

指向性パターン測定実験

2007年5月5日 安島

1. 背景

PJ-80 の改造結果を確かめたいこともあり、予めから測定したいと思っていた指向性パターンを測定してみました。ノーマルでの8の字特性、カージオイド特性がどうなっているのか、ロッドアンテナ（センスアンテナ）にLを入れた効果、PJ-80以外の機種との比較、などなど知りたいことは山ほどあります。

今回の目的は次の2つでした。

◇指向性パターン測定方法を確立する。

◇PJ-80改造（ロッドアンテナにLを入れて位相調整を施し、綺麗なカージオイド特性を得る）の効果確認

2. 実験装置

リグの音声出力をイヤホンジャックから取り出し、DMM(デジタルマルチメータ)で読み取り、RS232C経由でPCに記録しました。リグは3脚に取り付けられた回転台に載せ、15度おきに測定をしました。一周の測定に必要な時間は約1分です。

3. 測定実験

2007年5月4日 JA1ANF 小森田氏の御協力の下、横浜市都筑区茅ヶ崎公園にて実験を行いました。図1が実験風景全景です。

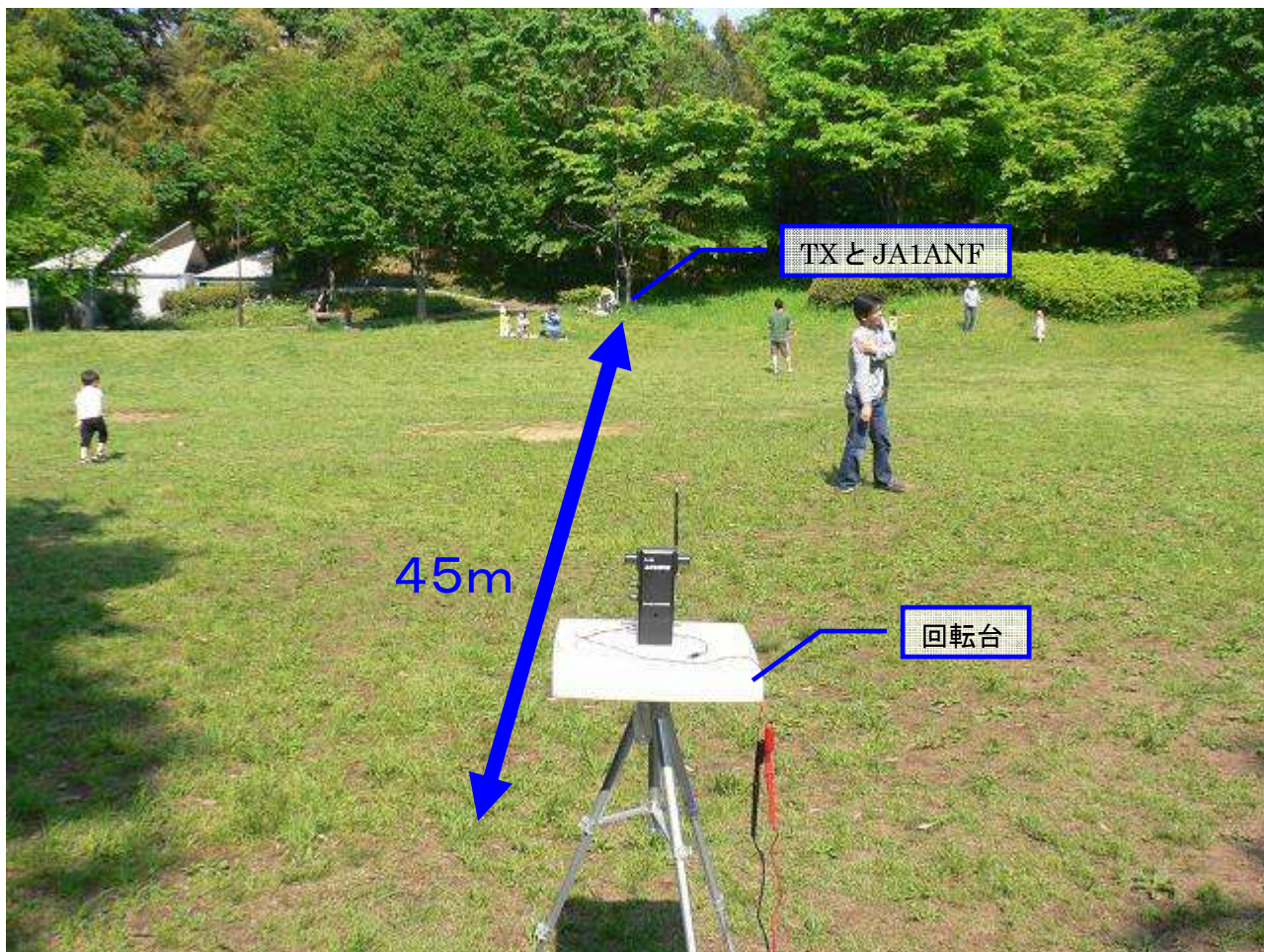


図1 実験風景全景

