

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 6月 4日現在

機関番号：82674

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2009～2011

課題番号：21791636

研究課題名（和文） 補聴効果改善を目的とする残響知覚の検討

研究課題名（英文） Studies on reverberation perception for the efficient hearing

研究代表者 柳井 修一（YANAI SHUICHI）

地方独立行政法人東京都健康長寿医療センター（東京都健康長寿医療センター研究所）

・東京都健康長寿医療センター研究所・研究員

研究者番号：60469070

研究成果の概要（和文）：本研究では語音知覚に及ぼす残響の効果を検討するため、(1) 残響語音の心理的な音量（ラウドネス）の検討、(2) 雑音呈示下における残響語音の語音明瞭度と「聴き取りにくさ」の評価、(3) 音声劣化処理を施した語音を用いた語音明瞭度評価手法の確立を目的として実験を行った。その結果、(1) 残響語音は無残響語音より 5～6 dB 程度大きく知覚される、(2) 残響 0.2 秒以内の場合、残響語音は無残響語音と同程度の語音明瞭度で知覚される、(3) ローパスフィルタによる音声劣化処理を用いることで語音明瞭度の微少な差異の検出が可能である、ことが明らかになった。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study is to examine the effect of reverberation on speech perception for the efficient hearing. This study revealed that (1) compared with non-reverberant speech, reverberant speech are perceptible as 5-6 dB louder, (2) in case the reverberation is less than 0.2 seconds, word intelligibility of reverberant speech is comparable to that of non-reverberant speech, and (3) subtle differences in word indelibility can be detected by degenerating speech signal with the low-pass filter.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	900,000	270,000	1,170,000
2010年度	900,000	270,000	1,170,000
2011年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総計	2,700,000	810,000	3,510,000

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：外科系臨床医学・耳鼻咽喉科学

キーワード：耳科学、実験心理学、生理心理学、残響、知覚、補聴器

1. 研究開始当初の背景

物理指標及び心理指標を用いて音声、特に語音の知覚を評価しようとする試みがこれまで多く行われてきた。語音の知覚に影響を及ぼす音の特性として周波数や音圧、ノイズ、残響が挙げられるが、これらのうち残響が語音の知覚に及ぼす効果を検討した研究はご

くわずかであった。また、残響によってラウドネス（心理的な音量）が大きくなることは経験的によく知られているが、残響語音とラウドネスに関する基礎的なデータが十分に報告されていなかった。

2. 研究の目的

本研究は、ヒトにおける語音の残響知覚を詳細に検討することを目的とした。語音の知覚に大きな影響を及ぼすラウドネスは残響時間によって異なるうえ、音節によっても異なる可能性が考えられた。そのため、本研究ではまず(1)異なる残響時間を持つ日本語単音節が知覚される際のラウドネスを検討した。その後、(2)我々の日常生活に存在する雑音を考慮し、実際の語音知覚により近いと考えられる雑音呈示下での残響語音明瞭度、またマグニチュード推定法による「聴き取りにくさ」を検討した。また、通常の語音では語音明瞭度が100%近くになり、残響時間の違いによる語音明瞭度の微少な差異を検出することは困難である。そのため、(3)音声劣化処理を施した語音を用いた語音明瞭度評価手法を確立した。

3. 研究の方法

本研究で行った全ての実験では、単語理解度試験用データベースFW03の中から話者ftoによる日本語単音節の音声ファイルを語音として使用した。

(1)残響のない語音(以下無残響語音)と残響語音をコンピュータプログラム上で呈示し、被験者調整法により両刺激のラウドネスが等しくなるまで残響語音の音量を1 dB刻みで調整させた。刺激はヘッドフォンを通じて呈示した。無残響語音として100音節を、残響語音としてコンピュータ上で0.1、0.2、0.3、0.4、0.5秒の計5種の残響インパルスを重ねた音節(500音節)を用いた。

