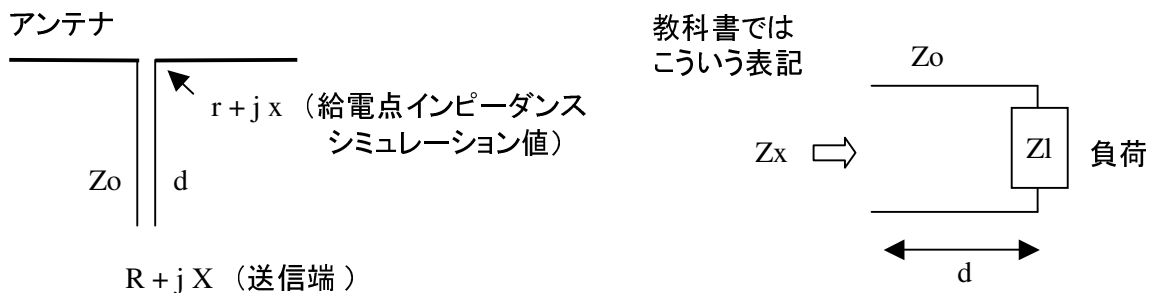


## 1. 目的

家の敷地が狭いのでオールバンドに出られるアンテナとしては、平衡フィーダーを使ったアンテナとアンテナカプラの使用が良さそうだと思います。今回少し数値的なことを考えてみました。アンテナのシミュレーションはMMANAというシミュレータを使用しました。この場合フィーダー込みでシミュレーションされますので、フィーダーの長さや特性インピーダンスを変えたときに、アンテナ定義を変えなくてはなりません。これは非効率なので、アンテナの形状を決めると給電点インピーダンスが決まるので、そこでフィーダーを換えたら送信端のインピーダンスやVSWRがどうなるかを見ました。最終的にはあまり実用にはなりませんでした(計算結果が出たから何?、またアンテナがフィーダーに及ぼす影響があったときに計算できない)、私個人の勉強にはなりました。



## 2. 計算

負荷インピーダンス  $Z_l$  から距離  $d$  の位置にあるインピーダンスを  $Z_x$  とした時には、

$$Z_x = Z_0 \{ Z_l \cos(2\pi d/\lambda) + j Z_0 \sin(2\pi d/\lambda) \} / \{ Z_0 \cos(2\pi d/\lambda) + j Z_l \sin(2\pi d/\lambda) \}$$


ここで  $Z_l$  : 負荷インピーダンス。添え字の  $l$  は小文字の“エル”。

$d$  : 短縮率を考慮したケーブル(=フィーダー)長

$Z_0$  : ケーブルの特性インピーダンス

これを  $Z_l = r + jx$  として整理して(付1.)、Excelに入力しました。

また  $Z_0$  とアンテナ間のVSWRも計算させました。アンテナのシミュレーション結果(page9)に適用して、次のようになりました。(付2. のアンテナに600Ω,15mのケーブルをつないだ場合)

				ケーブル	短縮率		1				
					Zo		600 Ω				
					長さ		15 m				
Band MHz	周波数 MHz	アンテナ給電点 (Zl)		-	送信端 (Zx)		VSWR @ Zo	計算 途中値 A	計算 途中値 2πd/λ		
		r Ω	jx Ω		R Ω	jX Ω					
1.9	1.91	1.143	-1588.130		0.212	-418.558	4202.62	0.6848	0.6005		
3.5	3.55	6.509	-574.834		3.852	220.388	176.79	2.0452	1.116		
7	7.1	137.452	761.466		52.002	2.175	11.54	-1.285	2.2321		
10	10.13	3929.570	-4919.270		2060.624	-4045.959	16.91	0.0431	3.1846		
14	14.2	72.232	-415.643		84.494	512.020	12.33	3.9453	4.4641		
18	18.11	373.402	1038.670		111.866	316.722	6.90	-0.669	5.6934		
21	21.2	863.668	-1959.420		176.795	-788.067	9.44	0.4013	6.6648		
24	24.93	201.711	-105.511		1344.690	759.719	3.08	60.348	7.8374		
29	28.5	1519.920	493.982		526.689	610.271	2.84	-0.502	8.9597		

