

2023年2月1日

報道機関 各位

東北大学大学院文学研究科

少数民族の言語の脳内処理過程を解明！
—理解しやすい語順と話しやすい語順が同じとは限らないことを実証—

【発表のポイント】

- 消滅の危機に瀕している少数民族の言語、カクチケル語^{注1}の脳内処理過程を脳機能計測によって研究
- 話しやすい語順を決める主な要因は思考の順序、理解しやすい語順を決める主な要因は文法処理の複雑さであり、両者は異なることを世界で初めて実証

【概要】

言葉話すときには、語順を決める必要があります。複数の語順を許す言語においては、目的語が主語に先行する語順（OS 語順）よりも主語が目的語に先行する語順（SO 語順）の方が母語話者に好まれる傾向があることが知られています。しかし、語順の決定と人間の思考の順序との関連は不明でした。

東北大学大学院文学研究科言語学研究室の小泉政利(コイズミ マサトシ)教授、木山幸子(キヤマ サチコ)准教授の研究グループは、OS 語順を基本とする言語カクチケル語の母語話者が、カクチケル語を話したり聞いたりする際の脳内処理過程を計測し、言語学、心理学、脳科学の観点から研究してきました。

その結果、文を話す時に選ばれる語順を決定する主な要因は思考の順序であることを世界で初めて実証しました。また、文を理解する際の処理負荷を決定する主な要因は文法処理の複雑さであり、語順を決定する要因とは別であることを明らかにしました。

カクチケル語は中米グアテマラ中部で話されるマヤ諸語の1つであり、ユネスコによって消滅危機言語に指定されています。本研究は、言語や人間性に対する理解を深めるとともに、危機言語に対する関心を高めることによって言語と文化の多様性を維持促進することの重要性の認識を広め、SDGs の目標10に掲げられる、不平等をなくすことに貢献することが期待されます。

本研究の一連の成果が書籍として英国のケンブリッジ大学出版局より2023年1月31日に出版されました。



図1 カクチケル語話者の皆さんと研究チームのメンバーの集合写真(グアテマラの古都アンティグアにて)



図2 東北大学の MRI 装置でカクチケル語母語話者の脳内言語処理過程を調べる実験を実施(左奥は著者(小泉政利)、右奥は研究協力者でカクチケル語話者のフアンさん、手前で横たわっているのは実験参加者)。

【詳細な説明】

言葉をお話するときには、語順を決めることが求められます。世界に 7000 以上ある言語が各々採用する文法上の基本語順は異なり、また多くの言語が語順を変えることを許します。そうした差異が人間の思考の順序とどのように関連しているか、研究グループは心理/神経言語学的実験で得られた知見に基づき、言語の語順と思考の順序の関係を考察しました。

1. 語順の選好

複数の語順を許す言語において、動詞 (verb: V) の位置に関わらず、主語 (subject: S) が目的語 (object: O) に先行する語順 (SO 語順) が、その逆の目的語が主語に先行する語順 (OS 語順) よりも母語話者に好まれる傾向があることが報告されています (SO 語順選好) *¹。例えば、日本語の他動詞文において、「菽子がスイカを切った。」(SOV 語順) という文は「スイカを菽子が切った。」(OSV 語順) という文より容易に理解され頻繁に使用されることが、反応時間や脳機能の指標を通して例証されています*²。

SO 語順は、言語の構造上好まれるのか (個別文法説)、それとも母語に関わらず人間に普遍の認知を反映するために好まれるのか (普遍認知説)。この疑問に答えるためには、SO 語順と OS 語順のそれぞれが文法的基本語順とされる複数の言語間で比較する必要があります。世界の言語の中で、SO 語順 (SOV, SV0, VS0) を文法的基本語順とする言語 (SO 言語) が圧倒的に多いのですが、OS 語順 (VOS, OVS, OSV) を基本とする言語 (OS 言語) も少数ながら存在します。その 1 つがカクチケル語 (Kaqchikel) です。

