

折り曲げ半波長ダイポールアンテナの基礎検討 — 第2報 —

日大生産工 ○坂口 浩一

1. はじめに

半波長ダイポールアンテナはその素子と平行な偏波成分を持つ直線偏波アンテナとして良く知られている[1][2]. 先に, この単純な形状である半波長ダイポールアンテナを折り曲げることにより多偏波(垂直, 水平, 左旋および右旋円偏波)放射が起こることを示した[3]. 本稿ではこの放射原理について述べる.

2. アンテナ形状

折り曲げ半波長ダイポールアンテナの形状を図1に示す. 全長(S0~S4)は半波長で給電部を中心に対称にS1およびS3でコの字形に折り曲げた形状となっている. 座標系は図中に示した. 本検討に用いたアンテナは, 解析ならびに実験の都合より全長150[mm], 1.01[GHz]の半波長ダイポールアンテナとした[3]. 比較を行うアンテナ形状を図2に, 各部寸法を表1に示す. 本稿では表1に示す3種の比較を行う. なお線径は0.8[mm]一定とした.

3. 放射原理

ダイポールアンテナ素子上電流分布は余弦状分布となることが知られている[1][2]. ダイポールアンテナをx軸上に置く. このとき電流分布は振幅を I_0 , 波長を λ , アンテナ端からの距離を x とすると

$$I(x) = I_0 \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda} x\right)$$

と表される. 素子上電流分布は余弦状分布かつ同位相であるから, アンテナを図1のように折り曲げた場合, 垂直部の電流 I_V は間隔 W で互いに対称な電流分布となるが位相は逆位相となる. 水平部の電流 I_H は給電部で振幅最大となる対称分布となる.

それぞれの電流が作る放射界を考える. 垂直部の電流 I_V が作る放射界 E_θ は, 電流 I_V が互いに同一振幅, 逆位相であるから, 間隔 W で配置

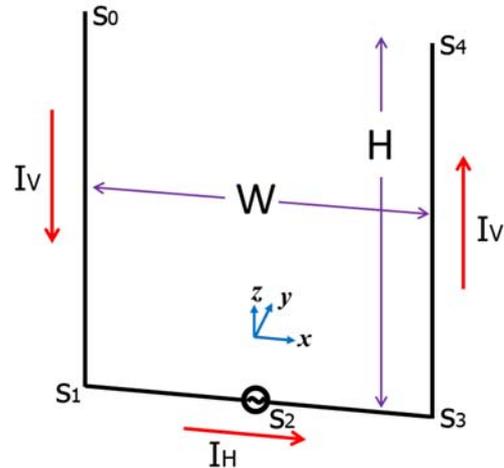


図1 アンテナ形状図

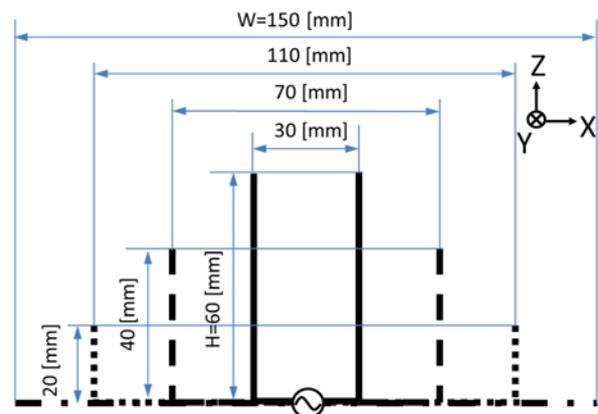


図2 アンテナの折り曲げ形状

表1 各部寸法

アンテナタイプ	横の長さ W [mm]	縦の長さ H [mm]
- - - Dipole	150	0
..... Type1	110	20
- - - Type2	70	40
—— Type3	30	60

された2素子アレーと考え

$$E_{\theta} \propto j2I_V \sin\left(\frac{\pi W}{\lambda} \cos\varphi\right) \quad (1)$$

水平部の電流 I_H が作る放射界 E_{ϕ} は

$$E_{\phi} \propto I_H \sin\varphi \quad (2)$$

このときの各部電流は素子上電流分布が余弦状分布であるから、アンテナ端からの位置を図1のように定めると I_V, I_H は次式となる。

$$\begin{aligned} I_V &= \int_0^{s_1} I_0 \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda} s\right) ds \\ &= I_0 \frac{\lambda}{2\pi} \left(1 - \cos\frac{2\pi}{\lambda} s_1\right) \end{aligned}$$

$$I_H = 2 \int_{s_1}^{s_2} I_0 \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda} s\right) ds = I_0 \frac{\lambda}{\pi} \cos\frac{2\pi}{\lambda} s_1$$

