



FinGun

FinGun

藤澤岳瞭¹⁾, 音納陸¹⁾, 佐々木卓也¹⁾, 宮崎滉己¹⁾, 磯山直也¹⁾, 内山英昭¹⁾, 清川清¹⁾
Takara FUJISAWA, Riku OTONO, Takuya SASAKI, Koki MIYAZAKI,
Naoya ISOYAMA, Hideaki Uchiyama and Kiyosi KIYOKAWA

1) 奈良先端科学技術大学院大学 先端科学技術研究科
(〒630-0192 奈良県生駒市高山町 8916-5, {fujisawa.takara.fp0, otono.riku.ot6, sasaki.takuya.sp5,
miyazaki.koki.mj8, isoyama, hideaki.uchiyama, kiyo }@is.naist.jp)

概要: 子供の頃に手で銃を撃つ仕草をする体験をした人は多い. そのような気軽に何気なく行う遊びに対して指が飛んでいく感覚を提示する Virtual Reality (VR) システムの開発を試みる. 提案システムでは VR 用の Head Mounted Display (HMD) を用いた視覚的なフィードバックと跳ね上げ機構を用いた触覚的なフィードバックを刺激として提示する. 2つの刺激を提示することで, 手が銃になり指が飛んでいくような感覚をユーザに与える. 近年, ロボットアームなどを操作する際に, ユーザが操作対象に対して身体所有感を得られることで, 操作が容易になることを目指した研究が行われているが, 指が飛んでいくような感覚を提示できれば様々な操作対象に対して身体所有感を得させられるといった貢献も期待できる.

キーワード: VR, 身体所有感, 自己主体感

1. はじめに

指鉄砲は形態模写の一種である. 具体的には, 手の小指側を下に向けて拳を握り, 親指と人差し指を開いて鉄砲の形を作る. 漫画やアニメ, CG が用いられた実写映画などで指鉄砲から, 弾丸や銃弾を模したものを発射するシーンを目にする事が多い. 実生活においても, 銃を撃つ仕草においてよく用いられている. これらの仕草は模倣として用いられているが, 実空間において自身の指を銃にしたり指を発射したりすることは, 物理的に不可能である. こうした実空間上では実現が困難な事象を体験するための技術の一つにバーチャルリアリティ (以下: VR) がある. 例えば, VR 環境内で自己の手の視覚フィードバックを裂けた手に変容させる研究が行われている [1]. この研究は, 身体を拡張した人間が, 拡張部位に対して身体所有感 [2]や自己主体感 [3]を知覚できるかを調査したものである. 一方で, 自己の身体から完全に, かつ能動的に切り離れた身体部位に対して人間が身体所有感や自己主体感を知覚できるかについては, まだ調査されていない.

我々は, 手が銃になり指が弾丸のように発射される感覚を提示するシステムを提案する. 提案システムは VR 用の HMD による視覚的なフィードバックと跳ね上げ機構による前腕部への触覚的なフィードバックを提供する.

2. 提案システム

2.1 システム概要

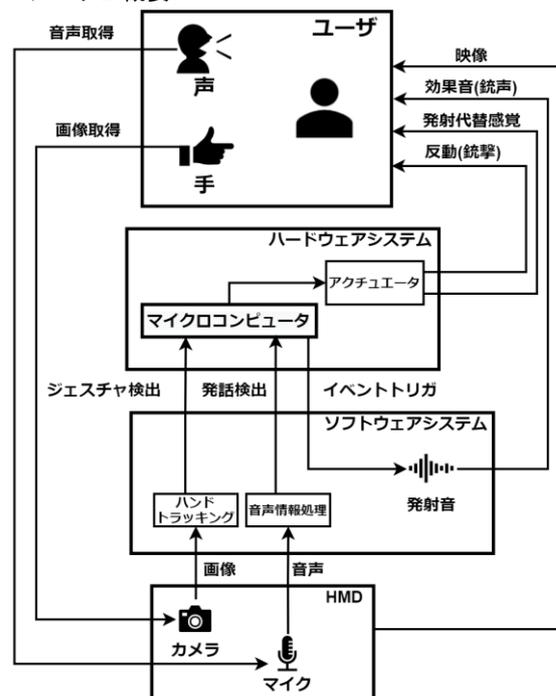


図 1: システム概要図



図2: モデリングした人差し指 (左) とその他 (右)

