

アクションゲームにおける 顔の動きを用いたゲーム操作の拡張に関する考察

渡辺 泰伎^{1,a)} 白石 陽^{2,b)}

概要：

近年、様々なゲームが発売されており、特定の種類のゲームを好んで遊ぶ熟達したゲームプレイヤーが存在する。そのような熟達者と初心者のプレイスキルには大きな差が生じており、一緒にゲームで遊ぶ際に、どちらも楽しめないという問題がある。特に操作への慣れが求められるアクションゲームに関して、その問題は顕著に表れている。著者らは、アクションゲームにおける、ゲーム熟達者と初心者の間のプレイスキル差の問題を解決するために、顔の動きによるゲーム操作の拡張が有効であると考え、これまでに顔の動き識別方法に関して検討を行ってきた。しかし、顔の動きがアクションゲームに与える影響については、検討が不十分であった。そこで本稿では、顔の動きがアクションゲームに与える影響について実験を行った。実験では、ラン&ジャンプゲームを対象に、「キーボードのみの操作」と、「キーボードと顔の動きによる操作」で遊んだ際の、「ゲームの面白さ」と「操作方法の容易さ」に対する評価をアンケートで収集し、分析を行った。実験の結果、「キーボードのみの操作」と比べ、「キーボードと顔の動きによる操作」の方が、「ゲームの面白さ」の評価は有意に高く、「操作の容易さ」に対する評価は有意に低かった。また、「キーボードのみの操作」と比べ、「キーボードと顔の動きによる操作」の方が、ゲームのスコアが良い傾向が見られた。そのため、顔の動きをゲームの操作として利用することにより、ゲームの面白さを阻害せずに、ゲームの難易度を上げられることが示唆された。

1. はじめに

近年、様々なビデオゲーム（以下、ゲーム）が発売されており、特定の種類のゲームを好んで遊ぶ熟達したゲームプレイヤー（以下、熟達者）が存在する。そのような熟達者と初心者のゲームプレイヤー（以下、初心者）のプレイスキルには大きな差が生じており、一緒にゲームで遊ぶ際に、どちらも楽しめないという問題がある（以下、プレイスキル差の問題と呼ぶ）。特に操作への慣れが求められるアクションゲームに関して、プレイスキル差の問題は顕著に表れている。アクションゲームとは、ゲーム中のキャラクターの行動をボタンなどにより直接的に操作し、すばやくゲーム中の事象を制御する能力を競うゲームである。例えば、キャラクターを素早く動かし、より早くゲームのゴールを目指すことや、より多くのアイテムを獲得するこ

となどが挙げられる。また、熟達者が知人の初心者とゲームで遊ぶことや、初心者が動画配信サイトやSNS(Social Network Service) などから特定のゲームに興味を持ち、熟達者と遊ぶなど、熟達者と初心者がゲームで遊ぶ機会は少なくないため、アクションゲームにおけるプレイスキル差の問題を解決することは重要であると考え。

プレイスキル差の問題を解決するアプローチとして、ゲームのシステムを利用するアプローチと、操作方法を変更するアプローチがある。ゲームのシステムを利用するアプローチとは、ゲームが提供するハンディキャップ機能により、初心者には有利な条件を付与することで、熟達者と初心者の間のプレイスキルの差を考慮するアプローチである。操作方法を変更するアプローチとは、熟達者が普段利用している操作方法を変更することで、熟達者の操作への慣れを減少せ、熟達者と初心者の間のプレイスキルの差を考慮するアプローチである。ゲームのシステムを利用するアプローチの場合、ハンディキャップ機能を有するゲームに限られるため、対応できるゲームが限定される。一方で、操作方法を変更するアプローチの場合、ゲームのシステムに依存しないため、対応可能なゲームが多い。本研究では、より多くのゲームへの適用を考えるため、操作方法を変更

¹ 公立はこだて未来大学大学院システム情報科学研究科
Graduate School of Systems Information Science, Future University Hakodate

