

リニアテーパ線路型コニカルモノポールアンテナの 反射減衰量

著者	古屋 喜芳, 川又 憲, 嶺岸 茂樹
雑誌名	東北学院大学工学部研究報告
巻 号	48 1
ページ	1-5
発行年	2014-02
URL	http://id.nii.ac.jp/1204/00000124/

研究論文

リニアテーパ線路型コニカルモノポールアンテナの反射減衰量

Return loss of conical monopole antenna linear tapered line

古屋喜芳* 川又憲** 嶺岸茂樹**
Kiyoshi FURUYA Ken KAWAMATA Shigeki MINEGISHI

Abstract: A conical monopole antenna with linear tapered line was proposed. The characteristic impedance of the antenna changes from 50Ω to the free space impedance lineally. This antenna is a radiator of impulsive electromagnetic wave. The purpose is a radiation of the impulsive electromagnetic wave by the high voltage discharge. Therefore, the antenna can be formed the discharging electrode on the feeding point, endure the high voltage, and be broadband. As a result of experiment, return loss was less than -10dB from 1.8GHz to 9GHz

Keywords: conical monopole antenna, ESD

1 はじめに

近年、ハードディスクや携帯電話などにおいて静電気放電(ESD)による機器の誤作動が問題となっている。電気電子システム内部では情報伝達のデジタル化が進み、システムの高速度化、高速処理化が図られているが、情報伝達信号の低レベル化により外来電波雑音、特に ESD などのインパルス性電磁界の影響を受けやすい傾向があり、EMC 環境電磁工学上の重大な問題となっている。ESD に伴うインパルス性放電は振幅が kV でパルス幅が数十ピコ秒であり、広帯域な周波数スペクトルを有するため、その現象の把握は困難をきわめる。

そこで本研究では、高電圧の印加が可能で、放電に伴うインパルス性電磁波の放射器として用いることのできるリニアテーパ線路型コニカルモノポールアンテナ(Fig. 1)を設計試作した。このリニアテーパ線路型コニカルモノポールアンテナの特徴としては特性インピーダンスが $50\sim 377\Omega$ (自由空間インピーダンス)ま

で直線に変化すること、給電点に放電電極が作製でき、また広帯域であることがあげられる。

またアンテナを電波無響室内で反射減衰量と VSWR, TDR の測定を行った。不均一線路の場合、特性インピーダンスが不整合部分から、電圧が透過波と反射波に分かれ、多重反射が起こる。よって測定した多重反射の値を含む TDR の値から、アンテナが設計通りの特性インピーダンス分布であるかを確認した。

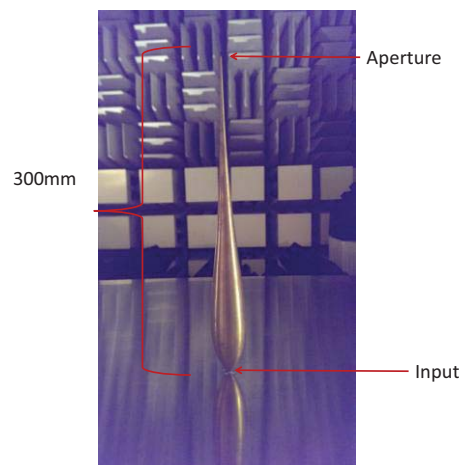


Fig.1 リニアテーパ型コニカルモノポールアンテナ

* 東北学院大学大学院

** 東北学院大学

2 設計

リニアテーパ線路型コニカルモノポールアンテナは、給電点のアンテナの頂角から垂直の長さのアンテナ長に沿って特性インピーダンスが 50~377Ω (自由空間インピーダンス) まで直線的に変化する (Fig.2).

