

力覚, 擬似力覚提示機能を持つ滑車学習支援システムに関する研究 Pulley Learning Support with Feedback based on Haptic and Pseudo-Haptic

河野 貴範*¹
Takanori KONO

松原 行宏*¹
Yukihito MATSUBARA

岡本 勝*¹
Masaru OKAMOTO

*¹ 広島市立大学大学院 情報科学研究科
Graduate School of Information Sciences, Hiroshima City University

Learning systems with haptic or Pseudo-haptic feedback has developed. However, a study have not been conducted about effect of haptic and Pseudo-haptic feedback in learning system. Therefore in order to investigating effect of haptic and Pseudo feedback in learning system, we developed Learning system with feedback based on haptic and Pseudo-haptic. This paper describes the experiment using Kanji learning support system and the experiment using Pulley learning support system.

1. はじめに

ユーザに力のフィードバックを行える力覚提示デバイスを用いた学習支援システムの研究が行われている。学習支援システムにおいて力覚提示は、動作訓練の指導や仮想オブジェクトの重さ、動作、接触、衝突などの表現や教示的なフィードバックなど、様々な用途で用いられる。[檜谷 15]では力覚提示デバイスである SPIDAR-tablet を用いて滑車を学習題材とした力覚を伴う仮想実験環境が開発された。このシステムは滑車の組み合わせにより錘を持ち上げる際に必要な力の変化を力覚提示デバイスから体感することができる。

また視覚情報から力を錯覚させる擬似力覚と呼ばれる手法がある。擬似力覚は視覚情報と身体動作の間に不整合が生じた際に起きる。身体動作や身体動作を反映するポインタ等の移動量を増減させることで力を感じさせる手法である。擬似力覚提示は、ユーザの動きを制限しない、また視覚情報のみで行えるため力覚提示の代替方法としての利用可能性がある。この擬似力覚提示を用いた学習支援システムの研究も行われている。[柏原 15]では概念マップ作成に擬似力覚提示を用いた概念マップ作成支援システムを開発、擬似力覚提示効果の評価が行われた。この研究では概念マップ作成時に擬似力覚提示を用いることで重要な概念、概念間の関係を示すことを目的とした。

力覚提示、擬似力覚提示を用いた学習支援システムに関する研究は行われているが、それら各提示方法を学習支援システムに用いた場合の学習の比較を行った研究はされていない。そこで、[河野 17]では筆順学習支援システムに力覚提示、擬似力覚提示を用いた際の学習効果や学習時の比較を行った。その結果から間接指導で学習を進める題材の場合は力覚提示でも擬似力覚提示でも同様の学習結果が得られること、また静止状態での提示に関して各提示方法による学習の差が生まれる可能性を確認できた。そこで著者らは提示を静止状態と移動状態の両方で行う直接指導を進める題材として滑車実験を選択した。今後滑車学習支援システムを製作し、システムを用いて実験を行い提示時の状態に着目して学習結果を確認する予定である。本稿では 2 節で既に行った筆順学習支援システムを用いた実験について、3 節では 2 節の実験を踏まえた題材の検討について、4 節では今後開発予定のシステムとそれを用いた実験について記述する。

連絡先: 河野貴範, 広島市立大学大学院情報科学研究科, 広島県広島市安佐南区大塚 3-4-1, TEL 082-830-1500, lkono@lake.info.hiroshima-cu.ac.jp

