

令和元年6月18日現在

機関番号：17601

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K01556

研究課題名(和文) 音声合成技術を用いた無意味発声による自閉スペクトラム症児の診断ツールの開発

研究課題名(英文) Development of a diagnostic tool for children with autism spectrum disorder based on preverbal vocalization using speech synthesis technology

研究代表者

中井 靖 (Nakai, Yasushi)

宮崎大学・教育学部・准教授

研究者番号：80462050

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：音声の質的要素を総称してプロソディという。自閉スペクトラム症児の話し言葉にはプロソディ異常が観察される。そこで、本研究の目的は音声合成技術を用い、自閉スペクトラム症児のプロソディ異常の特徴を定量的に明らかにすることとした。本研究の成果は自閉スペクトラム症児における話し言葉のプロソディ異常の一部を定量化したことにある。本研究の成果は国際ジャーナルに掲載された。これにより、本研究が取り組んできた手法及び技術を積み重ねていくことで、プロソディ異常に基づく自閉スペクトラム症児の超早期診断ツールを開発する可能性があることが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

自閉スペクトラム症児のプロソディ異常のパターンの一端を定量的に示すことができた。これにより、これまで人間の聴覚による主観的評価に基づいていた知見が客観的に支持された。また、自閉スペクトラム症児に限らず、定型発達児も含め、言語発達の評価方法について、従来の量的側面を重視したものから、新たな質的側面を重視したものの重要性を示唆した。

研究成果の概要(英文)：The qualitative elements of speech are collectively called prosody. Prosody abnormalities are observed in the speech of children with autistic spectrum disorder. Therefore, the purpose of this study was to use speech synthesis technology to quantitatively characterize prosody abnormalities in children with autism spectrum disorder. The outcome of this study is to quantify some of the prosody abnormalities of speech in children with autism spectrum disorder. The results of this study were published in an international journal. This suggests that accumulating the methods and techniques that this research has been working on may lead to the development of ultra-early diagnostic tools for children with autism spectrum disorders based on prosody abnormalities.

研究分野：人間医工学

キーワード：自閉スペクトラム症 音声合成 診断ツール

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

プロソディとは音声の質的要素の総称であり、イントネーションやアクセント、声量、速さ等が含まれる。自閉スペクトラム症 (autism spectrum disorder、以下 ASD) の話し言葉にはイントネーションの単調さや声量の不適切さに代表されるプロソディ異常がしばしば認められる。ASD のプロソディ異常は自閉症を最初に定義した Kanner の記述から始まり、その後一貫して報告されている。しかしながら、これらの報告は人間の聴覚による主観的評価に基づいているため、客観性や普遍性を備えていない。また、ASD のプロソディ異常を定量的に評価しようと試みた研究では主観的評価に基づく報告とは異なる結果を示した。このような相違が生じる理由として ASD のプロソディ異常を適正に表す定量的指標が未だ明らかにされていないことが考えられる。

これまでに私たちは ASD のイントネーションの単調さに着目し、独自の音声解析プログラムを開発した。従来の研究ではイントネーションを表す定量的指標として音の高低を数値化したピッチの幅 (最大値 - 最小値) や標準偏差を用いたが、私たちは新たにピッチの変動係数やピッチに関する 24 次元の統計量を複合的に用いた。これにより、ASD 児と定型発達 (typical development、以下 TD) 児のイントネーションの違いを定量的に示した。また、イントネーションの単調さに基づく ASD 児と TD 児の音声認識実験においては私たちが開発したプログラムは人間の聴覚よりも有意に高い精度を示した。このプログラムの精度をさらに高めて臨床応用するためにはイントネーションのみではなく、プロソディ全体を適正に表す定量的指標を特定することが不可欠である。

近年、ASD のバイオマーカーを探索する研究が注目されている。バイオマーカーとは病気や障害の状態を計測する定量的指標のことであり、ASD に関しては遺伝子数や脳活動量の異常が報告され始めている。また、TD の新生児の泣き声を音声解析した研究ではその泣き声に既に母国語のイントネーションが含まれることを示した。このことから、ASD の新生児や乳幼児の泣き声や喃語に既に ASD のプロソディ異常が含まれる可能性が考えられる。音声解析技術が進歩すれば、泣き声や喃語等の無意味発声による ASD 児の超早期診断・支援ツールの開発が期待できるだろう。

そこで、本研究は最新の音声合成技術を用い、定量的指標に基づいて ASD 児のプロソディ異常を再現する。ASD 児のプロソディ異常を構成すると考えられる各要素 (ピッチ、振幅、波形等) の程度やパターンを少しずつ変えた音声を複数合成し、どの音声が ASD 児の発声として聞こえるかを評価する。これにより、定量的指標に基づいた ASD 児の音響モデルを構築する。そして、この音響モデルを用いた無意味発声による ASD 児の診断ツールを開発し、その有効性を検証する。

