

## 高齢者を対象にしたdelayed auditory feedbackのための音場空間の構築

☆佐藤弥生, 荒井隆行, 安啓一 (上智大), △織田千尋, △山本敏之, △村田美穂 (NCNP)

### 1 はじめに

私達は普段、自分の声を自分の耳で聞く、聴覚フィードバックを行うことで、発話の調節をしている。話し手に自分の声を一定時間遅らせて聞かせることを遅延聴覚フィードバック (Delayed Auditory Feedback: 以下, DAF とする) という。DAF による影響で、健常者は、声量の増加, 基本周波数の増加, 発話速度の低下等, 非流暢性が増すことが知られている<sup>[1]</sup>。一方、言語障害者等は DAF によって非流暢性が減少することが指摘されている。このため、DAF は吃音者やパーキンソン病患者の言語障害の治療等に利用され、症状の改善が見られたケースも数多く報告されている<sup>[2][3]</sup>。それらの報告ではこれまで、DAF 利用時にヘッドホンとマイクロホンを使用し、治療が行われてきている。それら従来法の主な問題点として、治療中にヘッドホンやマイクロホンなどの機材を装着することによる患者への負担がある。

本研究では指向性スピーカ・指向性マイクロホンを利用して DAF をもたらず空間を構築し、健常高齢者の発話に与える影響を調べた。

### 2 実験方法

#### 2.1 実験環境

実験は防音室で実施した。Fig.1 に横から見た実験環境を、Fig.2 に上から見た実験環境を示す。今回は、2つのケースで実験を行った。1つ目のケースではヘッドホン (SENNHEISER HDA200) を使用した。2つ目のケースでは前述したヘッドホンを使用せず、指向性スピーカ (Tristate Parametric Speaker (Single-directional Speaker) Test Kit) と指向性マイクロホン (RODE NTG2) を使用した。指向性スピーカ・指向性マイクロホン使用時 (以下, DAF 音場とする) にハウリングを防ぐために、指向性スピーカからの音の

進行方向に重ならない位置に指向性マイクロホンを設置した。

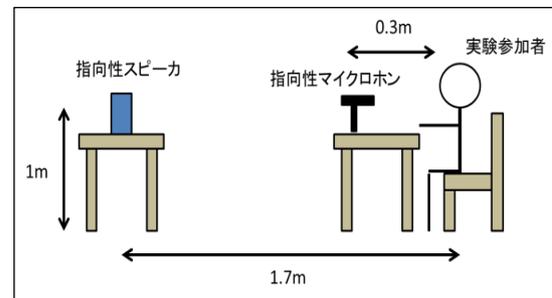


Fig.1 実験環境 (side view)

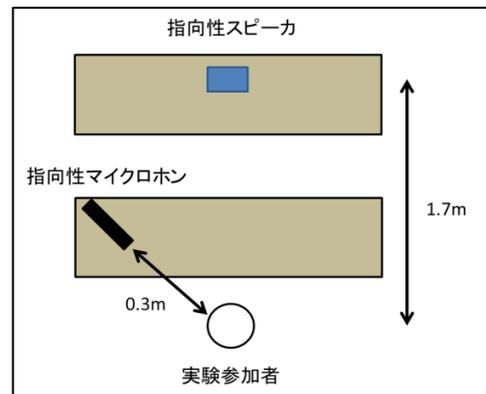


Fig.2 実験環境 (top view)

#### 2.2 実験参加者

実験には、日本語を母語とする 64~70 歳の健常者男性 1 名, 女性 2 名が参加した。

#### 2.3 実験手順

今回の実験では、音読資料として「北風と太陽 (223 モーラ)」を以下の各条件で使用し音読課題を行った。

- (1) 機材を一切装着せずに音読 (以下, 通常時とする)
- (2) ヘッドホンを装着し, 正常聴覚フィードバックで音読 (以下, NAFh とする)
- (3) ヘッドホンを装着し, DAF で音読 (以下, DAFh とする)
- (4) DAF 音場において正常聴覚フィードバックで音読 (以下, NAFs とする)
- (5) DAF 音場において DAF で音読 (以下,

Creating sound field of delayed auditory feedback for elderly people, by SATO, Yayoi, ARAI, Takayuki, YASU, Keiichi (Sophia University), ODA, Chihiro, YAMAMOTO, Toshiyuki, MURATA, Miho (NCNP)

DAFs とする)

