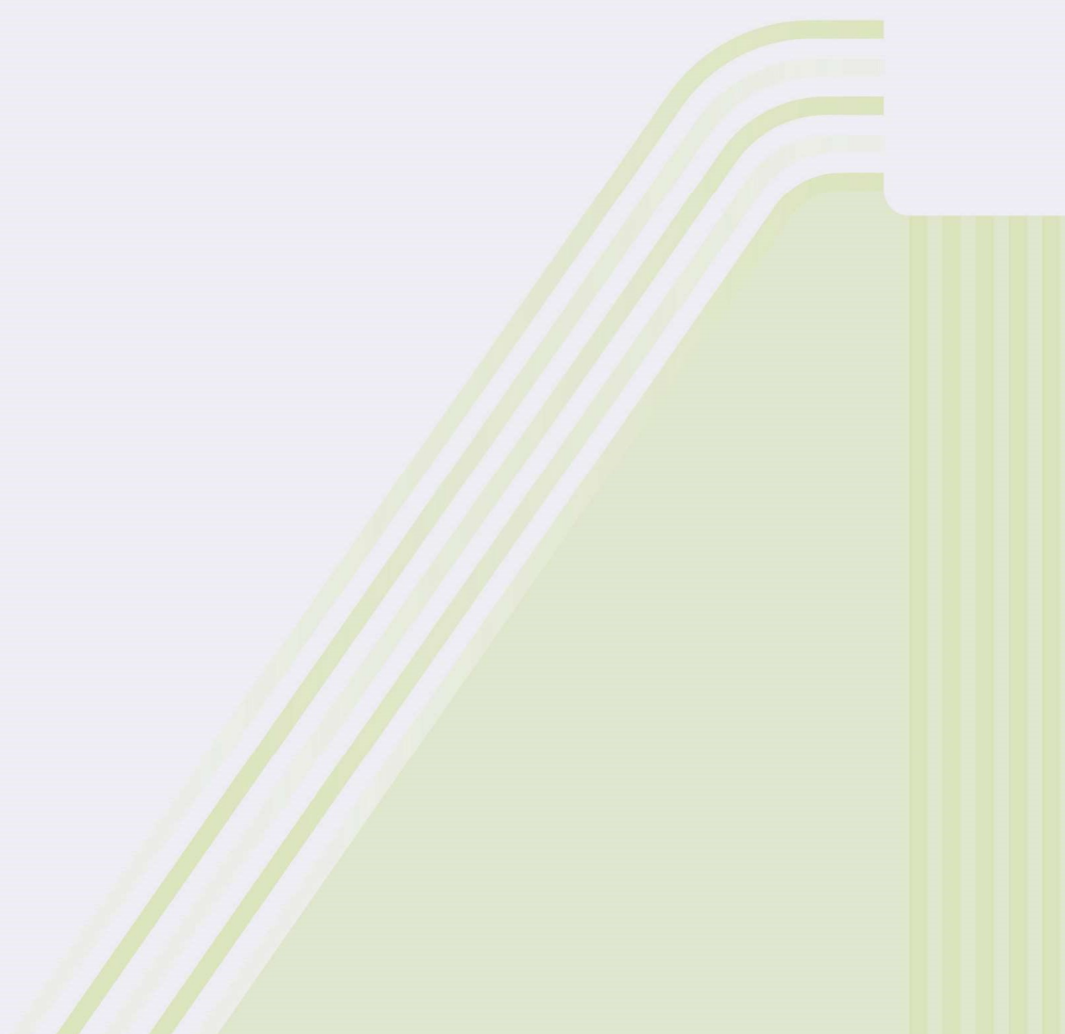


リアルタイム スペクトラムアナライザ (RTSA)の基本構成、特性の理解

—RTSA と各種スペクトラムアナライザとの比較、RTSA の仕様、性能指標を解説—

フィールドマスタ プロ™ MS2090A



目次

1	はじめに	3
2	RTSA と各種スペクトラムアナライザの基本構成と特性	3
2.1.	掃引型 スペクトラムアナライザ	3
2.2.	ベクトル シグナルアナライザ	4
2.3.	リアルタイム スペクトラムアナライザ (RTSA)	6
3	RTSA の基本構成、仕様、性能指標	7
3.1.	窓関数処理	7
3.2.	RBW とスパンの相互依存性	9
3.3.	窓関数のオーバーラップ	10
3.4.	POI (PROBABILITY OF INTERCEPT : 捕捉率)	12
4	RTSA の密度表示	17
4.1.	密度表示の分解能	17
4.2.	密度表示	17
4.3.	密度表示の持続時間	19
5	RTSA のスペクトログラム	20
6	MS2090A 主要パラメータの概要	21
7	まとめ	21

1 はじめに

スペクトラムアナライザは、ユーザが選択した周波数帯域の信号を測定する基本的な測定器です。対象信号とそれ以外の信号を含む RF 信号をキャプチャして表示し、パワー、周波数、変調、歪みなどの信号諸特性を測定します。スペクトラムアナライザには、幾つかの種類があります。

リアルタイム スペクトラムアナライザは、過渡的/瞬時的な信号を漏らさずキャプチャし、解析することが可能です。掃引型 スペクトラムアナライザや、ベクトル シグナルアナライザではその基本構成上、過渡的/瞬時的な信号を漏らさずキャプチャすることは不可能です。

このホワイトペーパーでは、リアルタイム スペクトラムアナライザ (RTSA) と、掃引型 スペクトラムアナライザ、ベクトル シグナルアナライザの基本構成を比較し、それぞれの特徴を説明します。そして RTSA がなぜ過渡的/瞬時的な信号を漏らさずに測定できるのか解説します。また、RTSA の仕様、性能指標、信号表示方法 (密度表示、スペクトログラム) についても解説します。

2 RTSA と各種スペクトラムアナライザの基本構成と特性

2.1. 掃引型 スペクトラムアナライザ

掃引型 スペクトラムアナライザは、LO (局部発振器) を周波数掃引 (掃引) することにより、入力信号周波数帯域を固定の中間周波数 (IF) にダウンコンバートします。この IF は、RBW (分解能帯域幅) フィルタでフィルタリングされて検出されます。LO が掃引すると、入力信号の周波数帯域は、RBW フィルタを通過します (図 1)。このような基本構成上、掃引型 スペクトラムアナライザは、過渡的/瞬時的な信号を捕捉できません、捕捉できるのは測定帯域 (スパン) のわずか一部だけです。信号は、それが発生する適切な時間と周波数で RBW フィルタを通過したときにのみ検出できます。掃引型 スペクトラムアナライザが目的信号の周波数以外の部分を掃引しているときは、信号の過渡的/瞬時的な現象を検出できません (図 2)。

