

航空無線航法装置用測定 ソリューション アプリケーションノート

製品：

- | R&S®SMA100A | R&S®EVS300
- | R&S®FSU | R&S®NRP-Z81
- | R&S®FSQ | R&S®RTO
- | R&S®FSMR

このアプリケーションノートでは、VHF全方向式無線標識（VOR）、計器着陸装置（ILS）のグライドスロープ（GS）およびローカライザ（LLZ）、マーカビーコン（MB）など、さまざまな航空無線航法信号について、校正、研究開発、現場テスト、トランシーバ・テストといったアプリケーション・シナリオに対応するローデ・シュワルツの航法アビオニクス装置用の測定ソリューションを紹介します。

目次

1	概要	3
1.1	アビオニクス.....	3
1.2	スペクトラムの割り当て.....	4
1.3	航法および着陸用計器.....	5
2	航空無線航法	8
2.1	VHF全方向式無線標識 (VOR).....	8
2.2	計器着陸装置 (ILS).....	10
2.2.1	計器着陸装置—グライドスロープ (ILS-GS).....	11
2.2.2	計器着陸装置—ローカライザ (ILS-LOC/LLZ).....	12
2.2.3	マーカビーコン (MB).....	13
2.3	アプリケーションの概要.....	14
3	アプリケーション・シナリオ	16
3.1	R&S [®] SMA100Aシグナル・ジェネレータを使用した受信機テスト.....	16
3.2	R&S [®] FSMRメジャリング・レシーバを使用した VOR/ILSシグナル・ジェネレータとサービス・モニタの校正.....	21
3.2.1	R&S [®] FS-K15 オプションを使用したVOR信号の測定.....	21
3.2.2	R&S [®] FS-K15 オプションを使用したILS信号の測定.....	22
3.3	R&S [®] EVS300 を使用した地上検査と飛行検査.....	23
3.4	R&S [®] RTOオシロスコープを使用したDMEパルス解析.....	31
4	まとめ	33
5	参考文献	34
6	略語	35
7	オーダー情報	36

1 概要

1.1 アビオニクス

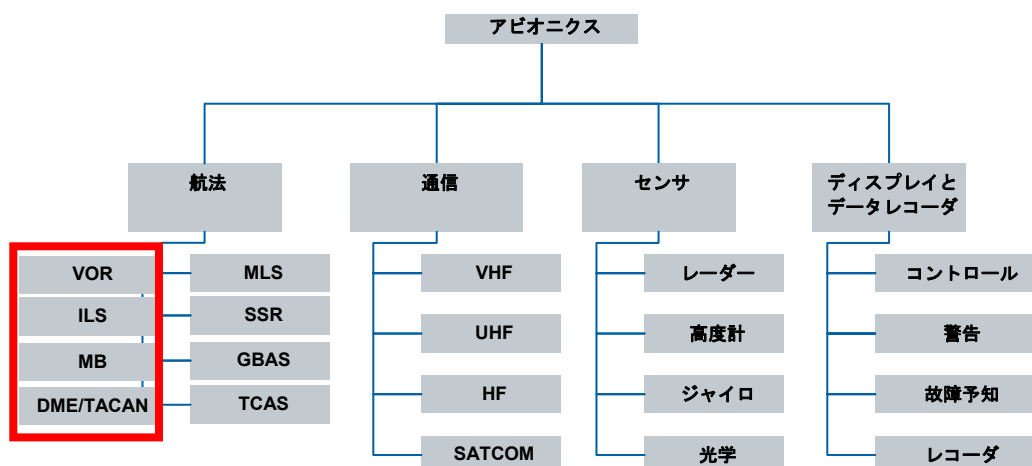


図1：アビオニクスの簡単な構成内訳（赤枠内はここで扱うもの）

アビオニクス・アプリケーションには（「アビオニクス」はアビエーション（航空）とエレクトロニクスを組み合わせた造語）、その運用環境を考慮して極めて厳格かつ厳密な要件が定められています。航空機に搭載されたアビオニクス部品の故障は、生命の危険に直結する恐れがあります。したがって、アビオニクス装置の設置や運用に伴う不具合については、そのすべての側面を厳密にモニタして測定することが不可欠です。

図1に示すように、アビオニクスは、航法、通信、センサ、ディスプレイおよびデータレコーダの各カテゴリに属するさまざまなグループに分類されます。フライバイワイヤ方式による電子式操縦システムが採用されている場合を除き、上図の分類は、民間と軍用を問わず、現代の航空機のほとんどに当てはまります。

このアプリケーションノートでは、ローデ・シュワルツの航空無線航法信号用テスト・ソリューションに焦点を当てます。これらの信号には、VHF 全方向式無線標識（VOR）、計器着陸装置－グライドスロープ（ILS-GS）、計器着陸装置－ローカライザ（ILS-LOC）、およびマーカビーコン（MB）に使われる信号が含まれます。民間用の距離測定装置（DME）および軍用の戦術航法装置（TACAN）については[アプリケーションノート 1GP74](#) に紹介されていますので、詳しい説明を省きます。

