

Simulation of 1.5 m Solar Cooker Dish with Pyramidal Horn Feed

Yoshiyuki Takeyasu / JA6XKQ

角錐ホーン給電 1.5 m ソーラークッカー・アンテナのシミュレーション

武安義幸 / JA6XKQ

先に設計/シミュレーションした角錐ホーンを 1.5 m ソーラークッカー反射板に組み込み、パラボラ・アンテナとして仕上げる際の要点と総合的な性能をシミュレーションで確認する。

はじめに

先に設計/シミュレーションした角錐ホーン・アンテナ [1] を 1.5 m ソーラークッカー反射板に組み込むにあたっては、下記のポイントに配慮しなくてはならない。

- 1 フィードの位相中心 (Phase Center) と焦点合わせ
- 2 地理的な偏波回転 (Geometric polarization offset / rotation) [2] の調整機構
- 3 給電系のロスを最小とする LNB (Low Noise Block-converter), 送信パワーアンプ, 送受信切替器等モジュール類の配置
- 4 給電系のサポート

2 から 4 項を考慮した結果、角錐ホーンおよび送受信モジュール類を直径 325 mm の円盤上に配置する実例がある [3]。角錐ホーンの背面に円盤を配置した形状で 1 項の焦点合わせをシミュレーションすることで、パラボラ・アンテナとして仕上げる実工程を最短としたい。また、円盤の直径が約 10 波長であることから遮蔽損失が懸念されるので、総合的な性能をシミュレーションで推定したい。カセグレン型パラボラ・アンテナの副鏡サイズは、反射鏡として作用するには最低で 10 波長以上と言われていること [4]、また、1.5 m の主鏡との比率が大きいことが、遮蔽損失を懸念する理由である。

NEC2++ [5] を用いて、円盤付き角錐ホーンのラジエーション・パターンとその位相中心、および、焦点合わせとゲイン変化について計算する。

円盤付き角錐ホーン

円盤付き角錐ホーンのシミュレーション・モデルを 図-1 に示す。なお、円盤のセグメント・サイズは表示のために大きくしているが、シミュレーションでは計算精度向上のために十分小さいサイズとしている。計算されたラジエーション・パターンを 図-2 に示す。比較のために、円盤無しの角錐ホーン単体のラジエーションパターン [1] を 図-3 に示す。

ラジエーション・パターンの位相特性から計算した位相中心を下表にまとめる。

角錐ホーン	E 面 (mm)	H 面 (mm)	平均 (mm)
円盤付き	+17	+4	+10.5
円盤無し	+1.5	-0.5	+0.5

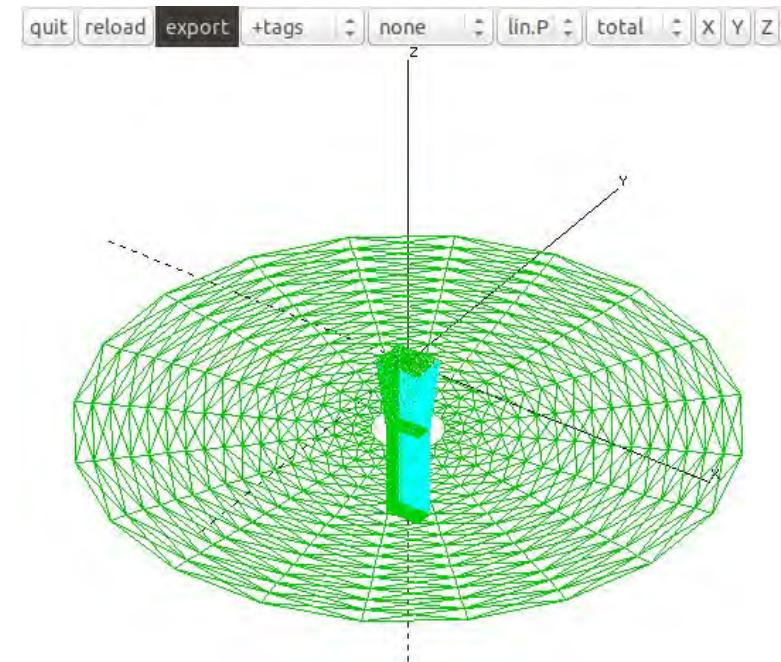


図-1：円盤付き角錐ホーンのシミュレーション・モデル

焦点合わせとゲイン変化

パラボラ反射板の焦点とフィードの位相中心とのずれに対する、いわゆる焦点合わせでのゲイン変化をシミュレーションした結果を 図-4 に示す。シミュレーションのモデルを図-5 に示す。

