

# 力覚提示装置と HMD を用いた鉛直投げ上げ仮想実験環境

## Virtual Experiment Environment for Vertical throw-up using Haptic Device and HMD

村上 拓真<sup>\*1</sup>, 松原 行宏<sup>\*2</sup>, 岡本 勝<sup>\*2</sup>, 毛利 考佑<sup>\*2</sup>

Takuma MURAKAMI<sup>\*1</sup>, Yukihiro MATSUBARA<sup>\*2</sup>, Masaru OKAMOTO<sup>\*2</sup>, Kousuke MOURI

<sup>\*1</sup>広島市立大学情報科学部

<sup>\*1</sup>Faculty of Information Sciences, Hiroshima City University

<sup>\*2</sup>広島市立大学大学院情報科学研究科

<sup>\*2</sup>Graduate School of Information Sciences, Hiroshima City University

Email: e20206@e.hiroshima-cu.ac.jp

**あらまし**：本稿では HMD と力覚提示装置を用いた鉛直投げ上げを行うシステムを提案した。提案システムでは三次元空間内でのボールを掴んで投げ上げを行う様子を、HMD を使って体験でき、力覚提示装置を通じたフィードバックも体感できる。検証実験では、ボールキャッチング時の力覚提示装置によるフィードバックや HMD を用いた仮想空間での投射実験体験の効果について、被験者による学習結果やアンケートなどから評価した。

**キーワード**：力覚提示装置, HMD, 落下運動, バーチャルリアリティ, 物理

### 1. はじめに

「理科嫌い・理科離れ」という言葉が登場して 20 年以上経過している[1]。その中で理科嫌いの原因としては実験や観察の時間がないことによる関心の減少、授業が難しい、数学が苦手であることが挙げられる。岩根らは力覚提示装置を用いた落下運動の学習向け仮想実験環境の構築を行った[2]。その結果、興味、自然さ、リアリティがあるなどの評価が得られた。しかし、これは 2 次元空間で行っているのでボールが動ける範囲には限りがあり、初速度が大きい場合の軌道を見ることはできない。

そこで本研究では、3 次元の仮想空間上で力覚提示装置と HMD を用いた鉛直投げ上げシステムを構築した。本システムを用いることにより、ボールを投げ上げると見上げるだけで軌道を見ることができ、学習に有効かを確認することを目的とする。

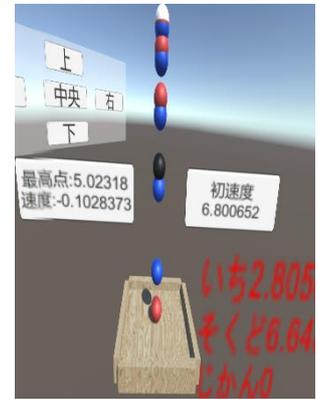
### 2. 提案システム

提案システムの外観とシステム画面を図 1 に示す。図 1(a)に力覚提示装置と HMD を装着した図を示す。頭に HMD を被り、右手に力覚提示装置のスタイラス、左手にコントローラーを装着することでボールを投げ上げたり表示された軌跡を動かしたりすることができる。図 1(b)にボールを掴んで投げ上げるシステムの画面を示す。学習者は装置のスタイラスをボールに近づけスタイラスに付随しているボタンを押すとボールを掴むことができる。そしてそれを真上に投げると図 1(b)のような軌跡が表示される。投げ上げをした時にボタンを離すと図 1(b)の右側の UI に投げ上げたボールの初速度が表示される。これにより学習者自身がどの程度の力で投げ上げたのかを

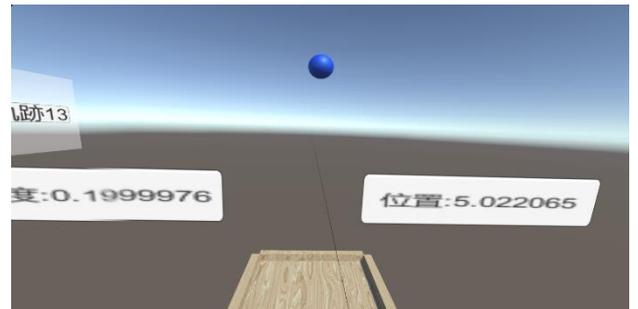
確認することができる。また、投げ上げたボールが最高点に到達した時、その最高点の位置を記録し、記録した位置のボールの速度も記録する。そして図 1(b)の左側の UI に記録した最高点の位置と速度を表示させる。これにより学習者はボールをどんな速度で投げ上げても最高点の時の速度が 0 であることが確認できる。図 1(c)にボタンを押してボールが投げ



