

144MHz 反射波対策

—反射波があるとどんな影響がある—

—反射波の見分け方—

—反射波から逃れる方法—

(反射の影響が一目でわかるシミュレータ付)

2007年9月26日

安島 巧

目次

1. はじめに

2. 予備知識

2-1 指向性パターンの見方

本資料を理解する上で重要な指向性パターンを説明します。

2-2 競技者が最大信号方向を見定める方法

アンテナを振って最大信号方向をどのように見定めるかを指向性パターン図で説明します。

2-3 反射波の影響とは

反射波がなぜ方探の邪魔になるのかを説明します

4. 反射波が存在したときの指向性パターン

反射波が存在すると、単に電波発信源が増えたように観測されるわけではありません。直接波と反射波が干渉し合うと、いったいどのような方探結果になるのでしょうか。

5. 反射波の影響を少なくする方法

基本的な方法をいくつか紹介します。

6. 反射波があるか否かを判別する方法

7. 反射波が存在する場合の対処方法

競技中反射の影響を避けられない場合があります。そのときの対処方法です。

ーさらなる対処方法1、2

未来の対処方法のアイデアです

はじめに

拙著「144MHz攻略法」で述べたように、144MHzARDFでは、反射波が最大の敵と言っても過言ではありません。

特に初心者の方は、方探(方向探知)がうまくできない状況になったときに、とんでもない方向に進んでしまったり、自分の位置を見失ったり、何を信ずればよいのかわからなくなってしまってパニック状態に陥ることもあるかもしれません。

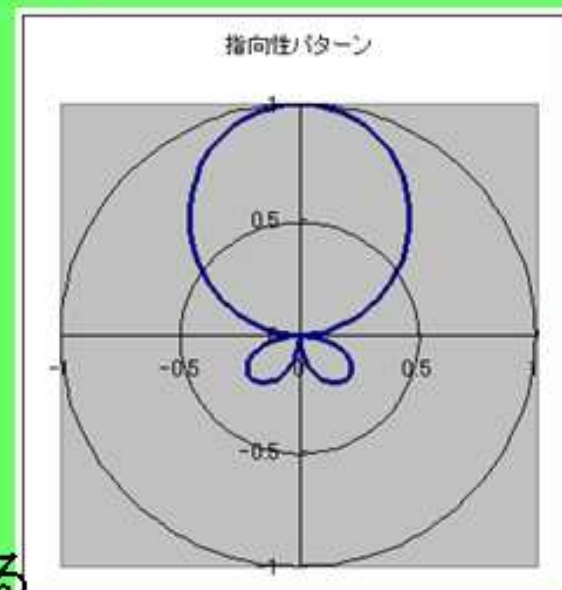
本資料は、反射波の影響とはどんなものなのかを解説するとともに、簡易的なシミュレータを用いて、感覚的に理解できるようにしています。

また、反射波の影響を少なくする基本的方法の紹介と、反射波の判別方法、反射波の影響を受けたときの(私がメインに使っている)対処方法を紹介しています。特に最後の対処方法の効果についてはシミュレータで確認することができます。

本資料の作成目的は、少しでも多くの方々にARDFを楽しんでもらうことにあります。

2-1 指向性パターンの見方

本資料では右に示す「指向性パターン」
を理解することが必須です



指向性パターンの本資料での定義は以下のとおりです。

- ◇全て水平面上での指向性である
- ◇円の中心部にRX(競技者)があり、空から見下ろした図である
- ◇円の中心から見て、上が北、右が東、下が南、左が西
- ◇特に断りが無い限りRXから見たTXの方向を北としているため、上がTX方向である。
- ◇RX(アンテナ)を向けた方向での受信信号強度を表している。従ってRX(アンテナ)の指向性パターンを表現しているものではない。
- ◇直接波のみ(反射波なし)の時の指向性パターンはRX(アンテナ)の指向性パターンと同じになる(正確には、左右が入れ替わるが対称なので問題ない)
- ◇RX(アンテナ)の指向性パターンは上図のパターンであるとした。(実際にはアンテナの性能で指向性パターンは変わる)
- ◇信号レベルは相対値である

