

脳波からみたデジタルペン, タブレットPC及び紙と鉛筆を用いた記述回答時のストレス比較

An electroencephalographic study about the descriptive test by using digitalpen, tabletPC, and paper&pencil.

竹野英敏 藤田和幸

TAKENO, Hidetoshi FUJITA, Kazuyuki

広島工業大学

Hiroshima Institute of Technology

【要約】本研究では、大学生を対象として記述問題の解答を、デジタルペン、タブレットPC及び紙と鉛筆で答えさせ、それぞれのメディアを利用して解答しているときの脳波を測定し、脳への負荷がどの程度あるかを明らかにするとともに、アンケートによる主観的調査を実施し、今後のICT機器導入の選定ポイントを明らかにした。その結果、脳波の側面からは、デジタルペンが有効であることが推察された。一方、アンケート調査やインタビュー調査からは、各メディアに一長一短があり、優劣はつけがたいことがわかった。しかし、調査協力者が情報系学部の大学生であっても、タブレットPCよりデジタルペンに価値を見いだしているコメントもあり、効果的な教育、学習のための支援機器となっているかを優先して検討することが求められる。

【キーワード】脳波、教育メディア比較、デジタルペン、タブレットPC

1. はじめに

2014年6月24日に閣議決定された「世界最先端IT国家創造宣言」¹⁾²⁾によれば、国は2020年までに小中学校の生徒一人あたり1台の端末を整備することを予定している。一方、地方自治体の中には国の施策に先行してICT機器を教育現場に導入しているところもある。例えば、東京都荒川区では2014年9月から区内の全小中学校にタブレットPCを導入し、中学校では1人1台、小学校では3年生以上で2人に1台、1・2年生では4人に1台にあたる数を実現している。³⁾

今後ICT機器が盛んに導入され、中でもタブレット型PCが選ばれる傾向があると考えられる。しかし、波多野(2015)⁴⁾らは、メモ書き中では、紙ノートに書く行為の方が、タブレット端末と比べて脳への負荷が低いことを明らかにしている。

また、加藤(2010)⁵⁾らは、デジタルペン、タブレットPC、PCおよび紙と鉛筆

の4種類のメディア比較では、多肢選択問題について差は見られなかったが、提示された長文と問題文を行き来しながら、解答をする必要がある問題については、デジタルペンおよび紙と鉛筆が優れていることを記述の文字数から明らかにしている。

そこで、本研究では、大学生を対象として記述問題の解答を、デジタルペン、タブレットPC及び紙と鉛筆で答えさせ、それぞれのメディアを利用して解答しているときの脳波を測定し、脳への負荷がどの程度あるかを明らかにするとともに、アンケートによる主観的調査を実施し、今後のICT機器導入の選定ポイントを明らかにする。

2. 方法

2.1 調査協力者

タブレットPC、PC操作に慣れた情報系学部の大学生12名

2.2 課題

課題について、次のように与える。

『まず、数学の因数分解、2次方程式の公式を学習してもらいます。比較するために、「デジタルペン」「タブレットPC」「紙・鉛筆」の3つのメディアで解答してもらいます。課題内容を記憶されないように、メディアごとに難易度は同じレベルですが、出題問題は異なるものとします。難易度については教科書トレーニング数学3年新興出版社を参照しました。』



図1 提示した課題例

2.3 実験室

課題に集中させ、リラックスした気分にするため外部から内部を見ることのできない静か実験室を利用した。

机の上には、A4用紙に問題が印刷された紙と解答用鉛筆、デジタルペン(DNP製ADP-601)とその制御用PC、タブレットPC(Microsoft製Surface, 10.6inch, 画面解像度1920×1080)、脳波測定用PC、脳波測定機器(FUTEK製BrainProFM-929)を設置した。そして、調査協力者には、脳波測定用センサーバンドを装着させた。

