

# リアルタイム多感覚提示を行うインクルーシブアクションゲーム：触覚提示付きゲームコントローラ (TactCon) を導入したゲームの開発と利用時の評価

松尾 政輝<sup>1,a)</sup> 三浦 貴大<sup>2</sup> 藪 謙一郎<sup>3</sup> 片桐 淳<sup>4</sup> 坂尻 正次<sup>5</sup> 大西 淳児<sup>5</sup> 蔵田 武志<sup>1,2</sup>  
伊福部 達<sup>3</sup>

**概要：**筆者らはこれまでに、画面情報をヘッドホンと点図ディスプレイで代行提示し、晴眼者と視覚障害者がともにプレイできる、インクルーシブなコンピュータゲームを開発してきた。その過程で、高いリアルタイム性が要求されるアクションゲームでは、点図ディスプレイの触察とコントローラの操作との両立が困難であることが課題となっていた。本研究では、コントローラの操作を妨げない代行提示方法の開発と提案を目的とし、触覚提示機能付きゲーム用コントローラ TactCon を新たに導入し、さらに、種々の音声提示方法を考案して、アクションゲーム内へ実装した。本発表では、TactCon の概要とゲーム内における代行提示方法の実例について述べる。本ゲームは約 2 ヶ月の展示イベント内で、多くの晴眼者・視覚障害者の双方に楽しんでいただいたので、その際に寄せられた反響や評価についても報告する。

**キーワード：**視覚障害、インクルーシブゲーム、ゲームアクセシビリティ、触覚提示付きゲームコントローラ、TactCon

## Inclusive Action Game Presenting Real-time Multimodal Presentations: Introduction of Tactile Game Controller (TactCon) to the Game

MATSUO MASAKI<sup>1,a)</sup> MIURA TAKAHIRO<sup>2</sup> YABU KEN-ICHIRO<sup>3</sup> KATAGIRI ATSUSHI<sup>4</sup>  
SAKAJIRI MASATSUGU<sup>5</sup> ONISHI JUNJI<sup>5</sup> KURATA TAKESHI<sup>1,2</sup> IFUKUBE TOHRU<sup>3</sup>

**Abstract:** We have developed an inclusive computer game that can be played by sighted and visually impaired people by presenting screen information as headphones and a tactile display instead. In the game process of the action game requiring high real-time property, players faced the difficulty in simultaneous usage of a tactile display and a game controller. In this research, our purpose is to propose and develop an alternative tactile presentation method that does not interfere with the players' operation of the controller. Particularly, we developed the tactile game controller (TactCon) that is a game controller whose shoulder parts are tactile displays. Then, we introduced the TactCon to our inclusive action game: various sound presentation methods were devised and implemented in the action game. As a result, many sighted, as well as visually impaired people, enjoyed the game in a museum event for about two months. We will report on the response and subjective evaluation received by the sighted and blind players at that time.

**Keywords:** Visual impairments, Inclusive game, Game accessibility, Game controller with a tactile display, TactCon (Tactile game Controller)

<sup>1</sup> 筑波大学  
University of Tsukuba  
<sup>2</sup> 産業技術総合研究所 人間拡張研究センター  
HARC, AIST  
<sup>3</sup> 東京大学 高齢社会総合研究機構

Institute of Gerontology, The University of Tokyo  
<sup>4</sup> 有限会社プッシュ・ポップ  
Push-Pop Co.,LTD  
<sup>5</sup> 筑波技術大学  
Tsukuba University of Technology  
a) s183175@tsukuba.ac.jp

## 1. はじめに

コンピュータゲームのハードウェア機能の向上に伴い、ゲーム内容や操作性が多様化している。また、画面表示の高密度化や高精細化が進み、視覚で把握する必要のある情報が増加傾向にある。そのため、筆頭著者のように画面を視認できない全盲者にとって、楽しむことのできるゲームは晴眼者に比べ極めて少ない状況である。全盲者は画面を視認できないため、主に聴覚情報を頼りに視覚情報を補う必要がある。例えば、ゲーム内の状況と効果音を関連付けたり、メニュー等の項目の並び順や階層構造を記憶して画面情報を補っている。視覚障害者がプレイ可能なコンピュータゲームの情報については、国内外のウェブサイトには有志の手によって整理されている [1, 2]。このようなサイトの存在こそが、視覚障害者が遊べるゲームが未だに多くは存在しないことの傍証と言える。

