

'On Distinguishing Epistemic from Pragmatic Action'

David Kirsh and Paul Maglio, 1994, 'On distinguishing epistemic from Pragmatic Action', Cognitive Science, Vol.18, 513-549

※ テトリス：旧ソ連のコンピューター技術者アレクセイ・パジトノフが知的教育用ソフトとして開発したゲームソフト

※ **Epistemic**: 知識の、認識に関する、認識的な、認識様態的

※ **Pragmatic**: 実利的な、実際のな、実用主義の

論文の概要

本論ではテトリスというゲーム（リアルタイムでインタラクティブ性を持つ）課題を行った場合、外的な環境の中で個々の認知的、知覚的な問題を解いたときのほうが頭の中で単独に行った場合よりも速く、安易で、信頼できるという事をデータを通して議論する。このゲームのなかで頻繁にみられる‘変換’や‘回転’といった外的な行為が、認知活動を向上させるための有効な手段であるということを発見した。これらの行為はプランの生成やリアクションの手段として行っているのではなく、問題解決空間を簡易化するための行為である。ここでは、目標状態に到達するために直接的に関与する行為として **Pragmatic** な行為と、目標状態に到達するために、課題の性質を変化させ、より容易に処理できるようにする **Epistemic** な行為に分類する。

Epistemic な行為が重要だということを示すために、人間がテトリスを行った時のモデルをスタンダードな情報処理モデルに基づいて紹介し、それが十分に人間の処理を反映していないという事を指摘する。通常の情報処理モデルではいくつかのプレイヤーの行為を静的、不完全であると理由付け、実際の行為を軽視している。通常の情報処理モデルで説明を試みた場合、物理的な環境を変化させる、という形で人間の行為を限定して捉えてしまう。そこで、情報処理活動におけるもうひとつの行為、すなわち **Epistemic** な行為に着目することで、従来のモデルでは説明できなかった事を説明する。我々がここで提案するモデルではテトリスに限定して検討したものであることから、最後に人間の一般的な行為に適用できるかどうかに関する検討も行う。

□INTRODUCTION

External Actions (以後、外的活動と訳す)

- ▶人間の遂行するすべての物理的な行為は目標状態に直接近づくための手段をとるものばかりではない
 - 現象として一見物理的には、遠回りになるような行為を行うときがある
- ▶脳内の情報処理の負荷や時間を軽減する為に **Epistemic** な目標をたてることもある

外的活動に関する先行研究

- 外的活動は、外界にある外的記号の操作が可能な時に起きる
 - ▶代数学、幾何学といった算術の計算 (Hitch,1978)
 - ▶音楽の作詞作曲の過程 (Lerdahl&Jackendoff,1983)
 - ▶海洋のナビゲーション (Hutchins,1990)
 - ▶ヒューマン・コンピューター・インタフェース (Norman,1988)

テトリスにみられる外的活動

- 瞬時の反応を要求されるときは脳内で記号処理が十分に行えず、外的活動は重要である
 - その典型例としてテトリスが考えられる
 - ▶テトリスをするうえでは **Epistemic** な動きをする (具体的な動きに関しては後で紹介)
 - これは操作上、特定ポジションを獲得するためだけではなく主体のなかの問題解決空間を安易にするための動きである

Epistemic な行為

- 認知活動にとって有益な外的活動の特質
 - ① 空間的複雑性：心的処理に関与する記憶の負荷を軽減
 - ② 時間的複雑性：心的処理に関与するステップ数の削減
 - ③ 信頼性、安定性；心的処理によって作られるエラーを回避する

日常世界に見られる Epistemic な行為

- 日常世界にみられる **Epistemic** な行為はテトリスのように瞬時の判断を必要としないが、人間の記憶を助ける働きを持つものとしていくつか考えられる
 - Ex.** 靴に鍵を入れる。指を使って紐を結ぶ。仕事場における仕事の準備；複雑性を軽減 (Kirsh)。キャンプをしたときにどこにテントを張るのかとかいうような探索行動

Pragmatic な行為

- 今までのプランニング理論 (Tate, Hendler&Drummond) や活動理論 (Bratman,1987) 意思決定理論 (Chernoff&Moses,1967) は **Pragmatic** な行為に着目し物理空間や社会的環境における **transformations**(変換)の過程として捉えられてきた
 - ※プランニングとは、初期状態から目標状態へと移行できるように変換過程を発見することである
- Pragmatic** な行為や知覚的な行為に関する関心は **reactive systems** やロボテックス研究の進展とともに注目されてきた (Simmons, Ballard, Dean, & Firby,1992)

※これらの研究は視覚研究における注視や選択的注意の研究にむけられてきた

本論の目的

□Control of activity

- 主体にとって利用が困難、発見や検出が困難、処理が困難といった情報を平凡な行為を通してどのように問題を解決しているのかを知る
- 本論では行為のひとつとして **Epistemic** な行為を位置づけるためには、プランニングが生起する場としての **state-space search** (状況空間の探索) の意味を単なる物理的な状況としてみるのではなく、**state-space** を物理性かつ情報性の特質を持つものとしてみる必要性がある。
- テトリスでみてみると、
Ex. スクリーンの端まで移動させて元に戻すという行為は、ゲームの物理的な環境を変化させるとともに時間をロスしたもの以上に主体の情報処理にとって有益な行為となる。
- 本論で提案するのは、**translate** (変換) したり元に戻したりという行為が単に‘初期状態に戻した’行為というクラシックなモデル否定し、探索空間の意味を新しく捉え直す必要性がある

□Why Tetris?

