

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 11 日現在

機関番号：34509

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2013

課題番号：23653163

研究課題名(和文) 手指の随意運動が困難な大学生に対する電子教科書リーダーの有効性に関する検討

研究課題名(英文) Research on the effectiveness of digital textbooks using PDF files that are made from print textbooks, for university students who have difficulty to handle print textbooks

研究代表者

奥 英久 (OKU, HIDEHISA)

神戸学院大学・総合リハビリテーション学部・教授

研究者番号：30248207

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,600,000円、(間接経費) 780,000円

研究成果の概要(和文)：従来の印刷教科書の取り扱いが困難な肢体不自由大学生を支援する実用的方法の一つとして、印刷教科書の全内容をPDFファイル化してタブレット端末へインストールし、そのタブレット端末を電子教科書として使用する方式を提案した。

印刷教科書の取り扱いに困難さを有する肢体不自由大学生を対象として、本方式により通常使用する印刷教科書の全内容をPDFファイル化しタブレット端末へインストールして電子教科書を作成し、その実証実験を行った。この結果、肢体不自由大学生が本方式による電子教科書を使用する場合には、従来の印刷教科書を使用する場合よりも使用時の身体的負担と精神的負担が有意に軽減され、その有効性が示された。

研究成果の概要(英文)：In this research, a digital textbook which was composed of PDF files of a generally used print textbook was suggested as an alternative textbook for university students who had difficulty to handle the generally used print textbooks because of their severe physical disabilities. Effectiveness of the suggested method was experimentally evaluated. A subject was an university student whose upper limbs were partially paralyzed, and she had difficulty to handle generally used print textbooks. A few digital textbooks were made for the evaluation by the suggested method. Her physical and mental workloads at using both print textbooks and digital textbooks were measured respectively by the technique of NASA-TLX. From the result of the evaluation, it was indicated that the physical and mental workloads at using digital textbooks was significantly smaller than that at using print textbooks. This result suggested the effectiveness of the digital textbooks that was made with the suggested method.

研究分野：社会科学

科研費の分科・細目：社会学・社会福祉学

キーワード：肢体不自由大学生 修学支援 電子教科書 タブレット端末 精神的作業負担 NASA-TLX

1. 研究開始当初の背景

(1)近年、障害者支援の進展に加え高齢社会の到来により、社会における様々な分野でバリアフリーやユニバーサルデザインの観点から“住みやすい社会”に向けた対応が行われるようになった。これに伴い、大学等の高等教育機関における障害学生支援の状況が少しずつ改善されるようになった。一方、大学においては、少子高齢化による受験生減少に対応して多数の受験生を集めるため、多様な入試方法が設定されるようになった。これらにより、受験や通学など、従来は高等教育機関での就学機会を得ることが困難であった重度な肢体不自由者も大学へ進学できる環境が実現されるようになった。

(2)肢体不自由大学生へのこれまでの支援としては、大学内・校舎内におけるエレベータ・スロープ・車いす対応トイレの設置、講義室内におけるスロープ・車いす対応席の設置など、主に環境面の改善が中心であった。これに対して、受講面では、必要性が健在化しなかったこともあり、例えばノートテイク・拡大教科書・点訳教科書・映像への字幕付加など、感覚障害(視覚障害・聴覚障害)大学生への支援が中心であった。このため、手指の随意運動機能の障害により(一般的な紙ベースの)印刷教科書の取り扱いが困難な肢体不自由大学生への支援はほとんど手つかずの状況であった。

(3)ICT 技術の進歩と国の施策により高等学校までの印刷教科書は電子教科書へと切り替えられる方向にある。しかし、大学など高等教育機関では、教科書の選定が科目担当教員の裁量に委ねられていることもあり、このような対応は現状では期待できない。電子教科書を種々のタブレット式の携帯端末(以下、タブレット端末)で読むことを目的として統一された書式(フォーマット)が開発されてきているが、ほとんどの大学教員にとっては使用している印刷教科書を電子教科書化することは技術的なハードルが高く難しいため、容易に対応できない状況にある。

