

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 28 年 10 月 3 日現在

機関番号：32414

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2015

課題番号：26580076

研究課題名(和文) 文処理由来の脳波の時間周波数ならびに大域的同期分析による統語知識構造の再検討

研究課題名(英文) Re-examination of the structure of syntactic knowledge by the time-frequency and the connectivity analyses of the electroencephalogram elicited by Japanese sentences.

研究代表者

時本 真吾 (Tokimoto, Shingo)

目白大学・外国語学部・教授

研究者番号：00291849

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、言語由来の事象関連電位(ERP)として、しばしば議論されるP600に注目し、脳波計測によって、既存の言語理論の再検討を試みた。近年、あるERPを惹起する言語現象は一つではないことが明らかになった。本研究は様々な構造特性を持った数量詞遊離文を刺激として、ERPの潜時帯、極性、頭皮上分布を考察し、構造特性とERP成分との対応を検討した。実験の結果が示すのは、統語的制約違反と「統合」によって惹起される陽性成分は頭皮上の分布がかなり異なっていて、先行入力からの統語的予測がERP分布を大きく左右するということである。このことは、ERPが実時間処理に大きく依存していることを示している。

研究成果の概要(英文)：This study tried to re-examine the present syntactic theories by electroencephalogram (EEG) experiments paying special attention to P600. Recent studies have revealed that an event-related potential (ERP) can be elicited by various linguistic phenomena. We performed an EEG experiment with Japanese sentences including quantifier floats as the experimental stimuli and discussed the correspondence between structural property and the ERPs. Our results indicated that the positivity by syntactic violation and that by integration were different in topography, and that the syntactic predictions made by the preceding input determined the spatiotemporal distribution of ERPs. This means that linguistic ERPs deeply depend on language processing in real time.

研究分野：神経言語学

キーワード：事象関連電位 事象関連スペクトル摂動 P600 数量詞遊離 島の制約 大域的同期

## 1. 研究開始当初の背景：理論言語学における生理実験データの位置づけ

文処理が惹起する事象関連電位(event-related potential, ERP)は、言語理論の神経科学的根拠として広く受け入れられてきたが、近年、あるERP成分を惹起する言語現象は一つではないことが明らかになった。

### 1.1 事象関連電位と言語知識のモジュラリティ

20世紀後半以降の言語学は言語知識の領域固有性を強く主張してきた。1990年代以降、文処理が惹起するERPが多く報告されるようになり、意味処理と統語処理、また異なる統語処理について異なるERP成分が観察された。これらの報告は言語知識の領域固有性を支持する証拠と考えられたので、言語理論家の多くは、ほとんど熱狂的にERP知見を受け入れた。その後もERP知見は着実に蓄積され、ERPはある言語現象の出自を検証する有力な手段として定着している。

### 1.2 ERP成分の出自再考：異なる言語現象が同一のERP成分を惹起する

但し、近年、特定のERP成分を惹起する言語現象が複数あることが知られるようになり(Van de Meerendonk et al. 2010)、言語現象の出自を知る手がかりとしてのERPの効用は小さくなってきていると言わざるを得ない。元来、ERPは様々な周波数帯域における律動を総合した加算平均によって得られる波形で、検出力の頑健さは認めるとしても、大変大まかな指標である。また、異なる周波数帯域の脳波が、異なる認知処理を反映していることを示す知見が神経科学領域で多く蓄積されている。加えて、理論言語学は言語知識(の下位部門)の自律性を強調する伝統を持っていて、異なる領域の相互作用には積極的に目を向けてこなかった。しかし、異なる脳領域の律動が大域的に同期することで高次の情報が表現されていて、大域的同期がERPでは検出できない細微な処理差異を反映するとする主張もある(Weiss and Mueller 2003, Weiss et al. 2005, Tokimoto et al. 2011)。

