

< 地上デジタル放送波の電界強度測定法 >

地上デジタルテレビ放送波の電界強度の測定を行うにあたって注意しなければならないことは、地上デジタル波は、階層伝送、変調方式、符号化率など色々なパラメータを必要に応じて切り替えて運用しています。このため、電界強度を測定する前提条件を定めておく必要があります。

総務省の電気通信技術審議会の地上テレビジョン放送等置局技術委員会のレポートによるとサービスエリアを決める放送区域内の所要電界強度を求めるにあたっては、次のモデルを前提条件としています。

- ① 地上 10m に設置された UHF14 素子八木アンテナを使用すること。
- ② 情報レートが最大である変調方式 64QAM、符号化率 7/8 の放送時であること。
- ③ 固定受信を対象とすること。
- ④ ビット誤り率は、内符号訂正後 2×10^{-4} 以下であること。
- ⑤ 受信システムのモデルとして、ブースターを使用した 4 分配を想定すること。

④に関する考え方は、電界強度の値が満足していても、妨害電波や混信電波があるときは、良好に受信することが困難となることによる条件です。

デジタル放送の電波は、アナログ放送波と異なる種々の特徴があります。その測定には、電界強度の測定のほかデジタル放送特有の「ビット誤り率」や「遅延プロファイル」などがあります。電界強度の値だけで電波の良否を判断することが出来ないからです。

なお、ビット誤り率ならびに遅延プロファイルについては、末尾、「もっと詳しく知りたい方のために」を参照してください。

電界強度を測定するには、受信アンテナと同軸ケーブルならびに端子電圧測定器が必要です。通常、電界強度は、端子電圧測定器の入力端子の電圧を測定し、その値から換算して求めます。このため、測定周波数における受信アンテナの利得と同軸ケーブルの減衰量を予め把握しておく必要があります。図1に端子電圧測定概念図を示します。

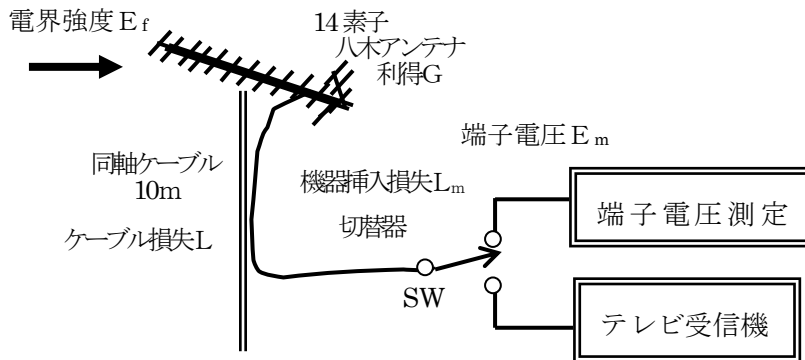


図1 端子電圧測定概念図



端子電圧測定器には、専用の測定器とスペクトラムアナライザーがあります。アナログのテレビ電波では、映像搬送波と音声搬送波のレベルを測定し表わしていましたが、地上デジタルテレビ放送電波に関しては、5.6MHz帯域内にある全搬送波の総電力を測定し、そのレベルを平均値で表示することになります。

地上デジタル放送の電界強度を測定する場所は、ラジオ放送波の電界強度測定と同様に集落の電波到来方向から見て前後の方向に数地点を選定します。集落の家並みまで十分な距離（家並の遮へいのないところを目標とします。）があり、都市減衰の影響を蒙っていない所とします。

使用アンテナは14素子八木型アンテナとしその高さは10mとします。FM電界強度測定の場合のようにスライド測定はしません。端子電圧の測定器と測定画像例を図2に示します。

