

タロコ語文理解実験からみる基本語順と普遍的認知特性について

—事象関連電位を指標として—

矢野 雅貴^{1,2}, 新国 佳祐¹, 小野 創³, 木山 幸子⁴, 里 麻奈美⁵,

Tang Apay Ai-yu⁶, 安永 大地⁷, 小泉 政利¹

¹東北大学, ²日本学術振興会特別研究員, ³津田塾大学, ⁴三重大学 (現: 東北大学),

⁵沖縄国際大学, ⁶国立東華大学, ⁷金沢大学

1. 文理解における語順の選好性

文理解の負荷に影響を及ぼす要因のひとつとして、語順がある (van Gompel, 2013)。例えば「友子が太郎をほめた。」のような日本語の SOV 語順文は、「太郎を友子がほめた。」のような OSV 語順文よりも正誤判断が早くできる (Tamaoka et al., 2005)。同様の観察は、神経科学的な手法を用いた研究でも報告されている。脳波の一種である事象関連電位(ERP)を指標とした実験で Ueno & Kluender (2003)は、日本語の OSV 語順文に対して P600 と呼ばれる陽性波を観察している。P600 は、英語の wh 疑問文・関係節などでも観察される成分であり、その振幅値は、移動要素 (filler) とその元位置 (gap) の関係 (filler-gap 依存) を構築する負荷に応じて増大する (Kaan et al., 2000; Phillips et al., 2005)。また、Kim et al. (2009)は、日本語の OSV 語順文では左下前頭回 (left inferior frontal gyrus) で賦活が増大することを報告している。これらの観察は、日本語において、主語が目的語に先行する語順 (SO 語順文) が、目的語が主語に先行する語順 (OS 語順文) よりも好まれることを示している。このような SO 語順選好は、日本語に限らず、様々な言語で報告されている (韓国語: 金, 2012; ドイツ語: Bader & Meng, 1999; ロシア語: Sekerina, 1997; フィンランド語: Kaiser & Trueswell, 2004, シンハラ語: Tamaoka et al., 2011; バスク語: Erdocia et al., 2009)。

しかし、SO 語順を統語的基本語順とする言語 (SO 言語) を対象とした従来の研究では、SO 語順に対する選好性が、個別言語の基本語順によるものなのか (**個別文法仮説**)、あるいは、人間の普遍的な認知特性によるものなのか (**普遍認知仮説**) は不明である。個別文法仮説に基づけば、SO 言語における OS 語順での負荷の増大は、より複雑な統語構造を表象するコストを反映したものであると考えられる (Gibson, 2000; Hawkins, 2004; Marantz, 2005; O'Grady, 1997; Pritchett & Whitman, 1995)。一方、普遍認知仮説では、Agent 項が Patient 項 (Goal 項) に先行する SO 語順文の方が負荷が低いという説明が可能である (Bornkessel-Schlesewsky & Schlewsky, 2009a, 2009b; Kemmerer, 2012; Tanaka et al., 2011)。この二つの仮説はどちらも、SO 言語では SO 語順選好を予測するため、SO 言語を対象とした研究では、これらの仮説の妥当性を検討することが難しい。一方、OS 言語では、個別文法仮説は OS 語順選好を予測するのに対し、普遍認知仮説では SO 語順選好が予測される。従って、OS 言語を対象とすることで、これらの仮説の妥当性を検証することができる。

2. 事象関連電位(ERP)実験

2.1. 実験文と実験手順

本研究では、文理解上選好される語順と統語構造及び普遍的認知特性の関係性を探るために、VOS 語順を基本語順とするタロコ語を用いた文理解実験を実施した。危機言語でもあるタロコ語は、台湾で話されるオーストロネシア語族セデック語の一つである。基本語順は、(1a)(2a)のような VOS 語順であり、VOS の S を前置することによって、(1b)(2b)のような SVO 語順を派生させることが可能である (Aldridge, 2004; 月田, 2009)。対称的ヴォイス体系(symmetrical voice system)を持つタロコ語は、Actor 項を主語として扱う Actor Voice (AV)や、Goal 項を主語として扱う Goal Voice (GV)があり、主語が Actor 項であるか Goal 項であるかは、動詞に付く接辞(AV: em, GV: un/an) で区別される。

