

情況決定制御モデルの問題解決への応用

清 夏実^{†1} 岡 誠^{†2} 森 博彦^{†1}

概要: 認知モデルには大きく分けて手順プロトタイプモデルと情況決定制御モデルの2つがある。現在、主流な手順プロトタイプモデルの分析ではモデルが系列化しているため、学習のような知識が備わっていない段階には不向きである。そのため情況決定制御モデルの考えに基づき、学習過程の認知作用を対象にモデルを作成し、モデルを事例に対して分析を行った。

キーワード: 情況決定制御モデル, 問題解決, 認知モデル, COCOM

Cognitive model for the process of problem solving

NATSUMI SEI^{†1} MAKOTO OKA^{†2}
HIROHIKO MORI^{†1}

Abstract: A Cognitive model has a procedural prototype model and a contextual control model. A procedural prototype model implicitly expresses the view that there exists a characteristic or pre-defined sequence of actions which represents a more natural way of doing things than others. But A procedural prototype model is unsuited thing that is not provided with knowledge. We made cognitive model for the process of problem solving.

Keywords: Contextual Control Model, COCOM, Cognitive model ,learning

1. 背景

コンピュータの発展により、専門家に限らず多くの人にコンピュータが身近になった。コンピュータをより身近にするためには専門家も一般の人も使いやすくなければいけない。使いやすさの為にインタフェースやアプリケーションを慎重にデザインしななければいけない。そのためにユーザがコンピュータを操作する際に何を考えるのが重要になる。ユーザがタスクを行う際に、コンピュータの操作に戸惑うことなくタスクに集中することが望ましい。そのためユーザとコンピュータの関係は注目され続けている。

操作する際にどのように考え、どのような考えから行動が選択されていくのかといったことを知るための、認知モデルがある。分析の方法として、外面から観察可能なもので内面を分析する内観法がある。認知過程のモデルを作成する。

外面から観察可能なもので分析する代表的な分析としてプロトコル分析[1]がある。これは、被験者は考えていることを発話しながらタスクをこなす。分析者はその発話と行動から被験者がどのような意図で行動しているのかと

いった分析を行う。しかし、プロトコル分析には被験者が考えていることを発話しなければいけないという問題点がある。考えを発話しなければいけないという行為が、タスクに集中するということの妨げになってしまう。さらに、発話があくまでも被験者の主観的な意見になってしまい、同じ行動であっても被験者によって差が出てしまう。また、発話の段階で発話内容の行為は過去のものであり、現在のものとは異なってしまう。このような問題点があるが、被験者の考えを知るためには被験者自身に発話してもらう他ない。そのためプロトコル分析は主流な分析方法の1つとなっている。

認知モデルは人間の認知過程をモデル化したものである。目標を達成するまでに行動がどのような意図によって行われていくのかを見ていく。

2. 認知モデル

ホルナゲルは認知モデルに大きく分けて2種類あると述べている[2]。手順プロトタイプモデルと情況決定制御モデルである。

2.1 手順プロトタイプモデル

手順プロトタイプモデルは認知作用を系列的に表したものであり、基本的な行動の系列を表現したモデルである。このモデルでは事前に用意された認知過程の系列が存在しているという考えのもと作られている。次の行為はどんな

^{†1} 東京都市大学大学院 工学研究科 システム情報工学専攻
TOKYO CITY UNIVERSITY GRADUATE DIVISION GRADUATE
SCHOOL OF ENGINEERING SYSTEMS INFORMATION ENGINEERING
^{†2} 東京都市大学 知識工学部 経営システム工学科
TOKYO CITY UNIVERSITY UNDERGRADUATE DIVISION FACUL OF
KNOWLEDGE ENGINEERING DEPARTMENT OF INDUSTRIAL AND
MANAGEMENT SYSTEMS ENGINEERING

状況であってもプロトタイプが表す順序を参照することで予測できるという考えである。このように次の行為が事前に用意されたものであることから予測しやすくなっている。

代表的なモデルとしてラスムッセンの梯子モデル(SML)[3]がある。目標達成のためのステップが系列の順番通りに行われるといった考えである。環境の変化はその順番に影響することはないという定義もある。しかし、実際に行動を起こす際に、梯子モデルのようにユーザがすべてのステップが進むとは限らない。実際の行動では系列通りに行くわけではない。