一方で、効果音等の聴覚情報のみを手がかりに操作できる視覚障害者のためのゲーム (Audio game) の開発が主に障害当事者の有志によって行われている。このようなゲームでは、画面に表示されるテキスト情報を TTS (Text to Speech) で音声提示したり、すべての画面情報を効果音に置き換えて表現する工夫がなされている。Audio game については、英語圏の [Audiogames.net](http://audiogames.net) [3] というサイト上に集積され、日々ゲームへの議論が行われている。筆頭著者は様々な Audio game を開発し公開しており、ウェブサイト上で多くの視覚障害ゲーマーからの反響を得ている。しかし、音だけを頼りにプレイするゲームを、視覚情報を主に用いる晴眼者が遊ぶことは難しく、視覚障害者と晴眼者のゲームコミュニティには未だに隔たりが存在している。

そこで我々は、視覚障害の有無にかかわらず、誰でも遊ぶことのできるアクション RPG (Roll playing game) を開発してきた [4, 5]。また、この RPG で画面情報の提示に用いた聴覚・触覚による代行提示の方法を改善し、よりリアルタイム性が高いアクションゲームを開発した [6, 7]。しかし、リアルタイム性を高めたことによって、点図ディスプレイの触察とコントローラの操作との両立が困難になる状況が度々確認された。触察のリアルタイム性を高めるためには、コントローラ操作時の手指の位置を変えないための工夫が必要であると考えられる。

そこで本研究では、コントローラの操作を妨げない代行提示方法の開発と提案を目的とする。このため、我々が開発した触覚提示機能付きゲーム用コントローラ *TactCon* (Tactile game Controller) [8] を前述したアクションゲームに導入する。導入にあたっては、種々の音声提示方法と合わせて触覚提示するよう実装した。

本稿では、まず開発したアクションゲームの概要を述べ、その後に *TactCon* の概要とゲーム内における代行提示方法の実例について述べる。その上で、本ゲームおよび

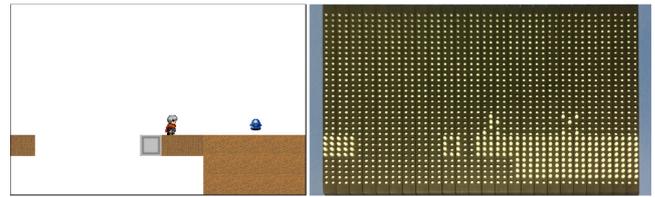


図 1 インクルーシブアクションゲーム *Planet Saga* の画面例。左図：ビジュアルプレイ用の画面、右図：左図の画面を点図ディスプレイで表示した様子。

*TactCon* を約 2 ヶ月の展示イベント内で、多くの晴眼者・視覚障害者に楽しんでもらった際に寄せられた反響や評価について報告する。

## 2. 開発したアクションゲーム

### 2.1 ゲーム概要

開発したゲーム *Planet Saga* は、晴眼者と視覚障害者がともにプレイできる 2D サイドスクロール型のアクションゲームである。図 1 にゲーム画面の例を示す。晴眼者は、画面上の情報を視認しつつ操作を行う。一方で視覚障害者は、聴覚情報や触覚情報を手掛かりに操作できる。

### 2.2 ゲームの流れ

本ゲームは同ジャンルのサイドスクロール型アクションゲームと同様の操作で遊ぶものである。プレイヤーは操作キャラクターの左右方向への移動と、ジャンプや攻撃などの基本操作を組み合わせ、ゲーム中のフィールドを進んでいく。フィールド上には、壁等の侵入不可能地点や、穴等の侵入することでやり直しとなるようなトラップ、プレイヤーを追尾/攻撃する敵キャラクター等が配置されている。プレイヤーは、ジャンプ操作を駆使して様々なトラップを乗り越え、時に敵キャラクターを倒しつつフィールドを進み、ゴール地点を目指す。

なお、操作キャラクターには HP (Hit point) が設定されており、トラップへの接触や敵キャラクターからの攻撃によって減少する。また、ゲーム内の穴などのトラップに引っかかると、HP が減少するだけでなく直前のリスタート地点からの再開となる。ただし、この HP が尽きるとゲームオーバーになる他、ステージごとに設けられた制限時間を超えるとタイムオーバーとなり、ゲーム終了となる。

