

高性能シグナルアナライザによる デジタイズアプリケーション

シグナルアナライザ MS2850A

目次

1	はじめに.....	3
1.1	概要	3
1.2	シグナルアナライザを用いたデジタイズとは.....	3
2	アプリケーション例.....	4
2.1	衛星モニタリング	4
2.2	高速データ収集用途での測定器活用.....	5
3	デジタイズ機能の紹介.....	5
3.1	サンプリング・レートとキャプチャ時間	5
3.2	インタフェースと転送速度	6
4	シグナルアナライザを用いたデジタイズの RF 性能.....	7
4.1	スプリアスフリーダイナミックレンジ (SFDR).....	7
4.2	ダイナミックレンジ（信号対雑音比）	7
4.3	帯域内フラットネス.....	8
4.4	イメージ信号	9

5	まとめ.....	10
6	オーダー情報	11

1 はじめに

1.1 概要

このアプリケーションノートでは、シグナルアナライザ MS2850A とデータ転送用の専用インタフェースを組み合わせ、長時間デジタイズによる大容量デジタイズデータを外部 PC に高速転送することで、開発や製造にかかる時間やコストを削減する手法を紹介します。さらに、MS2850A が RF/マイクロ波信号のシングルポートデジタイザとして優れた性能を有していることを紹介します。

- ・ 最大 1.3 GSa/s の高速サンプリングで、最大 44.5 GHz までの 1 GHz 帯域信号をデジタイズ
- ・ 優れたダイナミックレンジ&帯域内フラットネスによる、測定確度の向上
- ・ 大容量メモリ搭載により 1 GHz 帯域信号の連続かつ最大 3 秒のキャプチャを実現
- ・ データ転送専用インタフェース PCIe/USB3.0 を通してデジタイズデータを外部 PC に高速転送

表 1.1-1 MS2850A がサポートするデジタイザ

モデル	最大サンプリング・レート	総メモリ容量	入力周波数設定範囲	解析帯域幅
MS2850A-047	1.3 GSa/s	32 GB	100 MHz ~ 32 GHz	50 MHz ~ 510 MHz
			4.2 GHz ~ 32 GHz	1 GHz
MS2850A-046	1.3 GSa/s	32 GB	100 MHz ~ 44.5 GHz	50 MHz ~ 510 MHz
			4.2 GHz ~ 44.5 GHz	1 GHz

1.2 シグナルアナライザを用いたデジタイザとは

一般的に、デジタイザは電圧に変換された物理量（温度、歪、回転数、周波数）をデジタルデータとして収集する機能を提供します。MS2850A は、スーパーヘテロダイン式のシグナルアナライザで RF 信号を中間周波数に変換しデジタル信号として取り込みます。図 1.2-1 に示すように、MS2850A は周波数変換器と波形メモリからなっており、外部にダウンコンバータを配置することなく RF 信号のデータを収集することが可能です。さらに、MS2850A は瞬間的に発生したスペクトラムの異常など、これまでの掃引型スペクトラムアナライザでは捉えきれなかった現象を捉えることが可能です。デジタイズ時間を長くし信号をモニタすることで、過渡応答特性や不具合時の原因究明が容易になり開発効率が改善します。