2. 研究の目的

本研究では、上記の現状を踏まえ、印刷教科書の取扱が困難な肢体不自由大学生を対象として、実用性の観点から、既存の印刷教科書をもとに簡便な方法で電子教科書を作成する方法の提案と検証、この方式による電子教科書が従来の印刷教科書よりも負担なく使用できる可能性の検証、肢体不自由大学生の電子教科書使用の適正に関する検証、を目的とする。具体的には以下の通りである。

[印刷教科書から電子教科書を簡便に作成する方法の検証]

(1) 印刷教科書の全頁をPDFファイルに変換してタブレット端末にインストールし、そのタブレット端末のPDFファイル閲覧プログラムで内容の表示や頁めくりなどの基本操作が行えることを検証する。

[この方式により作成した電子教科書が従来の印刷教科書より負担なく使用できる可能性の検証]

(2) 印刷教科書の使用が困難な重度肢体不自由大学生を対象として、この方式により作成される電子教科書と従来の印刷教科書の両方を使用させ、電子教科書の利用で対象者の負担が軽減される可能性を検証する。

(3) 表示面積が電子教科書と、それよりも表示面積が小さい電子教科書の両者における、使用時の負担の差について検証する。

(4) 教科書サイズの印刷書籍から作成した電子書籍と文庫本サイズの印刷書籍から作成した電子書籍について、同じ表示面積のタブレット端末で使用した場合の使いやすさの差について検証する。

[肢体不自由大学生における電子教科書使用の適正に関する検証]

(5)印刷教科書の取り扱いが困難な肢体不自由大学生が電子教科書使用時の操作対象となるタブレット端末を操作する場合の特性を検証する。

(6) 片手で印刷教科書を操作しているという条件が同じ肢体不自由大学生複数名における、印刷教科書操作時と電子教科書操作時の負担の差について検証する。

3. 研究の方法

一般に、科学研究では、客観的分析のため、同じ条件を有する多数の被験者による評価実験を行い、結果を統計的に分析し結論を得る方法が用いられる。しかし、個々の対象者数が少ない福祉用具の研究における評価実験では、同様の障害内容および残存機能を有する被験者を多数集めることは困難さを伴う。さらに、本研究で対象となる肢体不自由大学生については、全国の大学約780校に在籍する障害学生が約1万人(約13人/大学)という現状、さらに障害が重度化するほど同様の残像機能および身体機能を有する障害学生数が少なくなるため、原則に則った評価実験を行うことが難しい状況にある。

このため、一般に福祉用具の研究における初期段階では、個々の障害者における固有の

問題を明らかにし、その解決方法を積み重ねることにより、さらに多数の障害者を共通に支援できる機能を有する福祉用具を開発する手法が用いられている。これは、当該福祉用具がどのような障害者のために、どのような状況で役立つのか、などについてより多くの知見を必要とするためである。

以上から、本研究では、肢体不自由大学生における電子教科書の有効性と可能性を明らかにするという観点から、その第一段階として、印刷教科書の取り扱いが困難な大学生1名によるケーススタディ的な評価実験を行うこととし、研究代表者の所属する大学に在籍する、いずれも教科書を片手で取り扱っている2名の肢体不自由大学生を被験者とした。両者の本研究の参加については、研究代表者の属する大学の倫理委員会で承認を得るとともに、本人からそれぞれ承諾を得た。一方の肢体不自由大学生（以下、被験者A）は、脳性麻痺により右手の随意運動機能は期待できず、左手も少し麻痺があるため印刷教科書の取扱が困難という状況で、本研究の主たる被験者として協力を得た。他方の肢体不自由大学生（以下、被験者B）は、左手が先天性主部欠損のため右手だけで教科書の取り扱いを行っているため、被験者Aと比較する参照データを得るため協力を得た。

