事象関連電位から見た聴覚障害者の読解*

―日本語母語話者、日本語学習者との比較―

鈴木　皓太†

【要旨】聴覚障害者は音声へのアクセスが限定されているが、健常者と同等の読解能力を持つ者もいる。本研究では聴覚障害者・母語話者・日本語学習者の読解の異同を精査するため、日本語の格と動詞の自他が対応していない文を読んだ時の反応を聴覚障害者、日本語母語話者、日本語学習者間で実験を行った。

実験の結果、聴覚障害者からは N400 と P600 が、母語話者からは P600 が確認された。一方、学習者からはどちらの成分も確認できなかった。聴覚障害者と健常者で異なる反応が確認されたため、聴覚障害者と健常者では読解処理が異なる可能性が考えられる。この結果を考慮すると、聴覚障害者に対し健常者と同じような識字教育、読解教育を行うべき理由はないと考えられる。

キーワード： 聴覚障害者、N400、P600、読解

1. はじめに

1.1 背景

文字言語は音声言語の存在を前提としているが、聴覚障害者は音声言語へのアクセスが難しく話す経験や聞く経験に乏しい。だが多くの聴覚障害者は学校教育の中で文字言語の習得を行い、中には高い読解能力を持つ聴覚障害者も存在する。一方で聴覚障害者が文の読解や産出に困難を抱えていることも知られており、聴覚障害児教育の観点から多くの研究が行われている。我妻 (2000: 85) では文理解の一般的な傾向として文理解能力が小学校 3 年生のレベルで停滞することや、自身の経験や単語の意味をもとに文を解釈する点が挙げられている。また授受構文やそれとかかわる助詞の理解に困難を抱えていること (脇中, 2018) も明らかになっている。さらに澤 (2020: 325) では「障害が軽度・中等度の子どもでも、補聴機器を介した音声入力には一定の制限があり、年齢相応の読み書き能力に達していない子どもも存在する」とあるように、補聴器等による聴覚補償があっても読み書きに困難を抱える聴覚障害者が存在する。しかし、このような母語話者との運用能力の違いや聴覚障害者間での読解力の違いが何に起因するかはわかっていない。

*本稿は日本実験言語学会第 15 回大会 (2022 年 8 月 11 日、オンライン開催) において口頭発表したものに加筆・修正を加えたものである。実験協力者の皆様、発表にてコメントいただいた福盛貴弘氏・城生伯太郎氏、匿名の査読コメントに感謝の意を申し上げる。また本研究は、JST 次世代研究者挑戦的研究プログラム JPMJSP2124 の助成を受けた。

†筑波大学大学院人文社会科学研究科一貫制博士課程

1.2　先行研究

1.2.1 事象関連電位を用いた聴覚障害者の読解研究

事象関連電位を用いた聴覚障害者と健常者の読解を比較した研究は様々な言語で行われている。意味・形態統語処理に関する研究としては、例えば英語母語話者と ASL 話者を比較した Mehravari ら (2017) や、スペイン語母語話者・スペイン手話話者・スペイン語学習者の比較を行った Dias (2019) がある。

Mehravari ら (2017) では健常者と聴覚障害者に対し、①意味的な誤りを含む文、②三単現の s の誤りを含む文、③両方の誤りを含む文の脳波を測定している。その結果、健常者と聴覚障害者から条件①と③の文に対し N400 が確認され、振幅は両グループとも同等であった。しかし条件②の文に対し聴覚障害者の脳波からは P600 が確認されないこと、あるいは確認できた場合でも健常者よりも振幅が小さいことが報告されている。彼らはこの結果から聴覚障害者が P600 ではなく N400 を惹起した点を踏まえ、聴覚障害者の読解が文法よりも意味をより重視したものであると主張している。

一方 Dias (2019) では、スペイン語母語話者・スペイン語学習者・スペイン手話話者に対し実験を行っている。数の不一致に対しては母語話者と聴覚障害者において N400 と P600 が両方確認されているが、名詞と動詞で性が一致していない文[1]に対し母語話者では LAN と P600 が、手話話者では N400 と P600 が確認された。一方、学習者からは数・性の不一致に対して P600 のみが確認されている。この結果から聴覚障害者の読解は母語話者と近いとしながらも、健常者とは異なるアプローチをとっている可能性を指摘している。

以上のように英語では数、スペイン語では数・性といった統語的逸脱に対し聴覚障害者は N400 が一貫して確認されている。健常者では統語的逸脱に対し P600 が一貫して確認されており、聴覚障害者と健常者で必ずしも同じ反応が得られているわけではない。そのため、聴覚障害者と健常者では読解が異なるメカニズムで行われている可能性が考えられる。しかし日本語では脳活動から聴覚障害者の読解に迫る研究は管見の限りなく、上記の研究では日本語には存在しない数や性の一致といった現象に着目している。そのため英語やスペイン語とは系統が異なり、異なる言語的特徴を有する日本語を対象とした研究は新規性があると考える。

1.2.2 N400・P600 について

先行研究では意味や統語的に誤りを含む文を刺激として用い、N400 と P600 を指標としている。これらの成分についてここで簡単に説明する。N400 とは意味的逸脱に対する反応を示した成分であり、Kutas and Hillyard (1980) がはじめて報告した。日本認知学会編 (2002:72) では次のように説明されている。

> 事象関連電位 (ERP) の内因性成分。刺激後約 400ms で頂点に達する陰性電位で、頭皮上の頭頂・中心部に優勢に分布する。刺激の物理的な特性には応答せず、典型的には、文を構成する単語の意味的な文脈不整合(逸脱)によって惹起され、その逸脱度に応じて振幅が増減する。

N400 は音声言語だけでなく手話でも確認されており (Kutas ら,1987)、音声言語・視覚言語といった言語のモダリティは問わずに意味的逸脱を反映していると考えられる。

[1] 性が形態的に明らかな名詞を刺激としたときの結果である。スペイン語では多くの名詞で-a で終わる場合は女性名詞 (例:niña「少女」、casa「家」)、-o で終わる場合は男性名詞になる (例: niño「少年」、libro「本」)。

P600 は統語的逸脱に対する反応を示した成分であるとされ、例えば Osterhout and Mobley (1995) では数の不一致に対し刺激提示後約 600ms 後に陽性に最大振幅を示すことが確認されている。しかし、P600 には統語的逸脱以外にも関連しているという報告も存在する。例えば Kuperberg ら (2003) では、”For breakfast the eggs would only eat toast and jam”という文が与えられたとき、正しい文と比較すると大きな P600 が惹起すると報告している。この文は統語的には逸脱がないが、意味役割はおかしい。そのため、P600 が統語的逸脱のみに対応した成分であるかどうかは議論がある。

2. 目的

本論文では聴覚障害者、日本語母語話者、日本語学習者による読解の異同を事象関連電位から精査する。そのために日本語の格と動詞の自他が対応していない文を読んだ時の反応を聴覚障害者、日本語母語話者、日本語学習者間で比較し、その結果を報告する。第二言語 (以下 L2) 知識の獲得と L2 接触の長さとの関係を事象関連電位から検討した Osterhout ら (2006) によるとフランス語学習者に対する実験から、フランス語の数が一致していない文に対し習熟度が低い場合 N400 が、習熟度が上がるにつれ P600 が出現しやすくなると報告している。そのため母語話者だけでなく L2 学習者との比較も有用だと考え、日本語学習者も実験の対象とする。

3. 方法

3.1 実験協力者および実験期間

実験協力者は健常な視覚をもつ 10 代～30 代の聴覚障害者 4 名[2]・日本語母語話者 8 名・中国人日本語学習者 5 名、男性 9 名・女性 8 名の計 17 名である。日本手話話者と中国語話者を選んだ理由は以下のとおりである。まず日本手話は日本独自の手話[3]であり、基本語順が SOV 型の言語である (岡・赤堀,2011: 57, 木村・市田,2014: 34)。日本語と異なる特徴も多く、例えば助詞がなく動詞の自他交替がない。ちなみに日本語で自他交替する文は図 1[4]のように表現される。

[2] すべての聴覚障害者が日本手話を使用しているわけではない。しかし今回の実験では事前に主なコミュニケーション方法や手話の流暢度を確認しており、今回の協力者が日本手話を日常のコミュニケーションに使用していることを確認している。

[3] 日本手話以外にも日本には音声日本語の語順や文法と対応した「日本語対応手話」や、日本手話と日本語対応手話が混ざった「中間手話」と呼ばれる手話が存在する。

[4] 文末に現れるのは文の主語や話題を表す指差しである。この指差しは直前の語に続けて表現され、主語や話題として示された名詞が比喩的に置かれた空間を指さす。(木村・市田,2014: 34)

図 1：日本手話での「私が自転車を壊した」(上) と「私の自転車が壊れた」(下) の違い

一方中国語はシナ・チベット語族、シナ語派の言語であり基本語順は SVO 型である。日本語の「が」や「を」のような主語や目的語を標示する形式は存在せず、自動詞と他動詞の多くは「开始比赛」(試合を始める)・「比赛开始」(試合が始まる)、「集合学生」(学生を集める)・「学生集合」(学生が集まる) のように同形で位置による区別を行う (王ら,2004: 119)。以上のように日本手話と中国語には日本語と異なり、「が」や「を」にあたる標示形式や動詞の自他交替がない。そのため聴覚障害者との比較に中国語話者は適していると考え、学習者は中国人日本語学習者のみを実験の対象とした。年齢の平均は聴覚障害者が 20.8 歳、母語話者が 19.8 歳、学習者が 29.0 歳であった。実験期間は 2022 年 7 月～10 月である。また、全員右利きであり脳疾患の経験はなかった。

3.2　収録機器

筑波大学人文社会学系棟 B613 音声実験室に設置された以下の装置を使用して実験を行った。

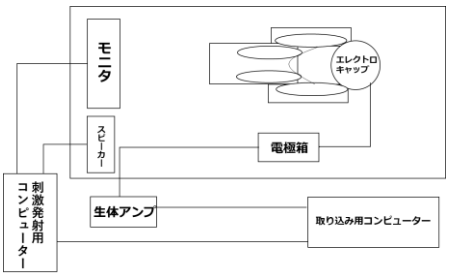

図 2：本実験における装置配置図

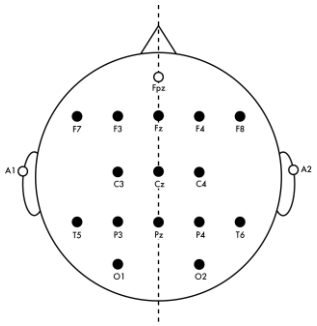

図 3：本実験用の電極配置図

増幅器：NEC 社製 BIOTOP 6R12 型。フィルタ 0.5Hz～60Hz、感度 50μV/fs。

加算器：キッセイコムテック社製 EPLYZERII。増幅器から、コンピュータに CONTEC 社製アナログ入力用 BNC 端子台 ATP-32F、同社製バッファアンプ ATBA-32F、同社製アナログ入力ユニット AIO-163202FX-USB を介して接続した装置を用いた。標本化

