

# 仮想的な投射実験を行う力覚を伴うタブレット型学習支援システム

## Learning Support System of Throwing Experiment with Force on Tablet Device

久田 翔太<sup>\*1</sup>, 岡本 勝<sup>\*1</sup>, 岩根 典之<sup>\*1</sup>, 松原 行宏<sup>\*1</sup>  
Shota HISADA<sup>\*1</sup>, Masaru OKAMOTO<sup>\*1</sup>, Noriyuki IWANE<sup>\*1</sup>, Yukihiro MATSUBARA<sup>\*1</sup>

<sup>\*1</sup> 広島市立大学大学院 情報科学研究科

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

Email: lhisada@lake.info.hiroshima-cu.ac.jp

**あらまし**：本研究では、タブレット端末用の力覚提示デバイスとタブレット端末を用いた、仮想的に投射実験を行うことができる学習支援システムを提案する。提案システムでは4種類の投射を投げ分けてボールの受け取り時の衝撃力を体験することにより、投射の違いによる衝撃力の方向の違いや大きさの変化を学習できる。実験により、提案システムを用いてボールを自由落下させた際のボールの速度など、投射の題材を学習できる可能性を確認した。

**キーワード**：タブレット端末、学習支援システム、力覚提示デバイス、初等力学

### 1. はじめに

高等学校学習指導要領では発見学習の重要性を示唆している<sup>(1)</sup>。発見学習とは、「学習者自らが実験などを行い、考察することで学習を進める」手法である。しかし、実際に実験を行うと、空気抵抗の影響により高校物理で学習する物理公式通りの現象が起こらないために学習が困難になることなど、困難な点が考えられる。

そこで、ICT技術を利用して仮想環境内で実験を行う手法が勧められてきた。シミュレーション傾向に陥らないように自由度の高いシステムが開発されている中、高砂らは実際の投擲フォームにより投射の入力を行える仮想実験環境を構築した<sup>(2)</sup>。実際の投擲フォームで投射の入力を行うことにより、学習者の意図した初速、投射角、投射の種類を入力できるようになった。さらに、力覚提示デバイスの導入によりボールの受け取り時に、ボールを受け取った衝撃力を体験することが可能になった。しかし、高砂らのシステムではボールの受け取り時に提示される力覚が3次元であるため、小さな力覚が提示された際に提示された力覚の方向がわかりにくい場合があると考えられる。そこで、2次元方向に力覚を提示するデバイスとしてタブレット端末用の力覚提示デバイス SPIDAR-tablet<sup>(3)</sup>、およびタブレット端末を導入し、仮想的に投射実験を行うことができる学習支援システムを提案する。

### 2. ディスプレイに直接触れる投射学習環境

図1に提案システムの外観を示す。SPIDAR-tabletはタブレット端末の上に乗せて使用する。学習者はSPIDAR-tabletの力覚を提示する輪に指をはめた状態で学習を行う。図2にシステム画面例を示す。システム画面にはボールだけでなく、ボールの位置の目安となる補助線なども表示した。提案システムでは、ボールを仮想環境内で投射して受け取るという

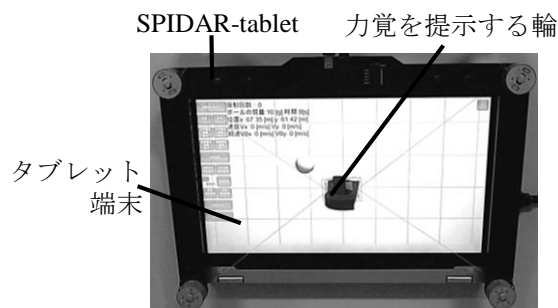


図1 提案システムの外観

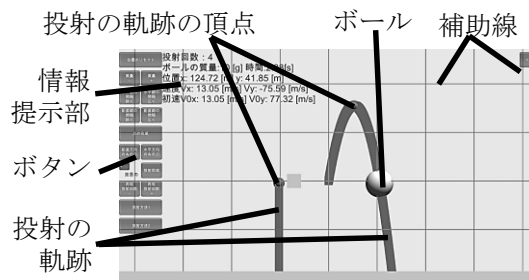


図2 システム画面例

行為を繰り返し行うことで学習を進める。ボールを投射することに関して、提案システムでは2種類の投射方法を実装した。1つ目の投射方法1ではボールを投射したい方向と逆方向にドラッグし、指を離して投射する。ドラッグする長さが長いほど初速の値が大きくなる。自由落下はボールをタップすることで行う。2つ目の投射方法2ではボールを投射したい方向にドラッグし、指を離して投射する。ドラッグをする速さが速いほど初速の値が大きくなる。ドラッグをするための予備動作を考慮して、ドラッグで指を離す瞬間の指を動かす速さで初速が決定される。自由落下は投射方法1と同様にボールをタッ

