

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 19 日現在

機関番号：14501

研究種目：基盤研究(A)

研究期間：2009～2013

課題番号：21242013

研究課題名(和文) 外国語運用能力の熟達化に伴う言語情報処理の自動化プロセスの解明

研究課題名(英文) An investigation of the automatization process in language processing with respect to the development of foreign language proficiency

研究代表者

横川 博一 (Yokokawa, Hirokazu)

神戸大学・国際コミュニケーションセンター・教授

研究者番号：50340427

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 35,300,000円、(間接経費) 10,590,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、外国語学習者の外国語運用能力が熟達化するにつれて、言語情報処理プロセスがどう変容するのかについて、心理言語学的行動実験、脳神経科学実験の結果に基づき、明らかにしたものである。主な知見は、以下の通りである。(1)日本人英語学習者は、統語処理が自動化しておらず、その処理に限りあるワーキングメモリ容量の大半を消費してしまうため、保持機能に容量を回せないこと、英語習熟度は統語処理の自動性の度合いに左右される。(2)統語処理が自動化するにつれて学習者の流暢さの程度も増し、流暢さが高い学習者は、理解により多くの認知資源を割り当てることができる。

研究成果の概要(英文)：This project attempted to explore the automatization process for language comprehension and production by foreign language learners through psycholinguistic and physiological experiments. The major findings are as follows: (1) Scores on the RST, which places a cognitive load on syntactic processing in particular, was significantly poorer than those of other types of RSTs and correlated significantly with English proficiency scores. English proficiency largely depends on the degree of automatization of syntactic processing. (2) The process required to carry out the sentence building task (syntactic processing) becomes more automatic as the learners' fluency level increases, and the learners with higher L2 fluency had the option of allocating more of their cognitive resources to story comprehension than did the learners with lower L2 fluency.

研究分野：外国語教育

科研費の分科・細目：第二言語習得理論

キーワード：自動化 文理解 文産出 統語処理 fMRI

## 1. 研究開始当初の背景

- (1) 近年、外国語習得においては、言語情報処理の「自動化」が、外国語運用能力の熟達化にとって重要な役割を果たすことが広く認識されてきている。しかし、その認知メカニズムはほとんど明らかにされていない。言語情報のインプットを、効率的に処理できる形式に変換し、インプットからアウトプットに到るプロセスにおいて、音韻・形態・統語・意味の脳内処理がどのような形で、また、どの程度自動的・無意識的に行われているのか、そのプロセスを解明することが、言語運用能力育成のカギともなる。
- (2) 海外では、近年、第一言語処理プロセスの解明に非侵襲的脳機能画像法の手法を用いた研究が盛んになってきている。これまで失語症患者を対象とした研究や侵襲的手法に研究方法が限定されてきたが、言語理解過程における音韻処理 (Aparicio, et al., 2007 など)、文理解プロセスにおける統語的曖昧性の解消 (Novais-Santos, et al., 2007 など)、理解における意味処理 (Humphrics, et al., 2007; ワーキングメモリに対する影響については Sabb, et al., 2007 など)、文章理解における推論過程 (Kuperberg, et al., 2006 など) など、広範囲にわたる研究が進められている。一方、日本では、非侵襲的脳機能画像法を用いた言語研究、とくに第二言語処理プロセスに関する研究はほとんどない。

## 2. 研究の目的

本研究は、外国語学習者(とりわけ日本人英語学習者)を対象として、外国語運用能力の熟達化に伴う言語情報処理の「自動化」(automatization)のプロセスを、心理言語学的行動実験、fMRIを中心とした神経科学的脳科学実験、第二言語習得理論に基づく言語教育学的学習実験の3つのレベルにおいて解明しようとしたものである。心理言語学、神経脳科学、学習科学の3つの研究レベルは、人間の言語情報処理の解明に必要不可欠であり、相互に関連性をもたせ、フィードバックを得ながら、研究課題の設定、調査研究を進めていくこととした。

具体的には、外国語運用能力の基盤となる語彙の処理、言語理解、言語産出の3つの領域における言語情報処理の「自動化」の問題を包括的に扱い、「自動化」の概念の再定式化を行う。

言語情報処理の「自動化」プロセスの解明は、(1)人間の言語情報処理モデルの心理言語学モデルの構築、言語処理ストラテジーの解明、(2)学習による言語処理の自動化の脳内神経基盤の解明、(3)言語情報処理の概念を取り込んだ新しい第二言語習得モデルの構築、外国語教授法・指導技術の開発、言語テストの開発、などの点で、学問の相互発展に大きく貢献する課題であると考えらる。

