

2016 年度 卒 業 論 文

パズルゲームにおける形状区別と色区別の  
思考時間への影響に関する研究

指導教員：渡辺 大地 講師

メディア学部 ゲームサイエンス プロジェクト

学籍番号 M0112078

遠藤 賢人

2017 年 3 月

2016 年度 卒 業 論 文 概 要

論文題目

パズルゲームにおける形状区別と色区別の  
思考時間への影響に関する研究

メディア学部

学籍番号：M0112078

氏  
名

遠藤 賢人

指導  
教員

渡辺 大地 講師

キーワード

認知科学、認知心理学、形状、形、色、パズルゲーム

落ち物パズルやマッチ 3 パズル等のパズルゲームにおけるオブジェクトは、そのパズルゲームを成り立たせる上で必要不可欠な情報でもある。そのオブジェクトの形状や色はゲームによって様々である。しかし、オブジェクトの形状が、色か形かで、スコアや思考時間の違いや有無は明らかになっていない。認知心理学の分野でも色か形かで思考結果や思考時間の違いがあるかは明らかになっていない。一方で、認知心理学の分野では過去にあった症例から脳のどの部位が何の機能を備えているかの研究に繋がっている。それは色や形の認知、認識に関する研究も多く存在する。脳で考える思考の神経回路は常に変化している。使用頻度の高い情報はより多くの情報を伝達できるように太く束ねられていき、使用頻度の低い神経細胞はより使用頻度の高い神経細胞と神経回路を形成していく。熟達化する程の神経回路が形成されると並々ならぬ高度な技術を持つことができる。だが未だに色か形かで思考結果または思考時間の関係は明確になっていない。本研究では、オリジナルのパズルゲームを制作し、ゲームの前半と後半でオブジェクトの形状パターンを変更しながらゲームをプレイし、それを分析、検証する。本研究の結果、前半に色を基調とした形状パターンでゲームを開始したグループの方が、スコアが高く思考時間が短い傾向にあることが判明した。

# 目次

第1章	はじめに	1
1.1	研究背景	2
第2章	認識と思考	3
2.1	認識	3
2.1.1	色の認識	3
2.1.2	形の認識	4
2.2	思考	5
2.3	ヒューリスティックとメタ認知	5
2.4	熟達化	6
2.5	仮説	6
第3章	調査	7
3.1	落ち物パズル・マッチ3パズル	7
3.1.1	落ち物パズル	8
3.1.2	マッチ3パズル	8
3.2	色を基調としたオブジェクト	8
3.3	形を基調としたオブジェクト	9
第4章	検証	10
4.1	実験用ゲーム	10
4.1.1	画面の配置	11
4.1.2	ゲームのルール	12
4.2	検証方法	15
4.3	考察	17
第5章	まとめ	18

謝辭 19

参考文献 20

# 目 次

4.1	注釈入りゲーム画面 . . . . .	11
4.2	ゲーム説明画像 1 . . . . .	13
4.3	ゲーム説明画像 2 . . . . .	13
4.4	ゲーム説明画像 3 . . . . .	14
4.5	ゲーム説明画像 4 . . . . .	14

# 表 目 次

4.1 $\alpha$ グループ . . . . .	16
4.2 $\beta$ グループ . . . . .	16

# 第 1 章

## はじめに

コンピュータの処理能力を利用するパズルゲームは、その処理能力を利用してアクション性、処理手順の自動化、色鮮やかな描画、現実では不可能な表現が可能になったりと様々な恩恵を受けている。テトリス [1] や Bejeweled[2] といったゲームではパズル内に様々なブロック等が数多く存在しても、一度に多くのブロック等の処理が行われてもスムーズにゲームが進行する。正方形や円といったものに赤や青といった彩色を施していたりと、パズル内で扱うブロック等は色も形も様々ではあるがパズルゲームを成り立たせる上では、こうしたブロック等の存在はルール上でも重要な要素であり特に色と形はパズルを遊んだり解くためには必要不可欠な情報である。しかし、これらのパズル内で扱うブロック等が、色を基調としているか形を基調としているかでスコアや思考時間に違いが現れるか明確になっていない。これは認知心理学の分野でも物体の形状が、色か形かで思考結果や思考時間の違いがあるかは明らかになっていない。

一方、認知心理学の分野では様々な研究が行われてきた。本田仁視著の視覚の謎症例が明かす〈見るしくみ〉 [3] には、多くの症例がまとめてある。その症例から脳のどの部位が何の機能を備えているかの研究に繋がっている。色や形に関する症例および研究もされており、高野陽太郎著認知心理学 [4] の 270 ページに、色を知覚するプロセスについては、現在ではかなり解明が進んでいる

と述べている。思考に関しても同書でも多く解説してある。また脳波検査により熟練者と未経験者  
とで、脳の何処が活発になっているか、といった研究も取れるようになっている [5]。だが未だに  
色か形かの思考結果や思考時間の関係は明確になっていない。本研究では、検証実験をする際に誰  
もが知っているような既存のパズルゲームのルールを基にして実験を行った場合、熟達化している  
被験者と熟達化していない被験者とで成績に結果に大きく差が出てしまう可能性がある。それを  
避けるために実験用にオリジナルのパズルゲームを使用して、パズル内で扱うブロック等が色を基  
調としているか形を基調としているかでスコアや思考時間がどうなるか、実際にゲームをプレイし  
てもらった。パズルゲームの出題順は全て統一し、パズル内で扱うブロック等を被験者ごとに色を  
基調とした物または形を基調とした物とで分類し実験用ゲームを開始する。実験の後半でパズル  
内で扱うブロック等を、色を基調とした物または形を基調とした物を入れ替えて実験を続行する。  
プレイ内容の分析した結果として、色を基調とした物で実験用ゲームを開始したグループの方がス  
コアが高く思考時間も短くもう一方のグループより優れた結果を残した。

