

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における比較実験を考慮したインターフェース

Interface that Considered the Comparative Experiments in Learning Support System of Pulley Experiment using tablet PC and Haptic Device

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

あらまし：本稿では、タブレット PC とポータブルな力覚提示デバイス(SPIDAR-tablet⁽²⁾)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を目的としたインターフェースを提案する。学習者は仮想実験環境内のボタンを入力することで予め用意された滑車の組み合わせを構築することができ、ま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、提案インターフェースを実装したシステムにおいて、滑車の組み合わせの比較が行えるかを確認した。

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

近年、社会の情報化の急速な発展に伴い、実際の教育現場において情報通信技術を最大限に活用した学びが求められている。文部科学省が取りまとめた「教育の情報化ビジョン」によると、生徒が学習にタブレット PC などの情報端末を一台ずつ用いる「一人一台型」の学習形態の構築が目標とされるなど、実際の教育現場にタブレット PC を導入する動きが見られる⁽¹⁾。一方、理科の学習では、実験による学習が重要とされているが⁽²⁾、実際には時間やコストの制約上、十分に実験が行われない場合がある。

檜谷らは、タブレット PC と SPIDAR-tablet⁽³⁾(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開発した⁽⁴⁾。学習者は任意に仮想実験環境上に滑車を配置できるため、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できるため、実際の実験に必要な糸やおもりを取り付ける作業を不要とし、効率よく滑車の組み合わせの違いによる重さの違いを学習することができる。しかし、檜谷らのシステムでは学習者が異なる滑車の組み合わせにおける重さの違いを比較する際に、一度構築した滑車の組み合わせを組み替える必要があるため、比較に時間がかかる。

そこで本研究では、滑車学習支援システムにおける比較実験を考慮したインターフェースを提案する。学習者は仮想実験環境内のボタンを入力することで、予め用意された滑車の組み合わせを直ちに構築することができる。また、構築と同時に滑車の組み合わせに応じた力覚を体験できる。検証では、提案インターフェースを用いて、滑車の組み合わせによる力の違いについて比較が行えるかを確認する。

2. 比較実験を考慮したインターフェース

図 1 に本システムの外観を示す。図のタブレット PC のディスプレイ上に仮想実験室が表示され、タブレット PC の上部に SPIDAR-tablet が設置されている。使用者は中央のリングを指に装着した状態で、ボタンにより滑車の組み合わせを選択する。そして、仮想実験室に表示された滑車の糸を引くことで、組み