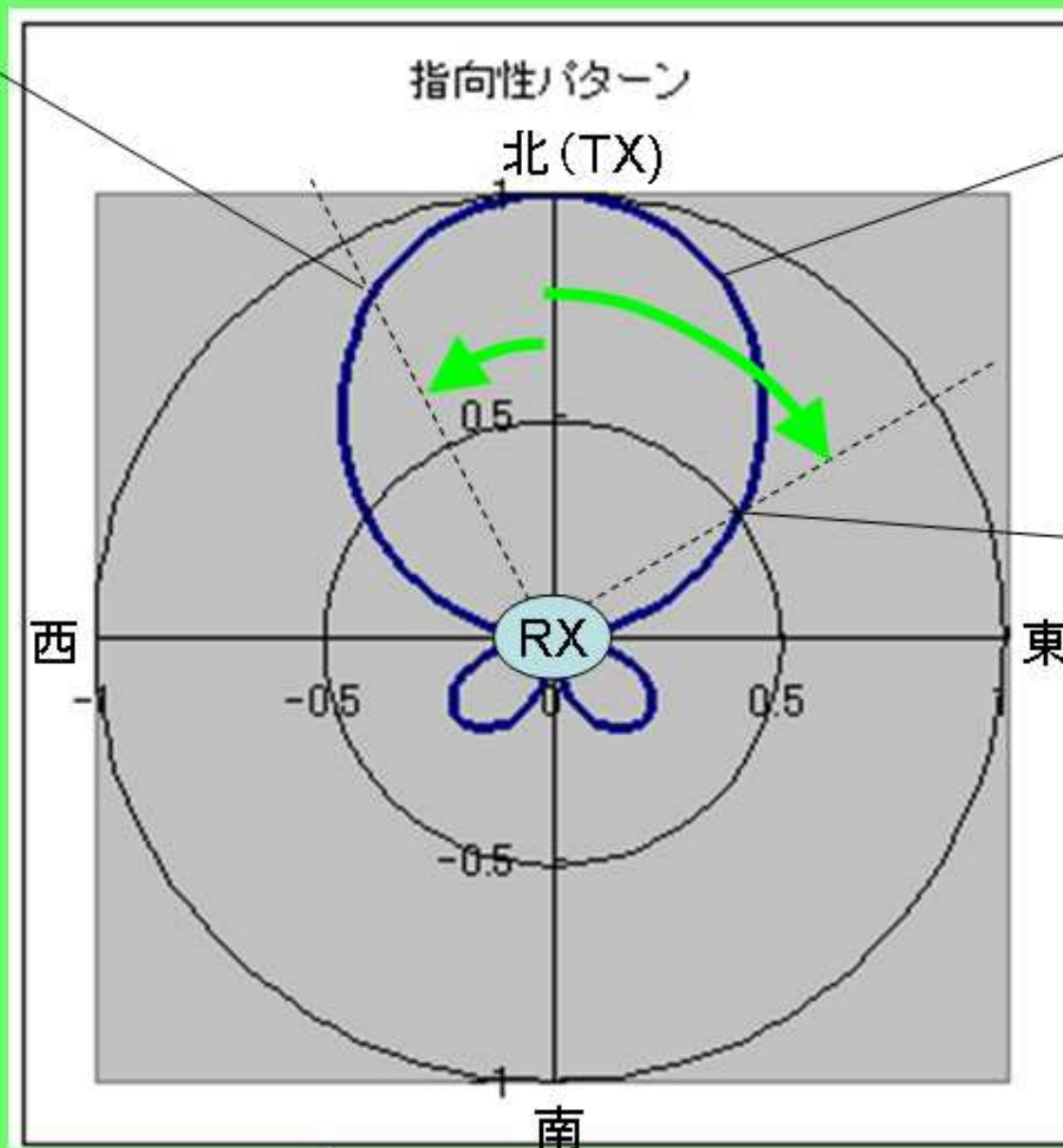
次ページでわかりやすく説明します

この指向性パターン(青色)は反射波なしの時(直接波のみ)の時の指向性パターンを示している。

左に30度振ると、TX方向に向けた時の信号強度に対して0.85の強度になる。

右90度、左90度、そして真反対に振った場合は信号レベルはほぼ0となる

実際のRXでは、信号レベルが0になることは無いが、本資料では、この形状の指向特性を持ったアンテナを用いることを前提とする。



右に60度振ると、TX方向に向けた時の信号強度に対して、0.5の強度になる。

当然のことながら、TXの方向に向けたときが、最も信号強度が強い

2-2 競技者が最大信号方向を見定める方法

