

国際医療福祉大学審査学位論文（博士）

大学院医療福祉学研究科博士課程

日本語話者の発語失行におけるプロソディーの特性：  
発話時間とアクセントの音響学的検討

2022 年度

保健医療学専攻 言語聴覚分野 言語障害学領域

学籍番号：20 S 3022 氏名：川邊圭太

研究指導教員：藤田郁代 教授

副研究指導教員：阿部晶子 教授

# 日本語話者の発語失行におけるプロソディーの特性： 発話時間とアクセントの音響学的検討

川邊 圭太

## 要旨

本研究の目的は、日本語話者の発語失行（AOS）のプロソディー特性を音響学的に検索し、AOS 評価の指標を解明することであった。研究 I は、連続単語復唱課題を実施し発話時間の特性を調べた。その結果、AOS 発話は発話時間が延長しそれに母音持続が関係し、発話開始と音節移行で変動が大きいことが示された。これを基に AOS 発話の時間的カットオフ値が抽出された。研究 II は同音異義語の連続復唱課題を実施しアクセントの特性を調べた。その結果、AOS 発話はアクセントの平板化が顕著で F0 変化率・インテンシティー変化率が小さく、これらの変動が大きかった。以上から、AOS 発話は発話時間およびアクセントの特性が健常発話と異なることが明らかとなった。また AOS のカットオフ値として、3 モーラ語復唱が 586msec、発話開始が 491msec 以上、2 モーラ語の F0 変化率が 11.4 以下の場合に AOS の可能性が高いことが示された。

キーワード：発語失行，プロソディー，発話時間，アクセント，音響学的特性

**Characteristics of prosody in apraxia of speech in Japanese speakers:  
An Acoustic Investigation of speech durations and accent**

Keita KAWABE

*Abstract*

This study aimed to acoustically examine prosodic characteristics of apraxia of speech (AOS) in Japanese speakers and to identify AOS assessment indices. Study I investigated the characteristics of speech duration through a continuous word repetition task. The results showed that AOS utterances have a prolonged speech duration, which is related to vowel duration, and that there is a large variation in speech onset time and syllable transition time. Based on these results, a cut-off value for speech duration in AOS speech was determined.

Study II investigated the characteristics of accentuation through a continuous repetition of homophones. The results showed that AOS speech had more pronounced accent flattening, smaller F0 and intensity change rates, and greater variability. These results indicate that AOS speech differs from healthy speech in terms of speech duration and accent characteristics. As cut-off values for AOS, the possibility of AOS was high when the recitation time of a 3-mora word was greater than 586 msec, when the speech onset time was greater than 491 msec, and when the F0 change rate of a 2-mora word was less than 11.4.

Keywords : apraxia of speech, prosody, speech duration, accent, acoustics characteristics

# 目次

## 第1章 序論

I. 研究の背景と意義.....	1
II. 目的.....	4
III. 研究デザインと構成 .....	5
IV. 倫理的配慮 .....	5

## 第2章 研究Ⅰ AOSにおける発話時間の音響学的特性

I. 研究の背景.....	7
II. 目的.....	8
III. 方法 .....	9
1. 研究参加者.....	9
2. 方法.....	12
3. 統計学的分析方法.....	15
IV. 結果 .....	16
1. AOS群と健常群の発話時間の比較.....	16
2. AOS群における全発話時間と要素的時間の関連性.....	17
3. AOS評価のためのカットオフ値 .....	18
V. 考察 .....	20

## 第3章 研究Ⅱ AOSにおけるアクセントの音響学的特性

I. 研究の背景.....	23
II. 目的.....	24
III. 方法 .....	24

1. 研究参加者.....	24
2. 方法.....	24
3. 統計学的分析方法.....	27
IV. 結果 .....	28
1. アクセントパターンの正答率.....	28
2. AOS 群と健常群の F0 変化率およびインテンシティー変化率の比較.....	29
3. AOS 評価のためのカットオフ値.....	30
V. 考察 .....	31

## 第4章 総合考察

I. 総合考察.....	32
II. 結論.....	34

謝辞.....	35
引用文献 .....	36

# 第1章 序論

## I. 研究の背景と意義

脳血管疾患などによって、言語機能や発話運動が損なわれると言語コミュニケーション障害が生じる。言語によるコミュニケーションは人間の生活の基盤をなすものであり、もともと人間らしい機能の一つといえる。コミュニケーションに支障をきたすと、日常生活において多くの困難に直面し、生活活動や社会参加が阻害される。また、言語によるコミュニケーションが困難となった場合、その人の心理的な負担は非常に大きいものと推察される。言語聴覚士はこのような問題に専門的に対応し、機能の回復やコミュニケーション活動の向上を図り、生活の再構築および社会参加を支援する。患者ごとに障害特性に応じた専門的対応をするには、機能障害や能力低下等を的確に把握することが重要であり、それには客観的な評価指標などが必要である。

後天的な言語コミュニケーション障害には失語症、発語失行（apraxia of speech : AOS）、運動障害性構音障害等がある。この3種の障害は発生レベルが異なり、それを図1で示した。

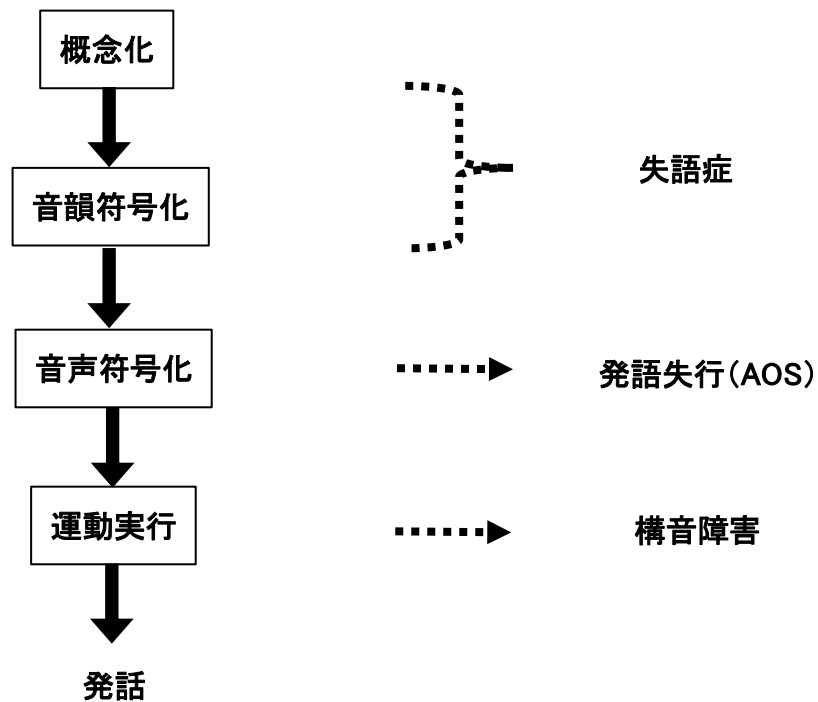


図1. 発話過程における AOS の位置づけ (Levelt の発話産生モデル<sup>1)</sup> を参考に作成)

失語症は、大脳の言語野の損傷により生じる言語記号の操作機能の障害であり、言語理解と言語表出のいずれにも問題がみられる。失語症でみられる音韻の誤り（音韻性錯語）は音韻符号化の障害によって生じる。運動障害性構音障害は運動実行の障害であり、構音運動にかかわる中枢または末梢の神経・筋系の損傷によって発声発語器官の運動に問題が生じる。

AOS は、左大脳半球の中心前回を中心とする病変<sup>2,3)</sup> で生じ、発声発語器官に麻痺がないにもかかわらず、発話において音の歪みやプロソディーに問題を認める。図1によると、AOS は音声符号化の障害によって構音とプロソディーに問題が生じた状態である。Darley は AOS を次のように定義している。「脳損傷の結果、音素の随意的産生のために発話筋群の位置づけ (positioning) と筋運動の系列化 (sequencing) をプログラムする能力が損なわれることにより生じる構音の障害である」<sup>4)</sup>。また、AOS は単独で生じることは少なく、大部分はブローカ失語に合併して生じる<sup>5)</sup>。そこで、本研究では、ブローカ失語を合併した AOS を取り上げ、その障害特性および評価の指標を検討することにした。

AOS の障害特性として発話の特徴を調べる方法には2つのものがある。ひとつは、AOS 患者が発話した音声を聴取し、聴覚印象によって調べる手法であり、主観的な方法といえる。もうひとつは、音声を音響学的に分析する手法であり、客観的な方法である。AOS の発話特徴に関する研究は聴覚印象を中心として行われており、Wertz<sup>6)</sup> は AOS の聴覚印象による発話特徴として次の4点をあげている。

- ① 努力と試行錯誤と探索を伴う構音動作と自己修正の試み
- ② 正常なリズム・強勢・イントネーションの範囲と思われないプロソディー異常
- ③ 同じ発話を繰り返し産生するときの構音の一貫性の欠如
- ④ 発話開始の困難

また、近年 McNeil ら<sup>7)</sup> は膨大なレビューを基に、AOS の症状を次の4点にまとめている。

- ① 音の歪み
- ② セグメント持続時間の延長（子音と母音が引き延ばされ、遅い発話として認識される）
- ③ セグメント間の持続時間の延長（音、音節、単語の分離として認識される）
- ④ プロソディー異常

これらの発話特徴は、聴覚印象に基づく研究を中心に抽出されており、この特徴を音響学的側面から検討した研究は少ない。

Wertz と McNeil の発話特徴をみると、AOS の問題は構音面とプロソディー面にあることがわかる。すなわち、Wertz の①、③と McNeil の①は構音面の問題である。一方、Wertz の②、

④と McNeil の②, ③, ④はプロソディー面の問題である。これまでの AOS の発話特徴に関する研究は構音の問題に関するものが多く、プロソディーの問題を取り上げた研究は少ない。筆者も修士研究<sup>8)</sup>において、AOS 話者の構音の変動性について検討し、プロソディーの分析には至らなかった。

プロソディーは、アクセント、イントネーション、リズムなど、語以上のレベルで生じる音声特徴を指すものである<sup>9)</sup>。プロソディーには、意味や発話意図を伝える役割があり、アクセントがなくイントネーションが平坦な音声、たとえば一昔前のロボット音声などは非常に聞き取りにくい。プロソディーのうち、アクセントは「語」が持つ音韻的特性であり、日本語は語を構成する音節のピッチ（声の高さ）の上昇または下降によってそれを表し、また語を区別している。たとえば、「雨」と「飴」は、音節は同一であるが、アクセントが異なり、各々1個の語として成立している。アクセントが障害されると、会話において誤った意味や意図でメッセージが伝わってしまい、メッセージの伝達に支障をきたす。