操作にはパソコンのキーボードの他、市販のゲームコントローラを利用できる。

### 2.3 聴覚・触覚による情報提示方法

本ゲームは、画面を視認しつつ遊ぶビジュアルプレイ、ヘッドホンからの音情報を頼りに遊ぶオーディオプレイ、触覚ディスプレイからの提示情報を頼りに遊ぶタッチプレイの 3 つのプレイスタイルに対応している。

オーディオプレイは、ステレオスピーカー/ヘッドホンを

接続することで、多彩な効果音エフェクトを用いて画面上の情報を提示するものである。敵キャラクタ等フィールド上の全てのオブジェクトについて、移動音/動作音/当たり判定音/消滅音の少なくとも4種類の効果音を設定した。また、自ら動作をしないオブジェクトについては、待機音を常に再生するようにした。プレイヤーは効果音の種類とゲーム内の状況を関連付けて記憶することで、画面上のオブジェクトを音情報から識別できる。また、プレイヤーキャラクタのオブジェクトを中心とし、フィールド上の全てのオブジェクトの位置関係を、横方向の距離を音圧の左右差で、高さ方向の距離を音圧変化によって把握できるようにした。なお、位置関係の把握については、Hafterら、Yostらの報告を参考にして左右の音圧差を2dB以上[9,10]、Millerらの報告を参考に上下方向は1dB以上[11]とした。さらに、プレイヤーが進行方向の壁/上り段差/下り段差/頭上の足場に近づく、それぞれの位置を専用の効果音で自動的に通知する「サラウンドビューア」機能を搭載した。またプレイヤーは、任意のタイミングでゲームを一時停止し、画面内の地形情報やオブジェクト情報を確認することも可能である。

タッチプレイでは、点図ディスプレイ(KGS DotView DV-2)を接続することで、ゲーム画面を触りながら操作する。ゲームの画面情報のうち、フィールド内の壁の形状の他、プレイヤーキャラクタ・敵キャラクタとトラップの位置関係も点図の形状・点滅によって提示する(図1右図)。これらの情報はゲーム画面に連動してリアルタイムに提示されるため、プレイヤーはフィールド状況を即座に把握できる。なお点図ディスプレイを使用する場合、プレイヤーはキーボードやコントローラの代わりに、ディスプレイ本体の手前側・側面側にあるキーを用いて操作を行う。

### 3. 触覚提示機能付きゲーム用コントローラ *TactCon*

2章で述べたゲームでは、プレイ時に高いリアルタイム性が要求されるために、ゲーム内キャラクタの操作と点図ディスプレイの触覚を両立できないという課題が残されていた。点図ディスプレイのキーはゲーム用に設計されたものではないため、両手で操作しつつディスプレイを触覚することが難しい。また、キーボードやゲームコントローラ等の外部入力デバイスを使って操作する場合は、入力デバイスから一度手を離して触覚する必要があり、入力と提示を同時に行えないという問題があった。

そこで、コントローラ操作を妨げずに代行提示を行う触覚提示機能付きゲーム用コントローラ *TactCon* (Tactile game Controller) を開発し[8]、ゲームへの導入を試みた。

#### 3.1 *TactCon* の概要

図2に、*TactCon*の外観を示す。本コントローラには、



図2 *TactCon*の外観。左図：正面図、右図：触覚ディスプレイ部の拡大図

市販のゲームコントローラと同様、右側の4ボタンとスタート/セレクトボタンを含む6ボタンに加え、方向ボタンと2本のアナログスティックが搭載されている。また、L/Rボタンの代わりに、触覚ディスプレイが左右1機ずつ搭載されている。コントローラを利用するプレイヤーは、両手親指でボタンやスティックを使った入力操作を行いつつ、両手の人差し指で左右の触覚ディスプレイを触覚する。

左右の触覚ディスプレイは、32本の振動ピンマトリクスで構成されたモジュールである(*Tactule* (Tactile display module)と名付けている)。これら振動ピンは2mm間隔で6×6の正方形に配置されており、4つの角のピンが取り除かれている。ピンマトリクスのサイズは、12mm×12mmで、指先のサイズと同程度である。各ピンは、ディスプレイ内のCPUユニットの内部ソフトウェアに基づき、50~400Hzの周波数で振動する。各ピンの振動強度は、PCからシリアル通信で送られるコマンドにより設定することができる。また、触覚ディスプレイ内部には複数の触覚提示パターンが登録されており、一定周波数で全ピンを同期振動するパターンや、上下または左右に流れるような振動パターン(スイープパターン)を利用できる。