色の付いたセルに値を入力する。Bandは単に表示のみ。

アンテナの 周波数・R・jX および ケーブルの3項目を入力。送信端のインピーダンスが計算される。

また、そのときのケーブルに対応するVSWRを表示しました。

### 3. 私のアンテナについて


今回のアンテナは付2 のようになります。

- 1) 基本的に張り方を変更することはできません。 両側に支柱を立てることができないので、真ん中を高くして長さを得ます。 こんな張り方です。 頂角が狭いので良いアンテナではありません。
- 2) フィーダーの長さは変更できますが、あまり長いと処理に困ります。
- 3) フィーダーのインピーダンスは変更できます。

給電点のインピーダンスはシミュレータで求めました。 Page9 の形状のシミュレーションの結果です。

- 1) 各バンドについて、当該フィーダーにおける送信端のインピーダンスとVSWRを表示させ、VSWR が小さいフィーダーを採用することにしました。 50、200、300、600、1k $\Omega$  で試しました。 そうしたら、600 $\Omega$  が良さそうでした。(下表)
- 2) VSWRはアンテナの給電点のインピーダンスとフィーダーの特性インピーダンスによって決まります。  
フィーダーの長さに関するのは送信端のインピーダンスです。  
アンテナ整合器は、送信機の出カインピーダンスと送信端のインピーダンスと整合させます。
- 3) 整合しやすそうな感じとして、1.9MHz は論外、3.5MHz はちょっと厳しいかな。 後は何とかなりそうという感じ。 やはり低い周波数はエレメントの長さが短いとよい結果が出ません。  
(1ページの表の参照)
- 4) アンテナは実際に建てますといろいろなパラメータが影響し、シミュレーションと異なる事も多いと思います。 何かを基準にしないといけませんのでこんな計算をしました。  
いろいろな周波数で送信側のインピーダンスの目安が付くと思います。

周波数 MHz	アンテナ給電点 (Zl)		VSWR				
	r $\Omega$	jx $\Omega$	フィーダー特性インピーダンス (Zo)				
			50	200	300	600	1000
1.91	1.143	-1588.130	44176.00	11208.04	7617.84	4202.62	3081.50
3.55	6.509	-574.834	1023.13	284.58	215.33	176.79	204.40
7.1	137.452	761.466	87.47	23.19	16.64	11.54	11.54
10.13	3929.570	-4919.270	201.76	50.47	33.67	16.91	10.24
14.2	72.232	-415.643	49.95	15.02	12.29	12.33	16.25
18.11	373.402	1038.670	65.37	16.79	11.59	6.90	5.77
21.2	863.668	-1959.420	106.23	26.74	17.99	9.44	6.31
24.93	201.711	-105.511	5.19	1.68	1.78	3.08	5.02
28.5	1519.920	493.982	33.61	8.42	5.62	2.84	1.78


 page9のシミュレーション結果

#### 4. 感想や追加事項など

- 1) 事の始まりは、今まで使用していたアンテナがこわれたので、次は何を建てようかという事からでした。タワーが無くてワイヤを敷地一杯に伸ばした時にどんな動作をするか一応見ておきたかったのです。シミュレータを使いましたが実際に作ったアンテナとの違いはよくわかりません。シミュレータの給電点のインピーダンスに対して、フィーダーを付けた特にどうインピーダンスが変わるかを見ました。
- 2) いまどきアンテナを同調させないで使うなどということは酔狂でしかないような気がします。もっともオートアンテナチューナと適当な長さのアンテナというのも同じですね。
- 3) MMANAはとても優れたプログラムですが、フィーダーの長さを変えたときのインピーダンスの変化などは、恐らくいちいちアンテナの定義から書き直さなければならないかと考えたら(良い方法があるのかもしれませんが知らないの)計算式を作ったほうが良いだろうと考えました。
- 4) 単にフィーダー端のインピーダンスを求めるならば、スミスチャートで作図(最近ではコンピュータ操作)すれば求められるのですが、パラメータが変わる毎に作図するのも芸がないと思いました。
- 5) 結局今回は、**負荷Z<sub>L</sub>に長さdで特性インピーダンスZ<sub>0</sub>、短縮率、のケーブルを接続したときの電源側からみたインピーダンスが求められる式と、Excelの表を作った。**ということになりました。
- 6) パラメータを長さにとるようにExcelの表を変更すれば、ケーブル上の任意の点のインピーダンスを知ることができます。
- 7) 整合では負荷リアクタンス分を含むと、逆極性のリアクタンスを外付けして抵抗分のみとしてから例えば“Lマッチ”などで整合を取ります。この方法は比較的単純な計算ですがリアクタンスを含んだままで式を解こうとするとめんどろな式になります。アンテナの給電点などはシングルバンドならば調整がし易い(SWRが最小にすればよい)ですが、今回のようにいろいろな周波数を扱おうとすると複雑になります。
- 8) 式の変形の結果、見た目にきれいな式になると“何か合っていそうかな”と感じますが、今回のように複雑ですと“ほんとに計算できるかな”という気になります。何の根拠もありませんが・・・
- 9) 付1の式がExcelと違っていいいけませんのでExcelの式も載せておきます。  
VSWRは省略。

