

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 6 月 1 日現在

機関番号：17104

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2010～2011

課題番号：22650205

研究課題名（和文） 「飽き」の指標となる脳波はあるか？

研究課題名（英文） Is there any brain wave signal indicating the bored state of the humans?

研究代表者 夏目 季代久 (KIYOHISA NATSUME)

九州工業大学・大学院生命体工学研究科・教授

研究者番号：30231492

研究成果の概要（和文）：

2種ある好奇心のうち、退屈より生じる拡散的好奇心の研究はほとんど見られない。そこでヒトが拡散的好奇心を感じる時、つまりヒトが「飽き」を感じる時の脳波を測定した。

実際には英語リズム学習教材を繰り返し学習し、脳波を頭皮上8点から測定した。学習教材を4-6回ほど繰り返すと被験者は飽き、また $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 波の脳波はそれより前から減少した。また前後頭部の $\alpha$ 波コヒーレンスが減少した。また $\theta$ 波は変化しなかった。以上の結果より、 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 波パワー及び $\alpha$ 波コヒーレンスが「飽き」を示す脳波指標の候補となる。さらに、ドライ電極の開発を行い、ゲル電極と比較し、その問題点を明らかにした。

研究成果の概要（英文）：

English rhythm instruction materials (RIM) encourage you to learn English rhythm. But when you repeat the same lesson many times, you will become bored. Then, what happens for brain waves? Do some brain waves change? To clarify that point, we measured the electroencephalogram (EEG) of the learners during their repeating the same lesson of the RIM. We also ask them to raise their hands when they felt bored. Time-frequency analysis using fast Fourier transformation of their EEG's showed that the powers of  $\alpha$  (8-12 Hz),  $\beta$  (8-30 Hz), and  $\gamma$  (30-50 Hz) waves at first kept constant and decreased after some while during the lesson. After the decrease in the EEG power the subjects raised their hands. On the other hand, the power of  $\theta$  wave (4-8 Hz) did not change. These results suggest that the decrease in the powers of  $\alpha$ ,  $\beta$ , and  $\gamma$  waves will be the sign for the subject's boredom.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,500,000	0	1,500,000
2011年度	1,400,000	420,000	1,820,000
年度	0	0	0
年度	0	0	0
年度	0	0	0
総計	2,900,000	420,000	3,320,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学、教育工学

キーワード：脳波、飽き、家庭教師ロボット、特殊的好奇心、拡散的好奇心、英語リズム学習教材、 $\alpha$ 波、 $\beta$ 波

## 1. 研究開始当初の背景

好奇心はヒトとヒトとのコミュニケーション時に重要であるが、ヒトとロボットの共生を考えるにあたって、お互いに関心を持つ事でコミュニケーションが始まるので重要なファクターである。現在のロボットはある目的のためにのみプログラムされ、その他の世界に好奇心を持つ機能は備えられていない。この事はヒトと共生するにあたって重大な障害になる。またロボットに好奇心があれば注意を向ける対象も決まり、対象が決まれば、次にどのような行動を取るか決める事が出来る。

心理学の分野では好奇心には、特殊的好奇心と拡散的好奇心の 2 種類があると提案されている。特殊的好奇心は自分が予想した事と実際起こった事にずれが生じている時、特定の環境の特定の性質や関係を代表する情報を取得・追及する傾向の事である。一方で、退屈ないし情報への飢えより生じ、はっきりした方向性をもたず幅広く情報を求める傾向の事を拡散的好奇心と呼ぶ。神経科学の分野では好奇心は新奇的な刺激を用いた実験を用いて調べられており、脳内器官の海馬と線状体が関与する事が、動物を用いた電気生理実験やヒトを用いた機能的 MRI の実験から明らかにされている。ヒトの脳波  $\theta$  波が好奇心を持っている時に出現する事も分かっている。研究代表者が以前行った動物を用いた研究から  $\theta$  波出現中、脳内の神経回路が可塑的に変化しやすい事が明らかになっている。新奇な刺激が提示された場合、 $\theta$  波が出現しやすい事は、好奇心を持っている時、ヒトは、その時入力される刺激を受け入れるよう脳は変化しようとしている、と考えられる。さらにヒトに新奇な刺激を与えると、その刺激が起こった後 300 ミリ秒後に生じる正の事象関連電位 (P300) が特徴的に観察されている。また、その時、脳全体が賦活している事も分かっている。