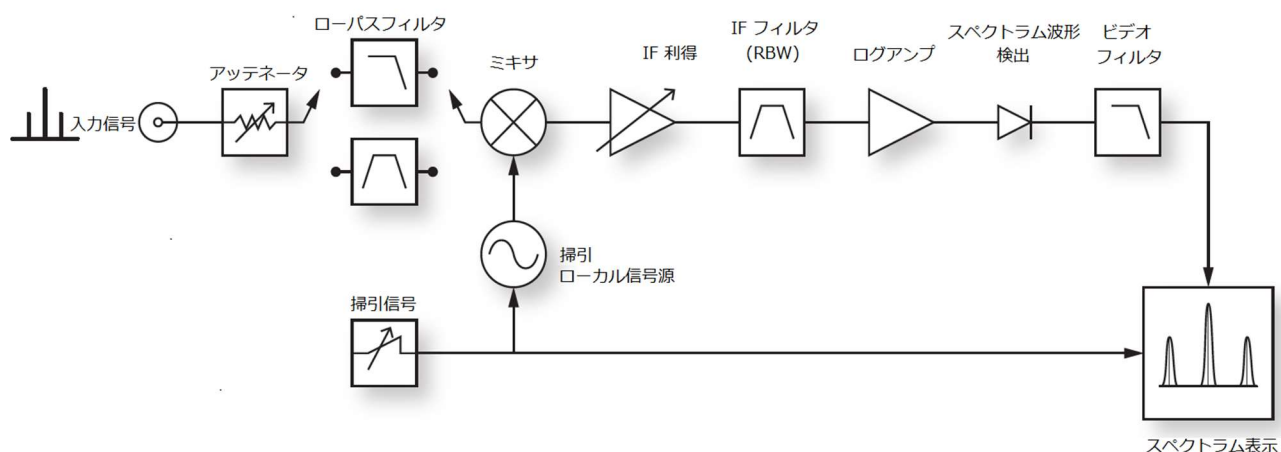


図 1. 掃引型スペクトラムアナライザの構成。最近では、RBW やスペクトラム波形検出などは、デジタル信号処理で実装されています。

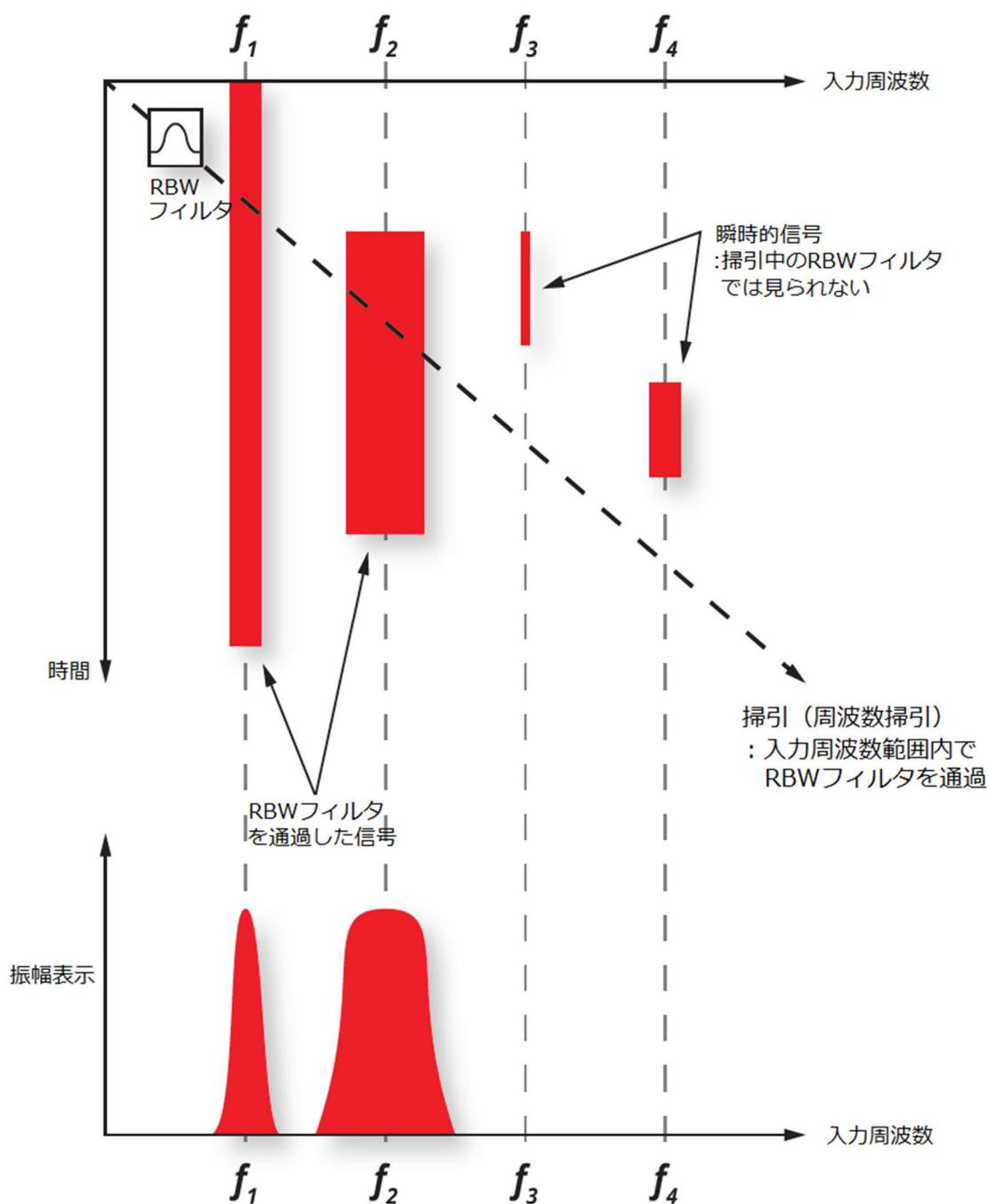


図 2. 瞬時的信号に対する掃引型スペクトラムアナライザの応答

2.2. ベクトル シグナルアナライザ

ベクトル シグナルアナライザは、特定帯域の信号を IF にダウンコンバートします。アナログ IF 信号はアナログ/デジタルコンバータ (ADC) によってサンプリングされ、この時間領域サンプルのデータを変調解析に使用します。周波数領域の場合では、時間領域サンプルに対して高速フーリエ変換 (FFT) を使用してスペクトラムに変換します。FFT は、サンプルフレームと呼ばれるサンプルブロックを演算します。サンプルフレーム内のサンプル数は、サンプルフレームサイズまたは FFT サイズと呼びます。FFT 演算が終了し、結果が測定器画面に表示されると、次のサンプルフレームを FFT 演算します。ベクトル シグナルアナライザはこのような基本構成上、サンプルフレーム間のタイムギャップで発生する信号イベントは認識しません (図 3)。

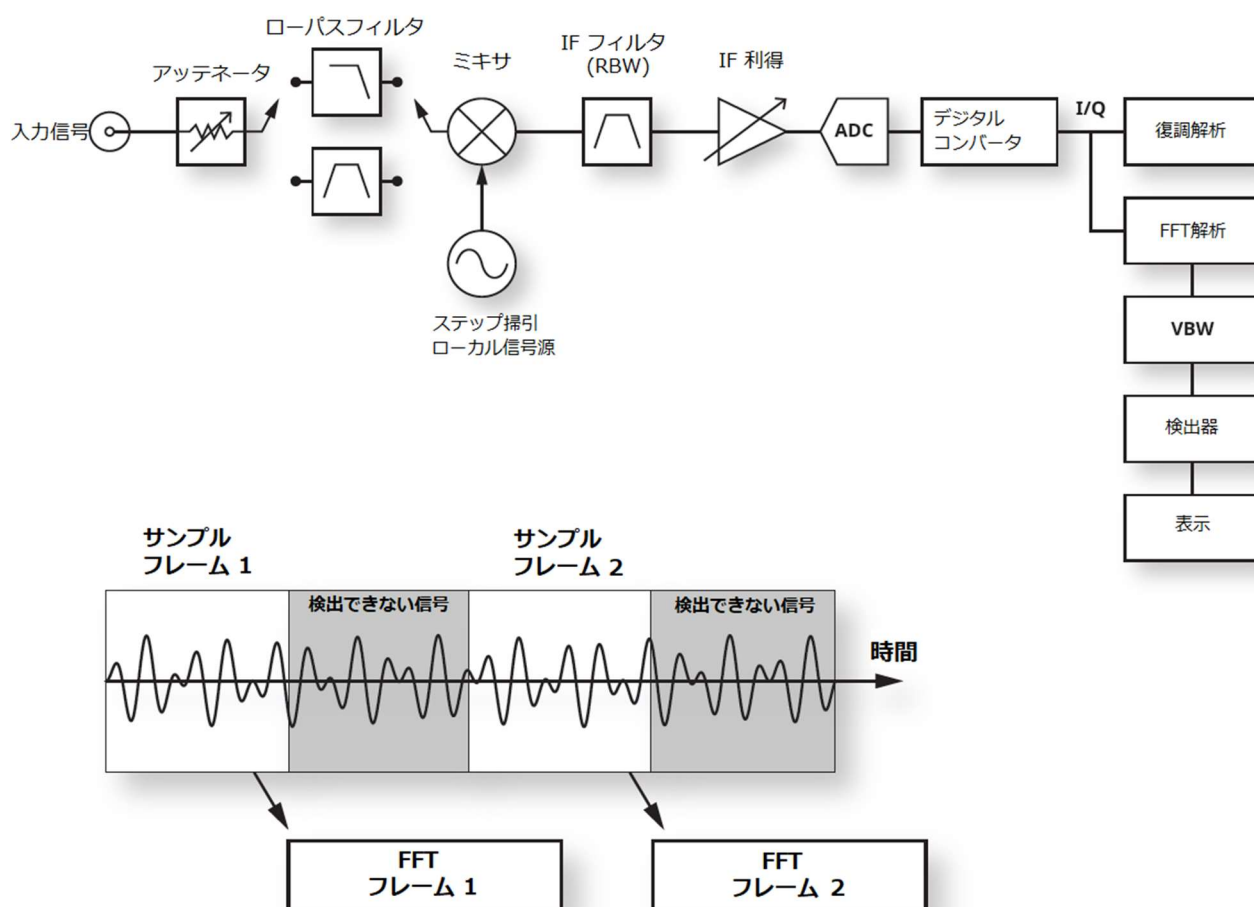


図 3. ベクトルシグナルアナライザのブロック図と信号処理の流れ

最近のスペクトラムアナライザ（シグナルアナライザ）は、掃引型 スペクトラムアナライザとベクトル シグナルアナライザの両方の機能を備えています。スパンが FFT の解析幅よりも広い場合、LO はステップで周波数を変化し、複数の FFT 結果をつなぎ合わせて目的のスパンのスペクトラムを取得して表示します。

RTSA とシグナルアナライザには大きく異なる点があります。それは、RTSA が信号サンプルを連続的に取得して FFT 解析を実行する点にあります。図 3 と図 4 はその違いを示しています。シグナルアナライザは、信号サンプルを取得して FFT 演算を実行するまでの信号処理はシリアルです。

2.3. リアルタイム スペクトラムアナライザ (RTSA)

RTSA の信号処理はパラレルであり (図 4)、前のサンプルフレームで FFT を実行しながら、同時に次の新しいサンプルフレームを取得します。この並列処理には、高速のデジタルハードウェアと大容量のメモリバッファが必要です。先進のハードウェアとソフトウェアを搭載したアンリツのフィールドマスタ プロ MS2090A RTSA は、512 ポイントの FFT で毎秒 527K の FFT を実行します。

FFT のポイント数は、FFT 解析の周波数ポイント数です。また、サンプルフレームの I/Q サンプル数と同じです。ポイントが多いほど周波数分解能は上がりますが、FFT 演算時間は長くなります。

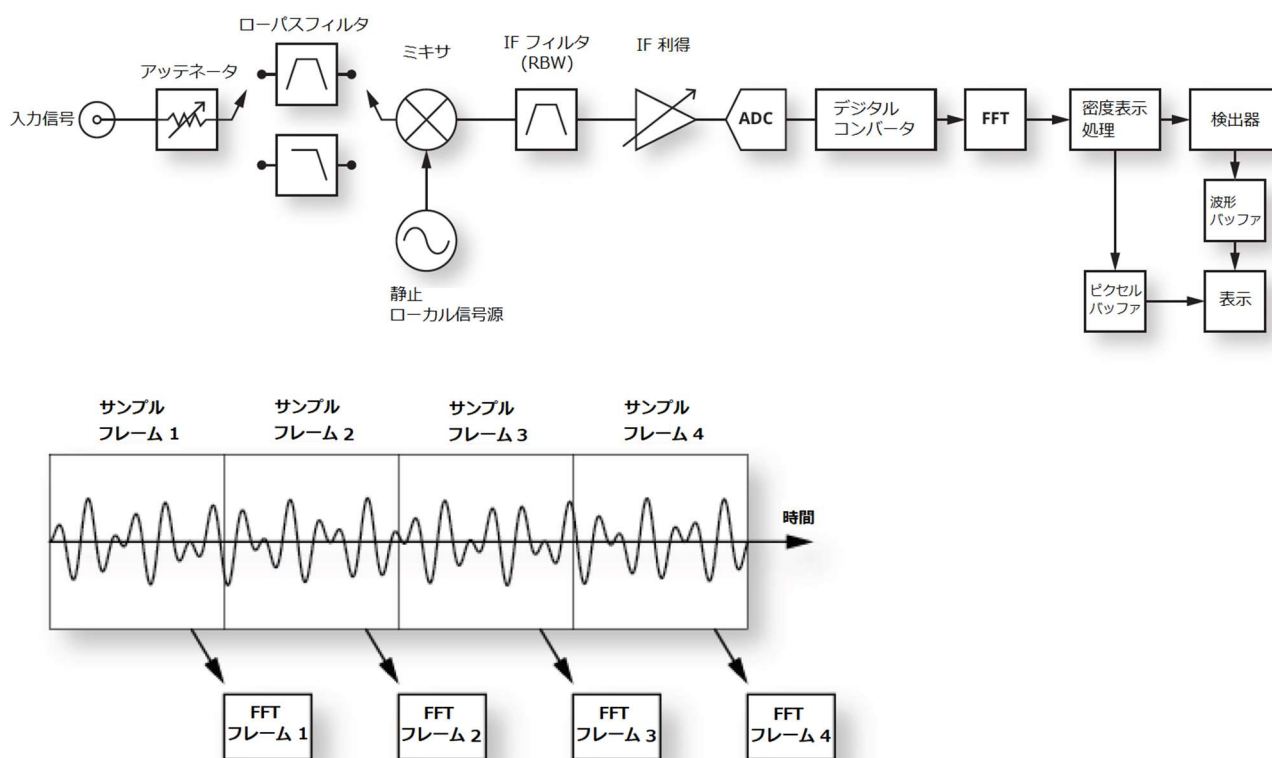


図 4. リアルタイム スペクトラムアナライザのブロック図と信号処理の流れ

3 RTSA の基本構成、仕様、性能指標

RTSA の主要な性能指標は、POI (Probability of Intercept : 捕捉率) です。POI は CW 信号の振幅を正確に測定するために必要な最小持続時間を定義します。POI は、FFT 演算速度、サンプルレート、窓関数のオーバーラップ、RBW、スパンなどのいくつかの要因で決まります。以下の文章で、これらの要因の相互依存性および POI への影響について解説します。

