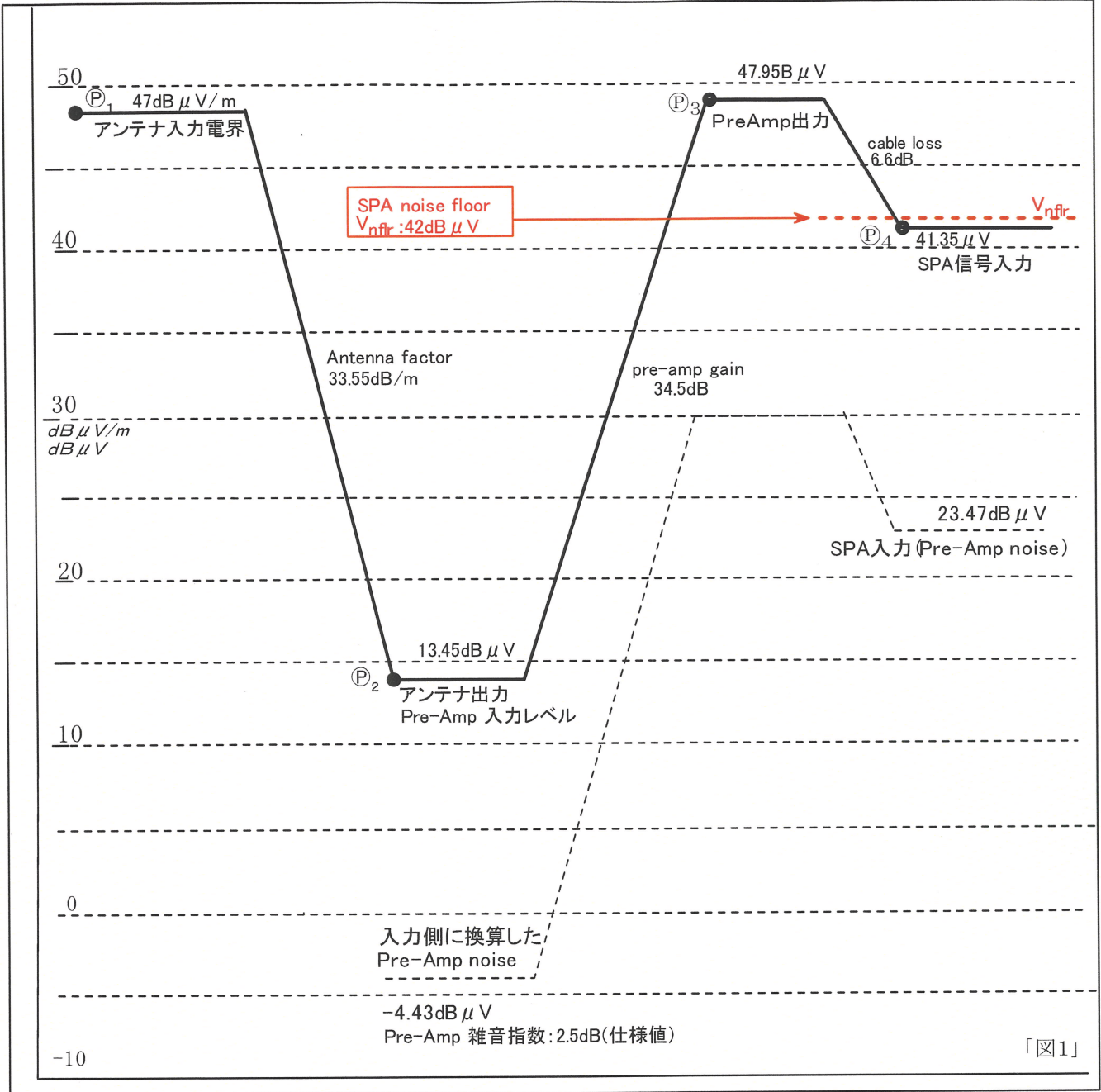


レベルダイヤによる試験可能性の検討

(スペアナによる GHz 試験に際して)

芦川試験所 小林武信

「図1」



「図1」

スペクトラムアナライザ（略してスペアナ）の雑音指数は高く、30数dBから40dB程度はある。特にGHz帯用のスペアナは雑音指数が高く、50dB近い値を持つ。そこでスペアナの入力側にPre-Ampを入れて、信号レベルを増加させ、C/Nの改善を図る。

Pre-Ampを入れることによって、より低いレベルの信号を測定することが可能となる。

どの程度の信号レベルまで測定可能となるかを知るためには、Pre-Amp 挿入後の総合雑音指数から、C/N:10dBを満足させるアンテナ入力レベルを算出しなければならない。総合雑音指数の計算は煩雑で間違いやすいので、今回レベルダイヤから試験可能性を判断する方法を検討する。併せて総合雑音指数を用いた場合についても比較する。

レベルダイヤ作成に必要な測定システムの諸元は

1. 使用するアンテナのアンテナファクター
2. 接続ケーブルの損失
3. Pre-Ampの利得

4. スペアナの試験周波数におけるスペアナのDANL (Displayed average noise level)

レベルダイヤを描く準備

1. 測定システムの構成要素

1) Pre-Amp付きホーンアンテナ

ホーンアンテナ	型式 : 12A-18	
	A_f : 33.55 [dB/m]	at 26GHz
Pre-Amp	型式 : AMF-5F	
	利得 : 34.5 [dB]	at 26GHz
	N_f : 2.5 [dB]	仕様値
cable	型式 : SF104A	
	長さ : 5 [m]	
	損失 : 6.6 [dB]	at 26GHz

