

線形予測分析を用いた 大音量電車内放送音声の耳障り感軽減の検討*

☆新井 達也, 金田 豊 (東京電機大・工), 山本 聡, 今村 勇人 (八幡電機産業)

1 はじめに

電車の走行中に、走行騒音などにより車内アナウンスが聞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。そこで本研究では音質制御によって、騒音下で聞き取りやすく、かつ耳障りに感じにくい放送音声について検討する。

2 耳障りに感じる音韻の特徴

耳障りに感じる音韻の特徴は筆者らの検討によると、次の3つに分けられる[1]。

- 1) 単純に大きい音声
- 2) 2~4kHzの周波数成分が強い有声音
- 3) 強く発声された無声音

本報告では2)の有声音の耳障り感改善方法について検討する。

3 従来法の問題点と提案法の考え方

有声音に含まれる耳障りな周波数成分は、声道の強い共振特性に起因する。従来の抑圧手法は、この共振特性に対して、ある閾値よりパワーが大きい周波数成分を単純にカットしていた(図1:従来法)。これにより耳障り感は軽減できるが、音声不自然に聞こえる場合があった。そこで本報告では、その問題を改善するために、周波数特性の共振の形を維持したままピークの大きさを抑える手法(図1:提案法)を提案する。

4 提案法

4.1 処理手順

処理の手順を図2に示す。まず、線形予測分析を用いて声帯振動と声道の共振特性に分離する。そして、声道の共振特性を表すパラメータ(声道フィルタの極)を変化させることで共振ピークを抑圧した後合成し、不自然でなく、耳障りでない音声を実現した。

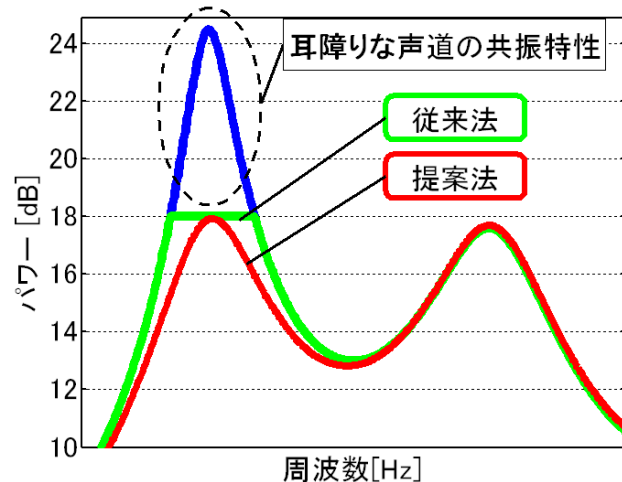


Fig. 1 有声音の耳障り感軽減の考え方

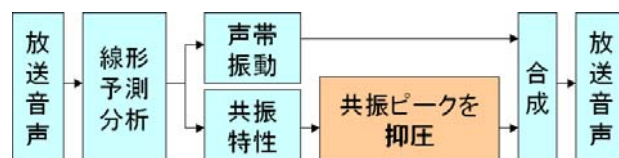


Fig. 2 処理の手順

4.2 共振特性抑圧法

線形予測分析により、声道の共振特性は次のような伝達関数 $A(z)$ を持つ全極型のフィルタで表現できる[2]。

$$A(z) = 1 / \prod_{n=1}^p (1 - P_n z^{-1}) \quad (1)$$

ただし、 P_n は極、 p は線形予測次数である。

周波数スペクトルにおける共振特性の大きなピークは、 z 平面上における単位円に接近した極として表現される(図3(a)(b))。よって、単位円に近い極を原点方向にずらして極の大きさ(絶対値)を小さくすれば(以降、「極抑圧」と呼ぶ)共振特性における山の形を保ったままピークの大きさを抑えることができる(図3(c)(d))。

* A study of unpleasantness reduction of broadcasting in the train using LPC analysis, by ARAI, Tatsuya, KANEDA, Yutaka(Tokyo Denki University), YAMAMOTO, Satoshi and IMAMURA, Hayato (Yawata Electricity Industry).

4.3 具体的処理内容

耳障りに感じられる有声音の成分は 2~4 kHz である。しかし、2~4 kHz のみの抑圧では音声の不自然感が発生する場合があります、処理帯域を拡張して 2~8 kHz を対象とした。

具体的な抑圧閾値は 2 kHz の時に原点からの大きさ 0.75、8 kHz の時に 0.65 という 2 つの点を結んだラインとした (図 4: 赤のライン)。そのラインの外側の範囲の極の大きさをすべて 0.8 倍し、ラインを下回らない様な処理を行った。

図 4(a)は放送音声において、耳障りと指摘された音韻「き」を複数フレームにわたって分析し、得られた極の配置を示した図である。図 4(b)は抑圧後の極配置を示し、単位円付近にあった極が 0.8 倍され、赤のライン付近まで抑圧されていることがわかる。