3.1. 窓関数処理

FFT 理論では、時間信号はサンプルフレーム期間に等しい周期信号であると仮定します。

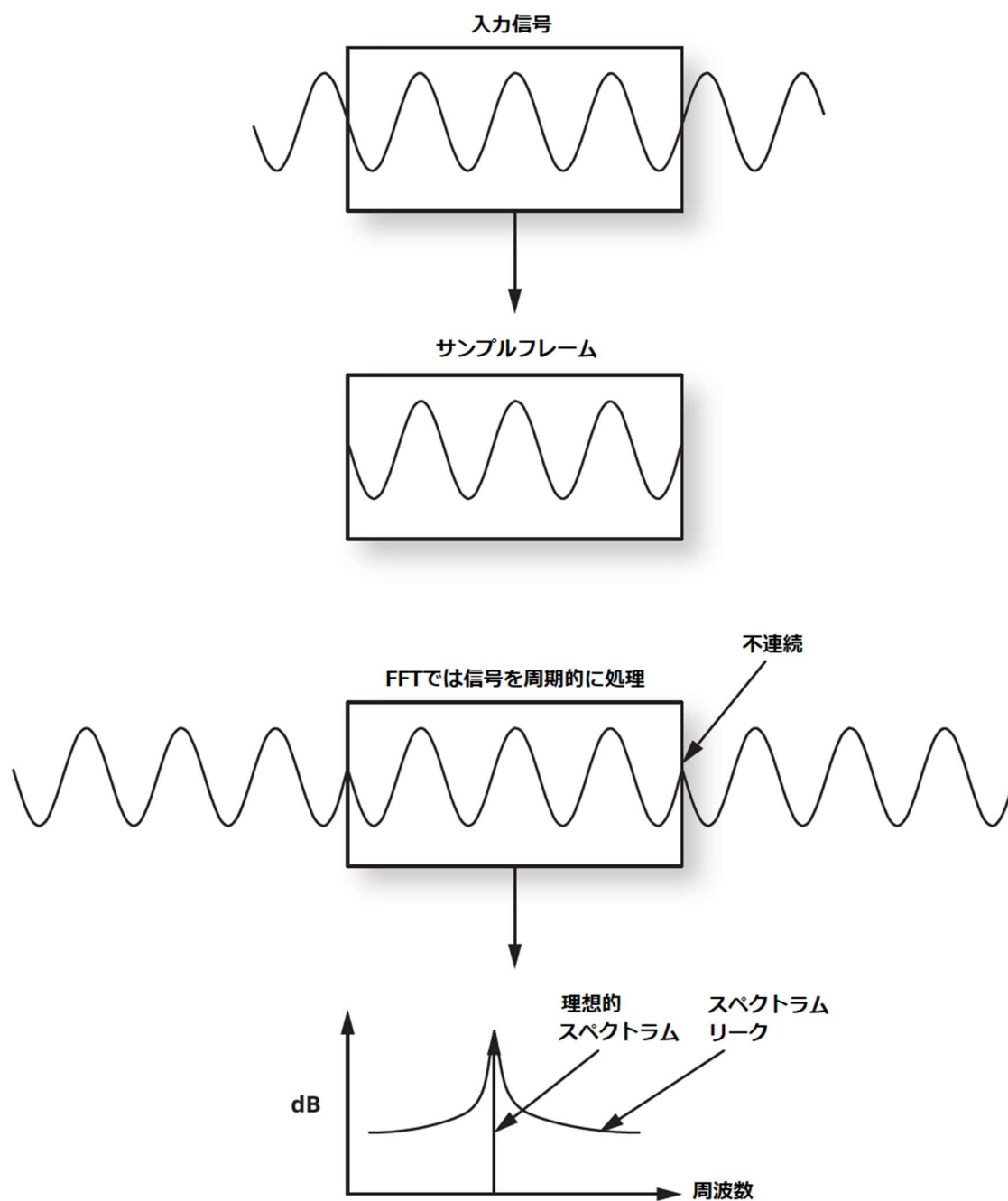


図 5. サンプルフレームを窓関数処理なしで FFT 演算すると、スペクトラムリークが発生します。

図 5 は、ある時間でサンプリングされた単純な正弦波です。 サンプルフレームが FFT 演算される場合、サンプルフレームの開始点と終了点のサンプルは、サンプリングされた信号が周期的な信号として扱われるときに不連続性の原因になります。時間領域での、この不連続性により、周波数領域のエネルギーは、元の正弦波の周波数に集中するのではなく分散（スペクトラムリーク）します。このスペクトラムリークは、異なる振幅レベルを持つ近接した周波数成分を分解検出する能力に影響を及ぼすため、スペクトラム解析では望ましくありません。さらに、スペクトラムエネルギーが分散することにより、信号振幅は、実際の信号レベルを正確に現していません。

これらの影響を排除するために、サンプルフレーム内のサンプルは、窓関数を乗算し、フレームの開始と終了付近のサンプルを滑らかにゼロにします（窓関数処理）。このようにして、窓関数で修正されたサンプルが FFT 演算で用いられる場合、サンプルフレームは急激な不連続性を持たず、スペクトラムリークが低減されます（図 6）。

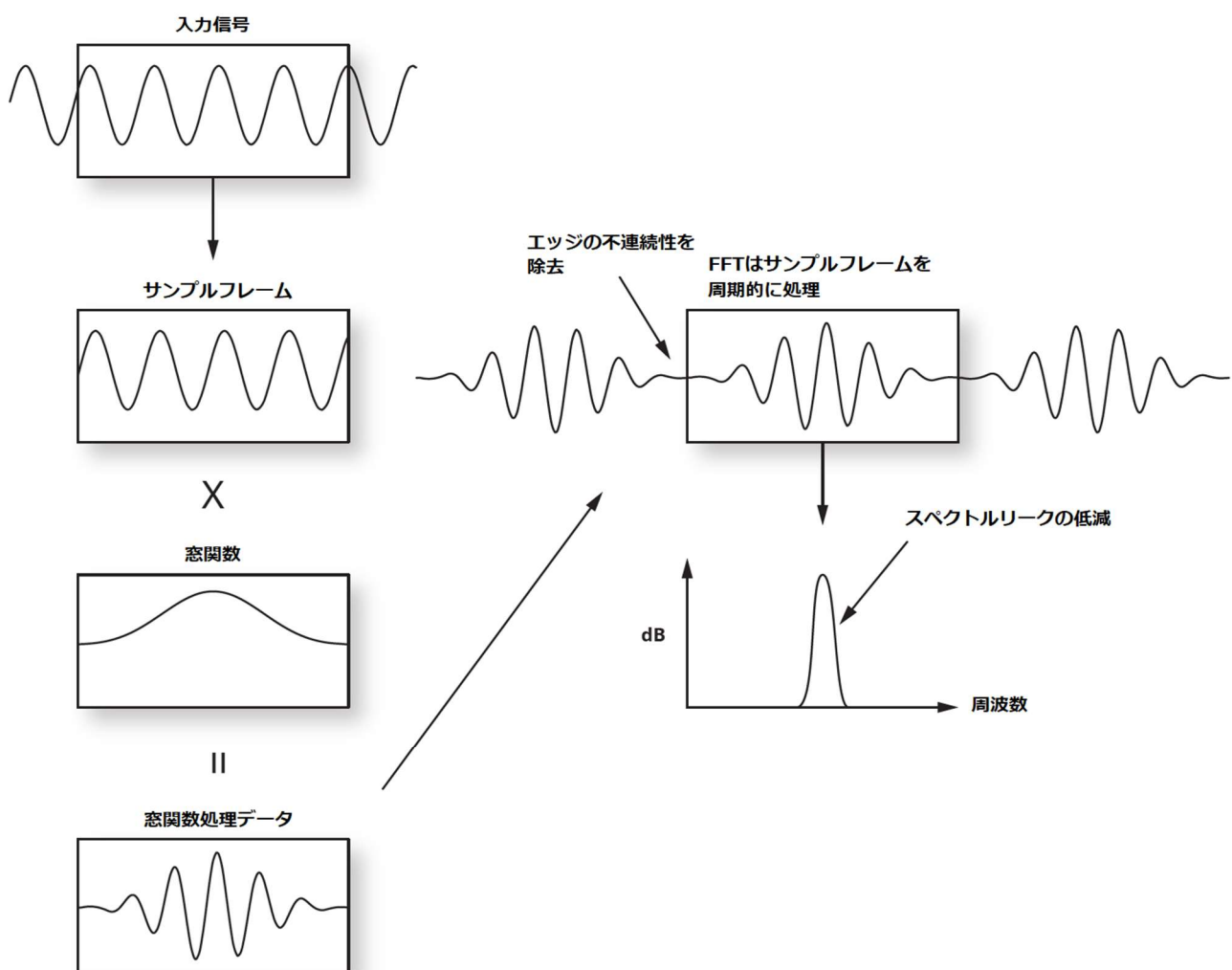


図 6. 入力信号データを窓関数処理することで、FFT のスペクトラムリークを低減

3.2. RBW とスパンの相互依存性

窓関数処理は、FFT 解析と RBW フィルタを関係づけます。

窓関数処理されたサンプルの FFT 解析は、信号周波数成分の近傍でのバンドパスフィルタの応答と等価になります。

図 7 は、複数の CW 信号で構成された入力信号の FFT スペクトラムです。この入力信号は RBW の周波数毎の CW 信号で構成されています。図 7 を見て分かるように、FFT は入力信号に対して RBW の幅を持つフィルタバンク（バンドパスフィルタを並列に並べ、入力信号を複数の周波数に分割する回路）と等価です。RBW フィルタの応答は、FFT 解析幅の両端に近い周波数では不完全です。このため、使用可能な解析幅は、FFT の全解析幅の約 80%で、これは FFT 入力 I/Q サンプルレート(F_s)に相当します。

