

令和 5 年 6 月 5 日現在

機関番号：24506

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2022

課題番号：19K20751

研究課題名（和文）音響解析による発話障害のためのリハビリテーション支援システムの開発

研究課題名（英文）Rehabilitation support system for speech disorder by acoustic analysis

研究代表者

八木 直美（Yagi, Naomi）

兵庫県立大学・先端医療工学研究所・准教授

研究者番号：40731708

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、構音障害のためのリハビリテーション支援ツール作成を目的とし、音響解析を中心にアルゴリズム検討した。健常者と構音障害患者の群間比較を行うために、発声時の音声信号の周期と振幅の変動に着目した。音声データの変動計測を用いて、変動指数、ゆらぎや動的時間伸縮法等の特徴量による発話異常を検出するモデルを予測した。群間の変動を除去するために、傾向スコアの逆数を用いた重み付けの逆確率傾向スコアマッチング法を適用した。その結果、健常者と患者の分類性能曲線下面積は0.78であった。音響分析技術は構音障害の診断と治療に有用であることが示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

医療現場では、エビデンスに基づく臨床判断が求められる。現在、発話障害検査は、話しことばを聴取し、その聴覚印象によって行うため、評価は検査者の主観に必然的に依存する。そのため、評価結果に個人差が生じることもあり、経験に基づいた高い専門的能力が求められると共に精度や信頼性の点で検討の余地が残る。本システムでは、場所、時間、体位・動作等の制限や拘束が少なく、さらに専門的な技術が不要な、安価で簡便な検査を実現可能となった。機能不全等の見える化を図ることでリハビリテーションを効率良く実施できたと考える。

研究成果の概要（英文）：In this study, the algorithm was examined mainly for acoustic analysis for the purpose of creating a rehabilitation support tool for dysarthria. To compare between the groups of healthy subjects and dysarthria patients, we focused on the fluctuation of the period and amplitude of the speech signal during vocalization. Using fluctuation measurement of speech data, we predicted a model for detecting utterance anomalies based on features such as fluctuation index, fluctuation of YURAGI, and dynamic time warping. A weighted inverse propensity score matching method using the reciprocal of the propensity score was applied to remove inter-group variability. As the results, the area under the classification performance curve for healthy subjects and patients was 0.78. Acoustic analysis techniques have been shown to be useful in diagnosing and treating dysarthria.

研究分野：医工学

キーワード：発話障害 リハビリテーション 人工知能 簡易診断システム

### 1. 研究開始当初の背景

発話の構造は、韻律・構音・発声・呼吸などの広範囲にわたるため、失語症や嚥下障害の領域と異なり、発話障害スクリーニングテストは存在しない。現在、日本では音声言語障害 346 万人(内、言語障害 121 万人、音声障害 75 万人、構音障害 80 万人、吃音 70 万人)と推定されている(荏安ら, 2017)。多様な疾患や状態によって起こりうるため、調査は困難であり詳細報告が限定されているのも現状である。日本の総人口数 1 億 2 千万人(平成 29 年 12 月総務省)に対して、発話に関する音声障害や構音障害は、約 150 万人(約 80 人に 1 人)がである。「音声障害」とは声を出しにくくなった状態をいう。また、「構音障害」とは正しい言葉を選択し話せるものの、声を出しにくい、呂律が回らず正しい発音が出来なくなる等の「構音」の器官が働かなくなることという。構音障害の人は、口や舌などの器官を上手く動かすことが出来なくなる。言葉を作る機能は、以下から構成される。これまで、老人のコミュニケーション障害の中では構音障害の発現率が最も高く(物井ら, 1991)、メイヨー・クリニックの言語病理学部門での後天性コミュニケーション障害患者約 4,700 名を対象とした調査では構音障害が 46.3%と圧倒的に高いと報告されている(Duffy J ら, 1995)。聴覚的印象に基づいて行われている発話に関する評価は、対象者の発声発語や構音の状態について、簡便かつ系統的に実施することができ、臨床上も有用性が高い。しかしながら、他の障害等を併発していないか等、必要に応じて様々な検査が適用される。それらから、発話においてどの要素が異常かの重みづけをして総合評価しているのが実情である。従来研究では、発話音等による解析が行われているが高精度の評価には至っていないのが現状である。また、障害者の発話音に含まれる成分のメカニズムは明らかになっていない。

