

円板形結合共振アンテナの小形化とその応用

日大生産工 (院) ○野口 智也
日大生産工 坂口 浩一 関 智弘

1 まえがき

近年, 近距離でアンテナ間通信を行う要求がある (1). これに対応可能なアンテナの一つとして, 長谷部氏らによって報告された円板形結合共振アンテナがある (2) (3) (4). このアンテナは, マイクロストリップアンテナ正面放射方向に無給電素子を配列した簡単な構造で高利得, 狭指向性を有する特長がある. しかし, 1波長程度のアンテナ高さを持つため体積が大きくなるのが問題となるが, 小形化に関する検討は行われていない.

本報告では, 簡単な構造で狭指向性を有する円板形結合共振アンテナの小形化について検討する. すなわち, 誘電体を用いたアンテナの小形化と誘電体を用いることにより生ずるアンテナ特性への影響について検討する.

2 アンテナ構成

図1に, 文献(2)を参考とし誘電体を用いて構成した円板形結合共振アンテナの構造と解析に用いた座標系, 表1に寸法を示す. アンテナの各寸法は自由空間波長 λ_0 で正規化し, 放射利得が最大となるように調整している. 本アンテナを用いてアレー構成をする場合を考え, 電界の接地板裏側への回り込みを無くすため無限接地板とした. 本アンテナは, 高さ h , 半径 r の円形励振素子 D のマイクロストリップアンテナ(MSA)を, 接地板裏側から直接給電して励振素子としている. このMSAに半径 r_1 , r_2 の円形無給電素子 D_1 , D_2 を約半波長間隔 h_1 , h_2 で正面放射方向へ配列した構造をしている. なお, 給電点は x 軸上とし, x 軸方向へ偏波する直線偏波アンテナとなっている.

本アンテナは, 放射方向へ無給電素子を配列することで, 素子間の多重反射により共振器が形成され, 放射方向へ導波することで鋭い指向性が得られる.

3 アンテナ特性

解析には, アンテナ近傍の電磁界解析が, 誘電体を含み行えるFDTD法を用いた. 文献(2)は誘電体を用いていないため比誘電率は $\epsilon_r=1$ である. 本研究

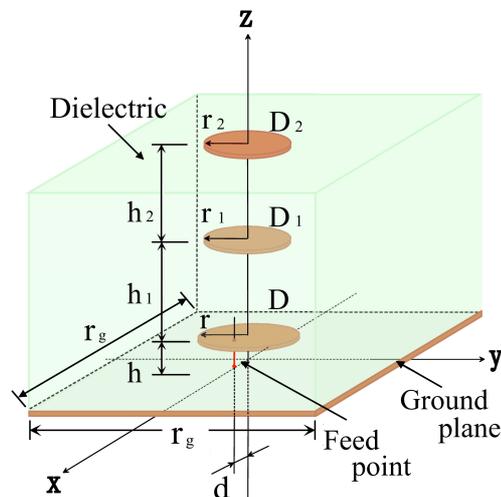
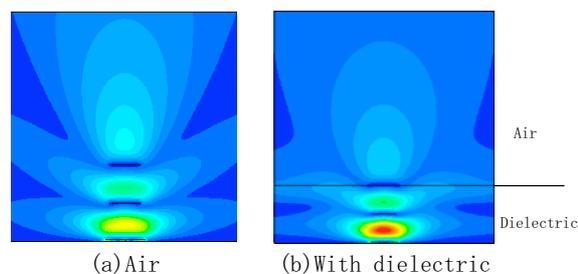


Fig. 1 Antenna structure

Table 1 Antenna parameters

dielectric	dimension (normalized by λ_0)					
	r	r_1	r_2	h	h_1	h_2
without	0.262	0.2	0.2	0.02	0.5	0.48
With ($\epsilon_r=2.55$)	0.16	0.135	0.16	0.016	0.317	0.331

Fig. 2 Field strength contour map (E_x)

では誘電体の影響を調べるため, 誘電体の値を変えて解析を行っているが, 本稿では $\epsilon_r=2.55$ とした場合の結果のみを示す.

3.1 誘電体が無限の広さを持つ場合

アンテナの小形化のため, 誘電体を用いたことの

A Study on Miniaturization of Disk Coupled Resonant Antenna

Tomoya NOGUCHI, Koichi SAKAGUCHI and Tomohiro SEKI

影響について調べた。図2(a), (b)は、基本となる誘電体を用いない場合(空気)とアンテナ全体を誘電体内(高さ $h + h_1 + h_2$, 広さ無限)に構成した場合の電界強度分布図である。空気に比べて誘電体を用いた場合、境界面での反射によりアンテナ内の電界強度が強くなっている。また、電界が境界面での屈折により境界を這うように伝搬するため電界が横方向に広がり、アンテナ上方の電界強度は弱まることわかる。

