

## 脳波の周波数解析による学習課題解決プロセスの比較

山口 有美 (和歌山大学経済学部) 山口 晴久 (岡山大学教育学部)

本研究は、基礎的な学習課題 (宣言的知識 (漢字の書き取り) と手続き的知識 (一次方程式)) を紙面上とVDT (Visual Display Terminals) の二つの学習メディア提示形態で被験者に行わせ、脳波の周波数分析を用いて、教育メディアの提示方法の違いが学習者の学習時心理にどのような影響を及ぼすかを脳波性状から比較分析した。開眼安静時と学習時の $\alpha$ ブロッキングを基準とした脳波の周波数解析の結果から、学習課題解決時の学習者の心的状態を考察した結果、VDTでの作業の方が一般的に緊張状態になり $\beta$ 波が大きく作業能率がよいとは限らない、学習での脳波成分の個人差が大きい等の知見を得た。

キーワード：脳波，メディア，学習課題解決，VDT， $\alpha$ ブロッキング

### 第1章 はじめに

近年、コンピュータの技術革新とともに、教育においても、情報化の流れは教育の質や方法に大きな影響をもたらし、教育効果を高めるための情報機器や視聴覚メディアの活用は重要性を増している。このような状況の中で、コンピュータ利用教育を実用化する前提として、より効率的な教育方法で教育を実施するための背景となる「教授メディア」と「人間の認知特性」との関係の基礎的、本質的な研究が求められている。人間 (学習者) の感性に適した教育を行うためには、人間が、学習時に脳の中で行っている人体内部の情報処理活動の人体生理機能としての特性、認知メカニズムについて、より正確に知ることが重要になってきている。つまり、学習という精神活動の過程において、人間が受ける認知特性を教育内容、その手段、教育メディアの違いとの相関関係において、生理学や認知科学の視点から分析することは、学習者にとってより理解しやすい教材や指導方法を考える基礎になるという点で、本質的に重要な研究であると言える。

しかし、教授者の知識を正確に学習者に伝えることは容易ではない。なぜなら教育という人間同士のコミュニケーションの過程では、教授者と学習者の間には、知識伝達上の意識あるいは知識構造の内的形成過程における個体特性にギャップが生じるからである。そこで、教授者が学習者にとってわかりやすい授業をしたいと思えば、教授者の教え方の工夫はもちろん必要であるが、学習者の知識獲得上の準備状態の把握と、学習者の認知特性に合わせた個別的・適応的な教授システムの確立が必要である。つまり、教授者と学習者の知識伝達上における、相対

的なコミュニケーションの潜在的意識構成の一致が必要であるといえる。そこで、この状態の一致を得るための基盤となる研究として、学習者の学習行為の各フェーズにおける思考状態の同定が必要である。しかし、学習者の思考状態を科学的に判断することは難しい。なぜなら人間の思考状態を外面的指標から科学的に解明し、頭の中での学習理解の状態を判断することはできないからである。

そこで本研究では、学習者の思考状態を科学的に測定するためのひとつの手段として、思考状態を反映する生体情報処理のための電気信号である脳波を用いることにする。脳波は人間の精神状態を周波数特性として表すために、そのときの学習者の心的状態をリアルタイムに表現するシグナルと見ることができからである。これまでの脳波の周波数測分析研究は医学、運動生理学や教育心理学などにおいて、人間の快適性や精神的搔痒性を評価する指針として主に研究されてきた。これを本研究では、人間の学習状態における深層心理的な情動面から評価する指針として用いたい。本研究に関連性のある脳波と学習時の精神負荷の先行研究としては、嘉悦ら<sup>1)</sup>は記憶想起について、大橋<sup>2)</sup>はメディアと脳について、山本ら<sup>3)</sup>はVDT作業時の精神負荷について調べている。しかし山本らの実験は画面上にランダムに表示された点を追尾させるもので、学習する作業の質に問題がある。よって、本研究では学習する知識の質について、知識工学の視点から知識を「宣言的知識」と「手続き的知識」に区分する<sup>4)</sup>。そして、両者の知識特性を比較する視点から、「宣言的知識」の典型としての漢字問題と「手続き的知識」としての一次方程式問題を、脳波成分分析としての $\alpha$ プロッ

キングの視点から研究した。知識の質に着目した研究は乏しく<sup>5)</sup>、この分野の先行研究である。知識を表す基礎的な学習課題（漢字の書き取りと一次方程式）の二つの教材提示メディアにおいてその教材提示方法を変えて被験者に学習を行わせ、脳波の周波数分析を用いて、人間の認知状態を教育メディアの提示方法の違いから分析する。

