



HOKKAIDO UNIVERSITY

| | |
|------------------|---|
| Title | 折返スロット空中線の入カインピーダンス |
| Author(s) | 中岡, 快二郎; Nakaoka, Kaigiro; 伊藤, 精彦 他 |
| Citation | 北海道大學工学部研究報告, 67, 83-88 |
| Issue Date | 1973-06-30 |
| Doc URL | https://hdl.handle.net/2115/41129 |
| Type | departmental bulletin paper |
| File Information | 67_83-88.pdf |



折返スロット空中線の入力インピーダンス

中 岡 快二郎* 伊 藤 精 彦* 松 本 正*

(昭和47年11月30日受理)

On the Input Impedance of Folded Slot Antenna

Kaigiro NAKAOKA, Kiyohiko ITOH, Tadashi MATSUMOTO

(Received November 30, 1972)

Abstract

It is known that a shallow-cavity-backed slot antenna is convenient as one of the parts of an energy density antenna. Design theory of shallow-cavity-backed slot antenna has been established by one of the authors. The theory of a slot antenna is also well known. As indicated in these theories the input impedance of a slot antenna which is fed into at the center is very high, the matching between a 50 ohm coaxial cable and a slot antenna is not easy in general. Thus a folded slot antenna is proposed as a means of solving this difficulty.

However, very little is known about this folded slot antenna. Therefore, this report deals with the experimental results on a folded slot antenna on a conducting plane and on a dielectric-filled shallow-backed-cavity. Further we have derived an approximate equation to calculate the input impedance of this folded slot antenna by using the theory of folded dipole antenna, and have compared the experimental results with the calculated.

These results are available for designing a folded slot antenna.

1. ま え が き

完全導体板上に作られたスロットからの輻射については、理論的にも実験的にも研究されているが、折返スロット空中線に関する文献はほとんど見られない。その理由として、導体板上に作った折返スロット空中線は、その構造上実用的なものになり得ないためと考えられる。しかし当研究室で提案され、開発されて来た誘電体充填薄型空洞スロットアンテナ¹⁾を使うことにより、折返スロット空中線は実用可能となる。

一方、薄型空洞スロットアンテナの中央給電における入力インピーダンスは非常に高くなり、特性抵抗 50 オームの同軸線路と整合させる為には、オフセット給電を行なわなければならない²⁾。ところが、この給電法によると、スロット面上の電流分布の非対称、指向性への悪影響などが心配されるため、可能な限り中央給電に近づけた方がよい。これを実現させるための一つの方法として、高い特性抵抗を有する給電線を利用することが上げられるが、これは、一般に同軸線路の特性抵抗は 50 オームであるため、実際的ではない。もう一つの方法として、折返スロット空中線が提案され得る。しかしこの空中線に関する研究は、今まで余りされていない。したがって本報告は、様々な折返スロット空中線を製作して、その入力インピーダンスを測定すると共に、折返ダイポール空中線の理論より得られた結果を利用して、このスロット空中線の入力イン

