

車内放送の無声子音による耳障り感低減の検討*

◎若松大介, 金田豊 (東京電機大・工), 山本聡, 今村勇人 (八幡電気産業)

1 はじめに

電車が走行中、走行騒音などにより車内アナウンスが聴き取りにくくなることがある。従来は放送音声の音量を上げることで改善を試みていたが、大音量になることで耳障りに感じるがあった。本研究の目的は、騒音下で聞き取りやすいように音量を上げた際に、耳障りにならない放送音声の実現である。

2 無声子音による耳障り感

受聴実験による耳障りに感じる音韻の調査から、[s]や[t]などの無声子音が強く発声された場合に耳障りとなることが判明した[1]。無声子音は声帯の振動を伴わずに発声する音で、6 kHz以上の高域に幅広くエネルギーをもつ場合がある。走行騒音は1 kHz以下の低域にエネルギーが集中しているため、走行騒音の影響が少ない無声子音は放送音声の音量を上げた際に耳障りに感じる。

図1に音声「しててです」(注:「尻手」は駅名)の波形とスペクトログラムを示す。無声子音である「し」「す」は高域に強いエネルギーを持つことがわかる。

このような無声子音の耳障り感を低減するため、フィルタによる高周波数成分の抑圧処理が試みられた[1]。その結果、ある程度の耳障り感は軽減されたが、高域のみを抑圧することやすべての無声子音を一律に処理することにより不自然な音声になり、違和感が発生することがあった。

3 無声子音の抑圧処理

前節で述べた問題点を解決するために無声子音の最適な抑圧方法を検討した。まず、放送音声から無声子音の時間区間を検出する。検出した時間区間のパワーを耳障りにならないレベルと比較し、耳障り感の度合いに応じて振幅を抑圧する。無声子音の検出方法と抑圧方法を次に述べる。

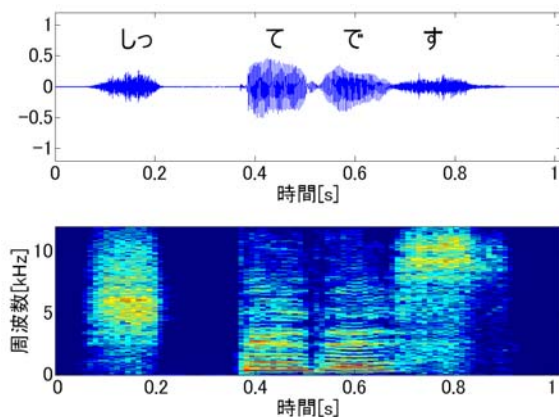


図1 無声子音を含んだ音声の時間波形とスペクトログラム

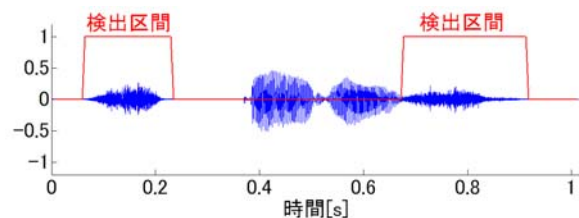


図2 無声子音の検出結果

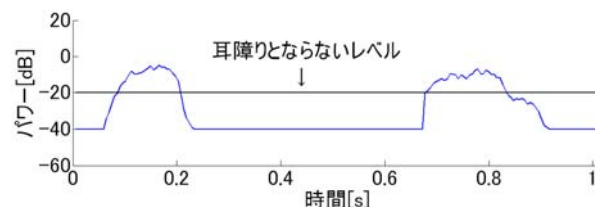


図3 無声子音のパワー変化と抑圧の閾値

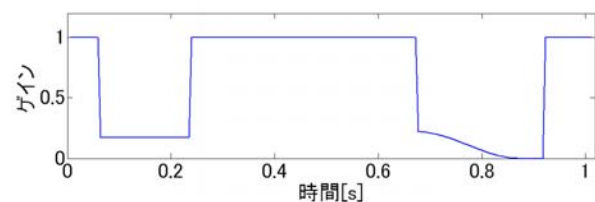


図4 無声子音の振幅抑圧の処理内容

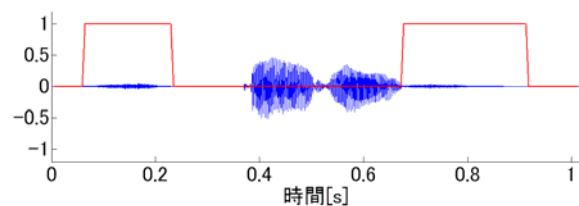


図5 処理結果の時間波形

*A study of noisiness reduction caused by unvoiced consonant of public addressing announcement in a train, by WAKAMATSU, Daisuke and KANEDA, Yutaka (Tokyo Denki University) and YAMAMOTO, Satoshi and IMAMURA, Hayato (Yawata Electrical Industry).