研究対象としてテトリスを選択した3つの理由

1. 知覚的、認知的判断を要求し、速くて繰り返し行えるゲームである：時間制限が最も重要な要因として考えられるテトリスにおいて **epistemic** な行動が見られるのであれば、一般的（日常的）な場面でも観察されることが見込まれる
2. このゲームにおけるすべての行為は目標状態から遠ざけるか近づけるかであり、**epistemic** な動きを特定するのに容易である
3. 実験課題としては楽しく、熟達した被験者が取り組んだり非熟練者が熟達化しようとして一生懸命努力する過程を観察することができる

ゲームの仕組み

□**Tetra-zoids** と呼ばれる **zoid** (以後、ゾイドと訳す) が上から横10縦30の空間の中で落下してくる。プレイヤーはゾイドを **90°** の変換と横と下への移動をキーを用いて操作できる。プレイヤーの目的は横一列にゾイドをうまく並べて、ゾイドの山を消すことである。ゾイドを消せば消すほど落下の速度は速くなり、ゲームの難易度は高くなる。

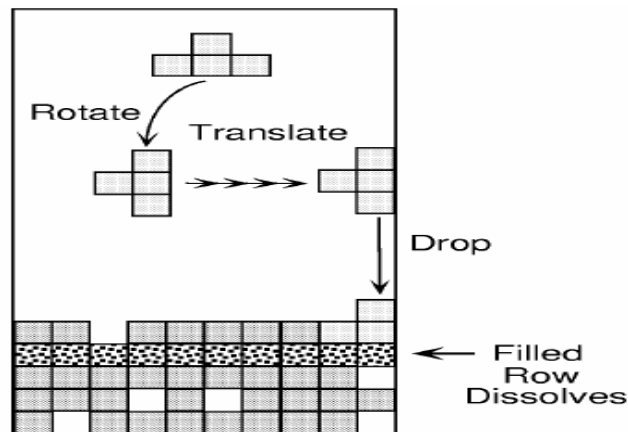


Figure 1. In Tetris, shapes, which we call zoids, fall one a time from the top of the screen, eventually landing on the bottom or on top of shapes that have already landed. As a shape falls, the player can rotate it, translate it to the right or left, or immediately drop it to the bottom. When a row of squares is filled all the way across the screen, it disappears and all rows above it drop down.

被験者（プレーヤー）の行動

- 被験者は4つの操作を行うことができる
 - 右に移動、左に移動、回転、落下
- 問題空間が狭い為、比較的簡単にマスターでき、10時間もあれば中間的なプレーヤーまで熟達化できる
- プレーヤーの点数によって落下の速度が上がるので熟達者した人間とってもチャレンジングな課題である
- 落下の速度が上がると、運動、知覚、推論システムに負荷がかかり、被験者は入力キーと動きの対応（運動）、出現してくるゾイドの識別（知覚）、画面のどこにそれを動かすべきか（推論）を知らなければならない

テトリス遂行において3つの種類のデータを分析

1. 被験者がテトリスをする中で、被験者の入力するキーの状況を記録できる仮想的な実験環境（**computational labotory**）を構築
2. テトリスに関連したメンタルローテーションのテストを瞬間露出検査（**tachistoscopic**, タキストコープ）を用いた
3. 人間と機械のパフォーマンスを比較するためにエキスパートシステムを構築

データの分析と予測

- これらのデータを用いて、スタンダードな情報処理モデルでは人のパフォーマンスを簡易化しすぎているということを示唆する
- スタンダードな情報処理の例：熟達化→チャンキング、キャッチング、コンパリング（**Anderson,1983; Newell,1990; Newell & Rosenbloom, 1981; Reason**）
 - ▶キャッチングによって熟達化が説明出来るのなら、キャッチングする前の段階で得た

- 認知的方略から能率のいい動きがみられないはずである
- ▶チャンキングの場合なら、中間的なステップや目標状態から遠ざかるような行動は排除されるはずである

□我々は、ここで得たデータから従来のモデルでは予測できないようなトリッキーな動きを観察することができた

▶エージェントは、

- ・ゾイドを識別する為にどのような動かし方をすればよいのかを学習
- ・外的な資源を用いてチェックや検証を行ったりして判断の不確実性を軽減

→認知と行為が相互作用しているということを念頭において考えなければならない

☆以下の章

- ・次の章では、スタンダードな認知モデルに基づいてテトリスの認知過程を紹介しそれが不十分であるという事を示唆
- ・次にテトリスにおけるいくつかの **Epistemic** な行為を紹介し、行為（外界の利用）と認知の密接な関係に関して知見を述べる
- ・**Epistemic** な行為がなぜ重要な考えなのかということと、それを今後どのように発展させていけるのかに関する一般的な議論をする

□ A PROCESS MODEL

□テトリスをする上で直面する問題をシミュレートする **RoboTetris** というプログラムを用いて熟達者の伝統的な情報処理プロセスの概要

▶テトリス認知は以下の4つに大別できる

1. 提示された状況に存在する対象から **Bitmap** 表象を作り出す過程
2. **Bitmap** 表象をよりコンパクトでチャンク化された表象に符号化する
3. ゾイドが移動できる最適な場所をみつけて（マッチング）計算する
4. 目標の場所にゾイドを移動できるように軌道の動き（回転）を計算する

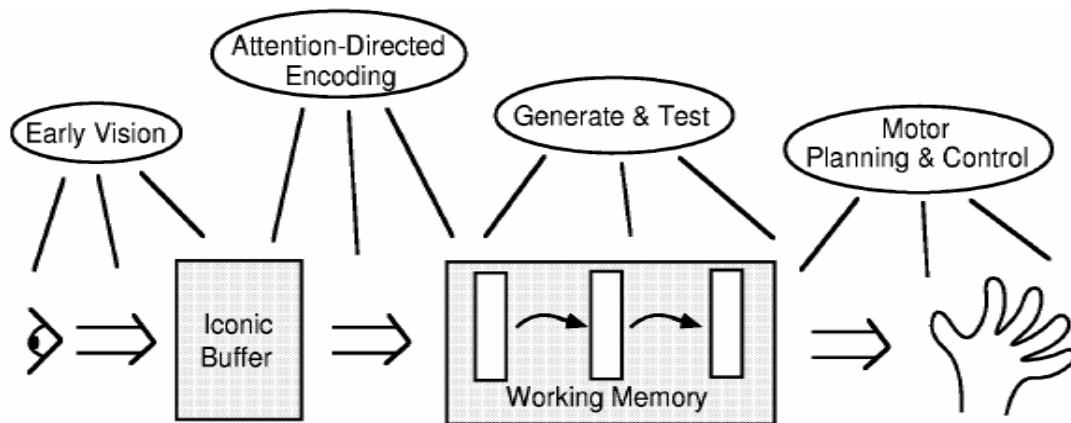


Figure 2. In our classical information-processing model of Tetris-cognition, first a bitmap-like representation floods the iconic buffer, then attention selectively examines this map to encode zoid and contour chunks. These chunks accumulate in working memory, providing the basis for an internal search for the best place to put the zoid. This search can be viewed as a process of generating and evaluating possible placements. Once a placement has been chosen, a motor plan for reaching the target is computed. The plan is then handed off to a motor controller for regulating muscle movement.

