

インテリジェント機器操作におけるユーザモデルの抽出法に関する一考察

栗川 隆 宏*

A Method of Extracting User's Models from Action Sequences Used in Operating Intelligent Consumer Products

Takahiro Kurikawa*

The purpose of this study is to investigate a way to extract the user's models which users have formed in operating intelligent products such as video cassette recorders. It involves the analysis of the state transition diagrams which are drawn from the user's action sequences observed in operating the products, and this way is called the state-transition diagram (STD) method here. Usability testing was conducted concerning the rice cooker using both elderly and young adults as subjects, and then the STD method was applied to the test data. As a result the following problems and solutions in applying the STD method were clarified.

It is easier to extract user's models by the STD method than by protocol analysis because it is possible for a investigator to comprehend all the action sequences, when each diagram is drawn for individual subjects. However, in order to interpret the cognitive semantics of the user's models which have been extracted by the STD method, 'thinking aloud data' should be further analyzed. In analyzing a group of plural subjects by the STD method, it often becomes difficult to extract the common user's models of the group because the sequential order in action sequences are eliminated from the diagram and the individual action characteristics of subjects disappear as a result of each other's interference. As measures against those problems, it is proposed to classify subjects into many groups of a few subjects who have similar characteristics to each other.

Key Words (キーワード)

Intelligent consumer products (インテリジェント生活機器), Usability (ユーザビリティ), User's model (ユーザモデル), State transition diagram (状態遷移図)

1 はじめに

近年, VTR, 電話機, 洗濯機などさまざまな生活機器にマイクロコンピュータが組み込まれ(ここではインテリジェント生活機器と呼ぶ), 優

れた機能が提供されるようになったが, 同時に, 操作が複雑になり, '操作方法がわからない', '操作手順を誤る' などユーザビリティに関する問題が発生している^{1, 2)}. 特に高齢者においてはインテリジェント生活機器の操作に対する不安は高い

*呉大学社会情報学部(Faculty of Social Information Science, Kure University)

ものとなっている^{3, 4, 5)}。

ユーザビリティの評価法は、設計段階から利用できる評価法と、出来上がった機器をユーザに操作をさせ、その操作結果をもとに評価を行う方法とに大別できる。特に、インターフェイスのどの部分にどのような問題があるのかを具体的に抽出する方法は、前者の方法として GMOS モデル⁶⁾、Heuristic Evaluation⁷⁾、PDS 解析⁸⁾ などが開発されており、また、後者の方法としてプロトコル解析⁹⁾ が一般に利用されている。前者の方法は、一般的なユーザを想定した使いやすさの原則に照らしてユーザインターフェイスの問題点を探るものである。しかし、例えば、高齢者を対象にした使いやすさの評価を行うなど、対象とするユーザの特性が十分把握されていない場合には、前者の評価方法を利用することは困難であり、後者の方法を利用してユーザ特性を明らかにしていくことが必要となる。

インテリジェント生活機器は、設計者が定めた手順に従い操作する必要がある。ユーザは、ディスプレイに表示される情報、キーの機能表示、機器の外観などのさまざまな情報（システムイメージ）を解釈して、ユーザー自身の操作概念（ユーザモデル）を形成し、それを実行すると考えられる。インテリジェント機器のわかりにくさは、端的にいえば、設計者が考えた操作方法（システムモデル）と、ユーザモデルとの不一致から生じるもの^{8, 10)} といわれている。システムモデルとユーザモデルの不一致は、操作過程においてエラーや戸惑いとなって表れるため、エラーや戸惑いからユーザモデルを推測することが可能である。

プロトコル解析は、被験者に評価対象機器の操作をしてもらうとともに、その時の判断や思考過程を発話してもらい、その操作行動と発話からなるプロトコルを分析するというもので、ユーザモデルやインターフェイスの問題点の抽出に適した方法である。しかし、実際には判断、思考プロセスに関する発話が少なく、操作行動からの分析が中心となる場合が多いこと、また、データが膨大であるため前もっていくつか仮説が必要であるこ

と、テープ起こしなど分析に多大な時間を必要とするなど問題点も少なくない。

本研究は、発話データを使用せずにユーザが行った操作軌跡データ（アクションシーケンス）からユーザモデルを抽出する方法として状態遷移図法を提案するものである。操作経験のない若年者と高齢者からなる被験者によって行われたマイコン式炊飯器のユーザビリティテストの結果を状態遷移図法に適用し、その方法の問題点、限界などについて検討を行った。

2 方 法

2-1 分析の基本的な考え方

ユーザが行ったアクションシーケンスは、逆順、飛ばしなどの手順的エラーや、与えられたタスクに対する問題解決方略、タスクサブタスクからなる階層的構造などユーザモデルの推測に必要な情報を含んでいる。アクションシーケンスは、客観的なデータであること、また、データを加工することにより定量化が可能であることなどの利点が挙げられる。アクションシーケンスからユーザ個々のユーザモデルや高齢者、若年者などの属性、グループに共通したユーザモデルを推測する方法として、状態遷移図の利用が考えられる。状態遷移図は、状態、遷移の数などのサイズ、内部結合の量など複雑性の尺度を算出することが可能であり、形、構造（特にパターン）など定性的尺度は視覚的に理解しやすいという特徴を有している。