(1) 両被験者が属する学科で使用されている標準的な印刷教科書（B5版）を対象として、背表紙を断裁して全頁を分離後に各頁の内容をイメージ・スキャナで読み取りPDFファイルへ変換し、そのファイルをタブレット端末にインストールした。タブレット端末としては、PDFファイルのインストールが簡単なこと、PDFファイルの表示プログラムが入手可能なこと、異なる表示面積で同じ操作方法の機種が入手できること、3年間の本研究期間中において生産中止など研究継続に支障となるような事態が発生する可能性が少ないこと、などの条件から、Apple社のiPad2とiPadminiを採用した。両者でPDF化したファイルを表示するプログラムとしては、一般的に使用されているiAnnotateを採用した。

(2) 被験者Aがタブレット端末の操作に不慣れなこともあり、実験に先立つ約11ヶ月間、iPad2を電子教科書として試用した。具体的には、被験者Aが受講で使用する教科書の中から10冊を選定し、これらの内容を(1)に示した方式でPDFファイル化してiPad2にインストールし、10冊の電子教科書を作成した。11ヶ月後、これら10冊と同形状で内容が異なる印刷教科書1冊を対象としてiPad2とiPadminiを使用し、表示面積の広い電子教科書と表示面積の狭い電子書籍を作成した。そ

して、iPad2を使用した電子教科書と、その元になった印刷教科書のそれぞれを被験者Aに一定時間ずつ使用させた後、各使用時における被験者Aの負担度をNASA-TLXの手法に基づいて検討した。

NASA-TLXは、人間・機械系における精神的な作業負荷を客観的に評価する手法の一つとして一般に使用されている。本研究では、二種類の異なる教科書あるいは書籍を使用した直後に、NASA-TLXに準拠した二段階のアンケートに回答する方法で評価させ、この結果から評価値を求めた。第一段階では、被験者の主観により、各教科書を使用する場合における6種類（精神的要求・身体的要求・タイムプレッシャー・努力・フラストレーション・達成度）の各項目が評価点0（最小負担）から100（最大負担）の間で評価される。続く第二段階では、これら6項目について、被験者の主観で6から1の重み係数を付ける。以上の結果から、各項目の重み付き平均値（Adaptive Weighted Workload ; AWWL）を求め、作業負担の違いについて検討した。

(3) 次に、被験者Aに、先に上記(2)で製作した表示面積が異なる両電子教科書を交互に使用させ、それぞれの使用直後に、NASA-TLXのアンケートに回答させた。

(4) 教科書（B5サイズ）と文庫本のそれぞれをPDFファイル化し表示面積の大きいタブレット端末（iPad2）にインストールして2種類の電子書籍を作成した。被験者Aに、それぞれの書籍の印刷版と電子版を交互に使用させた後、それぞれにおける負荷の主観的な程度について、NASA-TLXのアンケートに回答させた。

(5) タッチパネルを装備した液晶ディスプレイの画面上にiPad2の液晶表示部と同じ大きさの枠を設定し、その中に正方形（ ）を表示し、それを指定した方向へ指先でドラッグする操作を行かせた後、操作における負荷の主観的な程度について、NASA-TLXのアンケートに回答させた。正方形は、一辺が60mmと30mmの二通とし、ドラッグの方向は、水平（左 右・右 左）垂直（上 下・下 上）斜め（左上角 右下角・右上角 左下角・左下角 右上角・右下角 左上角）の8通りとした。

(6) 被験者Bに、(2)の後半で作成した電子教科書（iPad2版）とそのままになった印刷教科書の両方を交互に使用させ、操作における負荷の主観的な程度についてNASA-TLXのアンケートに回答させた。

4. 研究成果

(1) 印刷教科書と印刷書籍から電子教科書と電子書籍を作成する過程を図1に示す。各頁の余白部分を断裁する工程において、教科書や書籍ごとに頁番号などの印刷位置が異なるため、使用する印刷本ごとに断裁位置を確認する必要のあることが明らかとなった。