電波伝搬上、TX に近い近傍界と、遠い遠方界があります。遠方界では電波は綺麗な平面波となり、一般に言われている電波の性質が当てはまります。たとえば、電波は TX からの距離が遠くなるほど弱まりますが、電界強度が $1/2$ になれば磁界の強度も $1/2$ になります。しかし近傍界ではその関係はあてはまりません。TX のアンテナが垂直アンテナの場合、近傍界では電界成分の方が磁界成分より大きいといわれています。

近傍界と遠方界の境界の目安は波長の $1/6$ です。3.5MHz (80m) だと約13m、144MHz (2m) だと約30cmです。境界といってもそこを境にして大きく変わるというのではなく、じわじわと変化します。

ARDF 競技中は、遠方界近傍界を意識する必要はほとんどありません。もっとも近傍界領域に入ったならば、目視できることが多いでしょうし、特に144MHz ならば、当たり前ですね。Hi ただ、測定実験をされる場合には、遠方界近傍界を意識されたほうがよいと思います。今回は、十分に遠方界であることを意識して TX から45m離れたところで測定をしました。



図2 PJ-80 と回転台

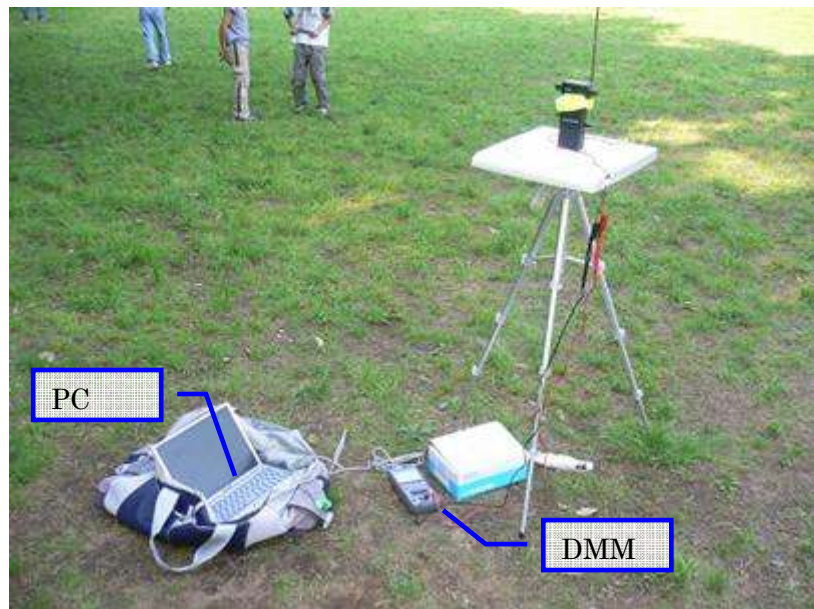


図3 RX 付近

図2は回転台に両面テープで貼り付けたPJ-80です。測定時は、イヤホンジャックにプラグを差し込みます。図3でわかりますが、イヤホンジャックの出力を単純にDMMでAC電圧測定をし、RS232C(秋月電子のUSB-232C変換ケーブル使用)経由でPCに取り込みます。