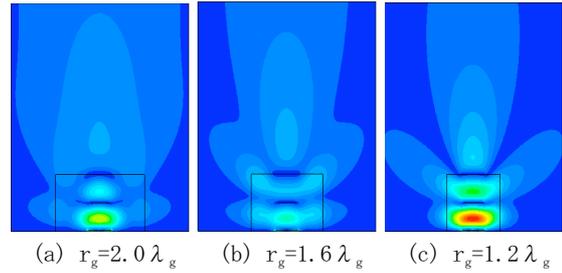


Fig.3 Field strength contour map (E_x)

3.2 誘電体の大きさを変化させた場合

誘電体の寸法がアンテナ特性に及ぼす影響について調べた。

図3(a)~(c)は、誘電体の大きさ r_g を変化させた場合の電界強度分布図である。 $r_g = 2.0 \lambda_g$ の場合、素子間の電界強度が強くアンテナ上方で広がった分布をしている。 $r_g = 2.0 \lambda_g$ と比べ $r_g = 1.6 \lambda_g$ は、素子間の電界強度が弱まるが、境界面付近で強く、やや鋭い分布となる。 $r_g = 1.2 \lambda_g$ では、素子間と境界面付近がさらに強くなることで、斜め方向へ分布する電界が強くなりアンテナ上方では弱くなる。このことから、誘電体を小さくするにつれ指向性は鋭くなるが、誘電体内に電界を溜め込んでしまうことから誘電体寸法 r_g の決定には注意が必要ことがわかる。

図4は、誘電体の大きさ r_g を変化させた場合のアンテナ上方に $2 \lambda_g$ 離れた点における正規化した電界強度を示す。なお、各 r_g 毎に整合を取り直している。本稿の場合、 $r_g = 1.5 \lambda_g$ から $2.0 \lambda_g$ では比較的高い電界強度が得られる。特に本稿の条件では $r_g = 1.8 \lambda_g$ のときに最も高い結果が得られた。

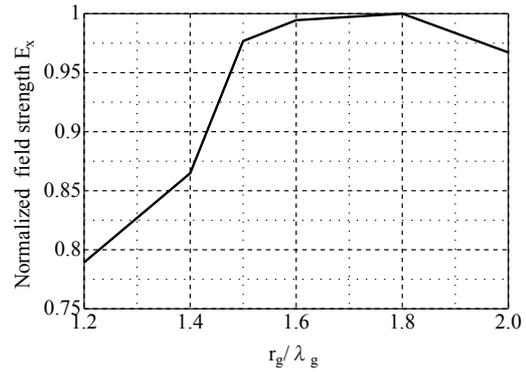


Fig.4 r_g / λ_g vs E_x

図5に、誘電体の大きさ r_g を変化させたときの動作周波数特性とリターンロス $RL < -10\text{dB}$ となる比帯域幅を示す。動作周波数は、電界強度の高くなる r_g の範囲では大きく変化しない。比帯域幅は、 $r_g = 1.5 \lambda_g$, $1.6 \lambda_g$ の場合は 3%以上となり、これらを中心として徐々に減少する傾向が得られた。

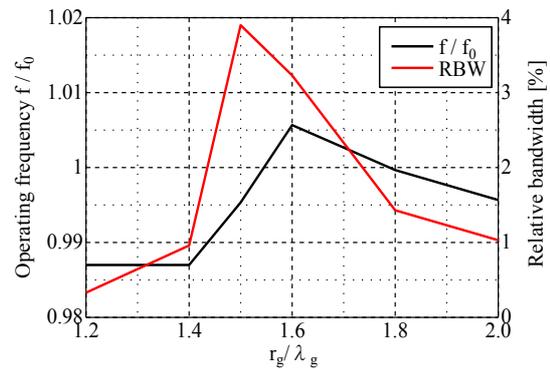


Fig.5 r_g / λ_g vs Operating frequency, relative bandwidth

以上の結果から、本稿の条件では誘電体を用い、その寸法を $r_g = 1.8 \lambda_g$ とすることによりアンテナ上方での電界強度が高く、比帯域幅は 1.43%と誘電体を用いない場合以上の特性が得られ、またアンテナ高さも約 33%の小形化となることがわかった。

4 まとめ

円板形結合共振アンテナに誘電体を用いることでアンテナの小形化ができる可能性を示した。また、誘電体の大きさ r_g を適切に選択することで放射利得が高められる可能性も示した。今後は、アレー化を含め検討する。

「参考文献」

- 1) 白井, 西森, 堅岡, 牧野, “LOS-MIMO 伝送における狭ビーム形成によるパラレル伝送について” 信学技報 113(300), vol.J62-B, pp.37-42, Nov.2013.
- 2) 長谷部, 平松, 増田, “円形パッチで励振した円板形結合共振アンテナ” 信学論(B), 通信, 70(1), pp.131-139, 1987-01.
- 3) 長谷部, 座間, “円板を用いた結合共振器構造の導波アンテナの近似理論” 信学論(B), J59-B, 4, pp.246-253, 昭 54-12.
- 4) N. Hasebe, T. Zama, “A coupled resonant directive antenna consisting of a dipole, a reflector, and disks” IEEE Transactions on Antenna and Propagation, Volume:2, pp.428-431, May 1977.