

ルールを解くデジタルジグソーパズルの制作

石崎航琉¹ 松永康佑¹ 藤木淳¹

概要: 従来のジグソーパズルは、ピースの絵柄や形などの静的な要素を手がかりとして、ピースの連続性を認知しパズルを完成させる。一方で、デジタルパズルの分野におけるジグソーパズルは、デジタルパズルならではの仕掛けを取り入れた作品は少ない。筆者は、インタラクティブ性のある要素を手がかりとしたルールを解き、ルールの変化に伴い難易度が変化するデジタルジグソーパズル作品である「Adap+ation」を制作する。被験者実験により、ルールの違いによって難易度が異なるゲームデザインになっていることを確認した。

1. 背景

従来のジグソーパズルは、ピースの絵柄や形などの静的な要素を手がかりとして、ピースの連続性を認知しパズルを完成させる。一方で、デジタルパズルの分野におけるジグソーパズルは、従来のジグソーパズルのルールをデジタルで再現した作品が多く、デジタルパズルならではの仕掛けを取り入れた作品は少ない。筆者は、デジタルツールの特性を利用したインタラクティブ性のある要素を手がかりとすることで、従来のジグソーパズルとは異なる解法を要するジグソーパズルになると考えた。

2. 目的

本研究では、ルールを解き、ルールの変化に伴い難易度が変化するデジタルジグソーパズル作品である「Adap+ation」[1]を制作する。ルールの違いによって難易度が異なるゲームデザインとなることを目指す。

3. 関連作品

従来のジグソーパズルとは異なる手法を用いたデジタルパズルの例として、視点座標を操作することにより完成に見える角度を探すパズルである「Poly Art 3D」[2]がある(図1)。ルールが変化していくデジタルゲームの例として、「This Is The Only Level」[3]がある(図2)。「This Is The Only Level」では、マップが1種類に限られているのに対し、ステージ毎にキャラクタを操作するルールやステージを構成するルールが変化する。

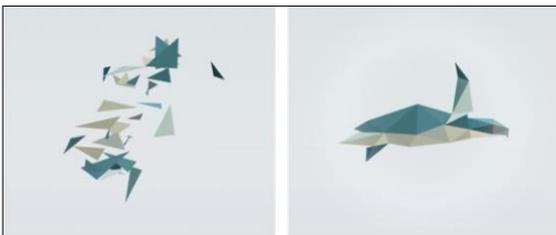


図1 PolyArt3D

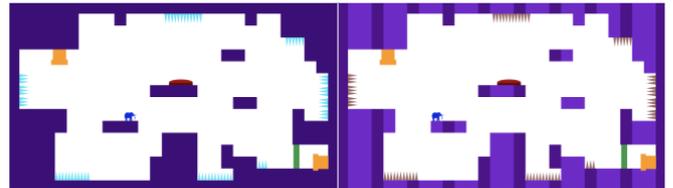


図2 This Is The Only Level

4. 方法

ゲーム開発プラットフォームである Unity を用いて、ルールを解き、ルールの変化に伴い難易度が変化するデジタルジグソーパズル作品である「Adap+ation」を制作する。次に、ゲームの進行に応じて適度な難易度やクリアタイムを設定可能となるよう、制作した異なるルールを持つ複数のデジタルジグソーパズル作品を用いて難易度とクリアタイムに関する被験者実験を実施する。実験の結果から、ルールと難易度の関係について考察する。

5. Adap+ation

本作品は、従来のジグソーパズルとは異なるルールによって構成された計 15 種類のデジタルパズルをオムニバスの集めた作品である。パズルが開始すると図3のように画面中央に揃えられていたピースがランダムな位置に分散する。プレイヤーは各ピースを元々配置されていた位置へと正しく配置することでパズルの完成を目指す。パズルが完成すると、再びピースがランダムに配置され、新たなルールが適応され次のゲームが始まる。

