C-2-65

球形誘電体共振器の放射Q値解析

RADIATION Q ANALYSIS OF SPHERICAL DIELECTRIC RESONATOR

松室尭之 Takayuki Matsumuro　石川容平 Yohei Ishikawa　篠原真毅 Naoki Shinohara

京都大学 生存圏研究所
Research Institute of Sustainable Humanosphere, Kyoto University

1 はじめに

本研究では、マイクロ波電力伝送用小型アンテナの開発を行っている。生活空間におけるマイクロ波電力伝送では、電波防護指針により電力密度は制限されるため、より大きな電力を得るためには受電アンテナの有効開口面積を大きくしなければならない。しかし、従来の開口面アンテナにおいては、大きな有効開口面積を得るためには物理的に大きなアンテナが必要になり、受電アンテナの小型化が困難であるという問題がある。本研究は、高次までの球面波合成の電磁界を用いることにより小型でありながら有効開口面積の大きな球形誘電体共振器アンテナを実現することを目的とする。

2 高次の球面波合成による指向性

高次の球面波合成による指向性について説明する。球面波はマクスウェル方程式の球座標系における直交基底関数である。それぞれの球面波の電界や磁界は、球ベッセル関数、ルジャンドル陪関数及び指数関数を用いて解析的に表現される。これまでの研究により、球面波を平面波の展開係数を用いた合成によって指向性を持つことが明らかとなった [1]。図1に球面波の基準電界強度を1 V/mとした場合における、次数ℓが1から10までの球面波の電磁界を足し合わせた合成球面波の電力密度分布を示す。各次数の球面波の合成によりz方向に指向性を持った放射が起こっていることがわかる。このような高次の球面波合成による指向性は無限小の波源が持つ指向性である。この指向性を小型アンテナとして実現するために球形誘電体共振器を用いる。

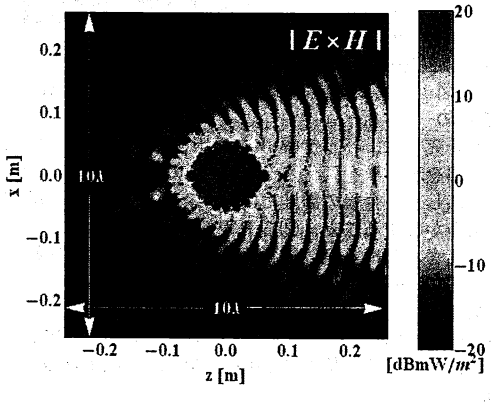

図1 合成による球面放射波の指向性

3 球形誘電体共振器の放射Q値解析

現在、球面波を放射する基本素子として球形誘電体共振器について検討を行っている。球面波を干渉させて指向性を得るためには、球形誘電体共振器の放射Q値を正確に把握する必要がある。固有値方程式を解くことにより放射Q値を解析的に求めることが出来る。真空中に置かれた半径aの誘電体共振器のTEモードの固有値方程式は式(1)で与えられる。

$$k_0 j_\ell h'_\ell - k_r j'_\ell h_\ell = 0 \tag{1}$$

ここで、$j_\ell = j_\ell(k_r a)$は球ベッセル関数、$h_\ell = h_\ell^{(2)}(k_0 a)$は第2種球ハンケル関数である。$\ell$はモードの次数を表す。また、$k_0 = \omega\sqrt{\mu\varepsilon_0}$、$k_r = \omega\sqrt{\mu\varepsilon_0\varepsilon_r}$は共振器外部と内部の波数を表す。式中のプライムは引数での微分を表している [2]。この式から実誘電率で複素共振周波数を求めることにより、共振器の放射Q値が求まる。

共振器に用いる誘電率を変化させてTE11モード固有値方程式を解き、5.8 GHzとなるような共振器の直径とそのときの放射Q値を求めた。その結果を図2に示す。誘電率が大きいほど放射Q値の値は大きくなり放射は起こり難い。共振器に用いる誘電率によって放射Q値の設計を行う。今後は解析解を用いて電磁界シミュレータや実験値の比較検討を行っていく予定である。

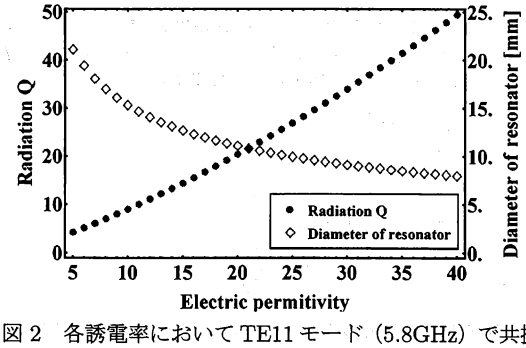

図2 各誘電率において TE11 モード (5.8GHz) で共振する共振器の直径とそのときの放射Q値

参考文献

[1] 松室尭之, 石川容平, 篠原真毅, "多重極輻射のエネルギー保存と運動量保存および角運動量に関する考察", 電子情報通信学会総合大会, 2012.3.20-23.

[2] 松原真理, 古神義則, 苫米地義郎, "ウィスパリングギャラリーモード誘電体球状共振器の共振特性", 信学論 (C), vol,J88-C, No.2, pp. 124-125, 2005.

Copyright © 2012 IEICE