

脳情報理解様式の状態遷移モデルにおける状態未成立段階の検証

Verification of the pending stage in the state transition system model of an information understanding style based on brain information processing restrictions

木治 潤一*¹

Junichi KIJJ

折原 良平*¹

Ryohei ORIHARA

*¹ (株)東芝 研究開発センター

Corporate Research & Development Center TOSHIBA CORPORATION

The existence of the pending stage in the state transition system model of an information understanding style based on brain information processing restrictions is verified. A maze problem is chosen, as a subject matter. Furthermore, the control method to change the pending stage into the working stage of the state transition system model by message presentation is examined.

1. はじめに

人が情報を求め理解する過程においては、ドメインの情報に依存しないメカニズムが存在し、情報に対する人の判断や行動に影響を及ぼしていると考えられる。筆者らはこれまで、とくに、限られた時間の中での人の情報処理の特徴について検討し、想定する脳情報処理モデルの妥当性の検証をおこなってきた。脳情報処理のメカニズムとして、短期記憶容量制限に着目した状態遷移モデルを提案するとともに[木治 05]、迷路探索を題材として進行方向決定の過程について、計算機シミュレーションと被験者実験を比較した。人は、計算機の深さ優先アルゴリズムのような大きな記憶容量にたよるのではなく、方針を適当に切替えながらゴールに到達していることがわかった[木治 06]。

しかし、深さ優先探索にくらべて大幅に歩数がかかる被験者もみられ、客観的に見れば意思決定過程がかならずしも合理的ではないものとおもわれる。この“人間的な”方法が、無限の時間をかければいずれは正解に至るかもしれないが、限られた時間の中での適切な意思決定を保証するものではない、ことを示しているとおもわれる。

意思決定過程をより合理的なものにすることを目的として、迷路探索における方針決定・変更をコントロールする方法を開発することを目標とする。本稿では、とくに、人の行動において、方針が無い、という状況に着目し、方針をたてさせる方法について検討する。

2. ドメイン非依存の脳情報処理モデル

仮定的状況モデルでは[齋木 91]、Wason の選択課題における主題化問題と抽象問題とに共通の認知メカニズムの存在を提唱している。本研究では、仮定的状況モデルのアナロジーを採用して、マニュアルを調べることや Web での情報検索などの情報探索問題を具体化問題を考え、それにたいする抽象問題として迷路探索問題を位置づける。さらに、迷路探索における進路決定が、限られた記憶容量に基づく状態遷移モデルで記述されるものと想定している。図1は脳情報処理モデルを離散時間状態遷移システム形式で表現するブロック図である[木治 05]。

挙動は(1)～(5)式で表す。時刻 t における人の行動(A: “Action”)のためのプランを p_t 、行動の結果を l_t であらわす。過去のすべての記憶情報 m_t とする。過去の記憶 m_{t-1} に加

えて、情報状態 s_{t-1} 、情報容器特性パラメータ f_{t-1} 、行動プラン p_{t-1} 、行動結果 l_{t-1} があわせて記憶され更新されるものとする(E: “Engram”)。また、上で述べた情報状態は、記憶情報が“容器”に存在していることで成り立っていると仮定し、容器を「情報容器」と呼ぶことにする(C: “Container”)。情報状態 s_t は、すべての記憶情報 m_t のうち、情報容器 C に存在できる情報として決定されるものとする。行動プラン p_t は情報状態 s_t にもとづいて決定される(D: “Decision”)。なお、情報容器 C の特性は脳内の何らかの制約(B: “Bias”)をうけて決定されるパラメータ f_t によって特徴づけられるものとする。

- (1) $l_t = A(l_{t-1}, p_t)$
- (2) $f_t = B(m_t)$
- (3) $s_t = C(f_t, m_t)$
- (4) $p_t = D(s_t)$
- (5) $m_t = E(m_{t-1}, s_{t-1}, f_{t-1}, p_{t-1}, l_{t-1})$