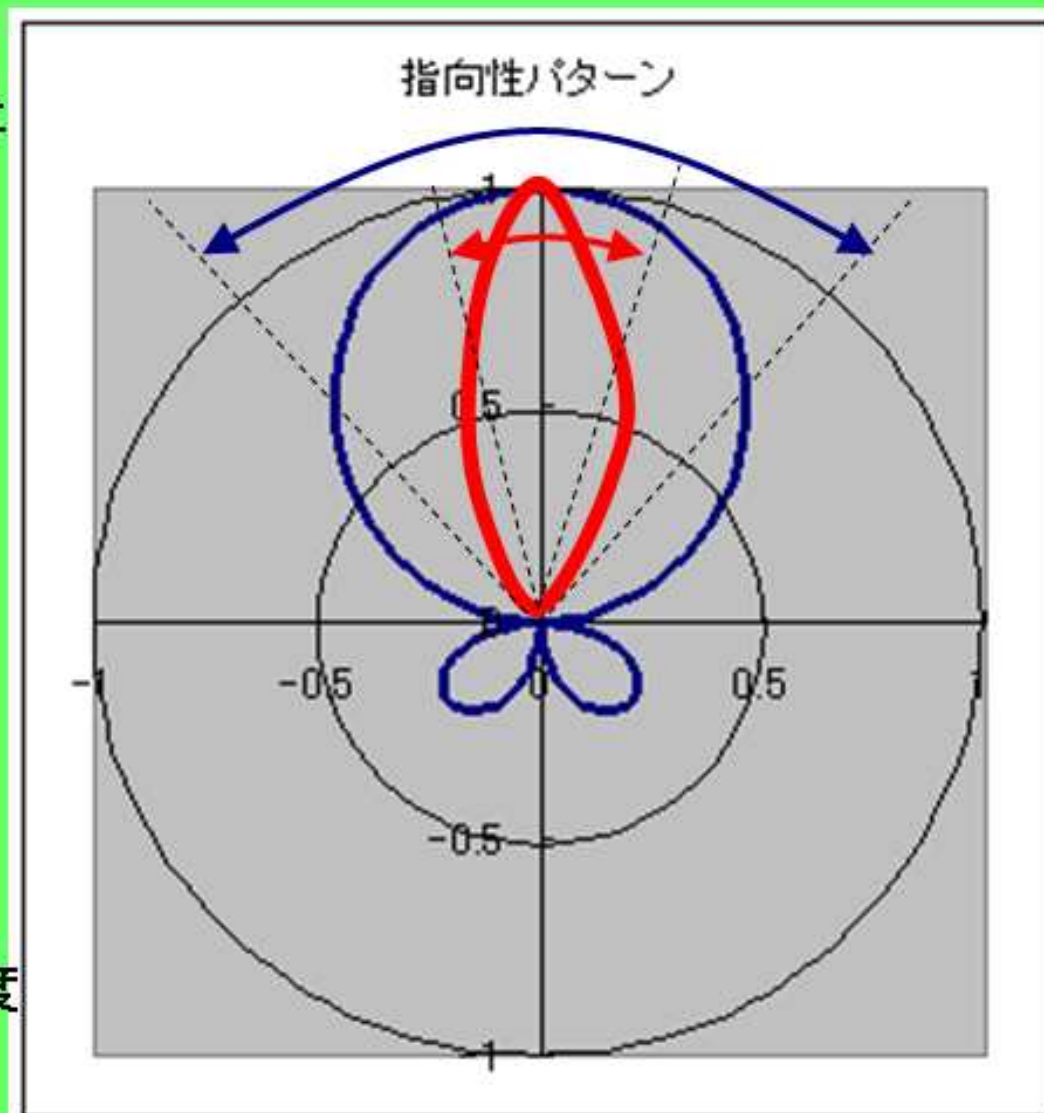
- 競技者はアンテナを振って最大信号強度の方向を見定めますが、信号強度は基本的に音の大きさに判断します。ところが人間の耳は鈍感で、信号強度の10%~20%程度の変化を聞き分けるのが困難です。50%くらいの変化があれば、誰もがわかります。

青色のアンテナでは、10~20度程度振っただけでは、信号強度の変化がわからず、TX方向がわかりません。

赤色の鋭い指向性を持ったアンテナならわかります。

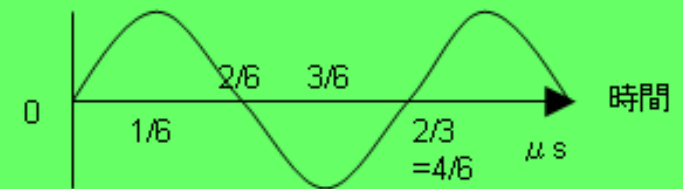
青色アンテナでTX方向を見出すには、アンテナを大きく(たとえば±45~60度)振って信号レベルが下がる両方の角度の中央をもってTXの方向と判断しています。