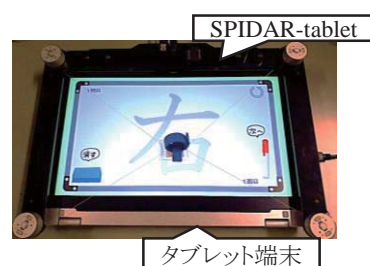


図 1 筆順学習支援システムの外観

2. 筆順学習支援システム

2.1 筆順学習支援システムの概要

図 1 に筆順学習支援システム[河野 17]の外観を示す。このシステムは学習者に正しい筆順を認識させる学習支援システムである。システムは事前に選択された力覚提示、擬似力覚提示、音声提示のいずれかにより学習者の誤った知識を修正する。学習者はタブレット端末の画面上に表示された漢字をなぞることで、漢字の筆順入力を行い、学習者が誤った筆順を入力した場合のみ各提示方法により誤りの指摘を行う。力覚提示は図 1 内の SPIDAR-tablet と呼ばれる力覚提示デバイスを用いる。擬似力覚提示はタブレット端末の画面上に表示されたポインタを誤った入力が行われた場合のみ実際の指より遅れて追従させることにより行う。音声提示は単一のブザー音により行う。

本システムでは筆順の誤りを誤り(1)「画の順番を間違え」、誤り(2)「画の途中で離す」、誤り(3)「次の画を続けて書く」に分類し、学習者が誤りを判別できるよう、誤りごとに異なる提示の使用方法で指摘を行う。誤り(1), (3)は移動状態、誤り(2)は静止状態での提示である。音声提示は単一のブザー音から行われるが、提示されるタイミングにより誤りの判別を行うことができる。

2.2 筆順学習支援システムを用いた実験

システムを用いて、提示方法の違いによる学習効果の差、それぞれの特性についての調査を行った。被験者は大学生、大学院生 9 名とし、事前テストとして漢字 24 字を被験者に回答させた。その後システムを用いて、各提示方法により 8 字ずつ学習を行った。事前に誤り指摘が各提示方法により行われると周知した。学習後事後テストにより学習結果の確認を行った。

実験結果からいずれの提示方法でも同様な学習結果が確認できた。実験中における各誤りをした際の正しい画が書けるまで

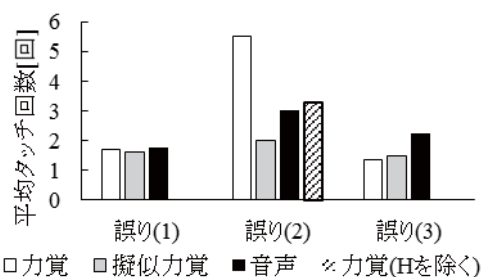


図2 筆順学習支援システムを用いた実験における各誤りをした際の正しい画がかけるまでの平均タッチ回数

の平均タッチ回数を図2に示す。図2から誤り(1)に関しては提示方法による違いは見られなかったが、誤り(2)、(3)に関しては提示方法による違いが見られた。力覚提示と擬似力覚提示に着目して比較を行うと、静止状態での提示(誤り(2))に関してのみタッチ回数に差が見られ、ここから静止状態での提示に関して提示方法による学習の差が生じる可能性があると考えられる。

3. 題材の検討

2節で説明したシステムの学習題材である漢字の筆順では、各提示方法による学習結果に差は見られなかった[河野 17]。これは筆順学習支援システムが学習者の知識を修正するものであり、こうした誤った知識の修正を行う場合、いずれの提示方法でも学習者は誤りを認識し、修正することで学習直後は同様の学習結果が得られたと考えられる。今回のような学習者が間違えた際に指摘を行う間接指導ではなく直接指導で学習を支援する題材の場合、提示方法による学習効果の差が確認できる可能性がある。そのため学習題材の再検討が必要である。

力覚提示を用いて直接指導を行う題材としてスキル学習や物理実験などが考えられるが、スキル学習では力覚提示、擬似力覚提示の与え方が学習効果に大きな影響を与えるため、提示方法の与え方について十分に考察が必要であり、困難である。そのため本研究では物理実験を題材とする。物理実験を題材としたシステムでは仮想物体の重さや動作を力覚提示、または擬似力覚提示で表現する事で学習の支援を行う。

