

# スペクトラム・アナライザ ディテクタ・モードによる表示値の違い

## 目次

|  |   |
|--|---|
| 1. 概要.....                                   | 2 |
| 2. 概説.....                                   | 2 |
| 3. 各検波モードの動作.....                            | 3 |
| 4. 実測.....                                   | 5 |
| 4-1. Positive Peak 検波モードでの観測波形 .....         | 5 |
| 4-2. Power Avg (電力平均(RMS))検波モードでの観測波形 .....  | 6 |
| 4-3. Voltage Avg (電圧平均)検波モードでの観測波形.....      | 7 |
| 4-4. Log power Avg (対数電力平均) 検波モードでの観測波形..... | 8 |
| 5. まとめ .....                                 | 8 |
| Appendix-A : 信号の確認 .....                     | 9 |

2018 年 10 月



株式会社エスシー・ソリューション

Copyright© SC Solution Ltd.

## 1. 概要

スペクトラム・アナライザ（以下 SA）で信号を観測した時、それが CW（正弦波）である場合は、ディテクタ・モード（以下検波モード）の違いは、表示値について問題になりません。しかし、測定する信号が変調信号や複数の周波数の異なる合成信号の場合は検波モードの違いにより表示値が異なる可能性があります。

CW 信号以外の信号を SA で測定した場合、SA 設定の検波モードにより測定値がどのように異なるかを検波モードの動作（内部の処理方法）を解説いたします。

## 2. 概説

一般的な SA として Keysight Technology N9020B を例として説明します。

SA N9020B は、検波モードとしては大別して以下の 4 種類、計 7 種類を装備しています。

Normal 検波

Peak 検波

Positive Peak

Negative Peak

Average 検波

Power Avg（電力平均(RMS) Avg)

Voltage Avg（電圧平均）

Log power Avg（対数電力平均）

Sample 検波

各検波モードの説明は、参考資料の 27 ページに記載されていますのでそちらを参照してください。

SA 画面では、掃引点数の設定に従ってトレースは点の集まりとして表示されます。Span 1MHz で 1001 点の設定では、各点は 1kHz の幅の区間の値を示すこととなります。この区間をバケットあるいはビンと称します。ここでは以下バケットと呼びます。前段の RBW 等による信号選択の結果の信号を処理してこの点の値として表示しますので、必ずしも計算上の 1kHz の区間の信号だけとは限りません。

本書では、上記の検波モードの中で以下の検波モードについて考察、検証します。

Positive Peak 検波器

Power Avg（電力平均(RMS) Avg)

Voltage Avg（電圧平均）

Log power Avg（対数電力平均）

### 3. 各検波モードの動作

各検波モードによりどのような値を示すか、比較的単純な状態を想定して計算してみます。

SAのトレース表示の点ひとつの値を、マーカー等で値を読み出すことができますが、この値が入力信号に対して検波モードによりどのような値になるか計算をしてみます。

以下の状態で信号をSAに入力します。

標準信号発生器（以下SG）から、10 kHz 間隔で隣接する異なるレベルの3つの信号を発生させます。

1000.04 GHz (-25 dBm)

1000.05 GHz (-20 dBm)

1000.06 GHz (-15 dBm)

この信号をSAを以下の設定にして測定します。

|             |             |
|-------------|-------------|
| Center Freq | 1000.05 MHz |
| SPAN        | 100 MHz     |
| RBW         | 100 Hz      |
| Points      | 1001 点      |