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
3				ケーブル	短縮率	1				
4					特性Z	600 Ω				
5					長さ	15 m				
6			アンテナ給電 (Z <sub>L</sub> )			送信端 (Z <sub>x</sub> )			計算	計算
7	Band	周波数	r	jx	-	R	jX		途中値	途中値
8	MHz	MHz	Ω	Ω		Ω	Ω		A	2 π d / λ
9	1.9	1.91	1.3	-1470.1		0.3	-395.5		0.68481	0.60046

$$Z_x \text{の} R \text{項} = (\$G\$4^2 * D9 + \$G\$4^2 * J9^2 * D9) / ((\$G\$4 - J9 * E9)^2 + (J9 * D9)^2)$$

$$Z_x \text{の} jX \text{項} = \$G\$4 * (-J9 * D9^2 + \$G\$4 * E9 - J9 * E9^2 + \$G\$4^2 * J9 - \$G\$4 * J9^2 * E9)$$

$$/ ((\$G\$4 - J9 * E9)^2 + (J9 * D9)^2)$$

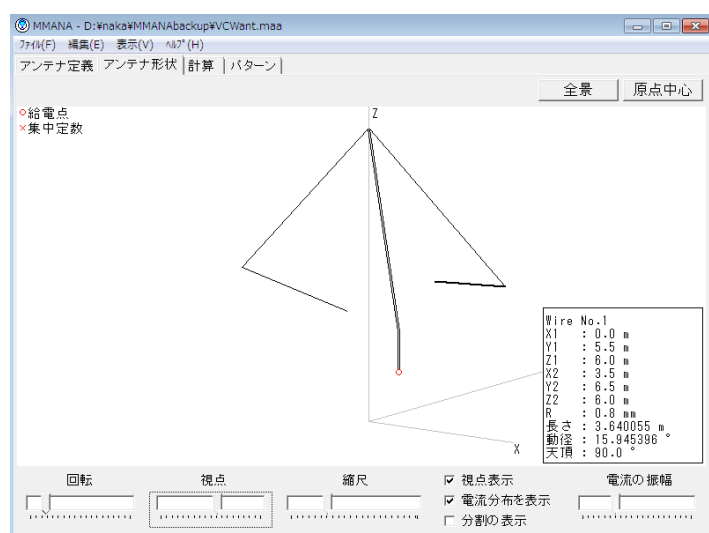
- 10) フィーダーのこっち側のインピーダンスは求められましたが、送信機とフィーダーの整合回路も必要です。ここもあまり送信機の出カインピーダンスから離れたインピーダンスと整合を取ろうとすると(例えばLマッチ等)回路の動作Qが大きくなって整合回路のロスが大きくなる場合が有ります。整合回路をよく検討して動作Qが小さくなるように設計しないと、無負荷Qの大きなコイルが必要になったりします。

11)ここまで来て、いろいろご教授いただいているOM から、平衡フィーダーはアンテナのエレメントなどが近くにあると影響を受けるので、アンテナとフィーダーを別々に計算した時と、一緒にシミュレーションした時とは違った結果が出る可能性があるというご指摘を頂きました。

全くご指摘のとおりだと思います。私の配慮が不足でした。まったくお粗末です。

私のアンテナなどはどう考えても左右がバランスしているとは思えませんので、計算結果の精度は若干あやしくなります。と言うことでフィーダーも含めたアンテナのシミュレーションと比べてみました。やはり影響は受けているようです。本当に精度の高いシミュレーションを行いたい場合は、全体を分割せずにシミュレーションを行わないといけなようです。今回は整合可能なレベルと考えます。