### 2. 研究の目的

自閉スペクトラム症児の話し言葉にはプロソディ異常が観察される。そこで、本研究は最新の音声合成技術を用い、自閉スペクトラム症児のプロソディ異常の特徴を定量的に明らかにする。そして、プロソディ異常に基づく自閉スペクトラム症児の超早期診断の可能性を検討する。本研究目的は以下 2 点である。

- (1) 自閉スペクトラム症児のプロソディ異常を適正に定量化し、音響モデルを構築する。
- (2) 音響モデルを用いた無意味発声による自閉スペクトラム症児の診断ツールを開発する。

### 3. 研究の方法

本研究計画では音声合成技術を用い、ASD 児のプロソディ異常の特徴を定量的に明らかにし、プロソディ異常に基づく ASD 児の超早期診断の可能性を検討する。具体的には以下の通り進める。

- (1) 音声合成技術を用い、ASD 児のプロソディ異常を適正に表す定量的指標を特定する。
- (2) 特定した定量的指標に基づき、評価と改善を繰り返して ASD 児の音響モデルを構築する。
- (3) 構築した音響モデルと無意味発声との比較による ASD 児の診断ツールを開発する。
- (4) 開発した診断ツールを ASD 児と TD 児の音声データに適用し、その認識精度を計測する。

### 4. 研究成果

(1) 新版構音検査における単語検査の絵カード 50 枚を用いて、ASD 児 30 名と TD 児 54 名の音声データベースを作成した。信頼性を確保するため、分析対象は ASD 児と TD 児の各 10 名以上が発話した単語とした。分析対象となった単語は 31 語 (ASD 児: 630 個、TD 児: 1,033 個) であった。

音声による感情識別研究に基づき、ピッチを 24 次元の特徴量に分け、ASD 児と TD 児の音声パターンを機器に学習させた後に識別を試みた。識別精度は  $F$  値 =  $2 \times$  再現率  $\times$  適合率 / (再現率 + 適合率) を用いた (再現率 = ASD 正答数 / ASD データ数、適合率 = ASD 正答数 / ASD 判定数)。我々が独自開発したプログラムの識別精度を確認するため、言語聴覚士と比較した。

その結果、 $F$  値は我々のプログラムが .73 であり、言語聴覚士が .56 であった。なお、正当率は我々のプログラムが .76 であり、言語聴覚士が .69 であった (図 1)。これにより、ASD 児と TD 児の識別において、これまで人間の聴覚による主観的評価では確認できなかった特徴を我々のプログラムでは捉えることができた。

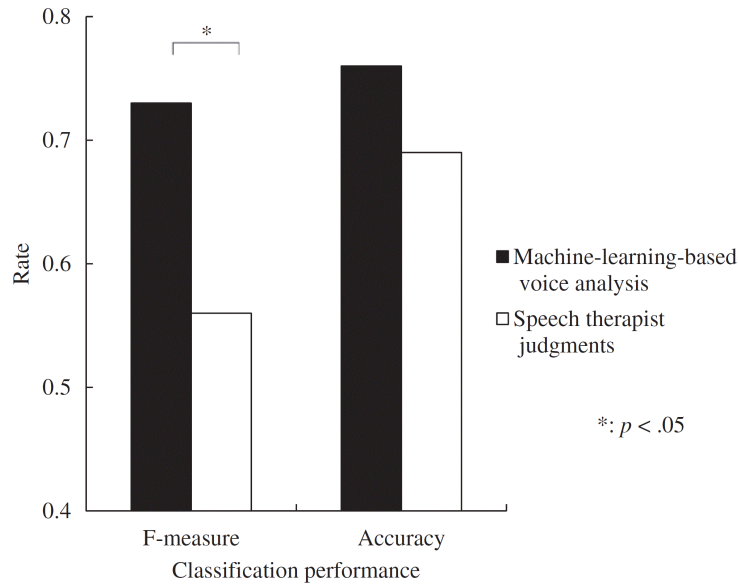


図1 F値・正答率

(2) 高機能AS児10名とTD児28名について、True-positive rate (TP、ASDデータのうちASDと判定した割合)、False-negative rate (FN、ASDデータのうちTDと判定した割合)、False-positive rate (FP、TDデータのうちASDと判定した割合)、True-negative rate (TN、TDデータのうちTDと判定した割合)の4つの指標を用いた。

その結果、TPは我々のプログラムが.81であり、言語聴覚士が.54であり、FNは我々のプログラムが.19であり、言語聴覚士が.46であり、FPは我々のプログラムが.27であり、言語聴覚士が.21であり、TNは我々のプログラムが.73であり、言語聴覚士が.80であった(図2)。このことから、言語聴覚士はASDのデータをTDと誤判定しやすいことが示唆された。加えて、我々のプログラムは言語聴覚士よりASDのデータをASDと判定する割合が高いことが示唆された。

