

## 8タイル問題の解決過程とそのシミュレーション

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2015-04-30 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 弓野, 憲一, 曾根, 伸 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="https://doi.org/10.14945/00008347">https://doi.org/10.14945/00008347</a>

## 8 タイル問題の解決過程と そのシミュレーション

### Solving Process for 8-Tile Problem and Its Simulation by Computer

弓野 憲一 ・ 曾根 伸\*

Kenichi YUMINO and Shin SONE

(平成3年10月11日受理)

#### 要 約

3×3のマスの中におかれた1～8の数字からなる8タイルを、一時に一つずつ動かして、目標と同じ配置にする問題を8タイル問題という。本研究の前半では、7人の大学生にこの問題を繰り返し解かせ、その問題解決過程を吟味した。ここで与えた問題の最良解決の手数は24手であるが、24手で解いた人は一人もいなかった。7人の内4名が最終的に26手で解決できるようになった。25試行繰り返しても、ずっと50手の近傍に留まる被験者が二人いた。一人の被験者は、最初から45手の近傍であったが、数回繰り返しても、手数は減らなかった。この最後の一人を除くと、6人の被験者の問題解決に要する手の数は、上下の振幅は見せつつも、試行の関数として、次第に減少していった。問題を解決するに当り、全ての被験者は問題を下位目標に分割して解決した。その下位目標は、まず1を左の最上段に動かすことから始まるが、全ての被験者がすぐに123を連続して最上段に動かす目標に変化させた。そしてそれが達成されると一人を除き、左の中、下段にそれぞれ4、7を置く目標を設定した。一人だけは、左下段-左中段-中央にそれぞれ4、5、6を置く目標を設定した。

コンピューターを使って8タイル問題を解くために、5種類のモデルを準備した。第1のモデルは、1手先の局面の得られた関数値により次の手を選択するモデル(F1-モデル)である。関数値は、タイルを移動させた後の局面におけるタイルの位置と目標状態のタイルの位置の距離である。第2のモデルは、2手先の局面の得られた関数値により次の手を選択するモデル(F2-モデル)。第3のモデルはF1-モデルに局面の記憶機能をつけ、同じ局面で同じ手を選択しないようにしたモデル(F1M-モデル)。第4のモデルはF2-モデルに局面の記憶機能をつけたモデル(F2M-モデル)である。これら2つのモデルは、人間が以前に通過した局面に達した際、ある程度までその局面を記憶していて、以前とは違う手を選択するという推理過程をモデル化したものである。記憶できる局面数は可変となっている。第5のモデルは人間に8タイル問題を解かして得られたプロトコルおよび手の選択系列をもとに作成したモデル(H-モデル)である。F1、F2モデルでは、この問題を解決できなかった。F1M-モデルでは、12手記憶させた時に86手で解け、F2M-モデルでは、12手記憶させた時に86手で解け、最後のH-モデルでは、58手で解いた。しかし人間のような学習が無いために、これより少ない手では、問題を解決できなかった。

\* 静岡大学研究科院生

## 1 はじめに

人間が行う各種の問題解決の中には、新たな解決方法や解決手続きを必要とする、創造的問題解決もあれば、既製の手続きを順序よく適用することによって、解決に到るルーチン的な問題解決もある。8タイル問題は後者の典型的なものである。Newell & Simon (1972) によると、このような課題の解決過程には、問題空間内のある解決段階から、次の段階へすすむためのオペレータの選択があるという。すなわち8タイル問題でいうと、次の目標段階へ移行するために有効な手の選択があるのである。

さて、このある段階から次の段階にすすむためのオペレータは、どのような基準で選ばれるのであろうか。これまでに行なわれた研究によると、人は最終目標に少しでも近似した形になるように、オペレータを動かすという。このようにして動かされたオペレータによって、問題状況が変化して、ある場合には、最終目標により近づくことになる。しかし、そのようなオペレータの移動が、最終目標への道を遠くしてしまうことも当然ある。最終目標の形とは、異なった形に一旦変化させておき、そこから再度、最終目標へ向かってオペレータを動かすことも時として必要になる。

そのようなわけで、人間の問題解決においては、最終目標につながったどのような中間目標を設定するかということが、解決への鍵となると思われる。この小論では、8タイル問題を繰り返し解いた大学生が、どのようにして効率的な解決へ到達するようになるかの過程を吟味する。

## 2. 研究方法

### 1. 被験者

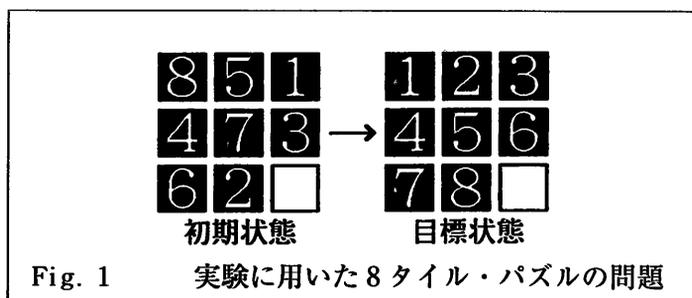
大学生7名(女子2名、男子5名)、年齢は、21～23歳であった。

### 2. 装置

課題の提示ならびに反応の記録には、NECのPC9801-LVを用いた。被験者の操作入力には、4個のカーソルキーを用いた。被験者の発語思考を分析するためのプロトコルの記録には、テープレコーダを用いた。

### 3. 課題の提示

課題はFig. 1の下図のように提示され、被験者は右側の画面のタイルを動かして、左の画面の最終目標に到達することを求められた。



#### 4. 手続き

被験者へは、これから8タイルからなるパズルを解くこと、テレビ画面中央の「初期状態」のタイルを上下左右に動かして左側の「目標状態」にすること、4つのカーソルキーを用いてタイルを動かすこと、初期状態から目標状態に素早く移れるようになるまで何回か試行を行なうことを教示した。一試行は、初期状態からはじめて目標状態に達するまでである。被験者がキーボードを押してその操作が可能な場合には、それを知らせるクリック音を出し、画面上のタイルを描き変え、前回の操作から今回の操作までの反応潜時を1/100秒単位で計測して記録した。また試行中は発語思考をさせ、テープレコーダーで録音した。一試行が終わる毎に、内省報告を求めた。このような試行を繰り返し行い、連続して3試行、同じ操作系列で目標状態に達した時点で、実験を終了した。

#### 5. 発語思考を促すためのプロトコル例

発語試行がどのようなものかを説明するために、以下のような例を示した。①1をまん中にもってきたいので、・・・と動かす。②空白を5の上まで移動したいので・・・と動かす。③困りました、3のとなりに8がきてしまいました。④もうすぐできそうです。⑤よくわからないが、とりあえず4を左に移動すると良いような気がします。⑥2を動かして様子を見てみます。⑦この手はよくないのでもどします。

### 3 結果

7人の被験者の解決までに要した手数（操作系列数）と合計時間が、Fig. 2a～8aに示されている。また被験者のプロトコルと解き方のパターンより、被験者がいくつかの下位目標を設定して問題を解決しているのがわかった。その下位目標は、まず1を左の最上段に動かすことから始まるが、全ての被験者がすぐに123を連続して最上段に動かす目標（これを段階1目標とよぶことにする）に変化させた。そしてそれが達成されると一人を除き、左の中、下段にそれぞれ4、7を置く目標を設定した。一人だけは、左下段-左中段-中央にそれぞれ4、5、6を置く目標を設定した。これらを段階2目標とよぶ。各試行において、それぞれの下位目標を達成するまでに要した手の数が、Fig. 2b～8bに載せられている。