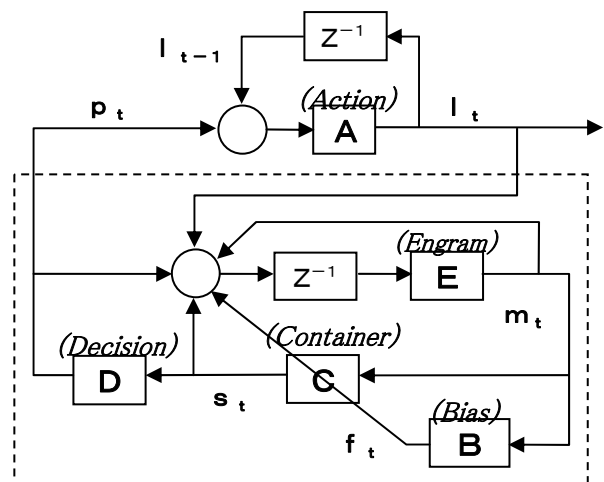


図1. 脳の情報処理モデル(記号○は情報の結合を示す)

迷路探索においては、現位置情報 l_{t-1} からどの方向に進むかの方針を定めるのが行動プラン p_t である。たとえば、“壁際までは直進する”、“すぐに曲がる”などの情報をあらわす。行動プラン p_t が“壁際まで直進する”という場合、現位置情報 l_{t-1} においてすぐ前方に壁が無い場合は、

つぎに進むべき場所 1_{t-1} は現位置 1_{t-1} から前方に一つ進んだ場所となるように, “A” に行動を定めさせると推定する。

3. 迷路探索方針の切替え誘導

冒頭で, 迷路探索において被験者は方針を適宜切替えながら進路を決定していると推測されることを述べた. この切替えを適切におこなわせることが本研究の目的である。

図1のモデルを実験用迷路ゲームに組み込み, 被験者の探索方針および決定される進行方向を随時予測する. ただし, 方針については, 1) 方向転換を壁際でおこなう, 2) 方向転換はできるだけ近くの交差点でおこなう, 3) 方向転換の左右の割合が一定, の三つの場合を想定して, 各時刻での進路がどの方針に該当するのか, いずれにも該当しないのかを判別する。

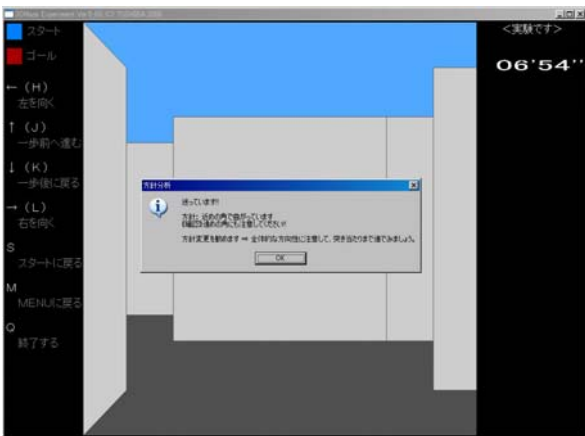


図2. 方針確認をうながすメッセージ

状態遷移モデルで推定される進行方向や方針が, 被験者の実際の行動結果が異なる場合や, ある期間進捗が無い場合などには, 方針が定まっていないものと推定する. このとき, 方針についての反省をうながすメッセージを被験者に呈示する(図2参照). メッセージを読むことを端緒にしてまず探索方針を明確にし, さらに, 探索方針の効果を考え直させることを期待するものである。

大きな規模の迷路を採用して, メッセージの有無の場合の双方についての被験者実験結果を表1に示す。

実験Aと実験Bでは, 被験者は別である. なお, 深さ優先探索では 338 ステップでゴールに到達する。

実験結果においては, いずれの場合にもすべての被験者がゴールに到達できなかった. また, 歩数についても, どちらかが特徴的であるというような傾向はみられない. さらに, ゴール近辺に至っている被験者はどちらの場合にも存在する。

途中のログをみると, 同じ領域をループ状に徘徊している被験者が多かった. また, 途中であきらめたのは, 迷路規模が想像よりおおいと被験者が感じたせいだとも思われる. あきらめ

