

### 第二言語習得時における難易度と前頭葉脳血流

浅井, 慎太郎 / ASAI, Shintaro

---

(出版者 / Publisher)

法政大学大学院理工学・工学研究科

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

法政大学大学院紀要. 理工学・工学研究科編 / 法政大学大学院紀要. 理工学・工学研究科編

(巻 / Volume)

55

(開始ページ / Start Page)

1

(終了ページ / End Page)

4

(発行年 / Year)

2014-03-24

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00010331>

# 第二言語習得時における難易度と前頭葉脳血流

A DEGREE OF DIFFICULTY AND FRONTAL LOBE BRAIN BLOOD FLOW  
AT THE TIME OF THE SECOND LANGUAGE ACQUISITION

浅井慎太郎

Shintaro ASAI

指導教員 渡邊嘉二郎

法政大学大学院工学研究科システム工学専攻修士課程

This paper describes a frontal lobe brain flow when people listen to a second language. In this study, the subject listen English of several different levels. For the measurement, I use the optical topography, and considered the changes in the amount of hemoglobin oxygenation. Results of cutting the direct current component of the measured waveform and subjected to signal processing such as Fourier transform, several different indications in English level of the subjects have been identified.

**Key Words :** English , Optical Topography , Frontal Lobe Brain Flow

## 1. はじめに

効果的な第二言語習得の意義として、グローバル化があげられる。現代社会では、他国との関わりが重要とされており、相互理解、相互発展が必要不可欠である。文化、経済、文明、人種、宗教、科学、多くの面で交流を持つために第二言語習得は必須である。

第二言語習得については従来から言語学、脳科学、情報工学などの分野から研究が成されており、多分野を総合した研究が進められてきた。現在の到達点として、上級者、中級者、初級者で脳活性度が変わる。背景知識の有無で脳活性度が変わる。言語難易度の違いで脳活性度が変わる。等の基本的構造が確立されている。以下にその構造を示す。

### ●初級者、中級者、上級者の脳の活性度の違い。

初級者：無活性

中級者：活性度が最も大きい→過剰活性、選択的活性

上級者：中級者より活性度が低い→自動活性

### ●言語難易度の違い

難しい→活性度が高い

易しい→活性度が低い

### ●スキーマ（背景知識）

初級者：活性度が少し高くなる

中級者：活性度が低くなる

上級者：統計的優位さはない

これらの構造が確立されているが、脳の活性度がどのように変動しているかは明記されておらず、現到達点での課題である。そこで、本研究では、英語に於けるこの課題について取り組む。

本研究では、困難さの異なる第二言語刺激に対し、前頭野における脳の血流量はどのように変化するか明らかにする。

## 2. 光トポグラフィについて

本研究では、光トポグラフィを使用する。光トポグラフィとは、脳における酸素化および脱酸素化ヘモグロビン量を計測する装置である。

図1に光トポグラフィを示す。



図1 光トポグラフィ

光トポグラフィは、近赤外分光法を用い無侵襲で大脳皮質の血流量の時間的変化を2次元動画像で表示している。

大脳皮質は、頭皮から20ミリほどの深さにあり、運動・感覚・認知・言語・思考など高次脳機能に関連して

いる。光トポグラフィはこの大脳皮質の活性状態を、近赤外光の照射により計測をする。その検出光の増減でヘモグロビン濃度がわかる。大脳皮質には毛細血管が密集しており、血液中のヘモグロビンには近赤外光の光を吸収しやすいという特徴がある。透過性の高い近赤外光を頭皮上に照射し、再び頭皮上に反射光を検出することで、大脳皮質の血流量がわかり、脳の活性状態が計測できる。ヘモグロビン濃度の計測状態を図2に示す。