### 4 考察

結果について考察する前に、今回の問題解決課題に用いた、8タイル問題がいかなる性質もっているかを考察しよう。8タイル問題は、①問題空間は有限であり、必ず解決が可能である。②解決への過程は、タイルが移動可能な1から4の選択肢の中から、有効な一つの手を選ぶ操作から成っている。③解決までの手の選択の系列は、複数ある。④発見的（創造的）な解決法が見つければ、それ以後の試行は再生的な問題解決となるような問題である。

ここで、課題の特性としての複雑さについて検討しよう。今回の課題では、解決に到る経路は無数にある。その系列の中で最良の選択をした場合には、24手で解決に到る。そしてこの24手は唯一である。それぞれの有効な手を選ぶ場面は、1から4の選択肢より成っているので、各場面で可能な手の数の積が、問題空間を構成する異なる系列の数となる。この24手で解決に到るまでの系列の数は、851944通りある。この中の一つの系列のみが、問題を解決する手の系列ということになる。この数は、一度動かした手をそのまま元にもどすことを許さない場

合である。これを許せば、操作系列の数は先の値をはるかに上回る。それゆえ、もし被験者が完全にランダムに手を選択して、24手で解決に到る確率は、851944分の1 (0.00017%) という非常に低い確率になる。事実、BASICで、この8タイル問題を解決するプログラムを組んで、丸1日走らせてみたが、とうとう解決できずじまいであった。つぎに、26、28、30、32手での解決の系列を計算すると、それぞれ15、58、171、497通りある。また、問題空間を構成する系列の数は、それぞれ2547639、7659282、22944962、68900039通りあることになる。したがってランダムなタイルの移動では、32手で解決できる確率は0.00108%という非常に低い値になり、ほとんど解決不可能なことがわかる。被験者のプロトコルと、以上の考察より、被験者はただやみくもにタイルを動かしていたのではなく、何等かの方略を用いて、この課題を解決していたことが結論される。

つぎに各被験者の問題解決過程を見ていこう。Fig. 2 aの被験者Aは、1試行目は解決に約100手を要しているが、2試行目以降は、50試行を割っている。また解決に要した時間パターンは、手の数のパターンとほぼ同じである。さらにFig. 2 bの下位目標を達成するまでのパターンも、全体を解決するに要した手のパターンとほぼ同じである。したがってこの被験者は、たった一試行で課題を解決するために有効な、解決方略を発見したのであろう。その方略は少なくとも、段階1および段階2の下位目標を含んだ方略であろう。ただ、最後まで50手の近傍にあることから、最良の解決とはかなり離れている。

Fig. 3 aの被験者Bは、第一試行は約300手を要している。しかし、その手はすぐに減少し、5試行目には、約50手の近傍に落ち着いている。さらにFig. 3 bの下位目標の達成でも、安定したパターンを示している。しかしこの被験者もAと同じように、最良の解決からは遠いところで終わっている。

Fig. 4 aの被験者Cは、最初から50手を割った素晴らしい解決を示している。しかし、7試行を経ても、それ以上の解決手数の改善は見られない。ただし、解決に要した時間は、試行とともに次第に少なくなっているので、この課題解決がかなり機械的になったことがうかがえる。

Fig. 5 aの被験者Dは、5試行目までは、解決が安定していない。この原因が何であるかを推測するためにFig. 5 bを見ると、段階1の下位目標の達成に要する手の数に揺れがあり、段階2のそれには揺れがほとんどない。したがって、5試行目までは段階1目標を達成するためのタイルの動かし方が不十分であったといえる。ただし、最後の3試行は26手で解いている。

Fig. 6 aの被験者Eは、最初に約50手で解決しているが、2、3、4試行では多くの手を要している。また5、6試行目で50手を割る解決を見せるが、また手数は上昇し、やつと10試行目で元の水準にもどっている。最後の上昇がなぜ起きたかをFig. 6 bより推察すると、7試行目では、段階2目標、8、9試行では、段階1、段階2目標の達成に多くの手を要したことがうかがえる。

Fig. 7 aの被験者Fは、2、3試行目は1試行目より、幾分多くの手を要しているが、その後順調に手を減らし、最後の3試行では、26手で解いている。この被験者に特徴的なのは、解決に要する時間が、4試行目以降急速に短くなっていることである。おそらく、機械的な解決ができるようになったのであろう。Fig. 8 aの被験者Gは、2、3および12、13で短い手の解決を見せているが、最後の3試行を除くそれ以外の試行では、比較的多くの手を要している。この原因が何であるかは、このデータのみからは、推察不可能である。

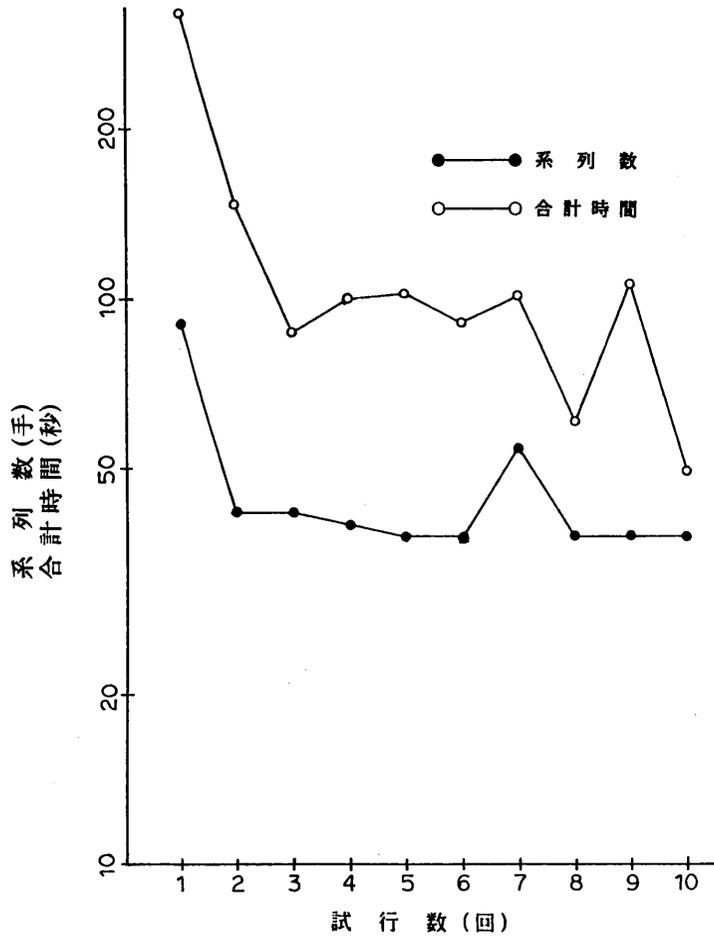


Fig.2a 試行回数による系列数と合計時間の変化 (被験者A)