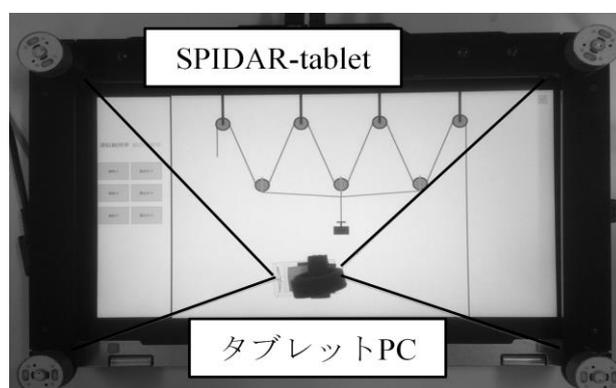


図 1 システム外観

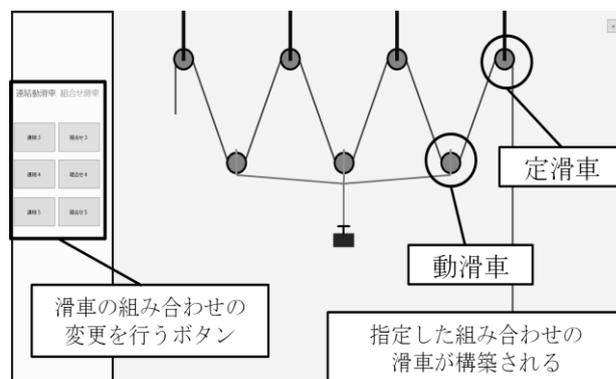


図 2 提案インターフェース

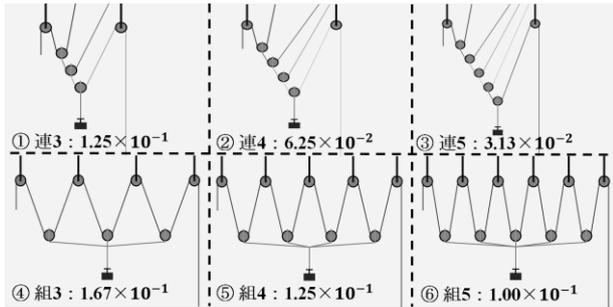


図3 対象とする滑車の組み合わせと重さの比

合わせに応じた重さを体験できる。図2に提案インタフェースの外観を示す。仮想実験室の左側には、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、使用者がボタンを選択すると、選択に応じた滑車の組み合わせが右側のスペースに表示される。そして、構築された滑車の糸の先端をタップしながら、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ものに切り替わる。使用者はこ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することができる。図3に予めボタンにより用意されている6種類の滑車の組み合わせを示す。図中の表記「組」とは組合せ滑車を指し、「連」とは連結動滑車を指し、数値はおもりの重さを1としたときの比を示している。本稿で対象とする滑車の組み合わせを上記の6種に限定したのは、両者の重さの違いを比較する際、動滑車の個数が1個の場合と2個の場合では重さの差が出ないが、3個以上の場合では差が生じ、その差は5個のときに最大となるためである。

3. 検証実験

提案インタフェースを用いて、図3に示した6種類の滑車の組み合わせにおける力の違いについて比較が行えるかを検証した。被験者は大学生、大学院生計4名とした。また、比較に関係のない動作を省くため、被験者が仮想環境内の滑車の糸の先端に触れなくても、ボタンを選択すると同時に力が発揮されるようにした。検証内容は、被験者に指定した7通りの滑車の組み合わせを区別が付くまで比較を行わせ、どの程度区別が付きやすかったかを1~5までの5段階評価により回答させた。表1に被験者の5段階評価の平均値と標準偏差、比較する組み合わせにおける力覚の差(図3で示した比の差)を示す。検証の結果、力覚差の大きい比較項目については比較的高い評価が得られたが、力覚差の小さい比較項目については低い評価が得られた。低い評価が出ている理由として、力覚差が被験者の認知できない大きさであったためと考えられる。また、⑤、⑥の比較の組み合わせのように、力覚差が小さいが高い評価が得られた項目があったことから、力覚差の大小のみ

表1 5段階評価の平均値と標準偏差

比較対象	比の差	被験者の評価
①, ②	6.25×10^{-2}	2.8 ± 1.1
②, ③	3.13×10^{-2}	1.3 ± 0.4
④, ⑤	4.17×10^{-2}	3.0 ± 1.2
⑤, ⑥	2.50×10^{-2}	3.8 ± 0.8
①, ④	4.17×10^{-2}	1.5 ± 0.5
②, ⑤	6.25×10^{-2}	3.0 ± 1.6
③, ⑥	6.88×10^{-2}	3.0 ± 1.6

ならず、組み合わせにより発揮される力の大きさも評価に関係していることが確認できた。また、被験者が比較を行う様子を撮影した動画から、区別に要する比較回数を求めたところ、力覚差の大きい組み合わせほど少ない比較回数である傾向が見られた。比較回数を評価と照らし合わせると、評価の高い項目ほど比較回数が少ない傾向が見られた。このことから、力覚差が大きいほど少ない比較回数で明瞭に比較が行えていると考えられる。また、被験者4名とも右手で力覚を体験しながら、左手でボタンの切り替えを行っていたため、比較を行う動作に時間を要することなく検証が行えていることが確認できた。以上の結果、提案インタフェースを実装したシステムでは、力覚差の小さい組み合わせの比較は難しいが、発揮力と力覚差が大きい組み合わせでは比較が行えることを確認した。

4. まとめと今後の課題

本稿では、タブレットPCとSPIDAR-tablet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を目的としたインタフェースを提案した。検証実験の結果から、提案インタフェースを用いて滑車の組み合わせによる力の違いについて比較が行えることを確認した。今後の課題として、力覚差の小さい組み合わせの学習方法の検討などが挙げられる。

参考文献

- (1) 文部科学省:「教育の情報化ビジョン」の公表について http://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/23/04/1305484.htm (2015年6月9日閲覧)
- (2) 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)
- (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. 16, No. 3, pp. 363-366, 2011.
- (4) 檜谷直樹, 松原行宏, 岡本勝, タブレットPCとポータブルな力覚提示デバイスを用いた滑車の仮想実験環境, 人工知能学会研究会資料, SIG-ALST-B401, pp. 13-16, 2014.