## MMANAによるフィーダー込みのシミュレーション




## 実際のアンテナにおける送信端のシミュレーション

周波数 MHz	R $\Omega$	jX $\Omega$
1.91	1.370	-528.845
3.55	6.208	121.259
7.05	59.389	-235.577
10.13	232.835	1295.990
14.20	54.073	3.335
18.12	115.183	-326.726
21.20	316.650	1046.240
24.94	215.182	4.171
28.50	332.760	-449.128

リアルグラウンドで計算

## 前記アンテナ+ フィーダーの場合

		ケーブル		短縮率	1		VSWR @ Zo
				Zo	627.3 Ω		
				長さ	12.295 m		
Band MHz	周波数 MHz	アンテナ給電 (Zl)		-	送信端 (Zx)		
		r Ω	jx Ω		R Ω	jX Ω	
1.9	1.91	1.143	-1588.130		0.265	-530.986	4066.45
3.5	3.55	6.509	-574.834		3.646	109.594	177.31
7	7.1	137.452	761.466		65.832	-278.186	11.42
10	10.13	3929.570	-4919.270		198.988	1262.607	16.18
14	14.2	72.232	-415.643		50.312	-44.898	12.53
18	18.11	373.402	1038.670		126.993	-372.193	6.73
21	21.2	863.668	-1959.420		241.149	968.755	9.08
24	24.93	201.711	-105.511		195.903	-24.887	3.21
29	28.5	1519.920	493.982		336.910	-382.594	2.72

色の付いたセルは、フィーダー付きのシミュレーションと比較的違いが大きいところ。

12)なんだい、結局はフィーダー込みの完全な形で全部シミュレーションしなきゃいけないのかよ！と言われそうですが、精密な結果がほしい場合はそうしないといけなようです。

今までのことは何だといわれると困りますが、一応マッチングの定数などで補正できるレベルとしておきます。

- 13) ARRL発行の ANTENNA BOOK 中の計算ソフト“TLW”を使う機会がありましたので比較しました。計算結果は問題無い程度で一致していますが、TLWではケーブルの特性インピーダンス ( $Z_0$ ) にリアクタンス分が含まれていました。値自体は比較的小さいのですが計算結果は若干違って来ます。教科書などによると  $Z_0 = \sqrt{L/C}$  となっていますのでリアクタンス分は含まないはずなのですが、どういうことでしょうか。実際はケーブルの制作上のばらつきなどでそうなってしまうのでしょうか。よくわかりません。
- 今回の私の計算では  $Z_0$  にリアクタンスを含む場合は計算できません。
- 14) TLWは優れたプログラムで、前記のほかにも伝送ライン上の電圧、電流の分布やマッチング回路の計算などができます。
- 15) 今回の計算はすべて平衡フィーダーとしています。
- 16) ここまでのExcel の表には600  $\Omega$  ばかり出てきていますが、この表はもちろん短縮率やフィーダーのインピーダンスを変えても正しい送信端のインピーダンスを算出します。
- 17) このような計算をしてきましたがこういうアンテナを実際に建設して、電波が飛ぶかどうかは解りません。私としては単に狭いスペースで電波がよく飛ぶアンテナがほしいだけなのですが……
- 18) とりとめの無いレポートになりましたが、こんな単純なことでいろいろレポートには出てこないような疑問点が出てきて調べたりして、裾野が広がって面白いし勉強になりました。

## 付1. 計算式

### 付1.1 式の変形

負荷インピーダンス( $Z_L$ )に長さ $d$ (長さは $l$ “エル”の事が多いですが、前の $Z_L$ などと紛らわしいので)、特性インピーダンス $Z_0$ のケーブルを接続した時の送信端のインピーダンス( $Z_x$ )を求めます。

この図で $Z_x$ を求めますが、式自体は見た目は簡単です。

計算は難しくはありませんが、とても間違いやすいので注意する必要があります。元の式は、

$$Z_x = Z_0 \{ Z_L \cos(2\pi d / \lambda) + j Z_0 \sin(2\pi d / \lambda) \} / \{ Z_0 \cos(2\pi d / \lambda) + j Z_L \sin(2\pi d / \lambda) \}$$

このままですとExcelなどで計算しづらいので、なるべく簡単にしたほうがよいと思われます。

分子と分母を  $\cos(2\pi d / \lambda)$  で除して次のようにして文字を減らします。

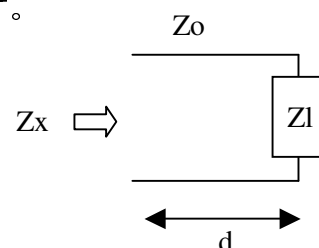
$$\sin(\alpha) / \cos(\alpha) = \tan(\alpha) \quad (\text{ただし } \alpha = \pi / 2 \text{ には注意})$$