- (1) a. AV-VOS: qmqah emqliyang niyi ka embanah niyi.
kick.AV blue DET NOM red DET
'The red kicks the blue.'
- b. AV-SVO: embanah niyi o qmqah emqliyang niyi.
red DET FOC kick.AV blue DET
- (2) a. GV-VOS: qqahan embanah niyi ka emqliyang niyi.
kick.GV red DET NOM blue DET
- b. GV-SVO: emqliyang niyi o qqahan embanah niyi.
blue DET FOC kick.GV red DET

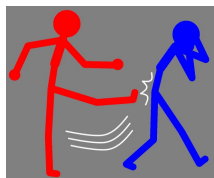


図 1. 文・絵画一致課題で使用した絵

実験では、(1)(2)に示したヴォイス (AV/GV) と語順 (VOS/SVO) を操作した 4 種類の文を音声呈示し、その際の ERP を計測した。実験参加者は、文呈示後にモニターに呈示される絵 (図 1) が、直前に呈示された文の内容と合致しているかどうかを判断し、ボタン (Cedrus 製 RB-740) を押して回答した (文・絵画一致課題)。実験文は、各条件 48 文 (計 192 文) あり、リストに分配せずランダムに呈示した。

2.2. 実験参加者

25 名のタロコ語母語話者が参加し、全員のデータを使用した (男性: 7 名、女性: 18 名、平均年齢: 61 歳 6 ヶ月、SD: 12 歳 6 ヶ月、右利き)。全員が、生後間もなくタロコ語を習得し始め、中国語は 7 歳前後で習得し始めたと報告している。

実験参加者からインフォームド・コンセントを得た上で、実験協力者であるタロコ語母語話者が、タロコ語で実験の課題を説明した。その際、実験参加者が、実験で使用する色 (黒・赤・青・

白)と動詞(例:蹴る)を全てタロコ語で答えられることを確認した。

2.3. 予測

SVO 語順は、VOS 語順から名詞句の移動によって派生したと考えると (Aldridge, 2004)、第 3 領域 (下線部) において filler-gap 依存が構築されると考えられるため、この領域を関心領域とした。もし個別言語における統語構造の複雑性が文処理負荷に反映されるとすれば、基本語順である VOS 語順文(1a)(2a)に比べて、派生語順である SVO 語順文(1b)(2b)の方が処理負荷が高いと予測される。従って、個別文法仮説は、SVO 語順文において P600 効果が惹起されることを予測する。一方、文処理負荷は、Agent 項と Goal (Patient)項の順によって決定されているとすれば、AV 条件では SVO 語順文、GV 条件では VOS 語順文が選好される。従って、普遍認知仮説が妥当であれば、AV・VOS 条件と GV・SVO 条件において P600 効果が観察されると予測される。また、統語構造の複雑性と言語普遍的な認知特性の両方が文処理負荷に影響していとすれば、ヴォイスと語順の交互作用が予測され、GV における語順効果は AV における語順効果よりも大きいことが予測される。