まず第2章では、本研究の実験概要について説明し、脳波の周波数解析について述べるとともに、第3章ではその結果についてまとめる。

## 第2章 脳波計を用いた学習機能特性実験

### 2-1 実験目的

本実験は個人差要因の問題はあるものの、一般的特性としての人間の学習行為に内在する次の事項を実験することを目的とする。

(1) 従来の紙面上の印刷物を用いた学習と、VDT（ディスプレイ画面）を用いた学習時の学習者の脳波性状を比較し、近年増加しているVDT作業による学習時の精神負荷について脳波レベルから見た特徴について考察する。

(2) 人間が易しい問題と難しい問題を考えているときの脳波性状の違いを比較する一例として、ここでは代表的宣言知識に関する問題である漢字の書き取りの問題の難易度を変え、問題に解答したときの学習者の脳波性状を考察する。

(3) 宣言的知識について学習するときと手続き的知識について学習するとき、ここでは漢字の書き取りと一次方程式の計算を用いるが、それらの時系列的学習過程における脳波分布性状の違いについて考察する。

以上の実験目的を掲げ、学校教育においてVDT作業による学習が増加している状況に鑑み、代表的な学習課題の解決プロセスにおける脳波性状を考察する。

### 2-2 実験計画

#### 2-2-1 実験環境

W大学教育学部の、脳波測定用にコンディショニングされた情報処理が行える心理行動実験室において実験を行った。脳波記録の中に混入する、測定目的とする脳波以外のすべての電位変動（アーチファクト）を判別し、可能な限り除去できるようにすることが、正しい脳波をとるためには不可欠であるので、このアーチファクトをできる限り抑えるために、

電磁波の発生を抑えるための対策として、次のような防磁環境を作るための周辺環境対策を整える。

- ① 脳波計、実験に使うパーソナルコンピュータ、液晶モニター、照明以外の電源（他のパーソナルコンピュータ等の機器、プリンタ、換気扇、エアコン、携帯電話）を切り、床には防磁シートをすえつける。
- ② 壁面からの磁力、電気をふせぐ防磁カーテンを張り、強力なアースを機器、椅子に接続する。
- ③ 被験者の頭皮から皿電極が外れないように、ティッシュペーパーの小さく切ったものを皿電極の上につける。また、皿電極の外れやすい手首や耳朶にはテープを用いて貼り付け、皿電極を外れにくくさせる。

#### 2-2-2 実験に用いた教材

本実験の漢字の書き取りに関しては、問題難易度の違いによる、学習者の脳波性状を比較するために、漢字の難易度について客観性をもたせるため、日本漢字能力検定協会による漢字検定の7, 6, 5, 4, 3, 2級の問題を日本漢字能力検定協会発行図書から10題ずつ抜粋した（問題例は図1参照）。また各級の程度を次の表1に示す。

また、手続き的課題の学習として、一元一次方程式の問題を自作で5題ずつ、2パターン用意した。この問題レベルは大学生を被験者とすることから、誰でも既習の知識を用いて簡単に数学的手続きの活用によって数式の同値変換を行使して回答に到達できる状態を考えて作成した（図2参照）。本研究では出題メディアの違いにおける学習者の脳波性状の比較も行なうため、紙面用とVDT用の問題用紙をそれぞれ作成し、学習者に対して公平な条件となるように、また学習者の疲労感を考慮して実験した。

#### （問題例）漢字検定（2級）

- (1) 本物にコクジした複製品だ。
- (2) いろいろな問題をホウカツして協議したい。
- (3) 組織のスウヨウな地位にある。
- (4) 教会にソウゴンな楽の音が響く。
- (5) 芸能界はやはりスタリが激しい。
- (6) 初志をツラヌくことが大切だ。
- (7) 南アルプスをトウハした。
- (8) 事後ショウダクが得られた。
- (9) 冬物処分のレンバイをしている。
- (10) 相手をイカクするような言動をするな。

図1 実験用漢字検定問題の例

表1 漢字検定問題の難易度

7級	小学校第4学年までの学習漢字を理解し、文章の中で正しく使えるようにする。
6級	小学校第5学年までの学習漢字を理解し、文章の中で漢字が果たしている役割を知り、正しく使えるようにする。
5級	小学校第6学年までの学習漢字を理解し、文章の中で漢字が果たしている役割に対する知識を深め、漢字を文章の中で適切に使えるようにする。
4級	小学校学年別漢字配当表のすべての漢字と、その他の常用漢字300字程度を理解し、文章の中で適切に使えるようにする。
3級	小学校学年別漢字配当表のすべての漢字と、その他の常用漢字600字程度を理解し、文章の中で適切に使えるようにする。
2級	小学校・中学校・高等学校で学習する常用漢字を理解し、文章の中で適切に使えるようにする。人名用漢字も読めるようにする。