これは実際に式を変形する時にとても有効です。

変形途中でいちいち $\sin$ や $\cos$ などを書いてゆくと、

(私だけかもしれませんが)どこかで間違えます。

そして、このようになります。



$$Z_x = Z_0 \{ Z_L + j Z_0 \tan(2\pi d / \lambda) \} / \{ Z_0 + j Z_L \tan(2\pi d / \lambda) \}$$

さらに下線の部分は長さ $d$ と波長 $\lambda$ が決まれば定数として考えてよいので、見やすいように  $A$  として (なるべく誤解がないようにする為、式の部分に通常では不要な $\cdot$ (掛算)や $()$ などもあえて使用しました。)

$$Z_x = Z_0 \{ Z_L + j Z_0 \cdot A \} / \{ Z_0 + j Z_L \cdot A \} \quad \text{となります。}$$

$Z_L = r + jx$  としてこれを整理します。

$$\begin{aligned} Z_x &= Z_0 \{ Z_L + j Z_0 \cdot A \} / \{ Z_0 + j Z_L \cdot A \} = (Z_0 \cdot Z_L + j Z_0^2 \cdot A) / (Z_0 + j Z_L \cdot A) \\ &= (Z_0(r + jx) + j Z_0^2 \cdot A) / (Z_0 + j A(r + jx)) = (Z_0 \cdot r + j Z_0 \cdot x + j Z_0^2 \cdot A) / (Z_0 + j A \cdot r - A \cdot x) \\ &= \{ (Z_0 \cdot r + j Z_0(x + Z_0 \cdot A)) \} / \{ (Z_0 - A \cdot x) + j A \cdot r \} \\ &= \{ (Z_0 \cdot r + j Z_0(x + Z_0 \cdot A)) \} * \{ (Z_0 - A \cdot x) - j A \cdot r \} / \{ (Z_0 - A \cdot x) + j A \cdot r \} * \{ (Z_0 - A \cdot x) - j A \cdot r \} \} \end{aligned}$$

式が長くなるので 見やすいように分子と分母を別々に計算しました。

$$\begin{aligned} \text{分子} &= Z_0 \cdot r(Z_0 - A \cdot x) - j Z_0 \cdot A \cdot r^2 + j Z_0(x + Z_0 \cdot A)(Z_0 - A \cdot x) + j Z_0(x + Z_0 \cdot A)(-j A \cdot r) \\ &= Z_0^2 \cdot r - \cancel{Z_0 \cdot A \cdot r \cdot x} - j Z_0 \cdot A \cdot r^2 + j Z_0(Z_0 \cdot x - A \cdot x^2 + Z_0^2 \cdot A - Z_0 \cdot A^2 \cdot x) \\ &\quad + \cancel{Z_0 \cdot A \cdot r \cdot x} + Z_0^2 \cdot A^2 \cdot r \\ &= \{ (Z_0^2 \cdot r + Z_0^2 \cdot A^2 \cdot r) + j Z_0(-A \cdot r^2 + Z_0 \cdot x - A \cdot x^2 + Z_0^2 \cdot A - Z_0 \cdot A^2 \cdot x) \} \end{aligned}$$

$$\text{分母} = \{ (Z_0 - A \cdot x)^2 + (A \cdot r)^2 \}$$

$$\begin{aligned} Z_x &= (Z_0^2 \cdot r + Z_0^2 \cdot A^2 \cdot r) / ((Z_0 - A \cdot x)^2 + (A \cdot r)^2) \\ &\quad + j Z_0(-A \cdot r^2 + Z_0 \cdot x - A \cdot x^2 + Z_0^2 \cdot A - Z_0 \cdot A^2 \cdot x) / ((Z_0 - A \cdot x)^2 + (A \cdot r)^2) \\ &\quad \text{ただし} \quad A = \tan(2\pi d / \lambda) \end{aligned}$$

最終的にこのようになりました。整理すればもう少しきれいになるかもしれませんが今回はこの式を使用します。

## 付1. 2 式の検証

### 付1. 2. 1 スミスチャートとの比較

式ができましたが、正しいかどうか検証しないと使えません。

1) 式の変形が正しいか否かの検証がまたやっかい。今回のような多項の結果になると実際にいくつかわかっている値を代入して結果を見る方法以外に、適当な方法があるのかどうか分かりません。