## 3. 研究の方法

従来、言語の脳科学研究は、失語症患者を対象とした研究や侵襲的手法に限定されてきたが、非侵襲的脳機能画像法を用いた言語処理研究が次第に盛んになってきている。

本研究の方法論の特色となる独創的な点は、以下の通りである。

- (1) 第二言語学習者の言語理解・産出行動を、対応する神経基盤とともに解析した。この点は、近年著しく進歩している脳機能イメージングを有機的に組み合わせることによりはじめて可能となる。また、脳波計、fMRI など多様な手法を用いた点も本研究の特色である。
- (2) 第二言語教育実践に基づき、研究課題の設定を行った。共同研究者の多くは、英語、日本語、ドイツ語など外国語の教授経験を有し、第二言語学習上の困難点、言語処理の問題点などに関する情報を実証的・経験的に有しており、第二言語処理の脳内メカニズムを探る研究課題を設定する上で、きわめて重要な情報を提供してくれる。この点は、人間の言語情報処理の神経基盤を解明する上でも、新たな重要な視点と手がかりを与えてくれるものと考えられる。
- (3) 神経科学、音声言語医学、認知神経科学、言語理論の研究者と第二言語教育の研究者が共同で行った。このことによって、第一言語のみを対象とした研究だけでは明らかにならない研究課題の設定と新たな知見が発掘される可能性があると考えた。第二言語処理モデルの構築にあたっては、第二言語教育にかかわる様々な領域との十分なインターアクションによる検証とフィードバックが重要かつ必要であると考へ、本研究には、教育工学、言語テスト、言語教育実践の専門家が共同して研究にあたった点も特徴の一つである。

## 4. 研究成果

- (1) 行動実験およびfMRI実験により、未知言語の語彙の音声・意味の連合学習には反復によって学習成績が上がり、語彙学習時に口頭反復をすることによって、右小脳が音韻情報の記憶痕跡(内部モデル)を形成し、左紡錘状回での連合処理時に付加的に働き、効率的な学習が行われることが明らかとなった。
- (2) 文理解実験により、外国語学習者は、言語処理の基盤を成す統語処理に困難があり、複文構造では処理容量に関係なく意味理解に支障をきたす程度の困難性を示すが、学習によって統語処理の自動化が促進されることが明らかとなった。
- (3) 文産出実験により、外国語学習者は熟達度によって脳内統語表象が異なること、接触回数によってプライミング効果に変化が生じ、脳内統語表象が強化されることを明らかにした。

- (4) 第二言語音声処理において、熟達度に応じて文構築では前頭前野背外側部の活動が低くなり、一方、文章理解ではブローカ野の活動がより高くなっていたことから、前頭前野二領域の可塑的变化が第二言語音声処理の自動化に深く関わっていることを示し、外国語習得過程を基礎づける記憶システムに移行が起こることを明らかにした。

#### 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27件)

Makita, K., Yamazaki, M., Tanabe, C. H., Koike, T., Kochiyama, T., Yokokawa, H., Yoshida, H., & Sadato, N. (2013). A Functional Magnetic Resonance Imaging Study of Foreign-Language Vocabulary Learning Enhanced by Phonological Rehearsal: The Role of the Right Cerebellum and Left Fusiform Gyrus. *Mind, Brain and Education*, 7(4), 213-224. 査読有

鳴海智之, 長井千枝子, 松本絵理子, 林良子, 横川博一 (2013). 「日本人英語学習者の文処理時における言語情報への敏感さに熟達度与える影響 - 事象関連電位測定実験による神経脳科学的検討 - 」電子情報通信学会技術研究報告『信学技報』, 113 巻, 174 号, 13-18. 査読無

鳴海智之, 横川博一 (2013). 「日本人英語学習者の言語情報への繰り返し接触が文処理に与える影響 - 事象関連電位測定実験による検討 - 」電子情報通信学会技術研究報告『信学技報』, 113 巻, 354 号, 65-70. 査読無

Narumi, T., & Yokokawa, H. (2013). Proficiency and Working Memory Effects on the Use of Animacy and Morphosyntactic Information in Comprehending Temporarily Ambiguous Sentences by Japanese EFL Learners: An Eye-tracking Study. *ことばの科学学会誌『ことばの科学研究』*, 14, 19-42. 査読有

Nakagawa, E., Morishita, M., & Yokokawa, H. (2013). The effects of lexical processing and proficiency on syntactic priming during sentence production by Japanese learners of English. *Annual Review of English Language Education in Japan*, 24, 189-204. 査読有

