

直線状無給電素子付き環状ループアンテナの放射指向性

Directivity of Circular Loop Antenna with Parasitic Linear Elements

○横澤健司、久保田賢二（岩手大学工学部）

佐藤利三郎（東北学院大学工学部）*

○Kenji Yokosawa, Kenji Kubota (Iwate University)

Risaburo Sato (Tohoku Gakuin University) *

Keywords : アンテナ (antenna) , 環状ループ (circular loop) , 指向性 (directivity) ,
放射パターン (radiatin pattern) , 直線状無給電素子 (parasitic linear element)

連絡先 〒020-8551 盛岡市上田 4-3-5 岩手大学工学部

電気電子工学科 久保田賢二

Tel : (019) 621-6385

Fax : (019) 621-6395

E-mail : kubota@dragon.elc.iwate-ac.jp

* 現在, 株式会社環境電磁研究所 (EMC Lab. Co.,Ltd)

1 はじめに

環状ループアンテナは、その周長がおよそ1波長のときにループを含む面と直角であるループ軸方向が最大放射方向となり、単一ループアンテナとして、また八木配列アンテナや双ループアンテナ等、種々の配列アンテナとして数多くの研究が行われている^{1), 2), 3), 4)}。これらのアンテナはテレビジョン放送用の送信並びに受信用アンテナとして、また他の用途のアンテナとして実用されている⁵⁾。

周長がおよそ1波長である給電環状ループアンテナの軸方向の利得は、その給電ループと同心円状におよそ4波長の周長を有する無給電ループを配列することにより、最大で約5.6dBになることが、塩川氏によって報告されている⁶⁾。著者らは、これは無給電ループに誘導されて流れる電流分布に依存する特性であると考えて電流分布を検討し、無給電ループの代わりに無給電直線状素子を配置しても同様の特性を得ることができることを示した⁷⁾。

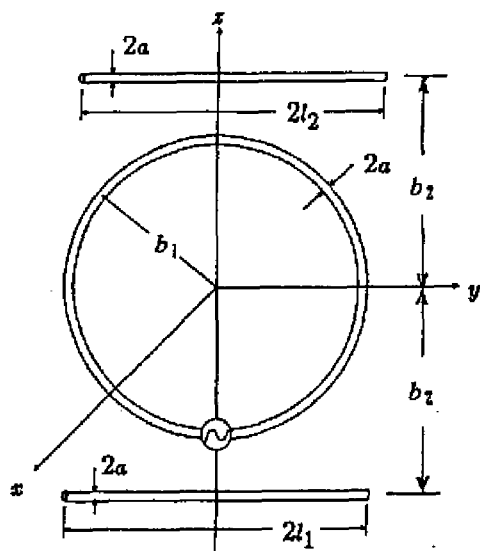


Fig.1 直線状無給電素子付きループアンテナ

双ループアンテナは、ループを含む面に垂直な軸方向の指向性利得が大きい。このことに着目して双ループの後方に反射板を付加した双ループアンテナが鉄塔側面設置用TV放送アンテナとして広く用いられている。

本報告では、反射板を付加する前の2L双ループアンテナ単体の放射特性と表題のアンテナの放射特性とをモーメント法⁸⁾を用いて解析し、比較した結果について述べる。入力インピーダンスの計算結果は実験結果とほぼ合致する結果が得られた。

2 アンテナの構造

Fig.1は直線状無給電素子付きループアンテナの構造と座標系である。図に示すようにループ半径を b_1 、直線状素子とループの中心との間隔を b_2 、2本の直線状素子の長さをそれぞれ $2l_1$ 、 $2l_2$ とし、銅線の太さは直線状素子、ループ共に $2a$ とする。