もっと適当な方法があればお教えいただきたいと思います。

2) 今回の検証は 計算結果と、自作のスミスチャートのプログラム、QuickSmith (フリープログラム) で比較してみました。そしていくつかの値を比較して、式自体は今のところ正しいと思われます。

3) 短縮率や特性インピーダンスを変えても合っていそうです。

4) EXCELの計算は有効桁が多いので、式が正しいければ一番正確だと思われます。(それだけの精度が必要であるかどうかは別です。むしろ実使用上はそんなに計算精度は不要でしょう)

他の例でも実用上では問題ないレベルのずれでした。

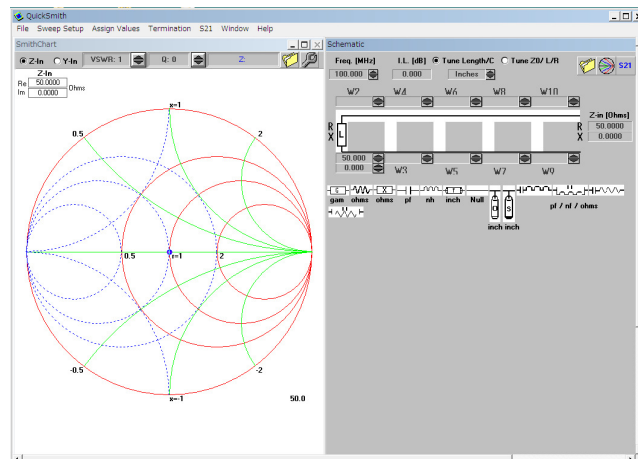
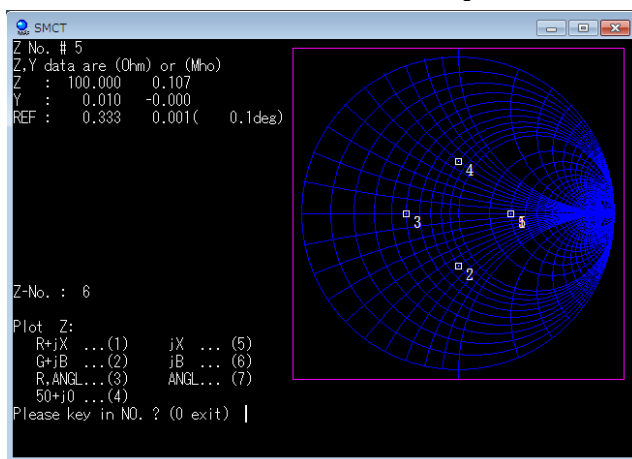
前出のExcelの表で計算した値と、他のプログラムでの計算結果の比較  
ケーブルの長さをパラメータとして可変しました。

ケーブル 長さ m	周波数 MHz	ケーブル		短縮率		特性Z		1	
		アンテナ給電点		計算結果		スミスチャート		QuickSmith	
		jx Ω	jX Ω	R Ω	jX Ω	R Ω	jX Ω	R Ω	jX Ω
0	7.4948	100.000	0.000	100.000	0.000	100.000	0.000	100.000	0.000
5	7.4948	100.000	0.000	40.000	-30.000	40.034	-30.026	40.001	-30.001
10	7.4948	100.000	0.000	25.000	0.000	25.000	-0.027	25.000	-0.002
15	7.4948	100.000	0.000	40.000	30.000	39.966	29.974	39.997	29.998
20	7.4948	100.000	0.000	100.000	-0.001	100.000	0.107	100.000	0.012
0	7.4948	5000.000	5000.000	5000.000	5000.000	5000.000	5000.000	5000.000	5000.000
5	7.4948	5000.000	5000.000	0.505	-50.500	0.505	-50.500	0.505	-50.502
10	7.4948	5000.000	5000.000	0.250	-0.250	0.250	-0.250	0.250	-0.252
15	7.4948	5000.000	5000.000	0.495	49.500	0.495	49.500	0.495	49.494
0	7.4948	1.750	-122.000	1.750	-122.000	1.750	-122.000	1.750	-122.000
5	7.4948	1.750	-122.000	0.296	-20.933	0.296	-20.933	0.296	-20.934
10	7.4948	1.750	-122.000	0.294	20.488	0.294	20.488	0.294	20.485
15	7.4948	1.750	-122.000	1.687	119.403	1.687	119.403	1.686	119.384

