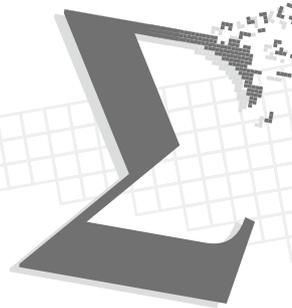


# やり直しのための 伝送数学



三谷 政昭

連載第26回の今回は、ビタビ復号の性能を高める手法と事後確率を最大化する計算アルゴリズム (MAP 復号) を取り上げる。基本アイデアとして、受信データに含まれるアナログ情報の有効活用、ベイズの定理に基づく事後確率の効率的計算に着目し、具体的な処理プロセスを分かりやすく解説する。  
(編集部)

## 第26回 OFDMシステムの受信性能向上技術(その6) 軟判定・ビタビ復号とMAP(最大事後確率)復号

前回(2012年5月号, pp.146-153)は、畳み込み符号のML(最尤)復号アルゴリズムとしてビタビ復号法を取り上げて、エラー制御の基本的な考え方や具体的な処理プロセスを分かりやすく解説した。

今回は、デジタル通信路の遷移確率による表現を導入して、復号時の信頼性を向上させる手法を取り上げる。まず、ビタビ復号の信頼性を高める手法として、前回の複数シンボル(ビット)をまとめたブロック単位ではなく、シンボル単位で尤度関数を最大化する復号アルゴリズムについて説明する。次に、受信データに含まれるアナログ情報を活用するためのアイデア(軟判定という、後述)とともに、MAP復号アルゴリズムを紹介した後、効率的計算方法(BCJRアルゴリズム)を解説する。

### 1. デジタル通信路の表現と復号時の信頼性向上

一般に0あるいは1で表される2元符号(デジタル信号)が送信されると、通信路を介して受信信号が得られること

になり、図1のように遷移確率で記述して通信路特性を表す。図1は、通信路の確率的性質(遷移確率)、符号語の送信データで条件 $x$ を付けた受信データ $y$ の条件付き確率 $p(y|x)$ で表したものである。例えば $x=0$ 、1がそのまま $y=0$ 、1として送受信される確率は、

$$p(0|0)=p(1|1)=1-\varepsilon \dots\dots\dots(1)$$

である。また、 $x=0$ が $y=1$ に変わる(誤る)確率 $p(1|0)$ 、あるいは $x=1$ が $y=0$ に変わる(誤る)確率 $p(0|1)$ が、

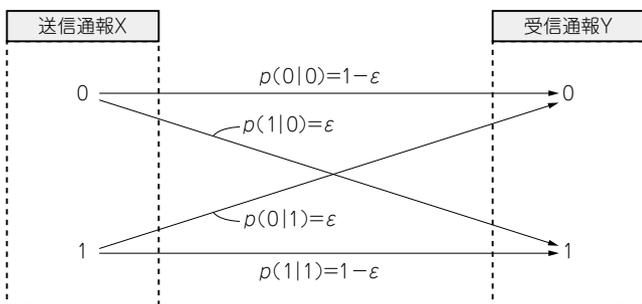
$$p(1|0)=p(0|1)=\varepsilon \dots\dots\dots(2)$$

であることを意味する。なお、このような通信路は、ビット誤り率が $\varepsilon$ の2元対称通信路(BSC: Binary Symmetric Channel)と呼ばれる。

ところが、図2のように表される通信路もあり、 $\alpha$ は消失と呼ばれ、通信路特性を表す条件付き確率は、消失する確率を $\varepsilon_\alpha$ で表せば、

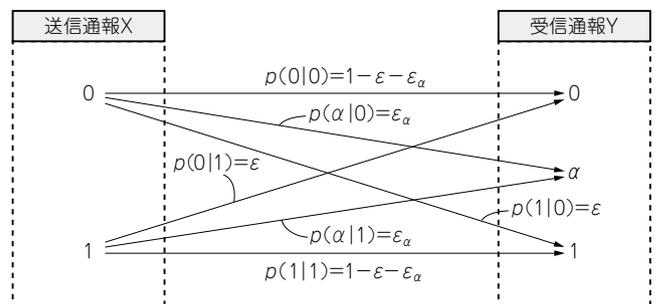
$$\begin{cases} p(0|0)=p(1|1)=1-\varepsilon-\varepsilon_\alpha \\ p(\alpha|0)=p(\alpha|1)=\varepsilon_\alpha \\ p(1|0)=p(0|1)=\varepsilon \end{cases} \dots\dots\dots(3)$$

となる。図2の2元対称消失通信路のように、送信データ $x$



$$\left[ \begin{array}{l} \text{遷移確率 } p(y|x) \\ x \in X = \{0, 1\}, y \in Y = \{0, 1\} \end{array} \right]$$

図1 2元対象通信路



$$\left[ \begin{array}{l} \text{遷移確率 } p(y|x) \\ x \in X = \{0, 1\}, y \in Y = \{0, \alpha, 1\} \end{array} \right]$$

図2 2元対称消失通信路