□Phase One: Create Bitmap

初期知覚のプロセス

□網膜に投影されたディスプレイからの光の信号は初期視覚の情報処理を始める→神経細胞の並列処理によってアイコニックバッファと呼ばれる感覚記憶で表象される (Neisser, 1967; Sperling, 1960) →輪郭、形、色、方位のそれぞれは同一の地図 (bitmap) で独立に表象される

□これらの情報は *extacatble* だが、追加的な情報処理は顕在化もしくは利用できる形で符号化されることが必要となっている

□Phase Two: Create Chunked Representation

□アイコニックメモリーで個々の独立した表象はワーキングメモリー内で顕在的に表象される

▸シンボリックな表象は **Walts** による **line labeling primitives** を用いる

→凹面のコーナー、凸面のコーナー、T-junction

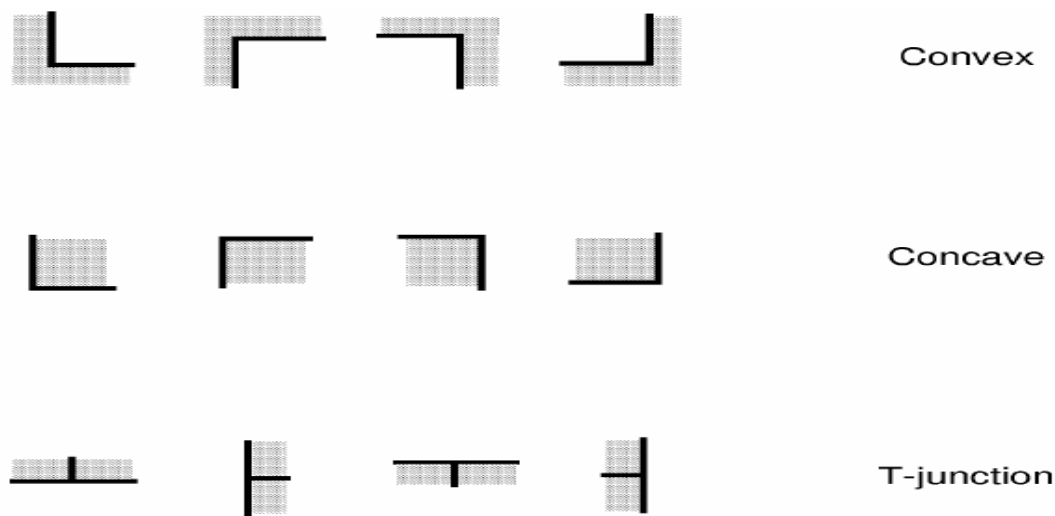


Figure 3. Three general features—concave, convex, T-junction—in each of their orientations create twelve distinct, orientation-sensitive features. These features are extracted by selectively attending to conjunctions of the more primitive features: lines, intersections, and shading.

○熟達化した被験者が非熟練かした被験者よりもワーキングメモリー内では早い処理を行っているのかどうかわからないが、両者の違いは符号化されたチャンクの性質の違いなのではないかと仮定