2.4 脳波測定

脳波測定は、フューテックエレクトロニクス株式会社製BrainProFM-929及び

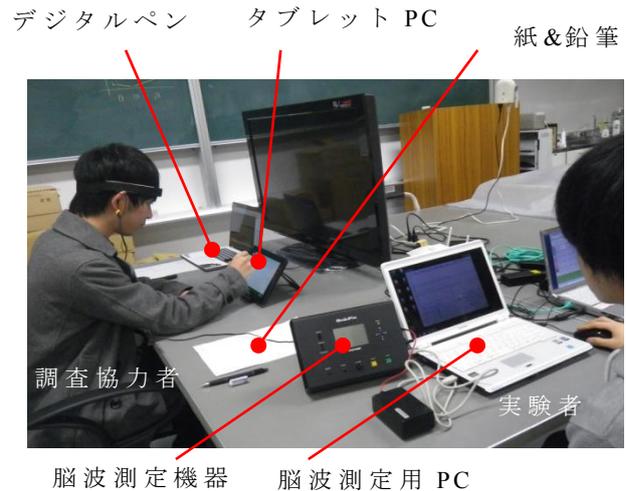


図2 実験室

PC用ソフトウェアPullaxProにより行った。BrainProで検出した脳波をPullaxProは、サンプリング周波数1024Hzで原形波を取得し、高速フーリエ変換(FFT, 窓関数: 矩形)により、3.0Hz~30.0Hzまで0.5Hz毎にパワースペクトル解析する。電極は、国際式10/20法による前頭極FP2(及びFP1, A1)に装着した。

2.5 手続き

実験は個別に行われ、1名およそ60分の時間を要した。実験の手順は次のとおりとした。

- ① 脳波測定装置と課題を準備
- ② 安静閉眼時の脳波測定を行う。
- ③ 公式の学習をしてもらう(図3)。
- ④ 数学の問題を解答してもらおうと同時に、脳波測定を行う。

数学の問題は、因数分解と2次方程式、それぞれ2問解答する。

なお、調査協力者が使用したメディアの順番が結果に影響しないよう調査協力者を3つのグループに分け、使用するメディアの順番を変える。

- ⑤ 解答前には、操作方法について説明する。

- ・デジタルペンの場合

デジタルペンの使い方を説明し、問題を解答させる。

- ・タブレットPCの場合

タブレット PC の使い方を説明し，問題を解答させる。

・紙・鉛筆の場合

紙と鉛筆の使い方を説明し，問題を解答させる。

- ⑥ 調査協力者にアンケート調査を行う。
- ⑦ 問題の解答についてインタビュー調査し，映像・音声に記録する。

因数分解⁴⁾

多項式をいくつかの因数の積の形で表すことを、その多項式を因数分解するという。

例 $x^2+2x-8 \rightarrow (x-2)(x+4)$ ⁴⁾

公式⁴⁾

- ① $x^2+(a+b)x+ab=(x+a)(x+b)$ ⁴⁾
- ② $x^2+2ax+a^2=(x+a)^2$ ⁴⁾
- ③ $x^2-2ax+a^2=(x-a)^2$ ⁴⁾
- ④ $x^2-a^2=(x+a)(x-a)$ ⁴⁾

↓

2次方程式の解き方⁴⁾

2次方程式 $ax^2+bx+c=0$ の解は次のようになる⁴⁾

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

例 $3x^2 - 5x + 1 = 0$ ⁴⁾

$$x = \frac{-(-5) \pm \sqrt{(-5)^2 - 4 \times 3 \times 1}}{2 \times 3}$$

$$x = \frac{5 \pm \sqrt{13}}{6}$$

図 3 課題の公式

2.6 分析方法

- ①メディアごとに調査協力者の解答中の脳波(θ波, α波, β波)を比較し，メディアによる違いを明らかにする。θ波は6~7.5Hz, 瞑想状態で，記憶と学習に適している脳波。α波は，8~13Hz, リラックス・集中を表している脳波。β波は，13.5~30Hz, 緊張・ストレスを表す脳波とされている。⁶⁾
- ②アンケート調査による3つのメディアの使用感の違いについて明らかにする。