² 公立はこだて未来大学システム情報科学部
School of Systems Information Science, Future University Hakodate

a) g2118047@fun.ac.jp

b) siraisi@fun.ac.jp

するアプローチにより、プレイスキル差の問題を考慮する。操作方法を変更するアプローチで、プレイスキル差の問題の解決を考えた際に、検討すべき課題が4つ挙げられる。1つ目は、ゲームの面白さを阻害しないことである。操作方法を変更したことでゲームの面白さが阻害される場合、熟達者と初心者が一緒に楽しくゲームで遊ぶことができない。2つ目は、操作方法の導入が容易であることである。操作方法の導入が困難である場合、ゲームプレイヤーが導入を躊躇する可能性があるため、操作方法の導入が容易であることが望ましい。3つ目は、従来の操作方法と併用が可能であることである。操作方法を一新する場合、従来の操作方法に慣れた熟達者に与える影響が大きく、ゲームの面白さを阻害する可能性がある。よって、熟達者に与える影響を少なくするために、従来の操作と併用が可能な操作方法であることが望ましい。4つ目は、操作方法の変更が容易なことである。熟達者が新しい操作方法に慣れてしまった際に、プレイスキル差の問題が解決できなくなる。熟達者が新しい操作方法に慣れることを防ぐために、操作方法の変更が容易であることが望ましい。

我々は、操作方法を変更するアプローチにおける4つの課題を考慮するために、顔の動きに着目した。本研究では顔の動きを、目や口などの顔のパーツや頭部の傾きの変化と定義する。1つ目の課題に関して、顔の動きはNUI(Natural User Interface)であり、アクションゲームはキャラクターを操作するゲームである。NUIとは、人間の自然な動作でコンピュータを操作する方法の総称である。キャラクター操作とNUIは親和性が高く、人間の自然な動作で直感的にキャラクターを操作できるため、ゲームの面白さは阻害されないと考える。2つ目の課題に関して、カメラを用いて顔の動きの操作を実現することで、導入が容易であると考えられる。ゲームで遊ぶ場合のデバイスとして、家庭用ゲーム機、携帯ゲーム機、PCなどがあり、カメラが内蔵されているものが多い。加えて、それぞれのデバイスでカメラを用いたゲームは多く存在する。よって、導入は容易であると考えられる。3つ目の課題に関して、操作に利用する体の部位は、従来の操作を用いた場合は手であり、顔の動きを用いた場合は顔である。手と顔は同時に別々の動作が可能であるため、手を利用する従来の操作と、顔を利用する顔の動きの操作は併用可能である。4つ目の課題に関しては、人の表情は多様かつ複雑であり、表情の多様性を利用することで操作方法の変更が可能であると考えられる。

そこで本研究では、顔の動きによる操作と従来のゲーム操作を併用することにより、熟達者と初心者の間に存在するプレイスキル差の問題の解決を目指す。著者らは、これまでにゲームへの適用を考えた顔の動き識別方法に関して検討を行ってきた[1]。しかし、顔の動きをアクションゲームの操作に利用した際に、ゲームの面白さを阻害されないかどうかについて検討が不十分であった。よって本稿

では、アクションゲームにおいて、顔の動きによる操作と従来の操作を併用する場合、その操作がゲームプレイヤーに与える影響について明らかにすることを目的とした実験を行い、その実験結果について考察する。

2. 関連研究

関連研究として、IT機器のインタフェースに関する研究[2], [3], [4], [5], [6], [7], [8]や、顔の動きを識別するための要素技術として、表情推定に関する研究[9], [10], [11], [12], [13]について述べる。

2.1 IT機器のインタフェースに関する研究

胴体や四肢の動きを用いたIT機器のインタフェースに関する研究として、全身を用いた研究[2]、手や指の動きを用いた研究[3], [4], [5], [6]がある。全身を用いた研究[2]では、人体の骨格情報の相対位置を用いたジェスチャ識別により、IT機器を操作している。手や指の動きを用いた研究[3], [4], [5], [6]では、カメラや赤外線センサ、専用のウェアラブルデバイスを用いて、手や指の形や動きを識別することで、IT機器を操作している。しかし、手を利用するため、従来の操作の妨げになる。

音を用いたIT機器のインタフェースに関する研究[7]では、打鍵音や擦り音を用いて、IT機器を操作している。しかし、アクションゲームへの適用を考えた際には、音を発生させる際に、手を使用しなければいけないため、従来の操作を妨げる。