検波モードの違いにより図1に示すような値になるはずです。

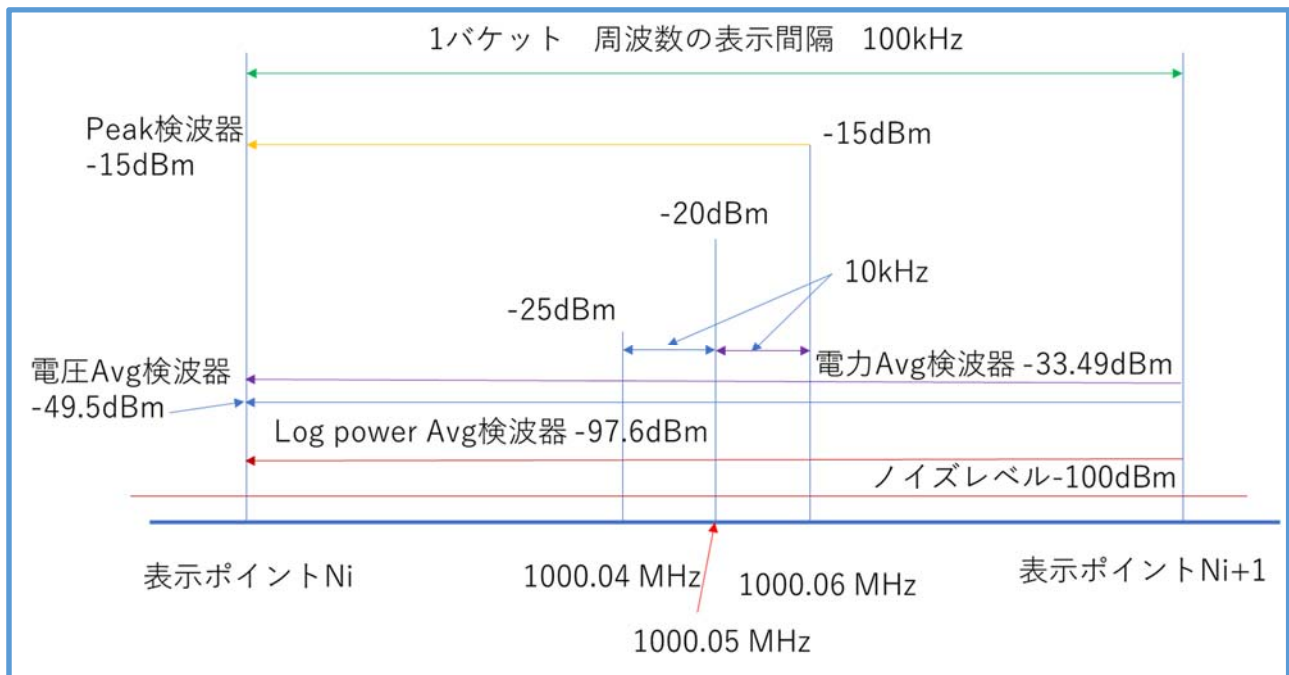


図1 SAの検波モード1バケット内の動作

以下の電力の計算では、次のように仮定して計算を行っています。(Appendix A 信号の確認参照)

SG のノイズレベル -100 dBm

SA の 1 バケット内の測定ポイント数 (サンプル数) 959 ポイント

(注) 1 バケット内の測定ポイント数 (サンプル数) は公開されていません。実測に基づく推測値です。また、この値は一定ではなく SA の設定によっても変わるものと思われます。

#### Positive Peak 検波モードの場合

バケット内の Peak 電力である

**-15 dBm**

が表示されます。

#### Power Avg (電力平均(RMS)) 検波モードの場合

総電力は、

$$(-15 \text{ dBm}) + (-20 \text{ dBm}) + (-25 \text{ dBm}) + (-100 \text{ dBm} \times 956)$$

なのでリニアに換算して

$$(0.0316228 \text{ mW}) + (0.01 \text{ mW}) + (0.0031623 \text{ mW}) + (1\text{E-}10 \text{ mW}) \times 956 = 0.0466999 \text{ mW}$$

になります。

959 点の平均をとりますので 1/959 にして

$$0.0000466999 \text{ mW} \quad \mathbf{-43.30 \text{ dBm}}$$

となります。

#### Voltage Avg (電圧平均) 検波モードの場合

-15 dBm、-20 dBm、-25 dBm、-100 dBm を 50 Ω 端子電圧に換算すると

39.76 mV、22.36 mV、12.57 mV、2.236E-3 mV となります。

電圧値の平均を取ると

$$(39.76 \text{ mV} + 22.36 \text{ mV} + 12.57 \text{ mV} + 2.236\text{E-}3 \text{ mV} \times 956) / 959 = 0.0809 \text{ mV}$$