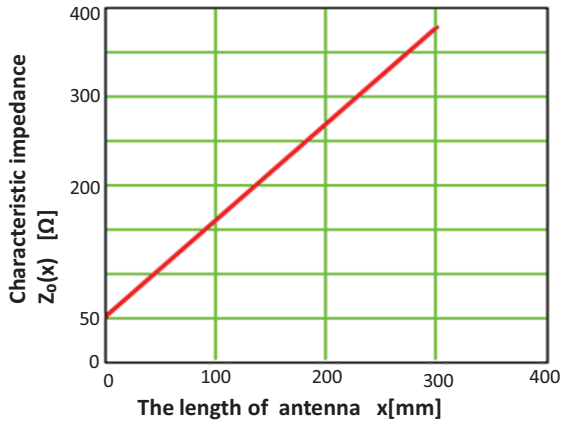


Fig.2 特性インピーダンスとアンテナ長の変化

このリニアテーパ線路型コニカルモノポールアンテナ設計は、コニカルアンテナ (Fig.3) の特性インピーダンスを導く式 (1) を用いて行った¹⁾.

$$Z_0(x) = \frac{\eta}{2\pi} \ln \cot \left(\frac{\varphi(x)}{2} \right) \dots (1)$$

x はアンテナの縦の長さ, $Z_0(x)$ は特性インピーダンス, η は自由空間インピーダンス, $\varphi(x)$ はアンテナの半頂角である.

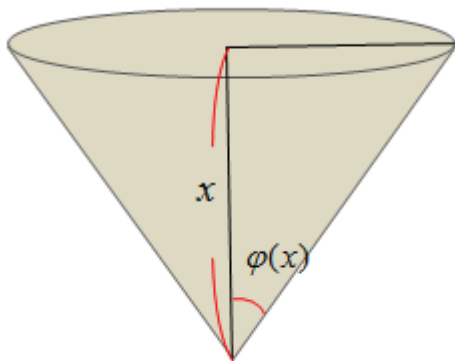


Fig.3 コニカルアンテナ

式 (1) によりコニカルアンテナの特性インピーダンスは, $\varphi(x)$ の半頂角に依存していること

が分かる.

式 (1) を変形して $\varphi(x)$ を求めると

$$\varphi(x) = 2 \tan^{-1} \left[\frac{1}{\exp \left(\frac{Z_0(x)}{60} \right)} \right] \dots (2)$$

となる.

このコニカルアンテナの半頂角 $\varphi(x)$ を導く式 (2) を用いて, Fig.2 のアンテナ長に沿った, 50~377Ω (自由空間インピーダンス) までの特性インピーダンスの値で代入していけば, 各長さ x に対応する $\varphi(x)$ が導ける. 各長さ x の値と, その長さ x に対応した $\varphi(x)$ の値によって, アンテナの形が決定される.

Fig.4 に作製したリニアテーパ型コニカルモノポールアンテナの平面図を示す. 設計上はアンテナ長の分解能を 0.01mm として計算を行った.

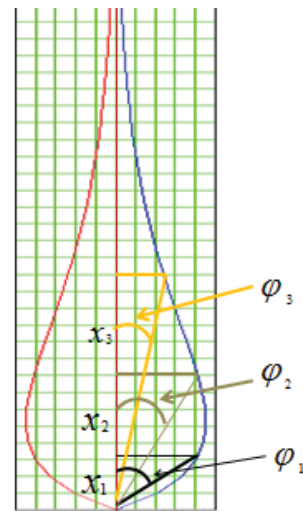


Fig.4 リニアテーパ型コニカルモノポールアンテナの平面図

この平面図 (Fig.4) をもとにリニアテーパ型コニカルモノポールアンテナを作製した. (Fig.1). 材料には真鍮を使用した. アンテナ長 L は 300mm, 最大口径 36.1mmφ である. アンテナの頂角には給電点を設けるために 1mmφ の穴を空け, SMA コネクタによって給電する構造になっている.

3 測定

電波無響室にて、アース板(1 m²)中央にリニアテーパ線路型コニカルモノポールアンテナを置き、アース板を同軸ケーブル(2m)でネットワークアナライザに繋ぎ、各測定を行った。測定装置の概略を Fig.5,実際の電波無響室内の実験風景を Fig.6 に示す。

