

生涯学習施設の館内放送はどうあるべきか： 聴覚実験による肉声と人工合成音声の聞きやすさの比較

三谷 雅純^{1)*}

Which site-broadcasting is better in lifelong learning facilities? Comparison between two systems, one with natural voice and the other with artificially synthesized voice by hearing experience

Masazumi MITANI^{1)*}

Abstract

In February 2014, I conducted a set of auditory tests in order to confirm listening desirability in hearing 26 persons plus one auditory-agnostic person. Bias was present in the age structure and sex ratio: females biased 50 yrs mode subject. Questions consisted of digital recordings of natural voices emitted by professional and volunteer announcers with artificially synthesized speech newly created. Female voices were significantly more understandable than male voices in nature. There was no bias between both artificial sexual-imitated synthesized voices. In any cases, natural voices were significantly more understandable than artificially synthesized voices. Artificially synthesized voices, however, become significantly more understandable, provided that it is with kanji-and-kana sentences and pictogram. Recitation and rhythmical song had no significant differences. In the future, it is desirable to present pictures and symbols for communication-support with sounds in emergency evacuation especially for the universal use.

Key words: natural voice, artificially synthesized voice, multimedia DAISY, lifelong learning facilities, hearing, universal

はじめに

博物館や美術館、図書館、公民館など生涯学習施設における施設内放送は重要な役割を担う。しかし、放送で使われる音声は年齢や難聴の有無などの肉体条件や騒音の有無など、人や環境によって聞こえ方が大きく異なる。人の発声をデジタル録音して放送に使うばかりでなく、今日のように人工合成音声を多用するようになると、聞こえの問題は聴力と共に脳内の言語認知能力（山鳥、

2011）も関わり、より細かな配慮が必要である。なお「聞こえ」とは聴覚に関する概念であり、耳から脳にとどくまでの音の伝達を問題にするが、本稿では「聞こえ」を拡大解釈して神経心理学的な聴覚認知の問題も合わせて論じる。このふたつは医学的には厳密に区別すべきだが、生涯学習施設利用者一般を考える場合には、重複するところが大きいためである。

生涯学習施設で音声を利用されるケースは展示解説の録音利用や案内放送であろうが、特に配慮が必要とされ

¹⁾ 兵庫県立大学 自然・環境科学研究所 〒669-1546 兵庫県三田市弥生が丘6丁目 Institute of Natural and Environmental Sciences, University of Hyogo; Yayoigaoka 6, Sanda, Hyogo, 699-1546 Japan

併任：兵庫県立人と自然の博物館 自然・環境マネジメント研究部 〒669-1546 兵庫県三田市弥生が丘6丁目 Division of Nature and Environmental Management, Museum of Nature and Human Activities, Hyogo; Yayoigaoka 6, Sanda, Hyogo, 669-1546 Japan

* E-mail: mitani@hitohaku.jp

るのは火事や地震などの緊急放送である。緊急放送では、基本的に「人によっては理解できない」という事があってはならない。

1995年に起こった阪神・淡路大震災以後、緊急放送について公共放送の聞こえ方を研究した例は多数ある。たとえば高齢者や障がい者を含む音声コミュニケーション障がい者と音バリアフリーの現状(たとえば上羽ほか, 2007; 荒井, 2007; 荒井・上羽, 2009; 伊藤・荒井, 2009など)や防災放送では津波の町内無線放送のあり方を研究した例(後藤・竹澤, 2009)である。しかし2011年の東日本大震災の被災状況などを見れば、これらの研究例が十分に活用されているとはいえない。

わたしはこれまで、生涯学習施設におけるユニバーサル・デザインのあり方を考え、その例として博物館で作る誰にでも読みやすいテキストのあり方を考察してきた(三谷, 2007; 2008; 2011)。その過程で博物館テキストや展示解説に、元来は視覚障がい者の利便を考えて開発されたDAISY (Digital Accessible Information System)の内、マルチメディアDAISY(河村, 2011)を応用すれば、視覚障がい者ばかりでなく高齢者や視覚障がい者以外の多様なコミュニケーション障がい者にも利用可能であることを確認した(三谷, 2012; 2013)。

ただし、入力したテキスト文からマルチメディアDAISYを作る場合は、作成者のあつかいやすさと経済性ではフォルマント合成音声の利用(たとえばマイクロソフト株式会社・特定非営利活動法人 支援技術開発機構, 2010)が望ましいが、コミュニケーション障がい

者の中には人工合成音声では聞き取れない人がいるという問題があった(三谷, 2012)。さらに、高齢者など通常のライフ・ステージにいる非コミュニケーション障がい者も人工合成音声にはなじめない人がいるし、場合によっては健聴に見える比較的若い人でも人工合成音声がかえりやすいことがあるらしい。このことを確かめるために、一般来館者を想定して、肉声と人工合成音声の聞こえやすさの比較実験を行ったので、その結果を報告する。実験では男女の音声やリズムの付与による聞きやすさの差、文章や絵・写真の付与による聞きやすさの差も検討したので、合わせて報告し、将来の生涯学習施設像を議論した。

方 法

被験者と音源, 実験過程

2014年2月4日、兵庫県立人と自然の博物館において、博物館で働く日々雇用職員や派遣職員を対象に「障がい者の接遇研修」が行われた(人びとを迎えるために-1, 2: http://www.hitohaku.jp/blog/2014/02/post_1833/, http://www.hitohaku.jp/blog/2014/02/post_1834/)。その機会を利用して、一般から参加した聴覚失認の市民1名を含む20歳代から60歳代の男女27名を対象に聴覚実験を行った。実験ではデジタル録音した肉声音声と人工合成音声スピーカから流し、その音声が聞きやすいか聞きにくいかを回答してもらった。被験者の性・年齢分布を図1に示す。27人という限られた人数を被験者としたために、対象は男女比や年

