

模擬難聴体験システムについて

Hearing Loss Simulation Systems

馬屋原邦博¹⁾ 和田英嗣¹⁾ 塚本能三¹⁾

¹⁾ 大阪河崎リハビリテーション大学：大阪府貝塚市水間 158 番地（〒 597-0104）

Kunihiro Umayahara¹⁾, Hidetsugu Wada¹⁾, Yoshimi Tsukamoto¹⁾

¹⁾ *Osaka Kawasaki Rehabilitation University: 158 Mizuma, Kaizuka-city, Osaka 597-0104, Japan*

キーワード：聴覚障害、模擬難聴、言語聴覚士教育

¹⁾ 馬屋原邦博 Kunihiro Umayahara
E-mail: umayaharak@kawasakigakuen.ac.jp

受付日 2022 年 10 月 4 日 受理日 2022 年 12 月 14 日
Received Oct. 4, 2022. Accepted Dec. 14, 2022.

1. はじめに

一般に聴覚閾値は加齢とともに上昇し、立木ら¹⁾によれば、特に55歳以降急速に悪化する。また内田ら²⁾は、全国に65歳以上の難聴者数は約1,500万人超であると推計し、日本国内では10人に1人以上の加齢性難聴者の存在の可能性を示した。

高齢者の増加^{3)*1}とともに難聴者の人数も増加しており、誰でも家族、職場、地域社会の中などで、難聴者に当たり前に接する機会が増大することとなる。各人が難聴について、また難聴者とのコミュニケーションの方法について知っておくことが難聴者とのスムーズなコミュニケーションにつながり、難聴者自身もストレスのない社会生活が送れることにつながる。

また、難聴児については、先天性難聴児は約1,000人に1~2人生まれる⁴⁾。その後の病気等による難聴も含めれば、荻谷ら⁵⁾は、日常会話の聞き取りに支障をきたし、補聴器が必要となる中等度以上の難聴児は約32万人(有病率1.6%)と推定している。一方で令和2年度の文部科学省の統計⁶⁾では、聴覚支援学校在籍児童生徒数は7,850人、普通学校の中に設置される難聴学級は2,207人の児童生徒がいる。このことから特別支援教育を受けずに普通学級で教育を受けている難聴児がいること、そのため難聴児に接して聞こえにくさや会話のしにくさを体験する子どもたちは少なくないことが推測される。

成人期も含めた、幼少期から高齢期までの各年代におけるわが国の難聴者数が日本補聴器工業会の調査によって推定されている。自己申告による難聴者率は、全体で11.3%であった⁷⁾。これを元に全日本難聴者・中途失聴者団体連合会では、わが国の聴覚障害者人口は約1,400万人を超えている⁸⁾。

ところで、わが国では行政的には身体障害者手帳の基準(表1)⁹⁾に該当することで、行政サービスの対象となるが、平成28年度の厚生労働省の調査¹⁰⁾によれば、18歳未満の聴覚障害児および65歳未満の聴覚障害者手帳所持者6万人、65歳以上および年齢不詳の聴覚障害者手帳所持者23万7千人、合計およそ30万人となっている。

このように行政で対象とする聴覚障害者と実際に難聴のある人との人数に乖離はあるものの、近年、聴覚障害者の社会生活に影響を与えるコミュニケーションに関する法律がいくつか成立したことに触れておきたい。その1つは、「聴覚障害者等による電話の利用の円滑化に関する法律」¹¹⁾であり、2021年より公共インフラとして電話通訳サービスが提供されることとなり、誰でも聞こえない人と通訳者を介して電話をかけたり受けたりする機会ができることになった。また、2021年に「改正障害者差別解消法」

が成立し、これまで努力義務とされていた事業者の社会的障壁の除去のための合理的な配慮(例えば、筆談)の提供が義務化された(施行日未定)¹²⁾。さらに、2022年に「障害者情報アクセシビリティ・コミュニケーション施策推進法」が成立し、2022年5月より施行され¹³⁾、第6条には「国民は(中略)意思疎通の重要性に関する関心と理解を深めるよう努める」ことが定められた。こうしたことから社会全体で聴覚障害と聴覚障害者とのコミュニケーションに関する理解がさらに促進される必要がますます高くなってきている。

そこで、本稿では、聴覚障害理解の手段としてよく用いられる模擬難聴体験を取り上げ、現在までのさまざまな模擬難聴音源や難聴シミュレーション法を概観し、今後学生教育等に利用できる簡便な模擬難聴システムの構築について検討した。

表1 身体障害者障害程度等級表
(身体障害者福祉法施行規則別表第5号より抜粋)

級別	聴覚障害
2級	両耳の聴力レベルがそれぞれ100デシベル以上のもの(両耳全ろう)
3級	両耳の聴力レベルが90デシベル以上のもの(耳介に接しなければ大声語を理解し得ないもの)
4級	1 両耳の聴力レベルがそれぞれ80デシベル以上のもの (耳介に接しなければ話声語を理解し得ないもの) 2 両耳による普通話声の最良の語音明瞭度が50パーセント以下のもの
6級	1 両耳の聴力レベルが70デシベル以上のもの(40センチメートル以上の距離で発声された会話語を理解し得ないもの) 2 一側耳の聴力レベルが90デシベル以上、他側耳の聴力レベルが50デシベル以上のもの