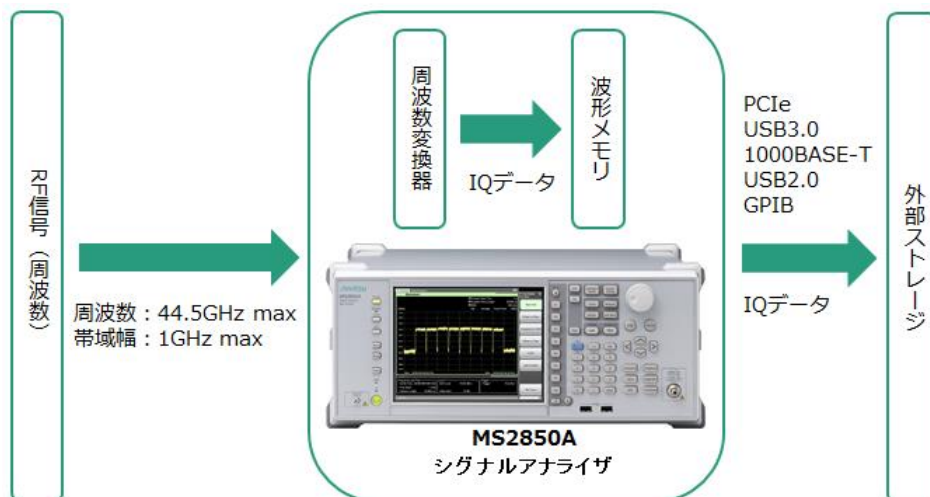


図 1.2-1 RF 信号を MS2850A でデジタイズしたときのフローチャート

図 1.2-2 に MS2850A を使用した RF デジタイザの用途を示します。MS2850A は優れた RF 性能と大容量メモリ搭載により、5G のような高度化する広帯域通信の研究・開発・製造に最適です。さらに、高周波および広帯域信号や、フィールドでの RF 信号をモニタリングするための高性能デジタイザとして威力を発揮します。

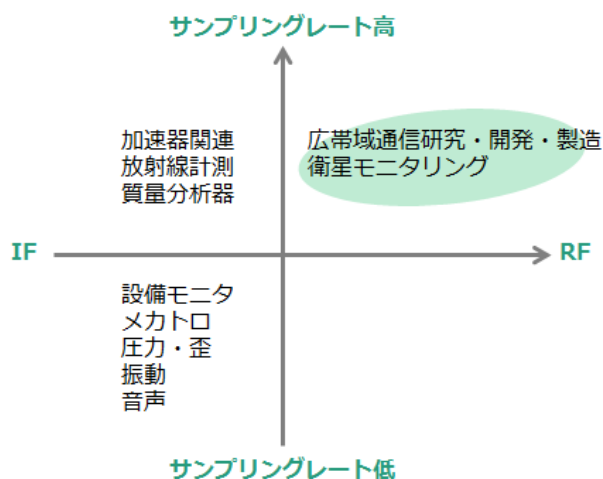


図 1.2-2 MS2850A を使用した RF 信号デジタイザの用途

2 アプリケーション例

2.1 衛星モニタリング

図 2.1-1 に衛星モニタリング用途でのアプリケーションを示します。衛星は Ka、Ku、C バンドなど異なる周波数で運用されており、地球局は衛星から受信した信号を中間周波数にダウンコンバートしデジタイジングしています。MS2850A は先述した通り、周波数変換機能を有しているため外部にダウンコンバータを必要とせず、受信信号を直接デジタイズすることができます。さらに、衛星のモニタリングでは常に衛星の飛行状態を監視するためにデータを収集し続ける必要がありますが、高速データ転送用外部インターフェース PCIe MS2850A-053 を使用することでデータ転送にかかる時間が大幅に短縮します。これにより、複数の周波数バンドをスイッチボックスに集約し、短い周期で切り替え測定を行うことで測定器の数を減らせるコスト削減効果があります。また、MS2850A の優れた RF 性能は干渉搬送波の検出と特性評価に貢献します。