これらは、主に特殊的好奇心を研究している。つまりヒト、動物を用いた神経科学研究は、主に特殊的好奇心が研究対象になっている。しかし前記したように、好奇心には、さらに拡散的好奇心がある、ヒトは同じ刺激が繰り返されると、脳全体の活性化が減少し、その結果、「飽き」が生じ、異なる刺激を求める傾向がある。この傾向は感覚神経などでも見られ、「飽き」は、それら末梢で起こる現象が中枢で起こった結果であろうと考えられる。新奇な刺激に対する応答は特殊的好奇心を、一方「飽き」は拡散的好奇心を測定している事になると考えられる。これまでの研究でヒト、動物の拡散的好奇心と考えられる、「飽き」の状態を調べた研究はほとんど無い。

本研究では、拡散的好奇心に対応する脳波が存在するか、調べるものである。2 年間の研究期間中に、その脳波特徴を探し出し、最終的には被験者が飽きている状態か予測したいと考えている。

一つのものにこだわらずに臨機応変に対応する拡散的好奇心であるが、ヒトの教育分野では、一つの事に集中する事で成果が期待できるとされる。従って、学習の場合、被学習者の「飽き」を検出する事は非常に重要である。今回の結果を、脳波を用いたブレインコンピュータインターフェースによる学習システムへ応用すれば、多大な威力を発揮するものと思われる。

## 2. 研究の目的

心理学の分野で好奇心には特殊的好奇心と拡散的好奇心の 2 種類が提案されている。このうち、特殊的好奇心の研究は、動物、ヒトを用いて新規刺激環境での反応を見る事で盛んに研究されている。しかし一方、退屈ないし情報への飢えより生じ、はっきりした方向性をもたず幅広く情報を求める傾向の拡散的好奇心の研究はほとんど無い。本研究では、ヒトにおける拡散的好奇心は、前の作業に対する「飽き」として発現すると考え、ヒトが「飽き」を感じる時の脳波を測定するのである。本研究により、脳波により、ヒトの「飽き」が検出されれば、学習者の「飽き」を検出し、「飽き」が来ない学習教材を提供するシステム構築に役立つものと期待される。

## 3. 研究の方法

### 3-1. 脳波記録法

4 人の健康な男子 (平均年齢  $24 \pm 2$  歳) で実験を行った。まず 30 秒間開眼平静時の脳波をコントロール脳波として記録した。その後、被験者は英語リズム教材 (RIM) のうちの一つを行った。RIM は被験者の目の前のモニターに英語のテキストが表示されると共に、英語教師の音声の流れ、その音声に従って発音する物である。今回使用した RIM は、Graham が開発して中野が改変した者で有り、英語教師の音声と共に、ジャズのビートが同時に鳴る。

被験者は同じ RIM を 15 回繰り返さなくてはならない。その時間は 1000 秒であった。その中で、もし飽きたならば、手を挙げるように被験者には指示をした。その時、図 2 のような 8 カ所から脳波を測定した。脳波は、デジテックス研究所の増幅器で 1000 倍に増幅した後、0.5-100Hz でフィルターし、パソ