Fig.2は双ループアンテナの構造と座標系である。図のようにループ半径 b_1 、銅線の太さを $2a$ とし、ループとループの間隔を $2d$ とする。

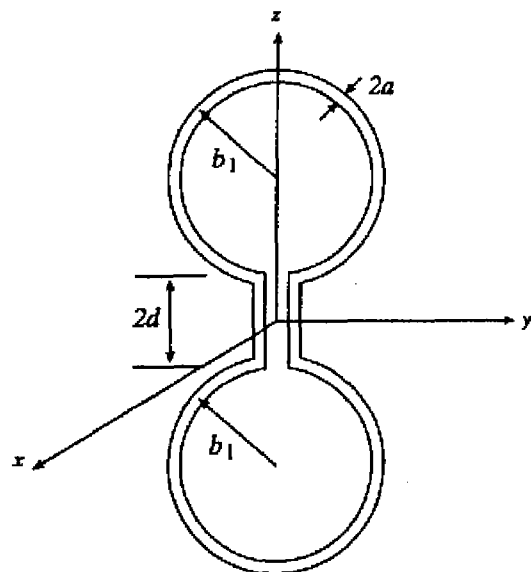


Fig.2 双ループアンテナ

3 数値計算結果

3.1 直線状無給電素子付きループアンテナ

Fig.1 で $kb_1=1.0$, $2l_1=2l_2=0.5\lambda$ とし、アンテナパラメータ $\Omega_1 (= 2\ln(2\pi b_1/a))$ を 8.0, 10.0, 12.0 としたときの b_2 に対する入力インピーダンス特性を Fig.3 に示す。ここで k は波数であり $k = 2\pi/\lambda$, λ は波長である。図から b_2 の変化に対して入力インピーダンスの変化は小さいことが判る。

Fig.4 は $2l_1=2l_2=0.5\lambda_0$, $k_0b_1=1.0$, $k_0b_2=3.8$, $f_0 = 450\text{MHz}$ とした時の入力インピーダンスの実験値と計算値との比較である。抵抗分, リアクタンス分共に実験値は計算値と良く一致している。

Fig.5 は Ω_1 をパラメータとしたときの b_2 に対する x 軸方向の指向性利得の変化を示した図である。 Ω_1 の変化による利得の変化は小さいことが判る。また、いずれの Ω_1 についても、 $b_2 = 0.6\lambda$ の時、指向性利得が最大になりおよそ 7.7dB であった。

Fig.6 に $kb_1=1.0$, $\Omega_1=10.0$, $b_2=0.6\lambda$ としたときの放射指向性図を示す。(a)図は xz 面内の指向性図であり、 x 軸方向の指向性が鋭くなっていることが判る。これは、直線状素子が $\pm z$ 軸方向への放射を抑える反射器として動作し、それによって x 軸方向への指向性が鋭くなるためであると考えられる。また、この時の x 軸方向の最大指向性利得は 7.67dB となる。(b)図は yz 面内の指向性図である。角度の 0° , 90° がそれぞれ z 軸, y 軸の正方向である。(a), (b)図共に指向性図が上下非対称になるのは、ループ上の電流分布の非対称性に起因している。 xy 面内の電界の θ 方向

成分 E_θ は非常に小さいため、 E_ϕ パターンのみを(c)図に示す。 b_2 , $2l_1$, $2l_2$ を変えても、この面における指向性の変化はほとんど見られなかった。

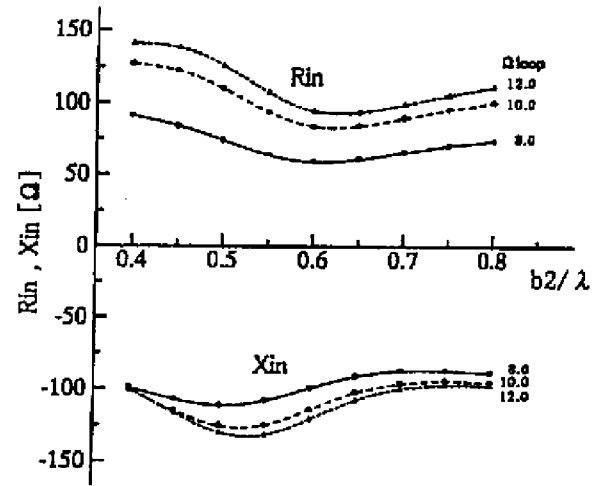


Fig.3 直線状無給電素子付きループアンテナの b_2 に対する入力インピーダンス特性. ($k_0b_1=1.0$, $2l_1=2l_2=0.5\lambda$)
 — : $\Omega_1=8.0$, - - - : $\Omega_1=10.0$, - · - : $\Omega_1=12.0$