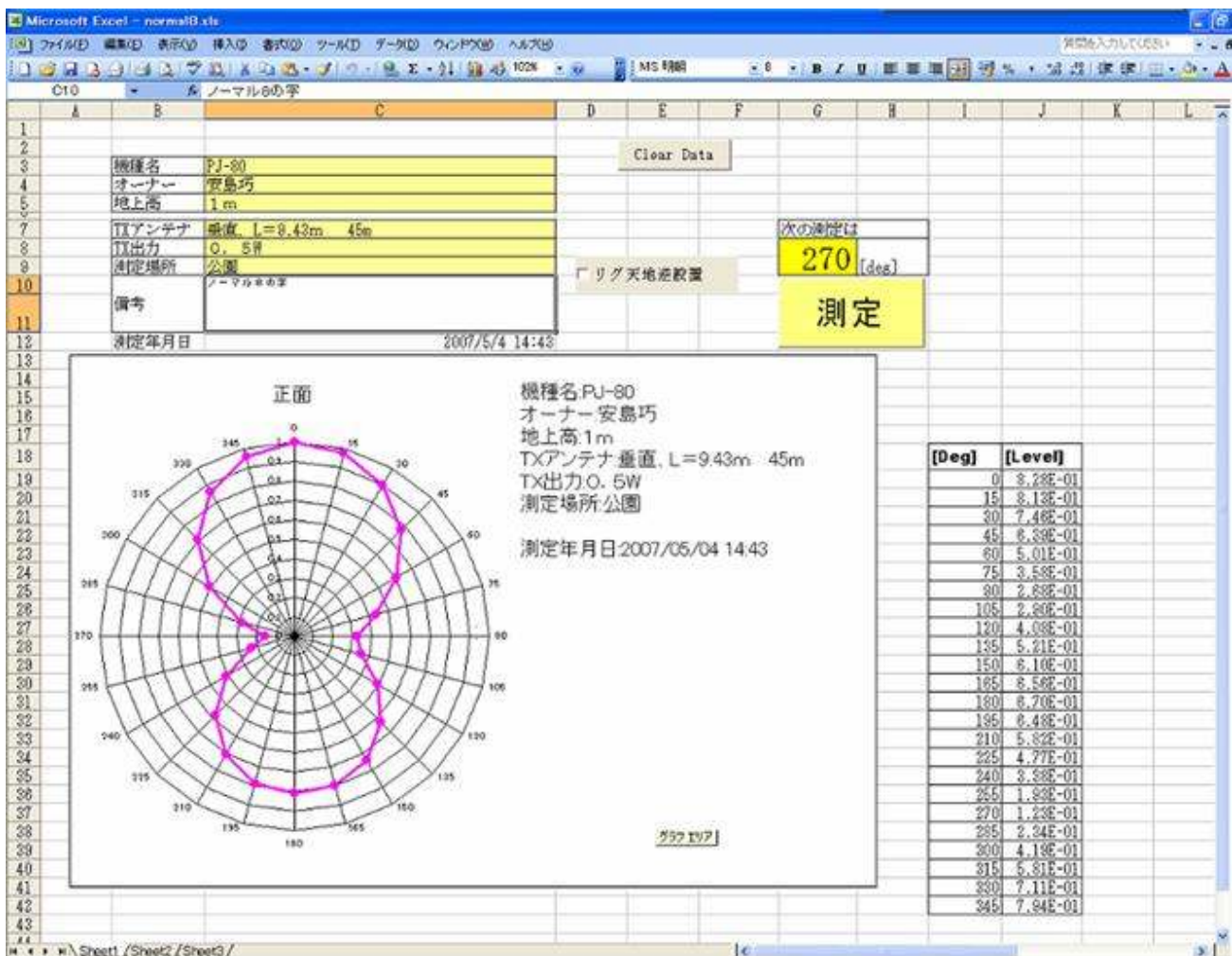


図4 測定 PC 画面

図4はPCのエクセル画面です。エクセルの指定したセルにDMMのデータを取り込むマクロをネットからダウンロードし、多少加工して作りました。「回転台を15度まわして測定ボタンを押す」という動作を24回繰り返すだけで指向性パターンが表示されます。



図5 カージオイド測定時のPJ-80

カージオイドスイッチは押ししている時だけON型なので、着脱式の黄色いテープで止めています。残念だったのが、ボタンの反対側にある周波数つまみに黄色のテープが当たり、テープを着脱するときに周波数がずれてしまうことです。従って、PJ80の実験結果では8の字modeとカージオイドmode間のレベル差が、今回の実験ではわかりません。



図6 80m sniffer MK II (下部につまみがあるので、小森田氏お手製の箱ジグに装着)



図7 TX アンテナ (L=9.43 m、CP=10.5 m、FT817 (0.5W) with SG211) & JA1ANF



図8 PJ-80

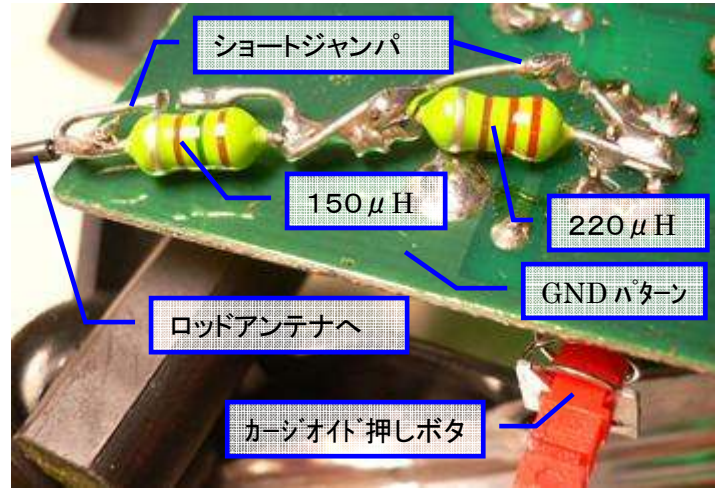


図9 基板裏返し (150 μH、220 μH)

