

インターフェースの比較による 紙・P C・タブレット型端末の認知的効果

赤 堀 侃 司¹

Effectiveness in Cognition Through Interface Differences of Papers, PCs and Tablet Terminals as Learning Devices

Kanji Akahori

要約

本研究は、学習デバイスとしての紙・PC・タブレット型端末iPadを取り上げその特性を明らかにすることを目的としている。本研究の先行研究として得られた知見をベースにして、特にこれらのインターフェースの違いに注目し、大学生60名に上記の3つのデバイスで学習をさせ、記憶テストやアンケート調査などを用いて分析を行った。その結果、図形の認知はどのデバイスでも共通であり、紙は文字やテキスト・文章などの認知に優れており、PCは文字入力などに優れており、タブレット型端末iPadは写真などの認知に優れていること、また、紙は学習したという実感があり、タブレット型端末iPadはもう一度やってみたいという動機づけに優れていることなどの知見を得た。これらの知見と先行研究を総括的に考察することで、学習におけるこれらのデバイスの活用について示唆を得た。

¹白鷗大学教育学部／NPO教育テスト研究センター

1. 研究の背景と目的

学習用メディアとして、最も強力な紙に対して近年多様なデバイスが登場してきた (Murphy G.D. 2011)。そのデバイスの教育利用の歴史は、古くはゲーテンベルグの印刷技術に始まり、教育映画・スライド・ビデオなどの視聴覚機器、テレビやラジオなどの放送技術、コンピュータやインターネットを始めとする情報通信技術などがある。それらは、視聴覚教育、放送教育、コンピュータ教育、遠隔教育、情報教育など、多くの教育形態を生み出してきた (Bersin J. 2006, 赤堀. 2006)。そして、このような多様なデバイスの学習効果について、多くの研究がなされてきた。それらを総括すれば、紙メディア対新しいメディアという図式で考えることができる。紙メディアは強力であり、今日でも学校教育の中では主要な媒体として最も多く用いられている。しかし、近年紙メディアを脅かすものとして、iPadなどのスレート型情報端末、あるいは、タブレット型情報端末などが、新聞や雑誌・小説などで紙に取って代わり、広く普及する傾向が見られるようになった。このような情報端末は、基本的にはコンピュータと同じ機能を有しているが、ユーザが受ける印象は異なっていると考えられる。iPadなどの情報端末を、紙やコンピュータ (PC) と比較し、特に学習における認知に与える効果についての研究は数少ない (Meurant. 2010, 森, 田近, 杉江, 2012)。筆者らは、本研究の前にこれらの3つのメディアを比較しその特性について明らかにしてきた (赤堀, 和田, 2012)。そこで得られた結果は、紙とPCとタブレット型端末iPadは異なる特性を持っていること、紙は与えられた内容の基礎的な知識・理解に極めて優れていること、タブレット型端末iPadは自分で発展的に考えたり総合的に意見を述べるなど、応用的な理解に優れていること、PCはタブレット型端末iPadと同じマルチメディアコンテンツであっても、特に優れた特性を見出せなかったことなどであった。さらに、紙は学習したという実感性に優れ、タブレット型端末iPadはもう一度やってみたいという継続動機に優れている、という結果

インターフェイスの比較による紙・PC・タブレット型端末の認知的効果も得られた。そこで、本研究では、これらの特性の違いが学習デバイスのインターフェイスの違いにあるのではないかと考え、実験計画法に基づき、その違いを明らかにすることを目的とした。なお本研究では、紙・PC・タブレット型端末iPadを以下すべて、デバイスと呼ぶ。

2. 研究の方法

(1) 実験協力者

本実験に協力してもらった参加者は、首都圏の大学に通学する大学生60名である。その内訳は、男子女子それぞれ30名ずつ、文系理系の学部の間、ほぼ同じ入学難易度のレベルの大学から選んだ。