### 2. 研究の目的

本研究では発話時の計測信号から特徴値を取得し評価・解析する。発話機能評価のために発話障害のある被験者に対して疾患詳細などの基礎情報を取得する。非侵襲かつ非拘束機器を用いて計測したデータを用いて発話障害スクリーニングシステムのための柔軟でロバストな手法を確立する。また、人間と機械を基軸とした融合的アプローチによって発話障害治療、リハビリテーション支援への発展を目指す。本研究では、非侵襲かつ非拘束機器を用いて生体情報計測を実施し、生体計測における発話障害の簡易診断のためのスマートセンシングシステムを開発する。診断結果をフィードバックすることで、個人適応したリハビリテーションプログラムに繋げて自主的な疾患改善を促す。さらに、リアルタイム診断ができるアルゴリズム開発および柔軟でロバストな手法を確立する。発話障害の評価は、言語聴覚士や耳鼻咽喉科医の主観的評価にゆだねられている現状がある。それ故に、いくつかの音響解析が試みられているが、いまだ臨床上広く使用されている現状にはない。具体的には、患者自身の音声言語を「見える化」することによって定量評価し、機能不全との因果関係を解明する。さらに、新しいリハビリテーション方法を確立することを最終目的とする。音響解析における人工知能などの知的計算法を駆使し、個の視点からのリハビリテーション医学の発展のために情報技術がもたらす革新的アプローチで医療への貢献を追求する。本システムは、人間にとって優しく非侵襲、非拘束なシステムであり、「日常の発話モニタリング」を実施できる。患者と医療従事者双方の身体、心理的負担を軽減させ、健康管理にも役立てることで個々が安心して元気で暮らすことができる社会を実現させる。また、リハビリテーションに応用し、訓練の質を向上させる。

### 3. 研究の方法

音響解析と統計解析を用いて調音異常検出モデルを開発する提案手法について説明する。まず音声データを周期ごとに分割する。周期ごとのデータを用いて、波形データの周期と振幅の変動を計算する。最後に、多重ロジスティック回帰分析を行う。音響分析は、15 名(健常者 6 名、患者 9 名: 開鼻声 6 名、閉鼻声 3 名)の音声データを使用した(Cleft palate dysarthria (Audio CD) Japanese Society of Speech and Language Medicine, Interuna Publisher, Inc., 1999)。鼻腔は声の共鳴器官であり、その共鳴がうまくいかないと鼻声が発生する。「あ、い、う、え、お」の各単音を切り出し、単音データとした。音響解析は音声の波形を解析する手法であり、変動係数は日常臨床において指標としてよく用いられる。周期 $p_i$ , 振幅 $a_i$  ( $i = 1, 2, 3, \dots, N$ )を各サイクルで測定された期間とする。

#### 4. 研究成果

音響解析結果を図 1-3 に示す。健常者および患者（開鼻声および閉鼻声）に当てはめた結果、93.3% (=14/15×100)の精度で評価された（表 1）。図 4 に被験者ごとの平均フォルマント周波数を計算した結果を示す。フォルマント周波数とは、単語を発声したときの音声スペクトルが時間とともに変化する複数のピークである。周波数の低い順に第 1 フォルマント、第 2 フォルマントと呼ぶ。発音する音素が同じであれば、フォルマント周波数は近くなる。健常者の発声の面積と比較すると、開鼻声が大きく、閉鼻声が小さいことが示された。