2. カクチケル語

カクチケル語は、中米グアテマラの中中部で話されるマヤ諸語の 1 つです (図 1)。ユネスコ (UNESCO) によって、消滅危機言語に指定されています。カクチケル語では、文の語順が比較的自由に、VOS、SV0、VS0、OVS の 4 通りの語順が比較的よく使われます。その中で VOS 語順 (「切る スイカ 菽子」のような語順) が最も文法的に単純な基本語順です*³。

3. 言語理解における語順の影響

カクチケル語母語話者にとってどの語順が容易に理解されるものなのかを確かめるために、種々の実験を行いました。行動指標 (課題を遂行するのにかかる時間 (= 反応時間) や正答率) では、VOS 語順が他の語順に比べて最も反応時間が短くかつ正答率が高いという結果が得られました*⁴。機能的磁気共鳴画像法 (functional magnetic resonance imaging: fMRI) の実験では、VOS よりも他の語順の理解時に、言語の統語処理を担う左下前頭回が強く賦活しました (図 2、図 3) *⁵。脳波の事象関連電位 (event-related potentials: ERP) では、VOS に比べて他の語順の理解時に、言語の統語処理の処理負荷を反映する陽性電位 (P600) が観察されました (図 4、図 5) *⁶。これらの結果は、カクチケル語母語話者にとって、VOS 語順が最も処理負荷が低い (容易に理解される) ことを示しています。

4. 言語産出における語順の影響

それでは、自分が話す時には、カクチケル語話者はどの語順を好むのでしょうか。カクチケル語話者が絵に描かれた出来事をカクチケル語で表現する際にどの語順をどの程度用いるか（産出頻度）を調べたところ、最も多く用いられるのはSVOで、その次がVOSであることが判明しました^{*7}。

次に、絵に描かれた出来事をカクチケル語で表現している際の脳活動（産出時の処理負荷）を近赤外分光法（near-infrared spectroscopy: NIRS）を用いて計測したところ、VOSよりSVOの産出時に左下前頭回が強く賦活しました^{*8}。この結果は、VOSよりSVOの方が話す時の処理負荷が高いことを示しています。

以上から、カクチケル語では、理解の際も産出の際も最も処理負荷が低いのはVOSで、最も頻繁に用いられるのはSVOであることが分かりました。1.で述べたように、SO言語では、処理負荷が最も低い語順と産出頻度が最も高い語順が一致しています。それに対して、OS言語であるカクチケル語では、処理負荷の低い語順と産出頻度の高い語順が異なっていることが判明しました。カクチケル語でこのような「ねじれ」が見られる理由を検討するため、言葉を用いずに出来事を認識・記憶・表現する際の処理の順序（思考の順序）を調べる実験を行いました。

5. 言語の語順と思考の語順

SO言語の話者を対象にジェスチャー産出実験を用いて思考の順序を調べた先行研究によると、動作主が人間で動作の対象が無生物であるような、動作主と対象を入れ替えると意味をなさない非可逆な事象（「女の子が箱の蓋を開けた」）を表現する場合は、言語でいえばSOVに相当する「動作主・対象・動作」の順序のジェスチャーが大多数でした。この結果は、実験参加者の母語の基本語順がSOV（トルコ語など）かSVO（英語など）にかかわらず同じでした。

しかし、動作主も対象も人間であるような意味的に可逆な事象（「女の子が男の子を押した」）の場合は、どの言語の話者もSVOに対応する「動作主・動作・対象」を多く用いました。このことから、人間にとって自然な思考の順序は「動作主・対象・動作」と「動作主・動作・対象」で、それを反映して音声言語においても手話言語においてもSOVやSVOを基本語順とする言語が多いのではないかと考えられています。

