

複数のタブレット端末とポータブルな力覚提示デバイスを用いた 初等力学の学習支援システム

Learning Support System of Elementary Dynamics using Multiple Tablet Terminals and Portable Haptic Devices

山田 直輝^{*1}, 松原 行宏^{*1}, 岡本 勝^{*1}, 岩根 典之^{*1}
Naoki YAMADA^{*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: lyamada@lake.info.hiroshima-cu.ac.jp

あらまし：本稿では、複数のタブレット端末と力覚提示デバイス（SPIDAR-tablet）を用いて力積の変化を体験することができる学習支援システムを構築する。学習者は画面上の対象物を指で弾いて打つと同時にその衝撃を指で感じるができる。また、複数のタブレット端末で対象物の位置を共有することで同一の仮想実験環境を共有できると考えられる。検証では、本システムを用いて被験者が跳ね返りによる力積の変化を体験できることを確認した。

キーワード：タブレット端末、力覚提示デバイス、初等力学、学習支援システム

1. はじめに

近年、学習の現場でタブレット端末などの情報機器を導入する事例が増加している⁽¹⁾。またタブレット端末に組み合わせて使うことで同時に力覚を体験させることができるデバイスに SPIDAR-tablet がある。SPIDAR-tablet はタブレット端末と組み合わせることで、タッチ操作と同時に2次元的な力覚（最大出力:X,Y 方向各 2[N]）を学習者に提示できるデバイスである⁽²⁾。Hidani らは SPIDAR-tablet とタブレット端末を用いて学習者による実験環境の自由設計が可能な仮想滑車実験環境を構築した⁽³⁾。このシステムでは、直接指で滑車を配置することができ、様々な滑車の組み合わせによる重さの変化を力覚が伴った操作で比較することができる。しかし、近年このような個人学習を対象とした SPIDAR-tablet を用いた初等力学の学習支援システムの研究は開発されているが、複数人の学習者を対象とした研究はない。

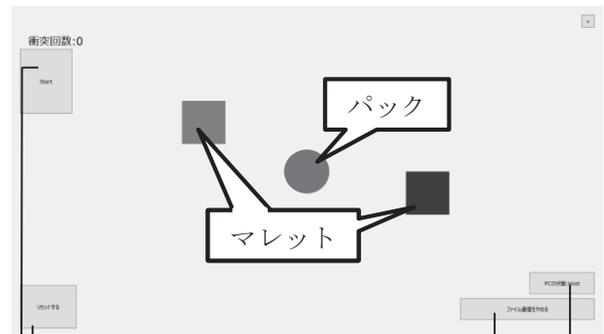
そこで、本研究ではエアホッケーを題材とした仮想実験環境を構築し、複数のタブレット端末と SPIDAR-tablet を用いた学習支援システムを構築する。学習者らは本システムを用いることで、知識や発見を共有し合いながら体験学習ができると考えられる。また仮想実験環境と SPIDAR-tablet を利用することで、跳ね返りによる衝突時の力積の変化を体験できると考えられる。このシステムを用いて学習者は視覚と力覚から力積の変化を判断する。そのため検証では、システムを実際に用いて得られる出力の変化に対する学習者の評価の精度を調査し、学習者に与えるフィードバックの正確性を確認する。

2. ユーザインタフェースと操作方法

2.1 仮想実験環境の構成

図1にタブレット端末の画面に表示される仮想実

験環境とアイテムの名称を示す。システムを起動すると仮想実験環境が表示され、中心に円形のパックが静止している。指で接触した箇所に正方形のマレットが表示され、ドラッグすることでこれを操作できる。マレットをパックに衝突させることでパックを打つことができる。またタブレット端末の上部に



パック動作を設定するボタン 通信接続ボタン
(力積の変化を体験可能)

