

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 1 日現在

機関番号：17102

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2016

課題番号：15K16733

研究課題名(和文) 日本語とカクチケル語の比較研究による言語の普遍性と多様性の神経基盤の解明

研究課題名(英文) Elucidation of neural bases of universality and variability of language through a comparative study of Japanese and Kaqchikel

研究代表者

太田 真理(Ohta, Shinri)

九州大学・人文科学研究院・講師

研究者番号：20750045

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、日本語とマヤ諸語のひとつであるカクチケル語の母語話者に対して機能的磁気共鳴画像法(fMRI)実験を行い、語順変化に伴う脳活動の共通点・相違点を明らかにすることを目指した。カクチケル語話者と日本語話者に共通して、かき混ぜ操作で語順を変化させると左下前頭回の活動が上昇した。この脳領域は文法処理に特化した文法中枢と提案されており、かき混ぜ操作に伴い文法処理の負荷が上昇したと考えられる。さらにカクチケル語話者では、主題化操作を含まない文で、両側のヘッシエル回、上側頭回で活動が上昇した。以上の結果から、かき混ぜ操作と主題化操作が言語野に対して異なる影響を与えることが明らかとなった。

研究成果の概要(英文)：In the present comparative study using functional magnetic resonance imaging (fMRI), we tried to elucidate the neural bases of universality and variability of the human languages. Here we targeted Japanese and Kaqchikel, a Mayan language spoken in Guatemala. In both Kaqchikel and Japanese, we found that the conditions with scrambled sentences elicited significant activation in the left inferior frontal gyrus, which has been proposed as a grammar center, indicating the effects of syntactic loads. Moreover, in Kaqchikel, the conditions without topicalization resulted in significant activation in bilateral Heschl's and superior temporal gyri, demonstrating that the syntactic and phonological processes were clearly dissociated within the language areas. These results establish that scrambling and topicalization have different impacts on the specified language areas.

研究分野：言語脳科学、心理言語学

キーワード：言語 fMRI 語順 左下前頭回 上側頭回 かき混ぜ 主題化 カクチケル・マヤ語

1. 研究開始当初の背景

言語学では、文には階層的な統語構造があり、この統語構造は、併合という2つの単語を組み合わせてより大きな句を作る普遍的な操作により構築されることが提案されている。さらに、機能的磁気共鳴画像法 (fMRI) を用いた先行研究では、文構造が複雑になるほど、左下前頭回と左縁上回の活動が上昇することが明らかになっている (Ohta et al., 2013a)。もし「併合操作が全ての言語で普遍的である」という提案が正しければ、日本語と言語類型論的に非常に異なる言語においても、文の構造が複雑になるにつれて、同様の脳活動の上昇が観察されると予想される。

統語操作の普遍性に対して、語順には言語間に多様性がある。例えば、日本語では、最も単純な構造を持つ正規語順が「太郎が花子を押した」のような主語・目的語・動詞 (SOV) 語順であり、英語では SVO 語順である。日本語では正規語順に加えて、「花子を太郎が押した」のように、主語と目的語を入れ替えた非正規語順 (OSV) も用いられる。非正規語順は、語順変化に伴って正規語順よりも複雑な統語構造を持つため、より大きな文法処理の負荷を生むと考えられる。言語に見られる文構造の普遍性と語順の多様性の神経基盤を統一的に理解するためには、言語類型論的に大きく異なる言語間で母語話者の脳活動を比較することが必須であった。

本研究では、日本語母語話者と中米グアテマラで話されているマヤ諸語のひとつであるカクチケル・マヤ語の母語話者を対象に、言語に普遍的な併合操作を処理する脳領域と、言語で多様性のある語順を処理する脳領域を明らかにすることを目指した。カクチケル語の正規語順は動詞が文頭に来る VOS 語順であり、英語、日本語、ドイツ語などのこれまで研究対象となってきた言語の知見が普遍的に成立するのか検証するうえで、最適な言語である。さらに、カクチケル語では、かき混ぜ操作と主題化操作という2種類の統語操作により、SVO・VSO・OVS などの様々な語順が文法的に許されるため、1つの言語内で複数の統語操作の神経基盤を同時に検証可能であるという点でも、当該研究に適した言語であると言える (図1)。