研究グループは、同様のジェスチャー産出実験を用いて、OS言語であるカクチケル語話者の思考の順序を調べました。その結果、カクチケル語話者も非可逆事象では「動作主・対象・動作」を、可逆事象では「動作主・動作・対象」を最も多く用いました。カクチケル語の文法的基本語順であり、理解や産出の処理負荷が最も低いVOSに対応する「動作・対象・動作主」の順序のジェスチャーはほとんど産出されませんでした^{*9}。

さらに、絵に描かれた出来事をカクチケル語で表現する新たな実験を行いました。その結果、SVO文を産出するときだけでなくVOS文を産出するときにも、カクチケル語話者は絵の中の「対象」よりも「動作主」を先に注視する（注意を向ける）ことが分かりました。また、絵が呈示されてから文を言い始めるまでの時間（発話潜時）は、SVO文の方がVOS文よりも短いという結果でした^{*10}。

以上のことから、OS言語であるカクチケル語の話者においても、出来事を認

識・記憶・表現する際には脳内において動作主の処理が対象の処理に先行し、それを反映してカクチケル語で話す際に動作主で始まる SV0 が高頻度で用いられることが分かりました。これが上述の「ねじれ」の原因です。

研究グループが実施した一連の実験によって、OS 言語であるカクチケル語の理解や産出の際の処理負荷は統語処理の複雑さに応じて VOS が他の語順よりも低い、産出頻度は思考の順序を反映して SV0 が最も高いことが分かりました。つまり、処理負荷を決定する主たる要因（統語的複雑さ）と産出頻度を定める主たる要因（思考の順序）が異なることを、世界で初めて実証しました。本研究成果は、話者数の多い言語だけでなく、消滅の危機に瀕した少数民族の言語を含む多様な言語を研究することで、言語や人間性に対する理解を深めるとともに、危機言語に対する関心を高めて言語と文化の多様性を維持促進することの重要性の認識を広め、SDGs 目標 10 に掲げられている、不平等をなくすことに貢献すると期待されます。

以上に述べた個々の研究成果の多くは[本書籍の主な成果]※3 以降に引用した原著論文で既に発表してありますが、今回、それをまとめ直し新たなデータを加えて俯瞰的に考察した研究成果が研究書として出版されました。