コンに、1 k Hz で記録した。記録には松山アドバンス社製の LabDAQ 信号記録ソフトを用いた。

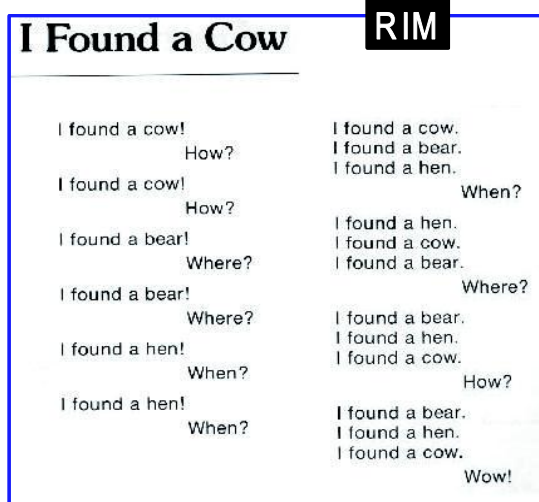


図 1 : RIM で用いた一つの教材

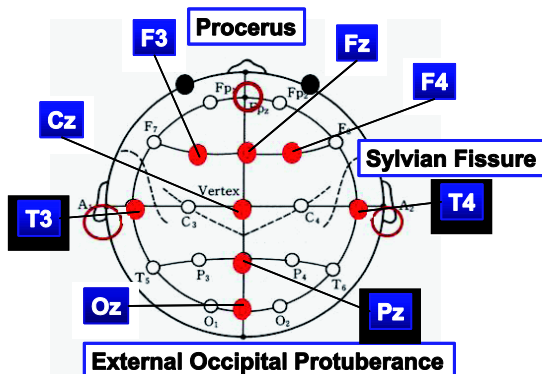


図 2 : 10/20 法を元にした脳波測定場所

### 3-2. 解析方法

時間周波数解析では、Matlab (マスワークス社製) で動く EEGLab を用いて、短時間 FFT 解析を行った。512 ミリ秒の時間窓で FFT を計算し、その時間窓を 256 ミリ秒ずつずらした。その時間窓内のスペクトル密度から、コントロール波形の FFT スペクトル密度を差し引き、残りのスペクトル密度をデータとした。またその密度の時間変動が大きいのので、70 秒ずつ加算平均した。最後に、周波数毎に ( $\theta$  波 4-8Hz,  $\alpha$  波 8-14Hz,  $\beta$  1 波、14-16Hz,  $\beta$  2 波 16-24Hz,  $\beta$  3 波 24-30Hz,  $\gamma$  波 30-50Hz) 積分し、各の脳波のパワー値とした。

### 3-3. 開発したドライ電極の評価

3-1 の脳波測定は従来法によるものであるが、従来の脳波測定では、測定用銀皿電極

を被験者に装着する際に電導性ゲルを頭皮と電極の間に塗る必要がある。そのため被験者の頭皮や髪にゲルが付着し測定終了後の処理が面倒である。脳波測定におけるこの操作は、脳波測定電極の実用化の弊害になっており、こうした手間を省くためにドライ電極の開発をインタークロス社の協力の下、進めた。



図 3 : ドライ電極。サイズ比較のため右下に 10 円玉を置いている。

今回使用するドライ電極(図 3)は、国際 10-20 法に基づいた配置の内、C3、Cz、C4 にあたる部位で測定を行った。

被験者 3 名に、今回作成したゲームをドライ電極またはゲル電極を装着した状態で 30 秒間プレイしてもらった。この操作を 3 回行ってから両電極で測定された脳波を高速フーリエ変換によって解析し、 $\delta$  波を除く 3 種類の脳波の平均パワーを求めた。また開眼及び閉眼時の脳波測定を行い比較した。

