

Simulation of Offset Reflector Antennas using NEC2++
A Consideration on Size of Surface-patch #2
Yoshiyuki Takeyasu / JA6XKQ

NEC2++ を用いたオフセット型反射アンテナのシミュレーション
サーフェス・パッチのサイズについての考察 #2
武安義幸 / JA6XKQ

NEC2++ を用いたオフセット型反射アンテナのシミュレーションにおいて、モデルの Surface Patch のサイズがシミュレーション結果に与える影響を考察した [1]。しかし、コンピュータ・リソースの制約から、Surface Patch のサイズを見極めることができなかった。今般、コンピュータ・リソースを拡張し、シミュレーションに必要とする Surface Patch のサイズを見極めることができた。

はじめに

NEC2++ で Surface Patch を用いたシミュレーションでは、その結果が Surface Patch のサイズに依存することを経験してきた [2] [3]。Surface Patch のサイズを小さくすれば結果のラジエーション・パターンに生じる不可解な特性が減少することは判明している。Surface Patch のサイズを小さくする、すなわち、シミュレーション・モデルの規模を大きくするにはコンピュータ・リソースの CPU 処理能力とメモリ容量の増強が必要となる。前回 [1] は 384 GB の RAM メモリ容量が制約となり、Surface Patch のサイズを見極めることができなかった。

2016 年の前回 [1] に用いたコンピュータ・リソースは 2025 年の現在では甚だ旧式であるが、処理能力的にまだ使用に耐えるものであり、旧式という観点から RAM メモリ・モジュールを安価に準備することが可能となった。そこで、RAM メモリ容量を最大搭載容量である 768 GB まで増強して Surface Patch サイズを見極める。

オフセット型反射アンテナの設計パラメータ

カセグレン型とグレゴリアン型の設計パラメータを 表-1 にまとめる。これらの設計パラメータの定義と数値は先のシミュレーション [1] [4] と同じである。

シミュレーション・モデル

フィード・ホーン・アンテナには 3 セクション・コニカル・ホーン [5] を用い、モデルは [5] に示す手法にて Surface Patch で構成する。サブ・リフレクタとメイン・リフレクタは Open-SCAD を用いる手法 [6] にて同様に Surface Patch で構成する。

シミュレーション・モデルの構成要素を 表-2 にまとめる。フィード・ホーンとサブ・リフレクタの Surface Patch サイズは前回同様 [1] にモデル生成指針 [7] の 0.2λ 以下とする。一方、メイン・リフレクタの Surface Patch サイズは 768 GB の RAM メモリ容量に収まる範囲で、できるだけ細かくなるようにモデルを生成する。表-2 の Case-3 は前回 [1] のモデルであり、今回のモデル Case-4 と Case-5 は前回からの連番としている。

Parameter	Cassegrain	Gregorian
D	100 λ	100 λ
dc	10 λ	10 λ
Vs	15 λ	15 λ
do	79.41 λ	58.70 λ
σ	-1	+1
L	95 λ	95 λ
F	107.25 λ	82.84 λ
β	10.11 deg	5.44 deg
θ_o	40.63 deg	39.02 deg
e	2.52	0.49
α	23.15 deg	-15.87 deg
θ_u	62.21 deg	66.54 deg
θ_L	15.62 deg	6.01 deg
c	16.86 λ	13.39 λ
θ_e	11.89 deg	11.95 deg
a	6.69 λ	27.25 λ
b	15.48 λ	30.37 λ

表-1 : オフセット型反射アンテナの設計パラメータ

Surface Patch サイズの決定はオフセット・カセグレン型において 0.49 λ を試して RAM メモリの消費量を把握し、0.45 λ であれば 768 GB に対して若干の余裕をもってシミュレーションを実行可能と判断した。オフセット・グレゴリアン型については、オフセット・カセグレン型に倣って 0.45 λ のみのシミュレーションとした。

シミュレーション結果

オフセット・カセグレン型のシミュレーション結果を図-2 および 図-3 に、オフセット・グレゴリアン型の結果を図-5 に示す。なお、図-1 および 図-4 には、比較のために前回 [1] Case-3 の結果を示す。また、ゲイン特性を表-3 にまとめる。

シミュレーションに要した最大の RAM メモリ消費量はオフセット・カセグレン型の Case-5 において約 686 GB で、その計算時間は Intel Xeon E5-2670 v3 (12 core @ 2.3 GHz) × 2 CPU により約 15 時間 54 分であった。