謝辞

本研究は、科研費(22222001, 15H02603, 19H05589)の助成を受けました。

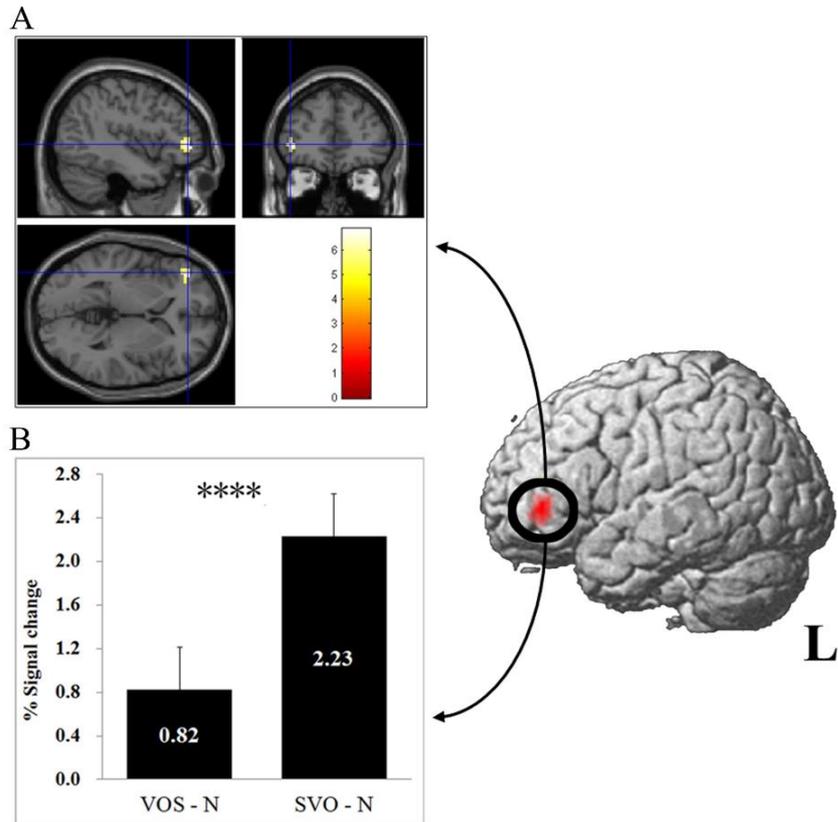


図3 fMRI 実験の結果：カクチケル語において、VOS 語順の文に比べて SVO 語順の文を聞いて理解している時の方が文法処理を司る脳の一部(左下前頭回)の神経活動が増大しました。VOS よりも SVO の方が処理負荷が高いことを示しています。



図4 グアテマラで脳波を用いてカクチケル語母語話者の脳内言語処理過程を調べる実験を実施

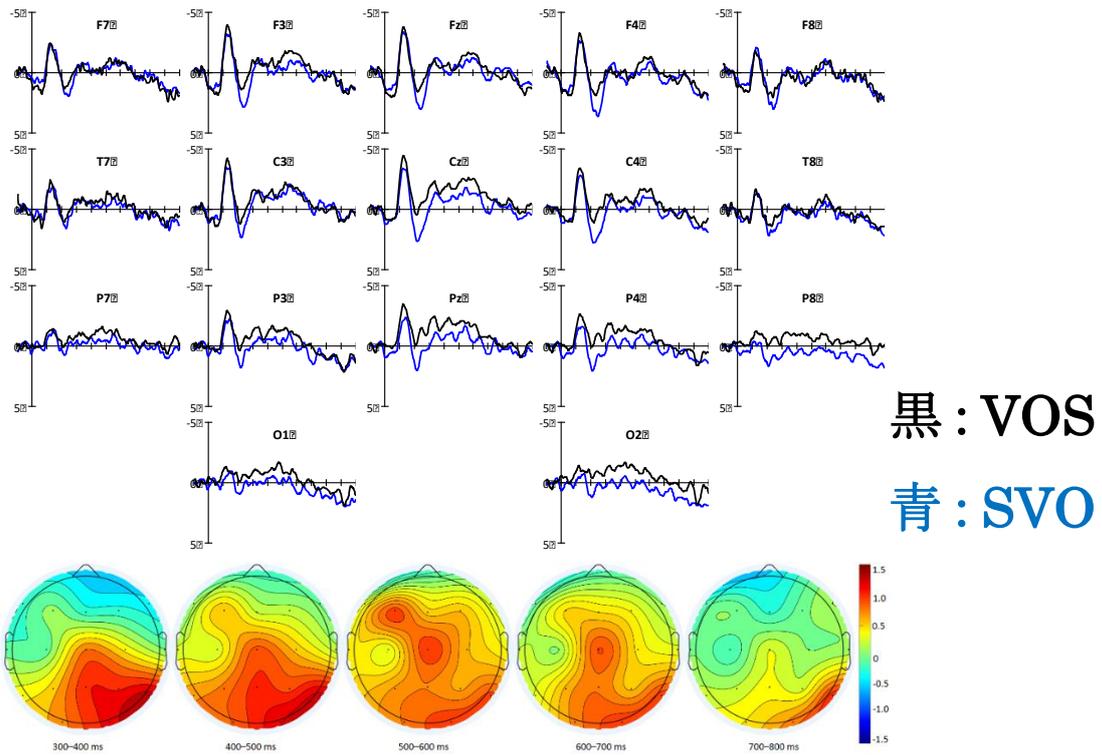


図5 脳波実験の結果：カクチケル語において、VOS 語順の文に比べて SVO 語順の文を聞いて理解している時に、動詞呈示後約 600 ミリ秒後に陽性電位（P600）が増大しました。VOS よりも SVO の方が処理負荷が高いことを示しています。