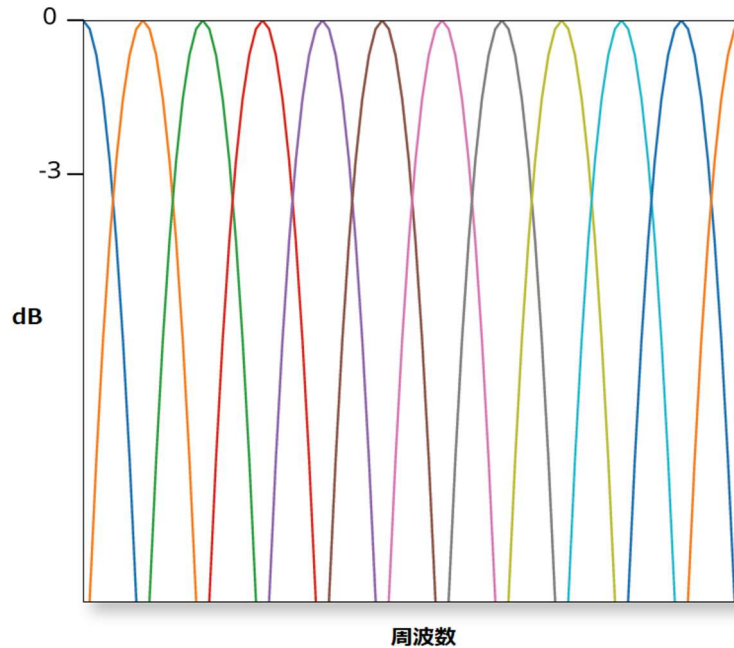


図 7. 窓関数処理を用いた FFT 解析は、RBW フィルタバンクを形成します。この図は、RBW の周波数間隔で複数の CW 信号を入力した場合の周波数スペクトラムを示します。

窓関数には様々な種類があり、メインローブの幅、サイドローブのロールオフ、通過帯域のフラットネスなど、周波数領域の特性が異なります。

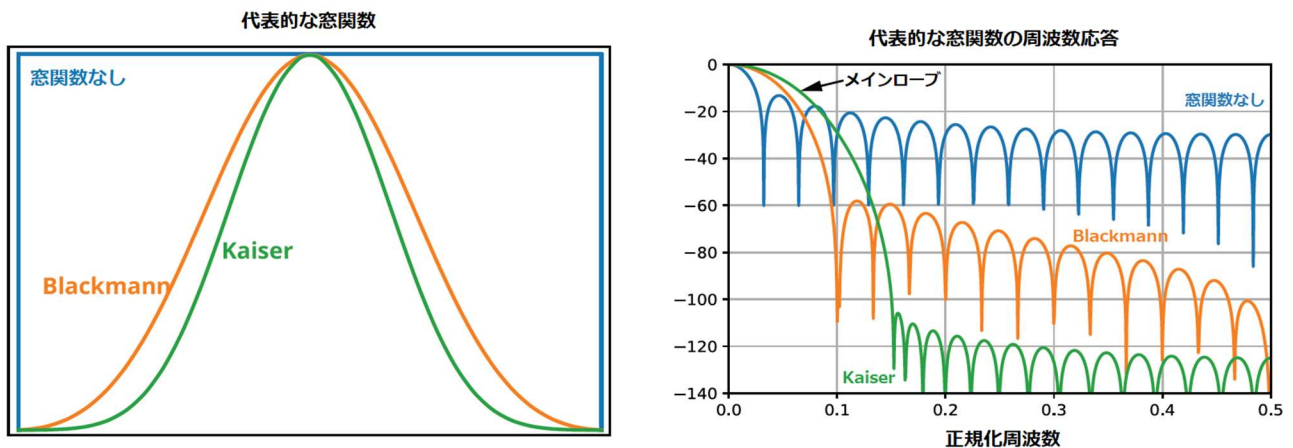


図 8. 代表的な窓関数の時間領域と周波数領域の応答

各窓関数は、異なるメインローブを持っています（図 8）。RBW フィルタ幅は、窓関数のメインローブの 3dB 帯域幅です。RBW フィルタ幅は窓関数長(W)と FFT 入力 I/Q サンプルレート (Fs) を調整することにより制御します。窓関数長は FFT サイズ(N)と同じかそれ以下にします。MS2090A は窓関数に Kaiser-Bessel 関数を使用して、RBW を以下の式で計算し、設定しています。

$$RBW = 2.3 \times F_s / W : W \leq N$$

FFT 解析幅もサンプルレートによって制限を受けるため、RBW とスパンは相互依存性があります。これは RTSA では顕著に現れます。理由は、RTSA の測定は一つの FFT 解析幅に制限されているためです。例えば、小さい（狭い）RBW を設定するには、窓関数長を最大 FFT 長 (N) に達するまで長くし、サンプルレート F_s を下げます。これによってスパンが減少します。

これに対してシグナルアナライザは、複数の FFT をつなぎ合わせてより広いスパンを実現できますが、LO の周波数を変える必要があり、信号イベントをその間、測定・検出できません。

3.3. 窓関数のオーバーラップ

窓関数処理により、サンプルフレームの最初と最後の時間サンプルがゼロに減衰されるため、サンプルフレームの両エッジに信号イベントがあった場合、この信号情報が失われます（図 9）。これらの信号イベントを確実に捕捉するためにオーバーラップは重要です（図 10）。各サンプルフレームは、前のサンプルフレームでキャプチャされたサンプルを含みます。

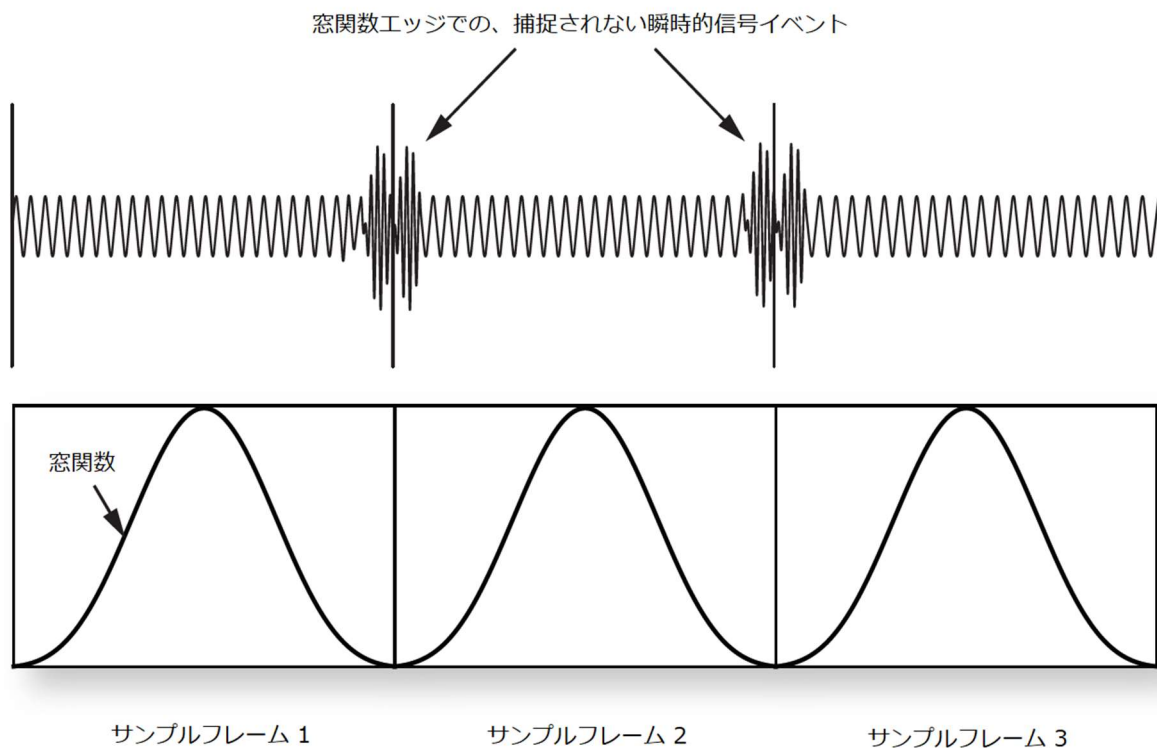


図 9. 窓関数処理したサンプルフレームのエッジで発生する瞬時的信号イベントの情報は失われます

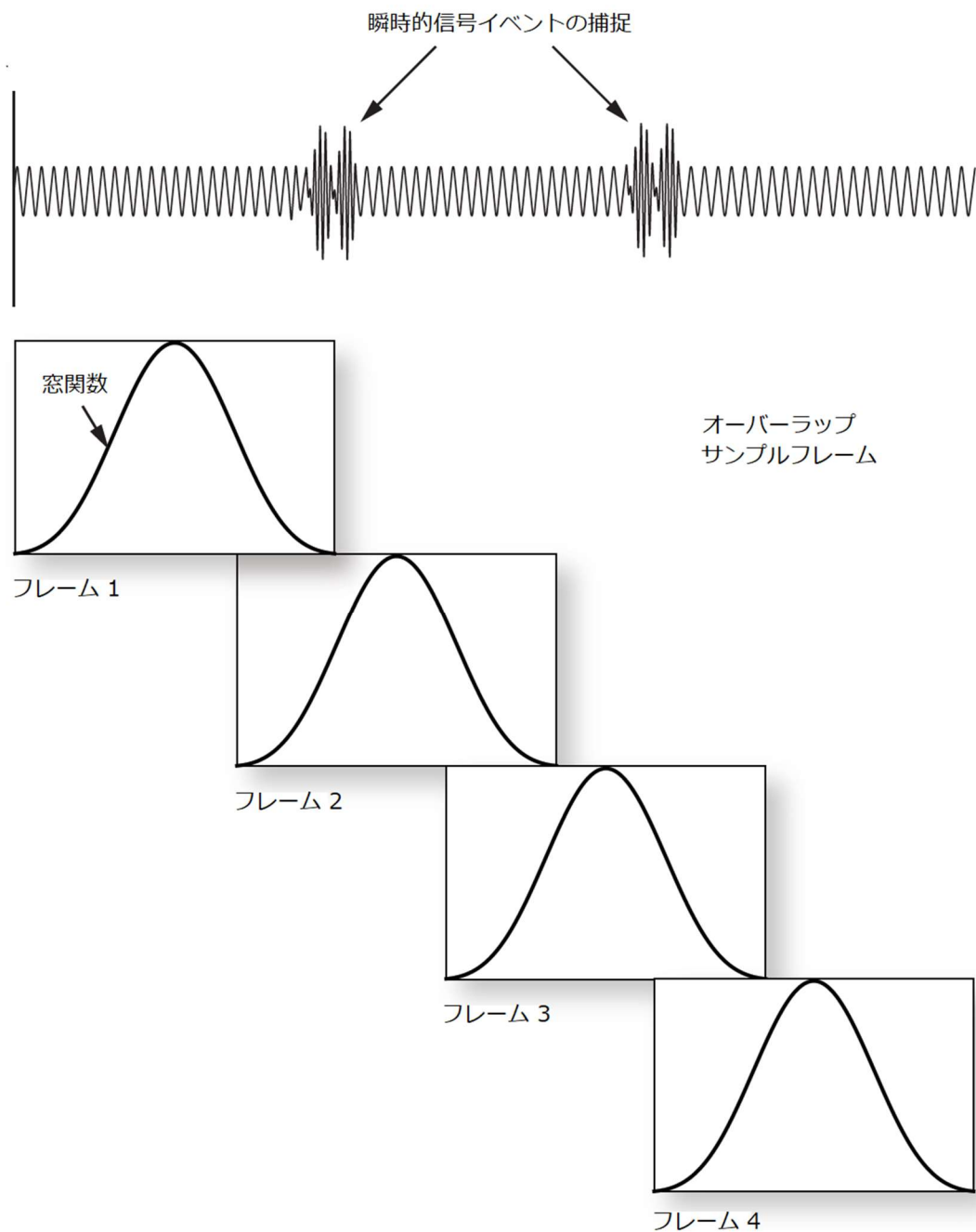


図 10. サンプルのオーバーラップは、窓関数処理したサンプルフレームのエッジにある瞬時的信号イベントの捕捉を可能にします

RTSA のオーバーラップ量は、FFT への入力サンプルレート (F_s) に対する FFT 演算 (FFT クロック) の速度によって変わります (以下の式)。