考察

ラジエーション・パターンについて 図-2 と 図-3 を比較すると、円盤付きではメイン・ロープ内にリップルが生じておらず、また、リア・ロープが抑圧されている。これらは、円盤が反射板として作用することで後方への放射が減少し、ホーン開口からの主放射波に反射波が干渉していると理解される。

このラジエーション・パターンの変化によるパラボラ反射板へのフィードの照射効率の変化

を W1GHZ の PHASEPAT32 [6] で解析する。PHASEPAT32 での計算では、位相中心のズレは、図-4 でのゲイン最良点の位置とした。PHASEPAT32 の計算結果を 図-6 および 図-7 に示す。ターゲットである $f/D = 0.4$ での各種効率は下表のとおり。

角錐ホーン	Total (%)	Illumination (%)	Spillover (%)	Blockage (%)	Phase (%)
円盤付き	64	91	84	85	63
円盤無し	71	88	81	99	71

円盤が付くことで総合効率が 71 % から 64 % に低下しており、ゲインで換算すると 0.45 dB の低下が見込まれる。

次に、パラボラ・アンテナを仕上げる際の課題である「フィードを何処に置くか？」、すなわち、焦点合わせについて考察する。円盤が付くことで位相中心が円盤無しの角錐ホーン単体から変化していることが課題をより難しいものにしている。E 面と H 面のそれぞれ