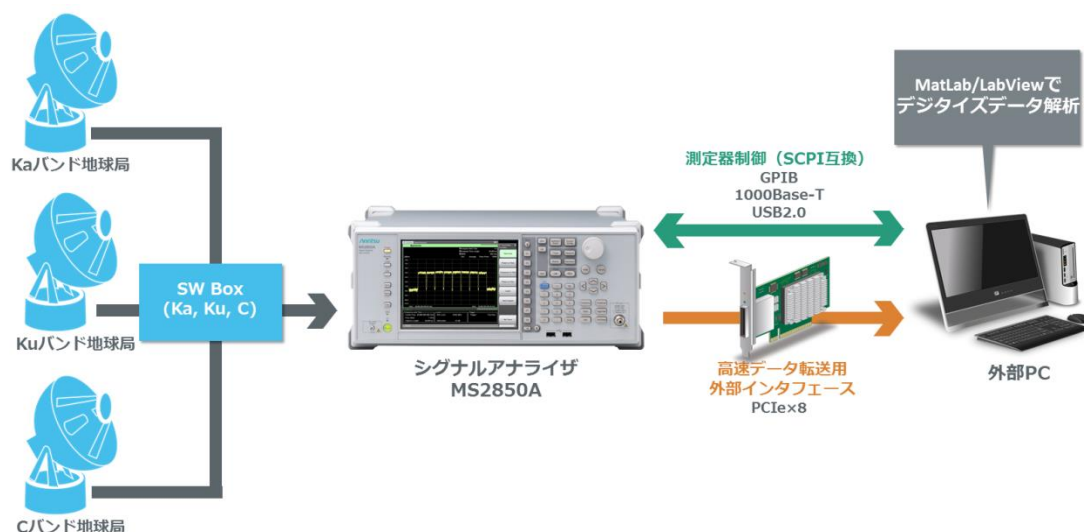


図 2.1-1 衛星モニタリング (PCIe 使用時)

2.2 高速データ収集用途での測定器活用

図 2.2-1 に無線送信機製造ラインでのアプリケーションを示します。製造では複数のラインで DUT の製造、検査が行われています。一般的に DUT の検査では、シグナルアナライザから取得したマーカ値や解析結果をもとに外部 PC 上で Pass/Fail 判定を行っているため、デジタイズデータ自身は失われてしまいます。しかし、RF 信号のデジタイズデータを保管しておくことで、異なる測定条件や測定ドメインでの再解析（リプレイ）が可能になります。さらに、世界中に存在する生産拠点から集めたデジタイズデータをコントロール拠点で管理することにより、距離的・時間的ギャップのない品質管理が実現します。これらを実現するためには、デジタイズデータを測定器から外部 PC へ転送する必要がありますが、制御用の Ethernet を使用すると転送時間が遅く生産性が悪化します。MS2850A はデータ転送用の専用インターフェースを使用することで、測定器（内蔵波形メモリ）に格納したデジタイズデータを外部 PC に転送する時間を大幅に短縮し、製造コストの削減に貢献します。