顔の動きを用いたIT機器のインタフェースに関する研究[8]では、顔の動きを用いることで、IT機器を操作している。しかし、あらかじめ設定された顔の動きしか識別できないため、操作方法の変更が困難である。また、顔の動きをIT機器の操作に適用した際のユーザへの影響について、十分な検討がなされていない。

2.2 表情推定に関する研究

専用のウェアラブルデバイスを用いた表情推定に関する研究として、反射光センサを用いた研究[9], [10]と、筋電位センサを用いた研究[11]がある。反射光センサを用いた研究[9], [10]では、眼鏡型ウェアラブルデバイスにより計測した、表情の変化時の眼鏡と顔の皮膚の間の距離により、表情を推定している。筋電位センサを用いた研究として、Grueblerら、専用耳掛け型ウェアラブルデバイスにより計測した、表情の変化による筋電位の変化を用いて、表情を推定している[11]は。しかし、これらの研究では、専用のデバイスを必要とするため、導入が困難である。

カメラを用いた表情推定に関する研究として、Gwenらは、顔領域画像にガウシアンフィルタバンクを適用させた画像情報を用いて、表情を推定している[12]。野宮らは、目の両端や口の両端などの顔の特徴点を利用して、表情を推

定している [13]。文献 [12] のように、表情推定に利用する特徴量が高次元の場合、複雑な表情を推定することは可能である。しかし、特定の顔の動きを識別するために、多くのデータを必要とする。また、特徴量の解釈も困難であるため、表情推定に有効な特徴量を選択し、少量の学習データから識別モデルを構築する手法をとることは困難である。よって、複雑な表情の推定には適しているが、操作方法の変更が困難であると考ええる。一方で、文献 [13] が利用している顔の特徴点の場合、元の顔領域画像と比べ、情報量が減少するため、複雑な表情の推定には適さないが、表情推定に利用する特徴量の次元数を削減できる。また、顔の特徴点は画像上の絶対位置であるため、そこから抽出する特徴量の解釈は容易であり、表情推定に有効な特徴量を選択し、少量のデータから識別モデルを構築する手法をとることが容易である。そのため、入力する特徴量の組み合わせを変更することで、容易に顔の動き識別モデルを再構築することができ、操作方法の変更が可能である。よって本研究では、文献 [13] と同様に顔の特徴点を利用することで、顔の動きを識別する。

3. 提案手法

3.1 研究目的

本研究の目的は、顔の動きによる操作と従来の操作を併用することにより、熟達者と初心者間に存在するプレイスキル差の問題を解決することである。そこで、従来の操作と顔の動きによる操作の併用が可能な顔の動き識別システムを提案する。

3.2 提案手法の概要

図 1 に、本研究が目指す顔の動き識別システムの概念図を示す。本研究では、図 1 に示す顔の動き識別システムと、従来の操作方法を利用することで、アクションゲームを操作することを想定する。提案するシステムは、学習フェーズと識別フェーズから構成される。学習フェーズでは、ユーザが登録したい顔の動きのデータを収集し、識別器を構築する。識別フェーズでは、学習フェーズで作成した識別器を用いて、顔の動きを識別し、実際に操作を行う。以降、学習フェーズにおける特徴量抽出、特徴量選択、識別モデル構築について述べる。

3.3 特徴量抽出

顔の動き識別の特徴量として、2.2 節で述べた通り、顔の特徴点を用いる。顔の特徴点抽出にあたり、dlib[14], [15] という画像処理ライブラリを用いた。dlib[14], [15] では、図 2 で示すような、68 点の特徴点の位置を抽出可能である。しかし、顔の特徴点は画像上の絶対位置に関する情報であるため、スケールの変化や位置ずれに対して脆弱である。そのため、顔の特徴点の各 2 点間距離と、顔の特徴点

