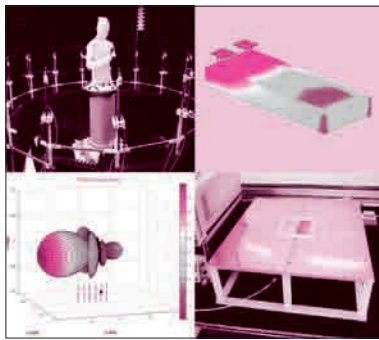


## 特集



## 第2章 ダイポール、モノポール、ループ、八木・宇田アンテナなど

## 線状アンテナの基礎

小川 晃一  
Koichi Ogawa

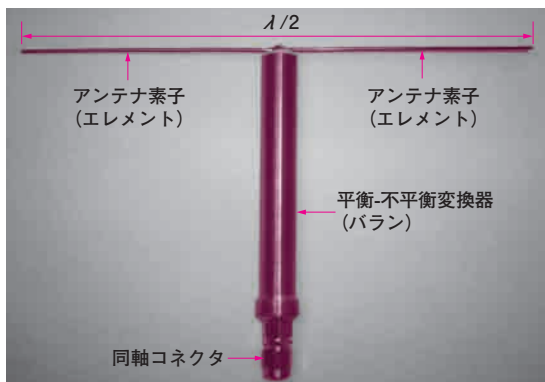
線状アンテナは構造が簡単で、優れた特性が得られるので、移動体通信などさまざまな分野で応用されています。ここでは実用上特に重要と思われるいくつかのアンテナについて説明します。

## 2.1 ダイポール・アンテナ

ダイポール・アンテナは最も基本的なアンテナの一つです。アンテナ単体で使われるほか、第2.4節で述べる八木・宇田アンテナの放射素子として使われるなど応用範囲が広いものです。写真2.1に900 MHz帯の半波長ダイポール・アンテナを示します。ダイポール・アンテナは平衡アンテナなので、不平衡線路である同軸線路とは平衡-不平衡変換器(バラン)を介して接続しています。

## ■ 放射特性

第1章でもダイポール・アンテナを取り上げましたが、その長さは半波長に限定されていました。ここでは任意の長さのダイポール・アンテナについて、その特性を調べます。まず放射特性を求めてみましょう。ダイポール・アンテナの電流分布は、近似的に正弦波分布であると仮定することによって、実用上十分な精度で特性を計算できます。



〈写真2.1〉半波長ダイポール・アンテナの例(900 MHz帯)

図2.1に示すように $z$ 軸に沿って全長 $2\ell$ のダイポール・アンテナが置かれています。電流分布は以下のよう書けます。

$$I(z) = I_0 \text{sinc}(\ell - |z|), \text{ただし } |z| \leq \ell \dots\dots (2.1)$$

アンテナ軸上の $z$ 点に微小な長さ $dz$ を考えれば、 $dz$ 内では電流分布は一定と見なせます。したがって、この部分からの放射は、微小ダイポールからの放射とみなすことができ、式(1.14)によって求めることができます。アンテナから十分離れた観測点に作る電界 $dE_\theta$ は、式(1.14)に $\lambda = 2\pi/k$ ( $k$ は波数)および $\eta_0 = 120\pi$ を代入し、さらに図2.1の経路長 $z\cos\theta$ に対する位相差を考慮して、次式から計算されます。

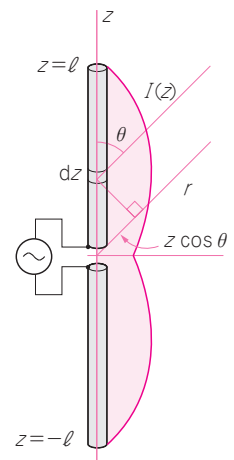
$$dE_\theta = j30kI(z) \frac{e^{-jk(r-z\cos\theta)}}{r} \sin\theta dz \dots\dots (2.2)$$

アンテナ全体からの放射界 $E_\theta$ は $-\ell$ から $\ell$ までの電流の寄与の足し合わせになりますから、

$$E_\theta = j30k \frac{e^{-jkr}}{r} \int_{-\ell}^{\ell} I(z) e^{-jkz\cos\theta} dz \dots\dots (2.3)$$

となります。式(2.1)を被積分項に代入して積分すれば、

$$E_\theta = j60I_0 \frac{e^{-jkr}}{r} \frac{\cos(k\ell\cos\theta) - \cos k\ell}{\sin\theta} \dots\dots (2.4)$$



〈図2.1〉ダイポール・アンテナの電流分布

となります。半波長ダイポール・アンテナの場合は  $\ell = \lambda/4$  とすれば次式になります。

$$E_{\theta} = j60I_0 \frac{e^{-jkr}}{r} \frac{\cos\left(\frac{\pi}{2} \cos\theta\right)}{\sin\theta} \dots\dots\dots (2.5)$$

