

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

内堀朝子*, 柳沢一機**, 綱島 均***, 中條清美****

A Note of Brain Activity within Broca's Area during Syntactic Processing: Data Obtained from Near-Infrared Spectroscopic Measurement

*Asako UCHIBORI**, *Kazuki YANAGISAWA***,
*Hitoshi TSUNASHIMA**** and *Kiyomi CHUJO*****

The main purpose of this paper is to present preliminary data about the brain activity patterns within Broca's area through use of functional Near-Infrared Spectroscopy (fNIRS). We examine especially how Broca's area is activated when dealing with the structural property of natural language. The stimulus sentences in our experiment include anaphors such as *zibun* '-self' or *himself/herself*. Since it is well-known that the distribution of anaphors is subject to a certain structural condition (that is, the so-called Binding Condition A), it might be the case that processing of a sentence with an anaphor involves an analysis of its sentence structure and, accordingly causes brain activation in Broca's area. We use two languages in our experiment; one is Japanese as a native language, and the other, English as a foreign language (of Japanese native speakers). The data indicates that some increase in blood flow within Broca's area was observed during processing of Japanese sentences with anaphors, as was expected. The data also shows that during processing of English as a foreign language, on the other hand, there seems not so significant brain activation in Broca's area as in the case of processing of Japanese sentences.

Keywords: Brain activity, Broca's area, Syntactic processing, Near-Infrared Spectroscopy (NIRS)
キーワード: 脳活動, ブローカ野, 文法処理, 近赤外分光法 (NIRS)

1. はじめに

脳において言語機能が局在していることは、従来の失語症研究によって明らかにされてきた。特に、基本的には以下のような言語野（言語に関わる特定の領域）が知られている。失語症の中でも自発的な発話に困難が生じ

るという症状の研究から、発話を司る領域は前頭葉の下前頭回の後部—ブローカ野にあたるとされる^{※1)}。また、会話の相手による発話の理解が困難になる症状の研究をもとに、言語を理解する機能を司る領域は、側頭葉の上側頭回の後方—ウェルニッケ野にあたるとされている。ウェルニッケ野の後方には角回・縁上回があり、どちらも言語野と考えられている。これら以外の言語活動に

* 日本大学生産工学部教養・基礎科学系専任講師

** 日本大学大学院生産工学研究科博士前期課程機械工学専攻1年

*** 日本大学生産工学部機械工学科教授

**** 日本大学生産工学部教養・基礎科学系准教授

伴って活動する部位が報告されることがあるが、一般に言語野としては、以上のブローカ野、ウェルニッケ野、角回、縁上回が知られている。

近年、脳のはたらきを捉えるために、脳の活動を画像として観察できるようにするための技術、いわゆる脳機能イメージングの技術が発達してきた。主な脳機能イメージングには、脳波によるもの (EEG, ERP など) 以外に、脳磁図 (MEG)、ポジトロン断層法 (PET)、磁気共鳴画像法 (MRI)、近赤外分光法 (NIRS, 別名: 光トポグラフィ) などがあり、これらを用いた認知や言語などのいわゆる高次脳機能に関する研究が、盛んに進められている。特に言語研究に関しては、上記のような医学的アプローチによる失語症研究では不可能であった、健常者が言語を処理する際の種々の脳活動が観察できるようになったことは重要である。これに伴い、母語や第二言語の言語能力の解明を目指して、言語脳科学と呼ばれる学際分野が発展し、また、従来の言語処理、第二言語習得研究や言語教育の分野でも、脳研究が見られるようになってきている。

人間の言語能力には音韻・語彙・文法・意味などの諸側面があるが、これまでに、MRI を用いた実験によって、文法能力がはたらく際に上で述べた言語野の一つであるブローカ野において活動が生じ、さらに、複雑な処理に対しては活動が高まることが報告されている (Caplan, et. al., 1998¹⁾, Hashimoto and Sakai 2002²⁾, Inui, et at., 1998³⁾など)。また、NIRS による実験でも同様のことが報告されている (Noguchi, et al., 2002⁴⁾)。MRI と NIRS は、被験者に対する身体的ダメージのない非侵襲的脳機能イメージングとしてよく知られているが、特に NIRS はコストが低く、実験中の被験者の身体を拘束することがほとんどないなどの点が優れている^{*)}。

以上を背景として、本研究の主な目的は、日本語母語話者の日本語能力および外国語としての英語能力の解明に向けて、特に、文法処理に着目したタスクを用いた実験により、ブローカ野において計測された脳血流変動グラフを提示することである。測定装置は、本学部所有の NIRS に基づく脳機能計測装置 OMM-3000 (島津製作所, 2.3 節を参照) を用いた。なお、NIRS を使用した実験データをどのように扱うか、特にその統計的処理の方法については、MRI と異なり、現在、広く採用されている手法がないため (4 節を参照)、本研究では OMM-3000 の作成するグラフをそのまま用いる。また、本研究は上記先行研究と同様に、ある言語の母語話者もしくは学習者について、個人の脳活動の細かい異同についてはなく、母語話者または学習者全体の脳活動パターンを知ることが目的としている。従って、計測されたそのままのグラフを全て提示した上で、被験者ひとりひとりのグラフについて検討するのではなく、被験者グループ全体

から読み取れるものについて考察することとする。

以下では、母語としての日本語に関する実験を実験 I とし (2 節を参照)、日本語母語話者による外国語としての英語に関する実験を実験 II として (3 節を参照)、示す。それぞれの実験について 2.4 節および 3.4 節で、OMM-3000 によって作成された脳血流変動を表わすグラフを提示する。4 節で、得られた結果から今後の研究の可能性および課題について述べる。

2. 実験 I (母語としての日本語)

2.1 被験者

実験の被験者は、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 34 名 (うち男性 23 名女性 11 名) で、平均年齢は 21 歳 10 ヶ月である。全員について、研究目的でデータを使用することについての同意を、事前に書面で得た。

2.2 タスク

本実験での観察の対象は、文法能力がはたらいっている際のブローカ野における活動パターンである。従来の生成文法に基づいた研究により、自然言語の根本的な性質の一つとして、文は句構造を有することが指摘されてきた。また、句構造の基本的性質として、その階層性が挙げられている。これらに着目し、本実験では、文の階層構造の処理が関与していることが期待されるようなタスクを設定することとした。

ここで、句構造の階層性についてごく大雑把に概観しておくとして、まず句とは文の中で単語が 1 つ以上集まって形成するまとまり (即ち文の構成素) であり、句構造とは句が集まって形成する構造 (即ち文の構造) のことを言う。文には常に句どうしの階層関係が存在し、例えば主語を成す句 (名詞句) は、目的語を含む述部全体を成す句 (動詞句) よりも階層的に高い位置にある (図 1)。

構造上のある位置が他の位置よりも高いかどうかは、一定の定義により計算できる (生成文法では、階層関係は C 統御と呼ばれる操作によって定義づけられているが、ここでは立ち入らない)。例えば、図 1 の文で主語と

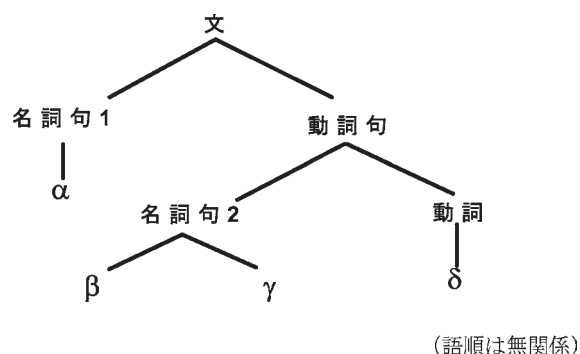


図 1 句構造の階層性

なる名詞句1を形成する語 α は、目的語となる名詞句2の一部を成す語 β より高い位置にあるが、逆はそうでない。

ある種の言語現象においては、このような句構造の階層性が、その生起環境に重要に関わってくることがある。そのような言語現象としてよく知られているものとして、「照応形」(例:「自分」,「彼女自身」)がある。照応形はそれ自身単独では指示対象を持たないため、実際に使用する場合は必ず次のような一定の条件に従っている。即ち、同一文中の充分に近くかつ階層構造的により高い位置に、指示対象を補うための先行詞を必ず持たなければならない(より正確には Chomsky (1981)⁹⁾で議論されている束縛条件Aを参照)。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、この条件を満たしており、照応形よりも階層構造上高い位置にある。実際に、この例文(i)は母語話者にとって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「太郎」が照応形「自分」の先行詞となる解釈は、母語話者にとって許されないように感じられる。さらに次のような例文(ii)「自分の友人が太郎の弟をほめた」の場合、母語話者にとって例文(ii)自体が自然な日本語として受け入れがたく感じられる^{#3)}。ここで、例文(i)で「太郎」を「自分」の先行詞として解釈する場合や、例文(ii)の場合では、照応形「自分」が構造上、上記の条件を満たすような文中の適切な位置に、先行詞を持っていない。つまり、これら2つの場合がそれぞれ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条件が満たされていないためであると考えられる。そこで、照応形が用いられている文が母語話者によって処理されている際、照応形と先行詞との間のこのような構造上の条件が関係しているのではないかという可能性が考えられる^{#4)}。

そこで、本実験のタスクを構成する刺激には、照応形「自分」を含めることとし、これにより、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が観察できると考えた。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(上記例文(i)(ii)を参照)(以下、照応形のタスクと呼ぶ)。なお、本実験の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)。「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。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(以下、文のタスクと呼ぶ)。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。これらのタスクに用いた文、語は **Appendix 1** にリストした。

2.3 実験器具と手続き

実験に使用したNIRSによる計測装置は、本学部所有の島津製作所のマルチチャンネル近赤外光イメージング装置OMM-3000である(図2および図3)。被験者には図3に示すような光ファイバホルダーを装着し、前頭葉から側頭葉にかけて光源および検出プローブを4×4で配置し、24チャンネルを設定した。1チャンネルがカバーする領域は約3×3センチの広さである。今回の測定部位となるブローカ野のおおよその位置を目尻と耳の穴の中央を結ぶ正三角形の頂点に当たる部分とみなし、該当