音読順は、通常時 (1 回目) →NAFh→DAFh →通常時 (2 回目) →NAFs→DAFs とした。DAF 使用時はデジタルミキシング装置 (YAMAHA DME 24N) を使用し、遅延時間を 100 ms から 10 ms 単位で増加させ、各実験参加者が最も話し難いと感じたものを遅延時間とした。この際、実験時とは異なる短い文章を使用した。その結果、各実験参加者で設定した遅延時間は、参加者 1 は DAFh・DAFs 共に 180 ms、参加者 2 は DAFh で 150 ms、DAFs で 190 ms、参加者 3 は DAFh で 150 ms、DAFs で 140 ms であった。また、フィードバックする音声は各実験参加者にとって不快にならない程度の音量で提示し、音読中に騒音計 (リオン精密騒音計 NL-32) を利用して音量を測定した。音読音声は録音ソフト (Audition 3.0)、オーディオインターフェース (RME Fireface 800) を使用して標準化周波数 44.1 kHz でデジタル録音した。

### 3 結果と考察

各条件における音読課題音声の発話速度、声量、母音長、基本周波数を測定した。測定結果は、音声分析ソフト Praat を使用し、録音音声の時間波形とスペクトログラムの視察と Praat の分析機能により求めた。実験後参加者からのコメントで、DAF 音場では機材を装着する必要がないため違和感なくリラックスして音読できたという意見があった。このことから、DAF を治療時に使用する際の主な問題点である機材装着による負担を軽減できる可能性があることが考えられる。

#### 3.1 発話速度

各実験参加者の発話速度の結果をひとつにまとめたグラフを Fig.3 に示す。発話速度は、次の算出方法を用いて求めた。

発話速度 = 総モーラ数 ÷ 音読時間 [s]

ここで総モーラ数とは、音読課題 223 モーラ + 読み直し分モーラ数 - 読み飛ばしモーラ数で算出し、音読時間は録音音声から休止時間含む無音区間を取り除いた時間とした。

NAFh と DAFh、NAFs と DAFs を比較することによって、実験参加者全員において DAFh と DAFs 共に発話速度が遅くなったことがわかる。参加者 1 は音読時の繰り返しや読み飛ばしがなく、参加者 2 と 3 は DAFs よ

りも DAFh の方が音読時の繰り返しや読み飛ばしの回数が多かった。

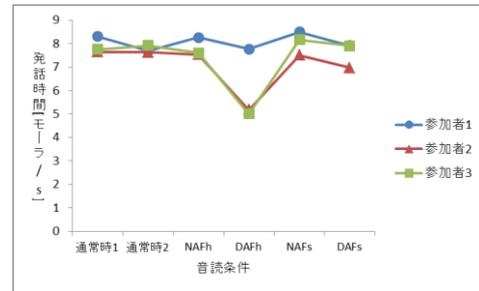


Fig.3 発話速度の結果

#### 3.2 声量

各実験条件について、声量を測定した結果をまとめたものを Fig.4 に示す。Fig.4 から、NAFh と DAFh を比較すると実験参加者全員において DAFh で声量が増加した。また、NAFs と DAFs の比較においても実験参加者全員が DAFs で声量が増加するケースが観測された。

このことから、声量に関しては従来のヘッドホン使用時と同様に DAF の効果が得られたと考えられる。

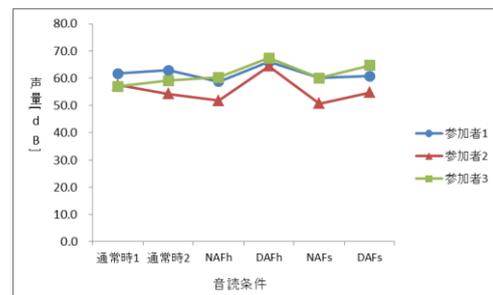


Fig.4 声量の結果

#### 3.3 母音長

母音長の分析については、前後の音素環境が母音長に影響を与えるため、できる限り同様の音素環境から母音を測定した。その結果、特定箇所が存在する母音 /a/, /i/, /e/ についてのみ測定し、平均値を求めた。

/a/ の母音長に関しては、「北風と太陽」中に 5 か所ある単語「風 (/kaze/)」から /a/ を分析し平均値を求めた。各実験参加者の発話速度の結果をひとつにまとめたグラフを Fig.5 に示す。

参加者 1, 2 については従来法と提案法のどちらにおいても NAF と DAF で母音長に変化が見られなかったが、参加者 3 については従来法では NAFh よりも DAFh で母音長が延長