ロッドアンテナ出力の位相を進ませる L は、アンテナへ行くラインに直列にいました。屋外の実験なので (半田ごてが使えない)、それぞれの L にショートジャンパ線をつけ、実験の途中でジャンパ線を切るようにしました。

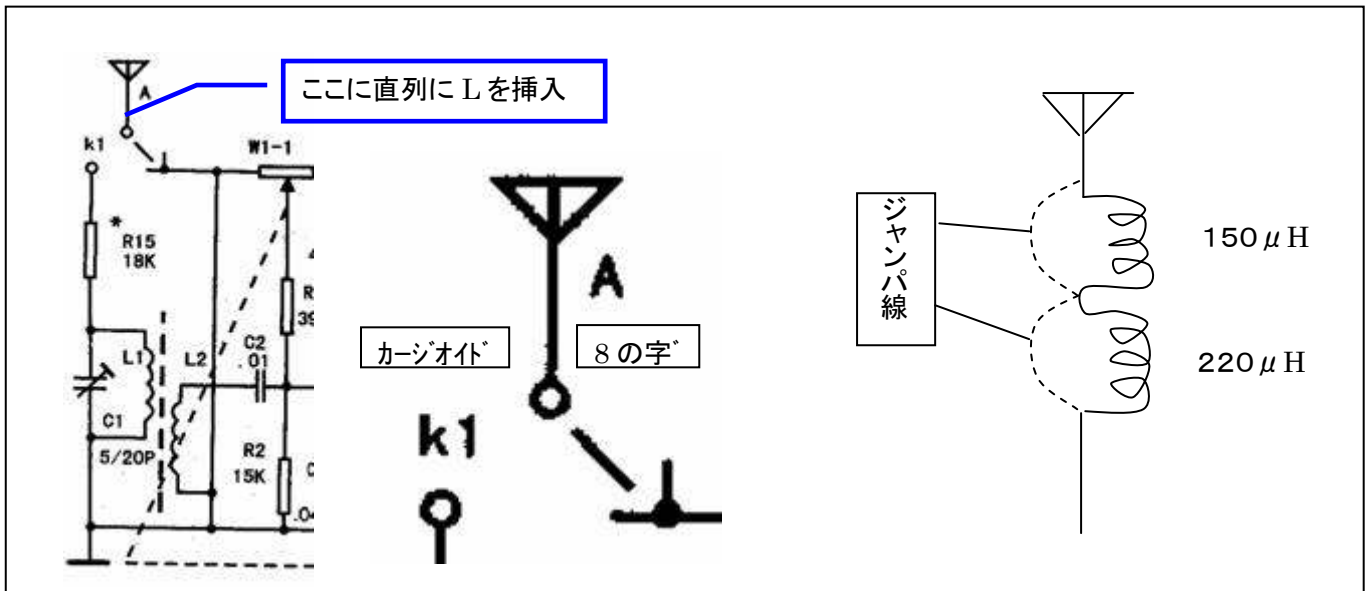


図10 PJ-80 RF部 と 位相を進ませる L

表1 使用したリード型コイルのインダクタンスと自己共振周波数

インダクタンス[μH]	自己共振周波数[MHz]	インダクタンス[μH]	自己共振周波数[MHz]
68	6	180	4.2
82	5.5	220	3.8
100	5	330	3.3
120	4.8	470	2.8
150	4.4	560	2.4