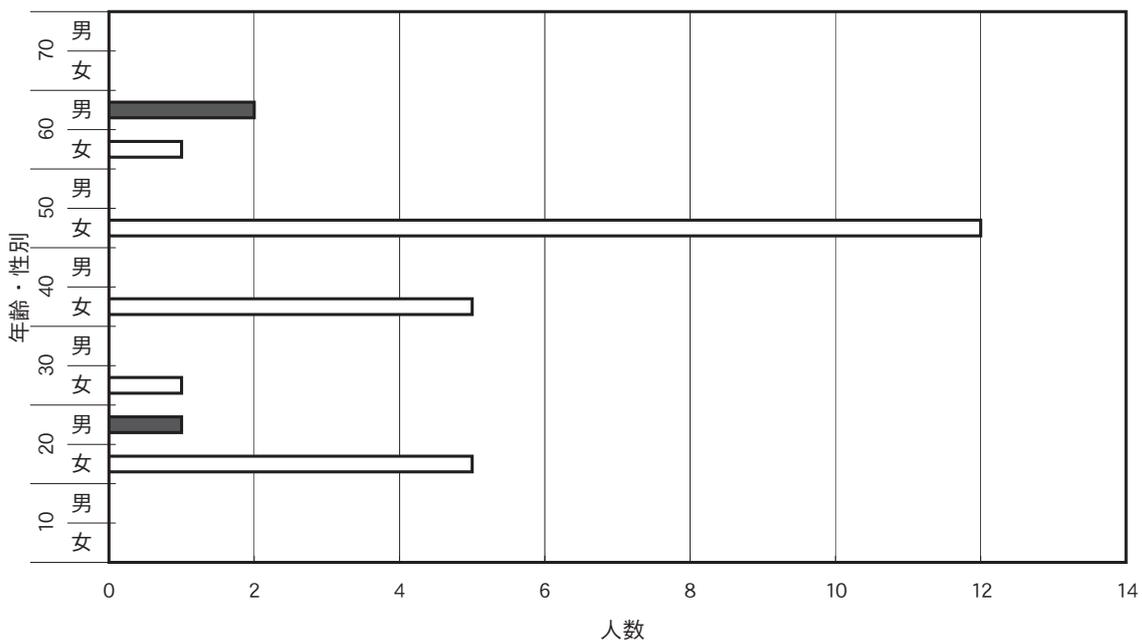


図1 被験者の性・年齢構成。女性に偏りがあり、20歳代から60歳代まで含む。50歳代の女性が多い。

表1 設問と音声タイトル, 話者, 音声の長さ, 声の高低に対応するピッチ周波数. 音声タイトルで読み上げたのは, 出だしの一節のみである. 女性の肉声は, 職業アナウンサー A, ボランティア・アナウンサー B, ボランティア・アナウンサー C の3人がいる.

設問	音声タイトル	話者	長さ (sec)	ピッチ周波数 (Hz)
1	くんくんくん おいしそう	肉声 (女性 A)	20.33	165 ~ 393
2	くんくんくん おいしそう	人工合成音声 (女声)	29.27	164 ~ 464
3-あ	赤とんぼ	肉声 (男性)	10.06	94 ~ 300
3-い	赤とんぼ	肉声 (女性 A)	10.67	178 ~ 336
4-あ	赤とんぼ	人工合成音声 (男声)	5.27	80 ~ 160
4-い	赤とんぼ	人工合成音声 (女声)	5.34	166 ~ 416
5-あ	赤とんぼ	肉声 (男性)	10.06	3-あに同じ
5-い	赤とんぼ	人工合成音声 (男声)	5.27	4-あに同じ
6-あ	赤とんぼ	肉声 (女性 A)	10.67	3-いに同じ
6-い	赤とんぼ	人工合成音声 (女声)	5.34	4-いに同じ
7-あ	あなたのことが だーいすき	肉声 (女性 B)	29.09	160 ~ 558
7-い	あなたのことが だーいすき	人工合成音声 (女声)	24.75	148 ~ 428
7-う	あなたのことが だーいすき	人工合成音声 (男声)	24.75	68 ~ 161
8-あ	ねずみの嫁入り	肉声 (女性 C)	45.46	123 ~ 329
8-い	ねずみの嫁入り	人工合成音声 (女声)	22.69	131 ~ 334
8-う	ねずみの嫁入り	人工合成音声 (男声)	23.01	78 ~ 170
9-あ	おもちゃのマーチ	肉声 (男性・朗読)	21.76	110 ~ 245
9-い	おもちゃのマーチ	肉声 (男性・歌)	16.91	95 ~ 229
10-あ	おもちゃのマーチ	肉声 (女性 A・朗読)	23.26	157 ~ 531
10-い	おもちゃのマーチ	肉声 (女性 A・歌)	16.79	186 ~ 450
11	あなたのことが だーいすき (音声のみ)			
12	あなたのことが だーいすき (音声+漢字かな混じり文と絵)	肉声 (女性 B)	29.09	7-あに同じ
13	あなたのことが だーいすき (音声+ひらがなと絵)			
14	(上のみっつの内で, いちばん聞きやすかったのはどれですか?)			
15	あなたのことが だーいすき (音声のみ)			
16	あなたのことが だーいすき (音声+漢字かな混じり文と絵)	人工合成音声 (女声)	24.75	7-いに同じ
17	あなたのことが だーいすき (音声+ひらがなと絵)			
18	(上のみっつの内で, いちばん聞きやすかったのはどれですか?)			
19	ねずみの嫁入り (音声のみ)			
20	ねずみの嫁入り (音声+漢字かな混じり文と絵)	肉声 (女性 C)	45.46	8-あに同じ
21	ねずみの嫁入り (音声+ひらがなと絵)			
22	(上のみっつの内で, いちばん聞きやすかったのはどれですか?)			
23	ねずみの嫁入り (音声のみ)			
24	ねずみの嫁入り (音声+漢字かな混じり文と絵)	人工合成音声 (女声)	22.69	8-いに同じ
25	ねずみの嫁入り (音声+ひらがなと絵)			
26	(上のみっつの内で, いちばん聞きやすかったのはどれですか?)			
27	(三谷が言っていることは, わかりますか?)			
28-あ	(この実験は, 疲れましたか?)			
28-い	(この実験に対するご意見などがありましたら, 何でもご自由にお書き下さい。)			

年齢構成に偏りが見られた (男 3 人・女 24 人, モード: 50 歳代)。

実験は生涯学習施設の展示解説や緊急館内放送など, 音声で情報を伝えなければならない場面を想定して行った。音源は 3 通りの方法で集めた: あらかじめ男女それぞれ 1 名の職業アナウンサーに発声を依頼して, その声をデジタル録音したもの, 製品化されたデジタル書籍に吹き込まれていた女性ボランティア 2 名のデジタル録音の声, そして, 新たにフォルマント合成で作成した人工合成音声である。音源はスピーカを通して再生し, 被験者に聞いてもらった。さらにマルチメディア DAISY と

同様の効果 (河村, 2011) を得るために, Microsoft PowerPoint 2007 を使い, 被験者に録音した音を聞いてもらいながら, 視覚情報としてスクリーン上に文章や絵を再生した。実験は, 全員, 同時に行った。

職業アナウンサーは男性が 24 歳, 女性は 30 歳であった。デジタル図書は『あなたのことが だーいすき』(ヘネヒテン, 2006) と『ねずみの よめいり』(木暮・朝倉, 2006) を使用した。人工合成音声の音声合成エンジンにはクリエートシステム開発株式会社のドキュメントトーカー日本語音声合成エンジンを使用した。音声には男声の人工合成音声「たけし」と女声の人工合成音声「けいこ」

を使った。音声情報は SUGI Speechanalyzer を使い、ソナグラムによって視覚化した。

試行はスピーカから流れる音声の聞き取りとスクリーンに映る視覚情報がスムーズに伝わったかどうかを調べる予備的な設問、男女のアナウンサーやその他の肉声と男声・女声で作った人工合成音声の聞こえを調べる設問、三谷（男性、59 歳）の肉声を直接、マイクを通して聞いてもらって聞こえるかどうかを問う設問、自由記述を求める設問だった。

聞こえを調べる設問では、音声が聞きやすいか聞きにくいかを被験者の主観判断で答えてもらった。二つあるいは三つの選択肢を提示した場合には、どれが一番聞きやすいかを答えてもらった。「全て同じように聞きやすかった」、「全て同じように聞きにくかった」、あるいは、「全て聞こえなかった」という判断に対応する選択肢も用意した。結果は、あらかじめ用意した回答用紙を被験者に配り、そのつど記入してもらった。自由記述を求める設問以外にも簡単なコメントがあれば自由に欄外に書き込んでもらった。最後に回答用紙を回収した。設問の内容と音声の基本情報を表 1 にまとめる。音圧の調整は音が割れないよう、また聞き取る音が被験者によって大きく変わることをないように注意した。全体の実験時間は約 45 分間だった。実験に当たっては被験者に過度の