2節の実験から静止状態での提示に関して各提示方法に差が生じる可能性を確認できた。2節のシステムでは力覚提示、擬似力覚提示ともに移動時の提示と静止時の提示が存在するが、1つの問題に対してその2つが混在しており、それら2つの提示による学習効果の調査を行うのは難しい。そこで新たな題材として移動時、静止時の提示が並存し、2つの提示が独立した題材を選択する必要があると考えられる。そこで本研究では滑車実験を選択した。滑車を題材とした際の問題を図3に示す。図3(a)は糸を引く際の力Aを求める問題、図3(b)は滑車の構成図の点Bにはたらく力を求める問題である。これらをシステム上で体感させる場合、(a)は移動時の提示、(b)は静止時の提示

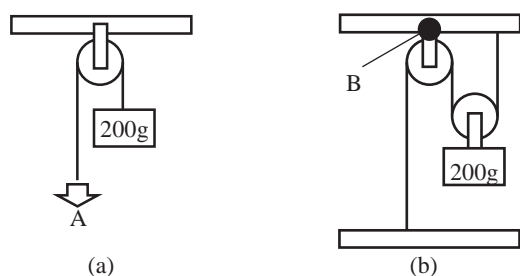


図3 滑車の問題例

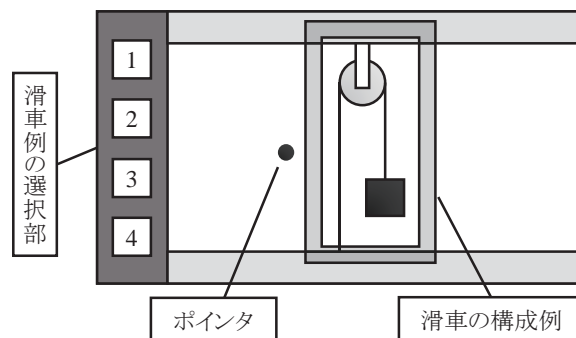


図4 滑車学習支援システムの画面例

となる。このように静止時の提示と移動時の提示が存在するが1つの問題に対して1つの提示方法で学習を行い、静止時の提示と移動時の提示は独立している。システムを用いた実験では、これら二つの問題の被験者の回答、実験時の様子を中心に学習の差の検証を行う。

4. 滑車学習支援システム

本システムでは滑車の組み合わせによる糸を引く際の重さの変化や、滑車の構成物にかかる力の大きさを力覚提示、または擬似力覚提示によって体感することが出来る。図4に滑車学習支援システムの画面例を示す。力覚提示は Phantom-omni を用いて行い、擬似力覚提示は Phantom-omni のペン先の位置座標のみを用い、画面内のポインタの移動量や位置を制御することにより行う。システムでは滑車の組み合わせの例を複数用意し、学習者は用意された滑車例の構成物を選択することで、構成物のある点ではたらく力の大小(静止状態での提示)、滑車の組み合わせによる糸を引く際の力の変化(移動状態での提示)を力覚提示、擬似力覚提示を通して体感することが出来る。

本システムを用いた被験者実験は、被験者を力覚提示で学ぶグループと擬似力覚提示で学ぶグループの2つのグループに分割し行う。実験は事前テスト、システムを用いた学習、事後テストの順で行う。事前テスト、事後テストはペーパーテストで行い、事後テストはシステムを用いた学習の直後と、一定期間後に再度行う。提示方法による学習の差異は学習結果や、提示回数、学習時間などの学習時の様子から得る。

5. まとめ

本研究では力覚提示、擬似力覚提示を学習に用いた際の各提示方法による学習の差異の調査を目的としている。本稿では間接指導を力覚提示、擬似力覚提示で行う学習支援システムを用いた実験と、実験結果を踏まえた今後作成予定であるシステムとそのシステムを用いた実験について述べた。

参考文献

- [柏原 15年] 柏原 昭博, 塩田 剛: 擬似力覚提示による知識構築支援, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J98-D, No. 1, pp. 104-116 (2015)
- [河野 17年] 河野 貴範, 松原 行宏, 岡本 勝: 力覚及び擬似力覚提示機能を持つ漢字学習支援システムに関する研究, 日本教育工学会論文誌, Vol.41, Supplement, pp. 77-80 (2017)
- [檜谷 15年] 檜谷 直樹, 松原 行宏, 岡本 勝: 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)