- (1)  $3(x-2) = -\{5(2-x) - 6\}$
- (2)  $-3x = 3\{-2 - (2x-4)\}$
- (3)  $2 - 7x + 6(2x+3) = 0$
- (4)  $-[x+3\{6+7x-2(8-5x)\}] = -2\{3(6x+2) - (5-4x)\}$
- (5)  $2(5x-3) - (x+3) = 2x - (x+5)$

図2 実験に用いた一次方程式問題の一例

2-2-3 被験者、実験方法、実験結果について

本実験における被験者は健常な大学生10名である(表2)。理系、文系等専攻に偏りなく、また、パソコンの使用頻度等においても偏りが無いよう無作為に抽出した。

表2 被験者

	年齢	性別	備考
被験者J	23	男	文系。パソコン所有。
被験者T	20	女	理系。
被験者Mt	21	男	文系。メール日常的に使用。
被験者Mk	22	女	理系。アーチファクト混入。
被験者Mr	22	男	文系。アーチファクト混入。
被験者S	21	男	文系。プログラミング可能。
被験者Kr	23	男	文系。パソコンの使用頻度低。
被験者Hb	22	男	理系。パソコンの使用頻度高。
被験者F	21	男	文系。パソコンの使用頻度低。
被験者Ks	21	女	文系。パソコンの使用頻度低。

Mk とMr のデータについては、実験は全て実施したが一部に電極の接触不良から交流障害が大きく入ったため、データ解析時にはこれらのデータは用いなかった。よって、全てのデータ解析に用いたデータは計8名分である。

2-3 実験方法

測定方法として、国際10/20法<sup>6)</sup>によって脳波電極をつけた状態で被験者にいすの上に座ってもらい、机に向かって心を落ち着けるように指示し静粛してもらった。そこで以下のような手順で学習を行わせ、脳波計 NEC 社製 SYNAFIT 2500 を用いて脳波を測定した。脳波測定を行った実験について、被験者別に次の表3にまとめる。

表3 実験

被験者	J・T・Mt・S・Kr	Hb・F・Ks	時間	
実験項目	①	閉眼安静状態	1分30秒	
	②	開眼安静状態	1分30秒	
	③	紙面・漢字6級	紙面・漢字7級	約2分
	④	紙面・漢字4級	紙面・漢字5級	約2分
	⑤	紙面・漢字2級	紙面・漢字3級	約4分
	⑥	紙面・一次方程式 I	紙面・一次方程式 II	約5分
	⑦	VDT・漢字7級	VDT・漢字6級	約2分
	⑧	VDT・漢字5級	VDT・漢字4級	約2分
	⑨	VDT・漢字3級	VDT・漢字2級	約4分
	⑩	VDT・一次方程式 II	VDT・一次方程式 I	約6分
	⑪	アンケート		約3分
			計30分以内	

※被験者の疲労を考慮し、総実験時間を約30分以内におさめる

表中の紙面、VDTは、それぞれ出題メディアを表し、VDT上で問題提示をした場合には(⑦~⑩)、問題に解答する時にはできるだけペン書きと類似するように、ペンタブレット(NEOS PAD 6000)による解答方法を用いた。

まず実験項目①、②を済ませた後、③から⑩の順に被験者に問題を解かせ、そのときの脳波状態を計測し、解析を行った。解析方法として

1) 測定した脳波をキッセイコムテック株式会社の周波数分析ソフトATALASを用いて、周波数解析をしてからマップ図を出す。マップ図として、各波の最大値をすべて15 ( $\mu V$ ) に設定した脳波マップを出し、それぞれを比較した。また比較は、瞬目、筋電位によるアーチファクトの混入していない箇所<sup>7)</sup>で、問題を解いている途中(学習に集中していると判断される時間帯)の1.28秒間の測定値を抽出した。

2) 1) で抽出した箇所の各波含有量 ( $\mu V$ ) を各作業ごとに表にした。また各波の増減を比較するため、各作業ごとに統計的に整理した。ここで $\delta$ 波は、

