

反発係数と物体の運動を題材とした力覚を伴う学習支援システムの検討 Development of the learning support system with force feedback function for the motion of object and coefficient of restitution

加藤 智也^{*1}, 松原 行宏^{*1}, 岡本 勝^{*1}, 岩根 典之^{*1}
Tomoya Kato^{*1}, Yukihiko MATSUBARA^{*1}, Masaru OKAMOTO^{*1}, Noriyuki IWANE^{*1}

^{*1} 広島市立大学大学院 情報科学研究科
^{*1} 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反力を伴う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を体験することができる。実験では、システムからのフィードバックによって、被験者が反発係数による衝撃力の変化を体験することが可能であるか検証を行った。
キーワード：物理、反発係数、反力デバイス

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、“観察・実験などを行うことで科学的な見方や考え方を養う”とあり、実験による学習が重要とされている⁽¹⁾。しかし、実際の教育現場では、実験の準備や片付け等にかかる時間や、実験で使用する器具や消耗品にかかる費用など、コスト面の問題により十分な実験が行われない場合がある。

このような問題の解決策の一つとして、ICT を用いて仮想的に物理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⁽²⁾、タブレット端末と SPIDAR-tablet⁽³⁾を用いて滑車実験の自由設計が可能な仮想環境を構築した。SPIDAR-tablet を用いることで、構築した滑車の組み合わせに応じた重さを体験することができる。しかし、檜谷らのシステムを用いることで、実験を仮想的に行うことが可能であるが、出題機能などを有しておらず、学習者が達成する目標が具体的に定まっていない。

そこで本研究では、反発係数と物体の運動を題材とし、目的を達成していく中で学習が進む目的達成型の仮想環境を構築する。学習者は、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ができる。角度や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ることができる。さらに、学習者は SPIDAR-tablet を通して、球の速度が変化した際の球の衝撃力を体験することができる。学習者は、仮想環境内の球を目的地に移動させる目的を達成する中で、力覚の変化を体験しながら試行錯誤を繰り返し、学習を進めていく。

2. 学習支援システムの構築

図 1 に提案システムの外観を示す。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る。



図 1 システムの外観

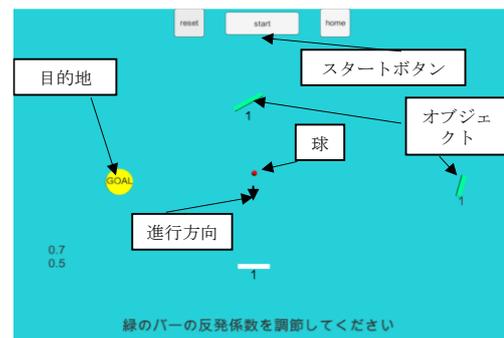


図 2 システムの仮想環境

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。図 2 に構築した仮想環境を示す。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。オブジェクトは角度または反発係数を調整できるものがあり、学習者はそれらを調整することによって、球を目的地まで移動させる。オブジェクトの角度や反発係数を調整し、球の運動の変化を観察、試行錯誤するこ

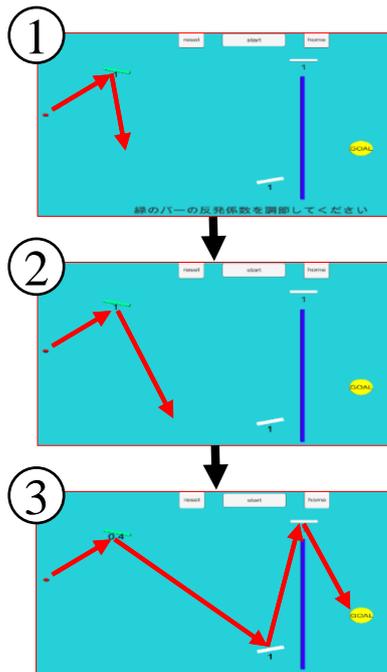


図3 想定される学習プロセス

とによって、学習者は反発係数による衝撃力の変化について学習できる。なお、球の衝撃力は直線運動を行っている球をタップすることで、SPIDAR-tablet からフィードバックされる。よって、衝撃力の変化は、反発係数を下げたオブジェクトに球が衝突する前後で、学習者が球をタップすることで体験できる。続いて、図3にオブジェクトの反発係数を変更するパターンを例に、想定される学習プロセスを示す。まず、①で学習者はオブジェクトの反発係数を操作せず実行する。この時、球をタップすることで球がオブジェクトに衝突する前後の衝撃力をSPIDAR-tablet からのフィードバックにより確認する。実行の結果から学習者は、球のオブジェクトに対する入射角と反射角が等しいことと衝突前後の衝撃力が等しいことが確認できる。次に、②で学習者は反発係数を下げて実行する。①と同様に、球がオブジェクトに衝突する前後の衝撃力を確認する。①と異なり学習者は、球のオブジェクトに対する入射角に比べ反射角が大きいこと、衝突後の衝撃力が減少することが確認できる。②を繰り返しオブジェクトの反発係数が正しい値になると、③に示すように球が目的地に到達する。上記の学習プロセスで目的を達成する中で、力覚の変化を体験しながら試行錯誤を繰り返すことで、学習者が反発係数による衝撃力の変化を体験できる。

3. 検証実験

仮想環境内への操作と SPIDAR-tablet による反力フィードバックによって、被験者が反発係数による衝撃力の変化について確認ができるか検証を行った。被験者は大学院生3名とし、球と目的地とオブジェクトの位置が異なる6つの配置パターンで実験を行

表1 各配置パターンにおける被験者別回答

	被験者 A	被験者 B	被験者 C
配置 1	一定	一定	一定
配置 2	一定	一定	一定
配置 3	一定	一定	一定
配置 4	減少した	減少した	減少した
配置 5	減少した	減少した	減少した
配置 6	減少した	減少した	減少した

った。6つの配置パターンは、オブジェクトの角度を操作するパターンと、オブジェクトの反発係数を操作するパターンそれぞれ3通りずつから構成される。オブジェクトの反発係数を操作するパターンでは、初期状態で反発係数は1に設定されており、減少させていくことで球を目的地に移動させる。このとき、それぞれの6通りの配置で球がオブジェクトに衝突する前後の衝撃力を、SPIDAR-tablet からの力覚提示により比較させる。比較した結果、オブジェクトに衝突する前後で衝撃力がどう変化したかを回答させた。被験者3名の回答結果を表1に示す。どの被験者もオブジェクトの角度を操作する3つの配置パターンでは、球からの衝撃力は一定であると確認でき、オブジェクトの反発係数を操作する3つの配置パターンでは、反発係数が1未満のオブジェクトに球が衝突すると、衝撃力が減少することを確認できていた。このことから、いずれの被験者もシステムを用いることで物体の運動の変化を体験できたと考えられる。このことから本システムで反発係数による球の衝撃力の変化から反発係数による衝撃力の変化について確認できることに対する有効性が期待される。

4. まとめと今後の課題

本稿では、タブレット端末と力覚提示デバイス SPIDAR-tablet を用いた学習支援システムを構築した。検証の結果、本システムを用いることで、学習者がシステムによるフィードバックから、反発係数による衝撃力の変化を体験可能であることが確認できた。今後の課題として、学習効果の検証などが挙げられる。

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) 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.
- (3) 田村理乃，村山涼，平田幸広，佐藤誠，原田哲也：“タブレット PC のための力覚インタフェース SPIDAR-tablet の張力計算方法の開発とその評価”，ヒューマンインタフェース学会論文誌，Vol.13, No.4, pp.283-290, 2011.