

最適語音レベルに基づく圧縮処理音の難聴者による評価 (I) Evaluation of ACE method based on Optimum speech level as hearing aid for sensorineural hearing loss (I)

鈴木 裕[†] 阪田 治[†] 今村 俊一[†]

Yutaka Suzuki Osamu Sakata Shun-ichi Imamura

遠藤 周一郎[†] 水越 昭仁[†] 服部 遊[‡] 飯田 望[†] 脇 隼人[†]

Shuichiro Endo Akihito Mizukoshi Asobu Hattori Nozomu Iida Hayato Waki

1. はじめに

感音性難聴者の多くは、外有毛細胞の障害によって微弱な音に対する非線形増幅機能の低下が起こる一方で、大きな音ではラウドネスが急激に増大したように感じる補充現象が起こる。ゆえに、健聴者と比べて可聴音圧帯域が狭くなり、子音などの小さな音声や音響信号を聴き取ることが困難である。このような難聴者には、音のレベルに応じて増幅率を自動的に制御する補聴器が使われ、聴き取りの改善が認められているが、その効果が十分ではない場合も認められる。そこで我々は聴覚特性を模した振幅圧縮増幅処理法（以下 ACE 法, Amplitude-bandwidth Compression / Expansion Method）を用いて、難聴者の聴取の改善効果を調べている。

感音性難聴者の聴力特性については詳細な研究が行われており[1]、難聴者によって、また音の周波数帯によって補充現象の程度が違う場合もあることが報告されている。したがって、ACE 法で聴取改善をする際には、どの程度の圧縮処理をすることが必要か検討しなければならない。これまでは、Duchnowski らの方法[2]に類似したモデルで検討してきたが、圧縮効果が強すぎる傾向があった。そこで今回は、平均聴力レベルより最適語音レベル（最高明瞭度が得られる語音レベル）を推定する手法[3]を参考にして圧縮の程度を決定し、後述する評価試験の再生音圧レベルを設定した。

補聴効果の確認は語音弁別検査と感覚的評価で行った。語音弁別検査だけでは、圧縮処理の過不足についての判断が困難なので、語音に環境音などの背景音を重畳し、その聴こえについて感覚的評価を行うこととした。また、語音弁別検査と感覚的評価には自動化した装置[4]を使用した。以下では感音性難聴者を被験者として検査を行った結果について報告する。

2. 音声信号の処理方法

感音性難聴者の聴覚特性は一人一人違っており、健聴耳と難聴耳のラウドネスが一致する音圧を調べる ABLB 検査の結果から補充現象の強さを求められる。しかし、両耳が難聴の場合は ABLB 検査を行うことが出来ない。そこで、Moore らのモデル[1]を参考にして、難聴者ごとの聴覚閾値から算出することも試みたところ、圧縮の程度が過剰で煩く感じられることが多かった。本研究では、難聴者ごとの聴覚特性に合わせず、その平均聴力レベルと最適語音レベルの推定値[3]から算出する方法を検討した。

ACE 法のパラメータ算出について図 1 を用いて説明する。難聴者の聴力レベル x_1 と健聴者の最小可聴値 y_1 からなる点を $p(x_1, y_1)$ と、難聴者の推定最適語音レベル x_2 と健聴者の推定最適語音レベル y_2 からなる点を $q(x_2, y_2)$ とする。尚、 x_1, x_2, y_1, y_2 は音圧レベル [dB SPL] に換算した値である。ここで、 p, q を通る直線 l を ABLB 特性と仮定し、直線 l の逆関数を聴取改善特性とした。

難聴の周波数特性は難聴者によって異なるが、低音域の障害が顕著な場合、全帯域の障害が同程度の場合、および高音域の障害が顕著な場合がある。そこで、純音オーゾグラムから、250 Hz の聴力レベル (Hearing Level) [dB HL] で示した聴覚閾値と 500 Hz の閾値の平均 HL_L と、2 kHz の閾値と 4 kHz の閾値の平均 HL_H を算出し、以下のように仮定した。

