

タブレット端末とポータブルな反力デバイスを用いた学習支援システム —SPIDAR-tabletによる反力提示が可能な滑車の仮想実験環境—

Learning Support System using Tablet Device and Portable Haptic Device -Virtual Pulley Experiment with Force-Feedback by SPIDAR-tablet-

檜谷 直樹^{*1}, 松原 行宏^{*1}, 岡本 勝^{*1}, 岩根 典之^{*1}
Naoki HIDANI^{*1}, Yukihiko MATSUBARA^{*1}, Masaru OKAMOTO^{*1}, Noriyuki IWANE^{*1}

^{*1}広島市立大学 情報科学研究科

^{*1}Graduate School of Information Sciences, Hiroshima City University

Email: lhidani@lake.info.hiroshima-cu.ac.jp

あらまし：本研究ではタブレット端末とポータブルな反力デバイス（SPIDAR-tablet⁽¹⁾）を用いた滑車の仮想実験環境を構築した。学習者は仮想実験室内の滑車を指でドラッグすることで自由に配置し、滑車の位置を基に構築された滑車の組み合わせによって変化するおもりの重さを、反力デバイスを通して体験する。検証では学習者が仮想環境で滑車の配置位置や順序に依存せず組み合わせを構築できることを確認した。
キーワード：タブレット端末、ポータブル反力デバイス、仮想環境、初等力学

1. はじめに

初等力学における学習では実験による学習が重要とされているが、実際にはコストや時間の制約のために十分に実験を行うことは困難である。そこでコンピュータ内に構築された仮想的な環境で実験を行う学習支援システムが開発されている。沖見らは滑車学習を題材とし、仮想実験環境を構築した⁽²⁾。学習者は、マーカーを用いたインターフェースを使って仮想環境上に自由に滑車を配置することで滑車の組み合わせを構築し、その滑車配置パターンに応じた重さの変化を反力デバイスによって体験できる。このシステムを用い、様々な滑車の組み合わせを用いて実験を行うことで滑車の特徴に関する知識を獲得できる。しかし、マーカーを用いた仮想実験環境では、学習者のマーカー配置位置によっては適切な構造の認識が難しく、仮想環境内での動的な変化をマーカーに反映することができないためマーカーと仮想環境内の滑車の位置が一致しないという問題もある。

そこで、本稿では滑車学習を対象としたすべての操作を同一環境内で行える仮想実験環境を構築する。学習者が画面上の滑車を指で自由に配置して滑車の組み合わせを構築し、画面上の糸を引くことで重さの変化を体験できる、タブレット端末上で動作可能な仮想環境を構築する。また、タブレット端末のみでは滑車による重さの変化を体験できないため、タブレット端末の操作に力覚を付与するためのデバイスを作製する。

2. 仮想滑車実験環境を用いた学習支援システム

図1にシステムの外観を示す。図のタブレット端末のディスプレイ上にシステムの仮想実験室が表示される。タブレット端末の上部に反力デバイスが設置されており、学習者は中央のリングに指をかける

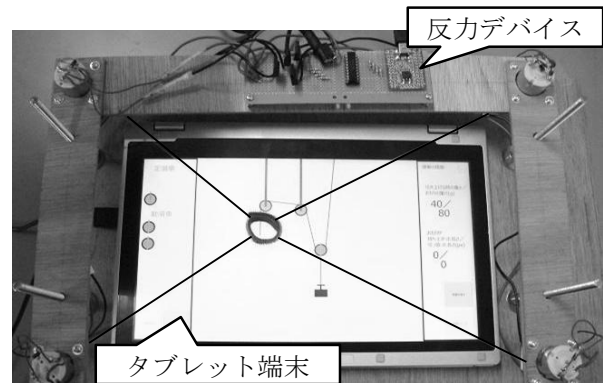


図1 システムの外観

ことで力覚を受けながら画面上のオブジェクトを操作できる。

2.1 仮想実験室

図2に仮想実験室の構成を示す。仮想実験室は3つのエリアから構成される。左のパーツ収納エリアにある定滑車3つ、動滑車3つの組み合わせを自由に配置し滑車の組み合わせを設計する。作業エリアへの滑車の配置は指で滑車を直接ドラッグして行う。中央の作業エリアに配置された滑車は、システムによって滑車の組み合わせの一部として認識される。右の情報表示エリアには実験の情報が数値で表示される。表示される情報は、学習者が糸を引くときに感じるおもりの重さとおもりが持ち上がっている距離である。この情報を確認することで滑車の組み合わせの違いによる重さを体験する際に微細な変化の確認もできる。仮想環境における滑車の組み合わせの構築は、学習者が配置した滑車どうしの位置関係を基に自動的に行われる。学習者は作業エリア内の任意の位置に滑車を配置できるが、動滑車の相対的な関係によっては滑車の組み合わせの構築が困難なによって、学習者は滑車を位置や順番を考慮せず自

