

令和 2 年 6 月 19 日現在

機関番号：32689

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2015～2019

課題番号：15H01881

研究課題名(和文) 脳はどのように文法を生み出すのか 東アジア言語比較認知神経科学からの探求

研究課題名(英文) How does grammar emerge in the human brain?: An insight from the East Asian comparative cognitive neuroscience of language

研究代表者

酒井 弘 (Sakai, Hiromu)

早稲田大学・理工学術院・教授

研究者番号：50274030

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 35,000,000円

研究成果の概要(和文)：文法がなぜ、どのように生じたのかという疑問は、これまで主に、言語の歴史的变化や人間の生物学的進化の観点から論じられてきた。本研究ではこの問題に認知神経科学的観点からアプローチし、言語処理を可能にするメカニズムが人間の脳にどのように備わるのかを明らかにする研究に取り組んだ。研究を通して、言語の音韻的、統語的、意味的、語用的処理に関わる脳活動を探る実験を行い、それぞれの処理過程の特徴を明らかにすることができた。さらに言語学習の計算モデルを構築し、実験データに基づいて妥当性を検討する研究を行い、モデル構築の際に規則の方向性を組み込んだモデルが有効であることを示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

「言語」はすべての人間にとって、社会生活を送るために欠かすことのできない存在である。しかし、人間はなぜ文法を駆使して言語を使用できるのかという疑問は、まだ解明されていない謎として残されている。本研究は、人間の脳を言語を学んで使用できるようになる装置とみなして、学習の過程と処理に関わる脳活動を計測する実験を通して謎の解明に貢献した。このような研究の蓄積によって、言語の学習や教育の方法開発、言語を使ったコミュニケーションが困難な障害者の支援や治療、コンピュータによる人間言語の処理、さらには人間のように自分の思考を言語化できる人工知能の開発などに貢献することができると考えられる。

研究成果の概要(英文)：The question why languages in the world have their own grammar has been addressed among researchers on historical changes in language and biological evolution of human being. The present study approaches this problem from the cognitive neuroscience perspective. This approach aims to answer the question how the mechanisms for real-time language processing comes to be integrated into the functions of human brain. As a result of this study, we revealed the characteristics of phonological, syntactic, semantic, and pragmatic processing of language through a series of experiment measuring brain activities during language comprehension or production. Furthermore, we conducted a study on building a computational model of language learning and examined its validity in light of experimental data. The result showed that models that incorporate direction of the rules are more effective than previous models without such consideration.

研究分野：言語学、心理言語学、認知神経科学

キーワード：言語学 認知科学 脳・神経 実験系心理学 国際研究者交流

## 1. 研究開始当初の背景

文法がなぜ、どのように生じたのかという疑問は、これまで主に、言語の歴史的変化や人間の生物的進化の観点から検討されてきた。しかし、言語を理解し産出するのは人間の脳であることを踏まえれば、同じ疑問に認知神経科学的観点からアプローチすることもできる。すなわち、世界の諸言語の文法は多種多様に異なっているにもかかわらず、人間は言語を使用することができること、そして言語を使用するためには、文法を習得し、脳に統語処理のメカニズムを組み込まなければならないことから、「人間の脳は学習を通して自ら文法（ここでは統語処理のメカニズムとみなす）を生み出す」と考えられる。本研究課題の開始当時の背景は認知神経科学的アプローチによってこの仮説を検証し、さらに文法の処理と学習の過程を解明することである。

## 2. 研究の目的

上記の背景のもとで、次の2つの具体的研究目的を設定した。すなわち、(1) 日本語を中心としたアジア諸言語における統語処理の脳機能を明らかにするために脳波計測を中心とした実験的研究を実施すること、特に語彙的処理、統語的処理、意味的処理のそれぞれに共通する脳機能と相違する脳機能を抽出して関連性を明らかにすること、及び(2) 入力されるデータに基づいて人間がどのように文法規則を抽出して学習するのかを明らかにするために、文法要素学習の計算モデルを構築して実験的に検証することである。

