

オンラインEMC基礎セミナー

EMIテストレシーバ タイムドメインスキヤンの基礎

2022/9

ローデシュワルツジャパン株式会社

ROHDE & SCHWARZ

Make ideas real



COMPANY RESTRICTED

本日の内容

- パルス性広帯域ノイズの特徴・測定の難しさ
- パルス性広帯域ノイズ測定のために
 - FFTを活用した「タイムドメインスキャン」
 - 「タイムドメインスキャン」を生かすダイナミックレンジの重要性

本日の内容

■ パルス性広帯域ノイズの特徴・測定の難しさ

■ パルス性広帯域ノイズ測定のために

- ・ FFTを活用した「タイムドメインスキャン」
- ・ 「タイムドメインスキャン」を生かすダイナミックレンジの重要性

パルス性広帯域ノイズの特徴・測定の難しさ

さまざまな無線アプリケーション と その周波数

100 kHz

1 MHz

10 MHz

100 MHz

1 GHz

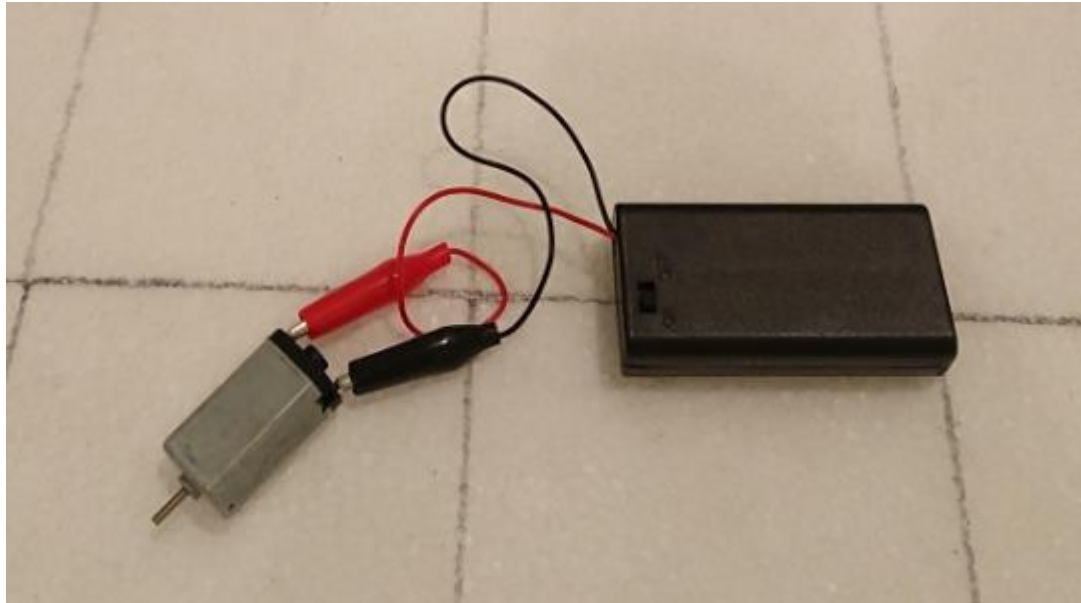
10 GHz



幅広い周波数にわたり、様々な無線アプリケーションが用いられている

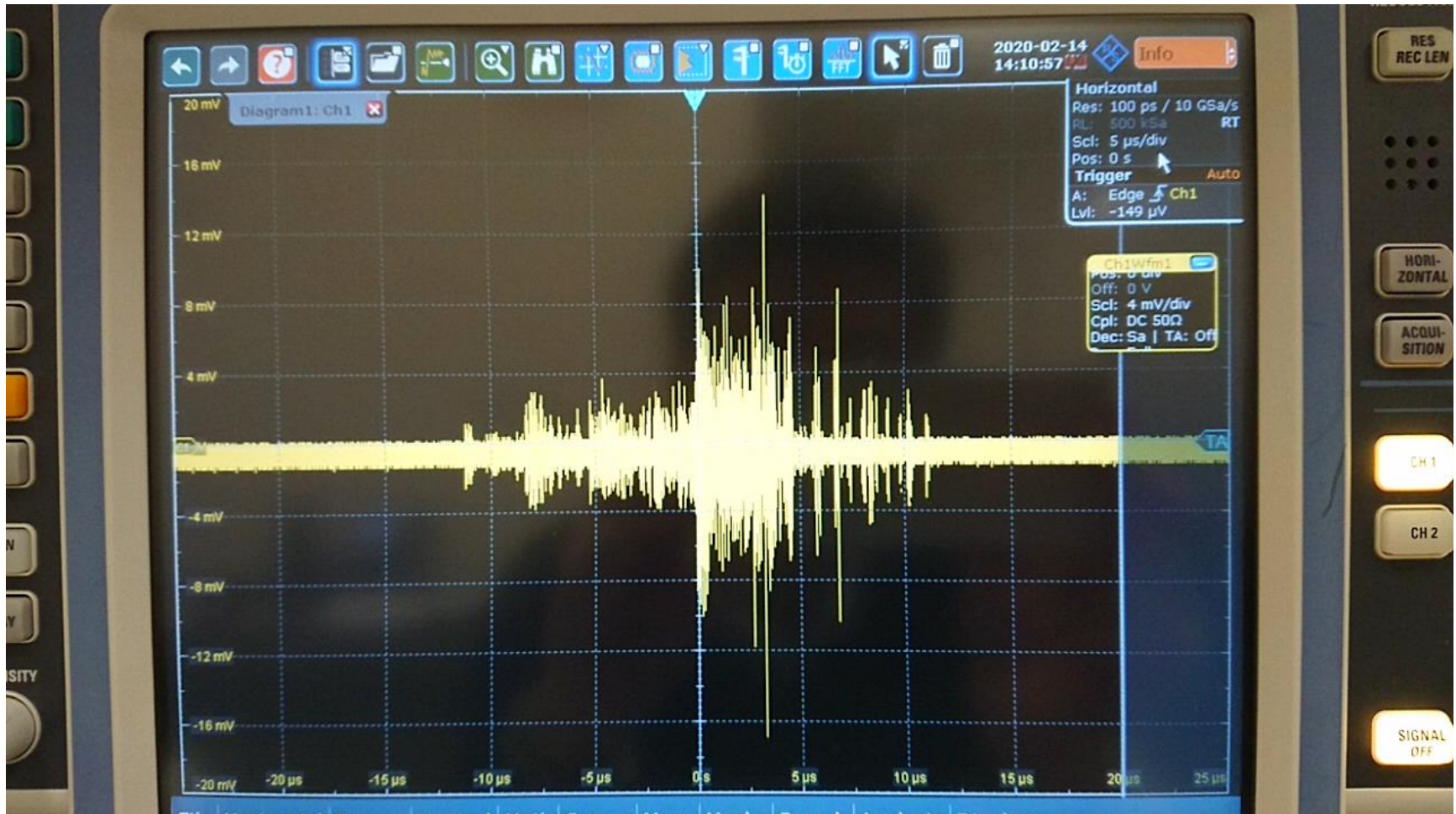
パルス性広帯域ノイズの特徴・測定の難しさ

実験：3V DC モーター @ 3m EMI 測定



パルス性広帯域ノイズの特徴・測定の難しさ

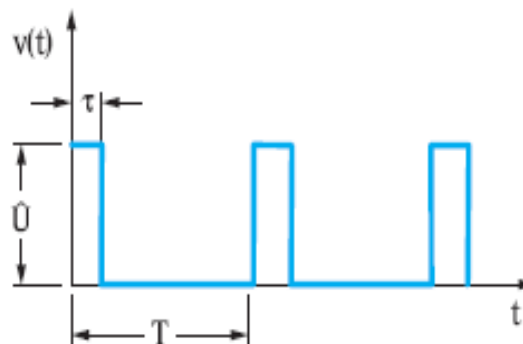
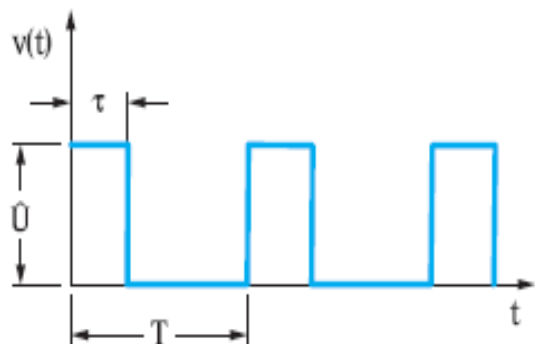
実験：3V DC モーター @ 3m EMI 測定



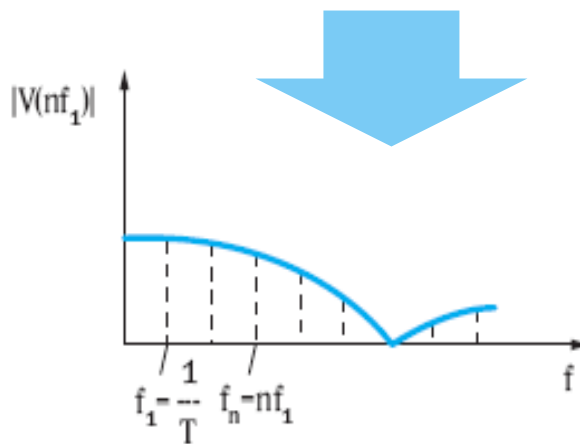
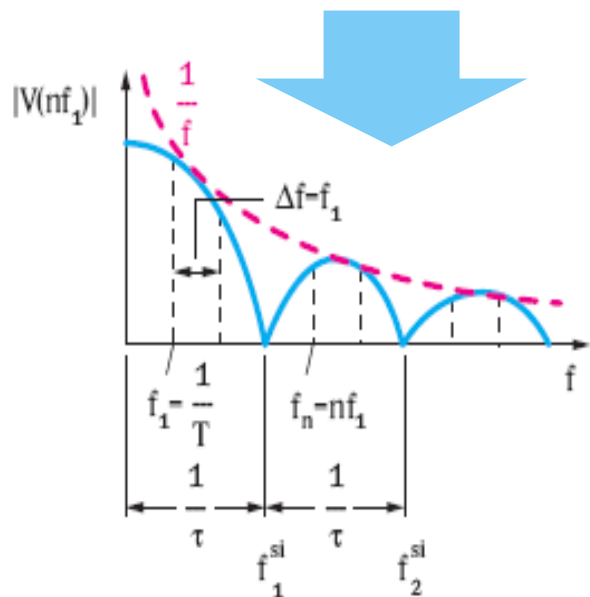
アンテナで受信し時間軸で観測すると、パルス性のノイズである事が分かる

パルス性広帯域ノイズの特徴・測定の難しさ

パルス状のノイズ (時間軸) と ノイズスペクトラム (周波数軸)



