

## 第2章 設計法, 基本的な構造と動作, 冷却法による放射抵抗の測定, 試作アンテナの測定など

# メアンダライン・アンテナの製作と測定

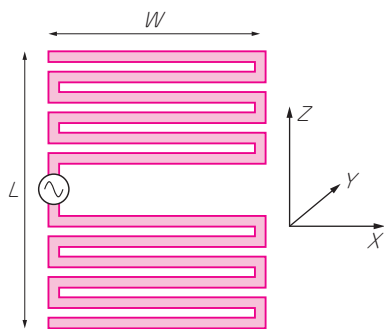
山田 吉英  
Yoshihide Yamada

### 2.1 設計法と基本的な特性(1)

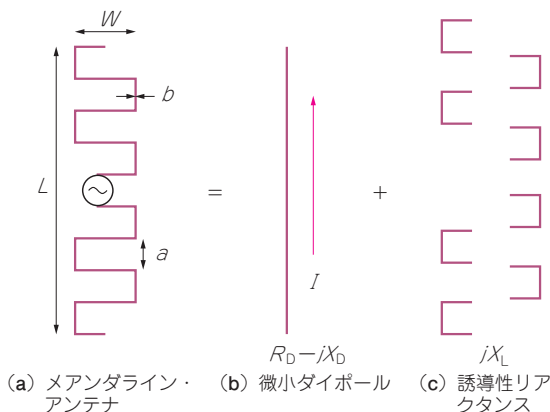
#### ■ 構造と基本的な動作

メアンダライン・アンテナは図2.1に示すように導線を折り曲げてクランク状にした構造です。アンテナの構造パラメータは、アンテナ長( $L$ )、アンテナ幅( $W$ )、折り曲げの段数( $N = 2n$ )、折り曲げ部の間隔( $a$ )、導線径( $b$ )です。

図2.2に電氣的等価構造を示します。直線的な電流の部分と、屈曲した電流の部分に分けることができま



〈図2.1〉メアンダライン・アンテナの構造



〈図2.2〉メアンダライン・アンテナの電氣的等価構造

す。図2.2の例では $n = 4$ となっています。直線部は微小ダイポールになり、放射抵抗( $R_D$ )と容量性リアクタンス( $X_D$ )を持っています。屈曲部の横方向電流は打ち消しあって放射に寄与しません。この部分は誘導性リアクタンス( $X_L$ )をもっています。 $X_D$ と $X_L$ が相殺できれば、アンテナの蓄積電力を零にでき、電波放射に適した状態が得られます。

$X_D = X_L$ の状態を自己共振といい、次の式で構造条件が与えられます。

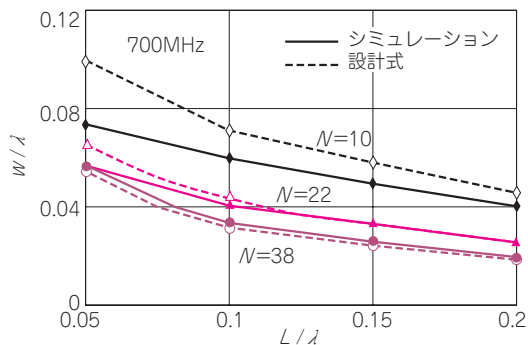
$$Wn \log \frac{L}{nb} \doteq \frac{\lambda}{4.29} \left( \log \frac{2\lambda}{b} - 1 \right) \dots \dots \dots (2.1)$$

この式の有効性を確認するため、電磁界シミュレーションにより求めた自己共振構造と比較したものを図2.3に示します。周波数は700 MHzとしています。 $N$ が大きい場合には、式(2.1)の結果はシミュレーション結果によく一致します。 $N$ が小さい場合には、式(2.1)の構造は $W$ がやや大きくなります。実際にアンテナを製作する際には、構造寸法の微調整が必要になるため、この程度の精度で構造が与えられれば実用に利用できるものと考えられます。

#### ■ 構造パラメータと自己共振周波数

図2.3からメアンダラインの段数( $N$ )を与えると、アンテナの長さ( $L$ )とアンテナ幅( $W$ )の組み合わせが決まることがわかりました。

まず、アンテナを小形化するために $L$ を小さくする



〈図2.3〉700 MHzで自己共振するアンテナ構造パラメータ

と、微小ダイポール・アンテナの容量性リアクタンスが大きくなります。これに応じて、相殺するための誘導性リアクタンスを大きくするため、 $W$ を大きくすることになります。図2.3で自己共振曲線が左上がりとなっている理由です。

また、メアングラインの段数( $N$ )を大きくすると、段数分だけ誘導性リアクタンスを大きくできることになり、小さなアンテナ幅( $W$ )で自己共振が取れるようになります。図2.3において、 $N$ を大きくすると自己共振曲線が下方に移動することの理由です。

