

IVRC2019 一般学生部門/ユース部門

灼熱のチャクラ！

～新参魔術師のデビュー戦～

1 目的

従来のゲームではプレイヤーは視聴覚情報の提示のみに基づき行動する。視聴覚以外の感覚（例えば温度感覚）の提示に基づきプレイするゲームは未だに存在していない。そこで本企画では、プレイヤーはチャクラの流れ（手のひらが感じる温度変化）に応じてタイミングを捉え強力なファイアボールを発射したり、体に温度と風圧を感じさせたりすることで被弾を体験することで、今までにない温度感覚でゲームを遊ぶ(図1)。本企画では、ファイアボールの発射タイミングが上手く把握できない新人魔法使いのデビュー戦という背景を設定し、体験者が手の中の変動しているファイアボールの温度を知覚し、発射時刻を決めるという今までにないゲーム体験を作る。(図1)。



図 1 イメージ図

2 従来手法との比較

2.1 従来ゲームとの比較

VR ZONE の「ドラゴンボール VR 秘伝かめはめ波」、PC の「THE UNSPOKEN」ようなエネルギーを溜めて発射するのをメイン攻撃方法とする VR ゲームでは、エネルギーをプレイヤーに感じさせる手段としては視覚刺激以外に、風を当てるや手や床の装置を振動させるような力触覚提示しかない。「かめはめ波」と「ファイアボール」いずれもエネルギーのかたまりだから熱いイメージがするが、その温度感覚を提示できる VR ゲームは存在していない。

それに対して、本企画は温度提示装置によるチャクラ（エネルギー）の熱さを再現する。したがって、プレイヤーは臨場感溢れる攻撃体験をエンジョイできる。

2.2 既存触覚提示装置との比較

本企画では、ファイアボールの発射と相手からのファイアボール攻撃を受けることを想定しているため、手のひらにファイアボールの感覚提示（体験者側）とファイアボールに射撃される感覚提示（相手側）を分けて検討していく。

2.2.1 触覚提示装置(体験者側)

まず、ファイアボールの発射に関しては、体験者が相手の攻撃を避けながらチャクラの流れを捉えて仮想のファイアボールを前へ押し出すことを想定している。向こうからくる攻撃を避けたり、発射するジェスチャーを検出するため、装置の便利性と柔軟性が必要であると思われる。

従来温度変化を用いたインタフェースはペルチェ素子が用いられていることが多いが、ペルチェ素子の主な目的は冷蔵庫などの機器の冷却である。2種類の金属板を使い温度を制御するため、皮膚と接触する温度の提示面は金属板であり、便利性と柔軟性が不足であると思われる[1]

また、本企画は、ファイアボールを発射する際に手のひらから玉を押し出す感覚を実現する。既存のVR ZONEの「ドラゴンボールVR 秘伝かめはめ波」というゲームの中で、体験者の手に機械振動装置を配置し、手のひらに振動でエネルギーをためる感覚を実現した。ただし、かめはめ波を押し出す感覚は再現されていない。既に手のひらに機械振動装置があったので、他の力触覚を追加することが難しいからだと想定している。

玉を前へ押し出す感覚を実現するために、加速度センサー、トラッカ及び送風装置を利用する。

2.2 触覚提示装置(相手側)

敵からのファイアボール攻撃が体験者の体に当たることを想定している。硬さをもつ球状物が体に当たったように感じることを想定されている。つまり、断続的な送風かつ体の局所への提示が必要である。

熱い風を振る従来の送風装置があったが[4]、熱風が体に当たった後も、引き続き体にたどり着くため、想定している断続的な送風という要件を満たさない。

この問題に対して、我々は空気砲案を挙げる。空気砲の発射は断続的かつ局所的であるため、ファイアボールを上手く模倣できる。

3 システム構成

システムを図2に示す。システムは、ヘッドマウントディスプレイ(以下、HMDと記述する)、歩く型デバイス「Cybershoes」、温度感覚提示装置、力触覚提示装置、パソコンから構成される。

