

ニューラルネットワークを用いた電波の到来波数・到来方向に関する研究



Abstract

スマートフォンやIoT機器などの普及に伴い、あらゆる場所での**高品質な通信**が求められている。しかし、建物による**反射**や**回折**の影響などにより十分な通信品質を保つことが難しい場所が存在する。これを改善するためには電波の伝搬構造を把握する必要がある。一方、機械学習を用いた電波伝搬解析などの応用研究が行われている。

本研究では、機械学習の1手法である**ニューラルネットワーク**を用いてアンテナで受信された信号から**到来波数**および**到来方向**を推定する手法を提案した。また提案した手法の**有効性評価**を行った。その結果、アンテナで受信された受信電力から**自由度を超える到来波数推定**が可能であることを確認できた。また受信した**位相**および**振幅**から**到来方向が推定可能**であり、各**ハイパーパラメータ**による推定精度への影響について確認した。

1. 受信電力を用いた到来波数推定

電力相関行列

受信電力を用いた相関行列

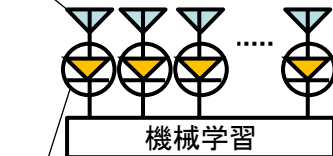
$$\mathbf{r}_p = \begin{bmatrix} |x_1| & |x_2| & |x_3| & \cdots & |x_N| \end{bmatrix}^T$$

x_N : 第N素子で受信された複素入力ベクトル

$$\mathbf{R}_p = E[\mathbf{r}_p \cdot \mathbf{r}_p^T]$$

アレー構成

アンテナ素子



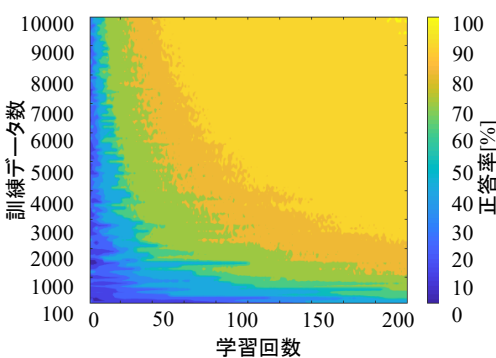
電力測定器

提案法

- 電力測定器を用いて各アンテナ素子の**受信電力**を測定
- 得られた受信電力から**電力相関行列**を作成し機械学習の入力とする
- 推定値と真値の一致した割合である**正答率**で評価