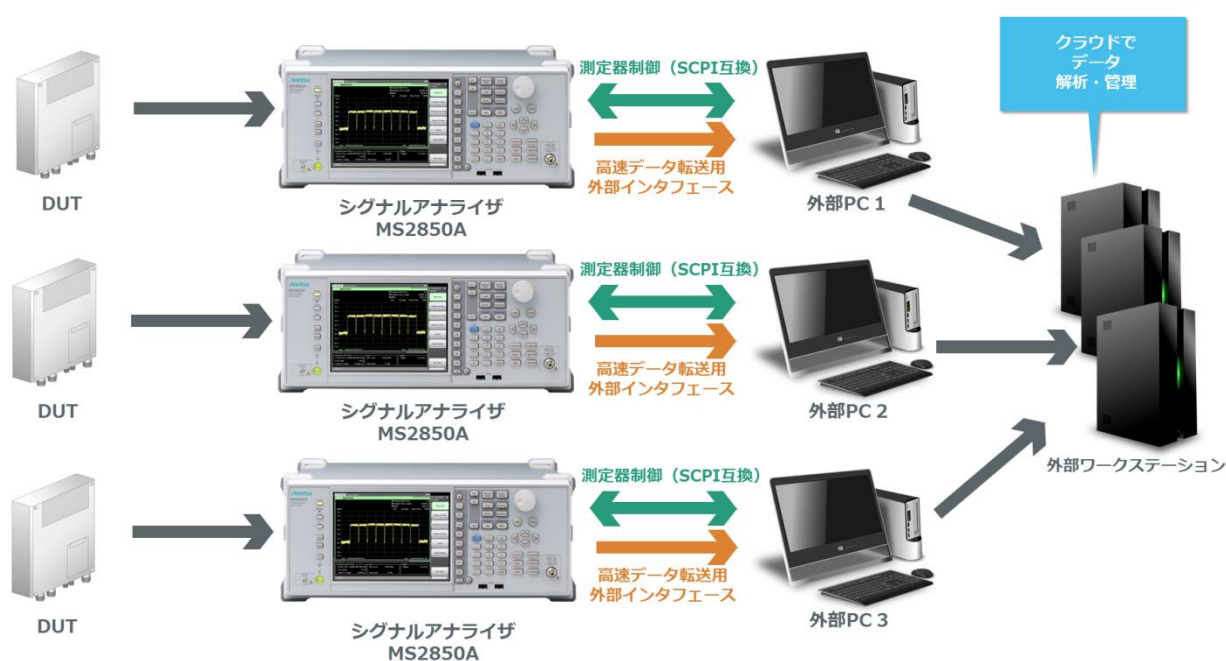


図 2.2-1 無線送信機製造ラインでのデータ管理

3 デジタイザ機能の紹介

3.1 サンプリング・レートとキャプチャ時間

MS2850A は標準機能であるシグナルアナライザモードにより、デジタイズした信号を内蔵波形メモリに記録することができます。図 3.1-1 にデータ転送の概念図を示します。高速データ転送は MS2850A の内蔵波形メモリにデジタイズした IQ データを、内部 CPU を介さずに外部 PC のメモリへ直接転送することで実現しています。

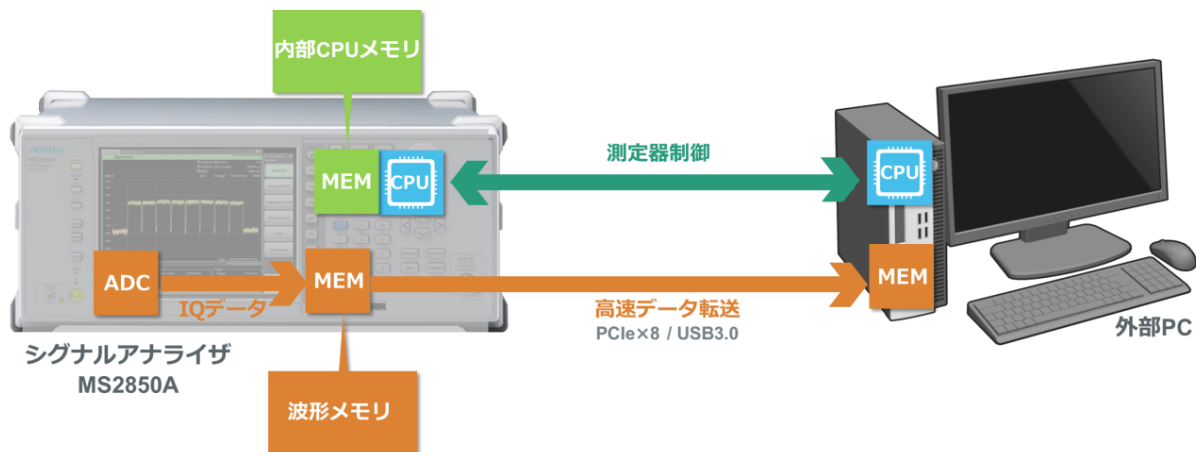


図 3.1-1 データ転送の概念図

表 3.1-2 に周波数スパンとサンプリング・レートにおける設定分解能とキャプチャ時間を示します。MS2850A は周波数スパンに基づいて自動的にサンプリング・レートを決定します。また、最大 1 GHz スパンで最長 3 秒のデジタル化が可能です。1 サンプルは 8 バイト（Float 型 I,Q データ）のため、たとえば、周波数スパンが 1 GHz で 0.1 秒分のデジタル化データは $1,300,000,000 \times 0.1 \times 8 = 1,040,000,000$ バイト（1.04 GB）となり非常に大きなデータサイズになります。

表 3.1-2 周波数スパンとサンプリング・レートにおける設定分解能と設定範囲

周波数スパン	サンプリング・レート	設定分解能	キャプチャ時間	サンプル数
50 MHz	81.25 MHz	160 ns	1600 ns ~ 48 s	730130 ~ 3900730000
62.5 MHz	81.25 MHz	160 ns	1600 ns ~ 48 s	730130 ~ 3900730000
100 MHz	162.5 MHz	80 ns	800 ns ~ 24 s	730130 ~ 3900730000
125 MHz	162.5 MHz	80 ns	800 ns ~ 24 s	730130 ~ 3900730000
255 MHz	325 MHz	40 ns	400 ns ~ 12 s	730130 ~ 3900730000
510 MHz ^{*1}	650 MHz	20 ns	200 ns ~ 6 s	730130 ~ 3900730000
1 GHz ^{*2}	1300 MHz	10 ns	100 ns ~ 3 s	730130 ~ 3900730000