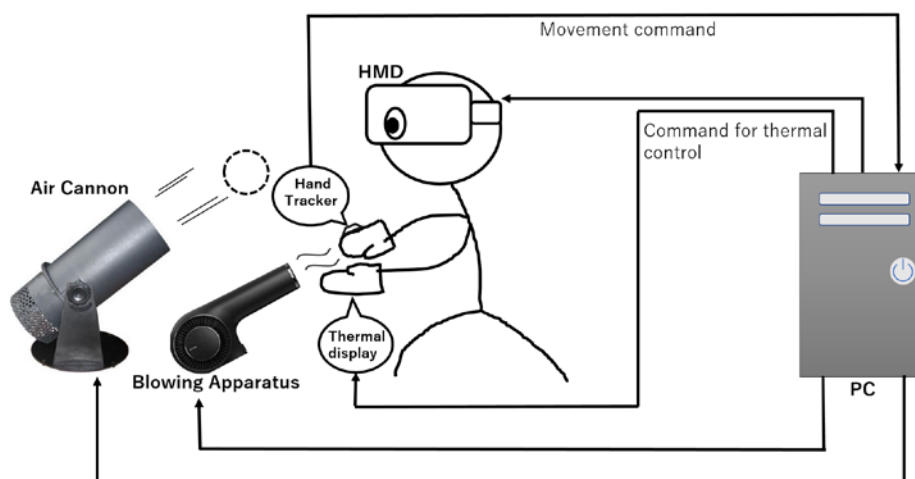


図 2 システム構成図

HMD で視覚刺激（バーチャルリアリティーのゲーム）を提供する．本企画では Oculus Rift S を利用し視覚刺激を与える．Oculus rift S で Oculus インサイトトラッキングにより，プレイスペース全体を全方向に移動できる．外部センサーも複雑なセットアップも不要である．



図 3 Oculus Rift S

パソコンで各情報を統合する．かつ体験者の手の動きを認識し，キャラクターのファイアボール発射開始時間及び施術時間を決定する．

靴型デバイス「Cybershoes」を用いて狭い空間においても自在な移動を実現する．「Cybershoes」は両足に履き，歩くように足を動かすことで，VR 内での移動を実現するサンダル型のデバイスである．最大の特徴は足に装着するデバイスだけで済むというその手軽さである．「Cybershoes」の裏側にはローラーが装着されており，このローラーの回転で足の移動量を検知し VR 内での移動を実現する．



図 4 靴型デバイス「Cybershoes」

温度感覚提示装置を用いてファイアボールの発射及びそれに被弾感覚を作る．

力触覚提示装置を用いてファイアボールを前へ押し出す感覚を実現する．

表 1 システム構成に必要な部品リスト

部品	機能
HMD	視覚刺激を与える
CyberShoes	歩行
温度感覚提示装置	ファイアボールの温度感覚（攻撃/被弾）を再現する
力触覚提示装置	ファイアボールを手から押し出す感覚を再現する
パソコン	情報統合・シリアル信号の同期

4 システム実装

本節では、システムの実装について検討していく．感覚提示方法の違いにより視覚提示(ゲーム)、温度感覚提示(ファイアボールの温感)と力触覚(ファイアボールの押し出す感覚)三種類を分けて検討する．

4.1 視覚刺激の実装

4.1.1 ゲーム構成

このゲームは VR で体験できるシューティングゲームである．ゲームのプレイヤーは主人公の魔法使いとなり、ファイアボールを攻撃手段とする．

ゲームは二つのステージによって構成される．第一ステージでは、ゲームは三人称視点で 2D の画面で表示される．プレイヤーはこのステージでいくつかの敵を倒し、出口を探すことでゲームのマップや遊び方、そしてこれから第二ステージでなりきる主人公のイメージを把握することができる．第二ステージでは、プレイヤーは主人公になりきって一人称視点でゲームを進める．プレイヤーはこのステージで更に強い敵と戦って、そして最後に現れるボスを倒してゲームをクリアする．．なお、主人公はまだ素人のため、思い通りにファイアボールを打てず、手のひらで流れるチャクラ（温度変化の提示）を把握し発射タイミングを捉える．なお、温度の変化は周期的でないため、時間感覚により予測するのは不可能である．

4.1.2 ゲームアルゴリズム

ゲームの各ステージのタイルマップはランダムに生成される．プレイヤーと敵の最初の位置もランダムである．

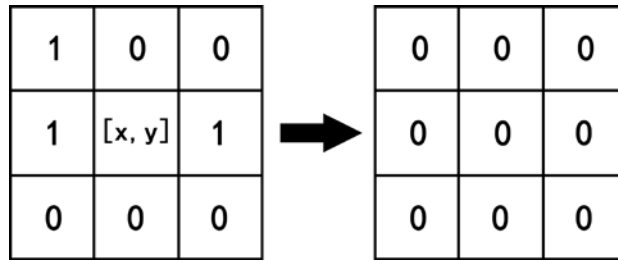


図 5 smooth: surroundingCount < 4

タイルマップには 0 は地面 1 は障害物を表す。タイルマップは最初タイル毎に 0 或いは 1 をランダムに当てる。そしてタイルマップを巡回して平滑化する。方法としてはタイル[x,y]と隣接する 8 つのタイルの値を合計し、4 より小さい場合は[x,y]を含めてすべてを 0 に入れ替え（図 5）、4 より大きい場合は[x,y]を含めてすべてを 1 に入れ替える（図 6）。