500DB、プレトリガ-100ms、取込時間：-100~1400ms 加算回数：ガ格＋自動詞 20 回、ヲ格＋他動詞 20 回、ヲ格＋自動詞 20 回になるように設定した。

刺激発生装置：Cedrus 社製 Super Lab Pro ver. 5.0。

刺激提示：ナナオ社製 FlexScan ディスプレイ (型番 SX2761W/サイズ、27 インチ、リフレッシュレート 60.0DB)。実験協力者との距離は 150cm。

電極の配置：国際 10-20 法に従った F3、F4、C3、C4、P3、P4、O1、O2、F7、F8、T5、T6、Fz、Cz、Pz の 15 チャネル。電極の装着は、Electro-CapInternational 社製エレクトロキャップ (El-L,M, S) を実験協力者の頭部にかぶせ、同社製 electro-gel を注入して行なった。

基準電極：耳朶、同側耳朶法。ボディアース：Fpz

3.3 刺激

日本手話には存在しない動詞の自他と格助詞の組み合わせに着目し、以下の 3 条件の視覚刺激を作成した。刺激は 1 ブロック各条件が 20 回ずつになるようランダム化して提示した。また刺激に用いた動詞もランダムに提示した。

① 名詞＋が＋自動詞、②名詞＋を＋他動詞、③名詞＋を＋自動詞

使用した文に関し Yano・Sakamoto (2016) の結果を参考にした。この実験では格助詞違反の文に対する事象関連電位を検討しており、「値段をあがる」のような文法違反文と「値段があげる」のような意味役割違反文では反応が異なることを報告している。彼らは、意味役割違反文は文法違反文と比較すると後方 P600 や LAN を誘発するとしている。そのため名詞の意味素性によっては、意味役割違反に対する LAN と格違反に対する LAN が混在してしまう可能性がある。以上の理由から、今回の実験では名詞に無意味語を用いることで意味役割の違反による LAN が惹起しないよう対策を行った。また動詞に関しては漢字での文字数や画数が脳波に与える影響や中国人学習者への影響を考慮し、ひらがなで提示、かつひらがな 3 文字になるものを使用した。また、今回の実験では有対動詞と無対動詞を 20 語ずつ使用している[5]。使用した動詞を表 1 に示す。なお表中の語は漢字で示すが、実験の際にはひらがなで提示した。

表 1：使用動詞一覧

自動詞									
冷える	残る	たまる	枯れる	起きる	溶ける	燃える	焦げる	増える	濡れる
染まる	終わる	止まる	決まる	混ざる	つまる	負ける	あたる	慣れる	受かる
光る	座る	太る	曇る	騒ぐ	凍る	実る	出会う	かさむ	くすむ
冴える	劣る	眠る	痩せる	濁る	さびる	腐る	積もる	似合う	茂る
他動詞									
冷やす	残す	ためる	枯らす	起こす	溶かす	燃やす	焦がす	増やす	濡らす
染める	終える	止める	決める	混ぜる	つめる	負かす	あてる	慣らす	受ける
殴る	たたく	ほめる	なめる	食べる	探す	守る	殺す	なでる	にらむ

[5] 本稿では自動詞と他動詞に対応関係をもつ動詞を有対動詞、ないものを無対動詞とよぶ。有対動詞のみだとひらがな 3 文字になる動詞は少なく、十分な数の刺激を準備できないため無対動詞もあわせて使用した。

詫びる	許す	叱る	憎む	はじく	願う	よける	思う	述べる	祈る

3.4　実験課題

3.4.1　指示

実験協力者には事前に、緊張、まばたき、筋電がアーチファクトになることを説明し、ディスプレイを注視するように指示した。またディスプレイに短文が提示されることを説明し、その文が正しいと思った場合は左クリック、間違っていると思った場合は右クリックしてくださいと指示した。シールドルーム内に入室後、安楽椅子に着席してもらいエレクトロキャップを装着し、練習を行ってから本番を実施した。

また実験後参加者全員に、文法能力を測定するために筑波大学日本語・日本事情遠隔教育拠点の TTBJ(筑波日本語テスト集) の文法 90 を使用した。

3.4.2　施行時間

施行時間は、(フィクセーション「+」700ms + 黒背景 300ms + 主語ないし目的語 400ms +黒背景 200ms +トリガ 100ms +述語 400ms + 回答 (回答後すぐに次へ) + 黒背景 500ms)× 60＝約 2 分 40 秒 (回答時間除く) である。

3.4.3　解析方法

再加算編集および解析は、キッセイコムテック社製 EPLYSERⅡを使用した。アーチファクトを目視で除外したのち協力者ごとに加算平均処理を行った。その上で聴覚障害者 4 名、母語話者 8 名、日本語学習者 5 名分の総加算平均 (GA) を算出した。

4.　結果

協力者の属性ごとの総加算平均波形と個人波形を目視で確認したところ、C3、C4、Cz で特徴的な波形が確認された。N400 の分析時間窓を 300-500ms、P600 の分析時間窓を 500-700ms に設定し、その区間の平均振幅を協力者ごとに求め反復測定分散分析を実施した。なお Meuchly の球面性検定を行い、球面性の仮定が成り立たなかった場合には Greenhouse-Geisser の自由度調整を行った。主効果が有意であった場合、Bonferroni 法を用いた多重比較を行った。

4.1　波形

以下に聴覚障害者・母語話者・学習者の C3、C4、Cz の波形を示す。聴覚障害者の波形からは C3 で N400 が、C4・Cz で P600 が観察できる。母語話者では C4 で特に明瞭な P600 が確認できる。一方、学習者の波形からは特徴的な波形は観察できなかった。

