

タブレット PC と力覚提示デバイスを用いた 滑車学習支援システム

Pulley Learning Support System using Tablet PC and Haptic device

國村 圭太^{*1}, 松原 行宏^{*1}, 岡本 勝^{*1}, 岩根 典之^{*1}
Keita KUNIMURA^{*1}, Yukihiko MATSUBARA^{*1}, Masaru OKAMOTO^{*1} and 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: ikunimura@lake.info.hiroshima-cu.ac.jp

あらまし：本稿では、タブレット PC を用いた滑車の仮想実験環境において、異なる滑車の組み合わせの比較実験を考慮したインタフェースを提案する。学習者はシステム内にあらかじめ用意された滑車の組み合わせを、仮想実験環境内のボタンを入力することで選択でき、滑車の組み合わせを切り替えながら、おもりの重さや移動距離を体験できる。また、力覚提示デバイス SPIDAR-tablet を用いて、構築した滑車の組み合わせに応じた力覚を体験できる。検証では提案インタフェースの機能評価を行った。

キーワード：タブレット PC, 力覚提示デバイス, 仮想実験

1. はじめに

理科の学習について、高等学校学習指導要領では、実験による学習が重要と記されている⁽¹⁾。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。檜谷らは、タブレット PC と SPIDAR-tablet⁽²⁾(タブレット PC 用の力覚提示デバイス)を用いて、滑車の仮想実験を行えるシステムを構築した⁽³⁾。このシステムでは、学習者が任意にタブレット PC 上の仮想実験環境に滑車を配置することができ、意図した滑車の組み合わせを構築することができる。また、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し、滑車の特性を学習することができる。しかし、異なる滑車の組み合わせにおける力の大きさの違いについて比較を行う際、一度構築した滑車の組み合わせを組み替えることで比較を行えるが、滑車数の多い組み合わせになると、組み替える動作に時間を要する場合が考えられる。力の変化を調べることを主体とした比較実験においては、繰り返し試行を行うことが重要であると考えられる。

そこで本研究では、タブレット PC を用いた滑車の仮想実験環境において、異なる滑車の組み合わせの比較実験を考慮したインタフェースを提案する。学習者は、システム内に予め用意された滑車の組み合わせを仮想実験環境内のボタンを入力する操作で切り替え、おもりの重さや糸を引いたときのおもりの移動距離の差分を体験できる。また、SPIDAR-tablet を用いて、構築した滑車の組み合わせに応じた力覚を体験できる。

2. 比較実験を考慮したインタフェース

図 1 に本システムの外観を示す。本システムはタブレット PC, SPIDAR-tablet から構成される。学習者は SPIDAR-tablet の中央にあるリングを指に装着

した状態でシステムを使用する。図 2 に提案インタフェースと使用の様子を示す。仮想実験室の左側には、図 3 に示す 6 種類の滑車の組み合わせを構築するためのボタンがそれぞれ配置されている。まず、学習者は仮想実験室左側の滑車の組み合わせの変更を行うボタンを選択する。すると、選択に応じた滑車の組み合わせが仮想実験室に構築される。SPIDAR-tablet を装着した状態で構築された滑車の組み合わせの糸の先端を引くことで、組み合わせに