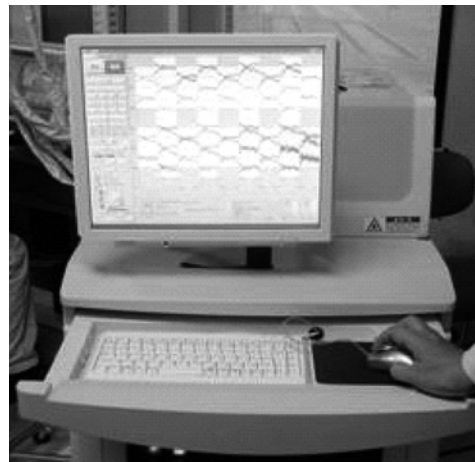


図2 OMM-3000

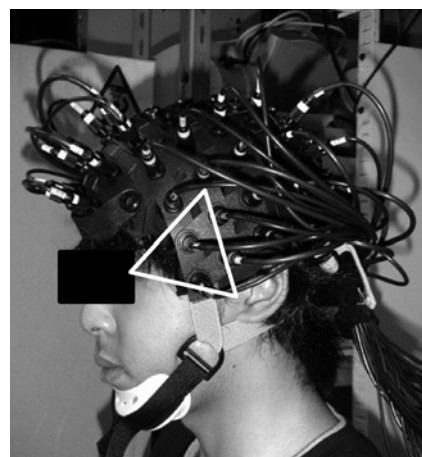


図3 プローブの装着

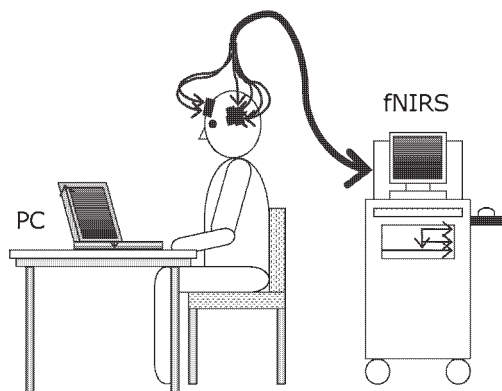


図4 機器配置図

するチャンネルから得られた NIRS 信号を観察した。各被験者によって異なるが、おおむね CH 15 または 19 にあたる。

さらに図4に示す通り、被験者正面にノート PC を置き、画面中央に刺激となる語や文を提示した。

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回繰り返す、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。実験開始の前に前節で述べたような注意を含め、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(2.5節を参照)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。

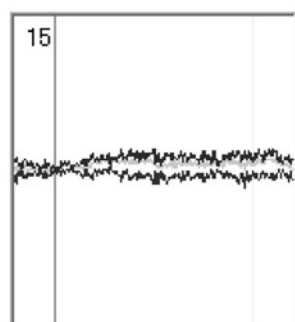


図5 文のタスク (日本語母語話者)

2.4 計測結果

NIRSによる脳機能計測では、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、使用した機器 OMM-3000 によって作成されたヘモグロビン変化量のグラフをそのまま掲げる^{#5)}。始めに、照応形を含む文処理によるブローカ野の脳活動として、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5、図6である^{#6)}。

グラフ左上の数字は各被験者のブローカ野に該当するチャンネル番号、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、左端の縦実線はタスク開始時(10秒経過時点)、右端の縦点線はタスク終了時(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、ほとんどの場合、上の線が酸素化ヘモグロビン、下の線が脱酸素化ヘモグロビンを示し、中央の線が両者の変化量の総計を表わしている^{#7)}。

図6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6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^{#8)}。

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6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5の示すようにタスク中の血流変動が見られない。このことから、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る。しかしながら、以下に

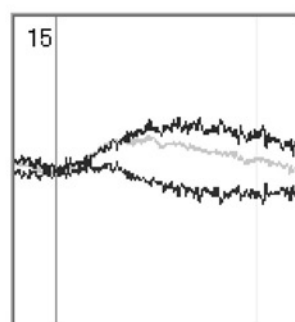


図6 照応形のタスク (左同)

示す被験者A~gのグラフでは、一見してこれ程はっきりとしたタスクによる活動パターンの差が観察できない。以下、図7~図72は、文のタスクと照応形タスクについて、それぞれ3ブロック実施した結果を加算平均して示したグラフである。

以上において、図5、図6に示した被験者以外で、照応形のタスクのグラフにおいて、照応形を含む文処理時

の典型的な血流変動パターンに比較的近いものが観察されたのは、被験者K (図28)、S (図44)、V (図50)、Y (図56)、f (図70)、g (図72)であった。それ以外の被験者によるグラフでも、何らかの血流変動があり、従って脳活動は示されていると思われるものの、文のタスクと照応形のタスクの間に顕著な違いを見ることができなかった^{※9)}。

