

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 8 日現在

機関番号：22604

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2013

課題番号：24652084

研究課題名(和文) 母語獲得における文法機能の側性化メカニズムの解明に向けて

研究課題名(英文) Lateralization of grammatical function in language acquisition

研究代表者

萩原 裕子 (HAGIWARA, Hiroko)

首都大学東京・人文科学研究科(研究院)・教授

研究者番号：20172835

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円、(間接経費) 840,000円

研究成果の概要(和文)：言語機能の側性化は、言語の獲得過程にみられる重要な側面である。本研究では、母語獲得における文法機能の側性化の指標を探ることを目的として、成人を対象として日本語の格助詞の処理に関わる事象関連電位成分の特定とその信号発生源の推定を行った。初期の文構造処理に関わる成分では信号発生源は両半球で類似していたが、統語構造情報を利用したその後の意味役割に関わる処理では後頭葉と前頭葉下部で両半球の活動に違いがみられた。本研究で開発したパラダイムは、文構造の処理が行えるようになる獲得段階において、どのような時間経過で処理が進むのかを明らかにするために極めて有効であると考えられる。

研究成果の概要(英文)：Lateralization of language processing is an important aspect of language acquisition. We focused on Japanese case markers and aimed to investigate the activation time and the current source location of syntactic processing in adult sentence comprehension by high-density EEG recordings. We found that while both hemispheres may similarly contribute to the initial structural processing, the occipital and the inferior part of the frontal areas seems to be related to the later thematic processing, based on the initial structural information, with different timing and in lateralized area. The experimental paradigm used in the present study will be an effective approach to examine the time course of processing structure of sentences in language acquisition.

研究分野：言語学

科研費の分科・細目：言語学

キーワード：格助詞 事象関連電位 早期陰性成分 N400 文処理

1. 研究開始当初の背景

言語機能と大脳の側性化メカニズムの解明に向けて、脳波成分を評価基準として用いることの最大のメリットは、言語処理の異なった側面に対してそれぞれ異なった脳波成分が特定されていることである。

(1) 文法機能に関わる脳波成分

特定の認知課題に伴い出現する脳波は事象関連電位 (Event-related potentials, ERP) と呼ばれている。文処理の初期過程にみられる ERP には、主に前置詞句 (前置詞+名詞) などに対する非常に局所的な句構造レベルの違反において、刺激提示後およそ 100-250 ミリ秒の潜時帯で前頭領域を中心として出現する早期陰性成分 (ELAN: Early Left Anterior Negativity) が報告されている。300-500 ミリ秒区間では、統語処理の一致や格処理違反に対して前頭部に現れる陰性成分 (LAN: Left Anterior Negativity) がある一方、意味処理として後頭部に現れる陰性成分 (N400) が項構造の関与する処理に関わっていると報告もある。500-800 ミリ秒区間では、構造の再解析や統語処理の負荷の大きさを反映するとされる後期陽性成分 (P600) が広く知られている。

日本語の格助詞違反文について調べた先行研究 (Mueller et al., 2007) では、ELAN は確認されず、刺激提示後 350-500 ミリ秒区間で陰性成分が出現した。この成分は、潜時帯と電位分布、及び動詞の出現前に確認されていることから、格助詞の情報に基づく意味役割の処理に関する N400 成分と解釈された。同時に P600 成分も確認されている。

(2) 脳波成分の発生源

各脳波成分の発生源に関しては、脳損傷患者を対象とした脳波研究や、健常者への脳磁図や機能的磁気共鳴画像法などを用いた研究により検討がなされている。それらによると、早期陰性成分には左前頭葉や左側頭葉前方が関与することが示唆されている。LAN や項構造の処理に関わる N400 成分の発生源に関しては左前頭葉や側頭葉の関与が、P600 の発生源に関しても側頭葉の関与が示唆されているが、いずれも十分な検討はなされていない。しかし、これらの報告では、成分や領域が異なっても左半球の関与を示唆する研究が多く、側性化との関係が伺える。近年では、脳波信号の発生源推定を行う解析ソフトウェアの精度向上に伴い、高密度脳波計測から得られるデータを用いることで、その発生源を明らかにする試みも行われている。

