

特集



第2章 三つの動作原理, 構造, 電流分布, 設計式と設計例

対数周期アンテナの動作原理と構造

川上 春夫
Haruo Kawakami

2.1 三つの動作原理

このアンテナの基本的原理は、だいたい次の三つに分類して考えることができます⁽¹⁾。

第1の原理は虫明康人教授⁽²⁾が発表した「自己補対の原理」です。例えば第1章の図1.5に示したように無限導体板の半分で構成されたアンテナの給電点aとbからみたインピーダンスは、それを構成する曲線がいかなる形状であっても、周波数に無関係です。

第2の原理はラムゼイ教授⁽³⁾が発表しているように、アンテナの指向性特性およびインピーダンスが、すべての周波数変化に対して、ほぼ無関係であることです。

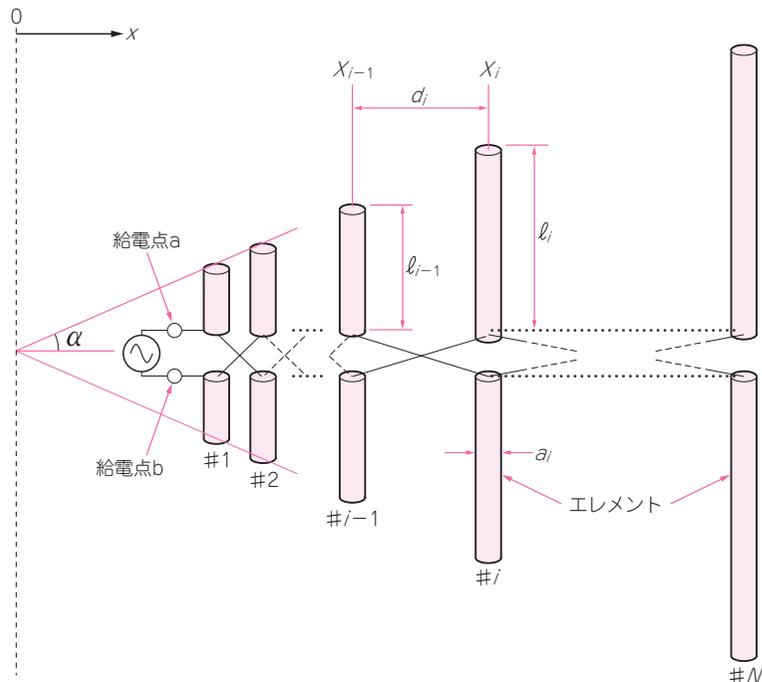
第3の原理はアンテナの放射素子の形状に関するものです。素子形状が前述のように無限平面板では実用上は都合が悪いので、デュハメル教授はこれを有限板

によって近似する手段として、放射素子に対数的な曲線で置き換えました。これらが、対数周期アンテナの基本的な動作原理です。

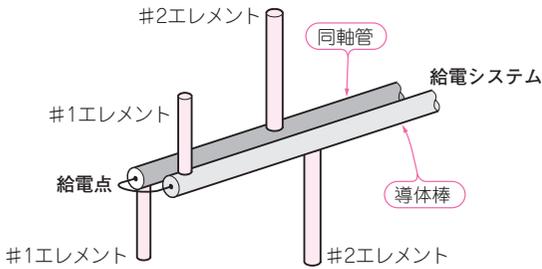
2.2 LPDAの構造(4)~(10)

アンテナが完全導体で、アンテナを囲む媒質が自由空間である場合には、アンテナの大きさを $1/n$ として、もとの周波数の n 倍の周波数を給電すれば、アンテナの諸特性は完全に同じになります。この考え方を応用したのが対数周期アンテナで、諸特性が周波数の対数に比例して周期的に繰り返すような構造を持つアンテナです。ただし、単に周期的な構造にただけでは広帯域にはならず、必ず自己補対でなければなりません⁽⁴⁾⁽⁵⁾。

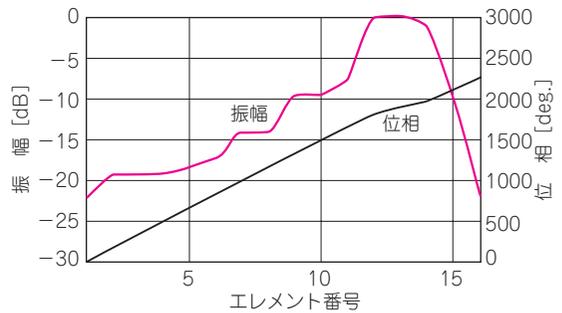
対数周期ダイポール・アンテナ(LPDA: Log-Periodic Dipole Array)は、図2.1に示すようにダイポール素子が対数周期的に配列されて、給電線には位