るまでの時間は, カウントダウン初期時間の10分程度である. これはAおよびBに共通にみられる内容である. したがって, この実験ではメッセージの有効性は示せなかったといわざるを得ない。

メッセージ付迷路ゲーム被験者の実験後のコメントによれば, 呈示メッセージが必ずしも参照されていないことがわかった. 特に方針をたてずに進行方向を定めている場合などにメッセージが呈示されても, メッセージの内容を参考せずにゲームを続けてしまう. また, 方針を立てている場合であっても, メッセージ呈示そのものをうるさく感じて, メッセージ内容について反省をしない. すなわち, メッセージ無しの場合とあまり変わらない状況になっていたと推測される。

4. 状態未成立段階の存在

4.1 状態未成立段階

本研究の想定では, 仮定的状況モデルのアナロジーにより, 迷路探索において, 何がしかの探索方針を持ち, かつ, 有る程度の期間保持して, それが有効でない場合と判断される場合には別の方針をたてながら行動する, と考えている. また, 探索方針や, 各時刻の進行方向は, 図1で示すような状態遷移モデルにより決定されると考えている。

行動プラン p_t は短期記憶における情報状態 s_t がしめす情報を基に“D”において定められるものとするが, 情報状態 s_t は状態遷移モデルにおける「状態」を想定している. したがって, 本モデルにおいては情報状態 s_t が定まれば“D”の特性に応じて行動プラン p_t が決定されるものとしている。

しかしながら, 実際の被験者の行動から推測される行動プラン p_t (“~”は推測の意味を示すものとする) が, 情報状態 s_t および“D”の特性により一義的に決定されないような状況が存在し得ると思われる. このとき, 状態遷移モデルとして機能していないといえる. この状況を「状態未成立段階」と呼ぶことにする。

つまり, 被験者はかならずしも方針を定めてから行動を決定しているわけではなく, この場合, ある時刻の行動結果や行動決定の根拠は, つぎの時刻の行動結果に直接影響をおよぼさないという状況が存在する. 方針の良し悪し以前に方針そのものが無いという状況である。

迷路探索を効率的に行うためには, 方針を立てて, 状況に応じて適切に方針の切替えてゆく必要がある[木治 05]. したがって, まず, 方針をたてさせ, その上で, 方針を切替えさせるという強制力をもった「制御」が必要となる。

4.2 メッセージ呈示による被験者行動制御実験

システム側が, 被験者にメッセージの内容を実行させるために以下のような方策を考える。

被験者の方針の有無, 種類を検知して, その内容を反映させて, 被験者にテストをおこない自身の方針について回答させる. 回答が実際の行動にそぐわないものである場合については, システム側が方針を強制する. すなわち, システム側が設定する方針以外の方向への進行を禁止する。

本稿では, システム側が設定する方針は,

- 1) 方向転換は壁際でおこなう
- 2) 方向転換はできるだけ近くの交差点でおこなう

のいずれかを設定した. ある一定期間, 被験者にこれらの方針を強制することにより, 被験者に, 迷路探索において方針を立

表 1. 迷路ゲームの実験結果

実験名	A	B
迷路データ	18 × 18	18 × 18
誘導制御	無	有
指標	歩数	歩数
深さ優先探索	338	338
被験者1	144	141
被験者2	196	168
被験者3	142	144
被験者4	137	113
被験者5	122	177
被験者6		246

て、ことを意識させることを期待するものである。テストは、方針が無いと検知される場合だけではなく、方針が見直されていないと推定される場合にもおこない、方針の切替えをうながすべく、行動を制限するものとする(図3参照)。



図3. 進行方向を制限する通知メッセージ

4.3 考察

前項の「行動制御」の考えにもとづいて、表1のBの実験に対する追加的な実験においてゴールに到達した例を図4に示す。迷路は表1のものと同じで行動制限をおこなう点異なる。図中の赤い四角の点はメッセージ(テストの場合も含む)が呈示された場所であることをしめす。