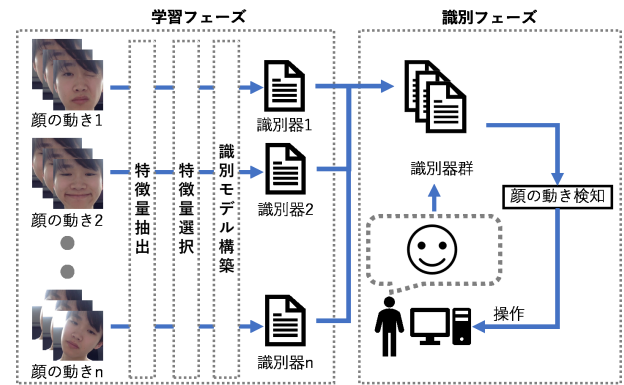


図 1 提案システムの概要

から算出可能な頭部の傾きに関する情報を顔の動き識別の特徴量として用いる。

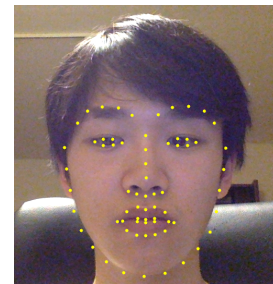
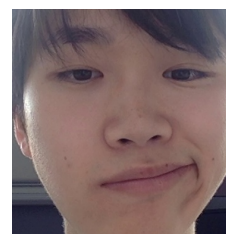


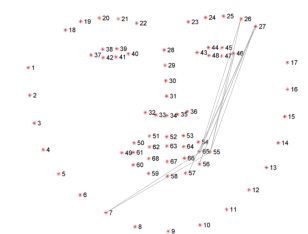
図 2 dlib[14] を用いて検出した 68 個の顔の特徴点

3.4 特徴量選択

顔の動き識別にあたり、事前に特徴量の選択を行う。登録する顔の動きごとに、識別に有効な顔の特徴点は異なると考える。そのため、顔の動き登録時には、平常時の顔と登録したい顔の動きを交互に繰り返す動画から、登録する顔の動きごとに識別に用いる特徴量を選択する。図 3 の右図に、平常時の顔と左口角を上げた顔を交互に繰り返す動画から得られる、顔の特徴点の 2 点間距離に関する時系列データの内、分散の大きい 2 点間距離を 10 個示す。



(a) 左口角を上げる顔の画像



(b) 特徴的な顔の 2 点間距離

図 3 左口角を上げる顔の動きにおける特徴的な顔の 2 点間距離

図 3 の右図に示す通り、上げた口角部分の特徴点と、上げた口角側の目の特徴点部分の 2 点間距離が抽出された。口角を上げた場合、上げた口角部分の特徴点と、上げた口角側の目部分の特徴点の相対位置は平常時の顔よりも短く

なる。一方で、例えば口角を上げていない側の輪郭部分同士の2点間距離の相対位置は変化量は少ないと考えられる。このように、平常時の顔と、顔の動き時の各2点間距離の変化の度合いが大きいものが、分散が大きくなり、特徴的であるとする。よって本研究では、平常時の顔と登録したい顔の動きを交互に繰り返す動画から得られる時系列データから、顔の特徴点の各2点間距離の分散を算出する。その後、分散の大きい2点間距離を特徴量とすることで、登録したい顔の動きの識別に有効な特徴量の選択を行う。

3.5 識別モデル構築

顔の動き識別モデルとして、機械学習を用いる。本手法では、顔の動きをユーザ自身が登録することを想定しているため、識別すべき顔の動きの数はユーザごとに異なる。また、登録や抹消により、ユーザが同一でも、識別すべき顔の動きの数は変化する。よって、識別する顔の動きの数が増加した際に、その都度識別モデルを構築することを想定し、機械学習を用いる。

4. 実験および考察

本稿の目的は、アクションゲームにおいて、顔の動きによる操作と従来の操作を併用する場合、その操作がゲームプレイヤーに与える影響について明らかにすることである。4.1節では、実験環境について述べる。4.2節では、実験結果について述べ、4.3節では実験結果を考察する。

4.1 実験環境

実験環境の設定を表1に示す。

表1 実験の設定

項目	項目値
被験者	15名
サンプリング法	便宜的抽出法と機縁法
実験に利用したゲーム	ラン&ジャンプゲーム
操作方法	キーボードのみの操作 キーボードと顔の動きによる操作
利用した顔の動きの種類	左に顔を傾ける顔の動き 右に顔を傾ける顔の動き
データ収集方法	集合法

被験者

被験者は、公立はこだて未来大学の学生15名である。被験者のサンプリング法は、まず便宜的抽出法を用い、その後機縁法を用いた。機縁法とは、知人の紹介に頼って被験者を集める方法のことである。