聴力レベルは500Hz、1,000Hz、2,000Hzの純音に対する聴力レベル(dB値)をそれぞれa、b、cとした場合、次の算式により算定した数値とする。(a+2b+c)/4

2. 模擬難聴体験について

2.1 耳栓およびヘッドホンを利用したもの

難聴者の体験として、もっとも簡便に行うことができるのは、自分の手のひらで耳を塞いでみる、または耳栓をつけてみることである。誰でも簡単に音が聞こえにくくなることをその場で瞬時に体験することができるため、例えば市販されている高齢者体験教材でも耳栓や防音用イヤーマフによる難聴体験が取り入れられている¹⁴⁾。しかし、完全に外耳道を塞いでも音は聞こえる。また正常聴覚者が耳を塞いだ場合は伝音機能の障害だけとなり、難聴のタイ

*1 内閣府によれば、日本の人口は令和3年10月1日現在1億2,550万人、そのうち65歳以上人口は3,621万人、総人口に占める割合(高齢化率)は28.9%となっている³⁾。

プ*2としては伝音難聴の体験となる。加齢性難聴者はむしろ蝸牛や神経系に障害のある感音難聴であるので、この方法は簡便ではあるが、厳密には加齢性難聴の体験とはならないのが欠点である。

一方、感音難聴者の中にはほとんど音が聞こえない方もいることと、聴覚障害者というまったく音が聞こえないことを想像する人も多いため、もう1つの方法はヘッドホンを用いて周囲の音がほぼ完全に聞こえなくなる体験である。正常聴覚者の場合、耳栓をしても音は聞こえ、視覚障害のように目をつむったり、アイマスクをしてまったく見えない状態を作り出すことはできない。そのため、ある音の存在で聴きたい音が聞こえなくなるマスキングと言われる現象を用いて、音声言語が聞こえなくなる状態を作り出すことが一般的である。体験者は耳栓をした上で、ヘッドホンをつけ、そのヘッドホンからは音声聞こえなくなる程度のホワイトノイズ（白色雑音）を聞かせる。この方法だと本人にはホワイトノイズしか聞こえず、周囲の音声はまったく聞こえなくなる。一人ひとりにヘッドホンとホワイトノイズの再生装置が必要となるが、例えば、盲ろう者向け通訳・介助者養成講習会での盲ろう者疑似体験（アイマスクとこの方法を合わせる）に取り入れられている¹⁵⁾。

これは音声ほとんど聞き取れない重度難聴の状況になるが、いわゆる音声が聞き取りにくいという軽度、中等度、高度難聴の状態の体験とはならない。

参考までに、まったく音声が聞こえない体験という意味では、テレビの音声を消してテレビを観る、話者が声を出さずに会話するという方法もある。

2.2 感音難聴シミュレーション方法の紹介

(1) 高音域の聴覚閾値上昇の模擬：高周波数域カットによるもの

日本は、1994年に高齢社会（高齢化率14%超）になった¹⁶⁾。1990年代は高齢社会に対する社会的関心が高まったと推測される。1997年には高齢社会対策基本法が制定された。こうした時代に大沼ら¹⁷⁾の開発した加齢性難聴のシミュレーション装置が公共施設等に設置され、聞こえに関心のある人は誰でも加齢性難聴の疑似体験をすることができたので、最初に紹介する。

このシミュレーション装置¹⁷⁾は、「TVモニターから提

示される画像と音を手がかりに高齢難聴者の聞こえの困難さを疑似体験するシステム」であり、「難聴者が日常生活で遭遇する6種類の音響環境場面（音楽2種類、屋外場面2種類、屋内場面2種類）」があり、モニターのタッチパネルを押すと、各々の場面に3段階の加工音素材（最も聴取しにくく加工・編集された音、比較的聴取理解しやすい音、通常の音）が画像とともに提示された。音声加工の手順としては、①80歳以上で中～高域の周波数の聴力が低下している場合を想定して、500Hz以上をイコライザーでカット、②70歳以上で高域の周波数の聴力が低下している場合を想定して、1,000Hz以上をイコライザーでカットしたと書かれている。

加齢性難聴は両側性感音難聴であり、両耳の聞こえがほぼ同程度で、高い音域から徐々に聴覚閾値が上昇し、聴覚閾値レベルに比して、語音弁別能の低下が大きいこと、補充現象があることなどが特徴である^{18,19)}。補充現象はリクルートメント現象とも呼ばれ、特に内耳性感音難聴者にラウドネス（音の大きさ）の聞こえ方の変化が起こるもので、「正常聴力者に比して、小さな音の変化が大きな変化としてとらえられ、急峻な変化を起こす」ものである²⁰⁾。加齢性難聴では年齢とともに増加する¹⁸⁾。