※ 正確には7.49481145MHz 波長を40.000mとした時の周波数。

こんなの

Quick Smith



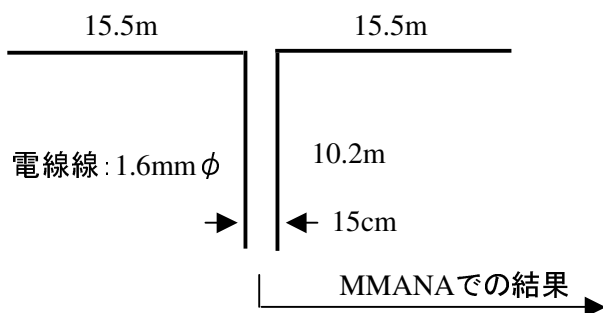
## 付1. 2. 2 アンテナシミュレータとの比較

アンテナのシミュレーションでも使ってみます。 G5RV で比較します。

G5RV はその名の通りG5RVさんが設計したオールバンドのアンテナです。（WARC Band 除く）  
フィーダを含めたMMANA の結果と、アンテナのみのシミュレーションで給電点インピーダンスを求め  
600  $\Omega$  の平衡フィーダで給電した時の送信端のインピーダンスの比較です。

### 1)フィーダを含めたMMANAのシミュレーション結果

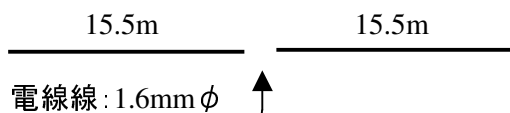
G5RVにおける送信端のインピーダンス



周波数 MHz	R $\Omega$	jX $\Omega$
1.91	2.357	-612.819
3.55	21.755	76.838
7.05	127.683	-381.301
10.13	117.947	595.614
14.20	102.821	-140.115
18.12	318.743	-829.068
21.20	84.987	195.642
24.94	197.035	-312.249
28.50	2081.370	1460.810

### 2)アンテナのみのシミュレーションで給電点インピーダンスを求め、600 $\Omega$ の平衡フィーダで給電した時の送信端のインピーダンス

1)2)ともに 無損失  
自由空間での解析



アンテナ給電点と送信端(受信端)のインピーダンス

		ケーブル		短縮率	1	
				特性Z	600 $\Omega$	
				長さ	10.2 m	
Band MHz	周波数 MHz	アンテナ給電 (Zi)		-	送信端 (Zx)	
		r $\Omega$	jx $\Omega$		R $\Omega$	jX $\Omega$
1.9	1.91	7.905	-1459.770	→	2.228	-584.737
3.5	3.55	32.506	-439.570		21.476	75.731
7	7.05	399.509	1050.590		121.922	-347.200
10	10.13	1389.550	-2512.030		114.525	579.467
14	14.2	99.480	-49.934		102.378	-112.950
18	18.12	2432.690	1495.070		296.914	-768.698
21	21.2	294.150	-998.286		83.301	204.298
24	24.94	197.516	302.139		187.599	-265.499
29	28.5	2856.960	-736.355		2077.645	1383.927

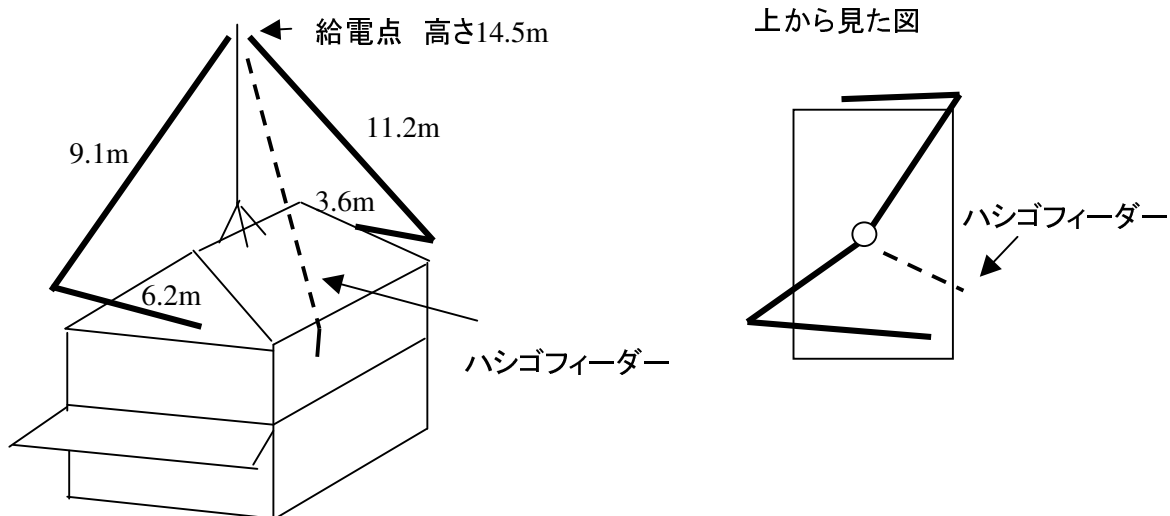
結果が全く同じではありませんが、許容範囲内と考えます。 フィーダーがエレメントに対して直角に下してあるので、相互の影響も少ないと思います。