## 2. 研究の目的：P600の内部構造と脳領域の大域的同期の考察

言語惹起性のERP知見は数多いが、それぞれの知見は異なる実験刺激・手続きによって得られているので、直接の比較が難しい。そこで、本研究では、日本語の数量詞遊離を取り上げ、言語由来のERP成分として、しばしば議論される潜時約600msの陽性成分(P600)を惹起すると考えられている複数の言語現象を一つの実験セッションに組み込むことで、P600の出自の比較を試みる。構造的操作を加えた種々の数量詞遊離を含む文を視覚呈示し、P600の惹起を、まず確か

め、個々のP600波形を詳細に比較することに加え、周波数帯域別の事象関連(脱)同期(event-related (de)synchronization, ERD/ERS)を考察する。またsLORETAによる発生源推定によって、P600の責任脳領域を考察する。さらに、複数の脳領域間の同期的振動が、異なる認知処理を反映する知見を踏まえ(Melloni et al. 2007)、実験文の統語的特性と同期パターンの相関を考察する。

## 3. 研究の方法

まず、複数の日本語構文によるP600の惹起を確認する。また、各構文に伴う脳波について、時間周波数分析を施し、ERP成分の内部構造を詳細に検討する。同型のERP成分の周波数成分が異なることを示せば、文処理機序、さらに言語知識構造に再考を促すことになる。さらに、異なる脳領域における脳波が同期する大域的同期を考察することで、言語知識のモジュラリティを再検討し、言語理論への神経科学的批判と貢献を試みる。

P600を惹起する言語現象としては「統合」、「統語的逸脱」、「再解析」が知られている。本研究では、数量詞遊離文に「統合」と「統語的逸脱」を取り込み、両者の神経活動を厳密に比較する。

## 4. 研究成果

日本語では、目的語を修飾する数量詞は主辞名詞から前後いずれにも離れた位置に置くことができる。本研究では、離れた位置にある数量詞と主辞名詞の理解によって「統合」の神経活動を、また一方を統語的島の中に置くことで「統語的逸脱」の神経活動を考察した。さらに、数量詞と主辞名詞の順序を入れ替えることで、統語的予測と統合・統語的逸脱との相互作用を検討した。

実験の結果、統合、統語的逸脱のいずれについても頭頂の陽性成分が観察されたが、潜時帯が異なり、また統合については前頭の陰性成分を伴っている。図1に、数量詞と主辞名詞の統合に伴うERPの頭皮上分布、図2に統語的制約(島の制約)違反に伴うERPの頭皮上分布を示す。

上記の実験結果は、統合と統語的逸脱についての神経基盤は異なる事を示している。また、数量詞・主辞名詞と語順との相互作用が認められ、統合の効果は数量詞が先行した場合のみ、また島の効果は主辞名詞が先行する場合のみに認められた。このことは、統合の効果は統語的予測を充足する際に現れ、また、統語的逸脱の効果は、予め予測されない入力に対して現れることを示している。このことは、静的な統語知識構造を反映した統語理論の神経科学的根拠として解釈されてきたERPが実時間処理に大きく依存していることを示している。

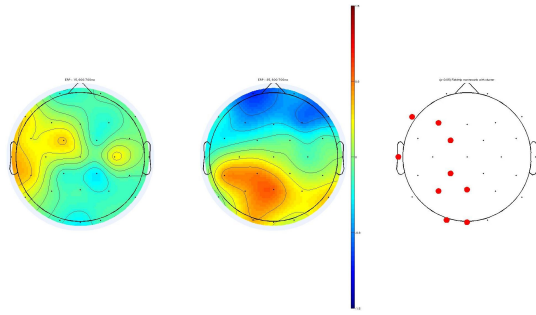


図1：数量詞と主辞名詞の統合に伴うERPの頭皮上分布(潜時600-700ms, 左が統制条件, 中央が統合条件, 右が cluster-based permutation test により5%水準で有意差が認められた電極 (Maris & Oostenveld, 2007))