(2)雑音として、話速の異なるATR25文読み上げ音声ファイルをランダムに重ねたマルチトーカーバブルを用いた。マルチトーカーバブルの開始から1.0秒-1.9秒の間に残響語音(0.1、0.2、0.3、0.4、0.5秒)を呈示し、聞こえた語音をコンピュータに入力するよう被験者に求めた。「聴き取りにくさ」の評価には、語音の「聴き取りにくさ」を0から100までの数値で報告するマグニチュード推定法を用いた。対照条件ではマルチトーカーバブルを呈示せず、残響語音のみを呈示した。刺激はヘッドフォンあるいはスピーカーを通じて呈示した。

(3)音声劣化処理の手法として、①低域周波数のみを通過させるローパスフィルタ(LPF)、②高域周波数のみを通過させるハイパスフィルタ(HPF)、③中間帯域の周波数のみを通過させるバンドパスフィルタ(BPF)、計3種の周波数領域特異的音声劣化処理を用いた。カットオフ周波数は低周波数側で600Hzと1600Hz、高周波数側で1600Hzと2000Hzとし、BPFはこれらのカットオフ周波数の組み合わせとした。なお、フィルタの重畳に伴って聴感レベルの音量に変化がみられたため、実験に先立って聴感レベルでの音量校正を行っ

た。刺激はヘッドフォンを通じ、閾値上20、30、40、50、60dBの音圧で呈示した。

4. 研究成果

残響が語音の知覚に及ぼす効果を検討する目的で、(1)残響語音のラウドネス、(2)雑音下における残響語音の明瞭度と聴き取りにくさの評価、(3)音声劣化処理を用いた語音明瞭度の評価に関する実験を行い、以下の知見が得られた。

(1)無残響語音と比較して、残響時間0.1秒から0.5秒までの残響語音でより大きなラウドネスが得られた。全ての単音節の平均値を算出したところ、無残響語音と比較して最もラウドネスが大きい残響時間は0.4秒(+5.99 dB)であった(図1)。

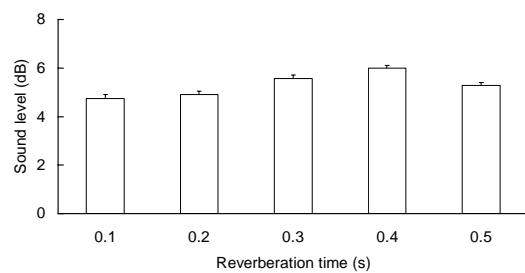


図1 残響語音のラウドネス

(2)ヘッドフォンを用いた場合、残響の有無によらずマルチトーカーバブルの呈示によって語音明瞭度の低下が認められた。マルチトーカーバブル呈示下において、無残響語音の語音明瞭度と残響時間0.3秒までのそれは同程度であり、残響時間0.4秒以上で語音明瞭度が有意に低下することが明らかになった(図2)。

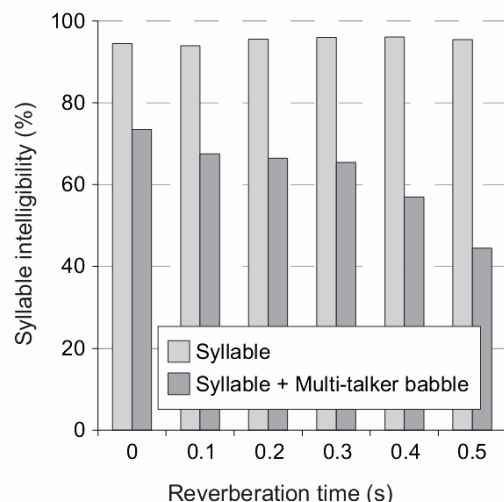


図2 マルチトーカーバブル呈示下における残響語音の語音明瞭度(ヘッドフォン)

さらに、マルチトーカーバブル呈示下にお

いて無残響語音と残響0.2秒までの残響語音の聴き取りにくさは同程度であり、残響時間0.3秒以上で語音の聴き取りにくさが有意に増大することが明らかになった(図3)。

