

平成21年 5月 29日現在

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2007～2008

課題番号：19520516

研究課題名（和文） 光脳機能計測を用いた日本語および第二外国語としての英語の文処理に関する研究

研究課題名（英文） A Study of Sentence Processing in Japanese and English as a Second Language Through the Use of Optical Functional Brain Measurement

研究代表者

内堀 朝子 (UCHIBORI ASAKO)

日本大学・生産工学部・講師

研究者番号：70366566

研究成果の概要：

本研究では、光脳機能計測の手法を用いて、日本語を第一言語とする話者および第二言語として英語を学習している日本語話者を対象に、第一言語(日本語)および第二言語(英語)の処理によって引き起される脳活動、特にブローカ野の様子を観察した。実施した実験結果から、第二言語でも、第一言語で文を処理するのに機能した何らかのメカニズムと共通のもの、即ち自然言語の処理において普遍的に備わっているメカニズムが機能している可能性が示された。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	500,000	150,000	650,000
2008年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
年度			
総計	1,500,000	450,000	1,950,000

研究分野：人文学

科研費の分科・細目：言語学・外国語教育

キーワード：文処理、第二言語習得、光脳機能計測、ブローカ野、英語教育

1. 研究開始当初の背景

自然言語理論、特に言語習得理論については、生成文法に基づく仮説として、以下のようなものがある。すなわち、『人間にはどの言語に対しても共通するような普遍的言語知識が生まれながらに備わっており、大人の持つ第一言語の言語能力は、生得的である普遍的言語知識が、生後から一定の期間の間で得られる言語経験によって、個別言語に特化した結果、生じるものである』。さらに、これに基づいた第二言語習得の仮説には幾つかの可能性はあるが、その内、第一言語と第

二言語の習得の共通性を最も大きく捉えれば、『第一言語習得で働いた仕組みが、第二言語についても同様にあるいは少なくとも部分的に機能する』という仮説が考えられる(White, L. *Universal Grammar and Second Language Acquisition*. John Benjamins. 1989)。

一方、脳機能計測に関しては、近年、fMRI(機能的磁気共鳴画像法)などの非侵襲的脳機能計測装置を用いた脳機能研究が、盛んになっている。これに伴い、認知や言語などいわゆる高次脳機能の解明が目指されてきた。本研究代表者も、平成16年度より所

属機関所管の fNIRS(機能的近赤外分光法)による光脳機能計測装置を使用して、言語の脳機能—特に文処理—に関する研究を、理論言語学の研究と並行して行ってきた。また、連携研究者綱島は光脳機能計測によるデータに対する有効な解析手法として、ウェーブレット変換を用いた多重解像度解析を提案している。

研究代表者の先行研究では、「～自身」といった照応形を言語刺激として使用し、ブローカ野の活動を光脳機能計測により観察していた。生成文法における照応形の分析では、その認可条件にいわゆる「C統御」という構造条件が含まれることが広く知られている。理論上、文は常に階層構造を有するため、文処理の際には必ず階層構造が処理されていると考えられるのであるが、研究代表者の先行研究で、刺激として照応形を用いることによって、構造条件の処理(を必ず含む文処理)によって引き起された脳の活動が、fMRI などによる先行研究でも文法処理に際して観察されたとおり、ブローカ野において計測することができていた。ここで、従来の第一言語習得研究においても、「C統御」という構造的な概念は、生得的な普遍言語知識に含まれていることが既に報告されている(例えば Meroni, L., A. Gualmini and S. Crain. "Three Years of Continuous Acquisition." In Y. Otsu, (ed.) *Proceedings of the Second Tokyo Conference on Psycholinguistics*. pp.1-33. 2001)。

そこで、これらの先行諸研究を踏まえれば、先の言語習得に関する仮説の検証の一環とすることができるのではないかと期待が持てる。すなわち、照応形を含む日本語および英語の文処理によって引き起される、日本語母語話者の脳の賦活を観察し、その部位や賦活のパターン等に、両言語の間で共通点が見られるかどうかを考察する。これにより、共通点が大きければ大きいほど先の仮説を支持すると考えられる。つまり、光脳機能計測の手法を用いて、第一言語・第二言語の脳機能を観察することにより、上記の言語習得理論の仮説に対し、何らかの示唆が得られるのではないかと期待された。