時間軸

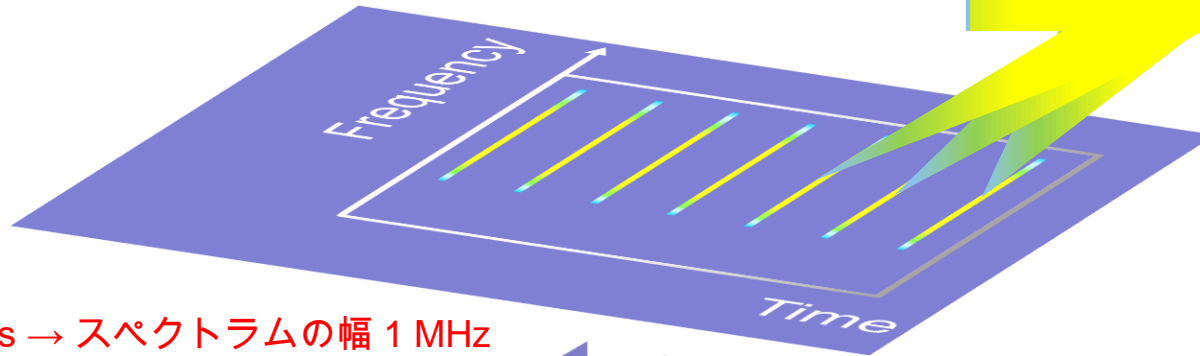


周波数軸

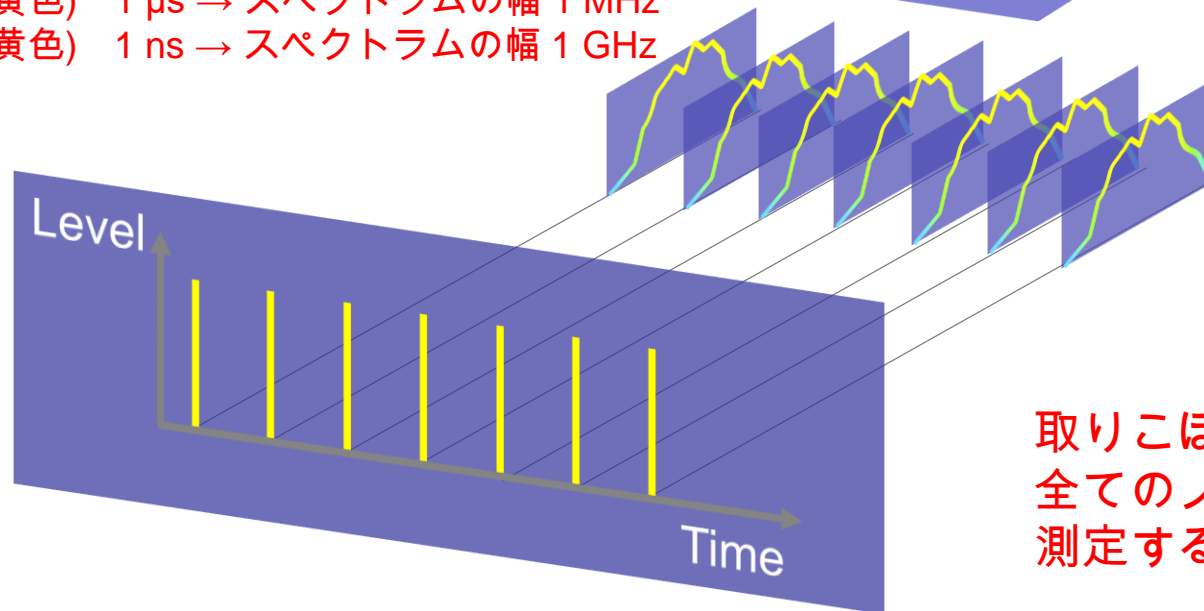
パルス性広帯域ノイズの特徴・測定の難しさ

パルス性広帯域スペクトラムの観測

パルス性妨害波の
広帯域スペクトラム



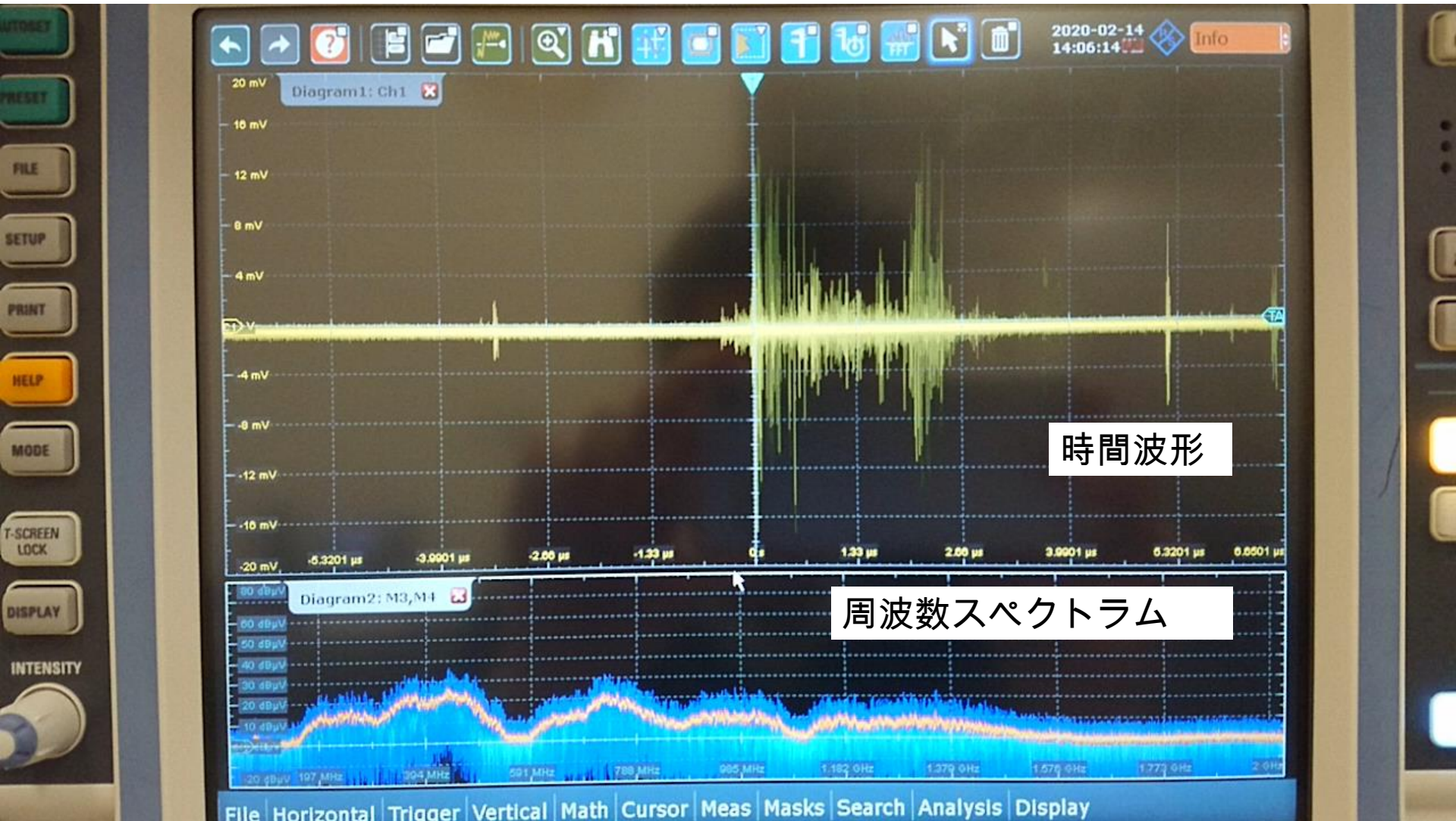
発生時間(黄色) 1 μ s \rightarrow スペクトラムの幅 1 MHz
発生時間(黄色) 1 ns \rightarrow スペクトラムの幅 1 GHz



取りこぼし無く
全てのノイズを捕らえて
測定するには??