流石に自己共振周波数が3.5MHzを下回るのはマズイと思い、150 μHと220 μHの直列としました。



図 1 1 実験風景 1

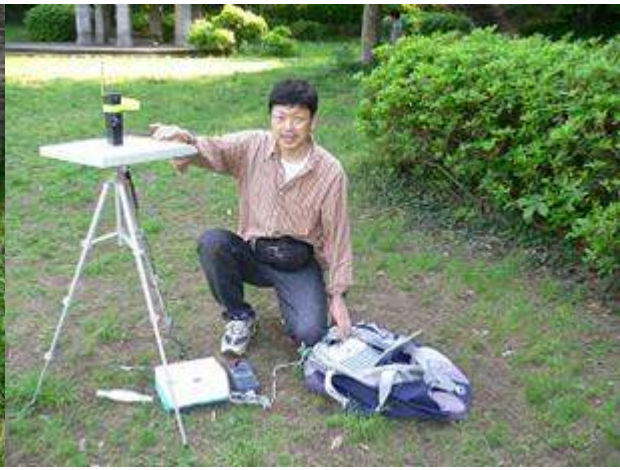


図 1 2 実験風景 2

大変、もったいぶりましたが、次に実験結果を示します。

4. 実験結果

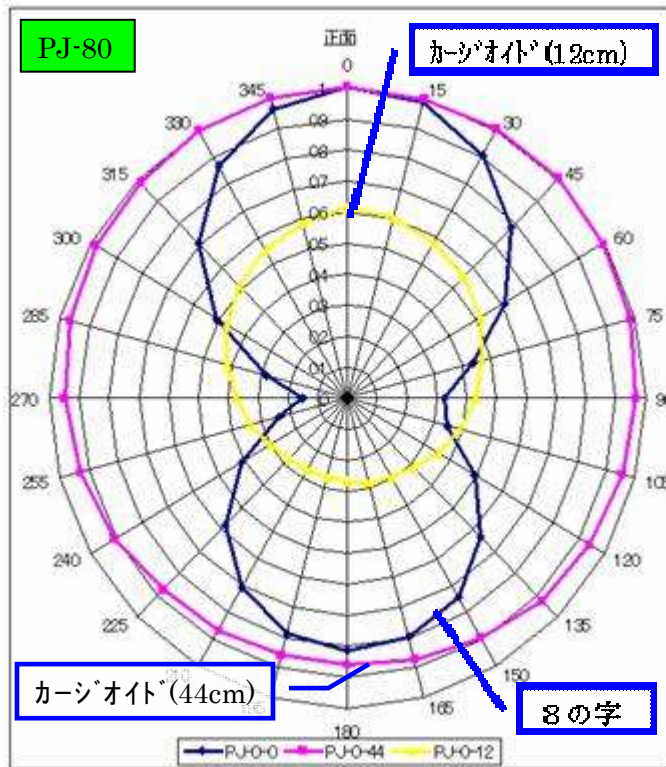


図 1 3

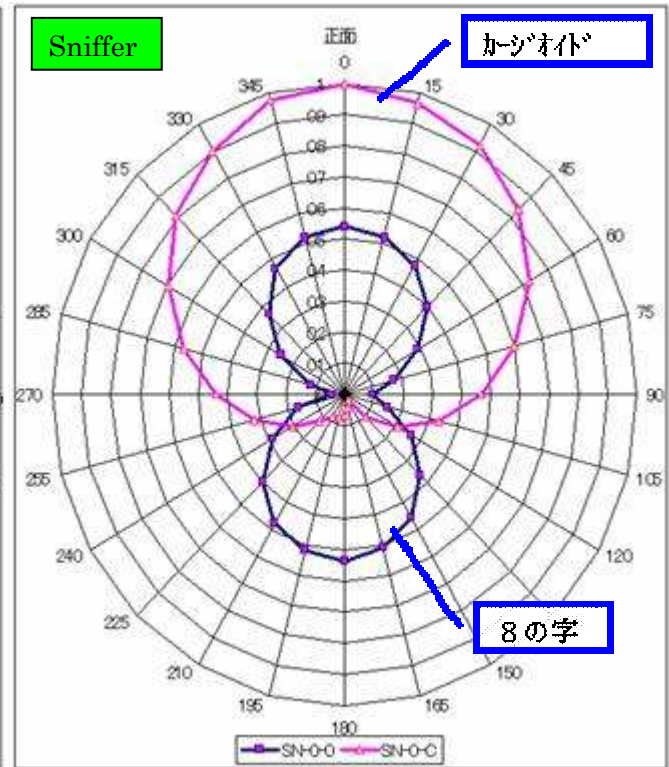


図 1 4

図 1 3・1 4 に測定した指向性パターンを示します。円の中心に R X があり、真上から R X を見下ろしています。R X の正面が図の上方向となります。図 1 3 の 8 の字特性 (紺色) で説明すると、R X 正面方向に T X があるときの信号出力は 1 で、右 6 0 度方向に T X があるときの信号出力は 0. 6、右後方 1 2 0 度に T X があるときの信号出力は 0. 5 であることを示します。