実験に利用したゲーム

本実験では、実験で利用するゲームを事前にUnityを用

いて作成した。作成したゲームはラン&ジャンプゲームである。ラン&ジャンプゲームとは、自動で前進するキャラクターを左右の移動とジャンプで操作し、障害物を避けながら、より多くのコインを獲得し、ゴールを目指すゲームである。図4に、本実験で利用したゲーム画面を示す。ラン&ジャンプゲームを採用した理由は、ラン&ジャンプゲームの特徴として「キャラクターを左右に移動するという多くのアクションゲームに共通する操作を含む」とこと、「単純なゲーム性」が挙げられる。これらの特徴を踏まえると、本実験の結果を、他のアクションゲームにも適用が可能であると考えたためである。

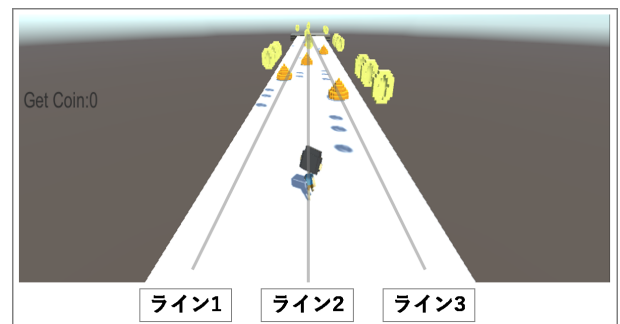


図4 ゲーム画面

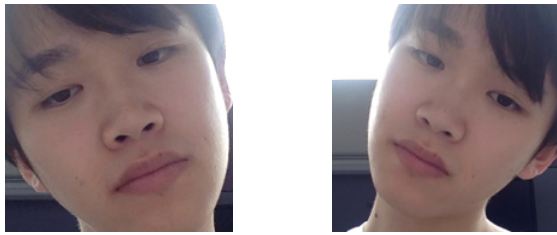
操作方法

ゲームの操作方法として、「キーボードのみの操作」と「キーボードと顔の動きによる操作」を用意した。「キーボードのみの操作」の場合、Aキーで左のラインに移動し、Dキーで右のラインに移動、SPACEキーでジャンプするようにした。「キーボードと顔の動きによる操作」の場合、顔を傾けていないときに図4のライン2に移動し、左に顔を傾けた時に図4のライン1に移動し、右に傾けた時に図4のライン3に移動する。ジャンプする場合は、顔の動きを使わず、「キーボードのみの操作」と同様に、SPACEキーを利用した。

顔の動き識別方法

ラン&ジャンプゲームに顔の動きを利用するために、事前に顔の動きを識別するプログラムを作成した。本実験における2種類の顔の動きの識別方法は、簡易化のために、3章で述べた手法は利用しなかった。まず、プログラム作成にはPython3.6.5を利用した。図5に、ラン&ジャンプゲームに利用した顔の動きを示す。図5の2種類の顔の動きを利用した理由は、キャラクターを左右に移動する操作との対応が容易であることと、視線がゲーム画面から離れないためである。本実験における2種類の顔の動きの識別方法は、dlib[14], [15]により抽出した左右の耳元にある特徴点同士を結んだ線と、画像の横方向の平行線からなす角を算出する。事前に、算出した角度を確認し、閾値を設け

ることにより、顔の動きの識別を行った。



(a) 右に顔を傾ける顔の動き (b) 左に顔を傾ける顔の動き
図 5 識別する顔の動き

アンケート内容および収集データ

本実験の分析に利用するために、事前にゲームの評価を収集するためのアンケートを作成した。以下にアンケートの内容と、実験で収集したデータについて示す。

- 操作の容易さ
 - － 5段階リッカート尺度
 - － 10段階ユーザビリティマグニチュード推定法
- ゲームの面白さ
 - － 5段階リッカート尺度
 - － 10段階ユーザビリティマグニチュード推定法
- 普段のゲームプレイの頻度
- 普段ゲーム時に使用するデバイスの種類
- コイン獲得枚数および障害物衝突回数

ここで、リッカート尺度とは、提示された項目に回答者がどの程度合意できるかを回答する方法である。ユーザビリティマグニチュード推定法とは、ある項目の値を基準とした時に、評価したい項目の値がどの程度の度合いで同意できるか回答する方法である。本実験では、「キーボードのみの操作」を基準としたときの、「キーボードと顔の動きによる操作」における「操作の容易さ」と、「ゲームの面白さ」に関する評価を収集した。また、ゲームプレイ中のゲーム画面およびPC前方映像を収集した。