〈図2.1〉LPDAの構造



〈図2.2〉LPDAのエレメントと給電方法



〈図2.3〉LPDAの各エレメントに流れる電流

相反転が加えられています。給電方法は、実際には交叉して行くこともあります。一般には図のように平行給電線上に交互に素子を接続していく方法が一般的です。

このような給電方法では、同軸線路からダイポール列へ給電する際に必要なバランが不要です。すなわち、図2.1の給電系がバランの役目を兼ねていると考えることができます。図において給電点から n 番目の素子の長さを n 番目の素子間隔とした場合、構造定数として式(2.1)、式(2.2)の τ と σ を、

$$\tau = \frac{\ell_n}{\ell_{n+1}} = \frac{x_n}{x_{n+1}} \dots (2.1)$$

$$\sigma = \frac{b_n}{b_{n+1}} = \frac{x_{n+1} - x_n}{2\ell_n} \dots (2.2)$$

と定義すれば τ と σ を適当に設定することによって、単向性の広帯域対数構造となります。 τ を対数周期比または寸法係数と呼び、 σ を間隔係数と呼びます。

図2.1の α を「開き角」と呼びます。図の垂直部分がアンテナ・エレメント、それ以外は給電線です。すなわち、給電線により各ダイポール列に位相反転して給電されています。この位相反転のために、実際には給電線にひねりを加える場合がありますが、通常は図2.2に示すように、平行給電線上にダイポールを交互に接続する方法が使用されています。

平行給電線の片方に同軸構造の導体を使用し、もう一方(図の右側)には導体棒または導体管を使用します。同軸構造の外側導体に直接エレメントを接続し、中心導体を導体棒と接続することにより、給電系で平衡-不平衡変換器が構成されるため、バランが不要です。

2.3 LPDAの電流分布

LPDAの放射機構を詳細に解析したR.カレル⁽⁶⁾の方法により、LPDAの各エレメント上の電流分布を解析しました。

図2.3は200～1000 MHz帯域用の多素子LPDAの各エレメントの端子電流です。

長さが給電波長の1/2付近(エレメント番号12～14)のエレメント端子電流が、ほかのエレメントと比

較して極めて大きいことがわかります。これは300 MHz付近で同調しているためです。なお、周波数が300 MHzから高くなるにつれ、端子電流が最大となるエレメントは給電点に近い方へと移動して行くことが解析により明らかになっています。また給電点(図中のエレメント#1)に向かって電流位相が遅れていくことから、LPDAはバック・ファイヤであることがわかります。

LPDAは構造が簡単であり、放射界の前後比が大きくとれ、広帯域アンテナとしてよく知られており、HF～UHF帯で広く使用されています。

2.4 LPDAの設計式(7)～(11)

対数周期アンテナは、導線やメタル・シート(金属板)を一定比の寸法で同じ形が繰り返されるように構成した構造のアンテナで、その電気的特性が周波数の対数に応じて周期的に変わります。この種のアンテナは1周期の間は電気的性質、例えば入力インピーダンスがわずかに変わりますが、その変化量が少なく、これを無視すれば毎周期ごとに同じ値が繰り返されますから、その意味では周波数に無関係な定インピーダンス・アンテナということができます。

2.4.1 構造と寸法

図2.4はその代表的な構造で、わかりやすくするために1平面内に広げて描いたものです。原点0に対して α なる角を張る二つの母線間に導線を台形に折り曲げ、一定比で拡大された同じ図形を周期的に繰り返します。原点から第1辺 L_1 に達する垂直距離を R_1 として、1周期おいた辺 L_2 に対するものを R_2 とします。さらに $R_2 = R_1 \tau$ 、 $R_3 = R_2 \tau$ 、…とし、 n 番目については $R_{n+1} = R_n \tau$ を選びます。したがって τ (対数周期比)は次式で与えられます。

$$\tau = \frac{R_{n+1}}{R_n} \dots (2.3)$$

頂角 α は次の式で与えられます。