## 1.1 研究背景

本論文の構成は次の通りである。第 2 章では眼で見たものが見える仕組みと、思考に関連する脳  
の仕組みについて述べる。第 3 章ではパズルゲームの説明と、それに使われているブロック等の分  
析を述べる。第 4 章で、研究の実験内容と実験結果の考察を行う。第 5 章で本研究のまとめを述  
べる。



## 第 2 章

# 認識と思考

この章では、人間の持つ機能である、視覚と思考についての説明をする。

### 2.1 認識

人間が色と形を認識するという仕組みを記述する前に、どのようにして人間は外界を認識するのか、眼で見るといふ事の流れを軽く触れておく必要がある。外界からの光が眼球の瞳孔、水晶体を通して網膜上で光を受け取る。網膜上に存在する錐体と杆体の光受容細胞（光受容体、視細胞とも）が受け取った光を電気信号に変換し、電気信号は神経節細胞から視神経を通じて脳に信号を送り外側膝状体を主に経由し後頭葉に位置する、第一次視覚野（V1）から順に情報処理を担うのが大まかな流れになる。ここまでの経路と脳の該当部位の働きに不調や損傷があると正常に外界を認識することができなくなる。2.1.1 節では色の認識、2.1.2 節では形の認識を述べる。

#### 2.1.1 色の認識

この節では人が色を認識する手続きについて絞って述べる。網膜には外界から得た光を受け取る光受容体が存在する。光受容体はその光を電気信号に変換して視覚神経に分類される数種類の

神経細胞を經由して神経節細胞に信号を送る。神経節細胞から電気信号は視神経を通じて脳へ信号を送り情報処理を行っている。光受容体の種類の一つに錐体細胞（錐体とも）というものがあり、錐体細胞には赤に対して反応する錐体、緑に対して反応する錐体、青に対して反応する錐体が存在する [6]。それぞれの色に対する信号の数を神経節細胞に束ねて最終的な色を表現している。この時点では色を実際に認識する段階にまでは至っておらず、それが成されるのは主に脳の第四次視覚野（V4）と呼ばれる部分 [7] にある。そこに信号がたどり着くまでに脳に損傷により情報が欠落すると、本来受け取る色が見えなくなり正確な判断ができなくなる [8]。

### 2.1.2 形の認識

この節では形を認識する内容のについて述べる。網膜にある光受容体で光を電気信号に変換して神経節細胞に信号を送るまでの手順は色を認識するのと同じである。いくつもの光受容体を収束する神経節細胞は網膜上に固有の領域を持っており、この領域を受容野という。受容野には「オン中心・オフ周辺」「オフ中心・オン周辺」の二種類の受容野が存在し [9]、この二種類の受容野が興奮した時に活発になる AND 理論の受容野が存在する。この AND 理論を持つ受容野がプライマルスケッチ [10] とも呼ばれる輪郭及びその部分部分である棒線、縁、境界線、特徴点を表現することができるが、この時点では形を実際に認識する段階にまでは至っていない。色と同じく脳の第四次視覚野（V4）で最終的な図形の認識は行われる [11][12]。加えて第四次視覚野（V4）の前段階の部分に当たる第二次視覚野（V2）には主観的輪郭で反応する細胞がある [11][13]。ドイツの心理学者グループのウェルトハイマーら [9][14] はゲシュタルト心理学にも形の認識に関連する内容がある。そこでは受容野で表現された輪郭等がグループ化して、それらをパターンとして捉えているとしている。また本田仁視著の視覚の謎症例が明かす〈見るしくみ〉 [3] には、盲人で目が見えなかった人が手術により目が見えるようになった人を対象とした研究の症例がいくつも載っているが、手で触ることである特定の形を認識していても目で見てその形を既知の形だと認識することが

できなかった [15]. その為形を認識するためにはその形に対する知識が必要なことがわかる. これらの事から形を認識するには輪郭のパターンと記憶に整合性が取れて初めて形を認識することができ, 色を認識するよりかなり多くの情報と処理が必要になる. 形から結果を導き出すにもそれだけの時間は必要になると考えられる.

## 2.2 思考

脳の情報伝達は神経細胞（ニューロンとも）の中でも主に介在神経細胞で形成している. 情報を送り出す為に神経細胞の細胞体から伸び先端で枝分かれしている軸索が一本と, 神経細胞の細胞体から, いくつもの樹状突起が枝分かれで伸びており複数の樹状突起で多くの情報を受け取る事が可能であり, 使用頻度が高い情報は複数の神経細胞同士を繋ぐ神経回路は多く, 太く束ねられていく. 使用頻度の低い樹状突起は無くなるが, 使用頻度の高い方向に樹状突起が生成することで, より効率的な神経回路を形成する. パブロフの犬 [16] を例にすると, 唾液分泌要因の餌と, 唾液分泌要因とは直接の関係が無い鈴の音を関連付けることで, 鈴の音を聞くことで唾液の分泌をするように次第に神経回路が形成していく. 鈴の音を餌と関連付けた状態で鈴の音が鳴っても餌が出ない状態が続くと, 次第に鈴の音と餌を関連付けた神経回路が解除されていく.