従って、アンテナの指向性が鈍ければ鈍いほどアンテナを大きく振らなければならないのです。当然その分、求める方向の精度は低くなります。

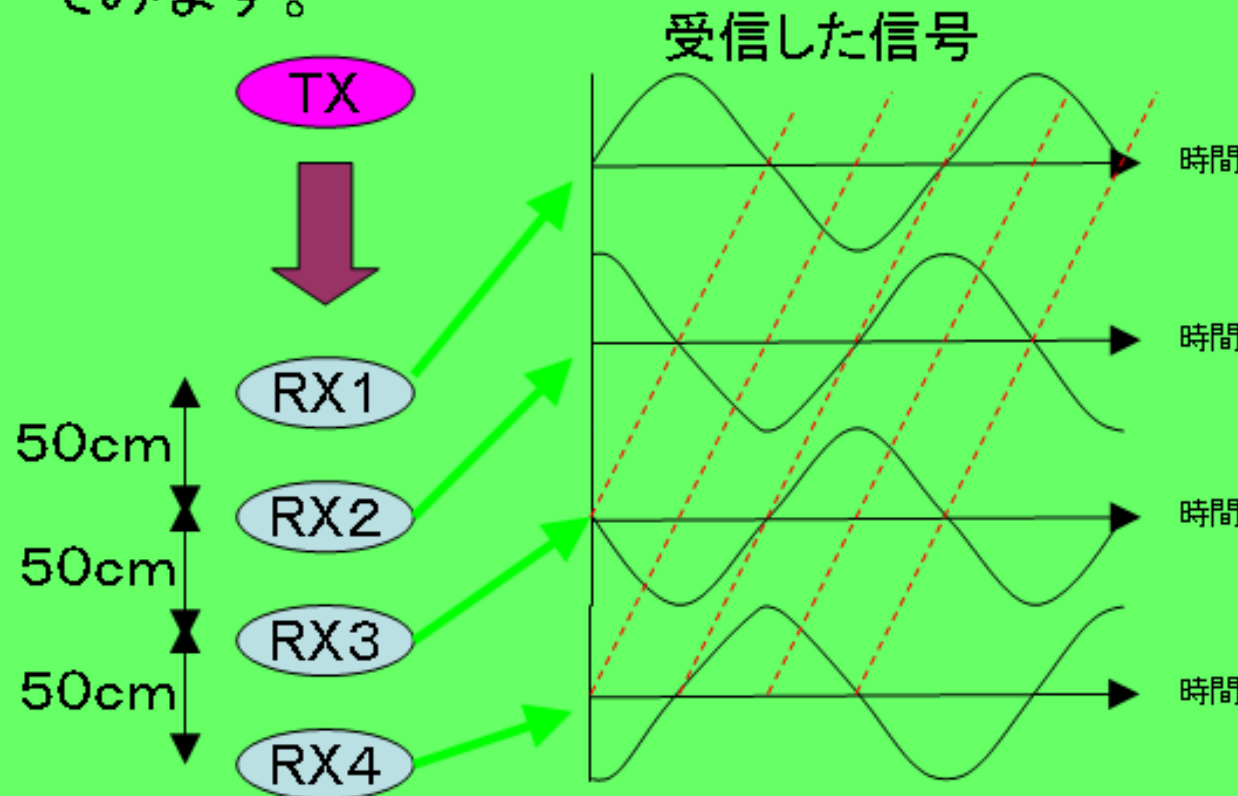


2-3反射波の影響とは

- 144MHzという周波数は、1秒間に144×100万回の繰り返しを意味しています。一周期は、その逆数で、約 $2/3 \mu\text{s}$ です。



- また、電波も波の性質をもっており、その144MHzの電波の周期は約2mです。
- 今、TXからの電波を約50cmずつ離れた4つのRXで同時に受信してみます。



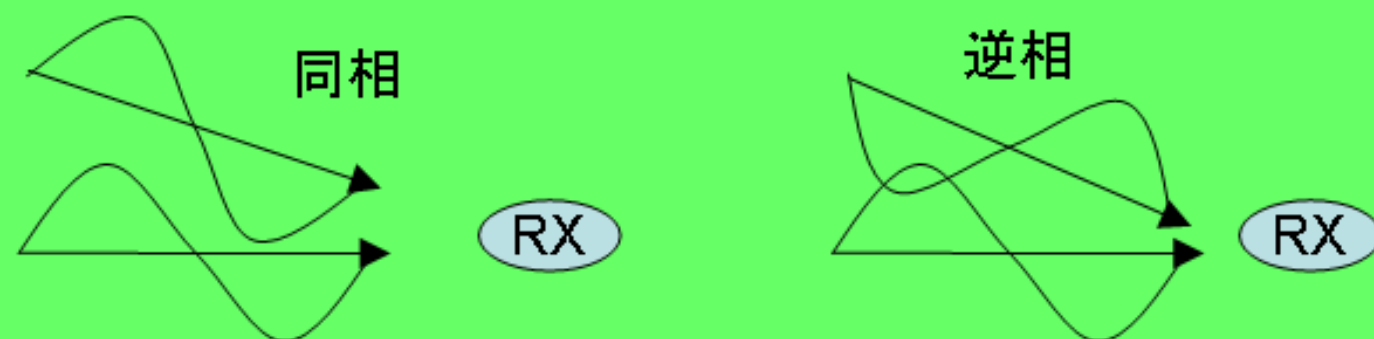
各RXで受信した信号は、少しずつずれます。50cm後ろのRXは、位相にして90度、時間にして $1/6 \mu\text{s}$ 遅れます。逆に言えば、50cm進むのに、 $1/6 \mu\text{s}$ かかっていることとなります。ここで、RX間が1mの場合は逆相、2mの場合は同相となることがわかります。