○熟練者はより大きなチャンクを持っていると仮定

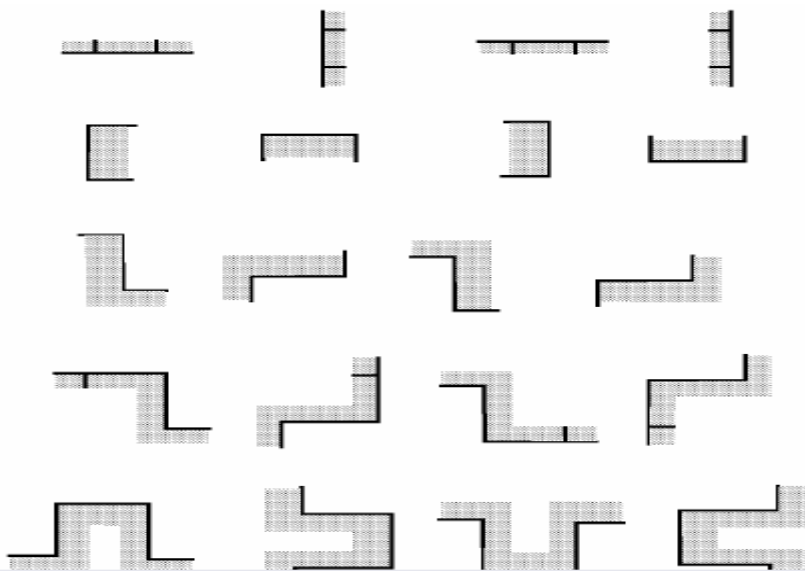


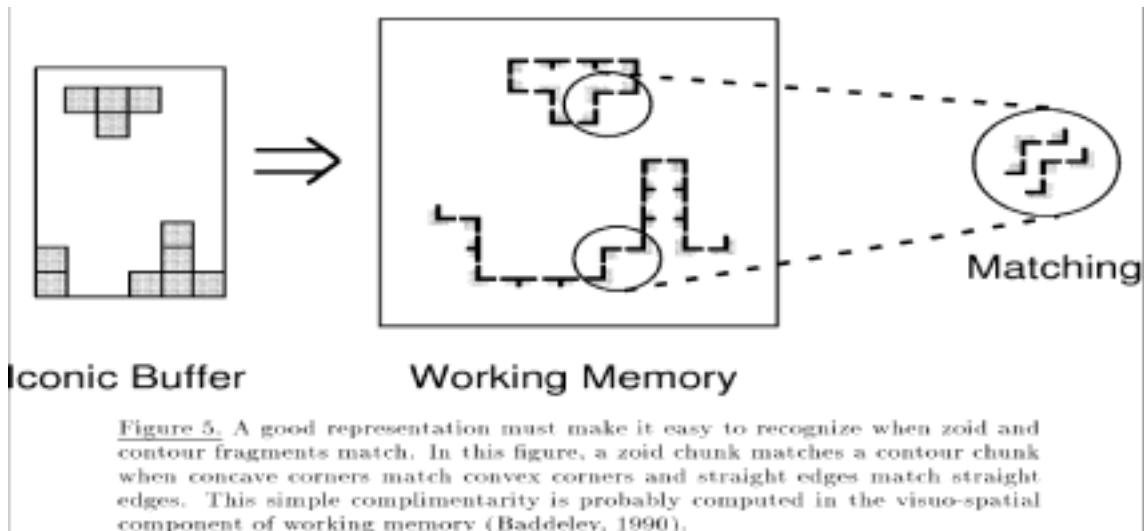
Figure 4. The greater a player's expertise, the more skilled the perception. This is reflected by the size and type of the chunked features which attention-directed processes are able to extract from iconic memory. This figure shows chunks of different sizes and types. Each chunk is a structured collection of primitive features.

○Phase Three: Determine Placement

○一度ゾイドと輪郭がシンボリックな特徴やチャンクに符号化されるとワーキングメ

メモリ内でどこの輪郭と結合させたらよいのかに関して処理が行われる

- どこにゾイドをプレースしたよいかという判断において、プレースをした後のどれぐらい外形がフラットになるのか、どれほどポイントが高くなるのかというような計算を内的モデルで行う



□Phase Four: Compute Motor Plan

□ゾイドをプレースする場所が確定すると初期地から目的地までの移動させるための動作を計算することができ運動感覚器に情報へと出力される

□このフェーズが終了すると実際にキーを押すといった運動感覚器からの出力が生じる

□How Realistic is This Model?

Robo Tetris の連鎖的な処理

□Phase 2 の処理は Phase 3 の処理が起きる前に完了してなければならぬし、Phase 3 の処理は Phase 4 の処理が起きるまでに完了してなくてはならない、実行（キー入力、運動）が起きるためには Phase 4 が完了してなくてはならない

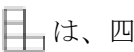

□Phase 4 が起きるまでのすべての処理においてプランニングが生じていけない：非合理的で、ランダムに行為したときよりパフォーマンスが悪くないといけない

→パフォーマンスにかたよりがあってはいけない???

実際のデータとモデルの比較

- テトリス画面にゾイドが出現した瞬間から‘回転’や‘移動’が行われた
- もし行動（運動）を実行する前にプランニングをしていたならば、ある特定のゾイドの形にするまでに、全回転中、平均して約半分の回転数で済むはずである。（一回転するとプランニングの意味がない）

・各ゾイドは、ランダムな形態で画面に現れ、均等にどこかの場所に配置されるはず

Ex.  は、四種類の独立した方位を持ち（ ）、一回転してもとの位置にもどるまで3回変化できる。従ってモデル通りプランニングによって回転をしたならば平均して 1.5 回になるはず

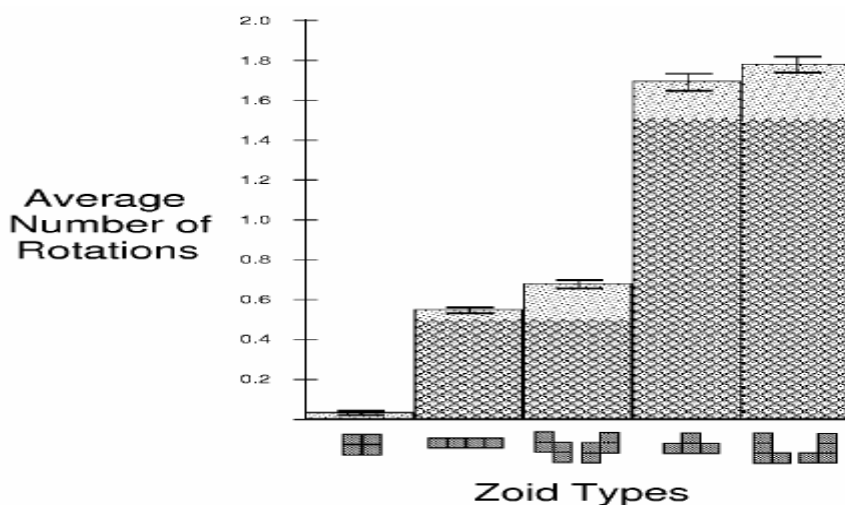






Figure 6. This bar graph shows the average number of rotations for each type of zoid from the moment it emerged to the moment it settled into place. Zoids such as  are rotated significantly more than , and both types are rotated more than the expected number of rotations, shown by the crosshatched portions of the bars. Similarly, zoids such as  are rotated more than , and both exceed the expected number required for purely pragmatic reasons. The error bars indicate 95% confidence intervals.