* 1：解析帯域幅拡張 510MHz MS2850A-033 または解析帯域幅拡張 1GHz MS2850A-034 が必要です。

* 2：解析帯域幅拡張 1GHz MS2850A-034 が必要です。

高速データ転送用外部インタフェース PCIe または、USB3.0 を使用しデジタル化を行う場合は、周波数スパンの下限が 50 MHz となります。周波数スパンが 50 MHz 未満の場合は、Ethernet や USB2.0 のインタフェースをご使用ください。

3.2 インタフェースと転送速度

3.1 項に記載した通り、広帯域信号をデジタル化するとデータサイズは非常に大きくなります。表 3.2-1 にインタフェースごとの転送レートと転送時間、用途についてまとめました。これらのデータは 32 GB (約 4,000 M サンプル) の IQ データを外部 PC に転送した場合の実測値であり、32 GB はスパン 1 GHz で約 3 秒間のデジタル化データに相当します。従来品である 1000Base-T から USB3.0 に変更すると、転送速度が約 1/10 に削減します。さらに、PCIe (x8/Gen2) に変更すると、転送速度は約 1/100 になります。

表 3.2-1 32GB の IQ データを転送したときの実測値比較

	1000Base-T	USB3.0	PCIe (x8/Gen2)
転送レート (実測値)	23 MB/s	340 MB/s	2400 MB/s
転送時間 (平均値)	1,380 s Standard	96 s Fast	13 s Very fast
汎用性/容易性	市販のケーブルを使用可能	市販のケーブルを使用可能	専用のホストアダプタとケーブルが必要 電源投入順序に注意事項あり
特長	研究・開発 低コストでの測定系構築	研究・開発 時間短縮による開発効率の向上	製造 タクトタイム短縮による製造コスト削減

4 シグナルアナライザを用いたデジタイザの RF 性能

4.1 スプリアスフリーダイナミックレンジ (SFDR)

SFDR は、基本信号から最大高調波または非高調波スプリアスまでの振幅における比率を表します。SFDR が大きいほど信号とスプリアスをより明確に区別することができます。図 4.1-1 に MS2850A の実測値を示します。中心周波数 28 GHz、スパン 1 GHz で -70 dBc Nominal となっています。



図 4.1-1 SFDR の実測例（中心周波数 28 GHz、スパン 1 GHz、実測値）

4.2 ダイナミックレンジ（信号対雑音比）

ダイナミックレンジは入力信号レベルとシグナルアナライザ自身のフロアノイズとの差です。ダイナミックレンジが大きいほど信号とノイズをより明確に区別することができ、正確な変調解析結果を得ることができます。特に、広帯域信号を評価する場合、SFDR よりもダイナミックレンジの影響を受ける場合があります。図 4.2-1 にダイナミックレンジの概念図を示します。フロアノイズを 1 Hz で正規化した値をシグナルアナライザの表示平均雑音レベル (DANL) といい、シグ

ナルアナライザ自身がどこまで低いレベルを測定することができるかの指標になります。一方、ADC クリッピング・レベルはシグナルアナライザに入力できる最大のレベルを表しており、ADC クリッピング・レベルと DANL との差をダイナミックレンジと定義しています。MS2850A は 28 GHz で 142 dB のダイナミックレンジを持っています。100 MHz 帯域かつピークファクタ 14 dB の変調信号を測定する場合、ダイナミックレンジの換算値は $142\text{ dB} - (10 \times \log 100\text{ MHz}) - 14\text{ dB} = 48\text{ dB}$ となり、信号対雑音比は SFDR よりもダイナミックレンジで決まることがわかります。

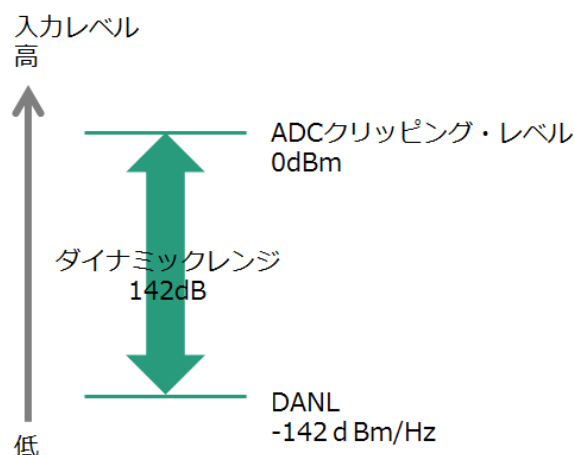


図 4.2-1 ダイナミックレンジの概念図 (中心周波数 28 GHz、CW、参考値)