負担を与えないように気を付けた。実験に使った代表的なソナグラムを図 2 に示す。

結 果

実験の予備的な設問

質問番号をスクリーン上に映しながら、女性アナウンサー（女性 A）（女性は 3 人いるため、混乱を避けるために、それぞれ A, B, C として区別する。男性は 1 人なので区別の必要がない。以下同様）が『くんくんくんおいしそう』（阿部、1994）を朗読する声を聞いてもらった（表 1 の設問 1。以下、同様に表 1 を参照）。すると 27 名中 24 名がよく聞こえると回答した。同時に、後でスクリーンに写った文字や絵を使った質問がある事を説明し、映像が見えにくい人は席を替わるように促した。席を移った人はいなかった。この結果を受けて映像や音の再生装置とスピーカに基本的な問題はないものと判断した。聞こえなかった人の内、女性 1 名は健聴であればよく聞こえる場所に座っていることを確認した。この女性は脳梗塞の後遺症で聴覚失認になった市民として参加した。

同様の方法で、女声で作った人工合成音声の聞こえ（設問 2）を判断してもらくと、15 名が「聞こえる」、12

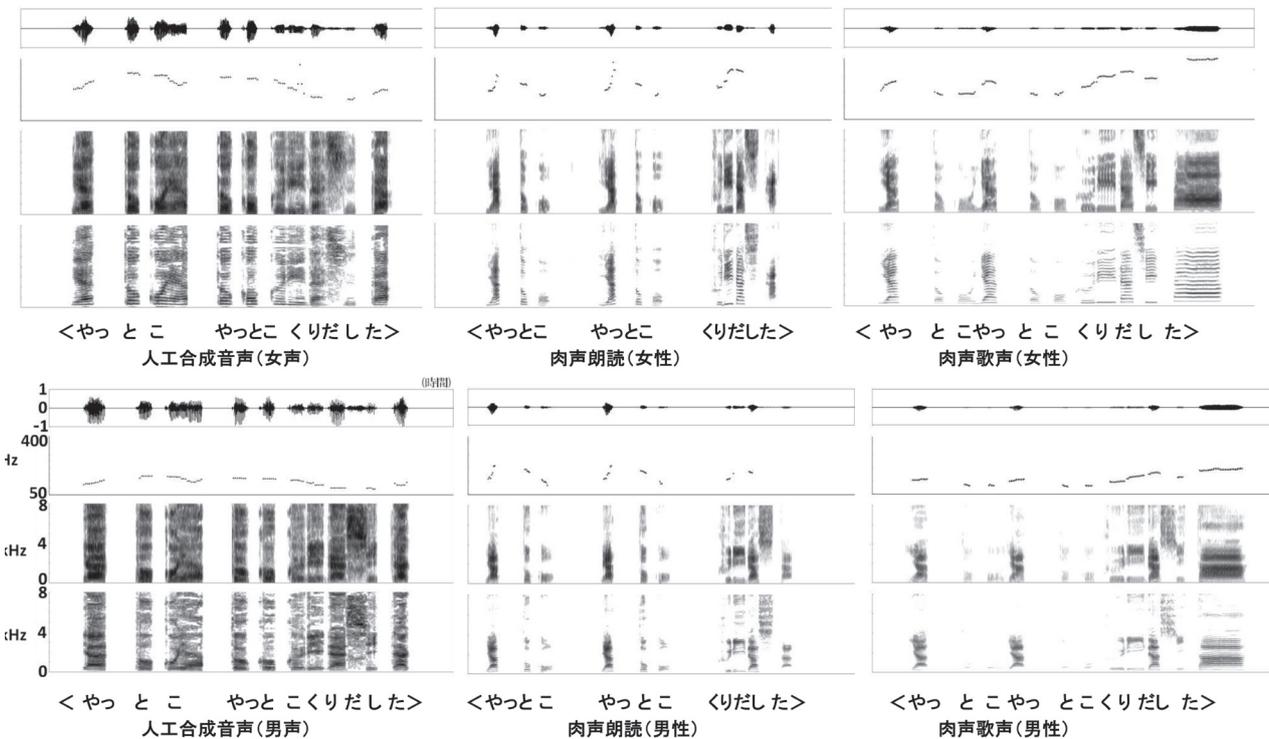


図 2 音声を可視化するためにソナグラムなどで表したもの。〈やつとこ やつとこ くりだした〉という同一フレーズの、左から右にそれぞれ人工合成音声、肉声（朗読）、肉声（歌）を、上段に女声/女性、下段に男声/男性を並べた。それぞれのパターンは、上から、原波形、ピッチ、フォルマントがよく表れる広域帯スペクトログラム、基底振動数が読み取りやすい狭域帯スペクトログラムを示す。スペクトログラムの帯域は、人間の可聴域に合わせた 0 kHz から 8 kHz であった。人工合成音声のパターンは、原波形の振幅が強いわりに聞こえにくく、8 kHz 以上にも強いエネルギーがあるものと考えられる。

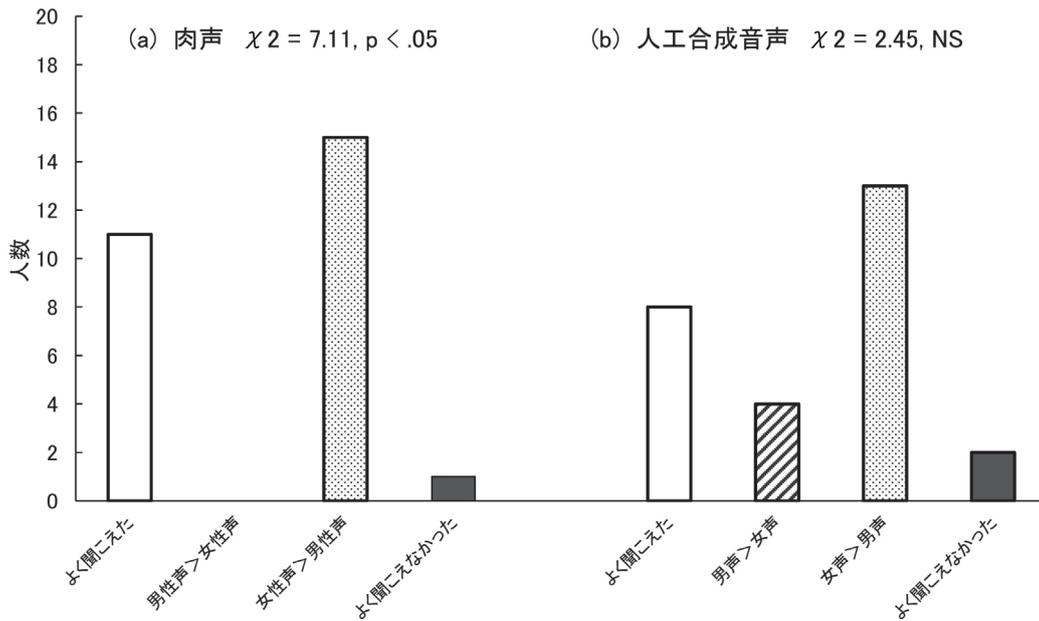


図3 (a) 人の肉声で聞いてもらった男性声と女性声の聞こえやすさの比較。(b) 人工合成音声で作成した男声と女声の聞こえやすさの比較。人の肉声では、女性声が男性声に比べて有意に聞きやすいと評価できた。人工合成音声では差がなかった。