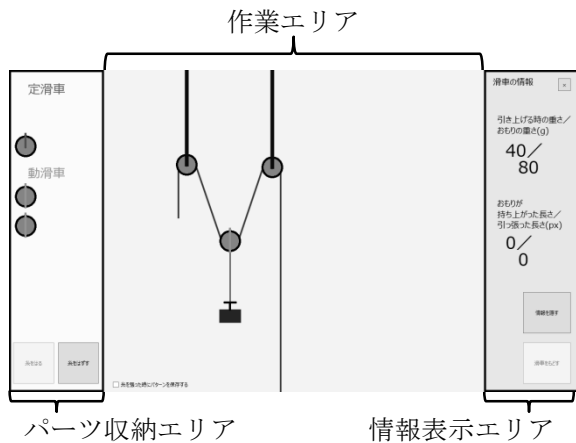


図2 仮想実験室の構成

由に配置できる。図2の仮想実験室の下部には“糸をはる”、“糸をはずす”の2つのボタンがある。滑車の組み合わせは、作業エリアに滑車がいくつか配置された状態で学習者が“糸をはる”ボタンを押すことで構築される。学習者は画面上の糸の端を指でドラッグすることでおもりや動滑車を持ち上げ、おもりの重さを体験する。この状態で、学習者が“糸をはずす”ボタンを押すと、糸とおもりが削除され、滑車を再配置できるようになる。これらの操作を繰り返し、滑車の組み合わせの違いによる重さの変化を、学習者は仮想環境上のおもりを持ち上げることによる反力によって体験する。動滑車を組み合わせに含める個数によっておもりを持ち上げるときの重さが増えることから、学習者は動滑車の個数とおもりの重さの変化の関連を学習できると考える。

2.2 反力提示デバイス

このシステムでは、糸を引く動作に力覚を付与するために SPIDAR-tablet⁽³⁾を基にタブレット端末のための反力デバイスを作製した⁽⁴⁾。SPIDAR-tablet は、フレームの四隅に取り付けられたモータが中央に示すリングを結ぶ糸を巻き取ることによってリングが引かれ、平面方向の力覚を提示できる反力デバイスである(図1参照)。反力デバイスのリングに指をかけたがらタブレット端末を操作することで、タブレット端末のタッチ操作に力覚を付加できる。反力デバイスに土台を追加しタブレット端末を土台に乗せることによってデバイスの一体化を行う。これによってタブレット端末の可搬性を保持したまま運用することができる。この反力デバイスを用いることで仮想実験環境内で力覚を伴う滑車操作を行える。

3. 滑車の自由設計についての検証

本節では、学習者がタッチパネル上の操作によって仮想環境上で学習者の意図した滑車の組み合わせを構築できることを確認した。被験者として、大学生2名に2パターンの滑車の組み合わせを提示し、滑車を配置する順番や位置に関する指示を与えず滑

表1 被験者が構築した滑車の組み合わせ

	被験者 A	被験者 B
パターン 1		
パターン 2		

車の組み合わせを構築させた。表1に被験者が構築した滑車の組み合わせを示す。2名の被験者はそれぞれ異なる位置に滑車を配置しているが、どちらの被験者も目的の滑車を構築できた。以上より本節で提示した滑車の組み合わせに対して、学習者が滑車を配置する位置が異なる場合にも、学習者が意図した滑車の組み合わせをシステムが判断できた。

次に、表1のパターン2に被験者が滑車を配置した順番を示す。滑車の横に示した番号は被験者が滑車を配置した順番である。被験者はそれぞれ異なる順番で滑車を配置しているが、両被験者が目的の滑車を構築できた。また、同様の実験を通じて環境内で実現可能なその他の滑車の組み合わせについても構築できることを確認した。

以上のことから、学習者による滑車の自由設計が可能なシステムが構築できたと考えられる。

4. まとめと今後の課題

本研究では、タブレット端末と反力デバイスを用いた滑車の仮想実験環境を構築した。動作検証より、学習者は滑車を配置する位置や順番に依存せず、学習者が意図した滑車の組み合わせで実験を行えることを示した。今後は、実環境の滑車構築操作および、マーカを用いた滑車の仮想実験環境⁽¹⁾での滑車構築操作との比較を予定している。

参考文献

- (1) 田村理乃, 村山涼, 平田幸広, 佐藤誠, 原田哲也: “タブレット端末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)
- (2) 沖見圭洋, 松原行宏: “滑車学習を題材としたマーカ操作による AR 実験環境の開発と学習効果の検証”, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol. 111, No. 273, pp. 79-84 (2011)
- (3) 東京工業大学精密工学研究所佐藤研究室: <http://sklab-www.pi.titech.ac.jp/blog/introduction/spidar-mouse/> (2013年6月17日確認)