

# 深層学習による適応 OFDM 環境下での伝送路特性を考慮したブラインド変調検出

B-8

## Blind Modulation Detection Considering Channel Characteristics Under Adaptive OFDM with Deep Learning

森 康一<sup>†</sup> 杉浦 陽介<sup>†</sup> 島村 徹也<sup>†</sup>Koichi MORI<sup>†</sup> Yosuke SUGIURA<sup>†</sup> Tetsuya SHIMAMURA<sup>†</sup><sup>†</sup> 埼玉大学工学部 情報システム工学科<sup>†</sup> Dept. Information and Computer Sciences, Saitama University

### 1. はじめに

OFDM 通信システムにおいて、適応変調と呼ばれる技術が重要視されている。変調の情報ビットを用いずに変調を識別するブラインド変調検出は、検出率の向上が図られればより広く用いられる応用技術となる。そのアプローチの一つとして、本稿では深層学習を用いた方式に注目した。

### 2. ブラインド変調検出

ブラインド変調検出とは、伝送路の状態によって変調方式を変更する適応変調の中で、送信シンボルに余剰ビットを用いない方式を指す。伝送効率は良いが変調識別率が低く、その特性向上が求められている段階の技術である。

### 3. DNN を用いた既存の変調検出技術

#### 3.1 特徴量を用いた検出

先行研究[1]において、DNN(Deep Neural Network)の入力ベクトルを、受信シンボルの解析的信号を母集団とした統計的情報から設定する方法が提案されている。先行研究の例では、PSK, QAM などの 5 つの変調方式をブラインド推定している。本研究では、DNN 手法の検出の精度の高さに注目し、適応 OFDM 環境下でその検出を試みた。

#### 3.2 入力層に用いる特徴量

$$\sigma_{dp} = \sqrt{\frac{1}{c}(\sum_{a_n[i]>a_t} \varphi_{NL}^2[i]) - \left(\frac{1}{c}\sum_{a_n[i]>a_t} \varphi_{NL}[i]\right)^2} \quad (1)$$

$$v_{20} = E(|a[i]|)^4 / E(|a[i]|)^2 \quad (2)$$

ここで  $a[i]$  は受信シンボルを表す。 $\sigma_{dp}$  は各信号点の瞬時位相  $\varphi_{NL}$  の標準偏差である。DNN における学習内で、PSK 間の検出に主として貢献する。 $v_{20}$  は信号点集合のモーメントを用いた特徴量である。四次のモーメントは尖度を表現し、QAM の検出に主として貢献する。図 1 は各変調方式での式(1), (2)の値をグラフ化したものである。

### 4. 適応 OFDM の伝送路特性を考慮した提案法

先行研究では OFDM 下での使用を想定されていないため、伝送路特性が考慮されておらず、変更せずに使用することが現実的ではない。一般的に OFDM を用いる環境では、複数の伝送路から回折した位相の互いに異なる信号が重なり合うマルチパスフェージングが発生する。このマルチパスフェージングを考慮し、所望信号を周波数領域で表現した  $X(\omega)$  を、式(3)のように受信信号の周波数領域表現

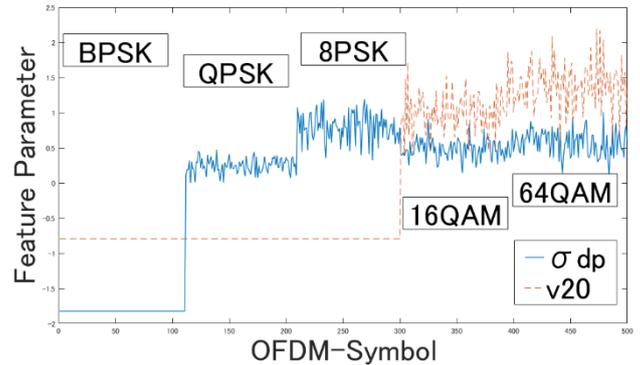


図 1 Feature parameters in each modulation

$Y(\omega)$  をチャンネル応答値  $H(\omega)$  で除算することにより補正する。  
 $X(\omega) = Y(\omega)/H(\omega)$  (3)

式(3)より本来の表現に近い信号点集合から特徴量ベクトルを設定することができる。

### 5. 実験結果

本稿では、解析的信号を用いたシミュレーションにより、特徴量ベクトルを設定する方法で実験を行った。マルチパス環境を 3 本の各々ランダムな経路と遅延量を持つ伝送路とし、白色雑音を付加した。各雑音量における従来法、提案法の検出率はそれぞれ表 1 のようになった。

表 1 Detection rate comparison

| SNR  | 従来法   | 提案法          |
|------|-------|--------------|
| 0dB  | 0.398 | <b>0.498</b> |
| 10dB | 0.572 | <b>0.71</b>  |
| 25dB | 0.612 | <b>0.912</b> |

### 6. おわりに

結果からマルチパスフェージング環境下での検出率向上に提案法が有効であることが明らかになった。しかし実際に無線通信で使用するにはまだ信頼性の低い値である。特に雑音量の増加による検出率の低下が見られるため、今後は雑音除去手法の利用をさらに検討したい。

参考文献

[1] B.Kim, et al. “Deep Neural Network-based Automatic Modulation Classification Technique” ICTC 2016