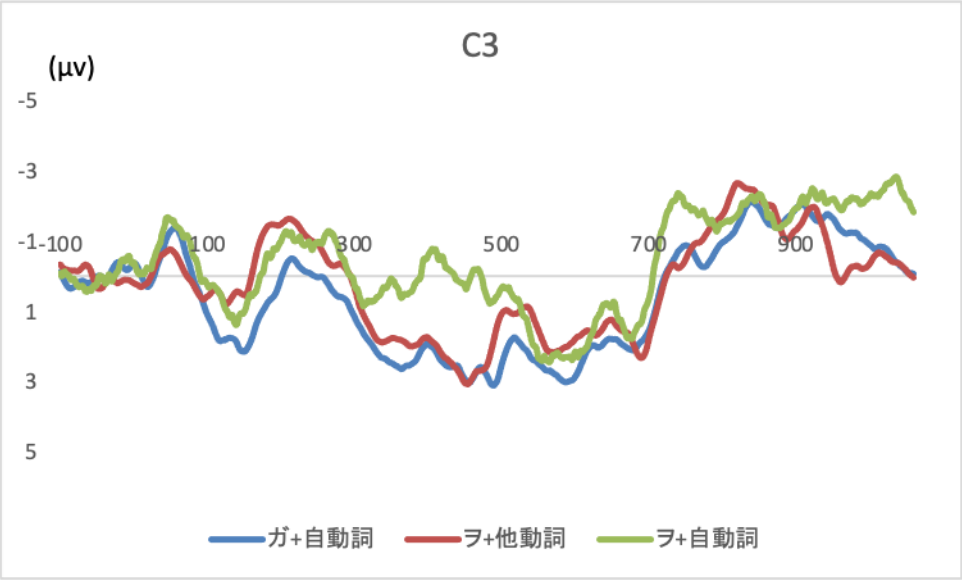

図 4：聴覚障害者の C3 の再加算平均波形

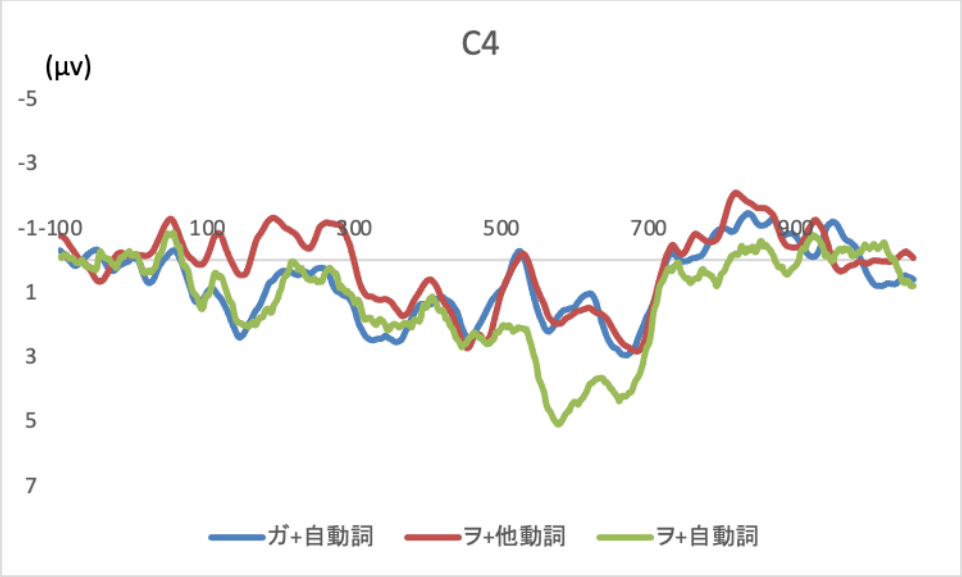

図 5：聴覚障害者の C4 の再加算平均波形

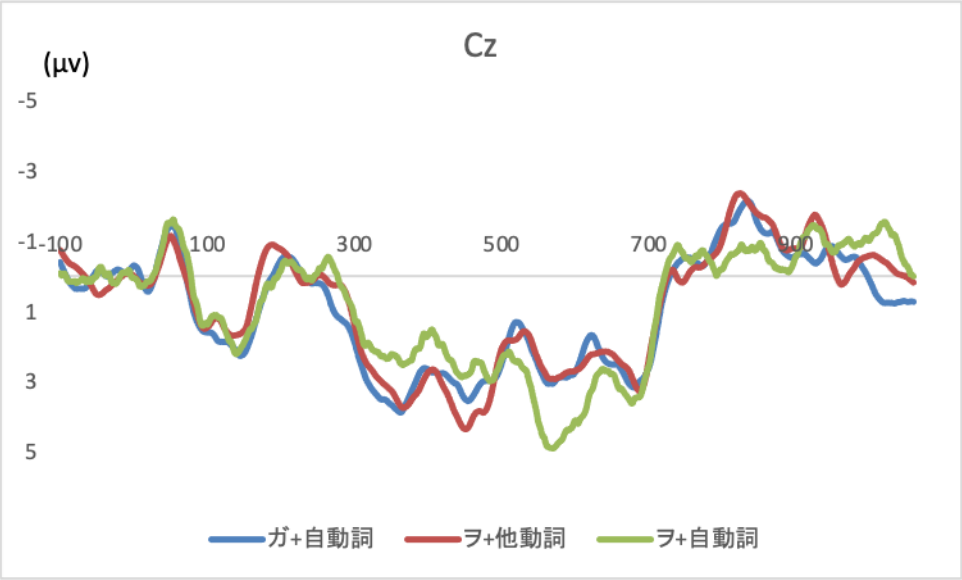

図 6：聴覚障害者の Cz の再加算平均波形

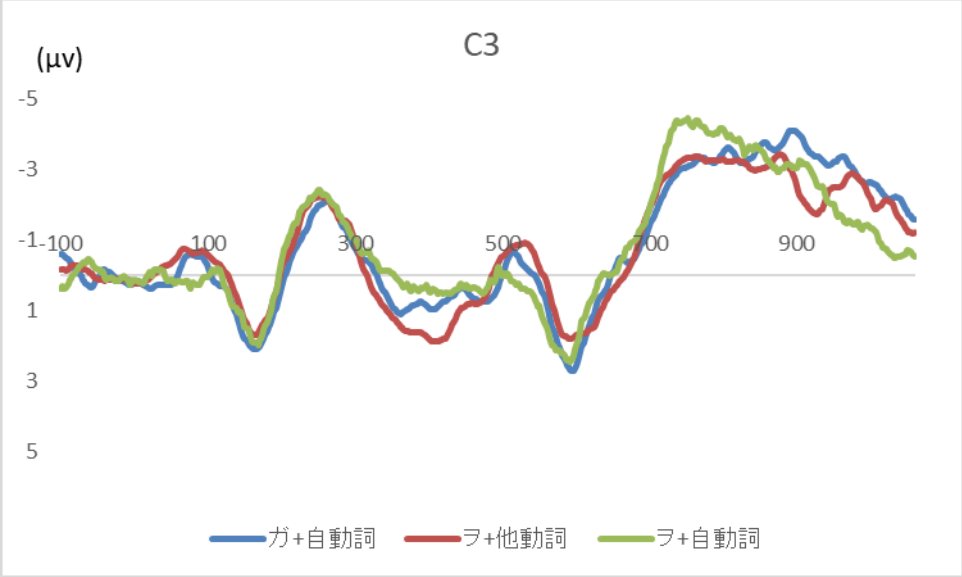

図 7：母語話者の C3 の再加算平均波形

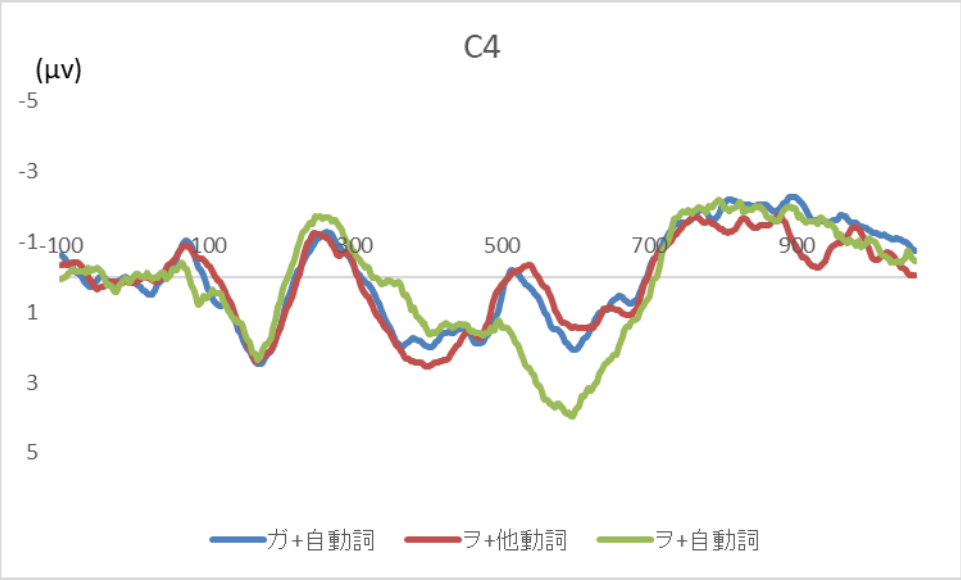

図 8：母語話者の C4 の再加算平均波形

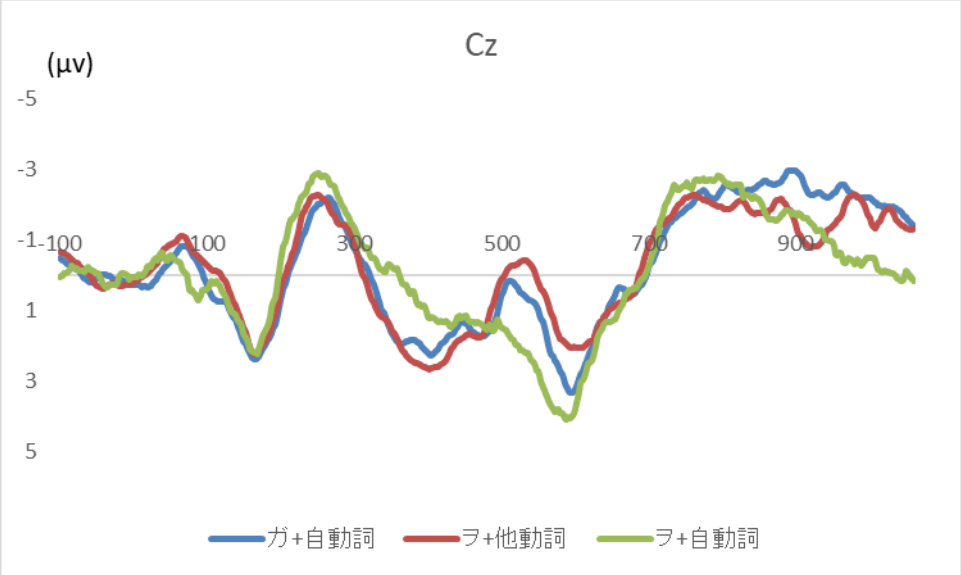

図 9：母語話者の Cz の再加算平均波形

図 10：学習者の C3 の再加算平均波形

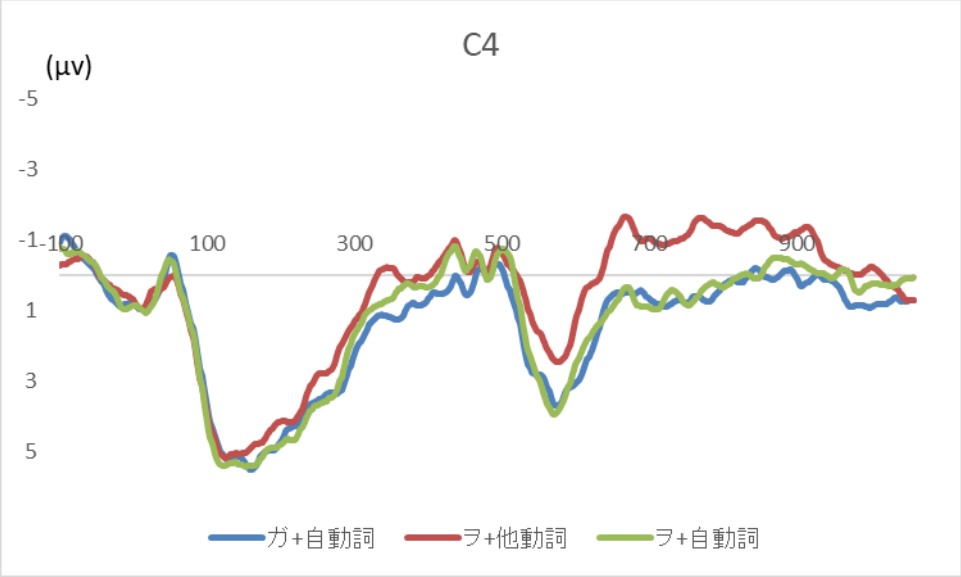

図 11：学習者の C4 の再加算平均波形

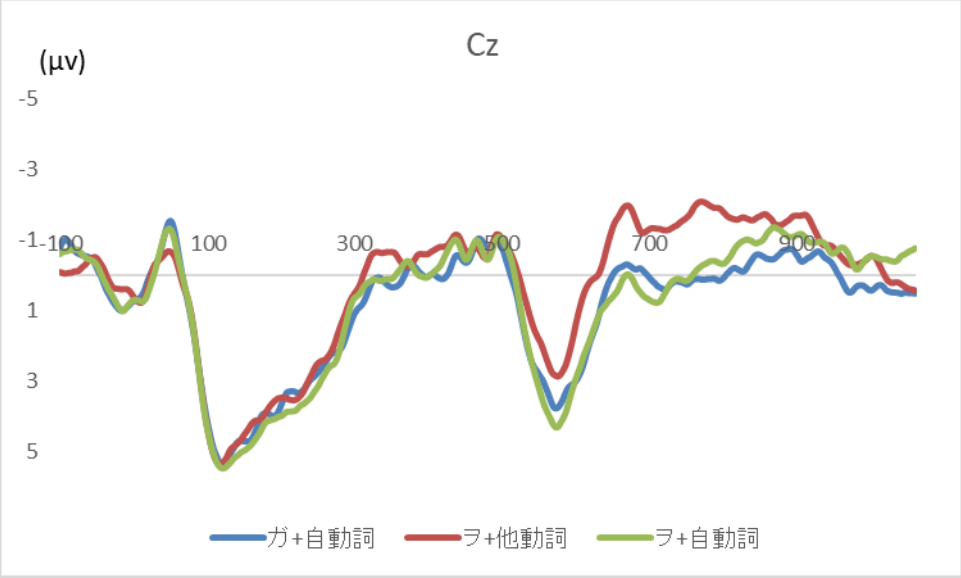

図 12：学習者の Cz の再加算平均波形

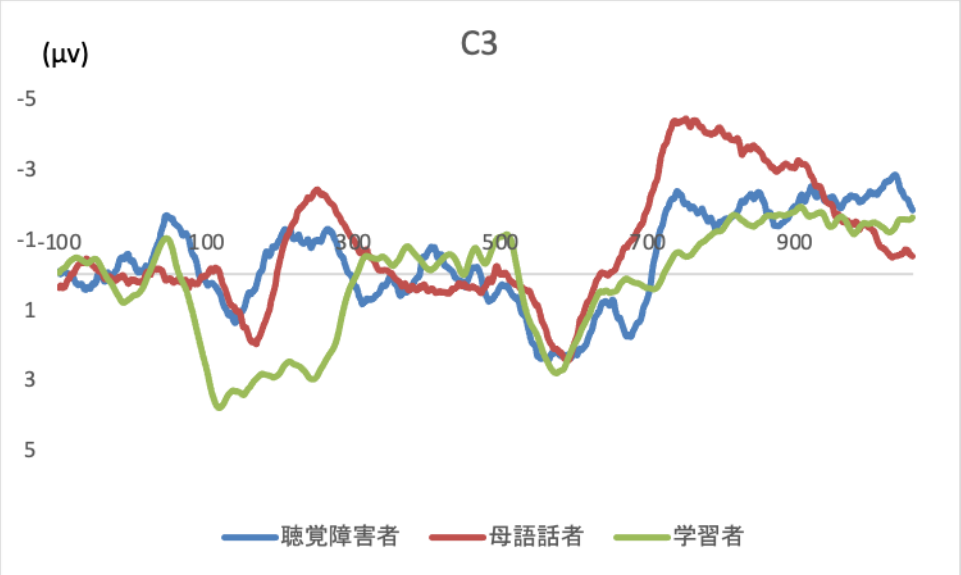

図 13：聴覚障害者・母語話者・学習者の条件③の C3 波形

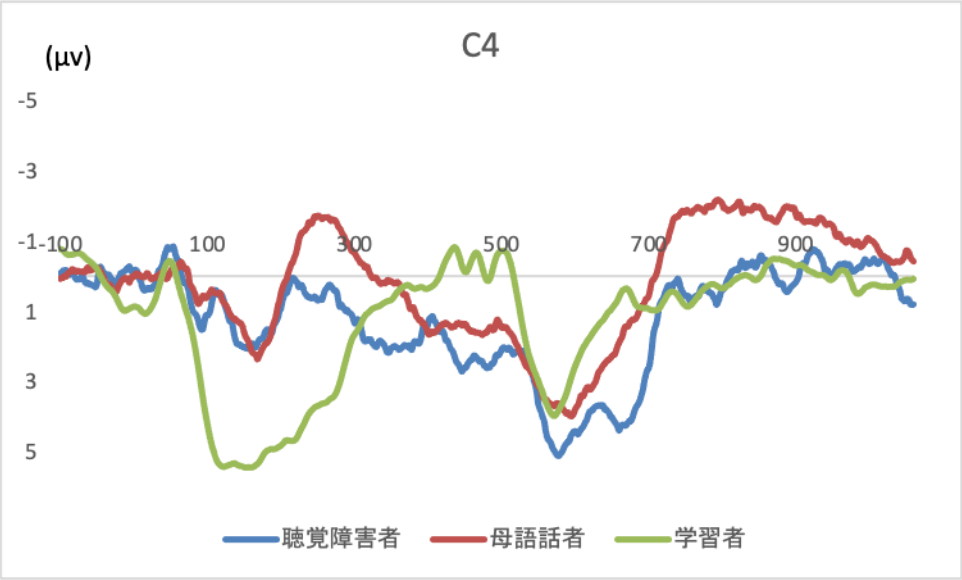

図　14：聴覚障害者・母語話者・学習者の条件③の C4 波形

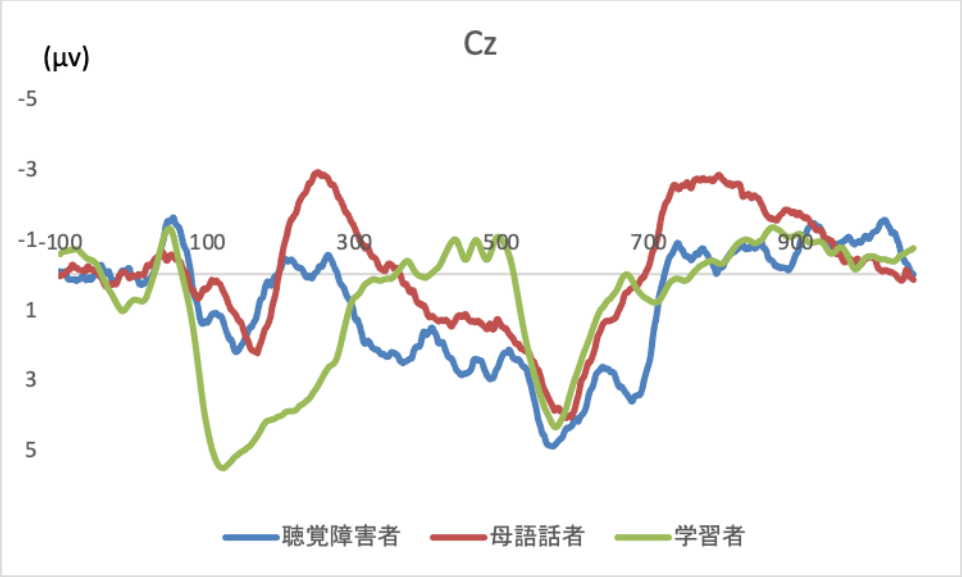

図　15：聴覚障害者・母語話者・学習者の条件③の Cz 波形

4.2　検定結果

4.2.1　300-500ms 区間

表 2 に協力者ごとの多重比較の結果を示す。聴覚障害者の条件①-③間で有意差が確認された($F(2, 22) = 4.16$, $p = .009$, $\eta_p^2 = .38$)。なお聴覚障害者・母語話者・学習者の群間および電極間では有意差は確認されなかった。なお主効果が有意ではなかったが、母語話者の条件①-③間で多重比較の結果に有意差が確認された($F(1.25, 28.73) = 2.42$, $p = .012$, $\eta_p^2 = .11$)。

表　2：300-500ms 区間の検定結果

聴覚障害者		
	F 値	p 値
条件①-②	F (2, 22) = 4.16	1.00

条件①-③		.009
条件②-③		.234
母語話者		
	F 値	p 値
条件①-②	F (1.25, 28.73) = 2.42	1.00
条件①-③		.012
条件②-③		.328
学習者		
	F 値	p 値
条件①-②	F (2, 28) = 2.46	.163
条件①-③		.530
条件②-③		1.00

4.2.2 500-700ms 区間

表 3 に協力者ごとの多重比較の結果を示す。聴覚障害者の条件②-③間 ($F(2, 22) = 4.19$, $p = .038$, $\eta_p^2 = .38$) 、母語話者の条件②-③間 ($F(2, 28) = 8.22$, $p = .007$, $\eta_p^2 = .36$)、学習者の条件①-②間 ($F(2, 28) = 8.47$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .61$) で有意差が確認された。なお聴覚障害者・母語話者・学習者の群間および電極間では有意差は確認されなかった。

