

アンテナ用途電波暗室の評価方法

自由空間定在波比法

平成 13 年 10 月 30 日

(有) T S S J A P A N

自由空間定在波比法

1. 概要

電波暗室の無響特性（あるいは無反射特性、反射減衰量、また間違える事がないなら反射率、Reflectivity）について、以下にデータ解析法をのべます。これは空間の電界探査用のアンテナを移動させることにより、直接波と壁面からの反射波との間で生じる定在波を検出して暗室の反射特性を求めるものです。

2. 測定系

電波暗室は殆どの場合においてある一点に固定アンテナを置き、ここから離れたクワイアットゾーン（以下QZ）と呼ぶ測定空間内に被測定物を置いてこれの指向性などの測定をします。電波は固定アンテナから発射し非測定物で受信するのが普通でこの時送受信の関係を入れ替えてもアンテナの相反の定理によって同じ結果が得られます。無響特性の測定もこれらの位置にアンテナを置いて行います。

自由空間定在波比法では空間の電界探査用のアンテナ（プローブアンテナとも呼ぶ）を移動用の台（トラバース装置、トラバース機）に取り付け、QZ内横方向、縦方向の移動を行います。移動用の台や支柱はなるべく反射が少ないように発泡スチロールや硬質塩化ビニールを使い、金属部分は電波吸収体でカバーします。

受信機からの出力信号はX-Y記録計のY軸に供給し、X軸にはトラバース機が出している位置信号を与えるかまたはトラバース機の移動位置に対応した適当な時間掃引信号を与えます。こうすれば空間的な定在波の波形が記録できます。これら装置のセットアップは図-1に代表例を示しました。

3. 測定手順

- ① 装置、送信系、受信系をセットアップする。
- ② 送受信系は設計上の位置に配置し両アンテナを互いに正面（仰角、方位角とも 0° ）に対向させ、受信レベルが最大になるように方向を微調整する。以後、送信アンテナは固定したままにする。
- ③ トラバース機をQZの外からスタートさせQZを通過するときの波形記録を取る。
- ④ 方位角（横トラバースの場合）または仰角（縦トラバースの場合）を別の値にして上の③と同様の測定を繰り返して定在波波形の記録をとる。

4. データの解析

4-1 計算方法

上記3. で得た定在波記録から暗室の無響（反射）特性を求めます。測定はdB（デシベル）で行うので計算途中では線形スケールに直し、最後の反射特性はdBに変換します。

右図の上と下は測定した dB スケールと線形スケールで表した波形です。この波形は述べたように受信アンテナが受ける直接波（強）と壁からの反射波（弱）の干渉で生じたものです。これの最大、最小電圧を V_1 、 V_2 とすると定義により定在波比 P は

$$P = V_1 / V_2 \quad \text{----- (1)}$$

ですが dB では次のようになります。

$$A(\text{dB}) = 20 \log V_1 - 20 \log V_2$$

$$= V_1(\text{dBm}) - V_2(\text{dBm}) \quad \text{----- (1')}$$

この弱い反射波と強い直接波との比率 R は

$$R(\text{dB}) = 20 \log \frac{P-1}{P+1} \quad \text{----- (2)}$$

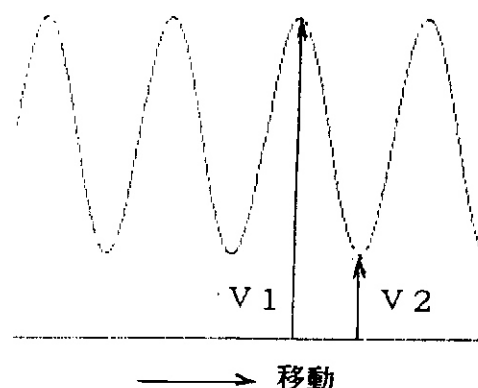
です。記録した定在波波形の振幅を A dB とすると

$$P = 10^{[A(\text{dB})/20]} \quad \text{----- (3)}$$

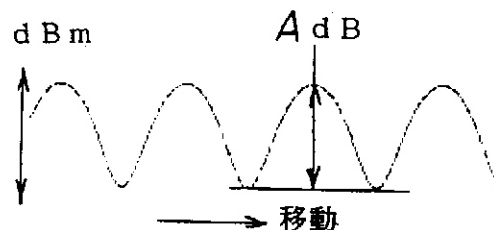
であり、(2) 式へ入れると

$$R(\text{dB}) = 20 \log \frac{10^{[A(\text{dB})/20]} - 1}{10^{[A(\text{dB})/20]} + 1} \quad \text{----- (4)}$$