## 2.3 ヒューリスティックとメタ認知

ヒューリスティックはアルゴリズムのように必ずしも正しい答え, または最適な答えが出るとは限らないが, 大体うまくいく, であろう結果を素早く判断する判断方法である. 認知的な努力をせず直感で判断するのもヒューリスティックの一例で [17] 人間が判断する時には何かとこのヒューリスティックでよく判断している [18]. メタ認知は自分自身の認知情報を監視し情報や行動を制御する認知機能である [4]. ピアノであれば, 「いつもここで左手のリズムを間違える」と自ら気づいたり, 野球のピッチングマシンのボールを打つ練習であれば, 「バットがボールの下を空振って

いる」と自ら気づいたら、それを修正するように意識を制御するといった認知活動がメタ認知にあたる。人間が判断する時はまずヒューリスティックで大まかに判断し、その後メタ認知で状況確認や間違いが無いかダブルチェックを行っている [17].

## 2.4 熟達化

何かしら特定の学習を長期間行うと普通の人にはできないような高度な技能を得られる。学習によって技能を得ることを熟達化という [4]. 熟達化が行われるのは芸術、スポーツ分野、将棋等その事例は多岐に渡る。これはパズルゲームでも例外ではない。その一例として Tetris Holding. 公認のテトリス大会が開催された [19]. 高野陽太郎の認知心理学の文献 [20] では

波多野と稲垣（1983）は、手際のよい熟達者（routine expert）と適応的熟達者（adaptive expert）を区別した。

とある。手際のよい熟達者の場合では同じ流れを何度も繰り返しその一連の流れが知識として最適化及び自動化し熟達化している。適応的熟達者の場合では常に同じ課題をこなすのではなく毎回の課題の内容が少しずつ異なるものを解決して、並々ならぬ結果を残すような人である。コンピュータの処理能力を利用してランダム要素を利用できるパズルゲームでは、同じ問題を解くことは殆ど無く適応的熟達者と同じような熟達化が可能であると言える。

## 2.5 仮説

色や形を認識する段階では形を認識するのに記憶も必要になることから、その分認識するのに多くの情報量が必要になる事から色の方の認識が速く、その分思考時間が前倒しになると、本研究では仮説をたてるものとした。

## 第 3 章

# 調査

この章では、パズルゲームに関する説明を述べる。本研究で扱うパズルゲームは、ビデオゲームまたは、コンピュータゲーム等と呼ばれる物のうち、落ち物パズル、マッチ 3 パズル等のジャンル、主に格子状の盤面を持つパズルゲームの物を扱う。

### 3.1 落ち物パズル・マッチ 3 パズル

パズルゲームのジャンルの中でも、作品によってルールは様々ではあるが、ここでは落ち物パズル、マッチ 3 パズルを例に、各ジャンルの基本的なルールを解説する。本研究を論じる上で、呼称の定義を一つ設ける必要がある。いくつか作品と共に例に挙げると、落ち物パズルの場合テトリス [1] では上から落ちてくる物体はブロックを、コラムス [21] では宝石を、ドクターマリオ [22] ではカプセルをパズルの題材として使用しており、マッチ 3 パズルの場合 Bejeweled[2] では盤面に敷き詰められている物体は宝石を、CandyCrushSaga[23] ではキャンディをパズルの題材として使用している。基本的なルールとしては共通しているが、このようにゲームによって物体はそれぞれ異なる。本研究内ではこれらの物体を総称して「オブジェクト」と呼称する。また本研究とは直接の関係は無いが、ゲーム内でパズルをする盤面のことを「フィールド」と呼称する。

### 3.1.1 落ち物パズル

落ち物パズルのルールとしては格子状の盤面の上部からオブジェクトが1組で降下してくる。降下してるオブジェクトは左右に操作することができ、フィールドの底辺かフィールド内にある他のオブジェクトに着地すると、そのオブジェクトは操作ができなくなり、新たにフィールドの上部からオブジェクトが1組降下してくる。フィールドのオブジェクトが特定の並び方をすると、そのオブジェクトをフィールドから消すことができる。3.1.2 節で説明するマッチ3パズルと同様に、同じ種類のオブジェクトを縦または横に3つ以上一直線に並べると消す事ができる作品も存在する。オブジェクトが出てくるフィールドの上部である天井の特定箇所を超える程、オブジェクトが積み上がるとゲームオーバーとなる。

### 3.1.2 マッチ3パズル

マッチ3パズルのルールとしては、格子状の盤面にオブジェクトが敷き詰められている、フィールド内の隣り合ったオブジェクト同士を交換し、オブジェクトが特定の並び方をすると、そのオブジェクトをフィールドから消すことができる。特に同じ種類のオブジェクトを縦または横に3つ以上一直線に並べて消す事が、基本的なルールであり、ジャンル名の由来にもなっている。制限時間を迎えるか、オブジェクト同士の交換ができなくなるとゲームオーバーとなる。

