

力覚デバイスとタブレット PC を用いた仮想実験環境の開発

荻窪光慈†

高橋智美‡

本多健二††

佐藤誠‡‡

埼玉大学†

(元)埼玉大学‡

東京海洋大学††

東京工業大学‡‡

1 緒言

文部科学省は現在、「GIGA スクール構想」による教育現場での ICT 機器活用を推進している。特に昨今のコロナ禍を受けて、オンライン環境の整備の必要性が高まり、タブレット PC をはじめとするコンピュータ端末の学校現場への配備・活用が進められている。

そこで本研究では、力覚を提示する力覚デバイスに注目し、タブレット PC を用いた新たな学習システムの可能性を検討した。力覚デバイスとタブレット PC を用いた学習システムの一例として、檜谷ら[1]による滑車の仮想実験環境がある。力覚デバイスとして、佐藤ら[2]が開発した SPIDAR-tablet が用いられている。力覚デバイスを用いることにより、滑車などといった、実世界では時間的かつ空間的に再現が難しい実験を、タブレット PC 上で力覚を再現しながら体験的に学ぶことができる。以上のことから、本研究では、力覚デバイスとタブレット PC を用いた仮想実験環境を開発し、その学習支援システムとしての活用可能性を検証することを目的とする。

2 力のモーメントの仮想実験環境の開発

図 1 に SPIDAR-tablet を用いた学習支援システムの概観を示す。学習者は画面中央の指サックに指を通し、タブレットの操作を行うことで力覚を体験することができる。本研究では、力のモーメントを題材とする授業を想定して、3つの設問を用意し、それぞれの仮想実験環境を開発した。タブレット PC に表示された力のモーメントを題材とした仮想実験環境の例を図 2 及び図 3 に示す（以下それぞれ例①、例②と呼ぶ）。仮想実験環境には、棒とおもりとはかりが置かれており、設問の答えを仮想実験を通して知ることができる。また、学習者は指定キーを押すことで、画面に表示される棒の伸縮とおもりの位置の変更が可能であり、棒をドラッグして動かそうとする際に、棒の長さや棒を持つ位置に

よって、指サックが受ける力覚が変化し、重力や力のモーメントなどの物理的現象を疑似体験しながら仮想実験を行うことができる。

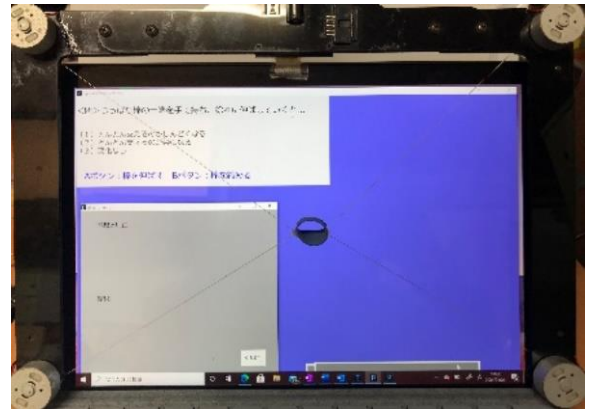


図 1 SPIDAR-tablet を用いた学習支援システム

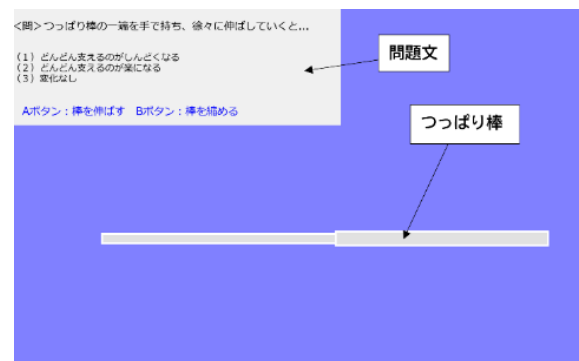


図 2 力のモーメントの仮想実験環境例①

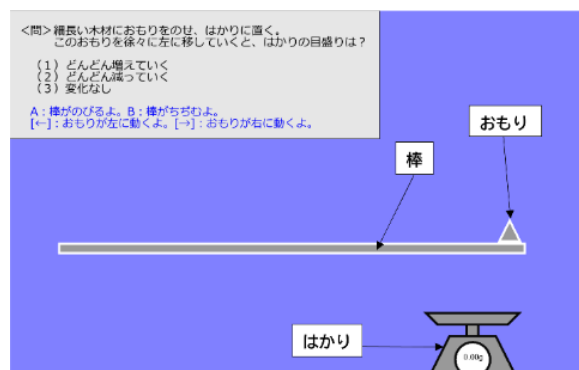


図 3 力のモーメントの仮想実験環境例②

Development of the virtual experimental environment using a haptic device and a tablet PC

