

# 高周波測定のア to Z (第10回)

## FM 受信機の感度測定

藤田 昇  
Noboru Fujita



今回対象になる周波数範囲を色で示してあります。

通話用無線機としてもっとも多く使われているFM (周波数変調)方式の受信感度の測定方法を紹介します。

### ● 受信感度とは

受信感度は「通信に必要な受信品質を確保できる最小受信入力電力」と定義され、受信機の性能を表す重要なパラメータの一つです。受信品質を基準としているので、基準感度と呼ぶこともあります。受信感度が高い、つまり必要な受信入力電力が小さいということは、微弱な電波でも受信できるということです。

### ● 受信品質のめやす

基準として使う受信品質は、無線通信システムによって異なります。例えば音声通信システムでは、適当な音声出力のときのSN比やSINAD(Signal-To-Noise And Distortion Ratio)で表します。デジタル通信システムでは、BER(Bit Error Rate, ビット誤り率)で表します。具体的な数字は、SN比のときは10 dBあるいは20 dB、SINADのときは12 dBを使っています。BERのときは $10^{-2} \sim 10^{-5}$ 程度が使われています。そのため、アナログ受信機とデジタル受信機では感度測定手順や使う測定器が異なります。

アナログ受信機のなかでも、変調方式や変調信号によって感度測定の評価基準が表10-1のように異なります。

### ● FM方式の特徴

FM方式は、

- 周波数偏移が大きいとき高いSN比が得られる
- 変調が容易

- 電力増幅回路は非直線性でよく高効率
- 振幅性雑音に強い
- 受信機にAGCが不要でリミッタ・アンプ(非直線アンプ)が使える
- 受信レベル変動に強い

など多くの特徴があり、VHF帯(30 M~300 MHz)やUHF帯(300 M~3000 MHz)の移動通信に広く使われています。最近では周波数利用効率が高く、データ伝送にも便利なデジタル通信方式の普及が進んでいますが、当面は併用されていくでしょう。

### ● FM方式の受信機の概要

#### ▶ 検波回路とIF増幅器に特徴がある

代表的なFM受信機のブロック図を図10-1に示します。大きな特徴は、中間周波増幅器のゲインが非常に大きく、受信入力がなくとも受信機内部雑音だけで飽和していることと、検波回路が周波数の変化に対応して電圧を出力する回路(周波数弁別器)。

表10-1 アナログ変調の受信品質の評価方法

方式	変調信号	周波数帯域	偏移	評価基準
AM	音声通話	300~3 kHz	-	SN比
	音声通話(SSB)	300~2.4 kHz	-	SN比
	中波放送	50~4 kHz	-	SN比
	テレビ(画像)	50~4.2 MHz	-	SN比
FM	テレビ(音声)	50~15 kHz	± 25 kHz	SN比
	音声通話	300~3 kHz	± 5 kHz	NQ
	音声通話(狭帯域)	300~3 kHz	± 2.5 kHz	SINAD
	FM放送	50~15 kHz	± 75 kHz	SN比

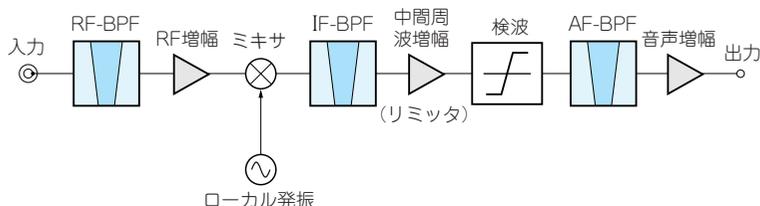


図10-1 一般的なFM受信機の構成

discriminator) になっていることです。

### ▶ 入出力特性

FM 受信機の入出力特性を図 10-2 に示します。入力信号がないときは一定のレベルの雑音を出力し、無変調波を入力したときは、入力が大きくなるにつれ雑音出力が低下していきます。これを雑音抑圧 (Noise Quieting) といいます。

変調波を入力したときは、入力信号がないときの雑音出力と前後するレベルの信号出力が得られ、入力信号の大きさに比例して SN 比が向上します。

無信号時の雑音レベルと信号レベルの差は、最大周波数偏移 (IF の BPF の帯域幅) に対する信号の上限周波数によって決まります。通話用 FM 受信機の上限周波数は 3 kHz になりますが、周波数偏移  $\pm 5$  kHz のときは信号レベルのほうが 1 ~ 2 dB 程度大きくなり、周波数偏移  $\pm 2.5$  kHz のときは 0.5 ~ 1 dB 程度小さくなります。