表 3：500-700ms 区間の検定結果

聴覚障害者		
	F 値	p 値
条件①-②	F (2, 22) = 4.19	1.00
条件①-③		.370
条件②-③		.038
母語話者		
	F 値	p 値
条件①-②	F (2, 46) = 8.22	.057
条件①-③		.224
条件②-③		.007
学習者		
	F 値	p 値
条件①-②	F (2, 28) = 8.47	<.001
条件①-③		1.00
条件②-③		.067

4.3 文法 90 の結果

文法 90 の平均スコアを表 4 に示す。スコアを見るとすべてのグループで 80 点以上であり、スコアと日本語能力試験との対応からすべての協力者は N1 相当以上の文法能力を有すると考えられる。

表 4：文法 90 の平均スコア[6]

聴覚障害者	母語話者	学習者
86.75/90(SD = 2.49)	86.63/90(SD = 2.34)	85.00/90(SD = 2.97)

4.4　正誤判断の正答率

課題の正答率を表 5 に示す。条件①・②に関してはどの群でも 90%以上の正答率であり、正しく判断できたことがわかる。条件③では聴覚障害者は約 85%、母語話者は約 90%と比較的正答率は高い。対して学習者は約 76%と他の 2 群に比べ正答率が低い。また標準偏差も大きく、協力者間の差が大きかったこともわかる。使用した動詞の中には N1 レベルにない語も存在したためにこのような結果になったと考えられる。だが条件①・②に関しては高い正答率を示しており、今回の参加者の日本語能力は比較的高いものだと判断できる。

表 5：課題の正答率

	聴覚障害者	母語話者	学習者
条件①	97.50% (SD = 2.24)	97.03% (SD = 2.33)	94.14% (SD = 6.53)
条件②	95.47% (SD = 6.46)	98.36% (SD = 2.12)	94.25% (SD = 7.19)
条件③	84.84% (SD = 9.52)	90.39% (SD = 7.65)	76.12% (SD = 17.92)

4.5　聴覚障害者群の情報と波形

4.5.1　聴覚障害者の詳細

聴覚障害者の協力者には以下の点について自由記述方式で確認し、その結果を表 6 に示す。手話の流暢度に関しては 1〜4 の間で自己判断してもらった。

表 6：聴覚障害者の詳細情報

	A	B	C	D
普段のコミュニケーション方法	手話 筆談	書記日本語	音声日本語 手話	音声日本語 口話 手話
手話の使用歴	16 年程度	21 年	3〜8 歳 19 歳〜	7 年
学校教育の経験	ろう学校:幼稚部〜高等部	ろう学校:幼稚部〜高等部	ろう学校:3〜8 歳 通常学級:8〜18 歳	ろう学校:12〜18 歳 通常学級:6〜12 歳
手話の流暢度	4	4	3	4
聴覚活用の程度	手話・筆談のみ	聴覚+読話で 5 割	聴覚のみ もしくは 聴覚+視覚	聴覚 読話 筆談
文法 90 のスコア	87 / 90	90 / 90	83 / 90	87 / 90
課題の正答率	95.42 %	91.88 %	89.38 %	93.75 %