## 3.2 色を基調としたオブジェクト

この節と3.3 節では落ち物パズル、マッチ3パズル等のパズルゲームで使われるオブジェクトの区別方法に関する内容になる。本研究ではオブジェクトの色を基調とするパズルと、形を基調とするパズルの二種類に分類した。

ここでは色を基調とした作品をいくつか例に挙げていく。3.1 節でも例として挙げたコラムス、Bejeweled の2 作品はそれぞれジャンルは異なるが、どちらも宝石をモチーフとしたようなオブ

ジェクトであり、オブジェクトの種類ごとに色が分かれている。ちなみに、同じ種類のオブジェクトを縦または横に3つ以上一直線に並べると消えるという点は、どちらにも存在する共通のルールでもある。コラムスは縦、横に加えて斜めに消すことも可能である。

ぷよぷよ [24]、パズルボブル [25]、パズル&ドラゴンズ [26] の3作品はそれぞれ、各種オブジェクトごとに色が異なるのは勿論、形も比較的均一な形に整っている。

### 3.3 形を基調としたオブジェクト

3.2 節とは異なり、形を基調とする作品をいくつか例に挙げていく。

ヨッシーのたまご [27] でのオブジェクトの形状は同じマリオシリーズのキャラクターをモチーフにしている。そのオブジェクトのキャラクターも緑ノコノコと赤ノコノコという組み合わせのような色違いのものは無く、どれも形状としては個性的な異なるキャラクターが対象となっている。同じ種類のオブジェクトを縦に並べるか、「したたまご」と「うえたまご」のオブジェクトでハンバーガーのように挟むと消える。

べくたーぷらいむ [28] という作品では矢印の方向を題材にしている。フィールドに矢印の形をしたオブジェクトを配置していき、オブジェクトを起動すると矢印の方向にビームが飛んでいき起動したオブジェクトは消える。ビームの飛んだ先に別のオブジェクトが存在すれば、そのオブジェクトに記されている矢印の方向にビームが曲がり通過したオブジェクトも消える。

スマートフォン等の携帯機器でさえ様々な色数を扱える現在となっては珍しいが、形を基調とせざるを得ない例が存在する。任天堂の携帯ゲーム機、ゲームボーイのソフトがその一例である。ゲームボーイのマシンスペックにより扱える色数はグレースケールの4色のみ制限されている。当時の技術では十分な色数を扱えない為、色を扱う代わりに形を扱うことで対象オブジェクトの視認を補う手法を用いている。

## 第 4 章

# 検証

本研究で検証を行う上で 2.4 節で説明した熟達化を考慮すると、誰もが知っているような既存のパズルゲームのルールを基にした検証するのは好ましくない。既存のパズルゲームを基にしたルールの場合、既に熟達化した技能を基に優れた成績は残せるが、そのゲームを熟達化していない他の被験者と大きな差が出てしまい検証結果としては良質なものとは言えなくなる。それを考慮し本研究の検証の為に制作したオリジナルの実験用のパズルゲームを使用し、実際に被験者にその実験用のパズルゲームをプレイしてもらった。制作パズルゲームの制作に当たっては、C++ 言語で制作し、ゲームの描画部分を主に Siv3D[29] ライブラリを用いた。