2.4. 結果

第 3 領域の総加算平均波形を図 2 に示した。

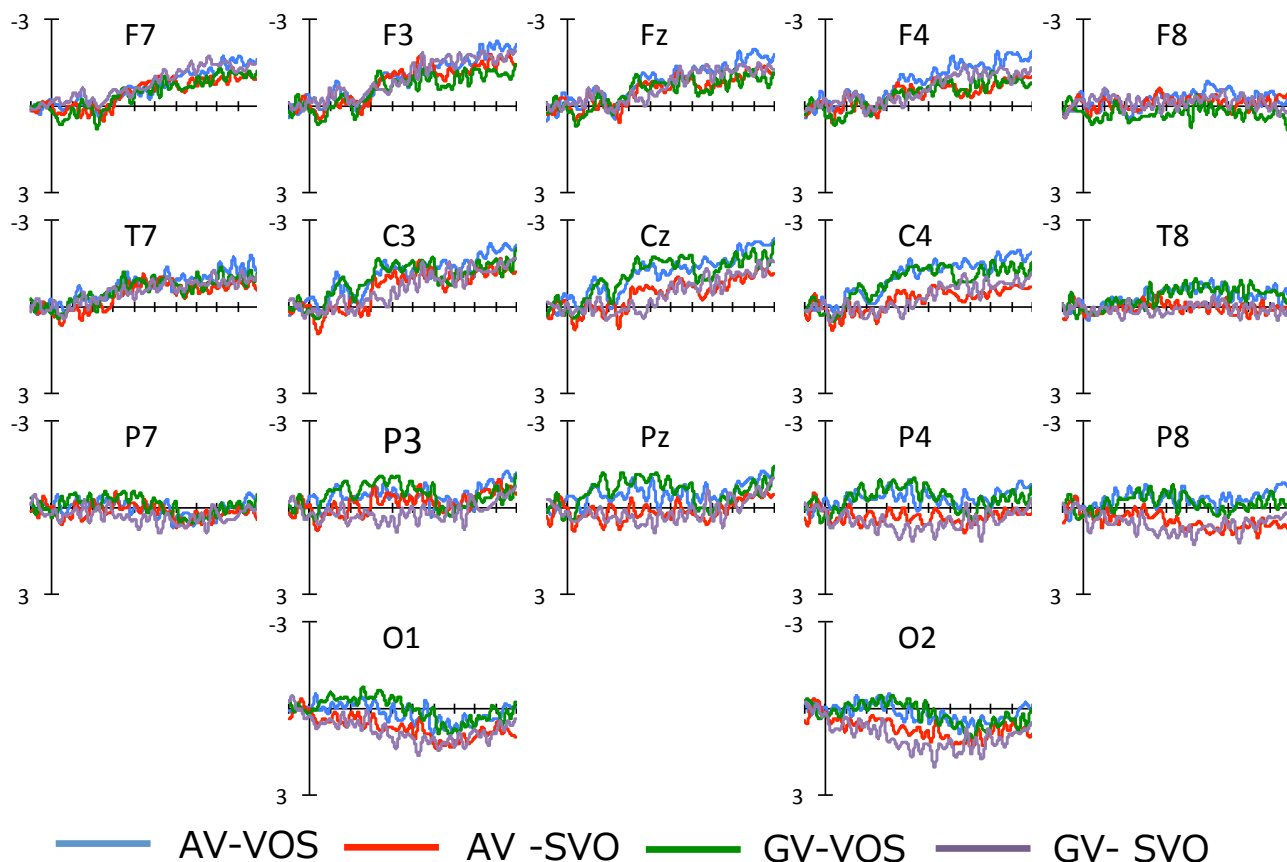


図 2. 第 3 領域における総加算平均波形. 横軸は時間 (1 目盛り 100 ms)、縦軸は電位量 (-3 か

ら 3 μV) . 陰性が上向き.

分析は、刺激呈示開始後 100 ms 以降を 200 ms 毎に区切り、その時間帯の平均振幅値を従属変数とした分散分析を行った。要因配置は、ヴォイス (AV/GV) \times 語順 (VOS/SVO) \times 電極位置 (前頭性及び左右) であった (記録方法・分析方法の詳細は Appendix を参照)。