## 3. 研究の方法

上記の目的を鑑みて、2種類の主要な研究方法を採用した。まず統語処理の脳機能解明という目的達成のためには、言語処理を実施する際の人間の脳機能の計測、特にミリ秒単位で即時的に進行するという言語処理の特性と先行研究の蓄積を踏まえて、脳波計による脳機能計測を第一の研究方法とした。第二に、文法の学習過程を探るという目的達成のためには、統語規則学習の計算モデルを構築し、人間による言語処理の実験的データ及び大規模コーパスの分析結果に照らしてモデルを検証することを第二の研究方法とした。加えて、言語処理の脳機能計測及び言語学習の計算モデル構築のいずれの分野も国際的に発展しつつある分野であり、海外の研究機関に所属する研究者と密接に交流して情報収集と意見交換を行うことが欠かせないと考えた。そこで国際シンポジウム及び国際ワークショップ、海外の研究者を招聘して実施するサマーセミナー等の開催を研究方法の重要な一部とした。

## 4. 研究成果

研究期間中に実施した主な研究成果は以下の通りである。

まず言語の理解・産出に必要な音韻処理、語彙処理、統語処理、意味処理、語用処理など様々な処理の特徴を明らかにする研究として、(1) 音韻表示における言語間相違の神経基盤の解明、(2) 数量詞処理における語彙的、意味的、統語的予測の神経メカニズム解明、(3) 動詞アスペクトに関する意味処理過程の解明、(4) 埋め込み文に対する選択制限処理の神経メカニズムの解明、(5) モダリティとエビデンシャリティに関する語用的、意味的、語彙的処理の神経メカニズムの解明を実施した。(1)、(2)、(4)、(5) は脳波計測を用いた研究であり、(3) は読文時間を計測研究とfMRIによる脳機能計測研究を実施した。現在研究成果の取りまとめを進めているfMRI実験部分を除いて、これらの研究成果はすべて国際学術誌の査読付き論文ないし国際学会の招待講演、口頭発表、ポスター発表として公表した。

続いて計算モデルを使用して言語の処理及び学習メカニズムを探る研究として、(6) 日本語動詞形態の処理及び学習に関する計算モデルの構築と検証を行った。研究成果は複数の国際学会において発表し、発表論文集に査読付き論文として掲載されて公開されている。子どもの言語習得を扱った研究としては、(7) 格助詞の習得に名詞句の省略が及ぼす影響に関する実験的研究も実施し、複数の国際学会で発表して論文を予稿集に掲載するとともに国内学会誌に論文掲載を行った。

また視線計測の手法を用いて複数言語の母語話者によるリアルタイムの言語産出過程を比較したユニークな研究として、(8) 言語間の統語的相違が文産出の過程に及ぼす影響に関する研究を実施した。この研究成果は国際学術誌に査読付き論文として掲載されている。

最後に、研究目的を発展させ、母語以外の言語を使用するいわゆるバイリンガル話者による言語学習と言語処理の関係を扱う研究を実施した。まず、脳波計測の手法を用いて言語の理解過程を探る研究として、(9)バイリンガル話者の言語処理過程に母語の及ぼす影響に関する神経言語学的研究を実施した。同じく脳波計測を手法として採用しつつ、言語の産出過程に目を向けた研究として(10)バイリンガル話者の語彙産出過程に関する神経言語学的研究も実施した。最後に視線計測の手法を用いて、(11)バイリンガル話者の語彙理解過程に関する心理言語学的研究を実施した。これらの研究成果はすべて国際学会において発表済みであり、今後国際的学術誌への論文投稿に向けて準備を進めている。

上記研究の中で、(1)、(3)、(4)、(6)、(8)、(11)は国際共同研究であり、(1)、(6)、(8)は国際共著論文として学術誌における論文が掲載された。残りの研究成果もすべて投稿中であるか、投稿を準備中である。

またこれらの研究成果を学際的により広く公開するために、著書に研究成果をまとめて発表する活動も積極的に実施した。(1)子どもの語彙獲得過程について数量詞が名詞意味の獲得の及ぼす影響を材料に説明した著作、(2)外国語学習に対して脳科学が貢献する可能性について説明した著作、(3)文法的処理と意味的処理の関係について埋め込み文に対する選択制限研究を材料に説明した著作、(4)語彙的処理、意味的処理、語用的処理についてエビデンシャルリティとモダリティを材料に説明した著作など多数を出版した。

