

力覚及び擬似力覚提示機能を持つ学習支援システムの構築と 各提示方法による学習の比較

Construction of Haptic and Pseudo-Haptic Approaches for Learning Support System and Comparison of these Approaches.

河野 貴範^{*1}, 松原 行宏^{*1}, 岡本 勝^{*1}, 岩根 典之^{*1}
Takanori KONO^{*1}, Yukihiko MATSUBARA^{*1}, Masaru OKAMOTO^{*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 Science, Hiroshima City University

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

あらまし：本研究では力覚提示と、視覚により抵抗感や重さを錯覚させる擬似力覚提示の2手法を対象とし、学習支援に用いた際の学習の比較を行う。各提示方法を用いた学習の比較を行うため、両手法を実装した漢字学習支援システムと滑車学習支援システムの2つのシステムを構築した。システムを用いた実験では、事前、事後テストの推移の比較を行い、両手法による学習の違いを確認した。

キーワード：学習支援システム、力覚提示、擬似力覚提示

1. はじめに

ユーザに対して力のフィードバックを行える力覚提示を学習支援システムに取り入れた研究が行われている。檜谷らは力覚提示デバイスである SPIDAR-tablet を用い、仮想実験環境で滑車の実験を行うシステムを構築した⁽¹⁾。

また視覚情報から重さや抵抗感が存在するように、錯覚させる擬似力覚提示手法がある。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⁽²⁾。擬似力覚提示は力を発生させる特別な装置を必要とせず、比較的安価で一般的な装置で行える。学習で用いられる力覚提示の提示目的で擬似力覚提示を用い同様な学習を行うことができれば、一般に普及したデバイスを用いた力覚フィードバック機能を持つ学習支援システムの構築が可能となる。

本研究では単一の学習支援システムに力覚提示、擬似力覚提示機能を適用し、各提示方法を用いた学習の比較を行う。力覚提示の提示目的として、単純な教示用のフィードバックの実装と、提示量自体の伝達の2種に分類し、それぞれの提示目的で学習支援における力覚、擬似力覚提示手法の検討を行う。単純な教示用のフィードバックを用いる題材として「漢字の筆順」と、提示量自体が学習に関する題材として「滑車実験」を選択した。

2. 漢字学習支援システム

図1に漢字学習支援システムの外観を示す。提案システムはタブレット端末と力覚提示デバイスである SPIDAR-tablet から構成される。力覚提示以外の提示方法で学習を行う場合はタブレット端末のみで学習を行う。擬似力覚提示による学習の場合は、画面上のポインタを実際の指から遅らせることにより、音声提示による学習の場合はブザー音により行う。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事で、漢字の筆順の入力を行う。学習者が

誤った筆順で漢字をなぞった場合のみ、力覚提示、擬似力覚提示または音声提示により誤りを指摘するシステムである。学習者は提示された情報をもとに筆順の誤り方を認識し、正しい筆順を学ぶことができる。このシステムでは学習者の誤りを分類し、誤りに応じて力覚提示、擬似力覚提示または音声提示によって誤り指摘を行う。

検証実験は被験者9名、学習する漢字は24字とし、被験者は力覚、擬似力覚、音声提示により8字ずつ学習を行った。実験は事前テスト、システムによる学習、事後テストの順で行った。図2に被験者の事前テストと事後テストの点数を示す。図2からいずれの提示方法でも点数向上が確認できる。さらに、アンケート結果などから音声提示を用いた学習

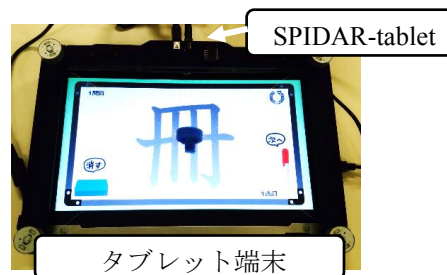


図1 漢字学習支援システムの外観

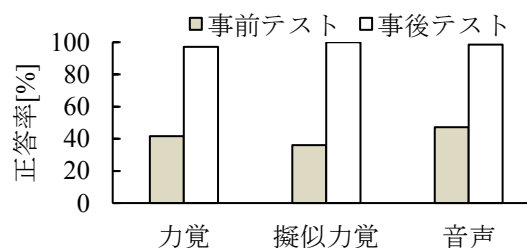


図2 事前、事後テストの結果 (漢字学習)

