

# 英文読解が脳に与える負荷の脳波解析を用いた定量的評価

小林崇徳<sup>†1</sup> 土田泰子<sup>†2</sup> 外山茂浩<sup>†1</sup> 竹部啓輔<sup>†1</sup>

**概要:** 英語力を評価する際に用いられる資格試験などは結果が出るまでに時間がかかり、判定も総合的となる。また、読解力などの一部の能力を厳密に分析する場合は他の試験方法が必要となる。被験者に英文を読ませて難しく感じるかを調査することによる読解力の評価は主観的かつ定性的でありその判定制度には限界が生ずる。そこで、本研究では被験者の脳波を用いて英文読解力の定量的評価を試みている。その基本的な妥当性を検証する実験を行った結果、 $\alpha/\beta$  値 ( $\beta$  波に対する  $\alpha$  波の比率) の変化率のピークが、被験者の英文読解レベルに適合する傾向が見受けられた。

## Quantification of Brain Work for English Reading with Electroencephalogram Analysis

TAKANORI KOBAYASHI<sup>†1</sup> YASUKO TSUCHIDA<sup>†2</sup>  
SHIGEHIRO TOYAMA<sup>†1</sup> KEISUKE TAKEBE<sup>†1</sup>

**Abstract:** General qualifying examinations for English ability need much time to evaluate and usually they are total diagnosis of the ability. To conduct more strict evaluation of the specific ability, such as the comprehensive ability in reading, other methods are required. And it is not objective to estimate such reading ability by evaluating examinee's feeling of difficulty. Therefore, this paper suggests an evaluation of reading ability with electroencephalogram analysis. Experiments which use graded books for extensive reading were carried out in order to investigate the basic effectiveness of our approach. As a result, it can be seen that the peak value  $\alpha/\beta$  tends to match the level of examinees' reading ability in English.

### 1. 諸言

個人の英語力を評価する場合には、一般的に TOEIC テストや英検などの試験を利用することが考えられるが、実施から結果が出るまでに時間がかかり、その評価も総合的な判定となる。一方で、英語多読は難易度別にレベル分けされた本により自分に合ったレベルの英語を読み進めるが、そのレベル判定は学習者の主観や指導者の経験に基づいて行われている。つまりこの過程における英語多読本のレベルの判定は人間の主観による定性的な手法である。そこで、英語の読解力のレベルを知りたい場合などにおける即時的かつ定量的な分析方法による判定法が求められている。

本研究では、英文の難易度の違いが学習者に与える負荷について、生体信号の一つである脳波を用いた客観的な定量分析方法を検討し、その特性について明らかにすることを目的とする。本報告では、「被験者に加わる負荷が英文の難易度により変化する」という仮説を立て、英文読解前後の  $\beta$  波に対する  $\alpha$  波の比である  $\alpha/\beta$  値を解析した結果を報告する。

### 2. 基礎理論

#### 2.1 脳波 (ElectroEncephaloGraphy, EEG)

脳波とは、脳が行う活動を電位変化として捉えるものである。また、脳波の大部分を形成する脳波を基礎律動という。たとえば、リラックスしている時の基礎律動は  $\alpha$  波となる。表 1 に脳波に含まれる周波数別の名称と、その簡単な特徴を示す。

表 1 周波数帯ごとの脳波分類

Table 1 Categories of EEG by frequency bands

名称	周波数帯	特徴
$\delta$ 波	1-4Hz	熟睡, 昏睡
$\theta$ 波	4-8Hz	入眠, 微睡
$\alpha$ 波	8-13Hz	リラックス, 安静時など
$\beta$ 波	13Hz-	緊張, 心配

表 1 から分かるとおり、脳波解析においてリラックスの程度を知りたいときは  $\alpha$  波、ストレスや緊張の程度を知りたいときは  $\beta$  波に注目して解析を行えばよいと考えられる。 $\alpha$  波はリラックスしている時に出現するが、安静・覚醒・閉眼状態において現れるので  $\alpha$  波を用いた解析においては閉眼している必要がある。また  $\beta$  波に関しては、ストレス

<sup>†1</sup> 長岡工業高等専門学校電子制御工学科  
National Institute of Technology Nagaoka College, Electric Control Dept.