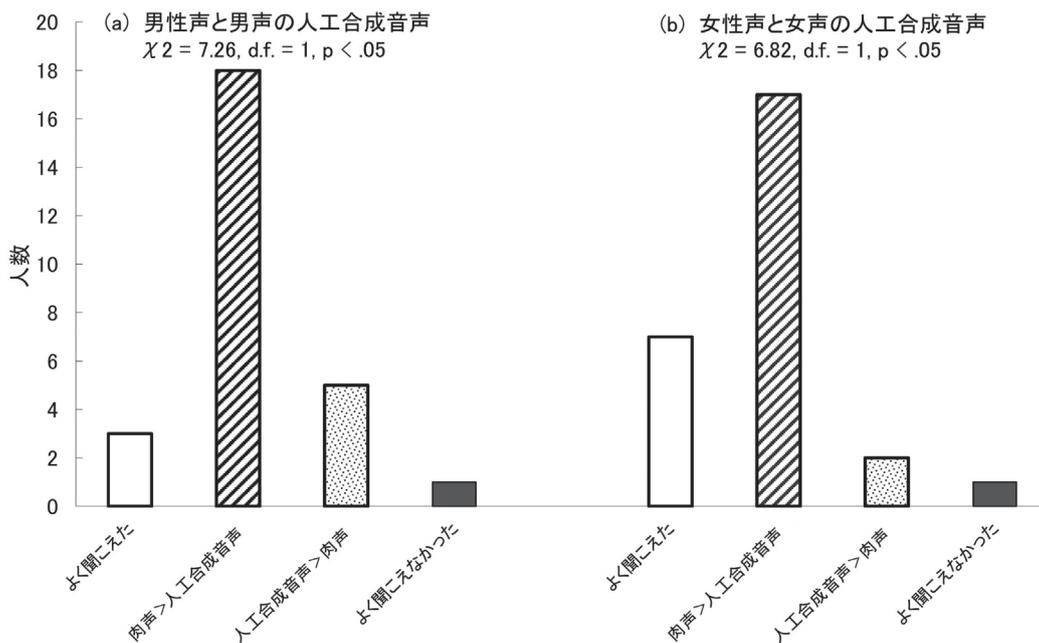


図4 (a) 人の男性声と人工合成音声の男声を使った聞こえやすさの比較。(b) 人の女性声と人工合成音声の女声を使った聞こえやすさの比較。男女とも、人工合成音声に比べて人の肉声は有意に聞きやすいと評価された。

名が「聞き取りにくい」と回答した。「聞こえない」と回答した人はいなかった。人工合成音声の聞こえを年齢によって分けると、「聞こえる」と回答した人数と「聞き取りにくい」と回答した人数では、50歳未満と50歳以上で差は認められなかった（「聞こえる」と「聞き取りにくい」を比較する。 $>50, 7 : 5; 50 \leq, 8 : 7$) (Fisher's exact test, $p = 1.00, NS$)。およそ50歳を境に多くの男女で更年期が始まり、聞こえが衰える可能

性がある（たとえば宮崎，2001）が、被験者グループでは差が認められなかった。ここでは年齢のために聞こえが悪くなったというより、年齢を問わずに肉声よりも人工合成音声の聞こえが悪いためだと解釈した。

図1の結果から、ここでは以後に述べる結果を「女性が多数を占める被験者グループの解析結果」と見なし、年齢によるギャップはないものと解釈した。また肉声は

聞こえる人が圧倒的なのに、人工合成音声では聞こえが悪くなるという結果は、以下の回答の解釈にも適応できると見なした。

男声と女声

男性アナウンサーと女性アナウンサー（女性 A）のそれぞれに唱歌「赤とんぼ」を朗読してもらい、聞こえの程度を調べた（設問 3）。「どちらも聞こえる」は 11 名であったが、女性の肉声が男性の肉声よりも聞きやすいと回答した人は 15 名いた。男性の肉声が女性の肉声よりも「聞きやすい」と評価した人はおらず、1 名は「どちらも聞こえない」であった（図 3-a）。女性の肉声を録音したものが男性の肉声よりも聞きやすかったと評価できた（ $\chi^2 = 7.11$, d.f. = 1, $p < .05$ ）。

人工合成音声の男声と女声で作成した唱歌「赤とんぼ」の朗読（設問 4）では、「どちらも聞こえる」は 8 名、「どちらも聞こえない」あるいは「どちらも聞こえにくい」は 2 名であった。男声の方が女声よりもよく聞こえた人は 4 名、女声の方が男声よりもよく聞こえた人は 13 名であった（図 3-b）。人工合成音声の男声と女声を聞き比べてもらった時には有意な差がなく（ $\chi^2 = 2.45$, d.f. = 1, $p > .05$, NS）、女性声が男性声よりも聞こえやすいとする肉声の結果とは異なった。

以後、以下の実験では、必要な場合には「よく聞こえた」とする結果が出た女性の肉声を比較規準とし、女性の肉声とさまざまな声との比較から、聞こえを判断してもらった。

肉声と人工合成音声

肉声と人工合成音声を比較して、どちらが聞こえやすいかを答えてもらった。

男性アナウンサーの肉声と男声で作った人工合成音声の唱歌「赤とんぼ」の朗読を聞き比べてもらう（設問 5）と、「どちらも聞こえる」は 3 名、「どちらも聞こえない」は 1 名、肉声が人工合成音声よりも聞きやすいと回答したのは 18 名、人工合成音声が肉声よりも聞きやすいと回答したのは 5 名であった（図 4-a）。男性アナウンサーの肉声が人工合成音声の男声よりも聞きやすいことがわかった（ $\chi^2 = 7.26$, d.f. = 1, $p < .05$ ）。

女性アナウンサー（女性 A）の肉声と女声の人工合成音声を聞き比べてもらった時（設問 6）も、「どちらも聞こえる」は 7 名、「どちらも聞こえない」は 1 名、肉声の方が人工合成音声よりも聞きやすいと回答したのは 17 名、人工合成音声の方が肉声よりも聞きやすいと回答したのは 2 名であった（図 4-b）。女性声では肉声が人工合成音声より聞こえやすいことは「実験の予備的な設問」で確認済みだが、ここでも再確認された（ $\chi^2 = 6.82$, d.f. = 1, $p < .05$ ）。

次に女性ボランティア（女性 B）の肉声と、男声と女声で作った人工合成音声の合計 3 種類で、童話『あなたのことが だーいすき』の同じ文章の朗読（設問 7）について聞きやすさを回答してもらった。結果は「どれも聞きやすい」と回答した人は 1 名、女性ボランティアの肉声が聞きやすいと回答した人が 25 名、「どれも聞こえない」と回答した人は 1 名いた。明らかに女性ボランティアの音声が聞きやすいと評価できた。

声が低く、ゆっくりと話す女性ボランティア（女性 C）が童話『ねずみの よめいり』の一節を同様の条件で朗読した音声を聞いてもらった場合（設問 8）、「どれも聞きやすい」と回答した人は 2 名、女性ボランティアの肉声が聞きやすいと回答した人は 20 名、女声の人工合成音声が聞きやすいと回答した人は 0 名、男声の人工合成音声が聞きやすいと回答した人は 1 名、「どれも聞こえない」と回答した人は 4 名であった。発声者が変わり声質が変化しても、人工合成音声より肉声が聞きやすいという評価は変わらなかった。