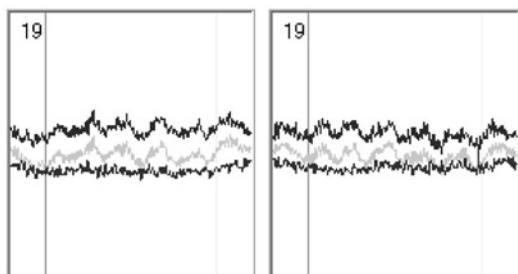


図7 被験者A・文

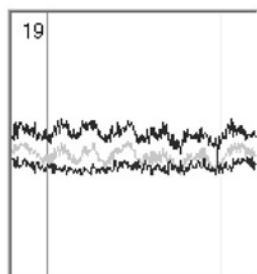


図8 左同・自分

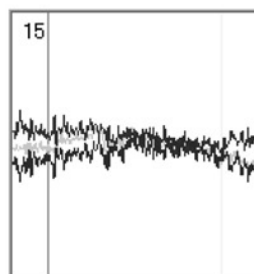


図9 被験者B・文

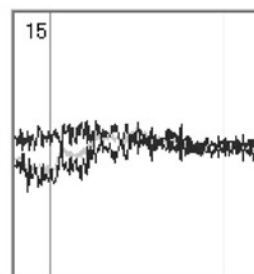


図10 左同・自分

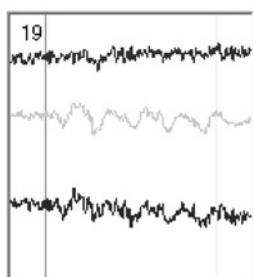


図11 被験者C・文

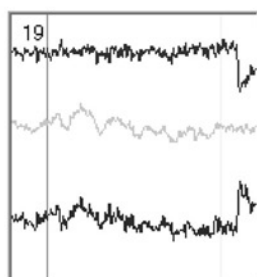


図12 左同・自分

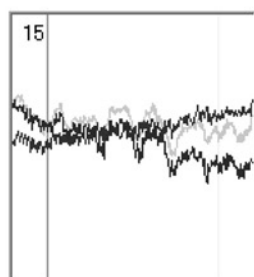


図13 被験者D・文

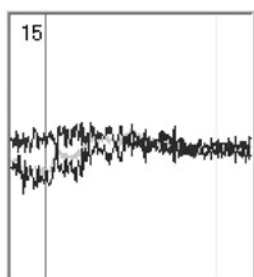


図14 左同・自分

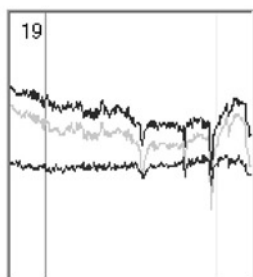


図15 被験者E・文

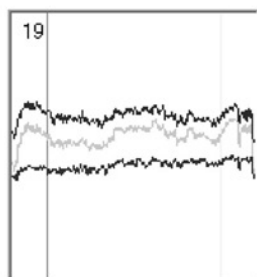


図16 左同・自分

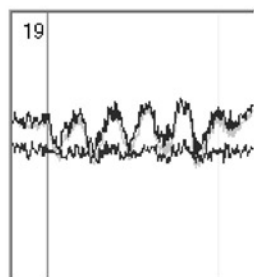


図17 被験者F・文

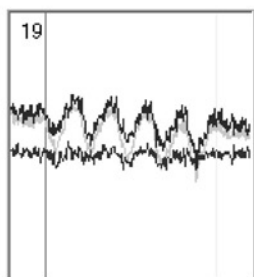


図18 左同・自分

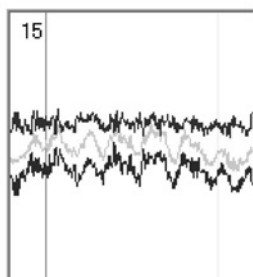


図19 被験者G・文

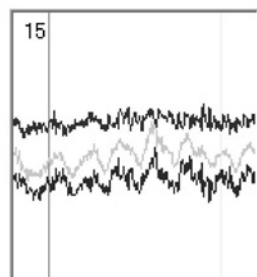


図20 左同・自分

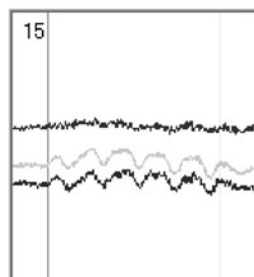


図21 被験者H・文

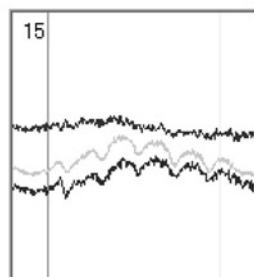


図22 左同・自分

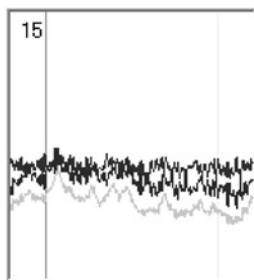


图 23 被験者 I · 文

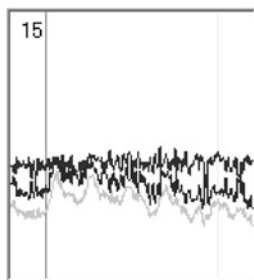


图 24 左同 · 自分

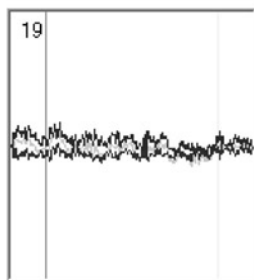


图 25 被験者 J · 文

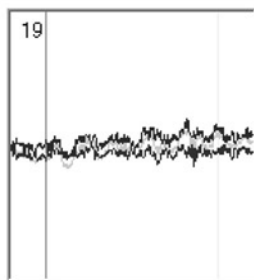


图 26 左同 · 自分

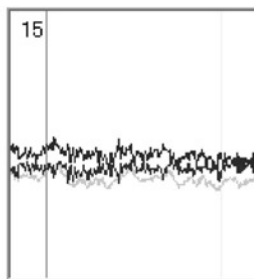


图 27 被験者 K · 文

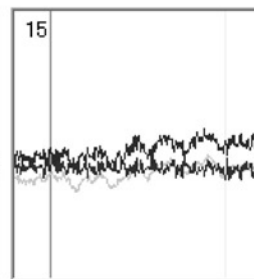


图 28 左同 · 自分

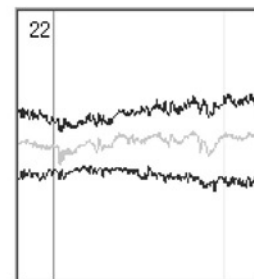


图 29 被験者 L · 文

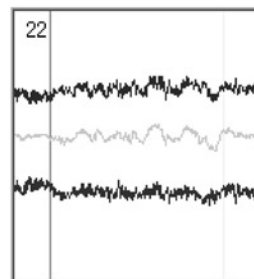


图 30 左同 · 自分

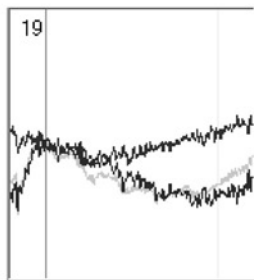


图 31 被験者 M · 文

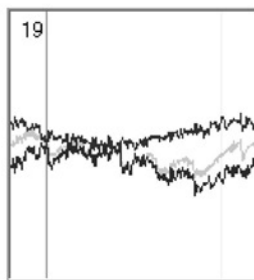


图 32 左同 · 自分

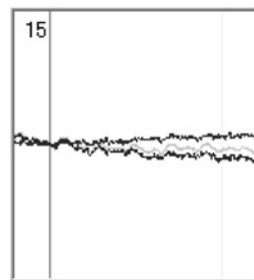


图 33 被験者 N · 文

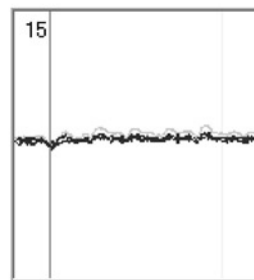


图 34 左同 · 自分

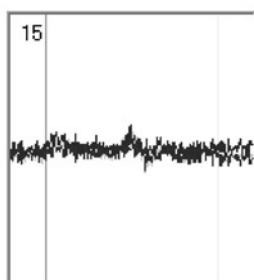


图 35 被験者 O · 文

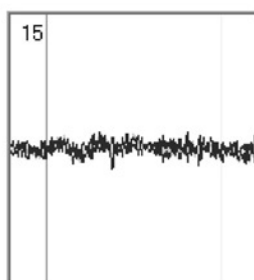


图 36 左同 · 自分

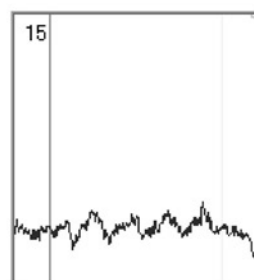


图 37 被験者 P · 文



图 38 左同 · 自分

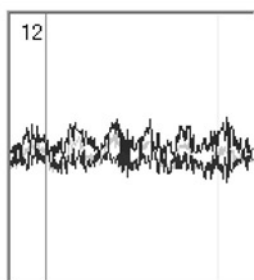


图 39 被験者 Q · 文

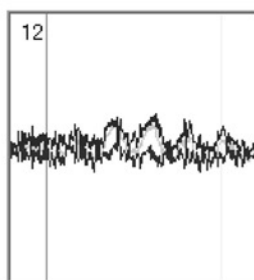


图 40 左同 · 自分

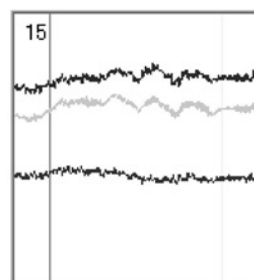


图 41 被験者 R · 文

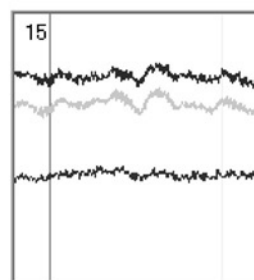


图 42 左同 · 自分

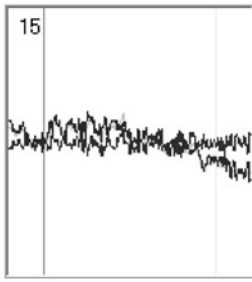


图 43 被驗者 S · 文

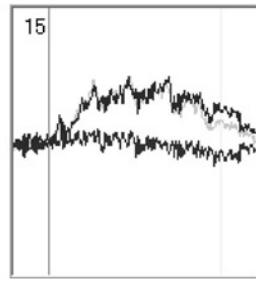


图 44 左同 · 自分

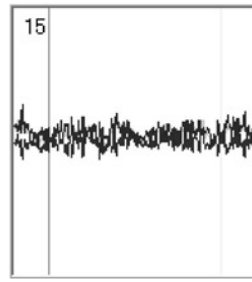


图 45 被驗者 T · 文

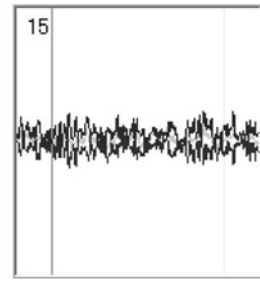


图 46 左同 · 自分

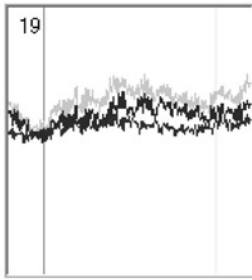


图 47 被驗者 U · 文

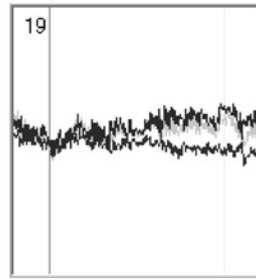


图 48 左同 · 自分

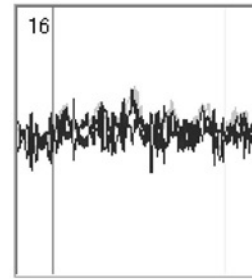


图 49 被驗者 V · 文

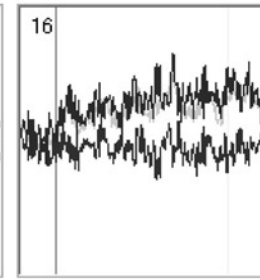


图 50 左同 · 自分

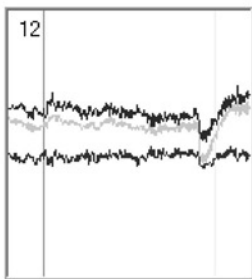


图 51 被驗者 W · 文

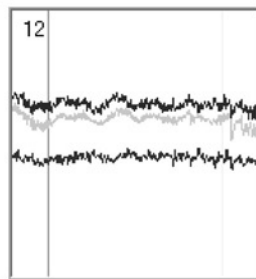


图 52 左同 · 自分

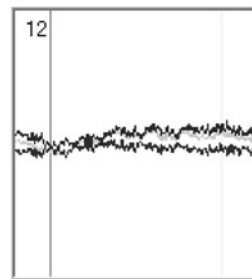


图 53 被驗者 X · 文

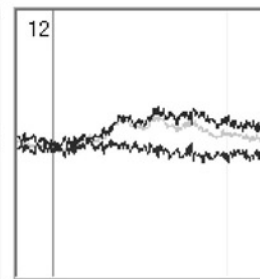


图 54 左同 · 自分

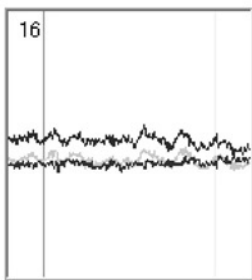


图 55 被驗者 Y · 文

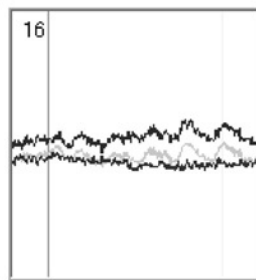


图 56 左同 · 自分

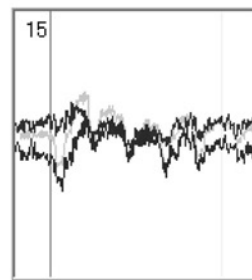


图 57 被驗者 Z · 文

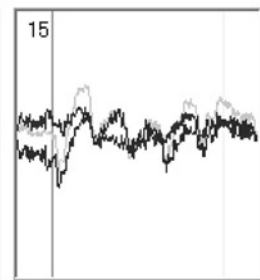


图 58 左同 · 自分

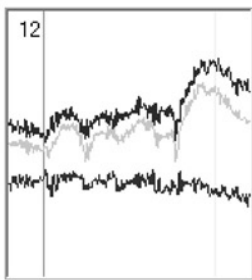


图 59 被驗者 a · 文

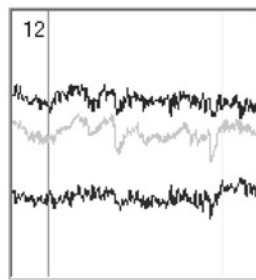


图 60 左同 · 自分

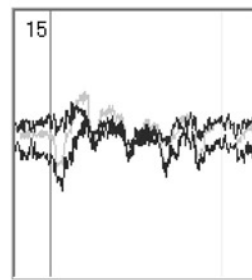


图 61 被驗者 b · 文

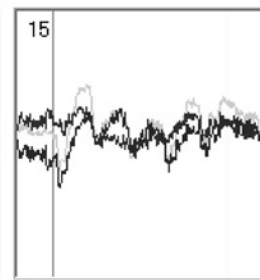


图 62 左同 · 自分

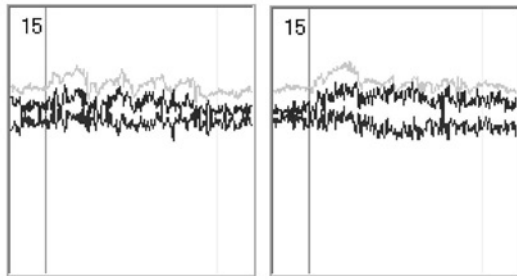


図 63 被験者 c・文

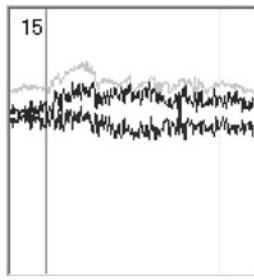


図 64 左同・自分

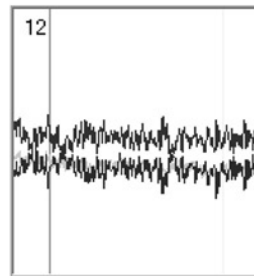


図 65 被験者 d・文