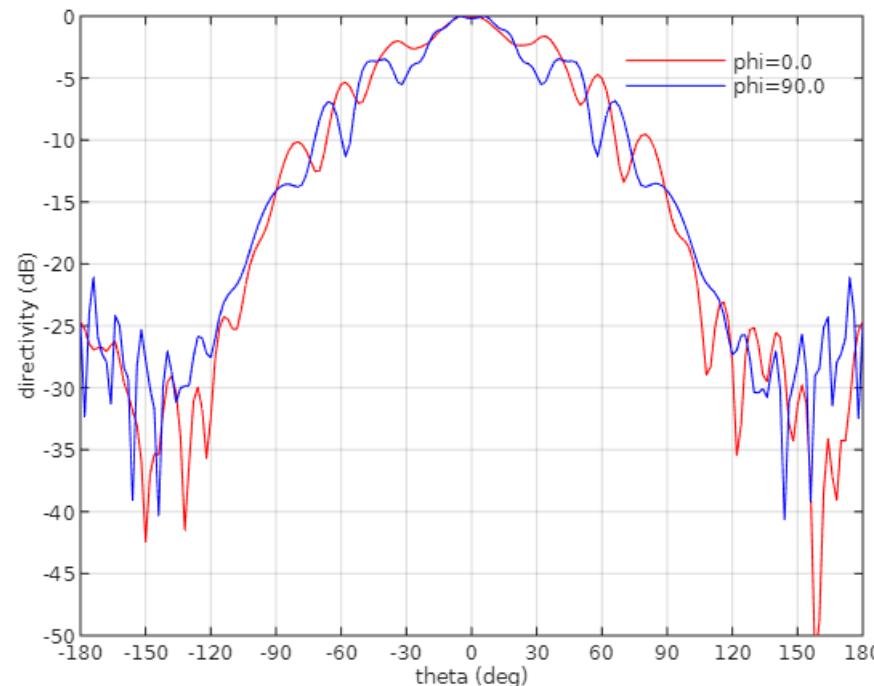


図-2：円盤付き角錐ホーンのラジエーション・パターン

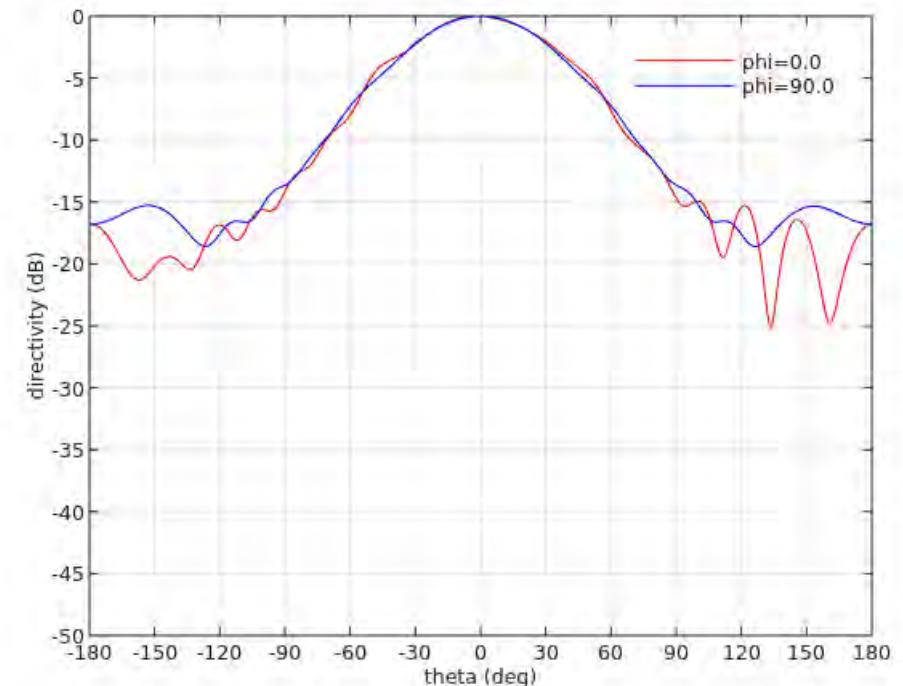


図-3：円盤無し角錐ホーンのラジエーション・パターン

の位相中は円盤無しの場合は比較的近いポジションにあるが、円盤付きの場合は大きく異なるポジションとなっている。ホーン単体で位相中心を論ずる場合、E面とH面の平均値をホーンの位相中心と定義することがあるが[7]、図-4から判断されるように、最良点は平均値ではなく、H面の+4 mmである。そして、同じく図-4が示すように、円盤付きの場合は焦点合わせのエラーに対するゲイン劣化が著しい。逆の視点から言えば、角錐ホーン単体の場合は焦点合わせのベスト・ポジションが解り辛いが、円盤付きの場合はベスト・ポジションを調整(試行錯誤)で追い込むことができるかもしれない。

図-4によると、焦点合わせの結果、円盤の有無でのゲイン差は0.5 dBである。前述のPHASEPAT32の結果では0.45 dBであり、両者は良い一致を示している。一方、単純な遮蔽面積比($1.5 \text{ m}\phi$ 対 $0.325 \text{ m}\phi$)での計算値は0.2 dBであり、遮蔽損失の他にPHASEPAT32が計算に含めている各種要素を考慮すべきと理解される。

最後に、図-4の最良点でのラジエーション・パターンを図-8および図-9に示す。

まとめ

- 直径325 mmの円盤を付けた角錐ホーンの位相中心は開口面外側の4 mm
- この位置をパラボラ反射板の焦点に合わせる
- 位置調整する場合は、上記位置の±4 mmを探ればピークを判別できる
- フィード系をサポートする325 mm ϕ 円盤によるゲイン低下は約0.5 dBと推定

