

オンラインEMIセミナー

2020/04/28

ローデシュワルツジャパン株式会社

ROHDE & SCHWARZ

Make ideas real



本日の内容

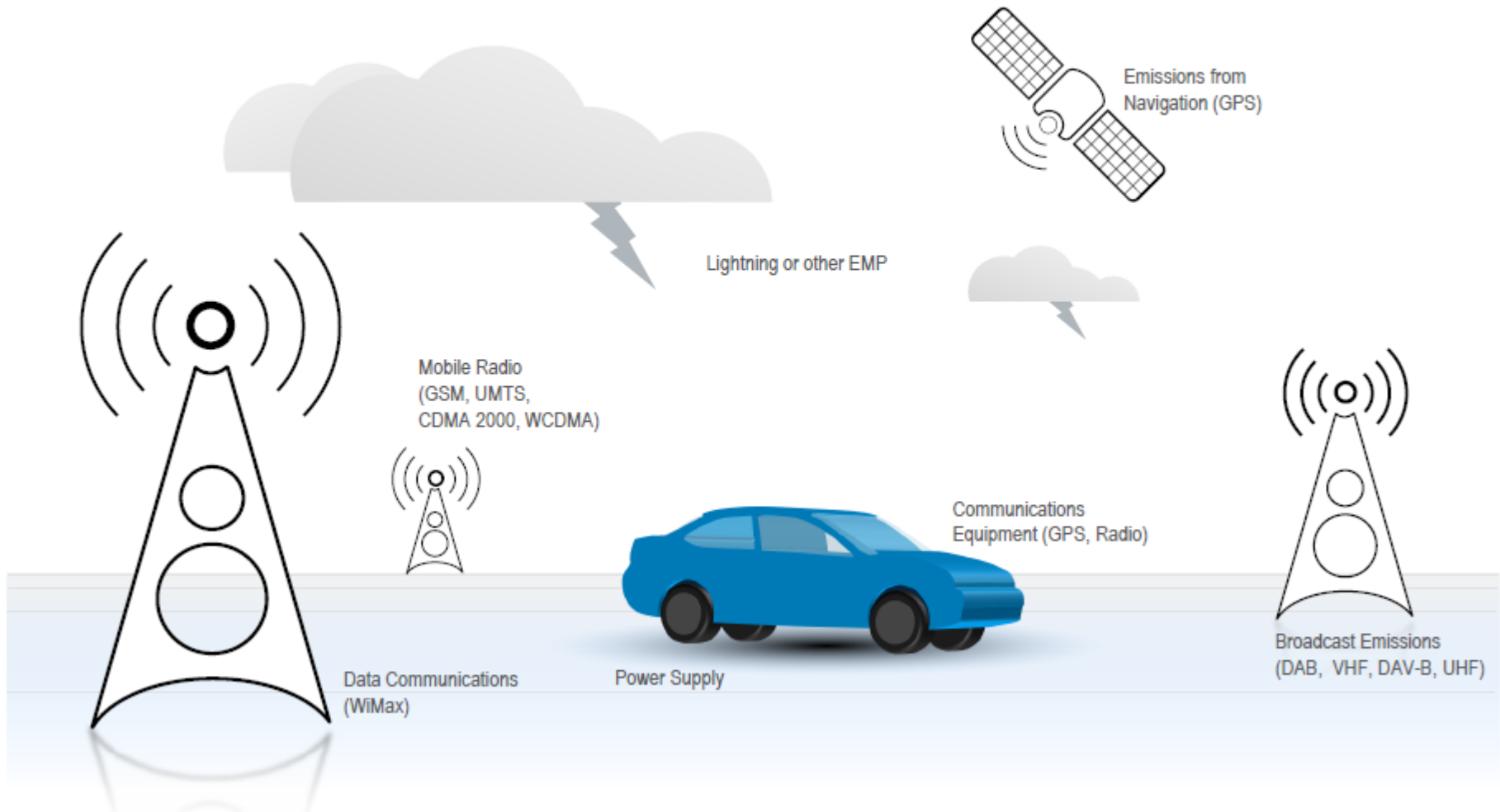
■ 16:00～ スペアナの基礎からレシーバまで

パルス性広帯域ノイズの特徴
スペアナ測定の難しさ
レシーバでの解決策
その他

■ 18:00～ オンライン懇親会、ざっくばらんなQ&A

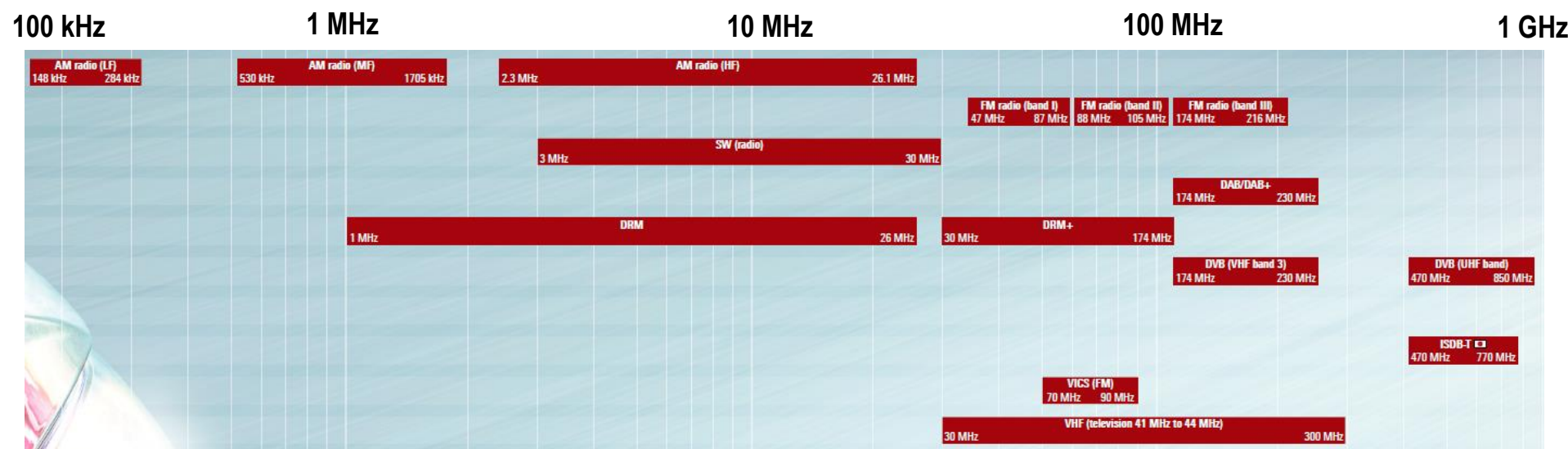
パルス性広帯域ノイズの特徴・測定の難しさ

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

さまざまな無線アプリケーションとその周波数

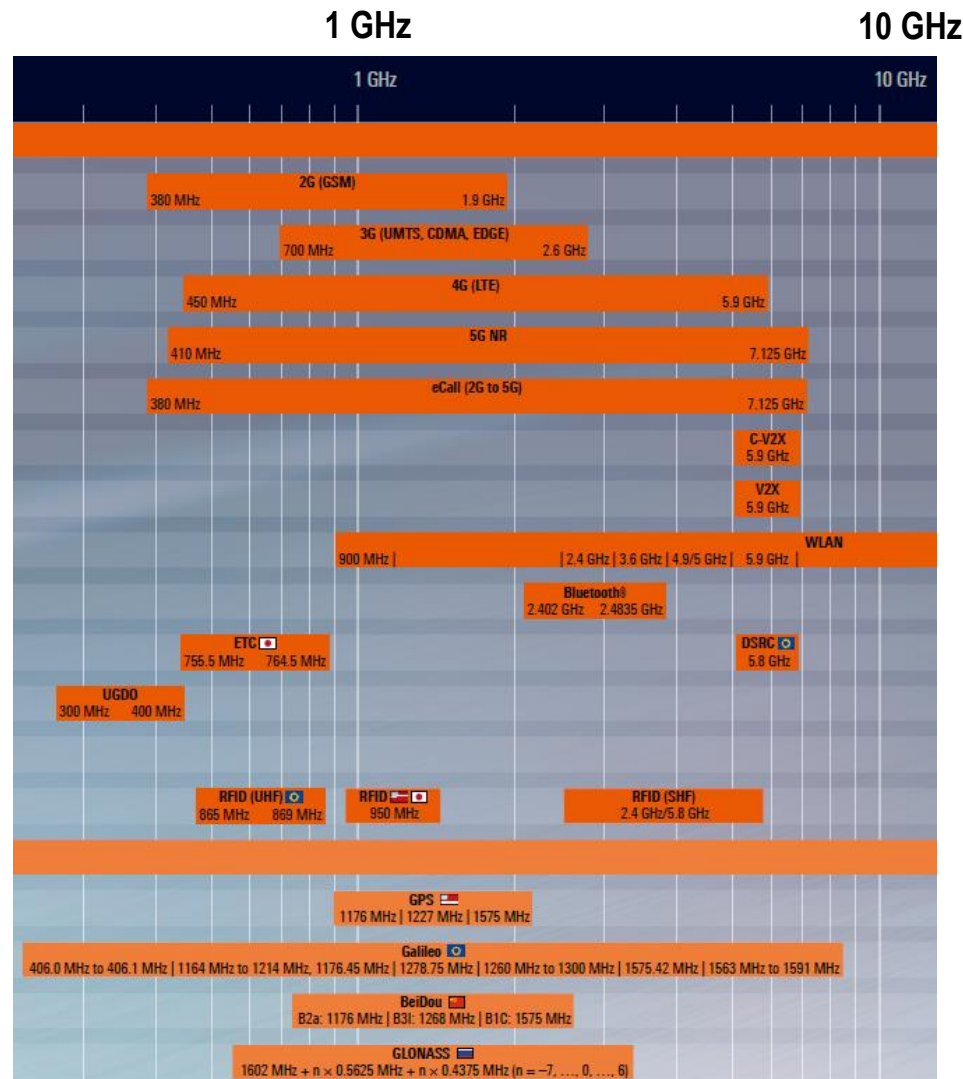


数100kHz ~ 1GHz までの 放送サービスの各周波数

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

数百MHz ~ 数GHz までの
通信、衛星測位、V2x
などの各周波数



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

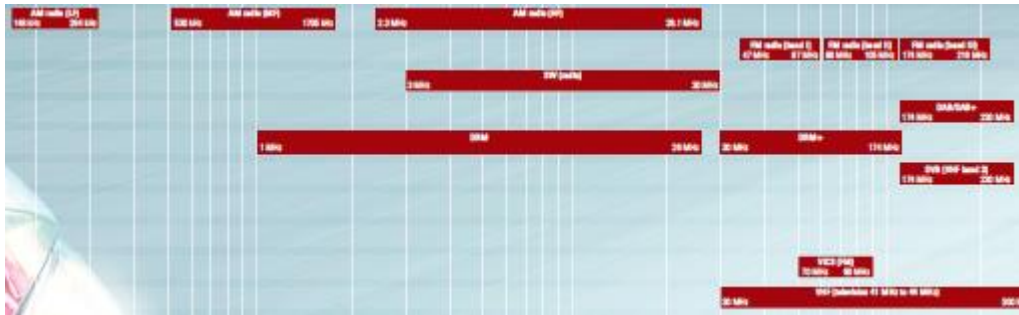
1 MHz

10 MHz

100 MHz

1 GHz

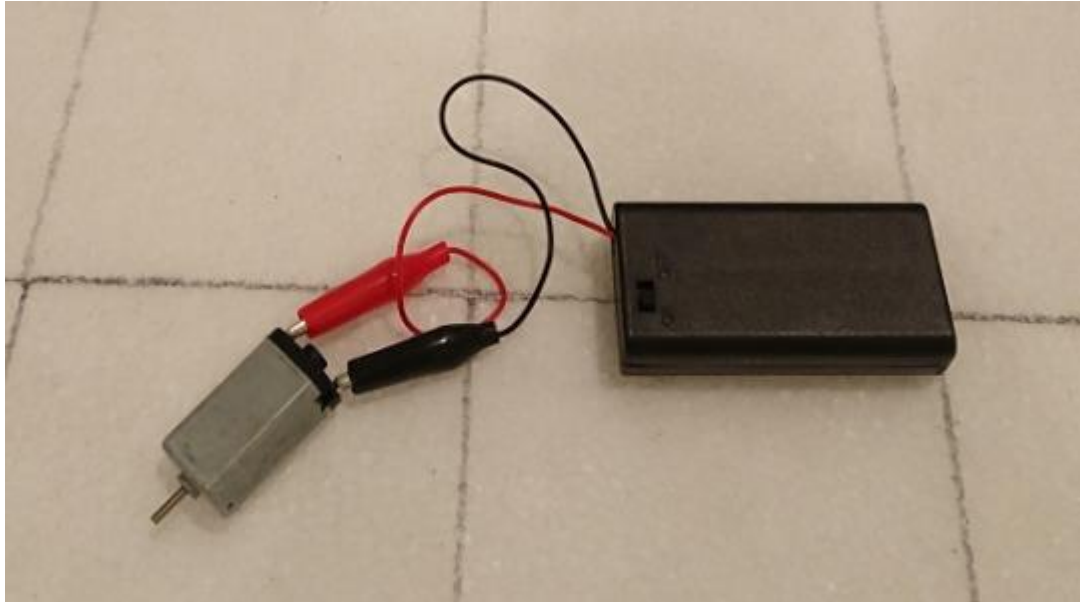
