

# 反発係数と物体の運動を題材とした力覚を伴うゲーム型学習支援システム

## Development of the Game Type Learning Support System with Force Feedback Function for the Motion of Object and Coefficient of Restitution

加藤 智也<sup>\*1</sup>, 松原 行宏<sup>\*1</sup>, 岡本 勝<sup>\*1</sup>, 岩根 典之<sup>\*1</sup>

Tomoya Kato<sup>\*1</sup>, Yukihiro MATSUBARA<sup>\*1</sup>, Masaru OKAMOTO<sup>\*1</sup>, Noriyuki IWANE<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: lkato@lake.info.hiroshima-cu.ac.jp

あらまし: 本稿では反発係数と物体の運動を題材とした力覚を伴うゲーム型学習支援システムを提案する。提案システムでは仮想環境内に配置されたオブジェクトの角度と反発係数を調整することで、直線運動を行う球の速度を操作できる。学習者はオブジェクトを操作することで球の速度を調整し、設定された目的地に球を移動させるように試行錯誤を行うことで学習を進める。また、反力デバイスを用いることによって、学習者は球の速度が変化した際の球が持つ衝撃力の変化を体験することができる。検証では、提案システムにおいて反力デバイスによる力覚提示を行う場合と、反力デバイスによる力覚提示を行わない場合における学習効果の比較を行った。

キーワード: 力覚提示デバイス, 物理, タブレット端末

### 1. はじめに

高等学校学習指導要領では、物理現象などの理科の学習において、実験による学習が重要とされている。しかし、実際には授業時間や実験に要するコストの制約上、十分に実験が行われないことがある<sup>(1)</sup>。

授業時間外に実験学習でき、ICTを用いて仮想的に物理の実験を行う学習支援システムが開発されている。檜谷らは、タブレット端末と SPIDAR-tablet<sup>(2)</sup>を用いた滑車の自由設計が可能な仮想実験環境を構築した<sup>(3)</sup>。檜谷らのシステムでは、様々な滑車の組み合わせによる重さの変化を力覚により体験し、滑車の特性について学習をすることができる。

また、学習に対して苦手意識や不安感を持つ学習者に対してエンタテインメント性のあるゲームシステムを用いた指導を行うことで、学習に興味・関心を抱かせることを狙いとした学習支援が行われている。

そこで本研究では、反発係数と物体の運動を題材とし、実験を仮想的に行うことが可能であるゲーム型のシステムを構築する。学習者は、仮想環境内にオブジェクトを生成、角度と反発係数を調整することにより、直線運動を行う球を目的地に移動させながら SPIDAR-tablet を通して、球の速度が変化した際の球の衝撃力を提示できる。学習者は、仮想環境内の球をゴールに移動させるゲームをクリアする中で、力覚の変化を体験しながら暗黙的に試行錯誤を繰り返し、楽しみながら学習を進めていくことができる。

### 2. 力覚を伴うゲーム型学習支援システム

図1に提案システムの構成要素を示す。提案システムはタブレット端末と SPIDAR-tablet から構成され、SPIDAR-tablet はタブレット端末の上に設置され

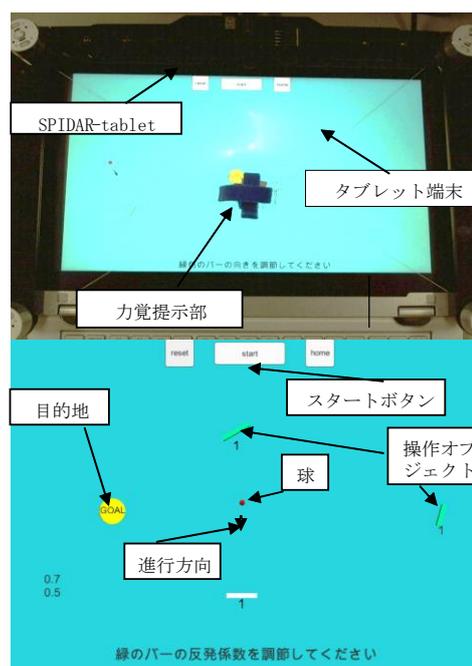


図1 システムの構成要素

る。SPIDAR-tablet はタブレット端末と組み合わせて使用することにより、タッチ操作と同時に2次元の力覚を学習者に提示できるデバイスであり、ハードウェアにおいて製作容易性、接続容易性、安価性を持つ。学習者は力覚提示部に指を装着し、タブレット端末上に表示された仮想環境を指でタップすることによって、仮想環境内の操作や反力を伴ったフィードバックを得ることができる。

提案システムの仮想環境には直線運動を行う球と、球を反射するオブジェクト、球の目的地がある。オ

表1 問題2の回答

	被験者	衝撃力	答
G1	A	(4)>(3)>(2)>(1)	○
	B	(4)>(3)>(2)>(1)	○
	C	(4)>(3)>(2)>(1)	○
G2	D	(4)>(1)>(3)>(2)	×
	E	(3)>(2)>(4)>(1)	×
	F	(4)>(3)>(2)>(1)	○