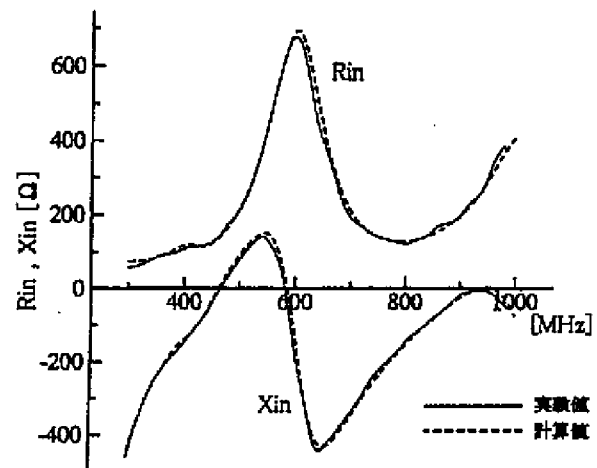


Fig.4 直線状無給電素子付きループアンテナの Z_{in} の実験値と計算値の比較. ($k_0b_1=1.1$, $k_0b_2=3.8$, $2l_1=2l_2=0.5\lambda$, $f_0=450\text{MHz}$)

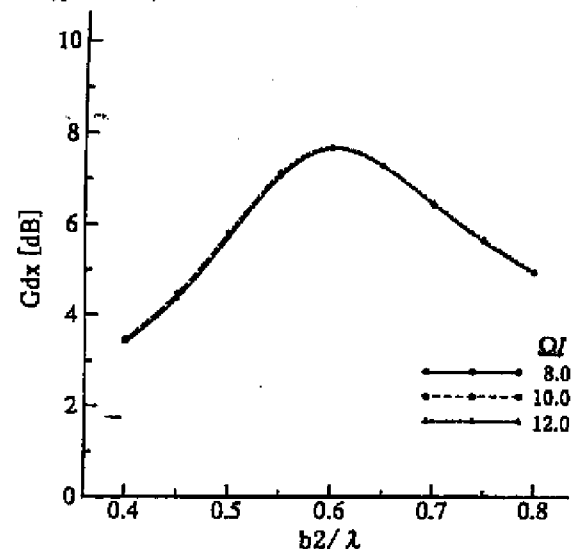
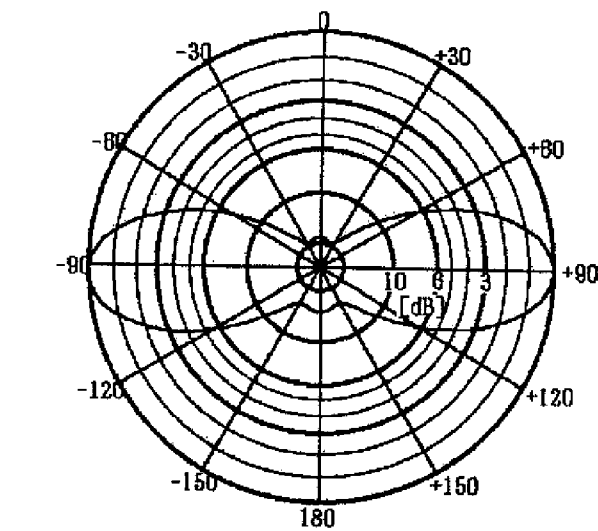
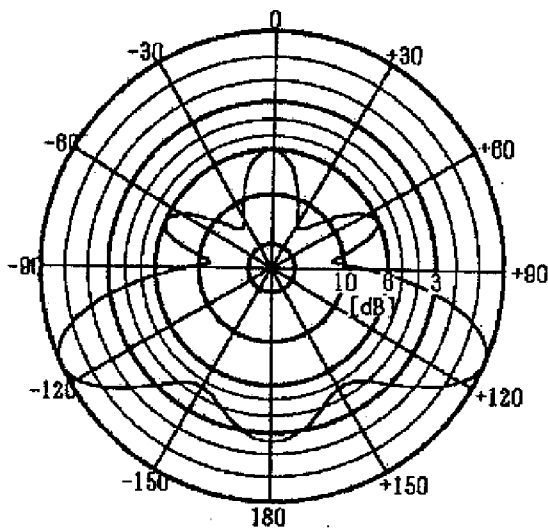