## 4. 研究成果

### 4-1. 繰り返し RIM 学習を行った時の脳波変化

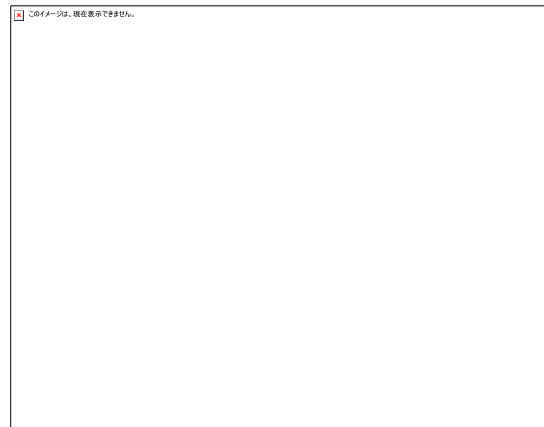


図 4 : 脳波電極各場所におけるパワー値の変化

$\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  種の RIM 学習が始まると徐々にパワー値は上昇した。4 回目くらいの学習から、それらのパワー値は大きく減少し始め、8 回目くらいで定常値に落ち着いた (図 4)。この傾向は、どの電極位置でも観察された。一方で、 $\theta$  波の変化は場所によって異なり、ほとんど変化しないか、変化しても、その変化は小さかった。全ての被験者について、落ち始める時間を時間 0 として、その 50 秒前から 200 秒後のパワー値の経時変化をプロットすると、図 5 のように減少した。またその中で、 $\theta$  波の減少は小さかった。手を挙げるタイミングとパワー値の変化を見ると、波形のパワー値が減少し始めた後に、被験者は手を挙げた (図 6)。以上の結果は、被験者の脳波パワー値の変化が起こり、被験者は「飽き」を感じている事を示唆する実験結果である。

脳波のパワー値が変化と「飽き」を感じて手を挙げるタイミングがずれるのは、脳内の神経活動の変化を意識するのに時間がかかるのではないかと考えている。

今後は、被験者の「飽き」ている状態をより客観的にみるために、繰り返し学習中の視線の変化、RIM 学習のパフォーマンス変化などを測定していく予定です。

今回、明らかになった「飽き」る時に脳波変化を用いれば、学習者が飽きた時に、教材が変わる、より効率的に英語リズム学習が可能な e-ラーニングシステムを開発できると考えている。

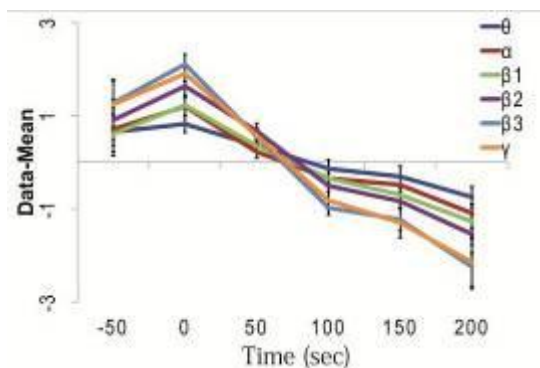
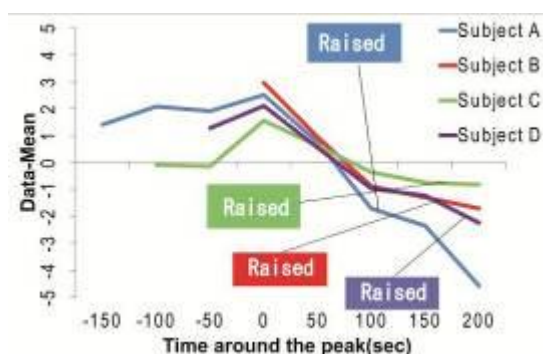


図 5 : 各脳波パワー値の減少開始ピークで揃えた図

図 6 : 被験者毎にパワー値の減少と飽きたと



手を挙げた時とのタイミングについて。“Raised”は、各被験者が手を挙げた事を示す。

#### 4-2. 開発したドライ電極と従来のゲル電極の性能比較

ゲル電極・ドライ電極で検出された脳波のパワーを解析した結果を図 7、8 に示す。ゲル電極で測定すると、ゲーム中は、C3, C4 部位で  $\alpha$  波に比べて  $\theta$  波、 $\beta$  波が出現している事が分かった (図 7)。ドライ電極でもゲル電極で測定した結果と類似する結果が得られた (図 8) が、 $\beta$  波のパワー値がゲル電極で測定した時に比べて比較的低い傾向があった。まだ例数が少ないので、今後、例数を増やし確認していきたい。

