

7F-1

メンタル・モデルを用いた
知的インタフェースに関する研究

廣瀬 通孝 小池 英樹 石井 威望

(東京大学工学部)

1.はじめに

近年、人工知能研究の成果をマン・マシン・インタフェースに応用しようとする試みがなされるようになってきた。とりわけ、メンタル・モデルの考え方は非常に有効であると言われている。演者らは計算機に関するメンタル・モデルについて基礎的な研究を開始したのでそれを報告する。

2.状態機械としての計算機

計算機のマン・マシン・インタフェースを設計するうえで、計算機システムの中にそれを使用する人間のモデル(ユーザ・モデル)をとりこみ、それに従ってシステムを応答させるという考え方が提案されている。しかし、人間の計算機に対する反応は多岐にわたるため、ユーザ・モデルのみを考慮にいらただけでは、不十分である。また、人間の不完全な入力に対しても、単にエラー・メッセージを返すだけでなく、両者の対話のプロセスからユーザの意図する入力を推論するようなシステムが必要である。このような場合、ユーザが現在使用している計算機システム、コマンド体系その他をどう受けとめているか、つまりユーザがシステムに対してどんなメンタル・モデルを持っているかが重要である。あるいは如何なるシステムにおいて、より早くメンタル・モデルが形成されるかを知ることが必要である。ただし、ここでのメンタル・モデルとは、心理学でよく用いられるプロトコル解析によって得られるような定性的なものではない。インタフェース設計において必要なのは、統計的数値に裏付けされたメンタル・モデルである。しかし、複雑な計算機システムに対するメンタル・モデルを定量的に把握することは非常に困難である。そこで、まず問題の単純化を行うことにする。即ち、計算機システムを簡単な状態機械として表現することを考える。使いやすい計算機とは、より早くユーザにメンタル・モデルが形成される計算機のことである。本研究では簡単な状態機械に対する人間のプリミティブな反応と、そのとき人間がシステムに対して持つイメージを調べた。そして、それらのデータを統計的に処理し分析し、状態機械に対する人間

の理解能力、即ち、構造把握の容易性について定量的な議論を行った。

3.実験の概要

まず状態として2、3種類の色を考え、これを一色ずつディスプレイ上に表示し、被験者からのキー入力によってその色を変化させる状態機械を作った。この状態機械の一例を状態遷移図で表すと図1のようになる。但し、

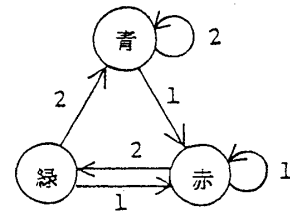


図1 状態機械の一例

この状態機械は規約(任意の状態から全ての状態に到達可能)であることを条件とした。使用するキーの数ごとに、この状態機械の組合せの総数を数え上げると、状態数が2つのものが2種類、状態数が3つのものが71種類存在する事がわかった。次にこの状態機械を次々と被験者に与え、この状態機械の仕組みが把握されるまでの被験者の行動を分析した。但し、73種類の状態機械はランダムに出現する。また、使用できるキーの種類は予め被験者に教えておいた。過去の履歴を記録するために紙を使用することなどは一切許されないものとした。

4.実験結果と考察

ランダムに次々と提示される73種類の状態機械について、被験者がそれぞれどのような状態機械であるか理解するまでに要したキー入力数の平均をとり、これと種々のパラメータとの関係をグラフにしたものが図2~図6である。これから以下のようなことがわかる。

- 1) ある状態から他の状態に遷移する矢の本数が多くなるに従い、単調に難易度が大きくなるとは限らない(図2)。これは状態遷移図の形の対称性と関係があると思われる。

2) 入力に用いるキーの個数が3ぐらいで、難易度がピークになる(図3)。これは本実験で考えた状態機械のエントロピが、状態遷移図の形状が同じであるならば、入力に用いるキーの個数が3ぐらいで、最大になることと関係があると思われる。但し、状態機械のエントロピSは次のように定義した。

$$S = \sum_i \sum_j q_i p_{ij} \log_2 \frac{1}{p_{ij}}$$

p_{ij} ・・・状態遷移確率

q_i ・・・定常確率

3) エントロピが同じでも難易度には大きな差がある。この差の原因は、以下に述べる要素の存在如何である。

4) ループ・パターンの存在(図4)。

5) 2連遷移パターン(図5)の存在(図5)。

このようなパターンが存在することによって理解し易くなることの説明として次のような簡単なモデルが考えられる。

あるキー(1)によって、状態がA→Bと変化した場合、被験者は図7-1のように記憶する。さらに試行を続けるときに、図7-2のようにになっている方が、図7-3のようであるよりも一般的に記憶が楽であるので、そうになっていることを被験者は期待しつつ、同じキー(1)を入力する。従って、あるキーによって状態遷移が起こったならば、その次も同じキーを入力し、状態遷移が起こらなかったならば、その他のキーを等確率で入力するとい