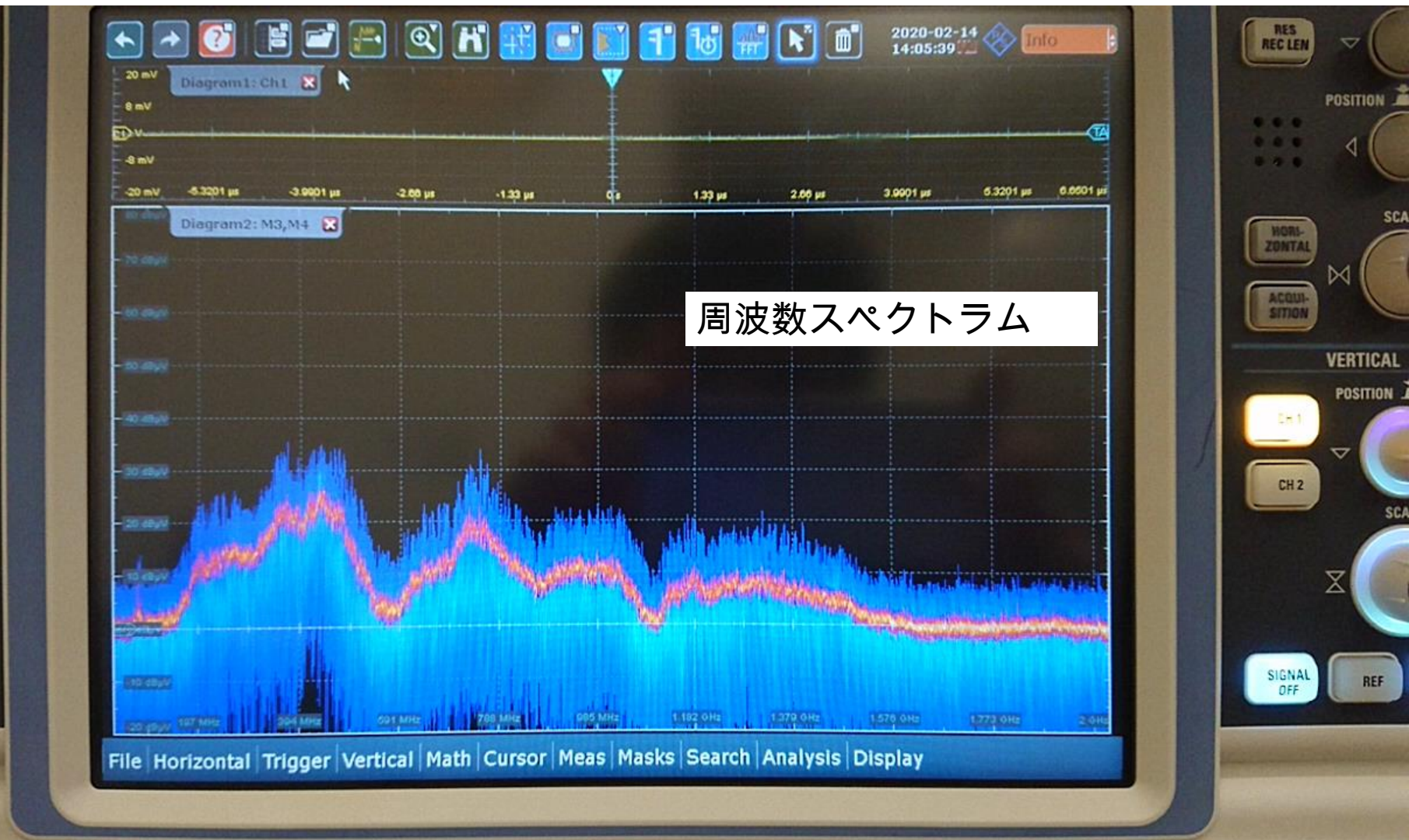
パルス性広帯域ノイズの特徴・測定の難しさ

実験：3V DC モーター @ 3m EMI 測定 -パルス性広帯域スペクトラムの観測



パルス性広帯域ノイズの特徴・測定の難しさ

実験：3V DC モーター @ 3m EMI 測定 -パルス性広帯域スペクトラムの観測



パルス性広帯域ノイズの特徴・測定の難しさ

さまざまな無線アプリケーション と その周波数

100 kHz

1 MHz

10 MHz

100 MHz

1 GHz

10 GHz



幅広い周波数にわたり、様々な無線アプリケーションが用いられている

パルス性広帯域ノイズの特徴・測定の難しさ

実験：3V DC モーター @ 3m EMI 測定

100 kHz

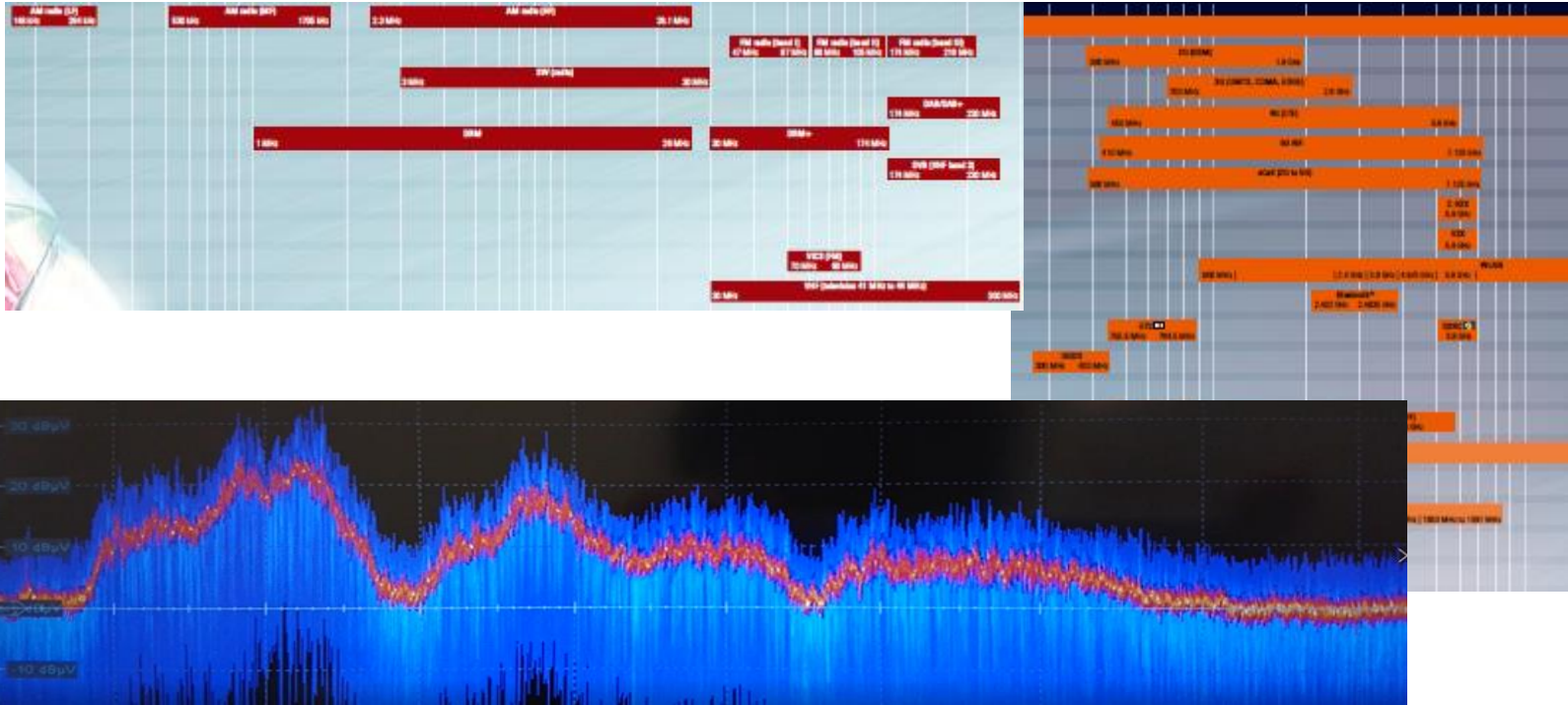
1 MHz

10 MHz

100 MHz

1 GHz

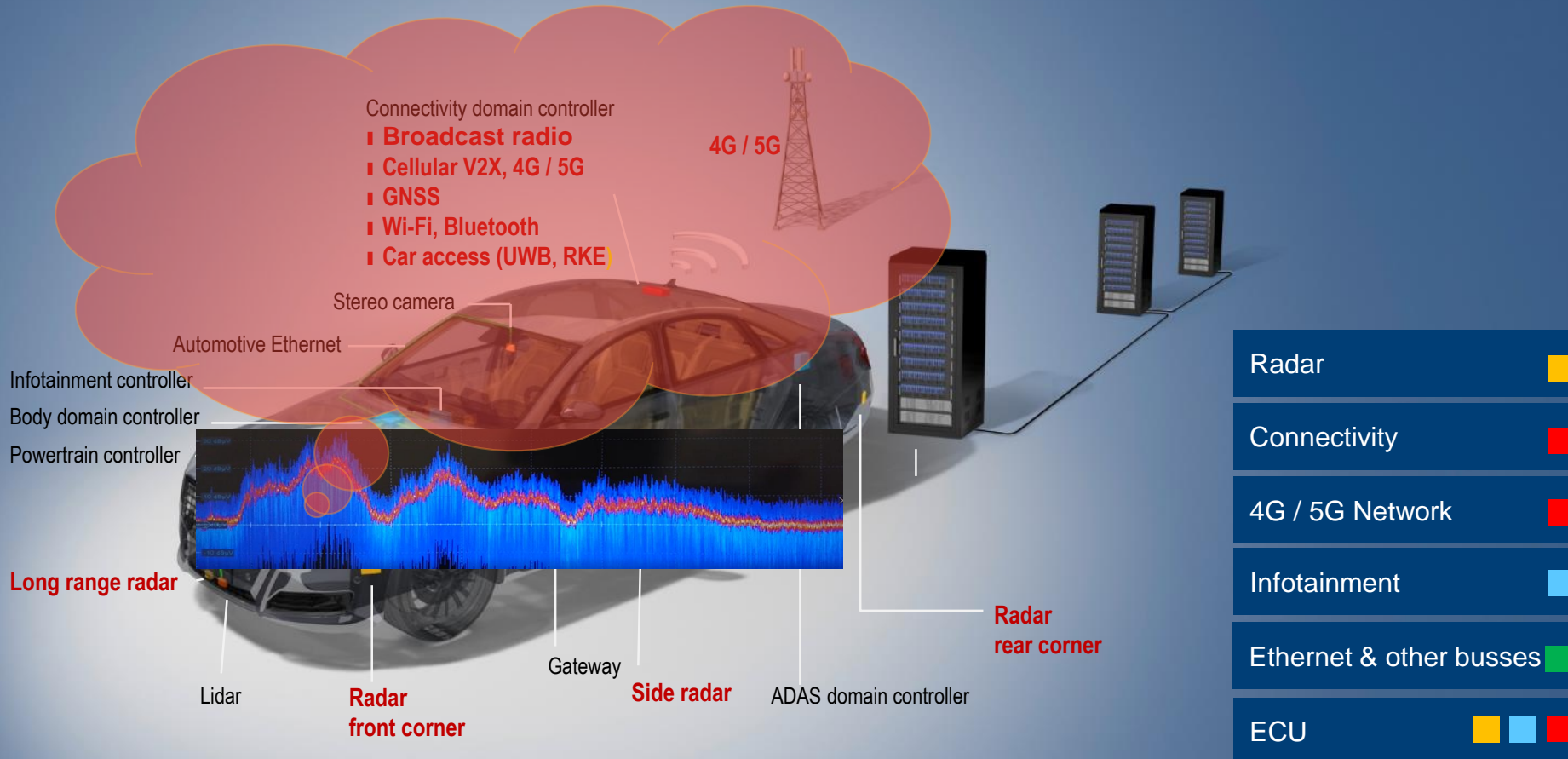
10 GHz



パルス性ノイズは、幅広い周波数にわたる様々な無線アプリケーションの障害に。

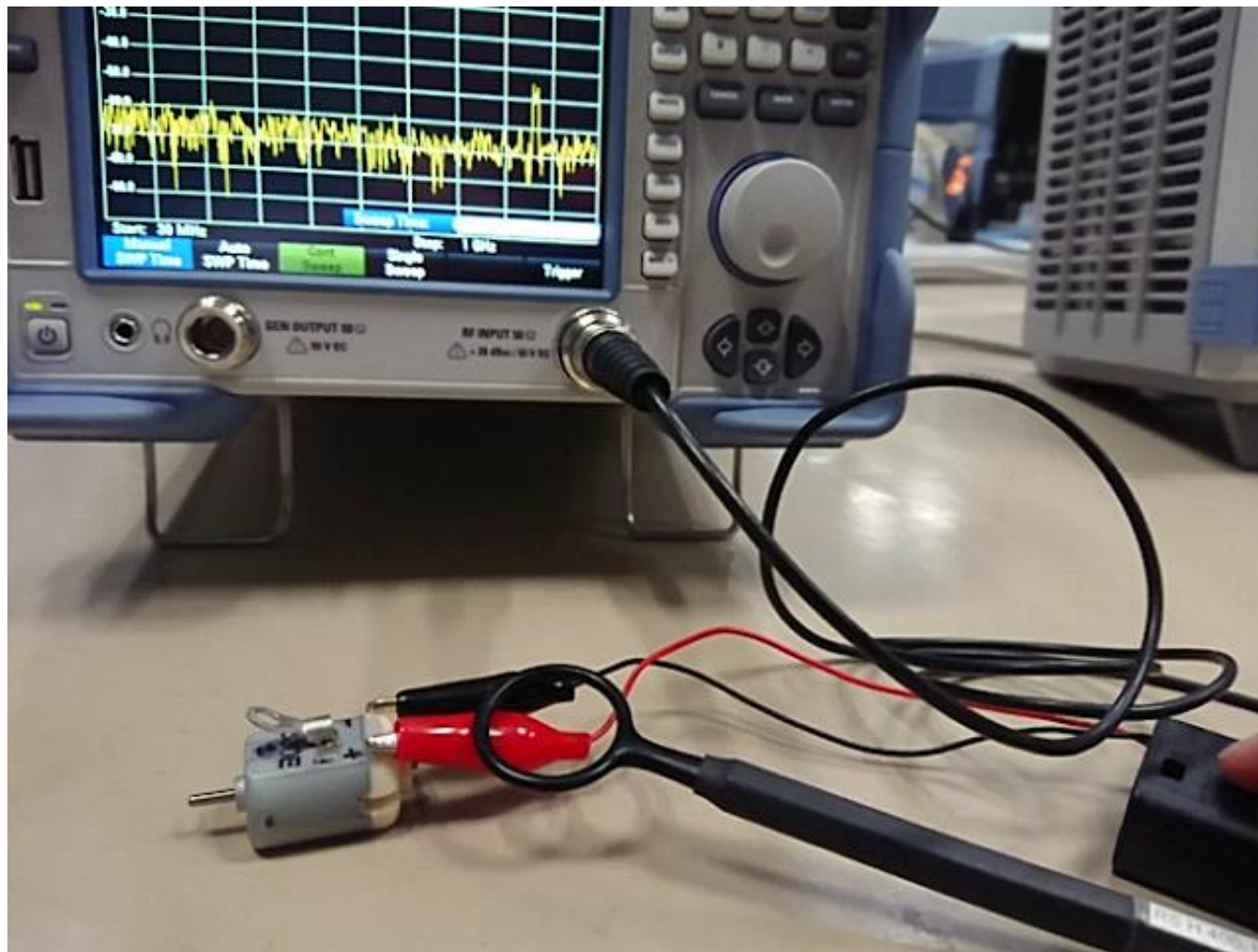
パルス性広帯域ノイズの特徴・測定の難しさ

さまざまな無線アプリケーション



パルス性広帯域ノイズの特徴・測定の難しさ

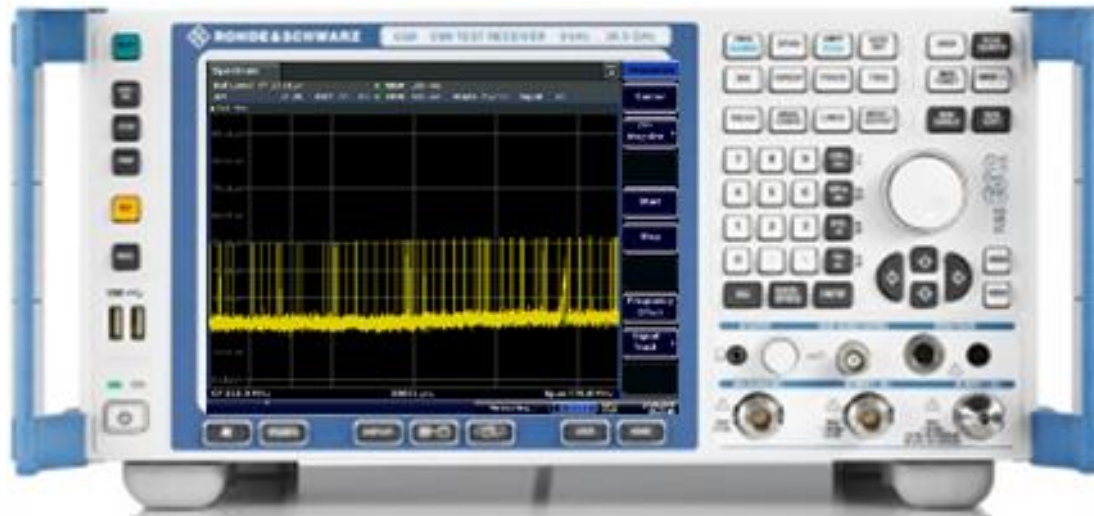
スペクトラムアナライザ測定 of 難しさ



パルス性広帯域ノイズの特徴・測定の難しさ

スペクトラムアナライザ測定の難しさ

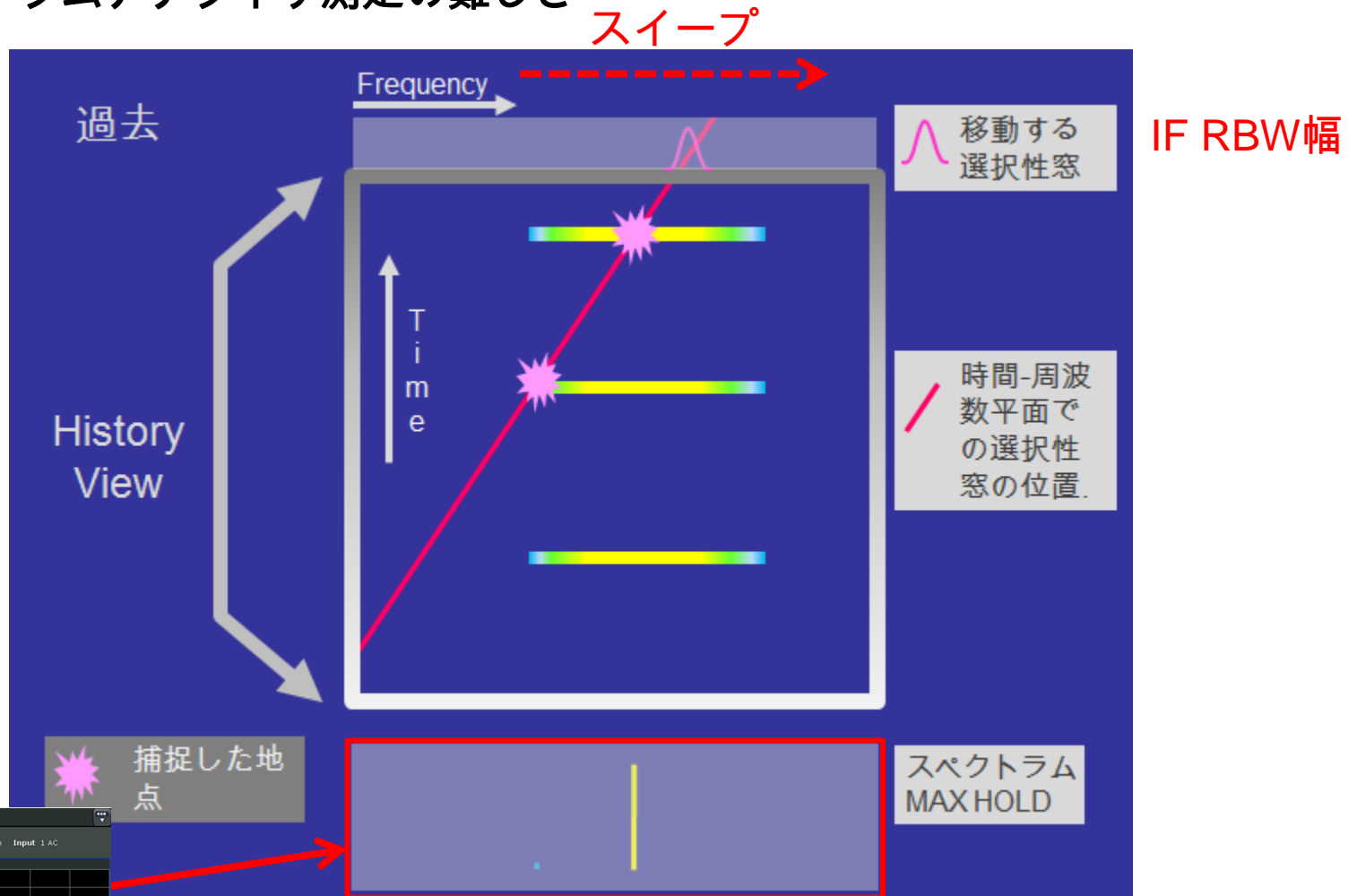
ノイズ測定においてしばしば高速掃引とMaxHoldが用いられる



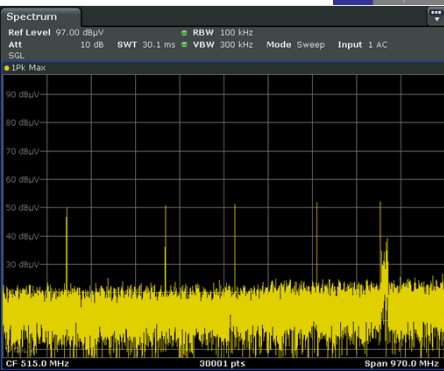
スペクトラムアナライザの構造を考えると。。。。

パルス性広帯域ノイズの特徴・測定の難しさ

スペクトラムアナライザ測定 of 難しさ



スペクトラムアナライザの画面 (MAX Hold)

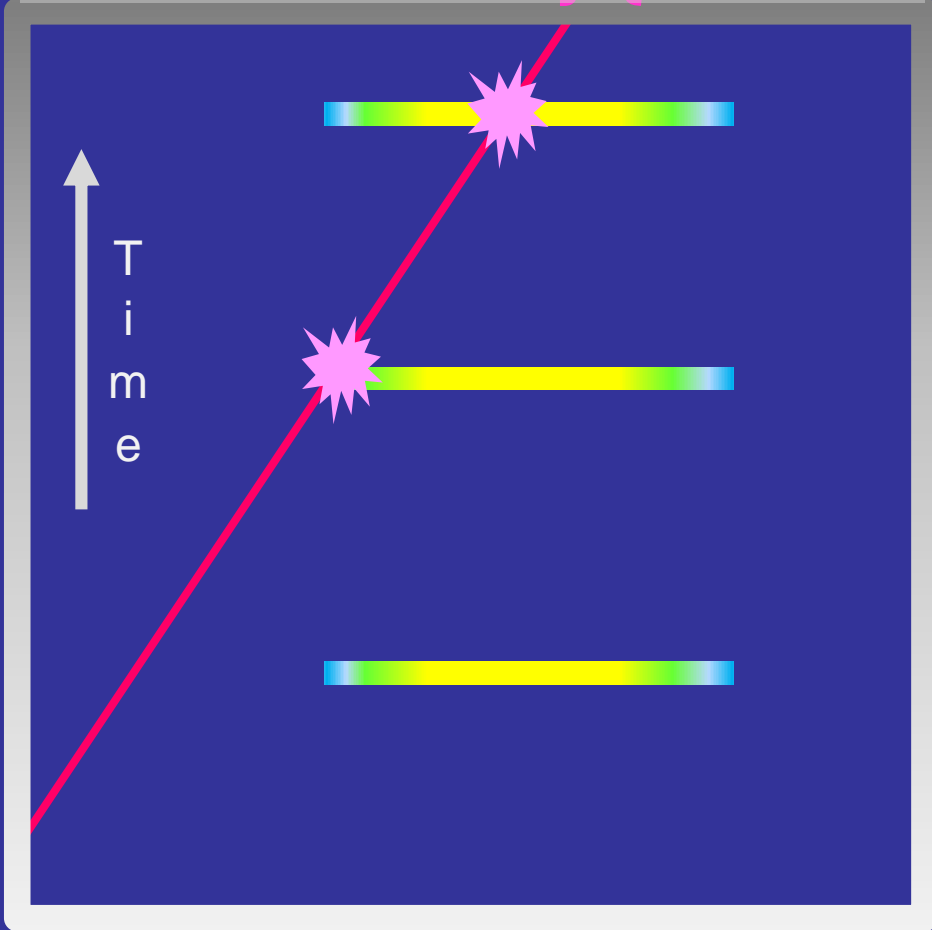


過去

Frequency →

History View

Time ↑



移動する
選択性窓
(RBW)