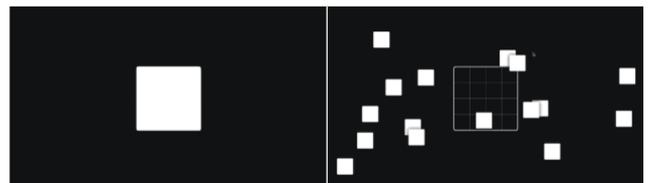


図3 ランダムに配置されるピース

以下、本作品内のデジタルパズルの一部を紹介する。

5.1 Movie Puzzle

Movie Puzzle では、ピースの絵柄や形状といった要素は排除している。(図4)本パズルでは矩形のピースの絵柄にプレイヤーの姿がモノトーンで映し出される。プレイヤーは、自らの身体を能動的に動かすことにより、ピースに映し出された映像同士の動きの連続性を認知し、パズルを完成させる。

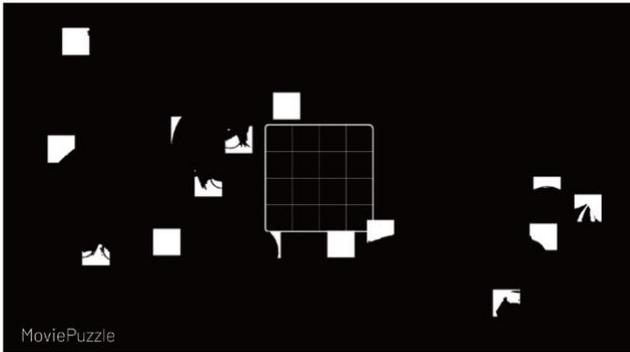


図4 Movie Puzzle

5.2 Nama Puzzle

Nama Puzzle では、ピースの絵柄や形状といった要素は排除している。本パズルでは矩形のピース上を常に移動する複数の点が描かれる。動く点はピースの連続性に則り、ワープ移動するように移動する。(図5)例を挙げると、ピースAを正しく並び替えた際に右隣にピースBが存在する場合、ピースA上を右方向へ移動する点は、ピースBがピースAから離れている状態でも、ピースAの右端へ達した瞬間にピースBの左端へと座標が移動しそのまま右方向への移動を続ける。このように、プレイヤーはワープ移動する点の動きの連続性を捉え、パズルを完成させる。

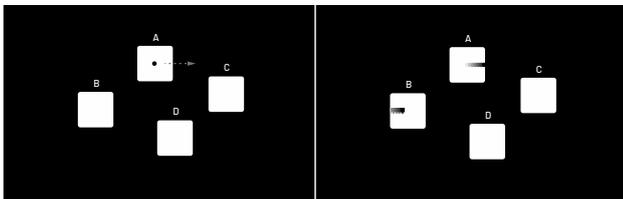


図5 点のワープ移動

5.3 Parent-child Puzzle

Parent-child Puzzle では、ピースが基本的なジグソーパズルと同様の形状をしており、絵柄は描かれていない。プレイヤーはピースの形状からピースの本来あるべき位置(以下、ゴールとする)を推測し、ピースを当てはめる。また、ピース間にはプログラミングなどで用いられる概念である親子関係が存在している。親子関係とは、影響を与える側と影響を

受ける側の従属関係を表す用語で、親オブジェクトに与えた変化や要素が子オブジェクトに継承されることを示す。このパズルでは、16個のピースが16階層となるように親子関係が適用されており、親オブジェクトに与えた座標変化の情報が子オブジェクトに引き継がれる。(図6, 図7)つまり、最上層の親となるオブジェクトをドラッグ移動すると、その階層下に含まれるオブジェクトにその移動量が加わる。反対に、最も最下層の子となるオブジェクトを移動した場合は、そのオブジェクトのみが移動する。解法としては、上層のピースからゴールへと当てはめていくことにより、一度ゴールへ移動したピースは次に操作したピースの影響を受けず、移動することがなくなるためスムーズにパズルを完成させることが可能となる。