最後に、国際シンポジウム・国際ワークショップの開催、サマーセミナーの実施として、(1)2015年に Harm Brower 博士 (Saarland University) を招聘して言語学習の神経計算モデル研究に関する国際ワークショップを実施、(2)同じく2015年に Janet Dean Fodor 氏 (CUNY)、Masako Hirotsu 氏 (Carlton University) を招聘して心理言語学に関する国際シンポジウムを実施、(3)2016年に Patrik Sturt 氏 (University of Edinburgh)、Arild Hestvik 氏 (University of Delaware)、須藤靖直氏 (UCL)、Yaling Hsiao 氏 (Oxford University) を招聘し、理論言語学と実験言語学に関するシンポジウムを開催、(4)2017年に Florian Schwartz 氏 (University of Pennsylvania)、Emmanuel Chemla 氏 (CNRS)、Ruth Flick 氏 (University of Nottingham) を招聘して実験的意味論・語用論研究に関する国際シンポジウムを開催、(5)2018年に Jennifer Culbertson 氏 (University of Edinburgh) を招聘して言語類型と統語学習に関する計算モデル研究に関するサマーセミナーを開催、(6)2019年に Lars Mayer 氏 (Max Planck Institute, Leipzig)、Vitoria Piai 氏 (Radboud University) を海外から招聘し、国内からは Franklin Chang 氏 (神戸市外国語大学) を招聘して言語処理の神経機能及び神経計算モデル構築に関する国際ワークショップを開催した。これらの国際的研究者連携のまとめとして、(7)同じく2019年に、Colin Phillips 氏 (University of Maryland) を招聘して研究成果に関するレビューを受けるとともに情報交換を実施した。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 7件/うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Hestvuk, A, Shinohara, Y, Durvasula, K, Verdonschot, R Sakai, H	4. 巻 1732
2. 論文標題 Abstractness of human speech sound representations	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Brain Research	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.brainres.2020.146664	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する
1. 著者名 Oseki, Y, Sudo, Y, Sakai, H, Marantz, A	4. 巻 6
2. 論文標題 Inverting and Modeling Morphological Inflection	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the 16th Workshop on Computational Research in Phonetics, Phonology, and Morphology	6. 最初と最後の頁 170-177
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.18653/v1/W19-4220	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する
1. 著者名 Lai Y-Y, Makuuchi M, Pinango M, Sakai, H	4. 巻 119(151)
2. 論文標題 Comprehension of underspecified iterative meaning in Japanese	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEICE Technical Report	6. 最初と最後の頁 101-106
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Rodrigo L, Igoa J M, Sakai H	4. 巻 9
2. 論文標題 The Interplay of Relational and Non-relational Processes in Sentence Production: The Case of Relative Clause Planning in Japanese and Spanish	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Frontiers in Psychology	6. 最初と最後の頁 1-15
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3389/fpsyg.2018.01573	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

1. 著者名 Oseki Y, Sudo Y, Sakai H, & Marantz A	4. 巻 117(149)
2. 論文標題 Inflectional directionality in morphological productivity	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 IEICE Technical Report	6. 最初と最後の頁 73-78
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Wang Y, Luo Y, Sakai H	4. 巻 116(159)
2. 論文標題 Unconscious translation from Japanese kanji to Chinese hanzi by Chinese-Japanese bilinguals: An ERP investigation	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 IEICE Technical Report	6. 最初と最後の頁 71-76
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Hara, Y, Orita, N, Deng Y, Koshizuka T, Sakai H	4. 巻 24
2. 論文標題 A neurolinguistic investigation into semantic differences of evidentiality and modality	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of Sinn und Bedeutung 24	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 趙 あきこ, 酒井 弘	4. 巻 24(3)
2. 論文標題 日本語を母語とする幼児及び年少児童の格助詞学習における項省略の影響：人工格助詞を用いた検討	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 認知科学 (日本認知科学学会誌)	6. 最初と最後の頁 344-359
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11225/jcss.24.344	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Zhao, Z A, Luo Y, Sakai H	4. 巻 42
2. 論文標題 The impact of argument-omitted sentence in learning of the Japanese direct object case-markers	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of the 42th annual Boston University Conference on language development	6. 最初と最後の頁 836-847
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

[学会発表] 計14件 (うち招待講演 3件 / うち国際学会 11件)