10 GHz



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

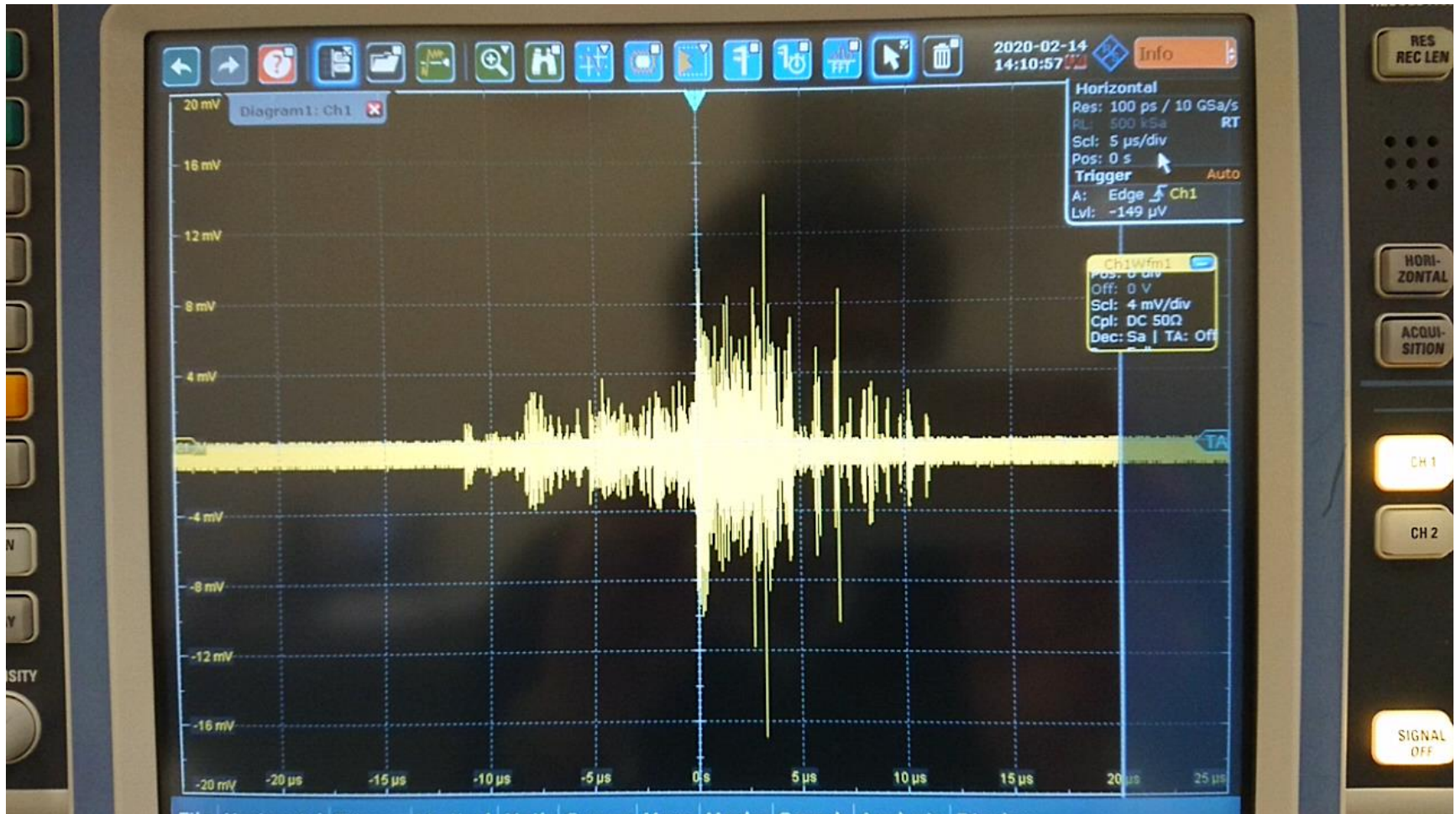
パルス性広帯域ノイズの特徴・測定の難しさ

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

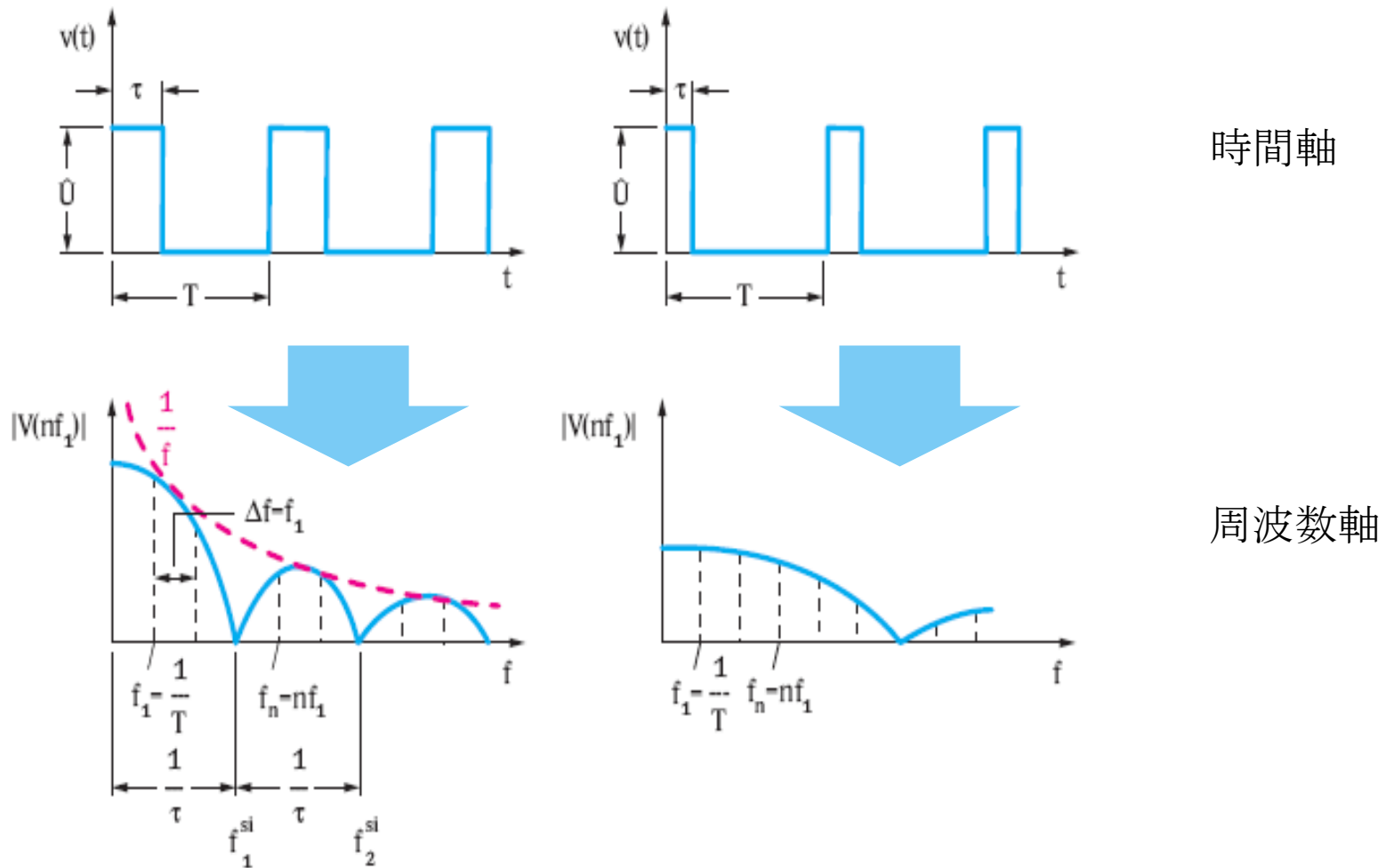
実験：3V DC モーター @ 3m EMI 測定



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

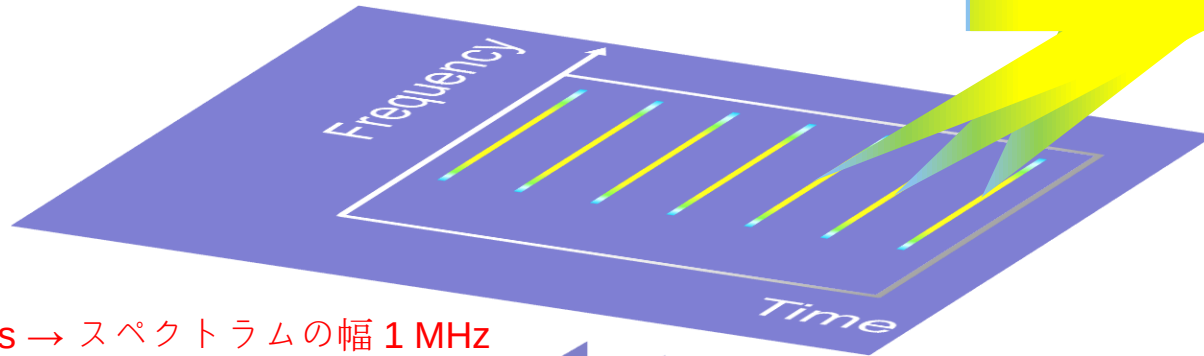
パルス状のノイズ（時間軸） と ノイズスペクトラム（周波数軸）



パルス性広帯域ノイズの特徴・測定の難しさ

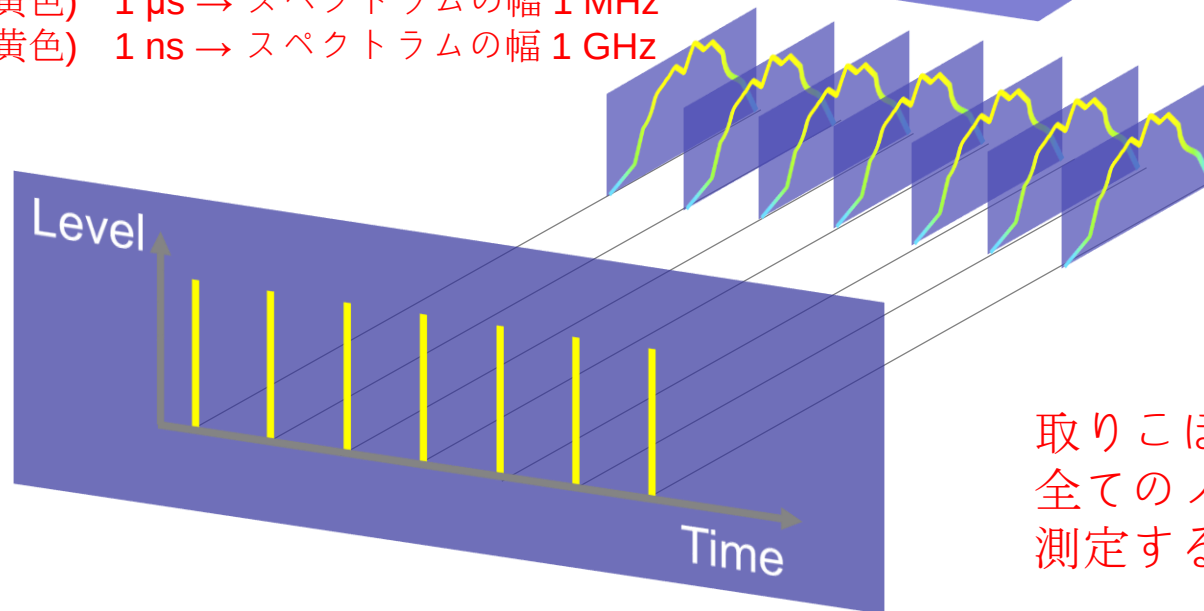
パルス性広帯域スペクトラムの観測

パルス性妨害波の
広帯域スペクトラム



発生時間(黄色) $1\ \mu\text{s} \rightarrow$ スペクトラムの幅 $1\ \text{MHz}$

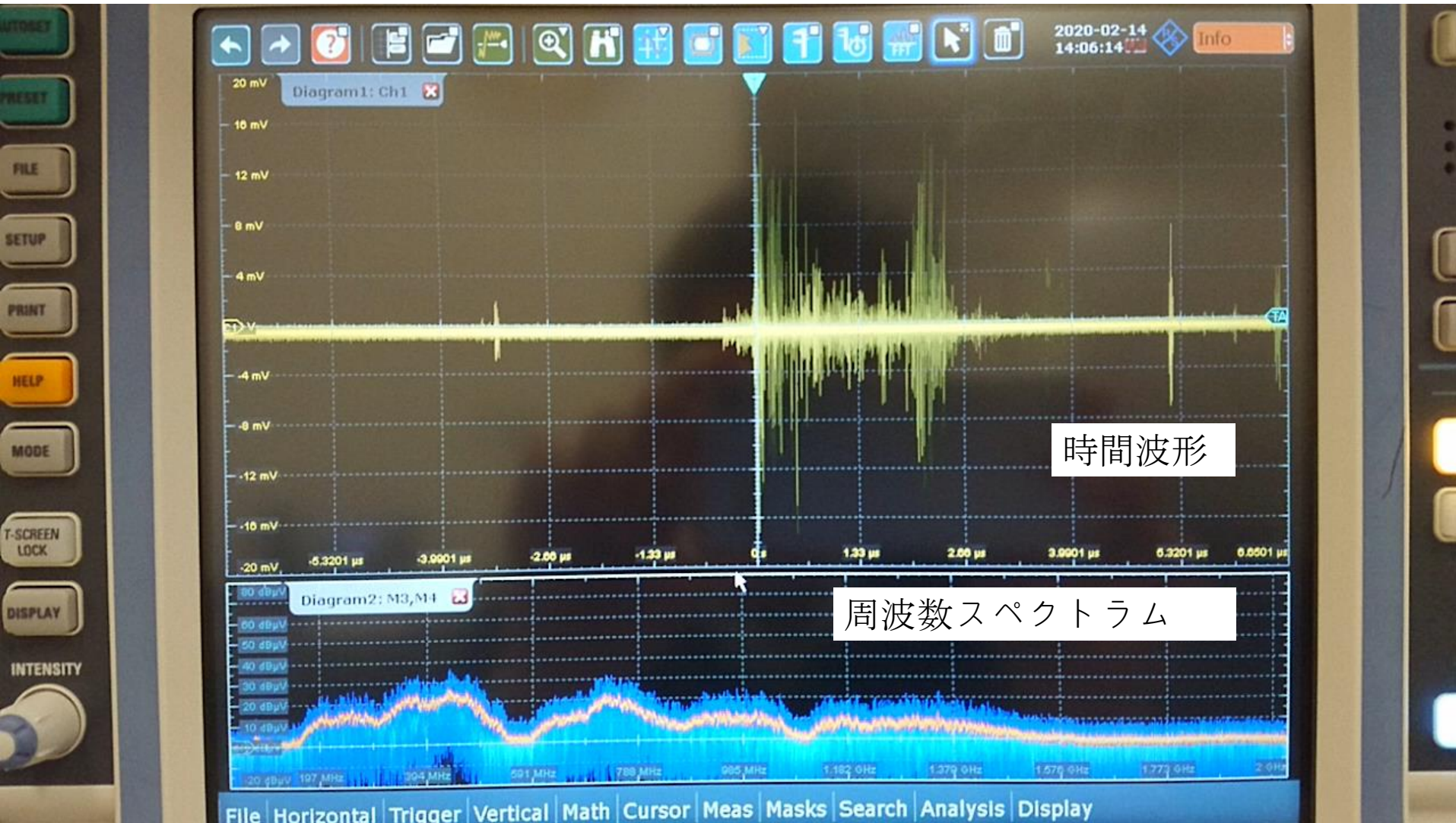
発生時間(黄色) $1\ \text{ns} \rightarrow$ スペクトラムの幅 $1\ \text{GHz}$



取りこぼし無く
全てのノイズを捕らえて
測定するには??