正常成人では睡眠時以外に目立って出現することは無いので取り除いた<sup>8)</sup>。

3) 2) でまとめた表から、各作業時における被験者の精神的負荷を比較するため、後頭部の $\alpha$ 波をそれぞれ抽出し、その結果統計値をまとめて表4に示す。これは通常 $\alpha$ 波が安静状態において後頭部優位に出現するものといわれているため<sup>9)</sup>、後頭部の $\alpha$ 波に着目することにした。つまり国際10/20法の後頭部(O1,O2)の $\alpha$ 波限弱を調べる。

表4 後頭部O1, O2に含まれる $\alpha$ 波の平均

J  
後頭部(O1+O2)/2

	$\alpha$ 波( $\mu V$ )
②閉眼	15.6
③紙・漢字6級	6
④紙・漢字4級	7.2
⑤紙・漢字2級	8.2
⑦VDT・漢字7級	7.8
⑧VDT・漢字5級	8
⑨VDT・漢字3級	9.4
⑥紙・一次方程式	9
⑩VDT・一次方程式	11.5

T  
後頭部(O1+O2)/2

	$\alpha$ 波( $\mu V$ )
②閉眼	12.6
③紙・漢字6級	11.3
④紙・漢字4級	10.6
⑤紙・漢字2級	6.5
⑦VDT・漢字7級	5.7
⑧VDT・漢字5級	5.6
⑨VDT・漢字3級	5
⑥紙・一次方程式	10.5
⑩VDT・一次方程式	6.7

Mt  
後頭部(O1+O2)/2

	$\alpha$ 波( $\mu V$ )
②閉眼	14.2
③紙・漢字6級	6.2
④紙・漢字4級	6.7
⑤紙・漢字2級	9.5
⑦VDT・漢字7級	4.2
⑧VDT・漢字5級	6.5
⑨VDT・漢字3級	6.8
⑥紙・一次方程式	6.5
⑩VDT・一次方程式	7

S  
後頭部(O1+O2)/2

	$\alpha$ 波( $\mu V$ )
②閉眼	15.4
③紙・漢字6級	11.7
④紙・漢字4級	10.5
⑤紙・漢字2級	10.3
⑦VDT・漢字7級	9.5
⑧VDT・漢字5級	8.1
⑨VDT・漢字3級	8.1
⑥紙・一次方程式	11.6
⑩VDT・一次方程式	6.7

Kr

後頭部(O1+O2)/2

	$\alpha$ 波( $\mu$ V)
②閉眼	13.7
③紙・漢字6級	13.5
④紙・漢字4級	13.2
⑤紙・漢字2級	12.4
⑦VDT・漢字7級	12.9
⑧VDT・漢字5級	11.7
⑨VDT・漢字3級	11.2
⑥紙・一次方程式	10
⑩VDT・一次方程式	13.1

Hb

後頭部(O1+O2)/2

	$\alpha$ 波( $\mu$ V)
②閉眼	14.3
③紙・漢字6級	11.8
④紙・漢字4級	11.1
⑤紙・漢字2級	7.8
⑦VDT・漢字7級	10.5
⑧VDT・漢字5級	9.8
⑨VDT・漢字3級	9
⑥紙・一次方程式	11
⑩VDT・一次方程式	12.5

F

後頭部(O1+O2)/2

	$\alpha$ 波( $\mu$ V)
②閉眼	13.2
③紙・漢字6級	8.5
④紙・漢字4級	8.3
⑤紙・漢字2級	7
⑦VDT・漢字7級	7.2
⑧VDT・漢字5級	6.5
⑨VDT・漢字3級	6.1
⑥紙・一次方程式	9.5
⑩VDT・一次方程式	8.5

Ks

後頭部(O1+O2)/2

	$\alpha$ 波( $\mu$ V)
②閉眼	12.9
③紙・漢字6級	6.4
④紙・漢字4級	6.4
⑤紙・漢字2級	6
⑦VDT・漢字7級	8.2
⑧VDT・漢字5級	7.9
⑨VDT・漢字3級	6.4
⑥紙・一次方程式	8.8
⑩VDT・一次方程式	8.2

## 2-4 実験結果

各作業ごとの $\alpha$ 波含有量のまとめは前記の表4にある。またそれらを整理したグラフの例を次頁の図3に示す。

## 2-5 考察

各マップ図で $\alpha$ 波の周波数マップを比較したところ、すべての学習作業を行わせた時、 $\alpha$ 波の増減が思考状態に関係する後頭部中心に見られた。そこでこの後頭部測定点O1とO2の $\alpha$ 波分布を測定することにし、含有量を数値化したデータから、後頭部O1とO2の $\alpha$ 波だけを抽出し、最もリラックス状態にある閉眼安静時の $\alpha$ 波の含有量を基準として、各作業時における増減比率グラフを被験者ごとに考察した<sup>10)</sup>。(図3： $\alpha$ 波増減比率)