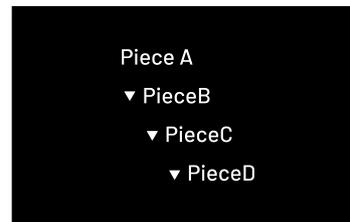


図6 オブジェクトの親子関係

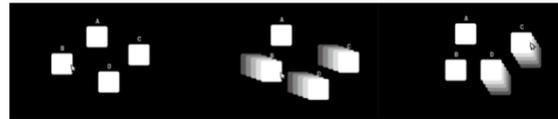


図7 親子関係に基づいたピースの移動。

5.4 Eye Puzzle

Eye Puzzle では、ピースの絵柄や形状といった要素は排除している。本パズルでは矩形のピース上にそれぞれ一つの点が描画されており、ピース上の点は、ゴールから見たカーソルの位置に追従しピース内を円周状に移動するようにプログラミングされている。(図8)プレイヤーは、カーソルの位置変化から、周囲にあるゴールに対応するピースを探し出すことでパズルを完成させる。

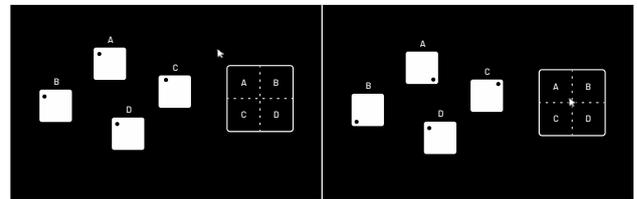


図8 カーソル位置に応じた点の移動

5.5 Ami Puzzle

Ami Puzzle では、ピースの絵柄や形状といった要素は排除している。本パズルでは、正方形グリッド状に16分割された網オブジェクトが各ゴール上へ配置されている。網オブジェクトとピースはそれぞれ16つのレイヤーに分かれており、複数のオブジェクトが重なった場合、上層のレイヤーに位置するオブジェクトが優先的に描画され

る。(図9, 図10) 網オブジェクトとピースが重なった場合も上層のレイヤーに位置するオブジェクトが優先的に描画されるため、網オブジェクトが重なったピースよりも上層のレイヤーにある場合はピースが網の後ろへ描画される。このため、最下層のレイヤーに位置するピースは消去法的に一つのゴールへしか当てはまることはない。また、下から二番目のレイヤーにあるピースは二つのゴールに当てはまる可能性があるが、最下層のピースの位置が確定したことにより消去法で当てはまるゴールが確定する。このように、最下層のレイヤーに位置するピースから順に解いていくことでこのパズルを解くことが可能である。

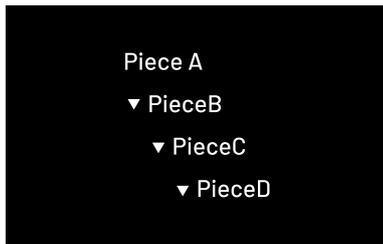


図9 ピースのレイヤー関係

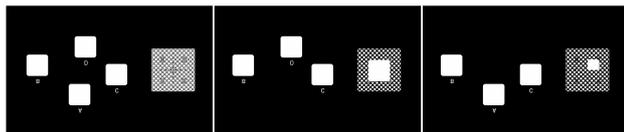


図10 レイヤー関係に基づいたゴール位置の判定

5.6 Arrow Puzzle

Arrow Puzzle では、ピースの絵柄や形状といった要素は排除している。本パズルではピースをドラッグすると、ピース上に矢印のアイコンが表示される。矢印の矢の先には常にドラッグしているピースのゴールが来るよう矢印の角度が変化する。(図11)

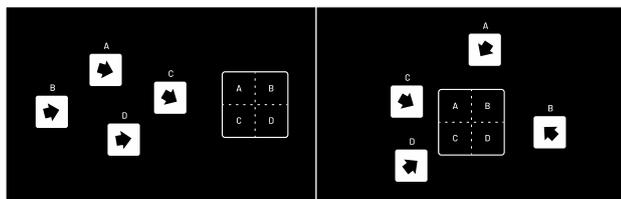


図11 矢印によるゴール位置の判定

5.7 Hidden Puzzle

Hidden Puzzle では、ピースが一般的なジグソーパズルと同様の形状をしており、絵柄は描かれていない。本パズルにおいてピースは、通常の塗りが白いピースと、アウトラインのみが描かれたピースの2種類があり、アウトラインのみ描かれたピースによって通常のピースがマスクされている。(図12) つまり、初期状態では通常ピースは描画されておらず、通常ピースの上へアウトラインのみのピースが移動された時に限り、通常のピースが視認可能とな