操作空間は状態と遷移からなっており、それらの軌跡を“プロセス”と呼ぶことにする。プロセスはタスク解決過程のすべてを記述しており、状態はシステムの状態に、遷移はシステムの操作に対応している。観察されたユーザのアクションシーケンスは、 s (state) \rightarrow t (transition) \rightarrow s' \rightarrow t' \rightarrow s'' \rightarrow ... のように表現できる。最も短くて意味のあるプロセスを基本プロセス ($s \rightarrow t \rightarrow s'$) と呼ぶことにする。

状態遷移図は、 S (state) エlementと T (transition) エlementと呼ぶ2つのノードと、

フローリレーションと呼ばれる、方向を示すFによって記述される。F構造を変えずにSエレメントをSエレメントにマッピングし、また、TエレメントをTエレメントにマッピングすることにより、状態と遷移の数を最小とする構造で表すことができる。このマッピングを畳み込み操作 (folding operation) という。具体的には、図1に示すようにアクションシーケンスをプロセス順位に従って基本プロセスに分解し、畳み込み操作を行うことにより図2に示す状態遷移図を得ることができる。なお、図2はマイコン式炊飯器を高年齢被験者 (高齢女性H.O.,66歳) が操作したデータを用いた。また、状態遷移図中のフローリレーションに添えた数字はアクションシーケンスにおけるプロセス順位を示す。

状態遷移図の定量化測度としては、使用された全遷移数 (AT)、発生した全状態数 (AS)、異種状態数 (DS)、異種遷移数 (DT) などが考えられ、観察されたプロセスにおいてはAS=AT+1が成立する。図2の例の場合では、AT=18, AS=19, DS=5, DT=9となる。

- | | |
|-------------------|--------------------|
| 1 (s0)->[t]->(s0) | 10 (sK)->[q]->(s0) |
| 2 (s0)->[a]->(sT) | 11 (s0)->[a]->(sT) |
| 3 (sT)->[a]->(sT) | 12 (sT)->[t]->(sT) |
| 4 (sT)->[a]->(sT) | 13 (sT)->[t]->(sT) |
| 5 (sT)->[r]->(sR) | 14 (sT)->[r]->(sS) |
| 6 (sS)->[q]->(s0) | 15 (sS)->[q]->(s0) |
| 7 (s0)->[r]->(sR) | 16 (s0)->[a]->(sT) |
| 8 (sR)->[q]->(s0) | 17 (sT)->[a]->(sT) |
| 9 (s0)->[q]->(sK) | 18 (sT)->[r]->(sS) |

(状態ラベル)	(遷移ラベル)
(s0)=初期状態	[a]=タイマーキー
(sT)=タイマーセットモード	[t]=時刻調整キー
(sS)=タイマーセット完了	[r]=炊飯キー
(sC)=現在時刻合わせモード	[c]=時間合わせキー
(sR)=炊飯状態	[q]=取消キー
(sK)=保温状態	

図1 基本プロセスによる記述
被験者：高齢女性H.O.,66歳
対象機種：No.2

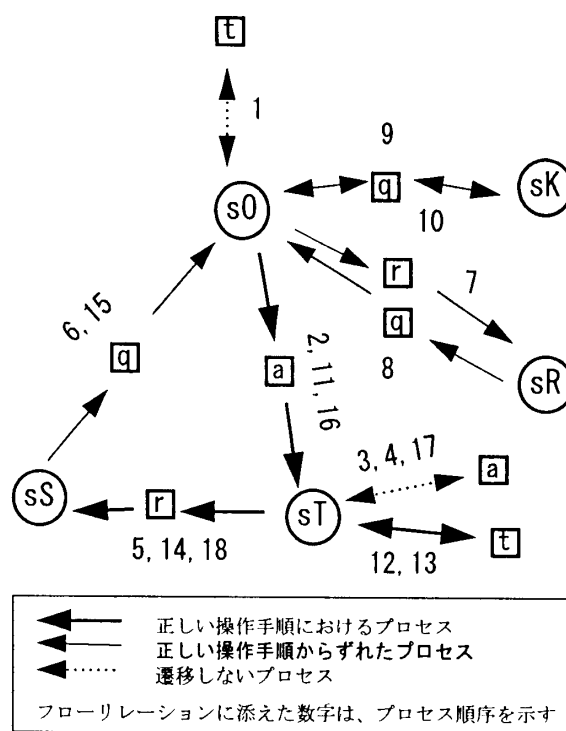


図2 図1で記述した基本プロセスの畳み込みを行った後の状態遷移図
被験者：高齢女性H.O.,66歳
対象機種：No.2
状態ラベル、遷移ラベルは図1と同じ

2-2 ユーザビリティテスト

評価対象製品としてマイコン式炊飯器2機種を取り上げ、日常生活で炊飯器のタイマーセットの使用経験のない高齢者と若年者からなる被験者にタスクとしてタイマーセット操作を行ってもらった¹¹⁾。テストに用いた2機種はそれぞれ操作方法が異なり、No.1のタイマーセット操作手順は“(タイマー時刻合わせ) → (タイマーキー)”で、モード選択を行わないタイプである。一方、No.2の手順は、“(タイマーキー) → (タイマー時刻合わせ) → (炊飯キー)”で、モード選択を行うタイプである。

