

**アンテナ用途電波暗室の特性予測
シュミレーション・プログラムと解析方法**

平成 13 年 10 月 30 日

(有) T S S J A P A N

電波無響室シミュレーションプログラムについて

1. シミュレーションプログラム（AFJ-吸収体を用いたものはその名称”ACHAAFJ”）の構成について略述する。これは暗室の寸法、アンテナの位置、吸収体種類、周波数、アンテナ定数、QZサイズ、トラバース条件等を与えて暗室の反射特性を求め、必要なものをグラフ表示しまた数値表示する。

2. 条件

- ① 送受信には同一形式ホーンを使う。ダイポール、八木等は想定しない。
- ② アンテナの空間的指向特性は通常のサイドローブの凹凸は考えずに、ピークが0dBのメインローブが-15dBの球から突き出ている形としている。
- ③ プログラム中に吸収体の特性を式で組み込む関係からピラミッド型吸収体のみを対象にしている。
- ④ 壁面反射は吸収体を取り付けてあるシールド面（金属面）で生じ、かつTE波（電界が入射面に垂直）の取扱としている。この扱いは全壁面でそのようにしている。暗室は直交した壁を持っている。したがって一方の壁面に対してTE波なら直角な他の壁面についてはTM波になるがそうは扱っていない。
- ⑤ 各壁面は最上に仕上がっていて不定の不要反射（照明器具、ドア枠、測定用のトラバース装置とかそのレールなどからの反射）は考えていない。

3. 基本の考え方

いわゆるレイトレース法によっている。反射波は一回反射のみ考えている。シミュレーションとしては次を目的にしている。

- ① 6壁面反射と直接波の合成結果としてどのようなトラバース波形になるか。
- ② 実測では得られない刻々の「反射波のみの合成値」はどうなるか。
- ③ 反射最悪値はどうなるか。

4. 入力と計算

- ① 入力：部屋寸法 QZ位置 T-R間距離 ピラミッド吸収体の高さ
トラバース形式と距離 周波数 アンテナゲイン ビーム幅 トラバース時のAz, E角
- ② トラバース区間を100分割（必要なら変更自由）して各点ごとに直接波レベル、6壁面からの反射波レベルを送信電力を0dBmとして計算する。
- ③ 計算値から表示用に以下を求める。
 - a. 全7成分のベクトル和
 - b. 反射波のみのベクトル和
 - c. 反射波振幅の和このaをグラフ表示すると通常の測定のトラバース波形記録相当のものになる。bのグラフ表示は通常の測定では入手不可能なもので、測定後の計算ではこれの一部が得られるにすぎない。cのグラフ表示は反射波ベクトル振幅の単純和なので合成された反射波の最悪値を示す。上に述べた条件下ではこれより悪い反射は表れない。

5. 表示

通常は上記の③ - aと③ - bのグラフ表示で間に合う。後者には③ - cを同時表示している。グラフ表示には周波数、トラバース条件などの最低見たい変数を表示している。このほかにグラフ表示の基にした

① 入力した全パラメータ

② 与えられた条件（アンテナ、吸収体）での6壁面の反射、これには送信アンテナの指向性は含む

の数値データを必要に応じて表示できる。

6. その他

客先名称、入力した諸変数をフロッピーディスクにストアでき、後になって再利用できる。再利用のときは読み込んだデータから再計算すれば良く、したがって必要なら変数値を変えてよい。計算時間は計算機性能で大きく変わるがパーソナルコンピュータでせいぜい数十秒である。