る。通常のピースはこのパズルに限りドラッグ移動することができず、アウトラインのみのピースのみが操作可能である。また、ピースはそれぞれ16パターンの形状を取っており、通常ピースの上にアウトラインのみのピースが重なった際、それぞれの形状が合図である場合のみ2つのピースがロックされ、ロックされた後はアウトラインのみのピースをドラッグ移動すると、それに追従して通常ピースも移動する。全てのピースをロックした状態で、全てのピースをゴールまで配置することによりパズルを完成させる。

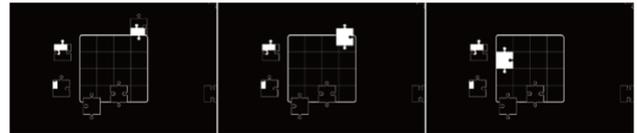


図12 Hidden Puzzle を完成させるまでの流れ

5.8 Pair Puzzle

Pair Puzzle では、ピースの絵柄や形状といった要素は排除している。本パズルではピースがランダムに二つ一組のペアに設定されており、いずれかのピースをドラッグ移動すると、ペアとなっているもう一对のピースもドラッグ操作に追従して移動する。(図13)



図13 ペアの関係性に基づいたピースの移動

5.9 Auto Puzzle

Auto Puzzle では、ピースの絵柄や形状といった要素は排除している。このパズルでは各ピースにゴール方向への力が作用しており、スタートすると同時にピースが自動的に完成するように移動し始める。プレイヤーは力の方向を見定め、ピースのゴール位置を推測する。

5.10 Bright Puzzle

Bright Puzzle では、ピースの絵柄や形状といった要素は排除している。本パズルでは通常時ピースが暗く表示されており、ピースをドラッグすると、ドラッグしたピースとゴール位置が隣り合うピースが明るく強調して表示される。(図14) パズルの内側に配置されたピースは4つのピースと隣り合うので、ドラッグしたピースを含め合計5つのピースが強調して表示され、角を除く辺に配置されたピースは3つのピースと隣り合うので合計4つのピースが強調表示され、角に配置されたピースは2つのピースと隣り合うので合計3つのピースが強調表示される。プレイヤーはゴールにロックされたピースをドラッグした際に強調され

るピースから隣り合うピースを予測し、強調されるピースの数からピースの位置を予測しパズルを完成させる。

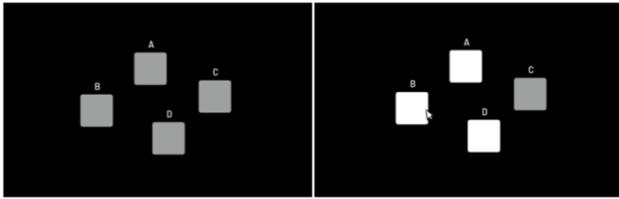


図 14 ドラッグしたオブジェクトと隣り合うオブジェクトの強調表示

5.11 CursorWarp Puzzle

CursorWarp Puzzle では、ピースの絵柄や形状といった要素は排除している。本パズルでは、カーソルをピース上にある状態からピースの外へ移動する時に、ピースの連続性に則りカーソル位置が隣り合うピース上へとワープ移動する。(図 15) 例を挙げると、カーソルがピース上にある状態からピースの右辺を通りピース外へとカーソルを移動した時、ゴール位置が右隣に位置するピースの左辺へとカーソル位置が変化する。また、移動した方向に隣り合うピースが存在しない場合、ワープをせずにピース外へとカーソルが移動する。プレイヤーはマウスのワープ移動からピースの連続性を認知し、パズルを完成させる。