本研究では AOS のプロソディー面の発話特性を客観的な方法である音響分析を用いて検討することとした。

## 2. AOS の先行研究

先述したように、AOS の発話特徴に関する大多数の研究は聴覚印象による分析を採用しており<sup>10-14)</sup>、音声の音響学的分析を実施した研究は少ない。また、研究対象も構音に偏っており、プロソディーを取り上げた研究は極めて少ない。

プロソディーに関する音響学的観点からの研究の多くは英語話者の AOS を対象としている。これらの研究は、AOS において発話速度の低下<sup>15,16)</sup>、子音持続時間の延長<sup>17,18)</sup>、母音持続時間の延長<sup>19-22)</sup>、アクセントの平板化<sup>23,24)</sup>、音節の分離<sup>25,26)</sup>などが認められることを報告している。また、これらの症状は患者内、患者間で変動することも報告されている<sup>19,20,22)</sup>。日本語 AOS 話者を対象として、その発話特徴を音響学的に分析した研究は伊藤<sup>19)</sup>や正木<sup>28)</sup>、待井ら<sup>29)</sup>、橋本ら<sup>30)</sup>の研究に限られており、極めて少ない。なお、これらの研究はいずれも単一事例を対象としており、結果の一般化は難しい。このように、日本語 AOS 話者のプロソディー障害について、その詳細は十分明らかになっていない。

AOS の研究は発話の変動性からも検討されている。筆者は修士研究<sup>8)</sup>において、AOS の変動性を構音症状から検討し、AOS がない失語群と運動失調性構音障害群と比較し、構音の変動性は AOS の中等度例において失語症との鑑別点となりうることを示した。

プロソディーの変動性は、英語話者の AOS についても先行研究間で結果が一致していない。



たとえば、母音フォルマント周波数について、Kent ら<sup>15)</sup> は AOS 話者の変動が大きいと報告しているが、Jack ら<sup>31)</sup> の報告では AOS 話者と健常話者の間に差を認めていない。また、Voice Onset Time (VOT) について、Seddoh ら<sup>27)</sup> は、AOS 話者は伝導失語者や健常話者に比し変動しないと述べている。他方、Maurszycki ら<sup>21)</sup> は、AOS 話者の VOT は健常話者より変動が大きいと述べている。日本語 AOS 話者のプロソディーの変動性については、単一事例を対象とした待井の研究<sup>29)</sup> しか存在しない。この研究では、連続呼称課題を用いて、発話所要時間、語頭子音の最大音圧、基本周波数を分析し、健常者に比べ AOS 話者は変動が大きいと報告している。

### 3. AOS の評価

現在、臨床場面における AOS 評価は、ほとんどが聴覚印象によって行われており、これがゴールドスタンダードとなっている<sup>33,34)</sup>。AOS の評価においては、失語症の音韻性錯語や運動障害性構音障害との鑑別が必要であるが、AOS はこれらを合併すること、特に失語症を合併することが多いため<sup>2,5)</sup>、臨床場面において AOS の評価に難渋することがある。聴覚印象による AOS と失語症の鑑別では、音の歪みが重要視されており<sup>7)</sup>、英語話者では PVI (Pairwise Variability Index)<sup>35-43)</sup> や EMS (Envelope Modulation Spectrum)<sup>40,41)</sup> の有用性が指摘されている。PVI は母音の長さの変動を手がかりにした指標であり<sup>44)</sup>、EMS は音声信号の振幅包絡線の揺らぎを定量化したものである。

日本語話者について、AOS のプロソディーを評価する客観的指標は現在のところ存在しない。

AOS は発話やコミュニケーションに及ぼす影響が大きいものの他の言語コミュニケーション障害に比べて障害特性が十分に明らかになっていない。特に、日本語 AOS 話者のプロソディーに関する研究は乏しく、その音響学的特徴が明らかになっておらず、また評価の客観的指標も存在しない。そこで、本研究では AOS におけるプロソディーの音響学的特徴を発話時間とアクセントから検討し、臨床場面で使用できる AOS の客観的な評価指標を明らかにする。

## II. 目的

日本語話者 AOS におけるプロソディーの音響学的特性を発話時間およびアクセントから解明する。また、健常値との差に基づき発話時間およびアクセントのカットオフ値を算出し、AOS を評価する客観的指標を明らかにする。

### Ⅲ. 研究のデザインと構成

2部構成とした。

研究Ⅰ：AOSにおける発話時間の音響学的特性

研究Ⅱ：AOSにおけるアクセントの音響学的特性

### Ⅳ. 倫理的配慮

本研究は、国際医療福祉大学倫理審査委員会（承認番号 20-Ig-175）と研究実施施設の倫理審査委員会（20200809）の承認を得て実施した。全ての対象者に対して研究の目的、方法、個人情報保護について書面および口頭で説明し、同意を得てから研究を実施した。各対象者の言語能力に合わせて理解できる方法で説明し、すべての対象者が研究内容について理解した上で同意を得た。課題実施時は対象者の体調や疲労に留意して実施した。なお、研究に用いたデータはすべて匿名化して取り扱った。

## 第2章

### 研究 I AOS における発話時間の音響学的特性

## I. 研究の背景

AOS におけるプロソディーの問題として、聴覚印象では発話速度の低下があげられている。発話速度の低下の状態を調べるには、発話全体の時間を測定するだけでは不十分であり、発話を構成する要素、すなわち子音、母音あるいは音節間の持続時間や発話開始までに要する時間などを測定し、発話時間全体の低下にどのような構成要素が関係するかを明らかにすることが重要である。

聴覚印象では、AOS の発話特徴として「音の引き延ばし」、「音節の分離」、「発話の開始困難」が指摘されている。これらの特徴を時間的に裏付けた研究は極めて少ない。そこで、本研究は、音声分析ソフト Praat<sup>45)</sup> を使用し、これらの特徴が物理的時間としてどのように反映されるかを検討することにした。各特徴と音響学的現象との関係は下記のようにとらえることができる。

### 音の引き延ばし

音の引き延ばしは、分節音（子音・母音）が引き延ばされて聴こえることを指し、音響学的には「母音持続時間」および「子音持続時間」に対応する。

先行研究では、伊藤ら<sup>19)</sup> が日本語 AOS 話者の母音持続時間を計測し、AOS 発話は健常値より 1.5~2 倍が延長したと報告している。この研究は AOS 話者の母音持続時間が延長することを示している点で貴重であるが、単一事例の報告であり、一般化することが難しい。

### 音節の分離

音節の分離は、語の音節が途切れて聴こえることを指し、音響学的には音節と音節の間の移行部の時間に対応する。サウンド・スペクトログラムではこれは音節間の空隙、いわゆる音節間の無音区間に対応する。

音響分析により音節間の空隙時間を測定した研究には、Kent ら<sup>15)</sup> の研究がある。この研究は英語 AOS 話者を対象としており、AOS 発話では音節間の空隙時間が延長すると述べている。日本語 AOS 話者について、この点を検討した研究は見当たらない。

### 発話の開始困難

発話開始困難は、発話開始までに構音動作を探索するなどして時間を要する現象であり、音響学的には刺激が提示され、発話を開始するまでの時間に対応する。臨床場面では、発話を開始するまでに構音動作等を試行錯誤し苦闘することが認められるが、この時間を客観的に測定した先行研究はみられない。

母音、子音、音節移行の持続時間および発話開始時間については、聴覚印象から健常値より延長することが予測されるが、健常値との差だけでなく、発話ごとにどのように変動するかを明らかにすることも重要である。AOS 発話における変動性については先行研究の結果は一致していない。Kent ら<sup>15)</sup> は、AOS 話者では母音フォルマント周波数の変動が大きいと報告しているが、Jack ら<sup>31)</sup> は母音フォルマント周波数の変動について AOS 話者と健常話者の間に差を認めていない。また、Voice Onset Time (VOT) の変動について、Seddoh ら<sup>27)</sup> は AOS 話者と伝導失語者・健常話者の間に差がないと報告している一方で、Maurszycki ら<sup>32)</sup> は健常話者より変動が大きいと述べている。日本語話者 AOS のプロソディーの変動性については、単一事例を対象とした待井の研究<sup>29)</sup> しか存在しない。この研究では、連続呼称課題を実施し、AOS 発話は健常発話より発話所要時間、語頭子音の最大音圧、基本周波数の変動が大きかったと報告している。このように、AOS における発話の変動性について、先行研究の結果は一致していない。また、AOS 発話の特性を音響学的に検討した研究は少なく、存在したとしても少数の事例研究がほとんどである。

このような研究状況を踏まえ、研究 I では発話全体の時間（全発話時間）およびそれを構成する要素の時間として発話開始、母音持続、子音持続、音節移行の時間を計測し、健常値との差およびその変動性について検討する。

現在、日常臨床では AOS の評価は聴覚印象に基づき行われており、発話時間に関する客観的指標は存在しない。AOS について、より確実な評価をするには、客観的な指標が求められる。そこで、本研究では AOS を時間的側面から評価する指標として、発話時間のカットオフ値を明らかにすることにした。

## II. 目的

日本語話者 AOS におけるプロソディーの時間的特性について、全発話時間、それを構成する要素の持続時間（母音持続、子音持続、音節移行、発話開始）および発話ごとの変動性を明らかにする。同時に、AOS 評価に使用できる発話時間のカットオフ値を算出する。

### III. 方法

#### 1. 研究参加者

本研究への参加者は AOS 話者 17 名と健常者 20 名であった。

#### AOS 群

言語聴覚療法を受けている 17 名であった。

選択基準は、

- ① 右手利き左大脳半球病変
- ② 東京方言
- ③ 明らかな発声発語器官の麻痺や失調がなく、発話明瞭度 1～1.5 である  
発話明瞭度：1～5 までの 5 段階尺度に中間点（1.5 など）を設けた 9 段階尺度<sup>46)</sup>  
1：よくわかる  
1.5：1 と 2 の間  
2：ときどきわからない語がある程度
- ④ 単語および 3 文節文の復唱が可能（AOS による音の誤りはあってもよい）
- ⑤ 失語症の重症度は軽度（SLTA「短文の理解」が 8/10 以上である）
- ⑥ 課題を遂行するうえで支障となる聴力に問題がないこと（対面で聞き返しが無い）

対象者の基本情報および神経心理学的所見を表 1 に示した。

平均年齢は、56.1 歳（SD12.9）で、男性 13 名、女性 4 名であった。出身地（12 歳まで）は、東京都 9 名、神奈川県 4 名、静岡県 3 名、千葉県 1 名であった。原因疾患は、脳梗塞 10 名、脳出血 5 名、くも膜下出血 1 名、脳外傷 1 名であり、発症後経過月数は 3～78 ヶ月であった。病変部位は、頭部 CT または MRI にて左前頭葉後下部・中心前回 11 名、左前頭葉皮質下（被殻）4 名、不明 2 名であった。

