

M-22

準静電結合給電による間引き給電アレーアンテナのビーム走査

The Beam-steering of a Partially Driven Array Antenna Using Quasistatic Coupling feeding

○柴田国明<sup>1</sup> 細野裕行<sup>2</sup> 三枝健二<sup>3</sup> 高野忠<sup>3</sup>

Kuniaki Shibata<sup>1</sup> Hiroyuki Hosono<sup>2</sup> Kenji Saegusa<sup>3</sup> Tadashi Takano<sup>3</sup>

Abstract: In this paper, we study a new coupling technique between elements and a parasitic element of a partially driven array antenna. A feed element and a transmission line are coupled directly, but the gap is formed between a parasitic element and a transmission line. A parasitic element is excited by quasistatic coupling between the parasitic element and the transmission line. As a result, we can perform the desirable phase shift of the parasitic element. By numerical analysis we show that it is possible to steer the beam without a phase shifter on a parasitic element.

1. まえがき

大規模なアレーアンテナ(AA)の給電回路削減方法として間引き給電法が有効である[1]. 我々はこれまでに間引き給電法の低姿勢化を目標とし, 印刷ダイポールアンテナを 1 波長および半波長の伝送路で結合することで同位相で給電する方法についての検討を行った[2]. フェイズドアレーアンテナ(PAA)の位相器削減の方法として, 伝送路で直接結合した 3 素子の AA において, 両端の 2 素子に位相差給電することでビーム走査が可能である. しかし, 両端の給電素子同士の結合により各素子の位相を希望値に設定できないという問題点がある[3].

そこで本稿では, 間引き給電 AA における寄生素子と給電素子の新たな結合方法を検討する. その結果, 寄生素子の位相を制御でき, ビーム走査が可能であることを数値解析により示す.

2. 解析モデル

図 1 に解析モデルを示す. 素子 AB・CD・EF は, 半波長の長さを有する印刷ダイポールとする. 各素子の間隔はグレーティングローブを抑制するため  $0.5\lambda$ ( $\lambda$ :波長)とする. 素子 AB・EF に同一周波数, 振幅の電源  $e_1$ ・ $e_2$  を接続する. 素子 CD は AB および EF からの伝送路により給電する. このとき AB・CD 間にアイソレーションをもたせるために伝送路と CD との結合部に間隙をあけている. 素子より-z 軸方向約 4 mm に反射板を配置しており, その寸法は無窮大である. また, 基板の誘電率を 1 とし, 導体および反射板の厚みはないものとする.

解析周波数は 2.45 GHz とし, 図 1 に記載されているパラメータを変化させ最適な  $S_{11}$  および放射利得となる設計をモーメント法を用いて解析する.

3. 解析結果

$e_1$  を給電,  $e_2$  に 50  $\Omega$  を接続する.  $e_1$ ・ $e_2$  をそれぞれ

ポート 1・2 としたときの伝送・反射特性を図 2 に示す. 2.45 GHz 付近で  $S_{11}$  が -30 dB 以下となっていることがわかる. また  $S_{11}$  の -10 dB 比帯域は 1.9 % である.  $S_{21}$  においては 2.4~2.5 GHz で -30 dB 以下であり, ポート間でアイソレーションがとれていることがわかる.

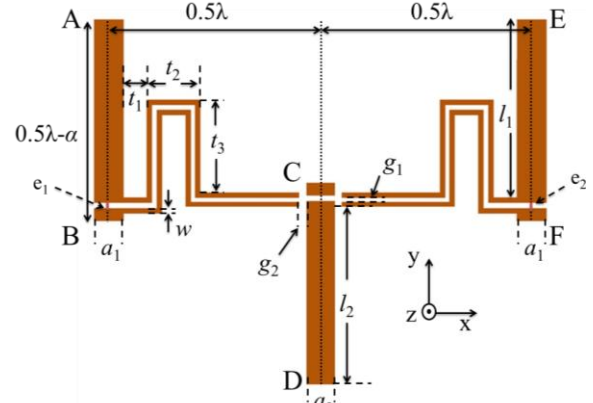


Fig.1 Analysis model

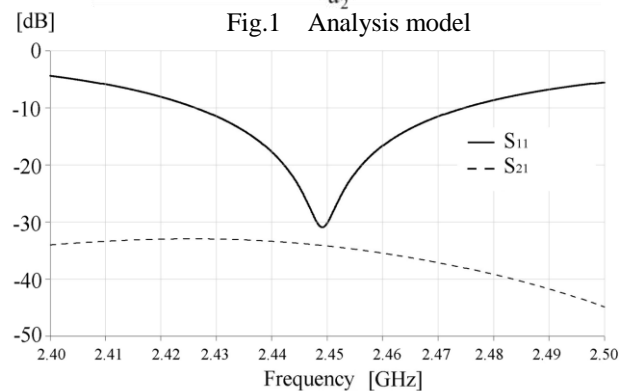


Fig.2 Simulated frequency response of the  $S_{11}$  and  $S_{21}$

次に  $e_1$ ・ $e_2$  に電源を接続し同時に給電する. 電源間の位相差  $\Delta$  を変化させて各素子の放射特性を検討する.

