

# 信号発生器の最適化のための 9つのベスト事例 – パート 1

よりよい測定のために

民生用無線でも、軍事通信でも、レーダーでも、スペクトラムには多くの干渉が存在し、帯域幅の不足はますます深刻になっています。信号のシミュレーションによるデバイスのテストが重要になっています。信号発生器は、さまざまなコンポーネントやシステムのテストアプリケーションのための精密で安定したテスト信号を供給します。

信号発生器の能力と性能を知ることは、正確で一貫した測定のための第一歩です。このアプリケーションノートは2つのパートから構成され、信号発生器を最適化するためのベスト事例について解説しています。

パート1:

1. 振幅確度の向上
2. 広帯域幅信号性能の最適化

パート2:

3. スイッチング速度の最適化
4. 信号発生器の位相雑音プロファイルの最適化



## 1. 振幅確度の向上

RF信号発生器は、RFコンポーネント、レシーバー、トランスミッター、システムのテストに用いられます。さまざまなアプリケーションに対応するため、広いパワー範囲が要求されます。信号発生器の出力パワー範囲は、ステップアッテネータによって決まります。ステップアッテネータは、図1.1に示すように、アッテネータと自動レベリング回路(ALC)のさまざまな組み合わせから構成されます。ステップアッテネータは、粗い刻み（5 dBステップ）でパワーレベルを下げる役割を果たし、ALC回路はアッテネータのホールド範囲内でパワーレベルを微調整する役割を果たします。

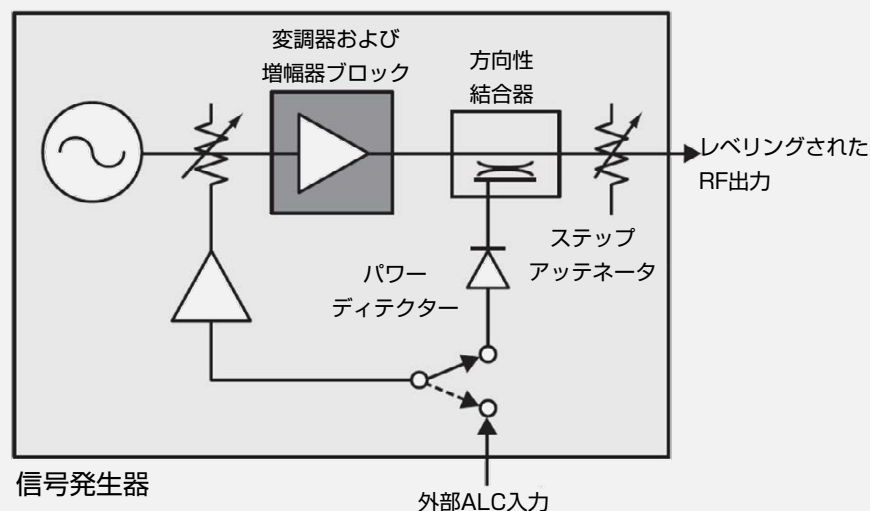


図1.1 : ALCフィードバック回路の簡素化したブロック図

信号発生器は、RF出力ポートからきわめて正確な振幅レベルを供給します。一般的なテストセットアップでは、信号発生器と被試験デバイス(DUT)の間に、ケーブル、フィルター、スイッチなどのパッシブデバイスと、増幅器やミキサなどのアクティブデバイスが用いられます。これらの追加のコンポーネントによって、テストシステムに挿入損失や利得が発生します。これらの要因を考慮して、DUTの入力で正確な振幅レベルが得られるようにする必要があります。

また、RF信号発生器の出力レベルは、最大で25 dBm、最小で-120 dBm程度です。この範囲を超える信号が必要な場合、増幅器を使用して出力パワーを増幅するか、アッテネータを使用して減衰させることができます。

外部の増幅器、アッテネータ、またはその他のパッシブアクセサリを信号発生器と組み合わせて使用する場合、振幅確度を最適化するためにいくつかの方法があります。一般的に使用される方法としては、ベクトル・ネットワーク・アナライザ(VNA)を使用して信号経路全体の利得または損失を測定し、信号発生器に補正値を入力します。この後では、新しい信号発生器に内蔵された機能を使用して振幅確度を高めるためのベスト事例を紹介します。

