

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 3 年 6 月 10 日現在

機関番号：37201

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18K12163

研究課題名（和文）音声認識・音声合成を利用した補聴方式の開発

研究課題名（英文）Development of hearing aid system for which speech recognition and speech synthesis were used

研究代表者

小野 博（ONO, Hiroshi）

西九州大学・健康福祉学部・客員教授

研究者番号：10051848

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）：近年、AIマイクの原理を利用し周囲騒音を大幅に軽減する補聴方式が開発され、長年のテーマであった周囲騒音の除去は完成の域に達した。しかし、この方式の補聴器を使用する難聴者から「確かに静かになったが、相変わらずことばははっきりしない」との訴えがあった。そこで、環境騒音や残響音の影響を受けないこと、近年、発展が著しく、高品質のDMM方式の合成音声実用化されたことから、合成音声を利用した補聴方式を開発した。この補聴方式では、入力音声を音声認識し、個別難聴者の検査結果に対応した子音の強調加工を行い、音声出力するシステムであり、単語の先頭子音の強調加工により聞き取りの大幅な改善が確認された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

超高齢者社会の日本で高齢難聴者に補聴器が普及していない。その大きな原因は、日本人は聴覚障害者でも音に敏感で、高域周波数成分を多く含む子音を聞き取ろうと、従来の補聴器で音量を過大に大きくすると、小さな音でも聞き取れる母音までが大きく聞こえ、高齢難聴者はこの音量に耐えられず、補聴器を使わないことがわかった。

そこで、話者の話し方に依存しない合成音声を利用した上に、その子音部分を強調加工する方法で音量をおさえ、聞き取りが改善する補聴方式を開発した。この方式を取り入れた補聴器が普及することにより、高齢難聴者のコミュニケーションが促進され日常生活が豊かになることが期待され、その社会的意義は大きい。

研究成果の概要（英文）：Recent progress on noise reduction using machine learning has achieved the satisfactory level of use in the application of hearing-aid. Although the hearing-aid users admit the power of noise reduction and high frequency enhancement, they still experience the difficulty in listening to each word of others' speech.

This research proposes a novel hearing-aid method that firstly recognizes others' speech, secondly enhances the selected phonemes specially targeted for a specific user based on pre-conducted hearing examination, and finally synthesizes phoneme-enhanced speech. The experimental results demonstrate that enhancing phonemes, especially those at the beginning of words, improves the hearing scores.

研究分野：コミュニケーション科学

キーワード：補聴方式 音声認識 音声合成 子音の強調加工 異聴 子音音圧の増幅 子音部分の伸長 子音部分の繰り返し

## 1. 研究開始当初の背景

高齢者、難聴者は、活舌が悪い、小声、口を広く開けないで話す、早口などの人の音声は聞き取り難い上に、音声帯域と周波数成分が重なる交通騒音などの周囲騒音下での聞き取りが特に悪くなるということが知られている。そのため、補聴器の歴史は、周囲騒音をいかにして低下させ、音声のS/N比を良くするかかの歴史である。初期の補聴器は、周囲騒音が入力するとスイッチで低域除去フィルターを作動させるものであったが、研究代表者らは周囲騒音の入力レベルに応じて自動的に周囲騒音を軽減する方式（Ono H. et al., The LANCST, 1981）を提案し、広く利用されている。

近年、AI スピーカの原理を利用し周囲騒音を低減させる方式が提案され、技術的には完成の域に達したが、非常に高価である。しかも、この原理の補聴器を装用する難聴者から、「とても静かになったが、ことばは相変わらずはっきりしない」との訴えがあり、ことばの明瞭性を高める補聴方式が求められていることが分かった。一方、研究代表者らは、高齢者、難聴者の聞き取りを改善する一方法として、入力音声の単語等を構成する単音の子音部分を強調加工する方式（Ono H. et al., 11th ICA Proc. 他, 1983）が聞き取りの改善に効果的であることを報告したが、この原理を利用した補聴方式の研究が進んでいないことを知り、研究することとした。

## 2. 研究の目的

近年、発展が著しく環境騒音や残響音を全く含まない合成音声を利用し、入力音声を音声認識した上で、高齢者、難聴者の聞き取り検査結果に対応した子音部分の強調加工を行った合成音声で出力する補聴方式を開発するのが本研究の目的である。