分析方法

本実験では、アンケートより収集した「操作の容易さ」、および「ゲームの面白さ」について、ウィルコクソンの符号順位検定を用いて分析を行った。ウィルコクソンの符号順位検定とは、ノンパラメトリック検定のひとつで、対応のある2群の差の検定に用いられる。また、統計的有意差の判定については、有意水準が片側で.5%未満($\alpha = .005$)を有意とした。

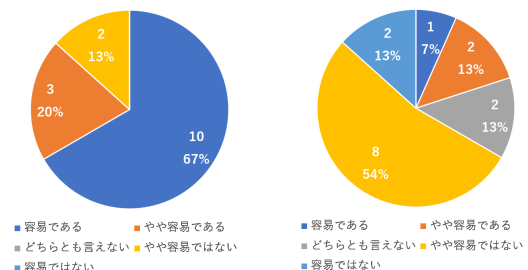
実験手順

被験者はまず、2枚のコインと1個の障害物が配置されたコースを用いて、「キーボードのみの操作」、「キーボードと顔の動きによる操作」の順で練習を行わせた。このとき、コース上のコインや障害物は進行方向に対し、間隔を

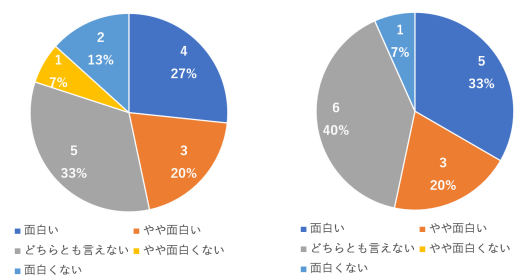
開けて配置されている。その後、20枚のコインと7個の障害物が配置されたコースを用いて、「キーボードのみの操作」、「キーボードと顔の動きによる操作」の順で遊ばせた。このとき、コース上のコインや障害物は、練習させたコースと比べ、進行方向に対し間隔を狭めて配置されている。最後に、ゲームの評価に対するアンケートを回答させた。

4.2 実験結果

まず、図6、図7にリッカート尺度による「操作の容易さ」と「ゲームの面白さ」に関する実験結果を示す。実験の結果、「キーボードのみの操作」と比べ、「キーボードと顔の動きによる操作」の方が、「操作の容易さ」の評価が有意に低くなった。しかし、「ゲームの面白さ」の評価に関しては、有意差が見られなかった。



(a) キーボードのみの操作 (b) キーボードと顔の動きによる操作
図 6 リッカート尺度による「操作の容易さ」に関する実験結果



(a) キーボードのみの操作 (b) キーボードと顔の動きによる操作
図 7 リッカート尺度による「ゲームの面白さ」に関する実験結果

次に、図8、図9にユーザビリティマグニチュード推定法による「操作の容易さ」と「ゲームの面白さ」に関する実験結果を示す。実験の結果、「キーボードのみの操作」と比べ、「キーボードと顔の動きによる操作」の方が、「操作の容易さ」の評価が有意に低くなった。加えて、「キーボードのみの操作」と比べ、「キーボードと顔の動きによる操作」の方が、「ゲームの面白さ」の評価が有意に高くなった。

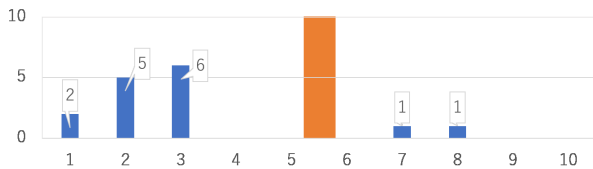


図 8 ユーザビリティマグニチュード推定法による「操作の容易さ」に関する実験結果

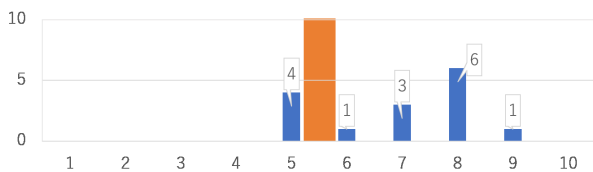
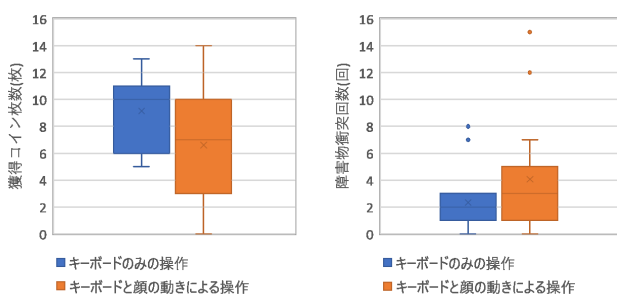