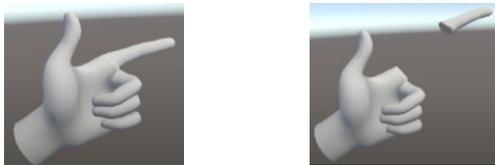


図3: VR空間内で指を発射する様子

提案システムは図1に示すようにソフトウェアシステムとハードウェアシステムから構成される。HMDとアクチュエータ制御のためのマイクロコンピュータを使用する。ユーザによる入力のためにHMDに搭載されたカメラとマイクを用いる。ユーザが入力する際には、手を指鉄砲の形にした状態で、「バンッ!」と声を出すものとする。常時、ソフトウェアシステム内でハンドトラッキングを行い、入力が行われたことを認識すると、マイクロコンピュータへアクチュエータ制御用の信号を送信する。図4に示すように、マイクロコンピュータによってエアシリンダ等のアクチュエータを制御し、銃を撃ったときの反動を再現する。アクチュエータの駆動を触覚刺激として、銃声を音声刺激として提示することでより銃を撃った際の感覚と指が飛んでいく感覚をユーザに与える。

2.2 ソフトウェアシステム

人差し指が発射される映像を提示するため、図2に示すように人差し指のみとその他の手の要素を分けてモデリングを行った。ハンドトラッキングで表示される手に作成したモデルを適用する。

提案システムはHMDに搭載されたカメラによってユーザの手の位置・回転と形状を認識し、それらに合わせて手の3DモデルをHMD上に提示する。表1に示すように人差し指と親指が共に伸びている状態のとき音声を入力すると人差し指が発射される。発射の際、人差し指が伸びている方向が発射方向となる。発射後の人差し指が無い状態で親指を曲げることで、銃を扱う際のリロードとして認識し、人差し指を再度生成して提示する。ユーザは発射とリロードを繰り返すことで何発でも人差し指の発射と生成が行える。実際にVR空間内で人差し指を発射した際の画像を図3に示す。

表1: 手の状態と動作

指	人差し指	親指	動作
状態	有り	伸びている	音声入力時 発射
	無し	曲げている	人差し指 生成

2.3 ハードウェアシステム

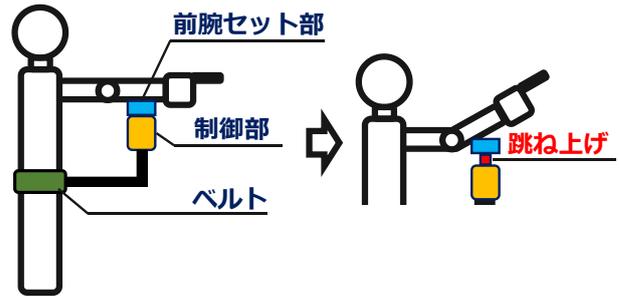


図4: 跳ね上げ機構

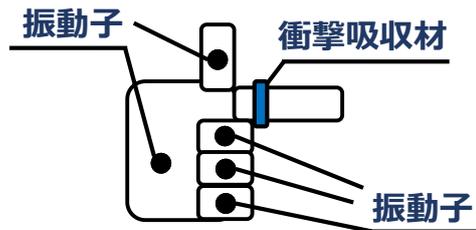


図5: 発射代替感覚提示機構

ハードウェアシステムはユーザに触覚的なフィードバックを与えるための二つの機構で構成される。

一つ目は、ユーザの前腕に撃力を与えるための跳ね上げ機構である。跳ね上げ機構により銃撃の際に発生する前腕への衝撃を再現する。図4のようにモータやエアシリンダを用いた機構を、ベルトを用いてユーザの腰に固定し、ユーザはその上に前腕を乗せる。跳ね上げ機構はマイクロコンピュータによって制御され、ユーザの音声入力に合わせて、ユーザの前腕を跳ね上げるように作動する。提案機構はベルトによって腰に固定されているためユーザの移動にも対応できる。

二つ目は、ユーザの指に振動を与えるための発射代替感覚提示機構である。発射の際に発生する指の消失感覚を再現するための機構であり代替感覚を用いる。本稿での代替感覚とは、本来の刺激とは異なる刺激を与えられることで、ユーザが本来の刺激を与えられたかのように錯覚として得る感覚のことを指す。先行事例として、テレビゲーム用のコントローラには落下時の衝撃などを再現する振動子が搭載されている [4][5]。また、神経機能もしくは人体が欠損している対象に対して欠損部を補間するフィードバックなどが研究されている [6][7]。提案システムでは、代替感覚を振動子によって提示する。