図1 仮想実験環境

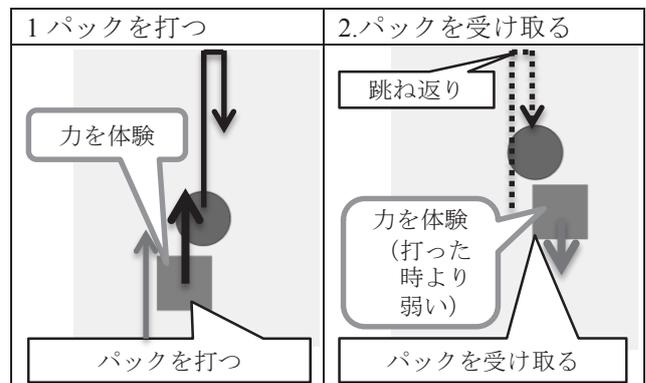


図2 跳ね返りによる力の変化

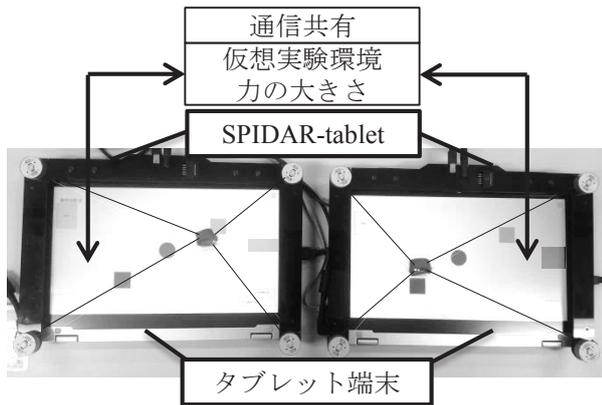


図 3 システムの外観と情報通信の詳細

は力覚提示デバイスの SPIDAR-tablet を装着している。これにより学習者は中央のリングに指をかけることで、パックを打つと同時にパックを打った時に生じる力を体験できる。パックは壁に跳ね返ると、跳ね返りにより速度が減衰する。衝撃力は速度に比例するため、図 2 に示しているようにパックを受け取る時に生じる力はパックを打った時に生じる力より小さくなる。また、図 1 の左側のボタンを使用することで跳ね返りによる力積の変化を体験できる。

2.2 仮想実験環境の共有

図 3 にタブレット端末と SPIDAR-tablet を用いたシステムの外観を示す。図 1 の右下の通信接続ボタンを押すことで、仮想実験環境の共有が開始され、2 台のタブレット端末で同一の仮想実験環境の操作と力の体験が可能になる。このような通信によって学習者らがパックを打ち、受け取る時の衝撃の変化から仮想的な実験の体験が可能であると考えられる。

3. 検証実験

本実験において、システムを用いて得られる出力の変化に対する学習者の評価の精度を検証する。実験では被験者 4 人（大学院生 2 名 (A, B), 大学生 2 名 (C, D)) を 2 組に分け、1 組ごとにパックを打つ側と受け取る側に分け、受け渡しを 2 回行わせた。受け渡し後、受け取った側の被験者に 1 度目に体験した出力と 2 度目に体験した出力を比べさせ大きさがどのように変化したか回答を得た。今回パックを打つ側の仮想実験環境には出力値を表示しており、受け取る側が感じた大きさの変化を確認することで実際に出力された数値と照らし合わせ、回答の正誤判定が行う。被験者が正しい回答をした場合は「正」、間違えた回答は「誤」、わからない場合は「不明」としている。この試行が 30 回行われた後、打つ側と受け取る側を交代して、同様の実験を行った。図 4 は出力値の変化に対する被験者の回答を示す。横軸はシステムにより被験者に提示された 1 度目の出力値、縦軸は 2 度目の出力値を示す。図中の「誤」、「不明」のおおよそ近くに「正」が散布されているが、これ

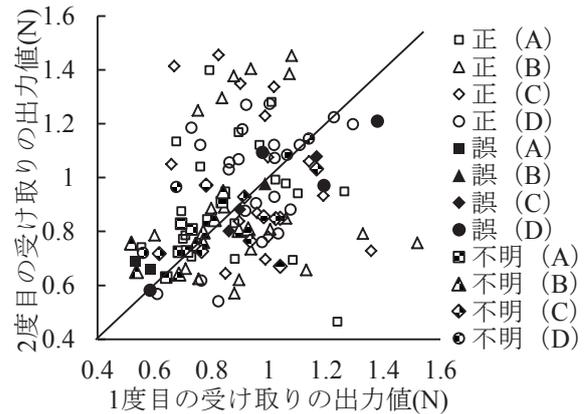


図 4 出力値の変化に対する被験者の回答

は知覚が安定していなかったため偶発的に正解した場合や個人差による知覚の違いなどが原因であると考えられる。図 4 より被験者は比較対象の出力値の差が約 0.4[N]以上であると正確な判断を行っていることを確認できた。しかし、それ以下の差であると判断することが難しいことや、被験者の意見から出力値が 0.6[N]以下であると力を知覚すること自体が難しいことなども確認できた。また今回の結果に則した跳ね返り係数を設定した図 1 の左側のボタンを使用することで、学習者が壁の跳ね返りによる力積の変化を体験したことも確認できた。

以上のことから、本システムを用いた力積の変化を体験する実験において、学習者に適切な力覚フィードバックを与える必要があると考えられる。

4. まとめと今後の課題

本稿では、複数のタブレット端末と SPIDAR-tablet による学習支援システムを構築した。今回の検証から、システムを用いて得られる出力の変化に対する学習者の評価の精度と跳ね返りによる力積の変化を体験できることを確認した。今後の課題として、被験者が正確に体験できる出力値について更に検討することや、共同に学習ができるシステムへの向上などが挙げられる。

本研究の一部は、日本学術振興会科研費 (No.24501199) の助成による。

参考文献

- (1) 総務省：教育情報化の推進：“フューチャースクール推進事業”（2014年6月24日確認）
http://www.soumu.go.jp/main_sosiki/joho_tsusin/kyouiku_joho-ka/future_school.html
- (2) 田村理乃, 村山淳, 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)
- (3) Naoki Hidani, Yukihiro Matsubara, Masaru Okamoto, Virtual Environment for Pulley Experiment using Tablet-PC and Portable Haptic Device, The 21st International Conference on Computers in Education, (2013)