

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 6 日現在

機関番号：32612

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2016

課題番号：26870474

研究課題名(和文)単語の意味処理における左右大脳半球機能の解明：高密度脳波計測による検討

研究課題名(英文)Hemispheric contributions in lexical-semantic processing: an ERP study

研究代表者

秦 政寛 (HATA, Masahiro)

慶應義塾大学・先導研究センター(日吉)・特任助教

研究者番号：50706439

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,600,000円

研究成果の概要(和文)：近年、言語処理における右半球機能の役割が注目されている。本研究では、脳波と半視野瞬間提示法を用いたプライミング課題を用いることで、左右大脳半球におけるカテゴリー特異的な語彙-意味処理過程の有無を検討することを目的とした。意味素性の処理が非常に速い潜時から行われていることを示すとともに、その処理は右大脳半球において動物カテゴリーに特異的に行われるものである可能性が示唆された。本研究のパラダイムを用いて、言語発達過程での意味処理における左右大脳半球の機能分化の過程を明らかにすることで、意味処理の脳内基盤のさらなる解明が見込まれる。

研究成果の概要(英文)：Although clinical and experimental studies have reported left-hemispheric dominance in language processing, right-hemispheric function is also suggested in language comprehension; however, its exact contribution remains unclear. This study aims to investigate the contribution of both hemispheres in processing words referring to animal and artefactual categories through electroencephalography and a visual half-field paradigm. In an early time window, an amplitude difference between high and low similarities in semantic features was observed only in the categories with animals present in the Left Visual Field/Right Hemisphere condition. The following time windows did not have any visual field effect. These results suggest that the right hemisphere contributes to early processing of semantic features through category-dependent processing. This finding is important for understanding the contribution of each hemisphere in semantic processing and therefore language development in children.

研究分野：認知神経科学

キーワード：カテゴリー 言語 事象関連電位 N400 プライミング

1. 研究開始当初の背景

語の意味構造は語彙意味論などにより理論的研究が進められ、語と語の関係性を議論する上で重要な要因を明らかにしてきた。特に語の意味に対象の持つ属性(素性)からなる内部構造を持たせることで、語と語の意味的関連性が素性の類似性に大きく関係していることを示した。この意味素性は対象のカテゴリー化の際に非常に重要な要因となることが知られている。カテゴリー化は我々が対象の認識を行う上で非常に重要な認知的活動であることから、各カテゴリーに属している対象がどのように脳内で処理されているのかを明らかにすることは、認知神経科学の分野における大きなテーマのひとつとなっている。

このような意味素性の処理に関わる神経基盤としては、主に左側頭葉、左頭頂葉、左前頭葉下部そして左側頭極といった領域の関与が指摘されている。このように、一般的には左半球優位に処理が行われていると考えられている意味(言語)処理において、近年右半球機能の役割に関する研究があらたに報告されている。脳機能イメージング研究では、生物カテゴリーの処理において右半球の下前頭領域、中側頭領域、紡錘状回または両側側頭極内側部の活動がみられるとの報告がある。一方で、人工物カテゴリーの処理では左側頭葉後方の活動が報告されている。カテゴリー特異性障害から得られている知見では、両側の側頭葉損傷により生物カテゴリーが人工物カテゴリーよりも障害され、左半球損傷により人工物カテゴリーが特異的に障害されるとの報告があり、イメージング研究との一致がみられる。一方で、語と語の関連性の処理においては、神経心理学的所見及び脳機能イメージング研究から、左側頭葉における意味的関連性処理の優位性が示唆されているが、逆に右半球での意味的関連性の処理を示唆する研究もあり、複数語彙からなるカテゴリー内の関係性の処理における左右機能の役割については、依然見解の一致はみられていない。

関連性判断に要する処理時間と半球優位性に関する研究には、時間分解能の高い脳波研究、特に意味処理に伴う神経活動の変化を反映し、刺激提示後およそ400ミリ秒を中心に観察される事象関連電位N400成分を指標とする研究がある。刺激を特定の視野にのみ瞬間提示し(半側視野瞬間提示法:図1)、大脳半球への情報入力をコントロールすることで空間分解能の低い脳波において左右大脳半球での処理の検討を可能している。その結果、N400成分の出現において、半球差は見られないとする報告がある一方で、左半球における連想的関連性処理と右半球における意味的関連性処理の優位性を支持する研究も報告されている。また、意味素性の類似度が高い語彙の処理において、左視野提示/右半球優位処理条件においてのみN400成