$$\text{最大許容オーバーラップ率} = (\text{FFT クロック} - F_s) / \text{FFT クロック}$$

FFT クロックレートは、FFT が 1 つのサンプルを処理できるレートです。例えば、MS2090A では、FFT クロックは 270 MHz で、512 ポイントの FFT では、 $512 \times 1/270 \text{ MHz} = 1.9\mu\text{s}$ または 527K FFT/秒で FFT 演算を実施します。FFT クロックが速いほど、最大許容オーバーラップ率は大きくなります。後続く文章では、オーバーラップが大きいほど信号の POI が短くなることを解説します。

3.4. POI (Probability of Intercept : 捕捉率)

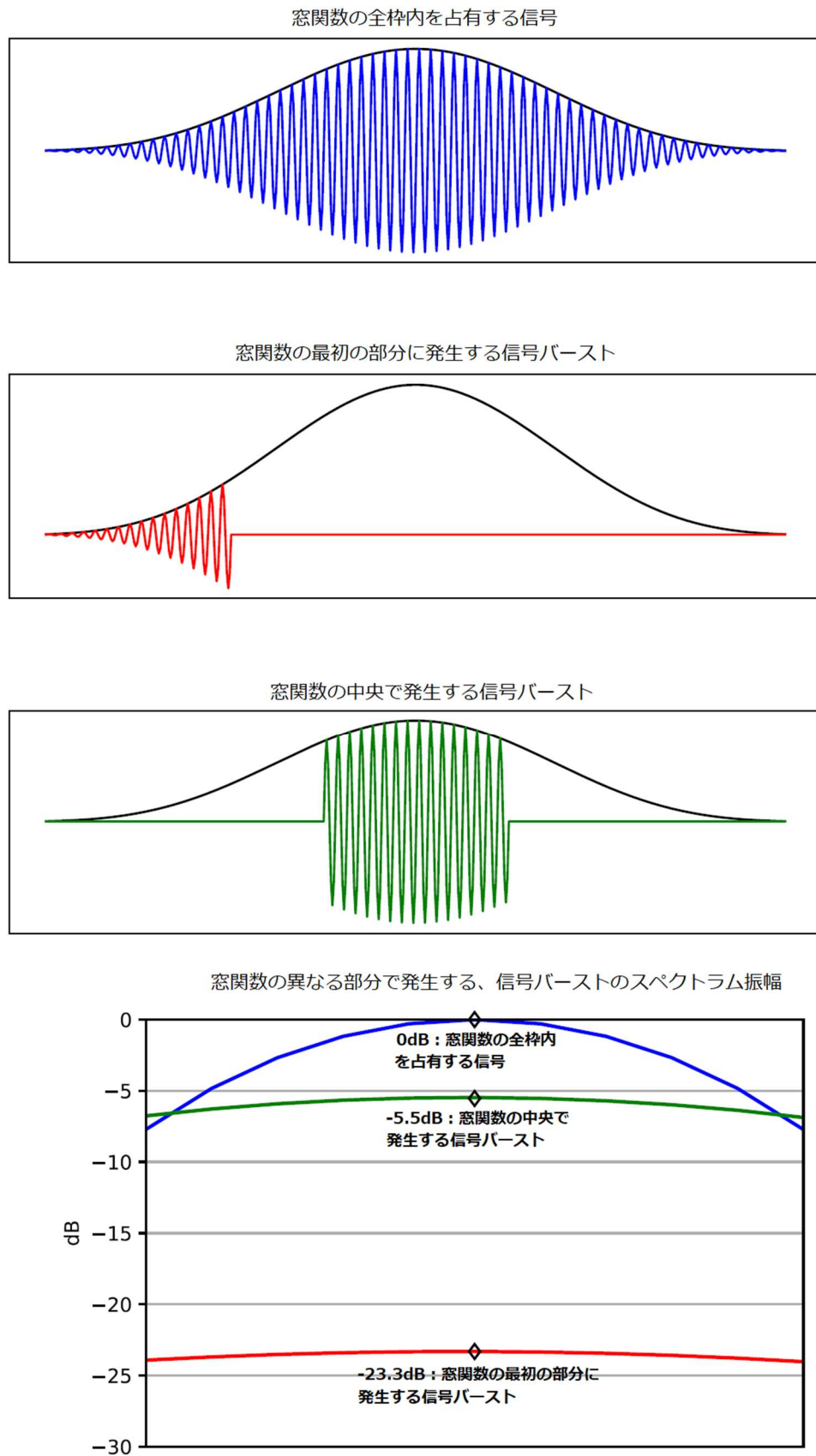


図 11. 信号の継続時間や開始時間が異なると、スペクトラム振幅が異なります。

FFT 解析では、信号持続時間およびサンプルフレームと窓関数の枠内の、何処にその信号が存在しているかによって、信号スペクトラムの大きさが変わります。

信号スペクトラムの振幅は、窓関数内の信号の面積に比例します。図 11 に示すように、信号バーストの持続時間および、発生したタイミングに応じて、信号スペクトラムの振幅が大きく異なります。

信号バーストは MS2090A では、理論的な最小検出可能信号は 5ns です。これは FFT の 200 MSPS(I/Q)（1 秒間に 200M サンプル）の最大サンプルレートです。

信号スペクトラムの振幅精度を得るためには、信号は窓関数枠内に存在しなければなりません。

オーバーラップがなく、窓関数長が FFT サイズ（サンプルフレームサイズ）のに等しい単純な場合では、連続する 2 つのサンプルフレームの中に、信号が存在していなければなりません。信号イベントは、任意のサンプルフレームの枠内でいつでも発生する可能性があるので、この条件を満たすことは、少なくとも 1 つのサンプルフレームとその FFT が信号を完全に捕捉していることを意味します。（図 12）。

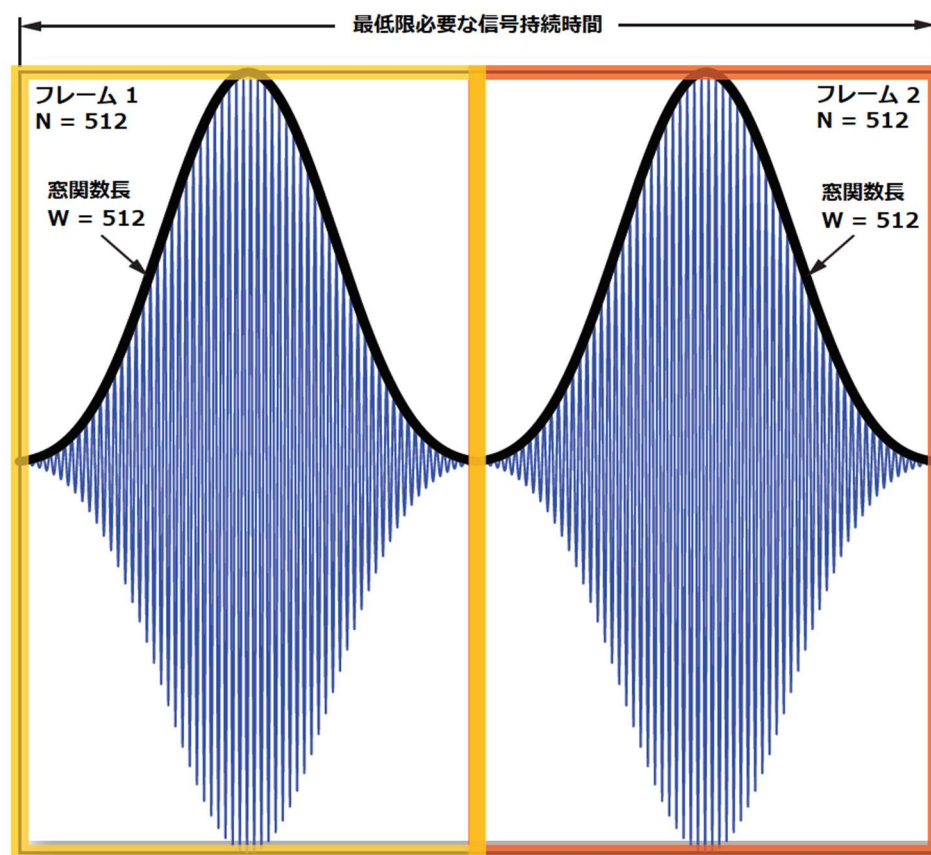


図 12. サンプルフレームのオーバーラップがなく、窓関数長 (W) が FFT サイズ (N) に等しい場合は、POI は連続する 2 つのサンプルフレームに相当する時間になります。