2. 研究の目的

本研究では、母語の獲得過程にみられる文法機能の側性化の指標を特定することを目的として、まずは成人の文法処理とその関連領

域との関係性を評価すべく、日本語の格助詞の処理に関わる事象関連電位成分を明らかにし、その信号発生源の推定を行った。具体的には、有意味語に加え、文を構成する単語に無意味語を使用することで、文処理における意味情報を可能な限り取り除いた文を使用し、文法性判断課題時における早期陰性成分と N400 成分に着目した検討を行った。

3. 研究の方法

矯正を含め視力が正常である右利きの大学生および大学院生 32 名 (平均 20.2 歳) の脳波データを記録した。実験開始前に参加者には研究の趣旨を説明し、研究参加の同意を得た。脳波成分の発生源推定を行うために、頭皮上に 60 か所の探査電極を配置した高密度脳波計測を実施した。なお、この研究は、首都大学東京研究安全倫理委員会の承認を受けている。

言語課題として、名詞句 (NP) に 3 種類 (うさぎ、からす、ねずみ)、動詞句 (VP) に 3 種類 (とびこえる、ふみつける、おいかける)、そして後置詞句 (PP) に 4 種類 (こうえん、はらっぱ、なかにわ、みちばた) の単語を使用した。名詞句と後置詞句においては、それぞれ使用した単語の文字列の組み合わせを変えて、文字数の等しい無意味語を同数作成した。刺激として用いた文構造は以下の 8 条件である。

- 条件 1 : NP が NP を VP たよ PP で。
- 条件 2 : NP を NP が VP たよ PP で。
- 条件 3 : NP が NP が VP たよ PP で。
- 条件 4 : NP を NP を VP たよ PP で。
- 条件 5 : NP が VP たよ NP を PP で。
- 条件 6 : NP を VP たよ NP が PP で。
- 条件 7 : NP が VP たよ NP が PP で。
- 条件 8 : NP を VP たよ NP を PP で。

有意味語で作成された文をレギュラー文 (例: このうさぎが あのねずみを とびこえたよ このこうえんで。)、無意味語で作成された文をジャバウォッキー文 (例: このさうねが あのずらかを とびこえたよ このえらはにで。) とした。刺激は視覚提示とし、単語ごとにモニターの画面中央に提示した。参加者は文末の項目である後置詞句が出現した後、文の文法性判断をボタン押しにより行った。

脳波解析には条件を満たした 21 名のデータを使用した。本報告書では、標準語順に焦点を絞り、レギュラー文ならびにジャバウォッキー文における、格助詞の提示条件 1~4 の文構造に焦点をあて、2 番目の NP を解析対象の切り出しとした結果を報告する。

4. 研究成果

(1) ERP 成分における検討

図1はレギュラー文条件、ジャバウォッキー文条件における各格助詞の提示条件（条件1～条件4）の波形である。

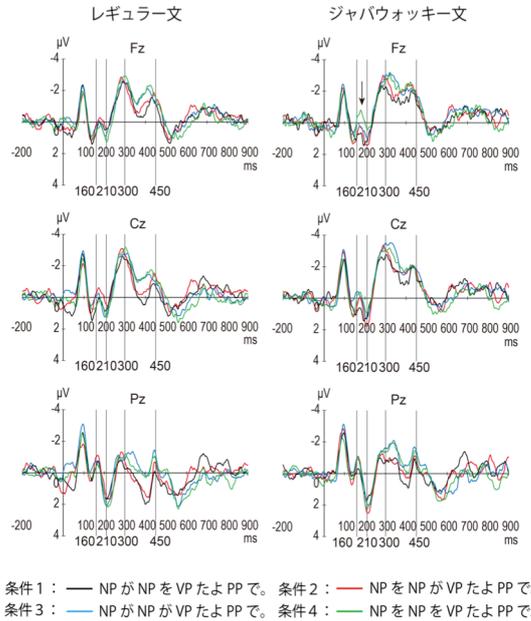


図1 各条件における総加算平均波形

文タイプ（レギュラー文、ジャバウォッキー文）、格助詞の提示条件（－が－を、－を－が、－が－が、－を－を）、そして電極位置（Fz、Cz、Pz）を要因とした分散分析と事後検定を行った結果、160～210 ミリ秒の潜時帯において、ジャバウォッキー文での Fz 電極でのみ、格助詞の提示条件1と提示条件4の間で差が認められた（↓箇所）。