1. 100–300 ms : 正中線と傍矢状洞部で語順の主効果が有意であり、**SVO 語順の方が、VOS 語順に比べて陽性方向に偏移していた**。また、全ての領域において語順 \times 前頭性の交互作用が有意であり、頭頂部及び後頭部 (Cz, Pz, C3/4, P3/4, T7/8, P7/8, O1/2) で、より大きな陽性方向への偏移が認められた。
2. 300–500 ms : 全ての領域で語順の主効果と、語順 \times 前頭性の交互作用が有意であり、**SVO 語順に対して、頭頂部・後頭部を中心とした陽性波が観察された**。また、ヴォイス \times 語順の交互作用が全ての領域で有意、ヴォイス \times 語順 \times 前頭性の交互作用が傍矢状洞部と側頭部で有意であった。ヴォイス毎に下位検定を行ったところ、**SVO 語順に対する陽性方向の偏移は、GV 条件の方が効果が大きかった** (図 3, 4)。また、AV 条件では右半球でより強い陽性波が見られた。
3. 500–700 ms : 側頭部のみ語順の主効果が有意であり、**T7/8, O1/2 で SVO 語順に対して有意な陽性波が観察された**。また、傍矢状洞部ではヴォイス \times 語順 \times 前頭性の交互作用が有意であり、AV 条件においてのみ右半球で語順の効果が有意であった。
4. 700–900 ms : 傍矢状洞部で語順 \times 左右の交互作用が有意であり、下位検定の結果、右半球においてのみ SVO 語順に対する陽性波が有意であった。また、ヴォイス \times 語順 \times 前頭性の交互作用も有意であり、AV 条件においてのみ右半球で語順の効果が有意であった。

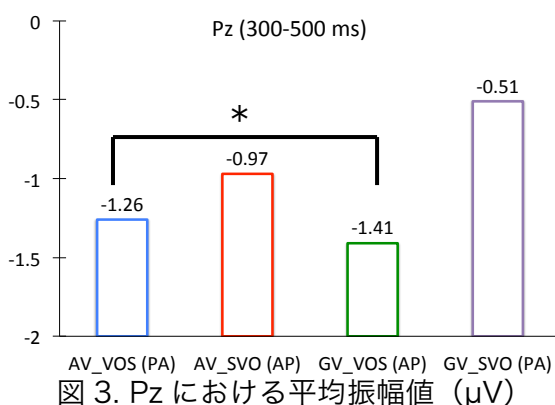


図 3. Pz における平均振幅値 (μV)

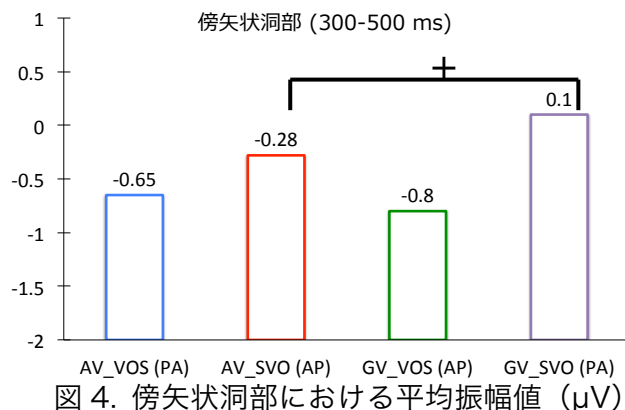


図 4. 傍矢状洞部における平均振幅値 (μV)

3. 考察

実験の結果、VOS 語順と比較して、SVO 語順において陽性波が確認された。この陽性波は、典型的な P600 よりも頂点潜時が早い (M = 472 ms, SD = 153 ms)、頭頂部を中心に分布していることから P600 に似た成分であると考えられる。ヴォイスに関わらず SVO 語順で陽性波が惹起されたという結果は、SO 語順選好が普遍的な認知特性を反映しているという普遍認知仮説とは整合しない。語順選好を Agent 項-Goal 項の相対的順序の観点から考えると、GV 条件では正しく VOS 語順選好が予測されるが、AV 条件では SVO 語順選好を予測してしまう。一方、個別文法仮

説と本実験の結果は整合する。SVO 語順は VOS 語順から派生された語順であるため、SVO 語順では、前置された S (filler) を元位置 (gap) に統合する処理が行なわれると考えられる。本実験で観察された P600 効果は、このような処理を反映して惹起されたと考えられる。