#### 3.2 *TactCon*を使用したゲーム内操作と提示

点図ディスプレイでは、ゲーム画面の情報をそのままピンの上下/点滅で提示していた。一方で*TactCon*では、プレイヤーが操作時に必要なリアルタイム情報のみを、ピンの振動周波数・スイープ向き・スイープ速度・振動感覚の変化で伝達する。

図3に、ゲーム内の状況に対する触覚提示の例を示す。左側触覚ディスプレイ(*LTactule*)にはプレイヤーの進行方向にある壁や穴等の静的な地形情報を提示し、右側触覚ディスプレイ(*RTactule*)には炎の弾や敵キャラクターなどの動的なオブジェクト情報を提示するよう設計した。スイープの上下左右の向きにより、プレイヤーキャラクタから対象のオブジェクトまでの相対的な距離を提示し、スイープ感覚で距離情報を提示する。距離が近づくほどスイープ間隔が短くなる(対象物までのマス数×500ms)。

スイープ速度は提示する情報ごとに異なる。壁/上り段差/下り段差は、*LTactule*に緩やかなスイープ速度(500

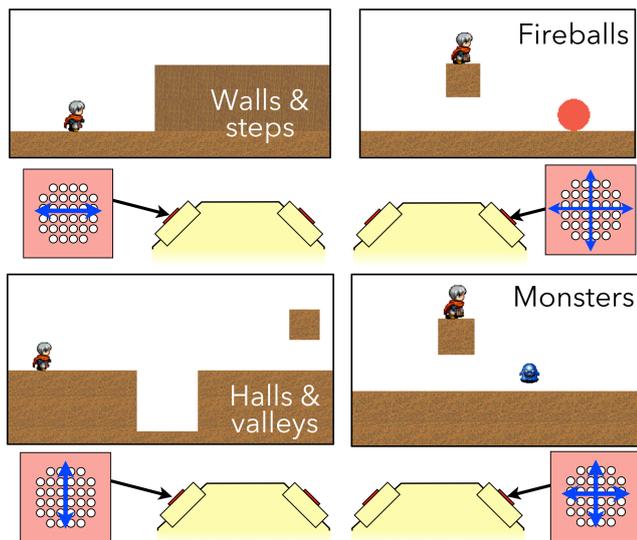


図 3 TactCon によるゲーム内状況ごとの触覚提示パターン

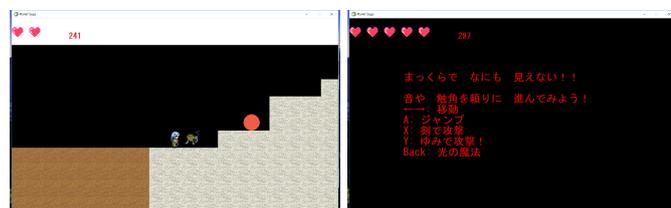


図 4 出展中のゲーム画面例。左図：前半部のマルチモーダルプレイ時の画面，右図：後半部の暗転画面。

ms) で提示する。静的な穴のトラップは、*L*Tactule に速いスイープ速度 (250 ms) で提示する。炎の弾のトラップは、*R*Tactule に速いスイープ速度 (250 ms) で提示する。敵キャラクターは、*R*Tactule に最速スイープ (150 ms) で提示する。

プレイヤーが *TactCon* を使ってゲームをプレイする場合、触覚ディスプレイの動作有無によって周辺に壁などの障害物やトラップなどのオブジェクトが存在するかを把握してもらう。*L*Tactule への振動の場合、プレイヤーは進行方向に上下段差や穴トラップがあることが分かるため、ジャンプ操作で先へ進む。*R*Tactule への振動の場合、スイープ速度によって状況を判断することが求められる。速い振動パターンの場合は炎の弾のトラップを避けるための会費動作が求められ、最速の振動パターンが提示されている場合には、敵キャラクターを倒すために攻撃動作を行う。なお、両方の *Tactule* に振動パターンが提示されていない場合には周囲に何もないためゴール地点へ向け安全に移動できる。以上のように振動子を使い分け、ゲームを進めることが可能である。