* 電子工学科 電波伝送講座

ピーダンスを求める式を導出し、実験値と計算値の比較を行なっている。

2. 折返ダイポール空中線³⁾

Fig. 1 に折返ズイポール空中線を示す。給電する側の線を一次線、他方を二次線と云うことに

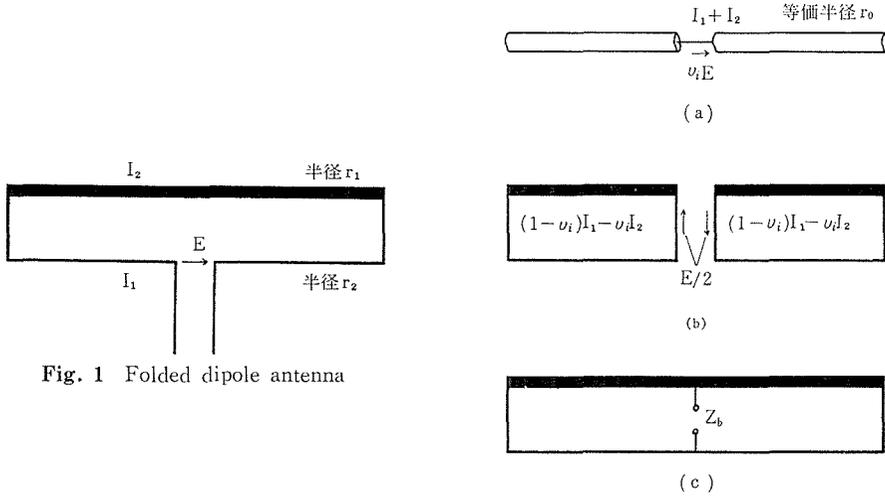


Fig. 1 Folded dipole antenna

Fig. 2 Illustration for analysis of folded dipole antenna

し、一次線の中央から給電し、その電圧を E とする。この空中線は Fig. 2 a, b に示されている通り、零相系と正相系に分けられる。輻射に寄与するのは零相系で、その中央給電インピーダンス Z_u は、

$$v_i E = (I_1 + I_2) Z_u \tag{1}$$

ここで、 v_i は電流配分率と言われるもので下式によって与えられる。

$$v_i = \frac{\log d/r_2}{\log d/r_1 + \log d/r_2} \tag{2}$$

また正相系においては

$$E = [(1 - v_i)I_1 - v_i I_2] 4Z_b \tag{3}$$

Z_b は、Fig. 2 d のように線路の中央で測ったインピーダンスを示す。

(1), (3) 式より

$$I_1 = E \left(\frac{v_i^2}{Z_u} + \frac{1}{4Z_b} \right), \quad I_2 = E \left(\frac{v_i(1 - v_i)}{Z_u} - \frac{1}{4Z_b} \right) \tag{4}$$

空中線の長さが半波長のときは、 $Z_b = \infty$ となるから

$$I_1 = E \frac{v_i^2}{Z_u}, \quad I_2 = E \frac{v_i(1 - v_i)}{Z_u} \tag{5}$$

給電インピーダンス Z は E/I_1 で与えられるから (4) 式より

$$Z = \frac{1}{v_i^2/Z_u + 1/4Z_b} \tag{6}$$

$Z_b = \infty$ のときは (5) 式より

$$Z = \frac{Z_u}{v_i^2} \tag{7}$$

(6) 式あるいは (7) 式が、単一ダイポール空中線の入力インピーダンスが与えられたとき、折返

ダイポール空中線の中央給電における入力インピーダンスを与える。

3. 折返スロット空中線の入力インピーダンス

上に述べられた折返ダイポール空中線の理論を利用して、折返スロット空中線の入力インピーダンスを計算する。

Z , Z_u をそれぞれ折返ダイポールおよび単一ダイポール空中線の、また Z' , Z_s をそれぞれ折返スロットおよび単一スロット空中線の中央給電における入力インピーダンスとする。今、空中線の長さが半波長の場合について考えると、 Z と Z_u の間には (7) 式より $Z = Z_u/v_i^2$ なる関係がある。また無限大導体板上に作られたスロットアンテナの入力インピーダンスを Z_{slot} 、スロット部分を導体としたダイポールアンテナのそれを Z_{dipole} とすると両者の間には $Z_{\text{slot}}Z_{\text{dipole}} = \zeta_0^2/4$ の関係がある。ここに $\zeta_0 = \sqrt{\mu/\epsilon}$ である。

したがって、 Z と Z' 、および Z_u と Z_s の間には次の関係が成立する。

$$ZZ' = \frac{\zeta_0^2}{4} \quad (8)$$

$$Z_u Z_s = \frac{\zeta_0^2}{4} \quad (9)$$

故に、(7), (8), (9) 式より

$$Z' = v_i^2 Z_s \quad (10)$$

(10) 式が我々の求めるべきものである。

(10) 式より、折返スロット空中線の入力インピーダンスは、単一スロット空中線の v_i^2 倍になることが分る。両方のスロット幅が等しい場合は、 $v_i = 0.5$ で $1/4$ 倍となる。一次側のスロット幅を二次側のものより細くすれば v_i^2 は $1/4$ より小さくなり、入力インピーダンスをさらに低くすることが可能となる。

ここで、次の事に注意する必要がある。折返スロット空中線において、 v_i を決定するとき、等価半径を用いる必要がある。すなわち、スロット幅を d とするとき、等価半径は、 $r = d/4$ によって与えられる。この様にして求めた r を (2) 式に代入して v_i を決定しなければならない。

4. 実験結果

4.1 導体平板上に作った折返スロット空中線

折返スロット空中線の入力インピーダンスを求める (10) 式は、無限大導体板上に作られたスロットに対して正しい結果を与える。したがって最初に、導体平板上に作った折返スロット空中線について考察する。