このグラフから各作業時における被験者の精神的負荷の程度を統計的に比較した。

グラフの被験者T、S、Kr、Hb、F、Ksの③～⑤、⑦～⑨の結果から、 $\alpha$ 波が少しずつ減弱しているのが分かる。紙面とVDTの両方において、漢字の書き取りの難易

度が高くなるに連れて、 $\alpha$ 波の減弱が見られ、精神的負荷が徐々にかかっていると考えられる。つまり、漢字の書き取りで易しい問題の場合では簡単に解けるということから $\alpha$ 波が多く含まれ、学習者はリラックス状態にあると考えられる。また、課題が難しくなってくると簡単には解けなくなり、学習者の緊張度が高くなってきたものと考えられる。このことはアンケートの結果の、漢字の難易度における解答が「2、3級が難しかった」とあることから明らかである。

しかし一方で、グラフの被験者J、Mtの③～⑤、⑦～⑨のように、難しくなると $\alpha$ 波の含有量が増えているという、先の6名の結果と逆の現象が起こっている。そこでこの2名のアンケート結果を見ると「答えがわからないとき、嫌になってきた。」「難しくなると集中力が切れていた。」となっていて、このことから、難易度の高い課題解決時には学習者に倦怠感が出てきたものと推定できる。これらの考察から漢字の書き取りの課題解決では、一般的には難しくな

ると学習者に精神的負担がかかると言えるのだが、個人差もあって、難しくなりすぎると学習意欲が減退し緊張感が低下して、次第にリラックス時の脳波であるα波が出てくるということがあり得ると推測できる。

次に、グラフの③～⑤の紙面上での作業と⑦～⑨のVDT上での作業を比べると、VDT上での作業の方がα波の含有量が少なくなっているのが6名、被験者T, Mt, S, Kr, Hb, Fについてみられる。逆に、VDT作業で多くなっているのが2名、被験者JとKsである。そこでこの結果と

アンケート結果を比較したところ、VDT作業でのペンタプレットの操作に違和感を感じていたり、慣れていないVDT上での作業に疲労感を持った被験者ではα波は減弱し、それほど違和感を感じずVDT作業ができた被験者ではα波は増えてた。これらのことは、個人差はあるものの、学習者がペンタプレットを用いて情報入力機器を操作するという状態に緊張していることと、慣れ親しんだ紙面上でのシャープペンシルによる書き込みの方が精神的に安定していることを示していると考えられる。

