

多義図形の知覚特性を利用したビデオゲームシステムの提案

城野 玲於奈* 平野 怜旺* 渡邊 恵太† 橋本 直†

概要. 多義図形とは1つの図形に複数の見え方が存在する図形である。多義図形では自発的に見え方の認識を変えられる一方で、意志に反して複数の見え方が頻繁に切り替わって認識してしまう現象や1つの見え方しか認識できない状態が生じる。このような多義図形における観察者の認識を検知し、ゲームに応用することができれば、認識によって隠しルートが出現するギミックや足場が消失するギミックを実現できるようになる。そこで本研究では、多義図形の知覚特性をギミックとして利用したビデオゲームシステムを提案する。提案手法では、脳波計を用いてプレイヤーが認識している多義図形の見え方を判別し、この見え方に基づいてゲーム内のギミックを変化させる。本稿では、BCIを用いた判別システムについて説明し、プロトタイプの実装について述べる。その後、システムの検証結果について報告する。

1 はじめに

多義図形とは、1つの図形に複数の見え方が存在する図形である。有名な多義図形として、ルビンの壺 [1] やネッカーの立方体 [2] などがあり、例えばルビンの壺では、中央の白い領域を「壺」として知覚するか、両側の黒い領域を「向かい合う2つの顔」として知覚するかの2通りの知覚が可能である。しかし、これらの知覚は同時には成立せず、一方の知覚が優勢になると他方は知覚されないという排他的な知覚特性を示す [3]。この性質により多義図形では観察者によって、意志に反して複数の見え方が頻繁に切り替わって認識してしまう現象や、1つの見え方しか認識できない状態が生じる。また、図の多義性の認識の有無に関わらず、一部の観察者は認識を自発的に変えられることも確認されている [4, 5]。このような多義図形における観察者の認識を検知し、ゲームに応用することができれば、ゲーム内のギミックが認識の違いによって多様に解釈される可能性が生まれる。例えば、壁と認識していたものを橋と認識することで、プレイの方略の解釈が変化し、隠しルートが出現するギミックや足場が消失するギミックなどが実現できるようになる。これにより、プレイヤーに驚きや面白さを提供できると考える。

多義図形の知覚は、ブレインコンピュータインタフェース (BCI) を用いて検知することが可能である。BCIは脳と外部機器との直接通信を可能にする技術である [6]。脳波ベースの非侵襲型 BCI を用いた多義図形の知覚に関する研究では、観察者が多義図形を知覚するとき、異なる図形に対して異なる脳波成分が検出されることが明らかになっている [7]。

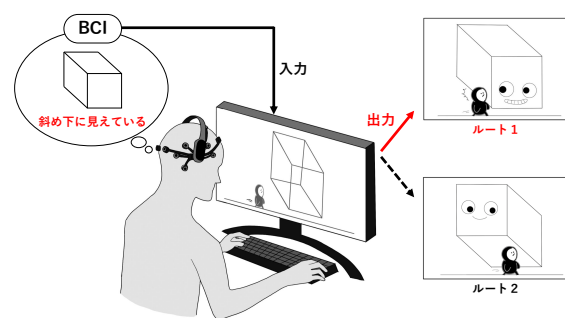


図 1. 提案手法。プレイヤーの認識する多義図形の見え方を判別し、判別結果に基づいてビデオゲーム内のギミックを変化させる。

同じ画像を見ている観察者にとって視覚刺激は同じであるが、知覚の変化により脳波に影響が生じる。そのため、観察者の知覚状態を検知することが可能である。

そこで本研究では、多義図形の知覚特性を活用した新しいビデオゲームシステムを提案する。提案手法では、図 1 に示すように BCI を用いてプレイヤーが認識している多義図形の見え方を判別し、この見え方に基づいてゲーム内のギミックを変化させる。本稿では、BCIを用いた判別システムについて説明し、プロトタイプの実装について述べる。その後、システムの検証結果について報告する。

2 システム

2.1 システム構成

本システムでは、脳波計測デバイスに EMOTIV EPOC X を使用し、MATLAB を用いて多義図形におけるプレイヤーの認識を判別した。その後、UDP 通信で Unity に判別結果を送信し、その結果に基づいてゲームギミックを変化させた。

Copyright is held by the author(s). This paper is non-refereed and non-archival. Hence it may later appear in any journals, conferences, symposia, etc.

* 明治大学大学院先端数理科学研究科

† 明治大学総合数理学部

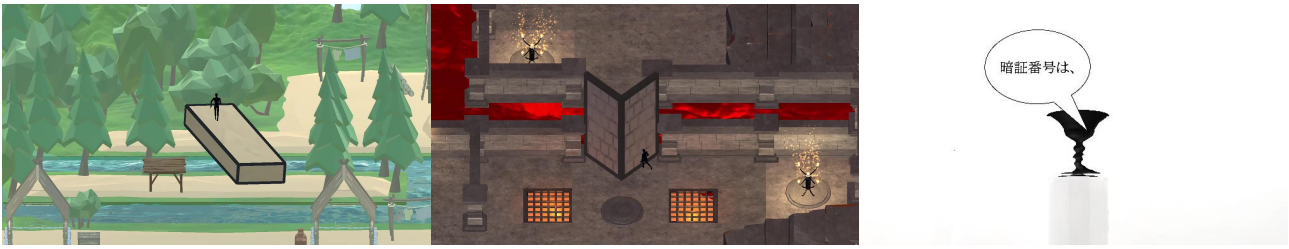


図 2. ゲームのプロトタイプ。左はネッカーの立方体を奥に認識したとき奥側の岸に渡れるギミック。真ん中はマッハの本を立てるように認識したとき壁になるギミック。右はルビンの壺を顔として認識したとき顔が話し出してヒントをくれるギミック。