図 9 ユーザビリティマグニチュード推定法による「ゲームの面白さ」に関する実験結果

最後に、図 10 にゲームのスコアを示す。ゲームのスコアは、コインの獲得枚数と、障害物への衝突回数である。実験の結果、「キーボードのみの操作」と比べ、「キーボードと顔の動きによる操作」の方が、コインの獲得枚数の平均値と中央値は少なく、障害物の衝突回数の平均値と中央値は多かった。



(a) コインの獲得枚数 (b) 障害物の衝突回数

図 10 ゲームのスコア

4.3 考察

本節では、4.2 節の実験結果に基づき、顔の動きがゲームの面白さと、難易度に与える影響に関して考察する。

まず、顔の動きがゲームの面白さに与える影響について考察する。「キーボードのみの操作」と比べ、「キーボードと顔の動きによる操作」の方が、ユーザビリティマグニチュード推定法による「ゲームの面白さ」に対する評価は、有意に高くなった。しかし、リッカート尺度による「ゲームの面白さ」に対する評価は、有意差が認められなかった。これは、「ゲームの面白さ」が、「ゲーム内容と操作方法で評価される」とこと、「ゲームの面白さに対して、ゲーム内容の影響は大きい、操作方法の影響は小さい」ことが原因であると考えられる。リッカート尺度の場合、面白さの絶対的な基準のうち、本実験で行ったゲームの面白さが評価

される。本実験で行ったゲームは、操作方法は異なるが、ゲーム自体は同一であるため、「ゲームの面白さ」の差異は操作方法の影響によるものである。しかし、その差異は絶対的な面白さの基準内では小さい。よって、有意差が見られなかったと考えられる。一方で、ユーザビリティマグニチュード推定法の場合、「キーボードのみの操作」の面白さを基準に、「キーボードと顔の動きによる操作」がどの程度面白かったかという相対的な面白さが評価される。その相対的な面白さは、ゲーム内容は同一であるため、ゲーム内容に対する面白さは同一であるから、操作方法に対する面白さが評価されると考えられる。その際に、「キーボードのみの操作」と比べ、「キーボードと顔の動きによる操作」の方が操作方法に対して相対的に面白いと評価されたため、有意差が認められたと考えられる。以上より、顔の動きをゲームに利用することで、ゲームを面白く感じることを示唆された。

次に、顔の動きがゲームの難易度に与える影響について考察する。リッカート尺度とユーザビリティマグニチュード推定法どちらも、「キーボードのみの操作」と比べ、「キーボードと顔の動きによる操作」の方が「操作の容易さ」に対する評価は有意に低くなった。加えて、コインの獲得枚数は少なく、障害物の衝突回数は多い傾向が見られた。これらは、「キーボードのみの操作」と比べ、「キーボードと顔の動きによる操作」は、操作が難しくなると評価されたことに加えて、ゲームのスコアも低い傾向が見られるといえる。よって、顔の動きをゲームに利用することで、ゲームの難易度を上げられることが示唆された。

以上より、顔の動きをゲームに利用することで、ゲームの面白さを阻害せずに、ゲームの難易度を上げられることが示唆された。

5. おわりに

本研究の目的は、顔の動きによる操作と従来の操作を併用することにより、熟達者と初心者との間に存在するプレイスキル差の問題の解決である。著者らは、これまでに顔の動き識別方法に関して検討を行ってきた [1]。しかし、顔の動きをアクションゲームの操作に利用した際に、ゲームの面白さを阻害されないかどうか検討が不十分であった。そのため本稿では、アクションゲームにおいて、顔の動きによる操作と従来の操作を併用する場合、その操作がゲームプレイヤーに与える影響について明らかにすることを目的とした実験を行い、その実験結果について考察した。