## 4. プレイヤーによる評価

### 4.1 概要

本ゲームは、晴眼者と視覚障害者の双方が楽しめるインクルーシブゲームとして、2018年6月30日から9月2日までの約2か月間にわたって行われた鞆の津ミュージアム

企画展『文体の練習』及び、『東京大学柏キャンパス一般公開 2018』における高齢社会総合研究機構のブースにてデモ出展した [12,13]。展示イベントでは、多くの晴眼者・視覚障害者の双方にゲームをご体験いただいた。

イベント時の評価の流れを述べる。参加者は始めに、プレイするアクションフィールドの難易度 (初級・中級・上級) を選択した後、チュートリアルにてサウンドや振動ボタンと操作方法を確認した。続いて、ビジュアルプレイ、オーディオプレイ、タッチプレイを同時に行えるマルチモーダルプレイにて、ゲームのルールや聴触覚の提示方法を体験してもらった (図 4 左図)。その後、画面が徐々に暗転する演出がある画面を挟んだ後で、後半のゲームプレイへ進んだ。後半のゲームプレイ開始時には、オーディオプレイ、点図ディスプレイ (DV2) を使ったタッチプレイ、*TactCon* を使ったタッチプレイのいずれかのプレイスタイルを選択し、以後は画面が暗転した状態でゲームを進めてもらった (図 4 右図)。なお、暗転時の救済措置として、プレイヤーは画面を数秒間明るくできる「光の魔法」を利用できる。最後に、プレイヤーのゲーム経験や本体験の感想を問う任意アンケートを実施して体験を終了した。アンケートにおいては、壁や段差までの距離、穴・谷までの距離と広さ、動く足場や炎の弾の動き、モンスターの位置や動き、左右方向・上下方向のオブジェクトまでの距離のわかり易さを5段階評価で回答してもらった他、ゲームの総合評価も5段階で行ってもらった。

なお、この際には、参加者の了解を得た上で、ゲームプレイ時のログを記録した。その上で、途中で中断されたプレイデータや、後半の暗転モード時に光の魔法を10回以上使っており、なおかつその際のキーストローク数が100件を超えているデータを省き、有効データ225件を得た。有効データログの内訳は、男性125名、女性90名。晴眼者184名、全盲視覚障害者11名、弱視者5名のものであった (未回答の者も含まれている)。また、暗転状態でプレイする後半のプレイスタイルの選択数は、*TactCon* プレイ48名、点図ディスプレイ59名、オーディオプレイ118名であった。

得られたログデータを基に、暗転時のゲームプレイ時のログデータをプレイスタイルごとに分け、クリア人数・プレイ時間・被ダメージ回数などを比較した。また、プレイ後のアンケートの感想を集計した。

## 5. 結果と考察

### 5.1 ゲームのクリア率やゲーム内行動

マルチモーダルプレイを行う前半は、225名中196名がゴールに到達できた (クリア率87.1%)。到達できなかった者は、26人がタイムオーバー、3名がゲームオーバーとなっていた。一方で、画面を暗転した後半部では、139名がゴールに到達し (クリア率61.8%)、45人がタイムオー

