

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25年 6月 5日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2009 ～ 2012

課題番号：21320103

研究課題名（和文）

言語課題遂行時の脳科学から見た負荷の量と質：テストでは測定できない不均衡

研究課題名（英文）

Quantitative and Qualitative Cognitive Loads during Language Task Performance by L2 Learners: Brain Science Indicates Possible Inequalities Undetected by Traditional Paper Tests

研究代表者

木下 徹 (KINOSHITA TORU)

名古屋大学・国際開発研究科・教授

研究者番号：90177890

研究成果の概要（和文）：本研究は、基本的には第2言語を中心とした言語に関連した課題を遂行する際に、従来型のペーパーテストでは把握できないような、認知的な負荷における不均衡が学習者群間で存在しうる可能性を、脳科学の技術を応用して探求することを目的として出発した。結果としては、リサーチデザインや個人差の影響等により、現時点では多くの留保が必要であるが、課題によっては、目標言語と母語の関係が脳血流測定により推測される課題遂行時の認知負荷に影響していること、および、主として産出課題では賦活が異なる原因により類似した様相を呈する可能性があることが示唆された。

研究成果の概要（英文）：This study explored the possibility of differences in cognitive loads among L2 learners of various L1 backgrounds when engaged in L2 language-related tasks. Traditionally, the groups appear as "equals" due to lack of detection of differences using paper test-based methods. A brain imaging technique called fNIRS was applied to explore the detection of possible inequalities. Though ample caution is necessary to confirm the results in consideration of factors such as research design and individual differences, plenary analyses of results seem to suggest that differences in necessary cognitive load of learners from different L1 backgrounds may exist, at least during performance of certain comprehension-centered tasks.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	3,500,000	1,050,000	4,550,000
2010年度	3,000,000	900,000	3,900,000
2011年度	3,200,000	960,000	4,160,000
2012年度	3,200,000	960,000	4,160,000
総計	12,900,000	3,870,000	16,770,000

研究分野：応用言語学 英語教育学

科研費の分科・細目：言語学・外国語教育

キーワード：教育評価、測定、脳科学、近赤外分光法、言語間距離

1. 研究開始当初の背景
一般的な意味での言語への脳科学の応用については、有力な一人として酒井の一連の研究があった。例えば、酒井(2002)にはこの分

野における研究に関して原理的な問題から事象関連脳波計(ERP)から脳磁計(MEG)測定手段の原理的限界まで広範囲の解説されている。さらに、酒井(2006)では外国語習熟度

別の血流について、文法課題を中心に空間分解脳に優れた fMR を使用した結果を報告している。一方、脳科学の、応用言語学や、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、本研究は 80 年代後半から、90 年代を通して現代にいたる、Schumann とその共同研究者たちの系譜にも属するといえる (cf. Schumann, 1990, 1994; 1997; 2004; Friedman and Schumann, 1994)。その中で、どちらかといえば、Schumann たちの研究が理論的側面を中心としているのに対し、第 2 言語学習者の脳の PET による検証を行った Jacobs のような、実証面に重点をおいているといえる。(cf. Jacobs and Schumann, 1992; Jacobs, Schall, and Scheibel, 1993; Jacobs and Horner, 1995)

別な視点としては、言語習得・教育の分野で、各種のスキルの自動化の問題が、以前から重要視されてきた。例えば、第二言語習得の分野で 70 年代後半から 80 年代に中心的理論とみなされ、アメリカを中心とした外国語教育の実践の場では今でも大きな影響力をもつ、Krashen のインプット仮説においても、その主要な主張は、学習者の自発的発話における自動化された能力を対象としている (e. g. Krashen, 1982, Krashne and Terrell, 1983)。また、ヨーロッパを中心に、現在でも、言語の諸項目の教授可能性に関して重要な理論である Pienemann 等の processability theory においても、自動化された文法の制御を中心的対象としている (cf. Pienemann, 1989, 2003)。さらに、言語能力と自動化の関係について、認知心理学、言語テストの分野における最近の Schoonen 他による、反応時間と分散の関係に関する研究をあげることができる (e. g. Schoonen, Hulstijn, and Bossers, 1998; Gelderen, Schoonen, and Gloppe, 2004)。Shoonen らの研究では自動化のポイントとして、課題遂行にかかる平均時間が短くなるだけでなく、その分散も小さくなることをあげている。本研究は、ペーパーテスト等では同等に見える課題でも母語別に見た場合、脳内注意資源の必要性からは必ずしも同質といえない点を探求しようとしているが、これは、有る意味では、表面には見えない脳内における言語情報処理の自動化の度合いと深く関連し、本研究は、これまでの言語能力の自動化に関する理論との関連では、自動化を実現している脳内機構をより直接的に測定して解明しようとしているとも言える。

