

# スマホ内蔵センサを用いた動作状況に応じた 電車内ノイズ除去法の提案

望月 亮汰† 五百蔵 重典‡

神奈川県立大学 情報学部 情報工学科†

## 1. はじめに

公共交通機関のアナウンスは、運行の乱れやトラブルなどの緊急情報の伝達手段としてとても重要である。そのため、このような情報は利用者に正確かつリアルタイムに提供されることが望まれる。このことを考慮すると車内の音声アナウンスから得られる情報が理想的である。しかし、状況に応じて頻繁に変わる情報と情報量から聞き漏らしや聞き間違いをした際に利用者の大きな混乱につながる可能性がある。そのような可能性を防ぐためにアナウンス情報を記録する方法が必要である。以上のような背景から、我々はスマートフォンと音声認識を利用した情報記録システムを考えたい。しかし、電車内では絶えず大きな騒音が発生する。騒音の中でも特に転動音、構造物音及び主電動機ファン音は発生するその割合を大きく占めており<sup>[1]</sup>、それが音声認識を行う上での雑音となっている。そこで本研究ではこれらの騒音を原因とする雑音を除去するために GPS から得られる位置情報と速度情報に着目し、電車の位置や速度に応じて変化する雑音に適応できる雑音除去手法を検討する。本稿では電車内のそれぞれの特徴に特化した雑音除去法とその評価について述べる。

## 2. 解決方法

電車内騒音には列車外部から侵入してくる騒音と内部から発生する騒音がある。外部からの騒音は主に車輪、レール間の摩擦及びまくら木の振動から発生する転動音、電車が走行する際に生じる振動が地面や壁などの構造物に伝わりそれらが振動する際に発生する構造物音、電車の主電動機に設置されているファンから発生するファン音などがある。内部から発生する音としては空調や人の話し声などの音がある。この中でも転動音、構造物音及びファン音は騒音レベルが大きく車内に侵入する割合を大きく占める<sup>[2][3]</sup>。

以上から 3 つの騒音が車内での音声認識の主な雑音になっていると考える。また、これらの騒音は速度の変化やトンネル、橋といった場所の変化によって騒音の種類が変わる特徴がある<sup>[1][3]</sup>。また、それによって雑音の状態も変化する。音声信号処理で広く使われている STSA 分析による雑音除去手法では、事前に推定した雑音を用いて除去を行うことができる<sup>[4]</sup>。しかし、この手法を用いる場合、推定した雑音と劣化信号に含まれる雑音の誤差が大きいと除去精度が悪くなるところがある。先ほど述べた電車内騒音の非定常性から、推定誤差が生じやすいと考えられる。誤差を少なくするため雑音に変化した後の環境下で推定をすれば誤差は少なくなると考えられるが、変化する前後に強調したい音声が含まれている場合は困難である。そのことから非音声区間で推定した雑音を環境が変化した場合でも用いることを可能にすることが考えられる。以上から本研究では速度や場所の変化を判断し、環境に適応する雑音除去を行うことで電車内での音声認識の向上につながると考える。

速度や場所の変化を判断する方法として、GPS から得られる速度情報と位置情報を用いる。走行中にリアルタイムで速度と位置を計測し、そのデータもとに除去処理設定を適宜変更する。例えば、トンネルの位置座標を事前に記録しておき、走行中の電車の位置座標と比較近い値になった場合、処理の設定を変更する。

環境の変化は GPS から得られるデータで適応するが、根本となる雑音除去処理に関して本研究では既存の手法を用いることとする。今回対象としている雑音の場合、同速度および同位置で見ると比較的定常な雑音であると考えられる。このことから本研究では、音声信号処理で広く用いられているスペクトルサブトラクション (SS) 法<sup>[5]</sup>を用いることとする。SS 法とは STSA 分析を用いた周波数領域で処理を行う雑音除去手法である。処理方法は他の手法と比べて単純で、音声の加法性を用いて劣化音声のパワースペクトルから推定雑音のパワースペクトルを減算するというものである。また、入力音声は単一チャンネルで複数のマイクを用いなくてよいため、システムを小型化できる利点がある<sup>[4][5]</sup>。本

Proposal of a Train Noise Reduction Method depending on the Movement Situation using Sensor with Built-in Smartphone