閉眼時を100%とした各作業時のα波の増減比率

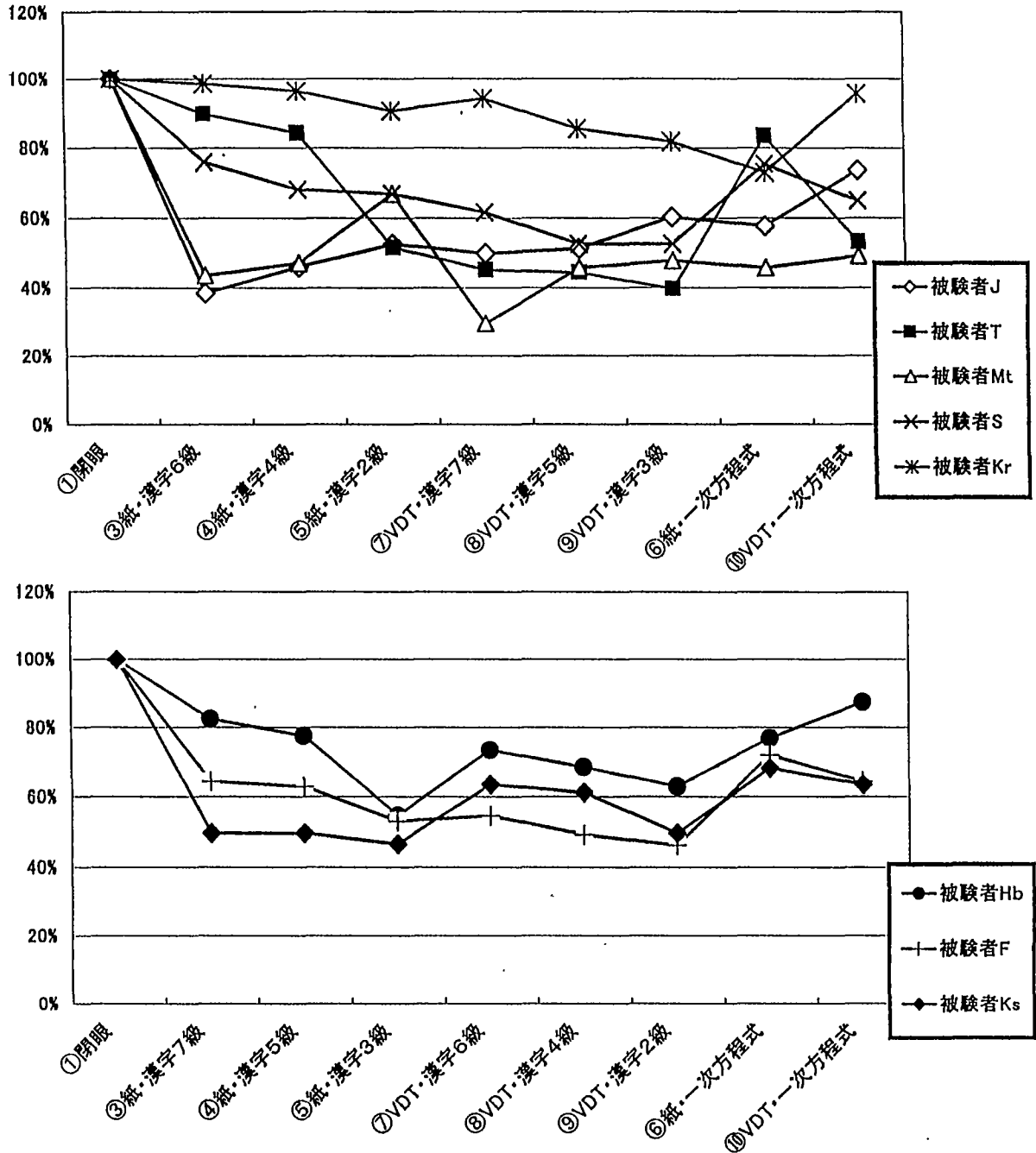


図3 各学習者の閉眼時を基準とした各作業時におけるα波増減比率

次に、一次方程式についてグラフの⑥と⑩で、それぞれの出題メディアについて比較をし、各被験者のアンケート結果と照らし合わせてみたが、一次方程式の実験結果において、個人差やアーチファクトが混入していることなどの妨げによって、有意な差を見分けることはできなかった。

続いて $\beta$ 波は一般に、脳の中でもっとも活発な精神活動をしている部位に優勢に現れるとされており、 $\beta$ 波の出現部位とその分布を観察することにより、学習者が脳のどの部分を使っていたかを分析することができることから、この $\beta$ 波に着目して比較を行った。

またマップ図から、各作業時において後頭部優位に出現しているのが一貫してみられる。これは、目を開けて出題メディアの紙面またはVDTや、問題文を眺めることによって、大脳の後頭葉に位置する視覚野を使っていたためであるといえる。

次に、漢字の書き取り時における周波数マップで、両側頭部に $\beta$ 波が優勢に出現しているのがわかる。一般的に左右の脳の機能から、漢字の書き取りにおいて、左側頭部の出現では、左脳の言語理解の活動からのもので、右側頭部の出現については、漢字をイメージ化して認識していたために、出現したのではないかと推測できる。

さらに一次方程式を解いている時のマップ図から、右側頭部のほうで活動がより活発であることがみられる。一般に普通の計算を行なっている場合では、言語中枢である左脳が活動して、左半球で $\beta$ 波が強く出現するが、別の被験者の場合では、大脳の右半球で活動が見られる。これは、左脳の言語操作では時間がかかるため、右脳のイメージ操作による計算でスピードアップをはかり、言語的な処理法ではなく、数そのものをイメージとして捉えていたのではないかと推測できる。

これらのように $\beta$ 波の出現分布で典型的な例をあげてきたが、 $\beta$ 波の出現には、各作業ごとに個別差が激しく、有意な差として同定するには困難な結果となった。その理由としては、筋電位や眼球運動からのアーチファクトが主な原因と考えられ、アーチファクト対策をさらに厳密にした実験を行い追試する必要がある。また、被験者データの少ないことも一つの要因として考えられる。

次に、集中の指標となるといわれているFm $\theta$ 波に着目し、各被験者のマップ図を比較することを試みた。

しかし本研究において、電極位置[Fz]で $\theta$ 波の含有量が多くなっているものはあるものの、波形を見ると、Fm $\theta$ 波と考えられるものは一人もいなかった。含有量が多