次ページ以降にシミュレーションデータの例を示し、無響値の計算も示した。

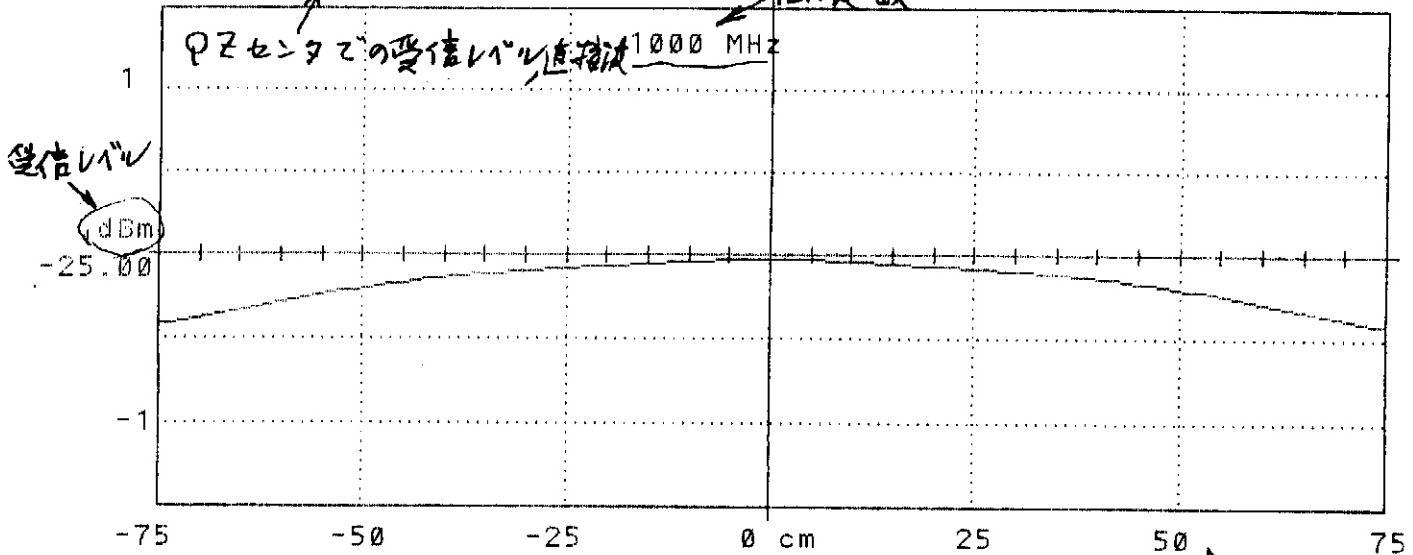
電波無響室シミュレーションデータ解説

シミュレーションデータの一つの例を示しデータの読取り方法を説明する。

- 図1 受信アンテナ方位 0° 、横トラバースの場合の受信電力波形。6面からの反射電力および直接波のベクトル和振幅を表し通常の測定で得られる記録に該当する。
- 表1 このシミュレーションの場合のパラメータのすべて。即ち部屋寸法、使用吸収体、トラバース条件、周波数およびアンテナ諸元。
- 図2 図1における直接波を含めない6反射波のみのベクトル和振幅。この図形は測定は不可能であり、また測定波形からの計算では本図形中の1点を得ている。
- 表2 図1の場合の6壁面からの反射波強度のうち左右の側壁のもの。鏡面反射波についてトラバース両端の入射角における反射率と送信アンテナの指向性を加えたもの。紙上計算の場合はこの値を受信アンテナが方位角 0° で受けるとしている。
- 表3 上記の続き。床、天井面のもの。
- 表4 上記の続き。送受信アンテナの各背面壁のもの。
- 図3 受信アンテナ方位 46.5° （鏡面反射の方位）の場合の受信電力波形。通常の測定で得られる記録に該当する。
- 表5 方位 46.5° の場合の全パラメータ。表1と比べるとRx - ANTの方位のみが変わっている。
- 図4 図3における直接波を含めない6反射波のみのベクトル和振幅。方位角 0° の場合の図2に対応するもの。実測は不可能である。
- 図5 無響特性の算出を図4の場合について例示した。

図-1

TRANSVERSE TRAVERSE TOTAL POWER VECTOR SUM (Pt = 0dBm)
 QZ CENTER REF LEVEL = -25.04dBm



NTN (OSK)
 TRANSVERSE TRAVERSE = 1.5 m LONGITUDINAL POINT = 0 m
 TRAVERSE HEIGHT = 0 m AZIMUTH ANGLE = 0 deg

トランス幅

受信アンテナ方位 0°

OTHER GRAPH? (Y/N)