3. 結果及び考察

3.1 脳波測定結果

調査協力者のそれぞれの安静時及び作業中の脳波(μV)を図4に示す。

脳波測定結果の平均電圧から，閉眼安静時は，α波付近の脳波が強く，θ波が弱いことから，リラックスしながらも意識をはっきり持っている状態と考えられる。

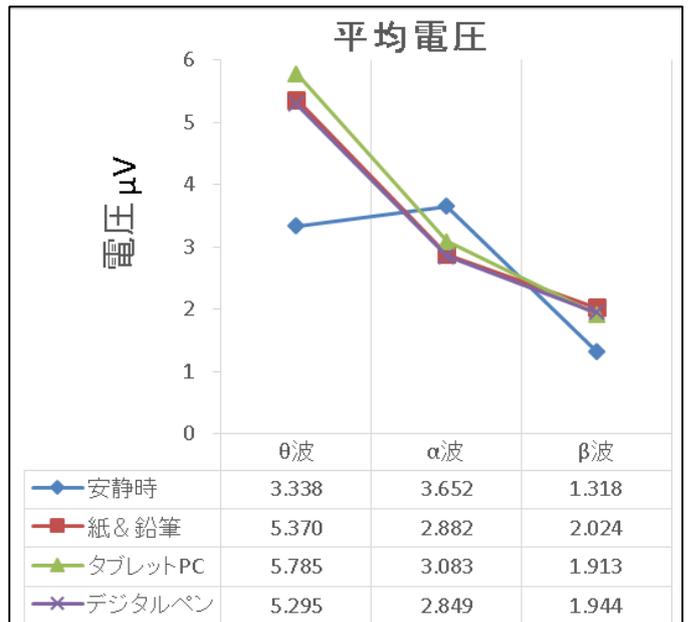


図 4 調査協力者 12 名の脳波測定結果

実験中は，総じてθ波の平均電圧が高くなり，α波の平均電位が抑制され，そのためβ波が上がり，ストレスがかかった状態で，脳が活性化していると判断できる。

なお，θ波はタブレット PC の場合，鉛筆&紙やデジタルペンよりも若干強く出ていることがわかる。このことは，タブレット PC では，脳の中で何らかの情報処理を行い，認知負荷がかかった状態であったと考えられる。⁷⁾⁸⁾⁹⁾

このように，タブレット PC ではθ波が強く，デジタルペンでは弱く現れたのは，調査協力者 12 名中 9 名であった。

つまり、紙&鉛筆とデジタルペンには、ほとんど差がみられず、本実験の結果では、タブレット PC より、デジタルペンの方がストレスを低く抑えつつ、紙&鉛筆と同様な状況で、学習に取り組めるのではないかと推察することができる。

3.2 アンケート調査結果

アンケート調査のまとめの結果示したものが、表 1 及び図 5 である。

操作性に関しては、紙&鉛筆の評価が一番高く、普段から使用しているため使いやすい

表 1 メディア評価の平均値 (5 段階)

	操作性	学習意欲
紙 & 鉛筆	4.58	3.5
タブレット PC	3.17	3.67
デジタルペン	3.92	3.58

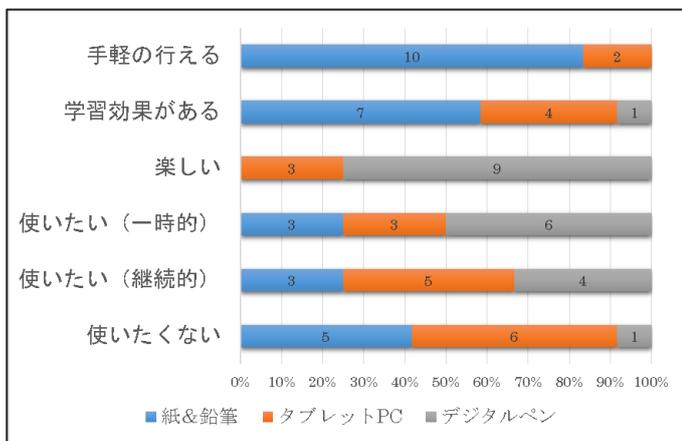


図 5 アンケート調査結果

という声が多かった。タブレット型 PC やデジタルペンは普段使用していないことから、評価は低かったと考えられる。

学習意欲に関しては、調査人数が 12 名であるため、ほとんど差を見つけることはできなかった。

手軽に使えるのは、調査協力者が情報系学部の大学生であるにもかかわらず、紙&鉛筆と答えた大学生がほとんどであった。

一時的に使いたいと思ったメディアは、デジタルペンが最も評価され、新鮮で楽しいという声があったが、手間がかかるということから継続的に使いたい項目では評価が低かった。

継続的に使用して学習に取り組んでいきたいメディアは評価が割れたが、使いたくないというメディアがタブレット PC に多いこともわかった。

3.3 インタビュー調査結果

インタビュー調査では、3 つのメディアのメリットとデメリットを挙げてもらった。それらをまとめたものが表 2 である。

紙&鉛筆のメリットは、普段から使用していることから慣れていて使いやすい、自分の筆圧で書けるなどが挙げられ、デメリットはいつも通りで面白くない、やる気がわからないなどが挙げられた。

タブレット型 PC のメリットは、ゲームのようで楽しい、学習していて飽きないため意欲的に取り組めるなどが挙げられ、デメリットは、タッチペンのため書きづらい、楽しいが頭に入ってくる感じはないなどが挙げられた。

デジタルペンのメリットは、初めてなので新鮮で楽しい、ボールペンで書き心地が良いなどが挙げられ、デメリットは、間違えたらボールペンなので消せない、準備に手間がかかるなどが挙げられた。