2. 研究の目的

本研究は、光脳機能計測を用いて、日本語を第一言語とする英語学習者を対象に、第一言語および第二言語の文処理を行う脳機能について観察し、両者を比較検討するものである。特に、ブローカ野を活性化させるような文処理によって引き起される脳活動を観察し、その活動部位・パターン等に注目する。これにより、生得的な普遍言語知識と、後天的な言語経験の相互作用がどのようなものであるかという、言語習得理論(特に第二言語習得理論)の検証に示唆を得ることを目的

とする。

3. 研究の方法

本研究では、第一言語である日本語を用いた実験(以下、日本語実験)と、第二言語である英語を用いた実験(以下、英語実験)を実施した。被験者は、エジンバラ利き手テストにより右利きと判定された大学生・院生計 74 名(うち男性 52 名女性 22 名)で、平均年齢は 21 歳 5 ヶ月である。全員について事前に書面で、研究目的でデータを使用することについての同意を得た。

日本語実験では、句構造の解析などの文法処理によって引き起こされる脳活動を観察する目的で、タスクを構成する刺激に照応形「自分」を含めることとした。刺激文は、主語名詞句・目的語名詞句・他動詞からなる 30 文(うち容認可能文 16 文、容認不可能文 14 文)とし、タスクは文の容認可能性判断とした。特に、「自分」を含む文 15 文(うち容認可能文 8 文、容認不可能文 7 文)では、「自分」と先行詞の関係が適切かどうかの判断を被験者に求めた。例えば、次のような例文(i)「太郎の弟が自分の間違いを責めた」では、照応形「自分」の先行詞「太郎の弟」は、照応形よりも階層構造上高い位置にあり(前者は後者にC統御されている)、母語話者にとってこの文は日本語として問題なく受け入れられる。一方、この例文(i)で照応形「自分」の先行詞として「太郎」を解釈することは、母語話者にとって不自然であるように感じられる(この場合「自分」は「太郎」にC統御されていない)。つまり、日本語として容認不可能だと判断されるのは、照応形と先行詞に求められる適切な構造上の認可条件が満たされていないためであると考えられる。この実験では、刺激文における可能な先行詞として、固有名詞「太郎」「花子」のみを実験開始前に被験者に示し、実験中は文中に出現する「太郎」または「花子」と「自分」とが適切に関係付けられるかどうか集中して、容認可能性を判断するよう求めた(刺激文中には「太郎」「花子」以外の固有名詞は登場しない)(以下、照応形のタスク)。「自分」を含まない 15 文(うち容認可能文 8 文、容認不可能文 7 文)では、通常理解で意味的に逸脱なく容認可能かどうかを判断させた(以下、文のタスク)。例えば、容認可能文として例文(iii)「太郎の兄弟が花子の決心を責めた」、容認不可能文として例文(iv)「太郎の検査が兄弟の長所を責めた」のような文を用いた。これら文に関する 2 種類のタスクの他、ダミーのタスクとして、照応形のタスクおよび文のタスクの文で用いられた単語を 3 つで 1 組として計 30 組提示し、それぞれの組の中に同じ語があるかどうかを判断させた。

英語実験でも、概略上記の日本語実験と同様な3種類のタスクを設定した。照応形のタスクでは、刺激文中の照応形 *himself, herself* が、それぞれ先行詞として実験開始前に提示した固有名詞 *John, Mary* を指し示すものとして、容認可能かどうかの判断を求めた（刺激文中には *John, Mary* 以外の固有名詞は登場しない）。例えば、例文(v) *Mary likes the picture of herself.* では、*herself* が先行詞 *Mary* を指し示すのに適切であるのに対し、例文(vi) *John's friend talked to himself.* では、*himself* は *John's friend* を先行詞とすることはできても、*John* を先行詞として指し示すことができない。文のタスクでも、日本語実験同様に、照応形を含まない文の意味が、(ファンタジーの世界などは考慮せず) 通常理解で容認可能かどうかを判断させた。例えば、例文(vii) *John's brother talked to Mary.* は容認可能だが、例文(viii) *Mary's book looked at the cat.* は容認不可能とした。さらに、ダミーのタスクとして、照応形のタスクおよび文のタスクの文で用いられた単語を3つで1組として提示し、そのうち2つに同じものがあるかどうかを判断させた。

実験はブロックデザインとし、タスクの前後に配置されるレストの間では、被験者に、画面中央に写し出す記号「+」を注視して、特に何も考えないように指示した。文を用いたタスクでは1文を8秒ずつ、語を用いたタスクでは1組を3秒ずつ提示し、それぞれ前後に2秒のレストを挟んだ。1つのブロックは、5つの刺激文または10組の刺激語からなるタスク計48秒と、タスク後のレスト20秒を含む計204秒とし、1つのタスクにつき3ブロック行った。実験全体ではこれを3回繰り返し、合計612秒となった。