<sup>†2</sup> 長岡工業高等専門学校一般教育科  
National Institute of Technology Nagaoka College, General Education Dept.

や緊張があると増加するのではなく、ストレスや緊張によって  $\alpha$  波が大きく減衰し、相対的に  $\beta$  波が目立つものであるとされる。

## 2.2 脳波の測定方法

脳波の測定は生体信号収録装置 PolymateV (図 1, (株) ミュキ技研) を用いて行う。脳波の測定に用いる電極は、小型 ACT 生体電極 (図 2, (株) ミュキ技研) を使用する。主に皮膚上に装着し、インタフェース (図 3, (株) ミュキ技研) を介して生体から発生する脳波を測定する。頭皮の角質を落とし、測定用電極を測定部に貼り付け、脳波を検出する。電気的に不活性とされている耳朶を基準電極とした各電極の電位差をその電極の波形として検出し、平均電位との相対的な電位差を出力する AV 法を用いて行う。電極配置は国際 10-20 法 (図 4) を簡略化した独自の電極配置 (図 5) で行う。測定で得られる脳波の例を図 6 に示す。

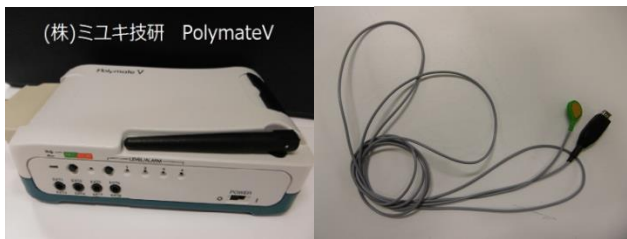


図 1 生体信号収録装置 図 2 頭皮脳波用電極

Figure 1 Biosignal Amplifier System

Figure 2 Electrodes for EEG measurement



図 3 インタフェース

Figure 3 Interface

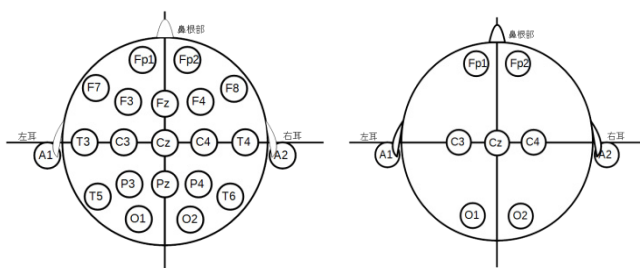


図 4 国際 10-20 法

Figure 4 Electrodes Arrangement with International 10-20 system

for EEG

図 5 簡略化した電極配置

Figure 5 Simplified Arrangement of Electrodes

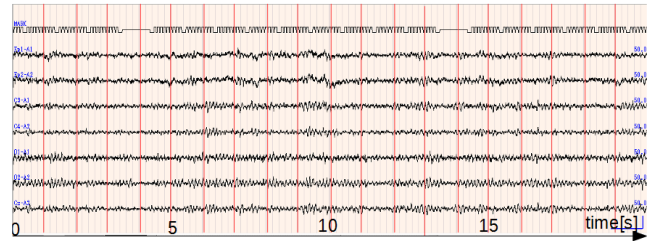


図 6 脳波の測定例

Figure 6 Measurement sample of EEG

## 3. 実験・実験方法

本実験では難易度が異なる英文を読んだ時の脳波の違いを比較し、英文読解の負荷が脳波に及ぼす影響を検証する。測定開始から 30 秒間英文の読解、その後 30 秒間閉眼し安静という流れで行い、1.安静状態、2.初級レベル (TOEIC スコア 250 点未満相当) の英文、3.中級レベル (TOEIC スコア 250~400 点相当) の英文、4.上級レベル (TOEIC スコア 600 点相当) の英文を読んだ時の脳波を測定する。前章で述べたように今回は、一般的な電極配置である国際 10-20 法を簡略化した電極配置で行う。AV 法は全電極の平均電位との相対電位差を出力するため、配置する電極は、脳波測定における主要な電極として前頭極 (Fp1, Fp2)、中心部 (C3, C4)、後頭部 (O1, O2)、耳朶 (A1, A2)、正中中心部 Cz とした。以後、 $\alpha$  波が優位に出現するとされている後頭部電極 (O1, O2) に着目して評価する。