## ベスト事例1：フラットネス補正の使用

信号発生器とDUTの間にコンポーネントを追加すると、校正面とテスト面が一致しくなくなります。2つの面の間の差を補正することが必要になります。

ユーザーフラットネス補正を使用すれば、RF出力振幅をデジタル的に調整して、ケーブル、スイッチ、またはその他のデバイスによる外部損失を補正できます。パワーメータおよびセンサを使用して測定システムを校正することで、パワーレベル補正のテーブルを自動的に作成できます。

USBパワーセンサ（Keysight U2000シリーズ）は、Keysight Xシリーズ 信号発生器に直接接続できます。信号発生器はパワーメータとして動作し、テスト面でのパワーを測定します。補正値は信号発生器のメモリに保存できます。次に同じテスト構成を使用するときには、補正値をリコールして適用できます。2つの周波数ポイントの間の補正値は、補間によって決定されます。下の図1.2に、信号発生器とUSBパワーセンサを使用したフラットネス補正セットアップを示します。



パワーメータ測定の精度は、センサの校正係数に依存します。校正の前に、パワーメータ（または信号発生器）に校正係数を入力する必要があります。

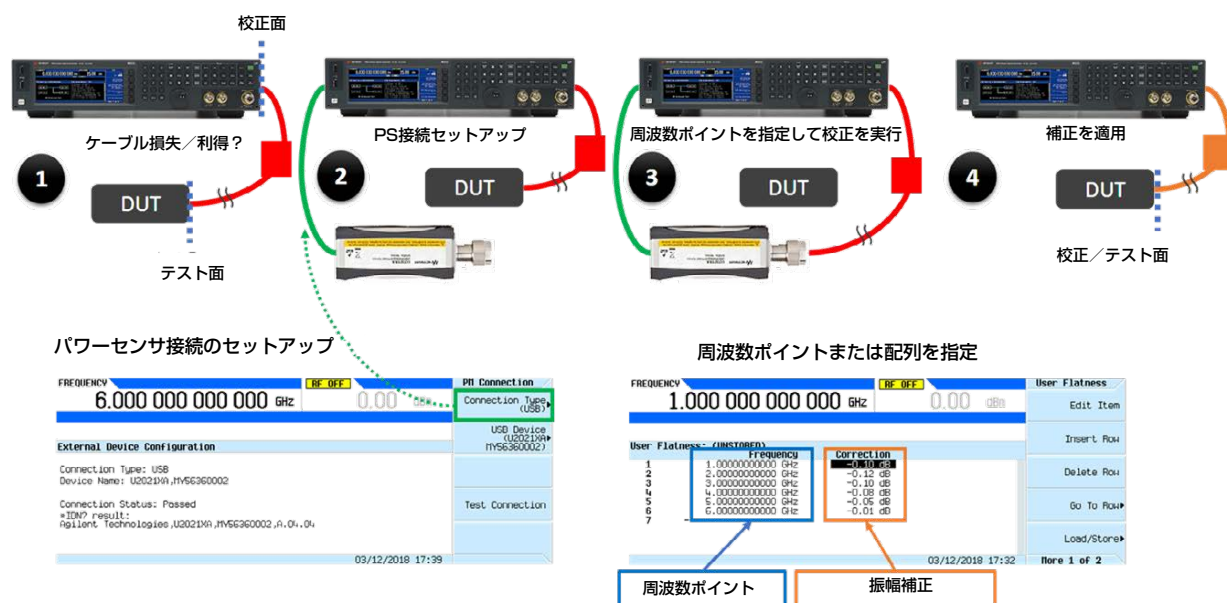


図1.2：USBパワーセンサを使用したフラットネス補正

また、Keysight N1911A/N1912AまたはN4419A/B パワーメータをKeysight Xシリーズ 信号発生器または高性能信号発生器(PSG)にGPIBで接続して、補正を行うこともできます。必要なキーサイトのパワーメータがない場合は、補正値を手動で入力することもできます。