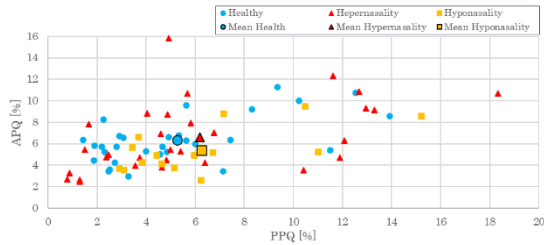


図 1 音響解析結果：PPQ と APQ の関係性

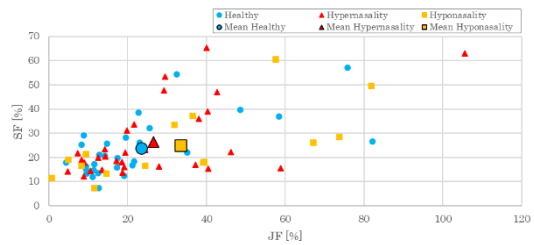


図 2 音響解析結果：MPPQ と MAPQ の関係性

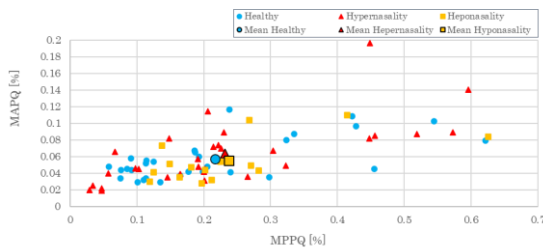


図 3 音響解析結果：JF と SF の関係性

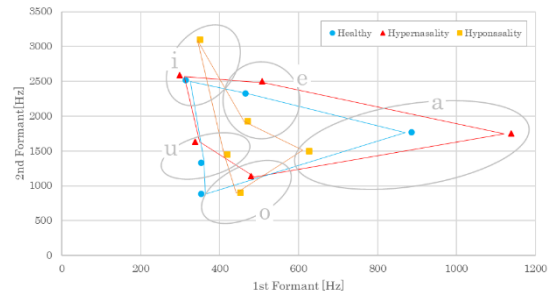


図 4 フォルマント分析の結果

表 1 判別分析の結果

No	Subject	Predicted Score			Predicted Result
		Healthy	Hypernasality	Hyponasality	
1	Healthy	*0.4644	0.1609	0.3748	Healthy
2	Healthy	*0.4354	0.2615	0.3040	Healthy
3	Healthy	*0.4351	0.4172	0.1479	Healthy
4	Healthy	*0.5472	0.2816	0.1727	Healthy
5	Healthy	*0.4518	0.2941	0.2515	Healthy
6	Healthy	*0.3940	0.3274	0.2787	Healthy
7	Hypernasality	0.2122	*0.4997	0.2909	Hypernasality
8	Hypernasality	0.2340	*0.5532	0.2119	Hypernasality
9	Hypernasality	0.2840	*0.4692	0.2483	Hypernasality
10	Hypernasality	0.2469	*0.5593	0.1950	Hypernasality
11	Hypernasality	0.3009	*0.3969	0.3022	Hypernasality
12	Hypernasality	0.2944	*0.4832	0.2221	Hypernasality
13	Hyponasality	0.3772	0.1452	*0.4776	Hyponasality
14	Hyponasality	*0.3761	0.2876	0.3360	Healthy
15	Hyponasality	0.1585	0.3312	*0.5973	Hyponasality

さらに、傾向スコア逆確率重み付け分析を行い、多重ロジスティクス解析を行った結果、PPQ、APQ、および Shimmer を使用した検出モデルが AUC 0.78 で最高のパフォーマンスを示した。構音障害の診断と治療において、音響分析技術の有用性を確認できた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Naomi Yagi, Yutaka Hata, Yoshitada Sakai	4. 巻 vol. 27, no. 5
2. 論文標題 Abnormal Articulation Detecting Model with Fluctuation Measurements using Acoustic Analysis	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Naomi Yagi, Yutaka Hata, Yoshitada Sakai
2. 発表標題 Investigation of Inspection Methods in Acoustic Analysis using Pronunciation Feature Extraction
3. 学会等名 The International Conference on Machine Learning and Cybernetics & The International Conference on Wavelet Analysis and Pattern Recognition 2022（国際学会）
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

6. 研究組織

氏名 （ローマ字氏名） （研究者番号）	所属研究機関・部局・職 （機関番号）	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関