



高速A-D/FPGA/DSP/DDS搭載基板を動かしながらしくみを学ぶ

# フルデジタル無線 & 変復調 実験室

10 デジタルSSB復調のアルゴリズム

西村 芳一 Yoshikazu Nishimura

## ● 限りある電波資源を有効活用できる「SSB変復調」

2015年5月号で、代表的な線形変調であるAM変調の復調に関して説明しました。

帯域が3 kHzの信号をAM変調すると、共役スペクトルのUSB(Upper Side Band)とLSB(Lower Side Band)の二つの信号が生まれ、変調後の帯域が2倍の6 kHzに広がります。基本的にUSBとLSBは同じ情報の信号ですから、片方だけを送ることができれば、占有帯域幅を一挙に信号帯域幅と同じ3 kHzにできます。混み合った電波状況のなかで効率的に電波資源を利用する意味からも、特に短波帯の通信においてはSSB(Single Side Band)が主流になりました。

## ● I/O処理が必須

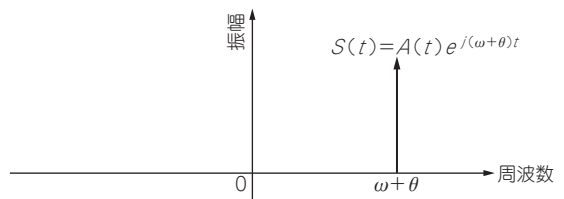
USBもしくはLSBだけの信号は、複素数を使うI/Q解析信号そのものです。すなわち現実には存在しない複素解析信号だけです。もちろん現実のオシロスコープ上のSSBの信号は、解析信号の虚数は表現できませんから、図1のように共役複素ペアになっています。しかし、SSB信号の受信処理でA-Dコンバータでデジタル信号として取り込まれてI/Q(解析信号)になってしまえば、複素数の扱いになります。言い換えれば、I/Qの処理をしなければ信号処理ができないということです。AMは、解析信号であっても常に共役のペアで、虚数部はキャンセルされ、実信号だけで表現できます。I/Qの信号処理の必要性はありません。SSBはAMよりはるかに複雑な復調処理を必要とします。

## アナログSSBの復調

デジタルでのSSB復調の説明に移るまえに、アナログではどのように処理されているかを簡単に説明します。

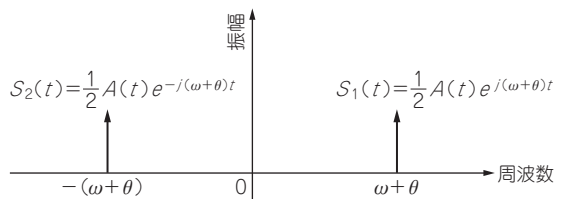
## ● 超狭帯域なバンド・パス・フィルタが必要

図2に示すように、狭帯域(2.4 kHz)のIF(Intermediate



(a) DSP内部での信号処理上のスペクトル(I/Q信号)

↓ D-A変換  
(オシロで見える波形へ)



(b) 現実のSSB変調信号(共役複素数のペアにする)

図1 SSB信号のスペクトラム構成

Frequency; 中間周波数)フィルタに信号を通します。

例えば14.200 MHzの変調信号を受信する場合、SSB変調のときは14.200 MHzはキャリアの周波数ですから、それを中心とするIFフィルタに信号を通すとうまくありません。図2のようなUSB変調の場合、余計なLSBも信号(この場合はノイズ)として通すからです。

そのときは、IF周波数変換のときに、図2のようにUSBの信号帯域BWのちょうど半分のところIFの中心周波数がくるように前段で周波数変換します。そうしてIFフィルタを通すと、LSBの帯域の信号は通らず、USB帯域側の信号だけが取り出されます。

ところがアナログの場合、IF周波数は一般的に9 MHzといった高い周波数が用いられます(455 kHzも使われる)。中心周波数9 MHzに対して2.4 kHzの通過帯域というきわめて急峻なバンド・パス・フィルタが必要で、これはLCフィルタでは到底実現不可能で、クリスタル・フィルタやセラミック・フィルタが用いられ