実験のため製作した空中線を Fig. 3 に示す。ここで、一次側および二次側のスロット幅をそれぞれ d_1 , d_2 としており、給電は一次側において行なわれるものとする。

この折返スロット空中線と、Fig. 1 の折返ダイポール空中線との間には、前述の等価半径を用いて、次の関係がある。

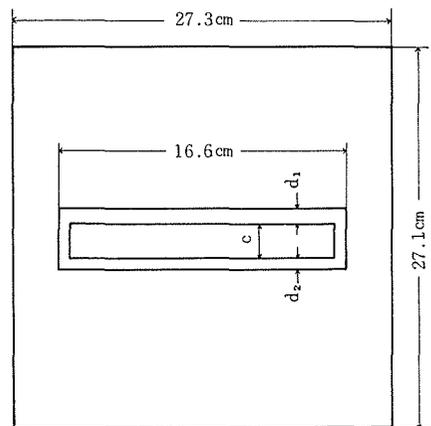


Fig. 3 Folded slot antenna on a conducting plane

$$r_1 = \frac{d_1}{4}, \quad r_2 = \frac{d_2}{4}, \quad d = c + \frac{d_1 + d_2}{4}$$

また Fig. 2 a の輻射に寄与する零相系の半径 r_0 は

$$r_0 \cong \frac{1}{(r_1 + r_2)^2} (r_1^2 \log r_1 + r_2^2 \log r_2 + 2r_1 r_2 \log d)$$

で与えられる。この半径を、 $d_1=0.1$ cm, $d_2=0.75$ cm, $c=0.55$ cm の場合について計算すると、 $r_0 \cong 0.04$ cm となる。半径がこれくらいの半波長ダイポール空中線の入力インピーダンスは約 72~73 オームとなる。 d_1, d_2 が変わると当然 r_0 も変化するが、それは微少なものであり、この程度の r_0 変化に対しては、ダイポール空中線の入力インピーダンスはほとんど変化しないものと考えられる。したがって、種々な d_1, d_2 に対してもこの値は一定と考えても差支えない。

上に述べた半波長ダイポールアンテナと相補的なスロットアンテナの中央給電における入力インピーダンスは、 $Z_s=494$ オームになる。

実験は、 $c=5.5$ mm を一定に保ち、 d_1 と d_2 の比を種々に変化させ、中央給電における入力抵抗を測定した。Table 1 は、 d_2/d_1 と v_i, R (実験値), R' (計算値) との関係を示している。なお計算値は、 $Z_s=494$ オームを使って (10) 式より計算したものである。また Fig. 4 は、計算値と測定値の比較を表わしており両者はかなりよく一致している。 d_2/d_1 を適当に選ぶことにより、入力抵抗は 50 オーム程度まで下がること分る。した

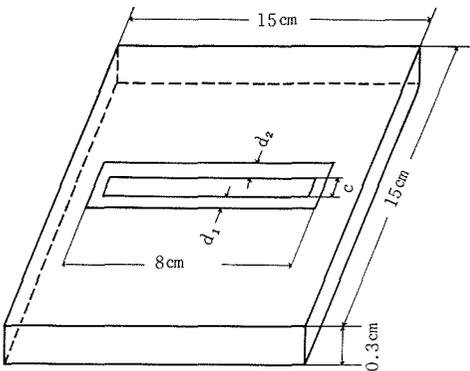


Fig. 5 Structure of the folded slot antenna on a dielectric-filled shallow-backed-cavity

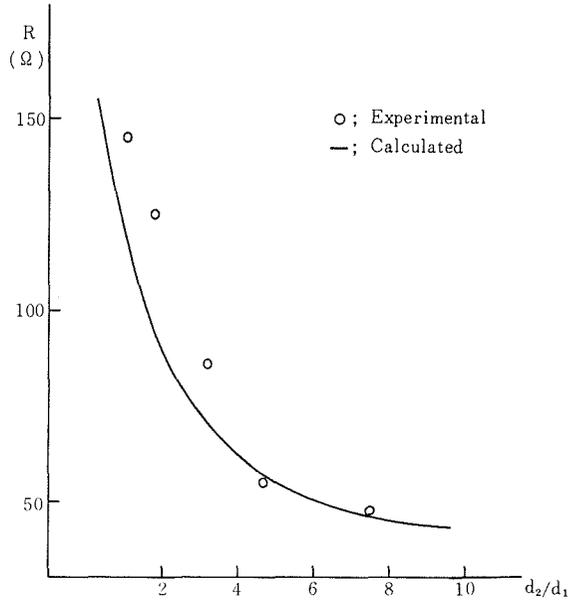


Fig. 4 Comparison of experimental and calculated results for the input impedance of a folded slot antenna