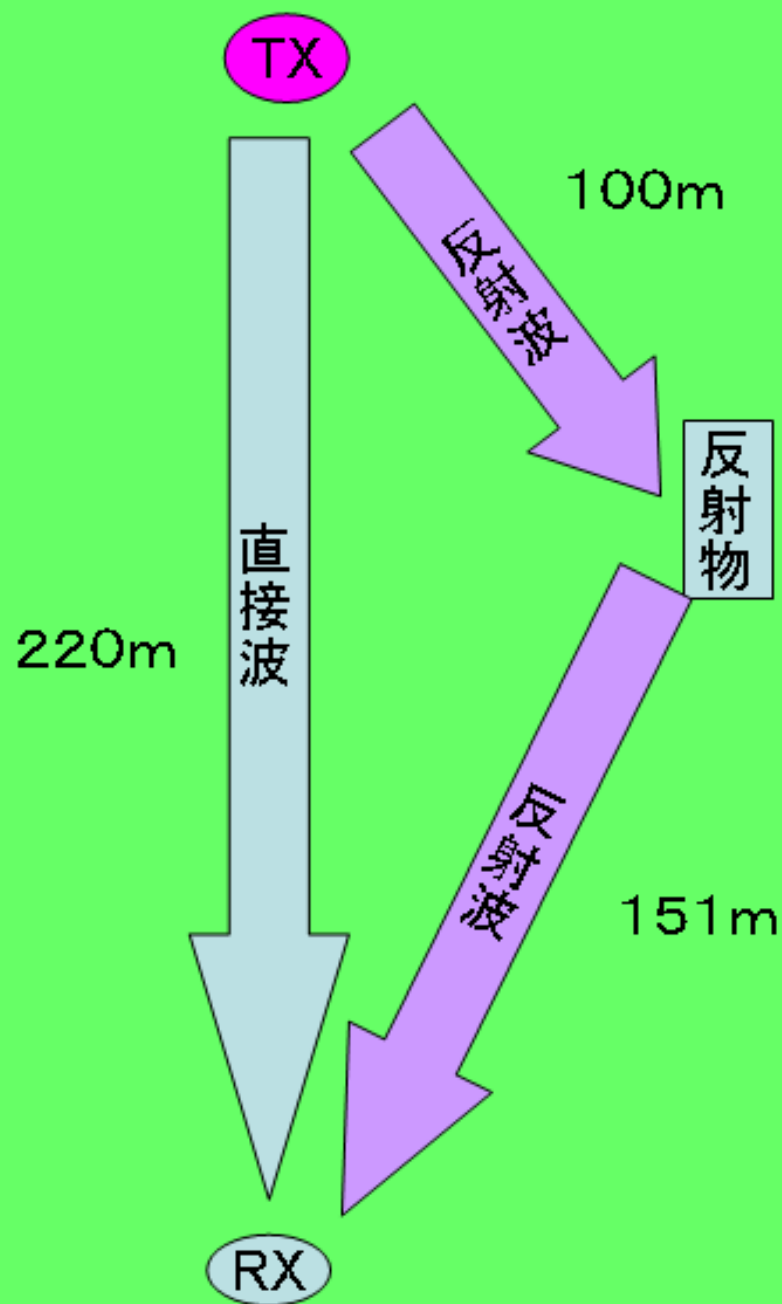
つまり、TXからの距離がちょうど2m(=波長)離れているRXでは同じ信号(同相)が得られ、1m(=1/2波長)離れているRXでは±が逆(逆相)の信号が得られることがわかりました。

両RX間距離が1波長の場合は同相なのですが、さらに一波長離れても同相です。すなわちTXからの距離(=電波伝搬距離)の差が波長の整数倍の場合は同相なのです。

アンテナの性能を良くするために、同じアンテナを複数台(ここでは簡単化のため、2台とします)ならべる「スタック」という方法があります。重要なのは、TXからの距離を同じにすることです。同じならば、同相なので、足し算することにより2倍の出力が得られます。もし2台のアンテナがTXに対して1/2波長ずれていたならば、2台のアンテナの出力は逆相となり(±が逆になる)、足し合わせると打ち消して0になってしまいます。

ここで、TXからの伝播経路が複数ある(例えば直接波と反射波)場合を考えます。この場合も、両電波が同相であれば強めあい、逆相であれば弱めあいます。もちろん、両伝播経路の伝播距離の差が波長の整数倍(=1/2波長の偶数倍)の場合は同相で、1/2波長の奇数倍の場合は逆相になります。





左記の例の場合、
直接波の伝播距離=220m
反射波の伝播距離=251m
であり、その差31mは1/2波長(=1m)の
奇数倍で、両電波は逆相になります。
従って、RXの位置では両方の電波は打ち消し
合い、反射波が無いときに比べて信号強度が
下がります。

