

平成 21 年 6 月 5 日現在

研究種目：基盤研究（C）  
 研究期間：2006～2008  
 課題番号：18500739  
 研究課題名（和文） 第二言語処理は自動化が可能なのか？—光トポグラフィによる脳科学的  
 検証より—  
 研究課題名（英文） Is automatization possible in second language processing?-An  
 investigation using optical topography-  
 研究代表者  
 大石 晴美（OISHI HARUMI）  
 岐阜聖徳学園大学・経済情報学部・准教授  
 研究者番号：50387479

## 研究成果の概要：

第二言語習得において、1970 年代、学習を重ねるにつれて意識的処理から無意識的・自動的  
 処理に移行していくのかどうかということについて研究が始まり、以来移行不可能説と可能説  
 に議論が分かれていた。本研究の目的は、これまで長く議論されてきたこれら二つの説の当否  
 について、脳科学の最新のテクノロジーである光トポグラフィを用いて、直接的に決着をつけ  
 ることであった。

実験結果からは、第二言語学習者の習熟度と脳血流量の関係は、逆 U カーブを示し、習熟度  
 が極めて低い学習者は、脳内が無活性状態で、脳血流量の増加が低く、中級学習者が、脳血流  
 量の増加がもっとも高く、上級学習者になるにつれ、ある地点を境に再度脳血流量の増加が低  
 く自動活性状態になっていくことが観測された。

従って、学習を積み重ねにつれ、脳活性状態は、意識的から無意識的処理状態に変化してい  
 くことがしめされ、これまで長い間議論されてきた二つの説のうち、移行可能説を支持する  
 結果となった。

## 交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006 年度	900,000 円	0	900,000 円
2007 年度	700,000 円	210,000 円	910,000 円
2008 年度	600,000 円	180,000 円	780,000 円
年度			
年度			
総計	2,200,000 円	390,000 円	2,590,000 円

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学

キーワード：カリキュラム・教授法開発

# 科学研究費補助金研究成果報告書

### 1. 研究開始当初の背景

#### (1) 言語と脳に関する先行研究

言語と脳の研究は、近年、脳機能測定装置が開発されたおかげで、神経学や心理学の分野少しずつ取り組みがなされているこれらの装置を言語学に応用した研究では、酒井

(2002)などで、これまで主に脳内で言語を処理する部位を特定することに注意が向けられてきた。

第二言語習得論、外国語教育への応用という一連の流れでみると、Schumann et al.

(2004)は第二言語習得の理論研究において、脳科学からの検証の重要性を示唆し、わが国における、英語教育への適用では、大石(2001, 2002, 2003, 2004)や木下(2004)などごくわずかであるが、大石(2004)の研究は、英語教育の分野に脳科学的手法を取り入れたことで現在注目を浴びている。

#### (2) 先行研究で残された課題

大石(2002)では、英語教育の分野で初めて、光トポグラフィ(日立メディコ)(図1参照)を使用して、英語学習者のリスニングとリーディングの課題遂行時の脳活性状態を観測した。その結果、学習者の脳活性状態は、実験参加者によってかなり個別的なパターンを示していることが明らかになった。しかし、個別のパターンを示す要因が明確とならず、以後の課題として残された。

### 2. 研究の目的

#### (1) 習熟度と脳活性パターンの解明

本研究では、学習者の脳活性パターンの要因を解明する一つの切り口として、習熟度をとりあげ、習熟度と言語処理過程と関わりが深い「自動化」に注目することとした。

#### (2) 第二言語習得論と脳科学の橋渡し

言語処理の「自動化」については、1970年

代から、言語情報処理過程の研究において重要な位置を占めており研究が進められている。言語習得においては、学習を重ねるにつれて意識的処理から無意識的・自動的処理に移行していくのかどうかということについて研究が始まり、現在尚、移行不可能説と可能説に議論が分かれている。