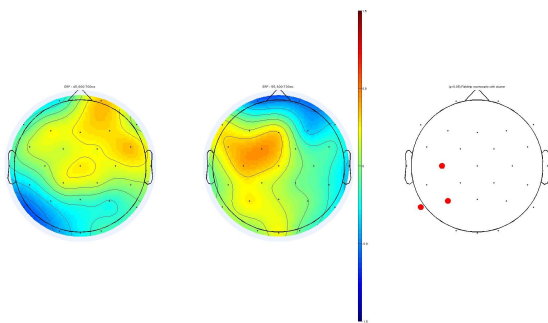


図2：島の制約違反に伴うERPの頭皮上分布(潜時600-700msの平均電圧, 左が統制条件, 中央が統語的逸脱条件, 右が cluster-based permutation test により5%水準で有意差が認められた電極)

本研究は、P600の再検討を通して言語知識構造と言語理論の再構築を意図したもので、ERP分布によって統合と統語的制約違反の峻別は可能なことを示した。但し、前述のように、周波数帯域別のパワーや大域的同期に言語情報がコード化されている可能性があるので、引き続き、解析を進めている。

本研究の現状での成果は、Linguistic P600 is dependent on syntactic prediction: Integration and syntactic violation, として2016年11月に米国で開催される北米神経科学学会 (Society for Neuroscience)で発表予定である。

#### <引用文献>

Maris, E., & Oostenveld, R. (2007). Nonparametric statistical testing of EEG- and MEG-data. *Journal of Neuroscience Methods*, 164, 177-190.

Melloni, L., Molina, C., Pena, M., Torres, D., Singer, W. and Rodriguez, E.: 2007, Synchronization of neural activity across cortical areas correlates with conscious perception, *The Journal of Neuroscience*, 27 (11), 2858-2865.

Tokimoto, S., Miyaoka, Y., Tokimoto, N. and Takahama, S.: 2011, EEG coherence in compre-

hension of communicative intention: Deduction and abduction, *Neuroscience Research*, Vol. 71, pp. e285-e286.

Van de Meerendonk, N., Kolk, H. H. J., Vissers, C. T. W. M. and Chwilla, D. J.: 2010, Monitoring in language perception: Mild and strong conflicts elicit different ERP patterns, *Journal of Cognitive Neuroscience*, 22, 67-82.

Weiss, S. and Mueller, H. M.: 2003, The contribution of EEG coherence to the investigation of language, *Brain and Language* 85, 325-343.

Weiss, S., Mueller, H. M., Schack, B., King, J. W., Kutas, M. and Rappelsberger, P.: 2005, Increased neuronal communication accompanying sentence comprehension, *International Journal of Psychophysiology* 57, 129-141.

#### 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4件)

Shingo Tokimoto (2015). Relevance in Real-Time Interpretation of Utterances, *Open Journal of Modern Linguistics*, 5, 511-517.  
dx.doi.org/10.4236/ojml.2015.56044

〔学会発表〕(計4件)

時本真吾・時本楠緒子「含意の理解に伴う推論の脳内処理」, 第33回日本生理心理学会, 2015年5月23-24日, グランフロント大阪, 大阪府大阪市.

時本真吾・金井智「英語学習者の英文復唱課題における作動記憶、統語的知識、学習方略の影響」, 日本心理学会第79回大会, 2015年9月22-24日, 名古屋大学, 愛知県名古屋市.

〔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

6. 研究組織

(1) 研究代表者

時本 真吾 (TOKIMOTO, Shingo)  
目白大学・外国語学部・教授  
研究者番号：00291849

(2) 研究分担者

無し ( )

研究者番号：

(3) 連携研究者

宮岡 弥生 (MIYAOKA, Yayoi)  
広島経済大学・経済学部・教授  
研究者番号：10351975

時本 楠緒子 (TOKIMOTO, Naoko)  
尚美学園大学・総合政策学部・講師  
研究者番号：10435662