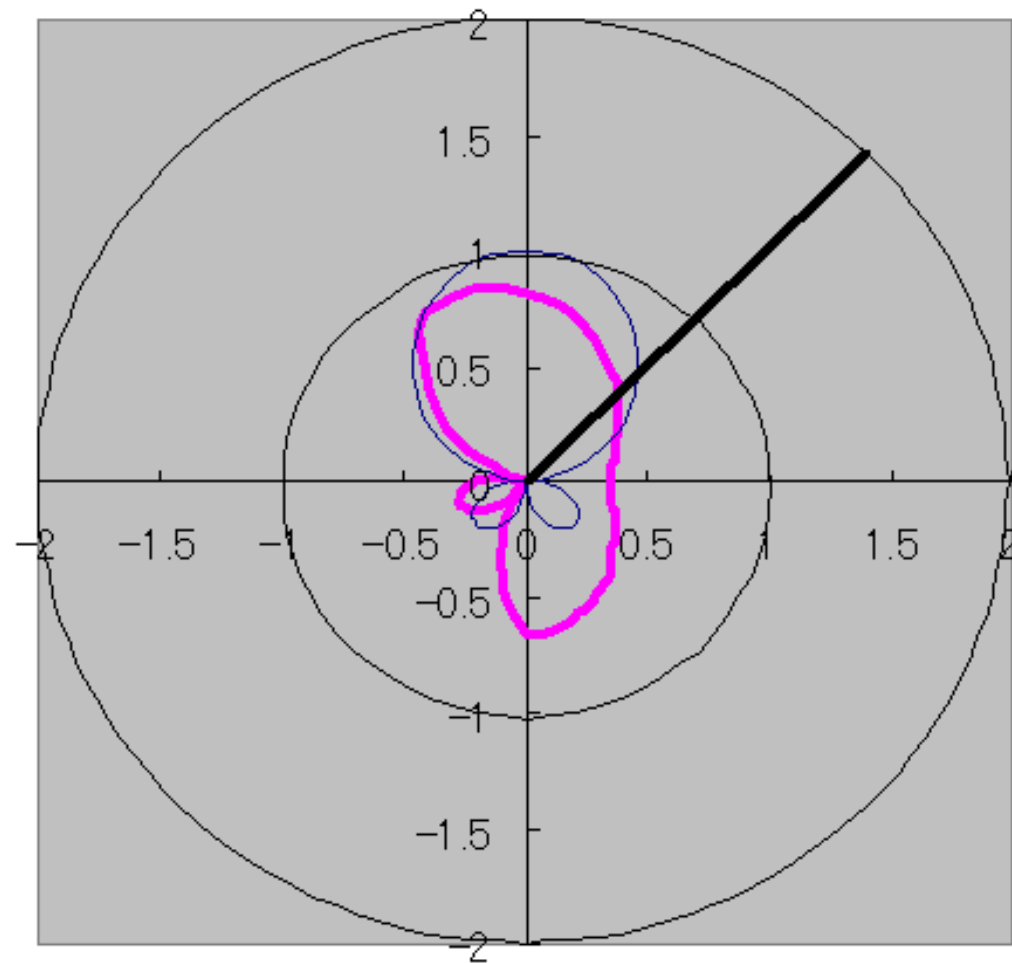
もし、反射物とRXの距離が152mの場合は、
その差32mは1/2波長の偶数倍となり、同相
となるので、両者の電波は強めあい、結果、
反射波がない(直接波のみ)場合よりも
信号強度は高くなります。

このように、電波伝搬距離の微妙な差により、
信号の強弱が発生します。
現実的には、RXの位置が数m移動することにより
強弱が発生します。

しかも、最大信号強度が得られる方位が、TXの
方向とは限らないため、余計にわけがわからなくな
ってしまうのです。

4. 反射波が存在したときの指向性パターン

受信点における指向性パターン



— 合成波 — 直接波 — 反射波到来方向

左図は、極端な一例です。
青の細線は、直接波のみの時の指向性パターンですが、ピンクはある反射波があったときの指向性パターンです。もちろん、いずれにしてもTXの方向は上です。