そのための研究計画として、

- (1) 単音及び単語音声について、子音部分を強調加工した検査用音声を合成音声で作成し、合成音声の原音に対する聞き取りの改善を確認する。
- (2) 合成音声を利用した検査装置を試作する。
- (3) 入力音声を音声認識し、高齢者・難聴者の検査結果に基づいて子音部分を強調加工した合成音声で出力する補聴システムを開発する。

## 3. 研究の方法

### (1) 合成音声

高齢者・難聴者は周囲騒音下での音声の聞き取りが低下することの対応策として、近年、発展が著しく環境騒音や残響音を全く含まない合成音声を利用して、音声の明瞭性を高めた補聴方式を実現するためには、個別難聴者にとって聞き取り難い合成音声の改善策をルール化することだと考えた。そこで数種の合成音声の子音部分を強調加工した合成音声について聞き取りの改善策をルール化できるかを検討する。その際、合成音声は波形方式、HMM方式、DNN方式と発展過程にあるため、聞き取り検査を目的とした場合には、どの方式が適しているかも検討する。

### (2) 検査装置の開発

耳鼻科の語音明瞭度検査に対応できるよう67表に代表される語音明瞭度検査の語音（単音）に加え、単音検査で聞き取り難い単音を加えた聞き取り検査装置を開発し、高齢者・難聴者の検査結果を合成音声の強調加工に利用する。

### (3) 音声出力

入力音声を音声認識し、検査結果に基づいた合成音声の子音部分を強調加工して出力するオンラインの補聴システムを開発する。

## 4. 研究成果

### (1) 高齢者・難聴者における子音部分を強調加工した合成音声の聞き取り

近年、多くの合成音声が生産されており、高齢者・難聴者を対象とした聞き取り調査に複数の合成音声器（エーアイ社、アニモ社、HOYA社）を利用し、子音の強調加工方法と改善の程度との関係を調べた。また、合成音声の品質を確認するため、健聴者の聞き取りについても調査を行った。

高齢者・難聴者が聞き取り難い合成音声（単音）の子音部分を強調加工し、66名の高齢者・難聴者を対象に聞き取り調査を実施し、子音の強調加工によって高齢者・難聴者の聞き取りが改善されることを確認した。しかし、加工の方法や強調の程度と聴力障害のレベルやパターンとの間に関連性を見いだすことはできなかった。その原因は市販の合成音声器では子音の音素の構造（音圧、ピッチや持続時間等）に統一された規格がないため、同じルールで加工した合成音声は各社、微妙に異なるが、健聴者にはどの音声も明瞭に聞き取れる一方で、高齢者・難聴者にはその微妙な違いが聞き取りに影響を与え、異聴や聞き取れないことがあったためだと考えた。一方、子音の強調加工の際、強調しすぎると、その音声に違和

感を覚え、不自然、あるいは不快であることが分かり、高齢者・難聴者でも聴覚は繊細で入力音声に敏感であることが分かった。

(2) 合成音声を利用した検査装置の試作

音声検査として、語音明瞭度検査にならない単音での検査装置の開発を目指したが、合成音声は元々会話を合成するように作られており、単音用ではないため、健聴者であっても異聴を起こすことが予想されたため、まず、福岡大学、東京工芸大学、西九州大学の健聴者 60 名（主として学生）への検査を実施し、その結果を受けて、健聴者が聞き取れるよう、単音ごとに pitch、speed、volume の調整を行い、改良を行った。耳鼻科における語音明瞭度検査（67 表）で健聴者の場合、語音明瞭度は 100% である。一方、合成音声の中では、明瞭性が高いとされる HOYA 社製の波形方式の合成音声（67 表の 50 音+聞き取り難い単音 17 音、計 67 音）でも 10% 以上の異聴を起こすことから、合成音声を語音明瞭度検査に利用するため合成音声の調整（pitch、speed、volume）による改良を行った。検査音声に利用した単音を Tab. 1 に示す。