表-1

CHAMBER : NTN (OSK)

PARAMETERS ← この計算のための全パラメータ

LGTH = 14.000m WIDTH = 9.500m HGT = 9.500m ← 部屋寸法
 T-R HGT = 4.750m T-R DIST = 10.000m REAR = 3.300m ← 送信位置
 ABSORBERS : AFJ- ↑ 受信アンテナ背面壁の距離
 BOTH SIDE = 18.0 CEILING = 18.0 FLOOR = 18.0 TX END = 18.0 RX END = 18.0 ← 各壁
 吸波体

TRAVERSE : ← 横 1.5m トランス
 TRANSVERSE TRAVERSE = 1.50m LONGITUDINAL POINT = 0.00m TRAVERSE HEIGHT = 0.00m
 RX ANT DIRECTION = AZIMUTH, 0deg 受信アンテナ方位 0°

FREQUENCY = 1000MHz BETA = 0.2094 (1/cm)

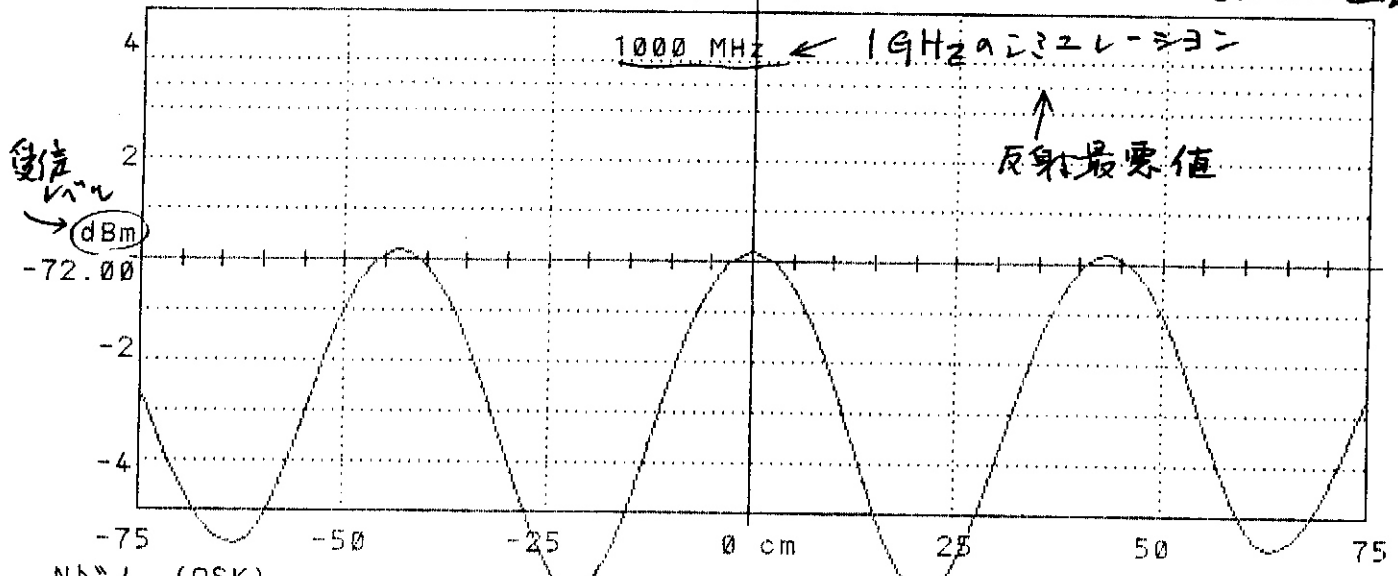
ANTENNAS :

Tx, Rx ANT GAIN = 13.7dB VERT -3dB = 40.0deg HOR -3dB = 35.0deg) アンテナは S.A. の 12-0.9 E つかう。