大沼らの音源¹⁷⁾は、イコライザーで中～高音域の音を取り除き、子音などの語音の情報が含まれる音域を取り除くことで、語音聴取の困難さについてもシミュレーションしたものであるが、感音難聴者におけるダイナミックレンジの狭小化や加齢性難聴者に生じることの多い補充現象までは含まれているかどうかは不明であった。

(2) 語音弁別能の低下の模擬：歪み加工によるもの

加齢性難聴者など感音難聴者からよく聞かれることばは「声は聞こえるが、ことばが聞き取れない」というものである。聴覚障害は感覚障害であるので、外からその人にどのように聞こえているかは想像がつかず、本人の訴えから想像するしかない。客観的に観察できる標準純音聴力検査や語音弁別検査が終わった後に、普段どのようにことばが聞こえるのか聞いてみると、もごもご聞こえてはつきりしない、歌手の歌が以前より下手に聞こえる、壊れたラジオのように歪んで聞こえるなどということがある。

こうした変化を取り入れて、高い周波数の除去だけではなく、音声を歪ませることで、感音難聴者の聞こえをシミュレーションした音源が社会啓発用ビデオなどに含まれている（例、「分かり合って素敵です」1994年制作²¹⁾）。例にあげたビデオは、普通の音声で難聴者にはどう聞こえるのか比較するために、普通の音声、伝音難聴者、感音難聴者の模擬難聴音源が、文章の朗読シーンとともに流れ、特に感音難聴では中～高周波数域をカットした音声と音声を歪ませた音として体験できるものが含まれていた。

*2 難聴のタイプを分ける方法はいくつかあるが、障害部位によって、伝音難聴、感音難聴、混合難聴の3つの種類に分けることが多い。外耳・中耳までの伝音系（音の振動エネルギーを内耳に伝える部分）による障害が伝音難聴であり、振動エネルギーのロスにより聴覚閾値が上昇するが、感音機能は正常である。感音難聴は、伝音機能は正常であるが、内耳およびそれ以降の神経系の障害によるものであり、聴覚閾値の上昇の他に、語音弁別能の低下、周波数選択性の低下、時間分解能の低下など、聞こえ方のさまざまな変化が生じる。音が聞こえても歪んで聞こえるために語音の弁別が困難になること、早口や騒音下で聞こえが低下するなどの特徴がある。伝音系と感音系の両方に障害がある場合は混合難聴である。

(3) リクルートメント現象の模擬を加えたもの

感音難聴者の聞こえの特徴の1つにリクルートメント現象（補充現象）がある。

渡辺²²⁾は、デジタル補聴器を利用して、高音域を伸長増幅することで、小さい入力音圧での高音域の利得を小さくし、大きな入力音圧での高音域の利得を急激に大きくするようにした。こうすることで加齢性難聴の高音域の閾値上昇と、リクルートメント現象を模擬させた。報告には聴覚閾値の結果のみで語音検査の詳細な結果は省かれていたが、このデジタル補聴器によるシニアシミュレータが高齢者体験として適した方法であるとしている。

デジタル補聴器は、マイクロホンから取り入れた音波をデジタル変換したのちに信号処理し、加工した音をレシーバの手前でアナログ変換して出力する。つまり内部のコンピュータで音を処理するもので、周波数帯域ごとに利得や圧縮率等を変えるなど、音の加工処理をさまざま行うことができるのが特徴である。このデジタル補聴器を難聴シミュレーターとして使う方法は、相手の音声をリアルタイムで加工して難聴者の聞こえとして体験させられるシステムとして使用できるのではないかと考える。

(4) 周波数選択性低下の模擬によるもの

高木²³⁾は、語音聴取に関する聴覚能として、①聴力レベル、②ラウドネス、③周波数選択性、④時間分解能、⑤周波数弁別能、⑥ピッチ知覚能、⑦空間知覚能の7つを挙げている。時間分解能はその低下と共に著しく最高語音明瞭度（語音弁別能）が低下すると述べ、また周波数選択性が悪化すると背景雑音の排除のために用いる聴覚フィルターが悪化することになるので音の弁別と検知が低下するとしている。このように感音難聴者の語音弁別能の低下には、閾値の上昇や大きさの感覚の変化だけではなく、それ以外にいくつかの語音聴取に関する聴覚能の変化がある。これらが相まって、わずかな時間の中で生起して消え去り、音圧や周波数が変動する音声情報を聞き取ることが困難になるために語音聴取の困難が生じる。

蘆原・坂本²⁴⁾は、このうちオーディオグラムからのみ計算した（つまり高音域の閾値上昇分を模擬した）音源と、さらに周波数選択性の悪化分を計算させて加えた模擬難聴の音源（それぞれに「蟬の鳴き声」「オルゴールの音」「繁華街の音」「女性の朗読音声」がある）を紹介し、著書の付録CDに収録している（音源は補聴器メーカーのリオン社提供とのこと）。また、こうした音源のサウンドスペクトログラムを提示し、「オーディオグラムを計算しただけなら調波構造による縞模様がきれいのまま」であるが「周波数選択性を計算すると縞模様が滲んだようになって」、「それだけ音がひずんでいる」と述べ、音の歪みを視覚的にもわかりやすく示している。