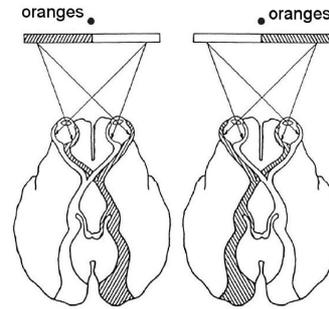


図1 半側視野瞬間提示法の例
Kutas & Federmeier (2000)改変

分がみられるという結果や右半球損傷患者では連想プライミング効果によるN400成分はみられたものの、カテゴリープライミング効果によるN400成分はみられなかったという結果から、右半球における素性を利用した意味処理が行われている可能性が示唆されているが、カテゴリーの種類をコントロールした上での語彙-意味処理と左右大脳半球の役割についての検討はされておらず、その処理がどのような時間的推移の中で、どの程度カテゴリー特異的なものであるのかという点に注目した。

2. 研究の目的

本研究では、意味カテゴリーの処理における左右大脳半球機能の関与とその時間的推移に注目した。そこで時間分解能の高い脳波と半視野瞬間提示法を用いたプライミング課題を用いることで、左右大脳半球におけるカテゴリー特異的な語彙-意味処理過程の有無を検討することを目的とした。

3. 研究の方法

参加者には研究内容を事前に説明し、書面による同意を得た。本研究は、首都大学東京研究安全倫理委員会の承認を受けている。

本研究では刺激の提示に半側視野瞬間提示法を用いたことにより、被験者が意識的、無意識的に眼球を水平方向に移動させる可能性があった。そこで、意味処理に関わる脳波計測を行う前に、各被験者の水平眼電位を計測した(図2)。計測では、赤い中心固視点に対して1度から4度の水平位置に白い注視点をランダムに提示し、意識的な水平眼球運動を行ってもらい、その際の水平眼電位を計測した。意味処理課題時の単語の提示位置である左右2度位置の個人ごとの水平眼電位の平均値をだし、意味処理解析時においてサッケードによる眼球運動の除去に使用した。



図2 水平眼電位計測の固視点提示例

意味処理課題では、動物カテゴリーと人工物カテゴリーに属する2~4モラからなる名詞を用いた意味プライミング課題を実施

した。各カテゴリー内で6語のプライム語に対して、意味素性の類似度が異なる単語対（高類似性語条件、中類似性語条件、低類似性語条件）を作成した（各カテゴリー18単語対）。また、プライム語とターゲット語が同じ語である反復語条件を作成し、各カテゴリー24単語対、合計48単語対を刺激として使用した。意味素性の類似度に加え、モーラ数、頻度、新密度、ならびに心像性をコントロールした。刺激は中心固視点から水平方向に2度移動した位置に200ミリ秒提示した。プライム語とターゲット語間のSOAは1000ミリ秒とした。被験者はモニター中心の固視点を注視し、ターゲット提示後にできるだけ早くプライム語とターゲット語の意味素性の類似度（高類似性、中類似性、低類似性）ならびに同一語か否かをボタン押しで判断した。単語対間は1700ミリ秒から1850ミリ秒（50ミリ秒間隔）とした。作成した48単語対を1セットし、合計12セット実施した。プライム語とターゲット語は同一視野へ提示し、12単語対ごとに左右の提示視野を入れ替えた。脳波計測後、リッカート法（類似性あり（9）～類似性なし（1））による意味素性の類似性判断課題を実施した。

脳波は国際10-20法に従った電極配置をとる64電極（銀-塩化銀電極）の脳波キャップを使用した（Waveguard, ANT neuro, Netherlands）。右乳様突起をリファレンス、FPz電極をグランド電極とした。サンプリング周波数は1000 Hz、時定数を10秒、250 Hzのローパスフィルタにより計測した。接触インピーダンスは10k以下となるようにした。

4. 研究成果

解析条件を満たした14名を解析対象とした（平均年齢：20.6歳、男性7名）。行動データ解析として、脳波計測後の類似性判断課題（カテゴリー×類似性）の解析ならびに脳波計測時における類似性判断課題の反応時間（カテゴリー（動物・人工物）×類似性（高類似性語・低類似性語）×提示視野（右視野・左視野））の解析を行った。脳波データは左右乳様突起の平均電位を用いた再基準化を行った。0.1 Hz - 30 Hz のバンドパスフィルタを用いた。ターゲット語の提示を解析のオンセットとして、オンセット200ミリ秒前を基線とし、オンセット後900ミリ秒までを解析対象潜時とした。±80 μV以上の電位はアーチファクトとして除外した。事前に計測した個人ごとの水辺眼電位の平均を被験者毎に眼球が水平方向に動いた指標として用いた。ターゲット提示後、150-200ミリ秒（第1解析潜時）、200-300ミリ秒（第2解析潜時）、300-450ミリ秒（第3解析潜時）そして450-600ミリ秒区間（第4解析潜時）を解析対象として各潜時において、カテゴリー（動物・人工物）×提示視野（右視野・左視野）×素性類似度（高類似性・低類似性）×電極（Fz, Cz, Pz, Oz, F3, F4, C3, C4,