失語症タイプは全例が Broca 失語であり、標準失語症検査（SLTA: Standard Language Test of Aphasia）<sup>47)</sup> の正答率は、「2. 短文の理解」は 100% が 15 名、90% が 2 名、「7. 単語の復唱」は 100% が 12 名、80～90% が 5 名、「5. 呼称」は全例 75% 以上であった。また、失語症の重症度は、SLTA の総合評価尺度<sup>48)</sup>によって判定し、全例が 7 点以上であり、軽度であった。

AOS の重症度については『〈発語失行症〉話しことばの評価票』<sup>49)</sup>の全体評価を実施した。この評価では「構音のぎこちなさ」と「異常度」について「0：正常」、「1：軽度」、「2：中等

度]、「3：重度」，「4：最重度」の尺度で実施し，「1：軽度」と「2：中等度」を研究対象とした。「明瞭度」は1～5の5段階で実施し，1または2を対象とした。重症度の判定は，会話音声を対象として，臨床経験7年の研究実施代表者と臨床経験20年以上のSTで独立して判定し，不一致が生じた場合は第3のSTに評価してもらい，最終的に判定した。

### 健常群

AOS群と年齢を対応させた健常者20名であった。選択基準は，脳血管障害や神経変性疾患等の認知機能に影響を及ぼす疾患の既往歴がないこと，知的機能の低下がなく課題の理解が可能なこと，課題を遂行するうえで支障となる聴力に問題がないこととした。

平均年齢は55.2歳（SD8.9）で，男性15名，女性5名であった。 $t$ 検定にて失語群との間に有意差は認めなかった（ $t(35) = 0.26, p = 0.76$ ）。出身地は，静岡県10名，東京都5名，埼玉県3名，神奈川県1名，千葉県1名であった。

表1 AOS群の基本情報および神経心理学的所見

症例	年齢	性別	出身地	疾患名	病変部位	失語型	SLTA	SLTA	SLTA	AOS
							短文の理解(%)	呼称(%)	単語の復唱(%)	
1	23	男性	静岡	脳外傷	左中心前回下部白質	Broca	100	95	100	軽度
2	72	男性	静岡	脳梗塞	左中心前回下部 左下・中前頭回	Broca	100	80	100	軽度
3	49	女性	千葉	脳梗塞	左中心前回下部白質 左下・中前頭回	Broca	100	75	100	軽度
4	56	男性	東京	脳出血	左中心前回下部	Broca	90	75	80	軽度
5	47	女性	神奈川	脳出血	左被殻	Broca	100	85	100	中等度
6	58	男性	神奈川	脳出血	画像情報なし	Broca	100	100	100	中等度
7	48	男性	神奈川	脳出血	左被殻	Broca	100	80	100	軽度
8	60	男性	神奈川	くも膜下 出血	左島皮質, 皮質下白質 左中心前回下部白質	Broca	100	90	100	中等度
9	55	男性	東京	脳梗塞	左中心前回下部白質 左下・中前頭回	Broca	100	75	80	軽度
10	47	男性	東京	脳梗塞	左中心前回下部白質 左下・中前頭回	Broca	100	85	100	軽度
11	70	男性	東京	脳梗塞	左中心前回下部白質 左下・中前頭回	Broca	100	95	100	軽度
12	49	男性	東京	脳梗塞	左被殻	Broca	100	90	100	軽度
13	60	女性	東京	脳梗塞	左中心前回下部白質 左下・中前頭回 補足運動野	Broca	100	75	90	中等度
14	82	女性	東京	脳梗塞	画像情報なし	Broca	100	75	80	軽度
15	54	男性	東京	脳梗塞	左中心前回下部	Broca	100	85	100	軽度
16	58	男性	東京	脳出血	左被殻	Broca	90	80	90	軽度
17	66	男性	静岡	脳梗塞	左中心前回下部 左下前頭回	Broca	100	100	100	軽度

注) 病巣で白質まで病巣確認されているものは「中心前回下部白質」、未確認のものは「中心前回下部」と記載した



## 2. 方法

語の連続復唱課題を作成し実施した。

### 課題

課題で使用した単語は5語で、「かたさ（硬さ）/katasa/」、「ポテト/poteto/」、「とさか（鶏冠）/tosaka/」、「こけし/kokeci/」、「こせき（戸籍）/koseki/」であった。単語選定における条件は、①子音が無声破裂音/k//t/、無声摩擦音/s//ç/、無声破擦音/ts/と母音で構成され、②破裂音から開始される、③3モーラ語であった。これらの条件は、日本語において破裂音や摩擦音等の子音が多い点や、音響分析の信頼性を担保するために音声波形およびスペクトログラムにおいて明確に識別が可能である点を考慮して設定した。

### 装置

音声の録音には、PCMレコーダー（SONY PCM-D100 または TACSAM VR-04）を使用し、収録した音声は音声分析ソフト Praat<sup>45)</sup>にて分析した。

### 手続き

語を1つずつ音声と文字で提示し、3回繰り返し復唱してもらった。各語について1回毎に見本音声を与えた。

指示は「今から単語が聞こえます。単語の後、「ピッ」ということが聞こえます。「ピッ」という音のあとに単語を繰り返して言ってください。また、できるだけ見本と同じように言ってください。各単語3回ずつ繰り返していただきます。全部で5つの単語を行います。」とした。

実施環境は、防音室または静音な個室にて1対1で実施した。課題実施にかかる時間は10分～15分であった。

音声の録音はPCMレコーダーの内蔵マイクで直接録音した。録音形式はWAV（192kHz 24bit）、周波数範囲は192kHz：20-45,000Hz（0--2dB）である。

Praatのスペクトログラムは、時間（横軸）の解像度が高く、周波数（縦軸）の解像度が低い広帯域スペクトログラムに設定して分析した。その他の設定は初期設定のままとした。

## 評価項目

評価項目と Praat での分析におけるセグメンテーションは以下の通りである。それぞれのセグメンテーションに沿った測定は、先行研究<sup>50, 51)</sup>を参考に、視認により音声波形および広帯域スペクトログラム上で実施し、分析の信頼性および妥当性を担保するために、研究実施代表者と研究責任者の2名で行った。また、構音の歪みや置換等の理由により、閉鎖区間の開始時点、母音および子音の始端や終端が不明確であったデータは分析対象から除外して対応した。

Praat の分析画面を図 1 に示す。

### 1) 全発話時間

3 モーラ語の産生において、1 モーラ目の子音が開始されてから 3 モーラ目の母音が終了するまでの時間

セグメンテーション

見本呈示後のトーンバースト (880Hz) から語頭音が破裂音の際は閉鎖区間の始まりから、語頭音が摩擦音の際は摩擦の aperiodic energy の始まりから、最終音節の母音の終端までとした。

### 2) 各要素の時間

発話開始時間

見本が提示されて開始音が鳴ってから、1 モーラ目の子音が開始されるまでの時間

セグメンテーション

見本呈示後のトーンバースト (880Hz) から語頭音が破裂音の際は閉鎖区間が始まるまでとし、語頭音が摩擦音の際は摩擦の aperiodic energy が始まるまでとした。

母音持続時間

各モーラの母音の持続時間

セグメンテーション

母音の始端と終端は、F2 または F3 の高次フォルマントの始まりと終わりとした。

子音持続時間

各モーラの子音の持続時間

セグメンテーション

破裂音の際は閉鎖区間の始まり、摩擦音の際は摩擦の aperiodic energy の始まりから、後続母音の始端までとした。

音節移行時間 (ポーズ)