60名全員が、紙・PC・タブレット型端末iPadを用いた学習実験に参加した。

(2) 実験計画

2012年10月14日(日)に、東京未来大学にて実施した。

実験の手順は、以下のように20名ずつの3群に分け、紙・PC・タブレット型端末iPadの実験室に移動し、それぞれの学習実験を行ったあと、最後に記憶テストとアンケートならびにフェイスシートの記入を依頼した。その実験方法を、以下の表に示す。

表1 3群に分けた実験計画

	0～20分	20～40分	40～60分	60～90分
A群20名	紙による学習	PCによる学習	iPadによる学習	テスト・アンケート
B群20名	iPadによる学習	紙による学習	PCによる学習	テスト・アンケート
C群20名	PCによる学習	iPadによる学習	紙による学習	テスト・アンケート

表1のように、3群はそれぞれ紙・PC・タブレット型端末iPadによる学習を行うが、学習順序は異なっている。しかし、最後のテストおよびアンケートにおいては、各デバイスによる学習の順序は均等に配置されている

ので、A群・B群・C群を合計したテストおよびアンケートでは、学習の順序効果は相殺されており、影響が排除されている。

上記の時間配分では、実験室の移動時間ならびに説明時間を含んでいる。

(3) 各デバイスによる学習教材

紙・PC・タブレット型端末iPadのそれぞれについて、学習教材を作成した。各課題はそれぞれのデバイスに共通であるが、学習する順序によって学習効果があるので、教材内容は異なっているが、ほぼ同じ難易度レベルに合わせた。なお、教材内容の著作権は著者にあるので問題はない（赤堀，2003）。具体的には、以下の5課題である。

課題1 文字入力

40～50文字程度の文章を、指定された回答枠内に書き写す課題

課題2 下線を引く

800～1000文字程度の文章を読んで、重要だと思う二つの文章に下線を引く課題

課題3 文章読解

課題2の文章を読んで、以下の問いに答える課題

問1) この文章のタイトルを自分で考えて、回答欄に書く

問2) この文章は誰へのメッセージであると思うか、回答欄に書く

課題4 図形読解

立体図形を見て、ブロックの数を数える課題

課題5 写真

写真を見て動物のひげやしわなどの数を答える課題

タブレット型端末iPadによる学習の様子を写真1に示す。

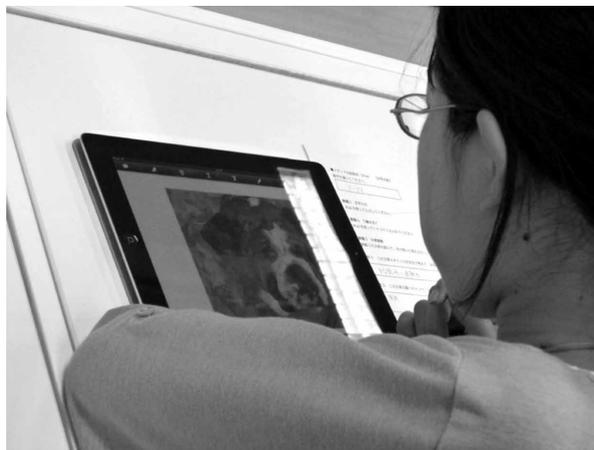


写真1 タブレット型端末iPadによる学習の様子

なお、具体的な紙デバイスの教材内容を例として付録に示す。

(4) 実験協力者特性

実験協力者の情報機器等の活用実態について、フェイスシートとして調べた結果を以下に示す。

- PCやインターネットは一日およそ1～3時間程度利用している。
- 持っている情報機器は、PC45%、スマートフォン35%程度である。
- PCや携帯電話の利用内容は、調べ物や動画などの共有がそれぞれ30%程度である。
- ブログについて、SNSについては読むだけが30%、その他いろいろな活用をしている。