P3, P4, O1, O2)の分散分析を行った。以下、左視野提示/右半球優位処理条件をLVF/RH、右視野提示/左半球優位処理条件をRVF/LFと表記する。

(1) 行動データの検討

脳波計測後の類似性判断課題の結果を図3に示す。動物カテゴリー、人工物カテゴリーともに高類似性語と低類似性語のスコアには有意な差がみられた。また動物カテゴリーの低類似性語のスコアは人工物カテゴリーのスコアよりも高かった。反応時間の結果を図4(a)~(c)に示す。高類似性語の判断が低類似性語の判断よりも優位に早かった。この結果は先行研究と一致する。また、カテゴリーと類似性に交互作用がみられた。動物カテゴリーでのみ、高類似性語の反応が低類似性語よりも早かった。高類似性語では、動物カテゴリーの判断が人工物カテゴリーの判断よりも早かった。一方で、低類似性語では、人工物カテゴリーの判断が動物カテゴリーの判断よりも早かった。これらの結果は、カテゴリーにおいて使用する素性の特徴が異なる可能性を示唆している。提示視野と類似性の交互作用においては、左右どちらの提示条件においても高類似性語の処理が低類似性語の処理よりも早かった。また、高類似性語に限りRVF/LH条件における反応がLVF/RH条件よりも早かった。この結果は、今回の反応時間で得られた700ミリ秒前後の処理過程においては、意味素性に注意を向けた関係性の処理が左半球優位に行われている可能性を示唆している。

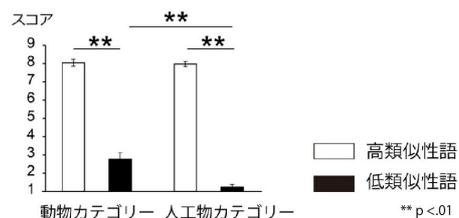


図3 類似性判断課題

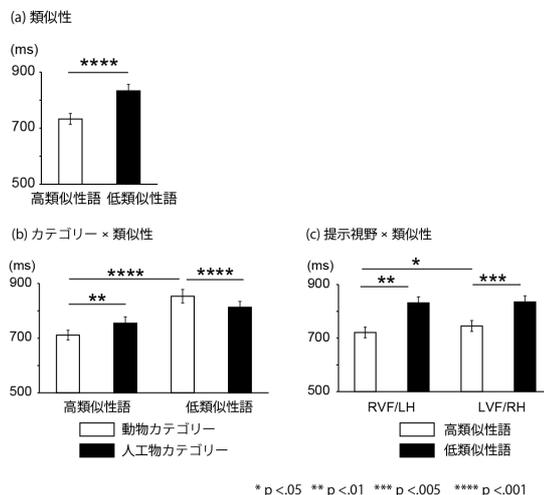


図4 類似性判断課題における反応時間

(2) 脳波データの検討

各提示条件の波形を図5に示す。脳波データの解析は12電極(Fz, Cz, Pz, Oz, F3, F4, C3, C4, P3, P4, O1, O2)の平均で行っているが、図における総加算平均波形と電位分布は本結果の代表的な電極としてPz電極の結果を示している。第1解析潜時区間では、動物カテゴリーのみがLVF/RH条件において条件間に振幅差がみられた(図6(a))。第2解析潜時区間では、提示視野条件の効果はみられなかったものの、動物カテゴリーでのみ、類似性間の振幅差がみられた。また、低類似性語条件では動物カテゴリーでの振幅が人工物カテゴリーでの振幅よりもより陰性であった(図6(b))。第3解析潜時区間では、カテゴリーならびに提示視野条件の効果はみられず、12電極すべてにおいて、類似性の振幅差がみられた。第4解析潜時区間では、両カテゴリーにおいて、類似性の主効果のみがみられた。