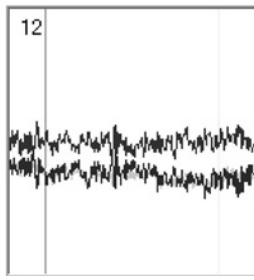


図 66 左同・自分

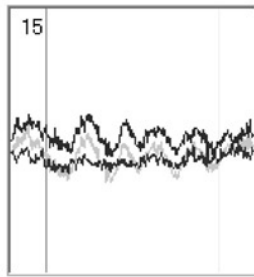


図 67 被験者 e・文

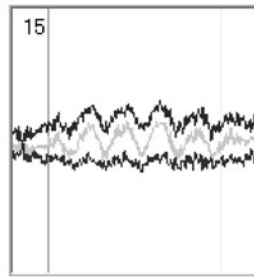


図 68 左同・自分

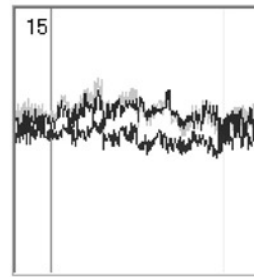


図 69 被験者 f・文

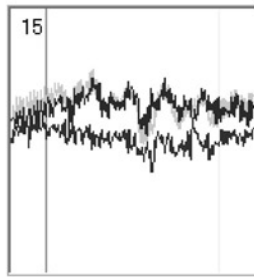


図 70 左同・自分

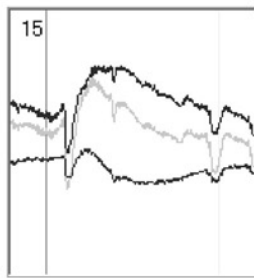


図 71 被験者 g・文

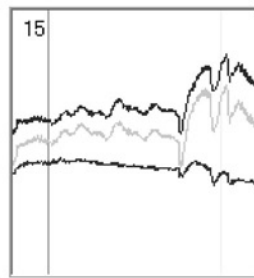


図 72 左同・自分

表 1 実験 I におけるタスク処理時の行動指標

	正答率 (%)		反応時間 (sec)	
	文	照応形	文	照応形
平均	91.4	80.5	4.3	4.5
(SD)	(11.0)	(10.9)	(0.4)	(0.5)

前節のグラフには含まれていない。

ここで、タスク処理時の行動指標として、正答率と反応時間をそれぞれ文のタスクと照応形のタスクで比べておく。

表 1 に示すように照応形のタスクの正答率は低く、反応時間も長く、文のタスクに比べると有意に差があった ($p < .01$)。この差については、前節で示したグラフのうち、照応形のタスク処理時において典型的な血流増大パターンが見られた 7 例では、脳血流変動においても裏付けられたと言えるが、残り 24 例では一見そのような違いが両タスク間には見られず、ここで提示したような NIRS 機器による計測データと行動指標との関連付けには問題が残る。

2.5 被験者アンケート及び行動指標

実験後、各被験者に対して「答えるのに難しくて悩んだ部分があったか」と質問した結果、以下のような自由回答があった。

- ・文のタスクを読むとき、読み間違いを気にした (被験者 P)
- ・照応形のタスクで難しいと思った、悩んだ (被験者 T, 被験者 V)
- ・照応形のタスクで、答えた後に間違えたかもしれないと気にした (被験者 e)

注意すべきは被験者 V 以外では、このようなアンケート結果にも関わらず、それぞれ悩んだタスクについて、これらの被験者のブローカ野における脳血流変動に特段の変化が見られない、という点である。つまり、ブローカ野における脳活動は、このアンケートに示されたような、文を読んだ際に明示的に行う思考、特に照応形に向けられた意識的な注意、すなわち照応形が適切かどうかを考える意識や、また、文処理にかかった時間の長さとは対応していないことが分かる。なお、回答として「全く分からず適当にボタンを押した」などとした被験者は、

3. 実験 II (日本語母語話者の外国語としての英語)

3.1 被験者

実験の被験者は、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 40 名 (うち男性 29 名 女性 11 名) (このうち、2 節で報告した実験 I (日本語) に参加した被験者は 32 名) で、平均年齢は 22 歳である。全員について、研究目的でデータを使用することについて

ての同意を、事前に書面で得た。

3.2 タスク

実験 I 同様、文法処理のタスクとして英語の照応形である *himself*, *herself* を使うこととした。生成文法に基づく言語理論によれば、2.2 節で述べたような照応形が従わなければならない構造的条件は、母語話者に明示的に意識されるようなものではないが、人間固有の普遍的言語知識 (UG) の一部であると考えられている。第二言語習得過程において、このような UG が少なくとも部分的にはたらくという仮説については、生成文法の枠組みで従来研究が進められているが (Flynn, et. al., 1998⁶⁾; White, 1989⁷⁾参照), ここではそれらの詳細には立ち入らず、母語話者の言語知識には母語の照応形に関わる構造的条件が含まれているが、その一方、第二言語の照応形はどのように処理されているのかという問題を提起し、以下の実験がそのような問題の解明に関わる可能性を指摘しておく^{#10)}。

実験 II に用いたタスクは、基本的に 2.2 節で示したのと同じもので、文のタスク、照応形のタスク、語を用いたダミーのタスクの 3 種類である。文と照応形のタスクでは、実験 I 同様、容認可能性判断を求めたが、被験者には日本語に訳して考えないように注意を与えた。具体的には、照応形のタスクでは、被験者に、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、実験 I 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

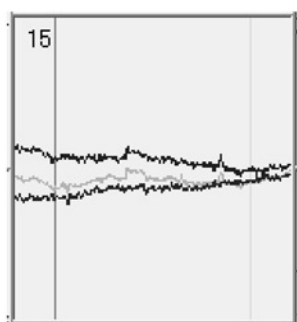


図 73 文のタスク (英語母語話者)

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。これらのタスクに用いた語、文は Appendix 2 にリストした。

3.3 実験器具と手続き

実験 I と同様である (2.3 節参照)。

3.4 計測結果

始めに、英語母語話者の示す、照応形を含む文処理によるブローカ野の典型的な脳活動パターンを示しておく。照応形を含まない文のタスク (以下、文のタスク) と照応形を含む文のタスク (以下、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、それぞれ図 73、図 74 である。

実験 I と同様、グラフ左上の数字は各被験者のブローカ野に該当するチャンネル番号、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、左端の縦実線はタスク開始時 (10 秒経過時点)、右端の縦点線はタスク終了時 (58 秒経過時点)、グラフ全体は 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、血流変動を示す波線 3 本はそれぞれ酸素化ヘモグロビン、脱酸素化ヘモグロビン、両ヘモグロビン変化量の総計に、対応している (2.4 節および注 7 を参照)。実験 I 同様、照応形のタスクでは図 74 である通り典型的な脳活動パターンが観察できるのに対し、文のタスクでは図 73 が示すようにタスク中の血流変動が見られない。ここからも、日本語・英語に関わらず、母語話者の照応形の処理には、文の構造的条件に関する処理が余分に生じている可能性が考えられる。一方、以下で示す実験 II の計測結果では、日本語を母語とする英語学習者の英語照応形の処理に際して、一見母語話者と同じようなブローカ野における脳活動パターンが読み取れた被験者は、若干の例外を除いて少なかった。

以下の被験者 A~p^{#11)} のグラフ (図 75~図 154) は、比較対象としての文のタスクと照応形タスク中の、それぞれ各 3 ブロックの結果を加算平均した脳血流変動のグラフである。

以上において、照応形のタスクのグラフにおいて、図 73、図 74 に示したような英語母語話者による照応形を含む文処理時の典型的な血流変動パターンに、比較的近い

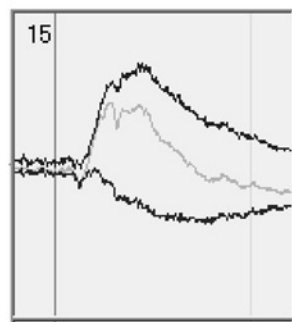


図 74 照応形のタスク (左同)

