

## 【助成 39-12】

### 少数の受信信号データに基づく複数ネットワークによる抽出特徴量の最大化と 人工データセットの生成

代表研究者 東京大学生産技術研究所 特任助教 小島 駿

#### 〔研究の概要〕

Society5.0の実現を目指す上で、サイバー・フィジカル空間をデータにより密接に結ぶデジタルツイン技術の発展に伴い、無線通信における機械学習の応用はますます重要性を増してきている。学習に使用される信号のデータセットには膨大な数が要求されるため、データセットをシミュレーションで生成し評価を行う検討が大多数となっているが、無線通信シミュレーションでは統計的に伝搬路を生成するため、現実環境との剥離は避けられない。そこで、実用に耐える評価を行うためには、実際に測定された受信信号データが必須ではあるが、無数に存在する伝搬路に対し学習要求を満たすほどのデータの収集は容易でない。本研究では、少ない現実の通信環境の測定データでも十分な学習を可能とする擬似的な信号データセットの生成を目指し、無線信号の特質に適った高精度な敵対的生成ネットワークの構築を行い、生成したデータセットの有効性を明らかにした。

#### 〔研究経過および成果〕

本研究では、学習に使用可能な無線信号データが限定的な場合においても十分な学習性能を達成可能なデータセット拡張法の実現を目指し、無線信号の特質に適った複数入力構造を導入した敵対的生成ネットワーク(GAN: generative adversarial network)を提案した。その概要図を図1に示す。

GANとは、生成器と識別器の2つのネットワークから構成され、生成器ではランダムノイズから偽のデータを生成し、識別器では偽データと教師データを識別する。生成器は識別器に正しく判別されないようなデータの生成を、識別器は偽データを正しく判別することを目的に敵対的に学習を行うことで飛躍的に高い性能を達成可能である。

本研究では初期的検討として、GANにより生成する画像を、受信信号を短期間フーリエ変換した波形形式であるスペクトログラムとしている。スペクトログラ

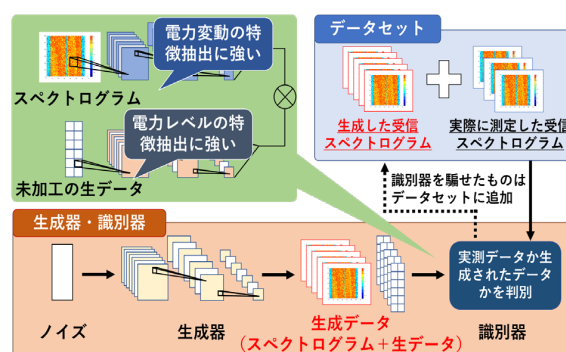


図1：提案法の概要図

ムは変調方式分類や信号対雑音電力比(SNR: signal-to-noise ratio)推定等で一般的に使用されており、時間・周波数・電力を表す3次元グラフでありGANとの親和性も非常に高い。

提案法では、GANによる受信スペクトログラム画像の生成精度を向上させるため、送受信端末の移動速度に起因するドップラーシフト等の電力変動に関わる特徴抽出に優れるスペクトログラム波形に加え、信号の電力レベルの特徴抽出に優れる未加工の生データを入力とする複数入力畳み込みニューラルネットワ

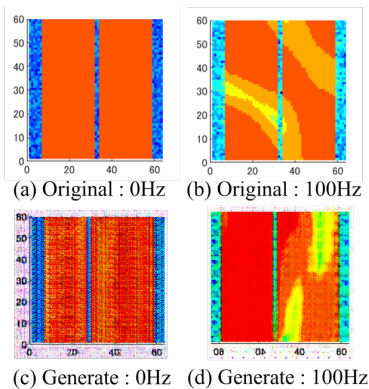


図 2：提案法による生成結果

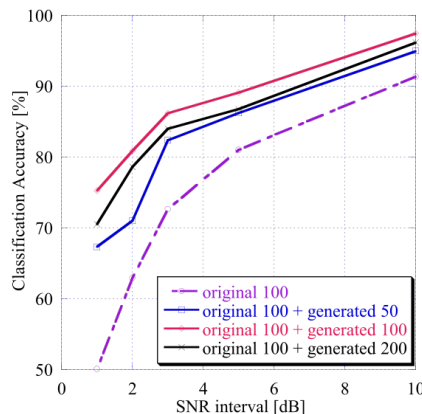


図 3：データ数を変化させた場合

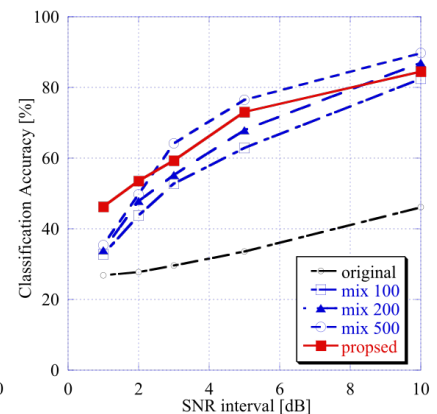


図 4：ドップラーによる影響

ークを適用している. 複数の信号の波形形式から特徴を抽出することで, 無線信号に含有される通信環境情報等の特徴を余すことなく反映した生成結果が得られる.

提案法によるデータセット拡張の有効性を明確化するため, シミュレーションによる評価を行った. 伝送方式は OFDM, 生成器は 3 層, 識別器は 4 層の畳み込み層からなるシンプルなネットワーク構造としている. 学習には Adam を適用し, オリジナルデータが 100 枚に限定される環境において SNR 分類を行い, その精度を比較することで評価する.

図 2 に提案法を用いて実際に生成したスペクトログラム画像を示す. 提案法を用いることで SNR の特徴のみならずドップラーシフトの特徴も生成画像に反映できており, オリジナルデータと遜色のない画像が生成できていることが確認できる. また図 3 にデータ数を変化させた場合の SNR 分類精度の比較結果を示す. 100 枚だけのオリジナルデータで学習させた場合に比べ, 提案法により生成したデータを加え学習させることで, 最大で分類精度を 25% 向上させることが明らかとなっている. 最後に図 4 にドップラーシフトが様々なに変化する場合における SNR 分類精度の比較結果を示す. 黒のグラフがオリジナルデータのみで学習さ

せた場合を示しており, ドップラーシフトの影響により分類精度が大幅に劣化してしまう. 青のグラフは様々なドップラーシフト環境下の学習データを用いた場合であり, データ数が減っていくにつれ分類精度は劣化することが確認できる. 一方で, 提案法を用いることで, オリジナルデータを増やすことなく SNR 分類精度を改善させることが明らかとなっている.

以上の成果より, 無線信号における提案法によるデータセット拡張の有効性が示された. 今後は, 提案法をさらに拡張させ, 環境の変化にロバストなデータ生成手法の検討や, 変調方式分類やドップラーシフト推定に応用した場合の性能評価について検証していく予定である.

[発表論文]

1. **小島駿**, 赫赫, 王君ハン, 丸田一輝, 安昌俊, “敵対的生成ネットワークによる受信信号データセットの拡張,” 電子情報通信学会, ソサイエティ大会, no. B-5-9, 2022 年 9 月.
2. 田村幸佑, **小島駿**, 赫赫, 丸田一輝, 安昌俊, “GAN によるドップラーシフトに堅牢なデータセットの拡張,” 電子情報通信学会, 総合大会, no. B-5, 2023 年 3 月.