Sub System	Surface Patch	Cassegrain			Gregorian	
		Case-3	Case-4	Case-5	Case-3	Case-4
Feed Horn	Shape	Quadrilateral			Quadrilateral	
	Size	0.2 λ			0.2 λ	
	Number	5,000			5,000	
Sub Reflector	Shape	Triangular			Triangular	
	Size	0.14 λ			0.19 λ	
	Number	15,496			12,624	
Main Reflector	Shape	Triangular			Triangular	
	Size	0.57 λ	0.49 λ	0.45 λ	0.66 λ	0.45 λ
	Number	55,553	72,490	85,757	50,897	85,866

表-2 ： シミュレーション・モデルの構成要素

考察

表-3 のゲイン特性に示すように、Surface Patch のサイズをより細かくした今回のケースにおいて、有意なゲインの変化は認められない。NEC2++ でのゲイン算出は輻射パターンを基にしており、算出に支配的であるメイン・ローブのパターンが Surface Patch サイズでほとんど変化していないことに起因すると考えられる。

一方、図-1 ~ 図-5 に示すように、Theta 角度 -150 ° ~ -60 ° の輻射パターンに大きな変化が認められる。Surface Patch のサイズが 0.49 λ 以下の今回のケースでは、当該領域での輻射がほぼ無くなっている。前回考察したように [1]、Surface Patch サイズに依存するためにメイン・リフレクタのエッジ近辺からの輻射を正しくシミュレーションできていなかった事象、すなわち「偽像」が、Surface Patch サイズを十分に細かくしたことで解消されたと理解する。

まとめ

2016 年のシミュレーション [1] にて、「NEC2++ を用いて Surface Patch を単純に小さくすることで近似精度を上げるには、計算機リソースとのイタチごっこで際限が無い」と結論づけた。当時は「際限が無い」と考えた領域に時代遅れな「巨艦大砲」で挑み、シミュレーションに必要とする Surface Patch のサイズを見極めることができた。シミュレーション・ツールの課題を解消できたので、シミュレーションの所期の目的である「サブ・リフレクタの反射効率と遮蔽損失のせめぎあいの検証」や「“水口の条件”と交差偏波の発生具合」等の課題に戻らねばならない。

//

	Cassegrain			Gregorian	
	Case-3	Case-4	Case-5	Case-3	Case-4
Gain (dBi)	48.74	48.74	48.74	48.08	48.08

表-3 ： ゲイン特性

参考文献

- [1] 武安義幸, JA6XKQ, “NEC2++ を用いたオフセット型反射アンテナのシミュレーションサーフェス・パッチのサイズについての考察,” 2016.
http://www.terra.dti.ne.jp/~takeyasu/Offset_Cas_Greg_NoOfPatch_1.pdf
- [2] 武安義幸, JA6XKQ, “NEC2++ によるホーン・アンテナのシミュレーション,” 2011.
<http://www.terra.dti.ne.jp/~takeyasu/Nec2pp3SecHorn.pdf>
- [3] 武安義幸, JA6XKQ, “NEC2++ を用いたカセグレン・アンテナのシミュレーション,” 2015.
http://www.terra.dti.ne.jp/~takeyasu/Nec2ppMainRef_1.pdf
- [4] 武安義幸, JA6XKQ, “NEC2++ を用いたオフセット型反射アンテナのシミュレーション,” 2016.
http://www.terra.dti.ne.jp/~takeyasu/Offset_Cas_Greg_1.pdf
- [5] 武安義幸, JA6XKQ, “NEC2++ によるホーン・アンテナのシミュレーション,” 2011.
<http://www.terra.dti.ne.jp/~takeyasu/Nec2pp3SecHorn.pdf>
- [6] 武安義幸, JA6XKQ, “OpenSCAD によるNEC2 モデル生成,” 2016.
http://www.terra.dti.ne.jp/~takeyasu/OpenScad_Nec2_2.pdf
- [7] Burke, B. J., and Poggio, A. J., “NUMERICAL ELECTROMAGNETICS CODE (NEC9 METHOD OF MOMENTS, PART III: USER S GUIDE,” 1981.