- (i) 低音障害型: $HL_L - HL_H \geq 10$
- (ii) 水平障害型: $-25 < HL_L - HL_H < 10$
- (iii) 高音障害型: $HL_L - HL_H \leq -25$

本検査装置では、音声の含まれる周波数帯域を考慮し、160Hz~5120Hz (中心周波数 250 Hz~4kHz) の帯域を 1 オクターブごと 5 帯域に分割するフィルタバンクとした。ゆえに、帯域ごとに異なったパラメータ設定が可能である。上述の最適語音レベルの推定値を調べ、高田らの結果[3]を参考にして、平均聴力レベルが 45 dB HL となる条件で、3 種類の障害型に対応する聴取改善のための ACE 処理音源を作成した。

3. 検査装置の構成

個々の被験者に適した速さで検査を進められること、検査結果を転記する際のミスを避けることなどを目的として、語音弁別検査と感性情報評価検査を自動化する検査装置を開発した。電子機器に不慣れな被験者であっても検査が可

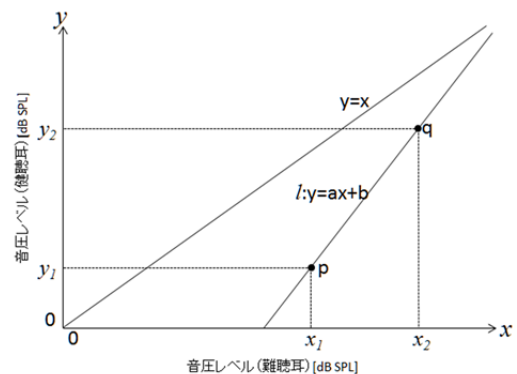


図 1 ACE パラメータ算出方法

[†] 国立大学法人山梨大学, University of Yamanashi

[‡] 東京都立産業技術研究センター, Tokyo Metropolitan Industrial Technology Research Institute

能となるよう配慮し、表示画面に触れることで入力可能な PC (HP, TouchSmart tx2) を使用し、耳覆い型ヘッドホン (SENNHEISER HDA 200) を用いた[5]。上記の装置構成で無歪で出力される音圧レベルの上限は 105 dB SPL であるため、検査音圧レベルは 105 dB SPL を超えない範囲とした。また、両耳を同時に刺激する検査であるため、両耳の聴力差が大きき場合は 6dB 低めに知覚されるが、補正は行っていない。

検査の流れを図 2 に示す。氏名の入力はタッチパネル入力の練習を兼ねており、PC を使用したことのない高齢な被験者であっても語音弁別検査は問題なく進められることを確認している。次いで、平均聴力レベルと障害型入力によって検査音圧レベル (推定最適語音レベル及び-10 dB、-20dB した計 3 つのレベル) と ACE 法による聴取改善の型 (低音障害型、水平障害型、高音障害型) が決定される。語音弁別検査は音源として日本聴覚医学会の語音検査用 CD の、20 語音 (67-S) または 50 語音 (57-S) を用いた。続いて感性評価を行うが、具体的には、数字を読み上げる音声の背景音として、複数の人の会話音を重畳したものをを用い、聴き取りを妨げる効果に対する難聴者の反応を調べた。また、その評価には、意味空間で直交する 4 次元の感性評価語を選び、それに聴き取り易さに関する評価語を加えて検査した。検査音圧は推定最適語音レベルとした。

4. 結果と考察

現在補聴器を使用している、または会話音声やテレビの音声などが聴き取り難いと感じており、補聴器の使用を検討している難聴者を被験者として検査を行った。結果の一例を図 3 に示す。4 分法による平均聴力レベルは右耳が 44 dB HL、左耳が 40 dB HL、両耳とも水平障害型である。検査音圧レベルが 70 dB SPL の時、未処理の音源では正答率が 50 %であったが、ACE 法を適用することによって 75 %に上昇した。音量が下がることで聴覚閾値以下となってしまう信号成分が、ACE 法によって補われた効果であると考えられる。また、最高の正答率が得られたのは ACE 法を用いて検査音圧レベルを 80 dB SPL としたときであった。このように、ACE 法によってラウドネス補正することで聴き取りが改善される被験者が複数確認されている。しかし、音圧レベルをさらに大きくした 90 dB SPL のときは、未処理音源、ACE 適用音源ともに低下し、ACE 適用音源は正答率 50 %と顕著であった。

