

非利き手でデジタル教科書进行操作する場合の 代替教科書としての有効性

奥 英久¹⁾, 佐野 光彦¹⁾, 渡辺 崇史²⁾, 坊岡 正之³⁾

1) 神戸学院大学 総合リハビリテーション学部 社会リハビリテーション学科

2) 日本福祉大学 健康科学部 福祉工学科

3) 高知ハビリテーリングセンター 補助器具センター

【要約】 障害を有しない大学生が、スポーツ外傷や交通事故等により、両手動作の多くを非利き手だけで対応しなければならない状況になることがある。大学生では一時期だけの障害であっても修学上で様々な困難に直面するが、従来の印刷された教科書を確実に操作できなくなる印刷物障害はその典型である。本研究では、このような一時的に印刷物障害となった大学生の代替教科書として、印刷教科書の内容を PDF ファイルとしてタブレット端末にインストールして作成されるデジタル教科書の有効性について、実験的に検証した。被験者は 24 名の健常大学生（男性 12 名・女性 12 名）で、各被験者に同じ内容の印刷教科書とデジタル教科書を非利き手だけで操作させ、それぞれの操作後に被験者が感じた精神的作業負担（メンタルワークロード）を NASA-TLX の手法で計測した。この結果、多くの被験者が、非利き手だけでデジタル教科書を、印刷教科書よりも少ないメンタルワークロードで操作することができ、代替教科書としての有効性が示された。一方、少数の被験者では、非利き手によるデジタル教科書の操作で、印刷教科書操作の場合よりもメンタルワークロードが増加した。分析の結果、理由としてタブレット端末使用経験の少なさやデジタル教科書の使用経験不足の可能性が認められた。非利き手でデジタル教科書を継続使用した場合における、メンタルワークロード改善の可能性検証が今後の課題である。

キーワード： 障害大学生、印刷物障害、非利き手、デジタル教科書、メンタルワークロード

I 諸言

文字などを紙に印刷して製本した一般的な書籍（印刷書籍）の使用と取扱いに起因する障害は、1987年にジョージ・カーシャ（George Kerscher、DAISY コンソーシアム事務局長／当時）により印刷物障害（Print Disability）と定義された¹⁾。この印刷物障害とは、医学的分類による障害ではなく、運動機能障害・視覚障害・学習障害などにより生じる、“印刷物を読むこと”が困難あるいは不可能な機能損失の総称である。

大学など高等教育機関で使用する教科書（印刷教科書）は、義務教育の教科書のような文部科学省の検定対象²⁾ではなく、また大学は特別支援教育における「障害のある児童及び生徒のための教科用特定図書等の普及の促進等に関する法律」³⁾の対象外である。このため、大学における印刷物障害の学生に対するアクセシブルな教科書の提供は、講義担当者（教員）あるいは大学の裁量に委ねられている⁴⁾。一方、コンピュータ技術の発達により、DAISY (Digital Accessible Information SYstem、アクセシブルな情報システム)⁵⁾に代表

される、印刷書籍の内容をアクセシブルなメディアに変換し提供する技術が開発されている。さらに、2016年(平成28年)度から施行された「障害を理由とする差別の解消の推進に関する法律」(通称「障害者差別解消法」)により、国公立大学等では障害学生に対する差別的取扱いと合理的配慮不提供の禁止が法的義務となり、私立大学等においても努力義務として適切な対応の実施が必要となった⁶⁾。

このような背景において、著者らは、印刷物障害を有する肢体不自由大学生が、代替教科書として、印刷教科書の内容をPDF化してタブレット端末へインストールする方式のデジタル教科書を使用する場合の操作性について研究している。これまでの成果として、重度な脳性麻痺大学生を対象としたケーススタディにより、この方式によるデジタル教科書が印刷教科書よりも少ない精神的作業負担(メンタルワークロード)で使用できる可能性があることを実験的に検証した⁷⁾⁸⁾。一方、大学では、このような恒久的障害を有する学生以外にも、スポーツ外傷や交通事故等により利き手を傷害し、完治までの期間を非利き手だけを使用して修学しなければならない学生が存在する⁹⁾。このような学生は、印刷教科書の取扱いが困難なため一時的な印刷物障害であるが、その多くが時間経過とともに完治に至る一時的な障害のため、支援はほとんど行われていない状況にある。

本研究では、このような一時的な印刷物障害の状態となり非利き手だけによる教科書操作が必要となる学生に対して、上記方式によるデジタル教科書と印刷教科書を操作した場合のメンタルワークロードを計測し、デジタル教科書の代替教科書としての有効性について実験的に検証した。

II. 実験方法

A. 基本的考え方

本研究では、著者らが提案する方式によるデジタル教科書を非利き手だけで操作する(取り扱って読む)場合と、従来の印刷教科書を非利き手だけで操作する(取り扱って読む)場合におけるメンタルワークロードをそれぞれ計測し、両者を比較することにより、デジタル教科書の代替教科書としての有効性について検討した。

B. メンタルワークロードの計測方法

人間(作業員)が機器を操作する時に感じる主観的な操作難易度を客観的に評価する指標の一つとして、メンタルワークロードが用いられている。このメンタルワークロードの計測には幾つかの方法があるが、本研究では、その中でも幅広く活用されているNASA-TLX(National Aeronautics and Space Administration Task Load Index)の手法¹⁰⁾を用いた。