格助詞の提示条件1と提示条件4の差波形の電位分布を図2に示す。電位分布の特徴から、本研究で得られた早期陰性成分は、従来、句構造違反などにより出現する前頭中心の早期陰性成分と類似している成分であることが推測された。この結果は、非常に局所的な統語構造の処理のみを反映するとされてきた早期陰性成分が、動詞を含んだ広域の文構造の処理にも関与している可能性を示唆している。今回の早期陰性成分はジャバウォッキー文を用いた初めてのもので、単語の意味情報を取り除いた結果得られたものと考えられる。このことから、抽象的な文レベルの統語処理（意味を排除した統語構造の情報のみによる文処理）が、文理解の非常に早い段階で行われていることが示唆された。

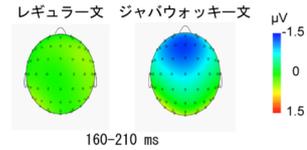


図2 格助詞の提示条件間の差分における電位分布（条件4－条件1）

N400 成分については、300～450 ミリ秒区間において同様の分散分析を行った結果、格助詞の提示条件と電極位置の交互作用が見られ、事後検定により条件1と条件3ならびに条件1と条件4の差が3電極すべてにおいて確認された。しかし、3 要因の交互作用は認められなかった。解析潜時帯における成分の出現時間に特徴がみられることから、文タイプごとに格助詞の提示条件（条件1と条件4）を要因とした分散分析（時間帯ごとに電極数による FDR 補正）を行った。その結果、レギュラー文とジャバウォッキー文では、レギュラー文での N400 成分の出現が遅れていることが示された（図3：上段は条件間の電位差を表す電位分布（条件4－条件1）、下段は格助詞の提示条件1と提示条件4の間に電位差がみられた電極位置）。先行研究と同様に動詞の処理以前の活動であることから、成分の出現には格助詞の情報のみが影響していると考えられること、そして無意味語を使用しているジャバウォッキー文においても同じ成分が確認できていることから、本研究の N400 成分は内容語に基づいた文の意味処理を反映しているだけではなく、純粋に「動作主」や「対象」といった意味役割の処理を強く反映している成分であることが推測できる。

ジャバウォッキー文では、レギュラー文に比べて約 50 ミリ秒ほど N400 成分の出現が早い、これは、レギュラー文とは異なり、ジャバウォッキー文では単語の意味を処理する必要がないため、抽象的な文レベルにおける意味役割のみの処理（単語の意味内容を伴わない「動作主」「対象」という情報のみによる文処理）が行われている結果であるとされる。また、早期陰性成分がジャバウォッキー文でのみ確認されたことを含めて考えると、事前に予想されている抽象的な文レベルでの構造をもとに、「動作主」や「対象」という意味役割と、主格や目的格という格助詞との間での整合性の確認を行っている処理を反映したものと考えられる。一方、レギュラー文においては、これらのプロセスに加えて個々の内容語の意味処理も行わなければならないので、ジャバウォッキー文に比べて N400 成分がやや遅れて生じたものと考えられる。

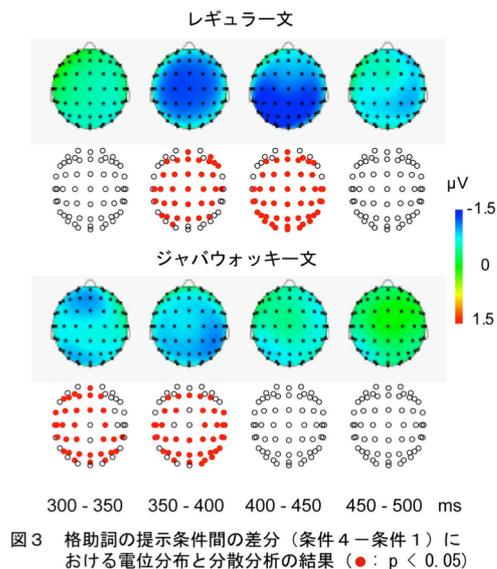


図3 格助詞の提示条件間の差分(条件4-条件1)における電位分布と分散分析の結果(●: $p < 0.05$)