く現れた理由としては、各作業中において、筋電位によるアーチファクトが混入していたものと考えられる。また $\theta$ 波が一秒以上持続するものが見当たらず、今回の実験においてはFm $\theta$ 波が出現する被験者がいない結果となった。被験者データが少ないことが一番の要因と考える。

### 第3章 まとめ

以上のことから研究結果をまとめると次のようになる。

1. 従来の紙面上での学習とVDT上での学習とを比較するために漢字の書き取りを例にすると、個人差はあるものの慣れないVDT上での作業の方が一般的に緊張状態になる。具体的には、平均で $\alpha$ 波が紙面では約29%、VDTでは約42%減弱する。

2. 漢字の難易度の違いについて、一般的には難しくなると精神的負荷が多くなると言えるが、その学習者にとっての精神的負荷が大きくなり過ぎると、やる気、根気に限界が生じて、逆に緊張度が低下して次第にリラックス時の状態になり得ることもある。

3. 宣言的知識の学習と手続き的知識の学習の違いについては、脳の活動部位に着目して、宣言的知識を必要とする漢字の書き取りでは、漢字を言語的に理解するのと、漢字そのものの形状をイメージ化して認識するのを同時に行なっているのではないかと推察できる。一方、手続き的知識を必要とする一次方程式の課題では、一次方程式をより速く解こうとする場合に、普通の計算では言語中枢の左脳が処理するところ、右脳のイメージ操作による計算を行ない、数そのものをイメージとして捉えていたのではないかと考えられる。

しかし本研究においては、ペンタブレットやシャープペンシルを用いる「書く」という作業によって、筋電図によるアーチファクトが混入しやすい状態であったため、さらに信頼性の高い実験で検証する必要がある。

4. 今後の課題として、多くの被験者に対してより精密な分析データを増やし、より分析の精度を高める必要があると考えられる。また、脳波出現のパターンと学習する問題の質との相関分析を高度化する必要もあると考えられる。

参考文献

- 1) 嘉悦勲・内田熊男・須谷康一・井奥国彦・花田雅憲・外池光雄：記憶想起と脳波，臨床脳波，Vol.38，No.6 (1996)
- 2) 大橋力：マルチメディアと脳，電子情報通信学会論文誌D-II，Vol.J79-D-2，No.4 (1996)
- 3) 山本一郎・松岡成明：VDT作業時の脳波変動と精神負荷評価，臨床脳波，Vol.33，No.10 (1991)
- 4) 上野晴樹：知識工学入門，オーム社，p19(1990)
- 5) 石山陽事：脳波と夢，コロナ社(1990)
- 6) 末長和栄・岡田保紀：脳波標準テキスト，NEC メディアカルシステムズ(1998)
- 7) 七条文雄：脳機能検査，日本脳波筋電図技術講習会テキスト (日本脳波筋電図学会)
- 8) 石倉信作・山本貴則：脳波解析による製品機能評価 (インターネット：大阪府立産業技術総合研究所)
- 9) 外池光雄・山口雅彦・浜田隆史：人間行動認知評価技術 (インターネット：電子技術総合研究所)
- 10) 山本貴則・石倉信作：脳波の周波数解析による着用感覚評価 (インターネット：東洋紡 (株) 堅田研究所福岡研究室)

(平成13年1月31日原稿受理)

Title: A Comparison of Solving Process of Problems in Exercises by Frequency Analysis of Brain Wave

Yumi YAMAGUCHI (Faculty of Economics Wakayama University )

Haruhisa YAMAGUCHI (Faculty of Education Okayama University)

Abstract: In this paper, we describes the comparative experiments to the students on solving process of Problems on declarative knowledge ( Kanji dictations ) and procedure knowledge ( ichiji equation ) in Exercises in both in VDT works and on desktop works by Frequency Analysis of Brain Wave. The difficulties of Kanji dictations are various. And  $\alpha$  reduction rates in brain wave in each brain work ( Kanji dictations and ichiji equations ) were comparatively analysed. As the results, it was elucidated that VDT works are more impressive to the brain work than desktop works. And, by frequency Analysis of Brain Wave, the differences of  $\alpha$  reduction rate between individuals are recognized to be so high.