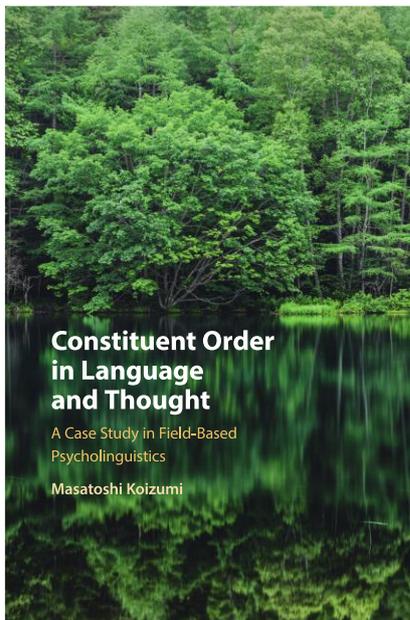


図6：書影。

【用語解説】

注1:カクチケル語(Kaqchikel)

主にグアテマラで話されるマヤ諸語の一つ。ユネスコ (UNESCO) によって、消滅危機言語 (endangered languages) に指定されている。「切る スイカ 萩子」のように日本語(「萩子がスイカを切る」と全く逆の語順をもつ。

【参考文献】

*¹ Kaiser, E., & Trueswell, J. C. (2004). The role of discourse context in the processing of a flexible word-order language. *Cognition*, 94(2), 113–147. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2004.01.002>

Grewe, T., Bornkessel-Schlesewsky, I., Zysset, S., Wiese, R., von Cramon, D. Y., & Schlewsky, M. (2007). The role of the posterior superior temporal sulcus in the processing of unmarked transitivity. *NeuroImage*, 35(1), 343–352. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2006.11.045>

Erdocia, K., Laka, I., Mestres-Missé, A., & Rodriguez-Fornells, A. (2009). Syntactic complexity and ambiguity resolution in a free word order language: Behavioral and electrophysiological evidences from Basque. *Brain and Language*, 109(1), 1–17. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2008.12.003>

*² Kim, J., Koizumi, M., Ikuta, N., Fukumitsu, Y., Kimura, N., Iwata, K., Watanabe, J., Yokoyama, S., Sato, S., Horie, K., Kawashima, R. (2009). Scrambling effects on the processing of Japanese sentences: An fMRI study. *Journal of Neurolinguistics*, 22(2), 151–166. <https://doi.org/10.1016/j.jneuroling.2008.07.005>

Koizumi, M., & Imamura, S. (2016) Interaction between syntactic structure and information structure in the processing of a head-final language, *Journal of Psycholinguistic Research*, 46, 247–260. <https://doi.org/10.1007/s10936-016-9433-3>

Yano, M., & Koizumi, M. (2018). Processing of non-canonical word orders in (in)felicitous contexts: evidence from event-related brain potentials. *Language, Cognition and Neuroscience*, 33(10), 1340–1354. <https://doi.org/10.1080/23273798.2018.1489066>

【本書籍の主な成果】

*³ Otaki, K., Sugisaki, K., Yusa, N., & Koizumi, M. (2019). Two routes to the Mayan VOS: From the view of Kaqchikel. *Gengo Kenkyu*. 156, 25–45. https://doi.org/10.11435/gengo.156.0_25.