1 モーラ目の母音の終了から 2 モーラ目の子音の始まりまでの無音区間と、2 モーラ目

の母音の終了から3モーラ目の子音の始まりまでの無音区間を足した時間  
 セグメンテーション  
 母音の終端から後続子音の始まりまでとした。

### 3) 発話時間の変動

各対象者について、3回の発話時間の変動係数を次の計算式で算出した。

$$\text{変動係数} = \text{標準偏差} / \text{平均値} \times 100$$

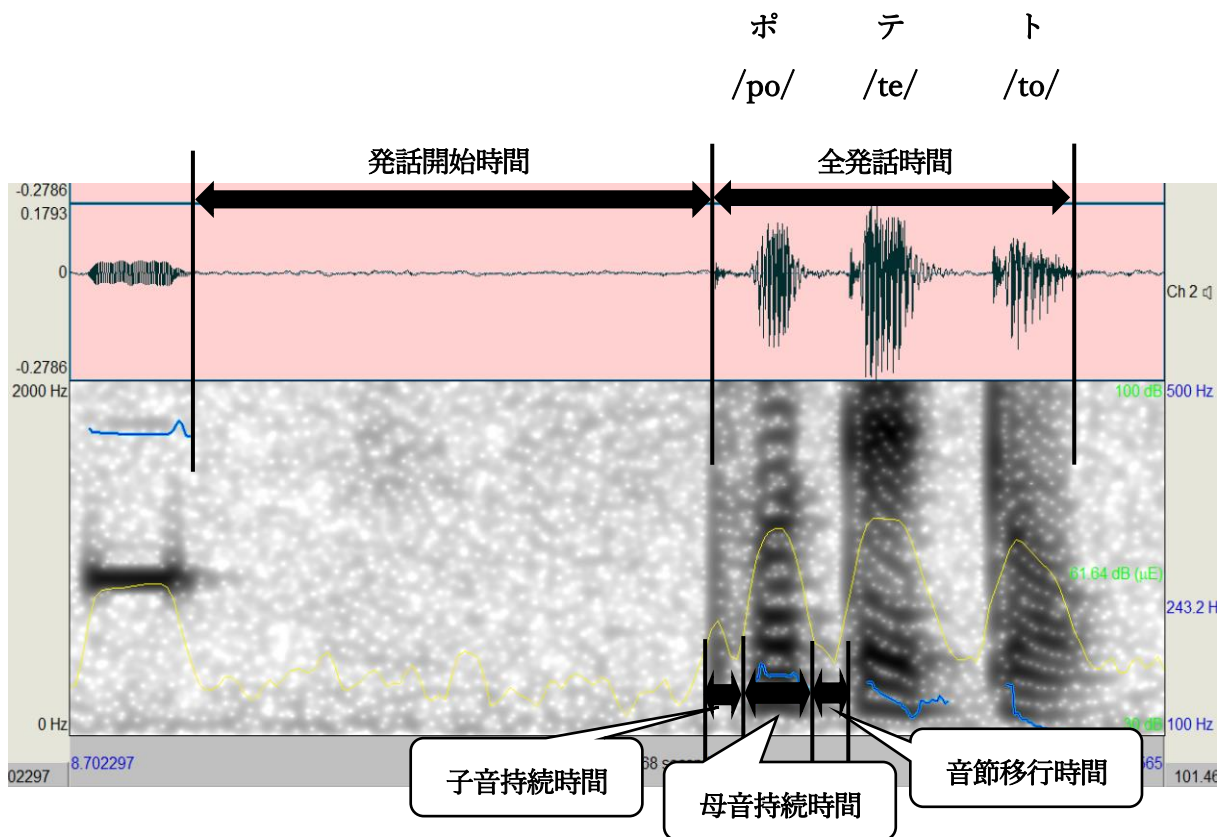


図1. 発話時間の分析における Praat 画面

### 3. 統計解析

1. 発話時間について、AOS 群と健常群を比較した。比較の前に、Shapiro-Wilk の正規性の検定を行い、正規性がある場合は対応のない  $t$  検定、ない場合は Mann-Whitney の  $U$  検定を実施し、効果量も算出した。効果量については、 $t$  検定の場合は Cohen's  $d$ 、 $U$  検定の場合は  $r$  で調べた。
2. 発話時間の変動係数について、AOS 群と健常群を比較した。比較の前に、Shapiro-Wilk の正規性の検定を行い、正規性がある場合は対応のない  $t$  検定、ない場合は Mann-Whitney の  $U$  検定を実施し、効果量も算出した。効果量については、 $t$  検定の場合は Cohen's  $d$ 、 $U$  検定の場合は  $r$  で調べた。
3. AOS 群の全発話時間と要素的発話時間（母音持続、子音持続、音節移行）の関連性について、Spearman の順位相関係数を行い、次いで全発話時間を目的変数、母音持続時間、子音持続時間、音節移行時間を説明変数として単回帰分析を実施した。
4. 全発話時間と発話開始時間の識別脳を調べるため、ROC（Receiver Operating Characteristic analysis）分析を実施し、各パラメータの面積下曲線（Area Under the Curve：AUC）、にてカットオフ値、感度、特異度を調べた。

統計解析ソフトは SPSS statistics28 を使用し、有意水準は 5%とした。

#### IV. 結果

##### 1. AOS 群と健常群の発話時間の比較

AOS 群と健常群における各発話時間を表 2 に示した。各発話時間については、正規性を認めたため対応のない  $t$  検定で比較した結果、AOS 群は健常群より全発話時間 ( $t(35) = -4.78, p < 0.01, d = -1.58$ ), 発話開始時間 ( $t(35) = -2.50, p = 0.02, d = -0.82$ ), 母音持続時間 ( $t(35) = -7.53, p < 0.01, d = -2.48$ ), 音節移行時間 ( $t(35) = -2.59, p = 0.02, d = -0.86$ ) が有意に長かった。

AOS 群と健常群における各発話時間の変動係数を表 3 に示した。変動係数は、発話開始時間、母音持続時間、音節移行時間については正規性を認めたため対応のない  $t$  検定で、全発話時間、子音持続時間は正規性を認めなかったため  $U$  検定で比較した結果、AOS 群は健常群より全発話時間 ( $U = 296, p < 0.01, r = 48.7$ ), 発話開始時間 ( $t(35) = -2.74, p = 0.01, d = -0.90$ ), 音節移行時間 ( $t(35) = 9.89, p < 0.01, d = 3.26$ ) が有意に大きかった。

表 2. 発話時間

単位は msec

	AOS 群 (n=17)	健常群 (n=20)	$p$	$d$
	M (SD)	M (SD)		
全発話時間	650 (67)	555 (66)	<0.01**	-1.58
発話開始時間	525 (103)	444 (64)	0.02*	-0.82
母音持続時間	437 (69)	309 (31)	<0.01**	-2.48
子音持続時間	179 (53)	188 (29)	0.17	-0.49
音節移行時間	88 (166)	77 (12)	0.02*	-0.86

\* $p < 0.05$     \*\* $p < 0.01$

表 3. 発話時間の変動係数

	AOS 群 (n=17)	健常群 (n=20)	<i>p</i>	<i>d/r</i>
	M (SD)	M (SD)		
全発話時間	108 (32)	70 (14)	<0.01** b	48.71
発話開始時間	155 (42)	117 (31)	0.01** a	-0.90
母音持続時間	125 (48)	111 (35)	0.19 a	0.51
子音持続時間	321 (250)	264 (75)	0.89 b	29.58
音節移行時間	669 (138)	278 (98)	<0.01** a	3.26

\**p* < 0.05    \*\**p* < 0.01  
a: *t* 検定    b: *U* 検定

## 2. AOS 群における全発話時間と要素的時間の関連性

AOS 群における全発話時間と母音持続時間 ( $r = 0.59, p < 0.01$ ), 子音持続時間 ( $r = 0.04, p = 0.87$ ), 音節移行時間 ( $r = 0.10, p = 0.67$ ) の散布図を図 2 ~ 4 に示し, Spearman の順位相関係数を調べた結果, 母音持続時間にのみ有意な相関を認めた。

目的変数を全発話時間とし, 説明変数を母音持続時間, 子音持続時間または音節移行時間とした単回帰分析を実施した結果, 母音持続時間が自由度調整済み R<sup>2</sup> は 0.42 で有意な値を示した。標準化係数 ( $\beta$ ) は 0.65 であった (表 5)。

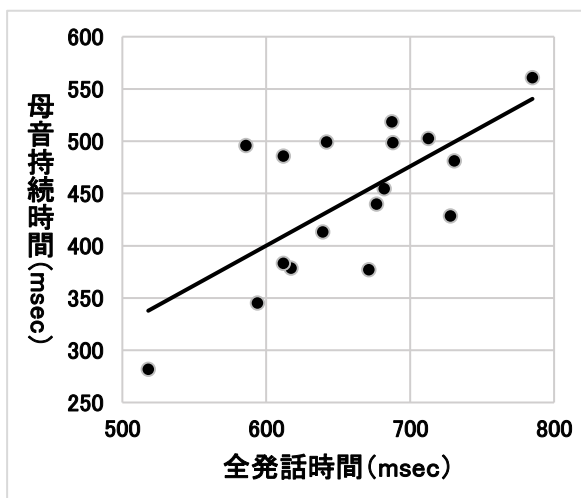


図 2. 全発話時間と母音持続時間

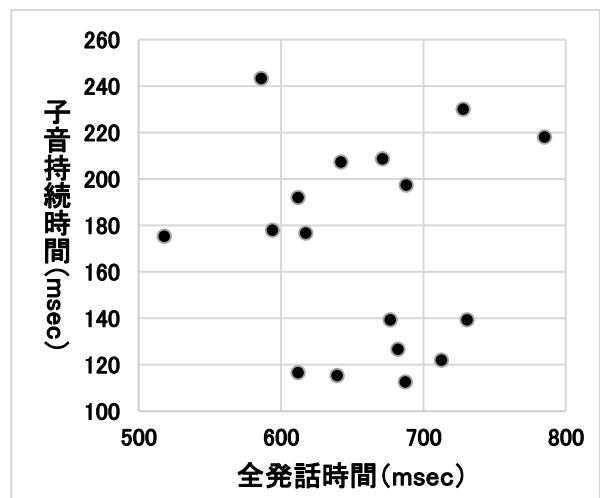


図 3. 全発話時間と子音持続時間

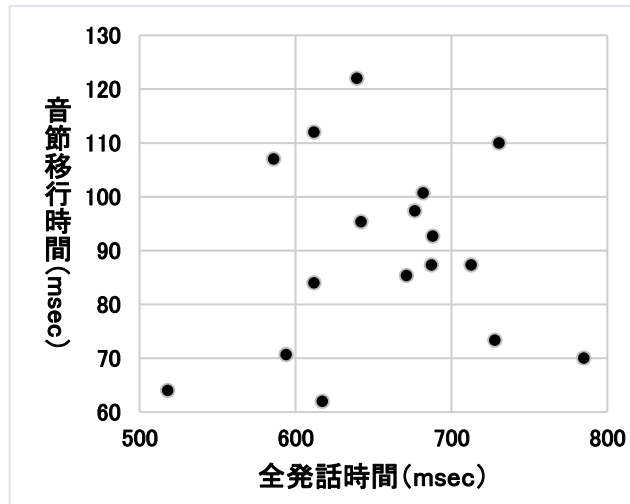


図4. 全発話時間と音節移行時間

表5. 全発話時間と要素的発話時間の単回帰分析の結果

	R <sup>2</sup> 乗	$\beta$	$p$	95%信頼区間	
				下限	上限
母音持続時間	0.42	0.65	<0.01**	0.26	0.1
子音持続時間	0.005	0.07	0.76	-0.54	0.72
音節移行時間	0.02	0.13	0.59	-1.47	2.51

\* $p < 0.05$     \*\* $p < 0.01$

### 3. AOS 評価のためのカットオフ値

AOS群の全発話時間と発話開始時間についてのROC曲線を図5および図6に示した。ROC曲線より算出したAUCは全発話時間で0.85、発話開始時間で0.75であった。また、カットオフ値は全発話時間で586msec、感度90%、特異度65%、発話開始時間で491msec、感度75%、特異度75%であった（表6）。