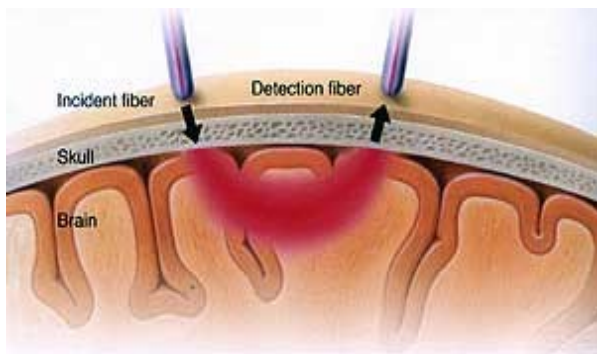


図2 ヘモグロビン濃度の計測状態

光トポグラフィでは、右脳から左脳まで22の部位の血流量を計測できる。本研究では、毛髪が被らず容易に計測できる7chから16chまでを使用する。

図3にチャンネル位置を示し、使用したチャンネルに赤丸を示す。

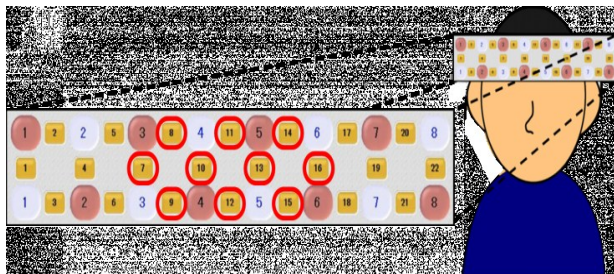


図3 チャンネル位置

### 3. 仮説

予測される変化について以下のことが考えられる。

- ① 被験者のレベルに応じた課題の困難さの度合いに応じて前頭葉酸化血流量（注意レベル）が変化する。適正なレベルの課題に対しては、前頭葉酸化血流量が増加する。簡易すぎる、困難すぎるテキストにおいては、前頭葉酸化血流量は減少する。
- ② 過剰活性、選択活性、誤った活性、無活性、自動活性において左脳、右脳の血流量の時間は次の表のようになるであろう。

表1 右脳左脳の血流量変化

右	左	状態	言語習得
大	大	過剰活性 (中級)	仮説: 脳全体の血流量が多く長時間継続できない。
小	大	選択活性 (上級)	仮説: 左脳言語野のみで血流が集中して、長時間少ない減衰で言語処理ができる。
大	小	誤った選択活性 (初級)	仮説: 誤った血流をしており、言語処理を行っておらずストレスが高い。
小	小	無活性 (初級)	仮説: 初め短時間の中で言語処理をしなければならないという思いで左右の血流量があがるが、理解できないことより興味を失い、短時間で無活性になる。
小	中	自動活性 (上級)	仮説: 血流量は低位のレベルで長時間活性化している。

## 4. 実験

### 4. 1 実験手順

実験手順は以下の通りであり、レベルの異なる6つのテキストを聴かせる。

- 1) 事前アンケートを取る※1
- 2) 光トポグラフィを装着ポイントに注意しながら装着する。 ※1
- 3) リラックスして着座させ、大きく頭を動かさないように注意を与える。
- 4) 40秒間安静を保つ。
- 5) 単語数100~500程度の文章を一分間140語程度のスピードのコンテンツを聴かせる。
- 6) 40秒間安静を保つ。
- 7) 事後アンケートを取る
- 8) 読んだテキストと同じ内容のテキストを示し未知単語にマーカーで印をつけさせる。
- 9) 光トポグラフィを脱着する。 ※2

・以上の流れを6回繰り返す。

※1 アンケート、装着は1回目に行う。

※2 脱着は6回目に行う

## 4. 2 実験結果

被験者の TOEIC 点数を基準とし、400 未満を初級者、600 以上を上級者として表す。

初めに初級者の波形を示す。図 4 に難易度中のテキストを聴かせた時の波形を、図 5 に難易度が高いテキスト時の波形を示す。

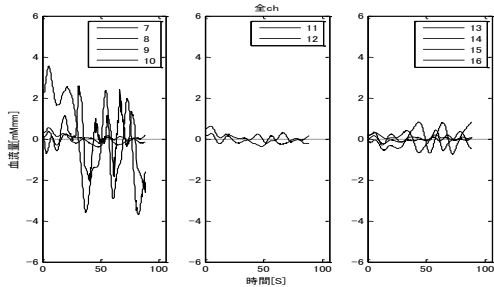


図 4 初級者① 難易度中のテキスト

左の 4 つが右脳の ch7 から ch10 の波形、真ん中が額の中心位置に値する ch11、ch12 の波形、右の 4 つが左脳の ch13 から ch16 の波形である。