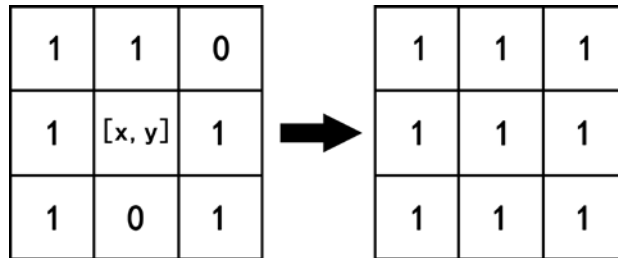


図 6 smooth: surroundingCount > 4

タイルマップの中に値が 0 であるタイルの位置集合にキャラクター（主人公と敵）がランダムに生成される。

4.2 温度感覚提示装置の実装（体験者側）

体験者側の感覚提示について、温度感覚と力触覚を分けて検討していく。

温度感覚について、本企画は、ファイアボールを発射する際に手のひらのひりひりする感覚を実現する。前述の便利性と柔軟性の問題に対して、我々は二つの案を提案する。

提案一：温水熱源を利用する。温度変化の想定部分（ファイアボールを発射する際に手のひらが暖かくなると想定している）とパイプが常に接触し、パイプに温水を注入することにより、温水を持つパイプを熱源として熱伝導で手のひらの部分を加熱していく。一方、ファイアボールの発射が終わったら、温水をパイプから抽出することにより、皮膚を常温まで冷却させる。

提案二：柔らかい金属の手袋を用意し、手袋に小型ペルチェ素子を貼り付けることにより、柔軟性を保ちながら温度提示を行う。

4.2.1 温度感覚提案一

提案一は薄い手袋、細いパイプ、温水槽（恒温槽）、常温水槽、ポンプ、パソコン、制御部分から構成される。細いパイプを手袋に着けて、温水の注入や抽出により温度制御を行う。

予め温水槽と常温水槽を用意しておく。常温水槽は水槽の容量最大値の水を持ち、水位は常に温水

槽より高い。温水槽は恒温槽を利用し、常に高い温度を保つ。

ファイアボールの準備期間(最大 5 秒と想定している、図 7 に示す)において、温水槽と常温水槽の混合した水をポンプ 1,ポンプ 2 でホースに注入することでグローブを短時間で加熱できる。

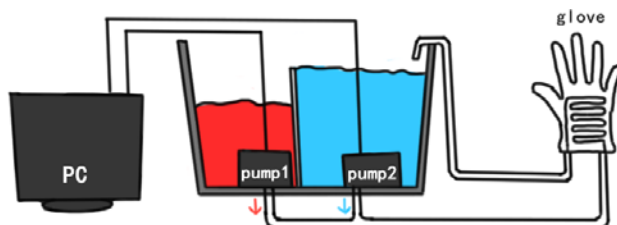


図 7 温度感覚提示装置（体験者側）

ファイアボールの発射が終わったら、ポンプ 1 が停止し、ポンプ 2 が常温水を送ることでホースに残っている温水を排出しグローブを冷却する。ホースから排出された温水は常温水槽に流れる。常温水槽の容量最大値に達したため、余った水は温水槽に流れる。温水槽に流された水は比較的冷たいため、すぐに加熱される。

表 2 温度感覚提示装置（体験者側）部品リスト

部品	機能
薄い手袋	温度を持つパイプを載せるため
細いパイプ	温度を提示する際の温水の容器として使われる
温水槽	温水を持つ恒温槽
常温水槽	常温水を持つ容器
ポンプ	温水の注入・排出
制御部分	ポンプを制御する
パソコン	シリアル信号で制御部分の機能を果たす

4.2.2 温度感覚提案二

柔らかい金属の手袋を用意し、手袋に小型ペルチェ素子(30mm*30mm)を貼り付けることにより、柔軟性を保ちながら温度提示を行う。

4.2.3 温度感覚提示装置の実装（相手側）

非装着かつ局所的な香り提示手法を参考する[3]。この部分は頭部トラッカ、空気砲用雲台、空気砲本体、電熱線から構成される。

電熱線にコンセントから通ってきた電気が通電することによって電気抵抗が起こり、筒内部の空気を加熱しておく。熱の温度は、電熱線の太さや多さによって発生する熱量が調節される。一方で、体験者の周りに数台の空気砲を配置(固定)し、体験者をめがけて各方向から空気砲を打ち出す。