NASA-TLXでは、まず作業員が課題作業の遂行後に、あらかじめ定められている6種類の項目のそれぞれに対して、作業員が感じる精神的作業負担に応じた評価得点を与える(100に近いほど負担が大きく0に近いほど負担が小さい)。これらの項目は、精神的要求(Mental Demand:MD)、身体的要求(Physical Demand:PD)、時間的圧迫感(Temporal Demand)、努力(Effort:ET)、不満度(Frustration Level:FL)、作業達成度(Performance:PF)である。次に、各項目に対して、被験者が重要と考える順に5~0あるいは6~1の数値を寄与順位として与える。これら各項目の評価得点と寄与順位から得点の重み付き平均値を算出し、これを当該課題作業のメンタルワークロードとする。

日本語化されたNASA-TLXにおいては、5~0の寄与順位でメンタルワークロードをAWWL(Adaptive Weighted WorkLoad, AWWL)とし

て算出する三宅らの方式¹¹⁾と、6~1の寄与順位でメンタルワークロードをCSTLX (Card-sort TLX) として算出する芳賀らの方式¹²⁾がある。いずれの方式を使用しても同様の結果が得られることが報告されているが、全ての寄与順位が0ではないため全ての項目の評価得点がメンタルワークロードに反映されることと、各項目に対して作業者が決定した寄与順位がメンタルワークロードに反映されることを考慮し、本研究ではメンタルワークロードとしてCSTLXを算出することとした。実際には、NASA-TLXの手法に準拠したアンケートを作成し、これに回答する形式で各項目への評価得点と寄与順位の付与を行わせた。

一方、メンタルワークロードの評価では、前述した主観的評価以外に心拍数や事象関連電位などの生理的指標も重要であるが¹³⁾、今回は作業内容が簡単で生理学的な影響が少ないと考えられたため、これらの計測については割愛した。

C. 実験内容

NASA-TLXの計測方法を基本として、以下に示す実験1)~実験4)を行った。

実験1) 「両手」で印刷教科書を操作：印刷教科書を5分間読み、読後にNASA-TLXに準拠して作成されたアンケートに回答する形式で各項目に対して評価得点と寄与順位を与え、これを計測値としてCSTLXを算出する。

実験2) 「両手」でデジタル教科書を操作：デジタル教科書を5分間読み、読後に実験1)と同じアンケートに回答する形式で、各項目に対して評価得点と寄与順位を与え、これを計測値としてCSTLXを算出する。

実験3) 「非利き手」だけで印刷教科書を操作：印刷教科書を5分間読み、読後に実験1)と同じアンケートに回答する形式で、各

項目に対して評価得点と寄与順位を与え、これを計測値としてCSTLXを算出する。

実験4) 「非利き手」だけでデジタル教科書を操作：デジタル教科書を5分間読み、読後に実験1)と同じアンケートに回答する形式で、各項目に対して評価得点と寄与順位を与え、これを計測値としてCSTLXを算出する。

各実験では、「読む」に関連する操作のメンタルワークロードを計測するため、他の操作が不要となるように、印刷教科書とデジタル教科書は該当頁を開いた状態から実験を開始した。

実験目的は「非利き手による印刷教科書とデジタル教科書のメンタルワークロードの比較」なので、必要な実験内容は上記のうち3)と4)であるが、緊張なく実験課題を遂行できることと参照データを得る目的で、実験1)と実験2)を追加した。また、本来であれば、傷害により利き手が使えない大学生を被験者とすべきであるが、この条件に合致する大学生を多数集めて実験を実施することは現実的に難しいため、今回は健常大学生を被験者として、実験3)と4)では非利き手のみで実験を行わせた。

本実験の実施については、神戸学院大学「人を対象とする研究・教育上の調査・実験審査委員会(倫理委員会)」の審査を受け、承認された。

D. 被験者

神戸学院大学総合リハビリテーション学部社会リハビリテーション学科に在籍する1~3年生で、障害のない男子学生12名(平均年齢 20.3 ± 1.3 歳)と女子学生12名(平均年齢 19.8 ± 0.7 歳)を被験者とした。被験者は全員が右利きであった。実験に際しては、各被験者ごとに、本実験が大学倫理委員会の承認を得ていることを説明した後、文書により実験内容等を説明し、書面による同意を得た。

E. 実験に使用した教科書

実験で使用した印刷教科書とデジタル教科書を図1に示す。



図1 実験に使用した教科書(左側：デジタル教科書・右側：印刷教科書)

1. 印刷教科書

実験で使用する印刷教科書の選定では、教科書の操作性を評価するという目的から、内容の難しさによる影響(読み難さ)ができる限り少ないこと、被験者に「実験のために特別な本を読む」というイメージをできるだけ与えないこと、慣れによる影響を含めないため被験者が未読であること、などが必要条件と考えられた。

そこで、今回の実験では、すべての被験者が第1 Semesterにおいて必修科目として「福祉用具入門」を履修していることを考慮し、これらの条件を満たす書籍として、福祉用具について比較的理解しやすく記述されている下記を選定し使用した。この印刷教科書は、B5版で、被験者が通常使用している教科書と同サイズである。

書名：福祉用具専門相談員研修テキスト
発行：中央法規出版株式会社(2015年)
総頁数：519頁(B5版)

2. デジタル教科書

上記印刷教科書の全頁をPDFファイルに変換し、タブレット端末のPDF閲覧用アプリケーション・プログラムにインストールし、そのタブレット端末をデジタル教科書として使用した。

デジタル教科書の本体となるタブレット端末と

しては、B5版書籍の1頁をほぼ原寸大で表示できる大型の液晶ディスプレイを備えたものもあるが、実際に大学生がデジタル教科書として使用できる可能性のあるタブレット端末という観点から、比較的軽量で広く使用されていて取り扱いに特別な負担を必要としないと考えられるiPadを使用した。また、PDFファイルを表示する閲覧用アプリケーション・プログラムとしては、印刷教科書の文字が横書きで頁を上から下へ読み進む形式であることから、連続した2頁を表示した場合の連続性を保つことができるように、縦方向のスクロール機能を備えている「iAnnotate」¹⁴⁾を使用した。