- 被験者がどこに配置するのかを考え終わる前の、きわめてはやい段階で回転が始まる
- データから、動作（回転）をする前にプランニングを行っているとは言い難いようなものがみられる

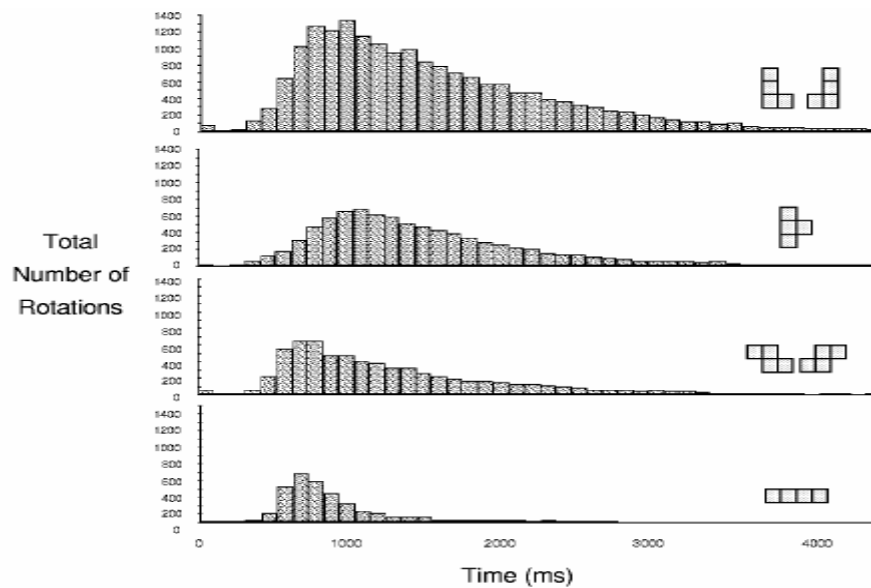






Figure 7. These histograms show the time-course of rotations for 's, 's, 's, and 's. Each bin contains the total number of rotations performed within its time-window. Note that rotation begins in earnest by 400-600 ms, and on occasion, at the very outset of an episode. The implication is that planning cannot be completed before rotation begins.

翼列(cascade)情報処理モデルでこの現象をみてる

- 4と3を重複しているようだ。
- 報の流れを直列にみるのではなく、翼列(cascading)でみて各フェーズの処理が最終的に情報を受け取る前に情報処理を始めると考える。このようにしてみると被験者はプランニングをする前にゾイドを処理する(動かす)ことを説明できる
- Aiでは翼列は高速処理をすると見られている
 - ▶高速プランナーはプランを **settle** する前に実行をする

従来モデルと現実の動きが矛盾する点

1. ゾイドの全体像が出現していないにもかかわらず回転を行っている
 - ▶開始、100ms (はじめのゾイドが完全に出現するまでの時間) 以前から回転がはじまる
2. 最適となるような回転から逸脱した余分な回転や移動を行っている
 - ▶熟達者においてもこのような余分な回転かみられる

従来モデルが説明できなかった理由

- 行為の目的が常に物理的な世界において結果を残すためであると解釈しているから
 - Pragmatic な行為
- 思考が行為に先立ち、認知的な諸活動の結果、行為が実行されるという考えるから

それでは行為とは何なのか？

□行為は認知をより能率よくするための **function** である

- ▶現在の状態をよりよく把握するためのもの
- ▶表象された情報をより早く再生するためのもの
- ▶目標状態により早く到達するためのもの

☆ 次にここで提案した事柄を **improve** し、具体的にどのようなことが起こっていたのかに関して‘回転’や‘移動’から得られたデータから分析する

□ **EPISTEMIC USE OF ROTATION**

Pragmatic な考え方：ゾイドの‘回転’は正しい位置に合わせることに


Epistemic な考え方：認知活動にとって必須となるようないくつかの特徴を持つ

1. 新しい情報をゲームの初期段階で発見する
2. メンタルローテーションの負荷を軽減させる
3. ゾイドの形を記憶から再生することを促進させる
4. ゾイドのタイプを特定化するのを促進させる
5. ゾイドや輪郭のマッチングを単純化する

◎これらの行為はテトリスの各フェーズにおいて空間、時間、不確実性の軽減という役割がある

□ **Early Rotations for Discovery**

落下直後ゾイドの状態について

- ・ ゾイドが画面に現れた瞬間、ゾイドの一部しか見えない
- ・ 中ぐらいの速度のとき、ゾイドは **150ms** ごとに落下する  を完全に見たければ **1/2sec** 待たなければならない

あいまいなゾイドを検証

- ・ 画面に出現したばかりのゾイドを回転させる事で隠れた部分を推測し限定できる
- ・ 全体の像を視覚的に把握するまで待つより **150ms 300ms** ほど時間が節約できる

ゾイドの出現する状態による回転の違い

□形と位置が多義のときのほうが、形だけ多義のときに比べて有意に多かった（図では上が下より多かった）

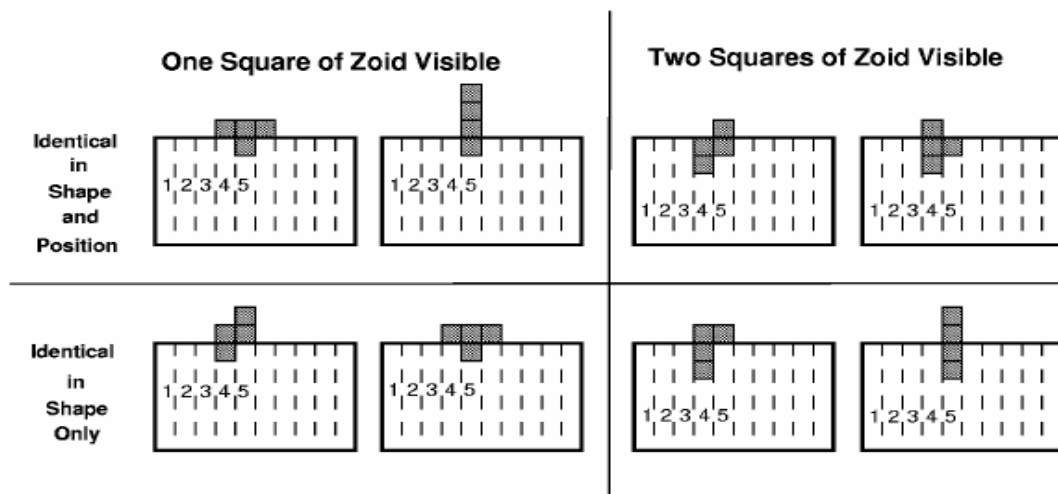


Figure 8. This figure shows zoids as they first emerge at the top of the screen. To the left, they are one square in, and to the right, two squares in. At the top, the visible portions of the zoids are identical both in position and in shape. At the bottom, zoids are identical in shape alone; careful examination reveals that the images are in different columns. Players have a much greater tendency to rotate partially hidden zoids ambiguous in both shape and position than they have of rotating partially hidden zoids that are ambiguous in shape alone.

