

39 自己補対構造を用いた小形モノポールアンテナ系の特性

竹澤幸男 藤本京平 山田寛喜 山口芳雄
新潟大学 工学部

1. まえがき

小形アンテナの需要が高まっているが、アンテナ系は小形化に伴い本質的に帯域が狭くなる^[1]。一方、アンテナを広帯域化するために自己補対構造を用いて定インピーダンス化を行うことが考えられる。一般に、自己補対(Self-complementary)アンテナは無限に広い平面導体板を用いて構成され、これに関しては多くの研究成果が報告されている^{[2][3][4]}。しかし、有限な導体板を用いた自己補対アンテナ(アンテナ系の寸法が波長以下)については扱われていない。そこで、波長に比べ小さい導体板を用いて構成した自己補対構造のアンテナ系の給電端インピーダンスの周波数特性について実験解析を行った。以下これについて報告する。

2. 自己補対アンテナ

線対称な自己補対アンテナの構造の一例を図1に示す。

無限導体板上のアンテナのインピーダンスを Z_1 、それと補対なアンテナのインピーダンスを Z_2 とするとバビネ(Babinet)の原理より次式が成り立つ。

$$Z_1 \cdot Z_2 = \frac{Z_0^2}{4} = (60\pi)^2 \quad (1)$$

ただし、 Z_0 は自由空間の特性インピーダンス($\approx 120\pi[\Omega]$)。

ここで、 Z_1 、 Z_2 は等しいので、自己補対アンテナのインピーダンスは式(1)より次のようになる。

$$Z = \frac{Z_0^2}{2} = 60\pi \quad (2)$$

(2) 式を虫明の関係式(Mushiake's relation)と呼び、自己補対アンテナはアンテナの形状、周波数に無関係に定インピーダンス特性を示す^{[3][5]}。

自己補対アンテナは、ある程度有限な構造においても、図1に示される端子ab間に電源、端子cd間に $Z_0/2$ のインピーダンスを負荷することにより給電点でみたインピーダンスも $Z_0/2$ となり、定インピーダンス特性を得ることができる^[6] ($w \ll \lambda$)。

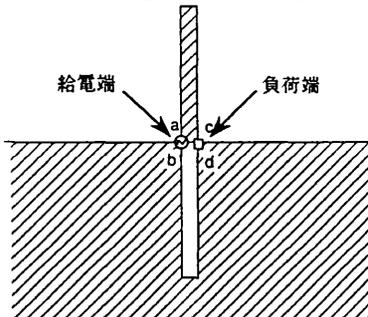


図1.線対称自己補対アンテナ

3. アンテナの構成および実験解析

まず、十分大きい導体板上の4分の1波長モノポールアンテナの入力インピーダンスを測定し、基準と考えることとした。次に、有限導体板を箱

型とし、自己補対構造としたモノポールアンテナ系についてインピーダンス特性を調べ、次で有限導体板に直方導体を取り付け自己補対構造モノポールアンテナ系の特性について同様な測定を行った。

3-1 モノポールアンテナ

128mm×128mmのグラウンド板を用い、その中心に線状モノポールアンテナ(長さ $l = 75\text{mm}$ 、直径 $\phi = 2\text{mm}$)を置いて給電端インピーダンスの測定を行った(図2. 構成図参照)。

3-2 有限導体板を箱型に変えた場合

有限導体を箱型とし、モノポールアンテナ素子、スロット部それぞれ幅 $w = 4\text{mm}$ 、長さ $l_u = l_n = 78\text{mm}$ 、また、筐体の寸法を

A: $L_x = 28\text{mm}, L_y = 50\text{mm}, L_z = 80\text{mm}$

B: $L_x = 28\text{mm}, L_y = 31\text{mm}, L_z = 80\text{mm}$

とした場合についてインピーダンス測定を行った(図3. 構成図参照)。

3-3 有限導体板に直方導体を取り付けた場合

スロット部に誘電体(比誘電率 ≈ 10.5)を装荷した自己補対構造アンテナ系(モノポールアンテナ素子長 $l_u = 78\text{mm}$ 、幅 $w = 4\text{mm}$ 、スロット長 $l_n = 24\text{mm}$ 、幅 $w' = 1.2\text{mm}$)有限導体板寸法($L_x = 28\text{mm}, L_y = 80\text{mm}$)に直方導体($L_x = 15.6\text{mm}, L_y = 28\text{mm}, L_z = 50\text{mm}$)の給電端インピーダンス特性を調べた(図4. 構成図参照)。