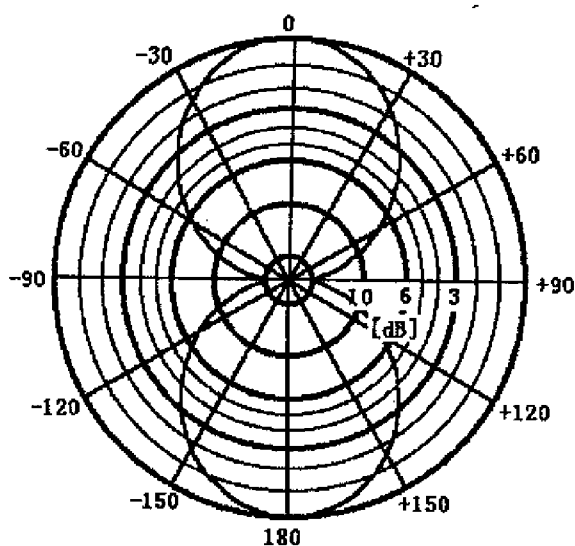
Fig.5 直線状無給電素子付きループアンテナの x 軸方向の指向性利得. ($k_0b_1=1.0$, $2l_1=2l_2=0.5\lambda$)



(a) ZX面指向性($E\phi$)



(b) YZ面指向性($E\theta$)



(c) XY面指向性($E\phi$)

Fig.6 直線状無給電素子付きループアンテナの放射指向性。
($kb_1 = 1.0$, $\Omega_l = 10.0$, $b_2 = 0.6\lambda$)

3.2 双ループアンテナ

Fig.7 は $kb_1 = 1.0$ としたときのループとループの間隔 $2d$ に対する入力インピーダンスの変化である。直線状無給電素子付きループアンテナと同様に、 $2d$ の変化に対して入力インピーダンスに与える影響は小さい。Fig.8 は $k_0 b_1 = 1.0$, $f_0 = 840 \text{ MHz}$, $2d = 0.5\lambda_0$, $\Omega_l = 9.92$ としたときの入力インピーダンスの実験値と計算値との比較である。計算値はループとループとを結ぶ平行線路部分を無視したときの値、即ち一つのループの入力インピーダンスの $1/2$ の値を示したものである。実験値と計算値とは傾向的には合っているが、高周波領域において差が出ている。これは実験に使用したアンテナの線路部分による影響が大きいものと考えている。

Fig.9 は Ω_l をパラメータとしたときの b_2 に対する x 軸方向の指向性利得の変化を示したものである。 $2d = 0.4\lambda$ で最小となり、 0.9λ 付近で最大となっているが、 $2d$ の変化に対する変化分はおよそ 1.3dB である。また、 Ω_l の変化に対する、指向性利得の変化は最大で 0.2dB 程度である。

Fig.10 に $kb_1 = 1.0$, $2d = 0.5\lambda$, $\Omega_l = 10.0$ としたときの放射指向性図を示す。(a)図は zx 面内の指向性図であり、 x 軸方向に指向性が鋭くなるが、サイドローブが生じている。ループ間隔 $2d$ が小さくなると、メインローブが広がってサイドローブが減少し、また $2d$ が大きくなるとメインローブが細くなってサイドローブが増加する。(b)図は yz 面内の指向性図である。双ループアンテナは給電点を中心に上下左右対称であるため、アンテナの電

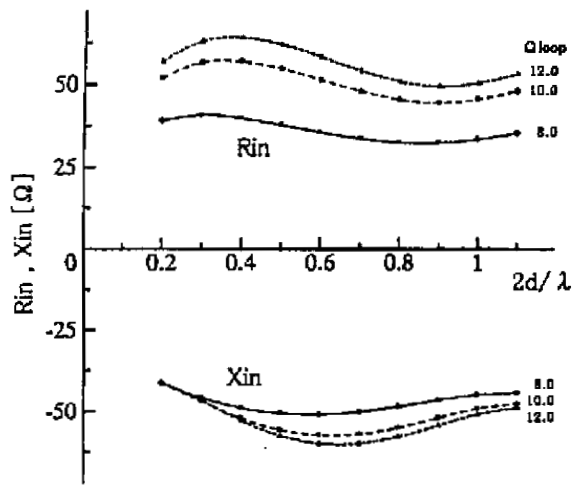


Fig.7 双ループアンテナの $2d$ に対する入力インピーダンス特性 ($kb_1 = 1.0$, \bullet : $\Omega = 8.0$, $-\cdot-$: $\Omega = 10.0$, $-\cdot-$: $\Omega = 12.0$)