4.3 帯域内フラットネス

帯域内フラットネスは、解析帯域幅の範囲で信号の振幅が変化する最大値と最小値の差を dB 単位であらわしたものです。フラットネスは広帯域の変調信号をデジタル化する場合、入力信号の振幅をどれだけ正確にキャプチャできるかを表します。特に、広帯域信号を測定する場合は、シグナルアナライザ自身を持つフラットネス性能が優れていることが重要になります。MS2850A はすべての周波数において補正を行うことで優れたフラットネスを実現しました。

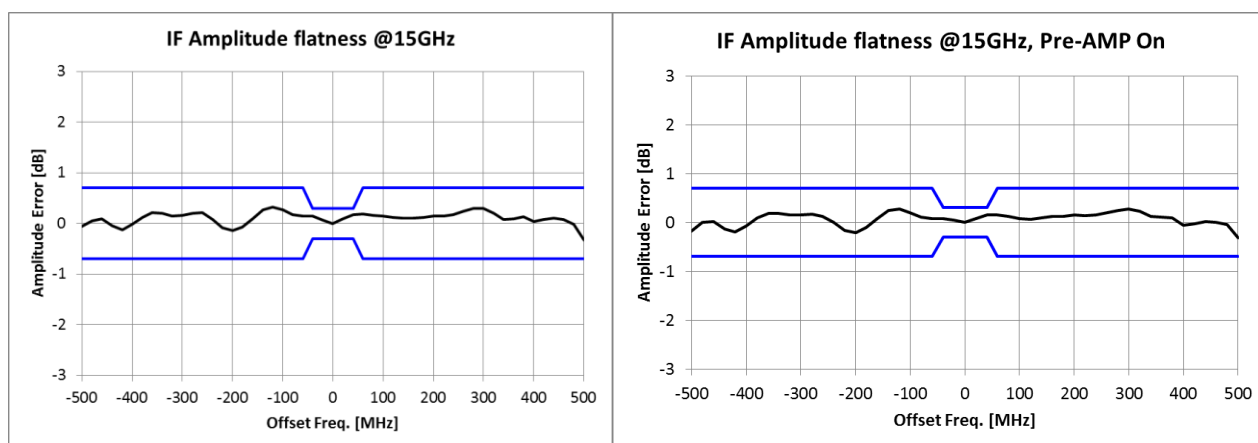


図 4.3-1 中心周波数 15 GHz の振幅フラットネス

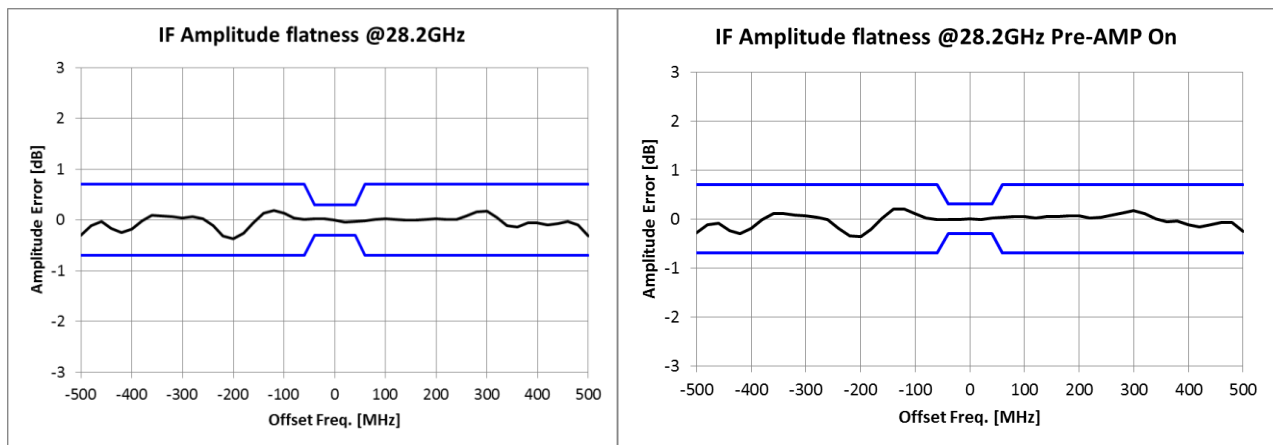


図 4.3-2 中心周波数 28.2 GHz の振幅フラットネス

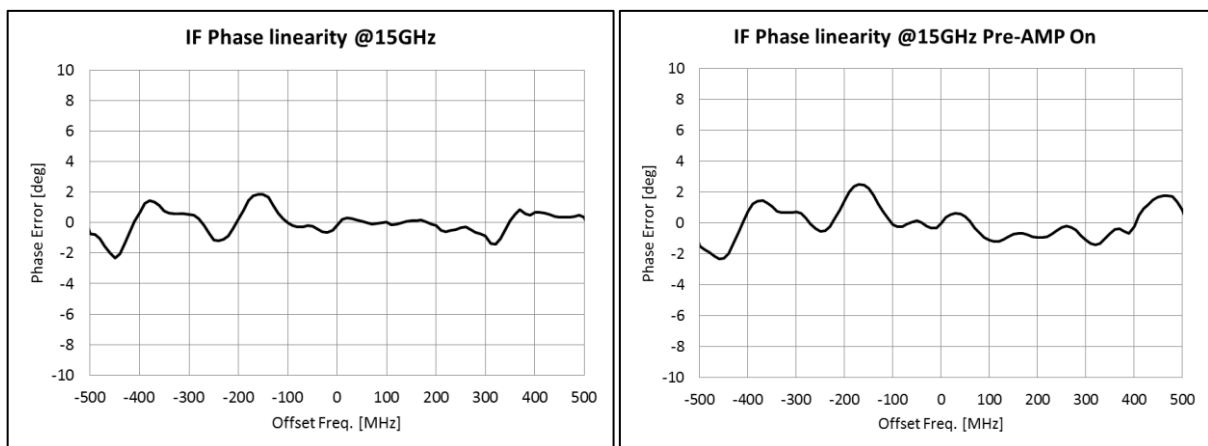


図 4.3-3 中心周波数 15 GHz の位相リニアリティ

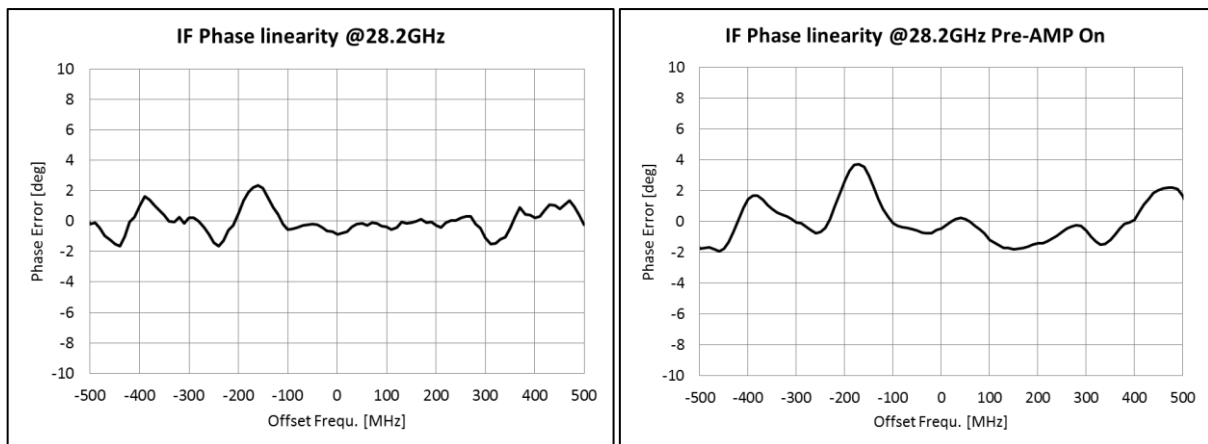


図 4.3-4 中心周波数 28.2 GHz の位相リニアリティ

4.4 イメージ信号

スーパーヘテロダイン式のシグナルアナライザでは周波数変換を行うためにミキサを使用しているため、イメージ信号が発生するという問題があります。一般的なシグナルアナライザは、イメージ信号の発生を抑えるためにプリセクタを使用しますが、広帯域測定時はプリセクタの通過特性で帯域が制限されるためプリセクタをバイパスしなければならず、イメージ信号が発生してしまいます。イメージ信号は測定信号と分離することができないため不要信号となって現れます。表 4.4-1 に示すように、MS2850A は中心周波数が 4.2 GHz 以上、解析帯域幅 50 MHz 以上でプリセクタをバイパスし

