



## 第5章 OFDM信号を増幅する 超低ひずみの5W級パワー・アンプ

# 地上デジタル放送の 中継局用電力増幅器

九鬼 孝夫  
Takao Kuki

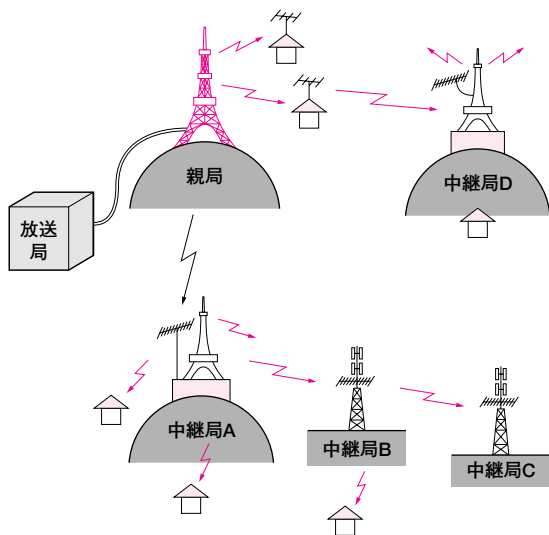
### はじめに

本章では、地上デジタル放送(地デジ)中継局で使われるUHF帯の高周波電力増幅器について解説します。高周波電力増幅器は、地デジに限らず、通信や放送、工業応用など、いろいろな場面で利用されており、ここで改めて解説する必要はないでしょう。しかし、地デジ中継局という特別な用途に限って電力増幅器を考えると、なかなか難しい技術的課題が見えてきます。すなわち、地デジ中継局用電力増幅器のキーワードは「線形性・低ひずみ」です。

以下、地デジ中継局用という観点から線形性の良い(ひずみの少ない)UHF帯電力増幅器について述べていくことにします。

### 放送中継のしくみ

はじめに、皆さんの家庭で受信する地デジの信号が、放送局からどのようにして届けられるのか、放送波



〈図1〉 放送中継のしくみ

(電波)の中継のしくみについて簡単に説明します。

図1に示すとおり、地デジの信号は放送局から親局と呼ばれる送信所へ専用回線で送られ、ここではじめてUHF帯の地デジ放送波に変換されてオンエアとなります。

親局から送信された放送波の一部は、直接各家庭で受信されますが、親局からの距離が遠い地域では、電波の強さが弱くなり安定した放送波の受信は難しくなります。そこで、中継局A(またはD)を設置し、親局からの弱い電波を受信して増幅・再送信することにより、中継局A(D)近くの各家庭で容易に地デジ放送波を受信できるようになります。

同様に、中継局Bは、中継局Aからの信号を増幅・再送信し、さらに、中継局Cは、中継局Bからの信号を増幅・再送信していきます。

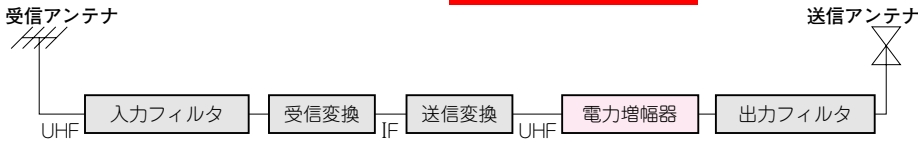
このように受信と増幅・再送信を繰り返して中継することにより、全国の家庭へあまねく地デジ放送波を届けることができるようになっていきます。またこのような中継方法を放送波を利用して中継することから、「放送波中継」と呼んでいます。

### 中継局送信機の構成

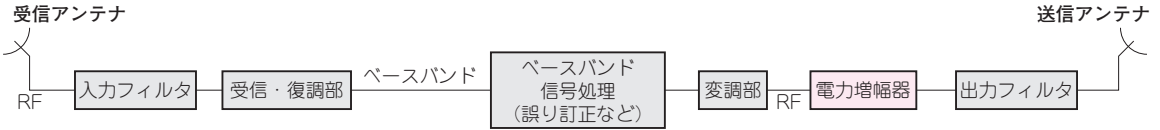
中継局の基本的な機能は、地デジ放送波を増幅して再送信することです。図2には、中継局送信機の基本的な構成を示します。親局や上位中継局からの放送波は受信アンテナで受信され、受信変換でUHF(受信チャンネル)からIF(37.15MHz)へ周波数変換されるとともに、AGC(自動利得調整器)により適正な信号レベルに調整されます。つぎに、送信変換で所望の送信チャンネルへ周波数変換され、最後に電力増幅器で所定の信号レベルに増幅されて送信されます。