図 1 3 (P J - 8 0) では、ロッドを最大に伸ばした 4 4 c m と最短の 1 2 c m と両方測定しました。もちろん、4 4 c m で使用するのが標準仕様ですが、実際の使用時の感覚としては、長短での特性変化をあまり感じられなかったり、短いほうがよいようにも感じたり、競技中は長いエレメントが邪魔だったり、私の場合ほとんど 8 の字状態で探索することから、仕様外の 1 2 c m でも測定をしました。また、先述の通り、P J - 8 0 ではカージオイドと 8 の字のレベル比較ができないため、正面レベルでそれぞれ正規化しています。

P J - 8 0 のカージオイド (4 4 c m) では、わずかに後ろ側のレベルが落ちている (1 5 % ダウン) ことはわかりますが、カージオイドとは程遠い特性です。カージオイド (1 2 c m) では、後ろ側は 5 0 % ダウンしています。4 4 c m と 1 2 c m の比較では、正面感度が 1 2 c m で 4 0 % ダウンしています。

図 1 4 は sniffer です。どうです。文句なしの綺麗な特性ではないですか。完敗です。

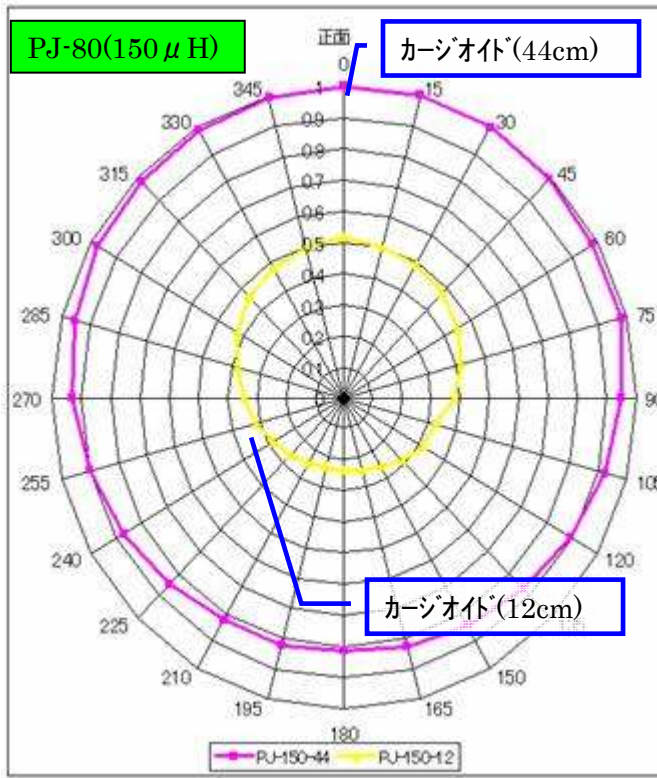


図 1 5

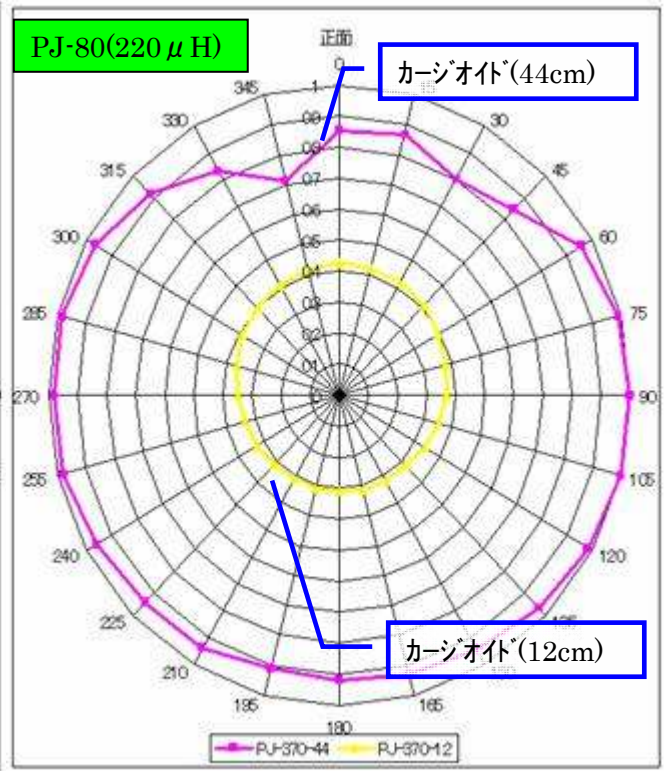


図 1 6

図 1 5 は $150 \mu\text{H}$ を直列挿入した時の特性です。最長 44 cm 時の F/B 比は $1 : 0.8$ と改善されてはいますが、まだまだカージオイドとは程遠いです。

