

# 脳波積分値に関するパイロット研究：基礎学力可視化のために

## A pilot study on integrated brain waves : Visualizing the development of basic academic proficiency

次世代教育学部教育経営学科

木戸 和彦

KIDO, Kazuhiko

Department of Educational Administration

Faculty of Education for Future Generations

創価大学ワールドランゲージセンター

福田 衣里

FUKUDA, Eri

Soka University

World Language Center

次世代教育学部教育経営学科

江原 智子

EBARA, Satoko

Department of Educational Administration

Faculty of Education for Future Generations

秋田県立大学総合科学教育研究センター

岡崎 弘信

OKAZAKI, Hironobu

Akita Prefectural University

Research and Education Center

**キーワード**：基礎学力，学士力，可視化，脳波 [ $\alpha + \theta$ ] 波積分値

**Abstract** : The purpose of this research is to examine how the integration values in brain waves vary when participants are taking achievement tests. The subsidiary aim is to explore the possibilities to quantify learning outcomes gained from undergraduate education through neuroscience.

**Keywords** : Basic scholarship, the ability of bachelor, visualization, integration value of the brain-waves [ $\alpha + \theta$ ]

### 1. はじめに

近年，多くの大学で，大学評価の結果を質の向上・改善・保証につなげるための仕組みを考案し利用している。しかし，国立大学法人および大学共同利用機関法人における教育研究の状況についての評価に関する検証結果から，多くの大学ではその試みが結果に結びついていないのが現状である（独立行政法人大学評価・学位授与機構，2009）。

その原因の一つは，社会が大学に求める「成果」の意味が，従来は教員中心の「教育結果」を意味していたのに対し，現在では学生中心の「学習成果（Learning Outcomes）」を意味したものに変化してきたことである（Tubaishat, et al., 2009）。

現在，多くの大学で，学習成果を可視化する為の主な尺度として，GPAを採用しているが，実社会での信頼度はそれほど高くはなく，「社会で通用する」新しい学習成果の可視化・発信の手法を開発する必要性に迫られている（Tubaishat, et al., 2009）。

このような背景から，我々は「学習成果の可視化」という課題について，単に点数のみでレベル分けやグラフ化をするのではなく，脳科学の面から，個人における学習成果の差異を何らかの形で可視化できるのではないかと考え，研究に着手することにした。本稿では，我々がパイロット的に行った実験の結果をもとに，各被験者の脳波に何らかの傾向性が認められるかどうかの考察を試みる。

周知のとおり，fMRI（functional Magnetic Resonance Imaging）やfNIRS（functional Near InfraRed Spectoroscopy）のような非侵襲的な手法・装置が発達してきたおかげで，近年，脳に焦点を当てた研究が活発に行われるようになってきた。我々も，ヒトの脳が異なる科目を学習する際，何らかの特徴的差異を示す可能性を探るために，fMRIやfNIRSよりも空間的な解像度は劣るが時間的な解像度では優位なEEG（Electroencephalogram）に注目し実験を行った。

本稿では，我々がパイロット的に行った英語・数

学・国語の基本問題解答時における脳波  $[a + \theta]$  波測定実験についての考察を試みる。なお測定は、木戸が三谷恵一博士（岡山大学名誉教授）から譲り受けた脳波  $[a + \theta]$  波積分値計測装置のソフトウェアを改良した機材を用いて行った。

## 2. 実験

脳内における学習処理過程の研究では、ある出来事に反応する脳波、事象関連脳電位（Event Related Potential：ERP）を用いた調査がしばしば行われている。しかし、ERPは微弱な脳波のため、そのままでは背景脳波に埋没してしまい計測が困難である。そのため、眼球運動やまばたき等のアーチファクトが混入したデータを除外した上で、数十回の加算平均処理を行う必要がある。しかし通常、記述式の試験は眼球を動かす行為や文字を書くような刺激を伴うものであり、本来コントロールすべき眼球運動によるアーチファクトが混入してしまう可能性が増大する。

このような理由から、我々は、ERPではなく、解答時における脳波  $[a + \theta]$  波積分値の推移を観察することで、脳波特性を明らかにできるのではないかと考えた。

### [被験者]

被験者Aは、20代男性、2012年3月に行われた基礎学力調査試験の正答率が、英語25%程度、数学50%程度、国語15%程度（本人の得意科目：数学、不得意科目：国語）の日本人大学生、右利きの健常者である。