高齢被験者として、高齢女性17名 (60歳から78歳、平均69歳)、高齢男性11名 (67歳から79歳、平均73歳)、計28名にテストを依頼した。高齢者の場合、被験者1名につき3機種を操作してもらったが、最初の学習が次の機種への操作に与える影響を最小限にするため、それぞれのテストは少なく

とも10日以上の間を空けて行った。若年被験者として工学部4年生の男女15名(22歳)に依頼した。若年者の場合、3グループに分け、1機種に対して5名に操作をしてもらった。

被験者には操作方法についての事前のインストラクションやマニュアルを全く与えず、システムとのインタラクションと自己の経験だけを手がかりに、被験者の思うとおり操作させた。なお、いずれの機種も操作部のキーには機能表示があるだけで、操作手順などは記載されていない。また、操作時には制限を加えなかった。操作時に頭に浮かんだことを発話してもらう発話思考法⁹⁾を用い、操作盤の操作状況とともに発話をビデオ収録した。収録ビデオから経過時間とともに発話内容、被験者の操作・行動、システムの反応を書き起こしたプロトコル解析表を作成した。しかし、今回の分析にはデータとして発話内容を用いず、被験者の操作行動つまりアクションシーケンスだけを用いた。

3 結 果

3-1 データの前処理

被験者個々の状態遷移図は、図2に示したようにユーザのプロセスすべてが記述されており、そこから特徴を抽出することは比較的容易である。しかし、パターンの異なる被験者のプロセス頻度をそのまま合計し、被験者全員の全プロセスを1つの状態遷移図に展開した場合、図が複雑になる。また、被験者個々の特徴が打ち消されるなどにより、グループとしての特徴を抽出することが困難と思われる。そこで、被験者の属性別に状態遷移図に表すことが考えられるが、高齢被験者にも若年者の操作特性に近い被験者がいるなど同じ属性においても被験者個々の特性は大きな幅を持っていることから、被験者の属性だけでなく、被験者個々の特徴がグループとしての状態遷移図にうまく反映されるよう別の指標によってグルーピングを行うことが適切と思われる。

そこで、グルーピングを行う指標として、RD

(Degree of routinization : ルーチン化度)、BC (Behaviour complexity : 複雑度)^{12, 13)}の2つの指標を導入する。RDは、全遷移数を異種遷移数で割ること($RD = AT / DT$)により求められ、同じ操作を繰り返し行う程度を表すものである。RDの値が大きいほどルーチン化度は高く、一度も同じ操作を繰り返さない場合は $RD = 1$ となる。BCは、異種遷移数から異種状態数を引いたものに定数(1)を加えること($BC = DT - DS + 1$)により求められ、操作の複雑性を示すものである。BCの値が大きいほど、操作の複雑性が高くなり、複雑性が最も低い場合が $BC = 0$ となる。なお、この定数は最も低い場合が $BC = 0$ となるように与えられている。

まず、被験者の属性別に達成率、達成時間などのパフォーマンスとともに、RD、BCを図3により概観する。達成率については、No.1の機種では50%前後で属性間に大きな差はみられない。また、No.2の機種では、高齢女性が低い値となっているが統計的有意差は認められない。達成時間においても統計的有意差は認められないが、若年者が50(sec)前後であるのに対し、高齢者は200(sec)以上と大きい。RDは1-3の値をとり、属性間に差は認められない。BCについては、若年者はNo.2において最も小さい値をとっているが、逆にNo.1では大きな値をとり、また、高齢者の場合、No.2よりNo.1がやや小さい値をとるなど、属性によって機種の影響が逆転していることがわかる。このことは、若年者のユーザーモデルがNo.2のデザインモデルに近く、No.1のそれとは大きく異なっていること、また、高齢者のユーザーモデルはNo.2よりNo.1のデザインモデルに近いことを示唆するものと思われる。

RDとBCの二つの変数を用いてクラスター分析を行い、それぞれの機種について3つのグループに分類した。No.1については、A(9名)、B(12)、C(12)のグループに分類でき、グループAは高齢男性の、Bは若年者の、Cは高齢女性の割合が高い。No.2では、D(13)、E(8)、F(14)のグループに分類でき、若年者全員がグループDに

集中しており、高齢女性はグループFに集中しているのが特徴である。グループ別に達成率、達成時間などのパフォーマンスとともに、RD, BCを図4により概観する。達成率については、No. 1ではグループAが非常に低く、No. 2ではグループDが100%と高い。達成時間においては、No. 1では差は認められないが、No. 2ではグループD, E, Fの順で長くなっている。RD, BCともにNo. 2では、グループD, E, Fの順に高くなっているが、No. 1ではBCがグループA, B, Cの順に高くなっているものの、RDはグループAだけが高くなっているのが特徴である。No. 2ではBCとRDの間に相関が見られるが、No. 1ではその相関は低く、RDが高くてもBCは低いという現象がみられる。