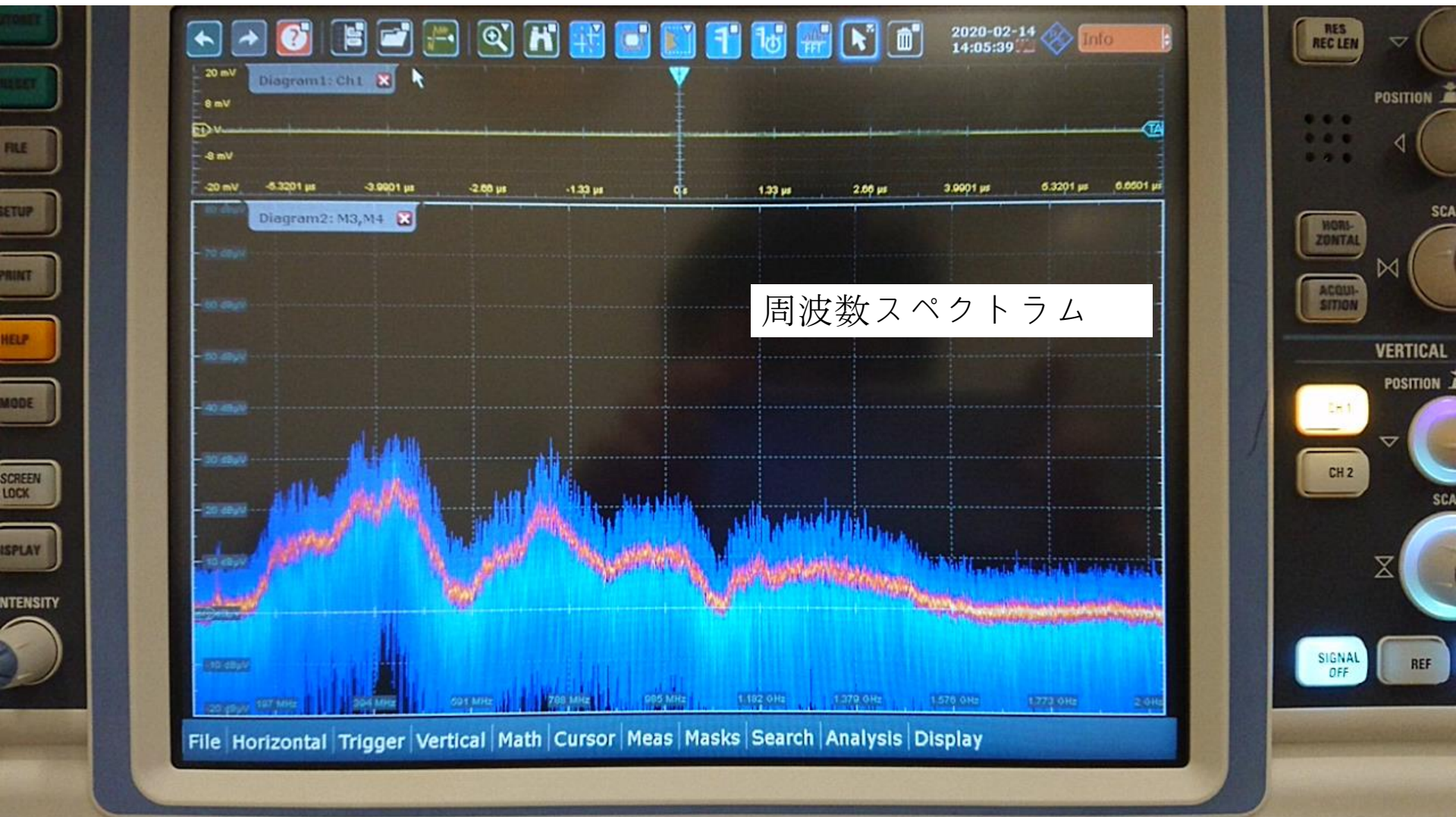
パルス性広帯域ノイズの特徴・測定の難しさ

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

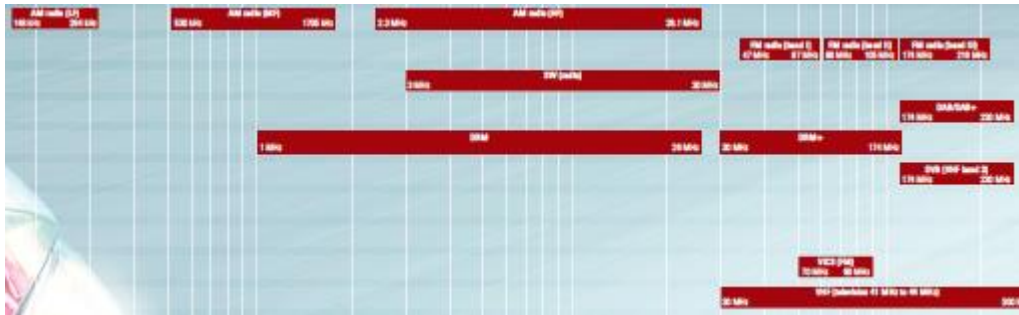
1 MHz

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

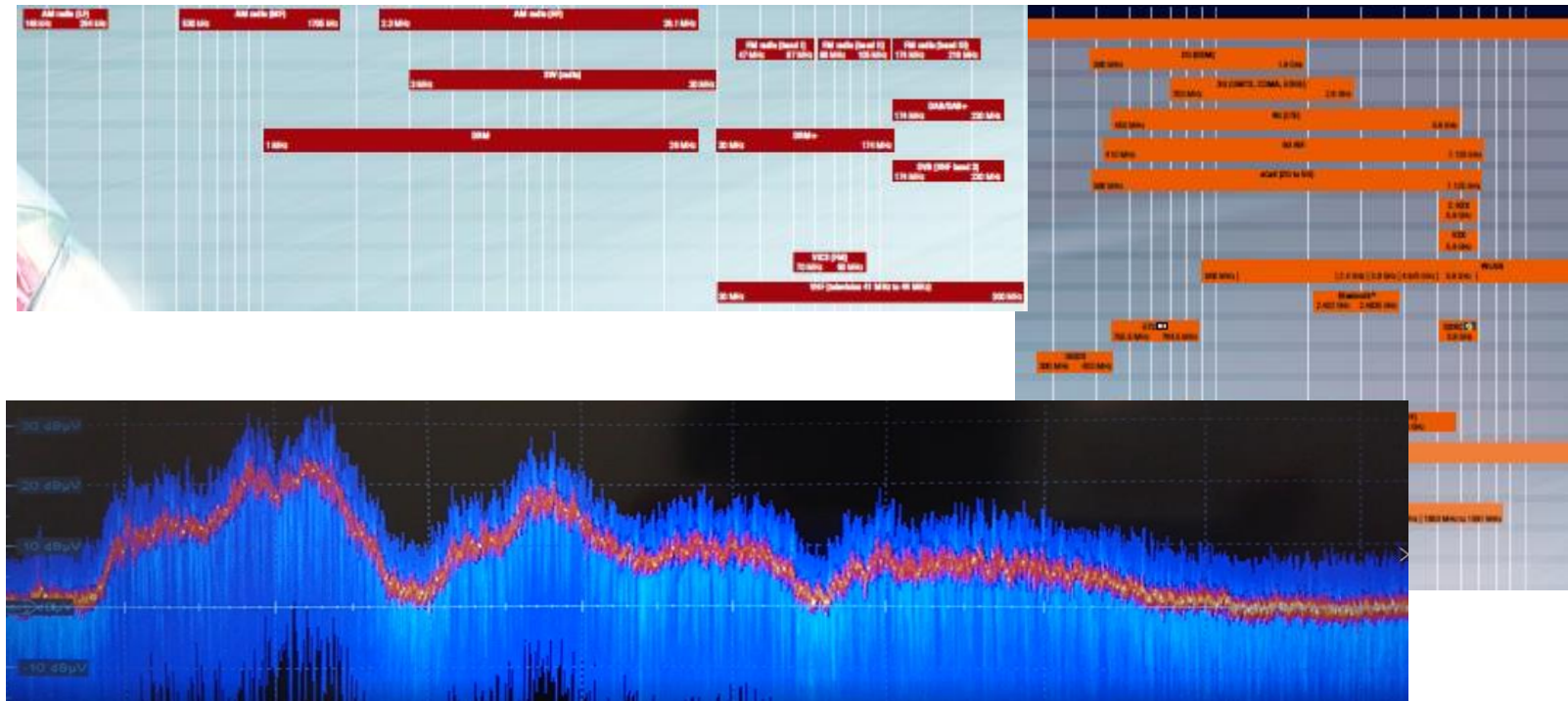
1 MHz

10 MHz

100 MHz

1 GHz

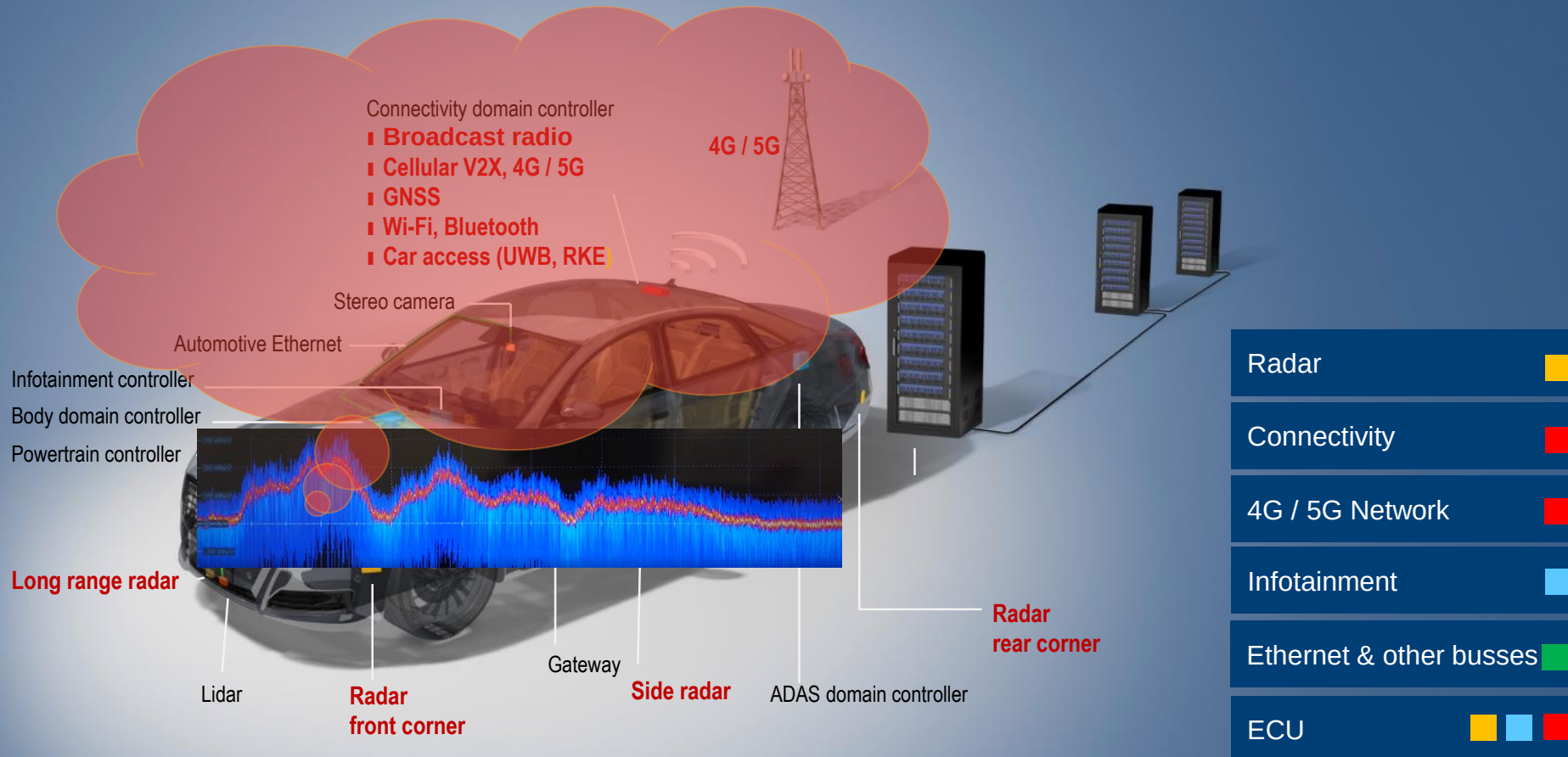
10 GHz



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。

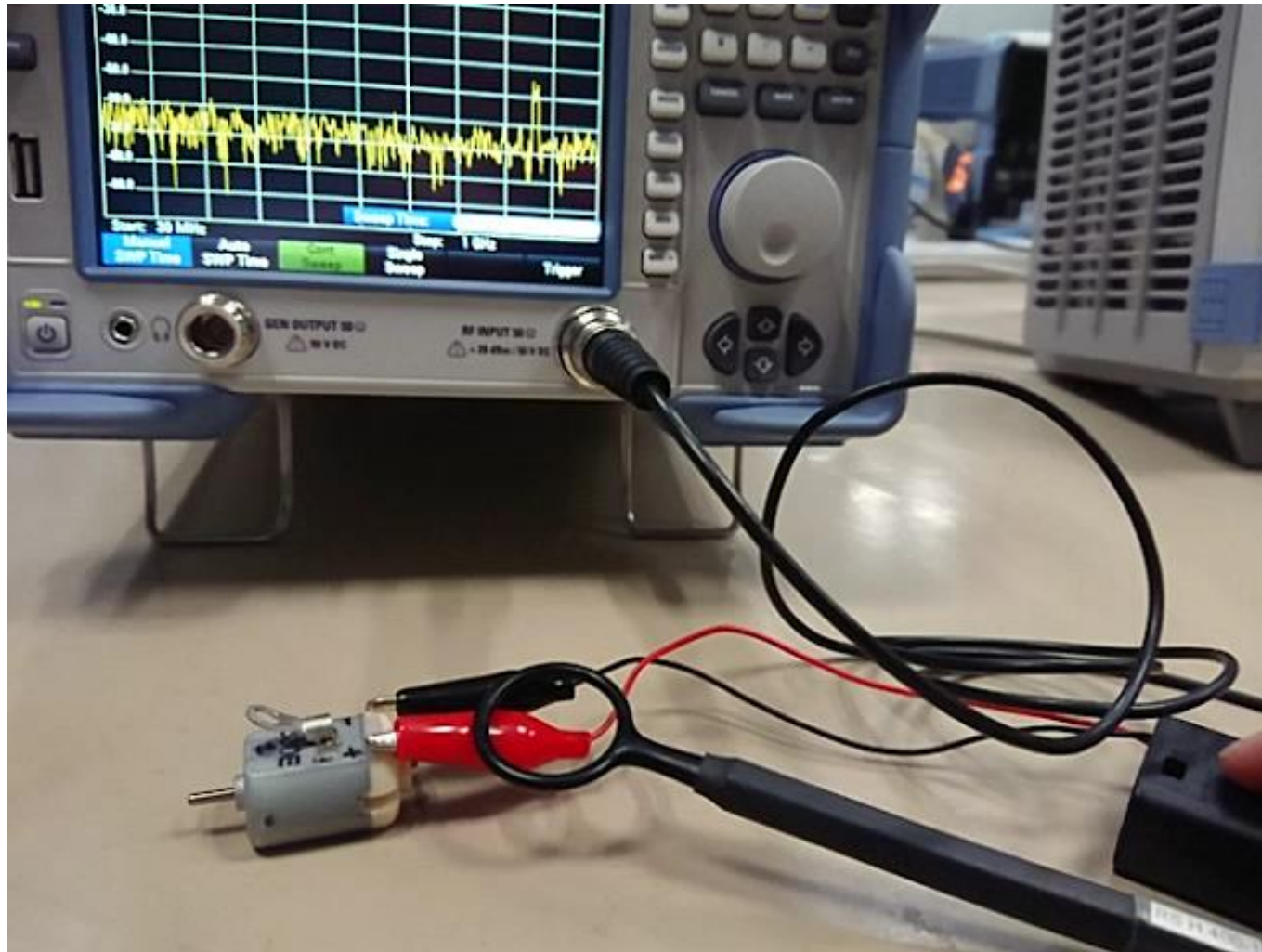
パルス性広帯域ノイズの特徴・測定の難しさ

さまざまな無線アプリケーション



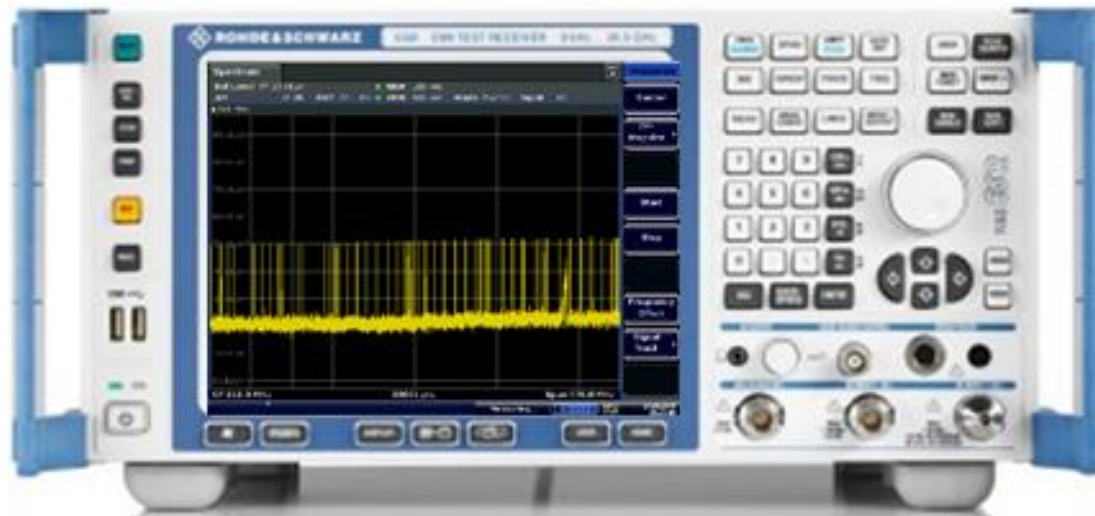
パルス性広帯域ノイズの特徴・測定の難しさ

スペクトラムアナライザ測定の難しさ



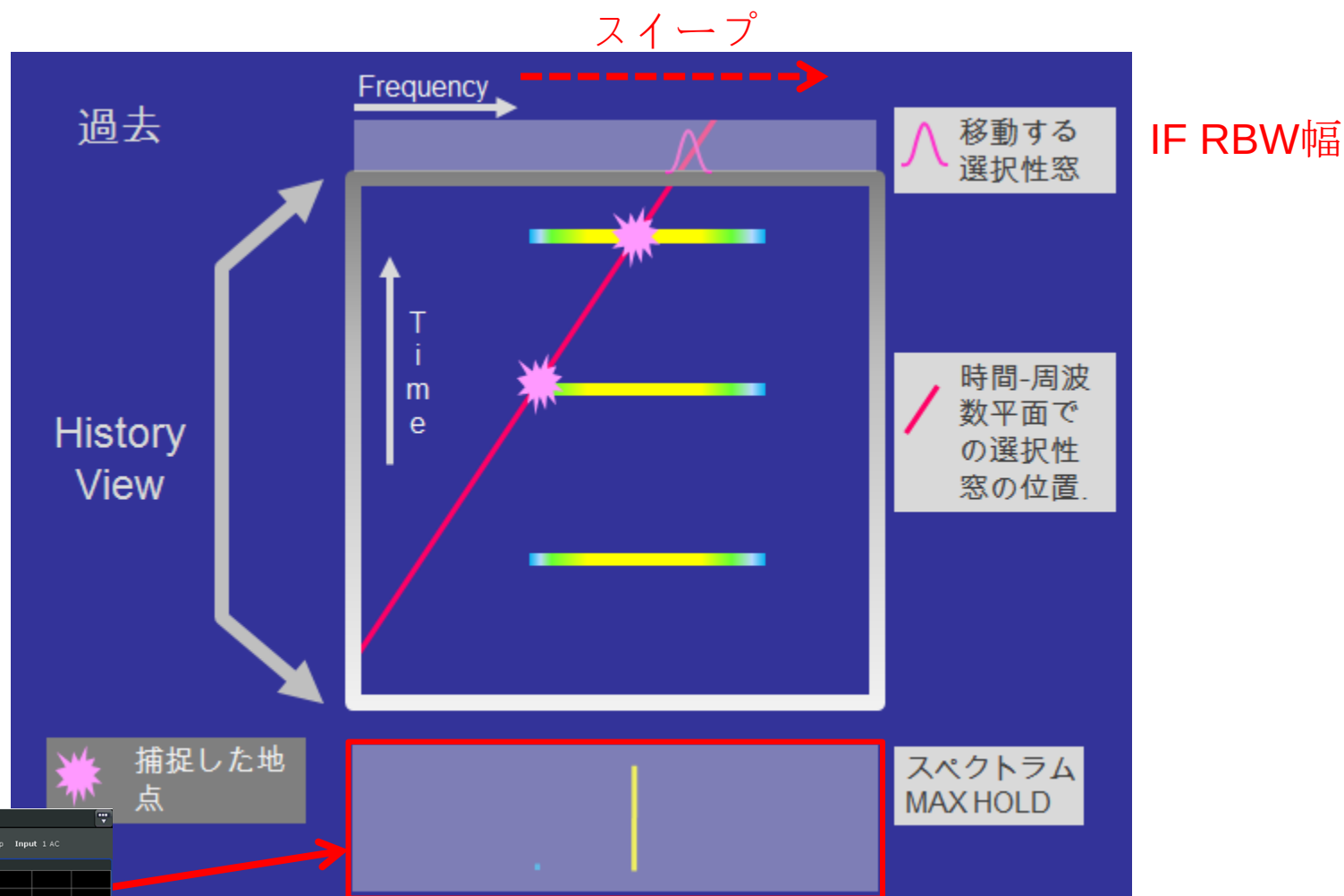
パルス性・広帯域ノイズは
なぜ
スペクトラムアナライザでの測定が難しい？

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

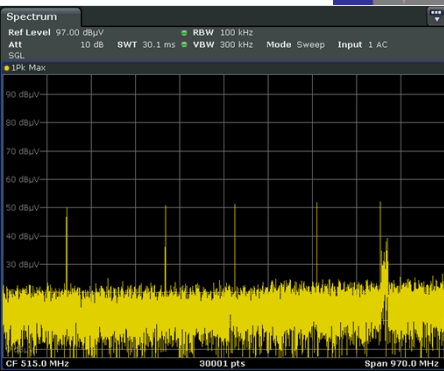


スペクトラムアナライザの構造を考えると。。。。

パルス性・広帯域ノイズは なぜ スペクトラムアナライザでの測定が難しい？



スペクトラムアナライザの画面 (MAX Hold)