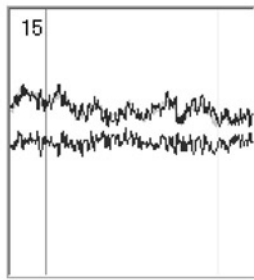


图 75 被験者 A · 文

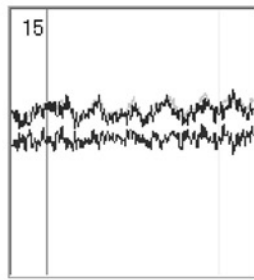


图 76 左同 · 自分

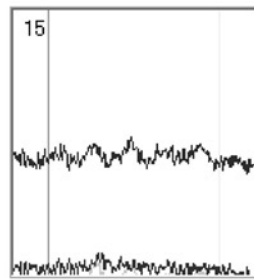


图 77 被験者 K · 文

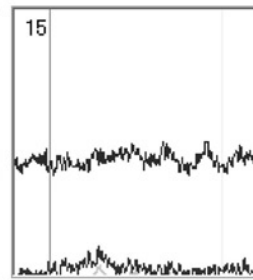


图 78 左同 · 自分

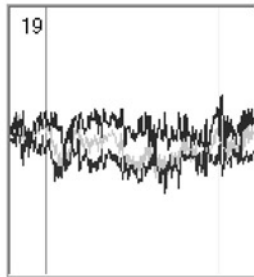


图 79 被験者 h · 文

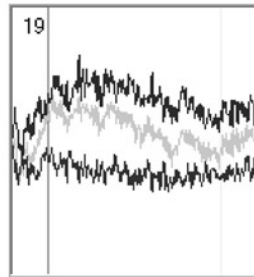


图 80 左同 · 自分

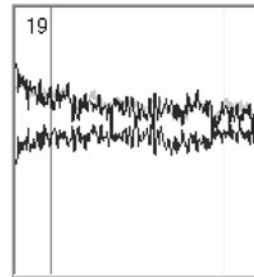


图 81 被験者 i · 文

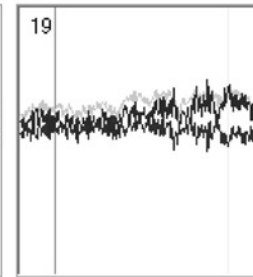


图 82 左同 · 自分

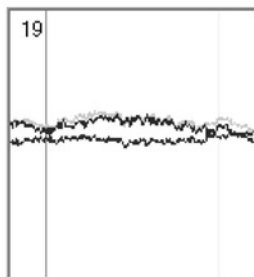


图 83 被験者 j · 文

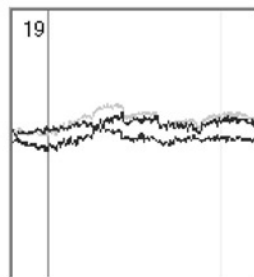


图 84 左同 · 自分

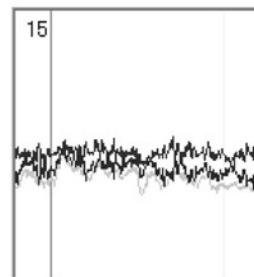


图 85 被験者 I · 文

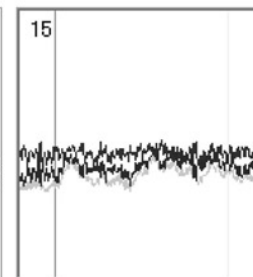


图 86 左同 · 自分

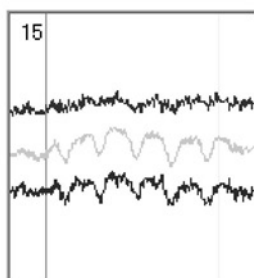


图 87 被験者 k · 文

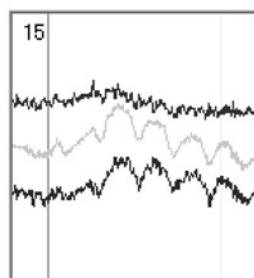


图 88 左同 · 自分

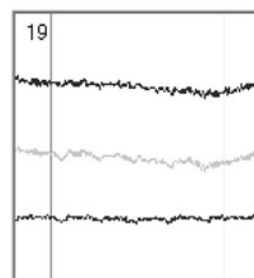


图 89 被験者 l · 文

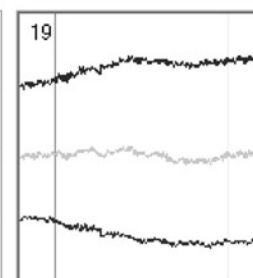


图 90 左同 · 自分

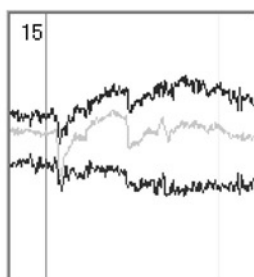


图 91 被験者 C · 文

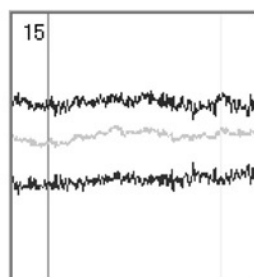


图 92 左同 · 自分

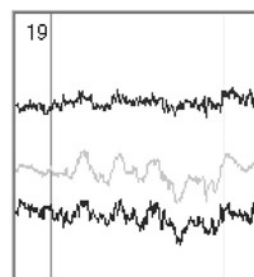


图 93 被験者 J · 文

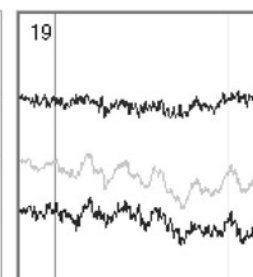


图 94 左同 · 自分

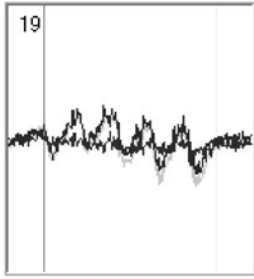


図 95 被験者 F・文

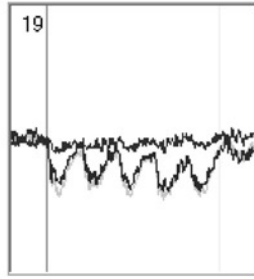


図 96 左同・自分

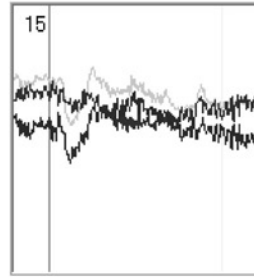


図 97 被験者 B・文

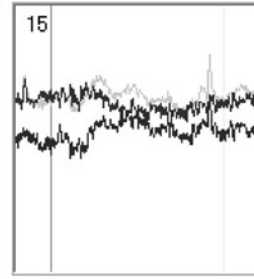


図 98 左同・自分

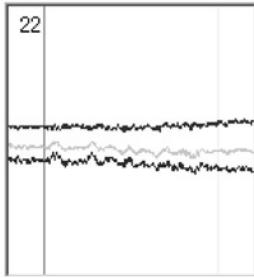


図 99 被験者 L・文

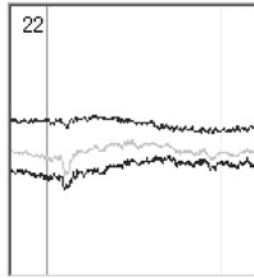


図 100 左同・自分

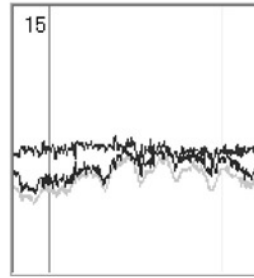


図 101 被験者 D・文

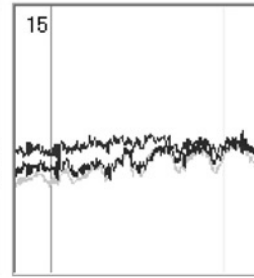


図 102 左同・自分

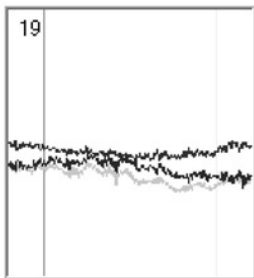


図 103 被験者 A・文

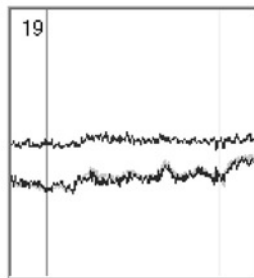


図 104 左同・自分

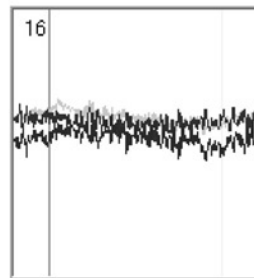


図 105 被験者 m・文

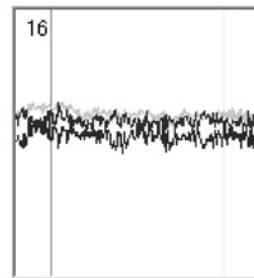


図 106 左同・自分

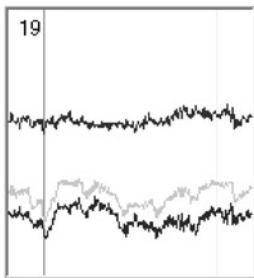


図 107 被験者 M・文

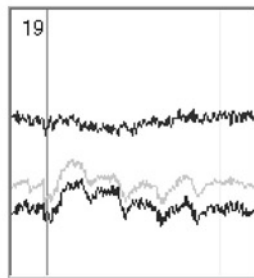


図 108 左同・自分

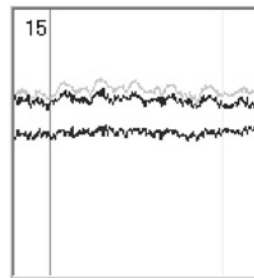


図 109 被験者 N・文

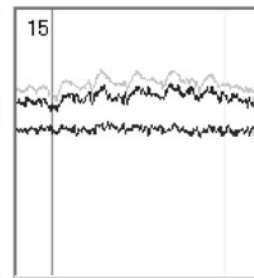


図 110 左同・自分

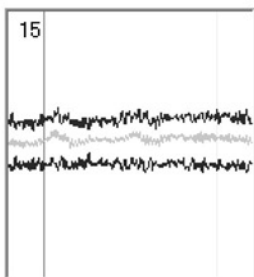


図 111 被験者 O・文

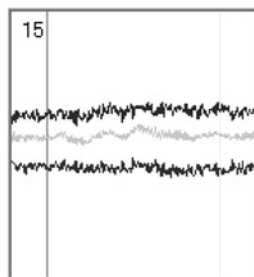


図 112 左同・自分

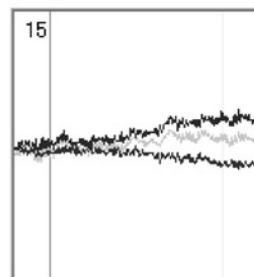


図 113 被験者 P・文

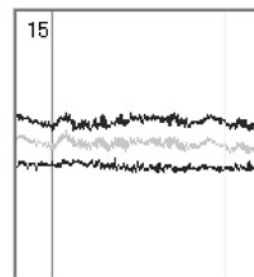


図 114 左同・自分

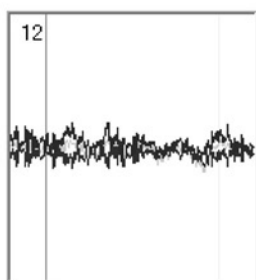


図 115 被験者 Q・文

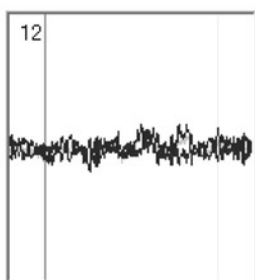