### 4.1 実験用ゲーム

まず本研究で制作した実験用ゲームがどういうゲームなのかを理解する必要があるため、ここで説明をする。



#### 4.1.1 画面の配置

ここでは本研究で制作した実験用ゲームの画面の見方を説明する。図 4.1 は、実験用ゲームの実行画面に対し注釈を入れたものである。

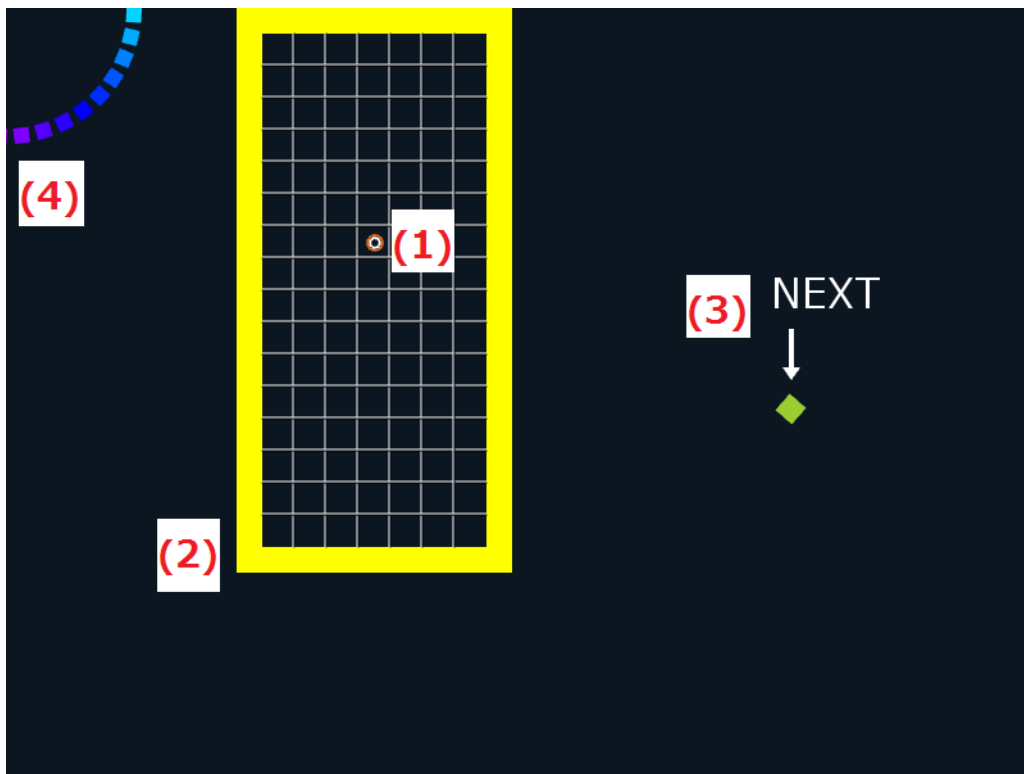


図 4.1 注釈入りゲーム画面

実験用ゲームを立ち上げると、黒い背景で図 4.1 のような配置をしたアプリケーションウィンドウが開く。尚、図 4.1 中にある (1) から (4) までの注釈は実際の実験用ゲームには配置されていない。

縦に長い黄色の長方形の内側に、外側の円周が茶色で内側の円周が白色の円が存在する。(図 4.1 の (1) で示された円) この円はこの実験用ゲームのカーソルになる。カーソルは矢印キーを押すことで後述するフィールドを格子単位で、矢印の方向にそれぞれ上下左右に動かすことができる。スペースキーを押すとカーソルの位置にオブジェクトを置くことができる。ただしその位置に

既にオブジェクトが存在する場合、スペースキーを押してもオブジェクトを置くことはできない。矢印キー、スペースキーはそれぞれ押した瞬間のみに動作する。

図 4.1 の (2) でも示されている縦に長い黄色の長方形は、この実験用ゲームでパズルをプレイする為のフィールドであり、縦 16 マス、横 7 マスの格子状になっている。先程説明したカーソルは、このフィールドの外側、つまり黄色の長方形の外側に出ることはできない。1 マスに 1 つオブジェクトを配置することができ、そのマスにオブジェクトが存在しなければ（空白であれば）オブジェクトを置くことができるマス同士の間には視認性の為に白線を引いている。

フィールドの右にある、図 4.1 の (3) に当たる NEXT と矢印、矢印で指されたオブジェクトは次に置くことができるオブジェクトを予告している。図 4.1 を例にすると黄緑色のひし形が予告しているため、カーソルがあるマスが空白のマスでスペースキーを押すと、そのマスに黄緑色のひし形が置かれる。オブジェクトを置いた後、新たなオブジェクトを予告する。

図 4.1 の (4) を注釈している画面左上はゲームには直接の関係は無く、ゲームが正常に動いていれば色相環図が回る。基本的には動作確認用のものではあるが、空白ではないマスにオブジェクトを置こうとするとテキストメッセージで「そこには置けません。(can't put here.)」と警告が出る。

#### 4.1.2 ゲームのルール

この実験用ゲームでは形を基調とするオブジェクトの形状パターン（オブジェクトの形が異なるパターン）と、色を基調とするオブジェクトの形状パターン（オブジェクトの色が異なるパターン）の二種類がある。前者の形を基調とするオブジェクトの形状パターンでは色は黄緑色で統一し、三角、ばつ印のクロス、ひし形の三種類のパターンを使用する。後者の色を基調とするオブジェクトの形状パターンでは形は正方形で統一し、赤、青、白の三種類のパターンを使用する。それぞれでオブジェクトの形状パターンは異なるがルールはどちらも同じである。

この実験用ゲームでのオブジェクトの消し方は、リバーシ（オセロ）のように別の種類のオブジェクトを同じ種類のオブジェクトで挟むように、縦か横の位置にオブジェクトをフィールドに置くことでフィールドからオブジェクトを消すことができる。ただしリバーシとは異なり斜めではオブジェクトを消すことができない。リバーシでは置いた場所を基準に挟まれたコマをひっくり返すことができる。実験用ゲームでは置いた場所を基準に挟まれたオブジェクトをフィールドから消すことができ、この時挟んだオブジェクトも一緒に消える。図 4.2 は形を基調とするオブジェクトの場合で表現したゲーム画面を、図 4.3 は色を基調とするオブジェクトの場合で表現したゲーム画面である。図 4.2 の形を基調とするオブジェクトの場合、カーソルの位置でオブジェクトを置くとカーソルの位置にひし形のオブジェクトが置かれる。その時に置いたひし形のオブジェクトを基準に三角のオブジェクト 1 個を既にフィールドに存在するひし形のオブジェクトで挟んだことになるので、挟まれた三角のオブジェクトと三角のオブジェクトを挟んだひし形のオブジェクトがフィールドから消える。図 4.3 のような色を基調とするオブジェクトの場合でも根本的なルールは全く同じであり、カーソルの位置に置いたに白のオブジェクトを基準に赤のオブジェクト 1 個を既にフィールドに存在する白のオブジェクトで挟むと、挟んだ白のオブジェクトと挟まれた赤のオブジェクトがフィールドから消せる。