Table 1 Relation between d_2/d_1 and v_i, R, R'
R; Experimental R' ; Calculated

| d_2/d_1 | v_i | R (オーム) | R' (オーム) |
|-----------|-------|---------|------------|
| 1.13 | 0.485 | 145 | 117 |
| 1.83 | 0.435 | 125 | 94 |
| 3.25 | 0.375 | 86 | 70 |
| 4.7 | 0.340 | 54 | 57 |
| 7.5 | 0.305 | 48 | 46 |

Table 2 Relation between d_2/d_1 and v_i, R, R'
R; Experimental R' ; Calculated

| d_2/d_1 | v_i | R (オーム) | R' (オーム) |
|-----------|-------|---------|------------|
| 1 | 0.5 | 238 | 247 |
| 1.5 | 0.46 | 200 | 209 |
| 2 | 0.43 | 190 | 183 |
| 3 | 0.385 | 180 | 146 |
| 5 | 0.325 | 165 | 104 |

がって、特性抵抗 50 オームの同軸線路とこのスロット空中線との、中央給電での整合は可能となる。

4.2 薄型空洞上についた折返スロット空中線

4.1 で考えた導体板上の折返スロット空中線は、その構造上、実際的なものではない。したがって、ここでは薄型空洞 (shallow-backed-cavity) 上の折返スロット空中線について考察する。shallow-cavity-backed スロットアンテナに関する理論的、実験的研究は、文献 1), 2) によって行なわれているが、今考えているアンテナの空洞内には、誘電率が 2.8 程度の誘電体が入っているものとする。

誘電体充填 shallow-cavity-backed スロットアンテナの中央給電における入力インピーダンスはまだ理論的に求められていない。しかし一般的には、一応の目安として、backed-cavity を付けることにより、スロットアンテナの入力インピーダンスは、2 倍ほど高くなるとされている。この考えに従うと、backed-cavity の付いた単一スロット空中線の中央給電での入力抵抗は $Z_s = 2 \times 494 = 988$ オームになる。以下において、入力抵抗を計算するときは、この Z_s を用いている。実験に使用した空中線の外観を Fig. 5 に示す。

最初に、 $c = 5.5$ mm 一定とし、 d_2/d_1 を種々に変えて入力インピーダンスを測定した。この結果を v_s 、計算値と共に Table 2 に示す。Fig. 6 は、実験値と計算値の比較を表わしている。 d_2/d_1 が 3 より小さい所では、実験値と計算値はかなりよく一致しているが、それより大きくなる

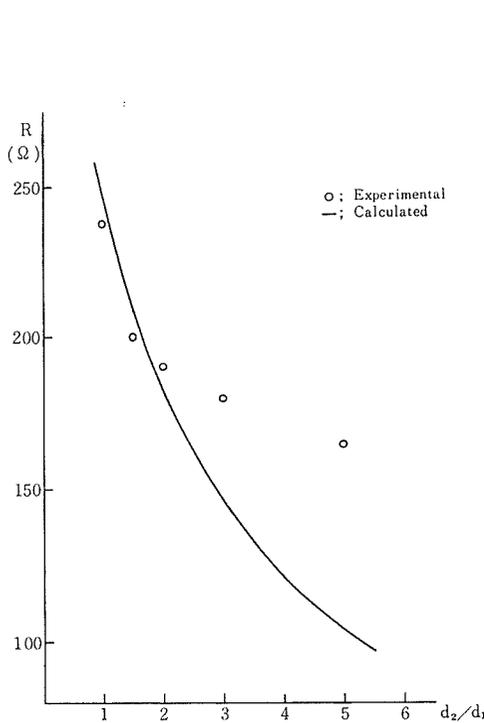


Fig. 6 Comparison of experimental and calculated results for the input resistance of a folded slot antenna