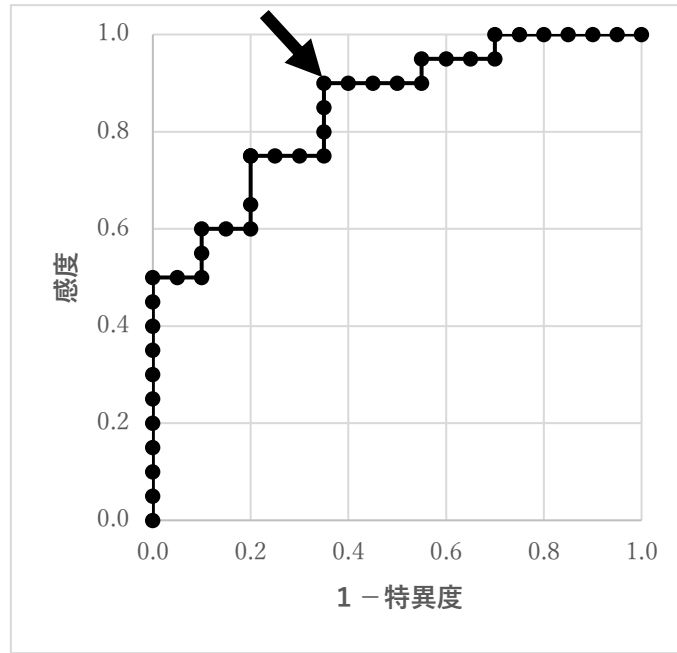


図5. 全発話時間の ROC 曲線

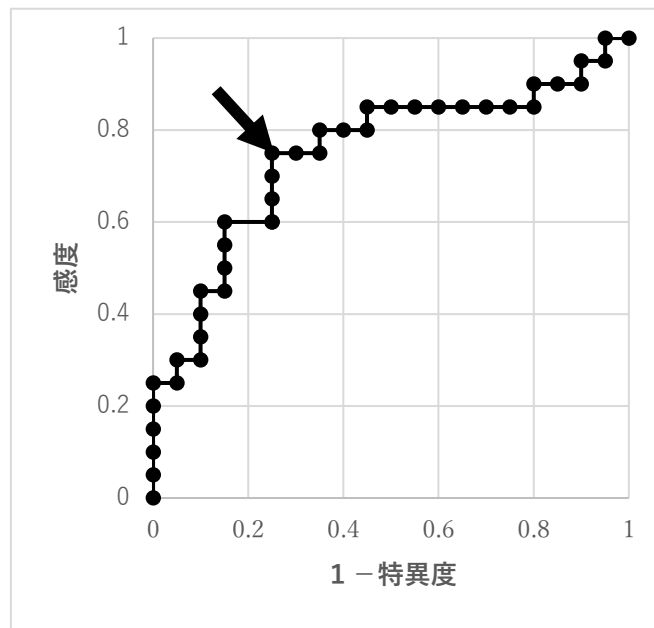


図6. 発話開始時間の ROC 曲線

表6. ROC 分析の結果

	AUC	Cut-off	感度	特異度
全発話時間	0.85	586	0.9	0.65
発話開始時間	0.75	491	0.75	0.75



## V. 考察

日本語 AOS 話者における単語復唱時のプロソディー特性を発話時間から検討した。その結果、AOS 話者は全発話、母音持続、音節移行および発話開始の各時間が健常話者より延長することが明らかとなった。聴覚印象によっても発話速度が低下することが指摘されているが、これは全発話時間の延長に対応すると考えられる。

本研究の特徴は、全発話時間を構成する要素の時間について検討した点にある。まず、AOS 発話では母音持続時間が健常値より有意に延長した。これは伊藤ら<sup>13)</sup>の研究においても認められている。この理由として考えられるのは、日本語の音声は CV (子音+母音) を基本構造とし、母音で終わる開音節が多いことである。本研究の課題語はすべて CV 音節で構成された語であり、日本語 AOS 話者は開音節における母音の持続時間が延長することが明らかになった。そのため、日本語 AOS 話者における母音持続時間の延長は、日本語の特徴を表している可能性がある。

子音持続時間については、AOS 発話と健常発話の間に差を認めなかった。子音は母音に比し発話時間が非常に短く、音節言語である日本語では子音は後続母音と連続して素早く発話される。しかし、健常者研究では、「そっくり」のように促音(つまる音)が続く場合には子音の持続時間が延長することが報告されている<sup>52)</sup>、本研究の課題語は促音を含まなかったため、子音持続時間は健常者でも短かったと考えられる。

AOS 発話では、音節移行時間が健常発話より延長した。音節移行時間は音節間の空隙に対応しており、「聴覚的には音節がブツブツと切れるように聞こえる」としばしば表現される。音節言語である日本語の AOS 発話では、音節の切れ目である空隙区間の時間が延長するという特徴が認められた。

AOS 発話では発話時間全体が延長したが、これに関係する要因を検討すると、母音持続時間のみが有意性を示した。英語 AOS 話者については、全発話時間に音節の持続時間と音節移行時間が関係すると報告されている<sup>15, 53)</sup>。全発話時間の延長に母音の持続時間が関係することは日本語話者 AOS の特徴と考えられる。

AOS における発話開始時間の延長は当然のことであるが、健常発話より延長した。AOS 発話者は、発話を開始する前に構音動作を探索することや、瞬時沈黙した後に努力的に発話し始めることがみられる。この時間にどのような生理学的反応が起きているかは興味あるところであり、今後の研究課題としたい。

AOS 発話の特徴は、音節移行時間および発話開始時間の発話ごとの変動が大きいことであった。発話開始時間は発話を開始するまでの時間であり、音節移行時間は音節と音節の間の空隙

時間である。すなわち、いずれも発話をしていない時間といえ、AOS では実際に構音をしていない時間の変動が大きいことが示された。英語 AOS においても、音節移行時間の変動性が高いことが報告されており<sup>54)</sup>。音節移行時間の変動は日本語に限った現象ではないといえる。

本研究は、AOS を評価する指標として発話時間のカットオフ値を算出した。その結果、本研究で使用した 3 モーラ語を復唱するのに 586msec 以上を要する場合、および発話開始までの時間が 491msec 以上の場合は AOS である可能性が高いことが明らかとなった。但し、このカットオフ値は軽度失語症を伴う AOS 患者の発話を対象としたものであることに留意する必要がある。加えて、今回実施した課題語は破裂音、摩擦音、破擦音の限定された子音と母音で構成されているため、本研究の結果の一般化には留意する必要がある。

## 第3章

### 研究Ⅱ AOSにおけるアクセントの音響学的特性

## I. 研究の背景

AOSの主要な症状として、聴覚印象によってアクセントが平板化することが指摘されている<sup>55)</sup>。しかし、これは聴覚印象に基づく主観的評価であり、アクセントの平板化が音響学的にどのような異常として認められるかを分析した研究はほとんどみられない。

日本語のアクセントは、単語内の音の相対的な高低（ピッチ）によって表わす。これをピッチアクセントと呼ぶ。たとえば、「飴」は第1モーラと第2モーラの間でピッチの急激な上昇があり、「雨」は第1モーラと第2モーラの間でピッチが急激に下降する。なお、語の特定の位置でピッチの急激な変化が生じたとき、その下降の直前の音にアクセント（アクセント核）があるとされる。日本語は、他言語に比べて「雨／飴」や「橋／箸」のような同音異義語が多く、正しい意味の語を相手に伝えるにはアクセントを適切に表出することが重要である。

日本語のアクセントについては、音響学的には基本周波数（fundamental frequency：F0）が重視され、アクセントの違いを把握するのに最も重要な特徴となる<sup>52)</sup>。F0は、喉頭で生成されたさまざまな周波数からなる合成波（音源）のうち、最も低い音を指す。F0は声帯が一秒間に何回振動するかで決まり、大部分は声帯の物性を変化させる喉頭筋の調節により変化し、そのなかでも主に甲状披裂筋と輪状甲状筋の働きに依存している<sup>56)</sup>。

日本語AOS話者を対象としたアクセントの先行研究は、聴覚印象で評価・分析されたものが多く<sup>12,13)</sup>、日本語のアクセントに重要なF0について、音響学的に分析した研究はみられない。また、AOSの発話特徴を検索するうえで、発話ごとの変動性も重要であるが、AOS話者のF0の変動について明らかにした研究は存在しない。

音の高さはF0を主とする周波数成分に依存するが、日本語のアクセントについて、音圧またはインテンシティーが影響することを示唆する研究が存在する<sup>29,57)</sup>。そこで、本研究ではF0に加え、音の強さの指標の変化についても検討することとした。音の大きさ（強さ）のうち、音圧はスカラー量であり、音の進行する方向性を考慮していないのに対し、音響インテンシティー（インテンシティー）は音の進行する方向性を考慮されたベクトル量である。本研究では、分析に使用する音声分析ソフトPraatで測定可能な「インテンシティー」を音の強さの指標として用いることとした。

このような研究状況を踏まえ、研究IIではアクセントおよびそれに対応する音響学的な物理量であるF0とインテンシティーの変化率を測定し、健常値との差およびその変動性について検討する。

現在の臨床では、AOSの評価は聴覚印象に基づき行われており、アクセントに関する客観的指標は存在しない。AOSの評価の精度を高めるには、客観的指標が求められる。そこで研究II

では AOS をアクセント側面から評価する指標として、アクセントのカットオフ値を明らかにすることとした。

## II. 目的

日本語 AOS のプロソディー特性をアクセントから明らかにする。最初にアクセントパターンの特徴を調べる。次いで、基本周波数 (F0) およびインテンシティーの変化率を健常発話と比較し、その変動性についても明らかにする。さらに、AOS の評価に使用できるアクセントの客観的指標として、AOS 発話と健常発話を区別するカットオフ値を算出する。

## III. 方法

### 1. 研究参加者

#### AOS 群

AOS 群は、研究 I 参加者の男性 13 名で、選択基準や各障害の重症度は研究 I と同一とした。男性のみを対象とした理由は、喉頭の基本周波数が性別によって異なり、男性は約 150Hz、女性は約 250Hz から 300Hz であり、女性では 30 歳代から加齢に伴い話声位が低下する<sup>58)</sup>ためであった。

平均年齢は 55.1 歳 (SD11.9) であった。原因疾患は、脳梗塞 7 名、脳出血 4 名、くも膜下出血 1 名、脳外傷 1 名であり、発症後経過月数は 3~78 ヶ月であった。

#### 健常群

研究 I の参加者のうち、失語症群と年齢を対応させた男性 15 名であった。平均年齢は 54.7 歳 (SD9.1) で、 $t$  検定にて失語群との間に有意差は認めなかった ( $t(28) = 0.20, p = 0.85$ )。

### 2. 方法

連続単語復唱課題を作成し実施した。

#### 材料

2 モーラの同音異義語のペアを 5 個×2 セット作成した。1 セットは、第 1 母音と第 2 母音が異なる語のペアから構成し、もう 1 セットは第 1 母音と第 2 母音と同じ語で構成した。母音の無声化を防ぐために、対象語すべてに格助詞「が」をつけて表出を促すが、分析対象は該当単語のみとした。

第1母音と第2母音が異なる語のセット

「飴が／雨が」, 「柿が／牡蠣が」, 「箸が／橋が」, 「酒が／鮭が」, 「神が／紙が」

第1母音と第2母音と同じ語

「赤が／垢が」, 「傘が／嵩が」, 「記事が／雉が」, 「維持が／意地が」, 「腿が／桃が」

## 装置

音声の録音には、PCMレコーダー (SONY PCM-D100 または TACSAM VR-04) を使用し、収録した音声は音声分析ソフト Praat<sup>45)</sup> にて分析した。

## 手続き

語を1つずつ音声と文字で提示し、3回繰り返し復唱してもらった。各語について1回毎に見本音声を与えた。

教示は「今から単語が聞こえます。単語の後、「ピッ」ということが聞こえます。「ピッ」という音のあとに単語を繰り返して言ってください。また、できるだけ見本と同じように言ってください。各単語3回ずつ繰り返していただきます。全部で5つの単語を行います。」とした。

実施環境は、防音室または静音な個室にて1対1で実施した。課題実施にかかる時間は10分～15分であった。

音声の録音はPCMレコーダーの内蔵マイクで直接録音した。録音形式はWAV (192kHz 24bit)、周波数範囲は192kHz : 20-45,000Hz (0 - -2dB) である。