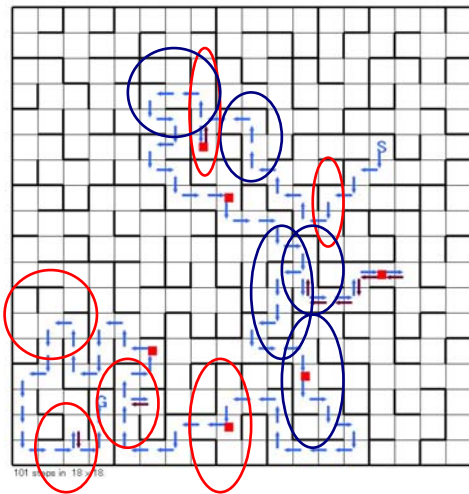


図4. ゴール到達の例

被験者の方針は、初期において、“壁際で曲がる(青線の囲い部分)”ものと、“近場で曲がる(赤線の囲い部分)”ものが混在している。壁際でしか曲がり角がない場合が比較的多いので、“壁際で曲がる”ことと、“近場で曲がる”ことが進んでいるうちに混乱するということもあるのかもしれない。2番目のメッセージ呈示を受けて、迷路探索のための方針を意識するようになったと考えられる。“壁際で曲がる”方針がしばらく保持される。その後同一方針が一定期間つづいたことがシステム内部で判定され、最後から2番目のメッセージで、最後のメッセージのところまで制限モード開始となった。この区間では“近場で曲がる”ように

制限をされている。最後のメッセージ以後は制限を解除されているが、被験者は“近場で曲がる”方針を維持している。すなわち、システムから方向を制限するという方法で方針の切替えを促されて、その新しい方針が保持されている。

結果としてはそのままゴールに到達したが、迷路を探索するにあたって被験者の方針を意識し、その方針の良し悪しを評価する思考段階にはいったのではないかと推測される。この推測が正しいとすれば、脳情報処理モデルとしての状態遷移の状況が成立しているとともに、暫時、適当な方針をなぞらせるという強制的な方法により、「状態未成立段階」から“思考している”状況に遷移させることができるとおもわれる。脳情報処理モデルとして状態遷移システムの想定できれば、リアルタイムでの人の思考内容パターンを推定する技術への適用が考えられる。

5. おわりに

脳情報処理の状態遷移モデルにおいて、状態未成立段階が存在すると考えられる。状態遷移モデルそのものが成り立たないのではなく一時的なものであり、メッセージおよび情報システム側からの制約を負荷すれば、状態遷移によるモデル化が妥当な状況に移行するとおもわれる。

落語における「まくら」は、単に話の導入部ということではなく、客を現実世界から落語の仮想的な世界に瞬時に違和感無く住み替えさせるはたらきをする。人がある主題にとりくもうとするときも「まくら」が必要であるとおもわれる。それにより、主題における問題にたいして仮定的状況モデルをたてながら、問題解決のための方針をたてて行動する。

人がたてる方針を機械的に推定することができれば、意図しない誤謬を行動前に指摘したり、誤解しがちな情報を正確かつ速やかに理解させることが可能になると期待できる。

ただし、本稿の被験者実験の質および量をかんがみると、あくまで上記の点についての可能性を示したに過ぎないかんがえる。今後、さらに検証をすすめてゆくとともに、思考内容パターン推定技術についても検討してゆきたい。

なお、被験者は、筆者らの同僚である、(株)東芝 研究開発センター システム技術ラボラトリー所属の有志であることを謝意をもって記しておく。

参考文献

- [木治 05] 木治潤一ほか： 効果的な情報呈示のための脳情報処理モデルの提案, 計測自動制御学会 システム・情報部門 学術講演会 2005 予稿集, pp.360--365, 2005.
- [木治 06] 木治潤一ほか： 脳情報処理制限に基づいた情報理解様式の検証, 第 20 回人工知能学会全国大会予稿集, 1C2-3, 2006.
- [齋木 91] 齋木潤一： 仮定的状況モデルによる推論—Wason の選択課題における主題化効果の検討—, 教育心理学研究, 第 39 巻, 第 1 号, pp.1--10, 1991.