うモデルが考えられる。このモデルによって前の4)や5)の説明がつく。このモデルは、被験者が状態遷移を強く意識する場合に適用できるが、被験者がキー入力と出力(本実験では出力と言うのは状態に相当する)との関係を強く意識する場合には、また別のモデルが考えられ、それと図7-1と関連させることができよう。

5. 今後の発展

コンピュータ及びそのソフトウェアは、数多くの状態を持っており、それらが複雑に結合されてシステムを構成している。マクロに見れば複雑過ぎて解析不可能に思えるシステムも、ミクロに分解してみれば上で調べた要素の集合であると考えられる。従って、上述の実験を更に洗練させて、状態機械の複雑度と人間の理解度の関係を明らかにすることができれば、ある状態から次の状態への移行をある程度予測することができるし、またある状態に於てユーザがシステムのコマンド体系等を見失った場合に、如何なる情報を与えてやればシステムを再把握させることができるかについてのある程度の見通しを得ることができる。演者らは次なる課題として、以上の知見にもとずきユーザのもつメンタル・モデルを推定し、それに合わせて自らのインターフェースをある程度変更し得るシステムを構築していく予定である。

参考文献

(1) Gentner, D., Stevens, A. L. Mental Models, Hillsdale, N. J., Lawrence Erlbaum Assoc., 1983.

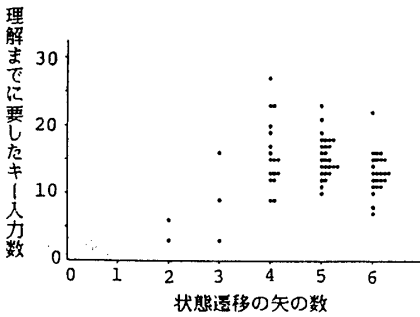


図2

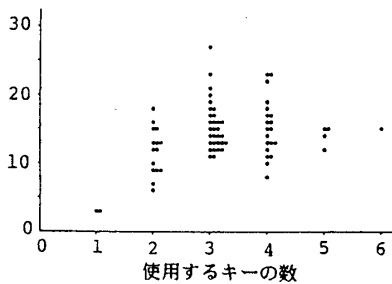


図3

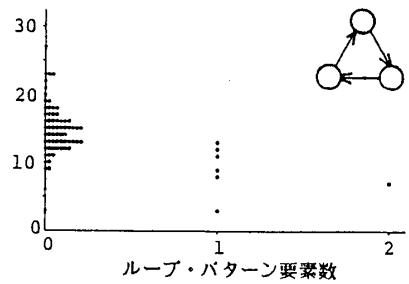


図4

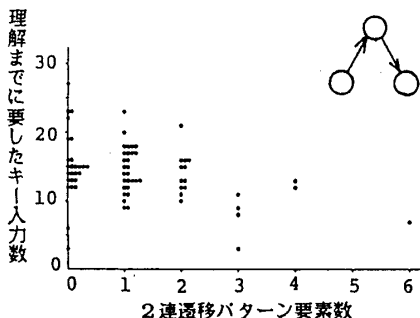


図5

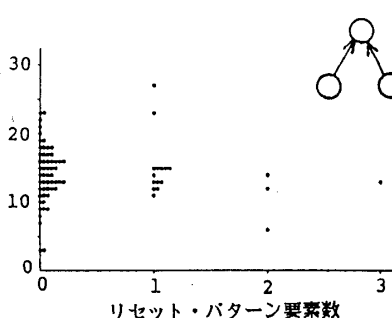


図6

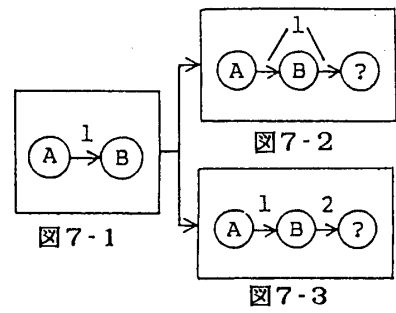


図7 被験者のメンタル・モデル