になります。

これは

$$1.28359\text{E-}7 \text{ mW} \quad \mathbf{-68.92 \text{ dBm}}$$

になります。

#### Log power Avg (対数電力平均) 検波モードの場合

対数値を合計して平均を取ると

$$((-15 \text{ dBm}) + (-20 \text{ dBm}) + (-25 \text{ dBm}) + ((-100 \text{ dBm}) \times 956)) / 959$$

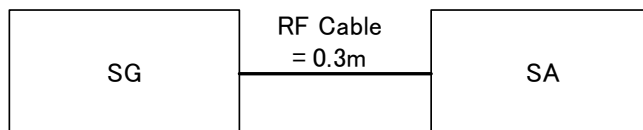
$$= \mathbf{-99.75 \text{ dBm}}$$

になります。

#### 4. 実測

SG と SA を以下のように接続します。

(※)SG はマルチキャリア信号発生機能を有しているものとします。



RF Cable 損失 約 0.58 dB(@ 1 GHz)

SG から 3 つの信号 1.00004 GHz(-25 dBm)、1.00005 GHz(-20 dBm)、1.00006 GHz(-15 dBm) を出力し、SA を以下の設定にすると、3 信号が 1 バケット内に入ります。

|             |             |
|-------------|-------------|
| Center Freq | 1000.05 MHz |
| Span        | 100 MHz     |
| RBW         | 100 Hz      |
| Points      | 1001 点      |

この状態で、検波モードを変えて波形を観測します。

(※) 信号の詳細は Appendix-A 信号の確認を参照ください。

##### 4-1. Positive Peak 検波モードでの観測波形

検波器を Positive Peak 検波モードに設定したときの観測波形は図 3 になります。

SG からの信号の信号レベルは **-14.66 dBm** です。

Cable 損失 0.58 dB(@ 1 GHz)を考慮すると-15.24 dBm となりバケット内の Peak 電力(-15 dBm)を示していることがわかります。