プすることで行う。

ボールを投射した直後、その投射の軌跡が表示される。学習者は投射の軌跡を目安にボールを受け取りたい位置でタップをする。ボールがタップした位置にくるとボールの受け取りが行われる。ボールを受け取った際に SPIDAR-tablet がボールを受け取った衝撃力を学習者の指に提示する。

### 3. 提案システムで実験をする様子の調査

被験者に投射を題材とした問題を解かせて、回答した答えを確かめる実験を提案システムでさせた時にどのような傾向になるのかを調べた。本調査では大学院生 2 名を被験者 A, B として行った。被験者 A, B には同じ問題を解かせた。提示した問題は、自由落下の速度公式を扱う問題などである。被験者 A において、タブレット端末のみを用いて提案システムで実験を行わせた。被験者 B において、タブレット端末と SPIDAR-tablet を用いて提案システムで実験を行わせた。

自由落下の速度公式に関する問題で、タブレット端末のみを用いて提案システムで実験を行った被験者 A は、タブレット端末上で自由落下を行い、情報提示部で提示されているボールの鉛直方向の速度を観測した。一方、タブレット端末と SPIDAR-tablet を用いて提案システムで実験を行った被験者 B は、情報提示部で提示された情報と、さらに被験者 B の指に提示される力覚を用いた。提案システムで自由落下を行って異なる高さでボールを受け取った。情報提示部で提示されている、それぞれの高さで受け取った際のボールの鉛直方向の速度を観測し、また被験者 B の指に提示される力覚の大きさも用いた。

### 4. 各投射方法での受け取りの精度に関する検証

提案システムではボールの投射、投射されたボールの受け取り、ボールを受け取った際の衝撃力の体験の 3 手順を繰り返し行って投射の題材を学習する。そこで、構築した仮想実験環境内で投射されたボールを被験者が指で受け取ることができるかを調べた。

大学院生の計 2 名を被験者 C, D として実験を行った。まず被験者 C に投射方法 2 で鉛直投げ上げ、上方斜方投射、水平投射、自由落下の 4 種類の投射でそれぞれ 30 回投射させ、投射させた直後に指定した位置で受け取らせた。その後、投射方法 1 で同様に計 120 回の投射と受け取りを行わせた。被験者 D には先に投射方法 1 で、その後に投射方法 2 でそれぞれ 120 回被験者 C と同様のボールの投射と受け取りを行わせた。投射開始の高さは全ての投射の種類において、下から 3 本目の水平方向の補助線（以降水平補助線と呼ぶ）の高さである。受け取り位置と受け取り回数において、鉛直投げ上げと上方斜方投射では頂点位置で 10 回、下から 3 本目の水平補助線の

表 1 投射方法 1 での受け取り成功率

投射の種類	受け取り成功率	
	被験者 C	被験者 D
鉛直投げ上げ	100%	100%
上方斜方投射	100%	100%
水平投射	100%	100%
自由落下	100%	100%

表 2 投射方法 2 での受け取り成功率

投射の種類	受け取り成功率	
	被験者 C	被験者 D
鉛直投げ上げ	100%	100%
上方斜方投射	100%	100%
水平投射	100%	100%
自由落下	100%	96.7%

高さで 10 回、下から 1 本目の水平補助線の高さで 10 回である。水平投射と自由落下では下から 2 本目の水平補助線の高さで 15 回、下から 1 本目の水平補助線の高さで 15 回である。それぞれの投射方法における受け取りの成功率を評価した。

表 1, 2 に各投射方法での受け取りの成功率を示す。被験者 C, D ともに投射方法 1 でも投射方法 2 でも全ての投射の種類で 96.7% 以上の受け取りの成功率を確認した。これにより、構築した仮想実験環境で投射・受け取りができるため、投射実験を行うことができる可能性があると考えられる。

### 5. まとめと今後の課題

本稿では、タブレット端末とタブレット端末用の力覚提示デバイスを用いて仮想的に投射実験を行う学習支援システムを提案した。検証により、構築したシステムで投射実験を行うことができることを確認した。今後の課題として、学習効果の検証などがあげられる。

#### 参考文献

- (1) 文部科学省：“高等学校学習指導要領解説 理科編 理数編”，実教出版，pp. 35-48 (2009)
- (2) 高砂敬介，谷村典彦，神戸篤史，松原行宏，岡本勝，岩根典之：“ワイヤレス加速度センサを用いた投射体験のための仮想環境の構築”，教育システム情報学会学生研究発表会，pp. 252-253 (2011)
- (3) 田村理乃，村山淳，平田幸広，佐藤誠，原田哲也：“タッチパネルのための力覚インタフェース SPIDAR-tablet とその力覚計算方法の開発”，日本バーチャリアリティ学会論文誌，Vol. 6, No. 3, pp. 363-366 (2011)