3-2 ユーザ個々を対象とした分析

図2に示す機種No. 2, 被験者H.O. (高齢女性, 66歳) の場合, プロセス順序に注目すると, ①1番のプロセスでは, (sO) において [t] (時刻調整キー) による遷移がみられ, また, 2, 3, 4番のプロセスでは [a] (タイマーキー) を連続操作していることなどから, (sO) から (St) に遷移する前にタイマー時刻を合わそうとしていることなどが指摘できる。一方, ある状態における遷移数に注目すると, ②(sO) における遷移数が多く, 正しい遷移より3つ多い遷移が行われていることから, モード選択がわかりにくい。③(sT) における遷移数は少なく, (sS) への遷移は比較的容易である。④ゴールである (sS) から初期状態の (sO) への遷移が多く, ユーザモデルにお

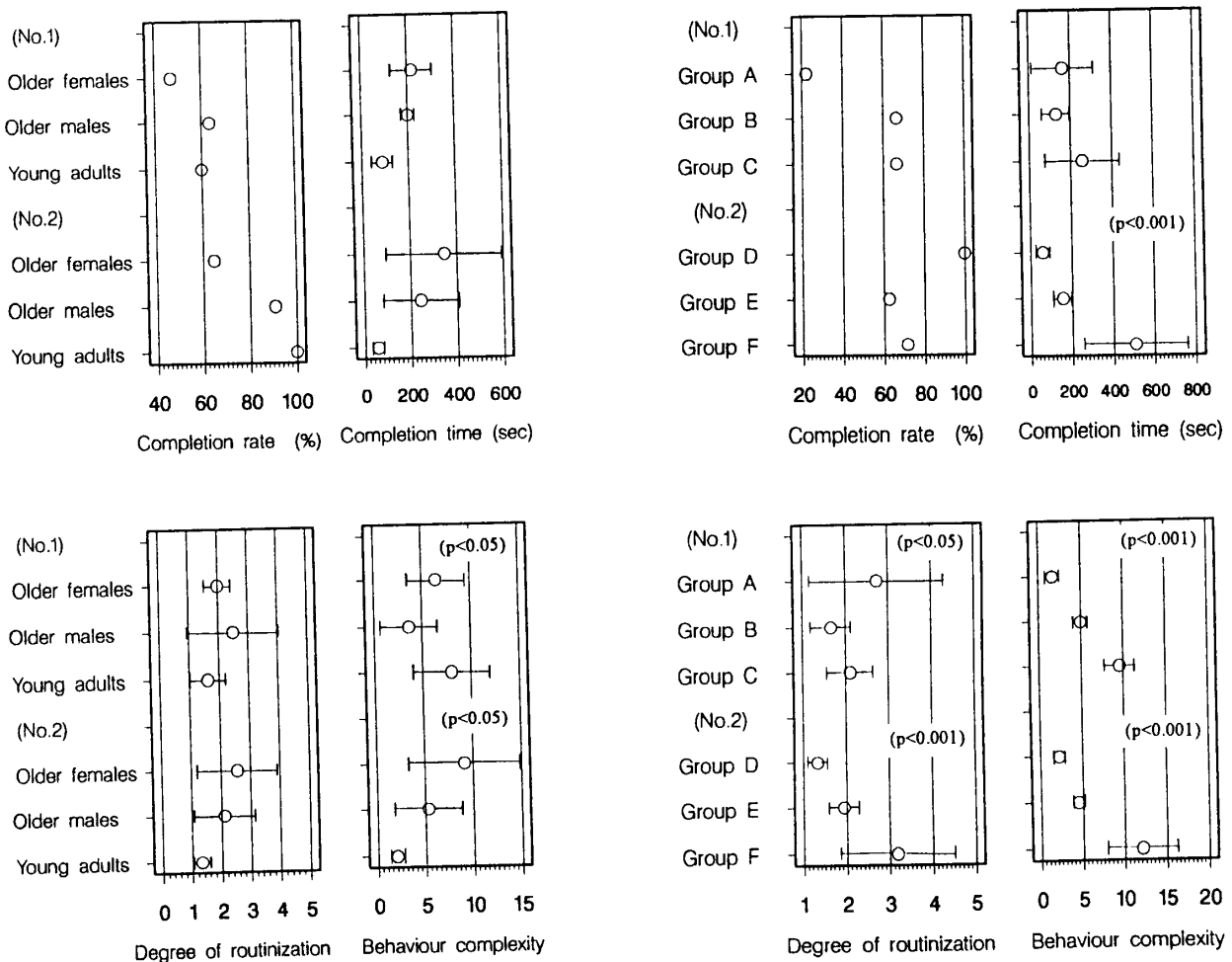


図3 被験者の属性別にみた達成率、達成時間、DT (ルーチン化度)およびBC (操作の複雑度)

図4 グループ別にみた達成率、達成時間、DT (ルーチン化度)およびBC (操作の複雑度)

けるゴールが明確でないことなどが指摘できる。さらに、正しい操作手順でない状態に注目すると、⑤(sK), (sR) などの間違った状態へ遷移しているが、そこから (sO) 以外への遷移はないことから、ユーザはその状態が間違いであることを認識しているものと推測できる。