ラスムッセンの SRK モデル[4]も手順プロトタイプモデルである。これは人間の行動が「スキル」「規則」「知識」の3つのレベルの認知活動によって実現されている。「知識」は不慣れた状態において規則だけでは目標が達成できない場合、持っている知識を応用し目標に向かって行動が決定する。この系列があるが、実際に行動する際にはこの系列を通らずにショートカットすることもある。ショートカットのモデルとして、「規則」は過去の経験や教育によって得られたものから決定していく。「スキル」は意識的な注意を意識せずに決定していく、というように定義された。このように認知活動に関して3つのレベルでモデル化された。これも、実際はモデルのように系列の順番通りに行為が行われるわけではなくショートカットが行われる。

手順プロトタイプモデルは現在も主流な分析として使われている。これは手順プロトタイプモデルがコンピュータで表現しやすいからである。しかし、手順プロトタイプモデルはあくまでも理想的な系列をモデル化したものであり、実際に手順プロトタイプモデルを検証すると、モデル通りに系列の道順をたどっていくとは限らない。

特に今回の目的である問題解決を行うということに関しては知識を獲得しながら問題に取り組むといった行為が含まれる。つまり手順プロトタイプモデルのように目標を立て、計画を立てる段階で正しい判断ができるとは限らない。ゆえに、問題解決に手順プロトタイプモデルを適応させることは難しいと考える。このことから系列になっているモデルではなく、状況において臨機応変でいられるモデルが必要と考える。

2.2 状況決定制御モデル

手順プロトタイプモデルは認知過程の系列化されたモデルであった。しかし、人間は必ずしも系列のまま行動を行うわけではない。つまり、系列ではなく状況に合った行動を選択できるモデルが必要である。

状況決定制御モデル[5]は認知作用が状況によって決定されているものであり、意思決定の際に状況が大きく関わっているのではないかと考えた。手順プロトタイプモデルのように次の行為がモデルによって系列化されていたものとは異なっている。次の行為は現在の状況・結果・制約によって選択されていると定義した。

人間の次の行為がどのように選択されるか注目し、反応能と制御に分けて考える。反応能モデルは実行についてのモデルである。実行することが可能な「行為」や、現在の状況において意味のある行為の集合である「行為集合」や、行為を実行するためのパターンである「テンプレート」、その集合である「テンプレート集合」から成っている。制御モデルは行為選択についてのモデルである。系列が事前に用意されているものではなく、その場で形成されていくものであるという考えである。この部分が手順プロトタイプモデルと大きく異なる。制御モードは「混乱状態(Scrambled)」「楽観的(Opportunistic)」「探査的(explorative)」「戦術的(Tactical)」「戦略的(Strategic)」の5つがある。「混乱状態」は行為の選択が無作為であるような制御を指す。「楽観的」は次に行う行為が現在の状況のみに基づいて選択される制御を指す。「探査的」は他に選択肢がなく、冒険的に新しく道を探していくような制御を指す。「戦術的」は事前にある規則に従って次の行為を選択する制御を指す。「戦略的」は全体的な状況を考慮しており、高いレベルで制御を指すというものである。制御モードのレベルは状況によって変動する。ある時は全く制御が効かず「混乱状態」、高いレベルで制御が可能な「戦略的」というように状況によってレベルが異なる。

ホルナゲルの COCOM[6]は状況決定制御モデルの実用的な例である。このモデルは一般的に、教育を受けた作業者が、より短い時間でタスクを実行することを目的としたモデルである。主要パラメータとして「結果の判定」と「主観的利用可能時間」が用いられる。結果の判定は、成功・失敗というものだけでなく、予想していたものとの差や主観的な判定も含まれる。主観的利用可能時間は行為を選択するために費やすことの出来る時間である。

より短い時間でタスクを実行することが目的であるため、状況決定制御モデルの制御モードであった冒険的な行動がある「探査的」モードは存在せず、他の4つのモードでモデル化されている。また、反応能モデルも考慮していない。そのため、今回の目的である、問題解決を分析するものとは異なる。

3. 研究目的

状況決定制御モデルの考えに基づき、問題解決過程の認知作用を対象にモデルを作成することを目的とする。

現在、代表的な状況決定制御モデルの COCOM は主観的利用可能時間が大きく関わっている。そのため知識を獲得するような問題解決の際に COCOM で分析を行うことは十分ではないと考える。状況決定制御モデルの反応能モデルと制御モデルから問題解決に適応できるモデルを作成する。