過去

History
View

Frequency →

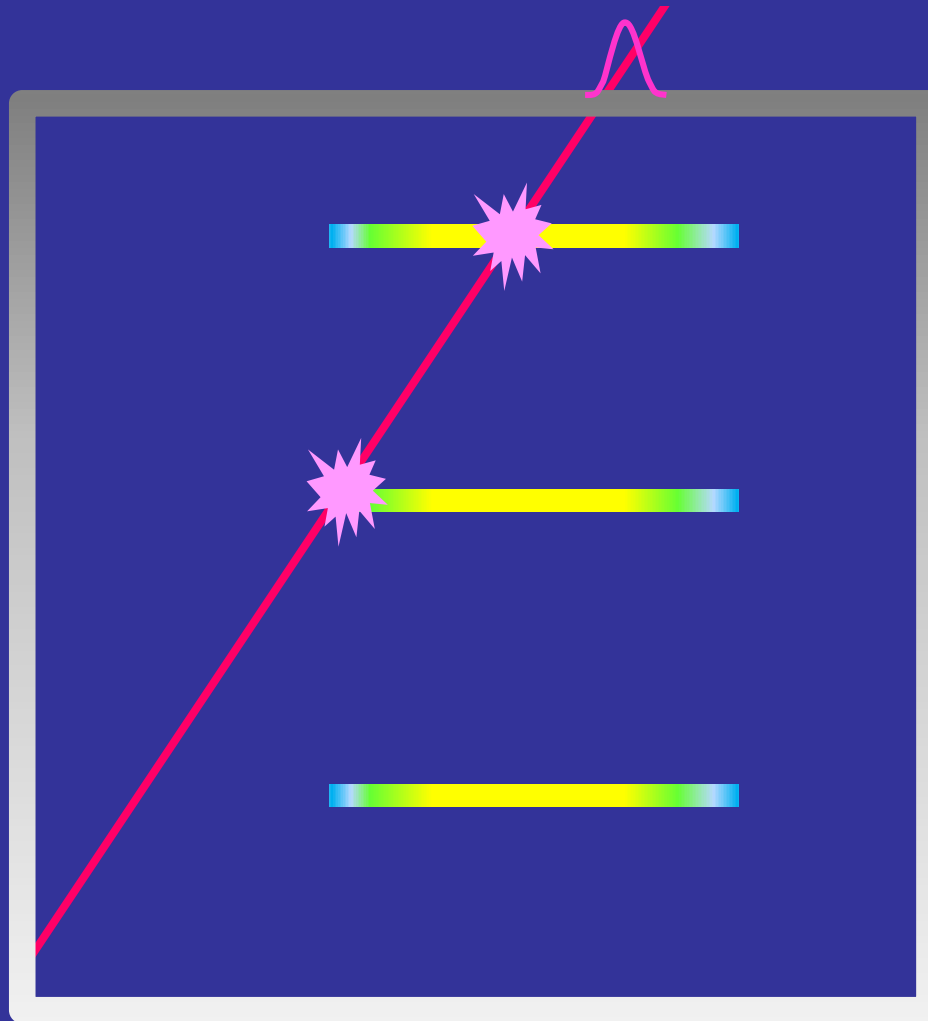
Time ↑

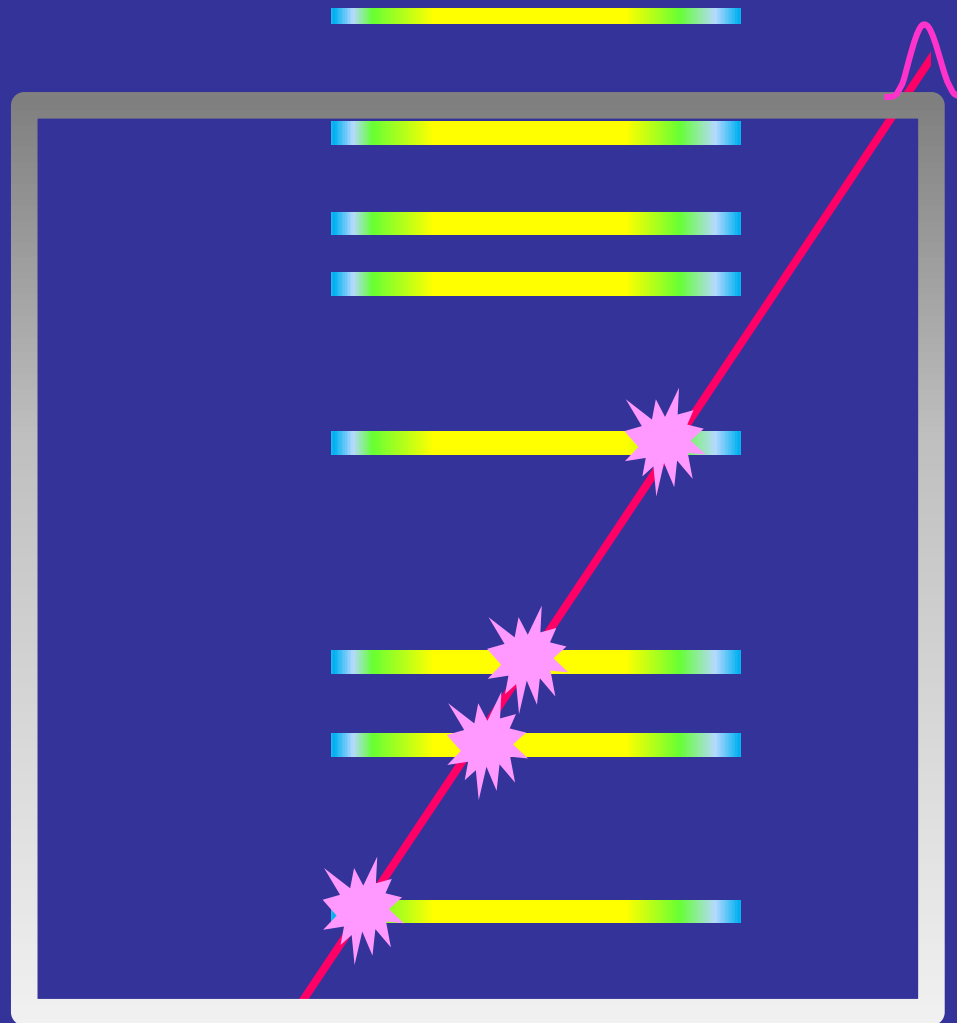
移動する
選択性窓
(RBW)

時間-周波
数平面で
の選択性
窓の位置.

捕捉した地
点

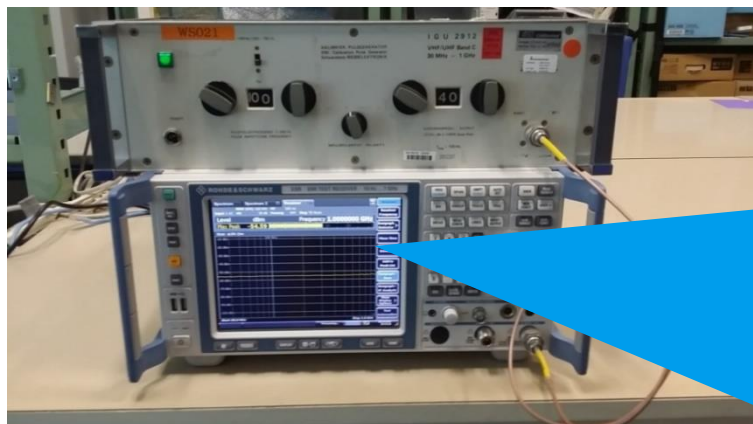
スペクトラム
MAX HOLD



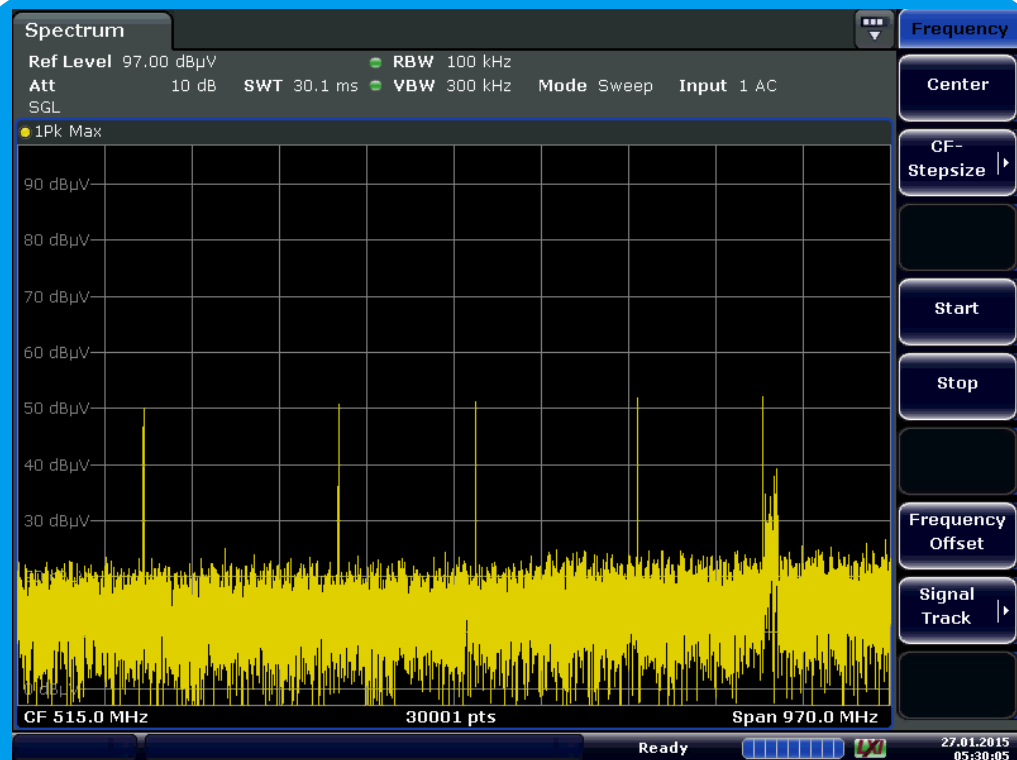


パルス性広帯域ノイズ測定のために

「**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。

パルス性広帯域ノイズ測定のために

「**低速**スイープ」スペクトラムアナライザでのパルス測定

■ 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

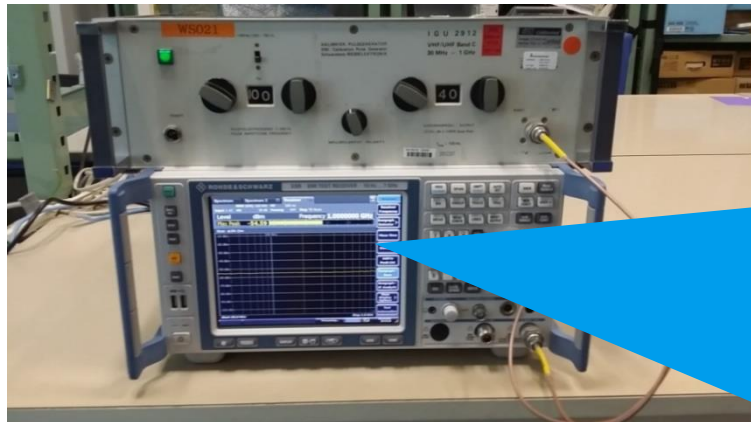
スイープポイント: 30,001ポイント

ノイズの発生タイミング: 10m秒おきに発生

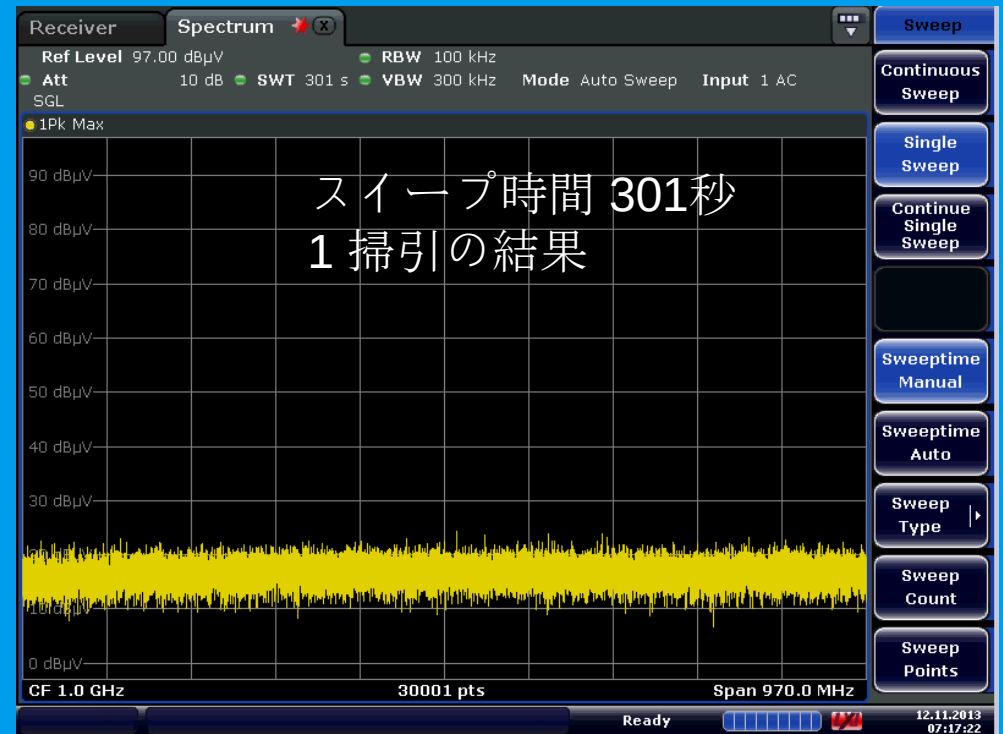
スイープ時間 = $30,001 \times 10\text{m秒} = 300.01\text{秒}$

パルス性広帯域ノイズ測定のために

「**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



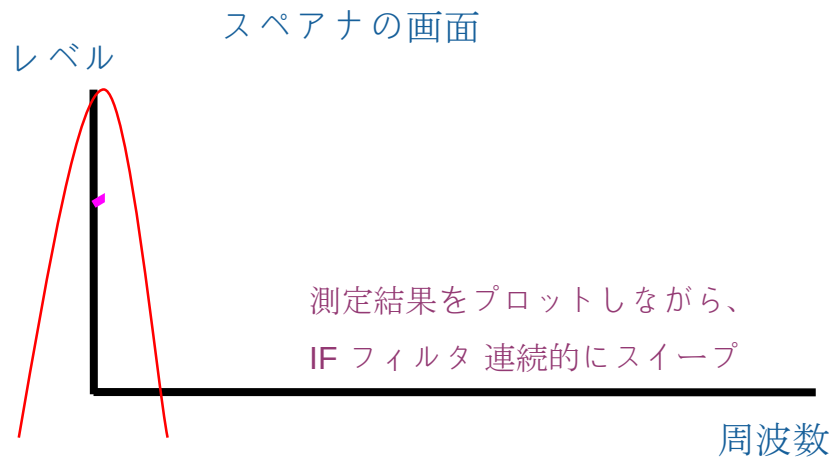
一つのスイープポイント毎に
パルスの発生間隔以上「滞留」する事で
時間をかけてパルススペクトラム形状を把握

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？

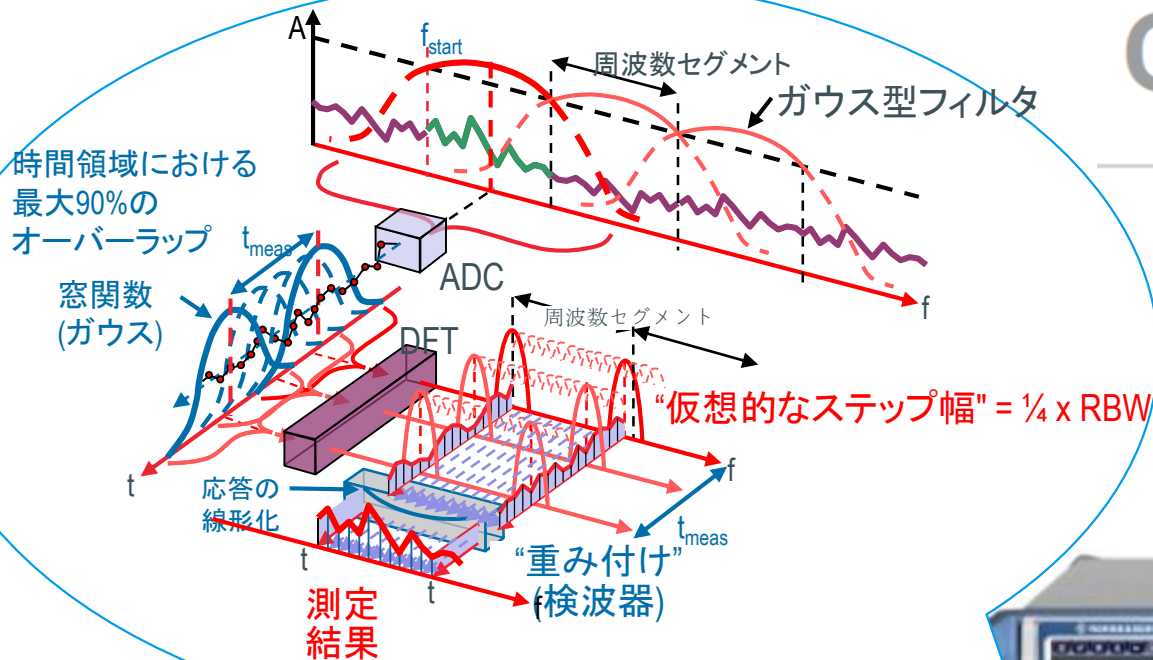
同時に測定できる幅が広ければ、
広い幅で滞留測定が可能 → 全体の測定時間の短縮