2. 研究の目的

本研究の目的は、言語に見られる文の統語構造の普遍性と語順の多様性の神経基盤を明らかにすることであった。本研究では、言語類型論的に大きく異なる日本語とカクチケル語で母語話者の脳活動を比較し、言語の普遍性・多様性にかかわる脳領域を明らかにすることを目指した。そのために、日本語母語話者とカクチケル語母語話者を対象に fMRI の撮影を行い、脳活動を計測した。日本語とカクチケル語では、かき混ぜ操作による語順変化が観察されるが、かき混ぜ操作は統語構造をより複雑にすることが知られて

① → かき混ぜ ② → 主題化

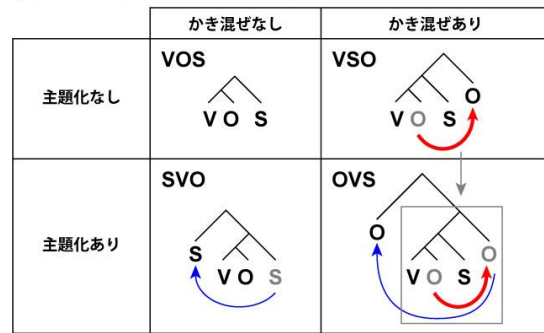


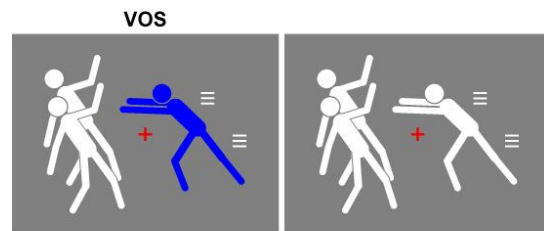
図1. カクチケル語の統語構造

かき混ぜ操作と主題化操作により、文法的に正しい4通りの語順が生まれる。

いる。したがって、統語構造を処理する左下前頭回を中心とした領域の活動はどちらの言語でも上昇することが予想された。一方で、語順自体は言語間で大きく異なるため、語順の処理に関する脳領域は言語間で異なることが予想された。さらに、カクチケル語では主題化操作によっても語順が変化するが、通言語的に主題化操作は音韻的・意味的な変化を生じさせることが知られている。主題化操作に伴う統語構造の変化は最小限であると考えられるため、文法的な負荷は生じないことが予想される (Ohta et al., 2013b)。これに対して、主題化操作が音韻・意味処理の負荷を増加させるのか、あるいは減少させるのかは、一貫した知見が得られていなかった。主題化操作に伴う脳活動の変化を明らかにすることも本研究の目的であった。

3. 研究の方法

本研究には、20名のカクチケル語母語話者と22名の日本語母語話者が参加した。実験では、文の意味と絵の内容のマッチングを行う「文-絵マッチング課題」を用いた (図2)。カクチケル語母語話者は、語順の異なる4種類の文を聴き、文の意味が同時に画面上に提示される絵の内容と一致しているかどうかを判断した。



完了-複(目)-単(主)-押す [定冠詞 複数白] [定冠詞 青]

青が 白を 押した

図2. 文-絵マッチング課題

実験参加者は文と絵の内容が一致したかどうかを判断する。左は文と絵が一致する場合を示し、右は一致しない場合を示す。カクチケル語では、主語や目的語の格や数、時制の情報が動詞の接頭辞として表現される。

日本語母語話者に対しては、文と絵を同時に画面上に提示し、文と絵が一致しているかどうかを判断させた。いずれの実験においても、異なる語順に対する脳活動の変化をfMRIにより調べた。