図 116 左同・自分

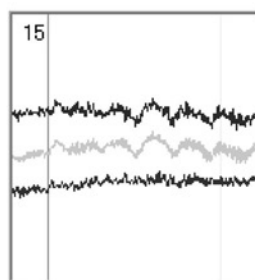


図 117 被験者 R・文

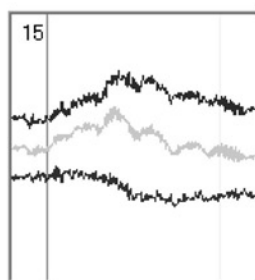


図 118 左同・自分

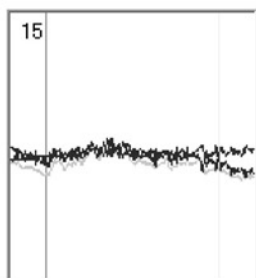


図 119 被験者 S・文

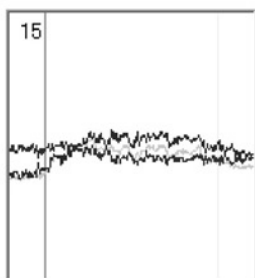


図 120 左同・自分

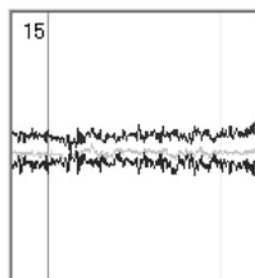


図 121 被験者 T・文

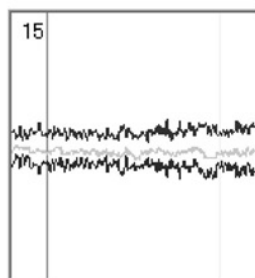


図 122 左同・自分

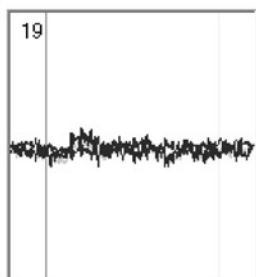


図 123 被験者 U・文

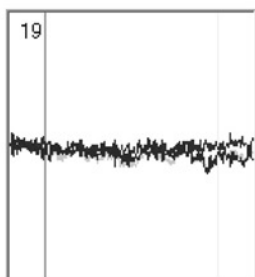


図 124 左同・自分

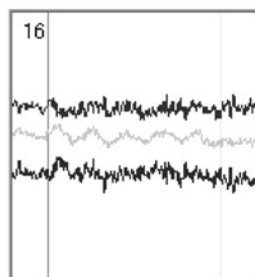


図 125 被験者 V・文

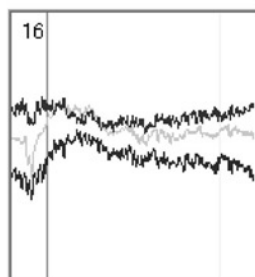


図 126 左同・自分

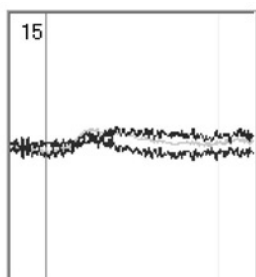


図 127 被験者 n・文

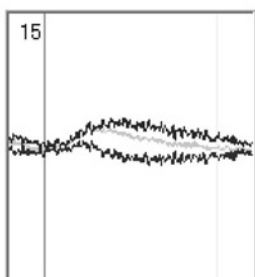


図 128 左同・自分

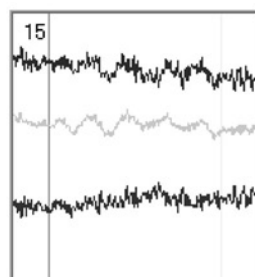


図 129 被験者 o・文

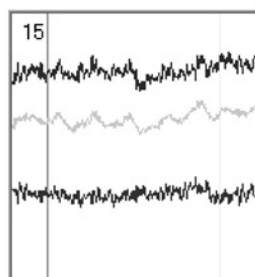


図 130 左同・自分

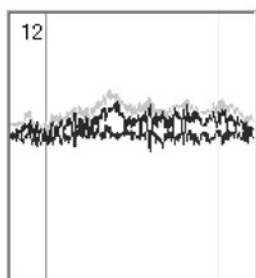


図 131 被験者 W・文

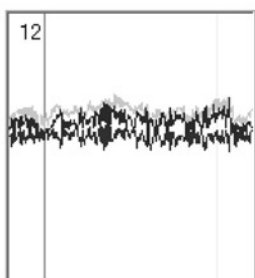


図 132 左同・自分

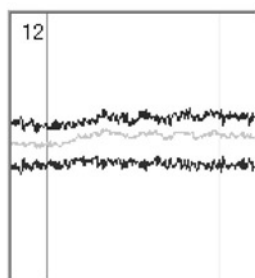


図 133 被験者 X・文

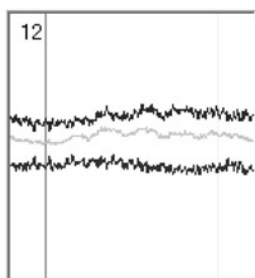


図 134 左同・自分

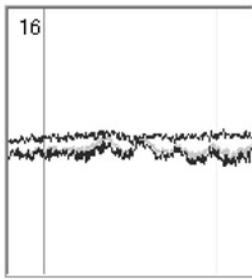


图 135 被験者 Y · 文

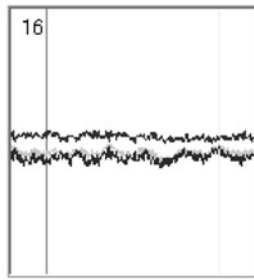


图 136 左同 · 自分

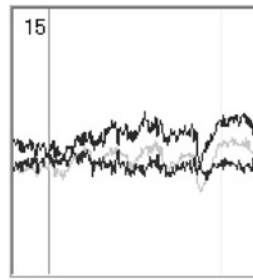


图 137 被験者 Z · 文

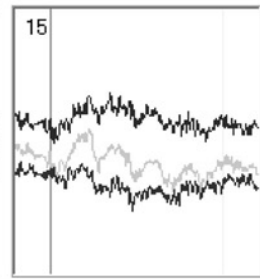


图 138 左同 · 自分

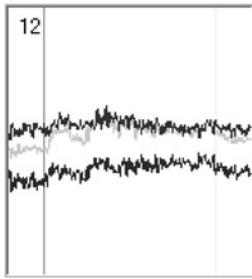


图 139 被験者 a · 文

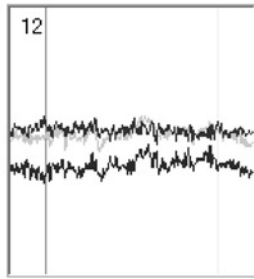


图 140 左同 · 自分

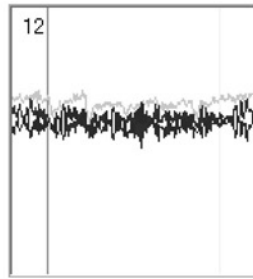


图 141 被験者 p · 文

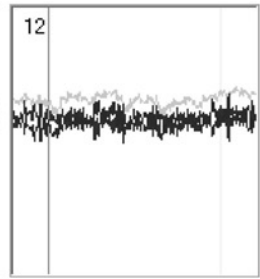


图 142 左同 · 自分

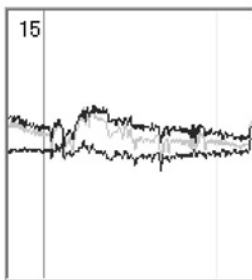


图 143 被験者 b · 文

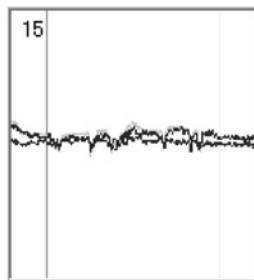


图 144 左同 · 自分

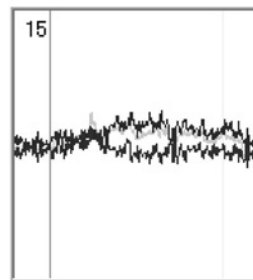


图 145 被験者 c · 文

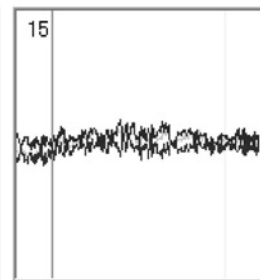


图 146 左同 · 自分

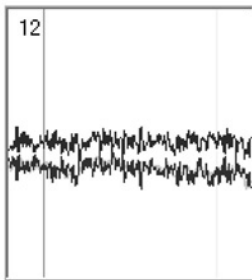


图 147 被験者 d · 文

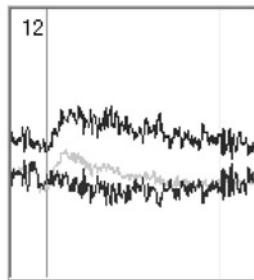


图 148 左同 · 自分

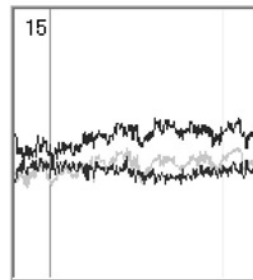


图 149 被験者 e · 文

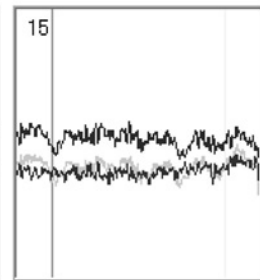


图 150 左同 · 自分

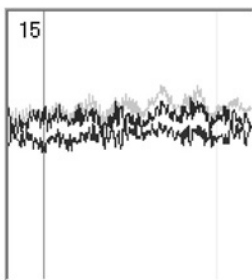


图 151 被験者 f · 文

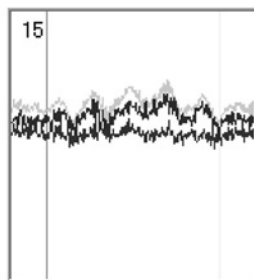


图 152 左同 · 自分

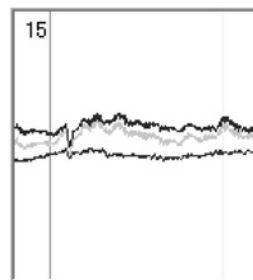


图 153 被験者 g · 文

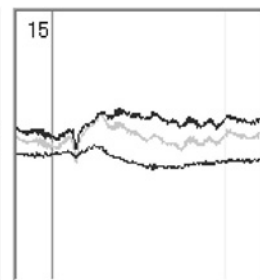


图 154 左同 · 自分

かもしれないと思わせるものが観察されたのは、被験者 h (図 80), R (図 118), n (図 128), Z (図 138), d (図 148)であった。それ以外の被験者によるグラフでは、多くの場合、文のタスク、照応形のタスクともに顕著な血流変動パターンは見られず、従って脳活動が明確に示されていると判断できなかった。