## ベスト事例2：外部レベリングの使用

信号発生器のRF出力パワーが常時モニターされ、ALC回路によって制御されることで、時間の経過や温度変動による出力パワーのドリフトが回避されます。増幅器などの外部コンポーネントの条件が時間や温度によって劣化した場合、固定のフラットネス補正では、外部コンポーネントによって生じる振幅ドリフトを解消できません。

外部レベリングを使用すれば、ALCのフィードバックソースをDUTの近くに移動することで、テストセットアップ内のケーブルやコンポーネントに内在するパワーの不確かさのほとんどを補正できます。パワーカップラー／スプリッターの入力でのRFパワーレベルが変化すると、外部ディテクターがそれを補正する負の電圧を返します。ALC回路は、この負の電圧を使用して、信号発生器のパワーを増減することにより、RF出力パワーレベルを制御します。これにより、パワーカップラー／スプリッターの入力でのパワーレベルが一定に維持されます。

カップラーの挿入損失によって、パワー損失が発生します。ディテクターとカップラー／パワースプリッターの仕様が、必要なパワー範囲と周波数レンジに適合することを確認する必要があります。



PSG  
E8257D/E8267D、  
MXG N5183B、  
EXG N5173Bなどの  
キーサイトのマイクロ波信号発生器は、  
外部レベリング機能をサポートします。

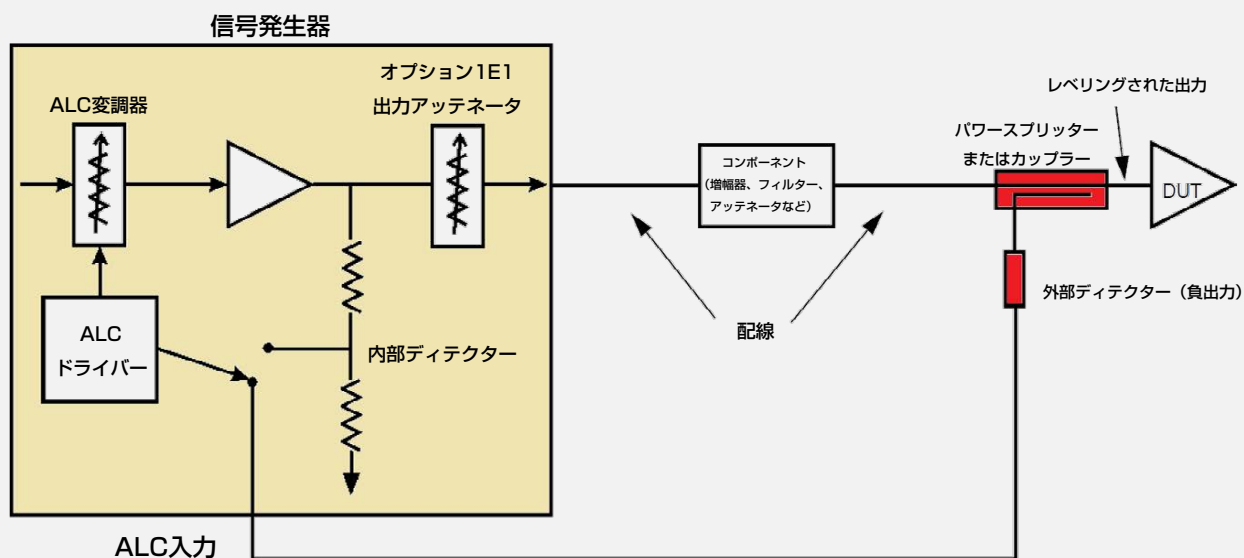


図1.3：外部レベリングのためのテストセットアップ

## 2. チャネル補正による広帯域幅信号性能の最適化

信号発生器を使用して連続波を発生する場合、信号発生器はRF出力ポートでの出力振幅確度を確認します。時間とともに温度が上昇した場合、信号発生器の自動レベリング制御(ALC)回路または外部レベリングによって出力パワーがモニターされ、調整されます。

ただし、前のセッションで述べたことは、特定の周波数ポイントでの振幅補正に当てはまりません。別の周波数ポイントでは、別のオフセット値が振幅フラットネスのために適用されます。信号が変調信号である場合、信号は特定の帯域幅を占有します。信号にオフセット値を適用するだけでは、信号帯域幅全体でフラットネス効果を補正することはできません。効果には振幅フラットネスだけでなく、位相フラットネスもあります。