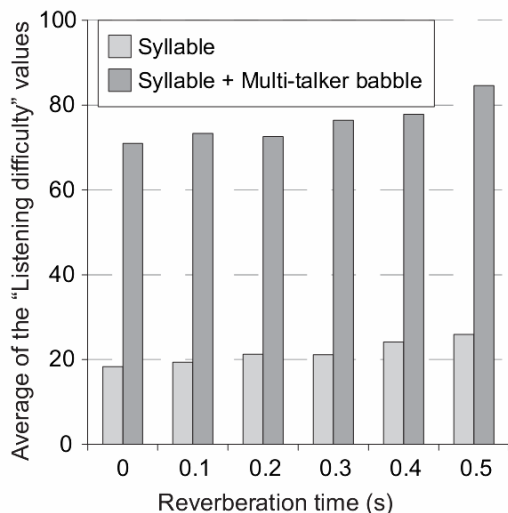


図3 マルチトーカーバブル呈示下における残響語音の聴き取りにくさ(ヘッドフォン)

以上の結果から、無残響語音と同程度に明瞭な語音聴取が可能な残響時間は0.2秒以下であることが示唆された。また、スピーカで刺激を呈示した場合にも、上記のヘッドフォンを用いた実験と同様の結果が得られた。

残響語音は無残響語音よりも大きく聞こえるという本研究の結果(1)を併せて考えると、補聴器のデジタル信号処理回路に残響の制御機能を付与することで、聴き取りやすさを損なうことなく大きな音声信号を伝達することが可能となり、補聴効果の改善に資することが期待される。また日常的な生活空間を想定し、スピーカで刺激を呈示した実験でも同様の結果が得られたことから、本研究の結果は日常的な生活空間である住まいの音環境改善手法への応用が可能である。

(3) ①LPFで劣化処理を施した語音の語音明瞭度は、全ての閾値上音圧において、音声劣化処理を施さない通常音声のそれよりも有意に低かった。また、LPFのカットオフ周波数1600Hzでの語音明瞭度がLPF2000Hzのそれより低かったことから、LPF劣化処理語音の語音明瞭度は残存周波数帯域に依存すると思われる。②HPFで劣化処理を施した語音の語音明瞭度はカットオフ周波数によらず通常音声のそれと同程度であり、音声劣化処理の効果は見られなかった。③BPFで劣化処理を施した語音の語音明瞭度は3フィルタの中で最も低く、残存周波数帯域が最も少ないBPF1000-1600Hzの語音明瞭度はほぼ0%であった。残存周波数帯域が最も多いBPF600-2000Hzの場合であっても閾値上音圧60dB

の語音明瞭度が約60%と極めて低かったことから、BPF劣化処理語音で認められた語音明瞭度の低下は音声の変容に起因すると考えられた。

これらの結果から、LPF劣化処理を用いることにより、語音明瞭度の微少な差異を検出することが可能であると考えられる。またLPF劣化処理語音の語音明瞭度は老人性難聴を始めとする感音難聴者の語音明瞭度と類似性が極めて高いことから、感音及び老人性難聴者の聞こえを模倣する音声劣化処理としても有用であると考えられる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計9件)

- ① 柳井修一、長期食餌制限とサクセスフル・エイジングラットにおける認知機能の改善-、行動科学、査読有り、50巻、2012、177-186
- ② 齋藤修・西村忠己・吉田悠加・福田芙美・柳井修一・細井裕司、補聴器適合検査のための雑音負荷時の語音明瞭度の検討、Audiology Japan、査読有り、Vol.54、2011、147-152
- ③ Tadao Okayasu, Tadashi Nishimura, Akinori Yamashita, Seiji Nakagawa, Yoshiki Nagatani, Shuichi Yanai, Yuka Uratani, & Hiroshi Hosoi、Duration-dependent growth of N1m for speech-modulated bone-conducted ultrasound、Neuroscience Letters、査読有り、Vol495、2011、72-76
- ④ 細井裕司・柳井修一・西村忠己、次世代補聴器の開発：軟骨伝導補聴器-既存の気導補聴器が使用できない難聴者のための補聴器、耳鼻咽喉科・頭頸部外科、査読有り、83巻、2011、373-376
- ⑤ Hiroshi Hosoi, Shuichi Yanai, Tadashi Nishimura, Takefumi Sakaguchi, Takashi Iwakura, & Kazumi Yoshino、Development of cartilage conduction hearing aid.、Archives of Materials Science Engineering、査読有り、Vol.42、2010、104-110
- ⑥ 柳井修一・阪口剛史・細井裕司・鈴木直人、住宅内透過騒音の因子構造の検討、行動科学、査読有り、48巻、2010、115-122
- ⑦ Akinori Yamashita, Tadashi Nishimura, Yoshiki Nagatani, Takefumi Sakaguchi, Tadao Okayasu, Shuichi Yanai, & Hiroshi Hosoi、The effect of visual information in speech signals by bone-conducted ultrasound、NeuroReport、査読有り、Vol.21、2010、