TO PROCEED HIT ANY KEY

図-2

TRANSVERSE TRAVERSE ← 横トラバース REFLECTED POWER VECTOR SUM (Pt = 0dBm)
 QZ CENTER REF LEVEL = -25.04dBm ← QZセンタでの直接受信レベル ↑ 0dBmで送信



NTN (OSK)
 TRANSVERSE TRAVERSE = 1.5 m LONGITUDINAL POINT = 0 m
 TRAVERSE HEIGHT = 0 m AZIMUTH ANGLE = 0 deg
 DOTTED LINE SHOWS WORST CASE VALUE

OTHER GRAPH? (Y/N)

↑ 横1.5mトラバース

↑ 受信アンテナ方位 0°

↑ 上図中の実線は、反射波振幅の単純和を示す。

表-2

CHAMBER: NTN (OSK)

WALL1 (RIGHT WALL) PERFORMANCE

側壁2 (右)

このトラバースの時の側壁の反射

ABSORBER AFJ-18 FREQUENCY 1000 MHz
 INCIDENCE ANGLE = 44.3deg MIN 48.8deg MAX
 REFLECTIVITY

0deg	-37.3dB	入射角 0° の時の性能	Tx ANT DIRECTIVITY 15.0dB = -46.0dB
44.3deg	-31.0dB	↑ 入射角のときの反射率	Tx ANT DIRECTIVITY 15.0dB = -44.1dB
48.8deg	-29.1dB		

↑ 入射角はこのトラバースで44.3° ~ 48.8°と考へた。

↑ Txアンテナの指向性

↑ Txアンテナ指向性と、入射角のみ考えた反射波強度。(0dBm入射とする)

WALL2 (LEFT WALL) PERFORMANCE ← 側壁2 (左)

ABSORBER AFJ-18 FREQUENCY 1000 MHz
 INCIDENCE ANGLE = 44.3deg MIN 48.8deg MAX
 REFLECTIVITY 0deg -37.3dB
 44.3deg -31.0dB Tx ANT DIRECTIVITY -15.0dB = -46.0dB
 48.8deg -29.1dB Tx ANT DIRECTIVITY -15.0dB = -44.1dB

TO PROCEED HIT ANY KEY

表-3

CHAMBER: NT" (OSK)

FLOOR PERFORMANCE

← 床反射

ABSORBER	AFJ- 18	FREQUENCY	1000 MHz		
INCIDENCE ANGLE=	46.5deg	MIN	46.5deg	MAX	
REFLECTIVITY	0deg	-37.3dB			
	46.5deg	-30.1dB	Tx ANT DIRECTIVITY	-14.2dB	= -44.3dB
	46.5deg	-30.1dB	Tx ANT DIRECTIVITY	-14.3dB	= -44.4dB

CEILING PERFORMANCE

← 天井反射

ABSORBER	AFJ- 18	FREQUENCY	1000 MHz		
INCIDENCE ANGLE=	46.5deg	MIN	46.5deg	MAX	
REFLECTIVITY	0deg	-37.3dB			
	46.5deg	-30.1dB	Tx ANT DIRECTIVITY	-14.2dB	= -44.3dB
	46.5deg	-30.1dB	Tx ANT DIRECTIVITY	-14.3dB	= -44.4dB

TO PROCEED HIT ANY KEY

表-4

CHAMBER: NT" (OSK)

TRANSMITTING END WALL PERFORMANCE

← 送信P-面背面の反射

ABSORBER	AFJ- 18	FREQUENCY	1000 MHz		
INCIDENCE ANGLE=	0.1deg	MIN	3.8deg	MAX	
REFLECTIVITY	0deg	-37.3dB			
	0.1deg	-37.3dB	Tx ANT DIRECTIVITY	-15.0dB	= -52.3dB
	3.8deg	-37.3dB	Tx ANT DIRECTIVITY	-15.0dB	= -52.3dB