個々のゾイドがどこの位置に落ちるのかに関する知識を持っている場合、回転の必要性はなくなる (図右下)

出現するゾイドに対して多義な解釈ができる形

形と位置 位置だけ

データの解釈

□ 形だけが多義なゾイド (*narrow*) は位置によって識別できるので被験者は位置に関する情報に敏感である

☆これらのデータは回転という行為が情報処理モデルの **phase 2**における符号化の段階において **Epistemic** な役割を持つと解釈できる

□ **Rotating to Save Mental Rotation and Mental Imaginary**

Phase3 をもう一度考え直す

□ ここでは、**Phase 3**において見られる処理、すなわち被験者はどこにゾイドをプレースしたらいいのかを判断をするという状況における回転の性質を取り上げる

▶ 被験者が必要な処理：落ちてくるゾイドの輪郭を最も望ましいとされる位置の輪郭と比較、一致させる

チャンクと輪郭線のマッチングプロセス

2バージョンに区別できる

METHOD 1

プレイヤーは配置場所を確定する前に心的に形やチャンクに関して抽象的な方位の像を描く

METHOD 2

プレイヤーは形やチャンクが結合しそうなところを先に探索し配置場所を確定する

両者の違い

□プレイヤーは配置場所の輪郭に合うようなゾイドの方位を見定めチャンクを符号化してから心的に回転を行ってマッチングさせる場合と、先に物理的に回転を行ってから配置場所の輪郭に合うようなゾイドの方位を決定する事の差異

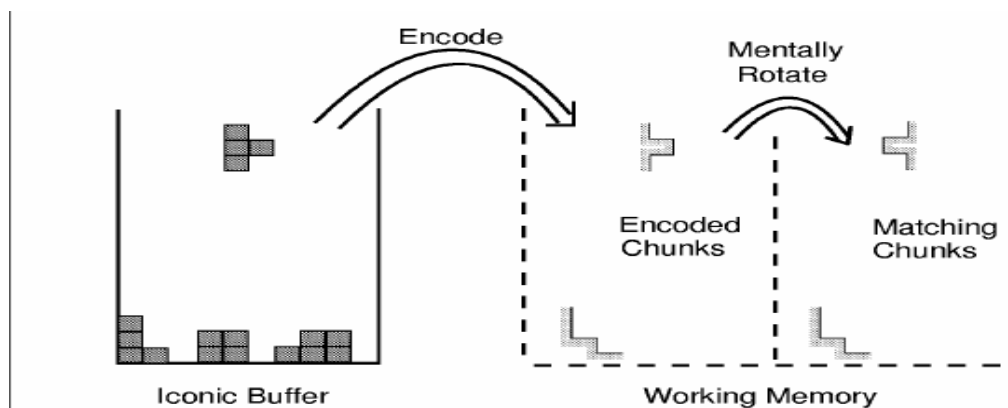


Figure 9. A chunk extracted from the image of a zoid is normalized by internal processes and compared to a chunk extracted from the image of a contour. A computationally less intensive technique of comparing zoid and contour would rely on physical rotation of the zoid to take the place of the internal normalization processes.

□Shepard&Metzler 心理実験パラダイムに基づいた実験より、心的に回転したならば 800ms から 1200ms かかることがわかった

→画面上で動かした場合、回転は 100ms で済み 200ms の回転ボタンを押す時間を計算しても心的回転のみで配置を決定したときより負荷は軽い

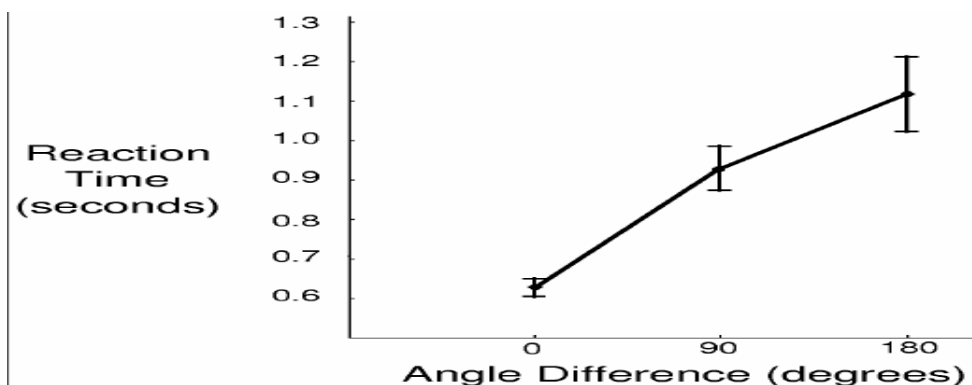


Figure 10. This graph shows the results of a pilot study on the mental rotation of Tetris shapes by players of differing skill levels. Reaction time (in seconds) is plotted against difference in orientation of two displayed L-shaped zoids (only differences from 0° to 180° are plotted). Only correct “same zoid” answers are included; i.e., conditions in which both zoids were either of type □ or of type ▤. A linear relationship between reaction time and angle-difference is readily apparent. The error bars represent 95% confidence intervals.

(直感的にもわかりやすいが) 物理的な回転を利用した **Epistemic** な行為は有効である

◻Rotating to Help Create an Orientation-Independent Representation

回転は記憶された情報を再生する手がかりになる

Orientation-Independent Representation を持つとはどういうことに結びつくのか?

◻実験的には2つの形が同じであろうが、どれぐらい2つの角度のずれが変わろうが反応時間は同じであるということ

◻回転という処理を施すことによって多くの表象を瞬時に作り上げることができる

どうして回転が手がかり再生を促進させるのか?

