

# 車室内環境での Wave-U-Net による雑音除去の検討

Noise reduction with Wave-U-Net for in-car environments

樋口隼太 李莉 井上翔太 牧野昭二 山田武志  
Hayata Higuchi Li Li Shota Inoue Shoji Makino Takeshi Yamada

筑波大学  
University of Tsukuba

## 1 はじめに

音声認識や音声強調技術は、ハンズフリーで操作可能な製品に取り入れられている。また、離れた座席間の会話を補助する目的で車室内コミュニケーションシステムにおいても取り入れられ、実用化が検討されている。走行中の車室内ではエンジン音やタイヤ音、風切り音等の走行雑音が生じ、目的の音声に重畳することでハンズフリー操作や会話の妨げとなる。この問題を解決する技術として、観測された音声信号から目的音声信号を分離する雑音除去がある。本稿では、複数の自動車で実測した走行雑音とインパルス応答を用いて、車室内環境での Wave-U-Net [1] による雑音除去の有効性を評価する。

## 2 Wave-U-Net を用いた車室内での音源分離

Wave-U-Net [1] は近年提案された深層学習を用いた End-to-end モデルであり、音楽データからの歌声の分離や音声強調タスクにおいて優れた分離性能を達成している。処理の対象が時間領域の信号であり、入力信号の時間周波数領域への変換が必要ないことから位相情報の効果的な利用やドメイン変換に伴う制約がない利点を持つ。車室内でのコミュニケーションシステムや音声認識を用いた操作では低遅延性が要求されるため、この利点を持つ Wave-U-Net は有用であると考えられる。

## 3 評価実験

### 3.1 実験条件

一話者の発話と走行雑音の混合音声を対象とした雑音除去実験を実施した。この評価実験では、車室内環境を再現するために乗用車 4 台で実録した走行雑音とインパルス応答を混合信号の生成に用いた。走行雑音は、市街地、高速道路での走行、および低速走行の条件で各 10 分収録したデータを用いた。市街地と低速走行では窓の開閉を行ったデータを含み、高速道路では窓を閉めた条件でのデータのみを用いた。自動車右側前方の座席（運転席）を分離対象の目的話者とし、座席の右寄り、中央、左寄りの条件でインパルス応答を測定した。マイクロホンは自動車前方のマップランプに取り付けた。走行雑音とインパルス応答の各組み合わせを同数ずつ含む、3-5 秒の混合信号 3,040 発話を学習データとし、信号対ノイズ比 (SN 比) の範囲は  $[-9, 0]$  dB の範囲でランダムに選択した。学習データ 3,040 発話すべてを用いて 1 つの分離モデルを学習した。

Wave-U-Net のネットワーク構造と学習は [1] の M1 モデルをもとに構成した。損失関数として混合前の音声信号と雑音信号に対する分離信号の最小二乗誤差を用

表 1 走行条件と窓の開閉ごとの SDR 改善量

走行条件	窓の開閉	SDR improvement [dB]
低速走行	全閉	18.5
	開放	16.3
市街地	全閉	17.6
	開放	15.1
高速道路	全閉	14.8
	開放	-

い、最適化関数には Adam [2] を用いた。レイヤー数を 6、各層でのフィルタの増加係数を 20、1 次元畳み込みのカーネルサイズは Down Sampling (DS) ブロックで 15、Up Sampling (US) ブロックで 9 とした。入出力サンプル数は 256 とし、learning rate は 0.0001 とした。

分離性能の評価には、乗用車 1 台で実録した走行雑音とインパルス応答を用いて作成した音声と雑音の混合信号を用いた。各条件での組み合わせで、SN 比を  $\{0, -3, -6, -9\}$  dB の 4 通りで、長さ 3-5 秒の混合信号を各 20 発話生成した。評価尺度として signal-to-distortions ratio (SDR) [3] の平均改善量を用いた。

### 3.2 実験結果と考察

走行条件と窓の開閉の条件ごとの実験結果を表 1 に示す。表 1 より、窓を全閉した条件では約 15-18dB の改善が得られ、開放した条件と比較して分離性能が約 2.3 dB 上回る結果が得られた。窓を開けることで車室外からの風切り音などの雑音成分が増加したためであると考えられる。また、低い速度で走行した条件ほど高い分離性能を示すことが確認された。走行速度の上昇に伴いエンジン音や風切り音が増加し、更に対向車や路上環境の変化に起因する雑音の頻度や種類が増加するためであると考えられる。着席位置のずれによる分離性能の変化に関しては、本実験では分離性能に差がみられなかった。

### 謝辞

本研究は科研費 19H04131、戦略的基盤技術高度化支援事業の助成を受けた。

### 参考文献

- [1] D. Stoller *et al.*, ISMIR, 2018, pp. 334-340.
- [2] P. Kingma *et al.*, arXiv preprint : 1412.6980
- [3] E. Vincent *et al.*, IEEE Trans. ASLP, vol. 14, no. 4, pp. 1462-1469, 2006.