グラフを見ると右脳の変化量が大きく、左脳の変化量は小さい。これは誤った選択活性をしており、正しい言語処理が行われていないと言える。

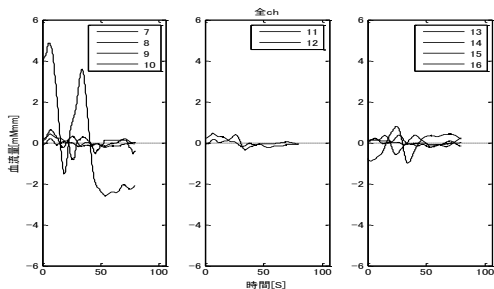


図 5 初級者① 難易度の高いテキスト

難易度の高いテキストでも、右脳の変化量が大きく、誤った選択活性をしている。この被験者は難易度の低いテキストも同じような選択活性をしていた。

次に、2 人目の初級者の波形を示す。図 6、図 7 共に難易度中のテキストを聴かせた時の波形を示す。

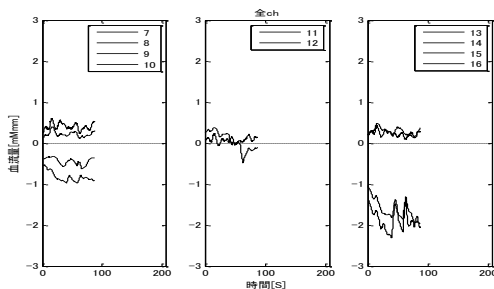


図 6 初級者② 難易度中のテキスト

右脳 2ch, 左脳の 2ch の血流量が減少しており、無活性の状態である。

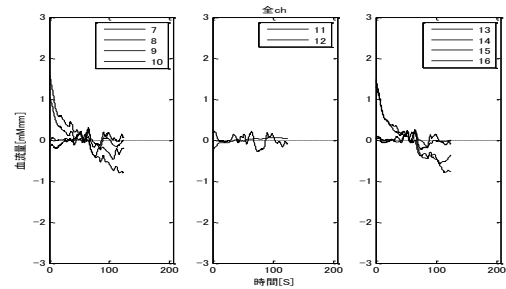


図 7 初級者② 難易度中のテキスト

図 7 は理解度の低かったテキストの波形である。このグラフでも同じチャンネル位置の波形が低い値をとっており、無活性の状態になっている。

次に中級者の波形を示す。図 8 に難易度中のテキストを聴かせた時の波形を、図 9 に難易度が高いテキスト時の波形を示す。

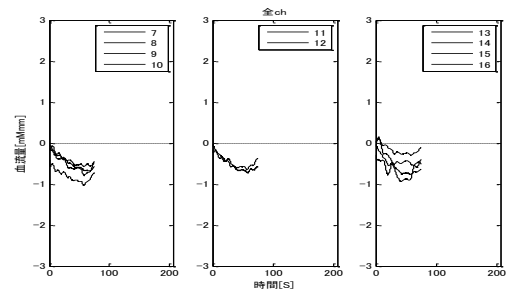


図 8 中級者 難易度中のテキスト

脳の血流量は低く表れた。難易度中の波形だが、本人にとっては簡単な課題であり、理解度が高いテキストであった為、この結果が出たと考えられる。

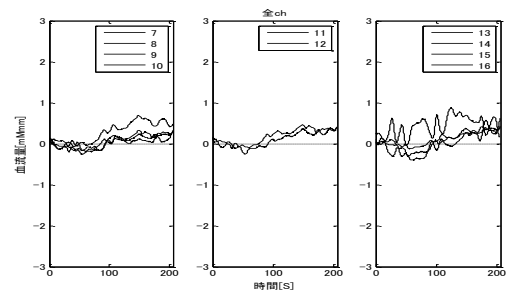


図 9 中級者 難易度の高いテキスト

全体の血流量が高く、特に左脳が反応している。難易度の高いテキストだったが、被験者にとっては脳を使用する適切なレベルのテキストであると言える。しかし、仮説通り、中級者に見られる脳全体の過剰活性の特性が表れている。