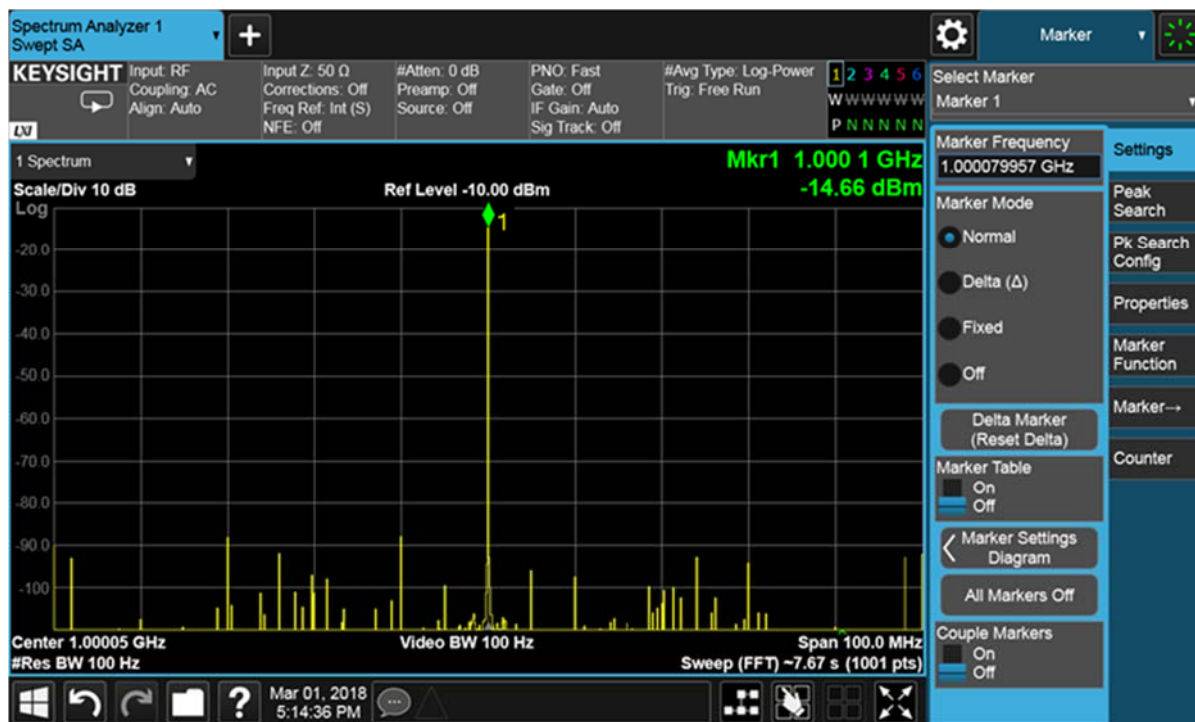


図 3 Positive Peak 検波モードでの観測波形

#### 4-2. Power Avg (電力平均(RMS))検波モードでの観測波形

検波器を Power Avg (電力平均(RMS))検波モードに設定したときの観測波形は図4になります。

観測される信号レベルは **-42.94 dBm (0.0000508 mW)** です。

Cable 損失 0.58 dB(@ 1 GHz)を考慮すると **-41.52 dBm** となります。

3で求めた Power Avg (電力平均(RMS)) 検波モードの場合の理論値 **-43.30 dBm** と比較すると 1.8 dB 程度大きめに出ています、これはバケット内の SG 信号の近傍ノイズが仮定 (-100dBm) より大きいからと考えられます。



図4 Power Avg 検波モードでの観測波形

#### 4-3. Voltage Avg (電圧平均)検波モードでの観測波形

検波器を Voltage Avg (電圧平均)検波モードに設定したときの観測波形は図5になります。  
観測される信号レベルは **-65.67 dBm (116.4  $\mu$ V)** です。

Cable 損失 0.58 dB(@ 1 GHz)を考慮すると **-65.09 dBm** となります。

3 で求めた Voltage Avg (電圧平均)検波モードの場合の理論値 **-68.92 dBm** と比較すると 3.8 dB 程度大きめに出ていますが、これはバケット内の SG のノイズレベルが仮定 (-100 dBm) より多少大きいからと考えられます。



図5 Voltage Avg 検波モードでの観測波形

#### 4-4. Log power Avg（対数電力平均）検波モードでの観測波形

検波器を Log Power Avg（対数電力平均）検波モードに設定したときの観測波形は図 6 になります。

観測される信号レベルは **-100.21 dBm** です。

Cable 損失 0.58 dB(@ 1 GHz)を考慮すると **-99.63 dBm** となります。

3 で求めた Log Power Avg（対数電力平均）検波モードの場合の理論値 **-99.75 dBm** と比較するとほぼ一致していることがわかります。



図 6 Log Power Avg 検波モードでの観測波形

#### 5. まとめ

SAの検波モードの違いによる検波モードの動作（内部の処理方法）について述べ、実測とほぼ一致していることを確認しました。

参照資料：スペクトラム解析の基礎 22 Page から 27 Page をご参照ください。

<https://literature.cdn.keysight.com/litweb/pdf/5952-0292JAJP.pdf?id=1000000159:epsg:apn>



## Appendix-A : 信号の確認

「3.各検波モードの動作」で SG から出力している 3 信号を以下の SA 設定で観測した波形が図 A になります。

### SA 設定

|             |               |
|-------------|---------------|
| Center Freq | 1000.05 MHz   |
| Span        | 100 kHz       |
| RBW         | 10 Hz         |
| Points      | 1001 点        |
| Detector    | Positive Peak |