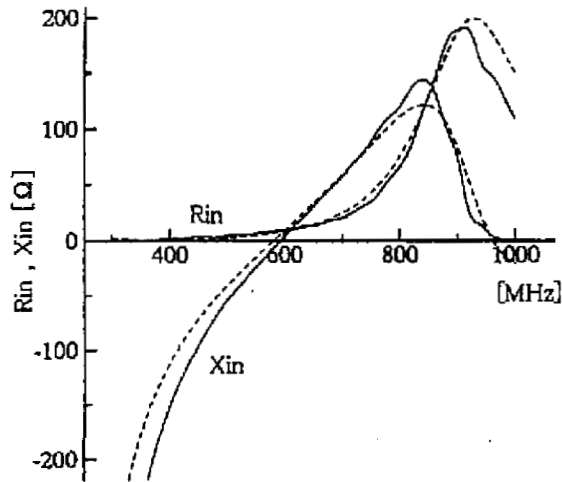


Fig.8 双ループアンテナの Z_{in} の実験値と計算値の比較 ($kb_1 = 1.0$, $f_0 = 840.61\text{MHz}$, $2d = 0.5\lambda_0$, $\Omega = 9.92$)

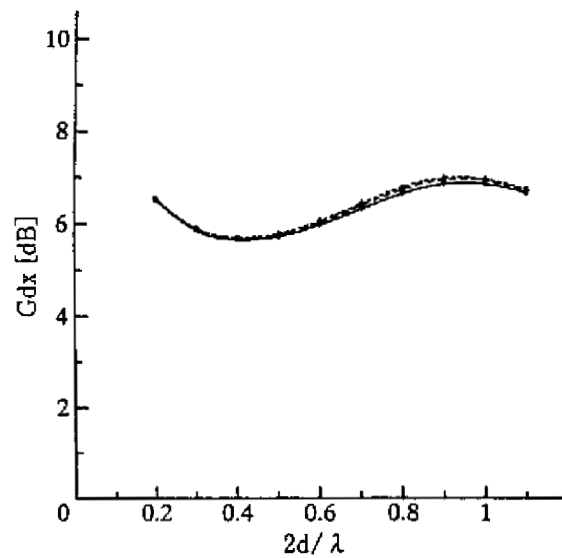
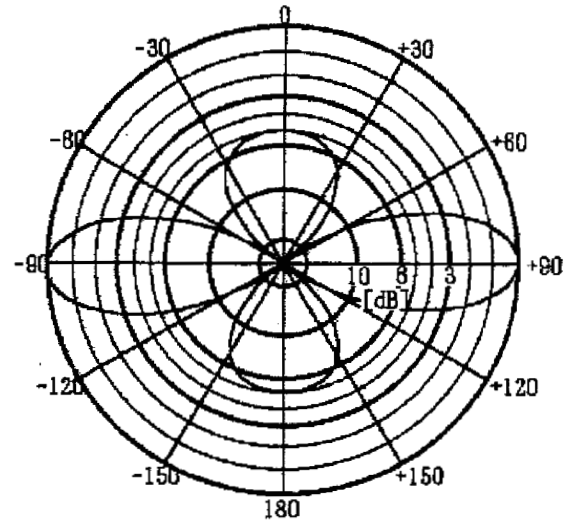
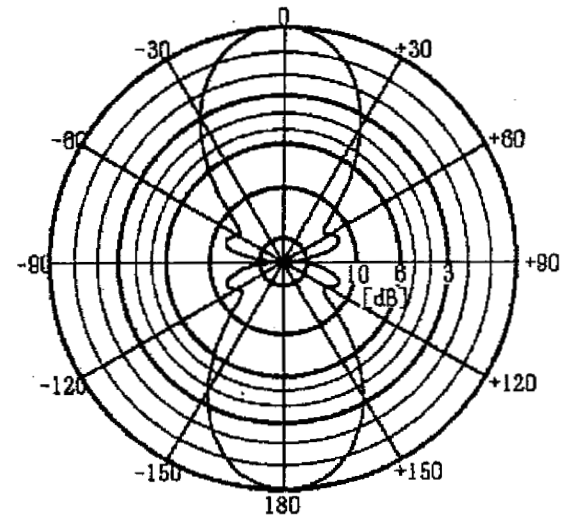