(a) システム外観



(b) ボールを掴んで投げ上げるシステム画面



(c) ボタンを押して投げ上げるシステムの画面

図 1 システムの外観と画面

上げるシステムの内、「数秒間運動」の機能の画面を示す。学習者はシステムを動かす前に初速度や時間を設定し、システムを動かしてスタイラスのボタンを押すと入力した速度が初速度となってボールが投げ上がる。また、このシステムでは「運動の観察」「軌跡の表示」「数秒間運動」の3つの機能があり、図1(c)は「数秒間運動」を行った時の画面である。「数秒間運動」では入力した時間を使い、ボールを投げ上げたと同時に時間のカウントダウンが始まり、時間が0になったら止まるというシステムになる。さらに止まった位置とその速度が表示される。これにより学習者は入力した速度と時間でボールはどこに停止するのかを3次元空間において感覚的に掴むことが可能である。



図2 軌跡操作画面

図2ではHMDを用いた時、軌跡を操作するのに用いる画面を示す。学習者はコントローラーを使ってこの画面を操作すると図1(b)のシステムや図1(c)のシステムの中にある「軌跡の表示」の機能においてボールを投げ上げた後に軌跡を一つ一つ確認したり、表示されたテキストを消したりできる。

### 3. 鉛直投げ上げの実験

実験では力覚提示装置とHMDを用いて鉛直投げ上げシステムを行った時の操作性の確認、また問題を解くことでシステムを動かしたときに最高点の時、速度が0であることなどを使えるかの確認、そしてシステムやHMDのあるやり方とないやり方でどちらが鉛直投げ上げを学びやすいか、力覚提示装置の操作性に関するアンケートを行った。被験者は10名とした。図3に被験者が解いた問題の正答率を示す。問題の内容として位置や速度、時間、最高点に関する問題を10問出題した。図3より被験者の正答率はほとんどの人が80%以上になっているが、被験者Aと被験者Jの正答率は80%未満である。その原因としては計算ミスで求めた解答が誤っていたり、数学的な面で躓いたりしていたことが挙げられる。しかし、被験者A, Jを含むほとんどの被験者が最高点の時の速度が0であることを計算で求めることや、それを使って位置や時間を求めることが出来ていたことが確認された。

表1ではアンケートでHMDがあるやり方とないやり方どちらが学びやすかったかという質問の回答を示したものである。表1から「ある」と選んだ人は5人、「ない」と選んだ人も5人という結果になった。選んだ理由も回答してもらったところ、「ある」と回答した人はボールの高さがリアルで分かりやす

い等と回答し、「ない」と回答した人はテキストを確認するのに手間がかかる等と回答している。結果、HMDは任意で装着したら良いと考えられる。

またその他のアンケート結果ではボールを投げ上げた時リアリティがあったことが分かった。さらに力覚提示装置の操作性に関する記入欄では掴んでいる感じがした、慣れるとやりたいように操作できたなどの肯定的な意見が得られたので力覚提示装置を用いることは投げ上げ運動にいい影響を与えると考えられる。そして、自由記入欄ではテキストの文字が大きくて見づらい、問題をHMD上で表示してほしい等テキストに関することや問題に関することが記入されていた。

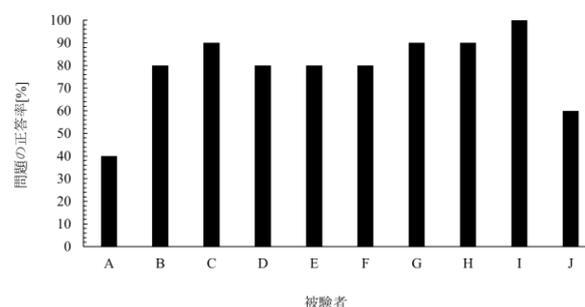


図3 問題の正答率

表1 HMDの有無の結果

被験者	HMDの有無
A	ない
B	ある
C	ない
D	ある
E	ある
F	ある
G	ない
H	ない
I	ある
J	ない

### 4. おわりに

本研究では力覚提示装置とHMDを用いた鉛直投げ上げ仮想実験環境を提案した。実験を行うことで投げ上げの問題が解けていたこと、力覚提示装置は投げ上げにおいていい影響を与えることが確認された。今後の課題として運動の式の表示や自分で速度を決める際にVR空間内で決めるなどが挙げられる。

#### 参考文献

- (1) 長沼祥太郎: 理科離れの動向に関する一考察—実態および原因に焦点を当てて—, 科学教育研究, Vol. 39, No. 2, pp. 114-123 (2015)
- (2) 岩根典之, 平山貴美子, 松原行宏: 反力デバイスを用いた落下運動の学習向け仮想実験環境の構築, 日本教育工学会論文誌, Vol. 30, No. 4, pp. 315-322 (2007)