タブレット端末でアプリケーション・プログラムが起動している場合の一般的な操作方法としては、タップ(画面に一本指で1回軽く押す)、ダブルタップ(2回タップする)、ロングタップ(押す時間の長いタップ)、フリック(一本指で画面を押したままで弾く)、スワイプ(一本指で画面を押したままで一定方向へ掃く)、ピンチアウト(近づけた2本の指で画面を軽く押し、押したままで両指の間隔を拡げる)、ピンチイン(離れた2本の指で画面を軽く押し、押したまま両指の間隔を狭める)、などがある。今回の実験はPDFファイルの内容が表示された状態から開始するため、必要な操作は基本的にフリックあるいはスワイプだけであった。

F. 実験環境

実験はゼミ室(個室)で実施し、被験者を椅子に座らせて印刷教科書とデジタル教科書を机の上に置き、実験1)から実験4)の内容に応じて、印刷教科書あるいはデジタル教科書を操作対象の教科書として被験者の正面机の上に置いた。この場合、印刷教科書では問題はなかったが、デジタル教科書の場合には、机上に水平に置くと天井光が液晶画面に反射するため、図2に示すタブレット端末用スタンド(サンワサプライ(株)PDA-

STN11BK) を使用して反射しない角度 (5 段階の 2) に初期設定した。実際の実験では、被験者ごとに見やすい角度への自由な変更を行わせたが、全員が初期の角度設定のままで問題なく使用した。



図 2 実験に使用したデジタル教科書用スタンド

III. 結果

実験結果を表 1・表 2・表 3 に示す。表 1 は、スマートフォンとタブレットの使用歴、および実験で計測した各項目の評価得点と寄与順位から算出した CSTLX を示している。表 1 上側が男性被験者 (M01~M12) のデータ、表 1 下側が女性被験者 (F01~F12) のデータである。各データの内容は、左から順に、スマートフォンとタブレット端末の使用歴 (月数)、両手による各教科書の操作実験 (実験 1) と実験 2)) から算出した CSTLX、非利き手だけによる各教科書の操作実験 (実験 3) と実験 4)) から算出した CSTLX である。表頭の実験 2) と実験 4) の欄に示されている「正規化値」は、各被験者におけるデジタル教科書操作時の CSTLX を、印刷教科書操作時の CSTLX との比として正規化したものである。この正規化値が 1.00 以上の場合は印刷教科書操作時における CSTLX よりもデジタル教科書操作時の CSTLX の方が大きい (メンタルワークロードが増加した) ことを示し、1.00 未満の場合には逆にデジタル教科書操作時の CSTLX が少ない (メンタルワークロードが減少した) ことを示してい

る。

表 2 と表 3 は、CSTLX の計算に使用した元データである、各被験者がアンケートで与えた各項目の評価得点と寄与順位を示している。各表において、データ領域の左側 7 列 (A:) が非利き手による印刷教科書操作における各項目の評価得点と寄与順位、同じく右側 7 列 (B:) が非利き手によるデジタル教科書操作における各項目の評価得点と寄与順位である。表 1 に示す実験 3) と実験 4) の CSTLX は、表 2 と表 3 に示した各被験者の評価得点と寄与順位から算出した。

表 1 スマートフォン等の使用歴と各教科書の操作で得られた CSTLX

被験者	項目	携帯電話の使用歴 (月数)	タブレットの使用歴 (月数)	両手による教科書の操作				非利き手だけによる教科書の操作			
				実験1)で算出したCSTLX (印刷教科書)		実験2)で算出したCSTLX (デジタル教科書)		実験3)で算出したCSTLX (印刷教科書)		実験4)で算出したCSTLX (デジタル教科書)	
				算出値	正規化値	算出値	正規化値	算出値	正規化値		
男性被験者	M01	48	0	49.8	55.7	1.11	76.5	61.0	0.79		
	M02	48	0	44.5	12.3	0.27	61.3	49.8	0.81		
	M03	48	0	51.2	28.7	0.55	58.0	46.6	0.80		
	M04	48	0	38.9	46.8	1.20	29.3	48.7	1.66		
	M05	14	0	31.8	78.5	2.46	37.8	49.5	1.31		
	M06	30	2	36.1	23.6	0.65	40.0	25.7	0.64		
	M07	50	0	59.8	22.6	0.37	79.0	30.0	0.38		
	M08	50	0	34.1	28.1	0.82	74.9	37.3	0.49		
	M09	16	1	48.9	59.9	1.22	68.1	25.4	0.37		
	M10	48	0	56.9	23.0	0.40	52.8	23.9	0.45		
	M11	57	0	42.3	23.9	0.56	58.0	34.7	0.59		
	M12	76	72	33.5	20.1	0.59	22.6	2.0	0.08		
				平均値=	0.85	平均値=	0.70				
				標準偏差=	0.17	標準偏差=	0.12				
女性被験者	F01	48	0	24.1	22.8	0.94	52.2	24.6	0.47		
	F02	48	0	54.5	36.9	0.67	55.7	39.3	0.70		
	F03	14	12	68.8	39.5	0.57	70.7	64.0	0.90		
	F04	50	0	19.3	10.1	0.52	65.4	16.6	0.25		
	F05	24	0	35.3	42.9	1.21	50.3	53.6	1.06		
	F06	48	24	13.5	8.8	0.65	36.1	19.9	0.55		
	F07	55	0	33.4	21.5	0.64	41.1	55.6	1.35		
	F08	57	0	16.1	40.6	2.51	56.2	27.4	0.48		
	F09	57	0	39.9	32.3	0.8	68.9	33.8	0.49		
	F10	63	1	12.0	6.4	0.53	47.0	35.3	0.75		
	F11	40	2	55.5	40.8	0.73	60.1	33.1	0.55		
	F12	40	0	35.4	39.3	1.11	44.0	43.2	0.98		
				平均値=	0.91	平均値=	0.71				
				標準偏差=	0.16	標準偏差=	0.09				