した。同様に、NAFs よりも DAFs で母音長が延長した。

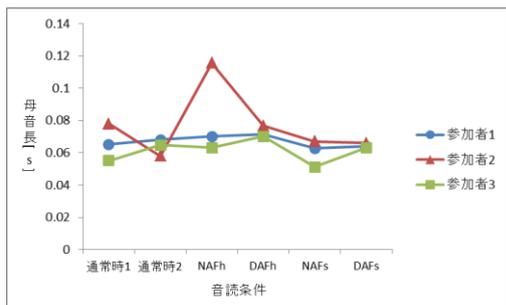


Fig.5 母音/a/の母音長

/i/の母音長に関しては、「北風と太陽」中に3か所ある単語「旅人 (/tabibito/)」から/i/を各2個分析(合計6個)し平均値を求めた。各実験参加者の発話速度の結果をひとつにまとめたグラフを Fig.6 に示す。

/a/の母音長と同様に、参加者3については従来法・DAF音場両者においてNAFよりもDAFで母音長が延長した。

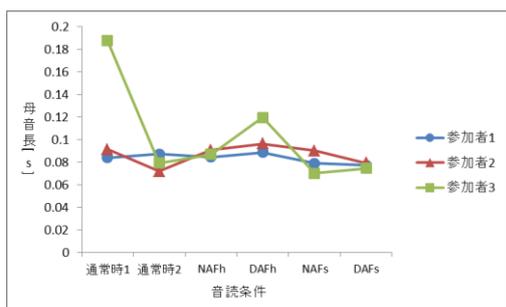


Fig.6 母音/i/の母音長

/e/の母音長に関しては、「北風と太陽」中に5か所ある単語「風 (/kaze/)」から/e/を分析し平均値を求めた。各実験参加者の発話速度の結果をひとつにまとめたグラフを Fig.7 に示す。

参加者1については、NAFhよりもDAFhで母音長が延長し、NAFsよりもDAFsで母音長が延長した。参加者2,3については、NAFhよりもDAFhで母音長が延長した。

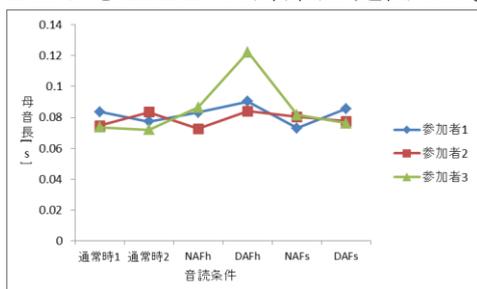


Fig.7 母音/e/の母音長

以上の結果から、DAFhでDAFの効果を得られた参加者の場合、DAFsにおいてもDAFの効果を得られる傾向があることがわかった。一方、DAFhでDAFの効果を得られなかった参加者の場合、DAFsにおいてもDAF効果が得られない傾向にある可能性が考えられる。従来法で効果があっても提案法では母音長の変化があまり見られなかった参加者もいたので、今後は参加者数を増やして実験を行う必要があると考えられる。

### 3.4 基本周波数

基本周波数の分析についても、母音長の分析と同様の母音/a/, /i/, /e/について分析を行った。基本周波数は各母音継続時間の50%地点を測定し、各母音の平均値を基本周波数の結果として使用した。

#### A) /a/の基本周波数

各参加者の各条件での基本周波数をまとめたグラフを Fig.8 に示す。

参加者1については、NAFh (188.1 Hz) よりも DAFh (204.9 Hz) で基本周波数が増加し、NAFs (197.9 Hz) よりも DAFs (205.3 Hz) で基本周波数が増加した。

参加者2については、NAFh (207.0 Hz) よりも DAFh (216.8 Hz) で基本周波数が増加したが、NAFs (194.9 Hz) と DAFs (194.0 Hz) で基本周波数に変化はなかった。

参加者3については、NAFh (143.8 Hz) よりも DAFh (155.4 Hz) で基本周波数が増加し、NAFs (140.1 Hz) よりも DAFs (145.0 Hz) で基本周波数が増加した。

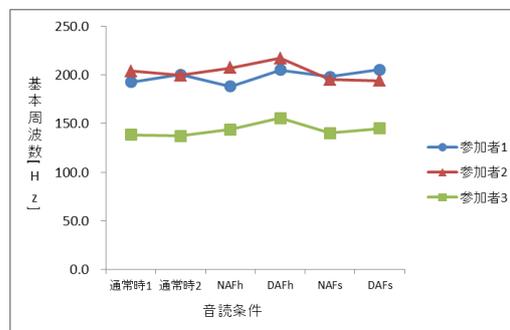


Fig.8 母音/a/の基本周波数

#### B) /i/の基本周波数

各参加者の各条件での基本周波数をまとめたグラフを Fig.9 に示す。

参加者1については、NAFh (202.4 Hz) よりも DAFh (214.1 Hz) で基本周波数が増加したが、NAFs (220.6 Hz) よりも DAFs (208.0 Hz) で基本周波数が減少した。