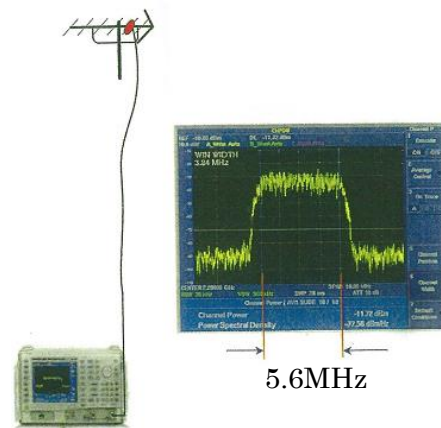


図2 端子電圧測定器と測定画像例

測定場所の良否を判断する

ためハイトパターンをみてみましょう。アンテナの高さが上昇するにつれて、滑らかに電界強度が増加すれば良いと判断できます。

正確には、送受信点間の距離 d と送信アンテナ高 h_1 と受信アンテナ高 h_2 の関係が次式を満足され

$$\frac{2\pi h_1 h_2}{\lambda d} \leq \frac{\pi}{6}$$

る条件の場合ということですが d が大きくなれば多くの場合はこの式が成立すると思つてよいでしょう。

図 1 に示す端子電圧測定概念図において、得られた端子電圧 $E_m(\text{dB}\mu)$ から電界強度 $E_f(\text{dB}\mu/\text{m})$ は、次式から求められます。

$$E_f(\text{dB}\mu/\text{m}) = E_m(\text{dB}\mu) + k(\text{dB})$$

ここで、 k は、換算値で次の式で求められます。

$$k(\text{dB}) = L(\text{dB}) + 6(\text{dB}) - H_e(\text{dB}) - G_{\text{ant}}(\text{dB})$$

$L(\text{dB})$: ケーブル損失

$6(\text{dB})$: 終端端子電圧から開放端子電圧への換算値。開放端子電圧表示の場合は $0(\text{dB})$ 。なお、インピーダンス 75Ω 、開放端子電圧で表すことになっています。ケーブルが 50Ω の場合はインピーダンス補正として $1.8(\text{dB})$ を加えます。

参考 $10\log 75/50 = 1.8(\text{dB})$

$H_e(\text{dB})$: 実効長 (λ/π) で λ は波長 $H_e(\text{dB}) = 20\log \lambda/\pi$

$G_{\text{ant}}(\text{dB})$: アンテナ利得 ダイポールアンテナを使用した場合は不要

例えば、東京総合テレビ放送局 27 チャンネル ($554\sim 560\text{MHz}$ ・中心周波数 557MHz) の放送波を 14 素子八木型アンテナ、 557MHz の利得 8dB を使用して終端電圧表示の端子電圧測定器にてケーブル 5C-FB15m を使って

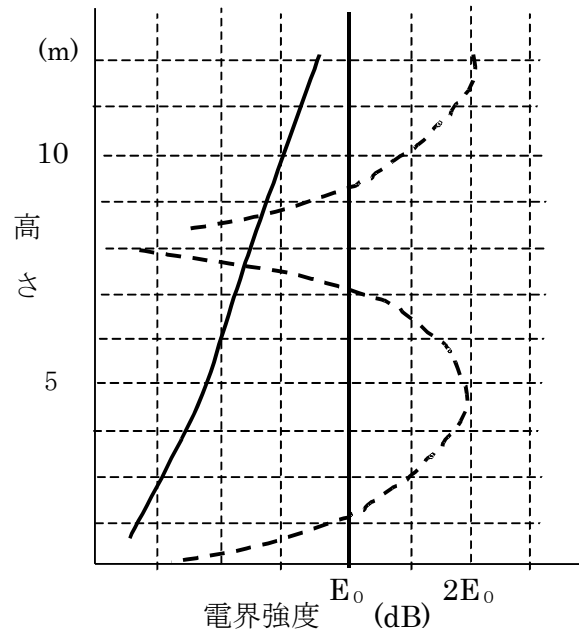


図 3 ハイトパターン

測定したときの換算値は 16.3dB になります。

$$K=3+6-(-15.3)-8=16.3 \text{ dB}$$

L(dB) : ケーブル損失 $15\text{m} \times 200 \text{ dB} / 1000\text{m} = 3.0\text{dB}$

6(dB): 終端端子電圧から開放端子電圧への換算値

$H_e(\text{dB}) : H_e(\text{dB}) = 20 \log \lambda / \pi = 20 \log (0.54 / 3.14) = -15.3$

$$\lambda = (3 \times 10^8) / 557 \times 10^6 = 0.54$$

$G_{\text{ant}}(\text{dB})$: 14 素子八木アンテナ 557MHz でアンテナ利得 8dB

測定して得られた端子電圧 E_m が 50(dB μ)とすると、電界強度 E_f は次式より 66.3(dB μ)となります。

$$E_f(\text{dB}\mu) = E_m(\text{dB}\mu) + k(\text{dB}) = 50 + 16.3 = 66.3(\text{dB}\mu)$$

