次のタスクを獲得する	O
・・ゴール：単位タスクを実行	G
・・・ゴール：行合わせ	G
・・・・ [選択：	S
メソッド：QS法を使う	M
メソッド：LF法を使う]	M
・・・ゴール：テキスト修正	G
・・・・ [選択：	S
メソッド：Sコマンド法	M
メソッド：Mコマンド法]	M
・・・・修正結果の確認	O

図2・4 GOMSモデルによる文書校正作業の表現の例

```
(プロダクション名：1文字消去 - 1
  IF (AND
    (TEST-GOAL 1文字消去)
    (NOT (TEST-GOAL マウスカーソルを [%X,%Y] に移動))
    (NOT (TEST-CURSOR %X %Y))
  )
  THEN (
    (ADD-GOAL マウスカーソルを [%X,%Y] に移動))
)
(プロダクション名：1文字消去 - 2
  IF (AND
    (TEST-GOAL 1文字消去)
    (TEST-CURSOR %X %Y))
  THEN (
    (DO-KEYSTROKE DEL)
    (DO-KEYSTROKE ENTER)
    (WAIT)
    (DELETE-GOAL 1文字消去)
    (UNBIND %X %Y))
)
```

図2・5 認知複雑性理論による1文字消去メソッドの表現

索引

日本語索引用語 英語索引用語 ページ

GOMSモデル GOMS model (6)

コマンド言語文法 command language grammar (4)

コンピテンスモデル competence model (3)

タスクアクション文法 task action grammar (5)

パフォーマンスモデル performance model (3)

ヒューマンコンピュータインタラクション human-computer interaction (1)

プロダクション production (7)

メンタルモデル mental model (2)

形式文法 formal grammar (3)

認知ウォークスルー cognitive walkthrough (7)

認知複雑性理論 cognitive complexity theory (7)