移行不可能説は、Krashen(1977)の「習得—学習仮説」で主張されている。「習得」とは幼児が母語を身につけるように自然な環境で言語を身につける無意識的な過程で、「学習」は、教室などで授業を通して学ぶ意識的な過程であるとしている。つまり、成人が第二言語を身につける際、「習得」と「学習」では、全く異なる言語処理過程となり、両者は相容れないものであるとする説である。これに対し、自動的処理移行可能説を主張しているのは、McLaughlin et al.(1988)のAttention-processing modelである。成人が第二言語を授業で学習しても、学習が進むとコントロール的処理(意識的)から自動的処理(無意識的)に移行していくという立場を主張している。

本研究では、第二言語習得の立場これまで長く議論されてきたこれら二つの説の当否について、脳科学の最新のテクノロジーである光トポグラフィを用いて、直接的に決着をつけることを目的としている。

### 3. 研究の方法

#### (1) 光トポグラフィを使用した実験

本研究では、光トポグラフィ装置により課題遂行時の実験参加者の言語野(聴覚野、ウェルニッケ野、角回、縁上回周辺)の脳内血流量を測定し(図1参照)、英語能力と言語野の活性度の関連性を解明する。仮に英語能

力が初級者から上級者になるにつれ、課題遂行時の脳活性化状態が脳血流の増加量が少なくなれば、脳活性化状態が自動的処理になると解釈できる。こうした脳科学的な裏付けにより、実際の教育現場に応用できる合理的教授法展開の可能性を示唆することができる。

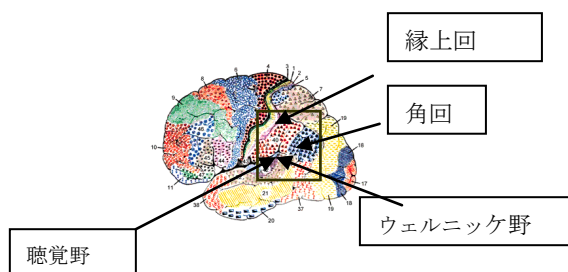


図1 ブロッドマン脳図 (1909)

## (2) 実験方法

### ①実験参加者

日本人英語学習者 48名程度。

日本人学習者においては、名古屋大学、岐阜聖徳学園大学を中心に、近隣の大学を中心に募集した。

### ②実験装置 光トポグラフィ

光トポグラフィとは、簡易的な脳機能測定装置である。近赤外線分光法を利用し、実験参加者の脳血流量を測定する装置である。照射光ファイバと検出光ファイバは3cm間隔で交互に格子状に配置されている。時間分解能としては、現実的には1画像あたり0.1秒で計測される。

本研究では、3x3の正方格子状に配し、左脳側頭葉(言語野含む)12チャンネルで、照射位置と検出位置の中間点を計測位置とし、計測を行った。各プローブの位置は、ブロッドマンの脳図と重ね合わせて測定部位を特定した。計測対象は大脳皮質2cm(主に脳表面)である。その理由としては、脳深部の脳幹などは、光が頭皮からほとんど到着しな

くなるため、計測はかなり困難であるためである。

### ③学習者バックグラウンド調査

1. 英語能力測定：TOEFL 準拠問題
2. アンケート：実験参加者への質問紙法による、英語学習経験、メタ認知ストラテジー調査

### ④実験手順/手続き：実験は、参加者個人ごとに行う。(計測者、実験補助者、実験参加者各1名)

1. 実験の趣旨とデータの取り扱い等の説明と同意書への署名。アンケート実施：利き腕、母語、第二言語、言語習得に関する経験等に関する調査票記入。TOEIC, TOEFLの取得点の調査。
2. 光トポグラフィ装置のプローブを左脳頭皮に装着、計測開始。
3. リスニング課題提示(休憩30秒、課題30秒、休憩30秒)口述式プロトコール(ボイスレコーダに録音)
4. 理解度テスト:(リスニング課題自作)
5. インタビュー調査(内容理解、課題遂行時における気づき、不安度、態度、メタ認知ストラテジー等について、計測結果を見ながらインタビューをする。