### ベスト事例3：内部チャネル補正の使用

新しいベクトル信号発生器のほとんどは、RF周波数とパワーレベルの範囲全体にわたって、ベースバンドとRFの両方の振幅および位相誤差の補正データを収集する内部校正ルーチンをサポートしています。補正データには、ベースバンド波形にリアルタイムで適用される補正フィルターのパラメータが含まれています。信号処理は、デジタル・シグナル・プロセッサ(DSP)で行われます。このリアルタイムの補正は、特に広帯域信号を発生する場合に重要です。

図2.1は、5G New Radio(NR)信号の信号解析を示します。信号帯域幅は最大100 MHzです。プロットBより、信号スペクトラムが左から右に向かってわずかに下降しているのがわかります。OFDM復調イコライザーを使用すると、プロットDに示すように、チャンネルの周波数応答のマーカー1とマーカー2の間に2.6 dBの差があることが容易にはっきりとわかります。この差は、信号発生器のRFフラットネスによるものです。



内部チャネル補正は、Keysight MXG N5182BやEXG N5172Bなどの新しいベクトル信号発生器だけでサポートされています。



図2.1：内部チャネル補正をオフにした5G NR信号の測定



補正をオンにした場合、信号発生器は、システムの振幅／位相応答を、測定器でサポートされる最大帯域幅（例：MXG N5182Bの場合は160 MHz）全体でフラット化します。図2.2は同じ5G信号を示しますが、プロットBの信号スペクトラムがフラットになっています。イコライザーのチャンネル周波数応答の差は0.6 dBまで減少しています。また、プロットCに示すように、エラーベクトル振幅(EVM)が0.44 %から0.36 %に改善しています。

内部チャンネル補正のデフォルト設定がオフであるのはなぜでしょうか。汎用信号発生器は、性能、測定速度、コストに関して最適化されています。ほとんどのテストシナリオでは、狭い帯域幅、ちょうど十分な性能、または高い測定速度が要求されます。狭帯域幅の信号発生の場合、チャンネル補正は、測定結果に対する影響が少なく、テスト時間が長くなるため不要です。

補正機能をオンにしているときに周波数を変更すると、ファームウェアはチャンネル補正フィルターを計算します。このプロセスには追加の時間がかかります。時間の長さは周波数スイッチングのタイプによって異なります。



図2.2：内部チャンネル補正をオンにした5G NR信号の測定

## ベスト事例4：ユーザーチャンネル補正校正

ユーザーチャンネル補正校正は、信号発生器の性能を、新しい校正面であるユーザーのDUT入力ポートまで延長します。校正は、図2.3に示すようにUSBパワーセンサを使用して実行できます。スタート/ストップ周波数を指定し、パワーメータを設定してから、校正を実行します。



図2.3：USBパワーセンサを使用したユーザーチャンネル補正校正の実行



前回の校正以降に周囲温度が $\pm 5$  °C以上変化した場合は、ユーザーチャンネル補正校正を実行します。

## パート1のまとめ

信号発生器は、さまざまなコンポーネントやシステムのテストアプリケーションのための精密で安定したテスト信号を供給します。正確で一貫した測定を行うには、信号発生器の性能と機能について知っておくことが重要です。2つのパートからなるこのアプリケーションノートのパート1では、測定確度を改善するためのベスト事例として、フラットネス補正、外部レベリング、内部チャンネル補正について紹介しました。パート2では、測定速度と位相雑音プロファイルの最適化のためのベスト事例について説明します。

測定改善のためのその他のベスト事例については、**RFテストブログ**を参照してください。キーサイトの信号発生器の詳細については、**[www.keysight.co.jp/find/sg](http://www.keysight.co.jp/find/sg)**をご覧ください。

詳細情報：**[www.keysight.co.jp](http://www.keysight.co.jp)**

キーサイト・テクノロジー株式会社

本社 〒192-8550 東京都八王子市高倉町9-1

計測お客様窓口

受付時間 9:00-12:00 / 13:00-18:00 (土・日・祭日を除く)

TEL : 0120-421-345 (042-656-7832) | Email : [contact\\_japan@keysight.com](mailto:contact_japan@keysight.com)