具体的なグラフを図1～図4に示す。

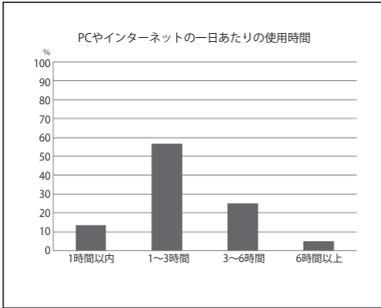


図1 情報機器の活用時間

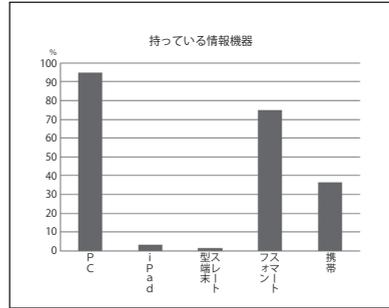


図2 情報機器の所持状況

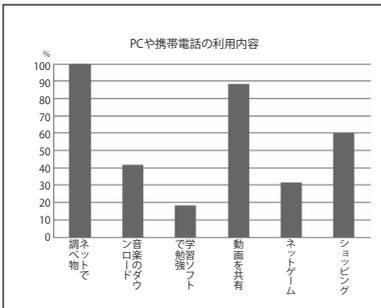


図3 情報機器の利用内容

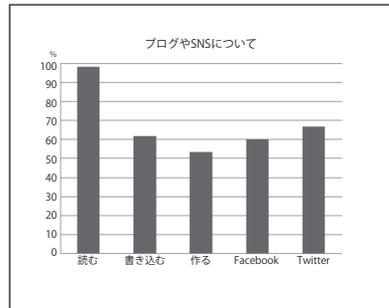


図4 情報機器の利用形態

3. 結果

本実験の結果は、主に記憶テストによる比較とアンケートによる比較の2つからなる。以下、それぞれの結果について述べる。

(1) 文章の記憶テストの結果

表2 文章の記憶テストの結果

下線を引いた文章に含まれていた単語に○をつけなさい		
紙	PC	iPad
8.03	7.51	7.43

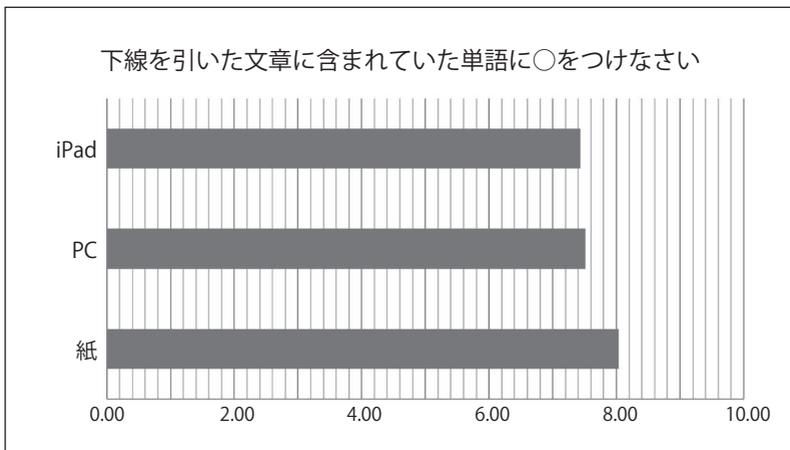


図5 文章の記憶テストの比較

ただし、表中の数値は10点満点に換算した数値である。統計的有意差検定は、片側検定として行い、以下のような結果であった。

紙>PC (** p<0.01) 紙>iPad (** p<0.01) PC=iPad (n.s. p>0.10)

これは次のようにまとめられる。紙>PC=iPad

文章の記憶テストの結果について、表2と図5に示す。統計的有意差検定の結果、紙がPCおよびタブレット型端末iPadよりも多くの単語を記憶していることが分かった。この記憶テストは、800~1000文字程度の文章の中に含まれる単語を思い出して、回答欄の単語から選び出す課題であるが、正解した単語の数から誤答した単語の数を引いて、10点満点に換算した数値で表している。上記の結果は、紙デバイスは文章の記憶に優れている特性を持つことを示している。このことは後に示すように、アンケート結果においてもほぼ同じ結果を得ている。