### ▶ 無変調信号入力時の感度抑圧カーブ

無変調信号入力時の感度抑圧カーブは、図 10-2 に示すように四つの領域に分けられます。

**領域 I** は受信入力がない、または受信機内部雑音より小さい領域で、受信出力は一定レベルの雑音だけになります。

**領域 II** は受信入力を受信機内部雑音より大きくなったときからスレッシュホールド点までを指します。領域 II の受信入力の変化範囲は約 9 dB になります。領域 II では受信入力の増加に対して雑音量は約 1 : 2 の率で急激に低下します。

**領域 III** はスレッシュホールド点から雑音抑圧が飽和する点までを指します。領域 III では受信入力の増加に比例して雑音抑圧量が大きくなります。

**領域 IV** は雑音抑圧量が飽和する点以上を指します。理論式では領域 IV はないのですが、受信機の残留雑音や測定に使う SG (Signal Generator) の残留雑音の影響で飽和点が存在します。音声出力は一定なので、受信入力を大きくしても受信出力の SN 比はこれ以上よくなりません。

### ● SG を選択する際は残留雑音を受信機の残留雑音レベルより十分小さくする

受信機の飽和 SN 比を測定しようとするときは、当然ながら SG の残留雑音を受信機の残留雑音レベルより十分に小さくする必要があります。

通話に使用する FM 受信機の場合、要求される飽和 SN 比は 40 ~ 50 dB 程度なので、ほとんどの市販 SG は要求仕様を満足しますが、なかには残留雑音が多いものがあつたり、測定環境周辺の雑音やグラウンドのつなぎ方の影響で、要求仕様を満足しない場合もあります。

### ● FM 受信機特有のスレッシュホールド

さて、受信入力を十分に大きな値から下げていくときを考えると、周波数弁別器の入力側において搬送波のピーク値より雑音のピーク値が大きくなる点から急激に復調出力の雑音が増加し始めます。この点をスレッシュホールドまたは SN 比改善限界値といい、FM 受信機特有の現象です。ランダム雑音のクレスト・ファクタ (ピーク値と実効値の比) は約 12 dB であり、サイン波のクレスト・ファクタは約 3 dB なので、スレッシュホールド点は受信機内部雑音 (KTBF) より約 9 dB 大きい点になります。

## 通信可否の判定指標 NQ 法による受信感度の測定

アナログ回線の通信品質の評価には SN 比を使うのが一般的ですが、通話用の FM 受信機の場合は雑音抑圧量と SN 比がほぼ同じ値になるので、測定が容易な NQ (Noise Quieting) 法が採用されてきました。

信号に対する雑音の抑圧量の基準値は 20 dB とすることが多く、その場合は 20 dB NQ 法と呼びます。20 dB NQ 法は、SN 比が 20 dB であれば通話するのに必要十分という意味です。

### ● 測定系統

#### ▶ 誤って被測定機を送信動作にすると SG を壊す

NQ 法の測定系統を図 10-3 に示します。SG の出力は同軸ケーブルで被測定機のアンテナ端子に接続します。被測定機がトランシーバのときは誤って送信動作になってしまうと SG を壊してしまうので気をつけてください。できれば SG の出力端に高周波ヒューズを付けておくと万一のときでも SG の破壊を避けられます。

#### ▶ 受信出力はスピーカ端子から取る

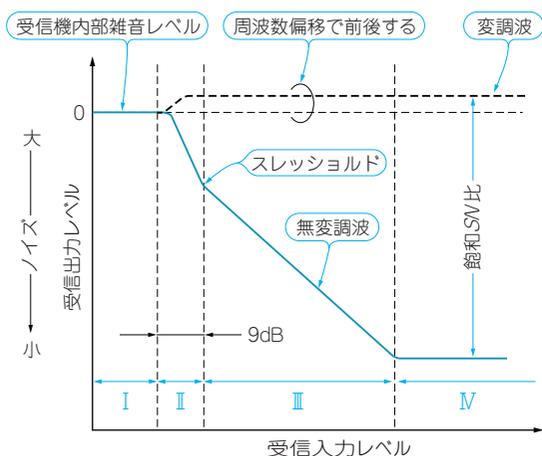


図 10-2 FM 受信機の入出力特性

無変調波を入力したときは、入力が大きくなるにつれ雑音出力が低下していく