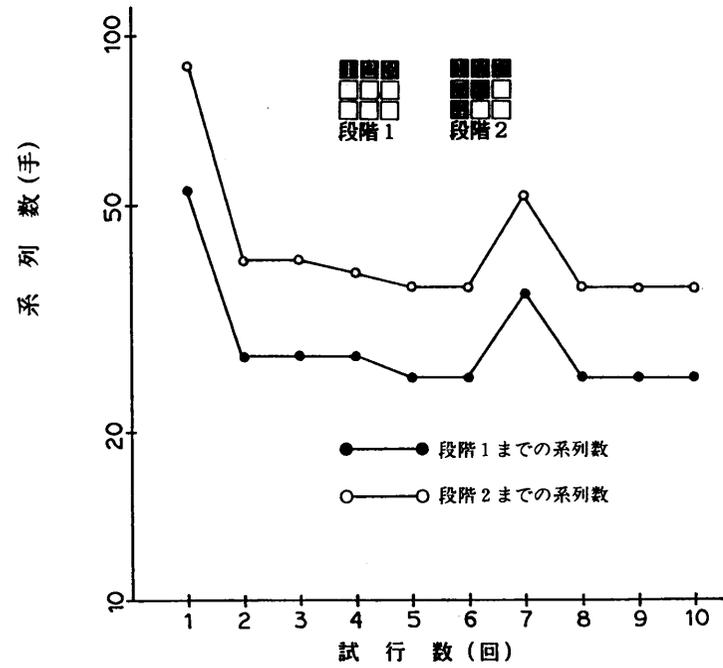


Fig.2b 各中間目標段階までの試行回数による系列数の変化 (被験者A)

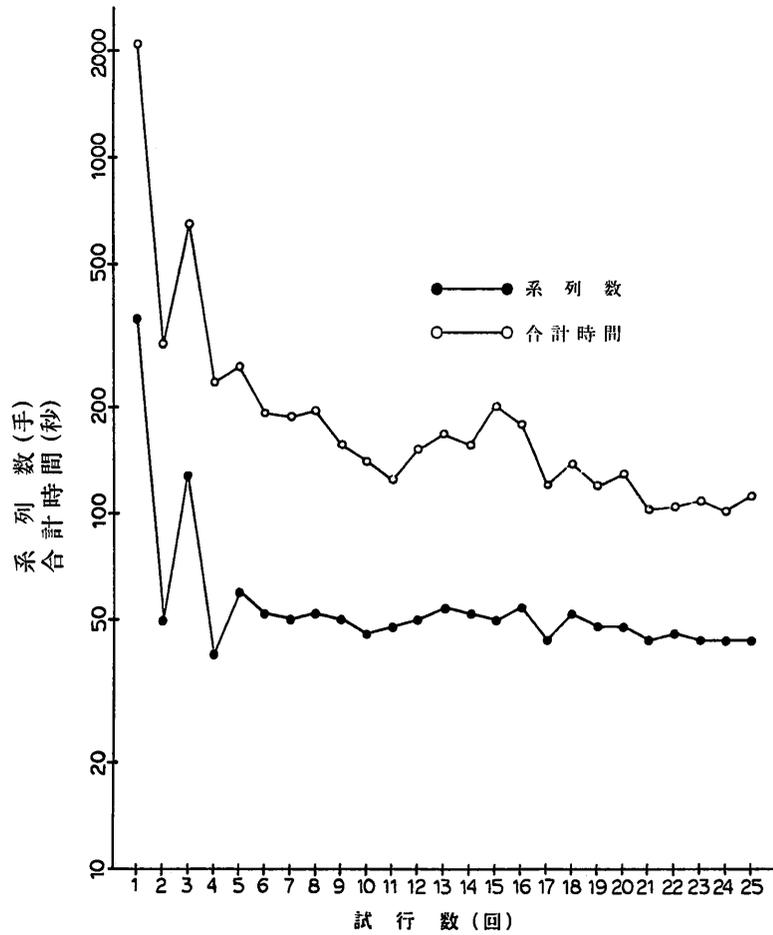


Fig.3a 試行回数による系列数と合計時間の変化(被験者B)

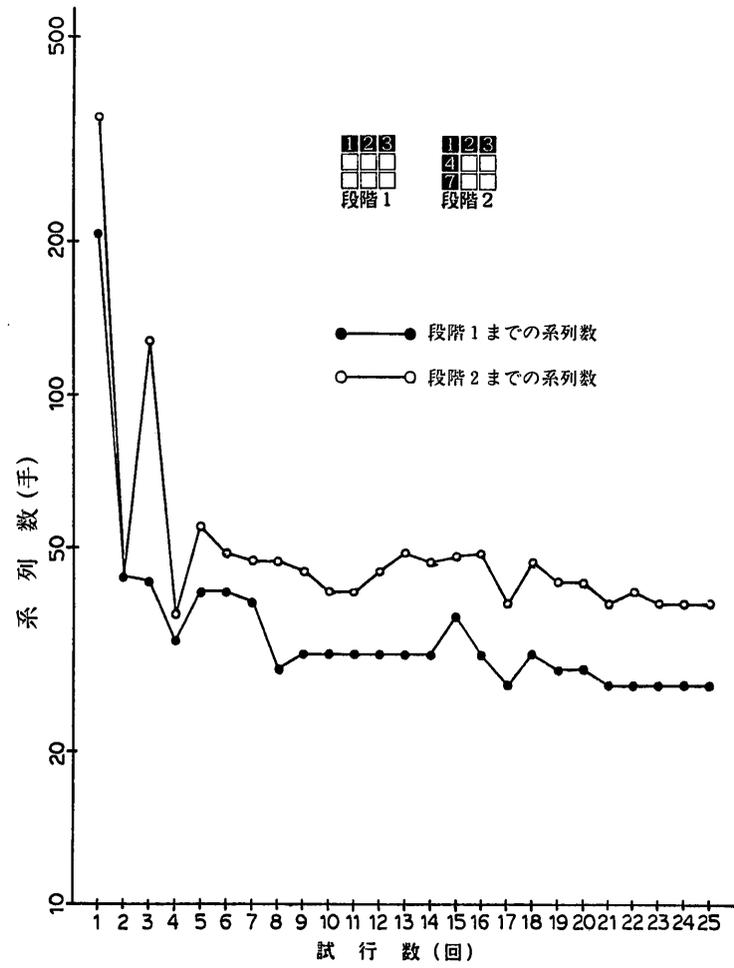


Fig.3b 各中間目標段階までの試行回数による系列数の変化(被験者B)

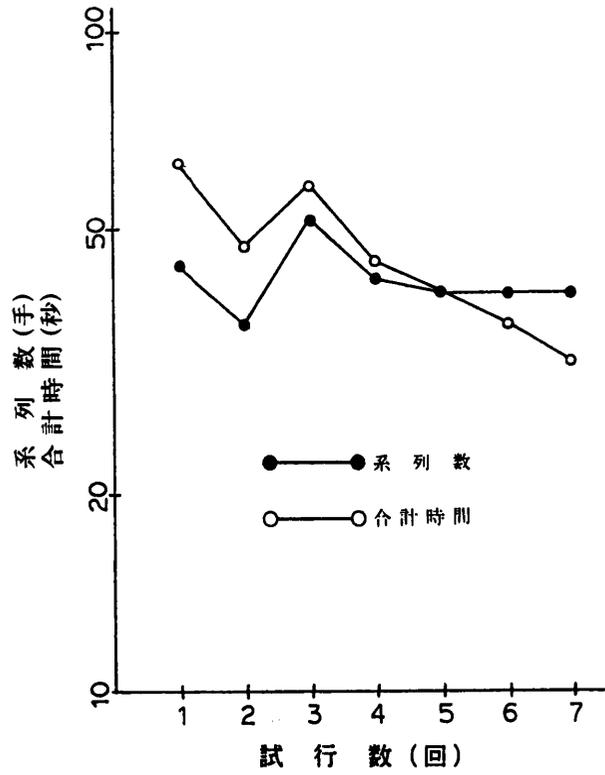


Fig.4a 試行回数による系列数と合計時間の変化 (被験者C)