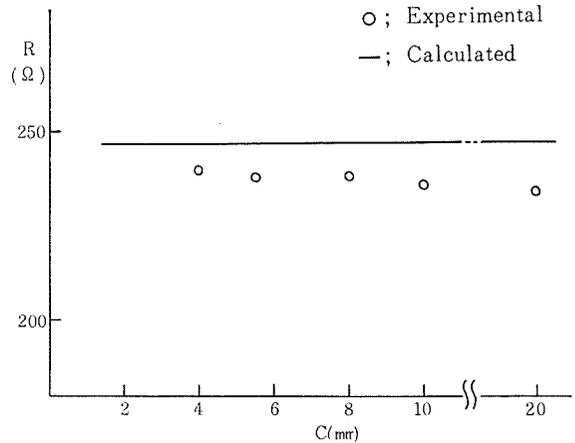


Fig. 7 Comparison of experimental and calculated results for the input resistance of a folded slot antenna

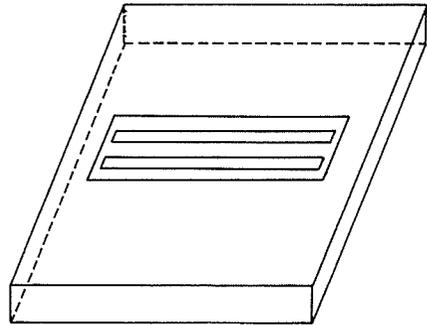


Fig. 8 Modified folded slot antenna

につれ、両者は合わなくなる。これは計算値が正確に解かれたものではないこと、また、スロット幅 d_2 が広がるにつれ、空洞の裏面の影響が大きくなり、 d_2 が狭いときのスロット近傍の電界と様子が異なってくるためなどの原因が考えられる。

次の実験は、やはり Fig. 5 のアンテナにおいて、今度は $d_2/d_1=1$ を一定とし、 c を 4, 5, 8, 10, 20 (mm) と変化させて行なった。この場合、 v_i はすべての c に対して $v_i=0.5$ で一定となり、入力インピーダンスは c とは関係なく一定値になる。その値は $R'=247$ オーム (計算値) となる。

測定値も 240 オームと 235 オームの間で若干変化するのみで、ほぼ一定値と見なされ得る。この様子を Fig. 7 に示す。

Fig. 6 から、 d_2/d_1 を 5 程度にすることにより、入力抵抗を 150 オーム前後まで下げることが出来ることが分る。我々の当初の目的は、この種のスロットアンテナの中央給電における入力インピーダンスを 50 オームにすることにあったから、今回の実験結果では、その目的は達成されない。これを達成させるための方法として次の二つが考えられ得る。すなわち、一つは d_2/d_1 を 20 程度までにすることであり、もう一つの方法は、Fig. 8 に示してる様に三本の折返スロット空中線を製作することである。これらの方法については、将来実験によって確かめる。

5. む す び

普通のスロットアンテナ、あるいは、薄型空洞スロットアンテナの中央給電における入力抵抗は一般に高くなるが、これを低くするために提案された折返スロット空中線について、種々な実験を行ない、入力インピーダンスの特性を明らかにすると共に、入力インピーダンスを求めるための計算式を、折返しダイポール空中線を理論を利用して、導出し、測定値と計算値の対応を試みた。その結果、導体板上に作った折返スロット空中線については、実験値と計算値はよく一致し、 d_2/d_1 を適当に選ぶことにより、入力抵抗を 50 オームにすることが出来た。また、薄型空洞上に作った空中線については、実験値と計算値は、 d_2/d_1 の小さい所でかなりよく一致し、 d_2/d_1 を 5 程度に選べば、入力抵抗は 150 オーム前後になることが分った。

謝 辞

実験に協力下さった中埜賢一君 (当時北大工学部学生、現電々公社社員) に感謝する。またこの研究の一部は文部省試験研究により行なわれたのでここに謝意を表する。

文 献

- 1) 伊藤精彦, 松本 正: “エネルギー密度アンテナ用薄型空洞スロットアンテナの設計理論”, 信学会アンテナ伝搬研究会資料, A-P 72-31 (1972-06).
- 2) 伊藤精彦, 中岡快二郎, 松本 正: “薄型空洞スロットアンテナの実験的考察”, 信学会アンテナ伝搬研究会資料, A-P 72-32 (1972-06).
- 3) 内田英成, 虫明康人: 超短波空中線 (昭和 41), p. 166, コロナ社。