注1) 実験の様子をビデオカメラで撮影をし、データ分析の際、ビデオを基にアーチファクトを取り除く。

注2) 課題提示は、デスクトップ型コンピュータを使用する。

## 4. 研究成果

### ①実験結果：習熟度と脳血流量の関係

実験結果において、学習者の習熟度と脳血流量の関係は、習熟度が極めて低い学習者は、脳内が無活性化状態で、脳血流量の増加が低く、

中級学習者が、脳血流量の増加がもっとも高く、上級学習者になるにつれ、ある地点を境に再度脳血流量の増加が低く自動活性状態になっていくことが観測され（図 2.3.4）逆 Uカーブ（図 4）を示した。

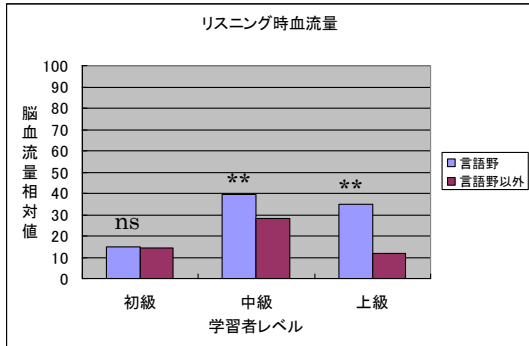
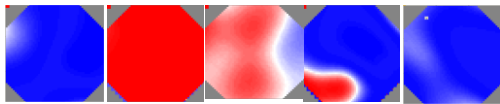


図 2 習熟度別脳血流増加量相対値



初級 中級 上級 1 上級 2 母語話者  
無活性 過剰活性 選択的 自動活性  
自動活性  
血流少 → 増 → 減 → 少

図 3 光トポグラフィ画像

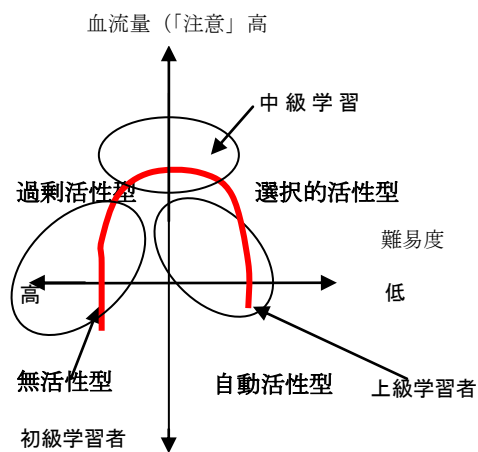


図 4 習熟度と脳活性パターンの関係

## ②考察

### (1) 移行可能説を支持

本実験結果から、学習を積み重ねにつれ、脳活性状態は、意識的から無意識的処理状態に変化していくことが示され、これまで長い間議論されてきた、二つの説のうち移行可能説を支持する結果となった。

### (2) 左脳優位説を支持

上級学習者においては、左脳と右脳とを比較して、課題遂行時とも、左脳の方が活性化しているという結果となり、統計的にも有意傾向が認められ、左脳優位説を支持することとなった。

### (3) 左脳優位説を支持する理由

左脳優位説を支持する理由を、実験参加者の学習背景から探ってみた。上級学習者の中には、20歳前後に、英語圏で生活経験をしている者もいるが、英語学習開始年齢は、実験参加者すべてが学校教育において10歳を過ぎた頃で、主な学習環境は教室内での形式教授を受けているという事実が本実験の結果を裏付けるものであると考えられる。

上級学習者は、左脳が右脳より活性化する度合いが大きく、初級学習者においては、左右両半球を最大限に利用していることが推測できる。つまり、上級学習者は、英語を左脳言語野で、分析的に処理しているが、初級学習者は、英語としての言語情報を分析的に十分に処理することができないため、右脳を活用し、非言語情報やイメージの処理などと合わせて理解しようと努力していると推測することができる。さらに、初級学習者は、より多くの手がかりをヒントにして言語処理をしていると推察できる。