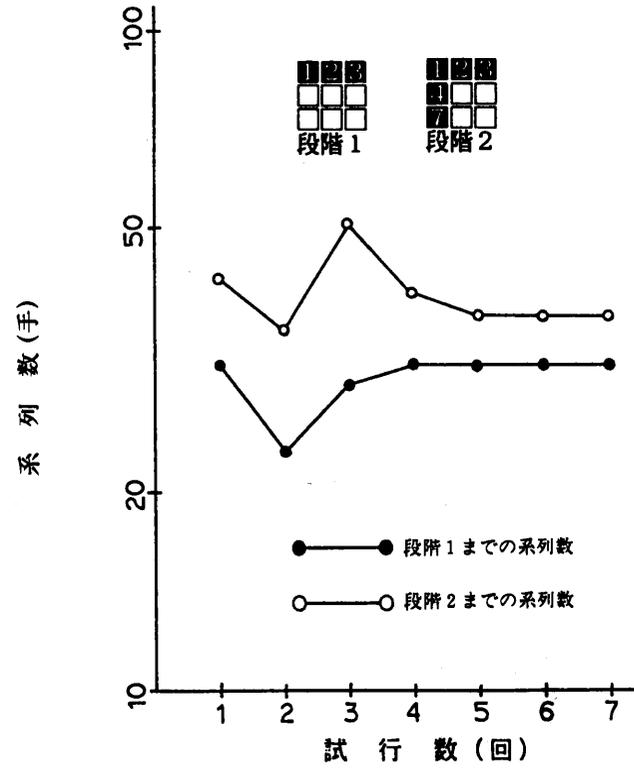


Fig.4b 各中間目標段階までの試行回数による系列数の変化 (被験者C)

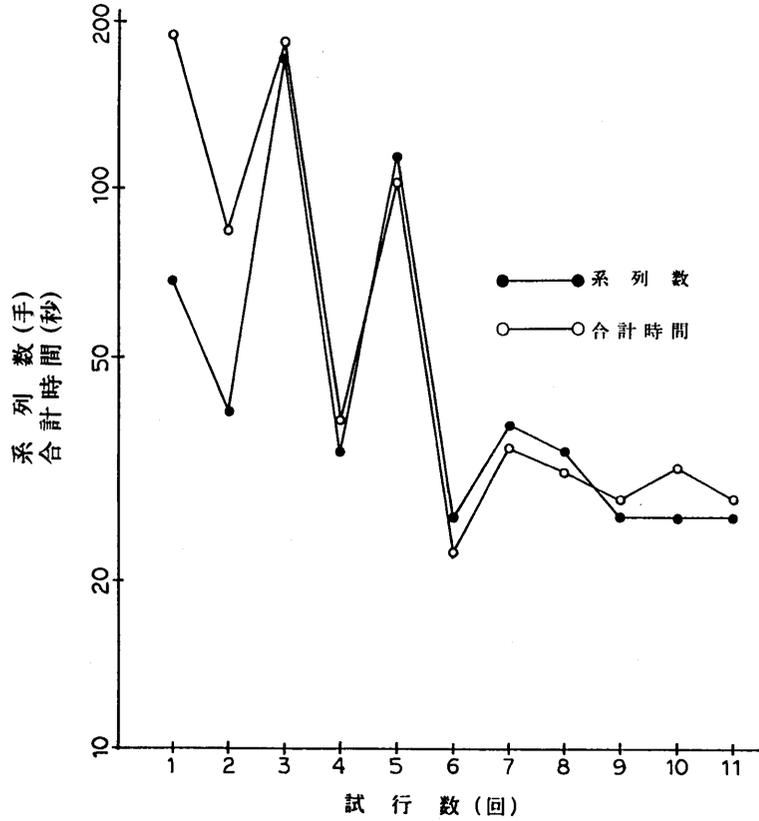


Fig.5a 試行回数による系列数と合計時間の変化 (被験者D)

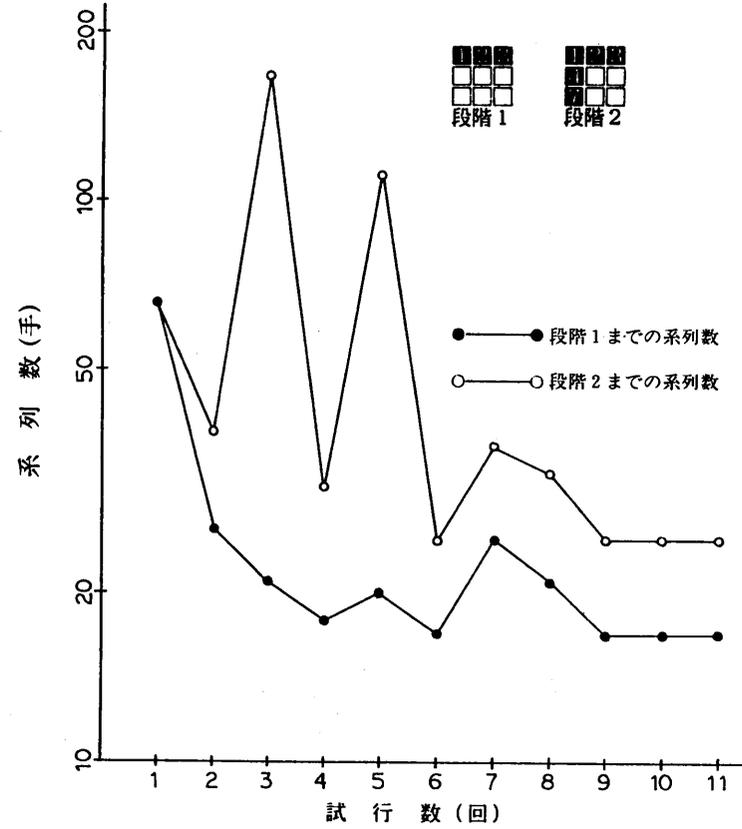


Fig.5b 各中間目標段階までの試行回数による系列数の変化 (被験者D)