図 1 6 は $150 + 220 = 370 \mu\text{H}$ の時の結果ですが、ボロボロです。実はこのとき、指向性パターン以外の問題が発覚しました。人間がリグに手を近づけたり、TX 方向を見ている状態で、RX の背後に立つだけで、レベルが 2 倍も変化する状態になっていました。一応、体を極力動かない状態にして測定はしましたが、仮にそれで綺麗なカージオイド特性が得られたとしても、実機としては使い物にならないと判断しました。

表 2 カージオイド mode での F/B 比

RX リグ	PJ-80				Sniffer
	無改造		L ($150 \mu\text{H}$) 挿入		
	44cm (最長)	12cm (最短)	44cm (最長)	12cm (最短)	
F/B 比	1.17	2.28	1.23	2.22	14.43

PJ-80 の F/B 比としては、オーダー的にあまり変わらないことがわかります。たぶんこれくらいであると耳で聞いても違いがようやくわかるくらいでしょう。数値上で強いて比較すると、無改造 12 cm が最良という皮肉な結果がでています。

5. 考察

最も気になったのは、 $L = 150 + 220 = 370 \mu\text{H}$ にしたときのボディイフェクトです。ちょうど TX で、アンテナとの整合が崩れ、アンテナではなく送信機から電波が出ているような感じです。このボディイフェクトは $370 \mu\text{H}$ の時に発見しましたが、 $150 \mu\text{H}$ の時や無改造時でも多かれ少なかれあったのかもしれませんが。

都合上、後戻り実験ができなかったので、次の機会に見てみたいと思います。少なくとも $370\ \mu\text{H}$ の時に顕著に現れたということはいえると思います。

図16を見ると、44cmで正面がへこんでいます。すなわち正面より後方の方がレベルが高いという逆転現象です。12cmではおきていないので、これも一見不思議な現象です。

ここで、図9を見てみます。Lは広いGNDパターン上に配置されています。仮にアンテナ端子とGNDとの間の浮遊容量が5pFとしてインピーダンスを計算してみます。

浮遊容量C： $5\ \text{pF} \rightarrow$ インピーダンス約 $9\ \text{k}\Omega$

コイル L： $370\ \mu\text{H} \rightarrow$ インピーダンス約 $8\ \text{k}\Omega$

とほぼコンパラとなります。つまり、直列R ($R=15\ (15\ \text{k}\Omega)$) も合わせて考えると、アンテナが同調回路のホット側ではなくコールド側(GND)に接続されているとも考えられます。こうなると特性はめちゃくちゃで、F/Bが反転してしまう現象もなんとなくわかります。

また、コイルの自己共振周波数が低いというのも気になります。 $150\ \mu\text{H}$ の方は、 $4.4\ \text{MHz}$ とまだ高いのですが、 $220\ \mu\text{H}$ の方は、 $3.8\ \text{MHz}$ と $3.5\ \text{MHz}$ に近い周波数となっています。マイクロインダクタでの自己共振は並列型と考えられるため、そのインピーダンスは非常に高くなります。するとさらに、前述のGNDアンテナの影響が大きくなると思われます。

もう一つ実験上の反省点としては、8の字とカージオイド間の相対的レベル測定が出来なかったことです。スイッチを取り替えてでもやるべきでした。図14のsnifferの結果を図17に再出して説明します。