No. 1 の被験者 H. O. の場合を図 5 に示す。プロセス順位に注目すると、①タイマー時刻合わせは本来 (sO) で行うものであるが、(sS) で操作を行おうとしている。ある状態における遷移数に注目すると、②(sO) においては、正しい操作手順でない (sR) への遷移が多く、[r] (炊飯キー) の操作または (sR) の状態に特別の意味を見出していることがうかがえる。③ゴールである

(sS) から初期状態の (sO) への遷移が多いことから、ユーザモデルのゴールが明確でないなどが指摘できる。正しい操作手順でない状態に注目すると、⑤(sC), (sR) などの間違った状態へ遷移しているが、そこから多くの遷移が観察され、目的とする状態と現在の状態の違いが明確でないことが推測できる。このように、個々のユーザ行動を分析することは比較的容易に行うことが可能である。

3-3 グループを対象とした分析

グループを対象に分析するために、各被験者のアクションシーケンスを基本プロセスで記述し、各グループ毎に基本プロセスの頻度合計を計算し、それを基に状態遷移図を作成した。機種 No. 1, No. 2 に対する状態遷移図をそれぞれ図 6 に示す。グループとして、RD, BC のデータからクラスター分析により分類したグループ A, B, C とグループ D, E, F を用いた。フローリレーションに添えた数字は、そのプロセスの頻度を示すものであり、正しい操作手順である (sO) → [a] → (sS) (No. 1 の場合)、または、(sO) → [a] → (sT) (No. 2 の場合) のプロセス頻度を 100 としてノーマライズしたものである。また、状態に添えた [数字] は、被験者がタスクを終えた時の状態の頻度を示すもので、同じ方法によってノーマライズしたものである。なお、グループを対象とした場合には、プロセス順位は表現できないため欠落している。

図 6 の No. 1 から分析を進める。グループ A は非常にシンプルな形をしているのが特徴であり、このことは、図 4 において BC が最も小さいこととよく一致している。また、(sO) → [t] → (sO), (sO) → [r] → (sO) のプロセス頻度が非常に多く、図 4 において RD が大きいことと一致している。タスクの終了時の状態をみると、(sO), (sR) の頻度がそれぞれ 300, 50 と多い。このことは、一般にタスク終了時の状態は被験者のユーザモデルのゴールを示すものと理解できることから、ユーザモデルのゴールが間違っているこ

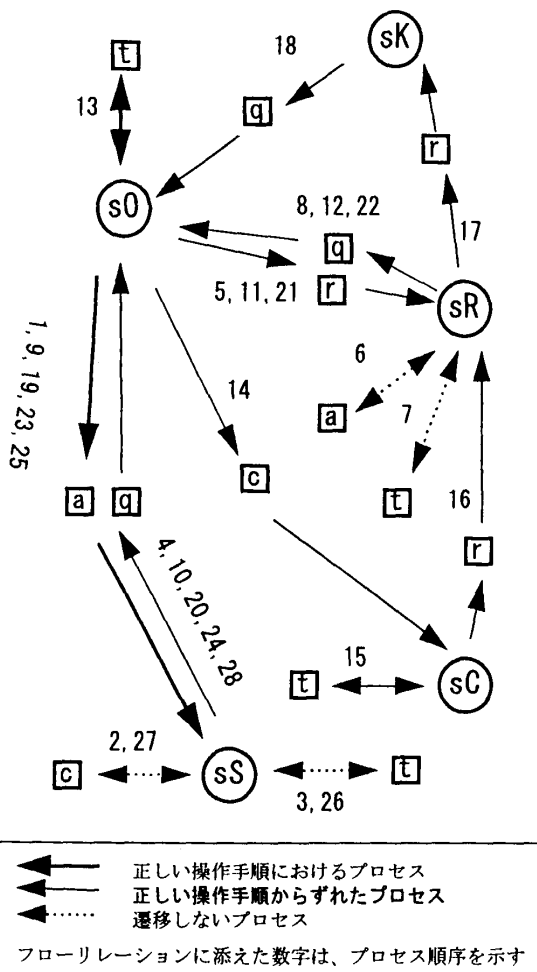


図 5 No. 1 に対する状態遷移図
 被験者：高齢女性 H. O., 66 歳 機種：No. 1
 状態ラベル、遷移ラベルは図 1 に同じ

とを示唆していると思われる。つまり、グループAは、ユーザモデルにおけるゴールが異なっており、そのことにやや不安を持ち、同じプロセスを何度も繰り返したものと思われる。

グループB, Cはよく似た形となっているが、異種遷移数、プロセス頻度で若干異なっている。異種遷移数は、グループBに比べグループCの方が1プロセス多い。また、プロセス頻度では、グループBの方が多し基本プロセスとグループCの方が多し基本プロセスとがあり、各プロセスによって状況が異なる。被験者毎のRD, BCを平均した場合、図4に示すようにグループ間の差異が認められたが、グループを対象とした状態遷移図では明確な違いを見いだすことができない。このことは、グループを対象とした状態遷移図は各被験者個々の基本プロセスの頻度を合計したものであるため、被験者個々の複雑度やルーチン化度が状態遷移図に十分反映されないことを示していると思われる。