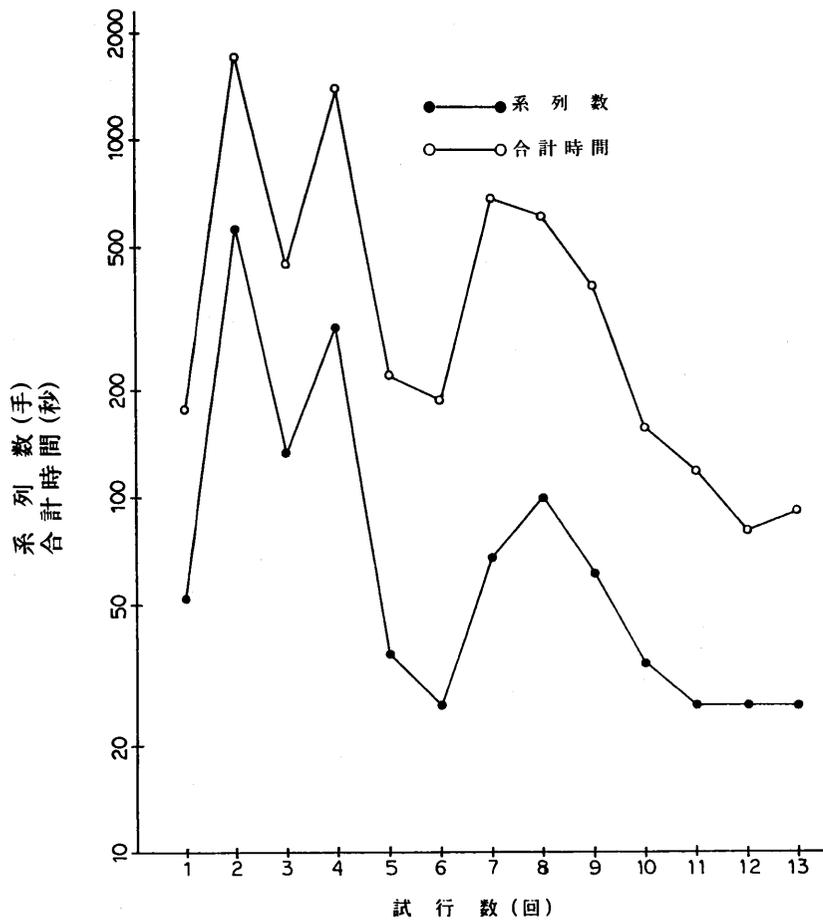


Fig.6a 試行回数による系列数と合計時間の変化(被験者E)

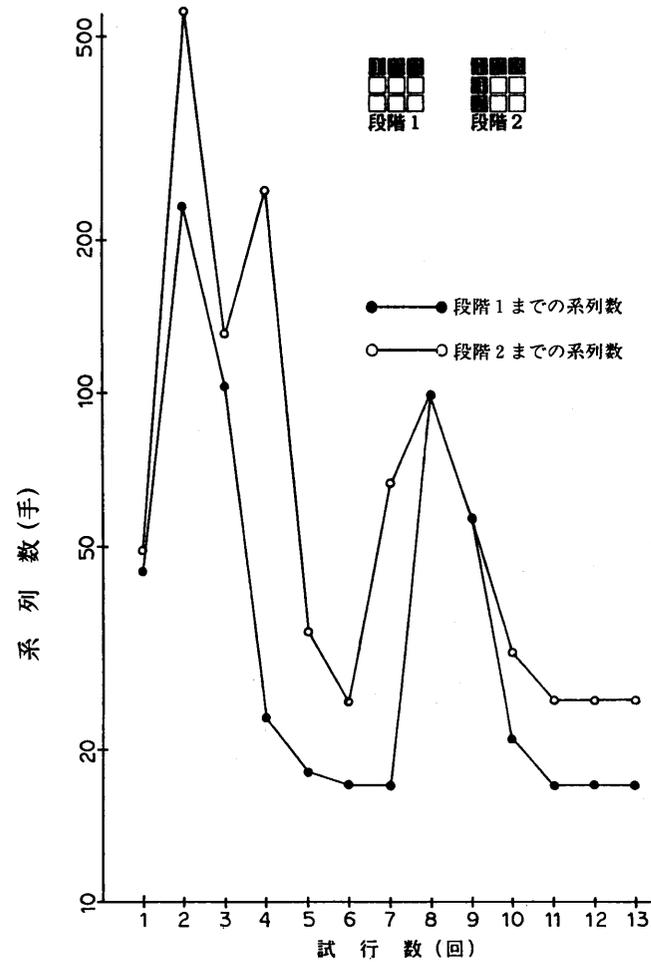


Fig.6b 各中間目標段階までの試行回数による系列数の変化(被験者E)

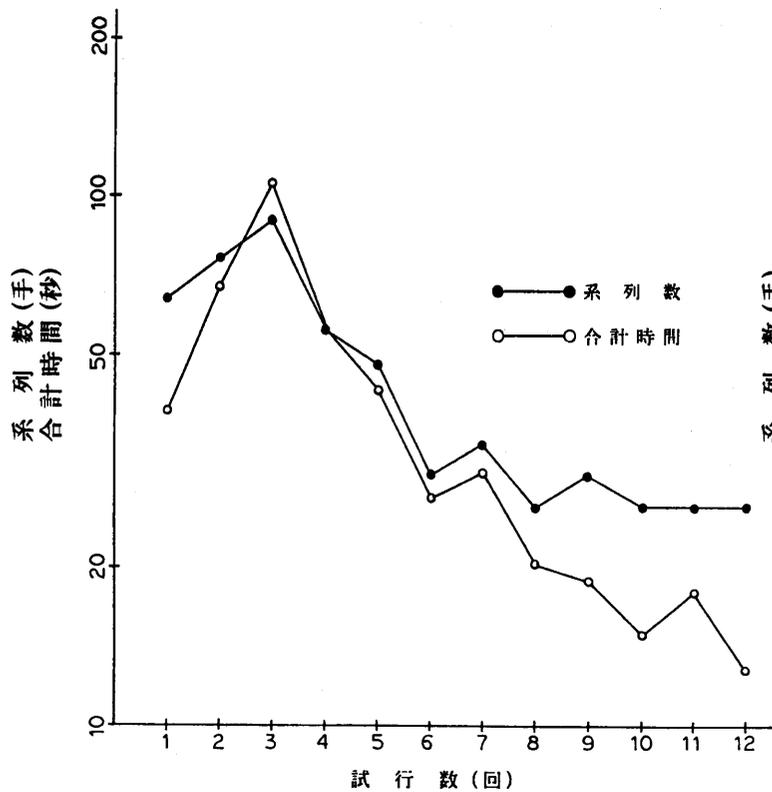


Fig.7a 試行回数による系列数と合計時間の変化 (被験者 F)

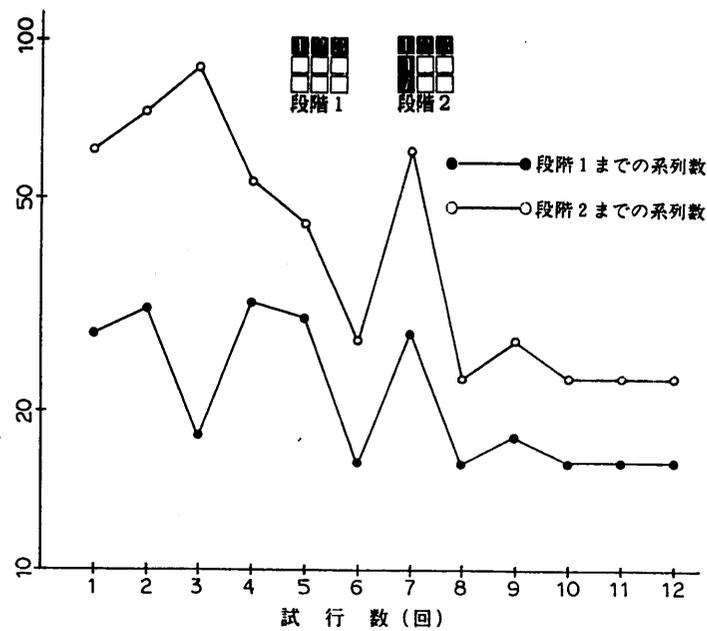


Fig.7b 各中間目標段階までの試行回数による系列数の変化 (被験者 F)