Nakanishi, H., & Yokokawa, H. (2011). Determinant processing factors of recall performance in reading span tests: An empirical study of Japanese EFL learners, *JACET BULLETIN*, 53, 93-108. 査読有

Nakagawa, E., & Yokokawa, H. (2011). An eye-tracking study on grammatical encoding during L2 sentence production: A pilot study. 『神戸大学国際コミュニケーションセンター論集』, 8, 37-49. 査読無

Nagai, C., Yabuuchi, S., Hashimoto, K., Sugai, K., Yokokawa, H. (2010). Verb subcategorization information during sentence comprehension by Japanese EFL Learners: Evidence from self-paced sentence anomaly task. *Annual Review of English Language Education in Japan*, 21, 61-70. 査読有

Morishita, M., Satoi, H., Yokokawa, H. (2010). Verb lexical representation of Japanese EFL learners: Syntactic priming during language production. 『ことばの科学研究』11, 29-43. 査読有

[学会発表](計29件)

Sensitivity to Linguistic Information during Sentence Processing by Low-Proficiency Learners: An ERP Study of Japanese EFL Learners, American Association for Applied Linguistics, 2014/3/22, 鳴海智之, 林良子, 松本絵理子, 長井千枝子, 横川博一

Syntactic priming effect during second language sentence production by Japanese learners of English: An fMRI study. Society for Neuroscience, 2013/11/13, 中川恵理, 横川博一, 定藤規弘ほか2名

The Effects of Lexical Processing on Oral Sentence Production by L2 Learners: Syntactic Priming Experiment Using a Picture Description Task, American Association for Applied Linguistics, 2013/3/16, 中川恵理, 森下美和, 横川博一  
Left prefrontal activations are modulated by proficiency in spoken foreign language processing, Society for Neuroscience, 2012/10/14, 島田浩二, 吉田晴世, 定藤規弘, 横川博一ほか3名

Cumulative effects of syntactic priming in written sentence production by Japanese EFL learners, American Association for Applied Linguistics, 2012/3/23, 森下美和, 横川博一

The effect of processing cognitive load on working memory - Performance of the Japanese EFL learners in reading span tests, American Association for Applied Linguistics, 2012/3/23, 中西弘, 横川博一  
The role of the right cerebellum during foreign language vocabulary learning enhanced by the phonological loop: an fMRI study, Society for Neuroscience, 2011/11/14, 牧田快, 吉田晴世, 定藤規弘, 横川博一ほか3名

[図書](計1件)

『外国語運用能力はいかに熟達化するか - 言語情報処理の自動化プロセスを探る』横川博一・定藤規弘・吉田晴世(編著), 総303ページ(1-7, 47-153, 180-230を主として共同執筆), 松柏社, 2014年

〔その他〕

ホームページ

<http://www.hyokokawa-lab.com/project.html>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

横川 博一 (YOKOKAWA, Hirokazu)  
神戸大学・国際コミュニケーションセン  
ター・教授  
研究者番号：50340427

### (2) 研究分担者

定藤 規弘 (SADTO Norihiro)  
自然科学研究機構生理学研究所・大脳  
皮質機能研究系・教授  
研究者番号：00273003

吉田 晴世 (YOSHIDA Haruyo)  
大阪教育大学・教育学部・教授  
研究者番号：40210710

原田 康也 (HARADA Yasunari)  
早稲田大学・法学学術院・教授  
研究者番号：80189711

田邊 宏樹 (TANABE Hiroki)  
名古屋大学・環境学研究科・准教授  
研究者番号：20414021

林 良子 (HAYASHI Ryoko)  
神戸大学・国際文化学研究科・教授  
研究者番号：20347785

松本絵理子 (MATSUMOTO Eriko)  
神戸大学・国際文化学研究科・准教授  
研究者番号：00403212

吉富 朝子 (YOSHITOMI Asako)  
東京外国語大学・総合国際学研究院・  
教授  
研究者番号：40272611

東矢 光代 (TOYA Mitsuyo)  
琉球大学・法文学部・准教授  
研究者番号：00295289

村上 正行 (MURAKAMI Masayuki)  
京都外国語大学・マルチメディア教育  
研究センター・准教授  
研究者番号：30351258

籾内 智 (YABUUCHI Satoshi)  
京都精華大学・人文学部・准教授  
研究者番号：30324833

菅井 康祐 (SUGAI Kosuke)  
近畿大学・経済学部・准教授  
研究者番号：90454636