グループB, Cでは、(sO), (sS), (sR)においてコロナパターンといわれる多くの遷移を持っているのが特徴である。このコロナパターンは、ユーザモデルの記述があいまいである、また、システムのガイダンスやフィードバックが十分でない、または、それが理解できないなどの理由で思考錯誤的操作を行った時に発生するものと考えられる。

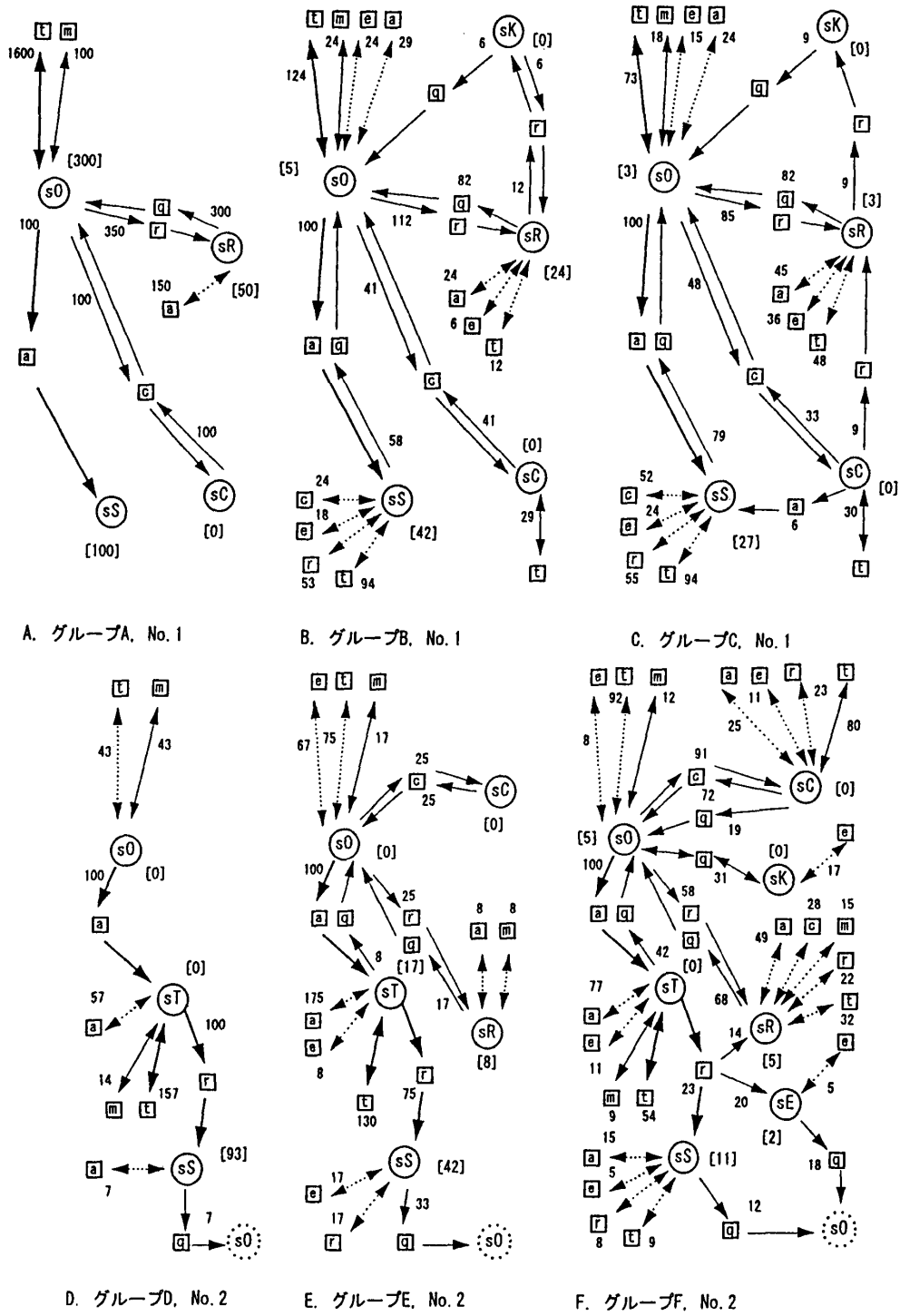
グループBでは、(sR)への遷移が多いこと、タスク終了時の(sR)状態頻度も少なくないことなどから、ユーザモデルにおいて(sR)をゴールとしていることがうかがえる。さらにコロナパターンを詳細に分析するため、頻度の高い不適切な遷移に注目すると、(sO)における[r] (炊飯キー), [c] (時刻合わせキー), また、(sS)における[t] (時刻調整キー), [r]の頻度が多いことがわかる。ユーザモデルにおいて、これらの遷移(操作キー)または遷移先の状態が重要な役割を果たしていると思われる。しかし、(sO)から(sR)への遷移が、(sO)において[t]遷移を行った後なのか、前なのかといったプロセス順位に関する情報が欠落しているため、具体的なユーザモデルを推測できない。