よりも、力覚、擬似力覚提示を用いた学習は、誤り判別が容易なことが分かった。両提示手法には学習結果、誤り判別のし易さなどに大きな差は見られなかったため、両手法による学習が可能と考えられる。

3. 滑車学習支援システム

図3に滑車学習支援システムの外観を示す。システムはディスプレイと力覚提示デバイスであるPhantom Omniから構成される。学習者は画面上に表示された滑車の構成に対応した提示量の力覚提示または擬似力覚提示を受け、滑車構成による錘持ち上げに必要な力の変化を体験する。システムで操作できる滑車の構成パターンは6つである。擬似力覚提示はPhantom Omniの力覚提示機能を用いず、Phantom Omniのペン先の位置座標のみを用いて行う。擬似力覚提示による学習の場合、擬似力覚の提示量(抵抗感の強さ)により滑車の構成例ごとの錘持ち上げに必要な力の大小関係を相対的に提示する。提示量は、操作対象の操作量とディスプレイ上のポ



図3 滑車学習支援システムの外観

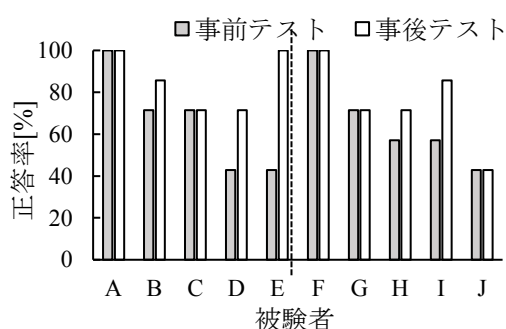


図4 事前、事後テストの結果(滑車学習)

表1 α 群に対する各被験者の採点結果

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
事前	○	○	○	×	×	○	○	×	○	×
事後	○	○	○	×	○	○	○	○	○	×

表2 β 群に対する各被験者の採点結果

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
事前	○	×	×	×	×	○	×	×	×	×
事後	○	×	×	○	○	○	×	×	×	×

インタの移動量の比率であるC/D比⁽³⁾を変更することで変化させることができる。

検証実験では被験者10名に対して事前テストを行い、採点結果から力覚提示と擬似力覚提示を使用する2グループに分けた。その後、グループ分けに応じたシステムによる学習(時間は任意とした)を行い事後テストで点数推移を確認した。事前テスト、事後テストは、複数の滑車構成例の錘持ち上げに必要な力の大小関係を出題した。

図4に事前テスト、事後テストの結果を示す。図4の被験者A~Eが力覚提示グループ、F~Jが擬似力覚提示グループである。図4から力覚提示グループは満点であるAを除く4人中3人が事後テストで点数が向上した。また擬似力覚提示グループは満点であるFを除く4人中2人が事後テストで点数が向上した。実験中の事前テストと事後テストで出題した滑車構成例の大小関係の問題では、錘持ち上げに必要な力が等しくなる滑車構成の群が2組(以下 α 群、 β 群とする)あった。その各群に対する学習者の解答の採点結果を表1,2に示す。表から α 群に対しては両グループともに事前テストで不正解だった2人中1人が事後テストで正解だった。 β 群に対して力覚提示グループは事前で不正解だった4人中2人が事後テストで正解になったが、擬似力覚提示は不正解だった4人全員が事後テストでも不正解となっている。 β 群は α 群よりもシステムで行う提示量が小さいため、力覚提示は擬似力覚提示より、提示量が小さい場合に提示量が等しい提示を等しいと判断することが容易だと考えられる。

4. おわりに

本研究では力覚及び擬似力覚提示機能を教示用のフィードバックと提示量自体の伝達の2つの目的で学習支援システムに適用した。2つの学習支援システムを用いた実験から、提示目的が単純な正誤のフィードバックの場合や、提示量自体の大小関係の伝達である場合、力覚提示、擬似力覚提示ともに事前テストから事後テストの点数向上を確認した。また力覚提示は擬似力覚提示よりも、提示量が小さい場合でも等しい提示を等しいと判断することが容易な可能性が確認できた。今後の課題は、被験者を中高生とした場合の学習の比較などが挙げられる。

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) 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(D), Vol. J98-D, No. 1, pp. 104-116 (2015)
- (3) A. Lécuyer, “Simulating Haptic Feedback Using Vision: A Survey of Research and Applications of Pseudo-Haptic Feedback”, Presence: Teleoperators and Virtual Environments, Vol. 18, pp. 39-53 (2009)