2.3 補聴器メーカーの提供している模擬難聴音源の紹介

(1) 補聴器メーカーの提供しているウェブサイトの例

各補聴器メーカーはホームページの中で製品情報だけではなく、聞こえのしくみ、難聴の程度とコミュニケーションへの影響、難聴の心理社会面への影響などについてもさまざまな情報を提供している。一部のメーカーのホームページの家族向けの情報には家族が難聴者の聞こえを体験する仕掛けがある。このようなページから家族や周囲の人が難聴者の聞こえ方を理解し、難聴者の立場に立ったよりよいコミュニケーションへとつながることが期待されている。筆者らの知る範囲での主なホームページを表2に掲げる。いずれもあらかじめ録音および加工された音源を聴くことができる。

(2) 補聴器メーカーの提供している難聴体験アプリの例

スターキー社の販売している「Hearing Loss Simulator」²⁵⁾は、難聴者の家族がiPadで難聴者の聞こえを体験できるアプリである。画面上でさまざまな聴力型と障害程度のオーディオグラムを選択し、あらかじめ内蔵された物音（水の流れ、自動車、電話着信音、草刈機）や音声（男性、女性、子ども）にオーディオグラム（正常、軽度、中等度、高度；高音漸傾型、低音障害型、高音急墜型等）を重ねて再生することができる。また、ユーザーが録音した音声も使用できるので自分の音声で難聴者にどのように聞こえるか確認できる。

2.4 難聴シミュレーションシステムとその最近の応用

模擬難聴音声を生成するソフトウェアやアプリケーションを表3にまとめた。

(1) HLSim-NIOSH Hearing Loss Simulator

米国のCDC（疾病対策予防センター）の一組織であるNIOSH（国立労働安全衛生研究所）がウェブサイト上で提供している模擬難聴システムがHearing Loss Simulator v4.0.26.0（ベータ版）である²⁶⁾。NIOSHが職業性難聴の啓発と予防のために提供しているもので、難聴の種類（正常、騒音性および加齢）、騒音性難聴の特徴である4kHzを中心とした聴覚閾値上昇の程度（軽度、中等度、中高度）が選べる他、手動調整が選べる。この手動調整機能は125Hzから8,000Hzまでの10周波数（オーディオメータで測定できる周波数）のグラフィックイコライザー（-80から+12まで可変可能）によって聴力型や聴覚閾値を簡単に自由に設定できることが大きな特徴である。音源は、人の声（男性、女性など）、さまざまな機械音（ドリルなど9種類、雑音2種類、音楽2種類、耳鳴り、アラーム音）の他、自分で録音した音源を使うことができる。

また、背景雑音としてそれらの音源を同時に再生することができ、騒音下の聞こえも模擬できる。この2つの音源の相対比（つまりS/N比）の変更も画面上のスライダーで自由に可能であり、感音難聴者の雑音下での聞き取りの低下が体験できる。

表2 各補聴器メーカーのウェブサイトで提供されている擬似難聴音源

会社名 (ブランド名)	デマント・ジャパン 株式会社 (オーティコン)	デマント・ジャパン 株式会社 (フィリップス)	ソノヴァ・ジャパン 株式会社 (フォナック)	シバントス 株式会社 (シグニア)
内容	2人の人の会話場面の動画。相手の音声が聞こえにくくなることで難聴者の置かれた会話の状態を描写している。	音源として、レストラン、海の波、森林がある。健聴者の聴力、軽度、中等度、高度、重度難聴でのシミュレーション可能。	音源として、発話(会話・TVの声)、音楽(クラシック、POP)、自然の環境音(山の中、鳥の声)、街中の音(電車の走行音、電話の着信音)がある。健聴、高度、重度難聴でのシミュレーション可能。	オーディオグラムの上に、水滴、葉っぱ、鳥の声、時計の針音、子どもの声、歌声、犬の鳴き声、電話ベル、車の走行音、工事の音、ジェット機の音がある。健聴、軽度、中程度、高度、重度難聴でのシミュレーション可能。
URL	https://www.oticon.co.jp/hearing-aid-users	https://www.hearingsolutions.philips.com/ja-jp/hearing-loss/hearing-loss-simulator	https://www.phonak.com/jp/ja/難聴について/難聴の兆候とその対応/聞こえのシミュレーション.html	https://media.sivantos.com/apps/jpadvisor/web/simulation.html

(2022年9月現在)