その後、従来のスペアナ・レシーバの**RBW**への分割を行なう。（要関連）

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

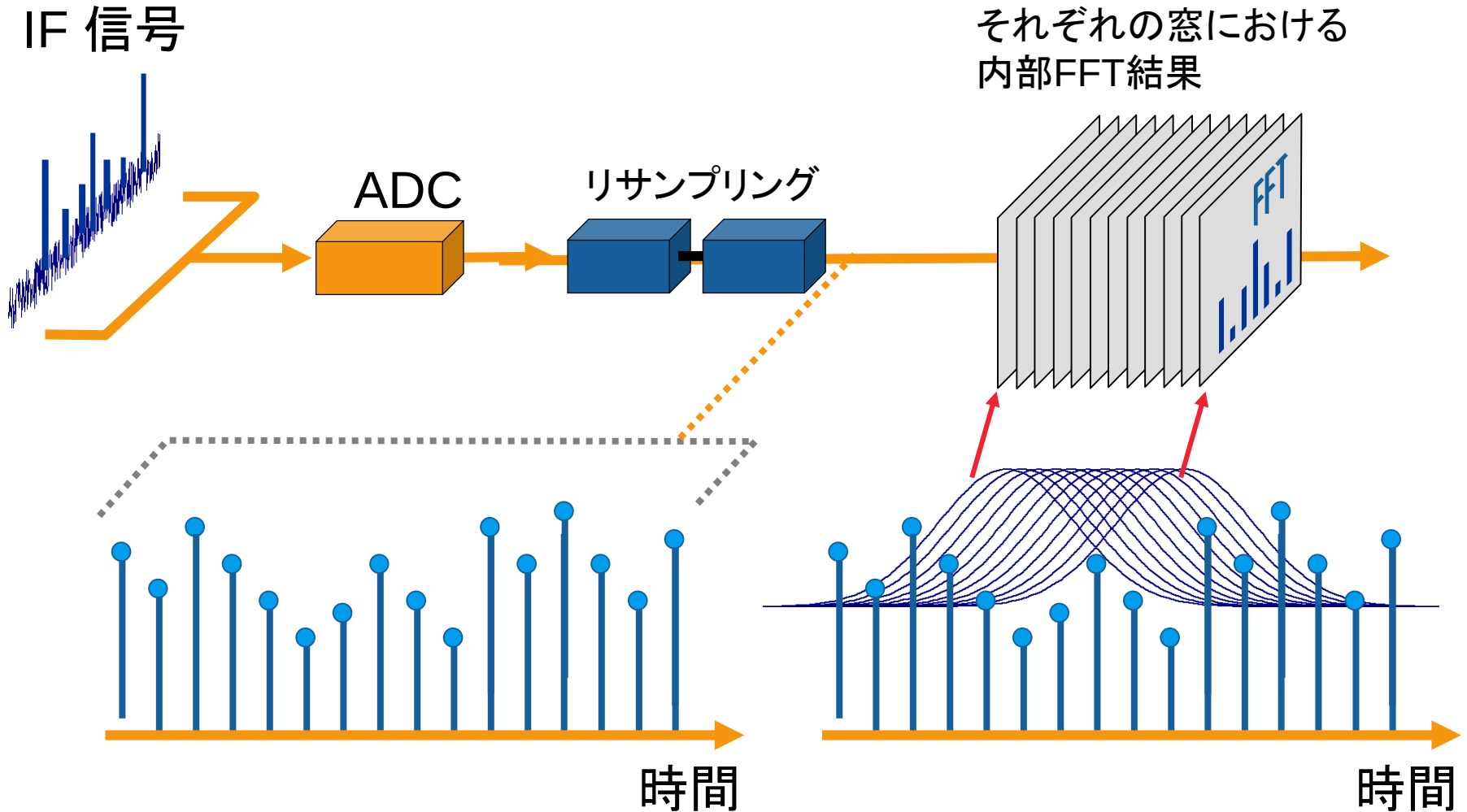


パルス性広帯域ノイズ測定のために

FFTを活用した「タイムドメインスキャン」- 信号処理概要

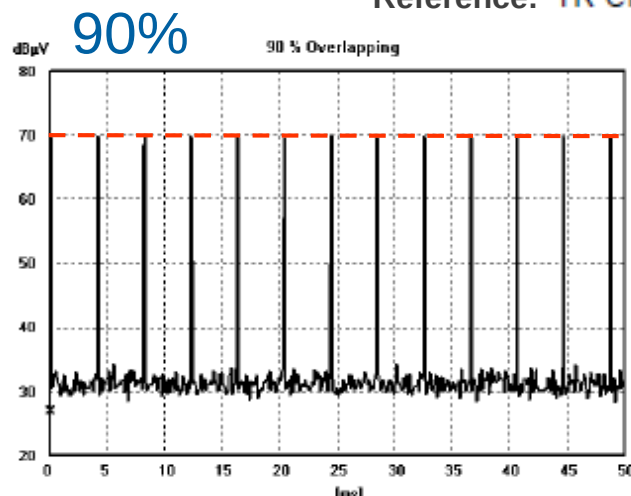
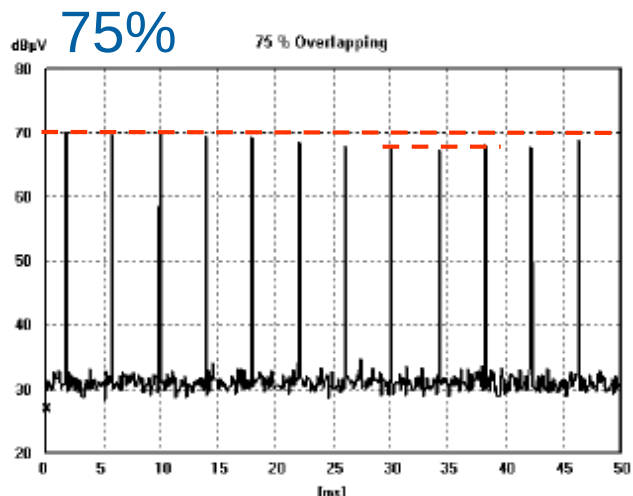
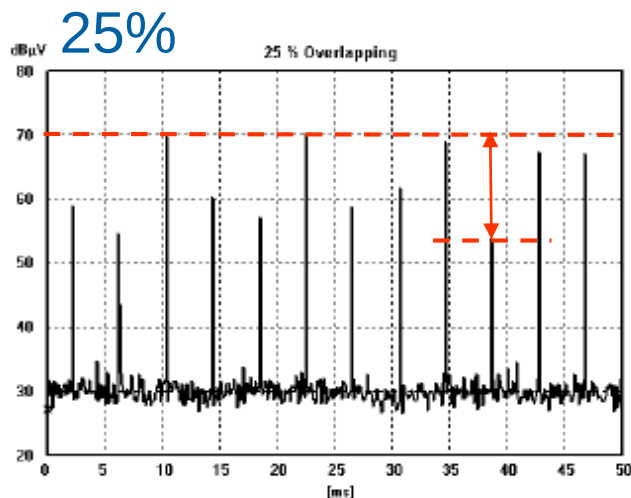
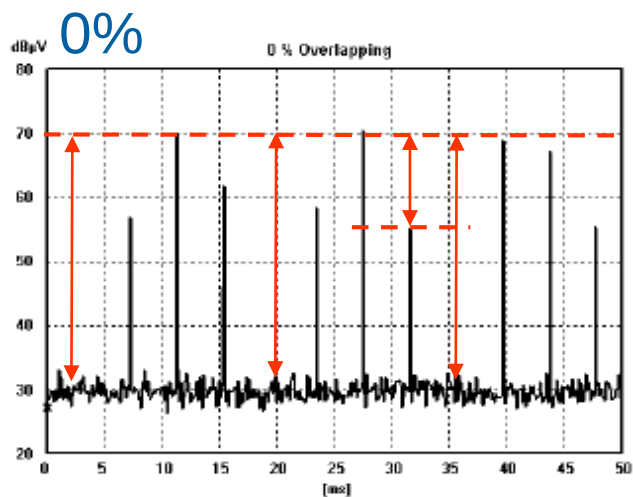
窓関数の90%以上のオーバーラップ

それぞれの窓における
内部FFT結果



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

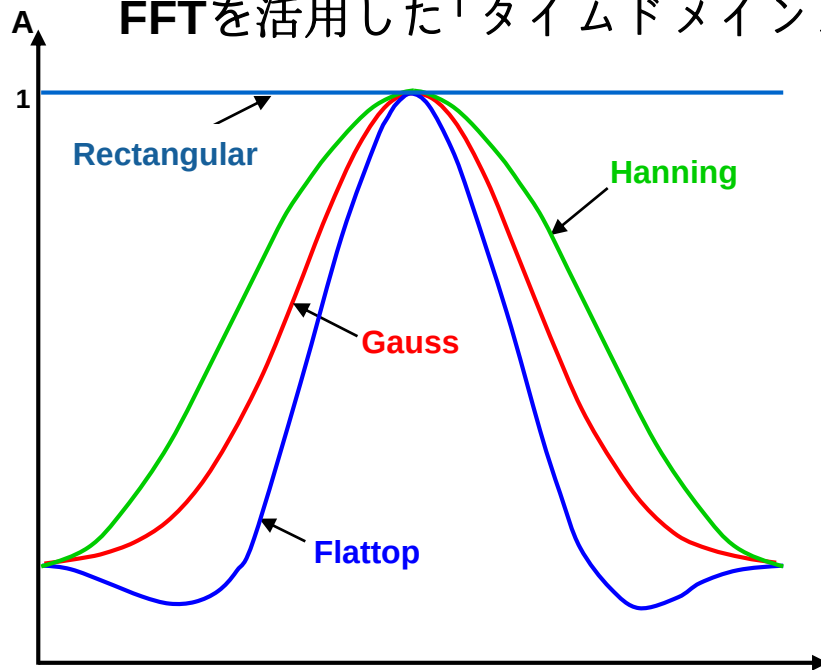


Reference: TR CISPR 16-3 © IEC:2010(E)

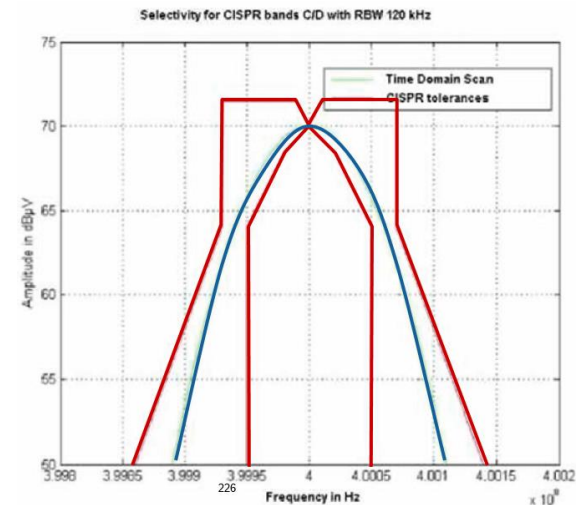
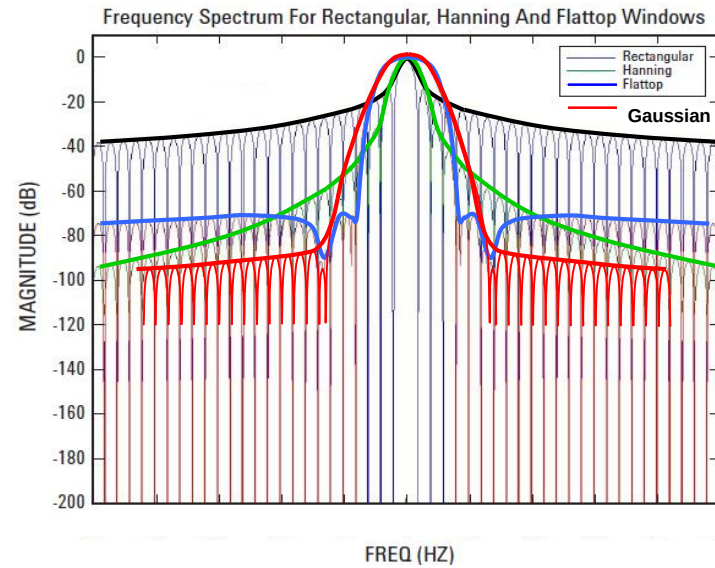
異なるオーバーラップ係数にてガウス窓の窓掛けを行なった際の短時間FFT (STFFT)におけるパルススペクトラム