被験者Bは、20代女性、同試験の正答率が、英語90%程度、数学90%程度、国語90%程度（本人の得意科目：数学、不得意科目：国語）の日本人大学生、右利きの健常者である。

被験者Cは、20代女性、同試験の正答率が、英語50%程度、数学90%程度、国語70%程度（本人の得意科目：数学、不得意科目：英語）の日本人大学生、右利きの健常者である。

また、機材の調整、実験の環境設定等を確認するため、2名の予備実験も行った。

### [実験方法]

被験者の左右前額部のFp1とFp2と両耳朶に脳波用

電極を装着する。5分間の安静時間のうち中学3年生～高校1年生レベルの英語・数学・国語それぞれの問題について、2ミリ秒ごとの計1分間計測を行った。

脳波積分値を利用した実験は、Kubo・Okanoya・Kawai（2012）や李・三谷・木村（1999）などで、また $\theta$ 波と第2言語という文脈ではNakano・Yoshida・Natsume（2007）で用いられた手法である。

### [[「ヒト」を対象とする研究における配慮]

本研究は「ヒト」を対象とする研究であり、被験者個人の尊厳及び人権を守るため、被験者は、実験前に研究協力依頼書、および同意書に署名をしている。

### [実験用教材]

本実験で用いた実験用教材は、毎年環太平洋大学で行っている基礎学力調査試験の過去問題から選抜した問題を利用することとした。

## 3. 結果と考察

### 3.1 同一被験者における異なる科目間の比較

#### －被験者A－

図1.1、1.2は被験者Aの英語・数学・国語それぞれの問題解答時の脳波  $[a + \theta]$  波積分値の時間的推移を表したものである。

表1.1と表1.2は被験者AのFp1（左前額部）とFp2（右前額部）の脳波  $[a + \theta]$  波積分値の各科目間の平均値と分散をそれぞれ比較したものである。

英語・数学間の脳波  $[a + \theta]$  波積分値の平均値では、Fp1、Fp2ともに有意差が確認された。また、分散については、Fp1に有意差があり、Fp2には有意差は確認されなかった。

数学・国語間の脳波  $[a + \theta]$  波積分値の平均値では、Fp1、Fp2ともに有意差が確認された。また、分散については、Fp1、Fp2ともに有意差が確認されなかった。

国語・英語間の脳波  $[a + \theta]$  波積分値の平均値では、Fp1に有意差があり、Fp2には有意差は確認されなかった。また、分散については、Fp1、Fp2ともに有意差が確認されなかった。

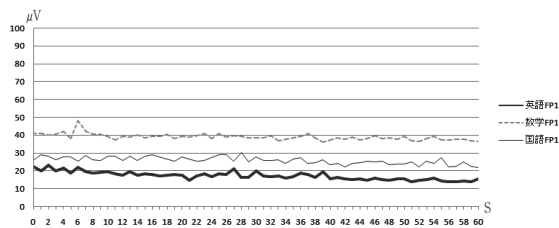


図 1.1 被験者Aの科目別Fp1の時間的推移

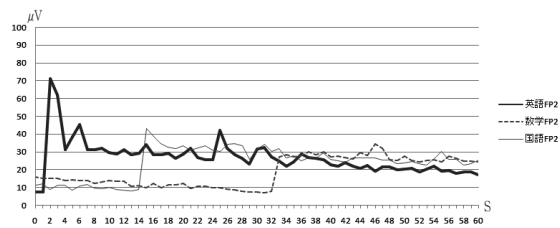


図 1.2 被験者Aの科目別Fp2の時間的推移

表 1.1 被験者Aにおける、Fp1の脳波  $[a + \theta]$  波積分値における科目間の比較

		Fp1					
				平均値の有意差検定		分散の有意差検定	
				脳波積分 値平均	脳波積分 値分散	P (T<=t) 片側	T境界値 片側
英語－数学	英語回答時	17.2	5.121	P<0.05	1.658	P<0.05	1.534
	数学回答時	39.0	3.291				
数学－国語	数学回答時	39.0	3.291	P<0.05		0.215	0.652
	国語回答時	25.8	4.041				
国語－英語	国語回答時	25.8	4.041	P<0.05		0.181	1.534
	英語回答時	17.2	5.121				

表 1.2 被験者Aにおける、Fp2の脳波  $[a + \theta]$  波積分値における科目間の比較

		Fp2					
				平均値の有意差検定		分散の有意差検定	
				脳波積分 値平均	脳波積分 値分散	P (T<=t) 片側	T境界値 片側
英語－数学	英語回答時	26.9	98.792	P<0.05	1.658	0.081	1.534
	数学回答時	18.6	68.715				
数学－国語	数学回答時	18.6	68.715	P<0.05		0.243	0.652
	国語回答時	24.1	82.308				
国語－英語	国語回答時	24.1	82.308	0.051		0.241	1.534
	英語回答時	26.9	98.792				