†Ryota Mochizuki · Kanagawa Institute of Technology

‡Ioroi Shigenori · Kanagawa Institute of Technology

研究ではスマートフォンを用いるためこの手法は適していると考えられる。SS 法は雑音減算係数を変更することで、減算の強度を調整することが可能である<sup>[6]</sup>。本研究ではこの点に着目し、速度・位置情報をもとにこの係数を変更して、速度や場所によって変化する雑音の変化に適応する方法を提案する。

### 3. 実験

今回の実験では、速度変化に適応させた雑音除去の評価と及び場所の変化に適応させた雑音除去の評価を行う。速度変化として加速時、場所の変化としてトンネル走行時と橋走行時を対象とする。そしてそれぞれに対して SS 法のみを用いた場合と解決方法で提案した GPS の速度情報や位置情報から SS 法の雑音減算係数を変更した場合を比較する。また、雑音減算係数の値を変更した場合の除去精度の比較も行う。評価手法としてはセグメンタル SNR を用いる。

今回の実験で用いたデータについて説明する。雑音除去の対象である劣化音声は、実際に走行中の電車内で録音した音声データを用いる。ただし、アナウンス音声は別途録音したものを加算した。音声データは速度変化のある区間の音声を記録したものと、場所の変化がある区間の音声を記録したのを用いる。速度変化は約 60km/h~90km/h、場所の変化はトンネルおよび橋に入る直前から直後までとした。雑音推定に用いる音声は速度変化と場所の変化で別々のものを使用する。速度変化では約 40km/h で走行中の非音声区間の音声を扱い、場所の変化ではトンネルおよび橋に入る直前の非音声区間の音声を扱った。速度は±5km/h の誤差を許容する。例えば、60km/h であれば 55km/h 以上 65km/h 未満とする。

### 4. 結果

速度変化と場所の変化への適応実験の結果として劣化音声の SNR に対する雑音抑制音声の SNR を表 1, 表 2 に示す。速度変化の係数は速度変化に応じ、60km/h で 3, 70km/h で 9, 80km/h で 15, 90km/h で 21 とした。場所の変化の係数は 6, 9, 15 とし、値による抑圧強度の変化を見られるようにした。また、表 2 はトンネル突入時の結果を示している。表 1 から分かるように提案手法では SS 法のみを使用した場合と比較して SNR の改善が見られた。また、表 2 から SNR の改善が見られた。

このことから、速度や場所の変化に合わせた

係数の変更が有効であると考えられる。表 2 から値の増加によって精度向上が見られる。しかし、SNR4.1 では係数 9 以降、SNR1.4 では係数 15 においては劣化している。実際に音声を聞いてみるとミュージカルノイズが顕著になっていた。これは減算のし過ぎが原因と考えられる。また、アナウンス音声の劣化も確認された。

表 1 雑音抑制音声 SNR (速度変化)

劣化音声 SNR	1.5	2.7
SS 法のみ (係数: 1, 1, 1, 1)	1.585	2.809
提案手法 (係数: 3, 9, 15, 21)	1.824	3.117

表 2 雑音抑制音声 SNR (トンネル)

劣化音声 SNR	1.4	4.1
SS 法のみ (係数:1)	2.844	6.541
提案手法 (係数:6)	4.273	6.745
提案手法 (係数:9)	4.380	6.387
提案手法 (係数:15)	4.339	5.939

### 5. まとめ

本稿では、電車内雑音の速度と場所による変化に適応する雑音除去手法の検討を行った。電車の速度や場所の変化に合わせて雑音除去方法を変更することで、変更をしなかった場合よりも雑音を抑制できることが分かった。今後の課題としては、最適な係数の設定やミュージカルノイズへの対処が挙げられる。

### 参考文献

- [1] 山本:“鉄道車両の車内騒音の低減方法”, 騒音制御, Vol. 31, No. 5 (2007) pp. 368-373
- [2] 北川:“鉄道騒音における最近の話題-音源側”, 日本音響学会誌, 73 巻, 11 号 (2017), pp. 710-717
- [3] 北川:“鉄道騒音の特性と防止策”, 日本音響学会誌, 64 巻, 10 号 (2008), pp. 629-634
- [4] 杉山:“雑音・残響抑圧”, 電子情報通信学会『知識の森』, 2 群, 6 編, 4 章 (2014)
- [5] S. F. Boll, “Suppression of acoustic noise in speech using spectral subtraction,” IEEE Transactions on Acoustics, Speech and Signal Processing, vol. 27, no. 2 (1979), pp. 113-120.