

研究速報

新しい Wheeler 効率の評価式

石井 望^{†a)} (正員) 金子 貴幸^{††} (学生員)宮川 道夫[†] (正員)

A New Estimation of Wheeler Efficiency

Nozomu ISHII^{†a)}, Member,Takayuki KANEKO^{††}, Student Member, andMichio MIYAKAWA[†], Member[†]新潟大学工学部, 新潟市

Faculty of Engineering, Niigata University, Niigata-shi, 950-2181 Japan

^{††}新潟大学大学院自然科学研究科, 新潟市

Graduate School of Science and Technology, Niigata University, Niigata-shi, 950-2181 Japan

a) E-mail: nishii@bc.niigata-u.ac.jp

あらまし 直列共振と並列共振が周波数的に近接した小形アンテナでは、反射係数に着目した Wheeler 効率に落ち込みが生じる。これを回避するために、導波管を利用した改良型 Wheeler 法における評価式をある条件の下で変形した新しい評価式を提案する。

キーワード 小形アンテナ, Wheeler 効率, 改良型 Wheeler 法, 効率落ち込み

1. まえがき

小形アンテナの簡易放射効率測定法として Wheeler 法 [1] が知られている。同測定法では、 $\lambda/2\pi$ 程度の容積の放射シールドによって放射電力のみを抑制することで、アンテナの損失電力を評価する。しかしながら、アンテナ上の電流分布に変化を与えることなく放射のみを抑制することは難しく、特にアンテナが共振を引き起こす周波数において物理的に想定し得ない放射効率の落ち込みが観測されることがある [2]。反射係数の大きさに着目した Wheeler 効率算出式 [3] を利用する場合、放射シールドを行った場合とそうでない場合において反射係数の大きさが局所的極小となる周波数が異なり、そのためにその周波数において放射効率の局所的な落ち込みが生じる。本論文においては、その解決法の一つとして、導波管と可動短絡板を利用する効率測定法である改良型 Wheeler 法 [4] の評価式をある条件のもとで変形した新しい効率評価式を提示し、上記の局所的効率落ち込みの補償に有効であることを実験的に確認する。

2. 新しい放射効率評価式

まず改良型 Wheeler 法における放射効率の評価式について簡単に述べた後、新しい効率評価式の導出を行う。アンテナを自由空間に置いた際の反射係数を Γ_i

とする。また、アンテナを両側が可動短絡板で短絡された方形導波管内に挿入した際の反射係数を $\Gamma_{w,n}$ とする。添字 n は二つの可動短絡板の位置の組合せを表す数とする。

$$\Delta S_{\max} = \max_n (|\Gamma_{w,n} - \Gamma_i|) \quad (1)$$

$$\Delta S_{\min} = \min_n (|\Gamma_{w,n} - \Gamma_i|) \quad (2)$$

と定義するとき、改良型 Wheeler 法における放射効率は、

$$\eta_w = \frac{1}{1 - |\Gamma_i|^2} \frac{2}{(\Delta S_{\max})^{-1} + (\Delta S_{\min})^{-1}} \quad (3)$$

と与えられる [4]。導波管を伝送線路とみなすとき、可動短絡板を動かすことは反射係数の位相を変化させることに対応する。そこで、 $\Gamma_{w,n}$ が反射係数面内において原点を中心とする円上の点であると仮定すれば、 n によらず $|\Gamma_{w,n}| = |\Gamma_c|$ は一定の値をとり、

$$\Delta S_{\max} = |\Gamma_c| + |\Gamma_i| \quad (4)$$

$$\Delta S_{\min} = |\Gamma_c| - |\Gamma_i| \quad (5)$$

と変形できる。以上より、Wheeler 効率に関する新しい評価式

$$\eta_n = \frac{1}{|\Gamma_c|} \frac{|\Gamma_c|^2 - |\Gamma_i|^2}{1 - |\Gamma_i|^2} = \frac{1}{|\Gamma_c|} \eta_{\Gamma} \quad (6)$$

を得る。 $|\Gamma_c| \approx 1$ ならば、この新しい評価式 η_n は反射係数に着目した従来の Wheeler 効率評価式 η_{Γ} [3] となる。

$$\eta_{\Gamma} = \frac{|\Gamma_c|^2 - |\Gamma_i|^2}{1 - |\Gamma_i|^2} \quad (7)$$

放射シールド時の反射係数の局所的極小を補償するために、 η_n において η_{Γ} に $1/|\Gamma_c|$ が乗じられているとも解釈できる。

3. 新しい放射効率評価式の適用例

図 1 に示すような自己整合機能の有する板状アンテナについて、導出した新しい効率評価式を適用する。

図 1 と類似のアンテナについて、反射係数に着目した Wheeler 効率が既に検討されている [2]。板の部分のワイヤグリッドによってモデル化し、Richmond のモーメント法を適用したところ、ワイヤの導電率を適切に選択することによって、数値解析で得られる効率の周波数特性が Wheeler 効率にほぼ一致することが報告されている。更に、最も効率が良い周波数付近に

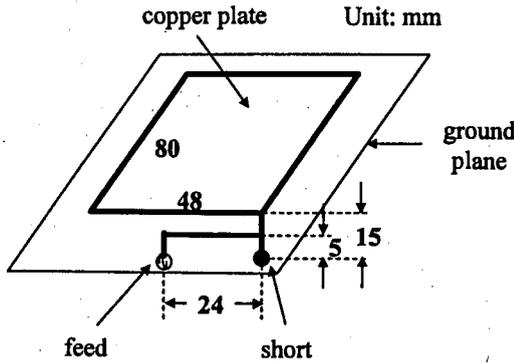


図1 整合をとったアンテナ
Fig. 1 A matched planar loop antenna.