3.1 検出方法

放送音声を短時間周波数分析し、6 kHz から 12 kHz までの高域と 1 kHz 以下の低域の平均エネルギーを比較した。高域にエネルギーが集中している無声子音の特徴から、高域が低域の平均エネルギーの -10 dB 以上の時間区間を無声子音とすることで検出できることがわかった。図 1 の音声において無声子音を検出した結果を図 2 に示す。

3.2 抑圧方法

先ず、受聴実験で耳障り感を指摘されなかった無声子音の最大パワー閾値として設定する。そして、検出した無声子音区間の最大パワーが閾値を上回った場合には、無声子音区間の最大パワーを閾値に合わせるように振幅を抑圧する。また、文末などで強く発声された無声子音は継続時間が長く、処理後に違和感を生じるため、継続時間が 0.20 秒以上の区間は正弦波の半周期の重みで 0.20 秒で収束させた。

図 2 で検出された無声子音区間のパワー変化と抑圧の基準となる閾値の関係を図 3 に示す。閾値と最大パワーとの差によって定まった振幅ゲインを入力音声に乗算することで処理する。振幅抑圧の処理内容を図 4 に示す。そして、処理結果の時間波形を図 5 に示す。

4 抑圧処理の評価

無声音の耳障り感が軽減されたことを確認するための評価実験を行った。表 1 に実験条件、図 6 に使用した騒音の周波数スペクトルを示す。実験手順は、室内にて騒音をスピーカから部屋全体を満たすように再生し、騒音下で処理前後の放送音声を三回ずつ被験者に聞かせ、耳障りに感じた音節を放送音声の内容が書かれた紙に対して指摘させた。また、音声に不自然さや違和感があった場合には耳障り感とは別に指摘させた。

評価方法は、無声子音に関しての耳障り感の指摘がされた音節を抑圧処理前後で比較し、耳障り感が解消された音節の割合を改善率として評価した。結果として 92% の耳障り感が改善し、不自然さや違和感の指摘も過去の処理方法から大幅に減少した。

表 1 実験条件

部屋の寸法	[W] 6.0 × [D] 5.4 × [H] 2.6 [m]
被験者	成人男性 10 名
使用騒音	トンネル内走行騒音
騒音レベル	90 [dBA]
使用音声	女性話者 4 名の各話者 4 文章 (各 8 ~ 10 秒程度)
音声レベル	約 80 [dBA]

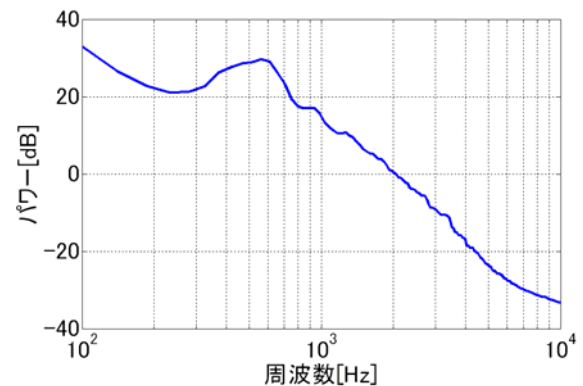


図 6 トンネル走行騒音の周波数スペクトル

5 まとめ

本研究では、騒音下で放送音声の音量を上げた際に発生する無声子音による耳障り感を、処理後の音声に違和感を発生させること無く低減する抑圧処理方法を検討した。

過去の研究では、耳障り感に関係なく放送音声中の無声子音を一律に抑圧したが、過度な抑圧処理によって処理後の音声に違和感が発生することがあった。そこで、無声子音のパワー変化から判断した耳障り感の程度に応じて抑圧量を調節することで改善を試みた。

評価実験より、耳障りだと指摘された無声子音の 92% が改善された。また、抑圧処理によって発生する不自然さや違和感も過去の処理方法に比べて大幅に抑えることができた。

謝辞

受聴実験に協力していただいた本学の学生に感謝いたします。

参考文献

[1] 松井, 金田, 音講論 (春), 807-808, 2009.