グループCでは、ゴールである(sS)から初期状態(sO)への遷移が顕著であることから、ユーザモデルのゴールが明確でないことが指摘できるが、同時に、タスク終了時の(sC), (sK)状態頻度も少ないことから、これらの不適切な状態をゴールと考えていないこともうかがえる。つまり、ユーザモデルにおいて明確なゴールを持たずに操作を行っていると予想される。コロナパターンの詳細分析において、プロセス順位の欠落による分析限界があると同時に、例えば、(sR)において[t], [a] (タイマキー)など頻度の高い遷移がみられるが、これは初期状態への回復を目指したものなのか、または、さらに(sR)から操作を進めようとしているのかについてもわからない。

次に図6のNo.2について議論を進める。グループD, E, Fの大きな相違点は、グループAは正しい操作手順に必要な状態だけが示されているのに対し、グループE, Fでは不適切な状態への遷移が含まれており、さらにグループFでは不適切な状態においてコロナパターンがみられることである。このことは、図4で示されたグループ間におけるBCの差異が状態遷移図にも反映されていることを示している。

グループDでは、若干の不適切な遷移がみられるが、概ね正しい操作手順に従い操作していること、また、(sS)から(sO)への遷移も非常に少ないことなどからも、ユーザの形成したユーザモデルはデザインモデルに概ね一致し、かなり明確なものとして推測される。

グループEにおいては、ゴールである(sS)から初期状態(sO)への遷移数やタスク終了時の(sT)状態頻度がやや多いものの、不適切な状態(sR), (sC)から初期状態への復帰は比較的容易に遷移していることから、ユーザモデルはシステムモデルから大きく異なっていないが、その記述がやや不明確であると推測される。また、(sO)における[t], (sT)における[a]など頻度の高い不適切な遷移がみられ、(sO)における[t]はユーザがまず時刻調整を行おうとしていることが、また、(sT)における[a]はタイマキー



(状態ラベル)	(遷移ラベル)	
(s0)=初期状態	[a]=タイマーキー	← 正しい操作手順におけるプロセス
(sT)=タイマーセットモード	[t]=時刻調整キー	← 正しい操作手順からずれたプロセス
(sS)=タイマーセット完了	[r]=炊飯キー	← 遷移しないプロセス
(sC)=現在時刻合わせモード	[c]=時間合わせキー	
(sR)=炊飯状態	[q]=取消キー	
(sK)=保温状態	[m]=メニューキー	
(sE)=セットエラー	[e]=その他のキー	

* フローリレーションに添えた数字は、遷移頻度を示し、(s0)→[a]→(sS)または(s0)→[a]→(sT)の遷移頻度を100としてノーマライズしている。

** 状態に添えた[数字]は、被験者がタスクを終えた時の状態頻度を示し、(s0)→[a]→(sS)または(s0)→[a]→(sT)の遷移頻度を100としてノーマライズしている。

図6 グループ別に表した状態遷移図

の連続操作を示していることがうかがえるが、プロセス順位の欠落によって正確な推測はできない。

グループEでは、現在時刻合わせモード (sC) において時刻調整操作を行っており、そのことが原因で (sT) 状態から (sR), (sE) 状態への遷移を生じさせている。つまり、(sC) が不適切な状態であることを認識できなかったものと思われる。また、タイマーセットモード (sT) において初期状態 (sO) への遷移が多く、タイマーセットモードに対する認識も十分でないと思われる。つまり、ユーザモデルがデザインモデルとかなり異なっているものと考えられる。

4 考 察

被験者個々のアクションシーケンスを状態遷移図で表し、3つの視点、すなわちプロセス順位、頻度の高い不適切な遷移、状態に着目し、ユーザモデルの抽出を行ったところ、かなり詳細に分析できることがわかった。プロトコル解析表からのユーザモデル抽出法では分析者が図1に示す基本プロセスの記述からアクションシーケンスを頭の中で描く必要があるのに対し、状態遷移図ではビジュアルな形でアクションシーケンス全体を把握できるためユーザモデル抽出を容易に行うことができると思われる。

今回の分析においては、時刻調整前の状態と調整後の状態を同一の状態とみなした。システムの応答からみればこれらは同一状態と考えられるが、状態遷移図からユーザモデルを抽出する場合、プロセス順位は重要なファクターであるため、敢えてこれらを別の状態として定義した方が容易また正確に分析ができるものと思われる。

(1) 状態遷移図法の問題点と限界

ある不適切な状態への遷移が多いことは、その遷移つまりその操作キー、または、その状態がユーザモデルにおいて特別な役割を果たしていることを示すものと思われる。しかし、遷移、状態のどちらが重要な役割を持っているのかについて推測

できないという欠点がある。つまり、その操作を選択した判断過程などのデータが含まれないためである。

今回のユーザビリティテストでは、上下に操作するレバーを回すなどアフォーダンスによるエラーの頻発や、正しい操作を行ってもその操作を非常に不安に思っていることなどが確認されたが、これらも状態遷移図のデータに含まれない。状態遷移図に含まれるデータから考えると、ユーザモデルの抽出を状態遷移図法だけで行うことは困難であり、限界がある。状態遷移図では先の3つの視点から問題点を抽出し、その問題点の認知的意味をプロトコル解析に求めるという方法が適切であると思われる。