次に、自己共振状態のメアングライン・アンテナの概略形状を図2.4に示します。概略形状に付記している $L_a$ は導線の全長を表しています。 $N$ が10程度に小さい場合には、導線長 $L_a$ は0.8波長程度になっています。このときは導線間隔がかなり広がるため、導線幅 $d$ を大きくして導体抵抗を小さくでき、アンテナ効率を高く設計できます。

$N$ が38程度と大きくなると、導線間隔が狭くなるため、導線幅 $d$ も狭くなります。また、導線長 $L_a$ も1.27波長から1.67波長と長くなります。導線幅が狭く

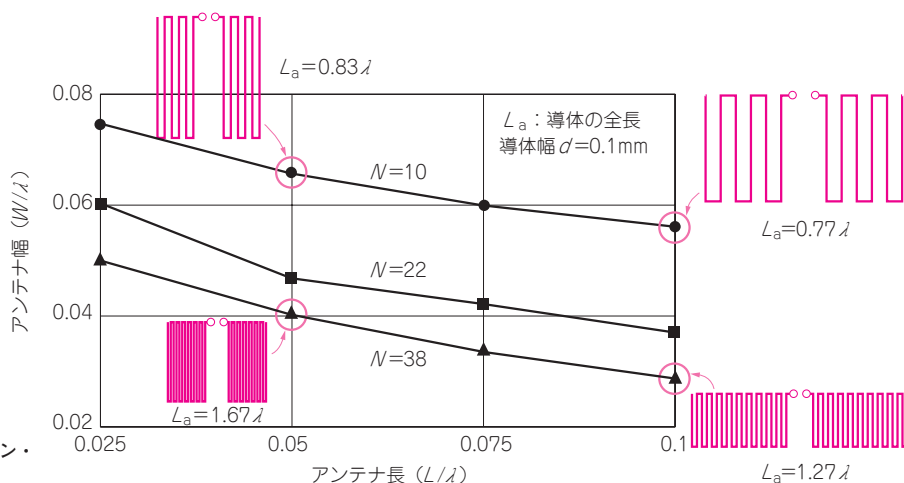
なることと導線長が長くなることにより、導体抵抗が大きくなり、アンテナ効率は低下します。次の第2.2節には、 $N=38$ とした0.05波長アンテナの製作事例を示しています。

## ■ アンテナの入力抵抗, 導体抵抗, 放射抵抗

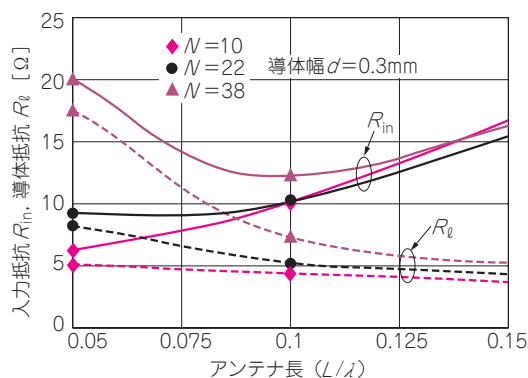
さまざまな自己共振構造において、アンテナの入力抵抗( $R_{in}$ )と導体抵抗( $R_\ell$ )を電磁界シミュレーションで求めた結果を図2.5に示します。

導体の線幅を $d=0.3\text{ mm}$ としています。まず導体抵抗の値ですが、 $N$ が大きくなるほど、またアンテナ長( $L$ )が小さくなるほど $R_\ell$ が大きくなるのがわかります。これは図2.4に見られた導線長の長くなるようすと一致する傾向です。

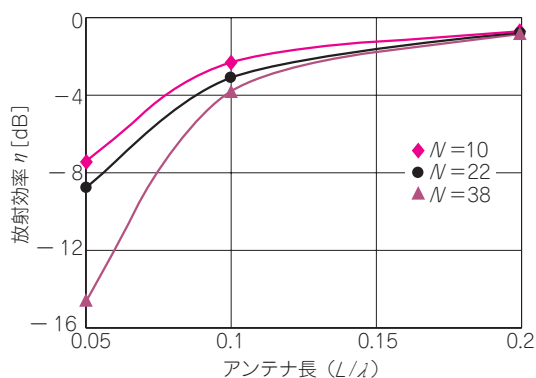
次は、アンテナの入力抵抗の値について調べます。 $R_{in} = R_r + R_\ell$ の関係から $R_\ell$ より大きな値となっています。放射抵抗( $R_r$ )については、 $R_r = R_{in} - R_\ell$ の関係から求められます。アンテナ長が大きい範囲では、 $R_{in}$ と $R_\ell$ の差がかなりありますが、アンテナ長が0.05波長ぐらいに小さくなると $R_{in}$ と $R_\ell$ の差がほとんど無



〈図2.4〉自己共振状態のメアングライン・アンテナの概略形状



〈図2.5〉自己共振構造のメアングライン・アンテナのアンテナ長と入力抵抗および導体抵抗



〈図2.6〉メアングライン・アンテナの放射効率