表3 最近の難聴シミュレーションシステムの比較

名称	HLSim-NIOSH Hearing Loss Simulator	HearLoss	WHIS (Wadai Hearing Impairment Simulator)	思いやりトーク
開発元	NIOSH (The National Institute for Occupational Safety and Health)	UCL (University College London)	和歌山大学	株式会社オトデザイナーズ
URL	https://wwwn.cdc.gov/niosh-mining/HLSimWeb	https://www.phon.ucl.ac.uk/resource/hearloss/	https://cs.tut.ac.jp/~tmatsui/whis/index.html	https://www.otodesigners.com/omoiyari.html
形態	web上で利用	ソフトウェア (Windows)	ソフトウェア (MATLAB ソース版 ver. 3.00, Windows10 スタンドアロン版 ver. 2.25)	アプリ (iPhone/Android)
使用できる音源	①自分で録音した音源 ②あらかじめ用意されたデモ音源	①自分で録音した音源 ②あらかじめ用意されたデモ音源	①自分で録音した音源 ②あらかじめ用意されたデモ音源	①自分で録音した音声 ②あらかじめ用意された環境音源
特徴①	聴力検査に用いられる125Hzから8kHzまでの10周波数のグラフィックイコライザーで聴力型や難聴の程度が自由に設定可能。	聴覚閾値、周波数範囲(高音が聞こえる範囲)、スペクトルの詳細(聴覚フィルタの幅)をそれぞれ正常、軽度、中等度、高度の4段階で設定可能。	オーディオグラム上の125Hzから8kHzまでの7周波数で聴力型や難聴の程度が自由に設定できる。圧縮特性(外有毛細胞での圧縮特性劣化に相当する音響処理)が自由に設定可能。	あらかじめ加齢性難聴の設定がなされている。自分の発話を録音し、すぐに模擬難聴音声に変換可能。
特徴②	2つの音源(信号と背景雑音)を同時に再生でき、信号対雑音比が変更可能。	スペクトルが不明瞭になることで(周波数選択性の低下)、感音難聴が模擬可能。	内耳性感音難聴者で失われる圧縮特性を変化させることで感音難聴が模擬可能。	発話者の話す速度や発声の聞き取りやすさを判定してくれる。どのように話したらよいかお手本モードがある。

(2022年9月現在)

(2) HearLoss

HearLoss²⁷⁾は、UCL (University College London) が作成した難聴の影響を健聴者に示すための模擬難聴ソフトウェアで、WindowsPCで動かすことができる。HearLossはあらかじめ録音された音声サンプル(音声、音楽、典型的な背景雑音)または自分で録音した音源を再生しながら、難聴の3つの一般的な影響(聴覚閾値の上昇、周波数範囲の縮小、スペクトルが不明瞭になること)を模擬することができるものである。このソフトウェアの特徴としては、「スペクトルの詳細」を変更することで、周波数選択性の低下(聴覚フィルタの広がり)を模擬できることで、音が歪んで不明瞭になるという感音難聴者の聞こえが模擬できることである。

嶋田・石原²⁸⁾は、小学校高学年を対象とした聴覚障害理解のための授業として、HearLossによる難聴疑似体験を活用した授業例を考案し報告している。授業の中では、模擬難聴体験以外にもさまざまな難聴者の側面が触れられているが、模擬難聴の部分では、聴覚閾値の上昇、周波数範囲の減少による聞こえの変化で伝音難聴を体験させ、スペクトルが不明瞭になることで、感音難聴の聞こえを体験させた。さらに音声と雑音を同時に再生させることで雑音下では聞き取りにくいこと、雑音を消すことで静かな環境の重要性を体験させた。HearLossを用いることが、健聴者が聴覚障がい者のニーズおよび自分にできることについて考えるきっかけとなると述べている。

また、嶋田・石原²⁸⁾はHearLossはどのような話し方が聞きやすいか聞き比べてみることもできるとして、こうした模擬難聴システムが健聴者側の話し方を省みる手段となることも示唆した。

(3) 模擬難聴システム WHIS

WHIS (Wadai Hearing Impairment Simulator)²⁹⁾は和歌山大学が開発した感音難聴を模擬するシステムである。WHISを応用した研究を行なっている長谷川ら³⁰⁾によれば、WHISは「人間の聴覚モデルについての知見をもとに、入力音声に対して感音難聴における内毛細胞での感度低下と外毛細胞での圧縮特性劣化に相当する音響処理を行い、感音難聴の聞こえを模擬した音声を出力するものである」。WHISのウェブサイト²⁹⁾には「難聴者、特に今後増え続けていくと予想される老人性難聴者がどのような聞こえの世界に暮らしているのかを理解」するために用いられていることが紹介されている^{30,31)}。

例えば、長谷川ら³¹⁾は言語聴覚士養成校の授業で使用し演習を行ったところ、学生から「難聴を体感できる、聴力の違いによる聞こえの違いが体験できる、わかりやすい話し方などの支援方法がわかる」などの評価が得られたことを報告している。