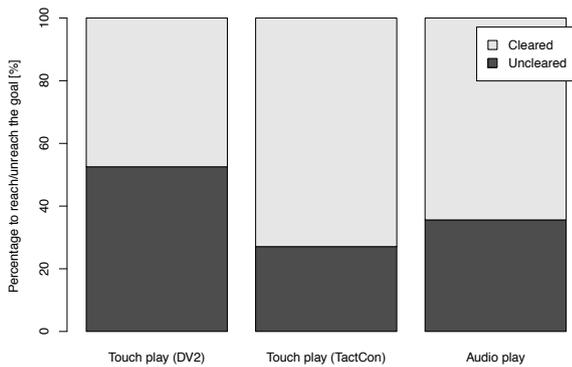


図5 プレイスタイルごとのクリア率

パー, 11名がゲームオーバーであった他, 途中で止めた者が30名であった。

次に, 図5にプレイスタイルごとのクリア率を示す。TactConを用いたプレイが最もクリア率が高い結果となった(68.6%)。χ<sup>2</sup>検定を用いた結果,  $p = 0.018 < 0.05$  となったため, 有意にTactConを用いる場合でクリア率が高くなったと言える。なお, ゲームの難易度, 性別, 障害状況, プレイスタイル, 最近のプレイ頻度を要因として, クリア成否について分散分析で検定したところ, プレイスタイルと最近のプレイ頻度で有意な主効果( $p < 0.05$ )が確認され, 障害状況とゲームの難易度で有意傾向のある主効果( $p < 0.10$ )が確認された。さらにTukey-Kramer法で多重比較を行ったところ, TactConを用いた場合がDV2を用いる場合よりも有意にクリア率が高いことが示された( $p = 0.03 < 0.05$ )。以上から, ゲームへの慣れやすさ以外に, 提案したプレイスタイルもゲームのクリアの可否に影響したと言え, TactConはゲームクリアの容易化に寄与できた可能性がある。

ただし, 同様の要因で分散分析を行ったところ, ゲームクリアまでの所要時間, ダメージ回数, 暗転下におけるキーストローク数においては, プレイスタイルにおける有意な主効果は確認できなかった。ゲームクリアまでの所要時間では, ゲームの難易度のみで有意な主効果( $p = 0.031 < 0.05$ )が確認され, ダメージ回数では, ゲームの難易度( $p = 0.00104 < 0.01$ )と最近のプレイ頻度( $p = 0.037 < 0.05$ )で有意な主効果が確認された。また, 暗転下におけるキーストローク数では, 最近のプレイ頻度のみで有意傾向のある主効果( $p = 0.0625 < 0.10$ )が確認された。

## 5.2 主観評価

プレイ後アンケートにおける各評価項目に対して, 前章と同様にゲームの難易度, 性別, 障害状況, プレイスタイル, 最近のプレイ頻度を要因とした分散分析を行った。この結果, 壁や段差までの距離と, 左右方向・上下方向のオブジェクトまでの距離のわかり易さにおいて, 障害状況が有意な主効果として抽出された(どの場合も,  $p < 0.05$ )。

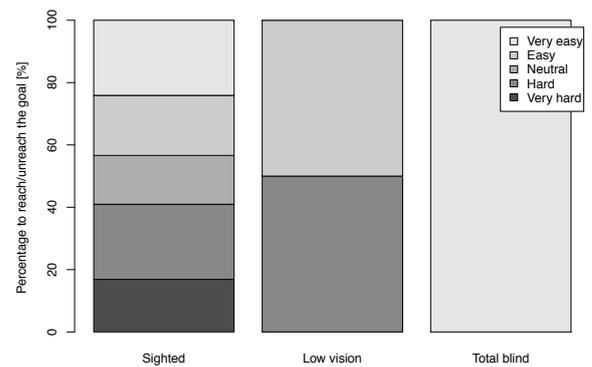


図6 障害状況ごとの壁・段差までの距離のわかり易さ

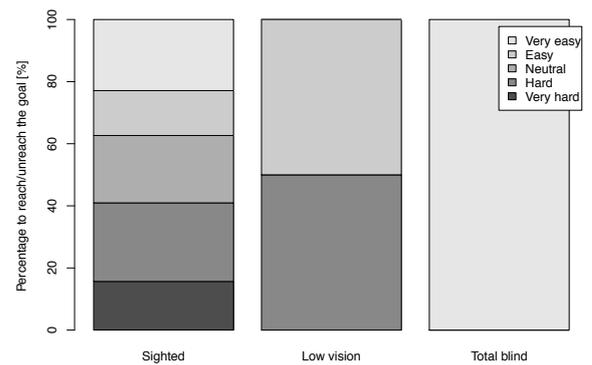


図7 障害状況ごとの左右方向のオブジェクトの距離のわかり易さ

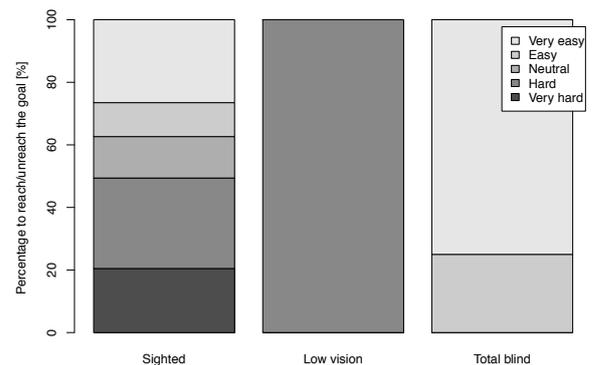


図8 障害状況ごとの上下方向のオブジェクトの距離のわかり易さ

一方で, 穴・谷までの距離と広さ, モンスターの位置や動き, ゲームの総合評価では有意な主効果は確認できなかった。動く足場や炎の弾の動きにおいては, 性別において有意傾向のある主効果として抽出された( $p = 0.082 < 0.10$ )。