4. 学習における状況決定制御モデルの提案

状況決定制御モデルの考えに基づき、問題解決過程の認

知作用をモデル化するために、状況決定制御モデルの反応能モデルと制御モデルについて考える。

まず反応能モデルはいつでも実行できる行為が重要になる。実行可能な行為であり、現在の状況において意味のある「行為」の集合が「行為集合」である。5角形の内角の和を求める際に、多角形の内角の和を求める公式の知識がある人には計算するという単純な1つの行為で求めることが出来る。しかし、公式の知識がない場合は、5角形に補助線を引く、三角形を作る、数を数える、掛け算を行う、などの複数の行為の積み重ねを行うであろう。これが行為集合となる。「テンプレート集合」は行為を実行するパターンのことである。「テンプレート」とは、計画・手段・規則・指針・強い連想などを指す。5角形の内角を求める際に多角形の公式・補助線を引く・三角形を作る・外角の引き算から求める・分度器で図る。といったものがあげられる。つまり、行為を行う際にどのように実行していくのかというものである。このような集合がテンプレート集合となる。

制御モデルはどの反応能を用いるかといったことである。5角形の内角の和を求める際に、反応能モードで挙げたものからどの手段で行うかを選択するものである。つまり、行為を選択する際にどの程度目標を掲げているのかといったものである。

反応能モデルと制御モデルを参考にし、モデルのパラメータを2つ決定した。「行為の具体性」「目標の規模」である。

目標とは課題を解く際にどのように解いていくか全体を見渡している、目的は目標のような先を見通したのではなく一部分のための小さい目標である。

- 5つの制御モードに分ける際に以下のように定義した。
- 混乱状態：目標や目的がなく簡単な行為しか行うことが出来ない状態
 - 楽観的：目標はないが目的があるため行為を選択することが出来る。しかし、行為の予測などはしていない
 - 探査的：目標がないが目的がある。テンプレートを選択することで現在の状態がどのようになっているかを冒険的に試すような状態
 - 戦術的：目標はあるが、全体的な目標を立てているわけではなくある一部分を目標としており、目標を達成するためのテンプレートを持っている。
 - 戦略的：目標があり、その目標が問題全体を考慮しており目標を達成するためのテンプレートを持っている。

高い水準では戦略的、低い水準では混乱状態である。しっかりと問題解決が行うことが出来る場合は基本的には「戦略的」モードにいる。また、目標やどのような行為をしていいかわからない状態にはめったに陥らないため「混乱状態」にはめったにならないと考える。

図 4.1 は各モードの関係を模式図として表したものであ

る。

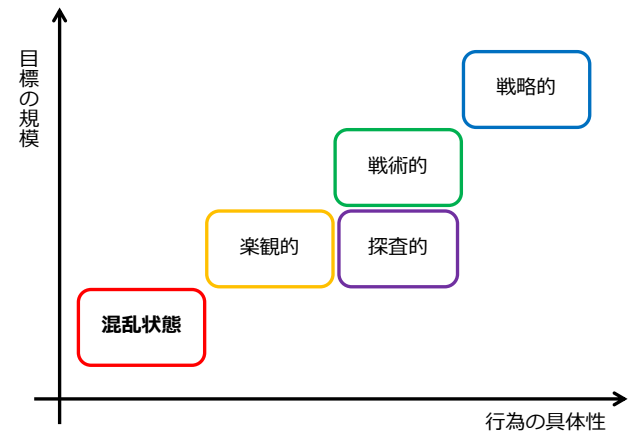


図 4.1 問題解決における状況決定制御モードの模式図

5. 提案モデルを用いた分析事例

5.1 事例目的

状況決定制御モデルの考えに基づき、問題解決過程の認知作用を対象にしてモデルを作成した。このモデルが問題解決プロセスを分析するために役立つのか検証するために実験を行った。

5.2 事例方針

被験者に論理回路を学習するシステムを使用し学習を行ってもらい、その行為を分析することで検証する。システムとして、オブジェクトは出力の「ランプ」、入力「スイッチ」、論理記号の「AND 記号」「OR 記号」「NOT 記号」、 「リード線」を用意した。

課題は論理回路の真理値表(以下、表)を見てもらい、回路図(以下、図)を作成する問題である。実験中は、被験者の手元の動きが分かるように、被験者の行動をビデオ撮影した。また、外面的に分かる動きだけでなく行動を起こした理由などの内面的な部分を見るために、プロトコルデータとして被験者に考えていることを発話しながら解いてもらう。

5.3 事例方法

学習は1週間ごとに難易度を上げながら6週間(6回)行った。第1回目は被験者がどのように考えて問題に取り組むのかを見るために性格診断テストを行った。第2回目以降の実験では論理回路の課題を解いてもらう。