リズムを付ければ聴きやすさは増すか？：朗読と歌

童話「おもちゃの兵隊」の一節を、男性アナウンサーが朗読した時とリズムを付けて歌った時（設問 9）で違いがあるかどうか評価してもらった（朗読と歌のソナグラムは図 2 下段の右ふたつ）。朗読と歌は「どちらも聞きやすい」とした人が 13 名、「朗読の方が聞きやすい」とした人は 1 名、「歌の方が聞きやすい」とした人は 12 名、「どちらも聞こえない」とした人が 1 名であった。男性アナウンサーの朗読と歌声に有意な差はなかった（ $\chi^2 = 3.10$, d.f. = 1, $p > .05$, NS）。

女性アナウンサー（女性 A）の朗読と歌（設問 10）（図 2 上段の右ふたつ）を聞き比べてもらうと、「どちらも聞きやすい」とした人が 11 名、「朗読の方が聞きやすい」とした人は 4 名、「歌の方が聞きやすい」とした人は 11 名、「どちらも聞こえない」とした人が 1 名であった。女性アナウンサーでも、朗読と歌で有意な差はなかった（ $\chi^2 = 1.00$, d.f. = 1, $p > .05$, NS）。ただし「どちらも聞こえない」とした聴覚失認の 1 名は、女性アナウンサーの歌声に「リズムが少し聞こえた」と注釈をつけていた。言葉は認識できなかったが、歌うリズムは認識していたと思われる。

視覚刺激と文章の付与はわかりやすさを増すか？

マルチメディア DAISY は、文章の読みにくい人のために音声の流れ、同時にその文章を文字で表記し、絵や写真を添えた ICT（Information and Communication Technology: 情報通信技術）の一種である。今回の実験ではマルチメディア DAISY と同じ条件を作るために Microsoft PowerPoint 2007 を使っ

て録音した音声を聞かせ、同時に視覚情報としてスクリーン上に絵や文章を再生した。

**女性ボランティア（女性B）の肉声と絵や文字の添付
童話『あなたのことが だーいすき』の文章**

女性ボランティア（女性B）が朗読したものを聞き、①その音声を耳だけで聞いた時（設問 11）、②漢字混じりの文章と挿絵を添付した時（設問 12）、③ひらがなのみの文章と挿絵を添付した時（設問 13）のそれぞれのわかりやすさを評価してもらった。最後にどれが一番聞きやすかったかを選択してもらった（設問 14）。

聞きやすさの評価は、①耳だけで聞いた時と③ひらがなと絵を添付した時に「わかる」とした人が 25 名、②漢字かな混じり文と挿絵の添付では 26 名が「わかる」とした。①音声を耳だけで聞いた時と、③ひらがなのみの文章と挿絵を添付した時を「少しわかる」と評価した人が 1 名、すべて「わからない／聞こえない」と回答した人が 1 名いた（表 2 の『あなたのことが だーいすき』の内、女性 B の肉声）。

設問 14 のどれが一番聞きやすかったかの選択では、音声を耳だけで聞いた時とした人は 2 名、漢字混じりの文章と絵の入ったものを選んだ人は 21 名、ひらがなの文章と絵の入ったものを選んだ人は 3 名、「聞こえない」と回答した人が 1 名いた。

女性 B の肉声では視覚刺激の付与の有無や、文章の漢字かな交じり表現とひらがな表現に差は認められないが、自分でわかりやすかったものをひとつだけ選んでもらうと「漢字混じりの文章に絵の入ったもの」を選んだ人が多かった。

女声の人工合成音声と絵や文字の添付

童話『あなたのことが だーいすき』の文章

女声の人工合成音声で朗読し、女性ボランティア（女性 B）の朗読と同じように、①その音声を耳だけで聞いた時（設問 15）、②漢字混じりの文章と挿絵を添付した時（設問 16）、③ひらがなのみの文章と挿絵を添付（設問 17）して、それぞれのわかりやすさを評価してもらった。

人工合成音声で「明瞭にわかる」と判断した人は少なく、①音声を耳だけで聞いた時の評価で「わかる」とした人は 15 名いたが、「少し分かる」とした人が 10 名、「わからない」あるいは「聞こえない」とした人は 2 名いた。人工合成音声では、音声のみでわかるとする人は明らかに減っていた（表 2 の『あなたのことが だーいすき』の内、女声の人工合成音声）。

②漢字かな混じりの文章と挿絵を添付した時は、人工合成音声であっても「わかる」とする評価が 24 名、「少し分かる」とする評価が 2 名、「聞こえない」と回答し

た人が 1 名いた。同様に③ひらがなのみの文章と挿絵を添付した時の評価を聞くと、「わかる」とする評価が 22 名、「少し分かる」とする評価が 4 名、「聞こえない」とした人が 1 名いた（表 2 の『あなたのことが だーいすき』の内、女声の人工合成音声）。絵と文章が入ると「わかる」とする評価は圧倒的に増えた。

どれが一番聞きやすかったかの選択（設問 18）では、音声を耳だけで聞いた時とした人はおらず、漢字混じりの文章と絵の入ったものを選んだ人は 21 名、ひらがなの文章と絵の入ったものを選んだ人は 5 名、「聞こえない」と回答した人が 1 名であった（表 2 の『あなたのことが だーいすき』の内、女声の人工合成音声）。自分で聞きやすかったものは、肉声の場合と同様に「漢字混じりの文章に絵の入ったもの」が選ばれた。

**女性ボランティア（女性C）の肉声と絵や文字の添付
童話『ねずみの よめいり』の文章**

声質が低く、ゆっくりと読む女性ボランティア（女性 C）が読み上げる『ねずみの よめいり』（設問 19, 20, 21）を使って、『あなたのことが だーいすき』と同様に読み手が変わった時にも聞こえの程度が変わるかどうかを調べ、自分でわかりやすかったものを選んでもらった（設問 22）。

①肉声だけで「わかる」と評価した人が 25 名とほとんどだったが、「少しわかる」と評価した人が 2 名いた。「聞こえない」という回答は出なかった。つまり聴覚失認の人も「少しわかる」と評価していた（表 2 の『ねずみの よめいり』の内、女性 C の肉声）。

②肉声に漢字かな混じり文と絵を添付した時は「わかる」とする評価が 26 名、「少しわかる」とする評価が 1 名であった。③ひらがなのみの文章と絵を添付した時では、「わかる」とする評価が 24 名、「少しわかる」とする評価が 3 名であった。いずれも「聞こえない」という回答は出なかった。この時も、聴覚失認の人は「少しわかる」と評価していた（表 2 の『ねずみの よめいり』の内、女性 C の肉声）。

どれが一番聞きやすかったかの選択では、音声を耳だけで聞いた時とした人は 1 名、漢字混じりの文章と絵の入ったものを選んだ人は 24 名、ひらがなの文章と絵の入ったものを選んだ人は 1 名、「いずれも区別なく聞こえない」という人は 1 名であった。

自分で聞きやすかったものでは、女性 C も女性 B と同様に「漢字混じりの文章と絵の入ったもの」が選ばれた。

女声の人工合成音声と絵や文字の添付

童話『ねずみの よめいり』の文章

設問 23, 24, 25 の内、①人工合成音声を耳だけで

表2 朗読を音声のみと文章（漢字仮名混じり文、ひらがなのみ）や絵を挿入した時の、わかりやすさに対する評価の比較

			わかる	わからないときがある	わからない／聞こえない
『あなたのことが だーいすき』	女性Bの肉声	音声のみ	25	1	1
		音声に漢字仮名混じり文で書いた文章と絵を添付	26	0	1
		音声に平仮名で書いた文章と絵を添付	25	1	1
	人工音声（女声）	音声のみ	15	10	2
		音声に漢字仮名混じり文で書いた文章と絵を添付	24	2	1
		音声に平仮名で書いた文章と絵を添付	22	4	1
『ねずみの 嫁入り』	女性Cの肉声	音声のみ	25	2	0
		音声に漢字仮名混じり文で書いた文章と絵を添付	26	1	0
		音声に平仮名で書いた文章と絵を添付	24	3	0
	人工音声（女声）	音声のみ	12	13	2
		音声に漢字仮名混じり文で書いた文章と絵を添付	24	2	1
		音声に平仮名で書いた文章と絵を添付	22	4	1