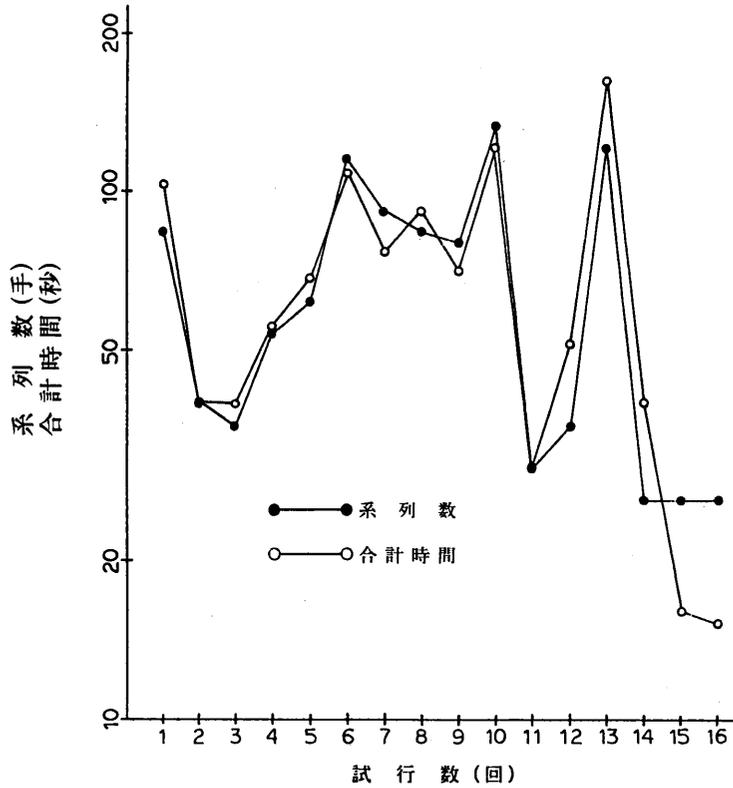


Fig.8a 試行回数による系列数と合計時間の変化 (被験者G)

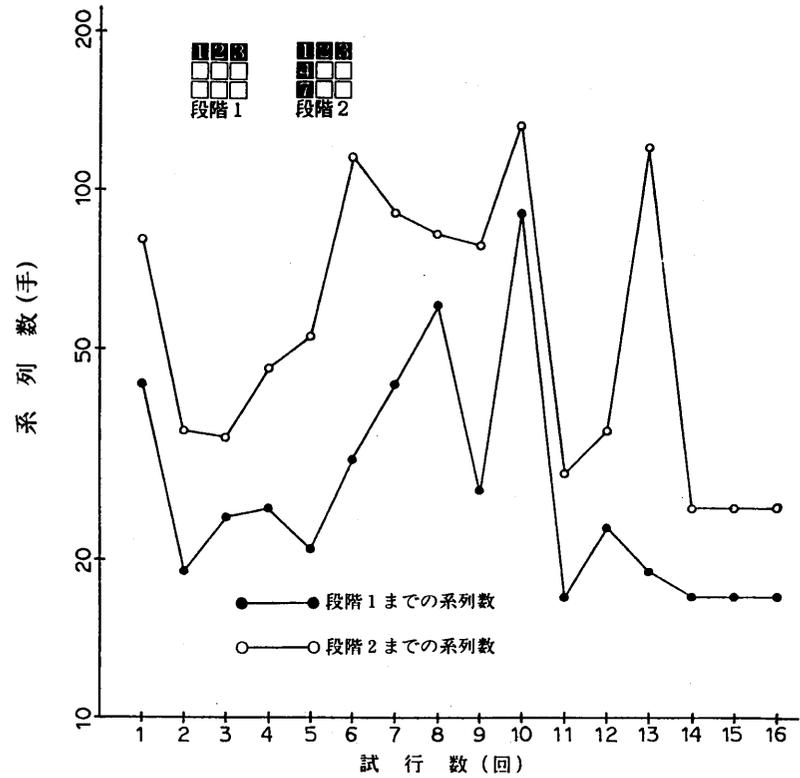


Fig.8b 各中間目標段階までの試行回数による系列数の変化 (被験者G)

被験者の内で最短系列で目標に到達した者はいなかった。最短系列より2手多い26手で目標状態に達した者は、7名中4名いた。この4名の内、3名までが同じ操作系列である。このことは、15通りある26手の解決系列の内の同一系列を3人が辿ったことを意味する。このような結果になったのは、今回の被験者の全員が段階1の目標として、123を最上列に並べる目標をつくり、さらに段階2の目標として、ひだりの二段目に4、三段目に7を置く目標を7人中6人の被験者が採ったことと密接に関係していると思える。

ここで、被験者Dをとりあげ、操作系列のデータと発語思考のデータから、問題解決の過程を議論してみよう。Dの最終的な方略をプロトコルより拾ってみると、「123をつなげながら上の段に並べ、つぎに47をつなげながら1の下にくっつけ、最後に568のタイルを動かせばできる」というものである。このような全体的な方略「最初に123、次に47、最後に568」は、Fig.5a,5bからもわかるように、6試行目でほぼ自分のものとしたようである。しかし、123のつながりが、最上列以外にあっても、それらは最終的には最上列に動かすことができる、あるいは47のつながりについても同じような意味があるということに気づいたのは、9試行目以降であろう。このことは、操作系列のデータ、プロトコルおよび内省報告のデータから推測される。

被験者AからGの解決過程から推論されることは、8タイル問題のような少数のオペレーターの移動からなる問題においては、「当初の非常に大きな問題空間を下位目標を設けることなどで縮小していき、より先の見通しができることで問題解決が進んでいく」と言えるであろう。

## 5 シミュレーションによる考察

### 1.モデルの目的

今回の実験により、被験者の8タイル問題の解決方略の推論はできた。しかし、今回の実験に用いられた課題は1題だけであるし、問題解決の過程の議論についても推測の域を出ていないように思われる。そこで、今回の実験で得られたことを、推測ではなく仮説として成立できるように裏付けをしなければならない。

そのためには、8タイル問題の解決過程のモデルをつくって、このモデルがどれだけ人間の8タイル問題の解決過程を表わしているのかを評価しなければならないだろう。ここでは、それをプログラム言語で作成し、コンピュータ上でシミュレーションを行なうことにする。

ここで、シミュレーションが有用であると思われる理由を挙げておこう。本研究を例にとる。最初、実際に被験者を用いて実験を行なう。この実験とその考察によって、人間の8タイル問題の解決過程を推測し、自然言語により1つのモデルができる。この時点でのモデルは、外から観察できることだけをもとにして人間の内部過程を説明している。モデル作成者の主観が入り込む余地が非常に大きい。そこで、このモデルがどれだけ実際の人間の問題解決過程を説明しているかということ客観的に評価することが重要になってくる。1つの方法として、モデルをソフトウェア形態に表わし直して評価することがある。すなわち、コンピュータによるシミュレーションである。モデルをソフトウェア形態で表わすことの利点を挙げる。自然言語で表わされたモデルは自然言語に含まれる曖昧さがそのままモデルの曖昧さとなる。これと比べるとソフトウェア形態のモデル、つまりコンピュータ言語のモデルは曖昧さの入る余地がない。また自然言語で表現されたモデルは、モデルの予測を厳密に決定することが困難である。コンピュータ言語のモデルは、コンピュータでプログラムを実行することにより、特定の状況にお