オーバーラップするサンプルフレームを使用して FFT 解析を実行した場合、POI に必要な信号持続時間が短くなります (図 13)。

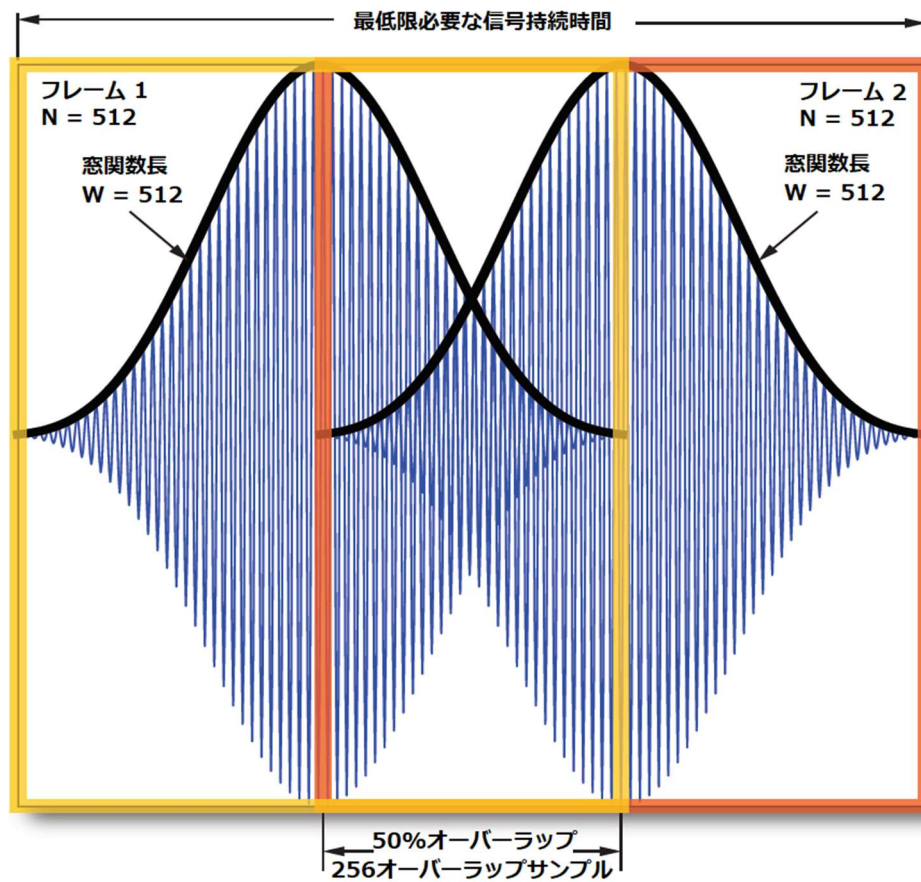


図 13. サンプルフレームをオーバーラップした場合は、POI は、連続する 2 つのサンプルフレームからオーバーラップサンプルを引いた時間になります

窓関数長を変更し、窓関数長が FFT サイズよりも小さい場合（図 14）、POI に必要な信号持続時間が短くなり、POI が向上します。しかし、窓関数長の変更は RBW 設定に影響を与えます。そのため、RBW 設定は POI に影響します。RBW が大きい（広い）ほど、窓関数長が短くなり、POI が短くなります。

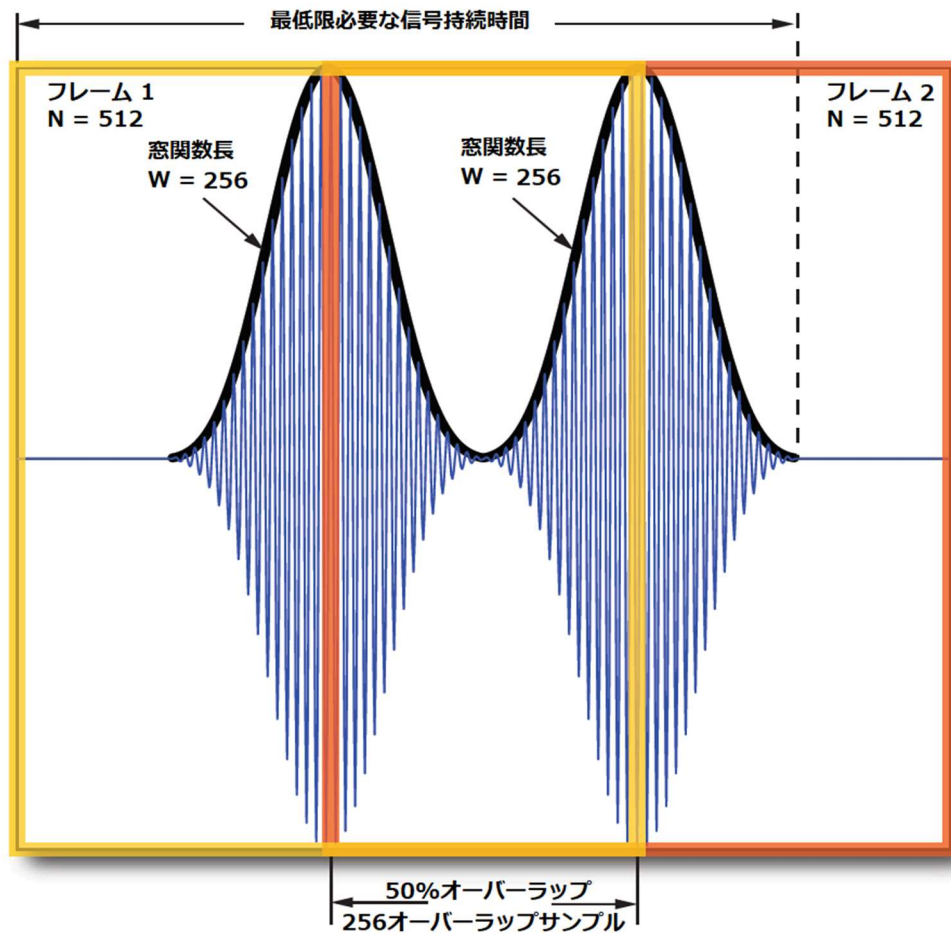


図 14. FFT サイズ N=512 よりも短い窓関数長 (W = 256) を使用すると、POI に必要な信号持続時間が短縮します。

上記の考察に基づくと、POI に必要な最小信号持続時間は次式で示されます。

$$POI = (1/F_s) \times (N+W-1-P)$$

F_s : FFT 入力サンプルレート

N : FFT サイズ、512 または 1024 ポイント

W : 窓関数長

P : オーバーラップしたサンプル数 = $N \times (FFT \text{ クロック} - F_s) / FFT \text{ クロック}$

FFT クロック : 270 MHz

RBW とスパンは、サンプルレート、FFT サイズ、および窓関数長によって制御されます。

POI も上式のように、サンプルレート、FFT サイズ、および窓関数長によって決まります。

従って、POI は RBW とスパンに依存します。MS2090A は、指定された測定条件の POI を自動的に計算します。上記の式を使用して、POI、RBW、およびスパンのテーブルを計算します（下表）。

FFT サイズ = 512（標準分解能）

				窓関数長							
				256		128		64		32	
FFT 入力 レート(I/Q) MSPS	最大スパン MHz	オーバー ラップポイ ント,P	オーバー ラップ%	POI μs	RBW MHz	POI μs	RBW MHz	POI μs	RBW MHz	POI μs	RBW MHz
200	110	132	26%	3.18	1.80	2.54	3.59	2.22	7.19	2.06	14.38
100	80	322	63%	4.45	0.90	3.17	1.80	2.53	3.59	2.21	7.19
50	40	417	81%	7.00	0.45	4.44	0.90	3.16	1.80	2.52	3.59
25	20	464	91%	12.12	0.22	7.00	0.45	4.44	0.90	3.16	1.80
12.5	10	488	95%	22.32	0.11	12.08	0.22	6.96	0.45	4.40	0.90
6.25	5	500	98%	42.72	0.06	22.24	0.11	12.00	0.22	6.88	0.45

FFT サイズ = 1024（高解像度）

				窓関数長									
				512		256		128		64		32	
FFT 入力 レート(I/Q) MSPS	最大スパン MHz	オーバー ラップポイ ント,P	オーバー ラップ%	POI μs	RBW MHz	POI μs	RBW MHz	POI μs	RBW MHz	POI μs	RBW MHz	POI μs	RBW MHz
200	110	265	26%	6.35	0.90	5.07	1.80	4.43	3.59	4.11	7.19	3.95	14.38
100	80	644	63%	8.91	0.45	6.35	0.90	5.07	1.80	4.43	3.59	4.11	7.19
50	40	834	81%	14.02	0.22	8.90	0.45	6.34	0.90	5.06	1.80	4.42	3.59
25	20	929	91%	24.24	0.11	14.00	0.22	8.88	0.45	6.32	0.90	5.04	1.80
12.5	10	976	95%	44.72	0.06	24.04	0.11	14.00	0.22	8.88	0.45	6.32	0.90
6.25	5	1000	98%	85.60	0.03	44.64	0.06	24.16	0.11	13.92	0.22	8.80	0.45

4 RTSA の密度表示

4.1. 密度表示の分解能

MS2090A は、密度表示メニューから 2 つの異なる FFT サイズを選択できます。標準の FFT サイズが 512 ポイント（図 15）では、最も小さい POI が得られますが、FFT 周波数の解像度が粗く、大きい（広い）RBW 設定では表示が粒状化して見えます。

それに対して FFT サイズが 1024 ポイントでは、小さい（狭い）RBW が設定でき、かつ表示の粒度を下げることができます。しかし、POI は大きくなります。