表 2 男性被験者における各項目の評価得点と寄与順位

被験者	項目	A: 非利き手だけによる印刷教科書の操作							B: 非利き手だけによるデジタル教科書の操作						
		MD	PD	TD	ET	FL	PF	CSTLX	MD	PD	TD	ET	FL	PF	CSTLX
男性 01	評価得点	72.6	87.5	72.6	63.1	86.3	32.1	76.5	37.5	62.5	67.9	37.5	76.2	42.3	61.0
	寄与順位	3.0	4.0	5.0	2.0	6.0	1.0	61.0	3.0	4.0	5.0	1.0	6.0	2.0	4.0
男性 02	評価得点	51.8	67.3	51.8	67.9	57.1	62.5	61.3	52.0	52.4	47.0	57.1	32.7	48.2	49.8
	寄与順位	2.0	5.0	4.0	6.0	3.0	1.0	49.8	2.0	5.0	4.0	6.0	3.0	1.0	5.0
男性 03	評価得点	51.8	72.6	51.8	53.0	52.4	52.4	58.0	47.0	17.3	47.6	48.2	46.4	53.0	46.6
	寄与順位	2.0	6.0	5.0	3.0	4.0	1.0	46.6	4.0	1.0	2.0	5.0	6.0	3.0	4.0
男性 04	評価得点	35.1	30.4	25.6	25.6	25.0	30.4	29.3	32.1	52.4	57.7	37.5	61.3	36.9	48.7
	寄与順位	6.0	4.0	3.0	2.0	5.0	1.0	48.7	5.0	4.0	3.0	2.0	6.0	1.0	4.0
男性 05	評価得点	75.0	4.8	19.6	45.2	19.6	35.1	37.8	14.9	89.9	80.4	25.0	78.6	75.0	49.5
	寄与順位	6.0	4.0	1.0	3.0	5.0	2.0	49.5	6.0	4.0	1.0	5.0	3.0	2.0	6.0
男性 06	評価得点	25.0	50.0	30.4	40.5	39.3	39.9	40.0	25.0	20.2	29.8	25.0	24.4	35.1	25.7
	寄与順位	2.0	6.0	3.0	5.0	4.0	1.0	25.7	6.0	3.0	4.0	3.0	1.0	2.0	3.0
男性 07	評価得点	72.6	82.1	57.7	82.1	90.5	52.4	79.0	57.1	22.6	16.7	16.1	27.4	32.1	30.0
	寄与順位	4.0	5.0	2.0	3.0	6.0	1.0	30.0	4.0	6.0	1.0	3.0	5.0	2.0	4.0
男性 08	評価得点	79.3	89.9	60.7	70.2	69.0	75.0	74.9	60.1	35.1	30.4	50.6	29.8	40.5	37.3
	寄与順位	2.0	6.0	4.0	3.0	5.0	1.0	37.3	2.0	4.0	5.0	3.0	6.0	1.0	5.0
男性 09	評価得点	64.3	75.0	55.4	70.5	83.9	50.0	68.1	34.5	34.5	14.9	30.4	19.6	14.9	25.4
	寄与順位	2.0	4.0	5.0	1.0	6.0	3.0	25.4	4.0	6.0	5.0	1.0	2.0	3.0	4.0
男性 10	評価得点	40.5	64.9	55.4	40.5	59.5	50.0	52.8	5.4	45.2	4.8	25.0	59.5	25.0	23.9
	寄与順位	4.0	6.0	5.0	3.0	1.0	2.0	23.9	5.0	6.0	4.0	2.0	1.0	3.0	5.0
男性 11	評価得点	60.1	60.1	50.6	60.7	58.9	60.1	58.0	25.0	25.0	50.0	35.1	34.5	39.9	34.7
	寄与順位	1.0	5.0	4.0	2.0	6.0	3.0	34.7	3.0	6.0	5.0	1.0	4.0	2.0	3.0
男性 12	評価得点	2.4	67.3	2.4	3.0	2.4	37.5	22.6	1.8	2.4	1.8	2.4	1.8	1.8	2.0
	寄与順位	5.0	6.0	3.0	2.0	4.0	1.0	2.0	5.0	6.0	4.0	2.0	3.0	1.0	4.0