時間-周波
数平面で
の選択性
窓の位置.

捕捉した地
点

スペクトラム
MAX HOLD

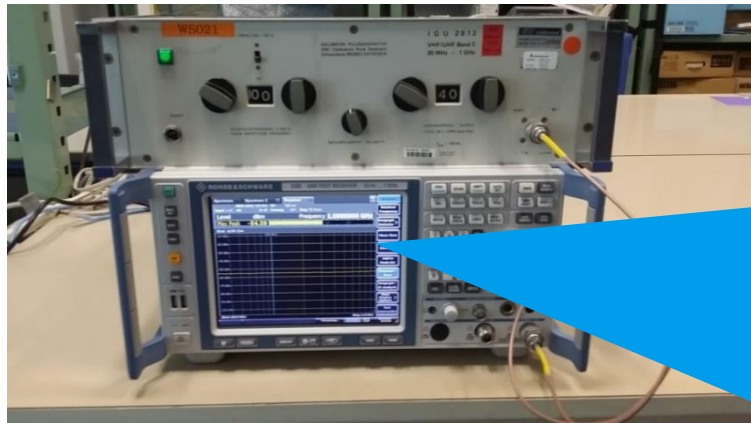
COMPANY RESTRICTED

パルス性広帯域ノイズの特徴・測定の難しさ

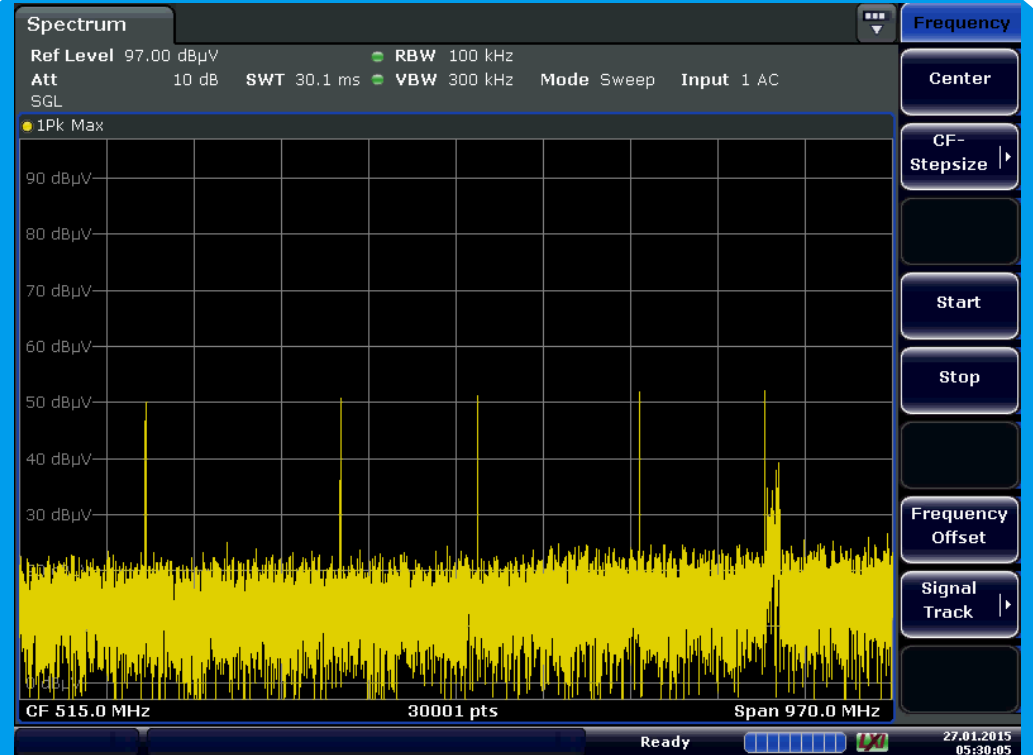
スペクトラムアナライザ測定 of 難しさ

「**高速**スイープ」

スペクトラムアナライザ
でのパルス測定



<1nsパルス(=1GHz幅)を、
10ms間隔 (=100回/s)
にて出力



本来なら、「横線」のスペクトラムとして
観測されるはずが。。
スイープ時間 30ms の高速スイープスペアナでも
パルススペクトラム形状の把握に時間を要する。

COMPANY RESTRICTED

パルス性広帯域ノイズの特徴・測定の難しさ

スペクトラムアナライザ測定の難しさ

■ ノイズの発生タイミングと掃引時間を考慮する必要がある

▪ ノイズの発生タイミングについて

1秒間に100回発生するノイズ = 10m秒おきに発生する

▪ 発生タイミングを考慮した掃引時間

ポイント数 × 発生タイミング = 考慮された掃引時間

スペクトラムアナライザの設定をノイズに合わせる

「**低速**スイープ」

スイープポイント: 30,001ポイント

ノイズの発生タイミング: 10m秒おきに発生

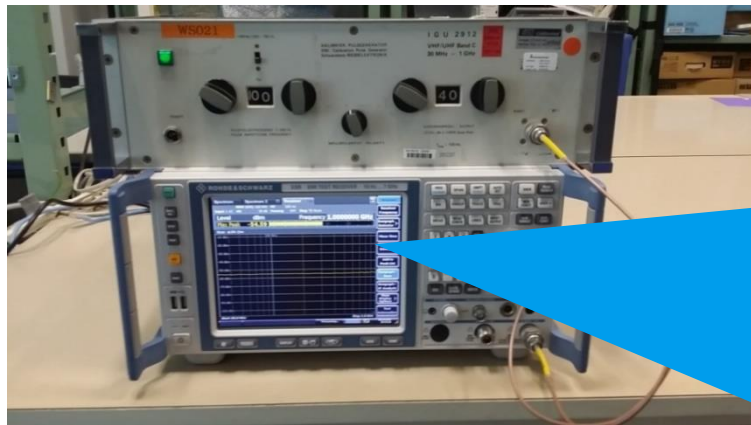
スイープ時間 = 30,001 × 10m秒 = 300.01秒

パルス性広帯域ノイズの特徴・測定の難しさ

スペクトラムアナライザ測定 of 難しさ

「低速スイープ」

スペクトラムアナライザ
でのパルス測定



<1nsパルス(=1GHz幅)を、
10ms間隔 (=100回/s)
にて出力



一つのスイープポイント毎に
パルスの発生間隔以上「滞留」する事で
時間をかけてパルススペクトラム形状を把握

COMPANY RESTRICTED

本日の内容

■ パルス性広帯域ノイズの特徴・測定の難しさ

■ パルス性広帯域ノイズ測定のために

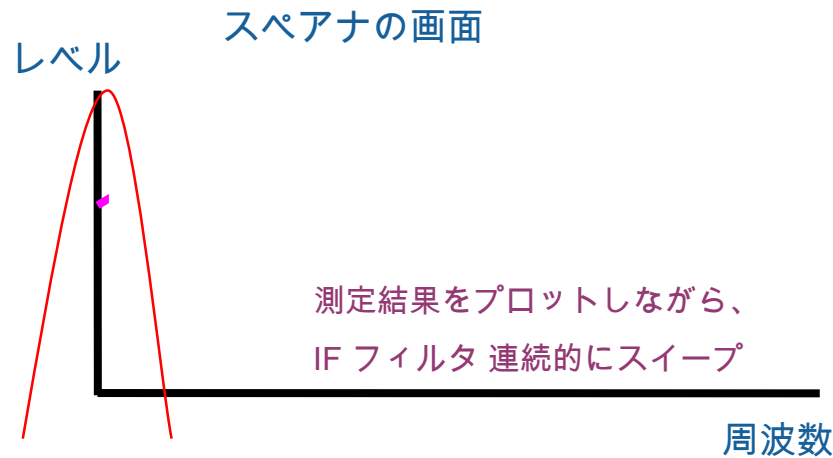
- FFTを活用した「タイムドメインスキャン」
- 「タイムドメインスキャン」を生かすダイナミックレンジの重要性