表3 人工音声（女性）による読みやすさの比較（Fisher の正確確率検定）

		p =	有意性
『あなたのことが だーいすき』	音声のみ－漢字仮名混じり文の添付	0.0135	< .05
	音声のみ－平仮名文の添付	0.0772	.1 > p > .05 NS
	漢字仮名混じり文の添付－平仮名文の添付	0.704	NS
『ねずみの よめいり』	音声のみ－漢字仮名混じり文の添付	0.0011	< .01
	音声のみ－平仮名文の添付	0.0103	< .05
	漢字仮名混じり文の添付－平仮名文の添付	0.704	NS

聞いた時の評価で「わかる」とした人は12名、「少しわかる」と評価した人が13名、「わからない」と評価した人が2名だった。

②漢字かな混じり文と挿絵を添付した時は、人工合成音声であっても「わかる」とする評価が24名、「少しわかる」とする評価が2名、「聞こえない」と回答した人が1名いた。同様に③ひらがなのみの文章と挿絵を添付した時を聞くと、「わかる」とする評価が22名、「少

しわかる」とする評価が4名、「聞こえない」と回答した人が1名いた（表2の『ねずみの よめいり』の内、女声の人工合成音声）。

どれが一番聞きやすかったかの選択（設問26）では、音声を耳だけで聞いた時とした人はおらず、漢字混じりの文章と絵の入ったものを選んだ人は21名、ひらがなの文章と絵の入ったものを選んだ人は6名であった。ここでもやはり、自分にとって一番わかりやすいものとし

表4 自由に記述してもらった感想の内、代表的なもの

女性・24歳	人工合成音声は聞き慣れているので、難なく聞き取れた。
女性・25歳	DAISY形式で、文字や絵など視覚要素が入ると、肉声のときはいっそうわかりやすく感じたが、人工合成音声だと邪魔された感じがして、内容の理解がしにくかった。
女性・28歳	肉声では女性がわかりやすかった。人工合成音声は聞き取れるのだが、違和感が残った。
女性・28歳	『ねずみの嫁入り』の「子宝(こだから)」「名主(なぬし)」など、ひらがなと比べて漢字が添えられていると、意味がすぐ頭の中に入ってくる。
男性・29歳	肉声で女性の声が、一番聞きやすかった。
女性・30歳	肉声と人工合成音声で聞きやすさに違いがあることがわかり、不思議に感じた。
女性・44歳	人工合成音声は便利なものだと思っていたが、比べて聞いてみると、とても聞き取りにくいものだと分かった。
女性・51歳	人工合成音声のアクセント、文章の区切りがもう少しなめらかだと良い。健聴者には理解できるが、耳の不自由な人には全然聞こえないようだ。
女性・52歳	人工音でもゆっくりと話し、切る所がちゃんとしていたら、わかりやすい。
女性・54歳	耳だけで聞く時と目と耳からも情報が入る時のわかりやすさの違いを感じた。
女性・55歳	人工合成音声は、あまりなじみがないため、肉声にくらべると聞き取りづらかった。しかし、音声に合わせて文字(特に漢字)があると、人工合成音声でも格段とわかりやすくなる。
女性・56歳	今回実験に使った童話や童謡は知っているものが多く、聞きにくくても内容がわかってしまう。そのため、全部「聞こえている」ことになってしまう。
女性・56歳	内容が「わかるか、わからないか」と尋ねられたら可能という解答になりますが、わかりずらさを尋ねられたら、「少しわかりづらい」という解答もあったかもしれない。肉声は読み聞かせ風に読まれていたので、最初に肉声を聞いてしまうと内容がわかってしまい、人工声は「わかる」という解答になる。
男性・69歳	DAISY形式では漢字入りが一番理解しやすいが、これはテレビなどで画面に慣らされていることによるのではないか。

て「漢字混じりの文章と絵の入ったもの」を選ぶ人が多かった。

以上の絵と文章を挿入した4パターンを比較すると、女性ボランティア(女性B、C)の肉声を録音したものでは文章や絵の有無で差はなかったが、人工合成音声にすると、音声だけを聴覚情報として聞くだけでは聞きにくいのに、視覚情報の絵や文章が添えられると、わかりやすさは女性ボランティア(女性B、C)と同程度になった(表2)。

表3に『あなたのことが だーいすき』と『ねずみのよめいり』で、音声だけを聞いてもらった時、文章が漢字かな混じり文で書かれていた時、ひらがなで書かれていた時のわかりやすさの程度に差があるかどうかを、表2の結果からまとめた。すると、いずれでも漢字かな混じり文を添付し、絵を添えた書き方がもっともわかりやすかったという結果が出た。漢字かな混じり文とひらがな文の添付では有意な差は認められなかった。

直接聞いてもらった肉声

デジタル録音ではなく、直接、男性(三谷、59歳)の肉声を聞いてもらう(設問27)と、26名の方は「わかる」と回答したが、1名は「わからない」と回答した。

この実験では疲れたか(設問28-あ)

疲れなかったと回答した人が13名、無回答が14名であった。疲れたと回答した人はいなかった。実験は特に負担ではなく、実験結果への影響はなかったものと見なす。

自由に記述してもらった感想(設問28-い)

自由に記述してもらったもの内、代表的な文章を表4に示す。

議 論

音響構造と聞きやすさ

肉声のデジタル録音とフォルマント合成した合成音声の間には、明らかに聞こえの程度に差が検出でき、圧倒的に肉声の評価が高かった(結果の「実験の予備的な設問」と「肉声と人工合成音声」)。肉声の中では、男性よりも女性の声が聞きやすいという評価だった。この評価は肉声に限られ、人工合成音声では、男声・女声に、肉声に見られるような顕著な差は認められなかった(結果の「男声と女声」)。

人工合成音声になじんだ人は、人工合成音声を「肉声と同じような音」と見なすことが多い。しかし、今回の被験者では、人工合成音声のみを単独で聞いた時には聞

きにくさを自覚しなかったものの、肉声と聞き比べてもらうと聞きにくさを認識した(結果の「肉声と人工合成音声」)。一般に人工合成音声は、まだ言語音としては、じゅうぶんに機能していないことがうかがえる。

人工合成音声は、肉声とは明らかに音響構造が異なる。人工合成音声にはかろうじてフォルマントが認められるものの、音圧が高い割にエネルギーの集中度は低い(図2)。このような特徴が、何人かの人に「聞こえにくい」、あるいは「聞こえない」という反応(図4-a, b; 表2の人工合成音声の結果)を導いた可能性がある。しかし、今回の実験結果から、人工合成音声の音響構造(図2)のどの部分が聞こえにくさをもたらすのかは特定することができない。この特定は今後の重要な課題である。