あなたは、正しくTXの方向を見定め、TXをゲットできるでしょうか？
もしかしたら、逆方向の南へ行ってしまうかもしれませんね

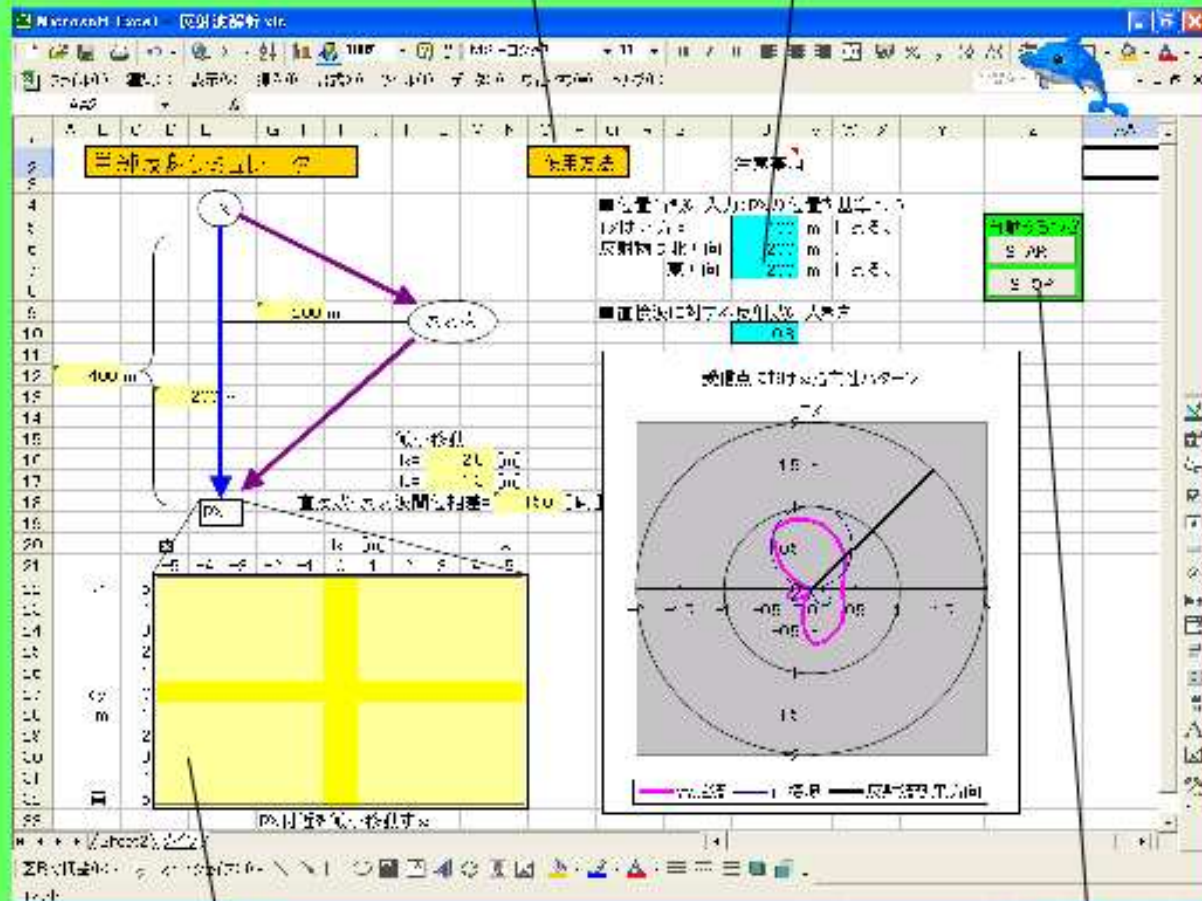
この図は、今回作成した単純反射シミュレータで作成しました。

以下、シミュレータで説明をしますので、ぜひ、遊んでみてください。

シミュレータはHPからDL願います

マウスポインタ
をもってくと
使用方法説明
表示

データ入力領域
選択すると説明
がでる



画面はこれだけです。
数字を入力する部分は青色の部分
4箇所のみです。

上3つは、TXや反射物の位置関係
をm単位で設定します。

下のひとつは、反射物での反射係数
(直接波に対する反射波の大きさ)
です。通常は0から1の間の値を取り
ます。これを0にすると、反射がない
状態になります。

指向性パターンのピンクが、反射波
と直接波が合成された
指向性パターンです。

微小移動領域(うろつき):RX
が東西南北±5m移動したと
きの様子を見る。マウスポイ
ンタをもってくるのみでよい

自動うろつき(うろつきを
自動でしてくれる)

それでは、実際の動きを見てみましょう。

マウスのポインタ(以下、マウスと呼ぶ)を微小移動(うろつき)領域の真ん中に持ってきて(クリックは不要)ください。なんらかの指向性パターンが表示されているはずです。

次にマウスを上下左右にゆっくりと動かしてください。これは競技者が基準位置を中心に東西南北に±5mの範囲でうろついていることを意味します。

どうですか、指向性パターンが変化するでしょう。

次に、反射係数に0を入れてください。これは反射なしを意味します。そしてうろついてください。指向性パターンはどうになりましたか？うろついても変化なく、いつもきれいにTXの方向を指し示しているはずです。