◻環境からのサポート (**environmental support**) があれば、再生は早くなる (**Park&Shaw,1992**)

◻ n だけ提示されたときよりも $n+1$ の手がかり刺激が与えられた時のほうが再生の成績がよい

EX. 一回の提示で再生するのに **1200ms** かかるとことが二回提示することで **1000ms** に時間が縮む事が予想される

Boltzman Machine による説明

C*T*R** という刺激を提示した直後に、*の部分に単語を補充して **CATARRH** という単語を完成する課題の場合、正答するまでに有限の t 値が予想される。そこで、***A*A*R*** という単語が二度目の刺激として入力されたならば回答はより速くできる

☆結論：二つの手がかり刺激は一つの手がかり刺激より有効

◻Rotating to Help Identify Zoids

◻回転を行うことで注意の機構が検出しなければならないプローブの数を削減し、ゾイドの再認を促進する

検出の過程

→個々のゾイドがワーキングメモリー内において3つの論理的なステップを踏む

1. 線や角、色が検出
2. 線や角が接合されたイメージの検出
3. より大きい単位のチャンクがワーキングメモリ内で符号化される

◻2, 3は注意の機構が関与していて、知覚的なチャンクを速く形成する能力が向上すればするほど高度に上達した注意システムができる (アイコニックバッファに投影された像への検索が早まる)

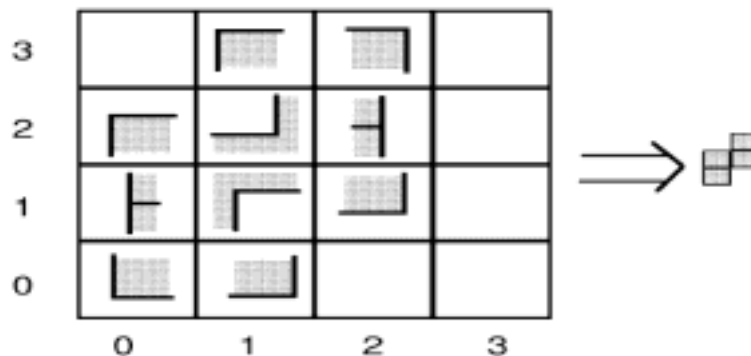


Figure 11. The iconic buffer is a 4 × 4 matrix of cells, each of which may contain a primitive feature.

Decision tree による探索

decision tree は、下位から上位の情報を取得していく

もし、アイコニックバッファがマトリックス状のセルの形で投影されているならば、

decision tree は個々のセルから全体を推定することになる

符号化が **decision tree** のようになっているのならば、回転をすることによってゾイドを検出する為に必要な注意の探索プローブの数を減らすこととなり、効率のよい方略となる

→外的な手段による探索が実行されることで、回転による注意の負荷は軽減される

☆回転のような行為と密接な注意の機構を考えるのは有効である

◻Rotating to Facilitate Matching

◻内的な回転より外的な回転を行うことはマッチングを **Phase 2** に相当する段階での処理をすることになる

→つまり、内的には後の **Phase** で行うことを外的にその処理を行うことで初期の段階でマッチングを促進させる

マッチングの内容

ワーキングメモリ内で情報が意識化されていなければ、ゾイドのチャックと輪郭のチャックの比較、マッチングは起きない：ワーキングメモリ内の初期のプロセス

□ TRANSLATION AS AN EPISTEMIC ACTION

‘移動’の意味

- **Pragmatic** な観点で見た場合、移動は、物理的に左右へとゾイドを移動させることである
- 観察内容：移動の **Epistemic** な使い方をしている様子、壁に一度移動させてから、もとに戻すという行為

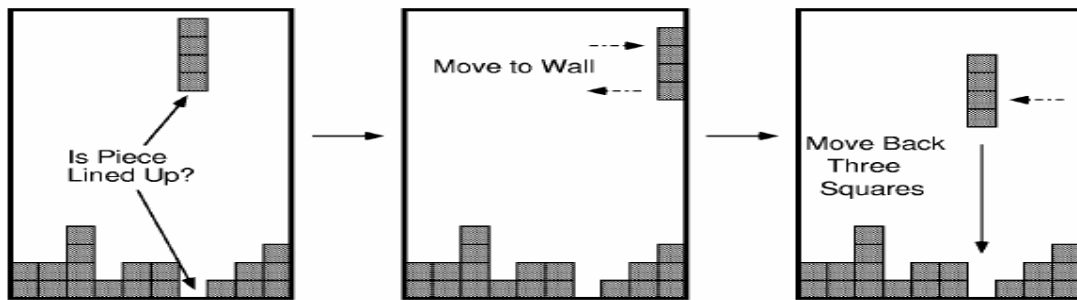



Figure 14. In a small percentage of cases players will drop certain zoids only after translating them to the nearest wall and then back again, as if to verify the column of placement. In this figure,  is translated to the outer wall and back again before it is dropped. The explanation we prefer is that the subject confirms that the column of the zoid is correct, relative to his or her intended placement, by quickly moving the zoid to the wall and simultaneously counting and tapping out the number of squares to the intended column.

理由：ゾイドを落とすための確信度を上げるため

- 提示された刺激の空間的關係における判断の精密度は刺激との距離によって多様に変化する (Jolicoeur, Ullman&Macky,1991)

→ 15段上からゾイドを落とす場合は、3段うえで落とす場合よりもミスを犯す確率は高くなるが、横に移動させることでステップを数えてミスを犯す確率を下げる

- ゾイドを落下する位置が **Epistemic** な動きをする場合と、しない場合の差が約6回ある

Table 1
Ordinary Drop Distance vs. Translate-to-Wall-then-Drop Distance

	Intermediate	Advanced	Expert
Mean Drop Distance	13.18	13.69	15.65
Mean Drop Distance after Translate Routine	19.04	19.33	20.05

Note. Within each skill level, the two means differ significantly as judged by a *t* test with $\alpha = .05$.