ただし、個別文法仮説は、刺激呈示開始後 300–500 ms で観察されたヴォイスと語順の相互作用を説明できない。しかし、この結果は、2.3 節で述べたように、個別言語仮説と普遍認知仮説の相互作用によって説明できる。文処理負荷を決定する上で主要な要因は、統語構造の複雑性であるが、意味役割の順序も負荷に影響を及ぼすと考えると、GV 条件では、これら二つの要因によって SVO 語順で負荷が増大することが予測される。一方、AV 条件では、SVO 語順の方が統語構造は複雑であるが、意味役割の観点から考えるとこの語順の方が好まれると予測される。つまり、統語構造の複雑性と意味役割の順序という二つの要因の相互作用の結果、GV 条件の方が語順効果による処理負荷が大きくなったと考えられる。

4. 結論

- 文理解における SO 語順選好は言語普遍的ではなく、タロコ語では SVO 語順よりも VOS 語順の方が処理負荷が低い。
- 語順交替に関わる文処理負荷は、個別言語の統語構造の複雑性から説明が可能であり、これは、統語的に複雑な構造を心的に表象する困難さを反映していると考えられる。

Appendix: 脳波の記録・解析・統計方法

- 脳波の記録には、Brain Products 製の QuickAmp 及び Ag/AgCl 電極を用いた。探査電極は、頭皮上の 17 カ所 (F3/4, C3/4, P3/4, O1/2, F7/8, T7/8, P7/8, Fz, Cz, Pz)、眼電図記録用の電極は、左眼下・左眼左に設置した。記録時は平均電位基準法を用い、解析時に両耳朶から記録した電位の平均値に再基準化を行った。電極間抵抗値は 10 k Ω 未満であり、サンプリング周波数 1000 Hz、DC–200 Hz のオンラインフィルタで記録した。
- 解析は、まず各領域の–100 ms から 1000 ms までをエポック化し、0.1 Hz のローカットフィルタと 30Hz のハイカットフィルタを適用した。その後、独立成分分析を実施し、SASICA (Semi-Automated Selection of Independent Components of the electroencephalogram for Artifact correction, Chaumon et al., 2015) に従って、アーチファクトを含む独立成分を除外した。残ったデータに対してベースライン補正及び加算平均を行った。その際、 $\pm 100 \mu\text{V}$ を超える電位を含む試行は、アーチファクトの混入があるとみなし、加算から除外した (全体の 1.48%)。文と絵の内容が合致する試行と合致しない試行 (各条件 24 試行ずつ) は音声呈示中の違いはないため、これらを区別せずに加算平均した。
- 統計分析は、ヴォイス (AV/GV) \times 語順 (VOS/SVO) \times 電極位置 (前頭性及び左右) を要因とする分散分析を行った (正中線: Fz, Cz, Pz, 傍矢状洞部: F3/4, C3/4, P3/4, 側頭部: F7/8, T7/8, P7/8, O1/2)。時間窓は、刺激呈示開始後 100–300 ms, 300–500 ms, 500–700 ms, 700–900 ms であった。自由度が 1 より大きい反復測定を含む分散分析では、球面性の仮定からの逸脱を補正するため、球面性の検定が有意であった被験者内要因について Greenhouse-Geisser の ϵ による調整を実施した。

参考文献

- Aldridge, E. C. (2004) Ergativity and word order in Austronesian languages, *Doctoral dissertation*, Cornell University.
- Bader, M. and Meng, M. (1999) Subject-object ambiguities in German embedded clauses: An