(2) 図形の記憶テストの結果

表3 図形の記憶テストの結果

図形を思い出して 次の問いに答えなさい		
紙	PC	iPad
1.32	1.33	1.32

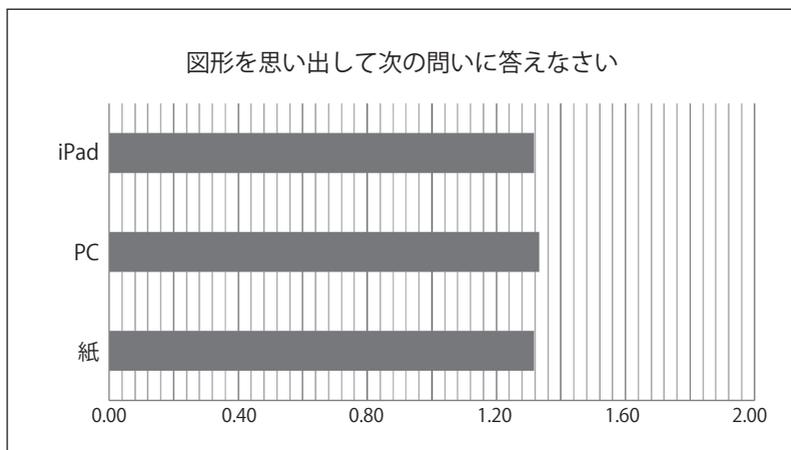


図6 図形の記憶テストの比較

ただし、この課題は、図形の一番上の層のブロックの数と一番下の層のブロックの数を思い出して記入させる課題であり、2点満点とした。統計的有意差検定は、片側検定として行い、以下のような結果であった。

紙=PC (n.s. $p>0.10$) PC=iPad (n.s. $p>0.10$) 紙=iPad (n.s. $p>0.10$)

これは次のようにまとめられる。紙=PC=iPad

図形の記憶テストの結果について、表3と図6に示す。統計的有意差検定の結果、すべてのデバイス間に有意差がないことが分かった。このことは後に示すように、アンケート結果においてもほぼ同じ結果を得ている。

(3) 写真の記憶テストの結果

表4 写真の記憶テストの結果

写真を思い出して、それぞれの動物の背景の色は何色でしょうか		
紙	PC	iPad
0.53	0.47	0.67

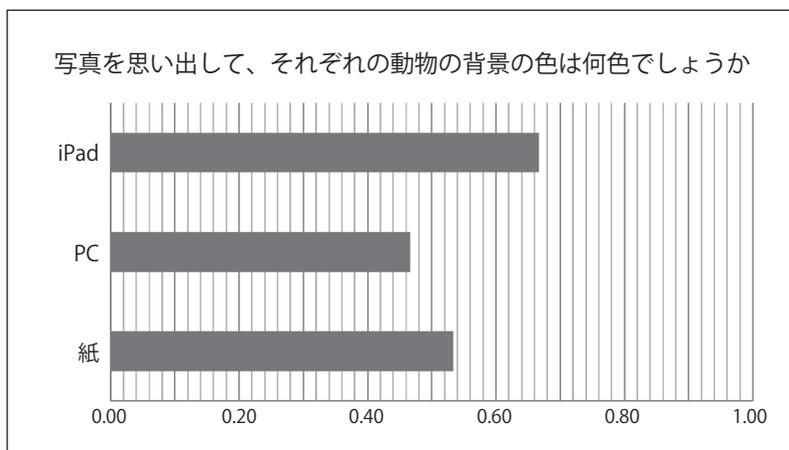


図7 写真の記憶テストの比較

ただし、この課題は正しい色を思い出すかどうかで、正解か誤答を判定するので、1点満点として計算している。統計的有意差検定は、片側検定として行い、以下のような結果であった。

iPad>紙 (** p<0.01) iPad>PC (** p<0.01) 紙=PC (n.s. p>0.10)