この点においては、年齢とともに発達する認知の働きによる言語機能があげられる。上級学習者は、左脳で言語が処理されていると判断するのは、形式的かつ分析的な処理を要求する認知機能が言語発達とともに活性化

することによって、言語処理時に左脳が優位に働くようになっていくと言える(Witelson, 1977)ことも、本実験結果を支持する。さらに、Zangwill (1967)による研究において、6歳を越えてから、形式教授において言語を学習した場合の言語処理は、左脳が優位であると報告された結果とも一致する。Krashen (1974)でも、5歳以降に言語処理時の左脳優位性が安定し、言語および認知的処理が次第に型にはまってくるとしていることも本結果に関連する。

#### (4) 第二言語習得論と脳科学データ

Krashen (1977)では、言語の「学習」と「習得」をはっきりと区別して提唱しているが、左脳優位説は、これらの区別と関連性があるとも考えることができる。Krashenによると、Grammar-Translationのような伝統的訳読方式や Audiolingualのようなドリル方式での教授法は、言語の構造に意識が向けられる特徴があり、言語はある規則に従った記号であるという考え方が基となっている方法である。形式的言語学習で培われた言語処理能力は、分析的処理を司る左脳で処理されることは納得ができる説明である。

つまり、自然の環境で言語を習得した場合は右脳の機能に依存し、形式教授により習得した場合には、左脳の機能に依存するということになる。そうすると、脳機能の面からも、日常生活の中で習得された言語と、教室内で学習した言語を操作するための脳機能が異なるため、脳内メカニズム的にも、Krashenが主張するように「学習」と「習得」は相容れないものであると言えるのかもしれない。

#### (5) 今後の課題

本結果は、習熟度別の学習者を対象に脳活性化状態を調査したものである。ここで、疑問

として残ることは、同一人物の脳の活性状態に着目した時、学習すればするほど、脳内活性化度は、意識的処理状態から自動的処理状態に移行していくのであろうかということである。もし意識的処理状態から自動的処理状態に移行していくのであれば、「習得」から得られた潜在的知識と「学習」から得られた顕在的知識は、同一の知識に成り得ないとする習得—学習仮説は否定され、「習得」と「学習」の間になんらかの関連性があるとする、McLaughlin や Byalystok の立場や「習得」と「学習」は、両極を行ったりきたりすると考える「ゆらぎ説」を肯定することになる。

同一人物の脳活性状態を時系列的に観測すれば、脳内メカニズムは明らかになるのではないか。これについては、今後の実証研究が必要である。

#### 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 5 件)

1. 大石晴美、木下徹、「第一言語と第二言語処理時の脳活性状態の違い—日本語と英語のリスニングにおいて—」、『ことばの科学』第21号、査読有、pp.143-154、2008
2. 大石晴美、「英語のリスニング時の左脳と右脳の優位性と相関性」、『JACET 中部支部紀要』、査読有、第6号、pp.17-30、2008
3. 大石晴美、「Narrow Reading が脳活性と理解度に及ぼす効果—光トポグラフィデータ分析より—」、『JACET 中部支部25周年記念論文集』 査読有、pp 125-135、2008
4. 大石晴美、「脳内を最適に活性化する教授法とは」、『英語教育1月号』、査読無、pp.10-13、2008
5. Harumi Oishi, “Selective Attention in Information Processing: A Review of Brain Science in SLA.” *Review of Economics and Information Studies* Vol. 8, No.1-2, 査読無、pp.183-196. 2007

[学会発表] (計 8 件)