処理前後の音声のスペクトログラム比較を図 5 に示す。提案法は従来法と比べて自然な形でピークが抑圧されており、調波構造も良好に保存されていることがわかる。

5 実験

本手法の有効性を確認するための受聴実験を行った。使用音声は実際に利用されている車内放送音声の中から、耳障りな有声音を含む 3 文章 (例:「きゅうこうでんしゃのていしゃえきは」) を利用した。

評価は男性 4 名で行い、従来法と提案法で処理した 2 文章をスピーカーで再生し、より不自然に聞こえるほうを選択させた。

実験の結果、従来法が不自然であると感じる比は 83% であり、従来法よりも提案法がより自然に聞こえる処理であることが示された。

6 まとめ

本研究では耳障りな母音を抑圧するために、線形予測分析を用いて、音声を声帯振動と声道の共振特性に分離し、声道の共振特性を表すパラメータ (声道フィルタの極) を変化させ、山の形を維持したままピークを抑圧する処理を提案した。その結果、従来法の問題点であった不自然な音声を改善することができた。

参考文献

- [1] 松井, 金田, 音講論 (春), 807-808, 2009.
- [2] 古井, "新音響・音声工学", 近代科学社, 2006.

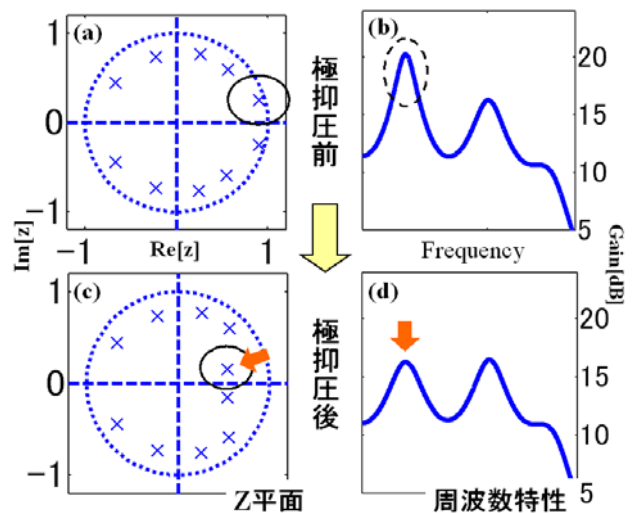


Fig. 3 平面の極と共振特性

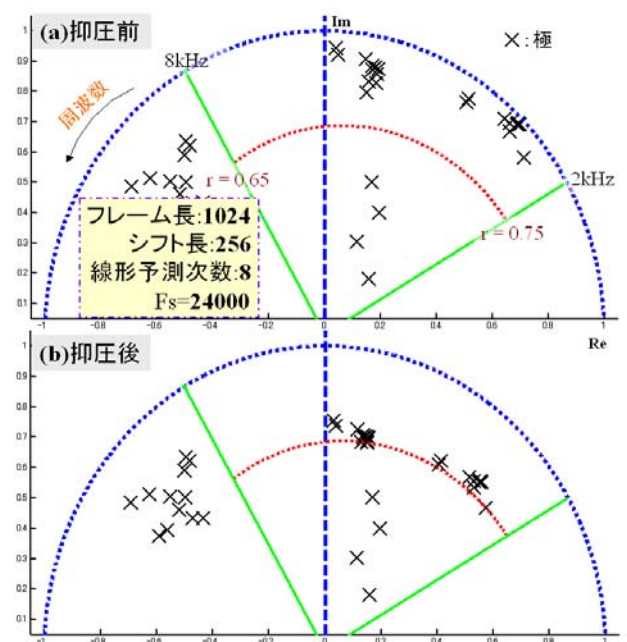


Fig. 4 音韻「き」の極抑圧図

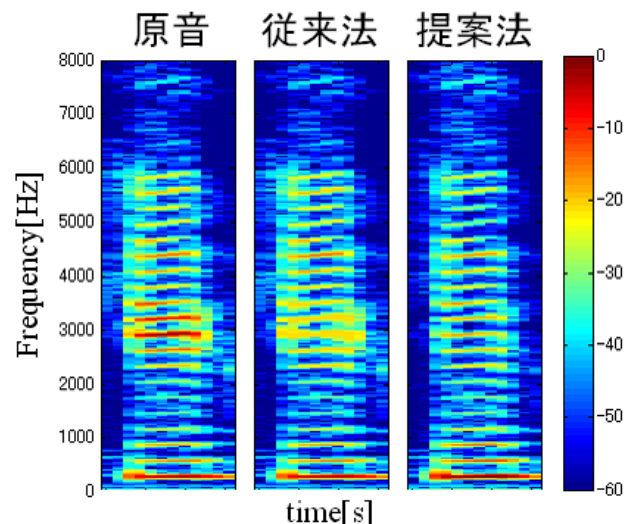


Fig. 5 共振特性抑圧のスペクトログラム