定在波の波形
線形スケール



dB スケール

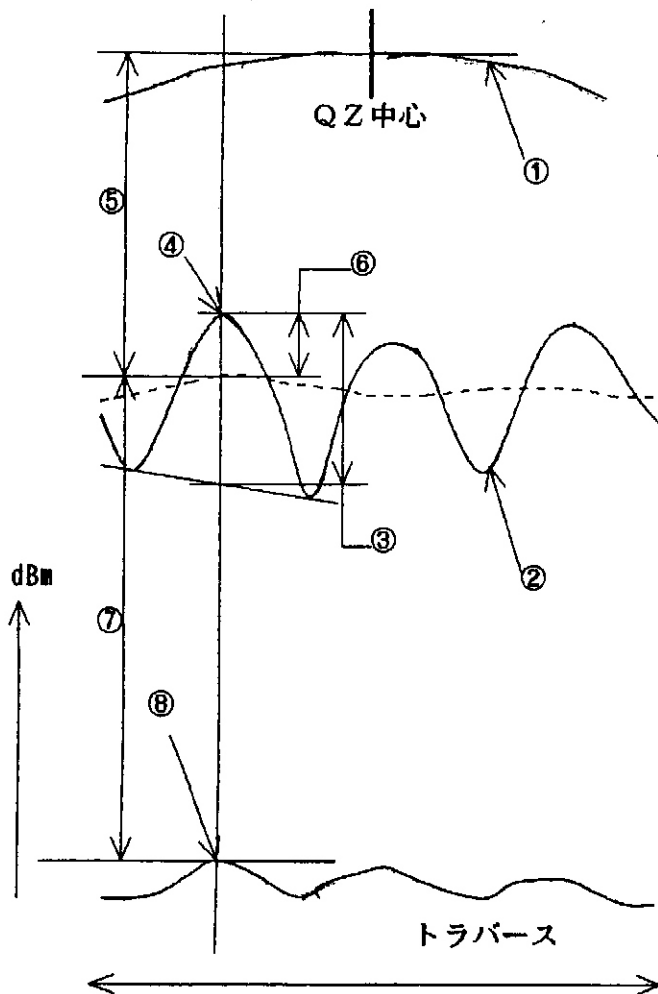


となります。送受アンテナを正面に向き合わせた受信レベルは対応するトラバース記録からわかり、またアンテナに方位角を与えたときの直接波レベルは対応するトラバース記録からわかります。このレベルは送信ビームを受信アンテナのメインビームからはずれた方向で受信しているため、当然正面に向き合った場合よりは低いレベルにあります。結果として

- ① 正面に向き合った場合の受信レベル即ち直接波レベルと
- ② 受信アンテナを側壁に向けて反射波を受けた受信レベル即ち反射波レベル

との比として暗室の無響特性を算出できます。

この様にアンテナに角度を与え反射波を受けるようにしてトラバース（横方向を想定しておく）させた場合の信号のレベルを下図で説明します。



- ① 送受信アンテナを対向させたときの波形記録
- ② 受信側に方位角を与えたときの波形記録
- ③ 定在波比(大きい振幅の部分)を計算対象にする)
- ④ 定在波のピークのレベル
- ⑤ 受信アンテナが受けている直接波レベル
- ⑥ 上の④と⑤の差、下記の(5)式で算出できる
- ⑦ 受信している直接波(強)と反射波(弱)の差、(2)式で出る
- ⑧ 反射波レベルであり⑤のレベルから(2)式のR dBだけ低いところにある。QZ中心における①のレベルを基準(0 dB)として表現

上記⑥の差(PP)は次式で計算できます。この様にして反射波比率から、強い信号は定在波ピークからいくら低いか、および弱い信号は強いほうからいくら低いかのかわかり、必要な暗室の無響特性が求まります。

$$PP(dB) = 20 \log [1 + 10^{(R(dB)/20)}] \text{-----} (5)$$

4-2 実際の波形からの計算

4-2-1 横方向トラバース (Transverse Traverse) の場合

一例を示します。上の記録は方位角 80° で壁面の反射を記録したものです。この記録中の定在波で最大と見られるもの(矢印)を対象にし、その山のレベルと振幅を読むと -53.1 dBm および 2.1 dB あります。また QZ 中心で方位角 0° で対向させた波形のピークレベルを読むと -17.4 dBm あります。