2. 研究の目的

本研究は、概要で述べたごとく、基本的には、ペーパーテストの結果は差がなくても、学習者の脳における認知負荷は質・量とも異なる可能性を、脳科学的手法で検証しようと

いうものである。

教授法研究をはじめ、多くの教育実験は複数の均等群のトリートメント (処置) 後の比較という手法を用いている。その場合、しばしば無作為化の後でもプレテストを行い、群間の有意差が無いことで均等性を確認している。ところが、これまでの当グループの研究の成果の 1 つとして 2006, 2008 年度国際テスト学会や 2007 年度全英応用言語学会で報告してきたように、外国語・第二言語としての英語の課題の場合、通常のペーパーテストでは有意差がない集団間でも、脳血流で見た場合、母語と英語の距離により、認知的負荷が平等ではない場合が存在する。より具体的には、インド・ヨーロッパ語族の言語を母語とする群と、日本人、韓国人をはじめとする、非インド・ヨーロッパ語族の言語を母語とする群では、TOEIC 等では群間得点に有意差がなくても、英語のリスニング課題を遂行中の、ブローカ野やウェルニケ野、聴覚野といった言語野を中心とする大脳の皮質の脳血流量の測定では、非印欧群の方が、統計的に有意に多く増加した。このことから、非印欧群は、TOEIC 等で同程度の得点を得るために、より多くの注意資源を言語情報処理自体のために消費していることがあること、したがって、これまで、言語習得、外国語教育等をその一例として用いられてきた実験のやり方では、たとえば、TOEIC 等では測定できない一種の不均等性が存在するのではないかと、即ち、英語での課題の場合、印欧語族は同じ作業でも比較的「楽をして」していて、日本人等は「損をしている」のではないかと、従来のペーパーテストや、あるいはインタビューテストなどの得点を検討するのみでは、そのような不均等性を見逃しているのではないかとということが示唆された。本研究は、当初は、言語間距離を、課題の種類の視点 (4 技能) から再分類し、併せて、学習者の母語と目標言語の組み合わせを英語の他、ドイツ語、日本語、中国語等に拡大し、さらに、音楽と数学課題にも拡張することにより、言語課題を典型例とした、上記仮説の普遍性を探求することを目指すものであった。

3. 研究の方法

最も直接的に言語に関わる課題としては、当初の計画では英語の他、ドイツ語、日本語、中国語をそれぞれ目標言語とし、母語が、印欧語と、非印欧語の 2 群の学習者をそれぞれの目標言語について用意し、言語に関連した理解と産出のそれぞれの課題遂行時の脳血流を近赤外分光装置を用いて測定することで、主として、認知負荷の量を推定し、フローアップインタビュー等でその質的側面も探ろうとするものであった。その後、実際にプロジェクトを遂行していく過程で、ドイツ

語と中国語については、特に、印欧系の実験参加者の確保が当初の予想以上に、著しく困難であることが判明したため、この点では計画を縮小し、英語を主たる目的言語とした。また、日本語についても、非印欧語系と印欧系で、日本語の熟達度に大きな差があり、印欧語族系で日本語1級を有する上級学習者が極めて少ないのに対し、本学及び周辺での非印欧系日本語学習者では東アジア系が大半でその多くは上級か超級学習者であるという現実のため、日本語についても副次的に扱うこととした。

その代わりに、英語については、熟達度と自動化の関係の一側面としてプライミング効果を調べることと、背景知識と認知負荷に関連してナローリーディングの手法を用いた読解指導の効果に関する実験も補足的に考察の対象とした。