[6] スコアと日本語能力試験との対応は次のとおりである。81〜90 点:N1 相当、51〜80 点:N2・N3 相当、21〜51 点:N4・N5 相当

A は普段のコミュニケーション方法や聴覚活用の度合いを見ると、補聴器などで聴覚活用をしておらず音声の影響がない環境で生活していることがわかる。そのため、他の 3 名に比べ視覚によるコミュニケーションの比率が高いと思われる。また幼稚部からろう学校に通っており、手話も幼い時から使用しているため高度な手話能力をもつと考えられる。流暢度も 4 と回答しており、手話能力に自信を持っていることがわかる。これらから、A は視覚コミュニケーション中心の環境で過ごしてきたと考えられる。

B は手話に関してはよくコミュニケーションをとる相手が手話をできない場合が多いのか、普段のコミュニケーションには手話をあまり用いていないことがうかがわれる。そのかわり筆談などの書記により普段のコミュニケーションをとっていることがわかる。聴覚活用も日常において 5 割程度用いており、音声の受容は行っていることがわかる。ただ流暢度は 4 であり、また手話の使用歴もこの中で最も長くかつ幼稚部からろう学校に通っているため高度な手話能力をもつ話者であると推測される。

C は普段のコミュニケーション方法に音声日本語を用いており聴覚のみを使用する場合もあることから、普段から積極的に聴覚活用を行っていることがうかがえる。ただ手話も普段から用いており、音声と手話を両方使用できる環境にあることがわかる。またろう学校に通っていた時期が 3〜8 歳と幼児期から学童期の初期のみであり、音声日本語の影響が比較的大きい環境で過ごしてきたと推測される。そのためか今回の協力者の中で流暢度は 3 と回答しており、手話能力に特別自信があるわけではないと思われる。

D は C と同様、音声日本語も手話も普段からコミュニケーションに用いている。また口話を回答に含めていることから、積極的に視覚を使用してこれを音声コミュニケーションの補助に用いていることがうかがわれる。学校教育の経験をみると、小学校では通常学級に通っており、臨界期においては音声日本語の影響が大きいことが推測される。だが、中学からはろう学校に通っており手話使用の頻度もそこから増加したことが考えられる。また C とは異なり流暢度を 4 と回答しており、手話能力に関しては高度なものを有すると推測できる。

4.5.2　聴覚障害者の個人波形

以下に A〜D の C3・C4・Cz の波形を示す。逸脱条件において、A・C・D の 300-500ms 区間には陰性のシフトが、B・C・D の 500-700ms 区間には陽性のシフトがそれぞれ確認することができる。