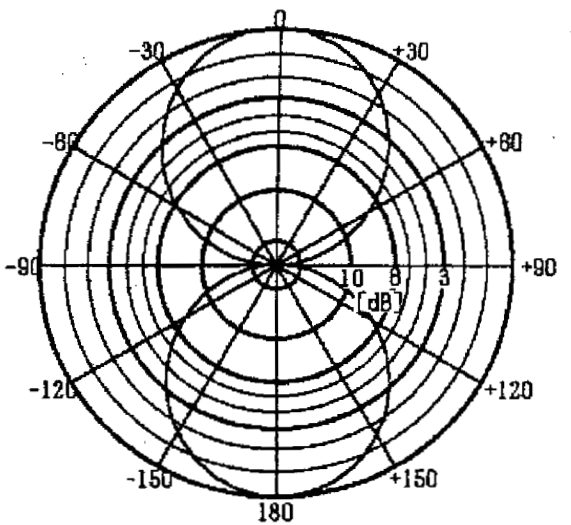
Fig.9 双ループアンテナの X 軸方向の指向性利得 ($kb_1 = 1.0$)



(a) ZX面指向性 ($E\phi$)



(b) YZ面指向性 ($E\theta$)



(c) XY面指向性 ($E\phi$)

Fig.10 双ループアンテナの放射指向性 ($kb_1 = 1.0$, $2d = 0.5\lambda$, $\Omega_1 = 10.0$)

流分布もまた上下左右対称となる。(a), (b)図からそれぞれの面において, 指向性が各軸に対して対称であることが判る。(c)図は xy 面内の指向性図である。直線状無給電素子付きループアンテナと同様に, E_θ は小さいため E_ϕ のパターンのみを示した。この面内の指向性は Ω_θ , $2d$ を変えてもほとんど変化は見られない。

4 結び

モーメント法を用いて, 反射板を付加しない直線状無給電素子付きループアンテナと双ループアンテナの放射特性の解析を行い, 比較した。前者は配列方向の長さがおよそ 1.2λ のとき x 軸方向の指向性利得が最大となり約 7.7dB となる。一方, 後者は同程度の配列の長さのとき約 5.8dB であり, 配列の長さがおよそ 1.6λ のとき最大で約 7dB である。今後, 指向性の実験を行って検討を続けたい。

5 参考文献

- 1) Saburo Adachi, Yasuto Mushiake: "Studies of Large Circular Loop Antennas", Sci.Rep.Reseach Institutes of Tohoku Univercity(RITU), Ser.B-2,9(2),pp.79-103,1957.
- 2) 稲垣直樹, 伊藤信一, 関口利男:「一素子ループアンテナの理論」, 電子通信学会論文誌, Vol.53-B, No.3, 1970.
- 3) A.Shoamanesh, Lotfollah Shafai: "Properties of Coaxial Loop Arrays", IEEE Trans. Antennas Propagat., vol.AP-26, pp. 547-550, July 1978.
- 4) 遠藤敬二, 遠藤幸男, 岡村浩志:「双ルー

プアンテナ」, 電気通信学会, アンテナ研究会資料, 1963.9.26.

- 5) 電子通信学会編:「アンテナ工学ハンドブック」, オーム社, S55.10.30.
- 6) 塩川孝泰:「同一平面内二重ループアンテナの最大指向性利得」, 電子通信学会, アンテナ・伝播研究会資料 A・P77-30.
- 7) 久保田, 斎藤, 栗田, 佐藤:「同一平面内直線状無給電素子付きループアンテナの放射特性」, 平成9年度電気関係学会東北支部連大, 2D9.
- 8) Roger F. Harrington: "Matrix Methods for Field Problems", Proc.IEEE, vol.55, no.2, pp. 136-149, Feb. 1967.