参加者2については、NAFh (230.8 Hz) よりも DAFh (247.4 Hz) で基本周波数が増加し、NAFs (209.4 Hz) よりも DAFs (203.2 Hz) で基本周波数が減少した。

参加者3については、NAFh (160.8 Hz) よりも DAFh (168.1 Hz) で基本周波数が増加し、NAFs (154.3 Hz) よりも DAFs (163.3 Hz) で基本周波数が増加した。

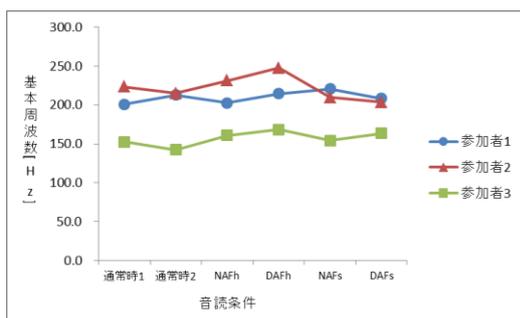


Fig.9 母音/i/の基本周波数

### C) /e/の基本周波数

各参加者の各条件での基本周波数をまとめたグラフを Fig.10 に示す。

参加者1については、NAFh (226.1 Hz) よりも DAFh (246.0 Hz) で基本周波数が増加し、NAFs (228.6 Hz) よりも DAFs (239.0 Hz) で基本周波数が増加した。

参加者2については、NAFh (632.2 Hz) よりも DAFh (235.4 Hz) で基本周波数が減少し、NAFs (218.5 Hz) よりも DAFs (205.1 Hz) で基本周波数が減少した。

参加者3については、NAFh (160.3 Hz) よりも DAFh (177.2 Hz) で基本周波数が増加し、NAFs (159.5 Hz) よりも DAFs (164.7 Hz) で基本周波数が増加した。

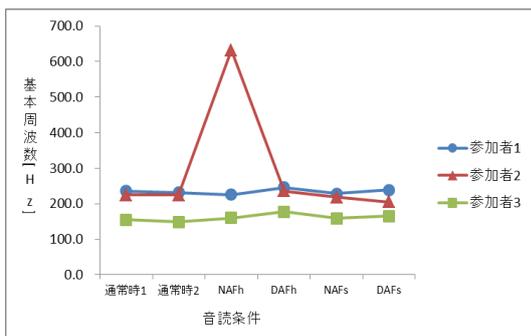


Fig.10 母音/e/の基本周波数

結果から、参加者2, 3については少なくとも2母音において、NAFの各2条件に比べてDAFの各2条件両方で基本周波数が増加したことがわかった。この原因として、音読課題の実験順序が挙げられる。今回の実験では参加者全員に対して従来法、提案法の順で音読を行った。このため、音読順によってDAFの効果に影響が出る可能性がある。

## 4 まとめ

指向性スピーカ・マイクロホンを使用してDAFをもたらす空間を構築し、健常高齢者を対象に実験を行った。提案法によって、従来のヘッドホン使用時と同程度のDAFの効果を得られるか音読課題を行うことで比較・検討を行った。

DAF音場では、音読の繰り返しや読み飛ばし等といった非流暢性の増加はあまり見られなかった。しかし、音読音声进行分析することで、声量、母音長、基本周波数のいずれか、若しくは複数において、従来法と同様の傾向にある結果が得られた。このことから、指向性スピーカを使用することでも高齢者に対してDAFの効果を得られる可能性があることがわかった。

今後は実験参加者数を増やし、結果の信頼性を向上することや、よりDAFの効果を得られるような指向性スピーカの設置角度の検討、加齢によるDAF効果の変化の検討等を行っていきたいと考えている。

### 謝辞

本研究を進めるにあたり、実験参加者として協力してくださったシルバー人材センターの方々に感謝いたします。

### 参考文献

- [1] Lee, B.S, J. Acoust. Soc. Am., 22, 639-640, 1950.
- [2] 遠藤, 特殊教育学研究, 12 (2), 1-12, 1974.
- [3] 山本, 音声言語医学, 37,190-195, 1996.
- [4] 志村他, 音声言語医学, 52, 223-241, 2011
- [5] 府川他, 心理学研究, 59, 144-150, 1988.