これらのことから、これからの ICT 機器導入を考えた場合、使う場面や、教師のメリットを優先するか、児童生徒の使い勝手を優先するかによって選定ポイント

トは変わってくるものが推察され、現状では、紙&鉛筆のような感覚とデータ化の手軽さのデジタルペンに対して、頭に入ってもない、使いづらそうと言う意見があるタブレット PC の現状を考えた場合は、デジタルペンが有力ではないかと推察される。

表 2 インタビュー調査結果

	メリット	デメリット
紙 & 鉛筆	慣れていて使いやすい 自分の筆圧で書ける 見やすい 手軽	いつもどおりで面白くない やる気がわからない 消しゴムのかすが出る
タブレット PC	ゲームのようで楽しい 飽きない 色が多い ペン一つで書いて消せる	書きづらい 頭に入っていない 問題が多いと使いづらそう 慣れるまでに時間がかかる
デジタルペン	新鮮で楽しい ボールペンで、書き心地がよい 書いたものがデータ化される	間違えたら消せない 準備が手間 準備ができて生徒側に使ってメリッを感じない データとして残るのは恥ずかしい

4. おわりに

本研究では、大学生を対象として記述問題の解答を、デジタルペン、タブレット PC 及び紙と鉛筆で答えさせ、それぞれのメディアを利用して解答しているときの脳波を測定し、脳への負荷がどの程度あるかを明らかにするとともに、アンケートによる主観的調査を実施し、今後の ICT 機器導入の選定ポイントを明らかにした。

その結果、脳波の側面からは、デジタルペンが有効であることが推察された。一方、アンケート調査やインタビュー調査からは、各メディアに一長一短があり、優劣はつけがたいことがわかった。

しかし、調査協力者が情報系学部の大

学生であっても、タブレット PC よりデジタルペンに価値を見いだしているコメントもあり、効果的な教育、学習のための支援機器となっているかを優先して検討することが求められる。

引用及び参考文献

- 1) 閣議決定：世界最先端 IT 国家創造宣言について
<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/kettei/pdf/20130614/siryoul.pdf>
(最終アクセス 2016/05/13)
- 2) 閣議決定：世界最先端 IT 国家創造宣言(平成 26 年6月 24 日閣議決定)の全部を別紙のとおり変更する
<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/kettei/pdf/20150630/siryoul.pdf>
(最終アクセス 2016/05/13)
- 3) Windows 8.1 タブレット PC を全小中学校に導入--荒川区
<http://japan.zdnet.com/article/35062765/>(最終アクセス 2016/05/13)
- 4) 波多野文, 関根崇泰, 他 4 名:紙ノートとタブレット端末の使用が学習時の認知負荷に及ぼす影響, 信学技報, 一般社団法人電子情報通信学会
http://www.kokuyo-st.co.jp/info/pdf/20150826_papernotebook_vs_tablet.pdf
(最終アクセス 2016/05/13)
- 5) 加藤由樹, 加藤尚吾他 3 名:デジタルペン, タブレット PC, PC および紙と鉛筆の 4 種類のメディアを用いた試験に関する比較分析, 日本教育工学会第26回全国大会
<https://www.cret.or.jp/files/1c4ccad02feb7669583e2ee8a3c2a42f.pdf>
(最終アクセス 2016/05/13)
- 6) 田口 寛:脳波によるリラックス度の評価

<http://hiroshi-t.com/relaxation-degree.html>(最終アクセス 2016/05/13)

- 7) G. Borghini, G. Vecchiato, J. Toppi, L. Astolfi, A. Maglione, R. Isabella, C. Caltagirone, W. Kong, D. Wei, Z. Zhou, L. Polidori, S. Vitiello, and F. Babiloni, “Assessment of mental fatigue during car driving by using high resolution EEG activity and neurophysiologic indices,” Proc. Annu. Int. Conf. IEEE Eng. Med. Biol. Soc. EMBS, vol. 70, no. cm, pp. 6442-6445, 2012.
- 8) J. Anguera, J. Boccanfuso, J. Rintoul, O. Al-Hashimi, F. Faraji, J. Janowich, E. Kong, Y. Larraburo, C. Rolle, E. Johnston, and A. Gazzaley, “Video game training enhances cognitive control in older adults.,” Nature, vol. 501, no. 7465, pp. 97-101, 2013.
- 9) A. Gevins, M. Smith, L. McEvoy, and D. Yu, “High-resolution EEG mapping of cortical activation related to working memory: Effects of task difficulty, type of processing, and practice,” Cereb. Cortex, vol. 7, no. 4, pp. 374-385, 1997.