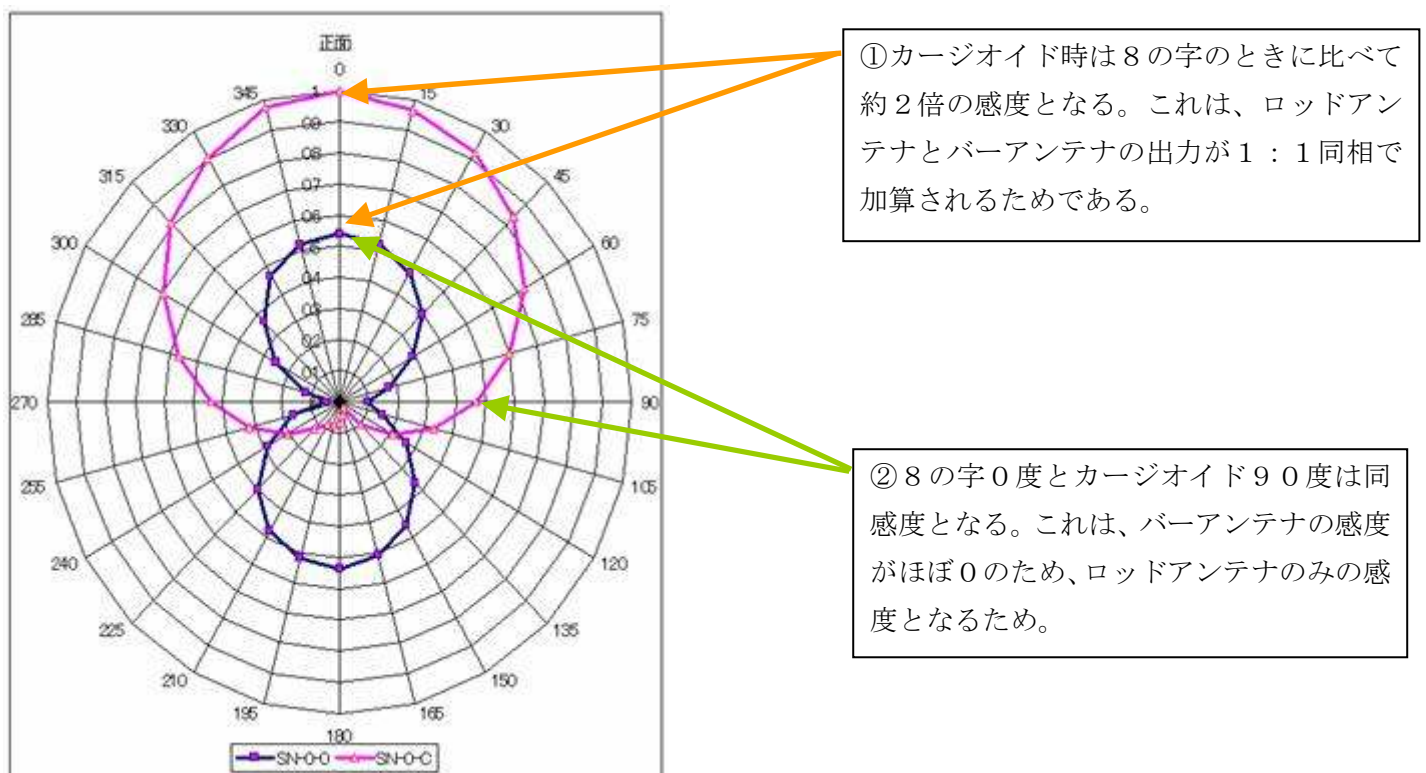


図 17

カージオイドパターンを綺麗に出すためには、バーアンテナを基準として、ロッドアンテナの位相とゲインの2つを合わせなければなりません。図17において、②を見ればゲインの調整が取れているかがわかりますし、ゲインの調整が取れていることが前提とすれば、①で位相の調整が取れていることがわかります。

PJ-80 のノーマル特性 (図 1 3) で 8 の字特性の対称性が崩れています。これは、私のリグでは、バーアンテナコイルは固定しておらず、通常フェライトバーのどちらかに偏っています。探索には支障はないのでそのままにしてありますが、実験だとそれが出てきているようです。

6. 今回の測定実験でいえること

【前提及び注意】本実験における PJ-80 の結果は、私が持っている (私が組み立て調整したもの) PJ-80 の結果であり、全ての PJ-80 がこの通りの結果が出るということではありません。

- ◇ 3. 5 MHz 指向性パターン測定方法としては、一応確立することができた。
- ◇ sniffer MKII は非常によい特性が得られた (綺麗な 8 の字とカージオイド) (カージオイド F/B 比 1.4)
- ◇ PJ-80 ノーマルとしては、使用時の感覚どおり、カージオイド特性は得られず、F/B 比も小さい (1.2 程度)。
- ◇ PJ-80 ノーマルでは、ロッドアンテナ (通常 44 cm) を 12 cm に縮めた方が F/B 比が大きくなった。 (それでも 2.3 程度)
- ◇ PJ-80 のロッドアンテナ位相調整用に 150 μ H を直列に入れたが、特性はあまり変わらなかった。
- ◇ 同じく 370 μ H にしたところ、特性はずたずたで、ボディイフェクトが大きく使い物にならなかった。

最初に述べた実験の目的に対応して記述すると、

- ◇ 指向性パターン測定方法を確立する。→○
 - ◇ PJ-80 改造 (ロッドアンテナに L を入れて位相調整を施し、綺麗なカージオイド特性を得る) の効果確認→×
- でした。

7. 最後に

- ◇ 実験に協力いただいた JA1ANF 小森田氏に感謝いたします。
- ◇ 2007 年 5 月 14 日の群馬大会へは、改造なし (温度特性改善はしてます) で臨みます。

以上