－被験者B－

図 2.1, 2.2 は被験者Bの英語・数学・国語それぞれの問題解答時の脳波  $[a + \theta]$  波積分値の時間的推移を表したものである。

表 2.1 と表 2.2 は被験者BのFp1（左前額部）とFp2（右前額部）の脳波  $[a + \theta]$  波積分値の各科目間の平均値と分散をそれぞれ比較したものである。

英語・数学間の脳波  $[a + \theta]$  波積分値の平均値では、Fp1に有意差はなく、Fp2に有意差が確認された。また、分散については、Fp1, Fp2ともに有意差

が確認された。

数学・国語間の脳波  $[a + \theta]$  波積分値の平均値では、Fp1, Fp2ともに有意差が確認されなかった。また、分散については、Fp1に有意差があり、Fp2には有意差は確認されなかった。

国語・英語間の脳波  $[a + \theta]$  波積分値の平均値では、Fp1に有意差はなく、Fp2に有意差が確認された。また、分散については、Fp1, Fp2ともに有意差が確認された。

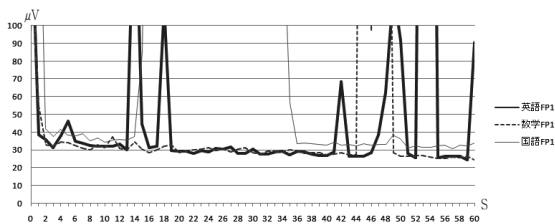


図 2.1 被験者Bの科目別Fp1の時間的推移

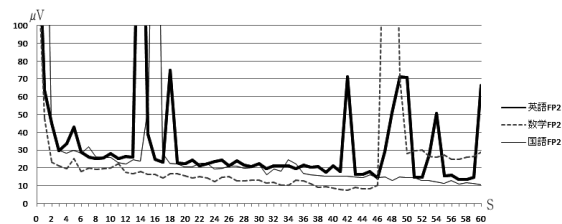


図 2.2 被験者Bの科目別Fp2の時間的推移

表 2.1 被験者Bにおける、Fp1の脳波  $[\alpha + \theta]$  波積分値における科目間の比較

		Fp1					
				平均値の有意差検定		分散の有意差検定	
		脳波積分値平均	脳波積分値分散	P (T<=t) 片側	T 境界値 片側	P (F<=f) 片側	F 境界値 片側
英語－数学	英語回答時	34.0	187.913	0.255	1.670	0	0.639
	数学回答時	40.1	4720.998				
数学－国語	数学回答時	40.1	4720.998	0.348	1.671	P<0.05	1.651
	国語回答時	36.5	80.396				
国語－英語	国語回答時	36.5	80.396	0.143	1.662	P<0.05	1.658
	英語回答時	34.0	187.913				

表 2.2 被験者Aにおける、Fp2の脳波  $[\alpha + \theta]$  波積分値における科目間の比較

		Fp2					
				平均値の有意差検定		分散の有意差検定	
		脳波積分値平均	脳波積分値分散	P (T<=t) 片側	T 境界値 片側	P (F<=f) 片側	F 境界値 片側
英語－数学	英語回答時	26.7	193.656	P<0.05	1.660	P<0.05	1.559
	数学回答時	18.5	104.278				
数学－国語	数学回答時	18.5	104.278	0.221	1.661	0.289	1.651
	国語回答時	19.9	87.913				
国語－英語	国語回答時	19.9	87.913	P<0.05	1.661	P<0.05	1.658
	英語回答時	26.7	193.656				

－被験者C－

図 3.1, 3.2 は被験者Cの英語・数学・国語それぞれの問題解答時の脳波  $[\alpha + \theta]$  波積分値の時間的推移を表したものである。

表 3.1 と表 3.2 は被験者CのFp1（左前額部）とFp2（右前額部）の脳波  $[\alpha + \theta]$  波積分値の各科目間の平均値と分散をそれぞれ比較したものである。