けるモデルの動きを厳密に決定できるという利点がある。異なる条件での行なっていない実験の結果を予測することもできる。今回の例では、まずモデルをコンピュータ言語で記述し、被験者に与えた問題と同じ8タイル問題をこのモデルに解かせてみる。モデルの動作過程や結果を人間のものと比較してモデルを評価することになる。このように、モデルに主観が入りやすい場合、そのモデルの評価は曖昧さを排除できるシミュレーションが適していると考えられる。

## 2. モデルの作成

最初にどの個人を表わしたモデルをつくるかが問題になる。モデルが、特定の個人を表現しているのか、あるいは一般化されたまたは理想化された個人を表現しているかである。今回の実験の被験者は、それぞれその問題解決方略が違う。しかし、それぞれの問題解決方略の中には多くの共通点もあった。この点を考慮して、ある程度一般化された個人のモデルをめざした。

今回用意したモデルは全部で5種類ある。第1のモデルは1手先の局面の得られた関数値により次の手を選択するモデル（F1-モデル）である。関数値は、タイルを移動させた後の局面におけるタイルの位置と目標状態のタイルの位置の距離である。このモデルは、人間が8タイル問題を解くとき先読みをし、その結果がよいと思われたとき実際にタイルを動かすのではないかという推測をモデル化したものである。第2のモデルは2手先の局面の得られた関数値により次の手を選択するモデル（F2-モデル）である。F1-モデルが1手先を読んでタイルを動かしているのに対して、人間は読みが1手先だけではないという推測により、2手先まで読むようにしたモデルである。第3のモデルはF1-モデルに局面の記憶機能をつけ、以前と同じ局面になるような手をなるべく選択しないようにしたモデル（F1M-モデル）である。第4のモデルはF2-モデルに局面の記憶機能をつけたモデル（F2M-モデル）である。これら2つのモデルは、人間が以前に通過した局面に達した際、ある程度までその局面を記憶していて、以前とは違う手を選択するという推測をモデル化したものである。記憶できる局面数は可変となっている。第5のモデルは人間に8タイル問題を解かして得られたプロトコルおよび手の選択系列をもとに作成したモデル（H-モデル）である。いずれのモデルもC言語で記述されている。

各モデルの手の選択方法は、次のようになっている。

### ① F1-モデルおよびF2-モデルの評価関数による選択

評価値 = (移動する前のタイルの位置とそのタイルが本来あるべき位置との距離) - (移動した後のタイルの位置とそのタイルが本来あるべき位置との距離)

F1-モデルでは、これを次の1手についてのみ算出し最高値の手を選択する。F2-モデルでは、1手先の関数値はその1手から選択可能な2手目の評価関数の最大値をその手の評価値としている。

### ② F1M-モデルおよびF2M-モデルの評価関数による選択

評価値 = (F1・F2-モデルの評価値) - (過去a回の内で移動後のタイルの状態になった回数) × (重み)

ここで「重み」は、可変となっており、aも可変となっている。今回「重み」は、F1・F2-モデルの評価値のとり得る最高値を超える値とした。また過去何局面を記憶するのかというaの値は、無限ループの1周よりも大きくなくては無限ループを解消できない。

### ③H-モデルの手の選択

H-モデルは、問題をいくつかの下位目標にわけている。まず最も上のレベルでの下位目標は、上の列に1 2 3を並べる、1の下に4 7を並べる、5 6 8の位置を揃える、となっている。このそれぞれの下位目標の下にも下位目標がある。例えば、上の列に1 2 3を並べるという下位目標の下には、1を左隅に置く、2を1の隣に置く、2の隣に3を入れる、がある。そして最も下のレベルでは、例えば右に移動するという目標の下で、右に空白を移動してくるというような下位目標も存在する。このようにして、大きな目標を小さな目標に分解していき、その結果が次の1手を決定している。

### 3.モデルの動作過程

モデルを動作させるにあたっては、人間に解かせた8タイル問題をつかった。この問題の最短系列数は24手、人間のおこなった最短系列数は26手であった。この問題を使い、各々のモデルを動作させた。まずF1-モデル、F2-モデルでは無限ループになり問題を解決することができなかった。これはこの2つのモデルが、同じ局面になったときいつでも必ず同じ手を選択するからである。次に局面の記憶機能をつけた、F1M-モデル、F2M-モデルにおいては問題を解決することができた。系列数は過去12の局面を記憶したとき、F1M-モデルで、86手、F2M-モデルで86手であった。一方、H-モデルは、問題を解決することはできたが、系列数は58手で人間の最短系列の約2倍となった。しかし、他のモデルとの比較においては、より人間の操作系列に近づいていると言えよう。

### 4.モデルの検討

関数値によるモデル(F1-モデル、F2-モデル)は、今回の問題を解決することができなかった。タイルを移動させた後の状態を評価して、なるべく高い評価の手を選択するということを人間は少なからず行なっていると予想されるが、この関数型のモデルだけでは人間の問題解決過程は説明できない。評価値の算出方法を改良すれば問題解決能力をあげることができるだろうが無限ループに入ってしまうというこのモデルの欠点は残ることになる。この欠点を取り除くためにF1M-モデル、F2M-モデルでは、過去いくつかの局面を記憶して、以前と同じ局面となるような手をなるべく選択しないようにした。これらのモデルでは今回の問題は解決できたが、他の問題では解決できないものもあった。記憶する局面の数を増やすことによって解くことのできる問題数を増やすことはできる。しかし、記憶する局面数を増やせば増やすほど解決の過程は局面の樹の探索に近づいていく。人間の場合にこの方略を当てはめると、処理する情報の量からいってある程度以上は不可能だといわざるをえない。最後に人間の問題解決過程をもとに作成したH-モデルであるが、このモデルの解決過程は当然のことながらかなり人間の解決過程に近づいたといえるだろう。しかし、人間に見られるような、3つのタイルを1つのまとまりと見なす、というような機能は記述されていなかったということもあって、人間と全く同じ系列で解決するということはできなかった。また、このモデルは、目標状態が1つに限定されていて、その目標状態の問題しか解決できない。このモデルにはまだまだ改良の余地が数多く残されている。