1. 発表者名 Hara Y, Orita N, Deng, Y, Koshizuka T, Sakai H
2. 発表標題 Neurolinguistic differences between evidentiality and Modality
3. 学会等名 The Eighth Experimental Pragmatics Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hara Y, Orita N, Deng, Y, Koshizuka T, Sakai H
2. 発表標題 A neurolinguistic investigation into semantic differences of evidentiality and modality
3. 学会等名 Sinn und Bedeutung 24 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ito A, Sakai H
2. 発表標題 Prediction of orthographic information during listening comprehension
3. 学会等名 Embodied and Situated Language Processing and The Attentive Listener in the Visual World (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sakai, H
2. 発表標題 Neural correlates of inferential reasoning in evidentiality and modality: An ERP study
3. 学会等名 Exploring Interface #1: Grammatical Theory and Neurolinguistics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shinohara, Y., Hestvik, A., Durvasula, K., & Sakai, H.
2. 発表標題 Asymmetric memory encoding for voicing contrasts across languages
3. 学会等名 The 8th Mismatch Negativity Conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Sakai, H., Oseki, Y., & Orita, N.
2. 発表標題 Predictive processing of Japanese classifier-noun combinations: An ERP study
3. 学会等名 the 10th meeting of the Society for the Neurobiology of Language (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 酒井弘
2. 発表標題 話者の視線が解き明かす言語と思考の関係
3. 学会等名 関西言語学会第43回大会招待講演 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shinohara, Y., Hestvik, A., Durvasula, K., Verdonshot, R., & Sakai, H.
2. 発表標題 Cross-linguistic differences in MMN asymmetry: Voicing underspecification in Japanese
3. 学会等名 The 9th meeting of the Society for the Neurobiology of Language (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 酒井弘
2. 発表標題 含意と推論の基盤を探る
3. 学会等名 日本語用論学会第20回大会20周年記念シンポジウム「語用論研究の広がりー語用論の関連分野からの提言」(招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hoshino, N.
2. 発表標題 Locus of Language Selection in Bilingual Word Production: When is Early Selection Possible?
3. 学会等名 International Meeting of the Psychonomic Society 2016 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Wang, Y.
2. 発表標題 Unconscious translation from Japanese kanji to Chinese hanzi by Chinese-Japanese bilinguals: An ERP investigation
3. 学会等名 Mental Architecture for Processing and Learning of Language 2016 (国際学会)
4. 発表年 2016年



1. 発表者名 Luo, Y.
2. 発表標題 Unconscious translation from Japanese kanji to Chinese hanzi by Chinese-Japanese bilinguals: An ERP investigation
3. 学会等名 2016 Annual Meeting of Society for Neurobiology of Language (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Momma S, Luo Y, Sakai H, Lau E, Phillips C
2. 発表標題 Lexical predictions and the structure of semantic memory: EEG evidence from case changes
3. 学会等名 29th Annual CUNY Sentence Processing Conference (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Uegaki W, Pablos Robles L, Sudo Y, Sakai H
2. 発表標題 An EEG investigation into clausal selection
3. 学会等名 Sinn und Bedeutung 24 Special Session on neurolinguistics approaches to semantics and pragmatics
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

BLIT 酒井弘研究室  
<http://www.blit.sci.waseda.ac.jp>

## 6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	馬塚 れい子 (Mazuka Reiko) (00392126)	国立研究開発法人理化学研究所・脳神経科学研究センター・ チームリーダー (82401)	
研究分担者	大関 洋平 (Oseki Yohei) (10821994)	早稲田大学・理工学術院・講師(任期付) (32689)	
研究分担者	Verdonschot RG (Verdonschot Rinus) (30756094)	広島大学・医歯薬保健学研究科(歯)・助教 (15401)	
研究分担者	尾島 司郎 (Ojima Shiro) (40404959)	横浜国立大学・教育学部・准教授 (12701)	
研究分担者	広瀬 友紀 (Hirose Yuki) (50322095)	東京大学・大学院総合文化研究科・教授 (12601)	
研究分担者	今井 むつみ (Imai Mutsumi) (60255601)	慶應義塾大学・環境情報学部(藤沢)・教授 (32612)	
研究分担者	星野 徳子 (Hoshino Noriko) (70609841)	津田塾大学・学芸学部・准教授 (32642)	
研究分担者	折田 奈甫 (Orita Naho) (70781459)	東京理科大学・理工学部教養・講師 (32660)	

## 6. 研究組織（つづき）

	氏名 (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	小野 創  (Hajime Ono)  (90510561)	津田塾大学・学芸学部・准教授     (32642)	