1. Toru Kinoshita, Setsuko Miyamoto, Hiroyuki Imai, Harumi Oishi. “Examining

- Proficiency, stability, and automaticity in SLA using eye-movement and brain science approaches.” *World CALL 2008 Abstracts*. 査読有、pp.127, 2008.
2. 大石晴美、「日本人は、英語を脳内のどこで処理をしているのか」、『大学英語教育学会 第47回全国大会要綱』、査読有、pp.234-235、2008
  3. Toru Kinoshita & Harumi Oishi、 “Test-taking strategies and cognitive resources: A brain science approach to language assessment” *Language Testing Assessment in Applied Linguistics: identifying reciprocity in applied linguistic research*, p.2. 査読有、2007
  4. 木下徹、大石晴美、宮本節子、今井裕之、柳善和、「マルチメディア教材利用時の視線移動距離、移動速度、瞳孔径と脳血流量変化：L2学習者ストラテジーとの関連から」、『日本教育工学会研究報告集、JSET07-4』、査読無、pp.115-122. 2007
  5. 木下徹、大石晴美、「英語リスニング課題遂行時における認知的負荷に関する母語の影響」、『日本教育工学会研究報告集 JSET07-5』、査読無、pp.181-188、2007
  6. 宮本節子、木下徹、今井裕之、大石晴美、柳善和、「マルチメディア教材における読解プロセスの解明：視線行動・脳血流量・リコールの関係」、『外国語教育メディア学会第47回全国研究大会発表論文集』、査読有、pp.236-239, 2007
  7. Setsuko Miyamoto, Toru Kinoshita, Hiroyuki Imai, Harumi Oishi, EFL Reading Proficiency and Learner's Gazing point : A Non-Invasive Approach to Cortical Blood Concentration Patterns, *4th Asia TEFL International Conference Program Abstracts*, 査読有、pp.387, 2006
  8. Hiroyuki Imai, Setsuko Miyamoto, Toru Kinoshita, Harumi Oishi, A Comparison of the Processes and Strategies of Reading a Multimedia English Textbook, *4th Asia TEFL International Conference Program Abstracts*, pp.255. 査読有、2006

[図書] (計 2 件)

1. 高橋美由紀、大石晴美他、アプリコット、『これからの小学校英語教育』224頁、2008
2. 大石晴美、昭和堂、『脳科学からの第二言語習得論—英語学習と教授法開発—』、254頁、2006

[その他]

1. 大石晴美、「効率的な英語教授法の模索—

光トポグラフィによる脳科学からのこころみ—」、JACET 中部講演会、招待講演、2008

2. Harumi Oishi & Toru Kinoshita, Task Difficulties and Brain Activation Patters in Listening: As Revealed by Optical Topography. 科学研究費補助金(基盤研究 B) 報告書『脳科学による第1・第2言語情報処理機構の直接的解明』、査読無、pp.41-47, 2007
3. 大石晴美、「英語力と脳の自動化のメカニズム—第二言語習得論の立場から—」、科学研究費補助金(基盤研究 B) 報告書『脳科学による第1・第2言語情報処理機構の直接的解明』、査読無、pp. 67-82, 2007.
4. 大石晴美、「言語習得のメカニズム—脳の発達過程と臨界期—」、科学研究費補助金(基盤研究 B) 研究成果報告書『脳科学による第1・第2言語情報処理機構の直接的解明』、査読無、pp. 83-98. 2007
5. 大石晴美、J「効率的な英語教授法の模索—光トポグラフィによる脳科学からのこころみ—」、ACET 関東 11 月例研究会講演会、招待講演
6. 大石晴美、「脳科学からみた効率的な英語学習とは」、大学英語教育学会 2007 年関西支部春季大会「外国語を科学する」、シンポジウム、招待講演
7. 大石晴美「脳科学からの第二言語習得：英語学習者の脳をみる」、招待講演、日本第二言語習得学会秋の研修会講演会、キャンパスプラザ京都

6. 研究組織

(1)研究代表者

大石 晴美 (OISHI HARUMI)

岐阜聖徳学園大学・経済情報学部・准教授

研究者番号：50387479

(2)研究分担者

なし

(3)連携研究者

なし