模擬難聴システムの応用として、模擬難聴システムによ

る模擬難聴患者を被験者にした聴取実験がある。畑山ら³²⁾は、模擬難聴システムで80歳高齢者の聴力をシミュレーションし、若年健聴者が聴取するという方法で、文節休止による発話が高齢難聴者の文聴取に及ぼす影響を検討した。その結果、模擬難聴状態で、文節休止を行なうことで文聴取課題の正答率が向上することを示した。

さらに、東山ら³³⁾は、模擬難聴システムによって自分の音声は模擬難聴音声としてフィードバックされることで発話の明瞭性につながるのかどうか、発話訓練効果を検討している。

(4) 思いやりトーク

最後に紹介するのは、「思いやりトーク」³⁴⁾である。これは、株式会社オトデザイナーズが開発し配布している「聞き取りやすい話し方」を練習するためのアプリである(iPhone/Androidに対応)。自分の音声を録音することで、聞き取りやすさ、話すスピード、話し方が判定され、どのようにしたらよいかアドバイスがもらえる。自分の音声を模擬難聴音声で再生することができ、自分の音声は難聴者にどのように聞こえるかシミュレーションできる。また模擬音声も含まれているので、どのように話すよいか確認できること、やり直しができるので、レベルが上がるように何度も練習できる。また環境音(例、ファストフード店内)などと合成することで、そうした雑音下での聞き取りにくさが体験できる。

「思いやりトーク」は、自分の音声を音源にして、模擬難聴音声で体験できる。主たる目的を話し方の練習に応用していることが特徴であり、言語聴覚士養成教育にも取り入れられている³⁵⁾。富井らは言語聴覚士学生を対象に2週間の話し方練習を課し、「伝わりやすい発話速度」、「子音の明瞭な発話」といった話し方改善の傾向が認められたことを報告している³⁶⁾。

3. 言語聴覚学専攻の講義で利用できるリアルタイム模擬難聴システムの構想

これまでみてきたように、さまざまな難聴シミュレーション方法があり、一般の人、難聴者の家族や周囲の人、福祉・医療系学生、福祉・医療従事者などの啓発・研修に、また最近では話し手の話しかたのトレーニング等にまで、幅広く使用されている。一方で耳栓体験などを除き、多くの模擬難聴システムは、あらかじめ録音された音声を加工して難聴者の聞こえを再現するために、リアルタイムでのやりとりが困難である。

そこで、筆者らとしては実際の感音難聴者の聞こえを精密に模擬することよりも、簡易でリアルタイムに難聴が模擬できることを重視した方法を今後工夫し、聴覚障害の講義の中で活用したいと考えている。

3.1 構想中のシステム

(1) システム構成

使用する機材は一般的に入手可能なものを用いて、図のようなシステム構成にする。

マイクロホンで集音された音声が入力され、オーディオインターフェイスを介してパーソナルコンピュータに入力され、市販の音声加工ソフトウェアで周波数特性の加工（加齢性難聴の高音域の聴覚閾値の上昇を模擬）と歪みを加えた上で（語音弁別能低下を模擬）、ヘッドホンで聴取する。さらに背景雑音として環境音の録音データを使用し、音声と同時にそれらの環境音を再生することで、雑音下の聞こえを体験する。

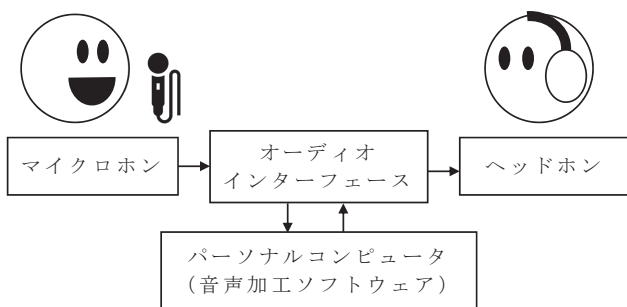


図 筆者らが構想中の模擬難聴システム

(2) システムで実現したい機能

①リアルタイムで加工が行えること

実際の会話に近い条件で模擬難聴体験ができるように、リアルタイムでの音声加工ができるものを考えている。1m離れたところの普通話声の音圧は約60dB SPLとされる³⁷⁾。近距離でヘッドホンを通して相手の肉声が直接聞こえてしまう可能性があるため、今後検討が必要である。

②語音弁別能の障害程度がある程度再現できること

構想中のシステムはリクルートメントや周波数選択性、聴覚フィルタ等の感音難聴の聴覚特性を厳密に模擬するものではないが、歪みエフェクトを利用して、語音弁別能の低下を模擬したい。あらかじめ、歪みの程度を設定しておき、その歪みのレベルで若年正常聴覚者が語音弁別検査を行う。あらかじめ平均的な語音弁別能を把握しておく（またはあらかじめ20%、50%、80%のように、想定した語音弁別能が平均的に得られるような設定を得る）ことで、学生は語音弁別能の程度と実際の聞こえを結びつけ、コミュニケーション能力についてイメージできると思われる。

さらに表1のように、身体障害者手帳の基準となる平均聴力レベル70dBや語音弁別能50%の聞こえがある程度模擬できると、身体障害者手帳に該当するレベルのイメージができると思われる。