次に上級者の波形を示す。図 10 に難易度中のテキストを聴かせた時の波形を、図 11 に難易度が高いテキスト時の波形を示す。

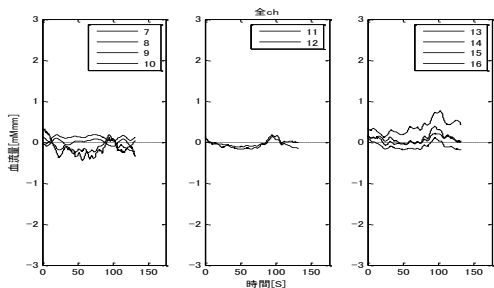


図 10 上級者 難易度中のテキスト

真ん中の血流量が低下し、左に流れていることがわかる。これは、仮説通り正しい選択活性をしていると言える。

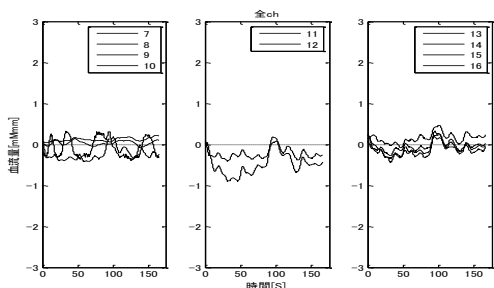


図 11 上級者 難易度の高いテキスト

真ん中の血流量が減っており、左脳右脳の血流量が変動している。中級者の過剰活性の動きが見られるが、左脳の方が高い血流であることがわかる。

上級者の波形を観察すると、前頭野中央部の血流量が減少する傾向が多くみられた。そこで、中央部の ch11 に注目する。横軸を Text Level 縦軸を血流の最小値とし plot したグラフを図 12 に、横軸を TOEIC の情報量としたグラフを図 13 に示す。

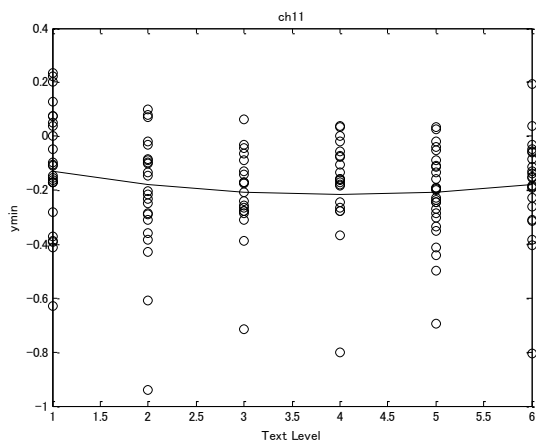


図 12 難易度における前頭野中部 ch11 の最小血流量

最小二乗法により、近似曲線も plot した。決定係数が 0.0395 と低い値をとったが、難易度が真ん中で適正なレベルのテキストの方が血流減少が多いことがわかる。中央部の血流量と難易度の関連性は高いと言える。

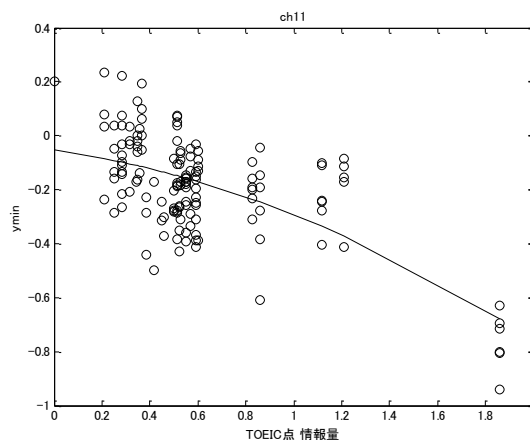


図 13 TOEIC 点数における ch11 の最小血流量

横軸を被験者の TOEIC 点数の情報量とした場合、決定係数は 0.5303 と、かなり高い相関が得られた。このことから、前頭野中央部の減衰量基準は信頼性の高い指標になると言える。

## 5. 結論

実験の結果、仮説通り初級者は右脳、上級者は左脳を選択活性が行われた。新しい事実として、上級者は前頭野中央部の血流量の減りが大きく、中級者は、本人の理解度集中度緊張具合など様々な要素が影響することが示された。初級者は適切な選択活性がみられなかった。

## 6. おわりに

被験者の英語レベル、英語難易度の変化に応じて脳反応に様々な特徴が表れた。これは、第二言語習得において、左脳を使用するテキストレベルの選定方法の指標として、光トポグラフィの使用が十分に有用であることが示されたと言える。

### 参考文献

- [1] 小林一行：最新 MATLAB ハンドブック第四版,秀和システム,2012
- [2] 福田正人：NIRS 波形の臨床判読,中山書店,2011
- [3] 染谷泰正：「オンライン版「英文語彙難易度解析プログラム」(Word Level Checker) の概要とその応用可能性について」,青山学院大学文学部「紀要」51号,2009
- [4] 大石晴美：脳科学からの第二言語習得論-英語学習と教授法開発,昭和堂,2006