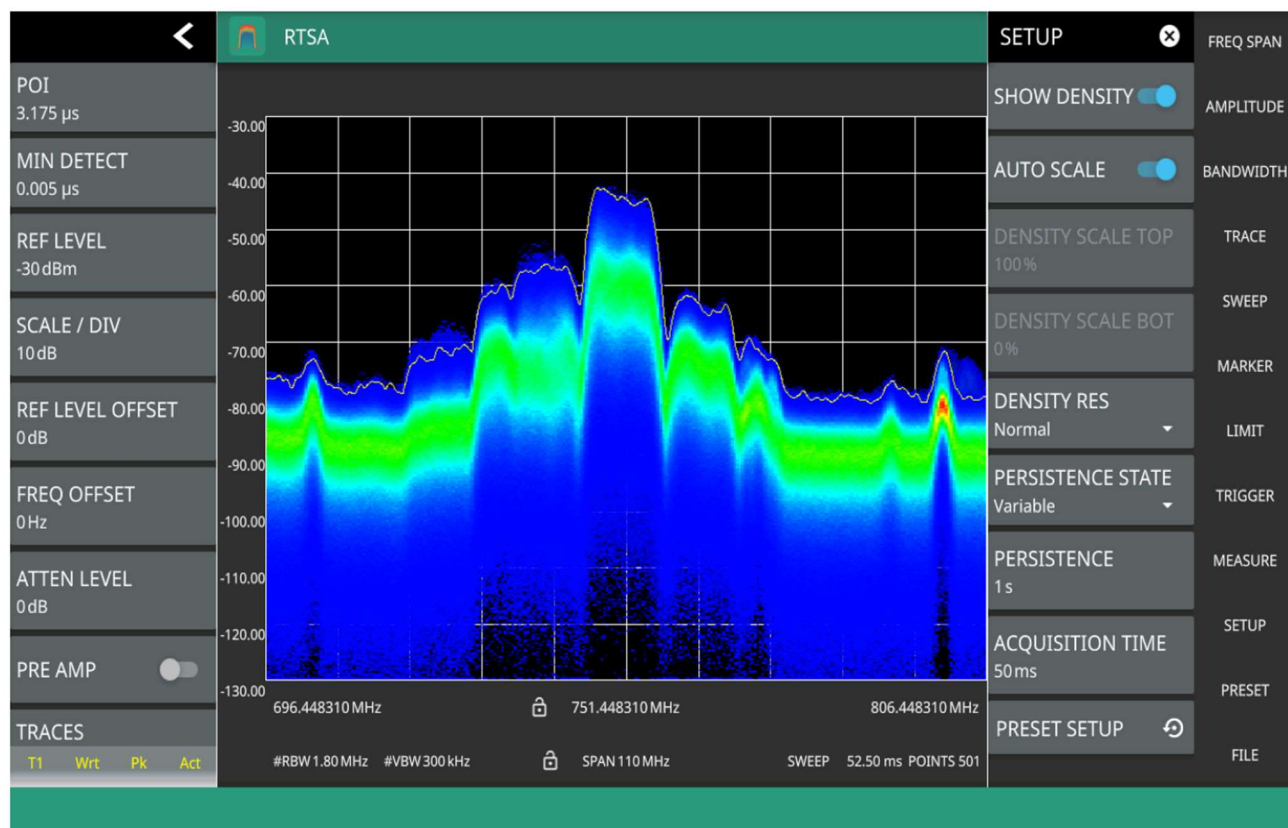


図 15. 密度表示の分解能は Normal, FFT:512 ポイント、最小 RBW:1.8MHz

4.2. 密度表示

MS2090A は、512 ポイント FFT を毎秒 527,000 回演算します。これは MS2090A 表示画面の更新レートよりもはるかに速く、密度表示を使用してこの測定データを効果的に表示します。密度表示は、信号イベントの強度を色で階調化して表示します。暖かい色になるほど（青→緑→黄→赤）、信号イベントの頻度が高くなります。

データサンプリングと並行して、多数の FFT 演算が実施され、その FFT 測定データを周波数と振幅の 2 次元ヒストグラム（ヒットマップ）に対応付け（マッピング）します。

ヒットマップは振幅軸と周波数軸で構成されたマス目です。ヒットマップでは FFT 測定データの発生をカウントします。ヒットマップは振幅軸と周波数軸があり、振幅軸は 320 に分割し、周波数軸の分割数は FFT サイズとスパンの設定で変わります。

密度表示のオートスケールがオンの場合、カウントはヒットマップ全体で最も高いカウント値に正規化され、それぞ

れのカウンタ値にカラースケールが割り当てられます。オートスケールがオフの場合、カウンタ値は取得された FFT 測定データの絶対数によって正規化されます。この2つの方式のいずれかで正規化されたカウンタ値に色を割り当て表示します。データのないマス目（カウンタ値=0）の場合、色は透明とします（図 16）。

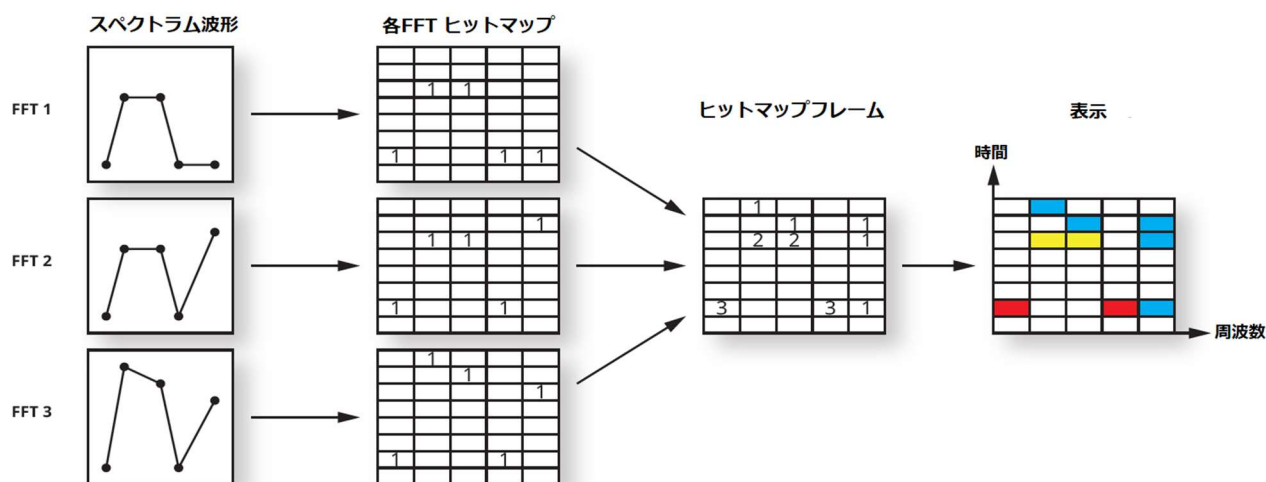


図 16. 取得した 3 つの FFT の密度表示処理ステップ

密度表示では、最大 6 つのスペクトラム波形を同時に表示できます。スペクトラム波形は、測定期間中のすべての FFT の測定データを代表しています。ピーク検出とネガティブピーク検出では、それぞれ各周波数ポイントで検出された最大または最小の振幅レベルを選択します。サンプル検出では、波形は測定期間中に取得された 1 つの FFT 測定データを表示します（図 17）。

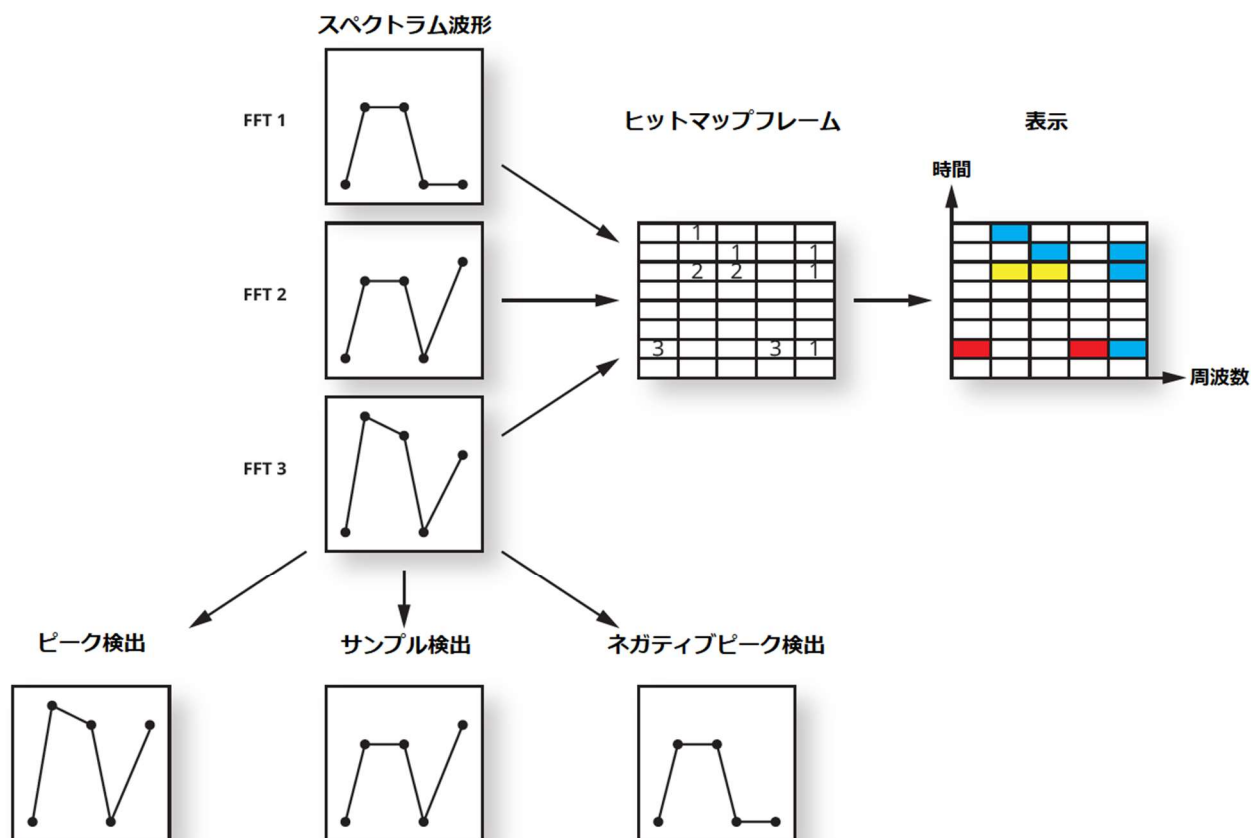


図 17. スペクトラム波形が 3 つの FFT データから構築される過程

4.3. 密度表示の持続時間

密度表示の持続時間は、画面に表示する過去データ或いは瞬時的データの表示をコントロールします。密度表示は、データ取得期間毎に新しいヒットマップを表示し、前のヒットマップを以下に示す規則で上書きします。

新しいヒットマップのあるマス目が透明の場合、以前のヒットマップの対応するマス目の色は保持されますが、持続時間が設定されている場合、取得時間／持続時間に比例する速度で透明に向かってフェードします。

