

令和 6 年 6 月 4 日現在

機関番号：33111

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K19741

研究課題名（和文）AIソフトを用いた認知症予防のための遠隔リハビリテーション技術の開発

研究課題名（英文）Development of tele-rehabilitation technology for dementia prevention using AI

研究代表者

能登 真一（Noto, Shinichi）

新潟医療福祉大学・リハビリテーション学部・教授

研究者番号：00339954

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,900,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、アルツハイマー病患者と健常高齢者の音声の違いを識別するために、両群の音声解析を通してAI（人工知能）の開発を試みた。実験では、アルツハイマー病患者と健常高齢者に認知機能テストをしてもらい、その時間の会話を録音して、コンピューターで機械学習という手法によって分析した。その結果、アルツハイマー病患者では、音声の歪みが生じていることがわかり、その歪みを検出することでAIがアルツハイマー病の可能性を判定できるようになった。一方で、今回の研究では、分析の対象とした症例数が両群それぞれ100名程度であったため、より性能の高いAIにするためにはさらなる機械学習が必要と考えられた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の最大の成果は、会話の音声という非侵襲的な検査によって、アルツハイマー病発症の可能性を予測できる可能性を示したことである。アルツハイマー病の早期発見には体液バイオマーカーの手がかりとした検査が有効とされているが、時間とコストがかかる。またPETによる検査も同様でスクリーニングには適していない。本研究がAI（人工知能）の開発を目的としたことも時宜を得ており、これが実用化されれば、安価でアルツハイマー病の早期発見やリハビリテーションの効果判定に利用可能となる。社会的にも、例えば、金融機関などにおいて資産管理能力の判定に用いることを通じて、認知機能が低下する前に相続対策に役立てることができる。

研究成果の概要（英文）：In this study, we attempted to develop an artificial intelligence (AI) to discriminate the differences between the speech of Alzheimer's disease patients and healthy older adults by analyzing the speech of both groups. In the experiment, Alzheimer's disease patients and ordinary older adults were asked to perform a cognitive function test, and their conversations were recorded and analyzed by a computer using a machine learning method. As a result, it was found that speech distortion occurred in Alzheimer's disease patients, and AI was able to determine the possibility of Alzheimer's disease by detecting the distortion. On the other hand, since the number of cases analyzed in this study was only about 100 for each of the two groups, further machine learning was considered necessary to improve the performance of the AI.

研究分野：リハビリテーション医学

キーワード：アルツハイマー病 AI（人工知能） 音声 会話 機械学習 リハビリテーション

## 1. 研究開始当初の背景

わが国では、アルツハイマー病をはじめとした認知症に対する予防や治療法の開発が喫緊の課題となっている。薬物療法に関しては、症状の進行を遅らせるための新薬の開発が世界中で進められているが画期的な開発には至っていない。非薬物療法についても、エビデンスレベルの高い効果的な治療に限られる中、対処療法的な治療に留まっているのが現状である。今後は、認知症の発症を予防する観点からのリハビリテーションアプローチの重要性がより一層高まっていくと考えられる。他方、昨今のコロナ禍のもとでの高齢者リハビリテーションについては通所や訪問ではない非接触型のサービスに対するニーズが高まっており、認知症を予防するリハビリテーションサービスについても同様の提供体制が求められていくと予想される。認知症の予防や早期発見に関して、海外ではITやAI (artificial intelligence; 人工知能) 技術を駆使した認知症研究が進められている。Sattら(2013)は健常者とアルツハイマー病患者の音声信号を分析し、下図に示すようなアルツハイマー病固有の音声信号に示されるスペクトラム (energy modulation spectrum) の不規則性を発見し評価に活用できると報告している。また音声解析という観点からは、Viswanathanら(2019)らが、フラクタル次元、正規化相互情報量というデータの解析をとおしてパーキンソン病患者固有の特徴を発見しており、これら音声の変化の特徴は評価や治療に応用できる可能性が高い。

一方、非接触型のリハビリテーションについては、電話を使ったテレ・リハビリテーションアプローチ (Tele-Rehabilitation) が海外で盛んになっている。国内でも北海道や香川 (Suzuki et al.; 2015, Zhang et al.; 2015) でコロナ禍になる前から遠隔システムによるリハビリテーションのシステムが構築されつつあり、今後はこのような通信技術を応用したリハビリテーションがより広まっていくものと考えられる。

## 2. 研究の目的

本研究では、音声信号の識別成果に着目して、日常会話の音声解析からアルツハイマー病の発症の予測と、その発症を予防するための遠隔認知トレーニングの効果を検証することを目的に研究を実施した。