被験者には、全てのタスクにおいて提示された刺激語・文を音読するように求めた。また、キーボード上のボタンを2ヶ所「容認可能」(ダミータスクでは、「同じ語がある」)と「容認不可能」(ダミータスクでは、「ない」)に設定し、被験者に左手で押させた。実験開始前に実験の手順を説明した後、3種類のタスク全ての練習セッションを設けた。練習セッションは、各タスクの内容が理解できるまで繰り返させた。実験後のアンケートに基づき、タスクの内容を理解していなかったことが分かった被験者は、データ取得対象者からは外した。また得られたデータには、ウェブレット変換を用いた多重解像度解析を行った。

4. 研究成果

まず、第一言語(日本語)では、照応形を含む刺激によるブローカ野の脳活動が、含まない場合を上回ることを観察できた。光脳機能計測では脳の血管を流れる血液中のヘモ

グロビンの相対的変化量が測定される。以下では、使用した光脳機能計測機器OMM-3000(島津製作所)によって作成されたグラフのうち、ある被験者の示す典型的なパターンを示しておく。照応形を含まない文のタスクと照応形のタスクについて、それぞれ3ブロック行った結果を加算処理したものが図1(文のタスク)、図2(照応形のタスク)である。

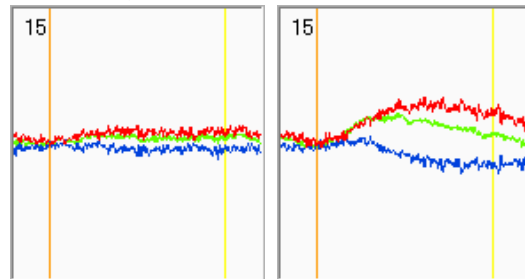


図1

図2

グラフ左上の数字は被験者のブローカ野に該当することが推定されるチャンネル番号、グラフ横軸は時間、グラフ縦軸は各ヘモグロビン相対変化量、左端のオレンジ色実線はタスク開始時(10秒経過時点)、右端の黄色実線はタスク終了時(58秒経過時点)を表わす。全体で1回分のタスク実施時間48秒および前後のレスト10秒間ずつを含む計68秒に対応する。血流変動を示す波線3本のうち、赤線が酸素化ヘモグロビン、青線が脱酸素化ヘモグロビンを示し、緑線が両者の変化量の総計を表わす。

図2にあるように、酸素化ヘモグロビンが増え、同時に脱酸素化ヘモグロビンが減少し、上の線と下の線が逆相を描くような変化があるとき、その部位の脳血流は増大していると考えられている。脳神経細胞が何らかのタスクを処理するために活動する場合、これに伴って酸素や栄養素の供給が必要となるため、その領域の脳血流が増加するとみなされる。従って、NIRSで計測したヘモグロビンの変化量から、図2に見られるようなパターンが見られた場合、脳血流が増大したと考えられ、これに先立ってその領域の脳神経細胞の活動すなわち脳機能の活性化が生じたと推定される。

ここでタスクどうしの違いに注目すると、照応形のタスクでは図2で見られるような典型的な脳活動パターンが見られたのに対し、文のタスクでは図1の示すようにタスク中の血流変動が見られていない。さらに、この他の被験者を含めた、今回の日本語実験によるデータを解析した後の分析からも、同様に、照応形を含む文の処理では、文の構造的条件に関する何らかの処理が、照応形を含まない文の処理に比べて、余分に生じていると

いう可能性が示唆された。

次に、第二言語（英語）においては、第一言語（日本語）同様のパターンを示す被験者がいた一方、第一言語の場合と異なり2つのタスクによる差を全く示さない被験者もいた。両者の典型となる測定グラフを以下に掲げる。3ブロックを加算処理し、**図3**、**図5**は文のタスク、**図4**、**図6**は照応形のタスクを示した。