## 5. H-モデルのプロトコルの出力例 (今回の実験に用いた問題を与えた)

では、始めます。

すべて揃っているか？揃ってはいない。

では、1 2 3 4 7 と定位置にあるか？ない。

それでは、1 2 3 は定位置にあるか？それもない。

1 は定位置にあるか？それもない。

では、はじめに1 から定位置に移動することにする。

1 を (左上隅) に移動したい。

1 が、

(右上隅) から (左上隅) に動くためには、左左とやればよい。

1 は、左左と動かなくてはいけない。

左へと動くために、空白が空いているかといえば、空いていない。

(上真中) を空けたい。

空白が

(右下隅) から (上真中) に動くためには、上左上とやればよい。

空白を上左上と移動するのなら、タイルは反対に、下右下と動かせばよい。

けっきょく、下右下とやって空きをつくって、最後に左へと動かす。

左へと動くために、空白が空いているかといえば、空いていない。

(左上隅) を空けたい。

空白が

(右上隅) から (左上隅) に動くためには、下左左上とやればよい。

空白を下左左上と移動するのなら、タイルは反対に、上右右下と動かせばよい。

けっきょく、上右右下とやって空きをつくって、最後に左へと動かす。

2 は定位置にあるか？ない。

それでは、2 を定位置に移動することにする。

2 を (上真中) に移動したい。

2 が、

(下真中) から (上真中) に動くためには、上上とやればよい。

2 は、上上と動かなくてはいけない。

上へと動くために、空白が空いているかといえば、空いていない。

(真真中) を空けたい。

空白が

(上真中) から (真真中) に動くためには、下とやればよい。

空白を下と移動するのなら、タイルは反対に、上と動かせばよい。

けっきょく、上とやって空きをつくって、最後に上へと動かす。

上へと動くために、空白が空いているかといえば、空いていない。

(上真中) を空けたい。

空白が

(下真中) から (上真中) に動くためには、右上上左とやればよい。

空白を右上上左と移動するのなら、タイルは反対に、左下下右と動かせばよい。  
けっきょく、左下下右とやって空きをつくって、最後に上へと動かす。

1の下は、3以外の数字か？3以外の数字だ。

12を右にずらす。

そのためには、2の右側を空けなくてはならない。

(右上隅)を空けたい。

空白が

(真真中)から(右上隅)に動くためには、右上とやればよい。

空白を右上と移動するのなら、タイルは反対に、左下と動かせばよい。  
で、左下そして、2, 1とずらす。

つまり、右右上と、動かす。

3は2の下にあるか？ない。

それでは、2の下に3を移動してくることにする。

3を(右中段)に移動したい。

3が、

(下真中)から(右中段)に動くためには、右上とやればよい。

3は、右上と動かなくてはいけない。

右へと動くために、空白が空いているかといえば、空いていない。

(右下隅)を空けたい。

空白が

(左中段)から(右下隅)に動くためには、右右下とやればよい。

空白を右右下と移動するのなら、タイルは反対に、左左上と動かせばよい。  
けっきょく、左左上とやって空きをつくって、最後に右へと動かす。

上へと動くために、空白が空いているかといえば、空いていない。

(右中段)を空けたい。

空白が

(下真中)から(右中段)に動くためには、上右とやればよい。

空白を上右と移動するのなら、タイルは反対に、下左と動かせばよい。  
けっきょく、下左とやって空きをつくって、最後に上へと動かす。

では、123のつながりを左にひとつずらすことにする。

ずらすためには、左上すみを空けなくてはならない。

(左上隅)を空けたい。

空白が

(右下隅)から(左上隅)に動くためには、左左上上とやればよい。

空白を左左上上と移動するのなら、タイルは反対に、右右下下と動かせばよい。  
で、右右下下。

それから、123をずらす。

つまり、左左上と、動かす。

では、1の下に4が来ているか？

来てない。

だから、1の下まで4を移動する。

4を(左中段)に移動したい。

4が、

(右下隅)から(左中段)に動くためには、左左上とやればよい。

4は、左左上と動かなくてはいけない。

左へと動くために、空白が空いているかといえば、空いていない。

(下真中)を空けたい。

空白が

(右中段)から(下真中)に動くためには、左左下右とやればよい。

空白を左左下右と移動するのなら、タイルは反対に、右右上左と動かせばよい。

けっきょく、右右上左とやって空きをつくって、最後に左へと動かす。

左へと動くために、空白が空いているかといえば、空いていない。

(左下隅)を空けたい。

空白が

(右下隅)から(左下隅)に動くためには、上左下とやればよい。

空白を上左下と移動するのなら、タイルは反対に、下右右上と動かせばよい。

けっきょく、下右右上とやって空きをつくって、最後に左へと動かす。

上へと動くために、空白が空いているかといえば、空いていない。

(左中段)を空けたい。

空白が

(下真中)から(左中段)に動くためには、上左とやればよい。

空白を上左と移動するのなら、タイルは反対に、下右と動かせばよい。

けっきょく、下右とやって空きをつくって、最後に上へと動かす。

4の右隣は7以外の数字があるか？

7以外の数字だ。

つぎに、4を下にずらしたいから。

4の下を空ける。

もう空いてる。で。

こうしておいてから、4をずらす。

つまり、下左と、動かす。

4の右に7があるか？ある。

次に、4 7のつながりを1の下につけます。

そのためには、4の上を空けねばならない。

(左中段)を空けたい。

空白が

(真真中)から(左中段)に動くためには、左とやればよい。

空白を左と移動するのなら、タイルは反対に、右と動かせばよい。

で、右。

そうしたら4 7のつながりを1の下につける。

つまり、上左と、動かす。

もうすぐ、できそうだ。

5はまんなかにあるか？ない。

では、5をまんなかやることにする。

5を（真真中）に移動したい。

5が、

（右下隅）から（真真中）に動くためには、左上とやればよい。

5は、左上と動かなくてはいけない。

左へと動くために、空白が空いているかといえば、空いているので、そのまま左へと動かす。

上へと動くために、空白が空いているかといえば、空いていない。

（真真中）を空けたい。

空白が

（右下隅）から（真真中）に動くためには、上左とやればよい。

空白を上左と移動するのなら、タイルは反対に、下右と動かせばよい。けっきょく、下右とやって空きをつくって、最後に上へと動かす。

では、6は5の右側に来ているか？来ている。

これで完成したか。まだ、8の位置が違う。

だから8を動かす。

8を（下真中）に移動したい。

8が、

（右下隅）から（下真中）に動くためには、左とやればよい。

8は、左と動かなくてはいけない。

左へと動くために、空白が空いているかといえば、空いているので、そのまま左へと動かす。

完成だ。

#### 操作系列

DRDLURRDLUULDDRULDRRULLURDLURRDDLLURRULLDRRULDRUDLRULLDRUL

系列数：58回

### 6.モデルからの人間の問題解決過程の検討

まずいえることは、今回のモデルに組み込んだ方略だけでは人間の問題解決過程は説明できないということである。例えば、先を読むといった場合でもタイルを1つ1つ移動させて考えるのではなく、いくつかのタイルをひとまとまりと見なして効率的に読んでいるとも考えられる。このことは、人間のプロトコルからもいえることである。また、今回のモデルからは、はじめ多くの手数を費やしていたものが、試行を重ねるにしたがって少ない手数で解けるというような創造的問題解決については、検討できなかった。

## 7. おわりに

今後の課題としては、まず今回のH-モデルに組み込むことのできなかった人間の方略を探しだし、モデルに組み込むことがあげられるだろう。その具体例としては、何個かのタイルを1つのまとまりとみなして、先の見通しをやりやすくすることなどである。

また、人間が8タイル問題の経験を重ねていくことにより段々その問題解決が効率化されていくような創造的問題解決をするモデルに発展させたい。そのためには情報が並列処理されるモデルも検討してみる必要があるであろう。今回つくったモデルの限界は人間の融通のきく問題解決能力のすばらしさを暴きだしてくれた。このように計り知れない能力が何によるものなのか興味のあるところである。

## 6 参考文献

- (1) Anderson, J. R. 1982 認知心理学概論 誠信書房
- (2) Newell, A., and Simon, H. 1972 Human Problem Solving. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall.
- (3) 山内光哉、春木豊(編) 1985 学習心理学—行動と認知— Illustrated Library of Psychology 6 サイエンス社
- (4) マイク・ジェームス 1985 BASICで学ぶ人工知能 啓学出版
- (5) Christopher F. C. 1990 Turbo C による人工知能 工学社