3.5 アンケート及び行動指標

実験後、各被験者に対して「英語が分からなかったので答えられない部分があったか」、「答えるのに難しくて悩んだ部分があったか」と質問した結果、以下のような自由回答があった。

- ・文を読んで、意味が分からないのでパニックのようになってしまった (被験者 B)
- ・照応形のタスクで特に、ボタンを押した後、答えが合っていたかどうか思い返したりした (被験者 E)
- ・照応形のタスクでは判断に迷いがあった (被験者 F, 被験者 K)

実験 I と共通して注意すべきは、このようなアンケート結果にも関わらず、これらの被験者のブローカ野には照応形のタスクにおいて、さらにまた、文のタスクにおいても、活性化がほとんど見られない、という点である。つまり、ブローカ野における脳活動は、実験 I で見た母語の場合と同様、外国語を処理する場合であっても、このような思考、即ち、照応形に向けられた意識的な注意や、照応形が適切かどうかを考える思考、また、文処理にかかった時間の長さなどを反映するものではないと言える。なお、回答として「全く分からず適当にボタンを押した」などとした被験者は、上記の結果には含まれていない。

ここで、タスク処理時の行動指標として、正答率と反応時間をそれぞれ、文のタスクと照応形のタスクで比べる。

どちらにおいても、2つのタスク間では有意な差があった ($p < .01$)。また、照応形タスクの正答率が 58.2% と非常に低いことから、このタスクが今回の被験者の平均的レベルの英語学習者にとって難しいものであったことが分かる。この点からして、今回の照応形タスクそのものの有効性について疑問が上がるかもしれないが、被験者が *himself* および *herself* という単語とその意味自体を知っていることは実験開始前に確認済みであり、また、上で述べたようなアンケート結果にもある通り、照応形タスクの処理時には、その難しさから意識的に照応形の適切性について考えたりもしている。このことは、照応形を含む文の容認可能性を正しく判断できなかったとしても、被験者が求められたタスクそのものは理解できているということを意味する。従って、その意味でタスクは有効だと考えられるのではないか。また、次節でも延べるが、タスクの難易度は被験者の学習レベルに

表 2 実験 II におけるタスク処理時の行動指標

	正答率 (%)		反応時間 (sec)	
	文	照応形	文	照応形
平均 (SD)	83.6 (10.8)	58.2 (13.3)	4.4 (0.7)	4.9 (0.7)

よって当然異なり、このように全被験者の平均正答率を見てもあまり意味はないかもしれない。従って、英語学習者の行動としては、正答率に関わらず考察すべきと考えて、今回の実験 II におけるデータの取得対象とした。

4. 考察

本論文で提示した文法処理時のブローカ野の活動パターンから、概略以下のようなことが言える可能性がある。(1)母語話者にとって、照応形を含む文を処理する際のブローカ野の活動は、含まない文を処理する際のそれと比較して、活発である、(2)このことは、照応形を含む文の処理には、照応形に対する何らかの文法的条件、例えば構造的条件を満たすかどうか判断するために、ブローカ野において活動が生じている可能性を示唆する、(3)今回実験した日本語を母語とする英語学習者のレベルでは、外国語としての英語の照応形 “*himself/herself*” を含む文の容認可能性を適切に判断することは困難な者が多く、その際のブローカ野の活動も活発とは言えず、さらに含まない文の処理でも、ブローカ野の活動が活発とは言えなかった。

(1)および(2)に関して、母語である日本語の照応形を用いた実験 I については、2.2 節に提示したような、NIRS 機器によって計測されたままの信号に基づく血流変動パターンを観察しているだけでは、これ以上のことは明らかにならない。多くのグラフでは、典型的な脳活動パターンを見出すことは難しい。その理由として、例えば注 9 でも触れたような音読による頭部の振動など、実験中にタスク以外によって生じる現象が計測結果に影響を与えていることが考えられる。これに対して、NIRS 信号の解析手法として、綱島他 (2004)⁸⁾を初めとして、ウェーブレット変換を用いた多重解像度解析が有効であると提案されている (他に、Kojima, et. al. 2005⁹⁾, 小島他 2007¹⁰⁾, Tsunashima, et. al. 2006¹¹⁾, 綱島 2006¹²⁾, 綱島他 2006¹³⁾, Uchibori, et. al., 2005¹⁴⁾, 内堀他 2005¹⁵⁾などを参照)。これによると、信号に干渉するノイズを適切に除去することによって、タスクに直接対応すると考えられる血流変動を観察することができ、従ってタスクによって引き起こされる脳活動の有無を推定することができる。例えば、2.5 節および 3.5 節で指摘したような、他の行動指標と脳血流データとの関係も、より明確になることが期待さ

れる。本論文で述べた実験結果について、今後、このような解析手法を用いた分析を進めれば、(1)(2)の検証や、他の可能性についての検討などを進めることができよう。

(3)に関しては、日本語母語話者による外国語としての英語習得過程の先行研究との比較が必要である。この分野でのNIRSを用いた包括的な先行研究に、大石(2006)¹⁶⁾がある。そこで示唆された大石の提案する英語習得過程における脳活動のモデルに、本論文で提示した実験結果がどのように位置づけられるか、上述のようなデータの解析を進めるとともに、考察していく予定である。特に、(1)(2)と関連して、母語の言語能力に關与する脳の活動パターンと、母語以外のそれらとに、どのような対応があるのか、ないのか、そして、言語習得の段階に応じて、それらは変化するのかどうか、といった点について研究を深めていきたい。そのためには、被験者の英語レベルを判別した上で分析することが欠かせない。この点は、中條・内堀(2008)¹⁷⁾で、本論文で提示した被験者のうち、初級～中級下位レベル学習者について触れたが、さらに中級レベル以上の学習者についても比較検討する予定である。英語習熟度判別テストとしては、牧他(2002)¹⁸⁾の提唱によるMET (Minimal English Test)を用いる。METは、実施時間が約5分しかかからないため、実験に際して被験者の疲労を最小限度に押さえることができる。また、テスト結果と他の公的な英語力判定テストスコアとの相関も検証されている(METの詳細およびMETの得点とセンター試験・TOEIC IP (旧)・TOEIC Bridge IPの各スコアとの相関関係の検証については、Maki, et. al. 2004¹⁹⁾, 2005²⁰⁾; Umezawa, et. al., 2007²¹⁾などを参照)。被験者英語力を判別することにより、正答率・反応時間などの行動指標と学習レベル、脳活動パターンなどに対応がみられるかどうか、細かく検討していきたい。

これら今後の研究は、文法処理の側面において、母語と第二言語にどの程度共通性が見られるか、また特に、UGがどのように關与するのかといった一般的な問題にとって直接の關係があり、従って、人間の言語能力を解明するための基礎となる研究として意義があると考えられよう。

謝辞

本研究は、平成18～19年度日本大学学術研究助成金(総合研究)および平成19～20年度科学研究費補助金・基盤研究(C)一般の援助を受けて行われました。また、fNIRS実験に際し、日本大学生産工学部機械工学科丸茂喜高先生ならびに綱島・丸茂研究室所属の学部生・院生の方々にご協力をいただきました。ここに記して感謝申し上げます。

注

注1) 従ってブローカ野は医学の分野では、発話に關係するところから運動性言語野とも呼ばれるが、後で見ると、必ずしも自分が言語を発するということだけに關わる領域ではないことが、その後の研究で明らかになっている。

注2) 一方、MRIに比べて空間解像度が劣る点に難がある。

注3) 例文(ii)「自分の友人が太郎の弟をほめた」で、「自分」を照応形ではないものとして使った場合は日本語として容認可能と判断される。この場合の「自分」は、例文(ii)の話し手自身、あるいは、話しかけられている相手を指し示す人称代名詞として用いられ、文の解釈もそれに応じて変わる(後者は関西方言のみ容認可能)。重要なのは、その場合の「自分」は照応形ではないため、ここで述べた構造的条件に従う必要はないことである。従って、以下で述べる実験においても、被験者に対しては、そのような人称代名詞としての用法については判断から除外するよう、実験開始前に注意した。

なお、照応形の生起環境については、一般に、構造上の条件以外にも關与する条件がある。例えば、形態上の条件や、日本語の「自分」に関しては主語指向性条件などである。ここではこれ以上立ち入らないが、それらの条件の關与についても、今後、詳細な検討が必要である。

注4) しかしながら、この可能性についての独立の検証は、まだ行われていない。今回の実験デザインの際にはこのような仮定を用いたが、今後、脳機能計測以外の手段で検証していく必要がある。

注5) ただし、装置の計測した元の信号には、実験のタスク以外によってもたらされる血流変化も影響している可能性がある。さらに、元の信号は、個別の被験者に関する相対量を表わしているため、実験全体として複数の被験者に見られる傾向などを考察する目的で統計処理を行うには、元の信号の数値をそのまま使用することはできない。この点については4節でも触れる。

注6) スムージング回数を5回、スムージング点数を5点とした。ベースライン補正とデータ補間は行っていない。

注7) 実際の機器上では、酸素化ヘモグロビンが赤線、脱酸素化ヘモグロビンが青線、総計は緑線で示される。被験者によっては、脱酸素化ヘモグロビンの変化が酸素化ヘモグロビンを上回り、グラフにおける線の上下位置が逆転することもある。以下