119-122

- ⑧ 柳井修一・杉岡幸三・岡市洋子・岡市広成、食餌制限と加齢がラットの海馬ニューロンの新生と学習課題遂行に及ぼす効果、同志社心理、査読無し、56巻、2009、1-9
- ⑨ Shuichi Yanai & Hiroshige Okaichi、The effect of task experience, long-term dietary restriction and aging on performance in reference and working memory tasks: A longitudinal and cross-sectional design study、Psychologia、査読有り、Vol.52、2009、13-24
- [学会発表] (計 29 件)
- ① 松井淑恵・柳井修一・下倉良太・細井裕司、反射・残響の少ない音環境における語音明瞭度評価—残響と外部騒音による影響—、日本音響学会 2012 年春季研究発表会、2012 年 3 月 13 日、神奈川大学横浜キャンパス
- ② 福田英美・清水直樹・柳井修一・西村忠己・細井裕司、軟骨伝導補聴器の開発：クリック音刺激によるラットの軟骨伝導 ABR 測定、第 21 回日本耳科学会総会・学術講演会 2011 年 11 月 24 日、沖縄コンベンションセンター
- ③ 岡安唯・西村忠己・山下哲範・中川誠司・吉田悠加・柳井修一・長谷芳樹・細井裕司、骨導超音波語音のプロゾディーの変化に対するミスマッチ反応、第 56 回日本聴覚医学会学術講演会、2011 年 10 月 27 日、アクロス福岡
- ④ 齋藤修・西村忠己・吉田悠加・福田英美・柳井修一・細井裕司、補聴器適合検査のための雑音負荷時の語音明瞭度の検討、第 55 回日本聴覚医学会学術講演会、2010 年 11 月 11 日、奈良県新公会堂
- ⑤ 柳井修一・福田英美・西村忠己・清水直樹・細井裕司、軟骨導振動子を用いたラット聴性脳幹反応の測定、日本心理学会第 74 回大会、2010 年 9 月 20 日、大阪大学
- ⑥ Tadao Okayasu, Tadashi Nishimura, Akinori Yamashita, Seiji Nakagawa, Shuichi Yanai, Yuka Uratani, Yoshiki Nagatani, & Hiroshi Hosoi、Growth of N1m for stimulus saturation through bone-conducted ultrasound modulated by Japanese vowel sound、13th Korea-Japan Joint meeting Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery、2010 年 9 月 10 日、Grand Hyatt Hotel, Seoul, Korea
- ⑦ Yuya Takaki, Ryota Shimokura, Shuichi Yanai, Tadashi Nishimura, &

Hiroshi Hosoi、The effect of reverberation time on loudness of monosyllable speech sound、13th Korea-Japan Joint meeting Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery、2010 年 9 月 10 日、Grand Hyatt Hotel, Seoul, Korea