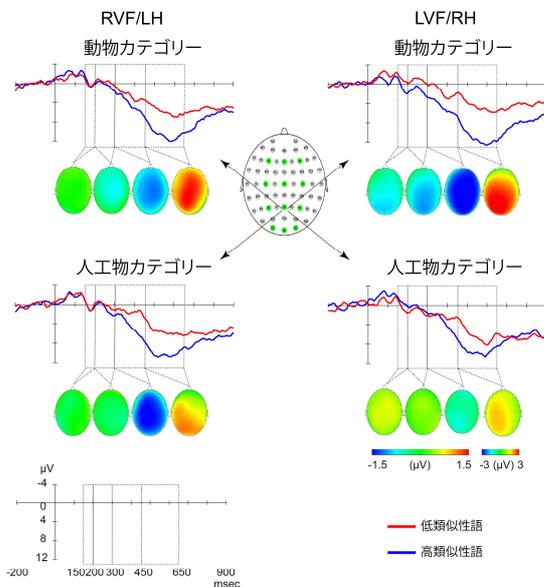


図5 各条件における総加算平均波形と類似性条件間における電位分布

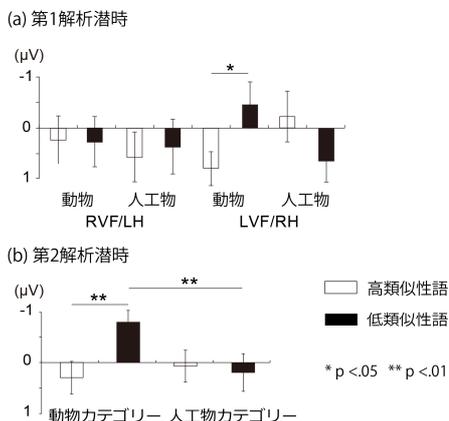


図6 各条件における第1、第2解析潜時帯の平均電位

第1解析潜時である150-200ミリ秒区間ではカテゴリーと提示視野の関係性がみられた。この結果は、右半球が意味素性を利用したカテゴリーの関係性の処理に参与している可能性を示唆しており、右半球が意味素性の処理に参与しているとする先行研究を支持するものである。また、意味素性の処理がおよそ200ミリ秒頃には行われている可能性が先行研究でも示唆されているが、本研究結果も同様の潜時ですでに意味素性の処理が行われている可能性を示唆するものとなった。本研究であらたに明らかとなった点は、早期の意味素性の処理に右半球の関与が示唆された点であり、さらにはその処理は動物カテゴリーに特異的であるという、意味素性の処理における左右大脳半球間でのカテゴリー特異性が存在していることを示唆するものである。第2解析潜時(200-300ミリ秒)では、提示視野の影響はみられなかったが、動物カテゴリーでのみ類似性の違いによる振幅差に違いがみられた。この結果から、200-300ミリ秒区間では既に両側で意味処理が行われていることが示唆されるが、依然動物カテゴリーでのみ類似性の処理における振幅差の違いがみられたことから、より早い段階(150-200ミリ秒区間)での右半球での処理が、第2解析潜時での処理過程にも影響を及ぼしていることが考えられる。第3解析潜時では類似性の効果のみがみられた。300-450ミリ秒区間はN400成分の中心的な潜時であるが、比較的処理が進んでいる400ミリ秒周辺において、はじめに入力された半球での処理がその後の両側での処理における情報の統合の際にどのような影響を与える可能性があるのかといった問題は今後の課題である。第4解析潜時(450-650ミリ秒)では、N400成分よりも意識的な意味処理過程を反映するとされている後期陽性成分(late positive component: LPC)が両カテゴリーで確認された。この結果は、意識的な類似性判断を反映しているものと考えられる。しかし、このような遅い潜時においても、引き続き素性の処理が行われているのか、それともプライム語、ターゲット語の関係性を異なる角度から評価しているのかについては疑問が残る。反応時間で確認された高類似性語のRVF/LF条件の優位性が脳波では確認できなかった点も含め、N400成分との関係性も含め、LPC成分のさらなる検討が必要となる。

(3) まとめ

意味カテゴリーの処理で重要な要因であると考えられる意味素性の処理における時間的推移と左右半球の役割を検討した結果、右半球では動物カテゴリーに特化した素性処理を中心に、非常に早い潜時から意味処理が行われている可能性ある一方で、左半球では、人工物カテゴリー、動物カテゴリーを問わずに、意味処理が行われている可能性が示唆された。しかし、より遅い潜時での処理が

どれほど純粋に素性の処理に関与しているかどうかについては、今後のさらなる検討事項となる。またこれらの結果は、言語発達過程においてどのように左右大脳半球における意味処理の機能分化が起きるのかといった発展的研究の基礎データとして重要なデータを提供するものである。

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0件)

[学会発表](計1件)

Hata, M: Contribution of the right hemisphere in processing categorical information: an event-related potential study. Neuroscience 2016. The 39th Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society held on July 20-22, 2016 at Pacifico Yokohama, Yokohama, Japan.

6. 研究組織

(1)研究代表者

秦 政寛 (HATA, Masahiro)

慶應義塾大学・先導研究センター(日吉)・
特任助教

研究者番号: 50706439