RECEIVING END WALL PERFORMANCE

← 受信P-面背面の反射

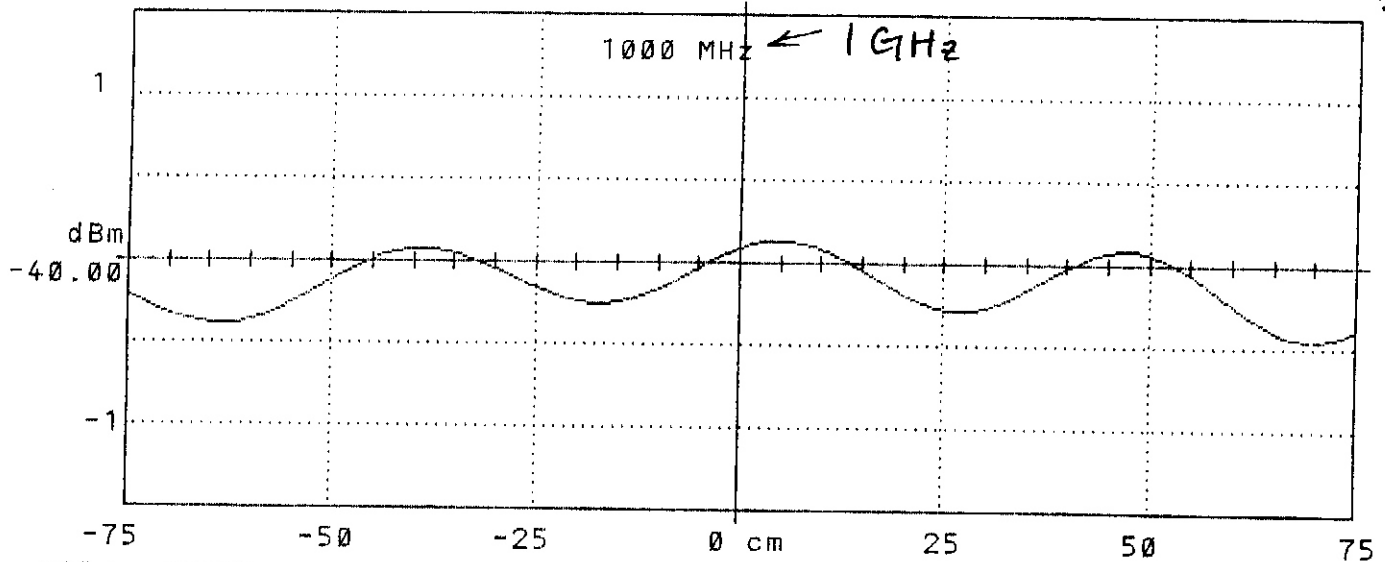
ABSORBER	AFJ- 18	FREQUENCY	1000 MHz		
INCIDENCE ANGLE=	0.0deg	MIN	2.6deg	MAX	
REFLECTIVITY	0deg	-37.3dB			
	0.0deg	-37.3dB	Tx ANT DIRECTIVITY	-0.0dB	= -37.3dB
	2.6deg	-37.3dB	Tx ANT DIRECTIVITY	-0.1dB	= -37.4dB

TO PROCEED HIT ANY KEY

図-3

TRANSVERSE TRAVERSE TOTAL POWER VECTOR SUM(Pt= 0dBm)
QZ CENTER REF LEVEL=-25.04dBm

← 全壁電力(測定工) 波形



NTN (OSK)

TRANSVERSE TRAVERSE= 1.5 m

LONGITUDINAL POINT= 0 m

TRAVERSE HEIGHT = 0 m

AZIMUTH ANGLE = 46.5 deg

受信方向方位 46.5°
(鏡面反射に53角度)

OTHER GRAPH? (Y/N)

表-5

CHAMBER : NTN (OSK)

PARAMETERS ← 一時の11.5x-9

LGTH = 14.000m WPTH = 9.500m HGT = 9.500m
T-R HGT= 4.750m T-R DIST= 10.000m REAR= 3.300m

ABSORBERS : AFJ- 全壁面 AFJ-18 //
BOTH SIDE= 18.0 CEILING= 18.0 FLOOR= 18.0 Tx END= 18.0 Rx END= 18.0

TRAVERSE :
TRANSVERSE TRAVERSE= 1.50m LONGITUDINAL POINT= 0.00m TRAVERSE HEIGHT= 0.00m
Rx ANT DIRECTION= AZIMUTH, 47deg 方位 46.5° (→ 47° と表示)