//
☆

quit reload export +tags none lin.P total X Y Z

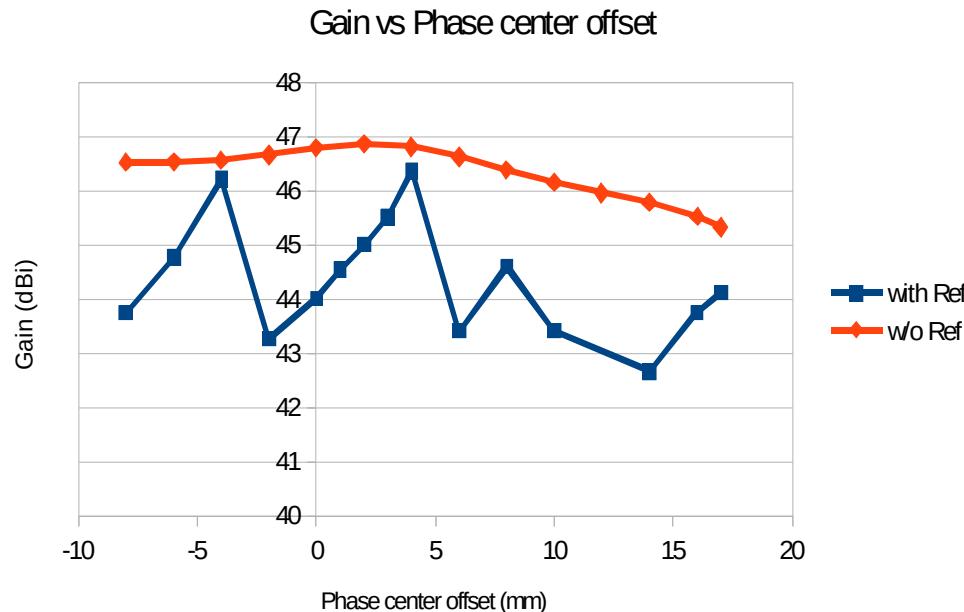


図-4：ゲイン対位相中心オフセット

(C) 2026, Yoshiyuki Takeyasu / JA6XKQ

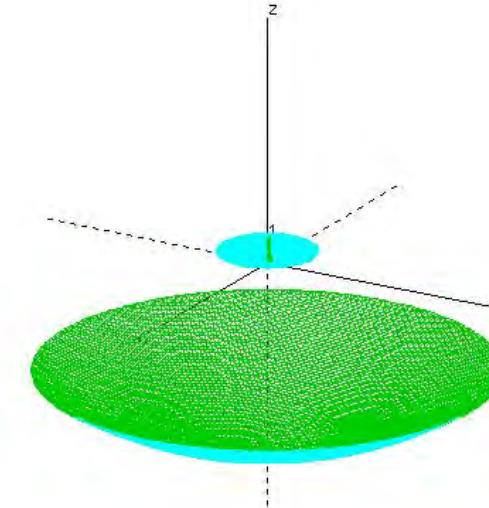


図-5：パラボラ・アンテナ総合でのシミュレーション・モデル

(C) 2026, Yoshiyuki Takeyasu / JA6XKQ

Pyramidal Horn with Circular Disk

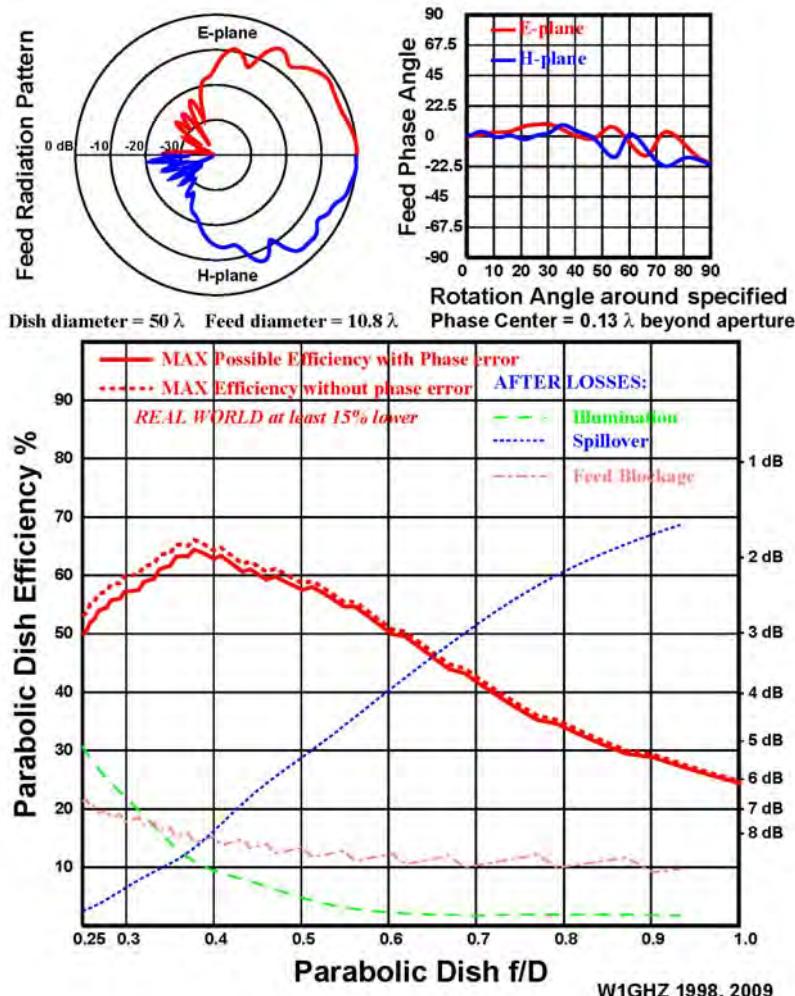


図-6：円盤付き角錐ホーンの照射効率

Pyramidal Horn

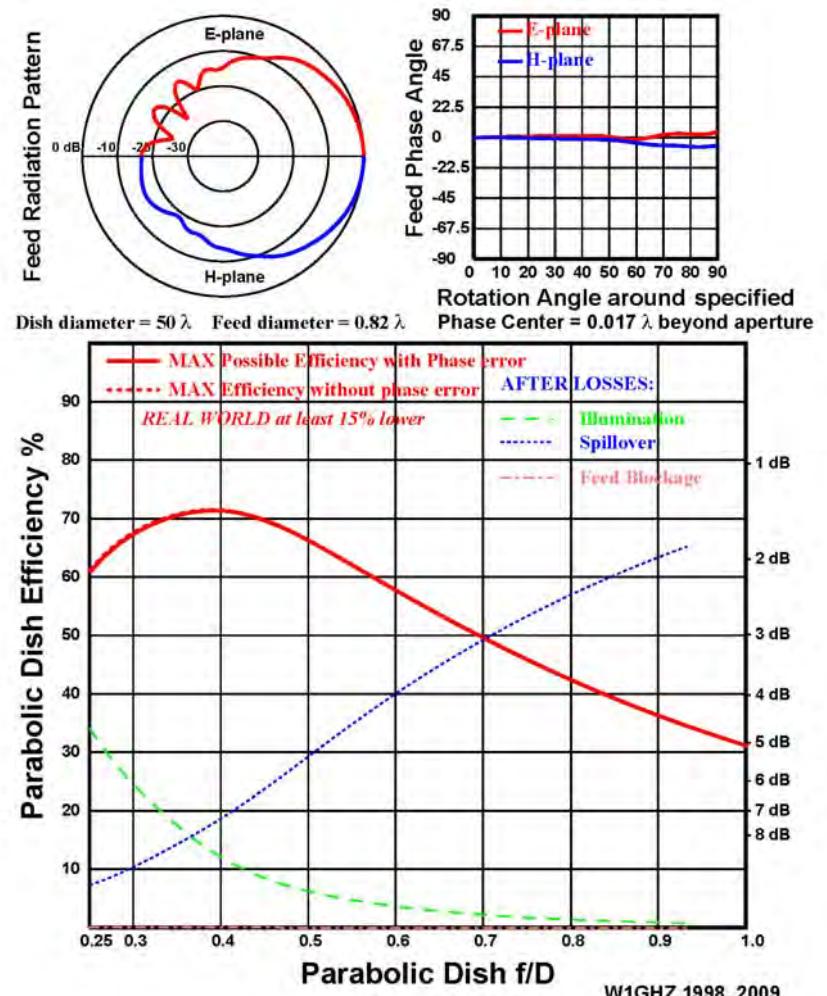


図-7：円盤無し角錐ホーンの照射効率

参考文献

[1] 武安義幸, JA6XKQ, “角錐ホーン・アンテナのシミュレーション,” 2026/01/08.
http://www.terra.dti.ne.jp/~takeyasu/Pyramidal_Horn_Antenna_1.pdf

[2] Miroslav Kasal, OK2AQ, “Reception of Weak Radio Signals from Space,” John Wiley & Sons, 2025/08/04.

[3] 追い星, “10GHzEMEで遊んでみる-16 全体構想,” 2026/01/25.
<https://samy9900.livedoor.blog/archives/30364578.html>

[4] Paul Wade, W1GHZ, “Multiple Reflector Dish Antennas,” EME2004.
http://w1ghz.org/antbook/conf/Multiple_reflector_antennas.pdf

[5] Timothy C.A. Molteno, “NEC2++: An NEC-2 compatible Numerical Electromagnetics Code,” Electronics Technical Reports No. 2014-3, ISSN 1172-496X, October 2014.