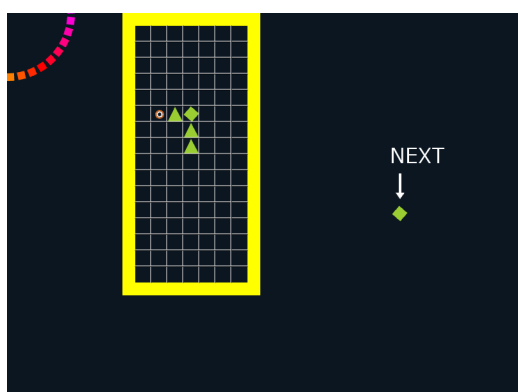


図 4.2 ゲーム説明画像 1

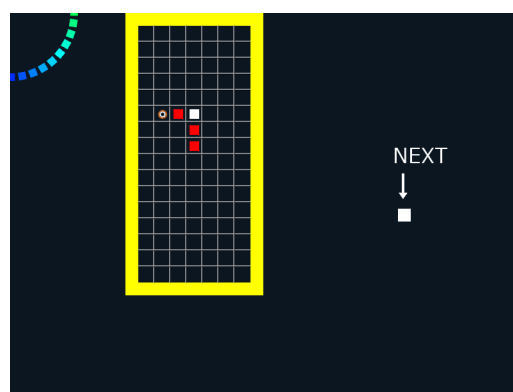


図 4.3 ゲーム説明画像 2

条件さえ合致していれば挟むオブジェクトの間になんどもオブジェクトが存在しても、まとめて

フィールドから消すことができる。図 4.4 は左は形を基調とするオブジェクトの場合で、右は色を基調とするオブジェクトの場合で表現したものの消し方の一例である。図 4.4 のような場合を例に、カーソルの位置にオブジェクトを置くと、挟まれたオブジェクト 10 個と挟んだオブジェクト 2 個で合計 12 個をまとめてフィールドから消すことができる。図 4.5 は左は形を、右は色を基調とするオブジェクトの場合で表現したものの複数種類のオブジェクトを挟んだ場合を説明する図である。図 4.5 のように、カーソルの位置にオブジェクトを置いても複数種類のオブジェクトを挟んでいる場合はフィールドから消すことができない。