2) スペアナ

型式 : FSP30
DANL : -115 [dBm/10Hz] at 26GHz

従って RBW:1MHz に於いて表示される平均ノイズレベル V_{nflr} は

$$V_{nflr} = -115 + 50 + 107$$

$$= 42 \quad [\text{dB} \mu \text{V}]$$

レベルダイヤを描く

- 1) アンテナの入力電界強度 E_i : 47 [dB μ V/m] をグラフ用紙の左端にプロットして ①とする。
- 2) Pre-Amp入力電圧 $V_{prei} = E_i - A_f = 47 - 33.55 = 13.45$ [dB μ V] をプロットして ②とする。
- 3) Pre-Amp出力電圧 $V_{preo} = V_{prei} + G_{pre} = 13.45 + 34.5$
 $= 47.95$ [dB μ V] をプロットして ③とする。
- 4) SPA 入力電圧 $V_{SPAi} = V_{preo} - \Gamma_{cable} = 47.95 - 6.6$
 $= 41.35$ [dB μ V] をプロットして ④とする。

以上によりレベルダイヤは描けた。

レベルダイヤを検証する

レベルダイヤから、 $V_{SPAi} < V_{nflr}$ であることが判明した。すなわち、入力信号レベルよりもSPAのノイズフロアが高くなっている。従って電界強度 47 [dB μ V/m] の信号は正確に測定できないことが判明した。C/N = 10dB を満足するには、57.65 [dB μ V/m] を超える信号レベルでなければならない。

総合雑音指数の計算による検証

1. スペアナFSP30の雑音指数を求める。

$$26\text{GHzにおけるDANLは } P_{DNAL} = -115 \quad [\text{dBm}] \quad (1)$$

P_{NDANL} と 雑音指数 F の関係は、

$$P_{NDANL} = KTB F \quad (2)$$

(2)式から雑音指数 F を計算する。

$$F = \frac{P_{NDANL}}{KTB} \quad (3)$$

K : ボルツマン常数 1.38×10^{-23}
 T : 絶対温度 $293K$
 B : ノイズ帯域幅

$$= \frac{10^{\left(\frac{-115}{10}\right)}}{1.38 \times 10^{-23} \times 293 \times 10} \times 10^{-3} = 78208.3805 \quad (4)$$

デシベル表示すると

$$F = 10 \times \log_{10}(78208.3805) = 48.9325 \quad [dB] \quad (5)$$

2. dB表示されているPre-Amp利得および雑音指数、ケーブル損失を真数に変換する。

$$G_{pre} = 10^{\left(\frac{34.5}{10}\right)} = 2818.3829 \quad : \text{Pre-Ampの利得} \quad (6)$$

$$N_{fPre} = 10^{\left(\frac{2.5}{10}\right)} = 1.7782 \quad : \quad (6)$$

$$\Gamma_{cable} = 10^{\left(\frac{6.6}{10}\right)} = 4.5708 \quad (7)$$

3. 総合雑音指数 N_{ft} の算出

$$N_{ft} = 1.7782 + \frac{4.5708 - 1}{2818.3829} + \frac{4.5708 \times (78208.3805 - 1)}{2818.3829} = 128.6147 \quad (8)$$

$$= 10 \times \log_{10}(128.6147) = 21.0929 \quad (9)$$

4. Pre-Amp 入力側に換算したノイズ電力 P_{npi}

$$P_{npi} = KTB(N_{ft}) \quad (10)$$

$$= 1.38 \times 10^{-23} \times 293 \times 10^6 \times 128.6147 = 5.2004067798 \times 10^{-13} \quad [W] \quad (11)$$

$$= 5.20045 \times 10^{-10} \quad [mW] \quad (12)$$

$$= -92.8396 \quad [dBm] \quad (13)$$

P_{npi} を電圧 V_{npi} に換算すると、

$$V_{npi} = P_{npi} + 107 \quad (14)$$

$$= -92.8395 + 107 \quad (15)$$

$$= 14.1605 \quad [dB\mu V] \quad (16)$$

5. アンテナ入力側に換算した値(入力電界強度) E_{Ai}

アンテナファクター A_f は26GHz で、33.55dB/m から

$$\begin{aligned} E_{Ai} &= V_{npi} + A_f \\ &= 14.1605 + 33.55 \\ &= 47.7105 \quad [dB\mu V/m] \end{aligned} \quad (17)$$

6. 計算結果の評価

(17) 式の示す計算結果から、SPAのDANL(表示平均ノイズレベル)を測定アンテナの入力電界強度に換算すると47.71[dB μ V/m]となる。C/N = 10dB を確保するためには、57.17[dB μ V/m](47.17+10=57.17)以上の入力レベルを必要とする。

7. レベルダイヤによる方法と総合雑音指数による方法との比較

レベルダイヤと総合雑音指数の計算結果とはほぼ同じ結果が得られた。

レベルダイヤ法では、簡単のためにアンテナ入力電界強度からプロットし始めたが、DANLの値からプロットし始めてアンテナ入力電界強度にたどり着く方法もある。

レベルダイヤ法では、Pre-Amp の雑音指数は非常に小さいものとしてしており、レベルダイヤには反映されない。

したがって、別にPre-Amp の発生するノイズのレベルダイヤも付加する必要がある。「図1」において、点線で示したレベルダイヤがPre-Amp からのノイズを示している。このようにすることによって、Pre-Amp のC/N を把握することもできる。