パルス性広帯域ノイズ測定のために

FFTを活用した「タイムドメインスキャン」

スペクトラムアナライザのスイープ

通常、スペクトラムアナライザは、RBWの幅で画面の左（周波数低）→右（周波数高）へ測定結果を描いていきます。



パルス性広帯域ノイズ測定のために

FFTを活用した「タイムドメインスキャン」

パルスノイズを、取りこぼし無くかつ高速に測定するには？

同時に測定できる幅が広ければ、
広い幅で滞留測定が可能 → 全体の測定時間の短縮



その後、従来のスペアナ・レシーバのRBWへの分割を行なう。(要相関)

パルス性広帯域ノイズ測定のために

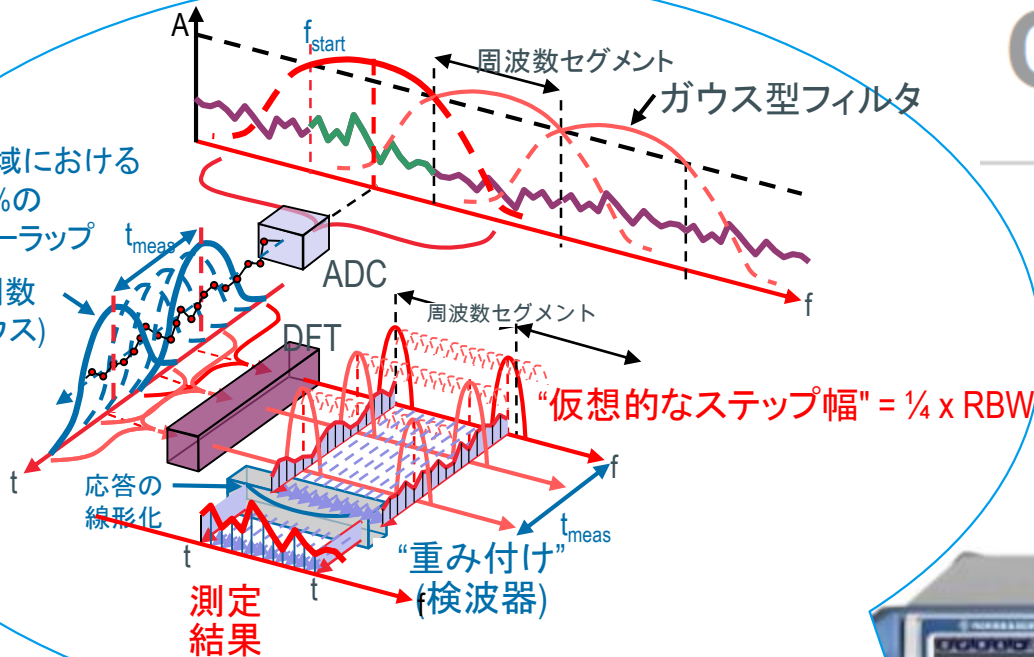
FFTを活用した「タイムドメインスキャン」

CISPR 16-1-1

Edition 3.0 2010-06

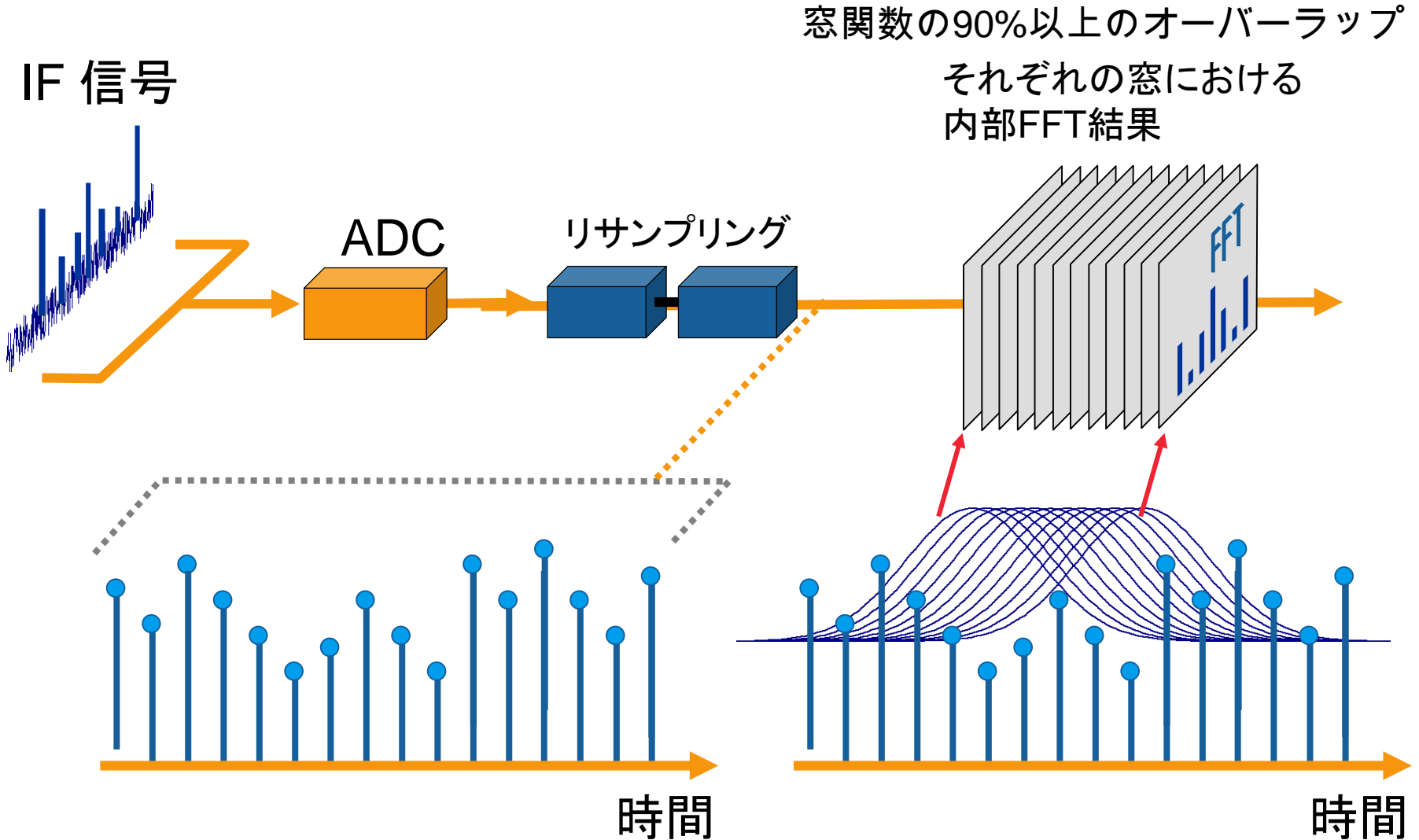
時間領域における
最大90%の
オーバーラップ

窓関数
(ガウス)



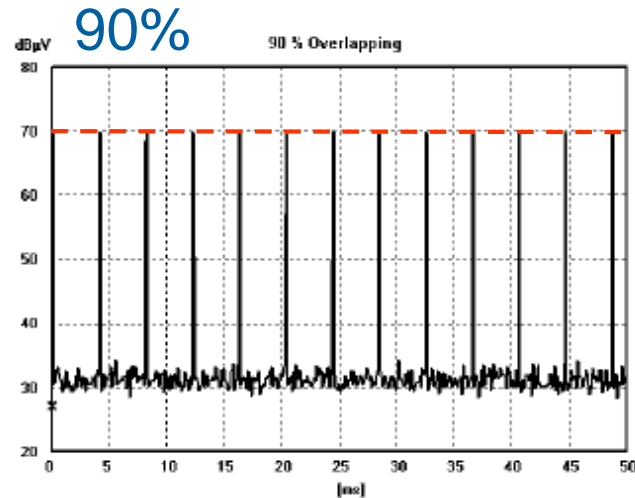
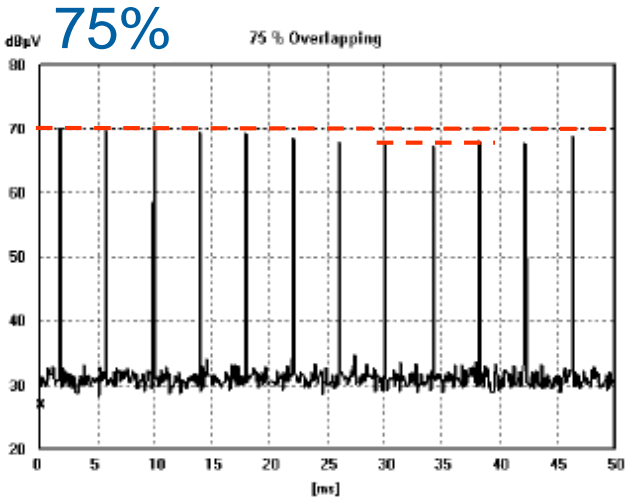
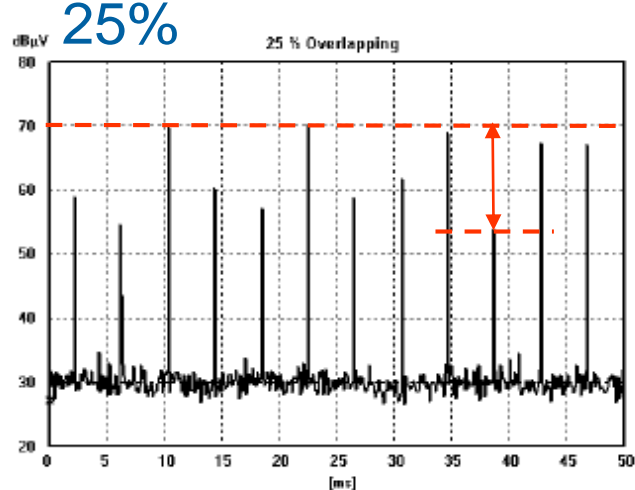
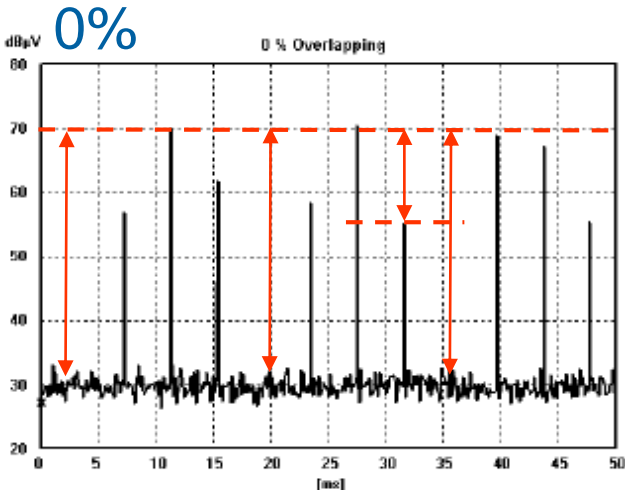
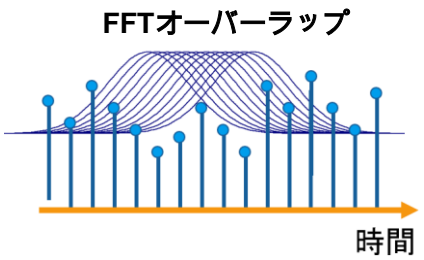
パルス性広帯域ノイズ測定のために

