

耳障り検出フィルタを用いた電車内放送音声品質向上の検討*

☆菊池祥太，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

電車のトンネル走行中などにおいて 90 dBA を超える騒音が発生することがある[1]. このような大きな騒音下では停車駅や乗換の案内に利用される車内放送が聞き取りにくくなる. これに対して放送音声の音量を上げると聞こえは改善されるが, 大音量になることで放送音声自体が耳障りと感じる現象が起きる. 本報告では, 音量を上げて耳障りに感じにくい放送音声の実現を目指して, 短時間の音量制御方法の検討を行った.

2 耳障りと感じる音韻の特徴と従来法

耳障りと感じる音韻の特徴として以下の 2 つが報告されている[2].

1) 2-4 kHz の周波数成分が強い有声音

2) 4 kHz 以上の高周波数成分が強い無声音
従来の研究では耳障りと感じる音声の有声音と無声音のそれぞれに着目し, 有声音に対しては人の音声の生成過程に存在する声道の共振特性を抑圧する手法[3]が, 無声音に対しては無声音を検出しパワーを抑圧する手法[4]が提案され, その有効性が示された. しかし, これらの手法を組み合わせると処理が複雑となる. そこで, 本稿ではより単純な構造の耳障り音韻抑圧処理について検討を行った.

3 検出・抑圧方法

Fig.1 に耳障りと感じる音韻を検出・抑圧するシステムのブロック図を示す. 音声信号を耳障り音韻検出フィルタに通した後, 短時間毎に切り出して, パワーを求める. そのパワーが与えられた閾値より大きい場合は, パワーと閾値との差分(dB 値)を抑圧値として, 検出フィルタに通さない音声信号の短時間信号に掛け合わせ, 抑圧処理を行う. 最後に, 短時間信号を再合成することにより, 耳障りと感じる音韻を抑圧した音声とする.

4 耳障り音韻検出フィルタ

今回, 耳障り音韻の周波数的特徴を強調するフィルタ特性として, Fig.2 に示す 3 種を比較検討した.

1) A 特性: 人間の聴感特性を反映し, 騒音の大きさなどを測定する際に広く利用されている. 図に示すように, 2-4 kHz 付近の成分が強調されている.

2) ITU-R 468: 6 kHz 付近の成分が強調されており, テープレコーダのヒスノイズなど白色性雑音の評価に適すとされている[5]. 無声音の耳障り感を反映できると期待される.

3) 一次差分: 次式で示す一次差分特性. ITU-R 468 特性と比べて, より高い周波数成分が強調される.

$$y(n) = x(n) - 0.98 \cdot x(n-1) \cdot \dots \quad (1)$$

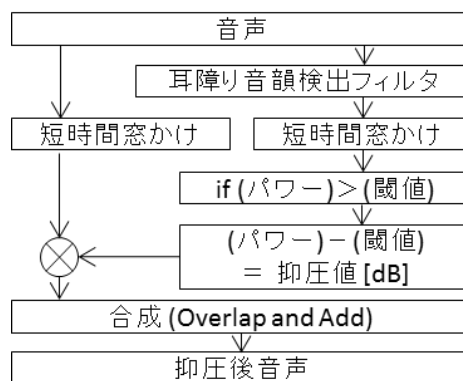


Fig.1 耳障り音韻検出・抑圧システム

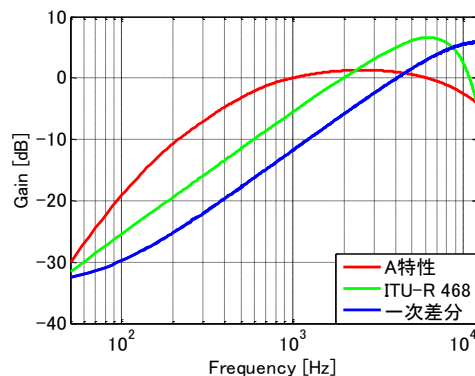


Fig.2 比較を行った耳障り音韻検出フィルタの周波数特性

* A study of broadcasting quality improvement in a train using noisiness detection filter, by KIKUCHI, Shota and KANEDA, Yutaka (Tokyo Denki University) and YAMAMOTO, Satoshi and IMAMURA, Hayato (Yawata Electric Industrial Co.).