## 3. 研究の方法

研究方法は以下の2段階に分かれる。

### ① 音声信号解析のためのAIの開発

音声信号はアナログデータであるため、それをデジタル化する必要がある。デジタル化したものはスペクトラムとして表示することが可能であり、それを解析するPCソフトはすでに複数のものが市販されている。本研究の第1段階では、アルツハイマー病患者の会話の記録を健常高齢者の音声とともにAIに機械学習させることによって、両者を判別するAIの開発を目指した。

対象者はアルツハイマー病患者と年齢をマッチさせた健常高齢者であり、前者は認知症専門病院を後者は有料老人ホームをリサーチフィールドとした。音声の収録は、MMSEとHDS-Rの検査場面とし、その前後における作業療法士等との自由会話部分もそれに含めた。

オーディオファイルは、RIFF WAVフォーマット形式、サンプリングレート44.1kHzで保存した。MMSEおよびHDS-Rのすべての質問と、その前後の自由会話から得られる被験者の音声部分のみを手動でセグメント分けを行った。音声解析は、音声特徴を抽出し解析を行った。1) スペクトル: 重心, 歪度および尖度それぞれの平均と標準偏差, スペクトルの標準偏差 ( $3 * 2 + 1 = 7$  features), 2) 強度と基本周波数: 平均, 中央値, 最小値, 最大値, 15パーセンタイル, 85パーセンタイル, 標準偏差, 歪度, 尖度 ( $2 * 9 = 18$  features), 3) 強度と基本周波数の微小時間変化量(delta): 平均, 中央値, 最小値, 最大値, 15パーセンタイル, 85パーセンタイル, 標準偏差, 歪度, 尖度 ( $2 * 9 = 18$  features), 特徴セットの全体サイズは43(7 + 18 + 18) featuresであった。

### ② AIの有効性の検証

①で開発したAIをインストールしたPCを介して、その再現性を検証した。①の対象者とは別の集団(別の認知症専門病院と別の有料老人ホーム)に対して、会話中の音声を収録し、AIの機械学習の強化とともに、アルツハイマー病か健常高齢者かの判別能力の判定を実施した。正常者群(Healthy Elderly)とアルツハイマー病患者群(Patients)とで違いが見られた音声特徴を対象に、3つの分類器(Logistic Regression(LR), Support Vector Machine(SVM), Random Forest(RF))により、それぞれの音声特徴を単一の説明変数とした場合のパフォーマンス評価を行った。

## 4. 研究成果

### (1) パイロットスタディ

AI による解析のパイロットスタディとして、特徴的なアルツハイマー病型認知症者 2 名 (93 歳女性 A さん, 81 歳男性 B さん) と、健常高齢者 2 名 (80 歳女性 C さん, 82 歳女性 D さん) を選んだ。MMSE の結果は A さんと B さんはそれぞれ 4 点, 13 点であり, 健常高齢者はともに 30 点であった。図 1 に示す通り, アルツハイマー病患者は健常高齢者に比べて, 声紋がぼやけており, 音圧の反応も鈍いことが発見された。

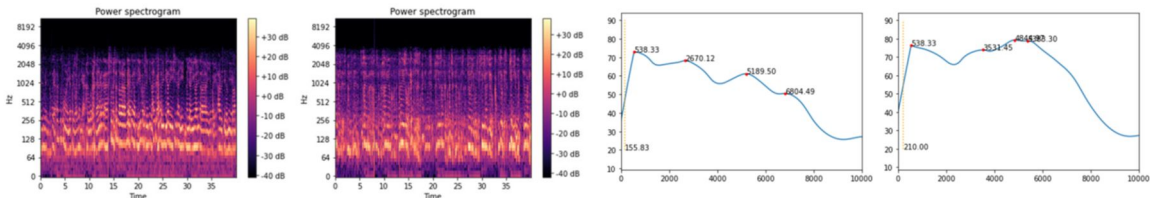


図 1 . アルツハイマー病患者 (左) と健常高齢者 (右) のスペクトログラムとスペクト包絡

### (2) 音声信号解析のための AI の開発

石川県にある認知症専門病院でアルツハイマー病患者 83 名, 神奈川県と静岡県にある有料老人ホームで 75 名を対象に音声の収録を実施した。両群の平均年齢は前者が  $81.6 \pm 0.8$  歳, 後者が  $80.4 \pm 0.7$ , 男女比はそれぞれ男性 33/女性 50 名, 28 名/47 名であった, また, MMSE の平均値はそれぞれ  $15.9 \pm 0.7$  点,  $28.1 \pm 0.3$  であった。