プロジェクトはステージに応じて生成、角度または反発係数を調整できるものがあり、学習者はそれらの操作することによって、球を目的地まで移動させる。また、直線運動を行っている球をタップすることで、SPIDAR-tabletからの力覚提示により反発係数の変化に伴う衝撃力の変化について学習できる。

### 3. 力覚の有用性の検証

提案システムの使用において SPIDAR-tablet による力覚提示を行う場合と、SPIDAR-tablet による力覚提示を行わない場合の学習について比較を行った。被験者は、SPIDAR-tablet を使用したシステムを用いて学習を行う G1(被験者 A~C)と、SPIDAR-tablet を使用しないシステムを用いて学習を行なう G2(D~F)の3名ずつに分けた。実験手順は、まず被験者に事前テストを1問出題し、事前知識の確認を行った。事前テスト実施後にシステムを使用し学習を行わせた。システムを体験後に事後テストを2問出題し、知識の変化を確認した。G1の3名は学習後の正解率が上昇し、G2の被験者D、Eは正解率が下がり、被験者Fの回答には事前と事後で変化が見られなかった。事後テストの中でも問題2の回答はグループごとに回答が大きく異なった。問題2は「直線運動を行う球が異なる反発係数の壁に衝突した後の球の衝撃力の大小関係を、等号、不等号を用いて表せ。

(2)と(3)は2つの壁に衝突後の球の衝撃力を比較対象とする」という反発係数の変化に伴う衝撃力の大きさの変化についての定性的知識の確認を目的とした問題である。問題2の正答は、(4)>(3)>(2)>(1)の順である。

表1の結果から被験者A、B、C、Fが正しい大小関係を導き出し、被験者Dは(1)の衝撃力を被験者Eは(4)の衝撃力を誤回答した。問題2の回答から被験者A、B、C、Fは反発係数の変化による衝撃力の大きさの定性的知識が確認できた。結果からSPIDAR-tabletを装着したシステムを使用したG1の方が実験後のテストの回答に正しい変化がみられた。さらに問題2の回答結果から、G1はSPIDAR-tabletからの力覚提示によってG2に比べ反発係数の変化による衝撃力の大きさの定性的知識について実験を通して確認できたと考えられる。

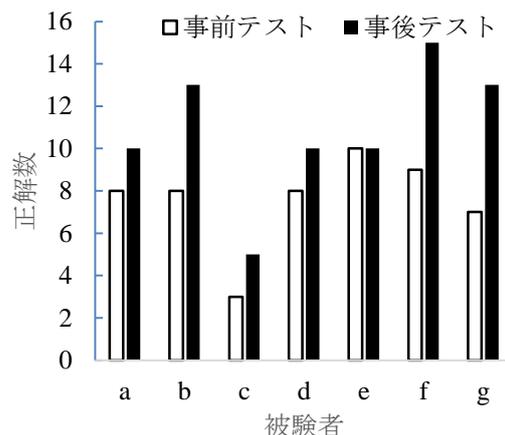


図2 テスト結果

### 4. システムを用いた学習の検証

提案システムを用いてゲームを繰り返しプレイする中で反射角と反発係数、衝撃力の関係を学習できることを確認した。被験者は学生7名とし、被験者が任意の場所に2本バーを生成でき、球がバーに衝突するたびにスコアが加算されていくステージを使用した。実験手順は、まず被験者に事前テストを15問出題し、事前知識の確認を行った。事前テスト実施後にシステムを使用し学習を行わせた。システムを体験後に事前テストと同じ問題を出題し、知識の変化を確認した。テスト結果を図2に示す。図から被験者eを除く全ての被験者がシステム使用後、正解率が上昇していることがわかる。

### 5. おわりに

タブレット端末と力覚提示デバイスを用いたゲーム型学習支援システムを構築した。検証の結果、SPIDAR-tabletを装着した本システムを用いることで、学習者が反発係数の変化による物体の衝撃力の変化を体験可能であることが確認できた。また、本システムのゲームのルールでは学習後の知識とゲーム内スコアを関連性は見られなかったが、学習者がゲームを繰り返しプレイし、クリアしていく中で反射角、反発係数の変化による物体の運動の変化を学習可能であることが確認できた。

今後の課題として学習後の知識と関連付けが可能なゲームのルール、スコア設定があげられる。

### 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. 273-274, 2009.
- (2) 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. 16, No. 3, pp. 363-366, 2011.
- (3) 檜谷直樹，岡本勝，松原行宏，タブレット端末を用いた力覚提示を伴う滑車の学習支援システム，教育システム情報学会誌，Vol. 32, No. 3, pp. 220-225, 2015.