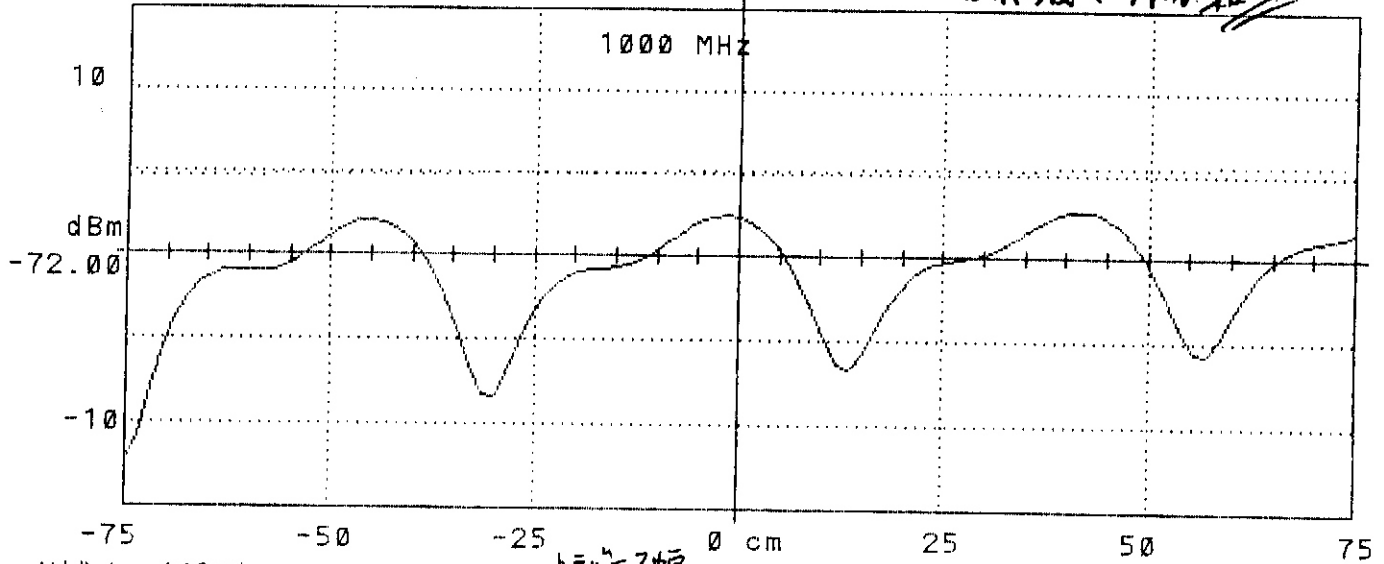
FREQUENCY= 1000MHz BETA= 0.2094 (1/cm)

ANTENNAS : ← 1GHz
Tx, Rx ANT GAIN= 13.7dB VERT -3dB= 40.0deg HOR -3dB= 35.0deg

TO PROCEED HIT ANY KEY

図-4 ← 横トラバース

TRANSVERSE TRAVERSE REFLECTED POWER VECTOR SUM (Pt = 0dBm)
 QZ CENTER REF LEVEL = -25.04dBm



NTN (OSK)
 TRANSVERSE TRAVERSE = 1.5 m LONGITUDINAL POINT = 0 m
 TRAVERSE HEIGHT = 0 m AZIMUTH ANGLE = 46.5 deg
 DOTTED LINE SHOWS WORST CASE VALUE

方位 46.5°

OTHER GRAPH? (Y/N)