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

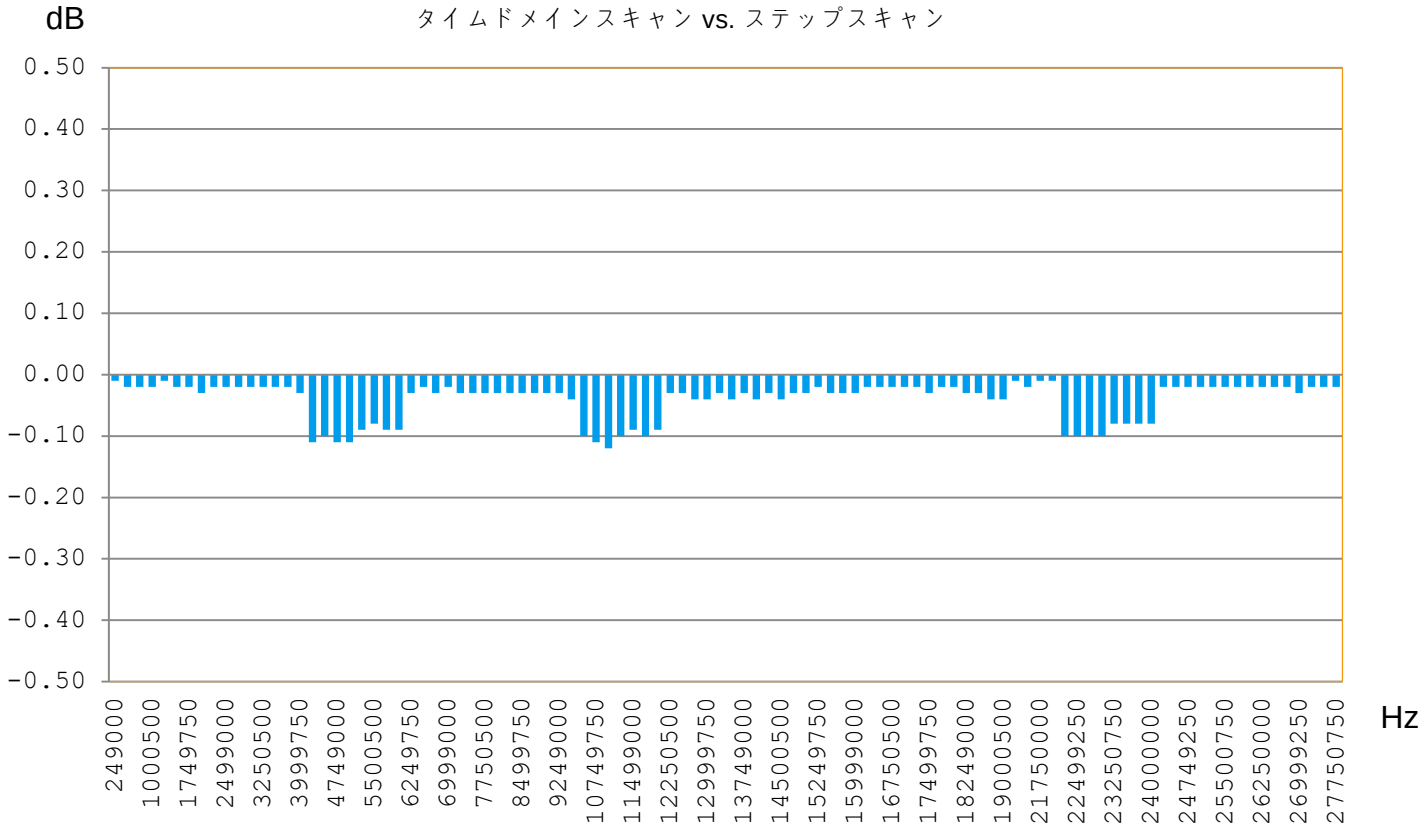


さまざまな時間軸の窓関数の例



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



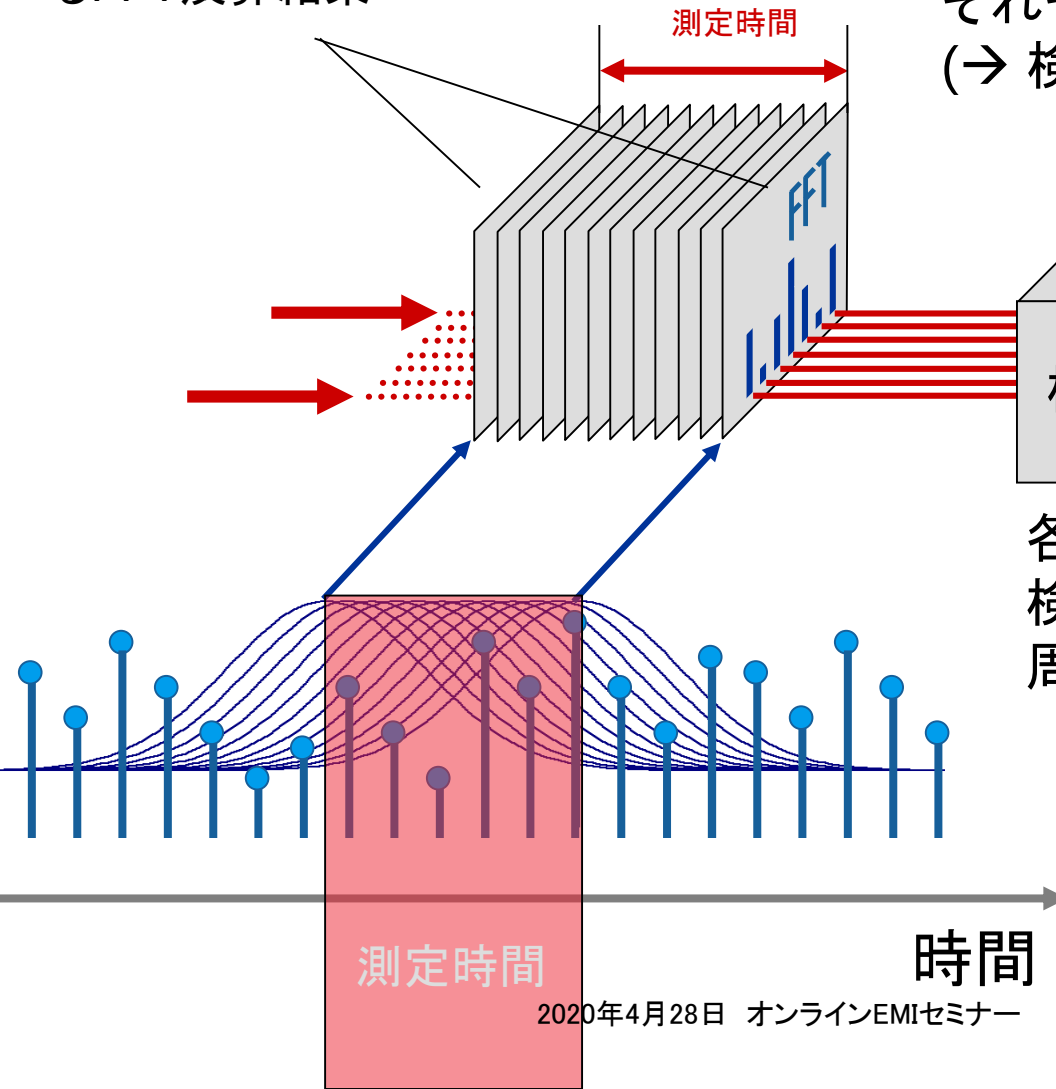
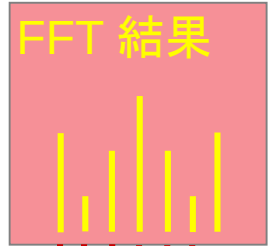
y-軸: レベル差, x-軸: 周波数

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

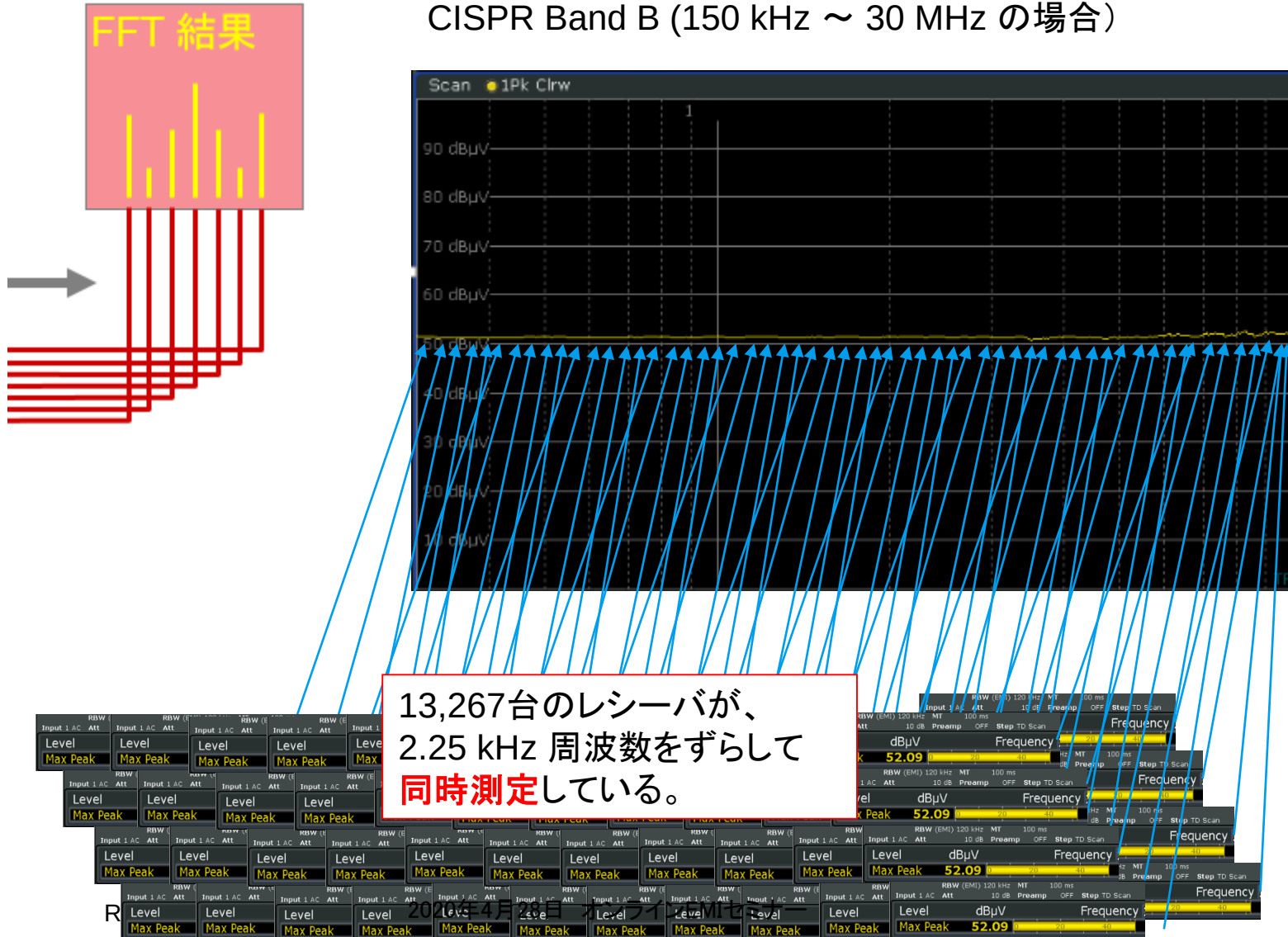
各周波数ポイントを
それぞれ測定時間評価
(→ 検波関数)



パルス性広帯域ノイズ測定のために

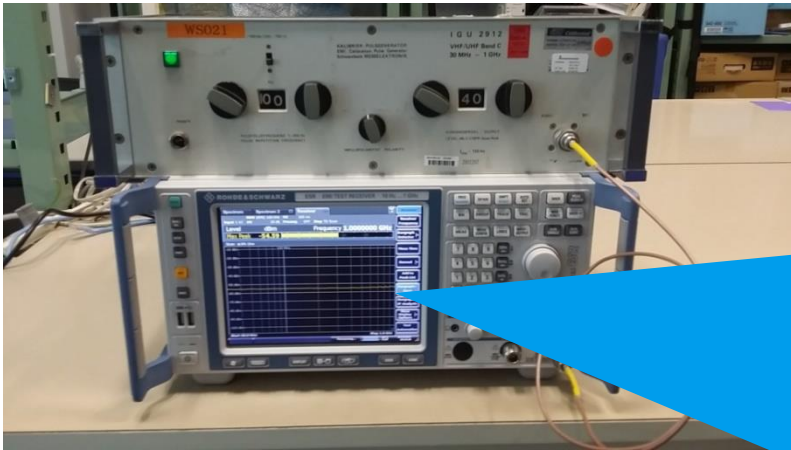
FFTを活用した「タイムドメインスキャン」- 従来レシーバに置き換えてみる
と。。

CISPR Band B (150 kHz ~ 30 MHz の場合)

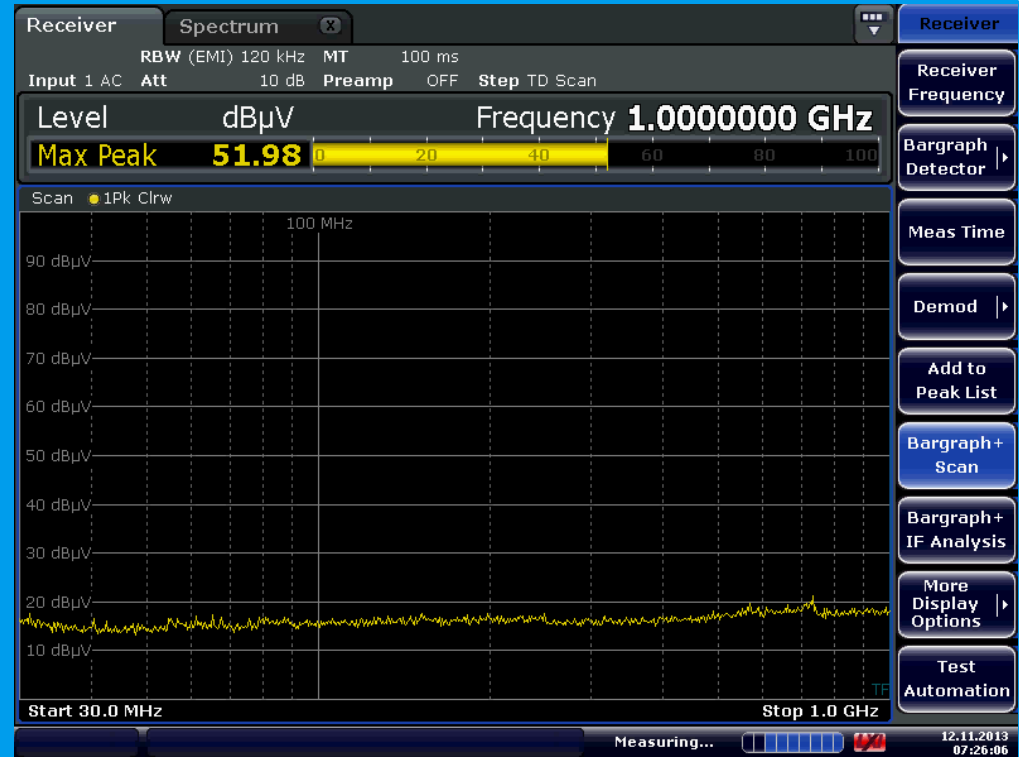


パルス性広帯域ノイズ測定のために

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

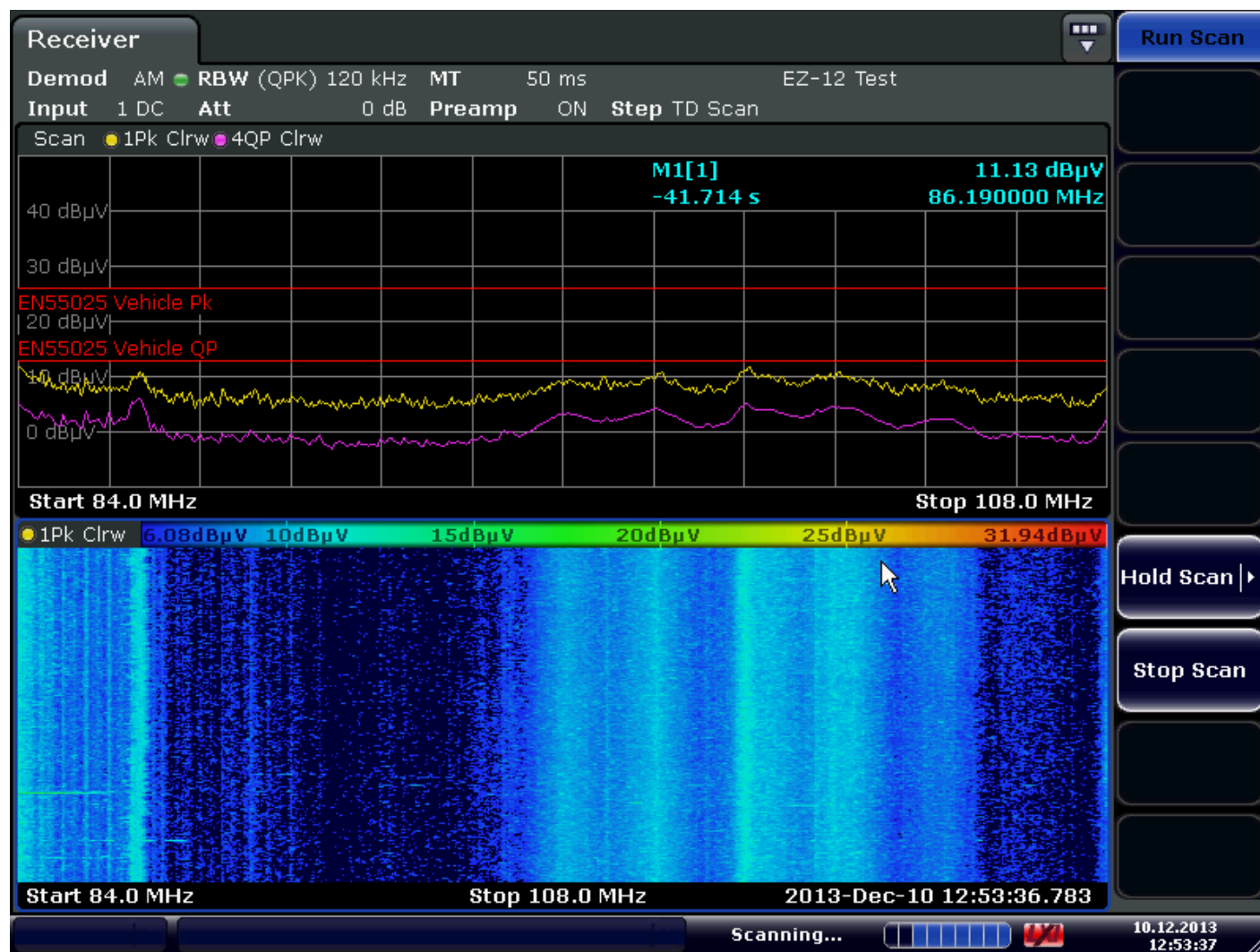
FFTを活用した「タイムドメインスキャン」- **TDS**で再測定



- 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

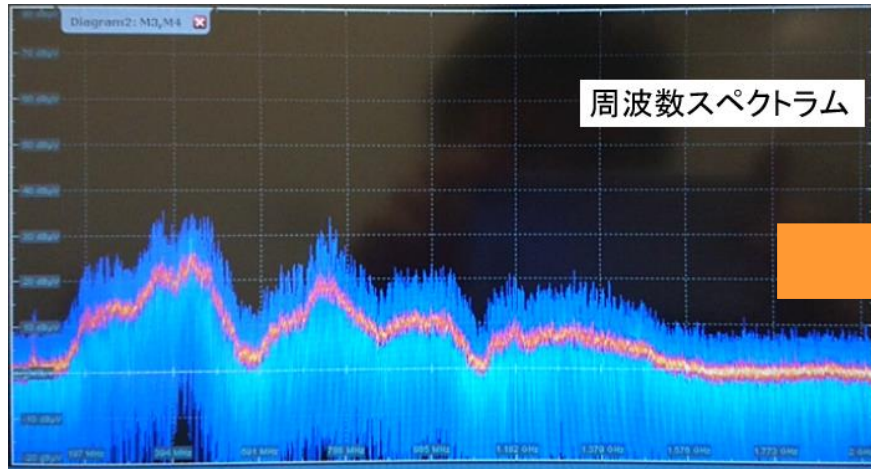
パルス性広帯域ノイズ測定のために

FFTを活用した「タイムドメインスキャン」- TDSで再測定



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 off³,
preamplifier off, LNA off⁴

R&S®ESW8, R&S®ESW26, R&S®ESW44

$f_{in} < 10$ MHz	28 dBm (nom.)
$10 \text{ MHz} \leq f_{in} < 1$ GHz	> 20 dBm, typ. 25 dBm
$1 \text{ GHz} \leq f_{in} < 3$ GHz	> 20 dBm, typ. 25 dBm
$3 \text{ GHz} \leq f_{in} < 8$ GHz	> 17 dBm, typ. 20 dBm