(2) 関連領域の検討

早期陰性成分ならびに N400 成分に関わる電流発生源の推定を行った (Brainstorm, <http://neuroimage.usc.edu/brainstorm/>)。その結果、早期陰性成分では両半球の後頭葉、側頭葉後方、及び前頭葉に条件間でほぼ等しく主な電流発生源が認められた (図4)。一方、N400 成分では、両半球の前頭葉と後頭葉領域に主な電流発生源が認められた。N400 成分の潜時帯でも条件間で類似した推定結果が得られたが、成分の出現する時間帯の前半部分と後半部分を比較した結果、遅い時間帯では左半球において右半球の相同部位よりも強い活動がみられた。後頭葉領域では一貫して左半球で強い活動を認めた。

早期陰性成分については、前頭葉での活動は認められたものの、先行研究とは異なり、側頭葉前方に活動は認められなかった。これは刺激の入力モダリティの違いを反映している可能性がある。N400 成分において認められた後頭葉の活動は、近年、語の意味表象と感覚野領域との対応が指摘されており、名詞の表す対象の視覚イメージを反映している可能性がある。ジャバウォッキー文にも同様の傾向がみられることから、抽象的な意味役割に伴う有生性のイメージの影響が考えられる。前頭葉下部にみられる活動に関しては、左右両半球の相同部位において、処理に関わる時間帯が異なる可能性が示唆された。本研究の結果は、左半球の前頭葉下部に関わる領域が一連の文処理における最終的な情報の統合により関与している可能性を示唆するものとなった。

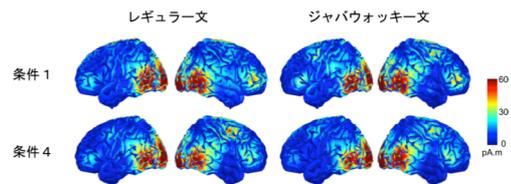


図4 早期陰性成分の電流密度分布 (160-210 ms)

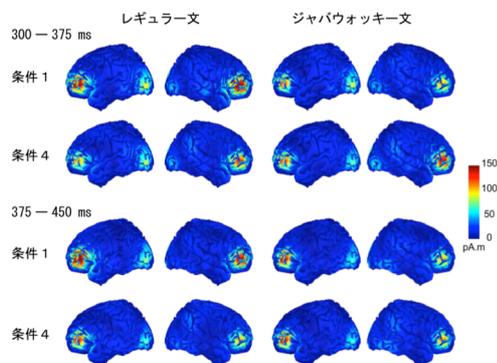


図5 N400 成分の電流密度分布

(3) まとめ

本研究では、初期の文構造構築に関わる早期陰性成分、及び、統語構造の情報を利用したその後の意味役割と格助詞の照合に関わる N400 成分を対象として、特定の文法機能と大脳半球側性化の関係性を検討した。

N400 成分の時間帯で認められた前頭葉下部の活動において、左右両半球の活動における時間の差がどのような処理の違いを反映しているのかを明らかにすることは今後の重要な検討事項である。格助詞の形態は動詞の持つ項構造の情報と関係性があることから、左右両半球での活動の違いは前頭葉領域と後頭葉領域の連携により処理が進められている可能性があるが、このような大域的な領域の関係性の解明も今後の課題である。本研究では、文法機能の側性化が、抽象的な統語構造処理の上に成り立っている可能性を示唆した。幼児期から学童期を対象として本研究の課題を行うことで、母語の獲得過程における特定の文法機能と側性化の関係性を解明することができると考えられる。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計3件)

- [1] Xu, M., Homae, F., Hashimoto, R., and Hagiwara, H.: Acoustic cues for the recognition of self-voice and other-voice. *Frontiers in Psychology*, 4(735) 1-7, 2013.
- [2] Hata, M., Homae, F., and Hagiwara, H.: Semantic categories and contexts of written words affect the early ERP component. *NeruoReport* 24 (6): 292-7, 2013.