*⁴ Kiyama, S., Tamaoka, K., Kim, J., & Koizumi, M. (2013). Effect of animacy on word order processing in Kaqchikel Maya. *Open Journal of Modern Linguistics*, 3(3), 203–207. <https://doi.org/10.1515/tlir.2009.017>

Koizumi, M., Yasugi, Y., Tamaoka, K., Kiyama, S., Kim, J., Ajsivinac Sian, J. E., &

- García Mátzar, L. P. O. (2014). On the (non)universality of the preference for subject-object word order in sentence comprehension: A sentence-processing study in Kaqchikel Maya. *Language*, 90(3), 722-736. <https://doi.org/10.1353/lan.2014.0068>.
- *5 Koizumi, M., & Kim, J. (2016). Greater left inferior frontal activation for SVO than VOS during sentence comprehension in Kaqchikel. *Frontiers in Psychology*, 7, 1541. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.01541>.
- Ohta, S., Koizumi, M., & Sakai, K. L. (2017). Dissociating effects of scrambling and topicalization within the left frontal and temporal language areas: An fMRI study in Kaqchikel Maya. *Frontiers in Psychology*, 8, 748. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00748>.
- *6 Yasunaga, D., Yano, M., Yasugi, Y., Koizumi, M. (2015). Is the subject-before-object preference universal? An event-related potential study in the Kaqchikel Mayan language, *Language, Cognition, and Neuroscience*, 30(9), 1209–1229. <https://doi.org/10.1080/23273798.2015.1080372>.
- Yano, M., Yasunaga, D. & Koizumi, M. (2017). Event-related brain indices of gap-filling processing in Kaqchikel. In: S. R. Harris (Ed.) *Event-related potential (ERP): Methods, outcomes, research insights*, 89–122. Waltham, MA: NOVA Biomedical.
- *7 久保琢也, 小野創, 田中幹大, 小泉政利, 酒井弘. (2015). 「カクチケル語 VOS 語順の産出メカニズム—有生性が語順の選択に与える効果を通して—」『認知科学』 22(4), 591-603. <https://doi.org/10.11225/jcss.22.591>.
- *8 Koizumi, M., Takeshima, Y., Tachibana, R., Asaoka, R., Niikuni, K., & Gyoba, J. (2019). Cognitive loads and time courses related to word order preference in Kaqchikel sentence production: An NIRS and eye-tracking study. *Language, Cognition and Neuroscience*, 35(2), 137–150. <https://doi.org/10.1080/23273798.2019.1650945>.
- *9 Sakai, H., Kubo, T. Ono, H., Sato, M., & Koizumi, M. (2012). Does word order influence non-verbal event description by speakers of OS language? The 34th Annual Meeting of the Cognitive Science Society. Sapporo. August 4, 2012.
- Ono, H., Kubo, T., Sato, M., Sakai, H., & Koizumi, M. (2023). Word orders, gestures, and a view of the world from OS languages. In: M. Koizumi (Ed.) *Issues in Japanese Psycholinguistics from Comparative Perspectives, Volume 1: Cross-Linguistic Studies*, 108–132. Berlin: De Gruyter Mouton.
- *10 Koizumi, M., Takeshima, Y., Tachibana, R., Asaoka, R., Niikuni, K., & Gyoba, J. (2019). Cognitive loads and time courses related to word order preference in Kaqchikel sentence production: An NIRS and eye-tracking study. *Language, Cognition and Neuroscience*, 35(2), 137–150. <https://doi.org/10.1080/23273798.2019.1650945>.

【書籍情報】

タイトル: *Constituent Order in Language and Thought: A Case Study in Field-Based Psycholinguistics.*

出版社: Cambridge University Press.

著者: Koizumi, Masatoshi

<https://doi.org/10.1017/9781108915571>

【問い合わせ先】

(研究について)

東北大学大学院文学研究科

言語学研究室

教授 小泉政利(コイズミ マサトシ)

TEL: 022-795-5983

E-mail: koizumi@tohoku.ac.jp

准教授 木山幸子(キヤマ サチコ)

E-mail: skiyama@tohoku.ac.jp

(報道について)

東北大学文学部・文学研究科

総務企画係

TEL: 022-795-6002/6003

Email: art-syom@grp.tohoku.ac.jp