- across-the-board comparison, *Journal of Psycholinguistic Research*, 28(2), 121–143.
- Bornkessel-Schlesewsky, I. and Schlewsky, M. (2009a) The role of prominence information in the real-time comprehension of transitive constructions: A cross-linguistic approach, *Language and Linguistics Compass*, 3(1), 19–58.
- Bornkessel-Schlesewsky, I. and Schlewsky, M. (2009b) *Processing syntax and morphology: A neurocognitive perspective*. Oxford: Oxford University Press.
- Chaumon, M., Bishop, D. V. M., and Busch, N. A. (2015) A practical guide to the selection of independent components of the electroencephalogram for artifact correction, *Journal of Neuroscience Methods*, 250, 47–63.
- Erdocia, K., Laka, I., Mestres-Missé, and 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.
- Gibson, E. (2000) Dependency locality theory: A distance-based theory of linguistic complexity. In Marantz, A., Miyashita, Y., and O'Neil, W. (Eds.), *Image, language, brain: Papers from the first mind articulation project symposium* (pp. 95–126). Cambridge, MA: MIT Press.
- Hawkins, J. A. (2004) *Efficiency and complexity in grammars*. Oxford: Oxford University Press.
- Kaan, E., Harris, A., Gibson, E., and Holcomb, P. (2000) The P600 as an index of syntactic integration difficulty, *Language and Cognitive Processes*, 15(2), 159–201.
- Kaiser, E. and Trueswell, J. C. (2004) The role of discourse context in the processing of a flexible word-order language, *Cognition*, 94(2), 113–147.
- Kemmerer, D. (2012) The cross-linguistic prevalence of SOV and SVO word orders reflects the sequential and hierarchical representation of action in Broca's Area, *Language and Linguistics Compass*, 6(1), 50–66.
- Kim, J., Koizumi, M., Ikuta, N., Fukumitsu, Y., Kimura, N., Iwata, K., Watanabe, J., Yokoyama, S., Sato, S., Horie, K., and Kawashima, R. (2009) Scrambling effects on the processing of Japanese sentences: An fMRI study, *Journal of Neurolinguistics*, 22(2), 151–166.
- Marantz, A. (2005) Generative linguistics within the cognitive neuroscience of language, *The Linguistic Review*, 22(2–4), 429–445.
- O'Grady, W. (1997) *Syntactic development*. Chicago, IL: University of Chicago Press.
- Phillips, C., Kazanina, N., and Abada, S. H. (2005) ERP effects of the processing of syntactic long-distance dependencies, *Cognitive Brain Research*, 22(3), 407–428.
- Pritchett, B. and Whitman, J. (1995) Syntactic representation and interpretive preference. In: Mazuka, R. and Nagai, N. (Eds.), *Japanese Sentence Processing* (pp. 65–76). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Sekerina, I. A. (1997) The syntax and processing of Russian scrambled constructions in Russian, *Doctoral dissertation*, City University of New York.
- Tamaoka, K., Kanduboda, P. B. A., and Sakai, H. (2011) Effects of word order alternation on the sentence processing of Sinhalese written and spoken forms, *Open Journal of Modern Linguistics*, 1, 24–32.
- Tamaoka, K., Sakai, H., Kawahara, J., Miyaoka, Y., Lim, H., and Koizumi, M. (2005) Priority information used for the processing of Japanese sentences: Thematic roles, case particles or grammatical functions?, *Journal of Psycholinguistic Research*, 34(3), 281–332.
- Tanaka, M. N., Branigan, H. P., McLean, J. F., and Pickering, M. J. (2011) Conceptual influences on word order and voice in sentence production: Evidence from Japanese, *Journal of Memory and Language*, 65, 318–330.
- Ueno, M. and Kluender, R. (2003) Event-related brain indices of Japanese scrambling, *Brain and Language*, 86(2), 243–271.
- Van Gompel, R. P. G. (Ed.) (2013) *Sentence processing: Current issues in the psychology of language*. London: Psychology Press.
- 金情浩 (2012) 韓国語かき混ぜ語順文のプライミング効果. 文化, 75, 228–213.
- 月田尚美 (2009) セデック語 (台湾) の文法, 博士論文, 東京大学大学院.

謝辞

本研究は、以下の助成を受けて行われた。ここに記して謝意を表す。

日本学術振興会科学研究費基盤研究 (A) 15H02603 (研究代表者：小泉 政利)