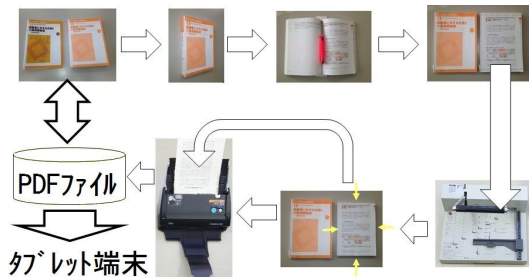


図1 電子教科書の制作手順

しかし、断裁後における全頁のPDFファイル化は、両面イメージ・スキャナーによる自動処理のため、簡便に行えた。スキャナーによる全頁読取では希に頁を読み飛ばすエラーが発生したが、該当頁だけを後で読み取り、PDFファイルの編集機能により該当箇所に挿入し解決でき、特に問題にはならなかった。

多数の印刷教科書および文庫本などの印刷書籍から電子教科書および電子書籍を作成した今回の結果から、大学において使用される印刷教科書を電子教科書化することは十分に可能と考えられる。この作業は、余白部分の頁番号等の記入位置の統一により、電子教科書化がさらに容易になると考えられる。

(2)被験者Aがタブレット端末(iPad2)操作と電子教科書に慣れるための練習期間では、印刷教科書の代わりにiPad2を通学時に携帯した。これにより、通学時の教科書重量は表1のように変化した(木曜日は通院リハビリテーションのため通学しなかった)。

表1 通学時における教科書重量の変化

教科書の種別	携行する教科書の重さ(kg)					
	月曜日	火曜日	水曜日	木曜日	金曜日	平均値
印刷	1.8	1.7	0.5		1.0	1.3
電子	1.0	1.0	1.0		1.0	1.0

電子教科書を使用することにより、一日当たりの平均値としては僅か0.3kgの重量軽減であったが、被験者Aは、2kgに迫る月曜日と火曜日の重量が軽減されたことを評価した。また、受講の際、以前は持参する印刷教科書が多い日に鞆の中から目的の印刷教科書を取り出す操作が困難であったが、電子教科書では受講科目数に関わらずiPad2だけの持参となり、取扱が楽になったことを高く評価した。

練習期間終了後に行った印刷教科書使用と電子教科書使用における作業負荷の評価結果を図2に示す。

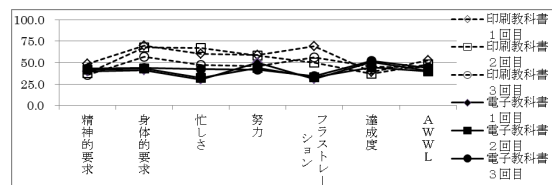


図2 印刷教科書と電子教科書の操作結果(被験者A)

この結果から、印刷教科書の使用では、身体的要求・忙しさ・フラストレーションなどの要素において、作業負荷が電子教科書使用時の方が有意に低く、加重平均値であるAWWLも有意に低かった。このことから、被験者Aは、電子教科書の使用により、印刷教科書を使用するよりも作業負担が軽減されたことが示された。

(3)被験者Aが、同じ印刷教科書をもとにして、表示面積が大きいタブレット端末(iPad2)と小さいタブレット端末(iPadmini)を使用した電子教科書を使用した結果を図3に示す。

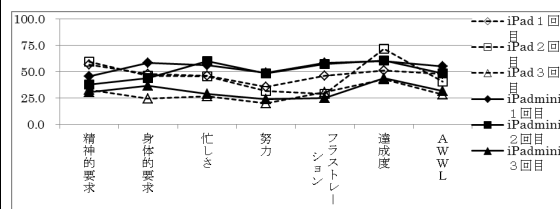


図3 iPad2とiPadminiによる電子教科書の使用結果(被験者A)