この他、純然たる言語課題の他、数学の課題として、日本人英語学習者と中国人英語・日本語学習者に、アメリカの大学入学試験の一部として使用されるSATの問題の幾何の分野に関するものを、日本人学習者には日本語と英語で、また、中国人学習者には、中国語、および第2、第3言語である、英語、日本語で出題した。元々は英語の問題を中国語と日本語に翻訳し、カウンターバランスにも配慮した。

さらに、言語課題と比較対照し、かつ、本研究の基本仮説である、目標と広い意味でより「近い」ないしは親密性のあるものはそうでないものと比較して、認知負荷が少ないというテーゼの拡張可能性を知るため、実験参加者に対して、より慣れ親しんでいると思われる音楽と、比較的親近感が薄いと思われる音楽を聴いているときの脳血流変化も調べた。

4. 研究成果

言語課題としては、目標言語としての英語について、聴解課題では母語が非印欧語グループの方が印欧語を母語とする学習者群より主要ないくつかの部位で、全体として脳血流の増加が大きい傾向が見られた。ただ、この結果については、留保が必要と思われる。現時点での分析では、TOEIC等では両群が有意差があるとはみなせない範囲に収まっているが、それでも印欧語群の方が口頭運用能力により特化した、もうひとつのテストでは印欧語群の方が元々得点が高い傾向があることが判明した。従って、両群の賦活の程度の異なる傾向を母語と目標言語の言語間距離のみがこの違いを引き起こしたと断定するには今の段階では躊躇せざるをえない。

一方、スピーキング課題については、両群間で全体としての賦活の程度に有意差は見いだせなかった。スピーキング課題で有意差

が見いだせなかったのは、一つには、純粹な言語課題による賦活の他、咬筋、側頭筋やその他の体動によるノイズが発生しやすく、その影響で、仮に言語に起因するなんらかの違いが存在してもマスクされてしまいがちという問題もある。さらに、より特徴的な問題としては、スピーキング時には熟達度が高い、あるいは当初の仮説のように、母語と目標言語の距離が近く、必要な情報処理の少なくともある程度が自動化されるなどして、それらの点における認知的負荷が少ない実験参加者は、その分、よりスピーキングの内容そのものに集中でき、より多く話すこともでき、その結果、脳の賦活が上がるといったメカニズムも想定できる。従って、この点に関しては、熟達度や認知負荷の異なる実験参加者の場合、賦活の程度は同じでも、その意味が異なる、もしくは、より詳細にみると賦活の部位が異なるという可能性も想定される。

付随的に実施した、熟達度や自動化の指標の1つの可能性として、プライミング効果を調べるため実施した、同意語非同意語判定課題では、脳血流測定の結果、記述統計レベルではあるが、中級レベルの学習者で、同意語の場合、脳血流が相対的に低下しプライミング効果の存在が示唆された。

また、同じく、背景知識と認知負荷の関係を探るため実施したナローリーディングの技法を用いた読解訓練の前後での脳血流測定からは、中級学習者で、脳血流の低下が見られ、課題に関連する背景知識の増加が認知負荷の低減を促す可能性が示唆された。

その他、音楽課題については、日本の伝統楽器（尺八、琴）の音楽と西洋音楽（クラシック）を日本語母語群に聞かせたところ、音楽の種類で脳血流の点からは有意差は生じなかった。並行して実施したアンケート調査により、今回の実験参加者は日本人群も、主観的にも日本の伝統音楽を西洋クラシックと比較してより「親しみがある」あるいは、より「慣れ親しんでいる」というようには必ずしも感じていないことが判明した。これらの結果から、本研究の基本仮説を音楽課題に適応した、「より慣れた音」の処理には認知負荷は少なくて済むという仮説は支持されなかった。ただし、これは、現時点では仮説自体が否定されたというよりは今日の世界では音楽が国や民族、人種を超えて広い影響を及ぼしているという現実を反映した結果であるといえる。

数学課題については、学習者の群間も群内も、脳血流の増減は出題に使用された言語との関係は見いだせなかった。これは、1つには直後インタビューでほとんどの実験参加者が、母語以外の言語で問題が与えられていた場合、問題そのものを母語に翻訳することはしなかったが、問題を解くときには母語で

考えたと答えていたこととも関連すると考えられる。即ち、見掛け上、異なる言語で与えられても、実際には図形問題を、母語を適宜内言として用いながら解答するというスタイルに帰着していたことが想定できる。さらに言えば、今回用いられた問題は、たいていの日本人学習者、中国人学習者にとっては、十分易しく、また、問題の英語や日本語も、実験参加者の各言語の熟達度からすると、十分平易であったため、言語による認知負荷が健在化しなかったという可能性もある。