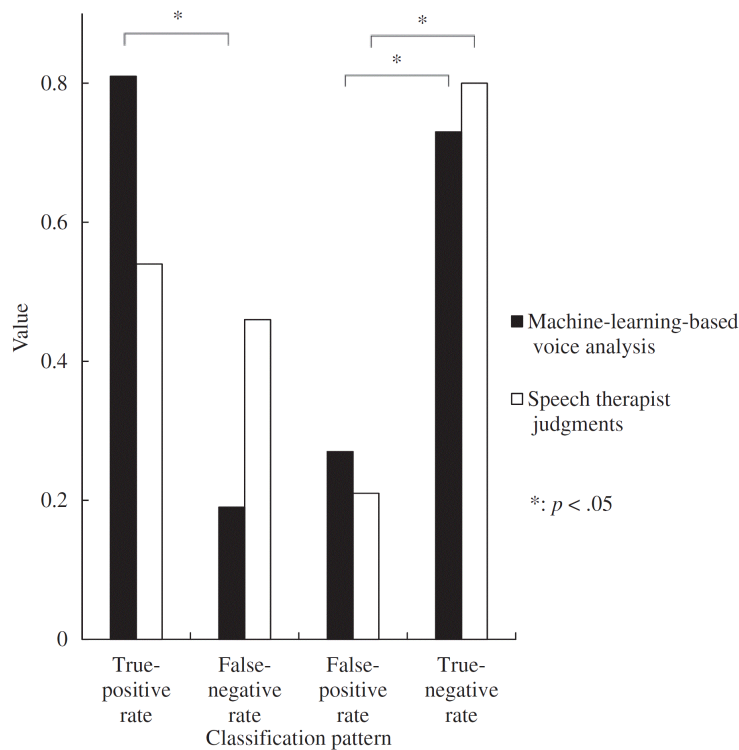


図2 TP・FN・FP・TN

<引用文献>

Nakai Y, Takashima R, Takiguchi T & Takada S, Speech intonation in children with autism spectrum disorder, Brain & Development, 36, 2014, 516-522.

## 5. 主な発表論文等

### 〔雑誌論文〕(計5件)

中井靖、山田美季、神垣彬子、自閉スペクトラム症児の発達の变化に応じた保護者支援 - 学校段階別の気になる行動の観点から -、宮崎大学教育学部紀要、査読無、91号、2018、88-93  
<https://ci.nii.ac.jp/naid/120006522987>

中井靖、川畑恵理、外山千佳、発達検査を用いた実態把握に基づく特別支援教育実践の効果 - 教師効力感に着目して -、宮崎大学教育学部紀要、査読無、90号、2018、9-15  
<https://ci.nii.ac.jp/naid/120006457692>

松井学洋、中井靖、高田哲、微細運動と言語能力の発達からみた模倣動作バイバイ、小児保健研究、査読有、76巻、2017、601-607  
<https://www.jschild.med-all.net/Contents/private/cx3child/2017/007606/031/0601-0607.pdf>

Nakai Y, Takiguchi T, Matsui G, Yamaoka N & Takada S, Detecting abnormal voice prosody through single-word utterances in children with autism spectrum disorders, Perceptual and Motor Skills, 査読有, 124, 2017, 961-973

DOI: 10.1177/0031512517716855

松井学洋、中井靖、高田哲、重症心身障害児の睡眠時自律神経活動の特徴、脳と発達、査読有、49巻、2017、260-266

<https://ci.nii.ac.jp/naid/130005757890>

### 〔学会発表〕(計4件)

五十嵐千尋、大歳太郎、片山裕代、中井靖、大歳美和、自閉スペクトラム症児における感覚刺激に対する年齢別反応特性 - 第2報 -、第52回日本作業療法学会、2018

大歳太郎、五十嵐千尋、倉澤茂樹、中井靖、大歳美和、学齢期の自閉スペクトラム症児における感覚刺激に対する年齢別反応特性、第52回日本作業療法学会、2018

松井学洋、中井靖、高田哲、微細運動と言語能力の発達からみた模倣動作「バイバイ」、第121回日本小児科学会学術集会、2018

Yamaoka N, Nakai Y & Takada S, Behavioral development in low-risk very and extremely low birth weight infants at around 19 months of age, The 48th Asia-Pacific Academic Consortium for Public Health Conference International Conference, 2016

### 〔図書〕(計1件)

中井靖 他、萌林書林、実践に生かす障害児保育・特別支援教育、2019、224

### 〔その他〕

ホームページ等

<http://yas-nakai.jp/>

## 6. 研究組織

### (1)研究分担者

研究分担者氏名：大歳 太郎

ローマ字氏名：( OTOSHI Taro )

所属研究機関名：関西医療大学

部局名：保健医療学部

職名：教授

研究者番号(8桁)：40336483

### (2)研究協力者

研究協力者氏名：高田 哲

ローマ字氏名：( TAKADA Satoshi )

研究協力者氏名：滝口 哲也

ローマ字氏名：( TAKIGUCHI Tetsuya )

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。