

## Lombard効果を応用した残響下の音声明瞭度の改善 — 日本語母語話者と日本語非母語話者との比較 —\*

◎井下田貴子（上智大），程島奈緒（東海大），荒井隆行（上智大）

### 1 はじめに

残響環境下において，音声情報を正確に聞き取ることは，静かな空間とは異なり程度の差はあるものの，困難となる．そのため，情報の正確性が問われる緊急時には，より聞き取りやすい音声求められるだろう．

これまでの研究で，周囲の雑音に応じて話し方を変えることで音響的特徴が変化し（時間長・インテンシティ・基本周波数・第1，第2フォルマント等の増加），静かな環境での発話よりも雑音下で明瞭になるLombard効果が報告されている[1,2]．程島ら[3]は，残響下でもLombard効果が発話・知覚ともに同様に現れたこと（以下，残響下でのLombard効果）を報告している．島上ら[4]は母語話者のみならず，英語非母語話者に対しても残響下でのLombard効果により雑音・残響下で単語正解率が上昇したことを報告している．しかし，同じ残響条件でありながら，井下田ら[5]が行った日本語非母語話者（以下，非母語話者）に対する実験においては仮説とは異なり，残響下でのLombard効果による単語正解率の上昇は見られなかった．そのため，同様の音声刺激を用いた場合，日本語母語話者（以下，母語話者）ではこれまでの先行研究と同様に単語正解率の上昇が見られるか疑問が残る．

本稿ではLombard効果を応用し，残響下で発話された音声を拡声音声として用いた場合，残響下における日本語母語話者と日本語非母語話者の単語理解度に差が現れるのかどうかを調査した．

## 2 実験

### 2.1 参加者

参加者は日本語母語話者20名（男性8名，女性12名，平均年齢23.7歳）であり，参加者全員が日常の聞こえに問題ないと回答した．

### 2.2 刺激

本稿で用いた刺激は，[5]と同様である．発話

者は，東京方言話者の男性1名（22歳）である．原音声は56種のターゲット語（親密度が2.5～4.0の4モーラ語）[6]をキャリア文に挿入した文章を使用した．録音は防音室で行った．音声はマイク（SHURE, Beta-53），アンプ（PreSonus, DIGIMAX FS），オーディオインタフェース（RME, Fireface800）を介してコンピュータに録音した．

発話条件はLombard効果のない条件として静かな環境での発話（Q），残響下でのLombard効果と同様の条件として残響音を聞きながらの発話（R）の2種類である．R条件は，マイクに入力された音声にインパルス応答（残響時間は3.6s）をAdobe Audition 3.0で畳み込み，ヘッドホン（SENNHEISER, HDA200; dynamic, closed circumaural type）から数msの遅延時間で発話者に提示した．録音後に音声の振幅を正規化した．その後，Q・R条件で録音した音声にインパルス応答2種類（残響時間：2.6s, 3.6s）をそれぞれMatlabで畳み込み，計4聴取条件を作成した．

### 2.3 実験手順

実験は[5]と同様の手順で実施した．実験は参加者ごとに防音室で行った．刺激はコンピュータにオーディオインタフェース（EDIROL, UA-25EX）を介したヘッドホン（SONY, MDR-Z900）から，Praatで作成したインタフェースを介して提示した．実験では参加者に計56刺激（4聴取条件×14単語）をランダムな順番で提示し，聞こえた通りに回答用紙に記入するよう指示した．刺激の提示音圧レベルは参加者の聞き取りやすいレベルにし，ターゲット語と聴取条件の組み合わせは，参加者間でカウンタバランスをとった．

## 3 結果・考察

Fig. 1に単語正解率の平均を示す．残響下でのLombard効果の有無（Q, R）と残響時間（2.6s, 3.6s）に対する2元配置の分散分析を行った

\*Lombard effect-based improvement in speech intelligibility in reverberant environments: Comparison between native and non-native speakers of Japanese, by IGETA, Takako (Sophia Univ.), HODOSHIMA, Nao (Tokai Univ.) and ARAI, Takayuki (Sophia Univ.).