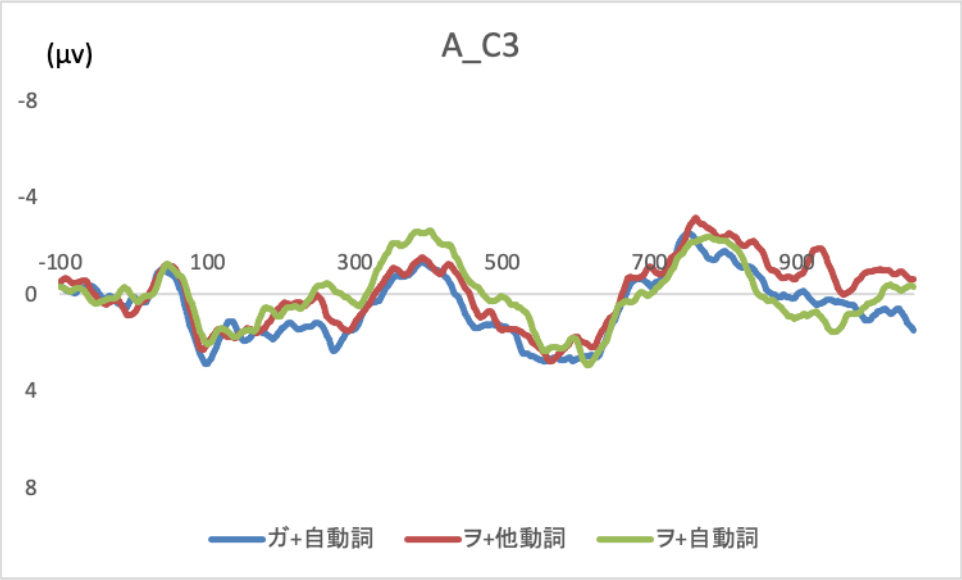

図　16：A の C3 における波形

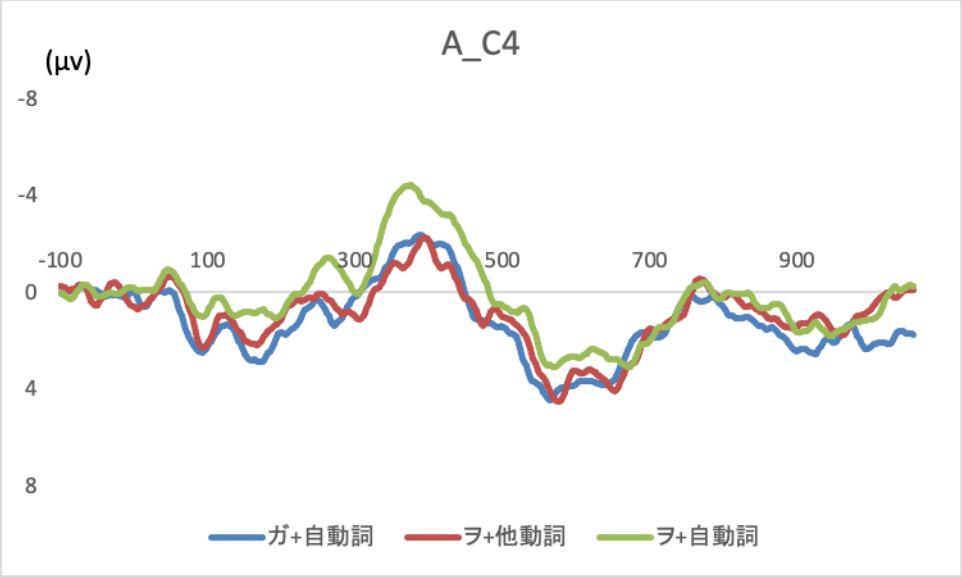

図　17：A の C4 における波形

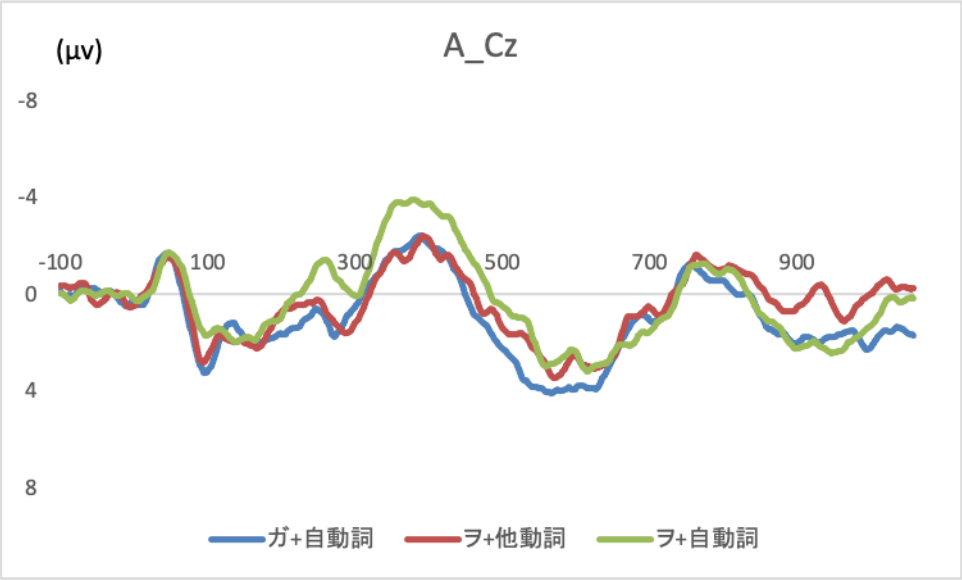

図 18：A の Cz における波形

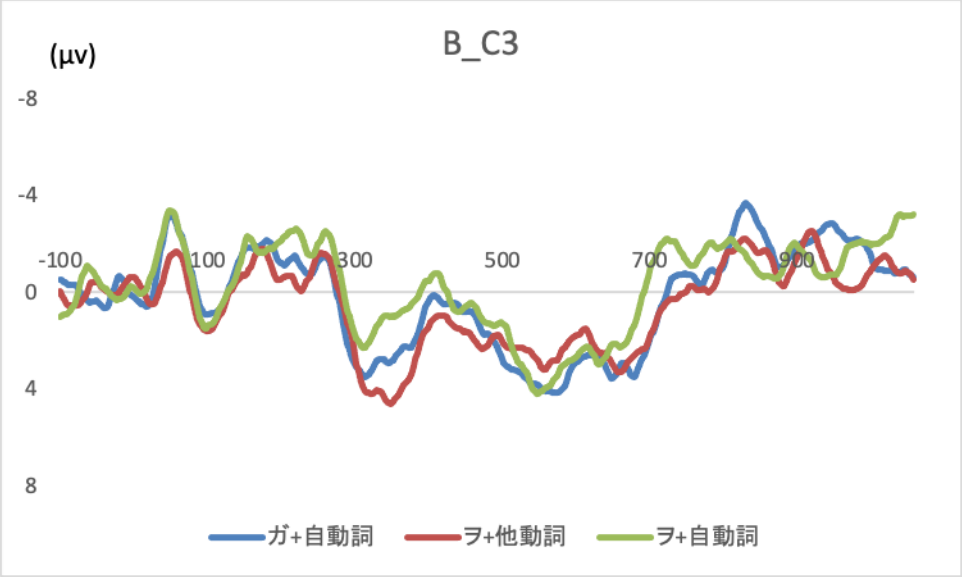

図 19：B の C3 における波形

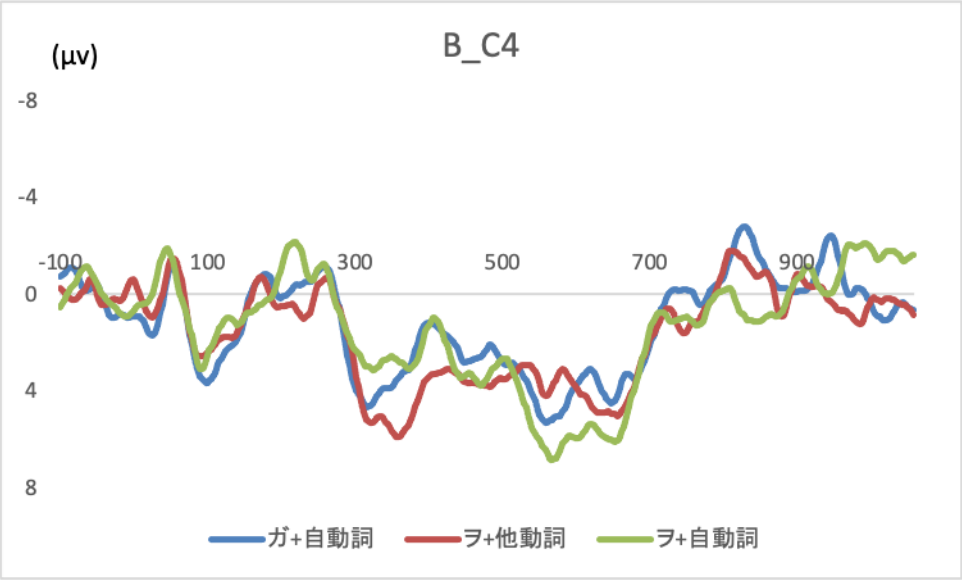

図　20：B の C における波形

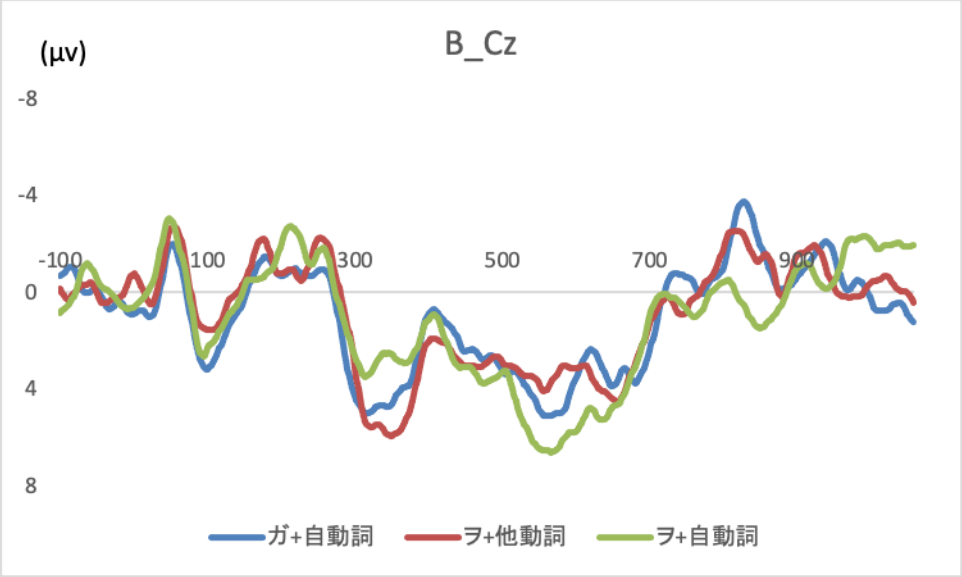

図　21：B の Cz における波形

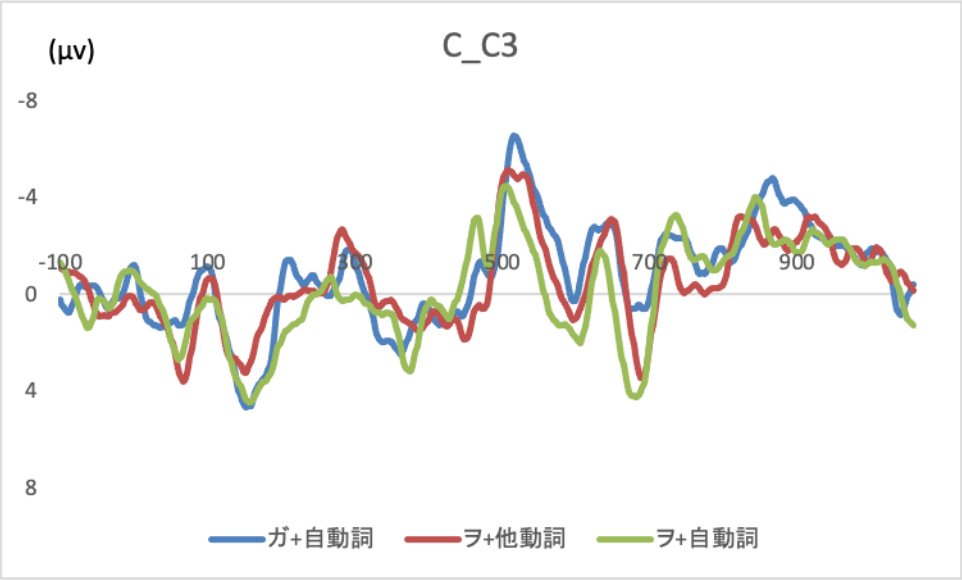

図 22：C の C3 における波形

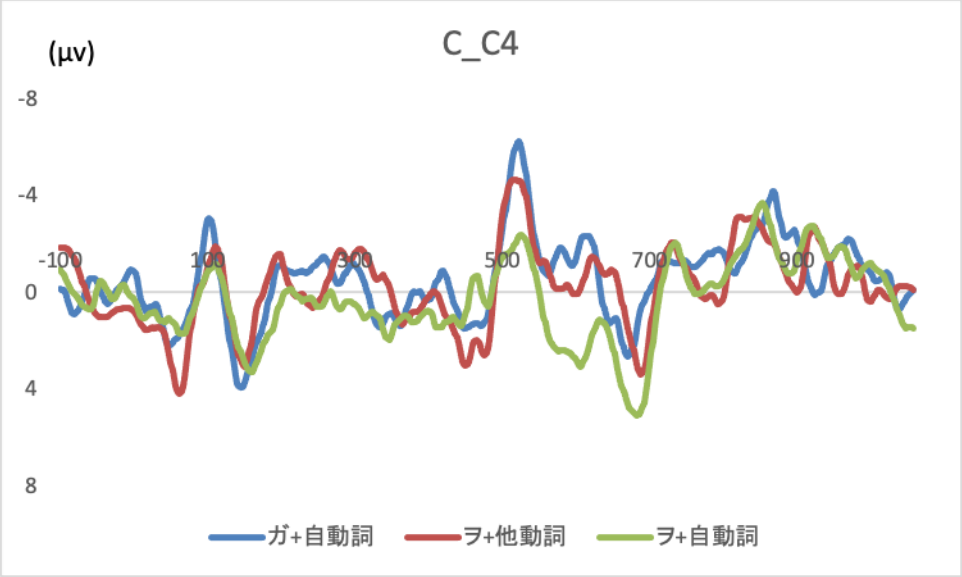

図 23：C の C4 における波形

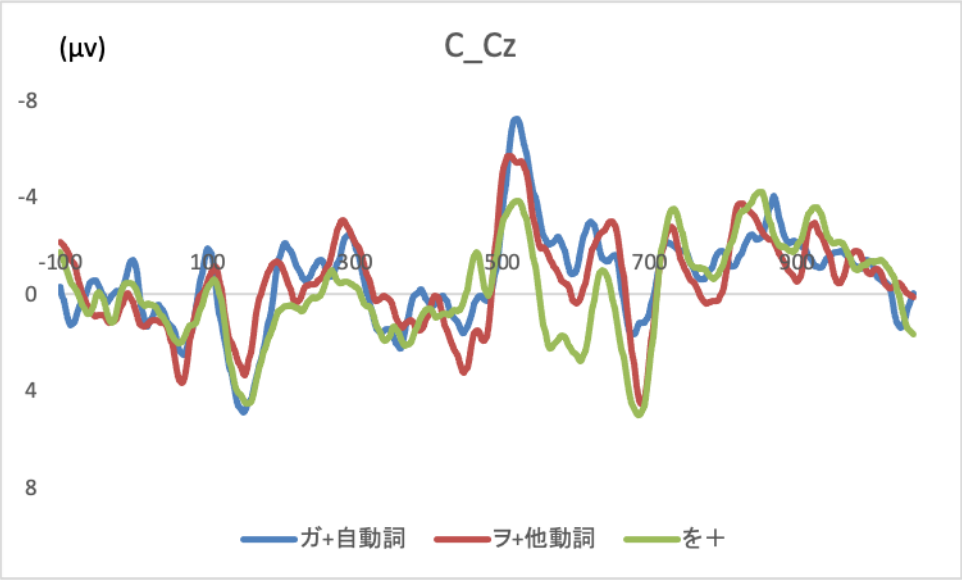

図　24：C の Cz における波形

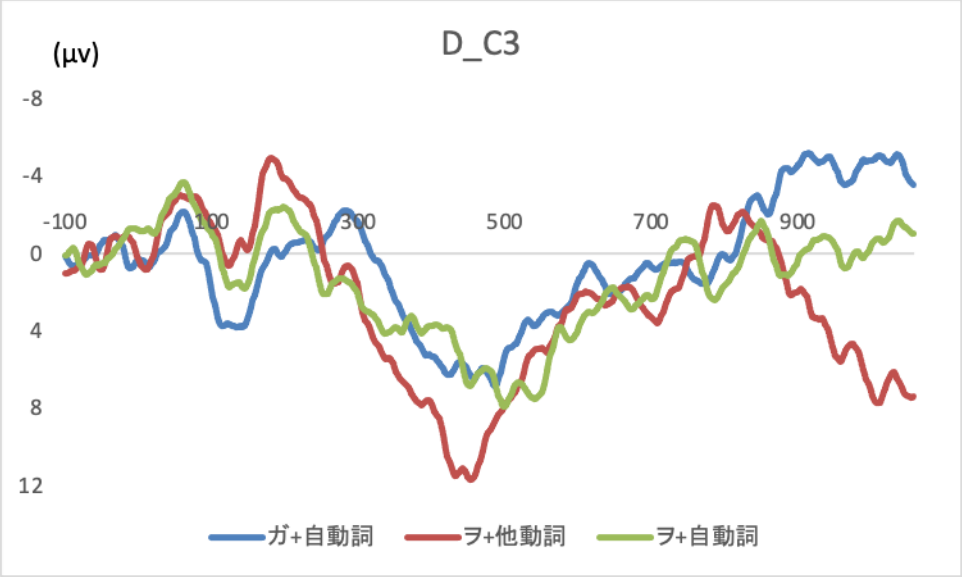

図　25：D の C3 における波形

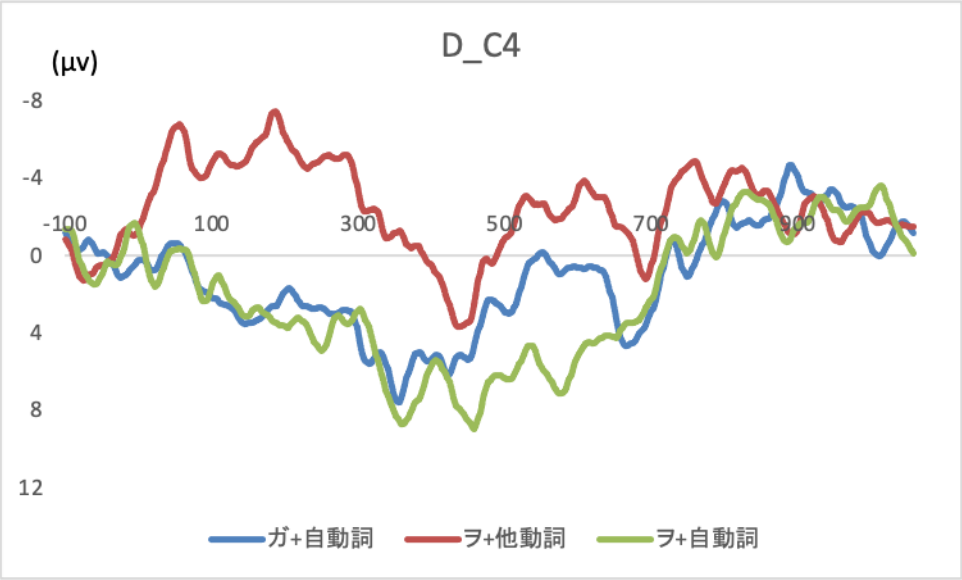

図 26：D の C4 における波形

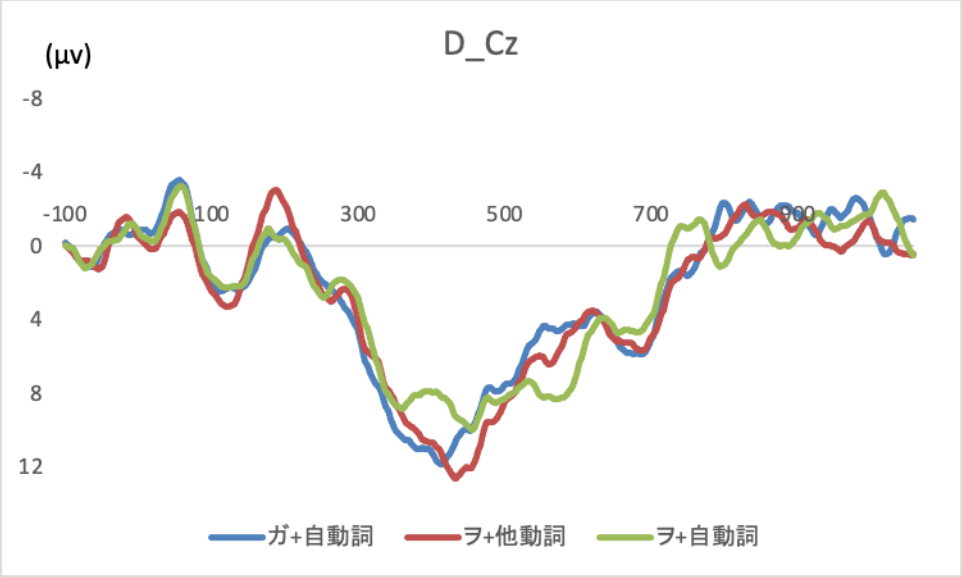

図 27：D の Cz における波形

5. 考察

5.1 本実験から得られた N400・P600

今回の実験では、聴覚障害者から N400 と P600、母語話者から P600 が逸脱条件の波形から確認できた。なお母語話者の 300-500ms 区間の条件①-③間で有意差が確認されているが、波形 (図 7・8・9) を見るとこの区間で陰性へのシフトは見られず他の条件よりも電圧値が陰性を示しているだけである。そのため今回は母語話者から N400 が惹起したとは判断できない。また学習者において 500-700ms 区間の条件①-②間で有意差が確認されているが逸脱条件に対して有意差があったわけでなく、また波形 (図 10・11・12) をみるとすべての条件で陽性へのシフトが確認できる。そのため今回条件①に対して P600 が惹起したとは判断しがたい。今回参加した学習者は文法テストの結果や課題の正答率から日本語能力試験の N1 相当以上の能力はもつと推測され、高度な文法能力を有していると判断できる。しかし、逸脱条件で P600 は確認できなかった。むしろ、逸脱条件よりも条件②の「ヲ格」に対して電位が小さくなっていると判断でき

る。ただ P600 が確認できなかった原因として、逸脱条件に対する正答率は他の 2 群より低く課題に対してうまく対応できなかったことや、自他動詞の区別や格の判断が正確でなかった可能性が考えられる。また名詞に無意味語を用いたが、母語話者・学習者ともに条件③に対しより振幅の大きい N400 は見られず協力者は名詞の意味の影響を受けずに処理を行ったことがうかがえる。母語話者では条件③で条件②に対し P600 が惹起しており、C4 で特に大きく確認できる (図 8)。対して聴覚障害者は文法テストや課題の成績も母語話者と変わらないが、N400・P600 ともに惹起している (図 4・5・6)。そのため今回の結果を見ると、聴覚障害者の読解処理は P600 を示すという点において、母語話者に近いものであるといえる。だが N400 が生じる点において、聴覚障害者は読解の処理で母語話者とは異なる独自性があると考えられる。

ピーク電圧をみると、300-500ms 区間では N400 が惹起している聴覚障害者が母語話者や学習者より小さい、陽性の電位になっている。これは聴覚障害者の条件③ではこの区間で全体的に陽性にシフトしているためである。なお聴覚障害者はこの区間において条件①-③間で有意差は確認されているため、条件③は条件①に対して異なる反応を示していると判断できる。対して 500-700ms 区間では聴覚障害者・母語話者・学習者でピーク電圧に差は見られない。そのため、聴覚障害者と母語話者で P600 が出現するような処理の負荷に差はないことが考えられる。このことからも P600 を伴う処理に関しては、聴覚障害者と母語話者は近いものであると判断できる。