4. 研究成果

カクチケル語母語話者に対して、かき混ぜ操作と主題化操作に伴う脳活動の変化を調べた結果、2つの操作で異なる脳領域の活動が変化することが明らかとなった。かき混ぜ操作は統語構造をより複雑にするため、文法処理にかかわる左下前頭回 (L. F3op/F3t) と左外側運動前野 (L. LPMC) を中心に脳活動が上昇した (図 3A)。これらの領域は文法処理で選択的に脳活動が上昇することが知られており、文法処理に特化した文法中枢であると提案されている (Sakai 2005)。

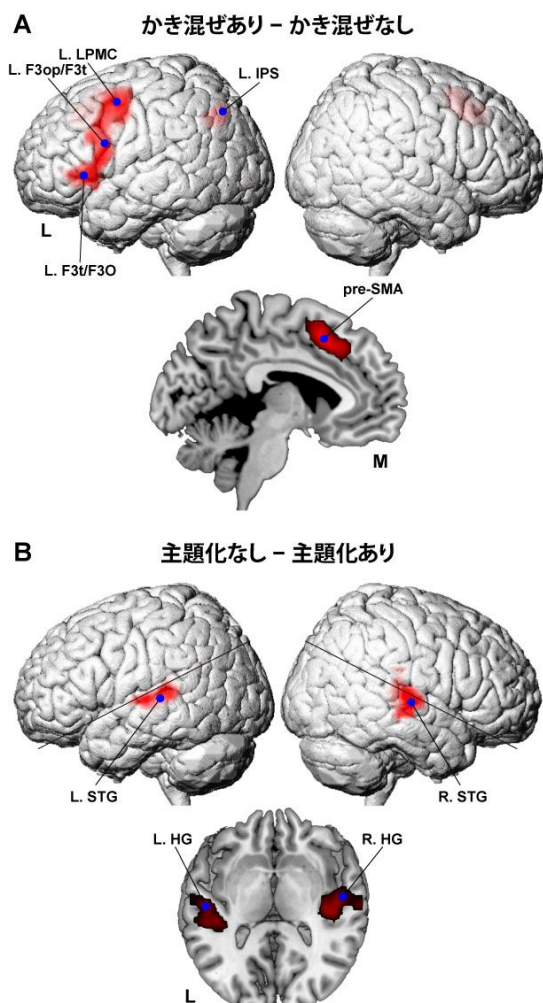


図 3. カクチケル語母語話者の語順変化に伴う脳活動の変化

(A) かき混ぜ操作による脳活動の変化。(B) 主題化操作による脳活動の変化。L: 左半球、M: 内側。

これに対して、主題化操作を含まない文では主題化操作を含む文よりも両側の上側頭回 (STG) およびヘッセル回 (HG) の活動が上昇した (図 3B)。これらの脳領域は音韻

処理にかかわることが知られており、さらに主題化操作に伴って語順や韻律が変化することで文の理解が容易になったと考えられることから、両側側頭葉の活動は意味処理や音韻処理の負荷を反映すると考えられる。

さらに、日本語母語話者に対しても、かき混ぜ操作に伴う脳活動を検証した結果、カクチケル語母語話者の場合と同様に、左下前頭回 (L. dF3op/F3t) の活動が上昇することが明らかとなった (図 4)。

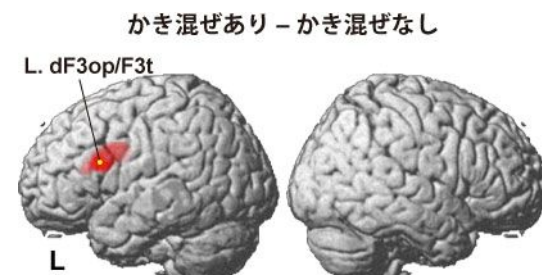


図 4. 日本語母語話者のかき混ぜ操作に伴う脳活動の変化

一貫した左下前頭回の活動は、文法処理の普遍性を反映していると考えられ、生成文法をはじめとする理論言語学で提案されてきた文法の普遍性を強く示唆するものである。また、前補足運動野 (pre-SMA) や左下頭頂間溝 (L. IPS) は、文法処理に対して補助的な役割を果たすことが知られており (Kinno et al., 2014)、カクチケル語話者でのみ観察されたこれらの脳活動は、実験に不慣れたカクチケル語母語話者にとって、日本語母語話者よりも「文-絵マッチング課題」の負荷が高かった可能性を示唆するものであった。また、主題化操作により音韻・意味処理の負荷が減少するという今回の結果は、統語と音韻・意味が異なる脳領域で処理されるという従来の主張を補強するものであり、語順変化にかかわる多様な言語処理の神経基盤を明らかにしたものと見える。