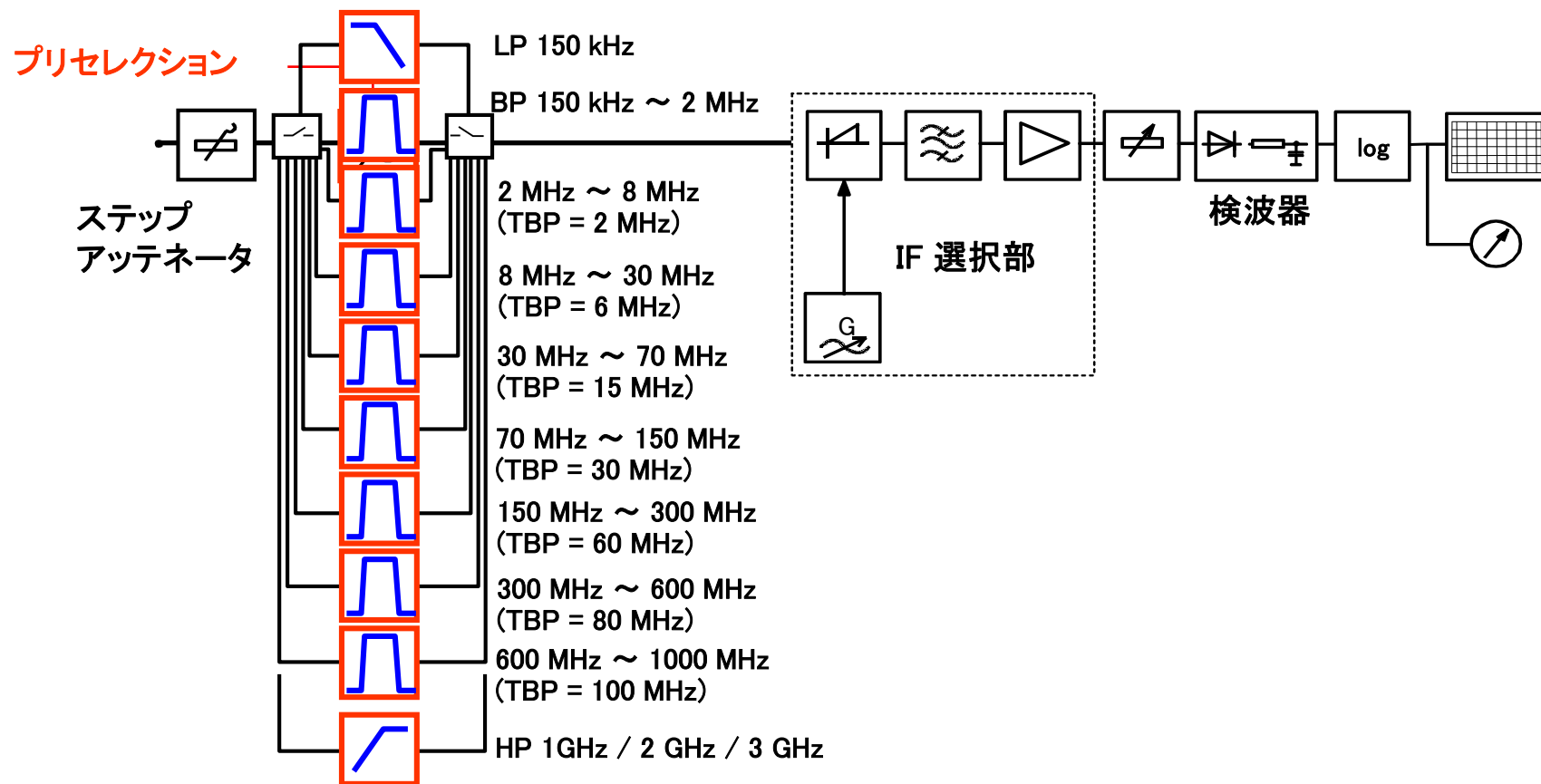


R&S ESW は、10 MHz 未満の歪特性を明記

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 -

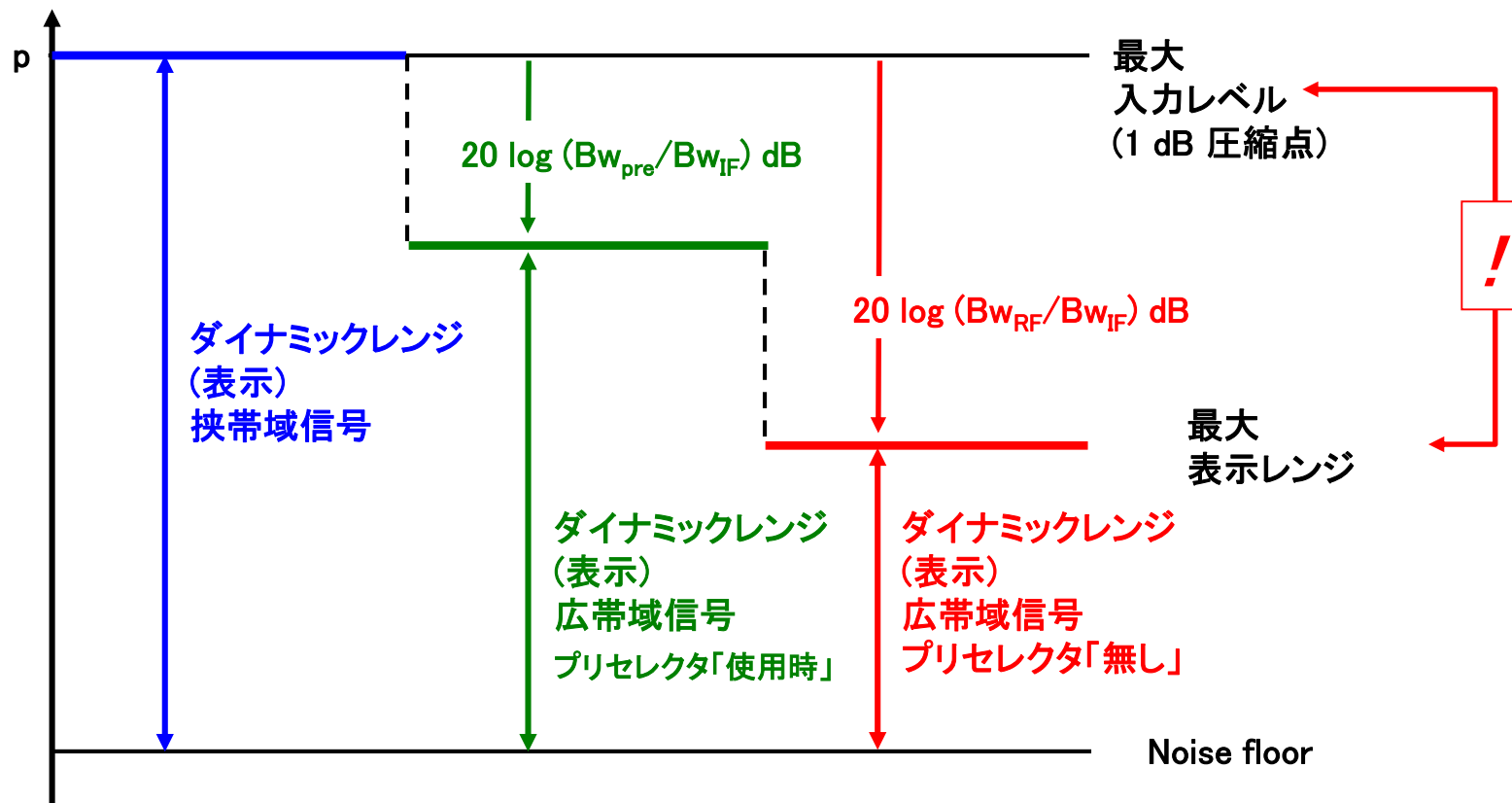
プリセクタによるダイナミックレンジ改善



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

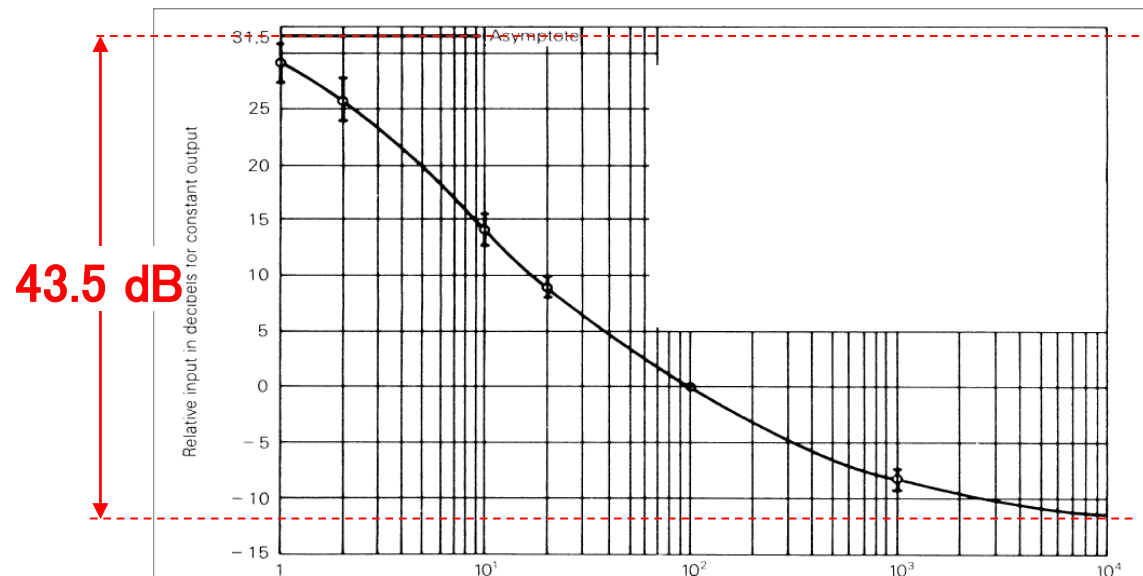
レシーバのダイナミックレンジ性能の重要性 -

プリセ렉タ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

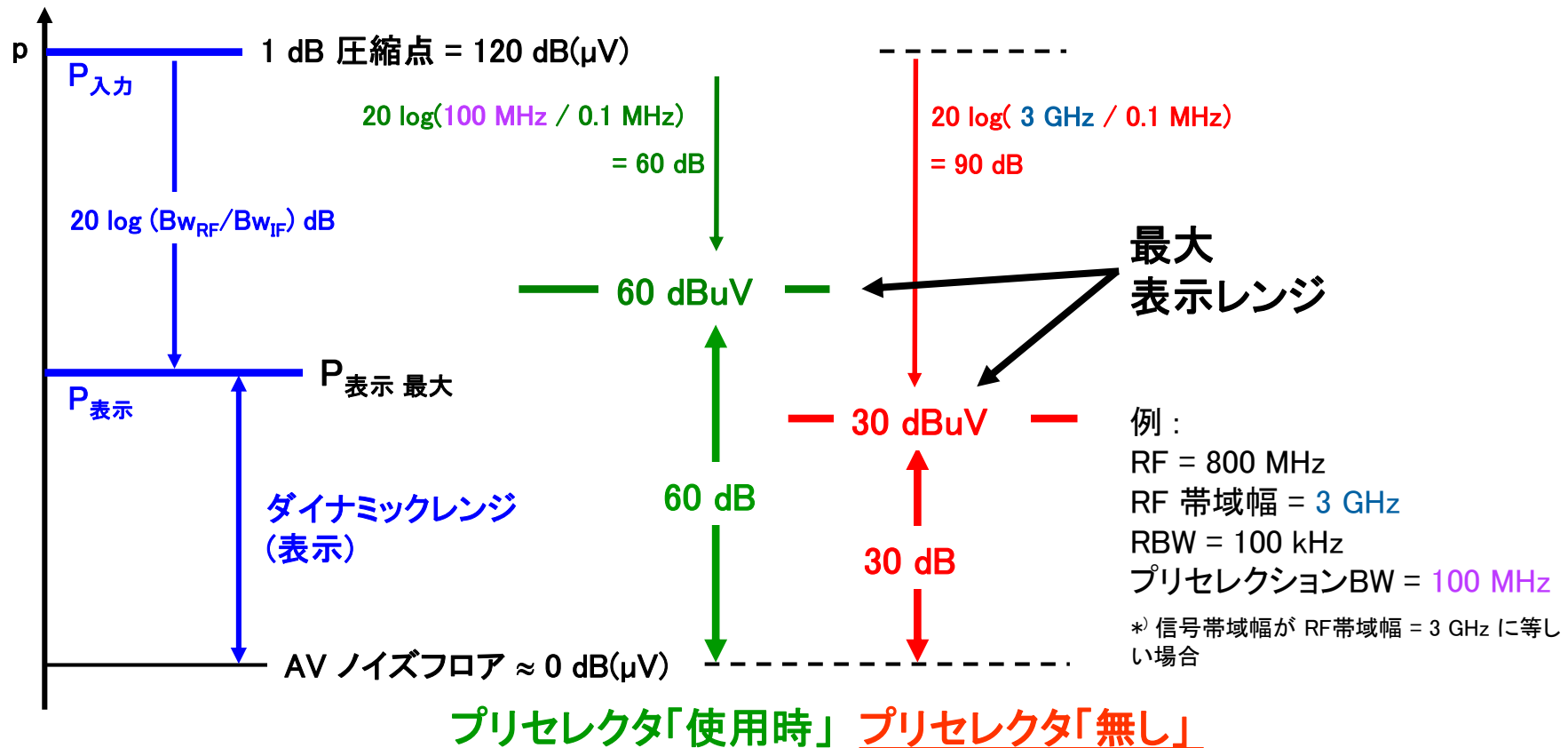
Band C/D の例



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 -

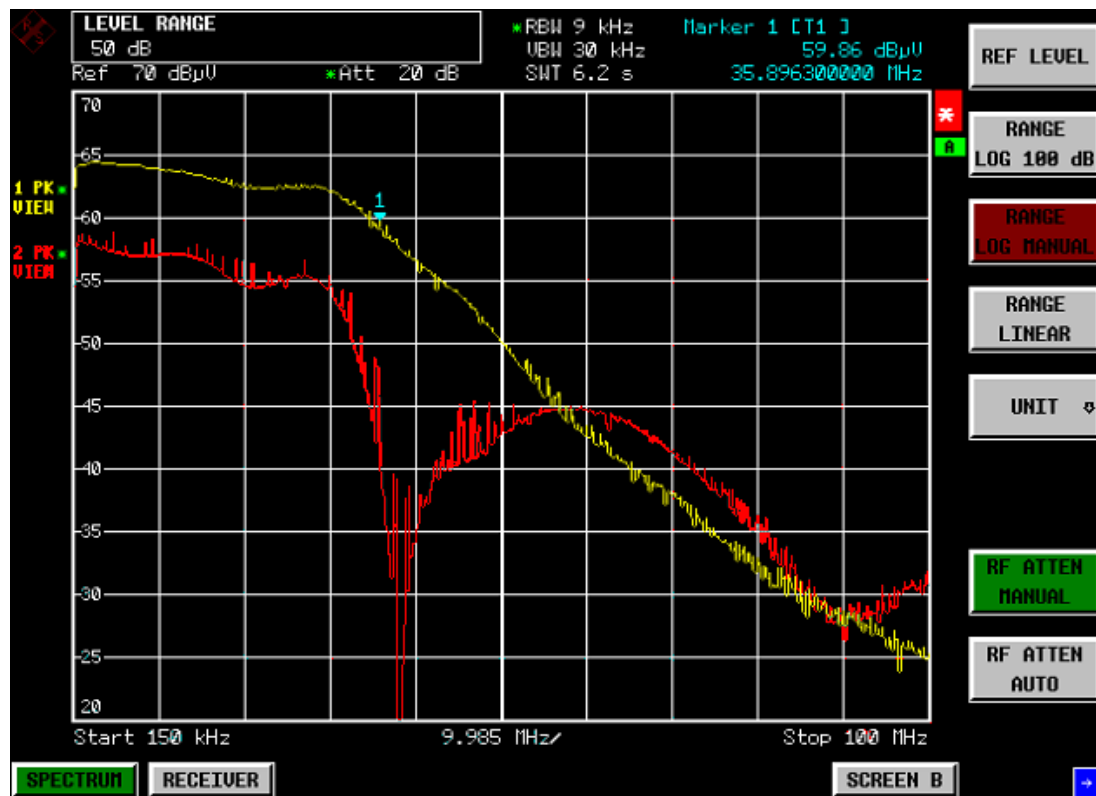
プリセレクトタによるダイナミックレンジ改善



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

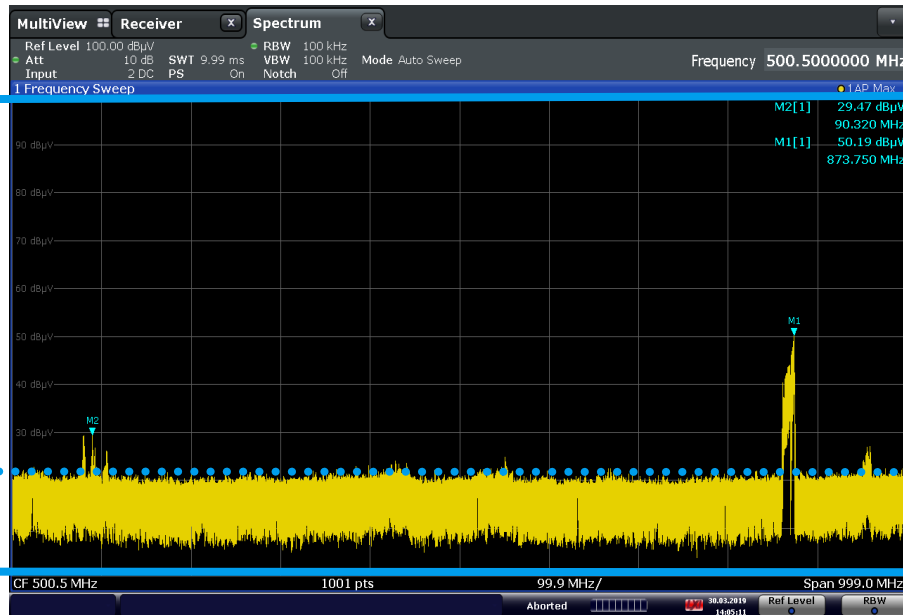
パルス性広帯域ノイズ測定のために

EMI試験事前のノイズ対策のために -

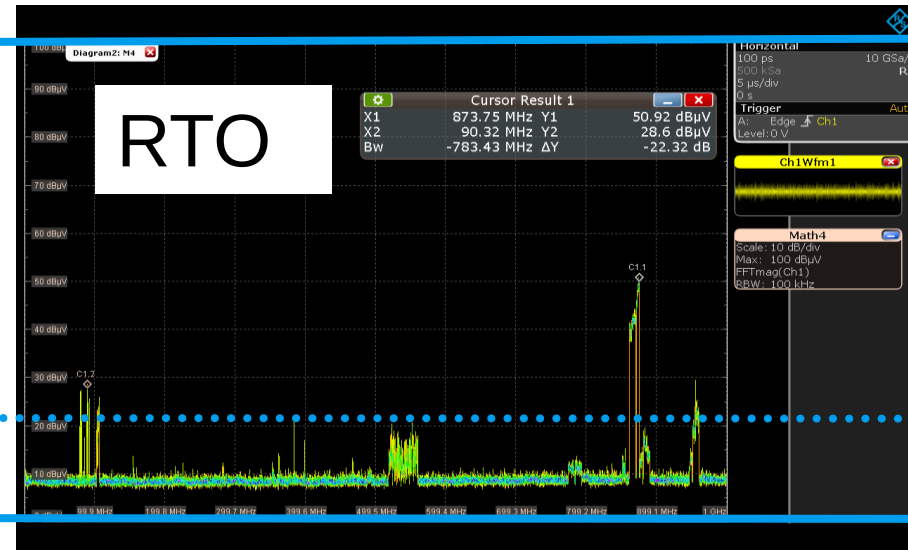
超低ノイズFFT(R&S RTO)によるパルスノイズ予備測定



周波数	ESW	RTO2000	差分
90.32 MHz	29.47 dBuV	28.6 dBuV	-0.87
873.75 MHz	50.19 dBuV	50.92 dBuV	0.73