## 4. 評価方法

### 4.1 フーリエ変換による $\alpha/\beta$ 値の評価

脳波の時系列データから、アーチファクト (眼振等) の影響がない区間を対象にフーリエ変換を施すことで得られる周波数スペクトルを解析する。本手法では  $\alpha$  波の定義区間と  $\beta$  波の定義区間における総面積を台形公式により算出し、面積  $\alpha/\beta$  値を指標に閉眼の前後で評価を行う。ここでは  $\alpha$  波の定義区間を 8 から 13[Hz]、 $\beta$  波の定義区間を 13 から 40[Hz]とした。

7 名の被験者に対して実験を行い、 $\alpha$  波が優位に出現するとされている後頭部電極 (O1, O2) の閉眼前後の  $\alpha/\beta$  値を被験者ごとに図 7 から図 13 に示す。

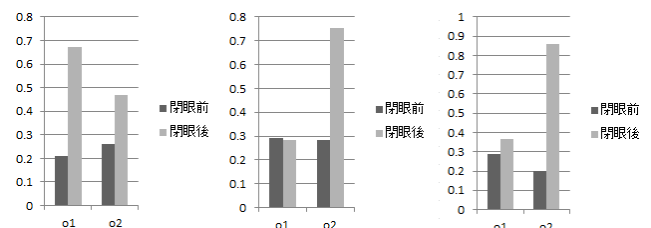


図 7 被験者 A の閉眼前後の  $\alpha/\beta$  値

Figure 7 Value  $\alpha/\beta$  before and after closing eyes of Examinee A

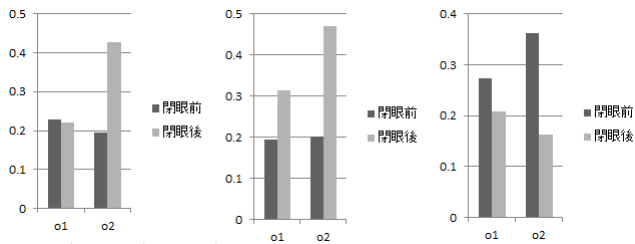


図 8 被験者 B の閉眼前後の  $\alpha/\beta$  値  
Figure 8 Value  $\alpha/\beta$  before and after closing eyes of  
Examinee B

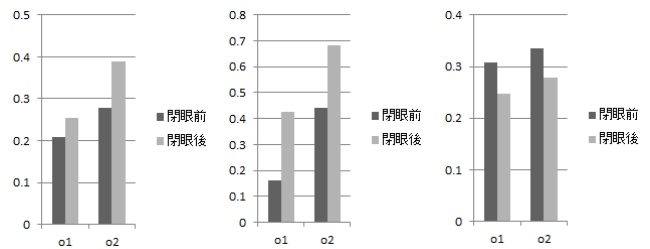


図 12 被験者 F の閉眼前後の  $\alpha/\beta$  値  
Figure 12 Value  $\alpha/\beta$  before and after closing eyes of  
Examinee F

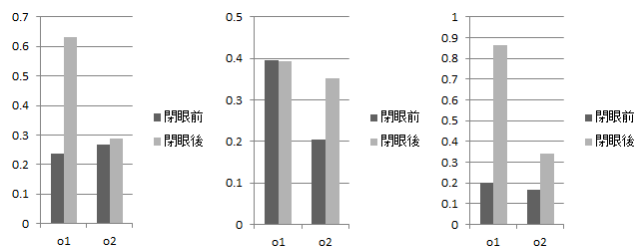


図 9 被験者 C の閉眼前後の  $\alpha/\beta$  値  
Figure 9 Value  $\alpha/\beta$  before and after closing eyes of  
Examinee C