Praatのスペクトログラムは、周波数(縦軸)の解像度が高く、時間(横軸)の解像度が低い狭帯域スペクトログラムに設定して分析した。その他の設定は初期設定のままとした。

## 分析方法

音声分析ソフト Praat を用いて、下記項目を分析した。Praat の分析画面を図 1 に示した。

### 1) アクセントパターン

ピッチ曲線のパターンを音声分析ソフト Praat の音声波形で視覚的に判断し、正しいパターンで表出された数と異常パターンの数をカウントした。異常パターンは、アクセントの平板化と逆アクセント別に計測した。アクセントの平板化は F0 変化率が健常話者の F0 変化率の  $[-2SD]$  以下の場合、それ以上の変化率の場合は逆アクセントとした。

### 2) F0（基本周波数）変化率

音声分析ソフト Praat にて抽出される第 1 モーラと第 2 モーラの F0 最大値の差を調べ、下記の式によって変化率を算出した。この方法は、高見ら<sup>59)</sup>が使用しているものである。

$$\text{F0 変化率} = (\text{第 2 モーラ F0} / \text{第 1 モーラ F0} - 1) \times 100$$

### 3) インテンシティー変化率

F0 変化率と同様に、音声分析ソフト Praat にて抽出される第 1 モーラと第 2 モーラのインテンシティー最大値の差を調べ、下記の式によって変化率を算出した。

$$\text{インテンシティー変化率} = (\text{第 2 モーラインテンシティー} / \text{第 1 モーラインテンシティー} - 1) \times 100$$

### 4) F0 変化率およびインテンシティー変化率の変動

各対象者について、3 回の F0 およびインテンシティーの変動係数を次の計算式で算出した。

$$\text{変動係数} = \text{標準偏差} / \text{平均値} \times 100$$

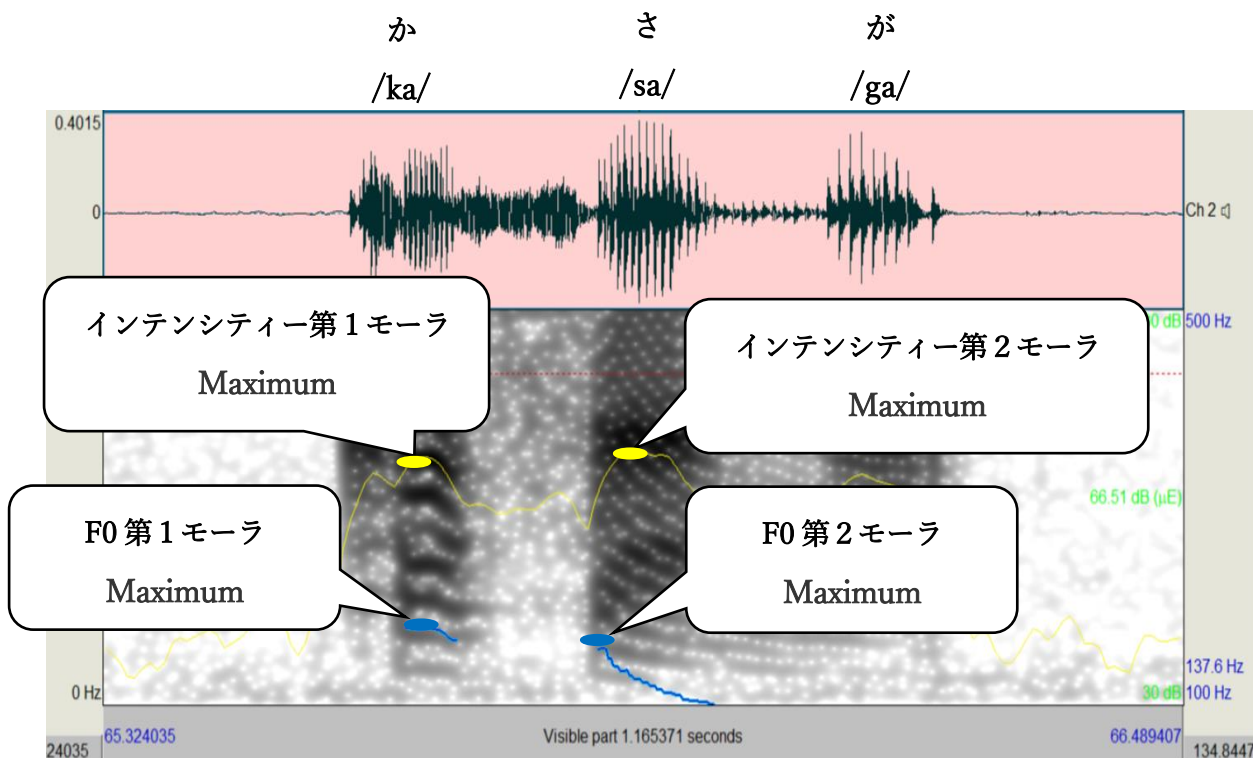


図1. アクセントの分析における Praat 画面

### 3. 統計解析

1. アクセントパターン正答率について、AOS 群と健常群を比較した。比較の前に、Shapiro-Wilk の正規性の検定を行い、正規性がある場合は対応のない  $t$  検定、ない場合は Mann-Whitney の  $U$  検定を実施し、効果量も算出した。効果量については、 $t$  検定の場合は Cohen's  $d$ 、 $U$  検定の場合は  $r$  で調べた。
2. F0 変化率とインテンシティー変化率について、AOS 群と健常群を比較した。比較の前に、Shapiro-Wilk の正規性の検定を行い、正規性がある場合は対応のない  $t$  検定、ない場合は Mann-Whitney の  $U$  検定を実施し、効果量も算出した。効果量については、 $t$  検定の場合は Cohen's  $d$ 、 $U$  検定の場合は  $r$  で調べた。
3. F0 変化率とインテンシティー変化率における変動係数について、AOS 群と健常群を比較した。比較の前に、Shapiro-Wilk の正規性の検定を行い、正規性がある場合は対応のない  $t$  検定、ない場合は Mann-Whitney の  $U$  検定を実施し、効果量も算出した。効果量については、 $t$  検定の場合は Cohen's  $d$ 、 $U$  検定の場合は  $r$  で調べた。
4. F0 変化率の識別脳を調べるため、ROC 分析を実施し、AUC、カットオフ値、感度、特異度を調べた。

統計解析ソフトは SPSS statistics28 を使用し、有意水準は 5% とした。



## IV. 結果

### 1. アクセントパターンの正答率

AOS群と健常群のアクセントパターンの正答率を対応のない  $t$  検定にて比較した結果、AOS群は健常群より正答率が有意に低かった ( $t(37) = 0.0, p < 0.01, d = 6.03$ ) (表1).

AOS群がどのような誤り方をするかを調べた結果、平板化した語が59.7%であり、逆アクセントの語が40.3%であった。

表1. アクセントパターン正答率

	AOS群 (n=13)	健常群 (n=15)	$p$	$d$
	M (SD)	M (SD)		
アクセントパターン正答率	78.3 (5.7)	100 (0)	<0.01**	6.03

\* $p < 0.05$     \*\* $p < 0.01$

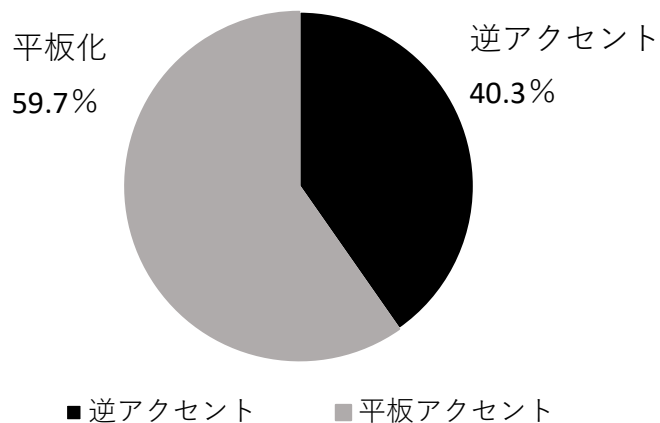


図2. AOS群における誤反応の出現率

## 2. AOS群と健常群のF0変化率およびインテンシティー変化率の比較

AOS群と健常群におけるF0変化率とインテンシティー変化率を表2に示した。F0変化率は正規性を認めたため対応のない $t$ 検定で、インテンシティー変化率は正規性を認めなかったため $U$ 検定で比較した結果、F0変化率 ( $t(37) = 69.0, p < 0.01, d = 1.21$ )、インテンシティー変化率 ( $U = 79.0, p < 0.01, r = 14.9$ )ともにAOS群は健常群より有意に低かった。

AOS群と健常群におけるF0変化率とインテンシティー変化率の変動係数を表3に示した。F0変化率は正規性を認めたため対応のない $t$ 検定で、インテンシティー変化率は正規性を認めなかったため $U$ 検定で比較した結果、F0変化率 ( $t(37) = 340.0, p < 0.01, d = -4.37$ )、インテンシティー変化率 ( $U = 320.0, p < 0.01, r = 60.5$ )ともにAOS群が健常群より有意に大きかった。

表2. F0変化率とインテンシティー変化率

	AOS群 (n=13)	健常群 (n=15)	$P$	$d/r$
	M (SD)	M (SD)		
F0変化率	11.1 (4.5)	16.0 (4.3)	<0.01** a	1.21
インテンシティー変化率	4.5 (1.8)	6.5 (2.4)	<0.01** b	14.90

\*\* $p < 0.01$

a:  $t$ 検定    b:  $U$ 検定

表3. F0変化率とインテンシティー変化率の変動係数

	AOS群 (n=13)	健常群 (n=15)	$P$	$d/r$
	M (SD)	M (SD)		
F0変化率	65.3 (17.1)	16.4 (4.3)	<0.01** a	-4.37
インテンシティー変化率	88.8 (22.8)	41.6 (26.3)	<0.01** b	60.54

\*\* $p < 0.01$

a:  $t$ 検定    b:  $U$ 検定

### 3. AOS 評価のためのカットオフ値

AOS 群の F0 変化率の ROC 曲線を図 3 に示した。ROC 曲線より算出した AUC は 0.81 であった。カットオフ値は 11.4 で、感度 90%、特異度 65%であった (表 4)。