14:05:12 30.03.2019



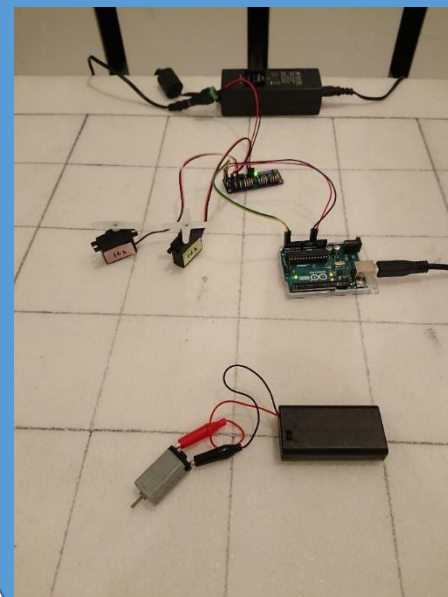
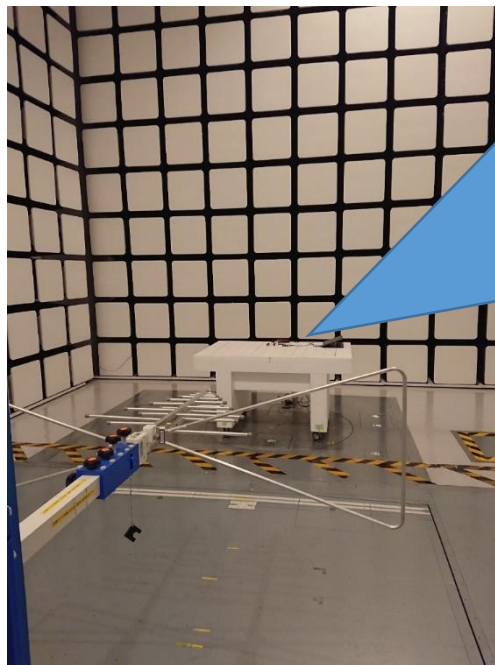
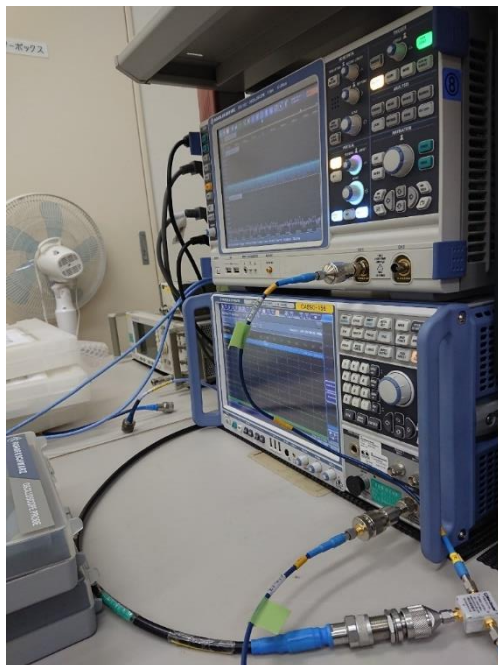
パルス性広帯域ノイズ測定のために

EMI試験事前のノイズ対策のために -

超低ノイズFFT(R&S RTO)によるパルスノイズ予備測定



Measuring EMI at anechoic chamber (3m)



パルス性広帯域ノイズ測定のために

まとめ

■ パルス性ノイズの特徴

- 広帯域の周波数にわたり分布
- 様々な周波数を利用している放送・通信サービス、V2xへの影響の可能性

■ パルス性ノイズを測定する際の特徴と注意点

- FFT(タイムドメインスキャン)の活用
- ダイナミックレンジの重要性

■ ノイズ対策のための簡易な、パルス性ノイズ測定の事例

- EMI試験事前のノイズ対策におけるパルスノイズ測定
- 超ローノイズFFT(R&S RTO)の活用

ESWアップデート

2020/04/28

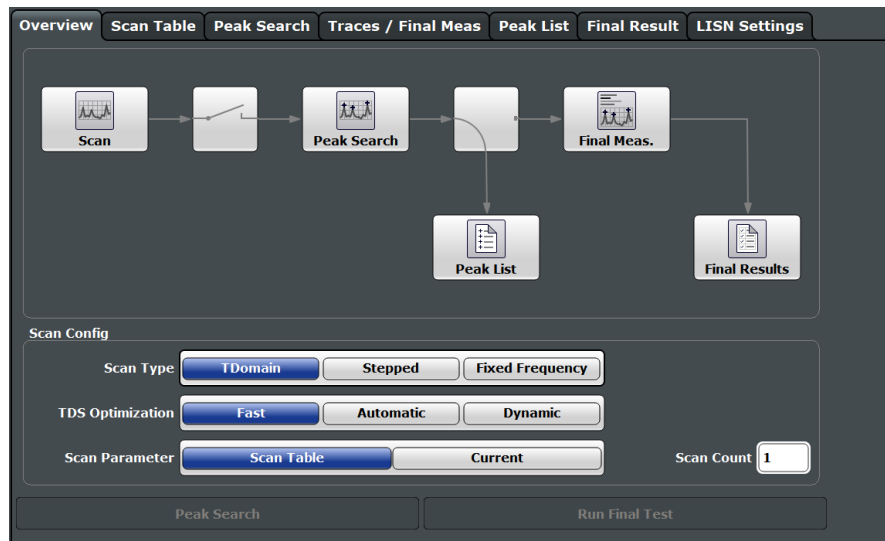
ローデシュワルツジャパン株式会社

ROHDE & SCHWARZ

Make ideas real



ESWアップデート TDスキャン高速化



► Time domain scan with 3 optimization modes

– Automatic

full compliant to CISPR 16-1-1

– Fast

Compliant to CISPR 16-1-1 for pulses with a repetition frequency ≥ 10 Hz

– Dynamic

Enhanced dynamic in CISPR band D for applications with requirements beyond CISPR 16-1-1

CISPR 25
Automotive

CISPR 11
Microwave oven

FCC

MIL

Measurement times	R&S ESW	
	Automatic TDS (full compliant)	Fast TDS
150 kHz – 30 MHz 9 kHz, QP + CAV, 1 s	2 s	2 s
150 kHz – 30 MHz 9 kHz, Peak, 100 ms	110 ms	110 ms
30 MHz – 1000 MHz 120 kHz, Peak, 10 ms	380 ms	380 ms
30 MHz – 1000 MHz 9 kHz, QP + CAV, 1 s	64 s	40 s
30 MHz – 1000 MHz 120 kHz, QP + CAV, 1 s	50 s	40 s
1 GHz – 6 GHz 1 MHz, Peak + CAV, 100 ms	216 s	111 s
1 GHz – 18 GHz 1 MHz, Peak, 10 ms	8 s	8 s
1 GHz – 26.5 GHz 1 MHz, Peak + AV, 10 ms	13 s	13 s
1 GHz – 40 GHz 1 MHz, Peak, 10 ms	21 s	21 s

- 37 %

- 20 %

- 51 %

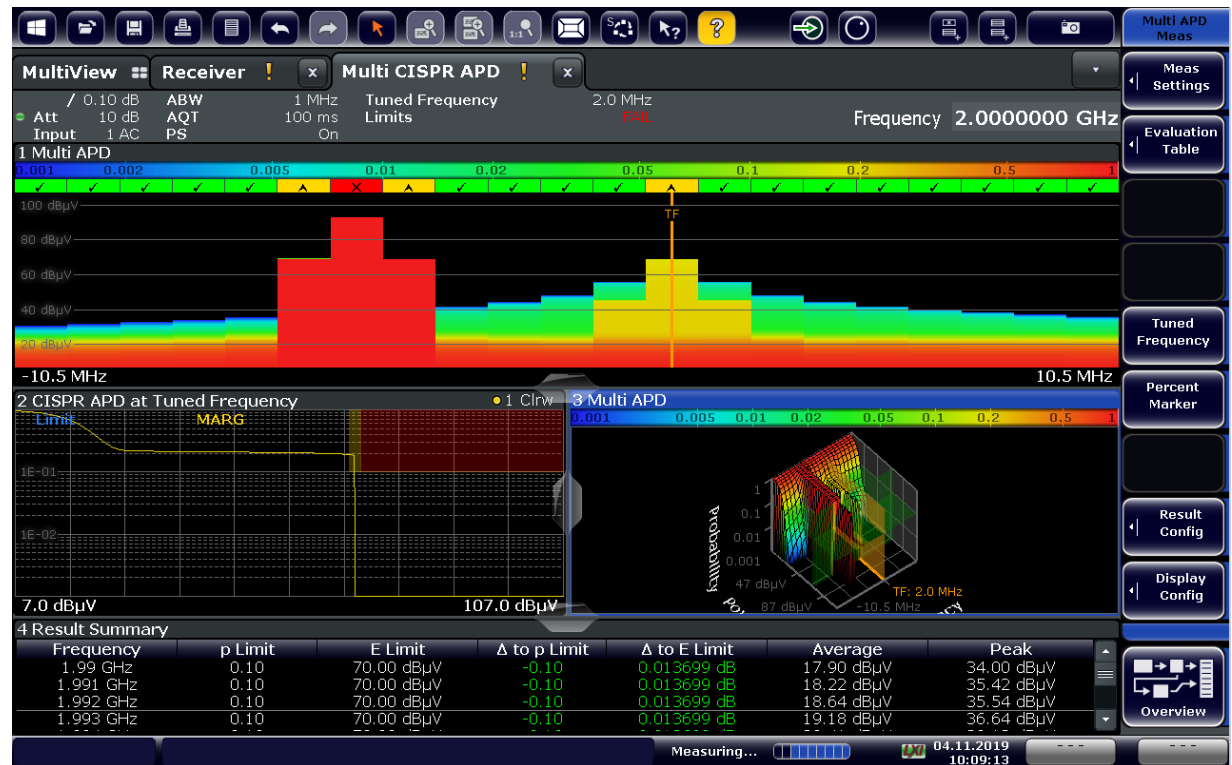
ESWアップデート マルチチャンネルAPD (opt ESW-K58)

Up to **20 MHz span**
(21 channels at 1 MHz ABW)

or **8 MHz span**
(67 channels at 120 kHz ABW)

Cumulative Amplitude
Probability Distribution
@ **Tuned frequency**

Channel list with
limit check



ESWアップデート 1 Hz ~ 測定可能

Frequency

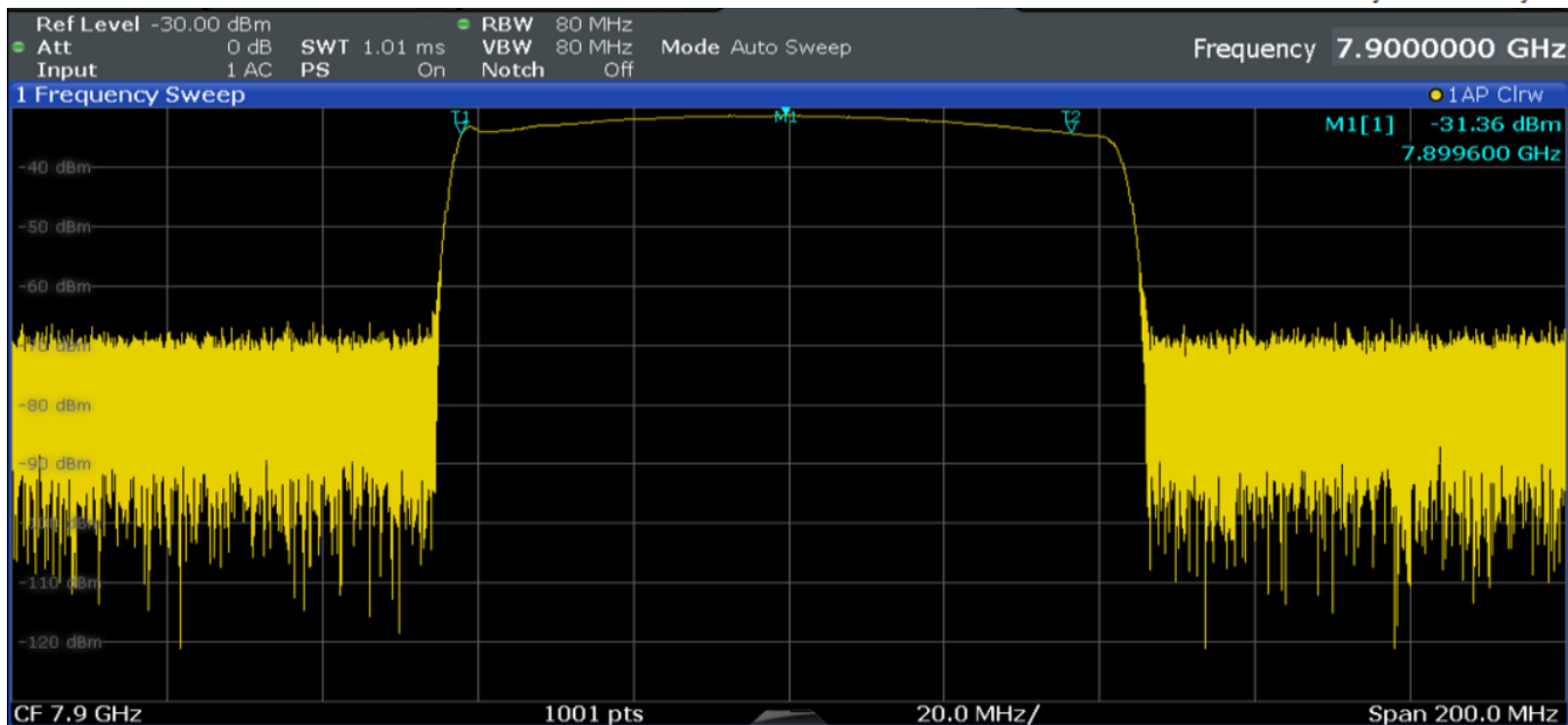
Frequency range	R&S®ESW8	
	input 1, DC coupled	1 Hz to 8 GHz
	input 1, AC coupled	10 MHz to 8 GHz
	R&S®ESW26	
	input 1, DC coupled	1 Hz to 26.5 GHz
	input 1, AC coupled	10 MHz to 26.5 GHz
	R&S®ESW44	
	input 1, DC coupled	1 Hz to 44 GHz
	input 1, AC coupled	10 MHz to 44 GHz
	all models	
	input 2, DC coupled	1 Hz to 1 GHz
	input 2, AC coupled ¹	10 MHz to 1 GHz
Frequency resolution	0.01 Hz	

ESW アップデート RBW max 80 MHz (ESW-B8)

IF and resolution bandwidths

IF filters, sweep filters and FFT filters		
Resolution bandwidths (-3 dB)	standard	1 Hz to 10 MHz in 1/2/3/5 sequence
	with R&S®ESW-B8E option	20 MHz, 30 MHz, 40 MHz additionally ³
	with R&S®ESW-B8 option	20 MHz, 30 MHz, 40 MHz, 50 MHz, 80 MHz additionally ³
EMI filters		
Bandwidths (-6 dB)	standard	1 Hz, 10 Hz, 100 Hz, 200 Hz, 1 kHz, 9 kHz, 10 kHz, 100 kHz, 120 kHz, 1 MHz, 10 MHz
	with R&S®ESW-B8E option	20 MHz, 30 MHz, 40 MHz additionally ³
	with R&S®ESW-B8 option	20 MHz, 30 MHz, 40 MHz, 50 MHz, 80 MHz additionally ³

³ For $f \geq 8$ GHz the bandwidth may be limited by the YIG preselector.



ご清聴ありがとうございました