追記 (第三版) - 他のシミュレーション方式との比較検証

本稿の“まとめ”にて「シミュレーションに必要とする Surface Patch のサイズを見極めることができた」と結論付けたが、それは早計である。他のシミュレーション方式による先例との比較検証無しには、本稿での結果の正当性を論ずることはできない。一連のシミュレーションにおいてオフセット型反射アンテナの参考とした文献 [8] に掲載されている設計事例を本稿でのシミュレーション手法でトレースし、参考文献の結果と比較検証したい。

- [8] Zaw, Zaw Oo, E-P. Li, and L-W. Li. "Analysis and design on aperture antenna systems with large electrical size using multilevel fast multipole method." Journal of electromagnetic waves and applications 19.11 (2005): 1485-1500.
<http://ie-uestc.org/lwli/Publications/Journals/J-240.pdf>

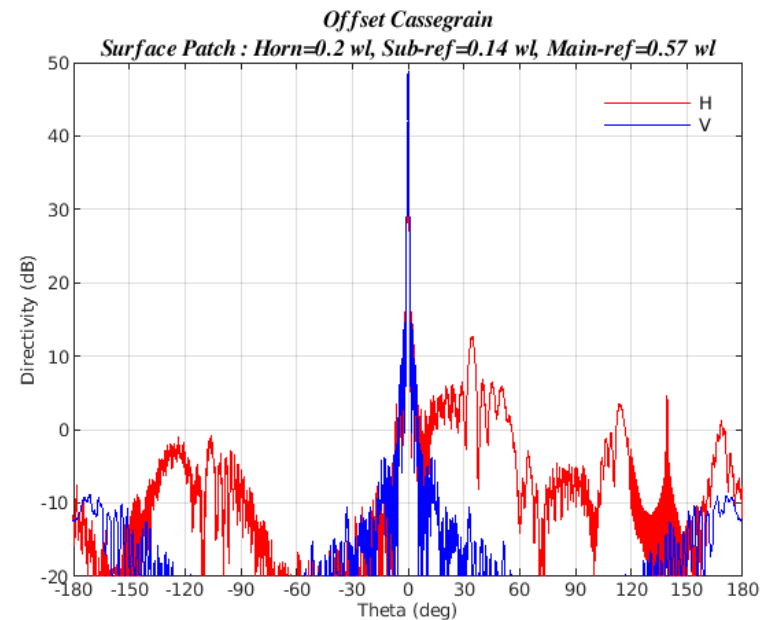


図-1 : オフセット・カセグレン型の輻射パターン (Case-3 : 0.57λ)

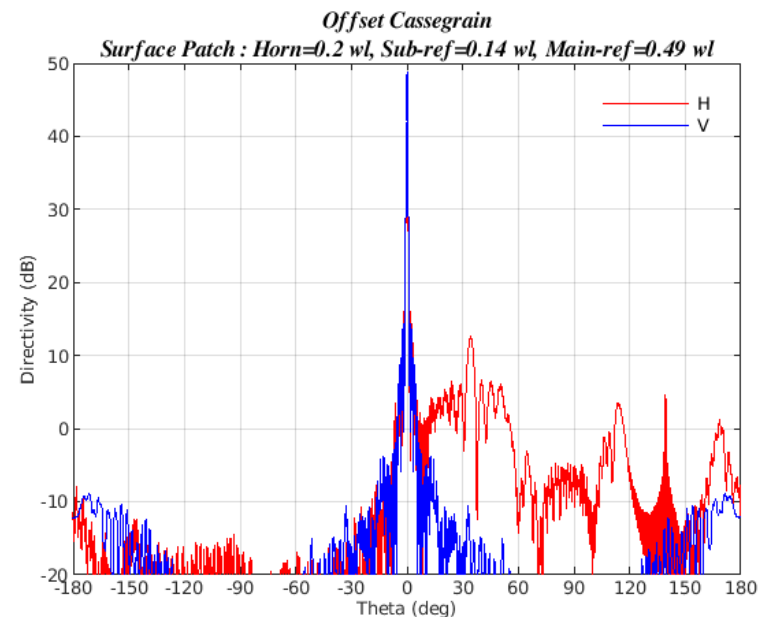


図-2 : オフセット・カセグレン型の輻射パターン (Case-4 : 0.49λ)