これは次のようにまとめられる。iPad>紙=PC

写真の記憶テストの結果について、表4と図7に示す。統計的有意差検定の結果、タブレット型端末iPadは紙およびPCに比べて優れたデバイスであることが分かった。このことは後に示すように、アンケート結果においてもほぼ同じ結果を得ている。

この結果は、タブレット型端末iPadの特性を表わしていると思われる。なぜなら、実験中被験者はタブレット型端末iPadの画面に直接指でタッチ

して対象とする写真を拡大するなどの方法で操作していることから、写真の記憶は他のデバイスに比較して、より鮮明に脳に残っていたのではないかとと思われる。

(4) アンケート結果による比較

表5 アンケート結果のまとめ

	紙	PC	iPad	有意差検定
1) 文章入力がやりやすい順番	○	○	△	PC=紙>iPad
2) 文章入力が速い順番	○	◎	△	PC>紙>iPad
3) 入力した文章を思い出しやすい順番	◎	○	△	紙>PC>iPad
3) 文章に下線が引きやすい順番	◎	○	△	紙>PC>iPad
4) 文章が読みやすい順番	◎	○	○	紙>PC=iPad
5) 文章の概要がわかりやすい順番	◎	○	△	紙>PC>iPad
6) 図形のブロックが数えやすい順番	◎	◎	○	紙=PC>iPad
7) 図形の形がイメージしやすい順番	◎	◎	◎	紙=PC=iPad
8) 図形が思い出しやすい順番	◎	◎	○	PC=紙>iPad
9) 写真の中の対象物が数えやすい順番	○	◎	◎	iPad=PC>紙
10) 写真の全体を思い出しやすい順番	○	○	◎	iPad>PC=紙
11) 写真の中の動物を思い出しやすい順番	○	○	◎	iPad>PC=紙
12) 写真の背景の色を思い出しやすい順番	○	○	◎	iPad>紙=PC
13) 全体的に疲れにくい順番	◎	○	○	紙>PC=iPad
14) 全体的にもう一度やってみたい順番	○	○	◎	iPad>PC=紙
15) 全体的に退屈しにくい順番	△	○	◎	iPad>PC>紙
16) 全体的に学習したと実感しやすい順番	◎	○	△	紙>PC>iPad

ただし、◎○△の区別は、統計的有意差検定の結果に基づき、視覚的に表示した。

◎：最も優れている ○：次に優れている △：他のデバイスに比べて劣っている

アンケートの結果を表5にまとめて示す。この表の作り方は、以下のとおりである。

始めに統計的有意差を片側検定で行い、各デバイスの順位を求める。この求め方は、本来はノンパラメトリック検定の順位検定で行う必要があるが、本論文では、順位を数値として扱い通常のt検定で行った。ただし、上

記の結果は、順位検定も行った検定と同じ結果を得ている。表5の中の有意差検定は、有意水準が5%以下 ($p < 0.05$) で順位を判定し、それ以外は等しいとして表示している。次に、各デバイスの順位をもとに {◎○△} で視覚的に示した。ただし、順位間に統計的な差がない場合には、被験者が記述した順位の数値を基準として、{◎○△}を決めた。すなわち、{1, 2, 3}の順位を数値として扱い、{◎○△}の記号に対応させた。