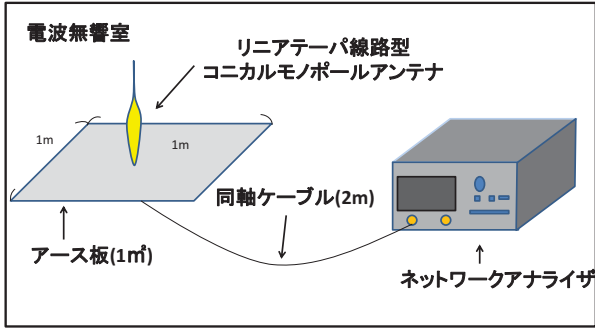


Fig.5 測定装置

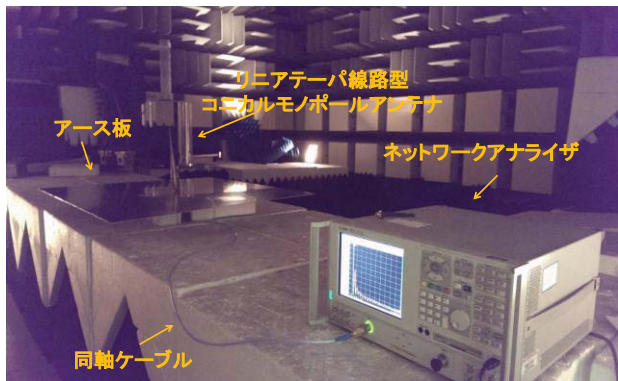


Fig.6 電波無響室内での実験風景

3.1 TDR 測定

Fig.7 は測定によるリニアテーパ型コニカルモノポールアンテナの TDR である。TDR は、アンテナに200mVのステップ波を印加し、給電点(Input)からアンテナ先端(Aperture)までの電圧値を、時間領域でみることができる。

測定したアンテナの TDR をみると、給電点が容量性で少し下がり、曲線状となっている。

これは多重反射によるものである。したがって Fig. 8 のように、アンテナの給電点(input)から先端(aperture)まで、特性インピーダンスが Z_0 から Z_{n-1} まで変化するものとして、多重反射を考えると、入力電圧 V_{IN} が、 Z_0 と Z_1 との間で透過波と反射波に分かれ、時間 t_1 において電圧

v_1, t_2 において v_2, \dots, t_n において v_n などのように出てくる(Fig. 8)。そのため、Fig.11の多重反射を含んだ結果から逆算することによって、実際にアンテナがの特性インピーダンス分布を求めることができる。その結果を Fig. 9 に示す。