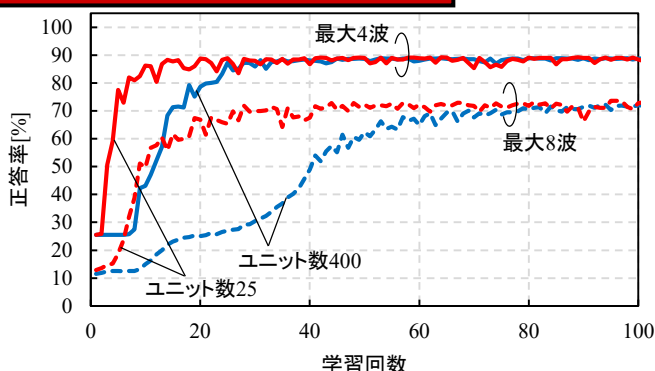
2. 提案法による波数推定結果

推定精度に対する学習データ数の影響



シミュレーション諸元	
素子数	5
素子間隔	半波長 等間隔
SNR[dB]	10
スナップショット数	100
波数	0~4
角度[deg.]	-90~+90

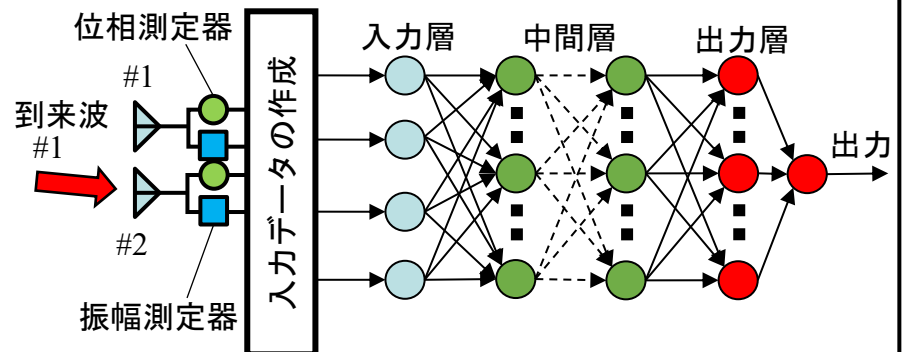
推定精度に対する学習回数の影響



- 最大4波の場合正答率**90%**・最大8波の場合正答率**70%**に収束
- ユニット数による正答率への大きな影響はない

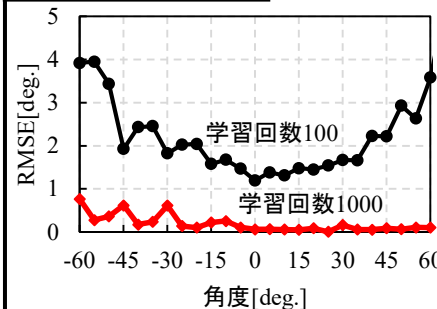
3. 位相振幅を用いた到来方向推定

評価モデル



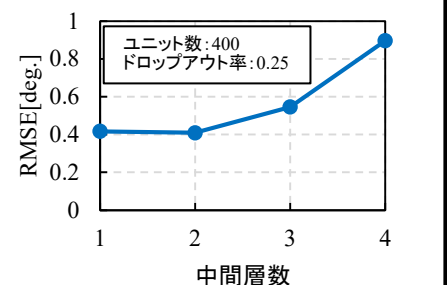
- 各素子で受信された**位相**と**振幅**をニューラルネットワークに入力
- 到来角に対応する出力ユニットで**マルチラベル問題**として推定

到来角度の影響



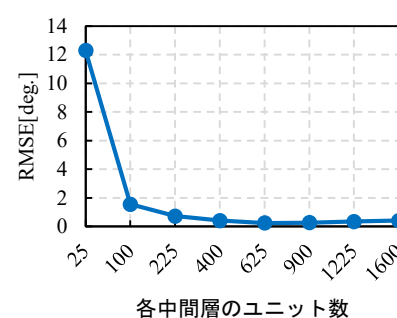
- 水平方向に近いほど誤差が**増加**
- 学習回数を増やすと誤差が**減少**

中間層数の影響



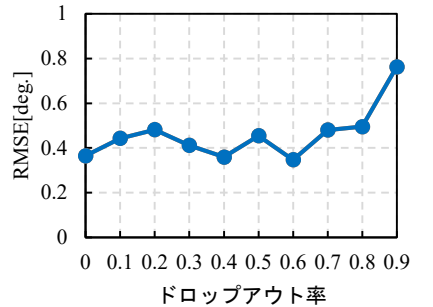
- 中間層数が多いほど誤差が**増加**

ユニット数の影響



- ユニット数が多いと誤差が**減少**

ドロップアウト率の影響



- ドロップアウト率が大きいほど誤差が**増加**

まとめ

ニューラルネットワークを用いて各アンテナ素子で受信された受信信号から到来波数を、振幅および位相から到来方向を推定する手法を提案し、有効性の評価を行った。

受信電力から**到来波数**が推定可能であることを示し、学習回数や学習データ数による影響を確認した。また**アンテナ素子数を超える到来波数推定**が可能であることを確認し、その正答率は**70%程度**となることがわかった。

位相および振幅から**到来方向**が推定可能であることを示し、各**ハイパーパラメータ**による影響を確認した。3. で用いる評価モデルの場合、中間層2層以下・ユニット数400以上・ドロップアウト率0.0が適切であることがわかった。

以上より、**ニューラルネットワーク**を用いて**到来波数**および**到来方向**が**推定可能**となり、モデル構成によってはさらなる推定精度の改善が見込める。