受信地点における端子電圧と電界強度の関係をまとめると次のようになります。

表 1 端子電圧と電界強度との関係

項目	UHF(27ch)	備考
アンテナの相対利得 G_{ant}	8(dB)	
アンテナの実効長 (λ / π)	-15.3(dB)	
ケーブル損失 L	3(dB)	
機器挿入損失 L_m	0(dB)	2 分配気使用の場合は 3 (dB)
開放電圧への換算値	6(dB)	
測定した端子電圧	50(dB)	
k (dB)	16.3(dB)	$(L + 6 - H_e - G_{\text{ant}})$
電界強度	66.3(dB)	

もっと知りたい方のために]

☆ ビット誤り率

地上デジタル放送波は、雑音だけでなく不特定反射波であるマルチパスなど様々な妨害によって信号が劣化します。その総合的な品位は、ビット誤り率を測定することによって把握できます。これを測定するのがビット誤り率測定器です。デジタル放送は多少ビット誤りがあってもある程度は自己修正が可能な機能があります。この機能を誤り訂正と呼んでいますが、地上デジタルテレビの誤り訂正機能は内符号（送信側で付加する符号）として畳み込み符号と外符号としてリードソロモン符号(RS符号)の2重の誤り訂正を行なっています。受信機側ではビタビ復号と言う手法で受信された信号を一定の長さにおたって調べ、符合の繋がり方から最も確からしい符号を選択して復号します。ビタビ符号後のビット誤り率が 2×10^{-4} （送られてきたビット数1万個の中で2個の誤りがあること）より大きくなると、訂正能力をオーバーして訂正できなくなり、受信画面に色々な劣化症状が現れます。

☆ 遅延プロファイル

地上デジタル放送は、ある程度までの山岳や建物などによる反射電波によるマルチパスをキャンセル可能な放送方式ですが、マルチパス波の遅れ時間が、ある程度より大きくなる（ガードインターバル=1/8、 $126 \mu\text{sec}$ ）とキャンセルできなくなります。このマルチパス波を測定する機器が遅延プロファイル測定器です。アナログ放送の場合のゴーストアナライザという測定器と同じように、遅延して受信された信号の遅れ時間と強さ（DU比）を測定できます。

所要電界強度 60dB の策定チャート

これまで、所要電界強度は 60dB と説明してきましたが、この値は次のようにして求められました。

なお、これは、「地上デジタル放送の回線設計例」として電気通信技術審議会報告に基づき作成したものです。

	受信機形態	4 分配ブースタ有		備考
①	周波数 (MHz)	470	770	
②	変調方式	64QAM	64QAM	
③	内符号の符号化率	7/8	7/8	
④	所要 C/N (dB)	22	22	内符号による誤り訂正後 BER=2×10 ⁻⁴
⑤	装置化マージン (dB)	3	3	
⑥	受信機所要 C/N (dB)	25	25	④+⑤
⑦	干渉マージン (dB)	2	2	
⑧	マルチパスマージン (dB)	1	1	
⑨	総合雑音指 NF(dB) * 1	3.3	3.3	
⑩	雑音帯域幅 B (Hz)	5600 k	5600 k	
⑪	受信雑音電力 N (dBm)	-103.3	-103.3	10log(k)ボルツマン係数T (温度) ⑩)+⑨)+30(dBm への変換)
⑫	外来雑音電力(dBm)	-102.7	-108.1	ITU-R P.372-6
⑬	全受信雑音電力 N(dBm)	-100.0	-101.9	10log(10 ^{^(⑪/10)} +10 ^{^(⑫/10)})
⑭	受信機最小入力終端電圧 (dBμV)	36.7	34.8	⑥)+⑦)+⑧)+⑬)108.8(dBμV への変換)-0.1(不整合損)
⑮	受信アンテナ利得G (dB)	8	10	
⑯	アンテナ実効長(dB)	-13.8	-18.1	20log (300/ ((①)×π))
⑰	フィーダー損 L _m (dB)	2	2	
⑱	電界強度 (dBμV/m)	50.5	50.9	⑭)+⑮)+⑯)+⑰)+6(終端値)