持続時間が制限なしである場合、退色はありません。過去の測定データは、後の新しいデータによって上書きされるまで、画面に残ります（図 18）。

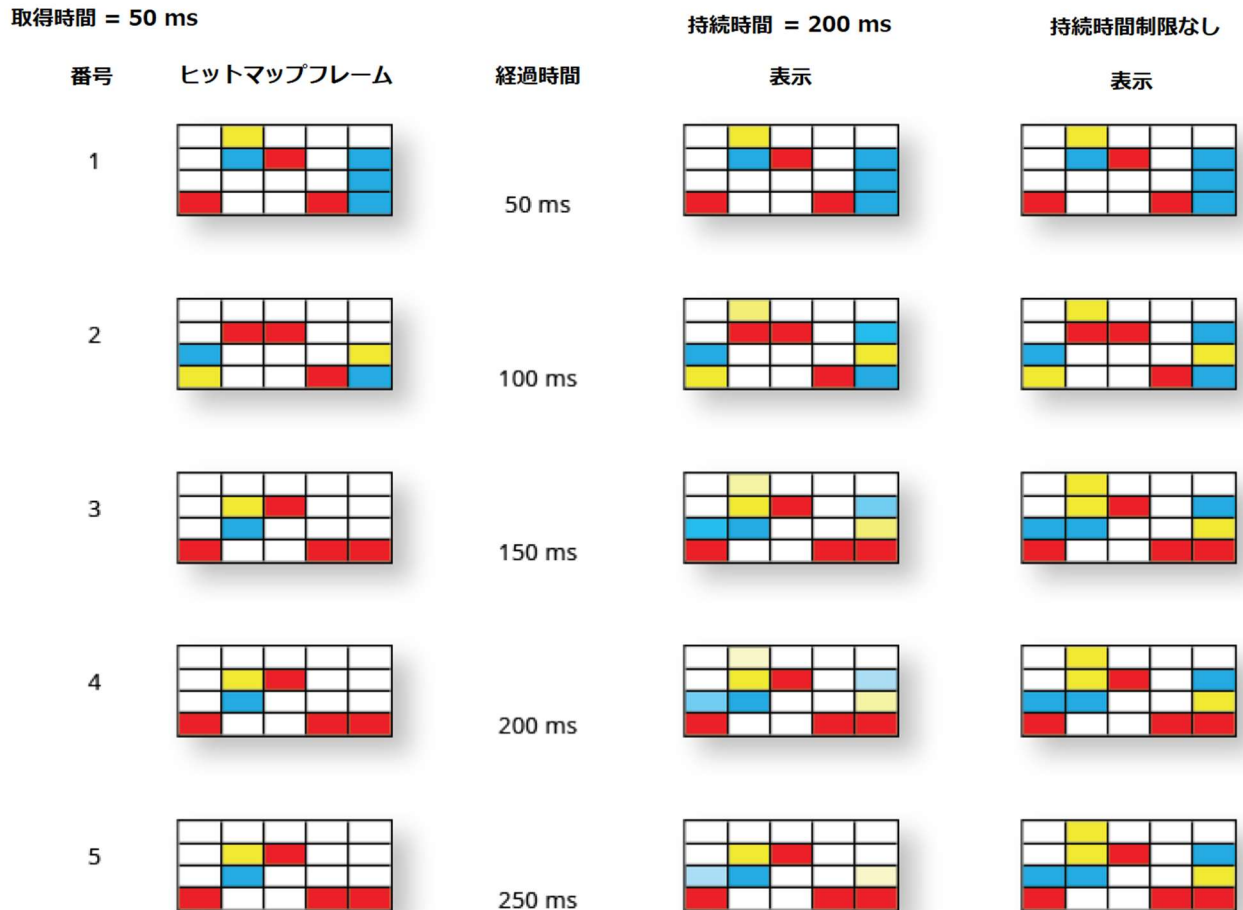


図 18. 密度表示の持続時間が、制限（200ms）と制限ない場合の表示の比較

5 RTSA のスペクトログラム

スペクトログラムは、信号スペクトラムと時間の関係を示します。スペクトログラムの各行は、通常のスペクトラム波形から作成され、その振幅値はユーザ指定のカラースケールに合わせて表示します（図 19）。各行は、ユーザが指定した時間（50ms～5s）の間に検出された多数の FFT 演算結果の振幅を代表します。ユーザは、ピーク値、ネガティブピーク値、サンプル値の 3 つの検出方法を選択できます。指定した時間毎に測定を実施し、スペクトログラムの下部に新しい行が追加され、最も古いスペクトログラム行が上部から削除されます。MS2090A の表示スペクトログラムは 142 行あり、表示される最大時間は[142 行]x[指定時間]です。MS2090 内部には、142 行以上を格納するバッファがあり、SCPI コマンドを介してデータにアクセスできます。

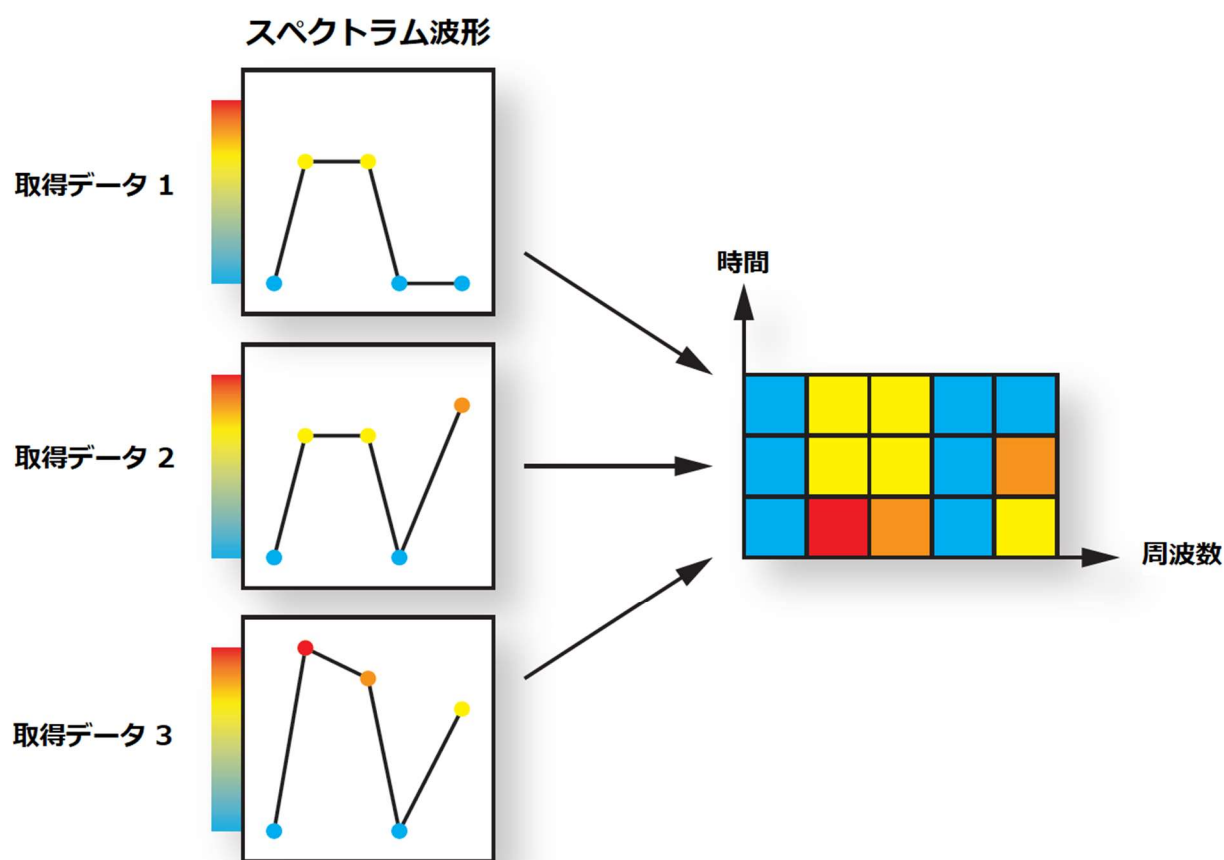


図 19. スペクトログラムは 1 行ずつ作成されます。各行は、1 つの取得期間中に測定された波形です

スペクトログラムは密度表示とは異なり、データ取得期間中の信号イベントの発生頻度は考慮しません。スペクトログラムは、特定の信号周波数に関して、単に振幅のピーク値、ネガティブピーク値、サンプル値を表示するだけです。図 20 は、MS2090A のスペクトログラムと密度表示を一画面に表示する例です。スペクトログラムと密度表示の両方を一度に観察することによって、信号の詳細な情報を得ることが出来ます。



図 20. 一画面に密度表示とスペクトログラムを表示。2.4 GHz ISM バンドでの信号の様子

6 MS2090A 主要パラメータの概要

FFT サイズ : $N = 512$ または 1024 ポイント

FFT 演算速度 : 1024 点 FFT で 263K/sec 、 512 点 FFT で 527K/sec 窓関数長、 $W = 32 \sim N/2$

窓関数の種類 : Kaiser-Bessel

RBW : 窓関数メインローブ 3 dB 、帯域幅 $= 2.3 \times F_s / W$

最大 FFT 入力 (I/Q) データレート : $F_s = 200\text{ MSPS}$

最小 POI : $2.06\text{ }\mu\text{s}$

最小検出可能信号 : 5 ns

FFT RTSA モードで使用可能なスパン : $0.8 \times F_s$ 、最大 110 MHz の場合

FFT 周波数分解能 : F_s / N

7 まとめ

スペクトラムアナライザの技術革新と機器設計の進歩により、 110 MHz の解析帯域幅と $2.06\text{ }\mu\text{s}$ の POI 備えたハンドヘルド型の高性能リアルタイム スペクトラムアナライザ(RTSA)の提供が可能になりました。

アンリツのフィールドマスタ プロ MS2090A RTSA は、密度表示とスペクトログラム表示を備え、しかもそれらを一画面で同時に表示可能です。これらの機能は、動的な RF 信号イベント、過渡的な干渉、信号に隠れた不要な信号などを検出・解析して、ユーザの課題を解決するのに最適です。



お見積り、ご注文、修理などは、下記までお問い合わせください。
記載事項は、おことわりなしに変更することがあります。

アンリツ株式会社

<https://www.anritsu.com>

本社 〒243-8555 神奈川県厚木市恩名5-1-1 TEL 046-223-1111
厚木 〒243-0016 神奈川県厚木市田村町8-5
通信計測営業本部 TEL 046-296-1244 FAX 046-296-1239
通信計測営業本部 営業推進部 TEL 046-296-1208 FAX 046-296-1248
仙台 〒980-6015 宮城県仙台市青葉区中央4-6-1 S S 3 0
通信計測営業本部 TEL 022-266-6134 FAX 022-266-1529
名古屋 〒450-0003 愛知県名古屋市中村区名駅南2-14-19 住友生命名古屋ビル
通信計測営業本部 TEL 052-582-7283 FAX 052-569-1485
大阪 〒564-0063 大阪府吹田市江坂町1-23-101 大同生命江坂ビル
通信計測営業本部 TEL 06-6338-2800 FAX 06-6338-8118
福岡 〒812-0004 福岡県福岡市博多区榎田1-8-28 ツインスクエア
通信計測営業本部 TEL 092-471-7656 FAX 092-471-7699

■カタログのご請求、価格・納期のお問い合わせは、下記または営業担当までお問い合わせください。

通信計測営業本部 営業推進部

TEL: 0120-133-099 (046-296-1208) FAX: 046-296-1248
受付時間/9:00~12:00、13:00~17:00、月~金曜日(当社休業日を除く)
E-mail: SJPost@zy.anritsu.co.jp

■計測器の使用方法、その他については、下記までお問い合わせください。

計測サポートセンター

TEL: 0120-827-221 (046-296-6640)
受付時間/9:00~12:00、13:00~17:00、月~金曜日(当社休業日を除く)
E-mail: MDVPOST@anritsu.com

■本製品を国外に持ち出すときは、外国為替および外国貿易法の規定により、日本国政府の輸出許可または役務取引許可が必要となる場合があります。
また、米国の輸出管理規則により、日本からの再輸出には米国商務省の許可が必要となる場合がありますので、必ず弊社の営業担当までご連絡ください。

ご使用前に取扱説明書をよくお読みのうえ、正しくお使いください。

2104