

M-22

平衡線路を用いた間引き給電アレーアンテナにおける平面バランの検討

Study of planar balun in Partial Driven Array Antenna using balanced line

○甲斐義規¹, 柴田国明², 三枝健二²Yoshiki Kai¹, Kuniaki Shibata², Kenji Saegusa²

Abstract : We investigate the planar balun in the thinned feed array antenna model composed of the half wavelength dipole antenna and confirm that the same performance as the bazooka balun model can be obtained.

1. まえがき

大規模なアレーアンテナを製作する際に、アンテナ素子数の増加につれて給電回路が増加する。その結果、回路自体が複雑となり、設計が困難になるだけでなく、総重量、コスト、サイズが増加する。そこで、給電回路の削減方法として間引き給電法が提案された^[1]。

先行研究では、T 整合ダイポールアンテナと平衡線路により間引き給電アレーアンテナ(以下、PDAA)を構成した。素子からの放射を制御し、ビーム走査が可能であることを実験により示した^[2]。しかし、平衡給電を行う上で、バズーカバランを使用しているため、製作に手間がかかる問題があった。

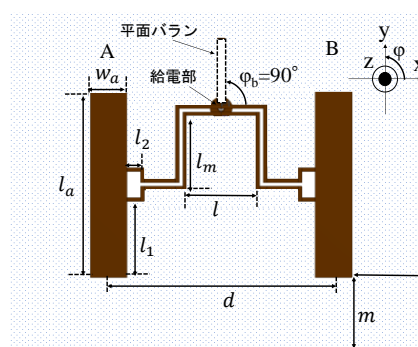
本稿では、PDAA におけるバランを基板上に作ることを目的とし、誘電体基板にバランと同等な働きを持つ、ストリップ線路(以下、平面バランと称す)の解析を行う。その結果、平面バランとバズーカバランの放射特性および電流分布が同等となることを示す。

2. アンテナ構成

解析を行う PDAA のモデルを図 1 に示す。放射 A, B は幅 10 mm の半波長ダイポールアンテナであり、 $\lambda/2$ の間隔で配置する。素子 A, B を伝送線路で接続する。なお、この図では基板を透過表示しており、基板の裏側にあるバランを表示している。各寸法パラメータは表 1 に記載する。設計周波数は 2.45 GHz とする。図 1(b)は側面図であり、基板のパラメータは市販の Diclad527 の値を適用し、基板と反射板との間に支持材としてペーパーハニカムコア(PHC)を使用する。

放射素子はセミリジッドケーブルを用いて給電する。漏れ電流を阻止するために、放射素子と基板を挟んだ裏面に平面バランを配置する。平面バランは長さ l_b の導線を介して短絡板と接続し、短絡板はセミリジッドケーブルの外導体と接続する。平面バランは、長さ l_c とし、 l_b と l_c の長さをバズーカバランと同様に約 $\lambda/4$ とすることで、漏れ電流を抑制する。

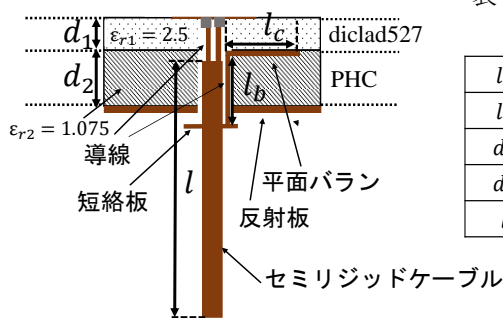
平面バランの取り付け角度 ϕ_b とし、 ϕ_b の角度を変更したときの特性を検討する。各寸法パラメータは表 2 に記載する。なお、平面バランの幅は 2 mm とする。解析には有限要素法に基づく Femtet を用いる。



(a)正面図

表 1 設計値

Unit[mm]	
w_a	1.0
l_1	21.0
l_2	3.7
l	18.9
l_m	20.5
d	61.2
m	22.0
l_a	10.0



(b)側面図

表 2 設計値

Unit[mm]	
l_b	2.0
l_c	17.5
d_1	0.33
d_2	5
l	45

図 1 PDAA モデル

3. 解析結果

はじめに、平面バランにより漏れ電流が阻止できているかを確認するため、セミリジッドケーブルの外導体における電流密度を解析し、図 2 にグラフを示す。なお、横軸 l は、セミリジッドケーブルの外導体とバランとの短絡位置からの距離である。

外部導体中の漏れ電流は $\phi_b = 90^\circ$ のとき最も小さく、次点で、 $\phi_b = 270^\circ$ である。伝送線路と平行な向きで $\phi_b = 0^\circ, 180^\circ$ では外導体中の電流値が大きく、漏れ電流が発生している。これは基板を挟んで裏側にある伝送路と電磁界結合の影響が考えられる。また、 $\phi_b = 270^\circ$ においても伝送線路との結合による漏れ電流が確認できる。従来のバズーカバランのモデルと $\phi_b = 90^\circ$ を比較すると、両者ともに漏れ電流を制御できているが、バズーカバランの方がより漏れ電流を抑制できている。