英語・数学間の脳波  $[\alpha + \theta]$  波積分値の平均値では、Fp1に有意差があり、Fp2には有意差は確認され

なかった。また、分散については、Fp1に有意差が確認されず、Fp2には有意差は確認された。

数学・国語間の脳波  $[\alpha + \theta]$  波積分値の平均値、分散は、ともにFp1, Fp2に有意差が確認された。

国語・英語間の脳波  $[\alpha + \theta]$  波積分値の平均値では、Fp1に有意差はなく、Fp2に有意差が確認された。また、分散については、Fp1, Fp2ともに有意差が確認された。

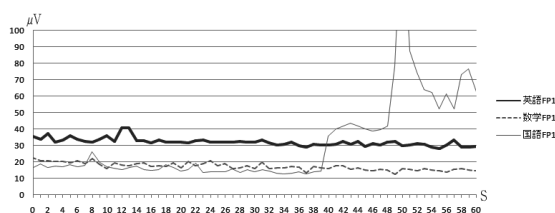


図 3.1 被験者Cの科目別Fp1の時間的推移

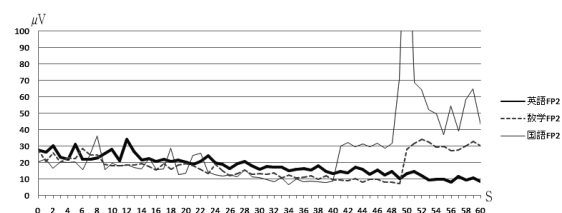


図 3.2 被験者Cの科目別Fp2の時間的推移

表 3.1 被験者Cにおける、Fp1の脳波 [  $\alpha + \theta$  ] 波積分値における科目間の比較

		Fp1					
				平均値の有意差検定		分散の有意差検定	
				P (T<=t) 片側	T境界値 片側	P (F<=f) 片側	F境界値 片側
英語－数学	英語回答時	32.0	5.764	P<0.05	1.658	0.285	1.534
	数学回答時	17.2	4.973				
数学－国語	数学回答時	17.2	4.973	P<0.05	1.671	0	0.651
	国語回答時	28.9	442.218				
国語－英語	国語回答時	28.9	442.218	0.135	1.670	0	
	英語回答時	32.0	5.764				

表 3.2 被験者Cにおける、Fp2の脳波 [  $\alpha + \theta$  ] 波積分値における科目間の比較

		Fp2					
				平均値の有意差検定		分散の有意差検定	
				P (T<=t) 片側	T境界値 片側	P (F<=f) 片側	F境界値 片側
英語－数学	英語回答時	18.1	35.012	0.485	1.658	P<0.05	0.652
	数学回答時	18.1	58.313				
数学－国語	数学回答時	18.1	58.313	P<0.05	1.664		0.651
	国語回答時	24.9	280.921				
国語－英語	国語回答時	24.9	280.921	P<0.05	1.666		
	英語回答時	18.1	35.012				

3.2 同一科目における異なる被験者間の比較

－英語－

図 4.1, 4.2 は被験者 A・B・C の英語問題解答時の脳波 [  $\alpha + \theta$  ] 波積分値の時間的推移を表したものである。

表 4.1 と表 4.2 は英語問題解答時の Fp1 (左前額部) と Fp2 (右前額部) の脳波 [  $\alpha + \theta$  ] 波積分値の被験者間の分散をそれぞれ比較したものである。