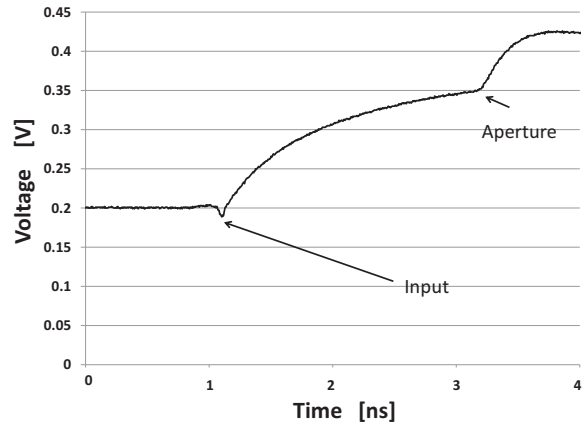


Fig.7 リニアテーパ型コニカルモノポールアンテナの TDR

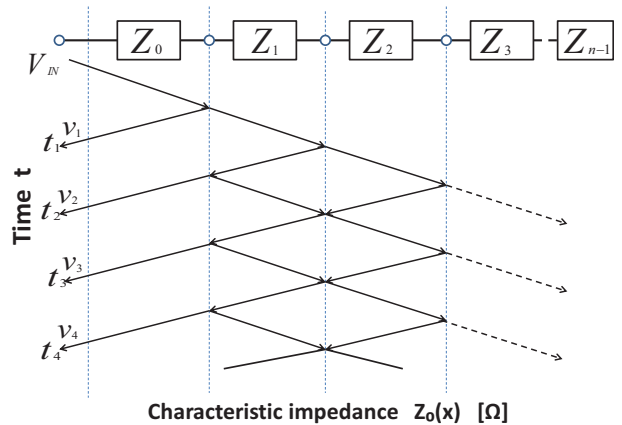


Fig.8 多重反射図

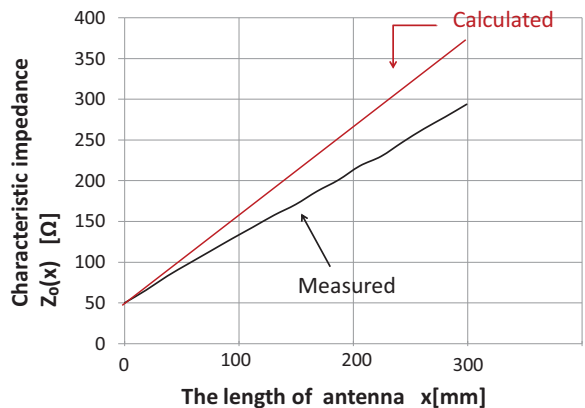


Fig.9 リニアテーパ線路型コニカルモノポールアンテナの特性インピーダンス

多重反射を考慮した結果から、リニアテーパ線路型コニカルモノポールアンテナの特性インピーダンス分布は、直線状となったが、設計した特性インピーダンスより低い値になっていることが分かる。これはリニアテーパ線路型コニカルモノポールアンテナの設計は伝送線路として設計して放射を考慮していないため、実際のアンテナは放射により特性インピーダンスが低い値になったと考えられる。

3.2 VSWR の測定

まず実測の前に計算による VSWR を求めた。給電点からアンテナ先端までの不均一線路の反射係数 $\Gamma(f)$ は次式で与えられる^{2,3,4,5,6}。

$$\Gamma(f) = \frac{1}{2} \int_0^L e^{i\beta x} \frac{d}{dx} \ln Z_0(x) dx \dots (3)$$

位相定数 $\beta = \frac{2\pi}{\lambda}$ 、波長 $\lambda = \frac{c}{f}$ 、 c は位相速度、 f は周波数、 $L = 0.3[\text{m}]$ 。また、電圧定在波比 (VSWR) は

$$VSWR = \frac{1 + |\Gamma(f)|}{1 - |\Gamma(f)|} \dots (4)$$

となる。

リニアテーパ線路型コニカルモノポールアンテナの VSWR の計算値を Fig.10 に示す。

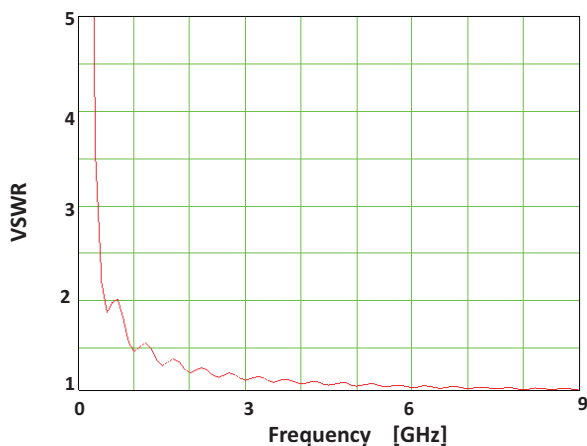


Fig.10 計算によるリニアテーパ線路型コニカルモノポールアンテナの VSWR

計算値では 1.0GHz から、VSWR が 2 以下となり、VSWR のいわゆる“山”となると周波数間隔が約 1/2 波長で線路長に依存していることが分かる。また周波数が高くなるほど、VSWR が低くなる結果となった。これが特性インピーダンスが不均一である伝送線路型アンテナの

特徴と言える。

次に実測による VSWR を Fig.11 に示す。

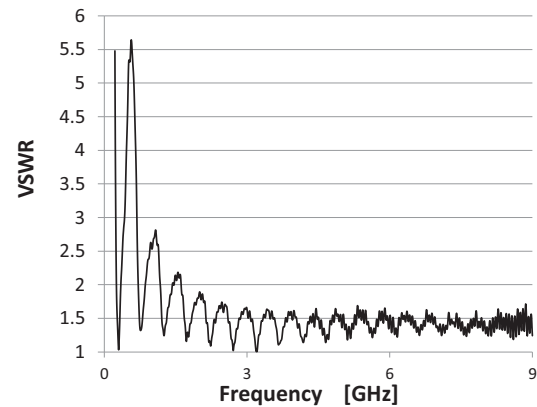


Fig.11 実測によるリニアテーパ線路型コニカルモノポールアンテナの VSWR

実測値も周波数間隔が約 1/2 波長で線路長に依存しているが、VSWR は 1.8GHz から 2 以下となっている。

計算値と実測値に若干の差が生じた理由はまず Fig.10 の計算値の場合、式(3)から明らかのように、多重反射を考慮していないこと、完全導体として扱っているためと考えられ、それに対して Fig.11 の実測値の場合、Fig.7 の給電点 (input) でのわずかな反射 (不均一線路の場合わずかな反射が、線路全体の周波数特性に大きな影響を与える)、線路が完全導体ではない、アース板が有限大、などが考えられる。