- 落下距離が大きければ大きいほど、壁に移動させるという行為を用いて落下させている

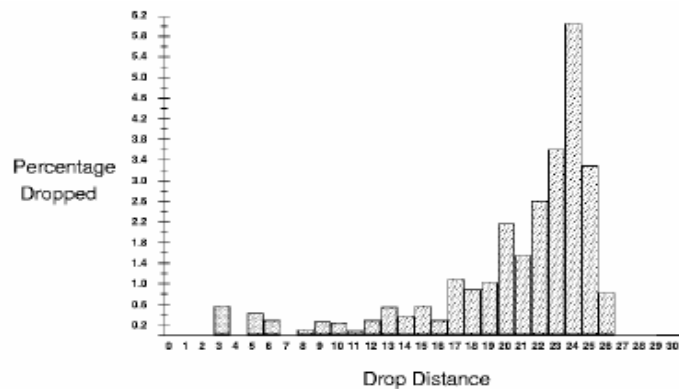


Figure 15. This graph plots the percentage of dropped zoids that followed a translate-to-wall routine against the distance they were dropped. The higher the drop, the more likely it followed a verification routine.

☆高い位置にあればあるほど、壁に移動させるという **Pragmatic** なコストはエラーの確率を軽減するという **Epistemic** なベネフィットを持つことになる

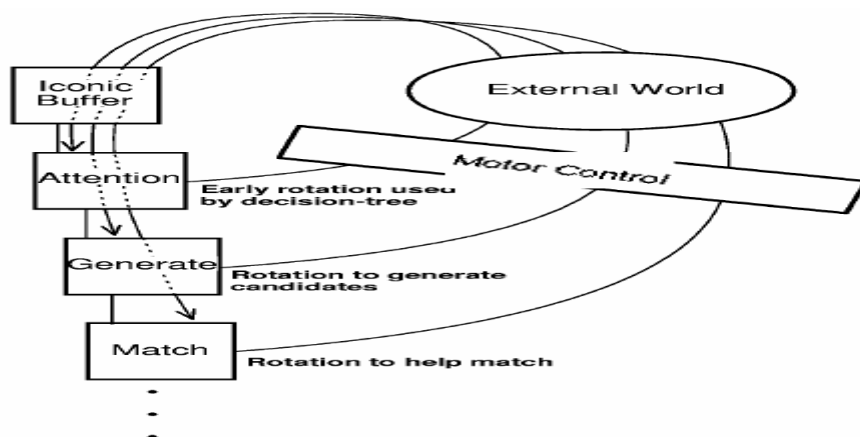
□ DISCUSSION

まとめ

- これまで **Epistemic** な行為の重要性に関して論じてきた
- ここで見てきた行為は、外界の問題状況にとって最適なものとして機能するというではなく主体の認知的な情報処理活動を促進させるためのものであった

内的世界と外的世界のプロセス図

□各情報処理機構（アイコンックバッファ、注意、生成、再認）も、内部と外部で独立に処理を行っているのではない、外界とのインタラクションを通じて処理を行っていると考えられる



問題空間の捉えなおし

□タスクに対する問い

- ▶ ‘あるタスクをどのように捉えるのか、例えば、個々の要素をカテゴライズし問題空間の表象を作り上げるのか?’ ‘エージェントが計算しやすいようにタスクを **manageable** で安易にするのか?’
- ▶ 文脈がパフォーマンスにどのような影響を及ぼすのか?
 - 知識資源がより多く分散化されているのならば、より正確で、早くパフォーマンスできるのではないか?

外的資源の能動的利用

□問題解決、プランニング、意思決定がエージェントの内部だけで行うよりも外界にその構造を **off-load** することで処理を施しやすくする

EX. チェスをする時、駒を実際に動かしてみたときのほうが可能な動きを知ることができる

☆ エージェントは世界とのよりインタラクティブな関係を持っている：主体は単に **Pragmatic** なのではなく、環境に対して適応的でありかつ、主体にとって影響のある **Epistemic** な行為をする

☆熟達化したエージェントほど内的、外的な知識資源を上手に使いこなしていると予想する

□**Epistemic Actions and Theories of Planning**

Epistemic な行為の cost-benefit

□**Epistemic** な活動には物理的な空間と情報的な空間という2つの **state space** によって起動しているということを **AI** プランニングの観点で論じてきた

→すなわち、**Epistemic** な行為における **payoff** は物理的な **payoff** と情報、**epistemic** な **payoff** に二分でき、双方によって算出される利得は **pragmatic** な利得よりも大きいと考えられる

□情報と行為のトレードオフ関係は **Stigler** にみられるような **cost-benefit** (費用 - 効果) がここにみられる

※**cost-benefit** は利益とコストを金銭の尺度を用いて示し比較したもの

テトリスを **Cost-Benefit** モデルを用いて検証

- ‘回転’
 - ▶ プレーヤーが初期段階で行う回転は、ゾイドの形やゾイドの位置に対して情報としての価値を高める
 - ▶ 回転を外的に行うという行為は、同じ性質を持った情報をメンタルローテーションを行う場合に比べてより速く、余分な努力を削減できる
- ‘移動’

- ・より高い位置で落下すればするほど、横の壁への移動が多くおきる
→より高い位置での落下はリスク（コスト）を削減する

意思決定における **cost-benefit** の適用によって説明できること

1. 合理的な行為：**Epistemic** という損失のある行動の意味を理解するのに有効
2. エキスパートとノービスの違い：熟達すればするほど、コストを削減するような行動をする

伝統的立場からの指摘

→伝統的な意思決定の研究（Howard,1966;Raifa,1968）からすれば、ある事柄が発生した後、その情報が価値のあるものなのかどうかを判断することが出来るとしており、情報収集の行為がどれほど価値のあるものなのかを知る段階では、そのような内的推論プロセスを考える必要はないのでは？

Epistemic な行為に関するまとめ

- 従来のプランニング研究からすれば奇妙なことかもしれないが、**Epistemic** な行為という考えを取り入れて見てみると、主体内における知覚、注意、推論の情報処理過程はかならずしも必要ということはない
- テトリスのように直接目標状態に到達すること（**Pragmatic**）を目的とするようなゲームにおいて、注意の喚起、再認、生成と検証、行為の実行といったエージェントにとって有効な行為を画面上で行っている
- 日常的な活動の中でもこのような行為は見られるだろう