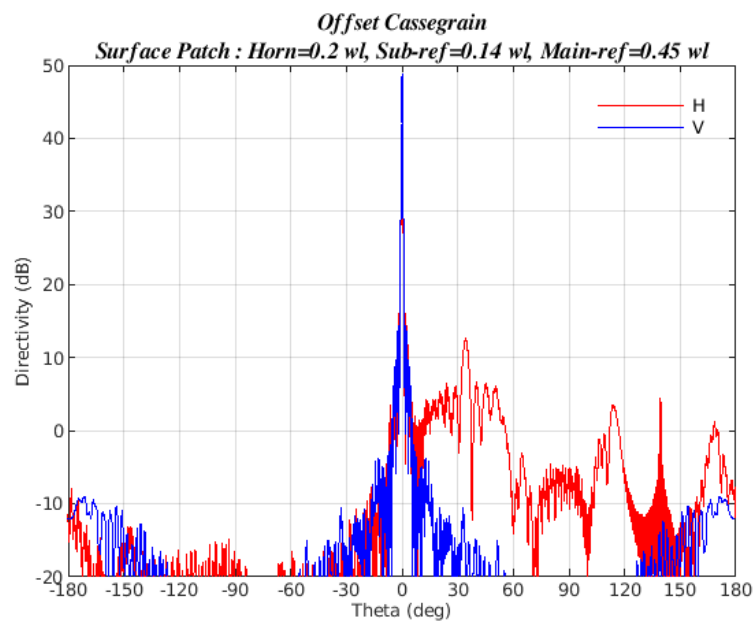


図-3 : オフセット・カセグレン型の輻射パターン (Case-5 : 0.45λ)

(C) 2025, Yoshiyuki Takeyasu / JA6XKQ

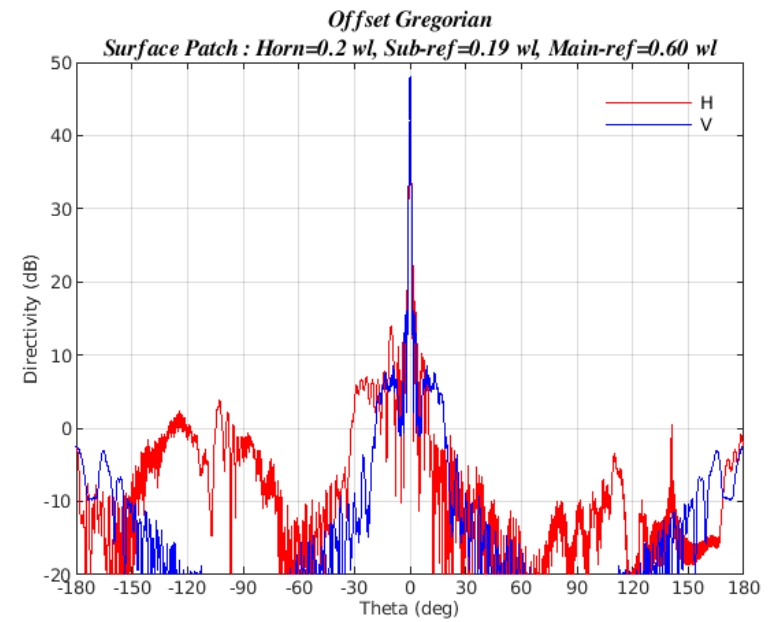


図-4 : オフセット・グレゴリアン型の輻射パターン (Case-3 : 0.66λ)

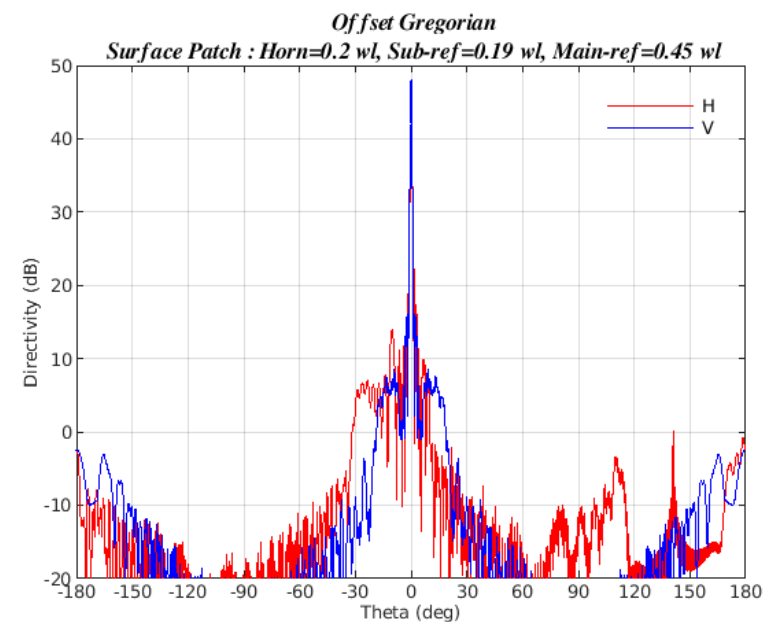


図-5 : オフセット・グレゴリアン型の輻射パターン (Case-4 : 0.45λ)

(C) 2025, Yoshiyuki Takeyasu / JA6XKQ