ますが、IF 周波数を高くすることで、広帯域測定時であってもイメージレスポンスの影響を受けにくい設計になっています。また、図 4.4-2 に 10 GHz 信号を入力した場合にイメージ信号がどこに発生するのかを示します。イメージ信号は IF 周波数の 2 倍離れたところに現れます。IF 周波数が高いほどイメージ信号の影響を受けにくいことがわかります。ただし、イメージ信号が完全になくならない場合には、外部に BPF を入れるなどの対策が必要になります。

表 4.4-1 MS2850A がサポートするデジタイザ

中心周波数	ADC 分解能	最大解析帯域幅	IF 周波数
> 4.2 GHz	12 bit	1 GHz	1.95 GHz

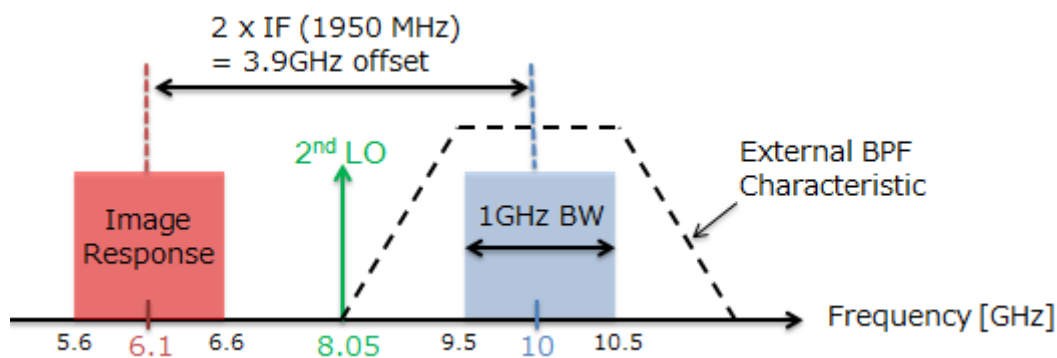


図 4.4-2 中心周波数 10 GHz のイメージ信号

5 まとめ

MS2850A はデータ転送用の専用インタフェースにより大容量のデジタイズデータを測定器から外部 PC に高速転送します。さらに、デジタイザとして優れた性能を有しています。MS2850A は開発・製造にかかる時間とコストの削減に貢献します。

6 オーダー情報

モデル

形名	品名	備考
MS2850A	シグナルアナライザ	標準解析帯域幅は 255 MHz です。

基本構成オプション

形名	品名	備考
MS2850A-047	32GHz シグナルアナライザ	最大周波数を選択します。周波数レンジはアップグレードできません。
MS2850A-046	44.5GHz シグナルアナライザ	
MS2850A-033	解析帯域幅拡張 510MHz	MS2850A-033 が必要です。
MS2850A-034	解析帯域幅拡張 1GHz	
MS2850A-068	マイクロ波帯プリアンプ	
MS2850A-053	高速データ転送用外部インタフェース PCIe	
MS2850A-054	高速データ転送用外部インタフェース USB3.0	

応用部品

形名	品名	備考
U0088A	PCIe Host Adapter	
J1749A	PCIe x8 Cable (2 m)	
J1749B	PCIe x8 Cable (5 m)	



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

計測器営業本部 TEL 046-296-1202 FAX 046-296-1239

計測器営業本部 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 住友生命仙台中央ビル

計測器営業本部 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

計測器営業本部 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

計測器営業本部 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

計測器営業本部 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。

計測器営業本部 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。

ご使用の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。

1710