WARC Bandや29MHzのインピーダンスが大きな値になるのは別の要因と考えます。



## 付2. アンテナのシミュレーション状況

私のうちで立てられる最大のアンテナです。この図および寸法は概略です。



MMANA - D:\naka\MMANAbakup\VCWanttest.maa

ファイル(F) 編集(E) 表示(V) ヘルプ(H)

アンテナ定義 | アンテナ形状 | 計算 | パターン |

Name: Freq: 3550 MHz 波長表記

Wire 8本 自動分割 DM1: 400 DM2: 40 SC: 2.0 EC: 1 接続点連動

No.	X1(m)	Y1(m)	Z1(m)	X2(m)	Y2(m)	Z2(m)	R(mm)	Seg
1	0.0	5.5	6.0	3.5	6.5	6.0	0.8	0
2	3.5	6.5	6.0	0.0	0.0	14.5	0.8	0
3	0.0	0.0	14.5	-4.0	-5.0	8.0	0.8	0
4	-4.0	-5.0	8.0	2.0	-4.5	6.5	0.8	0
5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
新規								

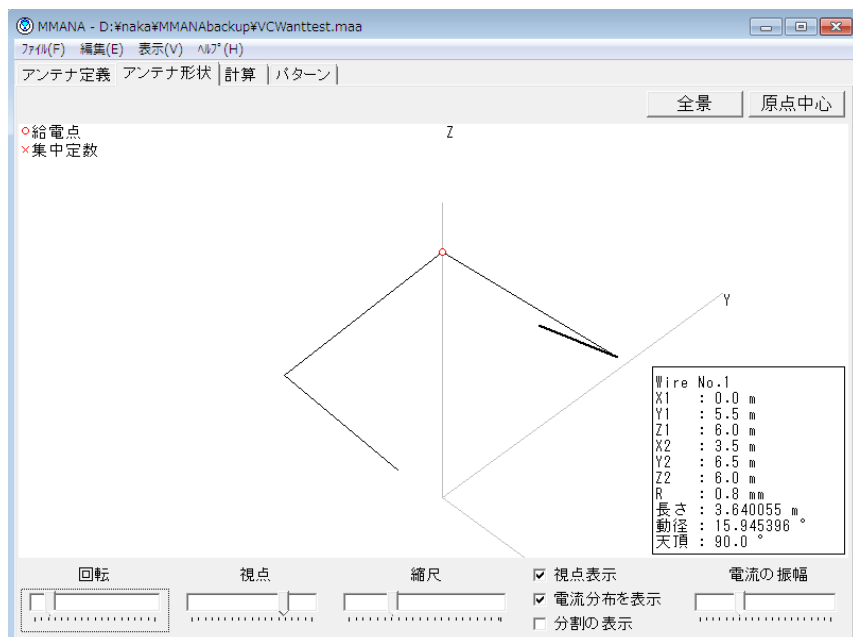
給電点 1個 電圧自動設定 集中定数 0個 有効 スタック

No.	PULSE	位相(°)	電圧(V)
1	w3b	0.0	1.0
新規			

No.	PULSE	種類	L(uH)	C(pF)	Q	f(MHz)
新規						

これで周波数を変えて  
給電点インピーダンスを  
計算させた結果が  
1ページの表の  
“アンテナ給電(Z1)” です。  
リアルグランドで計算。

フィーダーは付いていません。



以上