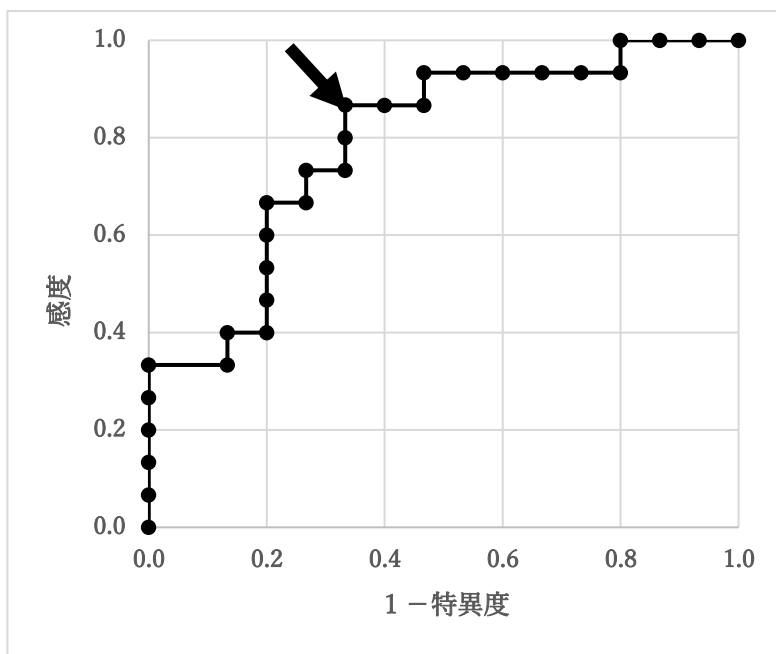


図 3. F0 変化率の ROC 曲線

表 4. ROC 分析の結果

	AUC	Cut-off	感度	特異度
F0 変化率	0.81	11.4	0.90	0.65

## V. 考察

研究Ⅱでは、日本語 AOS 話者の単語産生におけるプロソディーの特性をアクセントから検討した。その結果、AOS 話者は健常話者より、正しいアクセントの発話が少なく、アクセントパターンに多くの誤り認めた。誤り方については、平板化が 59.7%と多く、逆アクセントは 40.3%であった。

アクセントは語の意味の区別を担っており、このような AOS におけるアクセントの誤りは相手に誤った意味を伝えてしまう可能性が高く、メッセージの伝達を阻害する要因になっていると考えられる。

F0 変化率およびインテンシティー変化率については、AOS 話者は健常話者より、いずれの変化率も低かった。アクセントの平板化には、この変化率の低さが関係していると考えられる。日本語におけるアクセントについては、F0 が変化することが報告されている<sup>58)</sup>が、F0 にくわえ、インテンシティーも変化することが示唆された。

発話ごとのアクセントの変動については、AOS 話者は健常話者より、F0 およびインテンシティーの変化率の変動が大きかった。英語は AOS 話者においては、ストレスの指標であるインテンシティーの変動性が高い<sup>43)</sup>ことが報告されている。このインテンシティーの変動性は日本語 AOS 発話においても高いことが示された。F0 変化率およびインテンシティー変化率の変動が、聴覚印象における抑揚の乱れや一貫性の欠如に関係していると考えられる。

AOS のアクセントを評価する指標としてカットオフ値を算出し、本研究で使用したアクセントのある 2 モーラ語の F0 変化率が 11.4 以下の場合、AOS である可能性が高いことが示された。

## 第4章 総合考察

### I. 総合解釈

本研究の目的は、日本語話者の AOS におけるプロソディーを音響学的に分析し、その特性を発話速度（発話時間）および語のアクセントから解明し、AOS 評価の指標を明らかにすることであった。

研究 I では、AOS 話者は健常話者より発話速度が遅く、特に母音持続時間、音節移行時間および発話開始時間が延長することが示された。さらに、発話時間全体の延長には母音持続時間が関連することが明らかになった。発話時間全体の延長に母音持続時間が関連した理由は、日本語の音声は CV（子音+母音）を基本構造とし、母音で終わる開音節が多いためであり、日本語の特徴を表した結果であると考えられる。

AOS 発話については、発話ごとの時間的変動が大きいとする研究<sup>32)</sup>と、健常者との差はないとする研究<sup>27)</sup>の両方が存在する。本研究では、発話開始時間と音節移行時間といった“発話していない時間”の変動が大きいことが示された。先行研究の結果の不一致には、時間の測定方法の差異や課題刺激の違いが関係している可能性があると考えられる。発話時間の変動性は痙攣性構音障害や弛緩性構音障害と AOS を鑑別するうえで有用であり、本研究の結果は臨床的な応用が可能であると考えられる。

研究 II では、AOS 話者と健常話者に同音異義語の連続復唱課題を実施し、アクセントの特性を調べた。その結果、AOS 発話はアクセントの平板化が顕著で F0 変化率およびインテンシティー変化率が低いことが明らかとなった。またこれらの発話ごとの変動性も高かった。アクセントは喉頭筋や調音筋の活動および並列的な相互調節により実現される<sup>56)</sup>。基本周波数 F0 には甲状披裂筋や輪状甲状筋の運動が関係し、インテンシティーには呼気量や声門下圧が関連する。これから、AOS は構音運動だけでなく、声帯運動を含むダイナミックな運動プログラムの問題ととらえることが適切と考えられる。

本研究は、AOS におけるプロソディーの障害特性を明らかにするに留まらず、AOS の評価・診断に使用できる時間的およびアクセントのカットオフ値を抽出した。その結果、発話時間については、本研究で使用した 3 モーラ語を復唱するのに 586msec 以上を要する場合、および発話開始までの時間が 491msec 以上の場合は AOS である可能性が高いことが明らかとなった。一方、アクセントについては、アクセントのある 2 モーラ語の基本周波数 F0 の変化率が 11.4 以下の場合、AOS である可能性が高いことが示された。この指標は、聴覚印象を基に評価・

診断が行われている現在の AOS 臨床を補強する有力な武器になりうると考えられる。但し、このカットオフ値は軽度失語症を伴う AOS 患者の発話を対象としたものであることに留意する必要がある。

AOS の大部分が失語症を伴って生じるため、本研究は日常臨床で最も接することが多いブローカ失語を伴う AOS 話者を対象とした。本研究では、失語症の影響をできるだけ排除するため、対象者を軽度失語症者とし、音韻性錯語をほとんど認めない者を対象とした。また、課題遂行に必要な単語の復唱は可能な者であった。課題の実施においては、語がイメージしやすいように音声と同時に文字も提示した。これらのことにより本研究結果に失語症が関与した可能性は低いと考えられる。

本研究の新規性は、日本語 AOS 話者におけるプロソディーの特性を発話時間とアクセントから解明し、その結果を基に臨床評価で使用できる発話時間とアクセントのカットオフ値を明らかにした点にある。AOS 話者のプロソディーの特性を群研究によって音響学的に検討した先行研究は存在しない。また AOS 発話を健常発話から区別する発話時間とアクセントのカットオフ値を明らかにした先行研究も存在しない。健常者と区別する評価・診断に使用できる客観的指標を明らかにした研究は、わが国には存在しない。この意味において、本研究の成果は AOS 臨床に寄与すると考えられる。

本研究の限界は、症例数が比較的になかったことである。また、脳病変部位との関連が検索できていないことも、本研究の限界の一つである。近年、変性疾患<sup>61,62)</sup>や脳血管障害<sup>63)</sup>による AOS について、責任病巣による下位分類が試みられている。今後は症例数を増やして、病変部位との関係も検討したいと考えている。

最後に、本研究成果の臨床応用について考えてみたい。AOS 評価のゴールドスタンダードは ST による聴覚印象評価とされ<sup>34,42,61)</sup>、簡便さから臨床場面でよく用いられている。しかし、聴覚印象は主観的なものであり、評価者間の変動が大きい<sup>64)</sup>。音響学的評価は、聴覚印象評価に比べて手間や労力がかかるが、客観性が担保できる。近年は、本研究で使用した音声分析ソフト Praat をはじめ、フリーソフトが公開されており、音響分析のハードルも下がってきている。従来行われてきた聴覚印象評価と音響学的評価を相互補完的に使用することにより、AOS 評価・診断の確実性および信頼性が向上すると考えられる。

## II. 結論

本研究では、日本語 AOS 話者のプロソディーの特性を発話時間とアクセントから分析し、AOS 評価の指標を検討し、下記の結果を得た。

AOS 話者の発話時間については、母音持続、音節移行、発話開始の各時間が健常話者より延長し、発話全体の速度の低下に母音持続時間の延長が関係することが明らかとなった。また発話開始と音節移行といった発話していない時間の変動が大きいことが示された。

アクセントについては、AOS 話者は健常話者より基本周波数 F0 および音響インテンシティーの変化率が低く、発話ごとの変動が大きいことが明らかになった。

本研究の結果を基に AOS 評価の指標として、時間については全発話時間と発話開始時間、アクセントについては F0 変化率のカットオフ値が算出された。その結果、全発話時間は 586msec 以上、発話開始時間は 491msec 以上、F0 変化率は 11.4 以下の場合、それぞれ AOS である可能性が高いことが示された。本研究の成果は、AOS 臨床に寄与すると考えられる。

## 謝辞

本研究の実施にあたり、ご協力いただきました患者様とご家族、健常被験者の皆様により感謝申し上げます。

本研究に実施にあたり、研究計画立案から実施、論文執筆にいたるまで、一つ一つ丁寧にご指導くださいました国際医療福祉大学大学院言語聴覚分野教授 藤田郁代先生に深謝申し上げます。

本研究は、農協共済中伊豆リハビリテーションセンターの皆様のご協力によって実施することができました。特にリハビリテーション部言語聴覚療法科の皆様には多大なご協力やご配慮をいただきまして、誠にありがとうございました。

大学院の博士ゼミでは、言語聴覚分野の先生方や院生の皆様にたくさんのご意見やご指導をいただき、研究をブラッシュアップすることができました。入学時からコロナ禍であり、3年間通してオンラインでのゼミでしたが、院生の同期や仲間の存在が心強く、3年間諦めることなく取り組むことができました。