FFTを活用した「タイムドメインスキャン」 - 信号処理概要



パルス性広帯域ノイズ測定のために

FFTを活用した「タイムドメインスキャン」 - パルス測定のためのFFTオーバーラップ

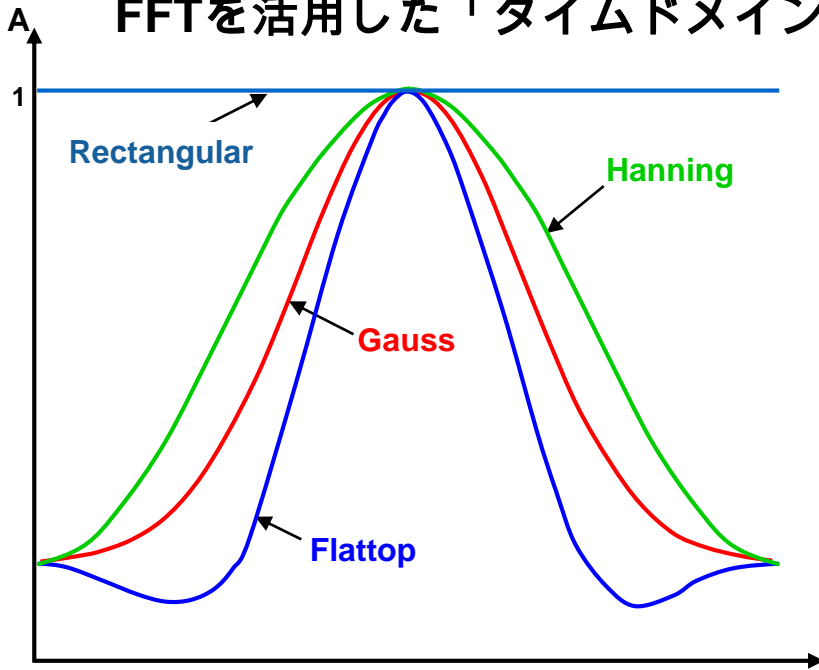


パルス信号に異なるオーバーラップ係数にてガウス窓の窓掛けを行なった際の実出力 (時間軸)
Reference: TR CISPR 16-3 © IEC:2010(E)

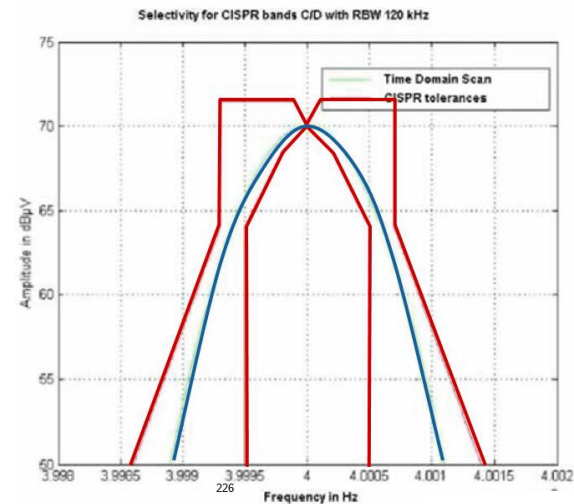
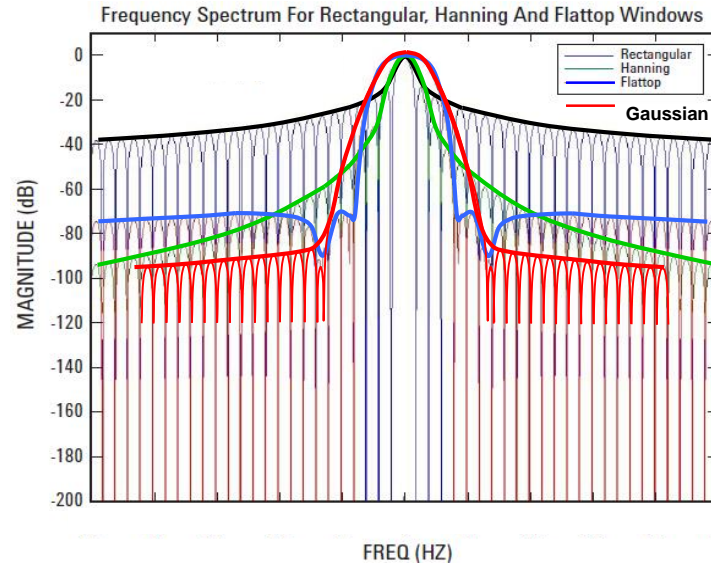
COMPANY RESTRICTED

パルス性広帯域ノイズ測定のために

FFTを活用した「タイムドメインスキャン」 - パルス測定のための窓関数

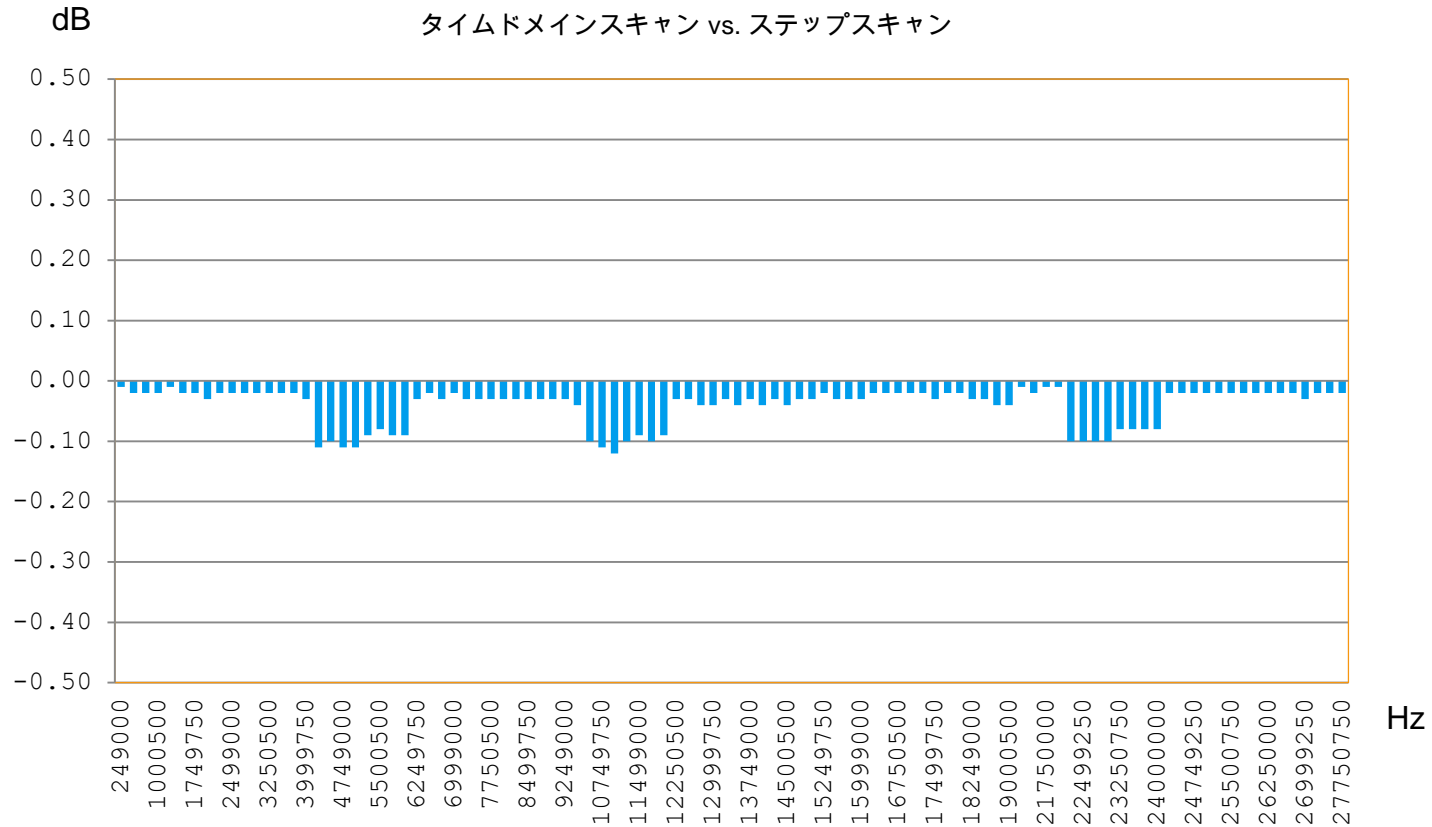


さまざまな時間軸の窓関数の例



パルス性広帯域ノイズ測定のために

FFTを活用した「タイムドメインスキャン」 - 従来レシーバスキャンとの比較



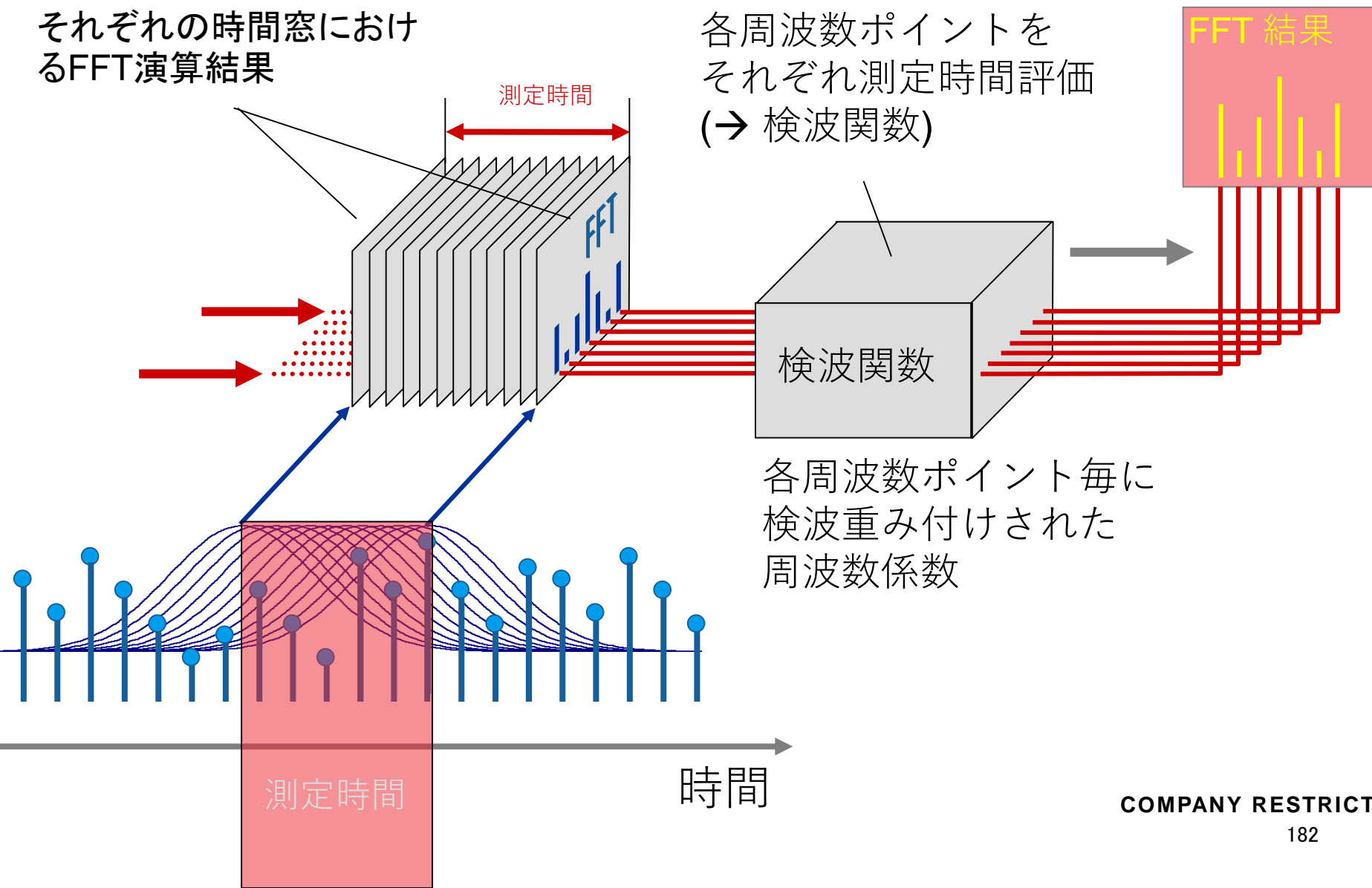
y-軸: レベル差, x-軸: 周波数

パルス性広帯域ノイズ測定のために

FFTを活用した「タイムドメインスキャン」 - 各周波数ポイント毎に検波

それぞれの時間窓におけるFFT演算結果

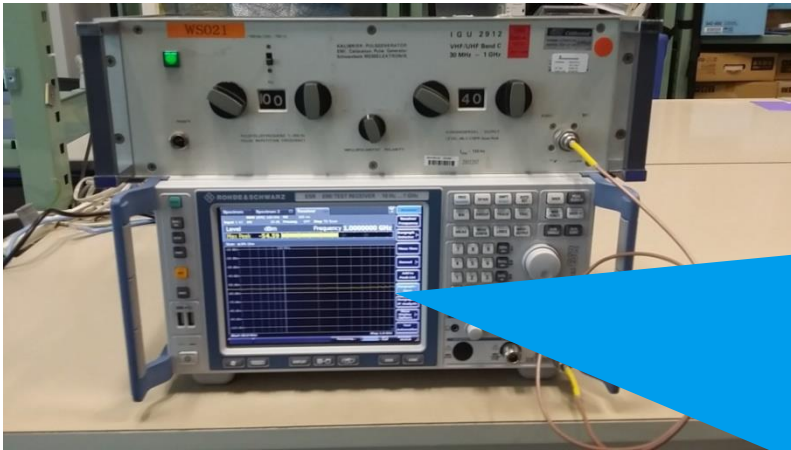
各周波数ポイントをそれぞれ測定時間評価
(→ 検波関数)