5.4 モデルの事例

検証の結果を表 6.1 と表 6.2 に記述した。表に記述した問題はすべて第5回のものであり、表 6.1 の問題は簡単な問題であり、表 6.2 は難しい問題である。これはインタフェースや問題に慣れてきており、インタフェースの使い方がわからないといった問題を含んでいないものである。「No.」は行動の番号である。「開始」は問題が開始してからの時間。「時間」はその行動の所要時間である。「発話」はその時間

表 6.1 被験者 A 第 5 回 1 問目

No.	開始	時間	発話	目標	目標の規模	行為	行為の具体性	モード
1	0:07	18	ONON のときについているから 1 つこ NOT 記号 あとは OR 記号	NOT と OR 記号	全体をイメージ	NOT と OR	目標のためのテンプレートがある	戦略
2	0:34	7	ONOFF のとき消えてるから AND 記号 上が ON だから NOT 記号	NOT と AND 記号	全体をイメージ	NOT と AND	目標のためのテンプレートがある	戦略
3	0:45	8	-	NOT と AND 記号	全体をイメージ	NOT と AND	目標のためのテンプレートがある	戦略
4	1:40	7	-	NOT と AND 記号	全体をイメージ	NOT と AND	目標のためのテンプレートがある	戦略
5	3:13	55	ONON と OFFOFF のときに消えてついて るから NOT が 2 つなのか OFF のときについてるから NOT 記号で OR を通してるのか NOT 記号と…OR 記号を使うと ON と ON のときについちゃうから AND 記号	3 つの案がある	-	-	-	-
6	4:14	7	-	2 つ目の案	全体をイメージ	AND と NOT	目標のためのテンプレートがある	戦略
7	4:19	4	-	2 つ目の案	全体をイメージ	AND と NOT	目標のためのテンプレートがある	戦略
8	4:35	8	-	2 つ目の案	全体をイメージ	AND と NOT	目標のためのテンプレートがある	戦略
9	5:00	8	-	2 と 1 つ目の案	全体をイメージ	NOT を 2 つ	目標のためのテンプレートがある	戦略
10	6:29	13	-	3 つ目の案	全体をイメージ	OR と NOT	目標のためのテンプレートがある	戦略
11	7:24	15	-	3 つ目の案	全体をイメージ	OR と NOT	目標のためのテンプレートがある	戦略
12	8:19	10	-	3 つ目の案	全体をイメージ	OR と NOT	目標のためのテンプレートがある	戦略
13	9:12	11	-	3 つ目の案	全体をイメージ	OR と NOT	目標のためのテンプレートがある	戦略
14	9:26	7	-	3 と 1 つ目の案	全体をイメージ	NOT を 2 つ	目標のためのテンプレートがある	戦略

表 6.2 被験者 D 第 5 回 6 問目

No	時間	時間	発話	目標	目標の規模	行為	行為の具体性	モード
1	0:29	46	とりあえず (真理値表の) 下の 2 つをつけるようにしたい	下の 2 段をつける	部分をイメージ	OR と NOT	目標のためのテンプレートがある	戦術
2	1:38	19	AND でつなげればつかなくなる	1 番上を合わせる	部分をイメージ	AND	目標のためのテンプレートがある	戦術
3	2:05	9	こっちがつけば ON になる	異なっている段を合わせる	目的がある	NOT の挿入	目的のための行為がある	楽観
4	2:29	8	次はこっちがついちゃう 逆になるから	異なっている段を合わせる	目的がある	NOT の挿入	目的のための行為がある	楽観
5	3:22	9	これでつかないようにするには	-	-	とりあえず図を組む	目的のための行為がある	楽観
6	3:45	9	ここが ON になっているのがいけない	駄目な箇所を消す	目的がある	NOT の入替	目的のための行為がある	楽観
7	4:29	11	(真理値表の) 片方だけ消したい	上の 2 段をつける	部分をイメージ	OR	目標のためのテンプレートがある	戦術
8	5:06	3	(真理値表の) 2 段目を合わせたい B 側を変えないと変わらない	2 段目をつける	部分をイメージ	スイッチ B を変更	目標のためのテンプレートがある	戦術
9	5:24	6	両方 OFF になっちゃうから片方 ON にしたいけど駄目だからこっちを ON にする	片側を変更	目的がある	NOT を外す	目的のための行為がある	楽観
10	5:51	39	-	-	-	図を組む		-
11	7:49	57	-	盤面上を整理	-	-		-
12	8:54	12	まあ、最初から	結果を確かめる	部分をイメージ	NOT と OR	目標のためのテンプレートがある	探査
13	9:11	7	あれ。逆じゃないのか	結果を確かめる	部分をイメージ	NOT の入替	目標のためのテンプレートがある	探査
14	9:36	29	これで 2 つがついちゃうから つかせたくないなら AND を入れる	上の段を合わせる	部分をイメージ	-	目的のための行為がある	戦術
15	10:09	46	こっちを ON にしちゃいけない	記号の配置を工夫	全体をイメージ	向きを変更	目標のためのテンプレートがある	戦略