Keywords: Brain Wave, Media, Solusion of Learning Materials, Visual Display Terminal,  $\alpha$  Wave Blocking



資料1 (実験に用いた漢字検定問題)

○漢字の書き取り {漢検2級}

次の——線のカタカナを漢字に直して下さい。

- (1) 本物にコクジした複製品だ。
- (2) いろいろな問題をホウカツして協議したい。
- (3) 組織のスウヨウな地位にある。
- (4) 教会にソウゴンな楽の音が響く。
- (5) 芸能界ははやりのスタリが激しい。
- (6) 初志をツラヌくことが大切だ。
- (7) 南アルプスをトウハした。
- (8) 事後ショウダクが得られた。
- (9) 冬物処分のレンバイをしている。
- (10) 相手をイカクするような言動をとるな。

○漢字の書き取り {漢検3級}

次の——線のカタカナを漢字に直して下さい。

- (1) 部屋のモヨウがえをしました。
- (2) 身のケツバクを多くの人前で主張した。
- (3) 台所から米をトク音が聞こえる。
- (4) 要点をむだなくカンケツにまとめる。
- (5) あれは買ってすぐに壊れたとんだシロモノだ。
- (6) 郷土資料館で町のエンカクを調べた。
- (7) 夏の夜明かりをシタって虫がまいこんだ。
- (8) 被災地のメンミツな実地調査をする。
- (9) 祝典はセイカイのうちに無事終わった。
- (10) 雲が低くタレこめて雨の気配がする。

○漢字の書き取り {漢検4級}

次の——線のカタカナを漢字に直して下さい。

- (1) 幾多のナンカンを次々と突破してきた。
- (2) 最後にシツギ応答の時間をとります。
- (3) 今朝早く小包でユウソウした。
- (4) 国宝の仏像をオガませていただいた。
- (5) 互いに作品をヒヒョウし合う。
- (6) 状況を有利にミチビく最善の方法である。
- (7) 勇気をフルって役員に立候補しました。
- (8) 慣れた手つきで大きな機械をソウジュウする。
- (9) 表通りに店をカマえる。
- (10) チョメイな作家にサイン会を依頼することにした。

○漢字の書き取り {漢検5級}

次の——線のカタカナを漢字に直して下さい。

- (1) 台風はうずをマいて通り過ぎた。
- (2) 原のすみきった空気をスう。

- (3) 北からキビしい寒気がおりてくる。
- (4) 自然災害の不安をノゾく。
- (5) 町の資料館に昔の道具がテンジしてある。
- (6) 連休にはリンジの電車がが多い。
- (7) おたがいの人格をソンチョウする。
- (8) 軽はずみに人をウタガうな。
- (9) 家具のセンモン店を開いた。
- (10) シュダンを選んで目的を達する。

○漢字の書き取り {漢検6級}

次の——線のカタカナを漢字に直して下さい。

- (1) 今日の雨で川の水がフえる。
- (2) 虫歯をフセぐ方法について話し合う。
- (3) 梅雨時は特に身の回りをセイケツにする。
- (4) 集団食中毒のゲンインが分からない。
- (5) 分別収集でごみの減量にコウカがあった。
- (6) 野菜ができすぎても農家のリエキは少ない。
- (7) 米の消費量が減ってアマるようになった。
- (8) 農機具を使って広い畑をタガやす。
- (9) 学校でウサギをシクする。
- (10) 新聞ができるまでのカテイを見学する。

○漢字の書き取り {漢検7級}

次の——線のカタカナを漢字に直して下さい。

- (1) スだっていく六年生を送る会をする。
- (2) 気ショウ台が雪の情報を発表する。
- (3) 宇宙メダカの子ソンを育てる。
- (4) マツ葉づえについて歩行練習をする。
- (5) ダイオキシンのガイが問題になっている。
- (6) ショウ明器具を売る店をさがす。
- (7) 神社でお守りフダをもらう。
- (8) スキーナカ間と会うのが楽しみだ。
- (9) 電話は生活にカかせないものになった。
- (10) かみの毛をタバねてリボンをつける。

資料2 (実験に用いた一次方程式問題例)

$$\textcircled{1} \quad x - \{4(x+1) - 3\} = -(5x-3)$$

$$\textcircled{2} \quad 0 = -3 \{2 - (x+1)\}$$

$$\textcircled{3} \quad -(3x-2) + 4(x-2) = -(x+2)$$

$$\textcircled{4} \quad 4 \{2x+3(6-x) - 7\} - 3(x+2) = 3 \{x+3(6-x)\} - 5x$$

$$\textcircled{5} \quad -3x - \{2(x+2) + 2(-3+5x)\} = -2 \{5(1+2x) - 1\}$$