ここでは、信号の生成および解析測定用のソリューションについて、校正機関、空港当局、メーカー、研究開発組織など、さまざまな航空関連ユーザの要件にはどのソリューションが適しているかを説明します。

1.2 スペクトラムの割り当て

表 1：航空無線航法信号の RF スペクトラム割り当て（標準）

	100 kHz	1 MHz	10 MHz	100 MHz	1 GHz	5 GHz	10 GHz	Frequency Range (Hz)
HF Comm.			■					3-30 MHz
VHF Comm.				■				118-156 MHz
UHF Comm.					■			225-400 MHz
MB				■				75 MHz
ILS-GS					■			329-335 MHz
ILS-LLZ				■				108-112 MHz
VOR				■				108-118 MHz
DME						■		1025-1150 MHz, 962-1213 MHz
GPS (L1/L2)							■	1575.42 MHz(L1), 1227.6 MHz(L2)

3MHz～30MHz までの短波（HF）通信では、帯域幅約 2.5kHz で単側波帯の搬送波抑圧変調が使われ、送信出力は通常数百ワットです。しかし、HF の伝播は、周波数、天候、1 日の中の時間帯、電離層の状態などによって異なります。超短波（VHF）通信には 2 つの異なる帯域が使われます。30MHz～88MHz が軍用、118MHz～156MHz が軍民共用で、標準両側波帯の AM 変調を使用し、送信出力は 40dBm～45dBm です。極超短波（UHF）通信には、VHF と、225MHz から 400MHz までの UHF が含まれます。送信出力は FM 変調方式の場合で 40dBm～50dBm、AM 変調方式の場合で 40dBm～44dBm です。この帯域は軍用として、アンチジャミングなど、さまざまなパルスや周波数ホッピング方式を使用する対電子妨害手段（ECCM）によく使われます。

全地球測位システム（GPS）などの長距離エンルート無線航法には、上記の用途よりもわずかに高い周波数帯が使われます。VHF 全方向式無線標識（VOR）、計器着陸装置－グライドスロープ（ILS-GS）、計器着陸装置－ローカライザ（ILS-LOC）、マーカビーコン（MB）などの見通し範囲（LOS）の進入無線航法には、HF 帯と VHF 帯が使われます。距離測定装置（DME）は、UHF 帯で使用するよう周波数が割り当てられています。

1.3 航法および着陸用計器



図2：操縦席の計器盤に取り付けられた各種航法、着陸、およびDME計器

航空機の操縦室のパイロットの視点では、VOR/ILS と MB はアナログベースの表示装置であり、GPS はデジタルベースの表示装置です。航空機の有資格整備士（LAE）には、計器の精度と信頼性を確認して機体をパイロットに引き継ぐ責任があります。図2は航空無線航法用の計器に着目したもので、補助操縦装置やエンジン用の計器は示されていません。

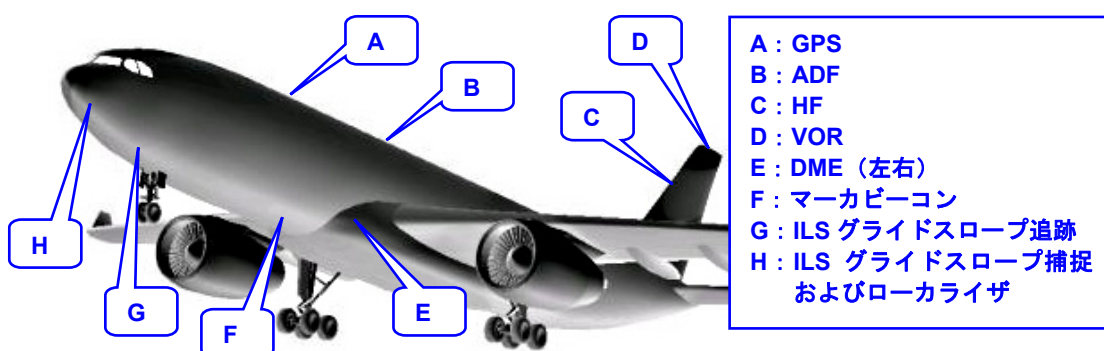


図3：機上無線航法装置の位置

航空無線航法装置のアンテナとトランシーバは、最も可能性の高い信号到来方向（DOA）に応じて、通常、機首、胴体、および垂直安定板に取り付けられています。たとえば、GPS 用トランシーバは衛星からの受信状態を向上させるために最上部に取り付けられ、ILS のグライドスロープとローカライザは着陸進入中に最良の受信状態が得られるように機体下面に取り付けられています。