各周波数ポイント毎に
検波重み付けされた
周波数係数

パルス性広帯域ノイズ測定のために

FFTを活用した「タイムドメインスキャン」 - トータルでの測定時間を短縮



<1nsパルス(=1GHz幅)を、
10ms間隔 (=100回/s)
にて出力

パルス性広帯域ノイズ測定のために

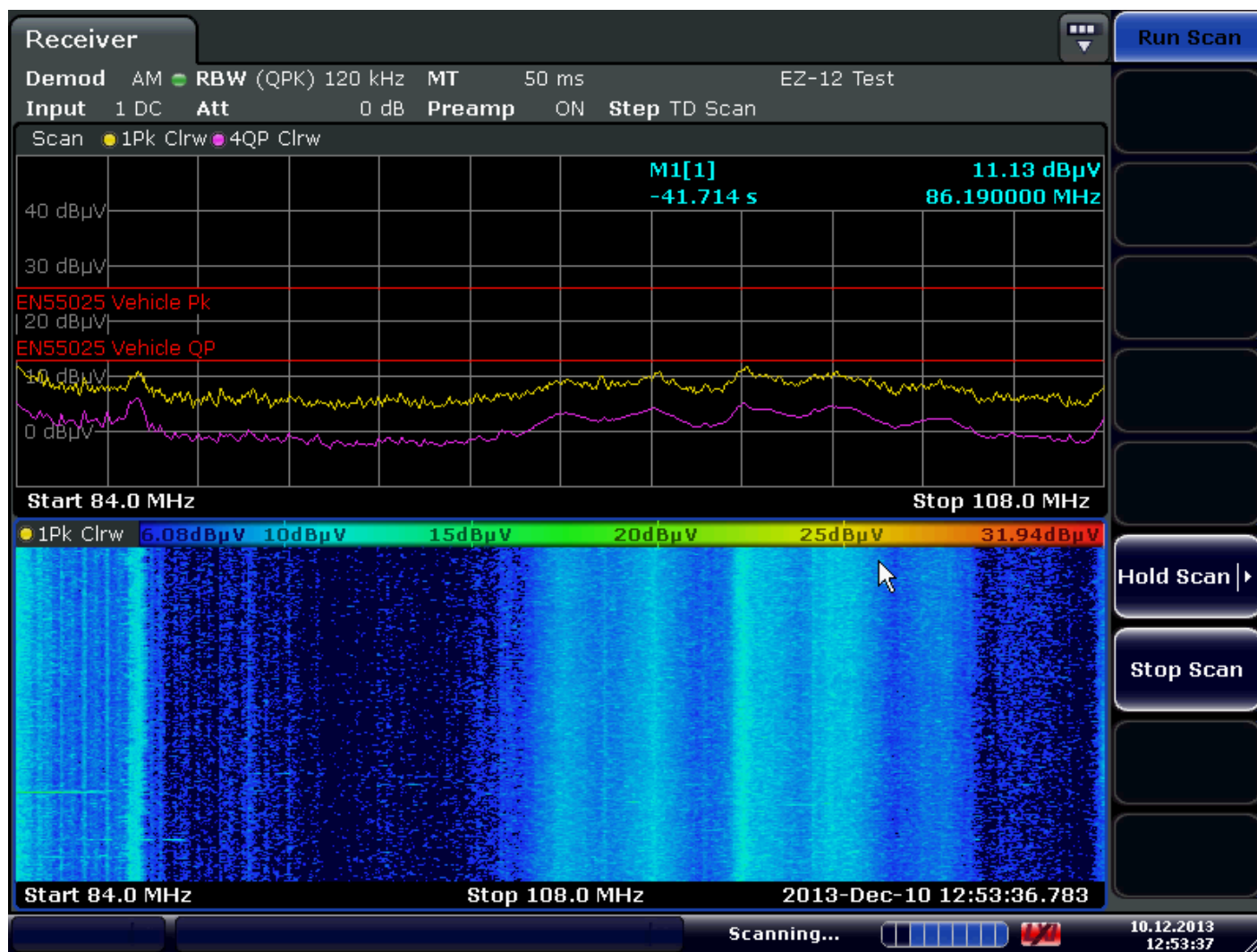
FFTを活用した「タイムドメインスキャン」 - TDSで再測定



- CISPR 25 - オンボード受信機の保護
- インピーダンス変換器 EZ12
- ピックアップされた車のアンテナを測定
- 周波数バンド全体をリアルタイムに観ることが出来る

パルス性広帯域ノイズ測定のために

FFTを活用した「タイムドメインスキャン」 - TDSで再測定



本日の内容

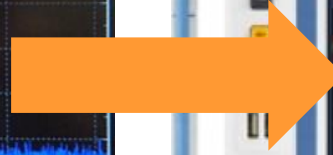
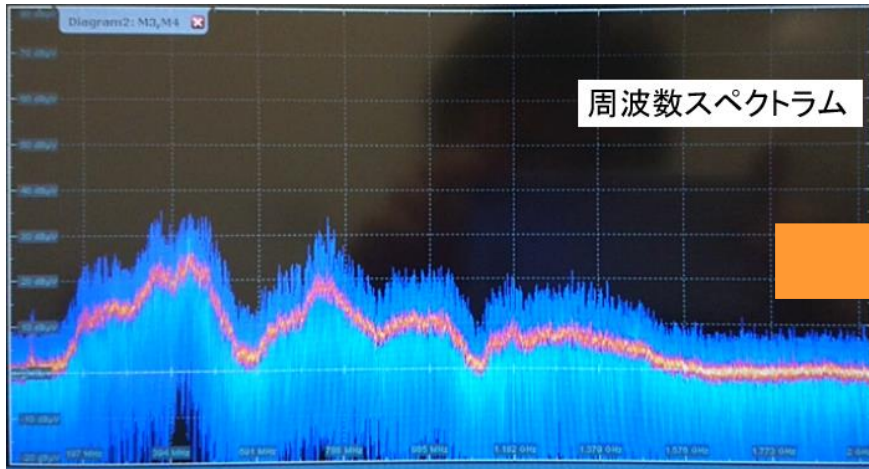
■ パルス性広帯域ノイズの特徴・測定の難しさ

■ **パルス性広帯域ノイズ測定のために**

- FFTを活用した「タイムドメインスキャン」
- 「タイムドメインスキャン」を生かすダイナミックレンジの重要性

パルス性広帯域ノイズ測定のために

レシーバのダイナミックレンジ性能の重要性



広帯域にわたるパルスノイズスペクトラムの全てが
測定器に入力されると、、、

パルス性広帯域ノイズ測定のために

レシーバのダイナミックレンジ性能の重要性 -

レシーバのアナログ性能向上によるダイナミックレンジの改善

Third-order intercept point (TOI)	RF attenuation = 0 dB, level 2 × -15 dBm, $\Delta f > 5 \times \text{RBW}$, preselection off ³ , preamplifier off, LNA off ⁴ R&S®ESW8, R&S®ESW26, R&S®ESW44
$f_{in} < 10 \text{ MHz}$	28 dBm (nom.)
$10 \text{ MHz} \leq f_{in} < 1 \text{ GHz}$	> 20 dBm, typ. 25 dBm
$1 \text{ GHz} \leq f_{in} < 3 \text{ GHz}$	> 20 dBm, typ. 25 dBm
$3 \text{ GHz} \leq f_{in} < 8 \text{ GHz}$	> 17 dBm, typ. 20 dBm