以上の分析結果は、以下のようにまとめられる。

- (1)共通内容として、図形がイメージしやすい、図形を思い出しやすい、図形を数えやすい、などが挙げられる。
- (2)紙の特徴として、文章が思い出しやすい、下線が引きやすい、文章が読みやすい、概要がわかりやすい、疲れにくい、学習した実感がある、などが挙げられる。
- (3)PCの特徴として、写真が数えやすい、文章入力が速い、などが挙げられる。
- (4)タブレット型端末iPadの特徴として、写真が数えやすい、写真が思い出しやすい、写真のイメージを思い出しやすい、写真の色を思い出しやすい、もう一度やってみたい、退屈しにくい、などが挙げられる。

以上から、図形の認知はどのデバイスでも共通であり、紙は文字やテキスト、文章などの認知に優れており、PCは文字入力などに優れており、タブレット型端末iPadは写真などの認知に優れていると言える。また、紙は学習したという実感があり、タブレット型端末iPadはもう一度やってみたいという動機づけに優れている。この結論は、先行研究として行った結果とほぼ一致している(赤堀, 和田, 2012)。さらに先行研究では、表6に示すように、紙は基礎的問題や知識・理解の問題などに優れた得点を示し、タブレット型端末iPadは応用的問題や理解・総合の問題などに優れた得点を示した(赤堀, 和田, 2012)。

表6 デバイスの差による問題の特性分析 (赤堀, 和田, 2012より、引用)

	章末 問題	総合 得点	多肢選択・記述		基礎的・応用的		知識・理解・総合		
			多肢 選択	記述	基礎的	応用的	知識	理解	総合
iPad	○	◎	△	◎	△	◎	△	◎	◎
PC	△	△	○	△	○	△	◎	△	○
紙	◎	◎	◎	○	◎	○	◎	◎	○

この結果と、本研究で得られたインターフェイスのデバイスによる違いを比較すると、以下のように考えられる。

紙は、与えられた内容を表現する文字や文章で記述される知識や理解に有効であることから、自分独自の考えを述べることよりも、決められた範囲の内容の理解、すなわち基礎的な知識や理解に有効であるという結果を支持していると考えられる。これに対して、タブレット型端末iPadは、写真などのイメージで表現される内容の理解に有効であることから、自分なりの考えや与えられた内容から自分のイメージを膨らませ発展的に思考する認知過程に有効であるという結果を支持していると考えられる。

また、紙における学習したという実感性やタブレット型端末iPadの継続動機については、先行研究においても考察したように、紙における鉛筆と紙のインターフェイス、タブレット型端末iPadにおける指とディスプレイのインターフェイスとしての直接性と関連していると考えられる。すなわち、鉛筆や指を通して直接に触れることで、自分の思考を可視化し、自分にフィードバックするというサイクルが簡単にできることから、思考する脳と、表現する紙やタブレット型端末iPadの間の垣根が低いことから、以上のような実感性や継続動機が高いという結果をもたらしたと考えられる(北川, 2005)。

以上のデバイスとインターフェイスおよび学習効果をまとめると、図8のように図示される。現実的には、紙とiPadのようなタブレット型端末の併用が好ましいという結果になる。例えば、学習者用デジタル教科書の議論が盛んであるが、その根拠は以下の通りである。紙の教科書に掲載され

ている情報は、すべてデジタル教科書に含まれていると同時に、デジタル教科書には、写真・音声・映像などが、それらの情報にリンクされている。つまり、紙教科書が紙にしか表現できない情報という制限があるが、デジタル教科書には、その情報を含んだ、豊富な情報が関連付けられているので、デジタル教科書があれば、紙の教科書は要らないのではないかという議論がある。学習者用とは、児童生徒1人1人に、デジタル教科書、すなわちタブレット型端末が配布されることを、意味している。本研究によれば、紙デバイスとiPadのようなタブレット型端末は、それぞれ特性があり、物理的な情報量や情報様式の種類からみれば、タブレット型端末が、紙デバイスを含んでいるが、学習効果という面から分析すると、それぞれが特性を持っている。つまり、紙とデジタルを、併用して学習することが好ましいという結論になる。