2.2 判別システム

本システムでは、脳波データに対して、1-40Hzの範囲を残すバンドパスフィルタを用いた後、各刺激に対応するエポックに分割する前処理を行う。その後、2秒間の時間窓で複数のサンプルを生成し、共通空間パターン (Common Spatial Pattern: CSP) アルゴリズムで作成した CSP フィルタを適用することで対数分散特徴量を抽出する。そして、この抽出した特徴量に対してサポートベクタマシン (SVM) を用いることでプレイヤーが認識している多義図形の見え方を分類する。

3 アプリケーション

多義図形の知覚特性を利用することで、プレイヤーの認識に応じてゲーム環境が動的に変化するギミックや、認識の切り替えによって出現する隠しルートなど、従来のゲームにはない新しいゲームデザインを設計できる可能性がある。本章では、「ネッカーの立方体」「マッハの本」「ルビンの壺」の多義図形の知覚特性をギミックに組み込んだ3種類のプロトタイプについて説明する。また、プロトタイプのゲーム画面を図2に示す。

ネッカーの立方体 ネッカーの立方体の奥行き知覚を利用したギミックを実装した。ネッカーの立方体は、奥に向いているように見える場合と手前に向いているように見える場合の2通りの認識が可能である。この特性を用いて、両側に川が流れるステージの中央にネッカーの立方体を配置し、手前に認識した場合は手前の岸に架かる橋となり、奥に認識した場合は奥の岸に架かる橋になることで到達可能な岸が変化するギミックを実装した。

マッハの本 マッハの本の2通りの認識を活用した環境ギミックを実装した。マッハの本は、本が立っているように見える場合と横たわっているように見える場合の2通りの認識が可能である。この特性を活かし、マグマを挟んで配置されたマッハの本が立っているという認識では壁となって進行を阻み、横たわっているという認識では橋となって対岸へ渡れる

ギミックを制作した。

ルビンの壺 ルビンの壺における図と地の反転現象を活用した一人称視点ゲームを開発した。ルビンの壺は、中央の黒い領域を「壺」として認識するか、両側の白い領域を「向かい合う顔」として認識するかの2通りの認識が可能である。この特性を利用し、壺として認識した場合は実際の壺を獲得でき、その中から脱出用の鍵が出現する。一方で、顔として認識した場合は顔が話し出して脱出のヒントを提供するという、認識に応じて異なる脱出方法が提示されるギミックを実装した。

4 システム検証

実験参加者1名に対して、3章で紹介したルビンの壺をギミックとして組み込んだゲームを使用し、システムの精度を検証した。事前学習では、プレイヤーに多義図形画像を提示し、「壺」と認識すればキーボードのAを、「向かい合う顔」と認識すればキーボードのBを押させる。この操作を2通りの見え方に対して1分間10セット行い、休憩を含め合計で30分間の学習を行った。検証の結果、オフラインにおける分類精度は65.4%となり、タスク正解率は14/20回(70%)となった。今後は多人数データにより、分類器を一般化することで、事前学習を必要とせず、脳波機器を装着するだけでゲームをプレイ可能にすることを目指す。

5 今後の展望

本システムは、アプリケーションとしてシングルプレイのゲームを制作したが、マルチプレイのゲームにも適用可能だと考える。複数人で本システムを使用すると他者の認識している多義図形の見え方を視覚的に理解できる利点がある。そのため、今後は判別精度を向上させ、プレイヤー全員が認識を揃えることで進行するゲームや1人がキャラクタを操作し、その他の人は多義図形の認識を固定することでキャラクタをゴールに導くゲームなどのマルチプレイゲームも制作する予定である。

参考文献

- [1] E. Rubin. *Synsoplevede Figurer*. Gyldendal, 1915.
- [2] Louis Albert Necker. Lxi. observations on some remarkable optical phænomena seen in switzerland; and on an optical phænomenon which occurs on viewing a figure of a crystal or geometrical solid. *The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science*, 1(5):329–337, 1832.
- [3] Thomas C Toppino. Reversible-figure perception: Mechanisms of intentional control. *Perception & psychophysics*, 65:1285–1295, 2003.
- [4] J.J. Girgus, I. Rock, and R. Egatz. The effect of knowledge of reversibility on the reversibility of ambiguous figures. *Perception & Psychophysics*, 22:550–556, 1977.
- [5] Gerald M Long and Thomas C Toppino. Enduring interest in perceptual ambiguity: alternating views of reversible figures. *Psychological bulletin*, 130(5):748, 2004.
- [6] Chang S Nam, Anton Nijholt, and Fabien Lotte. *Brain-computer interfaces handbook: technological and theoretical advances*. CRC Press, 2018.
- [7] Andreas Keil, Matthias M Müller, William J Ray, Thomas Gruber, and Thomas Elbert. Human gamma band activity and perception of a gestalt. *Journal of Neuroscience*, 19(16):7152–7161, 1999.