- ⑧ 福田英美・柳井修一・西村忠己・清水直樹・細井裕司、軟骨伝導によるラット聴性脳幹反応の測定、日本音響学会聴覚研究会、2010 年 7 月 17 日、県立広島大学三原キャンパス
- ⑨ Hiroshi Hosoi, Shuichi Yanai, Tadashi Nishimura, Takefumi Sakaguchi, Takashi Iwakura, & Kazumi Yoshino、Development of cartilage conduction hearing aid、18th International Scientific Conference on Achievements in Mechanical and Materials Engineering、2010 年 6 月 15 日、Hotel Kasprowy Zakopane, Poland
- ⑩ 柳井修一・阪口剛史・長谷芳樹・細井裕司、周波数領域特異的な劣化処理音声を用いた語音明瞭度の測定、第 111 回耳鼻咽喉科学会、2010 年 5 月 22 日、仙台国際センター
- ⑪ 柳井修一・阪口剛史・細井裕司、周波数領域特異的な劣化処理音声による語音明瞭度の測定、日本耳鼻咽喉科学会大阪地方連合会第 312 回例会、2010 年 3 月 6 日、大日本住友製薬会議ホール
- ⑫ 齊藤修・西村忠己・吉田悠加・福田英美・柳井修一・細井裕司、「きこえについての質問紙 2002」(装用前)と 67-S 語表、57-S 語表を用いた語音明瞭度検査、第 54 回日本聴覚医学会学術講演会、2009 年 10 月 23 日、新横浜プリンスホテル
- ⑬ 福田英美・西村忠己・吉田悠加・齊藤修・柳井修一・細井裕司、MCL・語音明瞭度と補聴器装用下の聞こえ、第 54 回日本聴覚医学会学術講演会、2009 年 10 月 22 日、新横浜プリンスホテル
- ⑭ 山下哲範・西村忠己・長谷芳樹・岡安唯・阪口剛史・柳井修一・細井裕司、骨導超音波の母音弁別能、第 54 回日本聴覚医学会学術講演会、2009 年 10 月 22 日、新横浜プリンスホテル
- ⑮ 岡安唯・西村忠己・山下哲範・柳井修一・中川誠司・吉田悠加・長谷芳樹・細井裕司、骨導超音波語音の母音の長さに対する脳磁界反応、第 54 回日本聴覚医学会学術講演会、2009 年 10 月 22 日、新横浜プリンスホテル
- ⑯ 柳井修一・阪口剛史・細井裕司、残響が音量知覚に及ぼす効果の検討、日本心理学会第 73 回大会、2009 年 8 月 28 日、立命館大学

- ⑰ Shuichi Yanai, Takefumi Sakaguchi, Yoshiki Nagatani, & Hiroshi Hosoi,
The effect of reverberation time on perception of sound level、The 11th European Congress of Psychology、2009年7月8日、Oslo, Norway
- ⑱ 柳井修一・阪口剛史・細井裕司、透過騒音評定尺度作成の試み、日本耳鼻咽喉科学会大阪地方連合会第309回例会、2009年6月6日、大日本住友製薬会議ホール
- ⑲ 柳井修一・阪口剛史・細井裕司、単音節音声のラウドネスに及ぼす残響の効果に関する予備的検討(第2報)、日本耳鼻咽喉科学会大阪地方連合会第308回例会、2009年3月7日、大日本住友製薬会議ホール
- ⑳ 柳井修一・阪口剛史・細井裕司、単音節音声のラウドネスに及ぼす残響の効果に関する予備的検討、日本耳鼻咽喉科学会大阪地方連合会第307回例会、2008年12月6日、大日本住友製薬会議ホール

6. 研究組織

(1) 研究代表者

柳井 修一 (YANAI SHUICHI)
地方独立行政法人東京都健康長寿医療センター (東京都健康長寿医療センター研究所)・東京都健康長寿医療センター研究所・研究員
研究者番号：60469070

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

細井裕司 (HOSOI HIROSHI)
奈良県立医科大学・耳鼻咽喉頭頸部外科・教授
研究者番号：80094613

長谷芳樹 (NAGATANI YOSHIKI)
神戸市立工業高等専門学校・准教授
研究者番号：60448769

阪口剛史 (SAKAGUCHI TAKEFUMI)
奈良県立医科大学・耳鼻咽喉頭頸部外科・助教
研究者番号：50347564
(2009年度)