表3 女性被験者における各項目の評価得点と寄与順位

被験者	項目	A. 印刷教科書(非利き手)						CSTLX	B. デジタル教科書(非利き手)						CSTLX
		MD	PD	TD	ET	FL	PF		MD	PD	TD	ET	FL	PF	
女性01	評価得点	34.5	60.1	55.4	60.1	39.9	39.3	52.2	30.4	25.0	25.0	20.2	25.0	30.4	24.6
	寄与順位	2.0	6.0	3.0	5.0	4.0	1.0		2.0	3.0	6.0	5.0	4.0	1.0	
女性02	評価得点	39.9	49.4	60.7	55.4	58.9	50.0	55.7	34.5	30.4	30.4	40.5	39.3	45.2	39.3
	寄与順位	1.0	2.0	6.0	4.0	5.0	3.0		3.0	2.0	1.0	5.0	4.0	6.0	
女性03	評価得点	44.6	69.6	70.2	75.6	73.8	75.0	70.7	70.2	60.1	65.5	60.1	58.3	59.5	64.0
	寄与順位	1.0	6.0	5.0	2.0	4.0	3.0		6.0	3.0	5.0	1.0	2.0	4.0	
女性04	評価得点	67.3	77.4	53.0	57.7	71.4	41.7	65.4	11.9	12.5	11.9	7.1	26.8	27.4	16.6
	寄与順位	3.0	6.0	5.0	2.0	4.0	1.0		4.0	5.0	3.0	2.0	6.0	1.0	
女性05	評価得点	54.8	70.2	40.5	30.4	29.8	49.4	50.3	54.8	70.2	60.1	30.4	9.5	44.6	53.6
	寄与順位	5.0	6.0	4.0	3.0	2.0	1.0		5.0	6.0	4.0	3.0	1.0	2.0	
女性06	評価得点	42.9	28.0	12.5	38.1	57.1	47.6	36.1	26.8	7.1	7.1	17.3	41.7	47.0	19.9
	寄与順位	6.0	4.0	3.0	5.0	2.0	1.0		5.0	4.0	3.0	6.0	2.0	1.0	
女性07	評価得点	39.9	39.9	35.1	35.1	58.9	60.1	41.1	64.9	64.9	40.5	60.1	54.2	50.0	55.6
	寄与順位	6.0	5.0	4.0	3.0	1.0	2.0		3.0	2.0	4.0	6.0	5.0	1.0	
女性08	評価得点	50.0	64.9	25.6	70.2	54.2	55.4	56.2	25.0	25.0	30.4	25.0	34.5	25.0	27.4
	寄与順位	4.0	6.0	3.0	5.0	2.0	1.0		6.0	5.0	4.0	2.0	3.0	1.0	
女性09	評価得点	35.1	35.1	60.7	65.5	74.4	50.0	68.9	25.0	35.1	25.0	25.0	44.6	50.0	33.8
	寄与順位	2.0	6.0	3.0	4.0	5.0	1.0		2.0	5.0	3.0	6.0	4.0	1.0	
女性10	評価得点	25.0	50.0	35.7	39.9	54.2	50.0	47.0	0.6	45.2	35.7	29.8	39.3	20.2	35.3
	寄与順位	1.0	6.0	2.0	3.0	5.0	4.0		1.0	6.0	4.0	3.0	5.0	2.0	
女性11	評価得点	59.5	64.3	60.7	65.5	58.9	40.5	60.1	44.6	29.8	29.8	45.2	19.6	24.4	33.1
	寄与順位	1.0	6.0	5.0	3.0	4.0	2.0		3.0	6.0	2.0	4.0	1.0	5.0	
女性12	評価得点	29.8	50.0	50.0	39.9	44.6	40.5	44.0	35.7	45.2	45.2	45.8	44.6	40.5	43.2
	寄与順位	4.0	5.0	6.0	2.0	3.0	1.0		4.0	6.0	5.0	2.0	3.0	1.0	

A. 携帯電話とタブレット端末の使用経験および事前の操作練習

1. 携帯電話とタブレット端末の使用経験等

スマートフォンは、24名の被験者全員が所有しており、いずれも数年の使用経験を有していた。一方、タブレット端末については、7名の被験者(男性3名・女性4名)が所有し、このうち3名の被験者(男性1名・女性2名)が1年以上の使用歴を有していた。また、スマートフォンあるいはタブレット端末を使用してデジタル書籍を読書した経験者は0名であった(表1には未記載)。

2. 事前の操作練習

被験者の約70%(17名)がタブレット端末の使用経験が無く、使用経験がある被験者においてもタブレット端末でデジタル書籍を読んだ経験が無かったため、実験に先立ち、デジタル教科書の操作練習を行わせた。内容は、タブレット端末にPDFファイルを表示した状態で、フリック操作とスワイプ操作による頁送り(めくり)操作を行わせた。全ての被験者が携帯電話の使用歴が長く日常的にフリック操作もスワイプ操作も経験しているため、タブレット端末でのデジタル教科書の操作に戸惑う被験者はなく、いずれも数分の試行で確実に操作できることを確認し練習を終了した。

B. CSTLX

1. 男性被験者の CSTLX

両手による操作における CSTLX では、まず印刷教科書の操作(実験1)において、3名の被験者(M03・M07・M10)が(より負担を感じる)50以上の値を示した。続くデジタル教科書の操作(実験2)では、これら3名の被験者の CSTLX は(より負担を感じない)50未満の値に減少したのに対して、別の3名の被験者(M01・M05・M09)における CSTLX が50以上の値に増加した。これら印刷教科書操作での CSTLX とデジタル教科書操作での CSTLX との比(正規化値)は、4名(M01・M04・M05・M09)が1.00以上であったが、これらの中で1名(M04)はデジタル教科書操作時の CSTLX が50未満であった。以上から、男性被験者の両手によるデジタル教科書の操作では、実質的に3名が、印刷教科書操作時よりも多いメンタルワークロードを感じたことが示された。

次に、非利き手だけの操作による CSTLX では、まず印刷教科書の操作(実験3)において、8名の被験者(M01・M02・M03・M07~M11)が50以上の値を示した。続くデジタル教科書の操作(実験4)では、11名の被験者(M02~M12)における CSTLX が50未満の値であった。さらに、残りの1名(M01)の CSTLX も、値は50以上であるが、印刷教科書操作時から減少(76.5→61.0)していた。一方、非利き手だけによるデジタル教科書操作における CSTLX の正規化値では、10名が1.00未満で、そのうち9名の CSTLX が50未満の値であった。正規化値が1.00以上の2名(M04・M05)においても、デジタル教科書操作時の CSTLX がいずれも50未満の値であった。

以上から、男性被験者における非利き手だけによる教科書操作では、デジタル教科書の使用により、CSTLX が印刷教科書の操作時より減少、あるいは50未満の値であった。

