

第1部 基礎編



第1章 対数周期構造は広帯域性をもたず、自己補対構造が広帯域性をもたらす

対数周期アンテナの略史

川上 春夫
Haruo Kawakami

1.1 対数周期アンテナの誕生

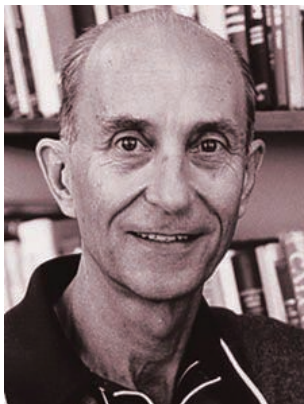
1.1.1 「自己補対の原理」が原点

対数周期Logarithmically Periodic（以下LPと略す）アンテナは、1950年代に米国の大学および研究機関において理論的研究が成され、後に商品化され盛んに開発されて来たアンテナです。その端緒となったのは、東北大学の虫明康人教授による「自己補対の原理」の発表です。

対数周期アンテナの原理と歴史について以下に述べます。このLPアンテナの開発の初期には、1948年東北大学の虫明教授⁽¹⁾⁽²⁾および1957年米国のイリノイ大学のV. H. ラムゼイ教授⁽³⁾（写真1.1）らにより理論的研究が行われ、対数周期（Logarithmically Periodic）アンテナは1957年に当時イリノイ大学にいたR. H. デュハメル教授とD. E. イズベル教授⁽⁴⁾によって自己補対的に構成することによって、電流分布、インピーダンス、指向性、利得が非常に広帯域となることが提唱されたものです。このときの原理はともかくとして、形態はあまり実用的とはいえなかったものです。

1.1.2 当時の米国における状況

もう少し詳しく、自己補対の原理の創案/発見のイ



〈写真1.1〉
V. H. ラムゼイ
(1919～2015年)

ンパクトについて、当時の米国における状況を具体的に述べます。

1953年になって、虫明教授は当時オハイオ州立大学のアンテナ研究所長だったラムゼイ教授に「自己補対の原理」の論文を紹介したところ、同教授は非常に興味を持ち、翌1954年に虫明教授は同研究所に研究員として招聘しょうへいされました。しかしそのときには、すでに同教授はイリノイ大学に転任されており、その研究は中止したままでありました。

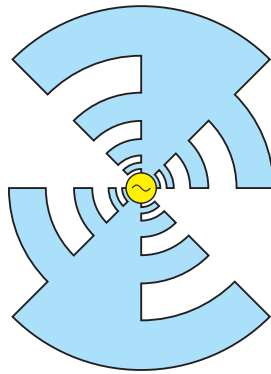
その後、虫明教授が1956年に再びラムゼイ教授を訪ねてイリノイ大学に行った際に案内役を務めたデュハメル教授は、後にCollins Radio CompanyのResearch Divisionに移り、実用上非常に優れた超広帯域アンテナの設計に成功していました。それが、いわゆる「対数周期アンテナ」です。オハイオ大学からイリノイ大学に移ったラムゼイ教授を中心に、自己補対の原理に基づく超広帯域アンテナの研究が盛んに行われていることを1957年のIRE大会において発表しました。ラムゼイ教授は、目標として“Frequency Independent Antenna”の一般的考察を行い、それを実現する手段として虫明教授の論文を紹介し、2～3の提案を行いながら研究を進めていました⁽³⁾。

翌1958年Collins Radio社に移ったデュハメル氏とF. R. オア氏OreおよびD. G. ベリー氏Berryによって、現在のLPアンテナの形態に整ったものが実用化されました⁽⁵⁾⁽⁶⁾。

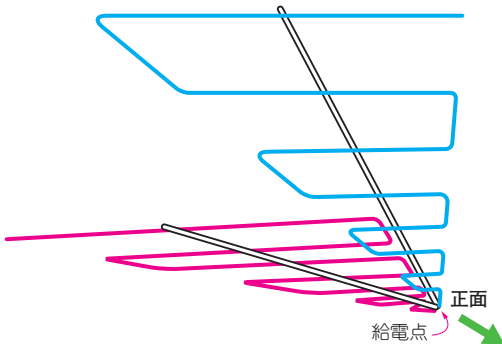
また、1960年にはBoeing社に移ったイズベル氏が、現在最も広く使用されているダイポール・アレーによるLPDA (Logarithmically Periodic Dipole Array) を発表しました⁽⁷⁾。