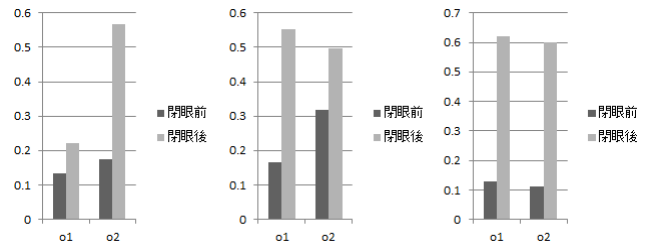


図 13 被験者 G の閉眼前後の  $\alpha/\beta$  値  
Figure 13 Value  $\alpha/\beta$  before and after closing eyes of  
Examinee G

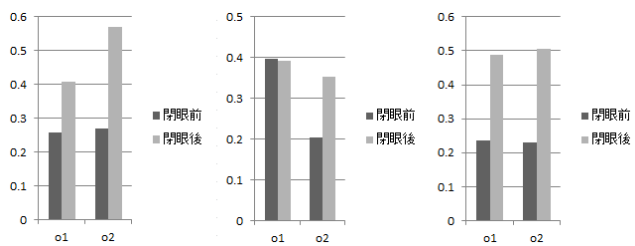


図 10 被験者 D の閉眼前後の  $\alpha/\beta$  値  
Figure 10 Value  $\alpha/\beta$  before and after closing eyes of  
Examinee D

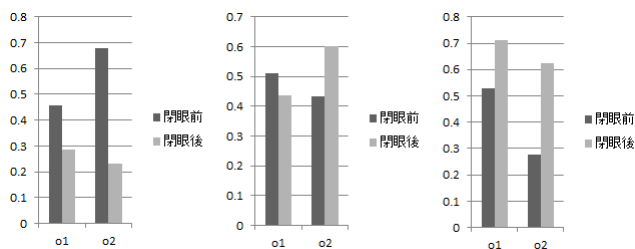


図 11 被験者 E の閉眼前後の  $\alpha/\beta$  値  
Figure 11 Value  $\alpha/\beta$  before and after closing eyes of  
Examinee E

次に、閉眼前に対する閉眼後の  $\alpha/\beta$  値の比率を閉眼前後の変化率として算出する。同様に、 $\alpha$  波が優位に出現するとされている後頭部電極 (O1, O2) の閉眼前後の  $\alpha/\beta$  値の変化率の平均値を難易度に対する平均変化率とする。

7 名の被験者に対して実験を行い、難易度の異なる英文を読ませたときに得られた脳波を解析し、算出した閉眼前後の  $\alpha/\beta$  値の平均変化率を被験者ごとに図 14 から図 20 に示す。

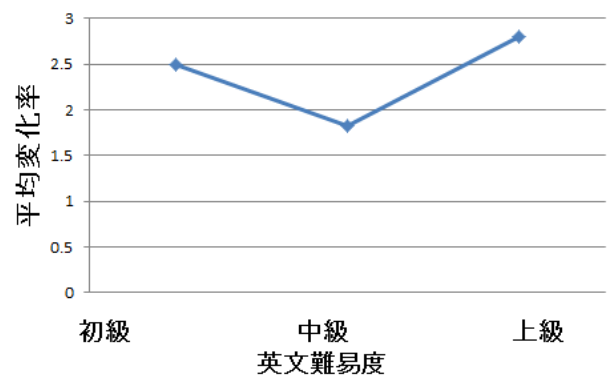


図 14 被験者 A の  $\alpha/\beta$  値の平均変化率  
Figure 14 Mean rate of change of value  $\alpha/\beta$  for Examinee A