上式で遅延ポテンシャル  $e^{-jkr}/r$  を省くと式(1.20)の指向性関数になります。これからアンテナの軸と直交する  $\theta = 90^\circ$  方向の電界強度は次式から求めることができます。これは第1.6節の実効長の式(1.31)と一致しています。

$$|E_{\theta}|_{\theta=90^\circ} = \frac{60I_0}{r} \dots\dots\dots (2.6)$$

図2.2にアンテナの長さを1波長から2波長まで変化させたときの指向性の変化を示します。図にはアンテナ上の電流分布とその方向もともに示しました。アンテナ長が1波長を越えると、アンテナ上の電流の向きが反転するので、水平方向の放射が打ち消しあい、徐々に指向性が縮み、アンテナ長が2波長のときに完全にゼロになっています。その代わりに、水平面以外の高仰角または低仰角方向への放射が強くなることわかります。なお、図2.2の結果は第2.2節で説明するモノポール・アンテナの指向性を考察する場合にも有用です。

■ 放射抵抗

次に放射抵抗を求めます。放射抵抗はアンテナの入力インピーダンスの実部です。電磁気学で学んだようにアンテナの入力インピーダンスの実部はアンテナからの放射電力を表し、虚部はアンテナ周辺の蓄積電力を表しています。したがって、放射抵抗は放射界から求めることができ、次式で定義されます。

$$R_r = \frac{2P_r}{I_0^2} \dots\dots\dots (2.7)$$

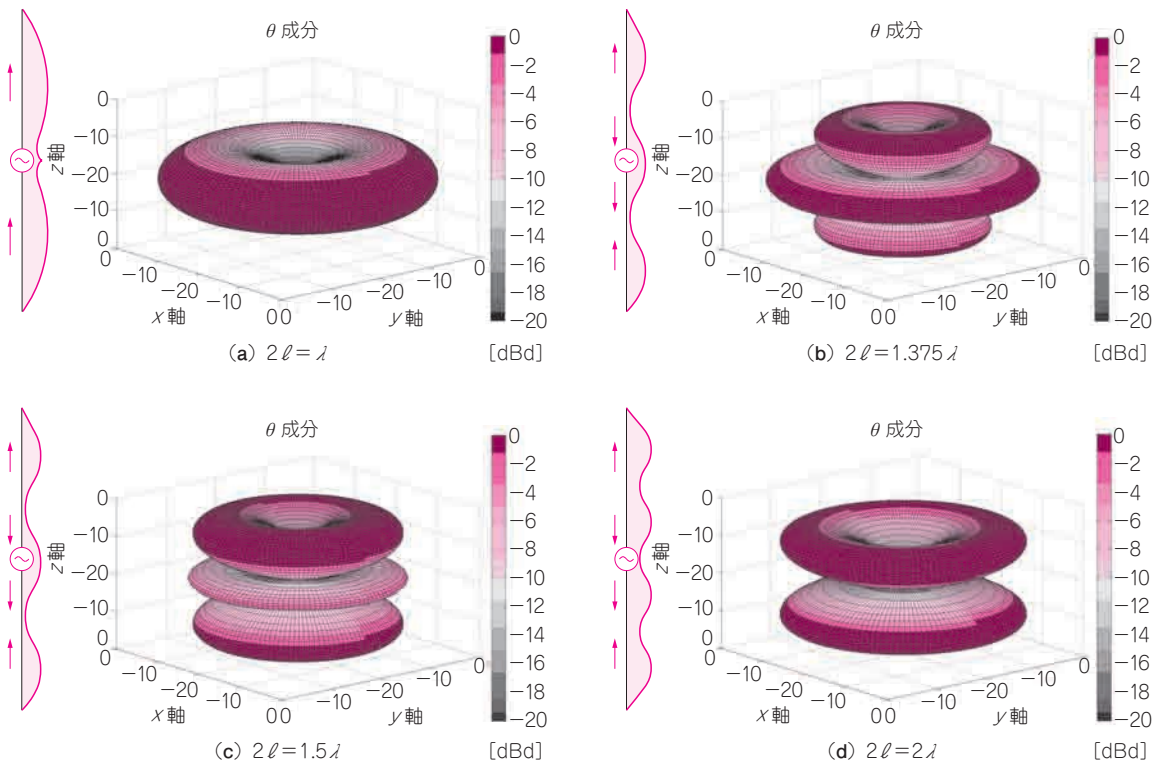
ここで  $I_0$  は給電点電流、 $P_r$  は放射電力です。半波長ダイポール・アンテナの場合、放射電力は次式から計算でき、

$$P_r = \frac{1}{2} \frac{1}{\eta_0} \int_0^{2\pi} \int_0^{\pi} |E_{\theta}|^2 r^2 \sin\theta d\theta d\phi \dots\dots\dots (2.8)$$

となります。なお、上式は  $r^2$  を被積分関数に含めると式(1.22)の指向性関数から放射電力を求める式と同じになります。したがって以下のように計算されます。

$$R_r = 60 \int_0^{\pi} \frac{\cos^2\left(\frac{\pi}{2} \cos\theta\right)}{\sin\theta} d\theta \approx 73.13 \Omega \dots\dots (2.9)$$

入力インピーダンスの虚部、つまりリアクタンス成分は、起電力法やモーメント法などの数値的計算方法によって求めます。ここではモーメント法によってア



〈図2.2〉ダイポール・アンテナの長さを1波長から2波長まで変えたときの指向性の変化