この結果から、表示面積の大きいiPad2による電子教科書使用時の方が、表示面積の小さいiPadminiによる電子教科書使用時よりも作業負荷が少ない傾向が認められた。しかし、被験者Aの意見は、iPadmini使用時に負担は感じられなかったとのことであった。評価実験では短時間での使用であったため、iPadminiで表示される文字の大きさiPad2よりも小さいことの影響が顕在化しなかった可能性もあり、今後の課題と考えられる。

(4)被験者Aが、B5サイズの印刷教科書とその電子化教科書、および印刷文庫本とその電子化文庫本をそれぞれ使用した時の精神的作業負荷を図4に示す。印刷教科書は、より小さい印刷文庫本を使用した場合よりも、操作時の負担が有意に大きい傾向を示した。

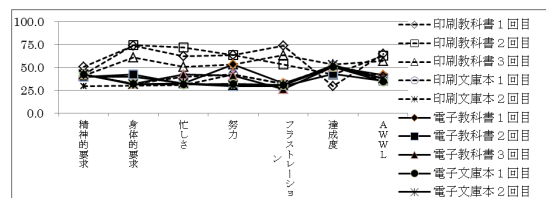


図4 B5版書籍(教科書)と文庫本の印刷版と電子版の使用結果(被験者A)

一方、電子教科書と電子文庫本では、両者とも使用時の作業負荷は低い値を示した。

これらの結果から、印刷した書籍を使用する場合には、より大きい本において作業負担が大きい傾向があるが、電子化した場合には作業負担の違いは認められないことが明らかとなった。

(5) タッチパネルを装備した液晶ディスプレイに表示された正方形を指定された方向へドラッグさせた結果を図5（正方形が一边30mmの場合）と図6（正方形が一边60mmの場合）に示す。それぞれのグラフにおいて、左半分が液晶ディスプレイの傾斜角を60度に設定した場合の結果、右半分が同じく80度に設定した場合の結果を示している。この結果から、被験者Aは、画面上のターゲットを手指でドラッグする操作において、斜め方向（左上 右下・右上 左下・左下 右上・右下 左上）の場合に負担を感じ、この傾向はターゲットが小さいほど、また液晶ディスプレイの傾斜角大きい生じることが示された。右手が麻痺のため、より随意的に動かせる右手によるターゲットの操作であったが、操作方向のガイドとなる指標が画面上で得られる水平方向と垂直方向のドラッグ操作がより確実に行えると考えられる。

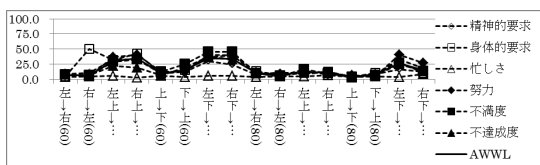


図5 タッチパネルの操作結果（30mm）

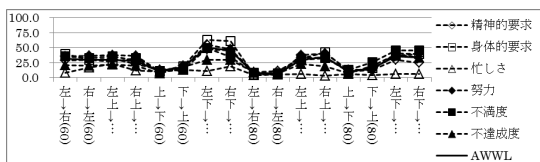


図6 タッチパネルの操作結果（60mm）

(6) 被験者Bが(2)の後半で作成した電子教科書（iPad2版）とそのもとになった印刷教科書の両方を交互に使用し、その後にNASA-TLXのアンケートに回答した結果を図7に示す。この結果、被験者Bは、片手が教科書の操作に使用できないという点では同じ条件であったが、聞き手に麻痺障害などが全くないため、印刷教科書と電子教科書の両者とも同様の負担の程度を示した。