† Koji Ogikubo, Saitama University

‡ Tomomi Takahashi, Former Saitama University

†† Kenji Honda, Tokyo University of Marine Science and Technology

‡‡ Makoto Sato, Tokyo Institute of Technology

3 仮想実験環境の検証

3.1 検証の概要

学習支援システムとして開発した仮想実験環

境を、教員養成課程に所属する大学生5名に体験してもらい、5件法の質問紙調査に回答してもらった。

3.2 検証方法

学習者は、力のモーメントを題材とする3つの設問に対する答えの予想を立て、ノートに予想とその理由を記録する。その後、仮想実験環境で必要に応じて棒の伸縮やおもりの移動をしながら、棒をドラッグして動かそうとすることで、力覚デバイスから力を受ける体験をする。棒の長さや棒を持つ位置、おもりの位置の変化により、様々な力覚を体験することで、モーメントの概念を体験的に理解することが期待できる。終わりにノートに結果を記入する。また、3つの設問を学習のはじめに提示するのではなく、一問ずつ提示し、問の予想と仮想実験をセットにして学習していくことで、モーメントと重力の違いに気づき、知識の獲得につながると考えられる。

3.3 検証結果

仮想実験環境に対する興味・関心と、授業への導入可能性などに関する質問に対し、肯定的に答えた学習者がほとんどであった。その理由として、実際に力を感じる体験的学習ができることや、例②で棒をはかりに乗せることで力と力のモーメントの違いに気づくことができることなどが挙げられた。改善点に関しては、棒が連続的に伸縮するのではなく、4段階程度で変化する方が、操作がしやすいといった意見や、棒が重力によって床に落ちるよう設定した方が面白いという意見もあった。加えて、学習者2名から、力の変化の差があまり感じられないという意見もあった。

3.4 仮想実験環境の改良

前節の検証結果を受け、仮想実験環境に3点の改良を施した。1点目は、例①と例②において視覚的に棒が床に落ちるようにした。2点目は全ての例において棒の伸縮を段階的にした。3点目は全ての例において提示する力覚の差を大きくした。

4 仮想実験環境に関するヒアリング調査

4.1 ヒアリング調査の概要

前章にて検証、改良した仮想実験環境を、技術科教育を専門とする大学院生4名に使用してもらい、授業への活用可能性や、更なるシステムの改善、有効な活用方法等を調査した。調査

方法は3.2節と同様である。

4.2 ヒアリング調査の結果と考察

ヒアリング調査の結果では、タブレット PC と力覚デバイスのみで、どこでも体験的学習が可能である点が評価された。しかし、本研究で設定した力のモーメントの学習については、実世界で実験を行うことが可能であり、現実で体験した方が理解につながるのではないかという指摘があった。このことから、本研究で開発した仮想実験環境の利点を最大限に生かすためには、現実世界では不可能といえる精密さ・緻密さや環境整備が求められる実験を、題材として設定することが必要であると考えられる。

さらに、改善点として、提示可能な力の最大値が低いことが挙げられた。その理由として、開発したシステムが連続的に力覚を提示する教材であるため、一定の力覚に慣れてしまうということが考えられる。モータの最大出力を大きくすれば力覚デバイスとしての可能性は広がると思われる。更に、タブレット PC の画面サイズに制約される力覚提示領域の範囲を広げることも今後の課題である。

5 結言

本研究では、力覚デバイスとタブレット PC を用いて、力のモーメントを題材とする仮想実験環境を構築した。力のモーメントに関する実験をタブレット PC 上で体験的に学習できることを目指し、実際の授業への活用可能性等を調査した。その結果、授業への活用に関しては、設定した題材や設問の単純さや、力覚提示能力の低さといった問題が見られた。今後の課題として、力覚デバイスによりタブレット PC 上で仮想実験環境が構築可能であるという利点を生かした題材の設定が求められる。加えて、モータの出力範囲並びに力覚提示領域を拡大する必要性があると考えられる。

参考文献

- [1] 檜谷直樹, 岡本勝, 松原行宏: タブレット PC とポータブルな反力デバイスを用いた滑車の仮想実験環境、教育システム情報学会誌、Vol. 32, No. 3, pp. 220-225. (2015)
- [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ーフェース 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)