肉声では、女性の肉声の方がよく聞こえたとする回答が多く、男性の肉声の方がよく聞こえたとする回答はなかった(図3-a)。女性の肉声は男性の肉声に比べて基本振動数が高い(表1のピッチ周波数, 図2)が、一方で声が低くゆっくりと話す別の女性でも、被験者の評価は同じだった(表2の『ねずみの嫁入り』)。もし男性の評価が低かったのが基本振動数の低さ、つまり声の低さだけの問題なら、女性であっても基本振動数の低い人は評価が低くなるだろう。しかし、声の高低による差は検出できず、理由はわからなかった。やはり今後吟味していかなければならない課題である。

リズムの付加

本研究の被験者からは、リズムの付加(図2)によって言葉がわかりやすくなるとは言えなかった。直感的には、リズムの付加は言葉をわかりやすくするように感じるが、そうはならなかった。リズムの付加は言葉そのものの理解に結び付かないのかもしれない。仮に結び付かないのならば、リズムには「言葉の意味」以外の別の機能がある可能性がある。言葉には平板な印象を与える言語とリズムの豊かな言語があるが、母語としてどちらを習得したとしても、言葉の理解に差を及ぼしているとは思えない。リズムの付加が言葉をわかりやすくすることははないという結果は、合理的かもしれない。

一方、実験に使った歌が馴染みのある学校唱歌であり、多くの人にとって言葉の意味は予測可能であった。これが新規な歌であったり、現代では使うことの稀な古語であったりしたら、結果は異なったかもしれない。また、聴覚失認の被験者が「言葉は聞こえなかったが、リズムは聞こえた」と書いていた(結果の「リズムを付ければ聴きやすさは増すか? : 朗読と歌」)。コミュニケーション障がい者の一部には、知ったリズムの付加は言葉の予測を助け、結果として言葉を理解する手がかりを与えるのかもしれない。

人工合成音声と視覚情報の付加

肉声に比べ、人工合成音声は分かりにくいとする評価が多かった(結果の「肉声と人工合成音声」, 表2)。ところが、人工合成音声でも、絵や文章などの視覚情報を付加することで圧倒的にわかりやすくなった(表2, 表3)。聴覚情報だけではわかりにくいだが、視覚情報を加えることで言葉としても理解しやすくなるというのは、マルチメディア DAISY(金森ほか, 2010; 河村, 2011; 三谷, 2012; 2013)から得られる効果と同じである。一種類の刺激だけでなく、複数の刺激が同時に得られるので、複数の刺激に助けられてわかりやすくなるのだと考えられる。

一般に視覚情報は多くの人にとって理解しやすい。補助・代替コミュニケーション(黒田ほか, 2002)や読みやすい図書(野村, 2012; 野村ほか, 2012)などでも視覚情報をうまく取り入れることでわかりやすくなる。生涯学習施設の展示解説や館内放送、特に緊急避難放送では視覚情報を積極的に取り入れ、情報を受け取ることができない人を、極力減らすべきである。

現在、一部の空港や駅、ホテル・旅館などではフラッシュ・ライトの設置によって、聴覚障がい者に緊急時の注意喚起を促しているところがある(旅館・ホテルの火災時等における聴覚障害者への情報伝達手段のあり方検討委員会, 2005; 国土交通省, 2011)。これは聴覚障がい者にとって有効な方法だが、緊急時、何に対して注意を喚起しているのかは伝わらない。聴覚障がい者を含むコミュニケーション障がい者には、さらに有効な情報を伝える工夫が必要である。そのためには、聴覚情報で緊急避難を促す放送を出した時、同時に視覚情報でモニターに避難を促すコミュニケーション支援絵記号を提示する時と原理的に同じ方法などを考慮するべきである。

今回の実験は一般来館者を想定して行った実験であるが、聴覚情報だけでなく視覚情報も付加されていれば、フォルマント合成による合成音声であっても肉声と変わらない理解が得られることがわかった(表2, 表3)。音声だけでは分かりにくいとされた人工合成音声(表2)だが、視覚刺激である挿絵や漢字かな混じり文を添えれば高い評価が得られたことは注目に値する。漢字かな混じり文には、漢字という書字体系に絵画の要素が含まれるからかもしれない。表音文字であるひらがなやカタカナも、分かち書きを採り入れる(三谷, 2008; 2011; 2012)ことによって漢字に近い効果が生まれ、よりわかりやすくなるかもしれない。

多様な障がい者と共に創る生涯学習施設

生涯学習施設の関係者・スタッフ・利用者に不自由さや障がいの有無を問う事は、必要な場合を除いてあまり

ない。また視覚障がい者や肢体不自由者、高齢者などを除けば、外見からその人の特徴や障がい種別が特定できる事は稀である。その上、障がいの有無やその種別は高度にプライベートな事である。そのために、事実はどうであれ、多数の関係者・スタッフ・利用者は「健常である」と見なされがちである。このような理由から、日本の現状では、生涯学習施設で人権に関わるハードやソフトの制度・設備設計がされているところは、きわめて少ないと想像できる。本来、関係者・スタッフ・利用者には、多様な障がい者がいることは当然であり、その前提で制度や施設を見直すべきである。本稿でも、方法の「被験者と音源、実験過程」にある「博物館員と聴覚失認の一般市民1名を含む20歳代から60歳代の男女27名」という以上の情報は、あえて取らなかった。生涯学習施設で「一般的な不特定多数の利用者」を想定した時、それは自然な事だと考えるからである。

今後は、コミュニケーション障がい者に同様の実験をして、障がい者・非障がい者に関わらず、皆が理解しやすい展示解説や館内放送、特に緊急時の放送システムを研究する必要がある。

謝 辞

本研究は日本学術振興会 平成25～27年度 科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）基盤研究(C)「DAISYを応用したコミュニケーション障がい者にもわかりやすい展示解説技術の開発」（課題番号25350404、代表者 三谷雅純）、および全国科学博物館振興財団 全国科学博物館活動等助成事業（平成25年度）（兵庫県立人と自然の博物館、「コミュニケーション障がい者にも理解しやすい展示解説技術の研修」、三谷雅純）から研究費の援助を受けた。また関西テレビCSR推進局から技術的な援助を受けた。記して感謝する。浜口美幸さん、大本紗緒里さん、安田綾穂さん、松田沙耶香さん、谷口春菜さん、美濃杏奈さん、瀬良裕子さん、植山貴子さん、伊藤むつみさん、田口加代子さん、林今日子さん、南恵美子さん、小野真弓さん、両角明子さん、氏丸淳子さん、後藤順子さん、西本正子さん、隅野光代さん、中西祥子さん、田中博士さん、平岡重光さん、黒田健一さん、竹中幸子さん、宮前周司さん、森田誠二さん、山本悠美子さん、新見彰平さん、水川賢一さん、武田直子さん、山家健盛さん、鈴木久代さん、広谷浩子さん、田口公則さん、高橋 晃さん、八木 剛さん、小館誓治さん、鈴木 武さん、西岡敬三さん、八尾滋樹さん、佐藤順子さん、南 和代さん、東 ゆかりさんと、ここにお名前を挙げられなかった全ての皆さんに感謝する。