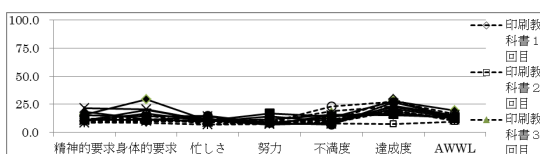


図7 印刷教科書と電子教科書の操作結果（被験者B）

(7) 以上の結果から、以下の結論を得た。

- ・上肢とりわけ手指の随意運動機能が片側でも完全に残存しない肢体不自由大学生においては、片側の手指の随意運動機能が完全に残存する肢体不自由大学に比べて、印刷教科書よりも電子教科書を、より少ない負担で使用できる可能性があることが示された。

- ・一方、文庫本のような小さい印刷書籍を電子書籍として使用した場合は、印刷教科書（B5版）のような負担の有意な軽減は認められなかったことから、印刷書籍の大きさが負担の有無に影響を与える主たる要因と考えられる。

- ・同じ印刷教科書を画面の大きなタブレット端末（iPad）により電子教科書として使用した場合と、画面の小さなタブレット端末（iPad mini）により電子教科書として使用した場合においては、被験者の口頭による感想では差違が認められなかった。しかし、NASA-TLXによる評価結果では僅かに画面の小さいタブレット端末使用時に負担が大きい傾向が認められたので、今後の更なる評価実験が必要と考えられる。

- ・液晶ディスプレイ上のターゲットをドラッグする課題では、上下あるいは左右の直線移動よりも斜め方向移動において負担を感じる傾向が認められた。この理由としては、上下あるいは左右の移動では表示枠の縦線あるいは横線により方向性が与えられるのに対して、斜めの移動では方向性を自ら決定する必要があるため負担を感じた可能性があると考えられる。この特性が被験者Aの障害に起因するかどうかについては更なる検討が必要であるが、一般的なタブレット端末で標準的に設けられている手指による多様な操作方法（例えばピンチインやピンチアウトなど）が有効に利用できない可能性があると考えられる。このことは、タブレット端末の電子教科書への応用応用を考える場合において、検討すべき一つの重要なポイントと考えられる。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計2件）

Hidehisa Oku, Kayoko Matsubara, Masayuki Booka, Feasibility Study of PDF based Digital Textbooks for University students with difficulty to handle Print textbooks, Proceedings of the 7th international Convention on Rehabilitation Engineering and Assistive Technology (i-Create2013), 2013P3.2(web), 2013

奥英久, 松原加代子, 坊岡正之, PDF ファイルを利用したデジタル教科書の肢体不自由大学生への有効性, 電気学会制御研究会資料, CT-14-001 ~ 012, 19-24, 2014

〔学会発表〕(計3件)

奥英久,松原加代子,坊岡正之,教科書の電子化による肢体不自由大学生の受講支援,平成24年度ICT利用による教育改善研究発表会,2013年8月10日,青山学院大学・東京

Hidehisa Oku, Kayoko Matsubara, Masayuki Booka, Feasibility Study of PDF based Digital Textbooks for University students with difficulty to handle Print textbooks, Proceedings of i-Create2013, P3.2(web), 2013年8月30日,韓国・ソウル

奥英久,松原加代子,坊岡正之,PDFファイルを利用したデジタル教科書の肢体不自由大学生への有効性,電気学会制御研究会資料,2014年3月29日,神戸学院大学・神戸

〔その他〕(計1件)

奥英久,肢体不自由学生の学修支援に役立つテクノロジーの活用,(独行)日本学生支援機構平成25年度障害学生支援セミナー「障害学生支援とテクノロジー[7]」,2013年12月17日,筑波国際会議場・茨城県

6. 研究組織

(1)研究代表者

奥 英久 (OKU HIDEHISA)
神戸学院大学・総合リハビリテーション学部・教授
研究者番号:30248207

(2)連携研究者

松原加代子 (MATSUBARA KAYOKO)
神戸学院大学・総合リハビリテーション学部・講師
研究者番号:20583488

(2)研究分担者

坊岡正之 (BOOKA MASAYUKI)
広島国際大学・総合リハビリテーション学部・教授
研究者番号:90352012