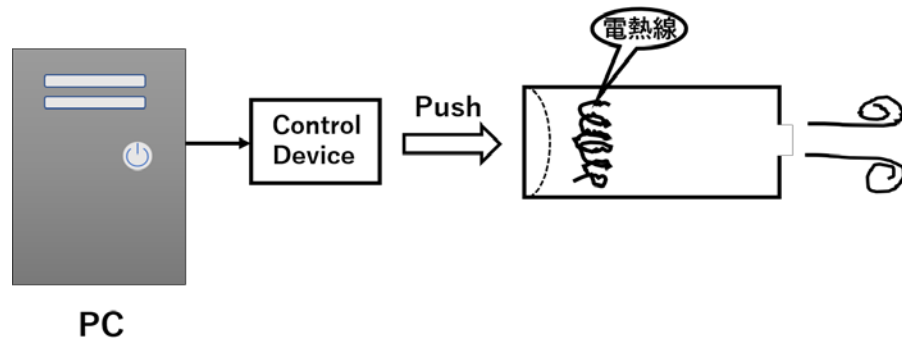


図 8 空気砲原理図

ファイアボールの発射を決めた際、パソコンのシリアル信号によってコントロールデバイスが制御され、筒の後方を押し、筒内部の熱空気を押し出す。空気砲では、開口部から空気が押し出された後、図 8 のようにドーナツ状の空気の渦が形成される。渦の存在により空気の粒子が散逸することなくドーナツ状のまま移動していく。

表 3 温度感覚提示装置（相手側）部品リスト

部品	機能
頭部トラッカ	体験者の鼻を検出する
空気砲用雲台	空気砲の足載せ台
空気砲本体	砲丸型の熱風を作るため
加熱装置	熱風をつくるため
パソコン	シリアル信号で制御部分の機能を果たす

4.3 力触覚提示装置の実装

力触覚について、本企画は、ファイアボールを発射する際に手のひらから玉を押し出す感覚を実現する。この感覚を実現するために、加速度センサー、トラッカ及び送風装置を利用する。

体験者の手に加速度センサーを付けて、手の加速度によりファイアボールの発射時刻を決める。トラッカで体験者の手のひらを検出し、送風装置が常に手のひらに向けて方向を調整する。ファイアボール発射の姿勢ができてから、送風装置は発射動作の終了時刻まで風を送り続ける。振り続けている風の反力で押し出す感覚を実現していく。

5 スケジュール

5.1 デバイス制作

6 月上旬	温度制御機構の検討
6 月下旬	温度感覚提示装置（体験者側）の設計・制作
7 月上旬	温度感覚提示装置（相手側）の設計・制作
7 月下旬	力触覚提示装置の設計・制作

8 月	視覚情報提示との統合
9 月上旬	予選大会に向けての実験と改良

5.2 プログラム制作

6 月	頭部の位置・向き計測用プログラムの作成
7 月	ゲームのためのプログラムの作成
8 月	温度感覚提示装置との統合
9 月上旬	予選大会に向けての実験と改良

5.3 全体統括

6 月	プレゼンテーション審査に向けての準備
7 月	全体像の検討・決定
8 月	全体の統合
9 月	予選大会に向けての実験と改良

6 その他必要と思われる項目

本企画は、温水を利用し温度感覚を提示すると想定しているために、恒温槽の表面に防水シートを張って転倒時であっても会場を濡らさないようにする安全対策を行なって展示を実現する。

一方で、本企画では、熱風を打ち出す空気砲も利用する。展示の安全を確保するために電熱線を配置し、定格電流値と空気砲の熱問題を考慮しながら設計する。

参考文献

- [1] 佐藤克成, & 前野隆司. (2012). 温・冷刺激の空間分割による高応答性温度提示ユニット. *Interaction*.
- [2] 鈴木将敏, & 松浦昭洋. (2018). 仮想空間内の視聴覚情報と現実の風が温度の体感に与える影響について. *エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2018 論文集*, 2018, 43-46.
- [3] 坂口正道, 穂永涼, 今井和紀, 早川恭平: 水の流量を利用した温度提示システムの開発に関する基礎研究, 第 19 回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, 32A-5, pp.448-449 (2014)
- [4] 柳田康幸, 野間春生, 伴野明, & 鉄谷信二. (2002). 非装着かつ局所的な香り提示手法に関する検討. *情報処理学会研究報告オーディオビジュアル複合情報処理 (AVM)*, 2002(106 (2002-AVM-038)), 161-166.
- [5] Pixel Ripped 1989