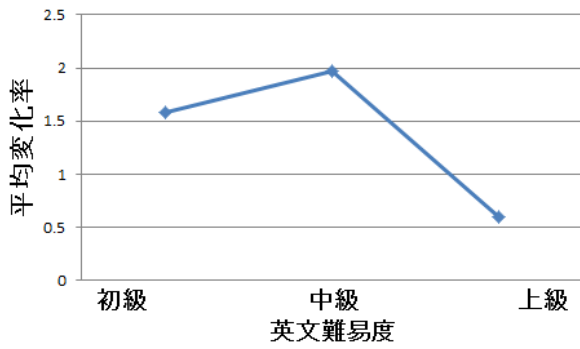


図 15 被験者 B の  $\alpha/\beta$  値の平均変化率

Figure 15 Mean rate of change of value  $\alpha/\beta$  for Examinee B

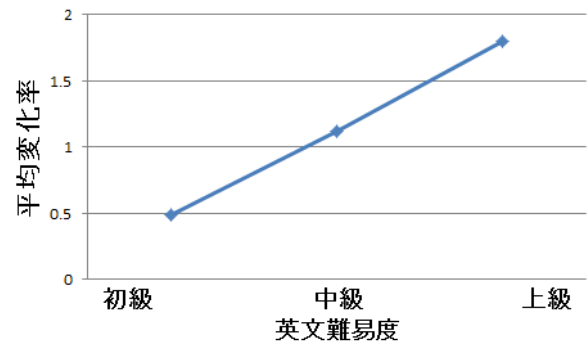


図 18 被験者 E の  $\alpha/\beta$  値の平均変化率

Figure 18 Mean rate of change of value  $\alpha/\beta$  for Examinee E

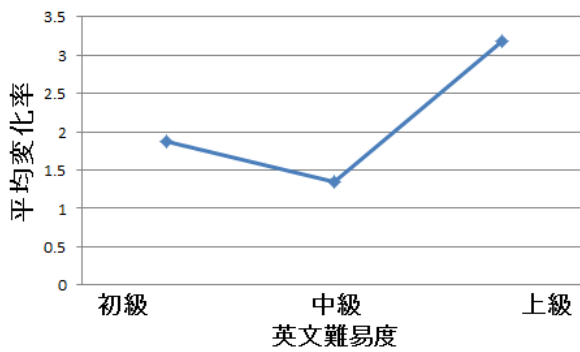


図 16 被験者 C の  $\alpha/\beta$  値の平均変化率

Figure 16 Mean rate of change of value  $\alpha/\beta$  for Examinee C

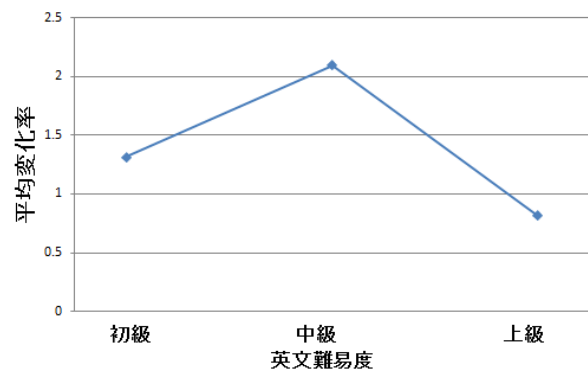


図 19 被験者 F の  $\alpha/\beta$  値の平均変化率

Figure 19 Mean rate of change of value  $\alpha/\beta$  for Examinee F

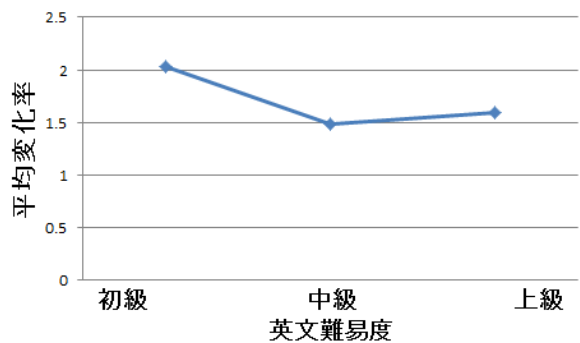


図 17 被験者 D の  $\alpha/\beta$  値の平均変化率

Figure 17 Mean rate of change of value  $\alpha/\beta$  for Examinee D

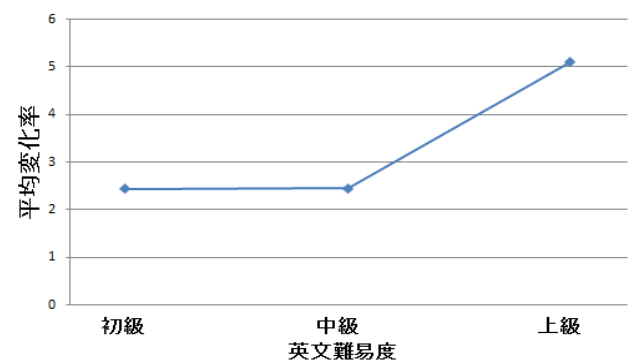


図 20 被験者 G の  $\alpha/\beta$  値の平均変化率

Figure 20 Mean rate of change of value  $\alpha/\beta$  for Examinee G

被験者 B と被験者 F は、初級から中級にかけて大きな増加が見られるが、中級から上級にかけて減少している。また、被験者 A と被験者 C、被験者 D は初級から中級にかけて減少し、中級から上級にかけて増加している。また、その他の傾向として被験者 E は難易度に比例して増加、被験者 G は初級から中級ではほぼ変化を示さないが中級から上級にかけて増加した。