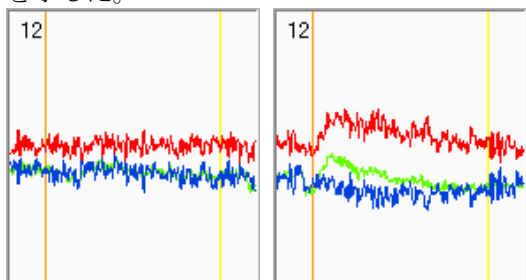


図3

図4

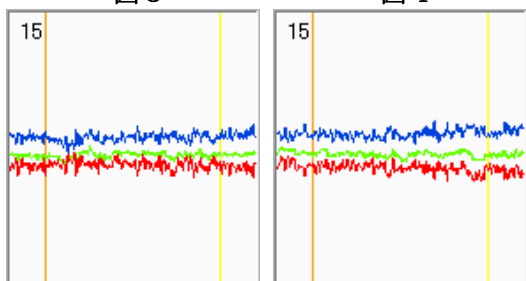


図5

図6

これら以外の被験者を含め、今回の英語実験によるデータを解析した後の分析から、日本語実験の場合同様、照応形を含む文の処理では、文の構造的条件に関する何らかの処理が、照応形を含まない文の処理に比べて、余分に生じている可能性が示唆された。ただし、そのような余分な活動が、第一言語における余分な活動の程度と同じなのか、また活動の内容とも同じなのかどうか、といった点については解析後データの分析を進める必要がある、今後の課題である。

さらにここで、英語実験のこれらの結果から、タスクによるブローカ野の活動の有無は、被験者の英語学習の到達度（習熟度）に関係があるのではないかと疑問があろう。そこで、脳機能計測による英語学習者の脳活動に関する主な先行研究である大石(2006)『脳科学からの第二言語習得論—英語学習と教授法開発—』(京都：昭和堂)によると、本研究とは異なるタスク、すなわちリスニング・コンプリヘンションとリーディング・タスクによるウェルニッケ野を中心とした脳活動を観察した結果、初級学習者は活動がなく、中級になるにつれ活動が過剰となり、上級になると母語話者の活動—必要最小限の最適な活動状態に近づくという。この点に関

して、本研究が現時点で新たに示唆するところは以下のとおりである。今回の被験者のうち、大石(2006)で初級と判定されているのと同程度の習熟度である学習者を取り上げると、そのブローカ野の活動は無活動に近いように見える。しかし、中級学習者のブローカ野の活動は、今回の英語実験で観察される限り過剰にはなっていないように見える。このことから、ウェルニッケ野の活動を引き起こす文理解と、照応形などの文の構造処理とでは、学習の到達度に応じた脳活動のあり方が異なるのではないかと可能性が示唆される。この点に関しては、今後の研究でさらに、被験者の英語力とブローカ野の活動の関係が、大石(2006)で観察されているものと平行に見られるかどうかについて分析を進めることによって、上記の第二言語習得の仮説に対してどのようなことが示唆されるかが明らかになっていくと期待されよう（現在、上級学習者に関して分析中である）。

以上から、上記の第二言語習得理論の仮説に対し、本研究の現在の成果として考えられることとしては、次の通りである。第二言語でも、第一言語で照応形を処理するのに機能した何らかのメカニズムと共通のもの、即ち自然言語の処理において普遍的に備わっているメカニズムが同様に機能し、さらにそのメカニズムはブローカ野を活性化させるようなものである可能性が示された。つまり、照応形の処理においては、第一言語と第二言語で何らかの共通の処理が行われている可能性があるということである。

ここで、具体的にどのようなメカニズムが第一言語と第二言語で共通しているかに関しては、本研究だけで断定することはできないが、少なくとも可能性の一つとしては、上で述べたように、統語構造を解析する際、照応形を含む文ではその分（例えば「C統御」などに基づく認可条件を計算する分）、余計な解析が必要となっている、ということが考えられる。つまり、文の構造解析（例えば「C統御」に基づくもの）という生得的な普遍言語知識（およびそれに基づく構造の処理）が、後天的に「照応形」を習得する場合にも機能しているという可能性を、脳機能計測の上から本研究は支持するものであり、今後の更なる研究および脳機能研究以外の手法に基づく独立の検証が、必要かつ重要であることが分かった。

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 1件）

①内堀朝子，柳沢一機，綱島均，中條清美，

「文法処理時のブローカ野の活動について—近赤外分光法による計測データ」, 日本大学生産工学部研究報告 B, 42 巻, 印刷中(2009), 査読有.

〔学会発表〕(計 1 件)

①中條清美他 1 名, 「初級英語学習者による英文処理時の脳活動について」, 全国英語教育学会, 2008 年 8 月 9 日, 昭和女子大学.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

内堀 朝子 (UCHIBORI ASAKO)

日本大学・生産工学部・専任講師

研究者番号: 70366566

(2) 連携研究者

中條清美 (CHUJO KIYOMI)

日本大学・生産工学部・准教授

研究者番号: 50261889

綱島均 (TSUNASHIMA HITOSHI)

日本大学・生産工学部・教授

研究者番号: 30287594