被験者 A・B 間の脳波 [  $\alpha + \theta$  ] 波積分値の分散については、Fp1, Fp2 ともに有意差が確認された。

被験者 B・C 間の脳波 [  $\alpha + \theta$  ] 波積分値の分散については、Fp1, Fp2 ともに有意差が確認された。

被験者 C・A 間の脳波 [  $\alpha + \theta$  ] 波積分値の分散については、Fp1 に有意差はなく、Fp2 に有意差が確認された。

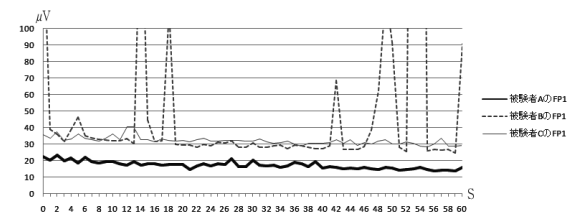


図 4.1 英語問題回答時の被験者別 Fp1 の時間的推移

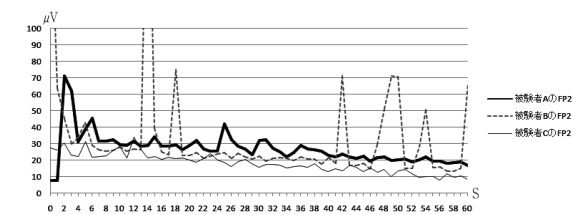


図 4.2 英語問題回答時の被験者別 Fp2 の時間的推移

表 4.1 異なる被験者における、英語問題回答時の Fp1 の脳波 [  $\alpha + \theta$  ] 波積分値の比較

		脳波積分値分散	P (F<=f) 片側	F境界値片側
被験者 A－被験者 B	被験者 A	5.121	P<0.05	0.647
	被験者 B	597.285		
被験者 B－被験者 C	被験者 B	597.285	P<0.05	1.546
	被験者 C	5.764		
被験者 C－被験者 A	被験者 C	5.764	0.324	0.652
	被験者 A	5.121		



表 4.2 異なる被験者における，英語問題回答時のFp2の脳波  $[a + \theta]$  波積分値の比較

		脳波積分値分散	P (F<=f) 片側	F境界値片側
被験者A－被験者B	被験者A	98.792	P<0.05	0.647
	被験者B	997.490		
被験者B－被験者C	被験者B	997.490	P<0.05	1.546
	被験者C	35.012		
被験者C－被験者A	被験者C	35.012	P<0.05	1.534
	被験者A	98.792		

#### －数学－

図 5.1, 5.2 は被験者A・B・Cの数学問題解答時の脳波  $[a + \theta]$  波積分値の時間的推移を表したものである。

表 5.1 と表 5.2 は数学問題解答時のFp1（左前額部）とFp2（右前額部）の脳波  $[a + \theta]$  波積分値の被験者間の分散をそれぞれ比較したものである。

被験者A・B間の脳波  $[a + \theta]$  波積分値の分散は、

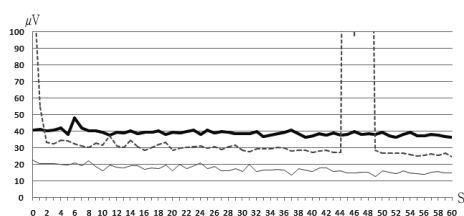


図 5.1 数学問題回答時の被験者別Fp1の時間的推移

Fp1に有意差があり，Fp2には有意差は確認されなかった。

被験者B・C間の脳波  $[a + \theta]$  波積分値の分散については，Fp1, Fp2ともに有意差が確認された。

被験者C・A間の脳波  $[a + \theta]$  波積分値の分散については，Fp1, Fp2ともに有意差が確認されなかった。

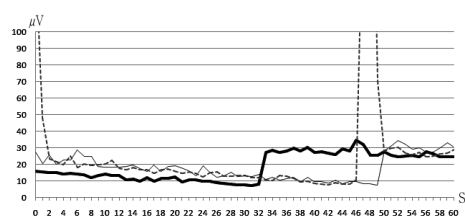


図 5.2 数学問題回答時の被験者別Fp2の時間的推移

表 5.1 異なる被験者における，数学問題回答時のFp1の脳波  $[a + \theta]$  波積分値の比較

		脳波積分値分散	P (F<=f) 片側	F境界値片側
被験者A－被験者B	被験者A	3.291	P<0.05	0.648
	被験者B	98.614		
被験者B－被験者C	被験者B	98.614	P<0.05	1.543
	被験者C	4.973		
被験者C－被験者A	被験者C	4.973	0.056	1.534
	被験者A	3.291		

表 5.2 異なる被験者における，数学問題回答時のFp2の脳波  $[a + \theta]$  波積分値の比較

		脳波積分値分散	P (F<=f) 片側	F境界値片側
被験者A－被験者B	被験者A	68.715	0.057	0.648
	被験者B	104.205		
被験者B－被験者C	被験者B	104.205	P<0.05	1.543
	被験者C	58.313		
被験者C－被験者A	被験者C	58.313	0.263	0.652
	被験者A	68.715		

#### －国語－

図 6.1, 6.2 は被験者A・B・Cの国語問題解答時の脳波  $[a + \theta]$  波積分値の時間的推移を表したものである。

表 6.1 と表 6.2 は国語問題解答時のFp1（左前額部）とFp2（右前額部）の脳波  $[a + \theta]$  波積分値の被験者間の分散をそれぞれ比較したものである。