2. 女性被験者の CSTLX

両手による操作における CSTLX では、まず印刷教科書の操作（実験1）において、3名の被験者（F02・F03・F11）が50以上の値を示した。続くデジタル教科書の操作（実験2）では、これら3名の被験者を含み全被験者の CSTLX が50未満の値であった。これら印刷教科書での CSTLX とデジタル教科書操作での CSTLX との比（正規化値）は、3名（F05・F08・F12）が1.00以上であったが、CSTLX はいずれも50未満の値であった。以上から、女性被験者の両手によるデジタル教科書の操作では、実質的なメンタルワークロードが印刷教科書操作時より減少したことが示された。

次に、非利き手だけの操作による CSTLX では、まず印刷教科書の操作（実験3）において、8名の被験者（F01～F05・F08・F09・F11）が50以上の値を示した。続くデジタル教科書の操作（実験4）では、これら8名の被験者のうち、5名の被験者における CSTLX が50未満に減少し、2名の被験者の CSTLX も50以上の値ではあるが減少し、残る1名の CSTLX は僅かに増加した。一方、非利き手だけによるデジタル教科書操作における CSTLX の正規化値では、10名が1.00未満で、そのうち9名の CSTLX が50未満の値であった。正規化値が1.00以上の2名（F05・F07）では、デジタル教科書操作時の CSTLX が50よりわずかに増加した。

以上から、女性被験者による非利き手だけによる教科書操作では、デジタル教科書の使用により、多くの被験者の CSTLX が印刷教科書の操作時より減少あるいは50未満の値となったが、一部の被験者において CSTLX が増加した。

IV. 考察

A. デジタル教科書の操作とメンタルワークロード

今回の実験におけるデジタル教科書の操作は、タブレット端末に PDF ファイルを表示した状態で行ったため、必要な操作はページめくりのために指先を液晶画面上でタップあるいはスライドするだけであった。これにより、印刷教科書の場合に必要な複数指による頁めくり操作が、デジタル教科書の操作では指1本のタップかスライドで代替された。このため、利き手による操作か非利き手による操作かを問わず、印刷教科書よりもデジタル教科書の操作が楽に（少ないメンタルワークロードで）行えるという結果が予測されたが、実験結果はこれを裏付けるものであった。しかし少数ではあるが、男性被験者2名と女性被験者2名において、非利き手によるデジタル教科書操作での CSTLX が非利き手による印刷教科書操作での CSTLX を上回る（よりメンタルワークロードを感じた）という予測に反した結果が示された。これを中心に、男性被験者と女性被験者の実験結果について考察した。

1. 男性被験者における CSTLX の特徴

表1に示された統計値から、デジタル教科書操作における男性被験者の CSTLX の正規化値について95%信頼範囲を推定すると、 $0.46 \leq \text{CSTLX} \leq 0.94$ となり、1.00を下回った。この結果は、男性被験者においては、非利き手だけで教科書进行操作する場合に、デジタル教科書を印刷教科書よりも少ないメンタルワークロードで操作できる可能性を示していると考えられる。

一方、同じデジタル教科書操作を行った2名の男性被験者（M04とM05）では、CSTLX の正規化値は1.00を上回っていたが、いずれの CSTLX も50未満であった。表2に示され各項目の評価得点をみると、これらの男性被験者（M04・M05）は、非利き手だけで印刷教科書进行操作した場合の PD（身体的要求）と TD（時間的圧迫感）および FL（不満度）が他の項目の評価得点に比べて非常に低い値であったのに対して、デジタル

教科書を操作した場合にはこれらの評価得点が他の項目の評価得点よりも高い値であった。これは、まず印刷教科書の操作では、慣れているためメンタルワークロードをほとんど感じなかったために低い評価得点を与えた可能性が考えられる。しかし、次のデジタル教科書の操作では、同じ項目に対して、他の項目よりも高い評価得点を与えていた。これは、タブレット端末そのものの操作に不慣れか、紙に印刷された文字ではなく液晶画面に表示された文字で文章を読むことに不慣れなことが影響している可能性が考えられる。

2. 女性被験者における CSTLX の特徴

表1に示された統計値から、デジタル教科書操作における女性被験者のCSTLXの正規化値について95%信頼範囲を推定すると $0.51 \leq \text{CSTLX} \leq 0.91$ となり、1.00を下回った。この結果は、男性被験者の場合と同じく、女性被験者においても、非利き手だけで教科書を操作する場合に、デジタル教科書を印刷教科書よりも少ないメンタルワークロードで操作できる可能性を示していると考えられる。

一方、同じデジタル教科書操作における2名の女性被験者(F05とF07)では、CSTLXの正規化値が1.00を上回っていた。このうち、女性被験者F05におけるCSTLXの比率は1.06で、数値的にはデジタル教科書操作のCSTLXが僅かに上回っていた。これは、表3に示されている各項目の評価得点にも示されており、与えた評価得点と寄与順位がほぼ同じであった。さらに、各項目の中でPD(身体的要求)の評価得点が全女性被験者の中で最大(70.2)で、他の女性被験者の平均値(約31)を大きく上回り寄与順位も6と最大であった。これらから、女性被験者F05の結果には、デジタル教科書(タブレット端末)の操作に不慣れであることが影響している可能性が考えられる。これに対して、女性被験者F07では、ET(努力)とFL(不満度)の評価得点が他の女性被験