(1)(2)式より、 $\varphi = 0, 2\pi$ で $E_{\phi} = 0$ となり垂直偏波となることが、 $\varphi = \pm\pi/2$ で $E_{\theta} = 0$ となり水平偏波となることが分かる。また電界の垂直成分 E_{θ} は水平成分 E_{ϕ} に対し $\pi/2$ 位相が進んでいることから、 $E_{\theta} = E_{\phi}$ となる角度 φ にて円偏波が放射されることが分かる。表1のアンテナを 1.01[GHz]にて解析した結果を図3, 4, 5に示す。比較のため E_{ϕ} の最大値で正規化した。結果より Type1 の場合、折り曲げ長さが短いため E_{θ} 成分が少なく E_{ϕ} 成分が主となり $\varphi = \pm\pi/2$ で最大となる8の字放射特性となる。Type2 の場合、折り曲げ長さを長くしたため E_{θ} 成分が増えているが、垂直部の電流振幅は小さいためその効果は弱い。Type3 の場合、折り曲げ長さは十分あり、電流分布からは E_{θ} 成分が優勢になると予想される。しかしながら(1)式中の垂直部間隔 W が減少すると振幅はほぼ $\pi W/\lambda$ に比例して減少するため Type3 の場合でも E_{θ} のレベルの方が E_{ϕ} より下がることが分かる。なお E_{θ} は E_{ϕ} より位相が $\pi/2$ 進みであることから、図中 E_{θ} と E_{ϕ} の交差する角度 $35^\circ, 215^\circ$ にて右旋円偏波が発生しそのレベルは $-1.85[\text{dBi}]$ と算出できる。

145°, 325°は左旋円偏波放射である

4. まとめ

折り曲げ半波長ダイポールアンテナの放射電界を導出し、その特性について検討を行った。この結果、折り曲げ長さと放射電界との関係を明らかにできた。

最後に、何時も有益なコメントを戴く長谷部望日大元教授に感謝いたします。

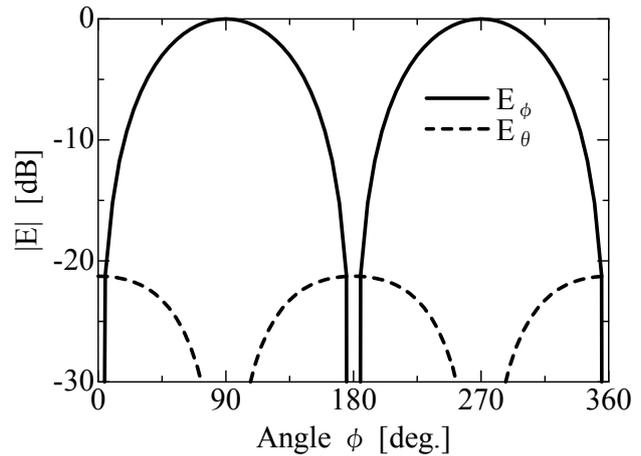


図3 電界分布図 (Type1)

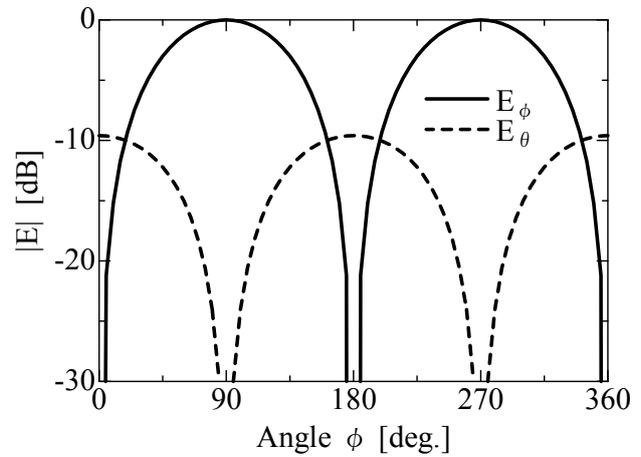


図4 電界分布図 (Type2)

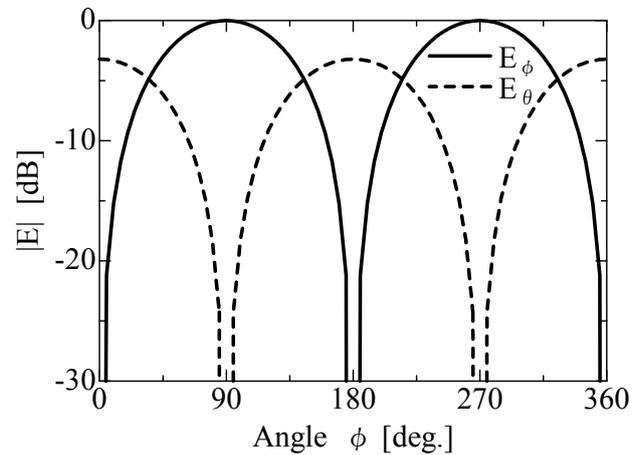


図5 電界分布図 (Type3)

参考文献

- [1] 電子情報通信学会編：“アンテナ工学ハンドブック”，2章，オーム社，東京，1991
- [2] 長谷部：“電波工学”，5章，コロナ社，東京，1995
- [3] 山口，坂口：“折り曲げ半波長ダイポールアンテナの基礎検討”，日本大学生産工学部第46回学術講演会，2-33，2013