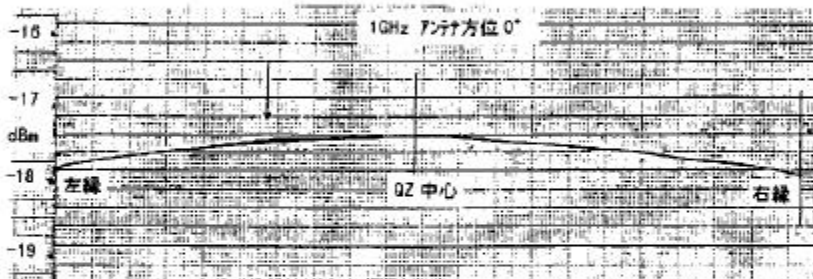
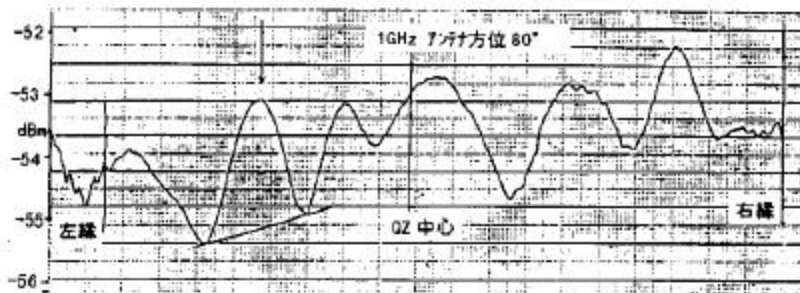
① 定在波振幅から反射波比 R は $R = -18.4 \text{ dB}$

② 同じく定在波振から定在波ピークと強いほうの信号レベルとの差は 1.0 dB

③ 強い信号(受信している直接波)レベルは

$-53.1 \text{ dBm} - (-17.5 \text{ dBm}) - 1 \text{ dB} = -36.6 \text{ dB}$ ……アンテナを向かい合わせたときの受信レベルからこれだけ低いところに受信直接波レベルがある。

従って無響特性は $-36.6 \text{ dB} - 18.4 \text{ dB} = -55.0 \text{ dB}$



4 - 2 - 2 縦軸トラバース (Longitudinal Traverse) の場合

示したのは仰角 120° で天井の反射をみた場合です。横軸トラバースと同じく記録中の最大振幅の定在波を対象にして山と振幅を読むと -36.3 dBm 、 1.6 dB あります。またアンテナを対向 (即ち仰角 0°) させて取った記録で前縁のレベルは -16.0 dBm あります。

① 定在波振幅から反射波比 R は $R = -20.7 \text{ dB}$

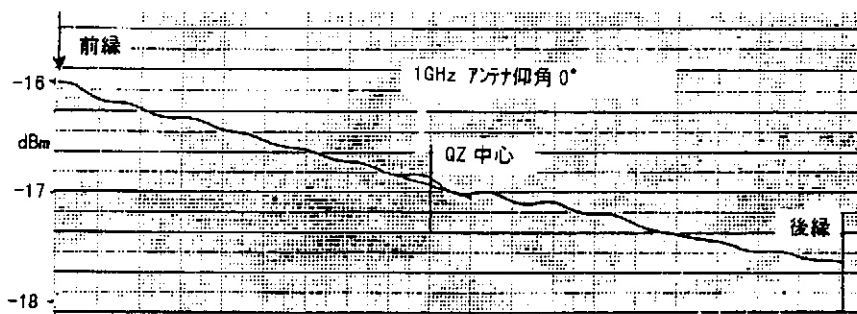
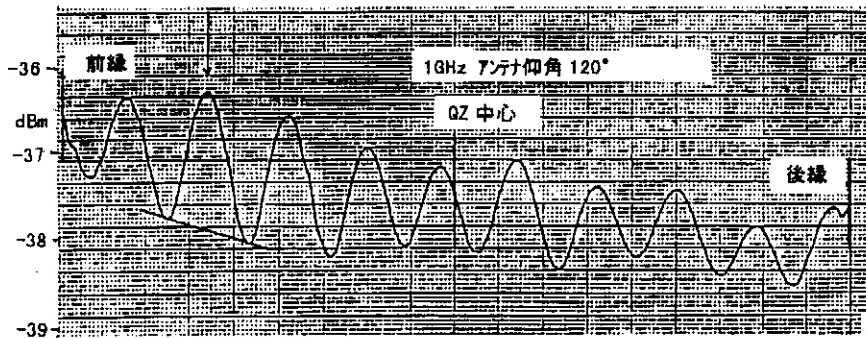
② 同じく定在波振幅から定在波ピークと強いほうの信号レベルとの差は 0.8 dB