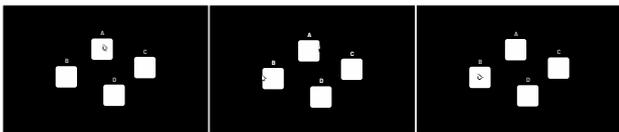


図 15 カーソルのワープ移動

5.12 MultiLayer Puzzle

MultiLayer Puzzle では、ピースの絵柄や形状といった要素は排除している。本パズルでは、画面中央下に上下左右それぞれの方向を指す矢印アイコンが配置されており、矢印アイコンを押すことによりピースを移動する。(図 16) 矢印アイコンを押すと、全てのピースが同時に押された矢印の方向へ移動するが、ピースそれぞれが移動する速度が異なる。体験者は、全てのピースがゴールに重なって見える位置を

探し、パズルを完成させる。

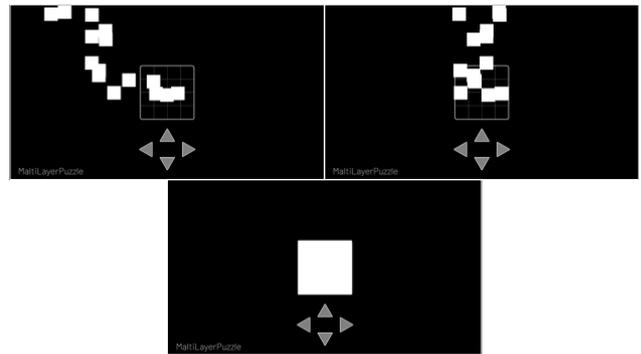


図 16 MultiLayer Puzzle を完成させるまでの流れ

5.13 Mirror Puzzle

Mirror Puzzle では、ピースが一般的なジグソーパズルと同様の形状をしており、絵柄は描かれていない。本パズルでは一般的なジグソーパズル同様、ピースの形により連続性を認知しパズルを完成させるが、画面が水平方向に反転している。例を挙げると、現実世界で右方向へマウスを移動した場合、画面上では左方向へとカーソルが移動し、プレイヤーはカーソルの移動が反転した状態でパズルを完成させる。

5.14 OpticalIllusion Puzzle

OpticalIllusion Puzzle では、ピースが基本的なジグソーパズルと同様の形状をしており、絵柄は描かれていない。また、スタート時はピースが分割された状態かつピースの一部が切り抜かれた状態でランダムに配置されている。対応するピース同士を結合すると、中央に穴が空いたような状態になり、穴部分をドラッグすることで穴の座標を移動することができる。プレイヤーは分割されたピースを全て結合し、穴部分を取り除いた上でゴールへとピースを移動することでパズルを完成させる。(図 17)



図 17 ピースの結合と、穴のドラッグ移動

5.15 VisualExchange Puzzle

VisualExchange Puzzle では、ピースの絵柄や形状といった要素は排除している。本パズルでは、それぞれのゴール上に対応するピース後方の背景画面の映像が表示される。プレイヤーは、ゴールに表示される映像からピースとゴールの関係性を認知し、ピースのゴール位置を推測することによりパズルを完成させる。

6. 被験者実験

制作した作品を用いて被験者実験を行い、実験後に難易度を評価するアンケートを実施した。データを分析した結

果、ルールの種類と難易度評価との間に有意な違いが生じることを確認した。

7. まとめ

本研究では、変化するルールを解き、ルールの変化に伴い難易度が変化するデジタルパズルである

「Adap+ation」を制作した。また、制作した作品を用いた被験者実験を行ったところ、従来ジグソーパズルではピースの形状と絵柄から難易度を設定するのに対し、本作品ではルールを変更することにより難易度を変更できることを確認した。

今後は、プレイログからパズルの難易度を評価するスクリプトを作成することで、難易度をもとにリアルタイムにステージ構成を入れ替える作品の制作を検討している。

参考文献

- [1] “Adap+ation”. <https://youtu.be/7Q0E2imgXgc>,(参照 2023-01-19).
- [2] “Poly Art 3D”. <https://www.crazygames.com/game/poly-art-3d>,(参照 2023-01-19).
- [3] “This Is The Only Puzzle”. <https://armorgames.com/play/4309/this-is-the-only-level>,(参照 2023-01-19).