者に比べて比較的高く、寄与順位も6と5であり、これらがメンタルワークロードの増加に影響を与えていると考えられる。さらに非利き手によるデジタル教科書の操作では、寄与順位は低いがPD(身体的要求)とMD(精神的要求)の評価得点が60を超えていることから、タブレット端末の操作に不慣れで、思うように操作が行えなかった可能性が考えられる。これらは、男性被験者M4とM5の場合と同様に、タブレット端末そのものの操作に不慣れか、紙に印刷された文字ではなく液晶画面に表示された文字で文章を読むことに不慣れなことが影響している可能性が考えられる。

B. タブレット端末の使用期間とメンタルワークロード

今回の実験では、男性被験者12名中の3名、女性被験者12名中の4名、計7名がタブレット端末を使用した経験を有していた。

男性被験者における3名のタブレット端末使用経験者(M06・M09・M12)では、非利き手だけによるデジタル教科書操作におけるCSTLXの正規化値は、平均値=0.36、標準偏差=0.28であった。これに対して、タブレット端末を使用した経験が無い他の男性被験者9名におけるCSTLXの正規化値は、平均値=0.81、標準偏差=0.42であった。これらタブレット端末の操作経験者と操作未経験者との間には、CSTLXの正規化値に有意な差が認められた($p < 9\%$)。

次に、女性被験者における4名のタブレット端末使用経験者(M03・M06・M10・M11)では、非利き手だけによるデジタル教科書操作におけるCSTLXの正規化値は、平均値=0.69、標準偏差=0.17であった。これに対して、タブレット端末を使用した経験が無い他の女性被験者8名におけるCSTLXの正規化値は、平均値=0.72、標準偏差=0.37であった。これらタブレット端末の操作経験者と未経験者の間には、CSTLXの正規化値

に有意な差は認められなかった ($p < 1\%$)。

一方、男性被験者でタブレット端末使用経験者 3 名のうち 1 名は、他 2 名の使用期間 (1~2 ヶ月) に比べて 72 カ月と長期間であり、CSTLX の正規化値も 0.08 と 24 名の被験者中で最小であった。これらから、タブレット端末を長期間にわたり使用している場合には CSTLX の正規化値が小さくなる可能性が考えられる。しかし、タブレット端末を 12 カ月使用した女性被験者 (F03) と 24 カ月使用した女性被験者 (F06) においては、それぞれ 0.90 および 0.55 というタブレット端末未使用者と同様の正規化値が示されており、これらからタブレット端末使用経験者の使用期間および正規化値における定量的な特徴を見出すことはできなかった。より多数のタブレット使用経験者による実験と分析が必要と考えられる。

C. 被験者数

今回の実験結果から、非利き手だけによるデジタル教科書操作時の CSTLX の正規化値の特徴を分析するためには、上記「B」で論じたように、タブレット端末の使用期間と CSTLX の正規化値との関係についての分析が必要と考えられる。総務省の平成 29 年版「情報通信白書」¹⁶⁾によると、重複回答であるが、2016 年におけるインターネット利用者でタブレット端末を使用している割合は、全インターネット利用者の 23.6% と報告されている。また、企業による都内の文系大学生 182 名の調査結果¹⁷⁾として、大学生におけるスマートフォンの所有率が 100% で、タブレット端末の所有率が 21% と報告されている。今回の被験者においてタブレット端末を使用していたのは 7 名で上記 21% (=5 名) の割合を少し上回ってはいるが、統計的な検討を行うには十分とは言えない。このため、今後、より多数の被験者からのデータ収集と分析が必要と考えられる。

D. 今後の課題

1. 評価の対象

実験結果の分析により、被験者としては、単に非利き手でデジタル教科書を操作するだけではなく、タブレット端末の使用経験がどのように操作結果に影響するのかについての分析も必要であることから、すでに述べたように、タブレット端末の使用経験がある多数の大学生を被験者とした実験と分析が必要と考えられる。

一方、今回の実験では、非利き手だけでデジタル教科書を操作する場合の有効性を、印刷教科書操作におけるメンタルワークロードの比較という観点から検証した。しかし、実際に非利き手だけで教科書を操作しなければならない大学生においては、単にデジタル教科書を読むだけではなく、自宅から大学までの通学における持ち運び、講義室における鞆からの出し入れなど、物理的なアクセシビリティについても検証が必要と考えられる。このようなデジタル教科書の総合的な取り扱いに関して多数の被験者を対象とした実験を実施することは種々の点で困難さが伴うが、真に有効なデジタル教科書の条件を検証するためには必要と考えられ、今後の課題である。

2. 実験に使用した印刷教科書

今回の実験に使用した印刷教科書とデジタル教科書の内容については、各被験者から「読み難い」などの意見はなかったが、記述内容に図表が多く含まれていたため、それらを被験者がどのように読むのかにより、メンタルワークロードが異なる可能性が考えられる。このため、図表をほとんど含まない文章を中心とした教科書とデジタル教科書を使用した評価実験も必要と考えられる。

V. 結論

本論文では、健常大学生がスポーツ外傷や交通事故等により利き手を一定期間使用できなくなり印刷教科書の操作が困難となった状況を印刷

物障害ととらえ、印刷教科書の代替教科書としてデジタル教科書を使用する場合における有効性について、メンタルワークロードの観点から実験的に評価した。そして、実験結果から、非利き手だけで印刷教科書よりも少ないメンタルワークロードでデジタル教科書を代替教科書として使用できる可能性が示された。一方、実験結果の評価を通じて、タブレット端末の使用経験の有無によりデジタル教科書の有効性に差異を生じる可能性が示された。タブレット端末を使用している多数の大学生を被験者とする継続的なメンタルワークロードの計測と分析が今後の優先すべき課題と考えられる。

VI. 謝辞

本研究は JSPS 科研費基盤研究(C)JP16K04853(2016年度~2018年度)の助成を受けたものです。また、評価実験の実施にあたり、神戸学院大学総合リハビリテーション学部社会リハビリテーション学科生に協力をいただきました。ここに記して謝意を表します。