図 3 には位相差  $\Delta$  と放射パターンを示す. zx 面におけるパターンであり, z 軸を 0 度とする.  $\theta$  は x 軸正方向を+, 負方向を-の角度とする.  $\Delta = 0$  度では  $\theta = 0$  度がメインローブの方向であり値は 12.8 dBi である. サイドローブの最大値はメインローブより 18 dB 低い.  $\Delta = 60$  度では  $\theta = -10$  方向にビームが振れており利得は

12.5dBi である．サイドローブ最大値とメインローブの差は 12 dB である．

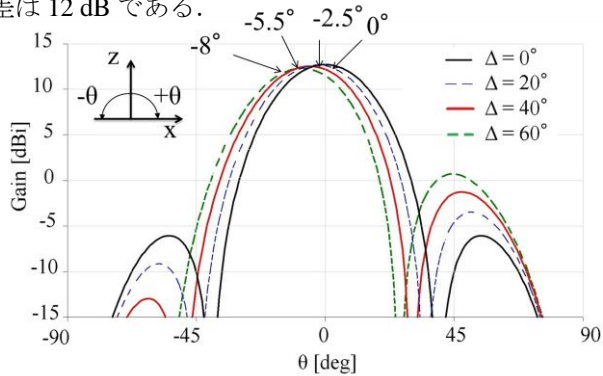


Fig.3 Beam steering performance

次に Fig.3 における，利得が最大となるビーム角度を用いてアレーファクタ(AF)が最大となる各素子間の位相差を求める．AFは素子の配置によって決まる指向性であり，AA 全体の指向性は各素子の指向性と AF との積である．このとき，K 個の同一素子からなるリニアアレーを考える．ある角度  $\theta_0$  で AF の大きさを最大にしたい場合， $k$  番目の素子に与える位相量  $\delta_k$  は次式のように選ぶ．

$$\delta_k = \frac{2\pi}{\lambda} d_k \sin \theta_0 \quad (1)$$

ここで  $d_k$  は素子間隔である．素子 AB~EF はそれぞれ  $k = 1 \sim 3$  に対応し，素子 AB の初期位相を 0 度とする．Fig.3 におけるビーム角度を式(1)に代入して求めた寄生素子の位相量  $\delta_2$  を表 1 に示す．電源の位相差  $\Delta$  を変化させるとそれに対応して  $\delta_2$  が変化している．また AF により求めた寄生素子の位相は電源に与えた位相の半値に近い．したがって，移相器のない寄生素子が両端の給電素子の中間値となるように励振されている．このとき，寄生素子が給電素子の結合により理想的に励振された場合，寄生素子の位相は素子 EF に与えた位相の半値となる．

Table.1 The phase calculated by the beam angle

Fig. 3		Equation (1)	
$\Delta$ [deg]	Main beam angle $\theta$ [deg]	The phase of parasitic element $\delta_2$ [deg]	Main beam angle $\theta_0$ [deg]
0	0	0	0
20	2.5	7.9	2.5
40	5.5	17	5.5
60	8	25	8

素子の位相分布の解析例として， $\Delta = 60$  度の結果を図 4 に示す．素子の位相の平均値は左側から 165 度・-175 度・-135 度である．素子 AB を基準とすると素子 CD の位相が 20 度，素子 EF の位相が 60 度である．給電素子間の位相差は 60 度であり，電源間に与え

た位相差  $\Delta$  と一致している．また，寄生素子の位相は 20 度であり，AF より求めた位相差 25 度に近い値を示している．このとき電源間の位相差が 60 度であるため各素子の位相差は 30 度となるはずである．しかし，AF より求めた位相差および解析結果の位相分布は違う値となった．この理由として伝送路の長さや素子幅によるものと考えられる．

図 5 に  $\Delta = 60$  度における電流分布を示す．両端の給電素子は同等な電流振幅を得ている．しかし，寄生素子のエッジ付近での電流振幅は給電素子の半値である．原因は電流の重ね合わせによる損失とギャップ給電によるものと考えられる．

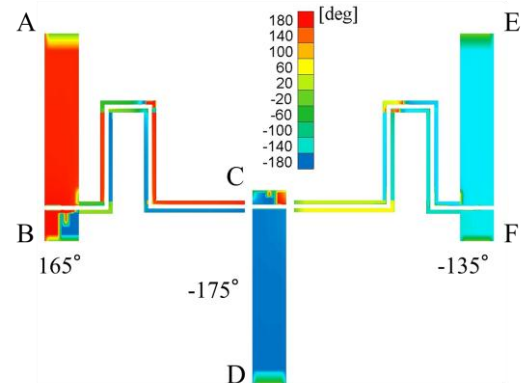


Fig.4 The phase of the current in the case of  $\Delta = 60^\circ$

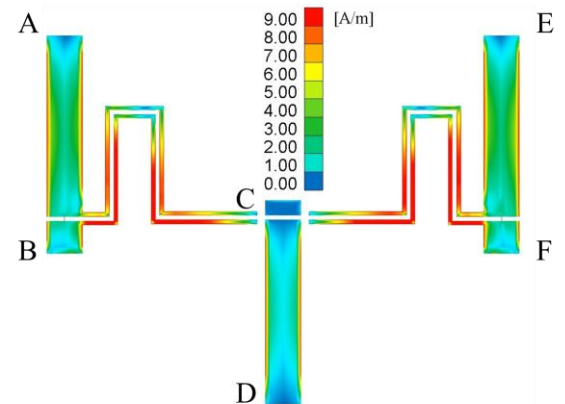


Fig.5 The distribution of current amplitude in the case of  $\Delta = 60^\circ$

#### 4. むすび

PAA の移相器削減法として，準静電結合型間引き AA を検討した．その結果，給電素子同士の結合を抑え寄生素子を励振させることができ，給電素子を簡略化できることを示した．今後は寄生素子の電流振幅の増加を課題とする．

#### 5. 参考文献

- [1] M. Okumura, T. Imura, N. Kamo, A. Sugawara and T. Takano, IET Microwaves, Antennas & Propagation, Vol. 2, no. 7, pp. 696-703, March 2008.
- [2] 柴田,細野,三枝,高野,信学技報, AP2013-3, April, 2013
- [3] 柴田,細野,三枝,高野,信学ソ大(通信),B-1-98, 2013