今回の実験と似た条件の研究として福盛 (2006) がある。この研究では「パンが/を〇った」という形で文章を音声で提示し、その時の反応を記録している。結果として「パンをあった」のように、統語的にも意味的にもおかしい条件のみに N400 が確認された。この時確認された N400 は前頭部・中心部優位であり、視覚刺激による N400 よりも前方に惹起している。福盛 (2006) はこの N400 に対し統語的逸脱があれば意味的なおかしさを感じるのは当然であり、この N400 が統語的逸脱、意味的逸脱のどちらの影響か判断できないと論じている。今回の実験は名詞に無意味語を用いているため、そもそもすべての条件で意味的なおかしさを感じてもおかしくはない。そして逸脱条件では意味的にも統語的にもおかしさが感じられる可能性がある。にもかかわらず、すべてのグループで逸脱条件以外では特徴的な波形は確認できなかった。確かに健常者や学習者は前述のように主語の影響を受けなかったとも考えられるが、統語的逸脱による意味のおかしさを感じないのも不自然である。また、N400 が生じた聴覚障害者だけが無意味語の影響や統語的逸脱による意味のおかしさを感じたとは考え難い。そして P600 は統語的逸脱以外の条件でも確認されており、今回聴覚障害者で確認された N400 が意味的逸脱、P600 が統語的逸脱を反映して惹起した成分とは断言できない。よって本研究では福盛 (2006) 同様に今回得られた成分に対し、意味的逸脱や統語的逸脱といったラベル付けは行わない。今回の実験では同じ刺激に対し、聴覚障害者と健常者で異なる反応が得られたという結果が重要である。すなわち、聴覚障害者と健常者で読解の処理や識字に関する処理が異なる可能性が考えられるという点である。今回行った文法テストなど、アウトプットでは聴覚障害者も母語話者も大きな差は見られない。しかし惹起する成分の違いから脳内での処理が異なっており、そこに母語話者との運用能力の違いや聴覚障害者間の読解能力の差があると考えられる。

また今回の実験からは、聴覚障害者と健常者の間でこのような反応の差が生じる要因はわからなかった。可能性として聴覚障害者と健常者の大きな違いである聴力の差や、音声言語へのアクセスの経験が影響していると考えられる。

5.2　先行研究との比較

本研究で得られた結果と先行研究の結果を比較した表 7 を以下に示す。

表 7：先行研究と本研究の比較

	条件	聴覚障害者	母語話者	学習者
Mehravari ら (2017)	数	N400	P600	-
Dias (2019)	性	N400 + P600	LAN + P600	P600
本研究	格	N400 + P600	P600	×

表 3 からわかるように Mehravari ら (2017) は数の一致、Dias (2019) は性の一致というように格の違反と異なる現象であるにも関わらず、N400 の惹起という共通性のある結果となったのが興味深い。また本研究も含め一貫して統語的逸脱に対し聴覚障害者は N400 が、母語話者は P600 が確認されており、言語を問わず聴覚障害者と健常者では読解の処理が異なる可能性がある。ただ先行研究では N400 の惹起をもって聴覚障害者が意味を重視した読解を行っていると主張しているが、本研究では前節で述べたような理由からそのような判断は下さない。

今回は課題に格違反による統語的逸脱のある文を使用したが、Yano・Sakamoto (2016) や Dias (2019) と異なり LAN は聴覚障害者、母語話者、学習者すべてで確認できなかった。Osterhout ら (2006:226) では LAN は母語話者に対する実験でも確認されないことが多く、特に L2 学習者との比較は困難な場合があるという注意がされている。また Osterhout ら (2006: 207) は LAN が総加算平均により見かけ上、惹起していないように見える可能性についても言及している。そこで個人波形を確認したところ、母語話者 1 名の波形から LAN と思われる陰性のシフトが確認できたが、波形が不明瞭であり LAN であるか判断が難しい。そのため今回の課題では LAN は惹起しない、もしくは個人差が大きかったと考えられる。

5.3 聴覚障害者群の個人分析

聴覚障害者に関する情報 (表 6) の中から、手話や音声日本語の影響が考えられる点について以下に述べる。手話の流暢度は C のみが 3 であったが、4 人とも手話は流暢だと考えていると判断できる。また普段のコミュニケーションでの手話の使用頻度やろう学校への通学経験を踏まえると、手話の能力に関しては今回の調査から 4 名の中で大きな差があるとは判断できない。学校教育は A と B がろう学校のみで過ごしており、C と D は通常学級に通っていた経験がある。特に C は長い期間を通常学級で過ごしており、言語的背景に与える音声日本語の影響は非常に大きいと考えられる。また文法 90 のスコア、課題の正答率は 4 人とも同程度であり、4 人の間で大きな差は見られない。母語話者と比較しても遜色ない成績であるため、母語話者と同等の日本語能力であることに疑いはない。