に発した言葉である。これまではプロトコル分析と同じものである。「目標」は何を目標として行動していたかである。「目標の規模」はどの程度の目標を立てていたのかである。「行為」は目標を達成するためにどのような行為を行ったかである。「行為の具体性」は行為がどのようなものが選択されたのかである。「モード」はその時に属していたモードとする。これまでが状況決定制御モデルについてである。

表 6.1 から見ていく。No.1 では「NOT と OR 記号」を使うという目標がしっかりと決まっている。さらに、目標が明確なため行為もテンプレートからしっかりと決まっているため戦略的モードにいると考える。その後、続けて戦略的モードに留まっている。No.5 では「3 つの案がある」という具体的な目標があることが分かった。その後、3 つの案を組み合わせることで目標を立てていた。また、立てた目標に対してテンプレートがあったため、戦略的モードにいる。その後も戦略的モードに留まり続け、問題に取り組むことが出来た。

表 6.2 の No.1 では一部分を合わせようと、一部の目標を立てた。その一部分を合わせるための行為はどのように行うべきかが明確なため、戦術的モードにいる。その後、No.2 では異なる一部分を合わせるという別の部分的な目標を立てた。この場合のテンプレートが決まっていたため、これも戦術的モードと判断する。その直後の No.3 では、異なっている段を合わせようとする先を見通した目標よりも現在の間違っている部分を直すという目的が出来た。その目的を合わせるための行為はあったため、楽観的モードにいる No.4 以降も現状の図の結果と問題の差を合わせるために一つずつ修正をしていく目的を掲げた。その目的を達成するための行為があったため、こちらも同様に楽観的モードと判断した。No.6 の結果から修正することで正解にたどりつかないと判断したため、No.7 では今までとは異なる新たな部分的な目標を立て、目標を達成するためのテンプレートがあった。そのため楽観的モードから戦術的モードに移ることが出来た。その後、No.8 から先ほどと同様の目的を持ち修正を行い、楽観的モードになった。その後、No.10 の結果からまた修正していただくだけでは正解できないと気が付いたため No.11 では盤面上のオブジェクトを外すことで盤面を整理し、目標のリセットを行った。No.12 では目標がないがどのような結果になるか試すという目的があり、そのためのテンプレートがあったため、探査的モードになっ

た。その後、No.15 では今までの結果から図を工夫するという新たな目標を立てられ、そのための行為が明確だったため、戦略的モードになることが出来た。

6. 考察

表 6.1 では目標をしっかりと立て、目標を実行するためのテンプレートもしっかりと持っているため、論理的に問題に取り組む際は戦略的モードに留まることが出来た。表 6.2 では目標を立てられなくなっていったため、試行錯誤が必要な問題には戦術的モードや楽観的モードに移行していった。このことから、目標をしっかりと立て問題に取り組む際も、試行錯誤しながら問題に取り組む際のどちらにも当てはめることが出来た。

7. 結論

状況決定制御モデルの考えに基づき、問題解決過程の認知作用を対象にモデルを作成した。さらに、そのモデルが実際に適応することが出来るか検証をした。

8. 今後の課題

今回はモデルを「論理回路を学習する」という目的のものであてはめ分析を行った。この実験を COCOM などで行い、今回のモデルと比較する。比較することで今回のモデルが問題解決に適応することが出来たかを検証する。

参考文献

- 1). Hollnagel, E. Human Reliability Analysis: Context and Control : Academic Press (1994)
- 2). Newell, A. & Simon, H. A. Human problem solving. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall (1972)
- 3). Rasmussen, J. The Human Data Processor as a System Component Bits and Pieces of a Model. Risoe-M-1722, Risoe National lab.
- 4). Rasmussen, J. Skills, rules, and knowledge; signs and symbols, and other distinctions in human performance model, IEEE Trans, SMC-13, 3, pp.257-266 (1983)
- 5). Hollnagel, E. modelling of cognition: procedural Prototypes And Contextual Control. Le Travail humain (1992)
- 6). Hollnagel, E. Human reliability analysis: Context and control. Academic, London (1993)