要 旨

2014年2月に、27名の男女を対象に、一般来館者を想定して、音声の聞きやすさを調べる聴覚実験を行った。被験者の男女比や年齢構成には偏りが見られた。実験用の質問には、男女のアナウンサーが吹き込んだ肉声のデジタル録音、既存のデジタル図書に吹き込まれたボランティア女性による音声のデジタル録音、新たに作成した人工合成音声を用いた。実験の結果、肉声では、女声が男声よりも有意にわかりやすかった。しかし、人工合成音声に男声・女声の間で差はなかった。そして男女とも、人工合成音声よりも肉声が有意にわかりやすかった。ただし音声の拡声と同時に絵や漢字かな混じり文を示すと、肉声と変わらないわかりやすさが得られた。朗読と歌の間に差は認められなかった。以上の結果は、緊急時の誘導案内放送には、音声と共にモニターに避難を促すコミュニケーション支援絵記号を提示するなどの工夫が必要であることを示す。

文 献

- 阿部知暁 (1994) くんくんくん おいしそう。こどものとも 年中向き 190, 福音館書店, 東京, 27 p.
- 荒井隆行 (2007) 音声に関わるバリアフリー. 日本音響学会聴覚研究会資料 **37**: 377-382. (2014年7月2日閲覧) [http://splab.net/papers/2007/2007_19.pdf]
- 荒井隆行・上羽貞行 (2009) 小特集「音支援（音バリアフリー）を考える」にあたって. 日本音響学会誌 **65**: 130-131. (2014年7月2日閲覧) [http://www.splab.net/papers/2009/2009_05.pdf]
- 後藤浩・竹澤三雄 (2009) 沿岸地域集落における防災行政無線放送に関する考察. 日本大学 - 調査研究論文集 141-146. (2014年7月2日閲覧) [http://www.jific.or.jp/dispatch/ronbun/pdf_h21/2123.pdf]
- ヘネヒテン, ヒド・ファン (2006) マルチメディア DAISY 図書 あなたのことが だーいすき. ひしき あきらこ (訳), 日本障害者リハビリテーション協会, 東京, CD-ROM (原本出版社 フレーベル館, 東京, 26 p.)
- 伊藤憲三・荒井隆行 (2009) 音声コミュニケーションに関わるバリアフリー. 日本音響学会誌 **65**: 132-136. (2014年7月2日閲覧) [http://www.splab.net/papers/2009/2009_06.pdf]
- 金森裕治・山崎愛子・田中直壽・松下幹夫・赤瀬 瞳・平峯厚正 (2010) 特別支援教育におけるマルチメディアデイジー教科書の導入・活用に関する実践的研究. 大阪教育大学紀要 第4部門 教育科学 **59**: 65-80. (2013年7月16日閲覧) y[http://ir.lib.osaka-kyoiku.ac.jp/dspace/bitstream/123456789/25255/1/KJ4_5901_065.pdf]
- 河村 宏 (2011) デジタル・インクルージョンを支える DAISY と EPUB. 情報管理 **54**: 305-315. (2012年6月5日閲覧) [https://www.jstage.jst.go.jp/article/johokanri/54/6/

- 54_6_305/_pdf]
- 木暮 正夫・朝倉めぐみ (2006) マルチメディア DAISY 図書 ワンダー民話館 ねずみのよめいり. 日本障害者リハビリテーション協会, 東京, CD-ROM (原本出版社 世界文化社, 東京, 32 p.)
- 国土交通省 (2011) 視覚・聴覚障害者の安全性・利便性に関する調査研究報告書. 東京, 140 p. (2014年9月19日閲覧)
[http://www.jcsc.or.jp/public_policy/pdf/gov110602.pdf]
- 黒田未来・東 敦子・津田 望 (2002) 重度知的発達障害児への補助・代替コミュニケーション (AAC) 指導. 特殊教育学研究 **39**: 25-32. (2013年7月9日閲覧)
[<http://ci.nii.ac.jp/naid/110006785596>]
- マイクロソフト株式会社・特定非営利活動法人 支援技術開発機構 (2010) Word から DAISY を作ってみよう! DAISY Translator V2 利用の手引. pp. 24, マイクロソフト株式会社・特定非営利活動法人 支援技術開発機構, 東京. (2012年6月5日閲覧)
[<http://www.dinf.ne.jp/doc/daisy/software/images/DAISYTranslatorManual.pdf>]
- 三谷雅純 (2007) 博物館テキスト『子ども自然教室』のユニバーサル化の課題. 国立民族学博物館・広瀬浩二郎 (編) UD ライブラリー だれもが楽しめるユニバーサル・ミュージアム“つくる”と“ひらく”の現場から. 45-55. 読書工房, 東京.
- 三谷雅純 (2008) 障害のある子どもたちとの社会教育活動: 障害の種類に応じた野外活動やテキスト作りを中心にして. 人と自然 Humans and Nature **19**: 51-60. (2014年5月21日閲覧)
[<http://www.hitohaku.jp/publication/HN19-6.pdf>]
- 三谷雅純 (2011) ユニバーサル・ミュージアムで文章はどう書くべきか: コミュニケーション障がい者への対応を中心とした年齢, 発達, 障がいの有無によるギャップ克服の試み. 人と自然 Humans and Nature **22**: 43-51. (2014年5月21日閲覧)
[http://www.hitohaku.jp/publication/r-bulletin/HN22_06_43_51.pdf]
- 三谷雅純 (2012) DAISY を使ったコミュニケーション障がい者にもわかりやすい展示解説の試み. 人と自然 Humans and Nature **23**: 61-67. (2014年5月21日閲覧)
[http://www.hitohaku.jp/publication/r-bulletin/HN23_05_61_67.pdf]
- 三谷雅純 (2013) 生涯学習施設は言葉やコミュニケーションに障がいを持つ人とどう向き合うべきか: 総説. 人と自然 Humans and Nature **24**: 33-44. (2014年5月21日閲覧)
[http://www.hitohaku.jp/publication/r-bulletin/No24_04.pdf]
- 宮崎文子 (2001) あなたとわたしの更年期. 大分看護科学, **2**: 47-49. (2014年5月21日閲覧)
[http://www.oita-nhs.ac.jp/journal/PDF/2_2/2_2_7.pdf]
- 野村美佐子 (2012) IFLA における障害者サービスの取り組み. 野村美佐子・ニールセン, G. S.・トロンバッケ, B. (編) 読みやすい図書のための IFLA 指針 (ガイドライン) 改訂版 (IFLA 専門報告書第 120 号). (監訳) 日本図書館協会障害者サービス委員会, (訳) 日本障害者リハビリテーション協会, 日本図書館協会, 東京, pp. 55-59.
- 野村美佐子・ニールセン, G. S.・トロンバッケ, B. (編) (2012) 読みやすい図書のための IFLA 指針 (ガイドライン) 改訂版 (IFLA 専門報告書第 120 号). (監訳) 日本図書館協会障害者サービス委員会, (訳) 日本障害者リハビリテーション協会, 日本図書館協会, 東京, 59 p. (2013年7月19日閲覧)
[<http://www.ifla.org/files/assets/hq/publications/professional-report/120-ja.pdf>]
- 旅館・ホテルの火災時等における聴覚障害者への情報伝達手段のあり方検討委員会 (2005) 旅館・ホテルの火災時等における聴覚障害者への情報伝達手段のあり方検討委員会報告書. 東京, 78 p.
- 上羽貞行・荒井隆行・栗栖清浩・倉片憲治・坂本真一・船場ひさお・佐藤 洋 (2007) 音バリアフリーの現状と課題. 日本音響学会誌 **63**: 723-730. (2014年7月2日閲覧)
[http://www.splab.net/papers/2007/2007_07.pdf]
- 山鳥 重 (2011) 言葉と脳と心. 講談社, 東京, 252 p. (2014年7月25日受付)
(2014年10月14日受理)