(2) グループを対象とした場合の問題点と対応

グループを対象とした場合、プロセス順位が欠落すること、また、被験者個々の特性が互いに打ち消し合うことなどによりグループに共通するユーザモデルの把握は困難となる。このことは、状態遷移図が基本プロセスの合計頻度に基づいていることに起因している。しかし、プロセス順位の欠落については、問題とする基本プロセスの前後の数プロセスに順序を付加し個別に分析を行うことや、被験者個々の状態遷移図に立ち戻り、その要因となるユーザモデルを抽出し、それをグループのモデルとして採用することなどにより解決できるものと思われる。また、被験者個々の特性の干渉については、クラスター分析などを用いユーザ個々の特性ができるだけ似た小グループに分類することによりある程度解決できるものと思われる。

(3) 定量的指標

今回、同じ操作の繰り返しの程度、および、操作の複雑性の定量的指標として、RD (ルーチン化度)、BC (複雑度) の導入を試みた結果、被験者個々の特性をよく反映していることが確認された。この指標は定量的であることから、例えば、ユーザの習熟過程などの分析にも利用できるものと期待される。

状態遷移図によるユーザーモデルの抽出法には限界もあり、より正確に把握するためにはさらなるデータ加工が必要など煩雑さを伴う。基本プロセスで記述されたプロセスは遷移前の状態と遷移後の状態に分け、状態遷移行列で表すことができる。この行列はユーザーモデルにおいて遷移前と遷移後の状態間の類似度と考えられる。この状態遷移行列をデータとして多次元尺度分析を行い、それぞれの状態の関係を定量的に検討することによってユーザーモデルを探ることが可能と思われ、この方法についても検討する必要がある。

5 ま と め

本研究は、ユーザが行ったアクションシーケンスを基に描いた状態遷移図からユーザーモデルを抽出する方法について検討を行ったものである。操作経験のない若年者と高齢者からなる被験者を用いて行われたマイコン式炊飯器のユーザビリティテストのデータを状態遷移図法に適用し、その方法の問題点や対策について検討を行った。

状態遷移図のプロセス順位、頻度の高い不適切な遷移、状態に着目し、ユーザーモデルの分析を行ったところ、アクションシーケンス全体がビジュアルに把握できるため、プロトコル分析に比べ分析が容易であることがわかった。しかし、具体的なモデルの抽出や認知的意味の分析についてはデータの質からみて困難であることがわかった。状態遷移図により問題となるプロセスを発見し、その認知的意味についてはさらにプロトコル分析を行うことが適切であると考えられた。

グループを対象にした場合、プロセス順位の欠落、被験者個々の特性の干渉などによりグループ共通のモデルを抽出することが困難となるが、解決策として問題となる箇所の前後の数プロセスに順位を付加して個別に分析を行う方法、特性の似た小グループにグルーピングする方法などが考えられた。

参 考 文 献

- 1) H. W. Thimbleby, 1991, Can humans think? The Ergonomics Society Lecture 1991, *Ergonomics*, 34, 1269-1287.
- 2) C. Baber and N.A. Stanton, 1994, Task analysis for error identification: A methodology for designing error-tolerant consumer products, *Ergonomics*, 37, 1923-1942.
- 3) 岩浅敬由ほか, 1988, 高齢者の日常生活における「使いづらさ」に関する調査研究, 兵庫県立生活科学研究所研究報告, 3, 6-26.
- 4) 栗川隆宏ほか, 1992, 高齢者の心身機能からみた炊飯器の必要機能に関する研究(第1報), 兵庫県立生活科学研究所研究報告, 7, 37-50.
- 5) 口ノ町康夫ほか, 1995, 高齢者の感覚・認知機能変化と行動変化, 人間工学, 31(特別号), 328-329.
- 6) S. K. Card, T.P. Moran and A. Newell, 1983, *The psychology of human-computer interaction*, Lawrence Erlbaum Associates, pp.139-191.
- 7) J. Nielsen, 1993, *Usability engineering*, Academic Press, pp.115-163.
- 8) 小松原明哲・小林雅幸, 1995, 「意図形成—実行—評価」展開による手順的使いやすさの評価について, 人間工学, 31, 259-267.
- 9) 海保博之, 原田悦子編, 1993, プロトコル分析入門, 新曜社, pp.154-187.
- 10) D. A. Norman, (野島久雄訳), 1990, 誰のためのデザイン?, 新曜社.
- 11) 栗川隆宏ほか, 1995, 家庭用炊飯器のユーザビリティに関する研究—高齢者と若年者の誤操作比較—, 31(特別号), 328-329.
- 12) M. Rauterberg, 1993, AMME: An automatic mental model evaluation to analyse user behaviour traced in a finite, discrete state space, *Ergonomics*, 36, 1369-1380.
- 13) T. McCabe, 1976, A complexity measure, *IEEE Transactions on Software Engineering*, SE-2(6), 308-320.