諸般の事情で最終年度に多くの測定を行い、かつ、装置の利用可能時期が年度の終わりになってしまったため、主要課題に関する分析は、現時点ではまだまだ十全とは言い難い。個別事例のチャンネルごとを精査すると、これまで報告した全体的な傾向とは異なる様相を呈するケースが出現する可能性も否定できない。分析のさらなる精緻化が当面の最大の課題と思われる。

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 10 件)

- ① 西村秀人 「ウルグアイのアフリカ系音楽「カンドンベ」にみる文化変容—人種を超える国民文化化の過程—」, , 国際開発研究フォーラム , 査読有 42 巻 125-138 , 2012 年
- ② 大石晴美、木下徹、定藤規弘、田邊宏樹、伊藤敏、梁志鋭 「二言語における語彙カテゴリー判断課題のプライミング効果」『日本教育工学会研究報告集』、査読無、JSET 11-1. 343-350、2011
- ③ 大石晴美 「脳科学から見た第一言語習得と第二言語習得」、『日本語学』、査読無、第 30 巻 7 号、pp. 50-59. 明治書院、2011
- ④ 木下徹・大石晴美：「プライミング効果と脳活性状態：言語処理の自動性における代替指標の可能性」 JACET 中部支部紀要、査読有 8. 1-14 (2010)
- ⑤ 木下徹、宮本節子、今井裕之、西尾由里、Mark Taylor：「協同学習と脳科学：言語課題遂行時の脳血流を中心に」日本教育工学会報告集、査読無 JSET09-2. 153-158 (2009)

[学会発表] (計 10 件)

- ① 菊池優希、木下徹 “日本語を母語とした英語学習者の単語認知における音韻処理について—光トポグラフィを用いた脳活動計測による検討—” LET 中部支部

研究会 名古屋 2012, 査読有

- ② Oishi H. and Kinoshita, T. “New evidence for extensive reading as an effective method for EFL reading skill development: a neuro-imaging approach” . AILA (International Association of Applied Linguistics) , University of Beijing for Foreign Studies, Beijing, China 2011 査読有
- ③ Kinoshita, T., Oishi, H. : “Priming effects and brain blood activation patterns as alternative indices of linguistic automatization” British Association for Applied Linguistics. (20100910). University of Aberdeen, UK. 査読有
- ④ Oishi, H., Kinoshita, T. : “Narrow reading as a potentially effective pedagogical method : a neuro-imaging approach” British Association for Applied Linguistics. (20090905). New Castle University, New Castle, UK. 査読有

[図書] (計 2 件)

- ① 木下徹 (藤村逸子・滝沢直弘編著) 「脳機能イメージング技術の言語研究への応用」『言語研究の技法』ひつじ書房、2011、337(179, 195)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

木下 徹 (KINOSHITA TORU)
名古屋大学・大学院国際開発研究科・教授
研究者番号：90177890

(2) 研究分担者

成田 克史 (NARITA KATSUFUMI)
名古屋大学・大学院国際開発研究科・教授
研究者番号：40128202

大石 晴美 (OISHI HARUMI)
岐阜聖徳学園大学・教育学部・教授
研究者番号：50387479

今井 裕之
関西大学・外国語学部・教授
研究者番号：80247759

西村 秀人
名古屋大学・大学院国際開発研究科・准教授
研究者番号：90402411

杉浦 正利
名古屋大学・大学院国際開発研究科・教授
研究者番号：80216308 (H21-H22)

研究協力者

蒙 韞 (Meng Yun)

名古屋大学・大学院国際開発研究科・国内
研究員

梁 志鋭 (RYO SHIEI)

名古屋大学・国際開発研究科・非常勤研究
員

菊池 優希 (KIKUCHI YUKI)

名古屋大学・大学院国際開発研究科・博士
課程前期

高 飛 (KOU HI)

名古屋大学・大学院国際開発研究科・博士
課程前期

梶浦 真由美 (KAJIURA MAYUMI)

名古屋大学・大学院国際言語文化研究科・
博士課程前期