分散分析の結果を基に, 障害状況が有意な主効果として抽出された3項目において, 障害状況ごとの主観評価の結果を図6~8に示す。どの項目においても, 晴眼者は評価が幅広く分布した一方で, 全盲者は非常にわかりやすいと回答する者が多かった。なお, 障害状況ごとの各項目の評価結果のテーブル表に対してFisherの正確確率検定を用いたところ, 壁・段差までの距離と上下方向での距離のわかり易さでは有意傾向が確認された( $p < 0.10$ )。一方で, 左右方向のわかり易さでは有意差・有意傾向は確認できなかった( $p = 0.126 > 0.10$ )。以上から, 概して全盲者ほど, 音によるゲーム内空間の知覚を行いやすかったと言える。

ただし, 約40%の晴眼者は, これらの距離感をわかりや

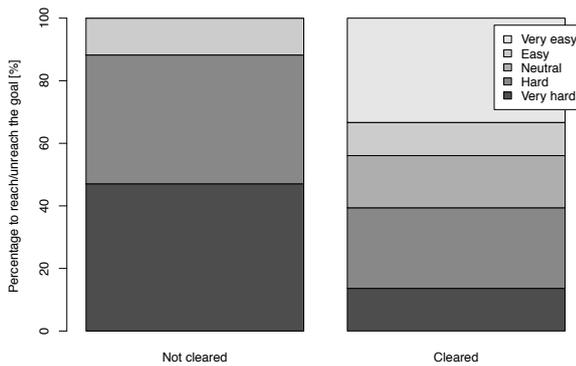


図 9 晴眼者におけるクリア状況ごとの上下方向のオブジェクトの距離のわかり易さ

すい・非常にわかりやすいと回答していた。例として、図 9 にクリア状況ごとの晴眼者における上下方向での距離のわかり易さの主観評価結果を示す。クリアできた晴眼者ほど、有意に距離感が分かりやすいと回答していた (Fisher test:  $p < 0.001$ )。よって、開発したゲーム環境によって部分的にだがインクルーシブ性が実現できたと言える。

### 5.3 その他の意見や感想

本ゲームでオーディオプレイをプレイした 64%の晴眼者およびタッチプレイをプレイした 30%の晴眼者は、もともとは視覚障害者のために設計したこれらのプレイスタイルを楽しみ、アンケートではそれぞれ非常に良い・良いと評価した。一方で、彼らの中には、普段から触察することに慣れていないため、*TactCon* でのプレイの際、振動パタンの流れる方向を指先で把握しづかったという意見が寄せられた。またゲームをプレイした子供たちが、*TactCon* のサイズが大きいためプレイを諦めるか、市販のコントローラでのプレイに切り替える場面が見受けられた。

またゲームの出展中は、周囲の観賞者にも暗転中のプレイ状況を伝えるために、サブモニター画面にプレイ映像を表示していた。その結果、音や触覚でプレイを進めるプレイヤーと、周囲の鑑賞者とが分け隔てなくゲームを楽しむことができていた。この点においても、本ゲームのインクルーシブ性が実現できたと考えられる。

*TactCon* を利用してプレイしたオーディオゲームに慣れた視覚障害者からは、ゲーム内の情報が聴覚と触覚に分散されることで状況を把握しやすくなったという意見が寄せられた。また、オーディオプレイ時にゲーム内の状況を伝えるために追加されたシステム音がなくなることによりゲーム音がより市販のゲームに近づいたことを喜ぶ声もあった。一方で、長時間振動ピンを触っていると指先が疲れてしまうという点が指摘された。

## 6. まとめと今後の展望

本稿では、操作を妨げない触覚提示機能付きゲーム用コントローラ、*TactCon* を開発し、視覚障害者・晴眼者がと

もに楽しめるサイドスクロールアクションゲームのゲーム画面情報の触覚代行提示に用いた。本コントローラを使用することで、プレイヤーは触覚情報によるゲーム内状況の把握と操作を両立しながらゲームを進めることができた。