<https://github.com/tmolteno/necpp>

[6] Paul Wade, W1GHZ, “PHASEPAT32.exe.”
<https://www.w1ghz.org/software/phasepat32.zip>

[7] 武安義幸, JA6XKQ, “ホーン・アンテナの位相中心,” 2015/09/23.
http://www.terra.dti.ne.jp/~takeyasu/Nec2ppPhaseCenter_1.pdf

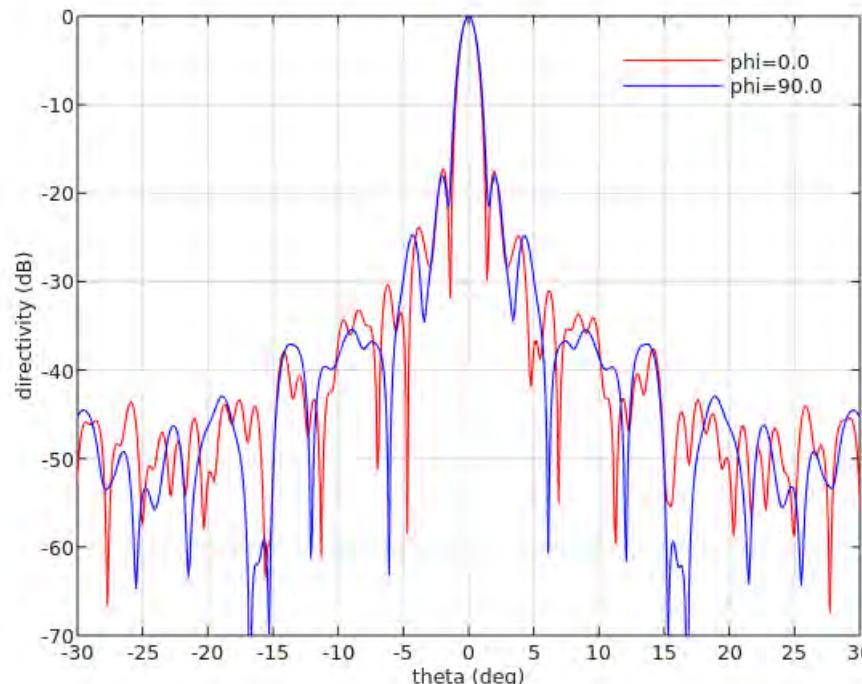


図-8：円盤付き角錐ホーン給電パラボラのラジエーション・パターン

(C) 2026, Yoshiyuki Takeyasu / JA6XKQ

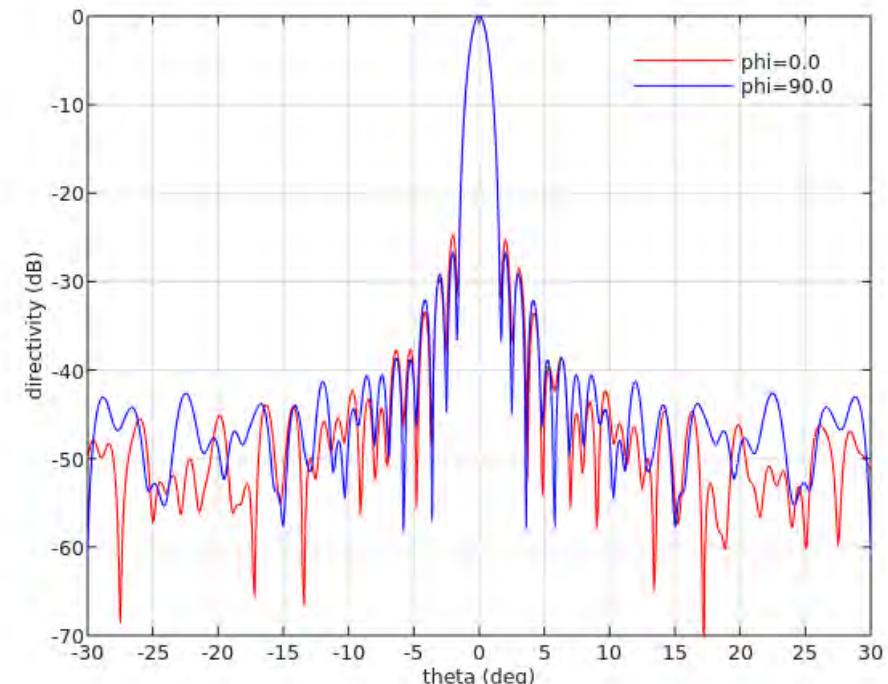


図-9：円盤無し角錐ホーン給電パラボラのラジエーション・パターン

(C) 2026, Yoshiyuki Takeyasu / JA6XKQ