以上の結果は、言語の文法処理の普遍性を示すものであり、言語類型論的に大きく異なるカクチケル語と日本語を比較した本研究により初めて明らかとなったものである。カクチケル語母語話者における語順変化に伴う脳活動の変化について、査読付き国際誌に論文として掲載予定である (Ohta et al., 2017)。また、日本語母語話者における成果も、現在、査読付き論文として投稿中である。

< 引用文献 >

Kinno, R., Ohta, S., Muragaki, Y., Maruyama, T., Sakai, K. L., "Differential reorganization of three syntax-related networks induced by a left frontal glioma," *Brain*, **137**, 1193–1212, 2014.
Ohta, S., Koizumi, M., Sakai, K. L., "Dissociating effects of scrambling and topicalization within the left frontal and temporal language areas: An fMRI study in

Kaqchikel Maya,” *Frontiers in Psychology*, **8**, 1–14, 2017.

Ohta, S., Fukui, N., Sakai, K. L., “Syntactic computation in the human brain: The Degree of Merger as a key factor,” *PLOS ONE*, **8**, e56230, 1–16, 2013a.

Ohta, S., Fukui, N., Sakai, K. L., “Computational principles of syntax in the regions specialized for language: Integrating theoretical linguistics and functional neuroimaging,” *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, **7**, 204, 1–13, 2013b.

Sakai, K. L. “Language acquisition and brain development.” *Science*, **310**, 815–819, 2005.

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 1 件)

Ohta, S., Koizumi, M., Sakai, K. L., “Dissociating effects of scrambling and topicalization within the left frontal and temporal language areas: An fMRI study in Kaqchikel Maya,” *Frontiers in Psychology*, 査読有, **8**, 1–14, 2017. doi: 10.3389/fpsyg.2017.00748

[学会発表](計 6 件)

Tanaka, K., Ohta, S., Sakai, K. L., “Activation changes of the left frontal regions modified by independent factors of construction and scrambling,” *Neuroscience2016*, July 21, 2016, Pacifico Yokohama (Yokohama, Kanagawa).

太田真理、「機能的磁気共鳴画像法 (fMRI) と統語処理の神経基盤」, 日本言語学会第 152 回大会、2016 年 6 月 26 日、「慶應義塾大学 (東京都・港区)」

Ohta, S., Fukui, N., Zushi, M., Narita, H., Sakai, K. L., “Merge-generability as a crucial concept in syntax: An experimental study,” *First International Symposium on the Physics of Language*, March 4, 2016, Sophia University (Chiyoda, Tokyo).

Ohta, S., Koizumi, M., Sakai, K. L., “Scrambling elicits larger activation than topicalization in the grammar centers: An fMRI study in Kaqchikel Maya,” *Experimental Approaches to Arabic and other understudied Languages (EXAL+)*, January 16, 2016, Abu Dhabi (UAE).

Ohta, S., Koizumi, M., Sakai, K. L., “Dissociating scrambling from topicalization for activations in the grammar centers: An fMRI study in Kaqchikel Maya,” *SNL2015*, October 16, 2015, Chicago (USA).

Ohta, S., Koizumi, M., Sakai, K. L., “The left inferior frontal gyrus activation selectively increased by the object shift in a sentence: An fMRI study in Kaqchikel Maya,”

Neuroscience2015, July 29, 2015, Kobe International Conference Center (Kobe, Hyogo).

[図書](計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

[その他]

ホームページ等
<http://researchmap.jp/shinriolta>

6 . 研究組織

(1)研究代表者

太田 真理 (OHTA, Shinri)
九州大学・大学院人文科学研究院・講師
研究者番号：20750045