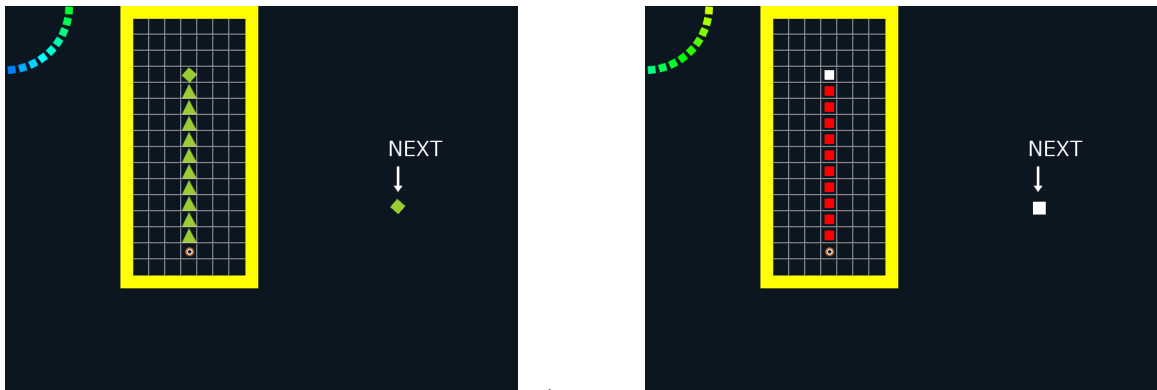


図 4.4 ゲーム説明画像 3

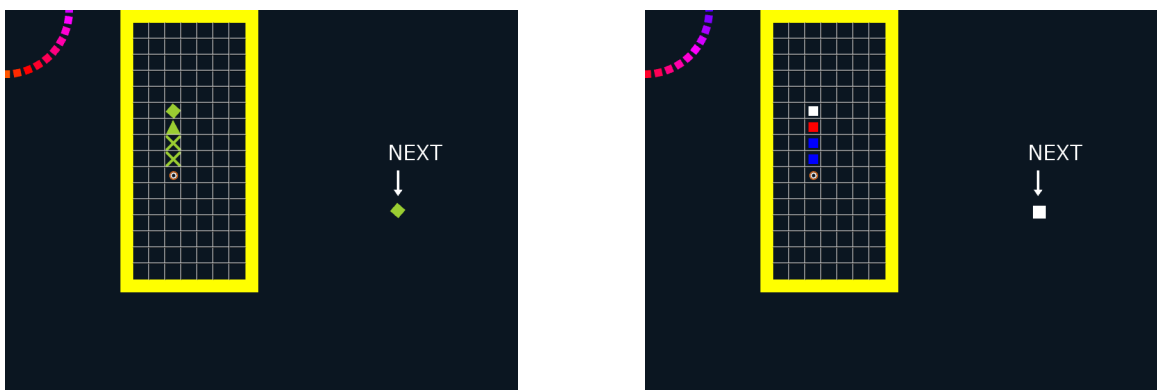


図 4.5 ゲーム説明画面 4

## 4.2 検証方法

本研究で制作した実験用のパズルゲームは、ゲーム内で問題を出題するというもので、問題は問一答形式で行った。ここで出題される問題とは、予めオブジェクトが特定の配置をされたフィールドの事を指し、CSV ファイルで問題の情報を管理しており読み込むことができる。問題が出題されると同時に操作が可能になり、オブジェクトを置ける位置に置くまでを一手とし、その一手を一答とする。実験開始のキーを被験者が押してからその被験者の実験が開始される。問題を回答すると新たに問題が出題される。実験の前半終了後にゲーム内でオブジェクトの形状パターンを自動で変更し、オブジェクトの形状パターンが変更された状態で実験の後半がそのまま継続される。全ての問題の回答を終えた時点でその被験者の実験が終了となる。被験者ごとに二種類のオブジェクトの形状パターンのうちの、どちらで実験が開始されるかが異なるが問題を出題する内容や問題を出題する順番、実験用ゲーム自体のルールは全て同一の内容となっている。被験者には実験用ゲームのルールを把握するためにマニュアルを読んでからプレイする。被験者がマニュアルを読み始めてから実験を終了するまで、実験者は被験者に対して実験用ゲームの内容に関する関与はしない。実験中その被験者のゲームのプレイ内容のデータは CSV ファイルで記録され、各問題ごとに、どちらの形状パターンでプレイしているか、どこにオブジェクトをフィールドに置いたかの座標、その問題が出題されてからオブジェクトを置ける位置に置くまでの時間、その問題での得点に当たるオブジェクトをフィールドから消した数を記録していく。ここでの得点は単純に『オブジェクトをフィールドから消した数  $\times$  10』として記録する。

この実験方法で得た実験結果を基に、各被験者ごとに前半部分と後半部分でそれぞれ各問題の回答時間と得点とで、それぞれ平均値を求めた結果が以下の表 4.1 の色を基調としたオブジェクトを最初に始めた  $\alpha$  グループ、表 4.2 の形を基調としたオブジェクトを最初に始めた  $\beta$  グループの表である。また、この表中には各被験者の平均値をグループごとに更に平均して求めた値がそれぞれ

の表の「平均」の列である。

表 4.1  $\alpha$  グループ

被験者 $\alpha$ グループ		A	B	C	D	E
色 (前半)	秒	5.86	10.63	8.39	20.37	3.23
	スコア	75.4	66.3	75.4	65.4	70.9
被験者 $\alpha$ グループ		A	B	C	D	E
形 (後半)	秒	5.45	11.04	9.14	15.03	3.18
	スコア	73.6	70.9	75.4	81.8	87.2
被験者 $\alpha$ グループ		F	G	H	I	平均
色 (前半)	秒	4.99	2.78	16.77	9.39	9.16
	スコア	56.3	59.0	79.0	65.4	68.1
被験者 $\alpha$ グループ		F	G	H	I	平均
形 (後半)	秒	5.30	3.89	14.60	7.68	8.37
	スコア	77.2	63.6	78.1	87.2	77.2

表 4.2  $\beta$  グループ

被験者 $\beta$ グループ		J	K	L	M	N	O	P	Q	R
形 (前半)	秒	28.47	26.33	5.66	8.17	10.72	6.10	11.89	10.70	11.47
	スコア	70.0	71.8	65.4	71.8	65.4	73.6	68.1	66.3	50.9
被験者 $\beta$ グループ		J	K	L	M	N	O	P	Q	R
色 (後半)	秒	26.82	11.91	4.97	5.41	8.81	4.08	8.50	6.12	8.91
	スコア	75.4	75.4	79.0	64.5	75.4	75.4	84.5	75.4	75.4
被験者 $\beta$ グループ		S	T	U	V	W	平均			
形 (前半)	秒	14.95	5.88	8.66	8.39	14.44	12.27			
	スコア	80.9	61.8	49.0	79.0	57.2	66.5			
被験者 $\beta$ グループ		S	T	U	V	W	平均			
色 (後半)	秒	8.68	3.99	5.30	7.08	13.77	8.84			
	スコア	91.8	57.2	70.0	85.4	70.9	75.3			

### 4.3 考察

今回の実験結果を分析してみると、前半に色のオブジェクトをプレイした  $\alpha$  グループの平均の思考時間は 9.16 秒、平均スコアは 68.1、前半に形のオブジェクトをプレイした  $\beta$  グループの平均の思考時間は 12.27 秒、平均スコアは 66.5 となり、平均の思考時間では、およそ 3 秒の差で色のオブジェクトをプレイした  $\alpha$  グループが短く、平均スコアも色のオブジェクトでプレイした  $\alpha$  グループが良い成績を残している。また、ここまでで考えれば色の方が平均の思考時間は短く、スコアは高いと考えることはできる。後半では形のオブジェクトでプレイする  $\alpha$  グループの平均の思考時間は 8.37 秒、平均スコアは 68.1、後半は色のオブジェクトをプレイする  $\beta$  グループの平均思考時間は 8.84 秒、平均スコアは 75.3 となった。後半でも  $\alpha$  グループの方が平均スコアは高いが、後半に入って  $\beta$  グループの平均の思考時間は大きく  $\alpha$  グループとの差を縮めた。それでも平均の思考時間は同等か  $\alpha$  グループの方が僅かに短い。まとめると先に色のオブジェクトで開始したグループの方がスコアが高く、思考時間が短い傾向があることが判明した。この結果から考えられる可能性としては、まず今回、色と形の前半後半共に  $\alpha$  グループの方が良い結果を残したことから、単純に色のオブジェクトの方が良い結果が残せる訳ではないことは容易に判断できるだろう。後半に色のオブジェクトをプレイした  $\beta$  グループの平均の思考時間は  $\alpha$  グループとの差を大きく縮めている。このことから熟達化の度合いとして色の方が優位になる。または熟達化までの要素として色は重要ではないかと考えられる。