1.2 対数周期アンテナという言葉

この言葉は、電子情報通信学会編、電子情報通信用語辞典に「相隣れるアンテナ素子の長さの比、および間隔の比が一定である縦形アンテナ列において、使用周波数帯域内ではほぼ一定の周波数特性をもつ広帯域アンテナ」⁽¹⁰⁾と書かれています。



〈図1.1〉⁽²⁾
対数周期(比例間隔)
自己補対アンテナの
原形



〈図1.2〉⁽²⁾ 線状近似対数周期変形自己補対アンテナ(放射を単方向にするため、平面状自己補対アンテナを折り曲げた形に変形し、線状構造にしたもの)

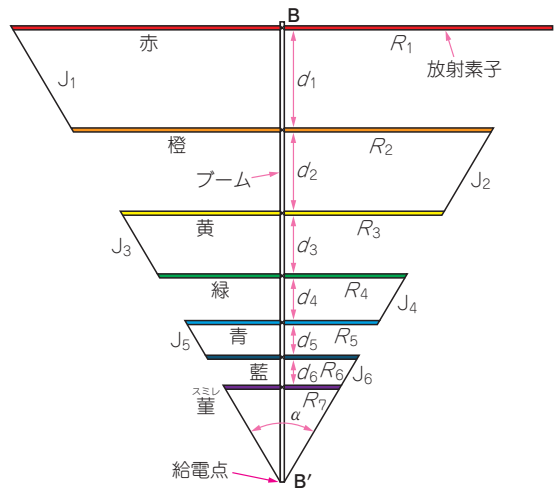
1.2.1 対数周期構造は広帯域性をもたない

ここで注意すべきことは「対数周期」という語の意味です。対数周期構造とは元来、読んで字のごとく、その特性が対数周期的に変化するような構造であって、当然のことながら、広帯域性をもっていません。これはまた特定比自己相似構造でもあって、広帯域性はありません。

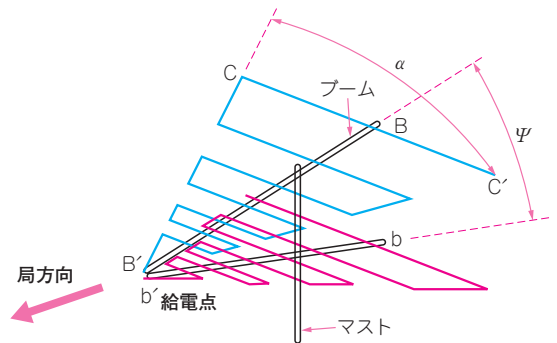
それにもかかわらず「対数周期アンテナ」が超広帯域性を持っているのは、その開発の原点で、図1.1に示されているような比例間隔自己補対構造が発点となっているからです。Collins Radio社でデュハメル氏が行った多くの開発研究では、放射が双方向でしたが、図1.1の構造を折り曲げて単方向性にするなど、商品化のための近似とか変形などが、図1.2のように巧みに行われています。

1.2.2 日本に輸入された対数周期アンテナ

Collins Radio社で開発されたこの「対数周期アンテナ」は日本に輸入され、FM放送帯からVHF帯TV放送までの受信用超広帯域アンテナとして、電気興業株によって製造販売されました。その商品名は「 নিজ・アンテナ」であり、アンテナ素子が7色に塗装されていました。一例として、図1.3と図1.4に示すような



〈図1.3〉⁽¹¹⁾ TV/FM放送受信用アンテナ「 নিজアンテナ」
7L-2-3型の色分けされたエレメント [電気興業株]



〈図1.4〉⁽¹¹⁾ 「 নিজアンテナ」7L-2-3型の構造 [電気興業株]

7素子の7L-2-3型⁽¹¹⁾として1959年に発売されました。なお、給電点に近いエレメントは文献(11)のとおりスミレと記してありますが、一般的には紫でしょう。

1.3 定インピーダンス・アンテナ

入力インピーダンスが周波数に無関係なアンテナを「定インピーダンス・アンテナ」といいます⁽⁸⁾。

1.3.1 自己補対アンテナ

図1.5のように無限に広い平面導体板の半分で構成されたアンテナで、板の部分と穴の部分がかたごとく同一の形となっているようなアンテナ、すなわち自分自身に補対なアンテナを「自己補対アンテナ」といいます。

このアンテナの入力インピーダンス Z_i は式(1.1)のように表せます。

$$Z_i = \frac{Z_0}{2} \approx 60\pi \approx 189\Omega \quad \dots\dots\dots (1.1)$$

ただし、 Z_0 : 媒質の固有インピーダンス [Ω]
入力インピーダンスが、周波数はもちろんのこと、