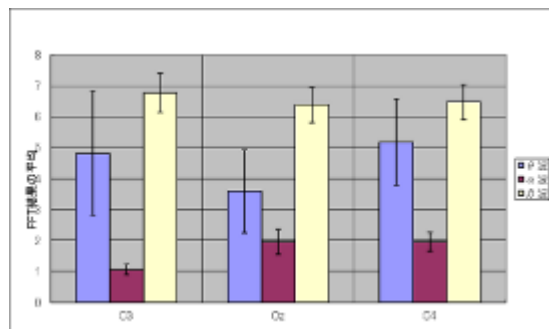


図 7 : ゲル電極を用いて測定した脳波のパワー (1 被験者からの測定例)。棒グラフは左から  $\theta$  波、 $\alpha$  波、 $\beta$  波のパワー値を示す。

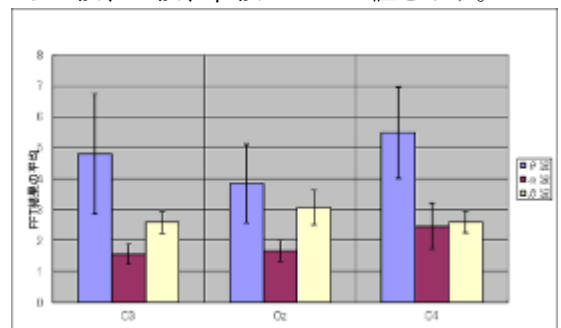


図 8 : ドライ電極を用いて測定した脳波のパワー (1 被験者からの測定例)。棒グラフは左から  $\theta$  波、 $\alpha$  波、 $\beta$  波のパワー値を示す。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 4 件)

- ① 岡本達也、夏目季代久、「ブレイン・コンピュータ・インターフェースを用いたゲームの実用化に向けて」、NLP 研究会 (長崎・五島) 信学技報、査読無、Vol. 111 (498), 2012, pp. 131-135.
- ② Tsuma Katayama, and Kiyohisa Natsume, ”The Change in EEG When You Are Bored” ,

The proceedings of NCSP' 12 (CD-ROM),  
査読有、2012, pp.499-502.

- ③ 中野秀子、夏目季代久、“英語リズム教材による学習と脳波変化の特徴ービート音の効果ー”、Computer & Education、査読有、Vol.13、2011、pp.88-93.
- ④ Tsuma Katayama, and Kiyohisa Natsume, “Repeated learning of the same material changes the power of alpha and beta waves in human electroencephalography study” , 査読有、Neurosci. Res. Vol.71suppl., 2011, e390.

[学会発表] (計3件)

- ① 岡本達也、夏目季代久、「ブレイン・コンピュータ・インターフェースを用いたゲームの実用化に向けて」、NLP 研究会、2012年3月、福江文化会館(長崎)
- ② Tsuma Katayama, and Kiyohisa Natsume, ”The Change in EEG When You Are Bored” , NCSP' 12(Hawaii, USA) March in 2012.
- ③ Tsuma Katayama, and Kiyohisa Natsume, “Repeated learning of the same material changes the power of alpha and beta waves in human electroencephalography study” , Neuro2011 (Yokohama, Japan) September in 2011.

[その他]

ホームページ等

<http://www.brain.kyutech.ac.jp/~natume/>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

夏目 季代久 (NATSUME KIYOHISA)

九州工業大学・大学院生命体工学研究科・  
教授

研究者番号：30231492