③ 強い信号 (受信している直接波) レベルは

$$-36.3 \text{ dBm} - (-16 \text{ dBm}) - 0.8 \text{ dB} = -21.1 \text{ dB}$$

従って無響特性は

$$-21.1 \text{ dB} - 20.6 \text{ dB} = -41.7 \text{ dB}$$



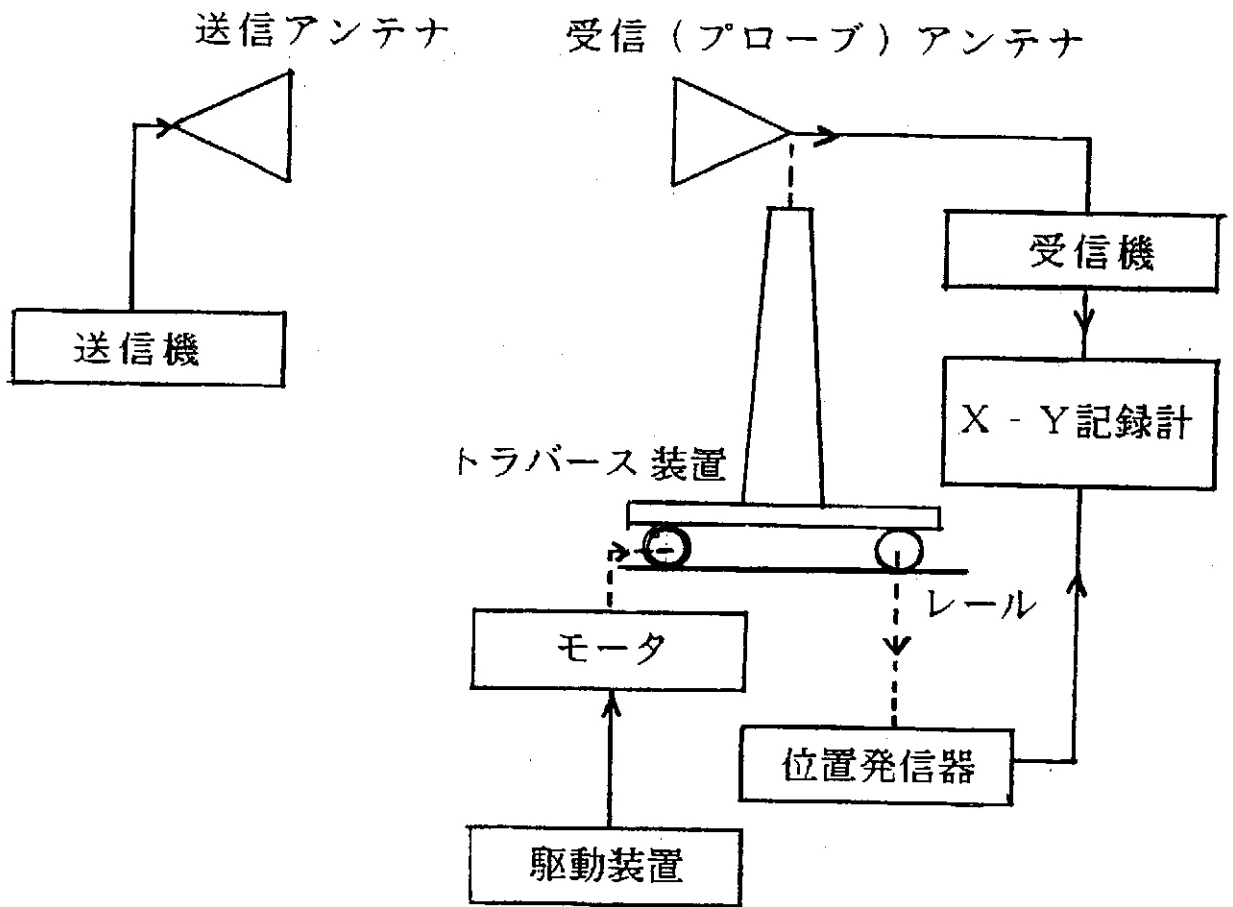


図 - 1 自由空間定在波比法
測定系ブロック