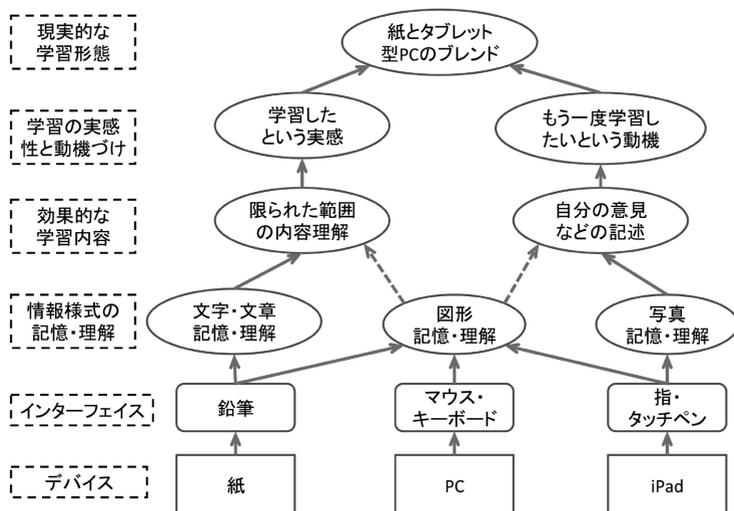


図8 デバイスの特性と学習効果の関連

さらに、情報様式の観点からみると、以下のように考察される。人は、言葉だけで意味を理解しているのではなく、その言葉に関連するスキーマ

を持っている。ここでは、特にイメージスキーマに注目したい。イメージスキーマとは、人間が身体的、知覚的に繰り返し経験を通じて得た動的パターンのイメージである（杉村，赤堀，楠見，1998）。杉村らの研究によれば、言語表現の元になる動的パターンをとりだすのにイメージスキーマをアニメーション提示すると有効であるという知見を得ている。そこで、このイメージスキーマで解釈すれば、人は言語を用いるときに、動的パターンつまり動作を伴っていると言える。例えば、ここが重要だと思って話す時は、その時に手で強調するしぐさをし、こちらに来てほしい時には、手で招くしぐさをしている。これは物理的な動作の時だけでなく、抽象的な言語においても、同じようなイメージスキーマが働くという考えが、この研究である。この理論から考えれば、人が言語で理解しようとする時、必ずイメージが伴うこと、特に動作を伴うことである。この視点から考えると、その動作を直接に表現できるデバイスが重要で、それは紙デバイスにおける鉛筆、iPadのようなタブレット型端末における指やタッチペンなどが、その機能を果たしていると解釈できる。このインターフェースの差が、デバイスの特性に応じた学習効果をもたらしたのではないかと、推測できる。

最後に、本研究に多大な協力をいただきましたNPO教育テスト研究センターの古川実歩さんに、厚くお礼申し上げます。

参考文献

- Bersin J. (2006), 赤堀侃司 (監訳), 原, 山田, 松田, 望月, 新目 (翻訳), プレンディッドラーニングの戦略－eラーニングを活用した人材育成, 東京電機大学出版局
- Meurant R. (2010), The iPad and EFL Digital Literacy. *Communications in Computer and Information Science*, 123, 224-234
- Murphy G.D. (2011), "Post-PC devices: A summary of early iPad technology adoption in tertiary environments", *e-Journal of Business Education & Scholarship of Teaching*, Vol. 5, Iss. 1, 2011, pp:18-32. <http://www.ejbest.org>
- 赤堀侃司 (2006), 「授業の基礎としてのインストラクショナルデザイン、改訂版」, 日本視聴覚教育協会
- 赤堀侃司, 和田泰宜 (2012), 学習教材のデバイスとしてのiPad・紙・PCの特性比較, 白鷗大学教育学部論集, 6(1), pp.15-34
- 北川智利 (2005), 多感覚錯覚からみる身体のリアリティ, 日本バーチャルリアリティ学会誌 第10巻1号, pp.26-31
- 杉村和枝, 赤堀侃司, 楠見孝 (1998), 多義動詞のイメージスキーマー日本語・英語間におけるイメージスキーマの共通性の分析一, 日本語教育99号, pp.48-59
- 森博, 田近一郎, 杉江晶子 (2012), タブレット PC を活用したマルチメディア教育の試み, 名古屋文理大学紀要12, pp.97-104

