

やり直しのための 伝送数学



三谷 政昭

連載第20回の今回は、マルチパス干渉に伴う通信路ひずみの影響を受けた受信信号から、正しくデータを復調するための補正方法を解説する。具体的には、時間的に変動する通信路特性を的確に推定することに最大のポイントがあり、推定方式としてパイロット・シンボルを用いる方法にフォーカスし、同時に信号等化器の基本構成を示す。
(編集部)

第20回 通信路ひずみの補正による信号等化処理

前回(2011年5月号, pp.184-191)は、GI付きOFDM信号のマルチパス干渉を有する通信路ひずみが受信データに与える影響を定量的に評価する手法を示した。

今回は、マルチパス干渉による信号ひずみの補正方法にフォーカスし、周波数選択性フェージングの発生メカニズムと信号等化処理を取り上げる。特に、信号等化処理における通信路特性の推定方式として、パイロット・シンボルを利用する手法の考え方および数学的な取り扱いを中心に説明する。

1. 周波数選択性フェージングと受信レベル変動

OFDM信号は数多くのサブキャリア(これ以後、SCと略記)を有するため、伝送時においてマルチパス干渉が発生すると、図1に示すように、受信信号では周波数軸上におけるスペクトル成分の形状がひずんでしまい、全体の周波数帯域の中で一部分のレベルが低下する(時間軸上では、シンボル間干渉として現れる。前回は参照)。この現象は、複数のマルチパス波が重なり合ったことで発生し、周波数の高低によって主にSC波の相互の位相関係が異なる

ために生じるものであり、「周波数選択性フェージング」と呼ばれる。

もう少し分かりやすく、周波数選択性フェージングが発生する原理を単純化して考えてみよう。いま、OFDM信号の三つのSC波の周波数を、

低い周波数 : f_L [Hz]

中央の周波数 : f_M [Hz]

高い周波数 : f_H [Hz]

として、これらの成分は図2のようにまとまって送信される。それぞれの周波数成分は、直接波(希望波)とマルチパス波(遅延波)となって受信側に到達し、「直接波とマルチパス波との到達時間差 τ_d [秒]」の関係により受信レベルに変化が生ずる。図2では、周波数成分 f_L と f_H は位相が少しずれるだけなので受信信号が大きく劣化することはない。これに対して、周波数成分 f_M は直接波とマルチパス波の位相が180度ずれて逆相となり、互いに打ち消し合う関係にあることから受信レベルが非常に小さくなってしまふという劣化現象が発生する。

例えば、マルチパス波を1波とし、OFDM信号のSC波の周波数 f [Hz]における直接波を $\cos(2\pi ft)$ 、マルチパス波の振幅を G ($|G|<1$)、遅延時間を τ_d [秒]とすると、受

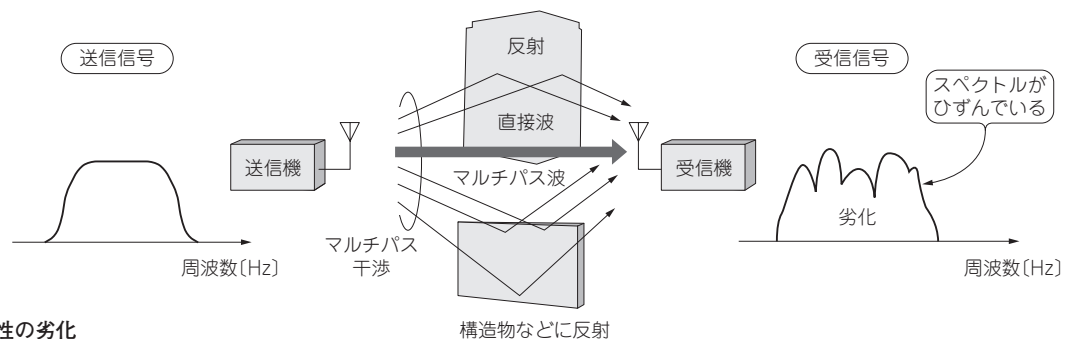


図1
マルチパス干渉による周波数特性の劣化