【文献】

- 1) 米国 IBM 社、Accessible Digital Publishing: An Interview with George Kerscher、(最終閲覧日 2019年1月9日)
<https://www.ibm.com/blogs/age-and-ability/2016/01/11/accessible-digital-publishing-an-interview-with-george-kerscher/>
- 2) 文部科学省、教科書検定基準、(最終閲覧日 2018年12月7日)
http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/kyouka_sho/kentei/kizyun.htm
- 3) 文部科学省、「障害のある児童及び生徒のための教科用特定図書等の普及の促進等に関する法律」の概要、(最終閲覧日 2018年12月7日)
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/tosho/003/gijiroku/08080815/004.htm
- 4) NIMAS Development and Technical Assistant Centers, Accessible Textbooks in the K-12 Classroom、(最終閲覧日 2018年12月7日)
<http://wvde.state.wv.us/osp/NIMAS.pdf#search=%27Robert+Martinengo++The+Next+Text+book%3F+++++Findingor+CreatingAlternative+Instructional+Materials+for+College+Students++++Accessible+Content%27>
- 5) 日本障害者リハビリテーション協会、DAISY、(最終閲覧日 2018年12月7日)
<http://www.dinf.ne.jp/doc/daisy/about/>
- 6) 内閣府、障害を理由とする差別の解消の推進、(最終閲覧日 2018年12月7日)
<https://www8.cao.go.jp/shougai/suishin/sabekai.html>
- 7) 奥英久、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予稿集、(公社)私立大学情報教育協会、2012、D-12、
- 8) Hidehisa OKU, Kayoko MATSUBARA, Masayuki BOOKA. Usability of PDF based Digital Textbooks to the Physically Disabled University Student: Assistive Technology-Building Bridges. IOS Press. 2015. 3-10.
- 9) 全国大学生協共済生活協同組合連合会・株式会社大学生協保険サービス、大学生協の保障制度からみた大学生の病気・ケガ・事項(共済金・保険金支払状況年次報告2017)、(最終閲覧日 2018年12月7日)
http://kyosai.univcoop.or.jp/images/pamph_sick2017.pdf
- 10) National Aeronautics and Space Administration (NASA), NASA TLX (TASK LOAD INDEX) (最終閲覧日 2018年12月7日)
<https://humansystems.arc.nasa.gov/groups/tlx/tlxapp.php>
- 11) 三宅晋司、神代雅晴. メンタルワークロードの主観的評価法-NASA-TLXとSWATの紹介および簡便法の提案-. 人間工学. 1998: 29(6):399-408.
- 12) 芳賀繁、水上直樹. 日本語版NASA-TLXによるメンタルワークロード測定. 人間工学. 1996: 32(2):71-79.

- 13) 芳賀潔. メンタルワークロードの理論と実際. 日本出版サービス. 東京. 2001. 164
- 14) AppBank, [iPad] iAnnotate PDF、(最終閲覧日 2018 年 12 月 7 日)
<http://www.appbank.net/2010/05/26/ipad/125494.php>
- 15) 総務省、平成 29 年通信利用動向調査の結果、(最終閲覧日 2018 年 12 月 7 日)
http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/statistics/data/180525_1.pdf
- 16) 総務省、平成 29 年度情報通信白書のポイント第 2 部「基本データと政策動向」第 2 節「ICT サービスの利用動向」(最終閲覧日 2019 年 1 月 10 日)
<http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h29/html/nc262120.html>
- 17) (株)カティサーク、リリース情報「【2018 年度版】大学生の PC スマホ普及率・SNS 利活用アンケート調査結果」(最終閲覧日 2019 年 1 月 10 日)
<https://www.cuttysark.co.jp/%E3%80%902018%E5%B9%B4%E5%BA%A6%E7%89%88%E3%80%91%E5%A4%A7%E5%AD%A6%E7%94%9F%E3%81%AEpc%E3%82%B9%E3%83%9E%E3%83%9B%E6%99%AE%E5%8F%8A%E7%8E%87%E3%83%BBsns%E5%88%A9%E6%B4%BB%E7%94%A8%E3%82%A2%E3%83%B3.html>

Effectiveness of the Digital Textbook as the Substitute Textbook for University Students with only Non Handedness

Hidehisa Oku, Ph.D.¹⁾, Mitsuhiro Sano Ph.D.¹⁾, Takashi Watanabe Ph.D.²⁾,
Masayuki Booka, Ph.D.³⁾

1) Faculty of Rehabilitation, Kobe Gakuin University

2) Faculty of Health Sciences, Nihon Fukushi University

3) Kochi Habiritering Center

[Abstract] University students often have disability with their upper extremities by accidents such as athletic injuries or traffic accidents, and some of them become temporary print disability because they cannot use their handedness mean for a while. In this research, effectiveness of the digital textbook for this kind of students with temporary print disability were evaluated by subject of 24 university students without disability. At first, the subjects were asked to read both a textbook of print and a textbook of digital, by using their non-handedness. Secondly, each subject's mental work load at each reading was measured respectively by questionnaire based on NASA-TLX. The result indicated that about 80 percent of the subject could use the digital textbook with less mental work load than the print textbook. On the other hand, the result indicates that the rest of the subjects could use the digital textbook with much mental work load than the print textbook. Analysis of the questionnaire indicated that the latter result might be caused by less experience of using digital textbooks. It is considered that future continuous experiment of reading digital textbook will be necessary to evaluate the possibility to reduce the mental work load by long use experience.

Key Word: Temporary Disabled University Students, Print Disability, Non Handedness, Digital textbook,
Mental Work Load