被験者A・B間の脳波  $[a + \theta]$  波積分値の分散に

については、Fp1に有意差があり、Fp2には有意差は確認されなかった。

被験者B・C間の脳波  $[a + \theta]$  波積分値の分散に

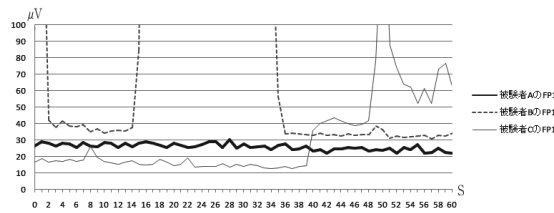


図 6.1 国語問題回答時の被験者別Fp1の時間的推移

については、Fp1、Fp2ともに有意差が確認された。

被験者C・A間の脳波  $[a + \theta]$  波積分値の分散については、Fp1、Fp2ともに有意差が確認された。

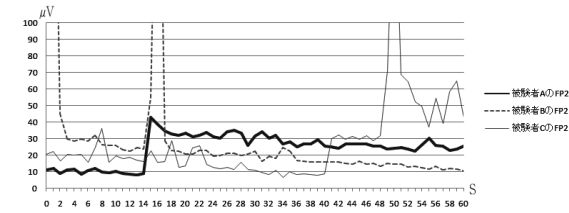


図 6.2 国語問題回答時の被験者別Fp2の時間的推移

表 6.1 異なる被験者における、国語問題回答時のFp1の脳波  $[a + \theta]$  波積分値の比較

		脳波積分値分散	P (F<=f) 片側	F境界値片側
被験者A－被験者B	被験者A	4.041	P<0.05	0.626
	被験者B	80.396		
被験者B－被験者C	被験者B	80.396	P<0.05	0.607
	被験者C	442.218		
被験者C－被験者A	被験者C	442.218	P<0.05	1.536
	被験者A	4.041		

表 6.2 異なる被験者における、国語問題回答時のFp2の脳波  $[a + \theta]$  波積分値の比較

		脳波積分値分散	P (F<=f) 片側	F境界値片側
被験者A－被験者B	被験者A	82.308	0.403	0.626
	被験者B	87.913		
被験者B－被験者C	被験者B	87.913	P<0.05	0.607
	被験者C	280.921		
被験者C－被験者A	被験者C	280.921	P<0.05	0.651
	被験者A	82.308		

### 3.3 考察

以上の結果から次のようなことが考えられるかもしれない。

1) 基礎学力試験の点数が平均的に良い被験者は、科目間のFp1平均値に有意差がなく、分散に有意差が確認されたが、点数が下がるにつれ、科目間のFp1平均値に有意差が現れた。逆に分散には有意差がなくなっていく傾向が見られた。

このことから、点数の良い被験者においては、得意科目では脳が活性化し、不得意科目では活性化しづらいように思われる。また、点数が良くない被験者においては、問題を解く際、全体的に脳が活性化しづらく、苦手科目への苦手意識が影響するのかもしれない。

2) 被験者AとBについて、英語・数学・国語の各科目において、分散のFp1に有意差が確認されたこと

から、基礎学力試験の点数とFp1の値に何かしらの関係性があるのではないかと考えられる。

### 4. まとめ

以上のように、英語・数学・国語の基本問題解答時の脳波特性についてパイロット的に実験を行った。

当初、解答する問題が不得意科目の場合に脳が活性化し、得意科目の場合に活性化しづらいと予想していたが、全く逆の結果となった。また、今回は被験者が3名と限られたなかでの実験であったが、今後長期にわたり、データを蓄積、分析することで、より細かい傾向性を見出すことが可能となるかもしれない。

いずれにしても、脳波特性を知ること、より効率的な学習法や苦手科目の学力向上法など様々な部分に応用できると考えられる。

本研究をスタートとして、発展的な研究へ進められるように、引き続き研究に取り組んで参りたい。

## 参考文献

- Kubo, K., Okanoya, K., & Kawai, N. (2012). Apology isn't good enough: An apology suppresses an approach motivation but not the physiological and psychological anger. *PLoS one*, 7 (3), e33006.
- Nakano, H., Yoshida, N., & Natsume, K. (2007). Analysis of EEG pattern measured at eight electrodes on L2 English rhythm acquisition. *Language Education and Technology*, 44, 155-167.
- Tubaishat, A., Lansari, A., & Al-Rawi, A. (2009). E-Portfolio Assessment System for an Outcomes-Based Information Technology Curriculum. *Journal of Information Technology Education; Innovation in Practice*, 8, 43-54
- 齋藤聖子, 中畝菜穂子, 三田地真実 (2010), 学習成果可視型シラバス作成支援システムの開発ー学習成果の可視化への試みー, 大学評価・学位研究, 第11号, PP. 47-48