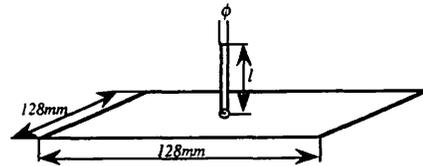


図2.モノポールアンテナ構成図

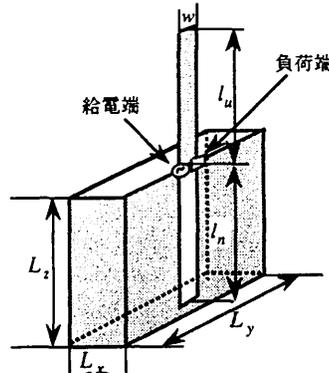


図3.有限導体板を箱型とした構成図

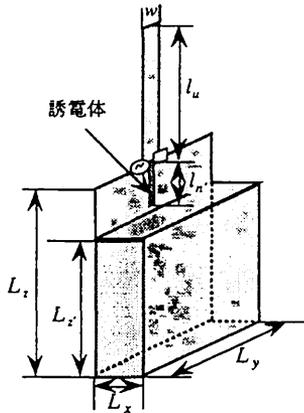


図4.直方導体を取り付けた場合の構成図

4. 結果と考察

3.1で述べたモノポールアンテナ系の比帯域は図5に示すように16.7%(0.87~1.03GHz)であった。一方、有限導体を箱型とした場合1.0GHz付近(A: 1.05GHz, B: 1.15GHz)以上ではほぼ定インピーダンス特性(VSWR2.0以下)を示した。また、有限導体板に直方導体を取り付けた場合、比帯域36.5%(1.3~1.8GHz)が得られた(図7参照)。アンテナ系の小形化に伴い帯域は狭まるが自己補対構造を用いると波長に比べ小さい有限導体上に構成しても、その形状、寸法により広帯域特性を示す場合があることが分かった。

5. あとがき

波長に比べ小さな有限導体(板)を用いても、自己補対構造により大きな比帯域を得ることが実験的に確かめられた。このことは、アンテナ系を小形化し、かつ広帯域化する可能性があることが確認出来たと言える。

今後の課題として、利得、放射パターン等の検討、並びに理論的解析があげられる。

参考文献

- [1] 藤本：“小形アンテナに関する研究動向”，信学誌，Vol.70，No8，pp.830-838，1988。
- [2] T.Yoneyama and Y.Mushiake：“Input impedance and gain function of notch antenna”，Reports of the Reseach Institute of Electrical Communication，Tohoku Univ.，Vol.B-13，pp.55-63，1961。
- [3] Y.Mushiake，“Self-Complementary Antenna”，IEEE Antennas and Propagation Magazine，Vol.34，No.6，pp.23-29，December 1992。
- [4] 藤島，藤本，山田，山口：“自己補対構造による逆Lアンテナ”，信学技報，AP94-23，pp.23-29，1994。
- [5] 遠藤，佐藤，永井：“アンテナ工学”，総合電子出版社，pp.67-71，1979。
- [6] 石曾根，山岸，虫明，新井：“ユニポールとノッチアンテナからなる自己補対アンテナ”，信学技報，AP77-11，pp.47-52，1977。

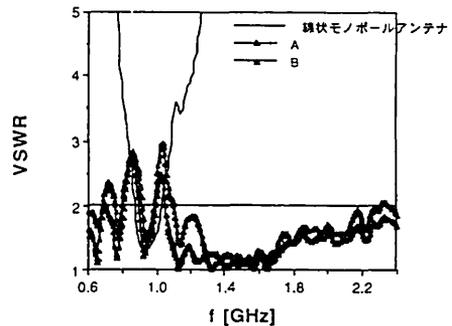


図5.有限導体を箱型とした場合のVSWR周波数特性

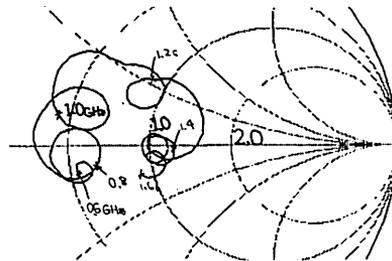


図6.インピーダンス特性
~有限導体を箱型に変えた場合：B~

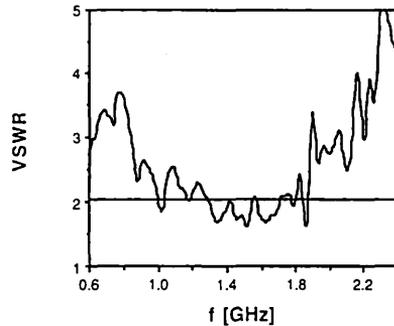


図7.直方導体を取り付けた場合のVSWR周波数特性

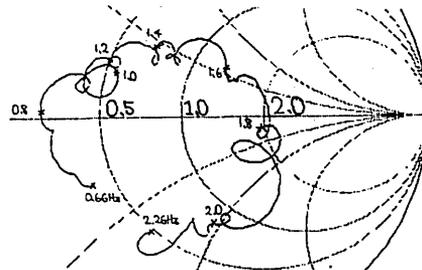


図8.インピーダンス特性
~直方導体を取り付けた場合~