今後は、多くのオブジェクトやより複雑な地形を提示できるよう、実験室実験などを通じて触覚提示の方法を探っていく計画である。また、より多くの方にゲームを体験してもらった上で、ゲームフィールド中のステージ要素ごとのプレイの成否などについて詳細に分析していく。

さらに、本稿で述べたインクルーシブアクションゲームは引き続き改良を行っていく。具体的には、サイドスクロールフィールドの他、2D/3Dの探索フィールドや様々なトラップ、プレイヤーキャラクターの成長要素、ストーリーなどを追加する予定である。これらを踏まえて、完全版として *ShadowRine* などの前作同様にウェブサイト等で頒布する計画である。

**謝辞** 本研究は JSPS 科研費 (JP26280070, JP18H01047, JP18H05000, JP18J23363) 及び筑波技術大学競争的教育研究プロジェクト事業の助成を受けた。インクルーシブアクションゲーム *Planet Saga* の開発に当たっては、開発チームとして大塚勇哉さん、米村総一郎さん、中尾清隆さんにご協力いただいた。また、キャラクターボイスについてはインターネット上でご活躍中の声優の方々にご助力を頂いた。ここに感謝を申し上げる。

### 参考文献

- [1] 良藝館, 入手先 (<http://www.eonet.ne.jp/~akira-world0719/>) (Last checked: 2019.07.30)
- [2] 視覚障害者向け アクセシブルゲーム 情報 まとめ Wiki, 入手先 (<http://mm-galabo.com/AcGameWiki/>) (Last checked: 2019.07.30)
- [3] AudioGames.net, 入手先 (<http://www.audiogames.net/>) (Last checked: 2019.07.30)
- [4] 松尾 政輝, 坂尻 正次, 三浦 貴大, 大西 淳児, 小野 東: 視覚障害者のアクセシビリティに配慮したアクション RPG: 全盲者向け開発環境とゲーム本体の開発, 日本バーチャルリアリティ学会誌, Vol. 21, No. 2, pp:303-312 (2016).
- [5] Matsuo, M., Sakajiri M., Onishi, J., Ono, T., Miura, T.: Experience Report of a Blind Gamer to Develop and Improve the Accessible Action RPG *ShadowRine* for Visually Impaired Gamers, *Journal on Technology & Persons with Disabilities*, Vol. 5, pp:172-192 (2017).
- [6] 松尾 政輝, 坂尻 正次, 三浦 貴大, 大西 淳児, 小野 東: 視覚障害者のアクセシビリティに配慮した音だけで作図可能な地図エディタとサイドスクロールアクションゲームの開発, 情報処理学会アクセシビリティ研究会, Vol. 2016-AAC-2, No. 12, pp:1-4, (2016).
- [7] Matsuo, M, Miura, T., Sakajiri, M., Onishi, J. Ono, T.: Inclusive Side-Scrolling Action Game Securing Accessibility for Visually Impaired People, *Lecture Note in Computer Science*, Vol. 10516, pp: 410-414, (2017).
- [8] Miura, T., Katagiri, A., Yabu, K., Matsuo, M., Sakajiri, M., Ifukube, T.: Tactule: Tactile display modules utilizing multilayer-bimorph piezoelectric vibrators -Their applications in tactile game controllers (TactCon)-, In

- Proc. IEEE WHC 2019*, 2 pages, (2019).
- [9] Hafter, E. R., Dye, R. H., Nuetzel, J. M., Aronow H.: Difference thresholds for interaural intensity, *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol. 61, pp:829-834 (1977).
- [10] Yost, W. A., Dye, R. H.: Discrimination of interaural differences of level as a function of frequency, *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol. 83, pp:1846-1851 (1988).
- [11] Miller G.: Sensitivity to changes in the intensity of white noise and its relation to masking and loudness, *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol.19, pp:609-619 (1947).
- [12] 文体の練習 鞆の津ミュージアム, 入手先 (<https://abtm.jp/2018/09/%E6%96%87%E4%BD%93%E3%81%AE%E7%B7%B4%E7%BF%92/>) (Last checked: 2019.07.30).
- [13] IOG 東京大学高齢社会総合研究機構: 「東京大学柏キャンパス一般公開 2018」レポート, 入手先 (<http://www.iog.u-tokyo.ac.jp/?p=4218>) (Last checked: 2019.07.30)