Tab. 1 語音検査に利用した合成音声の単音  
 （網羅的な聞き取り検査に試用した「五十音（67 表）+異聴しやすい子音を含む単音）

清音 (44)	濁音 (18)	半濁音 (5)
a i u e o 母音		
k ka ki ku ke ko 破裂子音	g <i>ga gi gu ge</i> go	p pa <i>pi pu pe po</i>
s sa si su se so 破裂子音	b <i>ba bi bu be bo</i>	
t ta chi tsu te to 破裂子音	d da de do	
n n ni <i>nu</i> ne no 鼻子音	z <i>za ji zu</i> ze zo	
h h hi fu <i>he</i> ho 破裂子音		
m ma mi mu me mo 鼻子音		
y ya yu yo		
r ra ri ru re ro		
w wa		

斜文字は語音明瞭度検査に使用されていない単音（17 音）

(3) 音声認識・合成音声を利用した聴覚支援システムの開発

入力音声を音声認識し、特定の難聴者の検査結果に対応する子音の強調加工を行い、音声出力するシステムを試作した。第 1 段階として、発話音声から軽度難聴者（利用者）が聞き取りにくい音素を含む単語をワードスポッティングで抜き出し、その単語を画面に表示するとともに合成音声で出力する聴覚支援システムを PC 上に実装した。次にこのシステムをスマートホンやタブレットのような携帯型端末上で動作するように改良した聴覚支援アプリを開発した。Fig. 1 にシステムの構成を示す。ここで、強調加工の対象とする音素は、システム内で予めリストとして設定したものであり、利用者ごとに音素の種類、単語内での出現位置（語頭・語中・語尾）が指定可能になっている。また出力する合成音声は音量や話速が調整可能であるが、将来的には子音の種類ごとに適切な強調加工処理を行うこととしている。

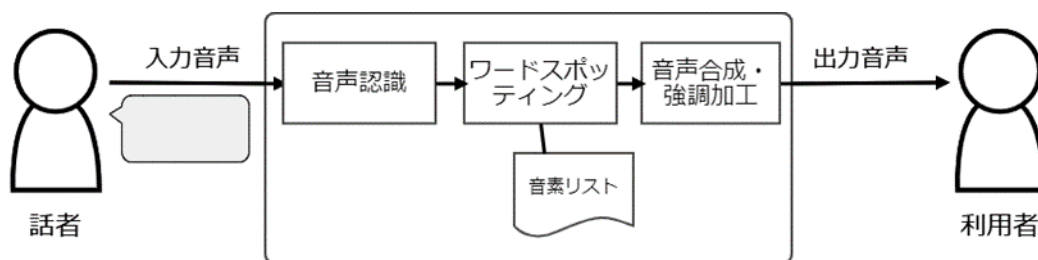


Fig. 1 音声認識・音声合成型聴覚支援システムの構成

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 森山剛, 高木美奈, 高橋伸弥, 小野博, 水町光徳, 坂田俊文, 白石君男
2. 発表標題 難聴の個人差に対応する補聴方式のための調音様式識別
3. 学会等名 情報処理学会 研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 森山 剛, 中島 容也, 水町 光徳, 坂田 俊文, 白石 君男, 高橋 伸也, 小野 博
2. 発表標題 加齢性難聴者にとって聴き取りやすい発声の訓練支援システム
3. 学会等名 第19回抗加齢医学会 総会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中島 容也, 森山 剛, 水町 光徳, 坂田 俊文, 白石 君男, 高橋 伸也, 小野 博
2. 発表標題 加齢性難聴者が聴取しやすい音声の発声訓練支援システム
3. 学会等名 電気学会 知覚情報研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高橋 司, 小林 一樹, 李 玉潔, 高橋 伸也, 小野 博
2. 発表標題 軽度難聴高齢者を対象とした聴覚支援アプリの開発
3. 学会等名 情報処理学会 全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小野 博, 坂田 俊文, 白石 君男, 高橋 伸弥, 森山 剛, 水町 光徳
2. 発表標題 音声認識・音声合成型補聴方式と補聴器への応用
3. 学会等名 電気学会 知覚情報研究会
4. 発表年 2019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
研究分担者	坂田 俊文  (SAKATA Toshifumi)  (10289530)	福岡大学・医学部・教授   (37111)	
研究分担者	高橋 伸弥  (TAKAHASHI Sinya)  (40330899)	福岡大学・工学部・准教授   (37111)	
研究分担者	森山 剛  (MORIYAMA Tsuyoshi)  (80449032)	東京工芸大学・工学部・准教授   (32708)	

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
---------	---------