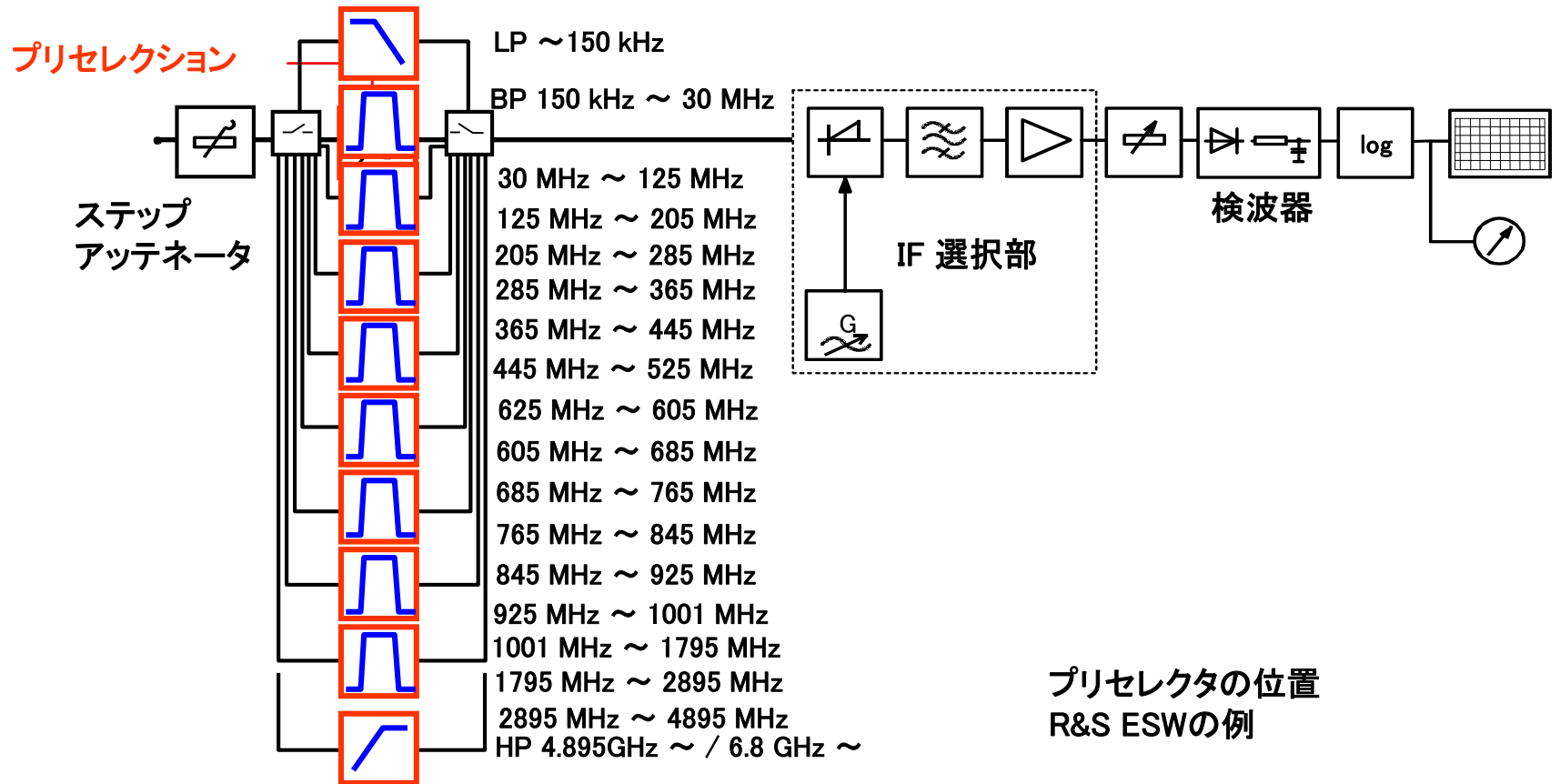


R&S ESW は、10 MHz 未満の歪特性を明記

パルス性広帯域ノイズ測定のために

レシーバのダイナミックレンジ性能の重要性 -

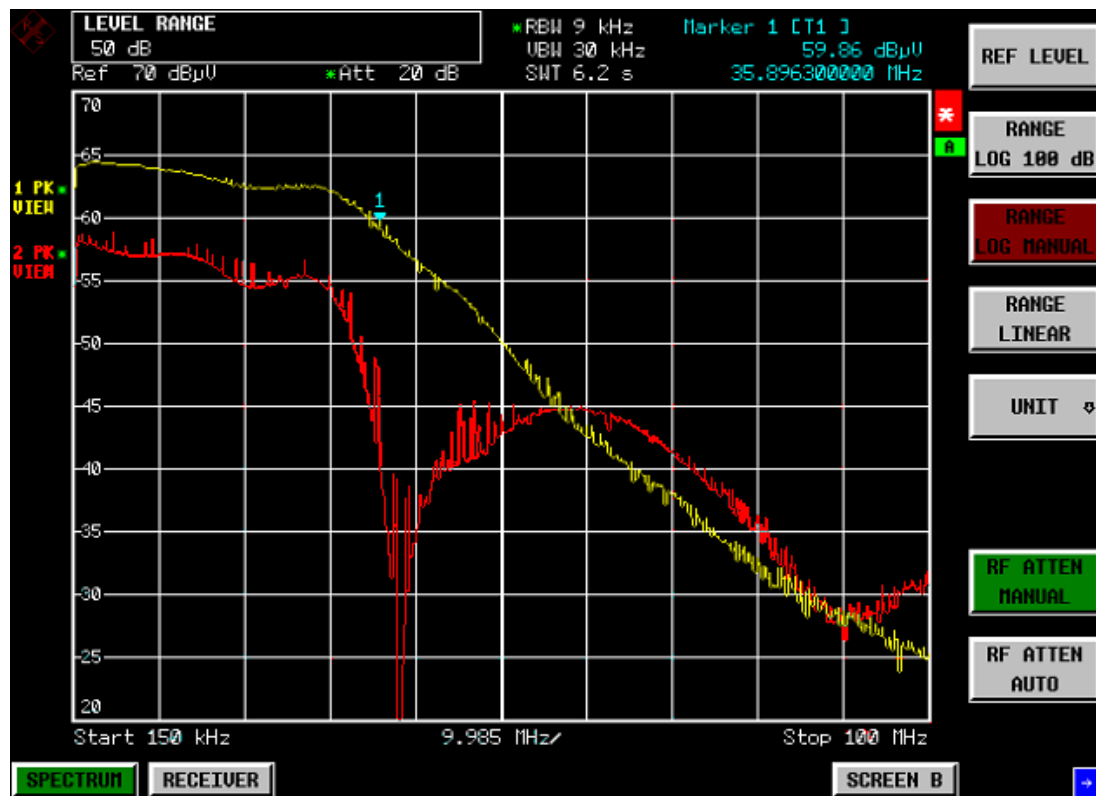
プリセレクトタによるダイナミックレンジ改善



パルス性広帯域ノイズ測定のために

レシーバのダイナミックレンジ性能の重要性 -

プリセクタによるダイナミックレンジ改善



**1 PK
VIEW**

プリセクタ「使用時」
ダイナミックレンジ「良」

**2 PK
VIEW**

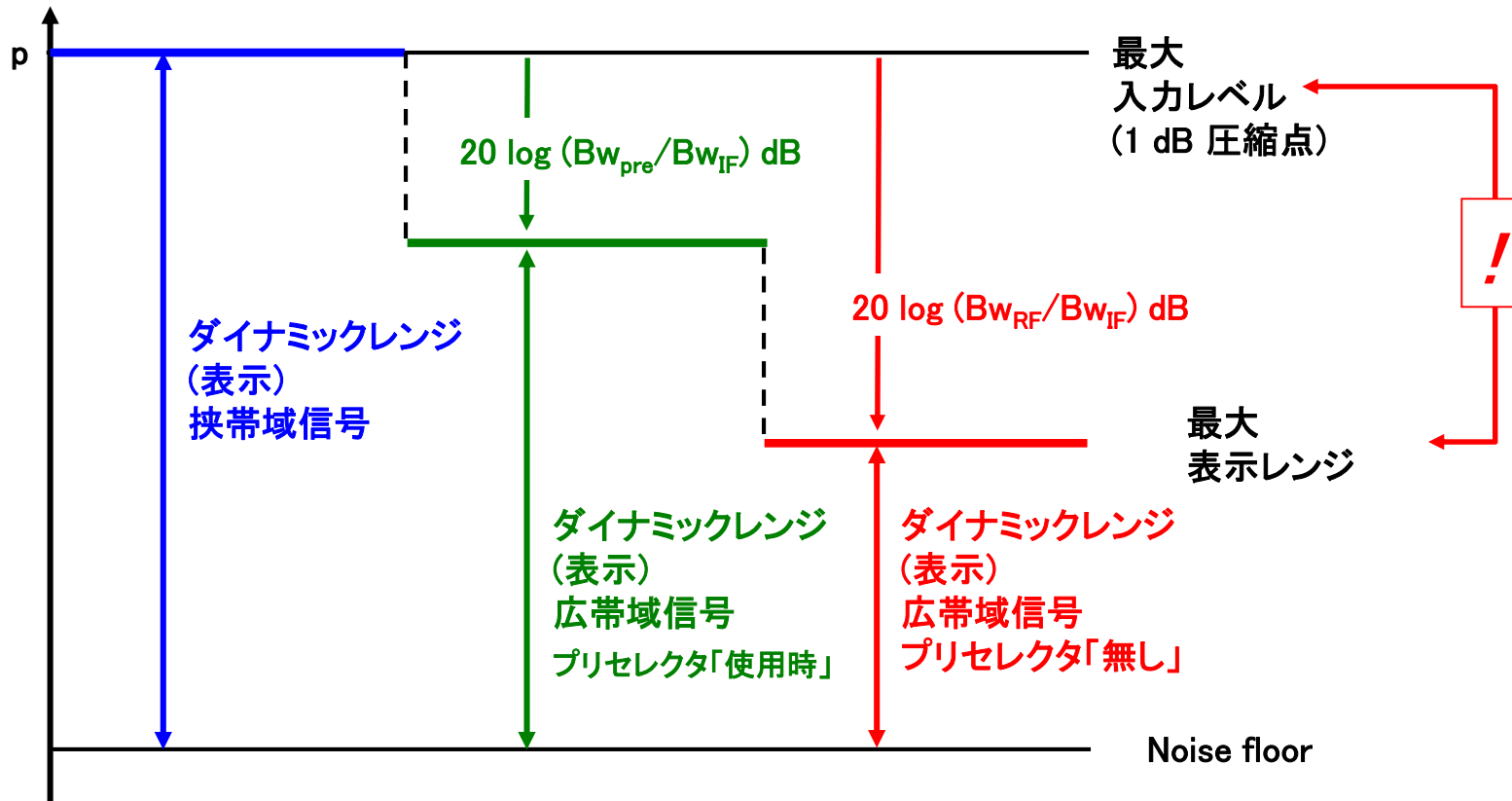
プリセクタ「無し」
ダイナミックレンジ「悪」

広帯域にわたるノイズスペクトラムの全てが
測定器に入力されると(ミキサー)歪が生じるため、
プリセクタによる帯域選択でのダイナミックレンジを改善している

パルス性広帯域ノイズ測定のために

レシーバのダイナミックレンジ性能の重要性 -

プリセクタによるダイナミックレンジ改善



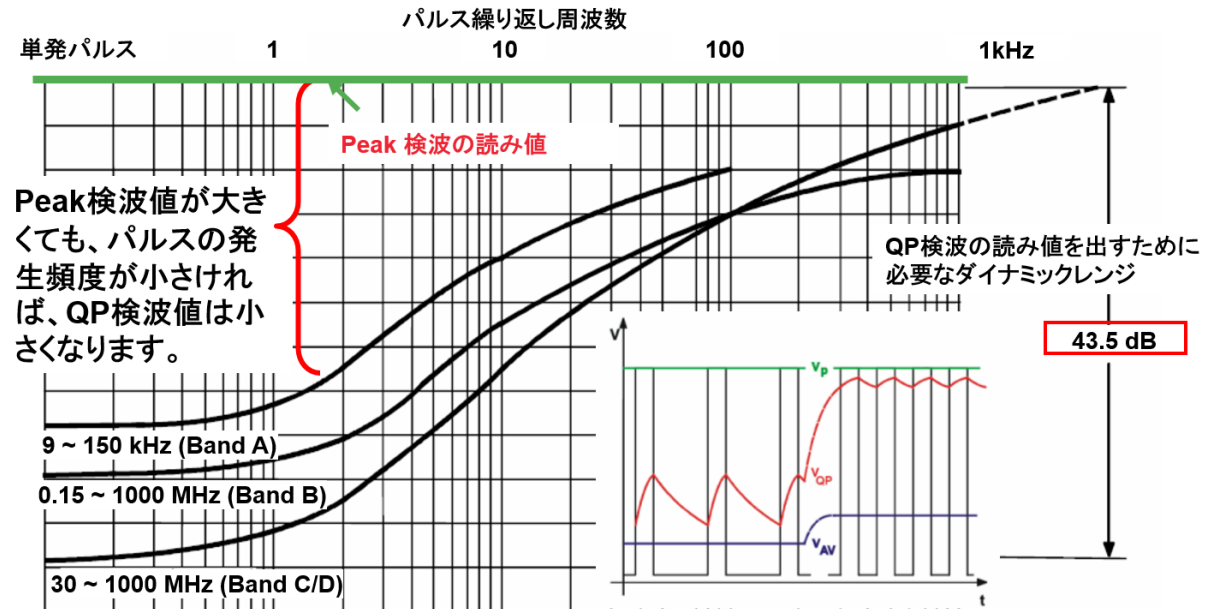
パルス性広帯域ノイズ測定のために

レシーバのダイナミックレンジ性能の重要性 -

プリセレクトによるダイナミックレンジ改善

広帯域パルス測定において

QP検波器動作に必要な ダイナミックレンジ

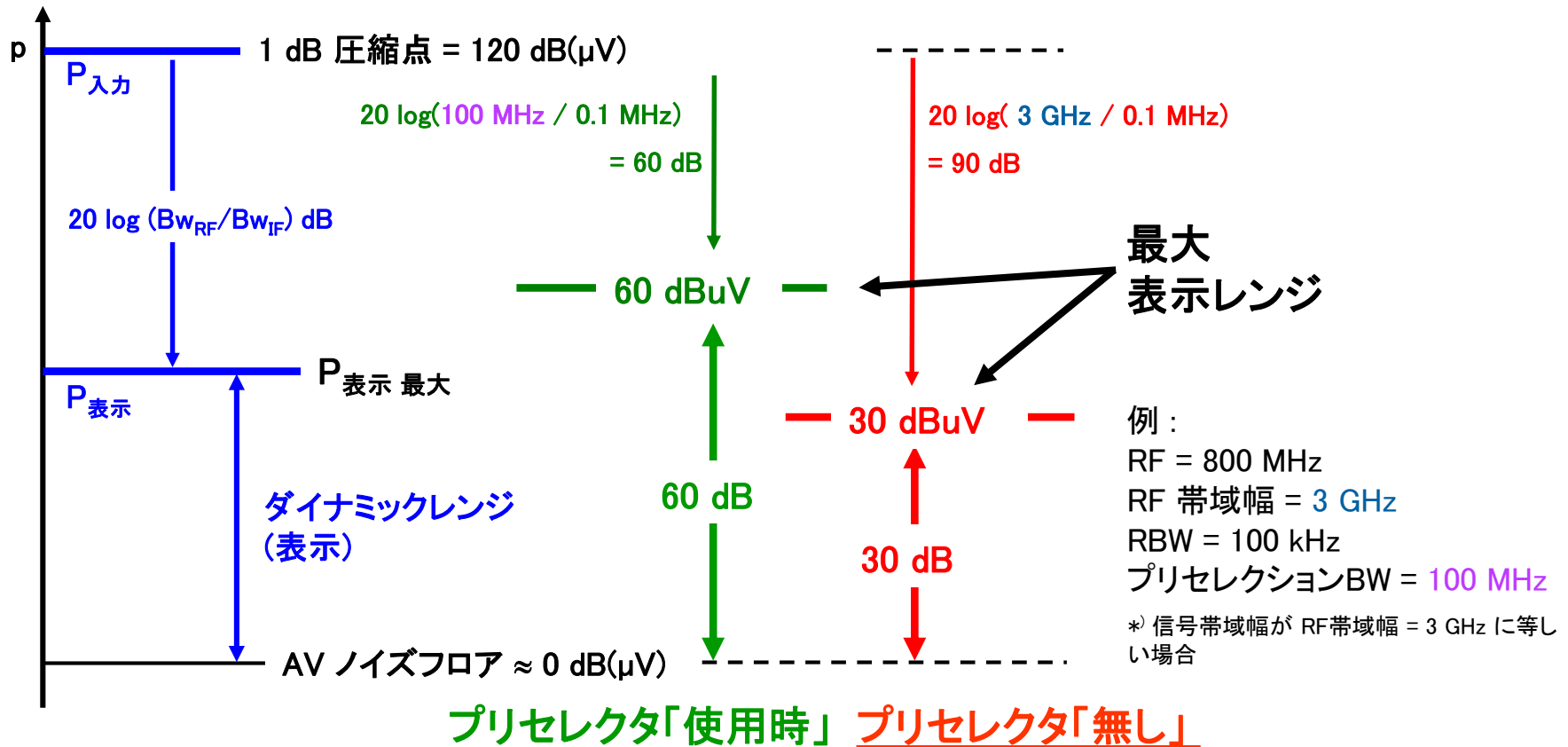


COMPANY RESTRICTED

パルス性広帯域ノイズ測定のために

レシーバのダイナミックレンジ性能の重要性 -

プリセクタによるダイナミックレンジ改善



ご清聴ありがとうございました。