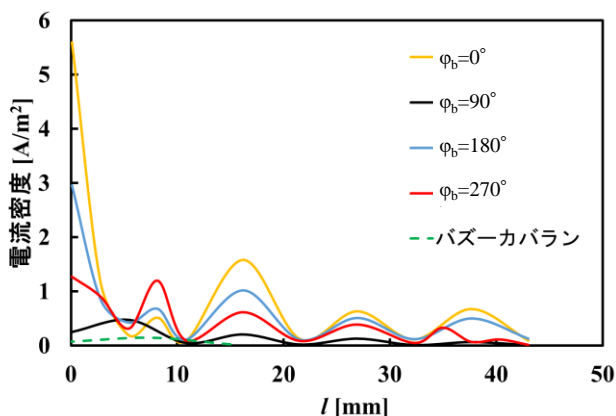


図 2 ϕ_b 変化による電流密度分布

図 3 に ϕ_b 変化による反射特性を示す。バズーカバランモデルと $\phi_b = 90^\circ, 270^\circ$ は周波数 2.45 GHz 付近で共振し、共に -20 dB 以下となる。-10 dB 帯域幅もバズーカバランと平面バランが同等な性能となる。しかし、 $\phi_b = 0^\circ, 180^\circ$ では反射が -10 dB 以下となる共振が起きていない。

次に、 ϕ_b 変化による放射パターンの変化を図 4 に示す。このとき、周波数は 2.45 GHz とする。 $\phi_b = 90^\circ, 270^\circ$ における放射パターンは、ほぼ一致しており、利得は約 10 dBi となる。バズーカバランと比較すると利得が 0.12 dB 低下し、サイドローブレベルが約 3 dB 低い。これは漏れ電流の影響による外導体からの放射や伝送路との相互結合による電流の平衡度の劣化、あるいは平面バランからののが考えられる。

4. むすび

PDAA において、基板裏側に約 $\lambda/4$ の平面バランを作成し、バズーカバランモデルとの比較を行った。その結果、平面バランがバズーカバランと近い漏れ電流の抑制作用と同等な反射特性および放射特性となることを示した。

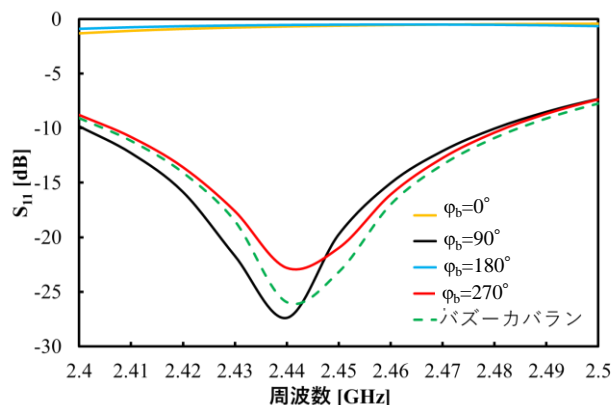


図 3 ϕ_b 変化による反射特性

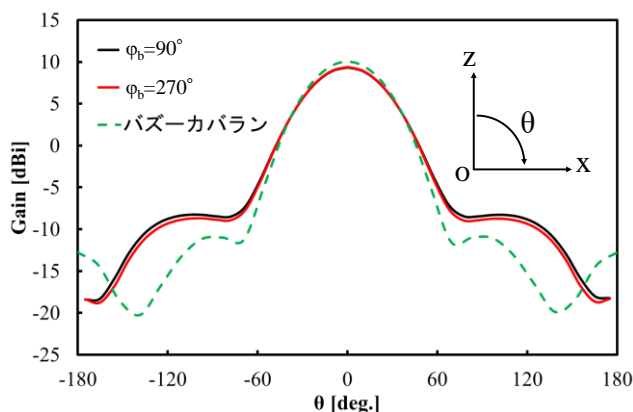


図 4 ϕ_b 変化による放射パターン

さらに、平面バランの取り付け角度についての検討を行い、伝送路に対して直交する方向にすることで、相互結合の影響を少なく平面バランを設計できることを示した。今後は、平面バランをパラメータの最適化と製作、実測を行う。

参考文献

- [1] M. Okumura, T. Imura, N. Kamo, A. Sugawara and T. Takano, “Theoretical and experimental study on a partially driven array antenna with simplified dipole elements” IET Microwaves, Antennas & Propagation, Vol.2, no.7, pp.696-703, March 2008.
- [2] 柴田国明, 三枝健二, 高野忠, “平衡線路で結合した間引き給電アレーアンテナの試作と検討” 電子情報通信学会論文誌, J100-B, No.9, Sep. 2017