ところで、一般的な無線通信の中継方式には、地デジのような放送波中継方式のほかに、「再生中継」と呼ばれる方式があります。これは図3のように受信信号をいったん復調してベースバンドに戻し、誤り訂正などの信号処理を行った後、再度変調して再送信する方式です。誤り訂正などのベースバンド信号処理を行

# 見本



〈図2〉中継局送信機の基本構成(放送波中継方式)



〈図3〉中継局送信機の基本構成(再生中継方式)

うことにより伝送路の信号劣化を補正できるので、多段中継での信号劣化の累積を小さくできるメリットがあります。

地デジ中継局に話を戻すと、図2の構成は、図3のそれに比べて非常に簡易です。これが放送波中継方式のメリットです。しかし、再生中継のような信号処理がほとんどないぶん、伝送路での雑音やひずみが放送波に累積されやすいというデメリットもあり、多段中継の場合には、中継局の伝送特性を非常に良好にする必要があります。したがって、中継局用電力増幅器にも、とくに厳しい伝送特性が求められます。

## 地デジ中継局用電力増幅器に求められる性能

### ■ OFDM 信号の増幅に低ひずみが求められる理由

日本の地上デジタル・テレビ放送 (ISDB-T) は、信号の変調方式として OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) を採用しています。ここではその詳細は述べませんが、OFDM はいわゆるマルチ・キャリア伝送方式であり、一つのチャンネルの信号は、周波数の異なる多数の搬送波 (最大で 5617 本) によって構成されています。

これら多数の搬送波は、搬送波の位相が同相で加算されたり逆相で加算されたりするため、信号全体の振幅の時間的変化が非常に大きく、その瞬時電力は平均電力の 10 倍を越えることもあり、電力増幅器の増幅特性 (振幅および位相の入出力特性) の線形性が問題となります。すなわち、電力増幅器の増幅特性の線形性が悪いと、増幅される信号にひずみが生じ、とくに多数の搬送波がある場合には相互変調 (IM) Inter Modulation Distortion ひずみが発生します。これは入力信号のなかにある複数の周波数成分の整数倍の周波数の和および差の周波数成分が現れる非線形ひずみです。

この IM の周波数成分が伝送信号のチャンネルと同じ周波数であれば、伝送信号自身への妨害となり、当該

チャンネル外の周波数で発生すれば、隣接チャンネルなどへ妨害を与えます。

したがって、地デジ中継局用電力増幅器には、従来のアナログ放送以上に、非常に良好な線形性が求められます。

### ■ オレンジ・ブックに規定されたスプリアス特性

地デジ中継局送信機に要求される電気特性は、NHK と民放から構成された「全国デジタル送信設備検討会」による「デジタル・テレビ中継局送信機標準仕様書」(オレンジ・ブック)<sup>(1)</sup> によって規定されています。送信機の仕様のうち、とくに電力増幅器に影響の大きな項目はスプリアス特性で、電波法および関連規則に規定された不要発射強度の許容値に基づいて決められています。

#### ● スペクトル・マスク

図4に、地デジ送信機に要求されるスプリアス特性を示します。これは「スペクトル・マスク」と呼ばれ、送信機出力の不要輻射は、このマスクで規定されているレベルより小さな値に抑えなければなりません。

スペクトル・マスクは、おもに送信機の出力電力 (平均空中線電力) によって3とおりの制限があります。例えば 5 W の送信機の帯域外の不要発射強度は、平均電力から 50 dB も減衰させなければなりません。このような不要発射の原因は、前述のとおり、おもに電力増幅器の IM によるものなので、スプリアス特性を満足するためには、電力増幅器の線形性が要求されます。

#### ● 多段中継時の問題

これに加え、中継局送信機の信号劣化は、多段の放送波中継では後段の中継局から送信される放送波へも影響し、累積します。この信号劣化は、おもに送信機の直線性の悪さによる IM が原因です。IM は前述の帯域外だけでなくチャンネル帯域内へも発生し、これが等価的な雑音となって信号を劣化させます。送信機での IM の発生は、もっぱら電力増幅器の特性によるも