この 7 名の被験者の英文の難易度に対する  $\alpha/\beta$  値の平均変化率のグラフを考察するために、彼らの TOEIC のスコア

を指標にしてみる。7名の中で被験者Cと被験者EのTOEICスコアは600点台であり、被験者Bと被験者Dは400点台である。

TOEICのスコアが比較的高い被験者Cと被験者Eの平均変化率のグラフを見てみると両者に共通するのが、上級レベルが他のレベルに比べて高い $\alpha/\beta$ 値の平均変化率を示していることである。逆に平均的なTOEICスコアである被験者Bと被験者Dの平均変化率のグラフで共通しているのが、中から上級にかけて $\alpha/\beta$ 値の平均変化率が大きく減少していることである。

このような事実から、平均変化率のグラフのピークがその被験者に適合またはそれに近いレベルであり、自分の英語レベルより高い難易度の英文を読むと閉眼後から $\alpha$ 波が出るまでの時間が遅くなり、 $\alpha/\beta$ 値が減少するのではないかという仮説の基本的な妥当性が示された。

## 5. 結言

本研究は、英文の難易度の違いが学習者に与える負荷について、脳波を用いて定量的に分析する方法を検討し、その特性について明らかにすることを目的として行われた。これまでのところ、7名の被験者を対象に難易度の異なる英文を読む実験を行い、その $\alpha/\beta$ 値について検証した。今後はさらに被験者を増やしデータの信憑性を高めていく。脳波自体に個人差が非常に表れるので、 $\alpha$ 波の出易さやアーチファクトの有無などの点を考慮しながら実験結果の解析を行っていききたい。また今回のような実験の場合、英語の能力による個人差も結果に大きな影響を与えるので、その点も考慮に入れていく。

さらに、今後は脳波以外の生体信号の活用も予定している。具体的には脈波を使った心拍数の変化も考察の材料として加え、考察の内容を深めたいと考えている。

## 参考文献

- [1] 上野秀剛, 石田響子ほか, 脳波を利用したソフトウェアユーザビリティの評価-異なるバージョン間における周波数成分の影響, vol.10 No.2, 2008
- [2] 小柳諒輔, 小島昇, 夏目季代久, 脳波を用いた音楽嗜好性検出システム開発に向けた基礎的研究, 電子情報通信学会
- [3] 人間工学のための生体計測の基礎コース, メディカルシステム研修所