では、被験者 C, H, I, M, Z, および d(文のタスクのみ) のグラフがこれに該当する。

注 8) 従って、注 7 で指摘したようなグラフにおける線の上下位置が逆転した例では、計測された血流の増大があると判断することはできず(むしろその領域の血管が虚血状態にあると判断され), その領域は活性化されなかったという結論になってしまう。しかし、このような計測結果が、実験のタスクによってのみもたらされているとは限らない可能性がある。4 節で触れるように、綱島他(2004)²²⁾, (2006)²³⁾などは、適切な信号解析手法を用いることによって、実験のタスクと無関係な影響を取り除くことができると提案している。今後の研究において検討する予定である。

注 9) なお、上下の線でともに、小さな山なりのパターンが 5 つ見える被験者がいるが、これは、タスクである 5 つの文を発声する際の振動が原因ではないかと考えられる。頭蓋骨が薄い人にこのようなパターンが見られることがよくある。注目すべきは、この 5 つの山もそれぞれ小さく、タスク開始時から終止時に向かった山なり状の変化ではなく、全体に平板であるという点である。このようなパターンは、実験 II でも同様に見られる。

注 10) 日本語の照応形「自分」を英語母語話者が習得する際に、どのように照応形に関わる文法規則を含む UG が関与するかについて、白畑(2006)²⁴⁾が実験に基づく詳細な論考を行っている。

注 11) 実験 I と共通する被験者には、同じ記号が与えられている。なお、被験者 n (図 127, 図 128) は、実験 I の図 5, 図 6 で示した被験者と同じである。

参考文献

- 1) Caplan, D., Alpert, N. and Waters, G. Effects of syntactic structure and propositional number on patterns of regional cerebral blood flow. *Journal of Cognitive Neuroscience* (10)4. (1998). pp.541-552.
- 2) Hashimoto, R. and Sakai, K.L. Specialization in the left prefrontal cortex for sentence comprehension. *Neuron* 35. (2002). pp.589-597.
- 3) Inui, T., Otsu, Y., Tanaka, S., Okada, T., Nishizawa, S. and Konishi J. A functional MRI analysis of comprehension processes of Japanese sentences. *NeuroReport* 9. (1998). pp.3325-3328.
- 4) Noguchi, Y., Takeuchi, T., and Sakai, K.L. Lateralized activation in the inferior frontal cortex during syntactic processing: event-related optical topography study. *Human Brain Mapping* 17. (2002). pp.89-99.
- 5) Chomsky, N. *Lectures on Government and Binding*. Dordrecht: Foris Publications. (1981).
- 6) Flynn, S., Martohardjono, G., and O'Neil, W. *The Generative Study of Second Language Acquisition*. Mahwah, NJ.; Lawrence Erlbaum Associates. (1998).
- 7) White, L. *Universal Grammar and Second Language Acquisition*. Amsterdam: John Benjamins. (1989).
- 8) 綱島均, 小島崇, 塩沢友規, 高田宗樹「人間-機械系評価用列車運転シミュレータの開発と脳機能計測への適用」, 『信頼性 (日本信頼性学会誌)』 26 (7), (2004). pp.617-626.
- 9) Kojima, T., Tsunashima, H., Shiozawa, T., Takada H., and Sakai, T. Measurement of Train Driver's Brain Activity by Functional Near-Infrared Spectroscopy (fNIRS). *Optical and Quantum Electronics* 37(13-15). (2005). pp.13-19.
- 10) 小島崇, 綱島均, 伊藤聡美, 塩沢智規「機能的近赤外分光 (fNIRS) 装置を用いた列車運転時の高次脳機能計測」, 人間工学 43 (4). (2007). pp.193-200.
- 11) Tsunashima, H., Kojima, T., Uchibori, A., and Shiozawa, Y. Decomposition and Reconstruction of Near-Infrared Spectroscopy (NIRS) Signal Using Wavelet Transform (Observation of Activation in Broca's Area by Linguistic Experiment). a paper read at The 4th International Conference on Wavelet Analysis and its Applications. (2006).
- 12) 綱島均「時系列信号としての fNIRS 信号の解析方法」, 第 5 回光脳機能イメージング研究会学術集會口頭発表論文. (2006).
- 13) 綱島均, 小島崇, 塩沢友規「機能的近赤外分光法による列車運転時の脳機能計測」, 自動車技術 Vol. 60 (5). (2006). pp.81-86.
- 14) Uchibori, A., Kojima, A., Tsunashima, H. and Shiozawa, T. Near-Infrared Spectroscopic Measurement of Brain Activity for Syntactic Processing. The 2nd Asian and Pacific Rim Symposium on Biophotonics. (2005). pp.50-51.
- 15) 内堀朝子, 小島崇, 綱島均, 塩沢智規, 高田宗樹「句構造に着目した言語実験による脳活動の計測」, 第 3 回光脳機能イメージング研究会学術集會口頭発表論文. (2005).
- 16) 大石晴美『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: 昭和三堂. (2006).
- 17) 中條清美, 内堀朝子「初級学習者による英文処理時の脳活動について」, 第 34 回全国英語教育学会口頭

- 発表論文. (2008).
- 18) 牧秀樹, 和佐田裕昭, 橋本永貢子「最小英語テスト (MET) : 初期研究」. 『英語教育』53(10). (2003). pp.47-50.
- 19) Maki, H., Ito, T., Miyamoto, Y. Oku, S., Uchibori, A. and Ueda, Y. The Minimal English Test: Its Correlation with the College Entrance Examination (English Part) 2003. *Bulletin of the Faculty of Regional Studies, Gifu University* 15. (2004). pp.39-46.
- 20) Maki, H., von Fragstein, A., Ito, T., Itoh, S., Hirota, N., and Yamato R. The Minimal English Test : Its Correlation with the TOEIC Bridge : A Preliminary Study. *Bulletin of the Faculty of Regional Studies, Gifu University* 17. (2005). pp.65-70.
- 21) Umezawa, T., Maki, H., Goto, K., and Ishikawa A. Statistical Correlation Between the Scores on the Minimal English Test and the Scores on the College TOEIC : A Preliminary Study. a paper read at The 2007 Chubu English Language Education Society. (2007).
- 22) 綱島均他 (2004). 前掲論文.
- 23) 綱島均他 (2006). 前掲論文.
- 24) 白畑知彦『第二言語習得における束縛原理－その利用可能性－』. 東京：くろしお出版. (2006).

Appendix 1：日本語タスクに用いた語と文のリスト

ダミーのタスク

成功	太郎	太郎
決心	先生	両親
話した	打ち明けた	笑った
先生	友人	花瓶
兄弟	太郎	決心
認めた	慌てた	認めた
ほめた	冷静な	ほめた
花子	長所	長所
笑った	認めた	責めた
落ち込んだ	慌てた	落ち込んだ
話した	慌てた	話した
花子	友人	花子
話した	尋ねた	ほめた
両親	友人	長所
太郎	間違い	花瓶
冷静な	尋ねた	認めた
ほめた	認めた	変えた
太郎	花子	太郎
認めた	成功	話した
友人	先生	兄弟
先生	先生	友人
打ち明けた	ほめた	認めた
検査	別荘	短所
批判した	ほめた	尋ねた
成績	決心	長所
誤解	太郎	別荘
成功	成績	成功
先生	太郎	両親
笑った	誤解した	ほめた
太郎	先生	友人

文のタスク

太郎の兄弟が 花子の決心を 責めた。
 慌てた先生が 太郎の失敗を 花瓶した。
 両親の友人が 太郎の成功を ほめた。
 冷静な友人が 花子の短所を 責めた。
 花子の兄弟が 慌てた太郎を 笑った。
 花子の両親が 兄弟の長所を ほめた。
 落ち込んだ太郎が 友人の検査と 話した。
 太郎の先生が 友人の誤解を 責めた。
 改革の太郎が 両親の失敗を 打ち明けた。
 花子の友人が 冷静な別荘を 変えた。
 花子の先生が 両親の誤解を 話した。
 両親の友人が 慌てた太郎を 笑った。
 太郎の検査が 兄弟の長所を ほめた。
 冷静な太郎が 友人の成功を 打った。
 花子の友人が 花瓶の太郎を 読んだ。

照応形のタスク

太郎の先生が 自分の短所を 認めた。
 花子の両親が 自分の間違いを 認めた。

自分の友人が 太郎の兄弟を ほめた。
 帰宅後の太郎が 自分のあやまちを 話した。
 冷静な花子が 自分の失敗を 認めた。
 帰宅した花子が 自分の成績を 話した。
 自分の両親が 太郎の長所を 尋ねた。
 花子の友人が 自分の短所を 批判した。
 太郎の先生が 自分の誤解を 笑った。
 慌てた太郎が 自分の間違いを 打ち明けた。
 自分の兄弟が 花子の失敗を 話した。
 太郎の先生が 自分の決心を 変えた。
 落ち込んだ花子が 自分の友人を 責めた。
 冷静な太郎が 自分の兄弟を 批判した。
 自分の両親が 太郎の成績を ほめた。

Appendix 2 : 英語タスクに用いた語と文のリスト

ダミーのタスク

talked the Mary
dog parents at
the likes picture
looked friend knows
sister read ate
gave mother to
cat brother cat
boys picture to
John of
father hit father
sister at likes
read talked wrote
of Mary parents
friend boys picture
mother book mother
dog friend book
likes looked car
John of at
parents the the
brother girls cat
sister friend the
read John dog
car mother car
at talked knows
Mary brother the
parents gave gave
ate book picture
likes hit of
friend father talked
cat read cat

文のタスク

John's friend talked to the boys.
John ate the book of the girls.
John's brother knows Mary.
The car looked at John's book.
John hit the picture of the dog.
John's father read the boys.
John's sister likes the dog.
The picture of the girls hit John.
John's brother talked to Mary.
Mary's book looked at the cat.
A friend of John talked to Mary.
The cat gave John the book.
John's father ate the car.
The girls like the picture of John.
Mary's friend hit the boys.

照応形のタスク

John's friend talked to himself.
Himself read John's book.

John likes the picture of himself.
John's parents looked at himself.
Himself's mother hit John.
Mary's father talked to herself.
Herself hit Mary's dog.
A friend of Mary knows herself.
Herself gave Mary a present.
Mary likes the picture of herself.
Himself's father gave John the dog.
John's sister knows himself.
John's friend likes himself.
Himself hit John's cat.
John read the book of himself.

(H 21. 2 .10 受理)