ところ、R条件の方がQ条件よりも正解率が有意に低く ( $p < 0.01$ )、残響時間が2.6 sよりも3.6 sの方が正解率が有意に低かった ( $p < 0.01$ )。さらに、残響下でのLombard効果と残響時間の交互作用は有意ではなかった。

Fig. 2は前稿[5]の非母語話者の単語正解率の平均である。前稿[5]では残響下でのLombard効果の主効果は見られなかったが、非母語話者の日本語のレベルや残響下での聴取経験の影響によって被験者による個人差が現われたと考えられた。

しかし、Fig. 1では母語話者が対象であるため、言語背景の影響は考えにくい。そこで、Fig. 1とFig. 2を比較したところ、Fig. 1では天井効果が起きた可能性が考えられる。また、前項[5]、本稿ともにQ条件よりR条件の方が正解率が低かったことから、本研究の発話者の発話は残響下では変化したと聴覚印象で感じられ、残響下で明瞭度が改善した被験者もいたが、その変化が平均的な明瞭度には寄与しなかった可能性がある。Clear speechでは発話者によって明瞭度改善の有無が報告されており[7]、残響下でのLombard効果も同様に、全ての発話者で明瞭度が改善するわけではないことが示された。さらに、発話者に提示する残響音のレベルも発話方法に合わせて変化することで明瞭度を向上できる可能性が示唆された。

#### 4 結論

本稿は日本語非母語話者を対象とした緊急時アナウンス音声の開発を目指し、2種類の音声刺激を用いて残響下における単語了解度試験を実施した。そして、日本語母語話者と日本語非母語話者[5]の正解率の比較を行った。その結果、先行研究[3,4]で得られた残響下での音声明瞭度改善は得られず、前稿[5]と同様に本研究の発話者では残響下におけるLombard効果は見られなかった。Clear speech [7]と同様に、残響下でのLombard効果も発話者依存であることが示された。今後の検討として、様々な発話者に様々な残響音のレベルを提示して発話の変化のバリエーションを収集し、それらの音声から、残響下での聴取に有効な音響特徴量の抽出を採りたい。

#### 謝辞

本研究は東海大学総合研究機構研究奨励補助計画の補助を受けた。

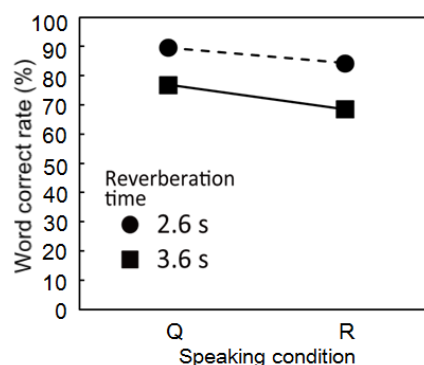


Fig. 1 Results of the listening test of native speakers in each condition

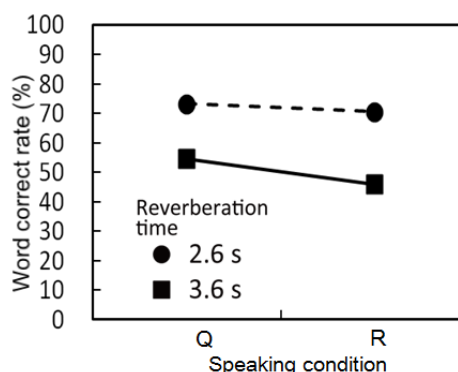


Fig. 2 Results of the listening test of non-native speakers in each condition [5]

#### 参考文献

- [1] Tanaka and Nabelek, "English consonant recognition in noise and in reverberation by Japanese and American listeners", *J. Acoust. Soc. Am.*, 88(2), 663-666, 1990.
- [2] Lane and Tranel, "The Lombard sign and the role of hearing in speech", *J. Speech. Lang. Hear. Res.*, 14, 677-709, 1971.
- [3] Hodoshima *et al.*, "Intelligibility of speech spoken in noise and reverberation", *Proc. ICA*, 2010.
- [4] 島上他, "英語学習教材開発のためのロンバート効果を応用した雑音・残響下における非母語話者の音声明瞭度", *音講論 (春)*, 439-440, 2012.
- [5] 井下田他, "Lombard効果を応用した残響下の音声明瞭度の改善—日本語非母語話者に対する公共空間での音声案内の作成に向けて—", *音講論 (春)*, 643-644, 2014.
- [6] 天野他, "親密度別単語了解度試験用音声データセット 2003 (FW03)", *音声資源コンソーシアム*, 2006.
- [7] Ferguson and Kewley-Port, "Talker differences in clear and conversational speech: Acoustic characteristics of vowels", *J. Speech. Lang. Hear. Res.*, 50, 1241-1255, 2007.