実験の結果、アクションゲームに関して、ゲームの面白さを阻害せずに、ゲームの難易度を上げられることが示唆された。したがって、顔の動きをアクションゲームの操作に利用した際に、熟達者と初心者との間のプレイスキル差の問題を解決することが可能であると考えられる。今後は、他のアクションゲームにおいて、同様の結果が得られるか検証

する。その後、対戦アクションゲームにおいて、熟達者と初心者の間のプレイスキル差の問題が考慮可能であるか検証する。

参考文献

- [1] 渡辺泰伎, 白石陽: PC 操作性向上のための Web カメラを用いた顔の動き識別手法の提案, 第 26 回マルチメディア通信と分散処理ワークショップ論文集, pp. 59-67(2018).
- [2] 市川ひまわり, 飯島沙織, 新田善久: VR 空間におけるジェスチャを用いた Natural User Interface の研究, 情報処理学会研究報告エンタテインメントコンピューティング (EC), Vol.2018-EC-48, No.2, pp.1-8(2018).
- [3] 池司, 中洲俊信, 岡田隆三: 自然な手振りによるハンドジェスチャユーザーインターフェース, 東芝レビュー, Vol.67, No.6, pp.36-39(2012).
- [4] 久保勇貴, 安藤宗孝, 志築文太郎, 高橋伸: 能動的音響計測に基づくマイクロハンドジェスチャ認識, 情報処理学会研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI), Vol.2018-HCI-177, No.32 pp.1-8(2018).
- [5] 吉田修梧, 伊藤朱音, 羽生美里, 白方満理奈, 堀内結衣, 間辺広樹, 島袋舞子, 兼宗進: LeapMotion を利用したゲームの試作とユーザーインターフェースの考察, 情報処理学会研究報告コンピュータと教育 (CE), Vol.2015-CE-129, No.4, pp.1-8(2015).
- [6] 廣田衛, 佐藤淳紀, 坪井歩武, 横山正幸, 柳澤政生: フィンガーレスグローブ型筋電インターフェースのための 5 指タッピング動作の CNN による識別, 情報処理学会研究報告コンピュータビジョンとイメージメディア (CVIM), Vol.2018-CVIM-210, No.18, pp.1-6(2018).
- [7] 平井重行: 物を叩く・擦る際の音響信号を活用した実世界向けユーザインタフェースの研究, 情報処理学会研究報告音声言語情報処理 (SLP), Vol.2018-SLP-122, No.56, pp.1-6(2018).
- [8] 顧全, 服部哲: 顔によるタブレット端末の操作方法の提案, 情報処理学会研究報告グループウェアとネットワークサービス (GN), Vol.2017-GN-101. No.6, pp.1-8(2017).
- [9] 正井克俊, 杉浦裕太, 尾形正泰, クンツェカイ, 稲見昌彦, 杉本麻樹: AffectiveWear: 装着者の日常的な表情を認識する眼鏡型装置, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.21, No.2, pp.385-394(2016).
- [10] 糸数泰成, 馮晨, 吉田怜司, 高橋裕也, 菅谷みどり: ハンズフリーメガネ型端末による情報伝達, 情報処理学会研究報告ユビキタスコンピューティングシステム (UBI), Vol.2018-UBI-58, No.12, pp.1-9(2018).
- [11] A. Gruebler, K. Suzuki: Design of a Wearable Device for Reading Positive Expressions from Facial EMG Signals, IEEE Transactions on Affective Computing, Vol. 5, No. 3, pp. 227-237(2014).
- [12] L. Gwen, F. Ian, Bartlett, B. S. Marian, M. R. Javier: Fully Automatic Coding of Basic Expressions from Video, Technical Report INC-MPLAB, University of California, San Diego(2002).
- [13] 野宮浩揮, 阪上翔太, 宝珍輝尚: 決定木アンサンブルを用いた表情認識と表情強度の推定, 第 8 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム, E5-1(2016).
- [14] D.E. King: Dlib-ml: A Machine Learning Toolkit, J. Machine Learning Research, Vol.10, pp.1755-1758(2009).
- [15] Dlib: Dlib C++ Library, (入手先<<http://dlib.net/>>)(2018.07.12).