90 dB SPL で行った感性情報評価では、未処理音源と比較しての ACE 処理音源の印象が、-3 点 (好ましくない) から 3 点 (好ましい) で点数付けされるが、評価語「力強い」を除いてマイナス点となり、平均値は-2.2 点となった。90 dB SPL は平均聴力レベルから見積もった推定最適語音レベルであるが、この被験者にとっては大きすぎると感じるレベルであり、適切ではなかったと言える。また、語音弁別検査の結果でもスコアが低下していることから、ACE 法による処理が過剰であり、音質の変化を顕著に違和感として感じてしまったと考えられる。

5. まとめ

聴覚特性を模した非線形な増幅処理である ACE 法を用い、感音性難聴者の聴取の改善効果を調べている。語音弁別検査と合わせて感性情報評価を行う自動検査装置を開発して検査を行った。検査音圧と ACE 法のパラメータ設定

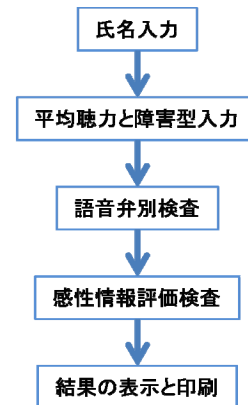


図 2 検査装置の流れ

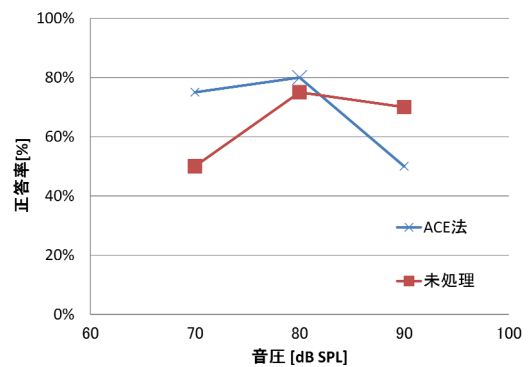


図 3 被験者 A の語音弁別検査結果

には、平均聴力レベルと推定最適語音レベルの関係を採用した。検査結果から、ACE 法により聴取が改善されるグループの存在が確認され、一例として示した被験者では検査音圧が 70 dB SPL の時、ACE 法を適用することによって正答率が 50 %から 75 %に改善した。一方、検査音圧が推定最適語音レベルである 90 dB のときは ACE 法によって正答率が顕著に下がり、また、感性情報評価によって“好ましくない”を示す結果が得られた。このように、平均聴力レベルと推定最適語音レベルから処理パラメータを求めた処理音では、圧縮の程度が過剰であると感ずる被験者が比較的多かった。

謝辞

本研究を進めるにあたって、山梨大学の石川稜威男元教授に助言を頂いたことに謝意を表す。

参考文献

- [1] Brian C.J. Moore and Brian R. Glasberg, “A revised model of loudness perception,” *Hearing Research*, Vol.188, pp.70-88 (2004)
- [2] P. Duchnowski and P.M. Zurek, “Villchur revisited: Another look at automatic gain control simulation of recruiting hearing loss,” *J. Acoust. Soc. Am.* Vol.98, No.6, pp.3170-3181 (1995)
- [3] 高田敬子, 松平登志正, 山下公一, 友田幸一, “最高明瞭度を得るための語音レベルの選び方の検討”, *Audiology Japan*, Vol.45, pp.298-305 (2002)
- [4] Y. Suzuki, T. Kato, O. Sakata, S. Imamura, S. Endo and A. Mizukoshi, “Automation of a speech discrimination test adapted with a touch panel LCD,” 第 49 日本生体医工学大会予稿集, PS2-1-2 (2010)
- [5] “ISO 389-8”, (2004), “ISO 389-5”, (2006)