③背景雑音と音声のみキシングできること

感音難聴者の聞こえの特徴の1つは、雑音が負荷されると語音聴取が困難になることである。生活環境の中ではほとんどの場所で雑音があるため、こうした雑音の影響も合わせて体験できるようにしたい。

4. まとめ

これまでの難聴シミュレーションの方法について概観した。難聴シミュレーションは、加齢性難聴への関心の高まりと障害者の社会的環境の変化の中でニーズが高まっている。

特に感音難聴のシミュレーションには、聴覚閾値の上昇だけでなく、語音弁別能の低下、雑音下での聴取能の低下などの側面の体験ができるようになってきている。また方法としてもウェブサイトやアプリ等の環境で簡単に体験できるようになっている。

難聴シミュレーションは、難聴者の聞こえを体験することで、難聴に関する社会啓発、学校における障害理解教育、難聴者の家族や難聴者や高齢者に関わる人等に対するコミュニケーション支援等に利用される。また、難聴者に聴きやすい発声方法の練習としても活用され、言語聴覚士教育にも活用されている。

一方で、リアルタイムで模擬音声加工ができるシステムは少ないため、リアルタイムで会話の体験のできる方法を工夫して、本学の授業にも取り入れていきたい。

参考文献

- 1) 立木孝, 笹森史朗, 南吉昇, 一戸孝七, 村井和夫, 村井盛子, 河嶋寛: 日本人聴力の加齢変化の研究. *Audiology Japan*, 45:241-250, 2002.
- 2) 内田有恵, 杉浦彩子, 中島務, 安藤富士子, 下方浩: 全国高齢難聴者数推計と10年後の年齢別難聴発症率—老化に関する長期縦断疫学研究 (NILS-LSA) より. *日本老年医学会雑誌*, 49:222-227, 2012.
- 3) 内閣府: 令和4年版高齢社会白書. p.2, 2022. <https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2022/zenbun/pdf/1s1s_01.pdf>. [accessed 2022-09-03]
- 4) 城間将江, 中村公枝: 聴覚と聴覚障害 (城間将江, 鈴木恵子, 小淵千絵 (編) 聴覚障害学, 第3版, 第1章). 医学書院, 東京, p.7, 2021.
- 5) 荻安誠, 外山稔, 松平登志正: コミュニケーション障害の疫学: 音声言語・聴覚障害の有病率と障害児者数の推定. *京都学園大学健康医療学部紀要*, 1:1-12, 2016.
- 6) 文部科学省: 特別支援教育資料 (令和2年度) 第一部データ編. pp.3-4, 2021. <https://www.mext.go.jp/content/20211014-mxt_tokubetu01-000018452_2.pdf>. [accessed 2022-09-03]