多くの方の協力と支援があってここまでたどり着くことができました。本当にありがとうございました。



## 引用文献

- 1)Levelt WJM, Roelofs A, Meyer AS. A theory of lexical access in speech production. Behavioral and Brain Sciences 1999; 22: 1-75
- 2)大槻美佳. anarthrie の症候学. 神経心理学 2005; 21: 172-182
- 3)Itabashi R, Nishio Y, Kataoka Y, et al. Damage to the left precentral gyrus is associated with apraxia of speech in acute stroke. Stroke 2016; 47: 31-36
- 4)Darley FL, Aronson AE, Brown JR. Motor Speech Disorders. Philadelphia: WB Saunders, 1975: 250-269
- 5)吉野真理子 (鹿島晴雄, 種村純編). 失構音／発語失行／アナルトリー. よくわかる失語症と高次脳機能障害. 大阪: 永井書店, 2003: 109
- 6)Wertz RT, LaPointe LL, Rosenbek JC. Characteristics of apraxia. Apraxia of Speech in Adults: The Disorder and its Management. Orland: Grunse & Stratton, 1984: 81
- 7)McNeil MR, Ballard KJ, Duffy JR, et al (Lieshout P, Maassen B, Terband E(ed.)) . Apraxia of speech theory, assessment, differential diagnosis, and treatment. Speech Motor Control in Normal and Disordered Speech: Future Developments in Theory and Methodology. Rokville MD: ASHA, 2016: 195-221
- 8)川邊圭太, 吉野真理子. 発語失行 (apraxia of speech) における発話の誤りの変動性: 連続単語復唱課題を用いた伝導失語および運動失調性構音障害との比較. 高次脳機能研究 2021; 41(1): 63-71
- 9)窪園晴夫. 一般言語学から見た日本語のプロソディー 鹿児島方言を中心に. 東京: 株式会社出版, 2021: 4
- 10)吉野真理子, 河村満. 純粹発語失行症例における発話の経時的検討. 聴能言語学研究 1993; 10(2): 110-119
- 11)谷哲夫, 飯塚優子, 荒木吏江子. 純粹発語失行症例における構音の誤りとプロソディーの異常の分析. 失語症研究 2002; 22(4): 280-291
- 12)津田哲也. 発話条件が発語失行を伴う失語症者の構音・アクセントパターンに与える影響: 音声学・心理学的側面からの予備的検討. 広島県立保健福祉大学誌 2018; 18(1): 45-50
- 13)福永真哉, 時田春樹, 塩見将志ら. プロソディ障害が残存した右半球病巣による非右利き発語失行の 1 例. 音声言語医学 2020; 61(1): 67-75

- 14)小川七世, 太田祥子, 寺尾心一ら. 音の連結不良が顕著で音の歪みのない原発性進行性発語失行の1例. 神経心理学 2021; 37(3): 212-218
- 15)Kent RD, Rosenbek JC. Acoustic patterns of apraxia of speech. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research* 1983; 26: 231-249
- 16)Dallin J, Bailey MB, Catharine D, et al. Quantification and systematic characterization of stuttering-like disfluencies in acquired apraxia of speech. *American Journal of Speech-Language Pathology* 2017; 26: 641-648
- 17)Tuller B. On categorizing aphasic speech errors. *Neuropsychologia* 1984; 22(5): 547-557
- 18)McNeil, MR. *Apraxia of speech: from concept to clinic. Seminars in Speech and Language.* New York: Thieme, 2002: 221-222
- 19)伊藤元信, 笹沼澄子, 牛島達次郎ら. 発語失行症における発話時の構音器官の動態—ファイバースコープおよび X 線マイクロビームによる観測—. 音声言語医学 1978; 19: 285-296
- 20)Collins M, Rosenbek JC, Wertz RT. Spectrographic analysis of vowel and word duration in apraxia of speech. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research* 1983; 26: 224
- 21)Haley KL, Overton HB. Word length and vowel duration in apraxia of speech: the use of relative measures. *Brain and Language* 2001; 79(3): 397-406
- 22)Maas E, Mailend ML, Guenther FH. Feedforward and feedback control in apraxia of speech: effects of noise masking on vowel production. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research* 2015; 58(2): 185-200
- 23)Strauss M, Klish RJ. Word length effects on EMG/vowel duration relationships in apraxic speakers. *Folia Phoniatica et Logopaedica* 2001; 53(1): 58-65
- 24)Ziegler W. Task-related factors on oral motor control: speech and oral diadochokinesis in dysarthria and apraxia of speech. *Brain and Language* 2002; 80: 556
- 25)平山恵造. 構音障害と失構音 —神経学的視点から—. 脳と神経 1994; 46: 611-620
- 26)Duffy, JR. *Apraxia of speech. Motor Speech Disorders: Substrates, Differential, Diagnosis, and Management, fourth edition.* St. Louis: Elsevier, 2020: 257-279
- 27)Seddoh S, Robin DA, Sim HS, et al. Speech timing in apraxia of speech versus conduction aphasia. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research* 1996; 39: 590-603
- 28)正木信夫, 辰巳格, 笹沼澄子. 発語失行患者の単語アクセント生成における調音器官と発声器官の協調運動の異常. 音声言語医学 1990; 31: 186-194
- 29)待井典子, 宇野彰. 一発語失行例における発話の音響学的分析—発話所要時間, 語頭子音の

- 最大音圧, 基本周波数の変動に関する検討—. 失語症研究 1999; 19(3): 208-217
- 30)橋本幸成, 水本豪, 大塚裕一ら. 一発語失行例のプロソディー異常に関する検討 —発話速度および発話リズムの観点から—. 高次脳機能研究 2013; 33(3): 374-381
- 31)Jacks A, Mathes KA, Marquardt TP. Vowel acoustics in adults with apraxia of speech. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research* 2010; 53(1): 61-74
- 32)Mauszycki SC, Dromey C, Wambaugh JL. Variability in apraxia of speech: a perceptual, acoustic, and kinematic analysis of stop consonants. *Journal of Medical Speech-language Pathology* 2007;15: 223-242
- 33)McNeil MR, Robin DA, Schmidt RA. (McNeil MR (ed.)). *Apraxia of speech: definition, differentiation, and treatment. Clinical management of sensorimotor speech disorders*, 2nd ed. New York: Thieme, 2008: 249-268
- 34)Allison KM, Cordella C, Iuzzini-Seigel, et al. Differential diagnosis of apraxia of speech in children and adults: a scoping review. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research* 2020; 63: 2952–2994
- 35)Ryalls JH. An acoustic study of vowel production in aphasia. *Brain and Language* 1986; 29: 48-67
- 36)Courson MEA, Ballard KJ, Canault M, et al. Lexical stress production in healthy and apraxic speakers of Australian English or French. *Journal of Medical Speech-Language Pathology* 2012; 20(4): 47-52
- 37)Vergis MK, Ballard KJ, Duffy JR, et al. An acoustic measure of lexical stress differentiates aphasia and aphasia plus apraxia of speech after stroke. *Aphasiology* 2014; 28(5): 554-575
- 38)Savage, MC, Stead AL, Hoffman PR. Treating apraxia of speech as a result of postencephalitic parkinsonism using discourse. *Journal of Medical Speech-Language Pathology* 2012; 20: 35-42
- 39)Ballard KJ, Azizi L, Duffy JR, et al. A predictive model for diagnosing stroke-related apraxia of speech. *Neuropsychologia* 2016; 81: 129-139
- 40)Basilakos A, Yourganov G, den Ouden DB, et al. A multivariate analytic approach to the differential diagnosis of apraxia of speech. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research* 2017; 60(12): 3378-3392
- 41)Duffy JR, Hanley H, Utianski R, et al. Temporal acoustic measures distinguish primary progressive apraxia of speech from primary progressive aphasia. *Brain and Language* 2017; 168: 84-94

- 42)Scholl DI, McCabe PJ, Heard R, et al. Segmental and prosodic variability on repeated polysyllabic word production in acquired apraxia of speech plus aphasia. *Aphasiology* 2018; 32: 578-597
- 43)Haley KL, Jacks A. Word-level prosodic measures and the differential diagnosis of apraxia of speech. *Clinical Linguistics & Phonetics* 2019; 33(5): 479-495
- 44)里井久輝. 言語と音声リズム. 龍谷理工ジャーナル. 2012; 24: 1-5
- 45)Boersma P. Praat, a system for doing phonetics by computer. *Glott International* 2001; 5: 341-345
- 46)伊藤元信. 単語明瞭度検査の感度. *音声言語医学* 1993; 34(3): 237-243
- 47)日本高次脳機能障害学会 Brain function test 作成委員会 (加藤正弘, 岩田 誠, 鹿島晴雄ら). 標準失語症検査マニュアル 改訂第2版. 東京: 新興医学出版社, 2003
- 48)長谷川恒雄, 岸久博, 重野幸次ら. 失語症評価尺度の研究; 標準失語症検査 (SLTA) の総合評価法. *失語症研究* 1984; 4: 638-646
- 49)伊藤元信, 野村恭也〔編〕, 本庄巖〔編〕. コミュニケーション障害. 耳鼻咽喉科・頭頸部外科 MOOK. No. 4. 東京: 金原出版, 1987: 152-168
- 50)湯浅哲也, 加藤靖佳. 重度難聴障害者の発話音声における撥音の持続時間に関する音響的検討. *リハビリテーション連携科学* 2020; 21 (2): 116-124
- 51)尾原恵美, 伊藤元信, 菊地義信. 食道発声における発話明瞭度－明瞭度低下の要因について－. *音声言語医学* 2006; 47 (1): 5-15
- 52)藤崎博也, 杉藤美代子. 音声の物理的性質. 岩波講座日本語 5 (音韻). 東京: 岩波書店, 1977: 63-106
- 53)Ziegler W. A nonlinear model of word length effects in apraxia of speech. *Cognitive Neuropsychology* 2005; 23: 231
- 54)Ballard KJ, Savage S, Leyton CE, et al. Logopenic and nonfluent variants of primary progressive aphasia are differentiated by acoustic measures of speech production. *PLOS ONE* 2014; 9(2): 2014
- 55)Mass E, Robin DA, Aistermann H, Hula SN. Principles of motor learning in treatment of motor speech disorders. *American Journal of Speech-Language Pathology* 2008; 17: 277-298
- 56)榊原健一. 発声と声帯振動の基礎. *日本音響学会誌* 2015; 71 (2): 73-79
- 57)池崎寛人, 水本豪, 橋本幸成ら. 失語症を伴った Foreign accent syndrome の1症例～音圧と基本周波数を指標とした検討～. *保健科学研究誌* 2015; 12: 83-89

- 58)西尾正輝, 新美成二. 加齢に伴う話声位の変化. 音声言語医学 2005; 46: 136-144
- 59)高見和之, 小林聡. 2 モーラ語「ええ」に対するパラ言語情報の認知における F0 の影響. 電子情報通信学会技術研究報告 2008; 108(116): 121-126
- 60)馬場良二, 橋本幸成, 大山浩美. 発語失行者の発話分析とその発話方略. 熊本県立大学文学部紀要 2013; 19: 23-43
- 61)Josephs KA, Duffy JR, Strand EA. et al. Syndromes dominated by apraxia of speech show distinct characteristics from agrammatic PPA. Neurology 2013; 81: 337-345
- 62)Utianski RL, Duffy JR, Clark HM, et al. Prosodic and phonetic subtypes of primary progressive apraxia of speech. Brain and Language 2018; 184: 54-65
- 63)高倉祐樹, 大槻美佳. 失構音の下位分類とその病態の発現機序について. 言語聴覚研究 2016; 13(4): 258-274
- 64)辰巳寛, 田中誠也, 杉山裕美ら. 言語聴覚士による聴覚印象評価の信頼性について: 『〈発語失行症〉話しことばの評価票』を用いた検討. 言語聴覚研究 2013; 10(1): 5-14