## 第 5 章

### まとめ

認知心理学の分野では色と形の認知, 認識に関する研究は多く存在するが色か形かで思考結果や思考時間の違いや有無は明らかになっていなかったため, 本研究では, パズルゲームという観点から色か形かによる思考結果や思考時間の違いの有無の検証を行った. ゲーム中のオブジェクトの形状パターンを変更した実験結果から, 色と形とでは色の方が習熟過程としての要素が大きいことがわかった. 今後はより多くデータ, または詳細なデータの取得または蓄積による更なる研究の発展と, 新たなパズルゲームの品質向上や, 遊んでてずっと楽しいと思えるパズルゲームのアイデアのヒントに繋がればと願う.



# 謝辞

本研究を行うにあたり、ご指導くださった渡辺先生をはじめとする指導教員の方々、特に渡辺先生には多大なるご迷惑をおかけしてしまった上で、ご支援ご協力をいただきました。心より感謝いたします。実験に協力していただいた方々、ならびに家族の皆様にも深く感謝します。

## 参考文献

- [1] tetris.com. <http://tetris.com/>. 最終閲覧:2017.01.17.
- [2] bejeweled.com. <http://www.bejeweled.com/>. 最終閲覧:2017.01.17.
- [3] 本田仁視. 視覚の謎症例が明かす〈見るしくみ〉, pp. 46–47, 50–51, 214–236. 福村出版, 1998.
- [4] 高野陽太郎. 認知心理学, pp. 270, 310, 313–314. 一般財団法人放送大学教育振興会, 2013.
- [5] 田中悟志, 花川隆, 本田学. 達人の脳内機構. BRAIN and NERVE-神経研究の進歩, Vol. 60, No. 3, pp. 257–262, 2008.
- [6] C. Binney, R. *Colour vision*. Van Nostrand, Netherlands., 1961.
- [7] S Zeki. A vision of the brain. 現代基礎心理学 7 思考・知能・言語, 1993.
- [8] A. Damasio, T. Yamada, H. Damasio, J. Corbett, and J. McKee. Central achromatopsia:behavioral, anatomic, and physiologic aspects. *Neurology*, Vol. 30, pp. 1064–1071, 2007.
- [9] 石口彰. 視覚, pp. 17, 82–83. 新曜社, 2006.
- [10] D. Marr and E.C. Hildreth. Theory of edge detection. pp. 187–217, 1980.
- [11] 横澤一彦. 視覚科学, pp. 210–213. 勁草書房, 2010.

- [12] I. Fujita, K. Tanaka, M. Ito, and K. Cheng. Columns for visual features of objects in monkey inferotemporal cortex. *Nature*, Vol. 360, pp. 343–346, 1992.
- [13] R. von derHeydt, E. Peterhans, and G. Baumgartner. Illusory contours and cortical neuron responses. *Science*, Vol. 224, pp. 1260–1262, 1984.
- [14] Robert L.Solso[訳：鈴木光太郎][訳：小林哲生]. 脳は絵をどのように理解するか絵画の認知科学, pp. 101–115. 新曜社, 1997.
- [15] J. Wardrop. Case of a lady born blind, who received sight at an advanced age by the formation of an artificial. *Philosophical Transactions*, Vol. 116, pp. 529–540, 1826.
- [16] P. Pavlov, I. *conditioned reflexes*. Oxford University Press, 1927.
- [17] 乾敏郎, 吉川左紀子, 川口潤. よくわかる認知科学. ミネルヴァ書房, 2010.
- [18] Daniel Kahneman and Amos Tversky. Subjective probability: A judgment of representativeness. In *The concept of probability in psychological experiments*, pp. 25–48. Springer, 1972.
- [19] tetris.com. 2015 ctwc recap. <http://tetris.com/2015-ctwc-recap/>. 最終閲覧:2016.08.25.
- [20] 波多野諠余夫, 稲垣佳世子. 文化と認知. 現代基礎心理学 7 思考・知能・言語, 1983.
- [21] コラムス (セガ 3d 復刻アーカイブス 3 収録バージョン). <http://archives.sega.jp/3d/archives3/columns/>. 最終閲覧:2017.01.17.
- [22] ドクターマリオ (wiiu バーチャルコンソール). <https://www.nintendo.co.jp/titles/20010000003946>. 最終閲覧:2017.01.17.
- [23] candycrushsaga.com. <http://candycrushsaga.com/en/>. 最終閲覧:2017.01.17.
- [24] ぷよぷよポータルサイト. <http://puyo.sega.jp/portal/index.html>. 最終閲覧:2017.01.17.

- [25] Line パズルポブル. <https://www.taito.co.jp/mob/item/0000030001>. 最終閲覧:2017.01.17.
- [26] パズル&ドラゴンズ. <https://pad.gungho.jp/index.html>. 最終閲覧:2017.01.17.
- [27] ヨッシーのたまご. <https://www.nintendo.co.jp/n02/dmg/yoj/>. 最終閲覧:2017.01.17.
- [28] べくたーぷらいむ. <http://n-linear.org/vecpura/>. 最終閲覧:2017.01.17.
- [29] 鈴木遼. Siv3d. <http://play-siv3d.hateblo.jp/entry/introduction>. 最終閲覧:2016.08.05.