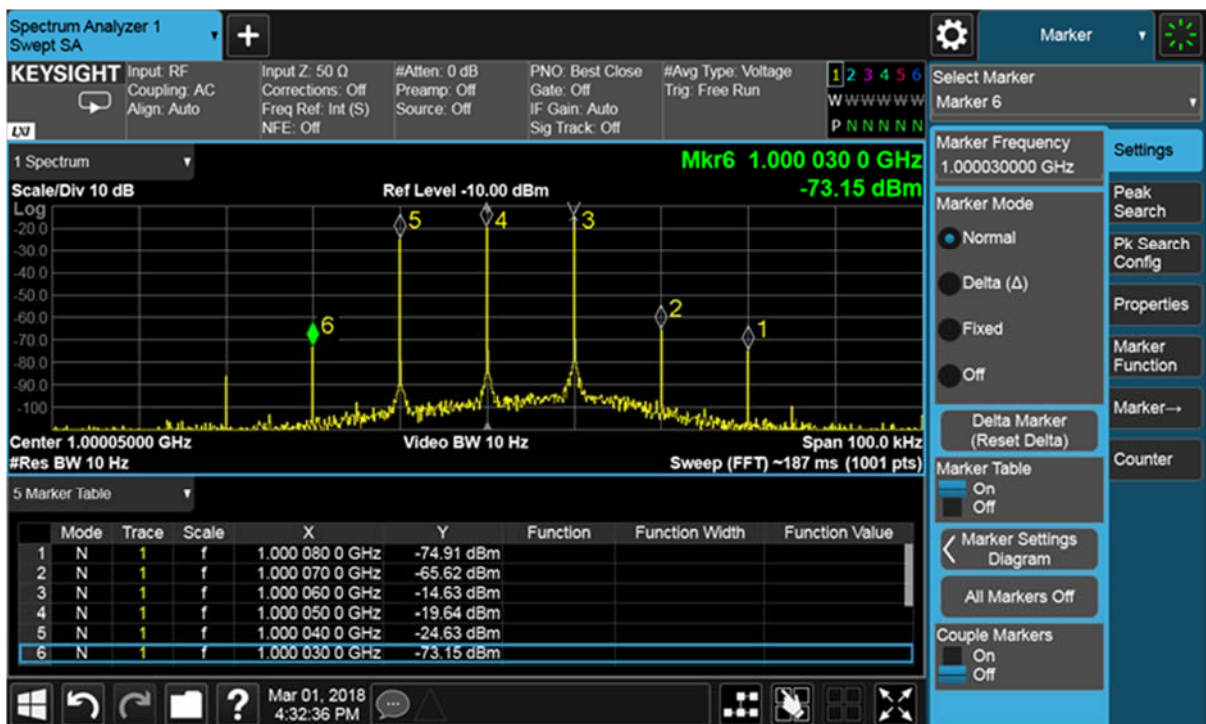


図 A SA での観測波形

SG から 3 つの信号は

|             |            |
|-------------|------------|
| 1.00004 GHz | -24.63 dBm |
| 1.00005 GHz | -19.64 dBm |
| 1.00006 GHz | -14.63 dBm |

と観測されています。

マーカーリスト #1、#2、#6 は SG の IM と思われますが、上記 3 信号のレベルより 30dB 以上低い値 (1/1000 以下) です。

このトレースでノイズレベルは、-110 dBm / 10Hz (信号の無い部分のノイズレベル) を示しています。RBW 100 Hz では、10 dB 高い -100 dBm になります。N9020B のノイズレベルは、代表値で -154 dBm / Hz (-134 dBm / 100 Hz) でここで示している値より十分低い値です。従って SG が発生しているノイズがここでは支配的です。これにより前出の計算では、SG

ノイズレベルを -100 dBm と想定しています。

N9020B の Span を 100 MHz にして、検波モードを Power Avg (RMS) に設定して、SG からの信号を観測したときの信号レベルは

**-42.94 dBm (0.0000508 mW)** でした。

これから測定ポイント数  $n$  がいくつかを計算してみます。

1 バケット内の総電力は、 $(0.0000508 \text{ mW} \times n)$  ----- ①

SG ノイズレベルは、図 A より -110 dBm / 10 Hz と読めるので

-100 dBm / 100 Hz      1.00E-10 mW

SG からの合計出力は、上記 3 信号と近傍の IM 信号レベルの dBm 値をリニアに換算して

0.003443 mW + 0.010864 mW + 0.034435 mW

+ 274.157 E-9 mW + 48.417 E-9 mW + 32.285 E-9 mW + 1.00E-10  $\times$  (n - 6) mW ----- ②

①、②は等しいので

$0.0000508 \text{ mW} \times n = 0.003443 \text{ mW} + 0.010864 \text{ mW} + 0.034435 \text{ mW}$

+ 274.157 E-9 mW + 48.417 E-9 mW + 32.285 E-9 mW + 1.00E-10  $\times$  (n - 6) mW

これから  $n$  を求めます。

$$n = 0.048737 \text{ mW} / 0.0000508 \text{ mW} = 959.397$$

したがって、バケット内の測定ポイント数は 959 個ではないかと推測できます。この値は、SA の設定により変化する値で一定ではありません。