付録

紙教材の例を示す。

課題1 文字入力

以下の文章を回答枠内に書き写しなさい。

携帯電話という道具に依存しているわけで、それがないと、精神的にまいってしまふ症状のことをいう。

課題2 下線を引く

次の文章を読んで、重要だと思う二つの文章に赤ペンで下線を引きなさい。

テレビ番組の中には、心寒くなるような映像も多い。教育関係者のみならず世間一般でも、非難の声がある。こんな暴力シーンを子供達に見せて大丈夫なのかと、心配する声も多い。なんと言っても、判断力のない子供達がこのような番組を日常的に見ていれば、それが当たり前になり違和感がなくなり、暴力的な子供が育つのではないかという指摘は、説得力がある。世間を感じる常識的で直感的な判断は、真実を語ることが多い。暴力だけではない。非常識的な内容が多すぎる。そのような番組に、子供達が影響されないはずはなかろう。インターネットを通して手当たり次第に送られてくる迷惑メールや有害情報は、やはり子供達に大きな影を落としていると言わざるを得ない。どうしたらいいのであろうか。カナダの小学校で、こんな授業があった。テレビの暴力シーンを子供達に見せる。この暴力シーンを見せて、子供達に議論させるのである。教師が小学生に、「このシーンを見てどう思うか」と子供に聞いたら、「スカッとする」と応えたと言う。心寒々しい応えであった。何も指導しなかったら、放任していたら、子供達に影響がないと言うほうが、不自然である。だから、教育が必要になってくる。このような社会が悪いと言っても、意味がない。矛盾し

課題5 写真

次の写真を見て答えなさい。



• トラの左ほほにひげが何本ありますか。

	本
--	---

• ひげを数えやすいですか。あてはまるものに○をつけなさい。

数えるのが難しい／やや難しい／やややさしい／大変やさしい

学習実験後の記憶テストの例を示す。

問1) 課題2で下線を引いた文章を思い出し、含まれていた単語に○をつけなさい。

【紙で読んだ文章】

メディアリテラシー／情報活用能力／暴力シーン／葛藤シーン／カナダ／イギリス／迷惑メール／なりすまし／有害情報／アダルトサイト

【PCで読んだ文章】

石川県／福井県／ダイオキシン／二酸化窒素／矛盾／競合／ゴミ／不燃物／相対的／絶対的／価値観／心情

【iPadで読んだ文章】

国際社会／グローバル社会／自己説明／自己表現／20分／30分／司会者／発表者／トレーニング／練習／鳥の目／虫の目

問2) 課題4の図形を思い出して、次の問いに答えなさい。

【紙で見た図形】

一番下の層のブロックの数は何個ありましたか。 [] 個

一番上の層のブロックの数は何個ありましたか。 [] 個

【PCで見た図形】

一番下の層のブロックの数は何個ありましたか。 [] 個

一番上の層のブロックの数は何個ありましたか。 [] 個

【iPadで見た図形】

一番下の層のブロックの数は何個ありましたか。 [] 個

一番上の層のブロックの数は何個ありましたか。 [] 個

問3)課題5の写真を思い出して、それぞれの動物の背景の色は何色でしょうか。あてはまるものに○をつけなさい。

【紙で見た写真】

緑／黄／青／黒／ピンク／白／紫

【PCで見た写真】

緑／黄／青／黒／ピンク／白／紫

【iPadで見た写真】

緑／黄／青／黒／ピンク／白／紫