図-5

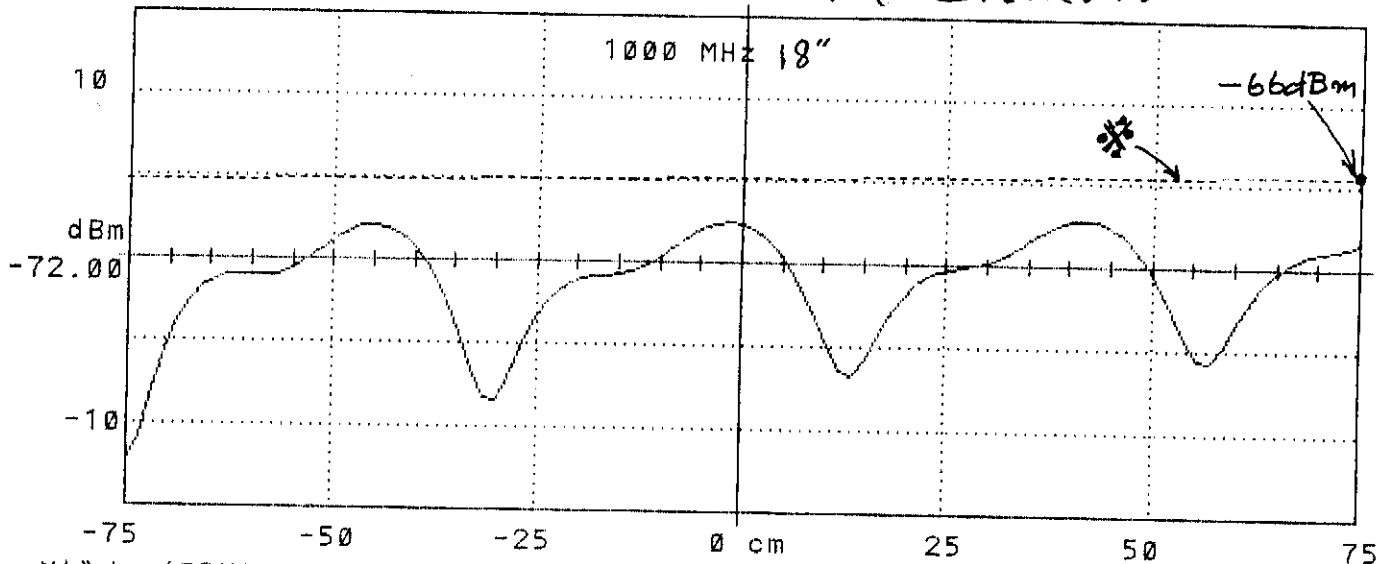
反射波の電力和

TRANSVERSE TRAVERSE

REFLECTED POWER VECTOR SUM (Pt = 0 dBm)

QZ CENTER REF LEVEL = -25.04 dBm

← QZ 中央の直接波レベル



NTN (OSK)

TRANSVERSE TRAVERSE = 1.5 m

LONGITUDINAL POINT = 0 m

TRAVERSE HEIGHT = 0 m

AZIMUTH ANGLE = 46.5 deg

* DOTTED LINE SHOWS WORST CASE VALUE

← 反射波の最悪合成値

無響特性算出

上図は図-4を再度示した。即ち方位角 46.5° の横トラバースであり、諸パラメータは従って表-5を参照のこと。暗室の無響（反射）特性を

- ① QZの中央で送受アンテナを正面で対向させた場合の最大受信レベル
 - ② 受信アンテナに方位角を与えた場合の受信反射波レベル
- の比と定義する。これは受信レベルをdBmで読んでいるならそれらの差になる。

上図のように反射はベクトル和の図ではベクトル振幅の単純和（全反射波が同相）も示しており、これは勿論反射波の最悪値（最強値）である。

図でタイトル部分に示した“QZ CENTER REF LEVEL=-25.04dBm”は、上記①である。また※印の点線で示したのは上記②の最悪値で、位置で変わるから最大レベルを読むと-66dBmある。従って無響特性はこれの差として次の様になる。

方位角 46.5° において -41dB

縦トラバースもこれに準じれば良いが上記①においてQZ前縁のレベルを基準にとればよい。