発射代替感覚提示機構には、複数の振動子と衝撃吸収材を用いる。概要図を図5に示す。振動子を掌と人指し指以外の指に装着する。人差し指には、衝撃吸収材を装着する。動作時には、指の発射に合わせて振動子が振動する。人差し指に伝わる振動は衝撃吸収材によって緩和する。これにより、発射時の衝撃と指の消失感覚を再現する。

3. 体験の流れ

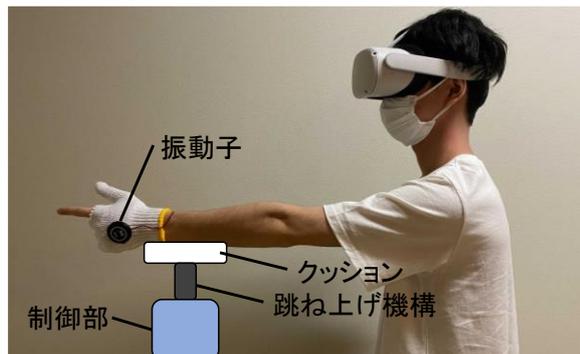


図 6: 使用イメージ

図 6 に本システム体験時のイメージ図を示す。ユーザは、以下の流れで本システムを体験する。

1. ユーザは前腕部を跳ね上げ機構にセットする。
 2. ユーザは HMD を装着する。
 3. ユーザはシステム内で使用するシーンを選択する。
 4. システムによりシステムのシーンが起動される。
 5. ユーザは手の小指側を下に向けて拳を握り、親指と人差し指を開いて鉄砲の形を作る。
 6. ユーザは「バンッ！」という声を出す。
 7. VR 空間内において、人差し指が弾丸として発射される。
 8. ユーザが親指を曲げることで VR 空間内において人差し指が再度生成される。
- 1～8 までの手続きを 1 ループとする。

4. 評価方法

提案システムが、指を飛ばす感覚をユーザに与えられるか評価を行うために、下記の比較評価を検討している。まず、比較評価のために下記の 3 種類の条件を用意する。

1. HMD を装着せず、実空間上で指鉄砲の形を作り、「バンッ！」という発射音を口に出して銃を撃つようなジェスチャをする。
2. HMD を装着して、VR 環境上で指鉄砲の形を作り、「バンッ！」という発射音を口に出して銃を撃つようなジェスチャをする。この時、VR 空間内で人差し指が発射される。また、パターン 2 においては跳ね上げ機構は動作しない。
3. HMD を装着して、VR 環境上で指鉄砲の形を作り、「バンッ！」という発射音を口に出して銃を撃つようなジェスチャをする。この時、VR 空間内で人差し指が発射される。また、パターン 3 においては跳ね上げ機構は動作させる。

実験時には、被験者に各条件を体験させ、体験後にアンケートに回答させる。また、体験時の腕の動きの変化や、心拍変動を取得することで、定量的な評価を行うとともに、

得られたデータからシステムの改善を検討する。

5. おわりに

本稿では、指鉄砲の動作時に人差し指が飛んでいく感覚を提示するシステムを提案した。今後は、提案システムのプロトタイプの実装を行う。また、提案システムの利用時に統合的に被験者がどのような感覚を得られるか調査を行う。

参考文献

- [1] 貝塚 涼, 繁樹 博昭, “拡張身体への応用を目指した VR 環境上の裂ける手による自己受容感覚の変容,” 日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, Vol. 24, pp. ROMBUNNO.1B-02, 2019.
- [2] Lopez, C., Halje, P., Blanke, O., “Body Ownership and Embodiment: Vestibular and Multisensory Mechanisms,” *Neurophysiol. Clin*, Vol. 38, pp. 149–161, 2008.
- [3] Newport, R., Pearce, R., and Preston, C., “Fake Hands in Action: Embodiment and Control of Supernumerary Limbs,” *Exp. Brain Res*, Vol. 204, pp. 385–395, 2010.
- [4] SONY INTERACTIVE ENTERTAINMENT INC., INPUT DEVICE, WO/2020/110350, 2019-5-22.
- [5] 任天堂株式会社, ゲームコントローラ, 特願 2018-32880, 2018-2-2.
- [6] Hung, D. M., et al., “振動による代替感覚フィードバックを用いたマニュアル制御,” 茨城講演会講演論文集, pp. 243–244, 2012.
- [7] 馬場 哲晃, 笠松 慶子, 土井 幸輝, 串山 久美子, “温冷呈示を利用したビデオゲームインタラクションにおけるその手法の検討と開発,” 情報処理学会論文誌, Vol. 53, pp. 1082–1091, 2012.