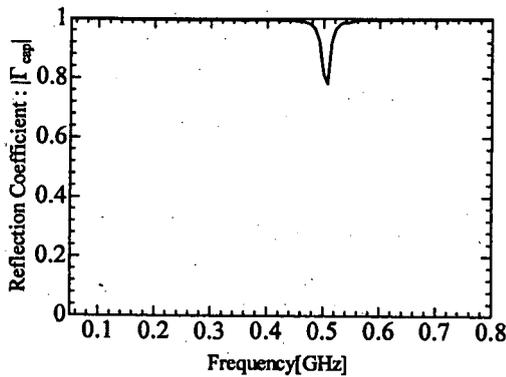


図2 放射シールド時の反射係数の大きさ
Fig. 2 Magnitude of reflection coefficient when the antenna is shielded.

において、反射係数に着目した Wheeler 効率に落込みが観測されるが、解析値にはそのような落込みがない。この落込みはアンテナを放射シールドで覆ったときの反射係数の大きさの落込み、すなわち、局所的極小に対応することが明らかとなっている。更に、放射シールドの形状を変えてもこの現象が観測されることから、効率の落込みはアンテナそのものの特性ではなく、Wheeler 法自体に内在した問題であるとされている。

本論文では、図1に示すアンテナに対して、数種類の放射シールドを用意して、反射係数をベクトルネットワークアナライザ (Agilent 8720ES) により測定し、新しい効率評価式 η_n 並びに従来の反射係数に着目した Wheeler 効率 η_r を算出した。図2、図3は放射シールド時の反射係数の大きさ、 η_n 並びに η_r の周波数特性を示す。同図は、 $125 \times 150 \times 75$ mm の直方体銅製シールドを用いた例である。図3から、新しい効率評価式を利用すると、従来の反射係数に着目した Wheeler 効率に含まれる 500 MHz 近傍の効率落込みが補償されていることが分かる。なお、 η_n に落込み

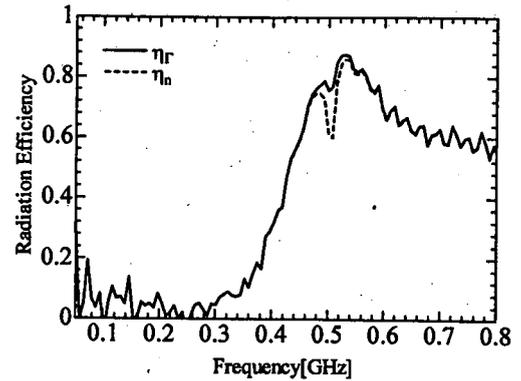


図3 放射効率
Fig. 3 Radiation efficiency.

[5.5mm] が若干残留するのは、放射シールドで覆ったときと覆わないときとでアンテナの共振周波数が若干ずれるためである。図1のアンテナについて数値解析を行っていないが、文献[2]の類似のアンテナの数値解析結果から、効率の周波数特性は連続でかつ滑らかに変化するものと考えられ、本論文で提案した評価式が妥当であるといえる。付け加えると、一般に放射シールドを行った場合、反射係数の大きさ $|\Gamma_c|$ はほぼ1であるから、局所的な落込みが生じない周波数では、新しい評価式 η_n は従来の反射係数に着目した Wheeler 効率 η_r を評価していることにほかならない。

4. むすび

アンテナの自由空間設置時の反射係数がほぼ1でない場合にも対応する新しい Wheeler 効率算出式を提案し、その有効性を実験的に確認した。今後、数値解析により本算出式の有効性について確認する予定である。

文 献

- [1] E.H. Newman, P. Bohley, and C.H. Walter, "Two methods for the measurement of antenna efficiency," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol.AP-23, no.4, pp.457-461, July 1975.
- [2] 村本 充, 石井 望, 伊藤精彦, "Wheeler 法による放射効率に関する検討," *信学論 (B-II)*, vol.J78-B-II, no.6, pp.454-460, June 1995.
- [3] 桜井仁夫, 菊池秀彦, 新井宏之, 後藤尚久, "アンテナのスケールモデルに対する Wheeler 法による効率測定に関する検討," *昭 62 信学春季全大*, S8-3, March 1987.
- [4] R.H. Johnson and J.G. McRoy, "An improved small antenna radiation-efficiency measurement method," *IEEE Antennas Propag. Mag.*, vol.40, no.5, pp.40-48, Nov. 1998.

(平成 17 年 1 月 17 日受付)