



灼熱のチャクラ！

～新参魔術師のデビュー戦～

Burning Chakra!

～The Debut of Rookie Magician～

バーチャル太郎¹⁾、拡張二郎¹⁾、現実花子¹⁾
Itaro VIRTUAL, Jiro KAKUCHOU, and Hanako GENJITSU

(書類審査通過後に著者・所属を入れた最終盤を提出していただきます)

¹⁾ 東京大学 工学系研究科 (〒113-0033 東京都文京区本郷 7-3-1, vrsj@star.t.u-tokyo.ac.jp)

概要：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ところで、今までにない温度感覚で遊ぶゲームを目指す。本企画は、手袋型の装置を提案してファイアボールの温度感覚、また風の反力でファイアボールを押し出す感覚をすることにより発射時の感覚を作る。更に、空気砲の提案でファイアボールの被弾感覚を実現する。

キーワード：チャクラ、ファイアボール、温度感覚提示装置、力触覚提示装置

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。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、体験者が手の中に変動しているファイアボールの温度を把握し、発射タイミング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、風邪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。

従って、プレイヤーは私たちの温度提示装置でによるチャクラ（エネルギー）の熱さを感じ、臨場感の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

本企画において、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するため、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）を分けて検討する。

2.2.1 触覚提示装置（体験者側）

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する。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したりするため、

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の多くはペルチェ素子が用いられているが、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。二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、柔軟性が不足であると思われる[1]。

柔軟性の問題に対して、私たちは二つの案を提案する。

案1：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）とホースが常に接触し、ホース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。一方で、ファイアボールの発射が終わったら、温水をホースから抽出することにより、皮膚を常温まで冷却させる。

案2：柔らかい金属のグローブを用意し、グローブ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。

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ため、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。

ファイアボール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。

2.2.2 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頭（つまり、攻撃は体験者の真正面からだけでなく、側面や後ろからくる可能性がある）に当たることを想定している。硬さを持つ球状物が顔に当たったように感じるものが想定されている。つまり、断続的な送風かつ顔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、引き続き頭にたどり着くため、想定している断続的な送風条件を満たさない。

本企画は空気砲の使用を提案する。空気砲の発射は連続でないかつ局所的であるため、ファイアボールをうまく模倣できる。

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)、靴型デバイス「Cybershoes」、温度感覚提示装置、パソコンから構成される。

HMDで視覚刺激（バーチャルリアリティーゲーム）を提供する。

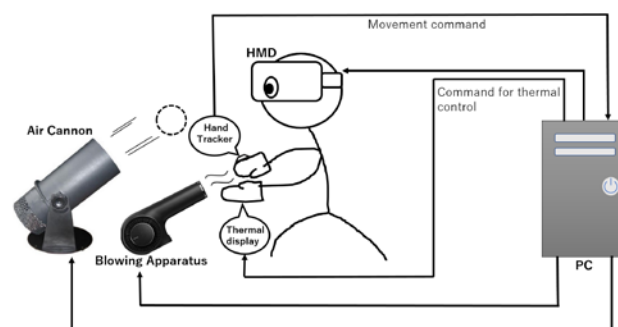


図2 システム構成図

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動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、狭い空間においても自在な移動を実現する。

温度感覚提示装置を用いてファイアボールの発動及びそれに撃たれる感覚を作る。

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。ゲームのハードウェア/ソフトウェアと温度感覚提示(ファイアボールの体感)につき検討する。

4.1 ハードウェアの実装

本企画ではOculus Rift Sを利用する。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 Cybershoes(左)とOculus Rift S(右)

「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。

4.2 ソフトウェアの実装

本企画では、プレイヤーは主人公の新人魔法使いとなり、ファイアボールを攻撃手段とする。なお、主人公はまだ素人であるため、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）を把握し発動タイミングを捉える必要がある。なお、温度変化は周期的でないため、体験者は時間を図り予測するのは不可能である。

ゲーム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。

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4)、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5)。

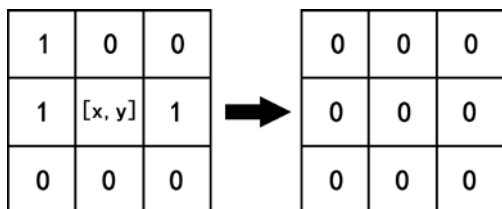


図 4 smooth: surroundingCount < 4

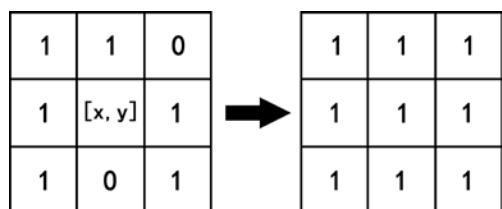


図 5 smooth: surroundingCount > 4

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。

4.3 温度感覚提示装置(体験者側)

上記既存の温度提示装置の問題点を考慮した上で、私たちは柔軟性を考慮して2つの案を提案する。

案1: 薄いグローブ、細いホース、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。

細いホースをグローブに着けて、温水の注入や抽出により温度制御を行う。

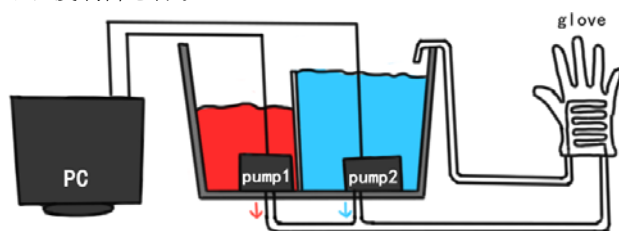


図 6 温度感覚提示装置(体験者側)

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。

ファイアボールの施術期間(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。

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に冷たいため、すぐに加熱される。

案2: 柔らかい金属のグローブを用意しておき、手の動きに支障がないようにグローブに小型ペルチェ素子(30mm*30mm)を貼り付ける。

4.4 温度感覚提示装置(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、体験者の各方向から空気砲を打ち出す。

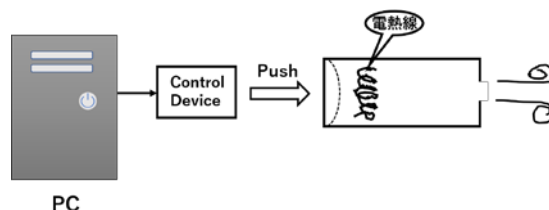


図 7 空気砲原理図

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7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。

4.5 力触覚提示装置

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、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。

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