3.3 反射減衰量の測定

本研究の目的は、ある特定の通信アンテナではなく、より多く放射する放射器であるので、その放射量を反射減衰量で検討する。

測定した反射減衰量を Fig.12 に示す。

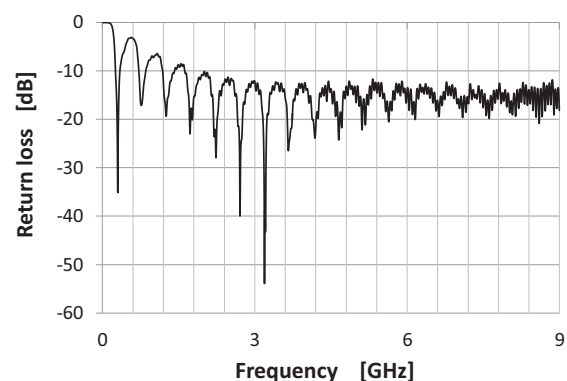


Fig.12 リニアテーパ線路型コニカルモノポールアンテナの反射減衰量

反射減衰量は 1.8GHz 以上において、-10dB 以下であった。また周波数間隔が約 1/2 波長で線路長に依存していることが分かる。

たとえば、市販のバイコニカルアンテナの場合、 $VSWR \leq 2.8$, 反射減衰量 $\leq -6dB$ であるので、それと比較した場合、放射量が多いといえる。だが、本研究の目的は、通信用アンテナではなく、不均一伝送線路構造をもつアンテナとしてこのアンテナを提案し、将来的に ESD に伴う放射量を把握することにあるため、従来の技術とは単純に比較できないと思われることから、より多く放射する放射器という表現とした。

4 結論と今後の展開

リニアテーパ線路型コニカルモノポールアンテナの TDR の結果は、特性インピーダンスが設計より低い値となったが、直線的になることが分かった。これはアンテナ放射により電圧が下がることと、 $VSWR$ から見られるように、不均一伝送線路型アンテナであるため、アンテナ長の 1/2 波長以下の周波数帯では不均一伝送線路として動作しないことがあげられる。そこで今後は、1/2 波長より以下の周波数帯をカットした、TDR の測定を考慮した測定を検討している。また周波数が高くなるほど、 $VSWR$ が低くなる。これは、特性インピーダンス分布が不均一である伝送線路型のアンテナの特徴であるが、実測の $VSWR$ は給電点の影響を大きく受けるので、給電点を改良する必要がある。

今回のリニアテーパ線路型コニカルモノポールアンテナは特性インピーダンスが直線状となるアンテナであるが、今後は指数関数やヒル関数のような特性インピーダンスの変化にバリエーションを増やしたアンテナの試作設計を検討し、そのアンテナの利得や指向性を測定を行う予定である。

参考文献

- 1) S.A.SCHELKUNOFF "Theory of Antennas of Arbitrary Size and Shape" Proceeding of the IRE, Vol.29 Issue.9 (Sept.1941)pp473/521
- 2) Robert C Shaw " Fourier Transforms in the Theory of Inhomogeneous Transmission Lines" PROCEEDINGS OF THE I.R.E (November 1950), p.1354
- 3) HERBERT.J.SCOTT,SENIOR.MEMBER "The Hyperbolic Transmission Line as a Matching Section" PROCEEDINGS OF THE I.R.E (November 1953), p.1654/1657
- 4) MASANORI KOBAYASHI, NARUTOSHI SAWADA "Analysis and Synthesis of Tapered Microstrip Transmission Lines" IEEE TRANSACTIONS ON MICROWAVE THEORY AND TECHNIQUES, VOL.40 NO.8 (August 1992) p.1642/1646
- 5)R.W.KLOPFENSTENT "A Transmission Line Taper of Improved Design" PROCEEDINGS OF THE I.R.E (January 1956) p.31/35
- 6) R.E.COLLIN "The Optimum Tapered Transmission Line Matching Section " PROCEEDINGS OF THE I.R.E (April 1956) p.539 /548