表 6 からわかることを総合すると、A は聴覚活用をしない点など他の 3 名に比べ音声の影響という点ではかなり特徴的な背景を持っていることがわかる。すなわち日本語を書記言語としては使用しているが、音声の受容・産出はしていない。これは聴者の母語話者と比較するとかなり特殊な話者であるといえる。一方 B・C・D は聴覚活用により音声の影響下にあり、A とのこの違いが処理に何らかの影響を与える可能性が考えられる。だが B はあくまでコミュニケーションには書記を用いることから、音声は受容するが産出をしないという点で C・D とは異なっている。これも母語話者と比較すると特殊な例であるといえる。対して C・D は手話だけでなく音声日本語でもコミュニケーションをとることから、音声の受容・産出を行っている。この点は聴者の母語話者と全く同じであるといえる。しかし、普段のコミュニケーションに手話

を用いている点やろう学校への通級経験、聴力等様々な点が異なっている。そのため、聴者との違いがどのような影響を与えるか十分に注意する必要があると考える。

次に個人波形からわかることを述べる。300-500ms 区間を見ると、A の波形 (図 16・17・18) から他の条件に対し逸脱条件で最も明瞭かつ大きく陰性へのシフトが確認できる。この点は母語話者と大きく異なる特徴である。また C3・C4・Cz すべてで明瞭な波形が確認できている。C の波形 (図 22・23・24) からも振幅は小さいが、逸脱条件において 470ms 付近に陰性へのシフトが見られる。ただその後 510ms 付近ですべての条件で陰性へのシフトが確認できるのが特徴的である。また A と同様に 3 つの電極でこのような波形が確認できる。D の波形 (25・26・27) は全体的に乱れた波形となっているが、Cz において 400ms 近傍に陰性へのシフトが確認できる。一方 B の波形 (図 19・20・21) にはそのようなシフトは確認できず、条件間で差があるようには見えない。

500-700ms 区間では B・C・D で陽性のシフトが確認された。中でも B・C は比較的明瞭な波形が確認できる。どちらも C4・Cz (図 20・21・23・24) で、逸脱条件において他の 2 条件よりもより振幅が大きくなっている。この点は、母語話者でも C4・Cz で明瞭な P600 が確認できたことと共通している。ただ、C はこの直後にすべての条件で陽性のシフトが確認できる点が特徴的である。D は Cz (図 27) で振幅が小さいが陽性へのシフトが確認できる。なお D の C4 (図 26) でもこの区間で陽性のシフトが確認できるが、他の 2 条件の波形が乱れており不明瞭な波形となっている。対して A の波形 (図 16・17・18) はこの区間では条件間で差のない波形となっており、この点は他の 3 名と大きく異なっている。

個人波形を比較すると、A と B で対照的な結果となっている。この 2 名は言語的背景が似ており、なおかつ手話能力も高いと判断できる協力者である。にもかかわらずこのような結果を示したことは興味深い。A と B の大きな違いとして音声の受容を行っているか、手話を普段のコミュニケーションに用いているかが挙げられる。このことから、手話能力が高くとも聴覚活用による音声の影響が言語処理にも影響を与えている可能性がある。一方、C と D は N400・P600 と判断できる波形がともに確認できる。この 2 名は聴覚活用により音声の受容を行っているが、B と異なり手話を普段から使用している。この違いが読解処理にまで影響を与えているか今回の実験からはわからないが、興味深い点であるといえる。

聴覚障害者の個人波形と母語話者の波形をみると、音声を受容しているかどうかが処理に影響を与えている可能性が考えられる。今回の実験では、音声を受容している協力者 (母語話者を含む) で P600 ないしは陽性のシフトが確認できる傾向が一貫して見られる。また N400 ないしは陰性のシフトが確認できる協力者は聴覚活用をしていない、もしくは日常的に手話を用いている協力者であった。もちろんこのサンプル数では詳細なことはわからず、また今回の協力者だけの傾向である可能性も排除できないため慎重に判断する必要がある。

6.　まとめと今後の課題

聴覚障害者・母語話者・日本語学習者の読解の異同を精査するため、日本語の格と動詞の自他が対応していない文を読んだ時の反応を聴覚障害者、日本語母語話者、日本語学習者間で実験を行った。結果、聴覚障害者からは N400 と P600 が、母語話者からは P600 が確認された。今回の実験から日本語において、健常者と聴覚障害者で格違反文に対して処理が異なることが分かった。今回の刺激では統語的逸脱も意味的逸脱も感じる可能性があるため、N400 や P600 がどのような要因から惹起したか判断は避けた。また先行研究とも類似した結果となったことから、聴覚障害者と健常者の読解の違いは言語によらないことが考えられる。文法テストや読

解テストなどアウトプットでは聴覚障害者も母語話者も差は見られないが、脳内での処理が異なっていることがわかった。さらに聴覚障害者の個人比較を行ったところ、N400 のみ、P600 のみ、N400・P600 両方確認できるという 3 パターンの結果が得られた。協力者の普段のコミュニケーションの手段や聴覚活用の程度を踏まえると、音声の受容や手話を日常的に使用しているかがこの差を生む原因になっている可能性が示された。しかしこの結果は今回の協力者だけの傾向である可能性も排除できないため、慎重に判断する必要がある。聴覚障害者にも言語的な背景や状況に多様性がみられるため、これらの点を考慮した分析が求められる。またこの結果を踏まえると、聴覚障害者に対し健常者と同じような識字教育、読解教育を行うべき理由はないと考える。聴覚障害者に対応した読解教育や識字教育を整備することで、聴覚障害者が音声言語優位の社会においてより生活や学習をしやすくなると考える。

また課題として今回協力してもらった学習者は全員大学院生であり、文法テストの結果を含め高い日本語能力をもっていることに疑いはない。今後は学習歴が短い者や日本語能力検定試験のレベルが低いものも含め実験を行い、母語話者や聴覚障害者と比較する必要がある。また、聴覚障害者に関しても全員が大学生・大学院生であり高度な読解能力を有しているのは明らかである。聴覚障害児教育で対象になるような読解に困難を抱えている聴覚障害者にも実験を行い、今回と一貫した結果が得られるか、聴覚障害者全体の読解処理を明らかにする必要がある。今回は文法能力を測定するために TTBJ を使用したが、読解能力を測定するテストは実施しなかった。読解能力や文法能力を課題に即した形で測定できるよう、使用するテストを再考する必要があると考える。

聴覚障害者と健常者でみられた反応の差を生む要因は、今回の実験からはわからない。この違いは音声言語の受容と産出を行っているかや、母語が音声言語か視覚言語かという点が影響している可能性が考えられる。この点を解明することで聴覚障害者と健常者の言語認知の差異に迫れると考えられ、今後の課題としたい。

【参考文献】

我妻敏博 (2000)「聴覚障害児の文理解能力に関する研究の動向」『特殊教育学研究』 38(1): 85-90.

Dias, P. A. (2019) The brain signature for reading in high-skilled deaf adults: behavior and electrophysiological evidence. Doctoral dissertation, Universidad del País Vasco-Euskal Herriko Unibertsitatea.

福盛貴弘 (2006)「「ガ格」「ヲ格」における統語および意味的逸脱に対する実験言語学研究―ERP における N400・P600 を指標として」矢澤真人・橋本修(編)『現代日本語文法　現象と理論のインタラクション』47-67. ひつじ書房.

木村晴美・市田泰弘 (2014)『はじめての手話―初歩からやさしく学べる手話の本(改訂新版)』生活書院.

Kuperberg, G. R., Sitnikova, T., Caplan, D., and Holcomb, P. J. (2003) Electrophysiological distinctions in processing conceptual relationships within simple sentences. *Cognitive brain research* 17(1): 117-129.

Kutas, M., and Hillyard, S. A. (1980) Reading senseless sentences: Brain potentials reflect semantic incongruity. *Science* 207(4427): 203-205.

Kutas, M., Neville, H. J., and Holcomb, P. J. (1987) A preliminary comparison of the N400 response to semantic anomalies during reading, listening and signing. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology Supplement* 39: 325-330.

Mehravari, A. S., K. Emmorey, C. S. Prat, L. Klarman and L. Osterhout (2017) Brain-based individual difference measures of reading skill in deaf and hearing adults. *Neuropsychologia* 101: 153-168.

日本認知学会編 (2002)『認知科学辞典』共立出版.

Osterhout, L., J. McLaughlin, I. Pitkänen, C. Frenck-Mestre and N. Molinaro (2006) Novice learners, longitudinal designs, and event-related potentials: a means for exploring the neurocognition of second language processing. *Language Learning* 56: 199-230.

Osterhout, L., and Mobley, L. A. (1995) Event-related brain potentials elicited by failure to agree. *Journal of Memory and language* 34(6): 739-773.

王占華・一木達彦・苞山武義 (2006)『中国語学概論　改訂版』駿河台出版社.

澤隆史 (2020)「聴覚障害児の日本語習得を巡る課題と展望: 聾学校での指導の観点から」『東京学芸大学紀要 総合教育科学系』71: 325-337.

脇中起余子 (2018)「聴覚障害学生の日本語に関する困難点の分析(4) ～副助詞・接続助詞・接続詞を中心に～」『筑波技術大学テクノレポート』26(1): 41-46.

Yano, M., and T. Sakamoto (2016) The interaction of morphosyntactic and semantic processing in Japanese sentence comprehension: Evidence from event-related brain potentials. *Gengo Kenkyu* 149: 43-59.

An ERP study on the reading skill of deaf: Comparison with native speakers and learners of Japanese

SUZUKI Kota†

Deaf people have limited access to speech. Although some of them can comprehend written text at the same level as hearing people. We do not know what causes the differences in reading comprehension among deaf people, hearing native speakers of Japanese, and Japanese-language learners. This study examines reading comprehension differences among deaf people, hearing native speakers of Japanese, and Japanese-language learners using event-related brain potentials (ERPs).

We conducted experiments to examine responses to reading sentences with case-assignment violations. The results are as follows. (1) Deaf readers had both N400 and P600 responses to incongruent sentences. (2) Hearing native speakers had only P600 responses to incongruent sentences. (3) Learners had neither N400 nor P600 responses. These results show that deaf and hearing people may process written text differently. They also suggest that there is no reason for providing deaf people with the same literacy and reading education as the hearing.

†*Doctoral Program in Literature and Linguistics, University of Tsukuba*

1-1-1 Tennodai, Tsukuba, Ibaraki 305-8571, Japan

E-mail: s1830029@s.tsukuba.ac.jp