[3] Hidaka, S., Shibata, H., Kurihara, M., Tanaka, A., Konno, A., Maruyama, S., Gyoba, J., Hagiwara, H., and Koizumi, M.: Effect of second language exposure on brain activity for language processing among preschoolers. *Neuroscience Research*, 73, 73-79, 2012.

〔学会発表〕 (計 11 件)

①萩原裕子「言語習得の脳科学」関西英語教育学会第 17 回卒論・修論研究発表セミナー スペシャルトーク、2014 年 2 月 8 日、関西国際大学、尼崎キャンパス、兵庫 (招待講演)。

②萩原裕子「脳科学と教育：ことばの学習からみえること」熊本県教育委員会主催 平成 25 年度時習館プログラム「特別講座」2014 年 1 月 27 日、熊本市火の国ハイツ、熊本 (招待講演)。

③ Xu, M., Homae, F., Hashimoto, R., and Hagiwara, H.: Voice recognition of self versus others. *Neuroscience 2013: The 36th Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society* held on June 20-23, 2013 at Kyoto International Conference Center, Kyoto, Japan.

④ Hata, M., Homae, F., and Hagiwara, H.: The origin of interindividual variability in the N400 component. *Neuroscience 2013: The 36th Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society* held on June 20-23, 2013 at Kyoto International Conference Center, Kyoto, Japan.

⑤ Xu, M., Tachibana, R., Homae, F., Hashimoto, R., Okanoya, K., and Hagiwara, H.: Self-regulation of speech production in response to modulated auditory feedback. *International Symposium on Adolescent Brain & Mind and Self-Regulation*, October, 27, 2013, Tokyo, Japan.

⑥萩原裕子「脳と遺伝子からみる言語とその学習」分子と社会をつなぐ脳-生命・神経・言語科学が切り拓く未来-、首都大学東京 新規領域創成型研究 公開シンポジウム、2012 年 11 月 8 日、東京。

⑦ Hagiwara, H.: Toward effective English education based on brain science. The 16th Engineering Academy Round-Table-Meeting Symposium. *Engineering towards Human Security and Well-Being*, September 24, 2012, Hilton Fukuoka Sea Hawk, Fukuoka, Japan, (Invited lecture).

⑧萩原裕子「脳はどのように言語を処理しているのか」日本私立小学校連合会・平成 24 年度全国教員夏季研修会、2012 年 8 月 22 日、東京、アルカディア市ヶ谷 (招待講演)。

⑨萩原裕子「脳機能からみた外国語としての英語習得」大学英語教育学会 2012 年度中部支部支部総会 英語教育フォーラム、2012 年 6 月 2 日、名古屋、名城大学 (招待講演)。

⑩ Hata, M., Yarimizu, H., Sugiura, L., Homae, F., and Hagiwara, H.: Word class effects of the

preceding word on the N400 ERP component of the following word. *Neuroscience 2012 The 35th Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society* held on September 18 - 21, 2012 at Nagoya Congress Center, Nagoya, Japan.

⑪ Hata, M., Yarimizu, H., Sugiura, L., Homae, F., and Hagiwara, H.: Word class effect on neural processing of semantic relatedness: spatiotemporal investigation of ERPs. *HBM 2012 18th Annual Meeting of the Organization of Human Brain Mapping* held on June 11th at Beijing, China.

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.comp.tmu.ac.jp/hagiwara/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

萩原 裕子 (HAGIWARA, Hiroko)

首都大学東京・大学院人文科学研究科・教授
研究者番号：20172835

(2) 研究協力者

保前 文高 (HOMAE, Fumitaka)

首都大学東京・大学院人文科学研究科・准教授
研究者番号：20533417

秦 政寛 (HATA, Masahiro)

首都大学東京・大学院人文科学研究科・特任
研究員
研究者番号：50706439