スペクトルはすべての要素で両群に有意な差を認めた。強度については, 標準偏差を除くすべての要素において両群に有意な差を認めた。一方, 基本周波数については, 平均値, 15percentile, 85percentile では差を認めなかった。さらに, 強度と基本周波数の微小時間変化量(delta)では, 強度のそれが平均値以外で差を認めた一方, 基本周波数の微小時間変化量(delta)では, 平均値, 標準偏差, 歪度では差を認めなかった。

また, 有意差が見られた音声特徴を対象に 3 つの分類器(LR, SVM, RF)によるパフォーマンス評価を実施した。正解率, F1 スコアまたは AUC が高い値を示した音声特徴は, スペクトルの重心, 歪度および尖度の平均と標準偏差であった。中でも, LR または SVM のいずれかの分類器を用いた場合に, 高い値を示し, とくに LR を用いたスペクトルの尖度の標準偏差の 5 分割交差検証の平均 AUC はそれぞれ  $0.977 \pm 0.012$  (LR),  $0.971 \pm 0.015$  (SVM),  $0.952 \pm 0.016$  (RF) となり, パフォーマンスがもっとも高くなった。図 2 には, その 5 分割交差検証による ROC 曲線を示すが, いずれのグラフでも AUC を示した。

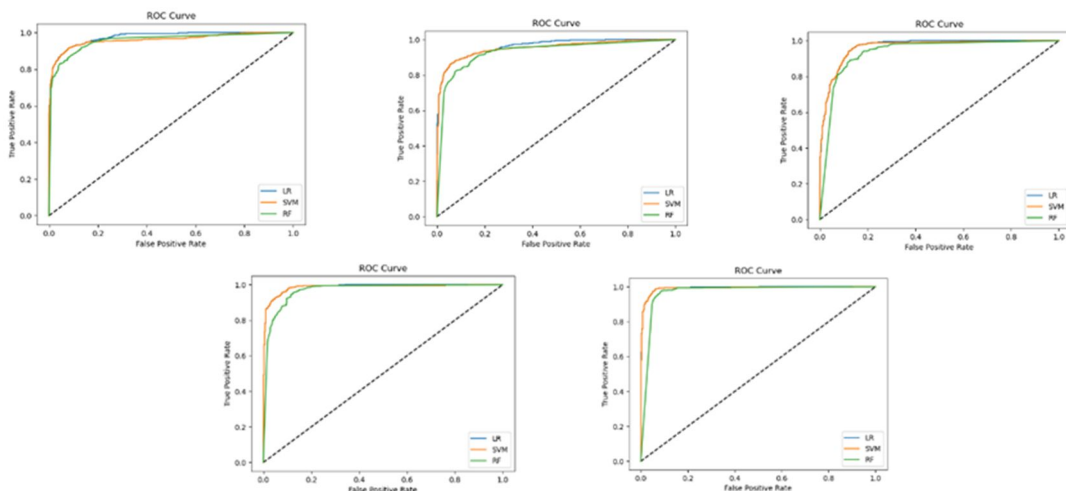


図 2 . スペクトラムのパフォーマンス評価のための ROC 曲線: 3 つの分類器による尖度 SD

以上の通り, 本研究では, AD 患者の発話の変化に注目し, 機械学習による健常高齢者との比較を通じてその違いの特徴を調査した。重心, 歪度, 尖度, 標準偏差の平均値を含むスペクトル全成分において, 両群間に有意差を認めた。また, パフォーマンス評価では, スペクトル重心, 平均歪度, 尖度, 標準偏差について高い AUC が得られた。機械学習によって得られた AD 患者の音声の特徴は, 将来的に非侵襲的な AD の早期診断への道を開くものである。

### <引用文献>

1. Satt A, et al. Evaluation of speech-based protocol for detection of early-stage dementia. Proc. of Interspeech 2013.
2. Viswanathan R, et al. Complexity Measures of Voice Recordings as a Discriminative Tool for Parkinson's Disease. Biosensors. 2019.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 能登真一, 村井千賀, 林玲子, 永田亮, 関山佑一
2. 発表標題 AIを用いたアルツハイマー病型認知症者の音声の特性についての研究 - パイロットスタディ
3. 学会等名 第57回日本作業療法士学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 能登真一, 関山佑一, 永田亮, 山本凱, 田村俊暁
2. 発表標題 機械学習のためのアルツハイマー病の音声特徴の分析
3. 学会等名 第58回日本作業療法士学会
4. 発表年 2024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
---------	---------