- 7) 一般社団法人日本補聴器工業会: JapanTrak 2018 調査報告. <http://www.hochouki.com/files/JAPAN_Trak_2018_report.pdf>. [accessed 2022-09-03]
- 8) 一般社団法人 全日本難聴者・中途失聴者団体連合会: 電話利用における音声認識ソフトの調査～文字付き電話の可能性と課題～報告書. 一般社団法人 全日本難聴者・中途失聴者団体連合会, p.4, 2020.
- 9) 厚生労働省: 身体障害者障害程度等級表 (身体障害者福祉法施行規則別表第5号). <<https://www.mhlw.go.jp/bunya/shougaioken/shougaisatechou/dl/toukyu.pdf>>. [accessed 2022-09-03]
- 10) 厚生労働省社会・援護局障害保健福祉部: 平成28年生活のしづらさなどに関する調査 (全国在宅障害児・者等実態調査) 結果. p.10, 2018. <https://www.mhlw.go.jp/toukei/list/dl/seikatsu_chousa_c_h28.pdf>. [accessed 2022-09-03]
- 11) 総務省: 電話リレーサービス. <https://www.soumu.go.jp/menu_seisaku/ictseisaku/telephonerelay/index.html>. [accessed 2022-09-03]
- 12) 内閣府: 障害を理由とする差別の解消の推進. <<https://www8.cao.go.jp/shougai/suishin/sabekai.html>>. [accessed 2022-09-03]
- 13) 内閣府: 障害者による情報の取得利用・意思疎通に係る施策の推進. <<https://www8.cao.go.jp/shougai/suishin/jouhousyutoku.html>>. [accessed 2022-09-03]
- 14) 栗原トヨ子, 木之瀬隆, 井上薫, 大津慶子, 新田收, 寺山久美子, 長田久雄: 保健医療系学生のための高齢者疑似体験プログラムの意義—体験による高齢者に対する意識の変化の考察—. 日本保健科学学会誌, 7:194-199, 2004.
- 15) 各都道府県・各指定都市・各中核市民生主管部 (局) 長あて厚生労働省社会・援護局障害保健福祉部企画課自立支援振興室長通知 盲ろう者向け通訳・介助員の養成カリキュラム等について (平成25年3月25日障企自発0325第1号) <<https://www.mhlw.go.jp/bunya/shougaioken/sanka/dl/shien04.pdf>>. [accessed 2022-09-03]
- 16) 公益財団法人長寿科学振興財団 健康長寿ネット: 日本の超高齢社会の特徴. <<https://www.tyojyu.or.jp/net/kenkou-tyoju/tyojyu-shakai/nihon.html>>. [accessed 2022-09-09]
- 17) 大沼直紀, 西山潔, 石井秀明: 高齢難聴者の聞こえのシミュレーション装置. 電子情報通信学会技術研究報告, 94:41-47, 1994.
- 18) 下田雄文: 老年者における聴覚の研究. 日本耳鼻咽喉科学会会報, 98:1426-1439, 1995.
- 19) 伊藤健: 加齢と聴覚—有毛細胞から認知機能まで—. Audiology Japan, 62:125-133, 2019
- 20) 高木明: 聴覚と平衡機能の医学 (城間将江・鈴木恵子・小淵千絵 (編) 聴覚障害学 第3版, 第3章). 医学書院, 東京, p.55, 2021.
- 21) 日本障害者雇用促進協会 (企画): 分かり合うって素敵です～聴覚障害者とコミュニケーション. 東京シネビデオ, VHS, 1994.
- 22) 渡辺進一郎: デジタル音声変換による老人性難聴疑似体験に関する基礎的研究. 第12回リハ工学カンファレンス講演論文集, 12:139-144, 1997.
- 23) 高木明: 難聴者の周波数選択性と時間分解能. 耳鼻科展望, 45:460-468, 2002.
- 24) 蘆原郁, 坂本真一: 音の科学と擬似科学—音の不思議と怪しい話—. コロナ社, 東京, pp.51-60, 2012.
- 25) Starkey Laboratories, Inc.: Hearing Loss Simulator ver. 1.3.1. <https://apps.apple.com/jp/app/hearing-loss-simulator/id398352094?__hsfp=1014344443&__hssc=251458137.1.1662954892907&__hstc=251458137.9f2b26ac3374d5bd1e3557abc08a9367.1662790331730.1662797107211.1662954892907.3&hsCtaTracking=8e15e43c-56ac-454e-9d30-cf8aaf61b4cf%7C5654f78e-0841-4bb1-a303-75492a12b83f>. [accessed 2022-09-09]
- 26) The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH): Hearing Loss Simulator v4.0.26.0. <<https://www.niosh.gov/niosh-mining/HLSimWeb>>. [accessed 2022-09-09]
- 27) UCL Division of Psychology and Language Sciences: HearLoss - Hearing Loss Demonstrator. <<https://www.phon.ucl.ac.uk/resource/hearloss/>>. [accessed 2022-09-09]
- 28) 嶋田麻美, 石原研治: 聴覚障害理解のための新規教育方法の考案. 茨城大学教育実践研究, 30:219-232, 2011.
- 29) 松井淑恵: 模擬難聴システム WHIS. <<https://cs.tut.ac.jp/~tmatsui/whis/>>. [accessed 2022-09-09]
- 30) 長谷川純, 吐師道子, 松井淑恵, 入野俊夫: 模擬難聴システムの教育・臨床・研究への適用と言語聴覚士による評価. 言語聴覚研究, 16:251-252, 2019.
- 31) 長谷川純, 吐師道子, 松井淑恵, 入野俊夫: 言語聴覚士教育における模擬難聴システムを使用した演習の効果. コミュニケーション障害学, 36:157, 2019.
- 32) 畑山春菜, 長谷川純, 吐師道子, 松井淑恵, 入野俊夫: 高齢難聴者の文聴取における文節休止の効果—模擬難聴システムを用いたシミュレーションによる検討—. 人間と科学 県立広島大学保健福祉学部誌, 18:19-26, 2018.
- 33) 東山宗一, 入野俊夫: 模擬難聴システムを用いた発話訓練による音声の明瞭性向上の評価. 情報処理学会研究報告, 2018-MUS-119(55):1-6, 2018
- 34) 株式会社オトデザイナーズ (代表: 坂本真一): 想いやりトーク iPhone/Android アプリ. <<https://www.otodesigners.com/omoiyari.html>>. [accessed 2022-09-16]

-
- 35) 学校法人成田会 長野医療衛生専門学校言語聴覚士学科：無料アプリ「思いやりトーク」で、話し方を練習しよう！. <<https://nagano-iryouseisei.ac.jp/medical/information/8647>>. [accessed 2022-09-16]
 - 36) 富井浩子, 林耕司, 白井結, 坂本真一：言語聴覚士学科の学生に「伝わりやすい話し方」を習得させるための試み—話し方練習アプリの使用と意識調査—. 言語聴覚研究, 18:262, 2021.
 - 37) 白石君男, 神田幸彦：日本語における会話音声の音圧レベル測定. Audiology Japan, 53:199-207, 2010.