5 検出に適したフィルタの検証実験

5.1 実験方法

各フィルタ特性を用いて音声の中の耳障りな音韻を検出し、抑圧処理を施した音声の評価する受聴実験を行った。実験は残響時間 0.4 秒の通常室内で行った。実験条件を Table.1 に示す。使用音声は耳障りな有声音を含む音声(単語)と、耳障りな無声音を含む音声(短文)を各 2 種類用いた。各音声は抑圧処理後に A 特性平均パワーが等しくなるように振幅調整を行い、評価者の 1 m 前方からスピーカ再生した。騒音は電車内にて実際に録音したものを 3 つのスピーカから再生した。

騒音が流れている中で音声を再生し、再生された音声に対しての「耳障り感」を「耳障りでない」から「非常に耳障り」の間を 5 段階で評価を行った。なお、「耳障り感」の定義を、音声がうるさく耳につく、又は耳につくと感じる音韻がある、とした。

5.2 実験結果

実験結果を Fig.3 に示す。評価値は全ての被験者の回答の平均値である。評価値が高いほど耳障りな音声であることを示している。

Fig.3.a は耳障りな有声音を含む音声に対して、各フィルタ特性を用いて抑圧処理を施した音声の耳障り感を示した。どのフィルタを用いた場合でも原音声より耳障り感が低減していることがわかる。耳障りな有声音は 2-4 kHz 付近に周波数成分が集中し、かつ高周波数帯域の成分は弱いため、どのフィルタにおいても耳障り音韻を検出するに抑圧することができたと考えられる。

Fig.3.b は耳障りな無声音を含む音声に対する結果である。ITU-R 468 特性および一次差分特性を用いた場合は、原音より耳障り感が低減できていることがわかる。一方、A 特性を用いて抑圧した音声では、逆に耳障り感が増加している。耳障りな無声音は 4 kHz 以上高い周波数成分が強いため、A 特性では適切な耳障り音韻の検出が行えず、不適切な抑圧を行ったことが原因と考えられる。ITU-R 468 と一次差分を比較すると、一次差分の方がやや効果的である。これは、一次差分において ITU-R 468 では捉えられない 8 kHz 以上の耳障り成分を捉えることができた為と考えられる。

なお、本抑圧処理後の音韻の不自然性につ

いては、別途アンケートを行ったが、今回の範囲では、不自然性の発生は見られなかった。

6 まとめ

電車内放送音声の耳障り感低減を目指し、耳障りと感じる音韻を検出・抑圧する手法を提案し、耳障り音韻検出に有効なフィルタ特性について比較検討を行った。受聴実験の結果、A 特性、ITU-R 468、一次差分のフィルタの中から、有声音・無声音共に耳障り感の低減効果が確認された一次差分フィルタが最も有効であることがわかった。

Table.1 実験条件

被験者数	5 名
抑圧閾値	最大値から -5 dB
音声レベル	80 dBA
騒音レベル	80 dBA

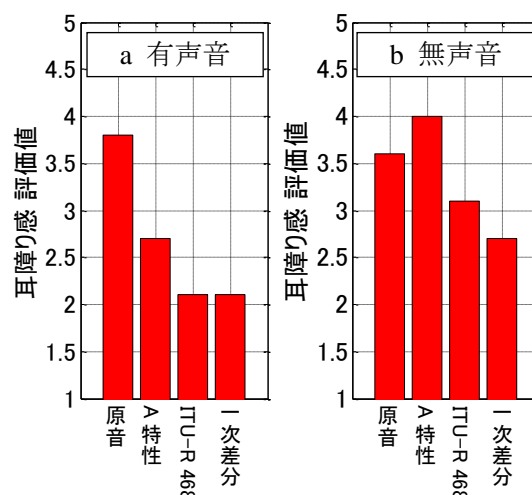


Fig.3 各フィルタ特性を用いた耳障り音韻の抑圧結果

参考文献

- [1]市東, 生方 “地下鉄における車内騒音” 騒音制御, Vol22, No.4, pp.211-215, 1998.
- [2]松井, 他 “高騒音化における車内放送音声の耳障り感低減の検討”, 音講論(春) pp.807-808, 2009.
- [3]新井, 他 “線形予測分析を用いた大音量車内放送音声の耳障り感低減の検討”, 音講論(秋) pp.655-656, 2010.
- [4]若松, 他 “車内放送の無声子音による耳障り感低減の検討”, 音講論(秋) pp.749-750, 2009.
- [5]”RECOMMENDATION ITU-R BS.468-4”, 1986.