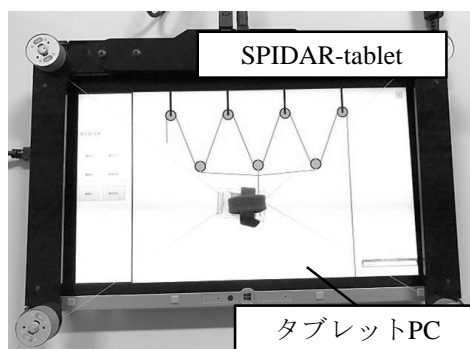


図 1 システム外観

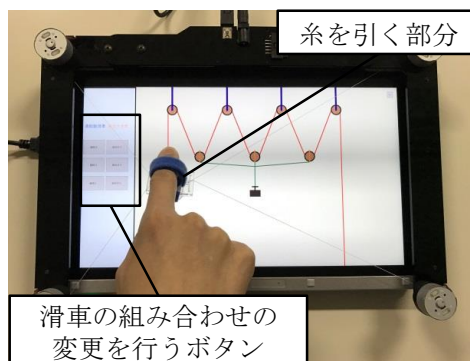


図 2 提案インタフェースと使用の様子

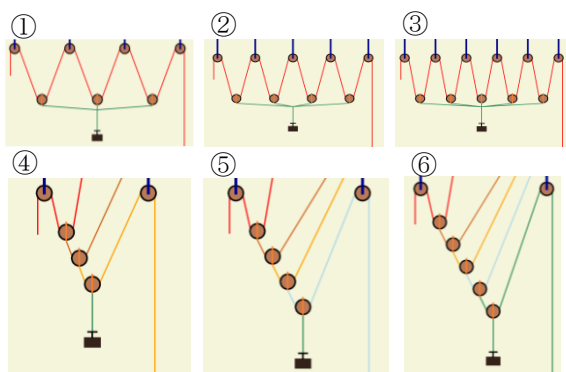


図3 実装した滑車の組み合わせ

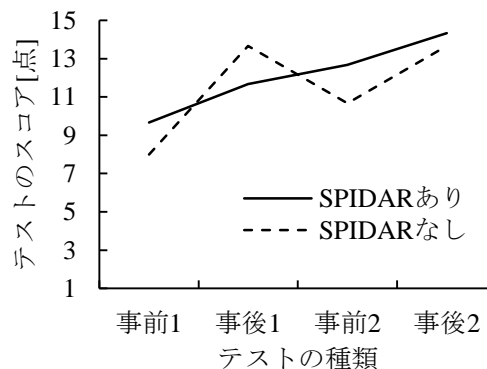


図4 グループ別のスコア平均値の推移

応じた力の大きさを体験することができる。また、糸を引くと同時におもりの持ち上がるアニメーションが表示されるため、学習者は力の大きさを体験することに加えて、おもりの移動距離の差分についても確認することができる。さらに、構築されている組み合わせ以外のボタンを選択することで、直ちに選択した滑車の組み合わせが表示されるとともに、提示される力覚も変更した滑車の組み合わせに応じた大きさに変化する。学習者は力覚を体験しながら、他の組み合わせに切り替える一連の操作を繰り返すことにより、連続的に異なる滑車の組み合わせに応じた重さを体験できる。

3. 評価実験

提案インタフェースを実装したシステムを使用することで、図3に示す6種類の滑車の組み合わせにおける糸を引くときの重さ、おもりの移動距離の大小関係について定性的な理解が可能であるか確認を行う。方法は、被験者6名(大学生)に対し、図3に示す滑車の組み合わせにおける事前知識をペーパーテストにより確認する。確認後、提案インタフェースを実装したシステムにSPIDAR-tabletを使用して学習を行うグループ(被験者A~C)と、使用せずに学習を行うグループ(被験者D~F)の3名ずつに分け、それぞれ10分間システムを使用させた。上記のようなグループに分けて実験を行うことで、提案インタフェースに実装した機能の評価を行う。システム使用后、事前テストと同一問題の事後テストを行い、システム使用による知識変化を確認した。事前テスト、システム使用、事後テストの一連のサイクルを1回の実験とし、実験終了から約1ヶ月後に同様のサイクルで同じ実験を行った。

図4にグループ別の全4回のテストのスコア推移を示す。スコアは6種類の滑車の組み合わせにおける糸を引くときに要する力の大きさの大小関係の正解数を一対比較で数えたものである(15点満点)。1回目の事前テストでは被験者A以外は誤りが見られたが、システム使用後に被験者Eが正解することができた。2回目の事前テストでは被験者A、Eが正解し、システム使用後は被験者Bが新たに正解した。また、2度の実験を通じて正解には至らなかった被

験者C、D、Fの3名も、事前テストと比較し、2回の実験でいずれもスコアの上昇が見られた。さらに、グループ別に1回目の事後テストと2回目の事前テストを比較すると、SPIDAR-tabletを用いて学習を行ったグループはスコアの減少がないが、用いずに学習を行ったグループにはスコアの減少が見られた。

以上の結果から、提案インタフェースを使用することで、対象6種類の滑車の組み合わせにおける糸を引くときの重さ、おもりの移動距離の大小関係について定性的な理解ができる可能性が確認できた。また、SPIDAR-tabletを使用していない被験者Eが正解した結果から、仕事量に関する前提知識があれば、力覚による体験がない場合でも、提案インタフェースによる定性的理解の可能性を確認できた。

4. まとめと今後の課題

本稿では、タブレットPCを用いた滑車の仮想実験環境において、異なる滑車の組み合わせの比較実験を考慮したインタフェースを提案した。検証の結果、提案インタフェースを使用することで、実装した滑車の組み合わせにおける糸を引くときの重さ、おもりの移動距離の大小関係における定性的理解の可能性を確認できた。一方で、一部の被験者の解答結果から、力の差が大きい連結動滑車の弁別はできているが、力の差が小さい組合せ滑車については弁別が難しい場合があることが確認できた。

今後の課題として、仕事量に関する事前知識を持たない被験者を対象とした検証実験を実施することや、被験者数を増やして同様の実験を行う必要があると考えられる。

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. 25-34, (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)