さらに、青色の部分をいじって、TXや反射物の位置を変えてみてください。

「おまけ」

うろつくのが面倒の人のために、自動うろつき(徘徊)ボタンを用意してあります。

これもお試しください

注意: 反射物がTXとRXの間に入るようなケースでは、必然的に次の理由でおかしな指向性パターンが現れます。

◇浅い角度の反射になるので、本来反射係数は0に近い値をとるはずなので。

◇反射物は直接波の障害物となるが、計算では考慮していないので。

5. 反射波の影響を少なくする方法

これは、当たり前の話ですが、おさらいのつもりでまとめてみました。

■基本「反射波に対して直接波が限りなく強く受かるようにする」

◇TXに対して見通しの位置に来る

TXの位置は実際には不明ではあるが、見晴らしの良い場所、すなわち高い場所の方探することにより、直接波を強く受ける可能性を高くすることができる。

◇指向性の鋭いアンテナを使用する

反射波はTXの方向とは違う方向から到来する可能性が高い。従って指向性の鋭いアンテナを使用することにより、反射波の影響を軽減できる

◇反射物体から離れる

直接波がある程度受信できている場合は、遠方での反射波はほとんど影響ない。

∵信号強度は距離の二乗に反比例: 反射波の伝播距離が直接波の伝播距離の二倍ある場合、伝播損失のみで、反射波の信号は直接波の1/4になる。

従って、RX近傍の反射物には気をつけなければならない。ガードレールや塀、建物、そして山などからは極力離れたほうがよい。

6. 反射波があるか否かを判別する方法

- 次のようなケースの場合、まず反射を拾っていると考えてよい。
 - ◇ 数m移動する毎に信号の強弱が変わる。
 - ◇ 数m移動する毎に最大信号方位が変わる。

- 次のようなケースの場合、反射を拾っている可能性有りとする。
 - ◇ TXに近づくにつれ次第に信号が強くなってきていたが、急に弱くなった。
 - ◇ 反射物(山など)の近くにいる。山のふもと、谷など
 - ◇ 直前までの方探結果と矛盾する

7. 反射波が存在する場合の対処方法

- 反射波があることがわかっていて、どうしても逃れられない場合の対処策です。

■偏波面利用法

144MHz ARDFのTXは水平偏波の電波を発射しています。従って、RXのエレメントを水平ではなく鉛直にするとレベルがかなり下がります。しかし、反射をしてきた電波は、偏波面が回転し、垂直偏波成分が出ている可能性があり、鉛直エレメント状態でも、思った以上に強く受信されるという原理を使ったものです。これにより反射波の方向を同定し、TXの方向を推定しようとするものです。

この方法については、本資料ではここまでとします。

■微小移動(うろつき)方法

私がメインに利用している方法です。受信位置を少しずつ変えながら(移動しながら)連続方探します。そして最も信号レベルが高かった時の方探結果を解とします。

シミュレータでいろいろ遊んでみればわかりますが、うろつくことにより指向性パターンが変化し、ピークの信号強度や、ピークの方向、そしてピークの数も変化します。その中でもっとも大きなピークを示した指向性パターンを見てください。そのピークの方向のTXの方向との誤差は10度~20度に入っている確率が非常に高いことがわかります。

方位・レベルの誤差はそれなりにありますが、あさっての方向に進んでしまうことはありません。寸前までの比較的信頼性の高い方探結果も加味しながら最も確からしい方向・レベル($\propto 1/\text{距離}^2$)を判断します。

■無視する

狭い谷間などでTXが近傍にある確信が無いときは、この方法に限ります。少なくともTXまでの10m程度の距離で、TXまでが見通しの場合は、直接波が反射波にほぼ完全に勝ち、方位がでます。

そうでなければ、思い切って無視したほうが安全です。

さらなる対処法の可能性1

■うろつき時の強弱周期を読み取る方法

シミュレータで遊ぶとわかりますが、うろついた時の強弱周期(何m?)には方向性もあります。すなわち方向によって、周期の長さが異なります。

この方法は、単なるアイデアで私は実戦でためしたことはありません。(そこまで余裕はありません)

反射波の到来方向	TX方向の周期(TXが北なら南北方向の周期)	TXと直角方向の周期(TXが北なら、東西方向の周期)
TXの方向に近い(TXが北なら北方向)	波長(2m)に比べて長い	波長(2m)に比べて長い
TXとは直角方向(TXが北なら東西方向)	波長(2m)程度	波長(2m)程度
TXとは反対側(TXが北なら南方向)	波長(2m)に比べて短い	波長(2m)に比べて長い

さらなる対処法の可能性2

■指向性パターンを測定する方法1

シミュレータで反射波と直接波の合成指向性パターンは特殊な形状を示します。これは逆に指向性パターンを測定することによって、直接波、反射波のそれぞれの方向とレベルを逆算できることになります。

しかしながら、短時間で指向性パターンを測定するのは至難の業です。AAA(アダプティブ・アレイ・アンテナ)を利用して電氣的にアンテナの向きを変えて高速に測定するとか、RXにジャイロをつけて、RXをブンブンまわしながら自動測定するしかないのではと思います。モールの休止区間の問題がありますが、10秒もあれば測定できるような感じもします。

■指向性パターンを測定する方法2

数m移動しながら指向性パターンを測定して、データを増やすことにより、複数の反射波の分離ができるような感じがします。これにはコンピュータが必要ですね。インテリジェントARDFにどなたか挑戦しませんか？

もしこれができれば、反射波なんかもう怖くないですね。クロス八木・偏波面法と組み合わせれば、純粹に直接波成分のみが抽出できます。

こうなったら、反射波問題は完全に過去のものとなります。

(この方法はかなりSFチックですので、明日にでもできるというものではありません。念のため)

最後に

- 本資料は、私の独断と偏見で作成したものであり、目的は前述した通りですが、理論面、実践面で間違いがあるかもしれません。その場合はぜひご指摘ください。
- また、本資料に書いてあることはあくまで参考情報であり、実際のフィールドでの実経験を踏むことが重要であることは言うまでもありません。