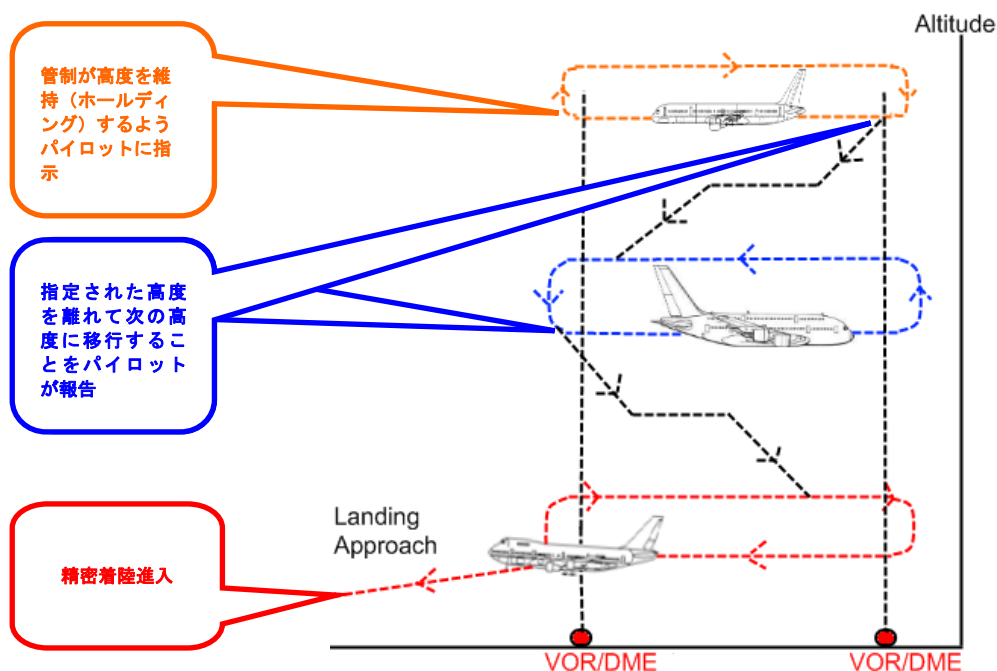


図4：待機状態から着陸進入航法への移行

エンルート航法には、GPS、レーダー、航空交通管制機関（ATC）との VHF 交信、距離測定装置（DME）、および自動方向探知機（ADF）の使用が含まれます。たとえば、GPS と ADF を使用する場合、パイロットは機体の位置を知った上で ATC に着陸許可を求めます。航空交通量が多い場合は ATC が到着機の交通整理を行い、パイロットはホールディング・パターン（通常はレーストラックのようなパターン、図 4 参照）に従って待機します。VOR/DME 局は最終的な降下および着陸進入前のウェイポイント（通過点）として機能し、機体は、マーカビーコン（MB）および計器着陸装置（ILS）によって示される滑走路からの距離によって誘導されます。

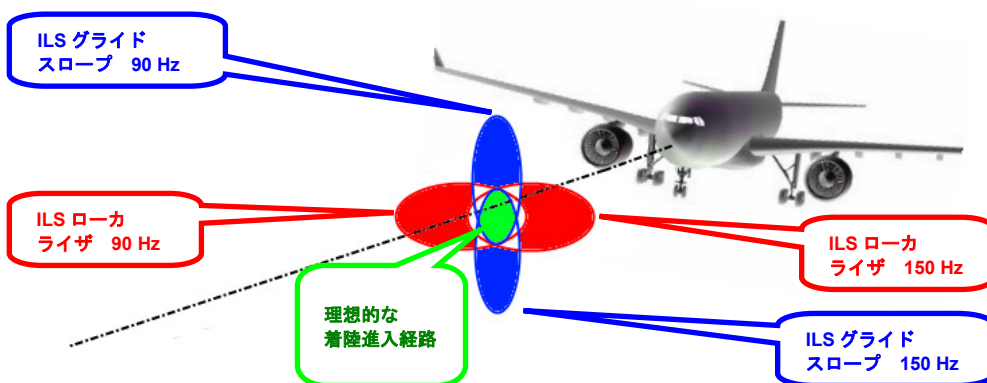


図5：計器着陸装置（ILS）を使用した進入航法

着陸のための航法手段として、計器着陸装置（ILS）には 3 つの機能、つまりグライドスロープ（GS）、ローカライザ（LOC または LLZ）、マーカビーコン（MB）が含まれています。グライドスロープは、マーカビーコン（MB）に基づく滑走路からの距離との組み合わせによって、垂直降下経路を理想的な降下経路に合わせられるようになっています。また、ローカライザは、横方向（左右）の進入経路を滑走路中心線に合わせられるようになっています。着陸進入における MB は徐々にその役割が DME に移行しつつありますが、既存の飛行施設にとっては依然として不可欠です。

2 航空無線航法

2.1 VHF 全方向式無線標識 (VOR)

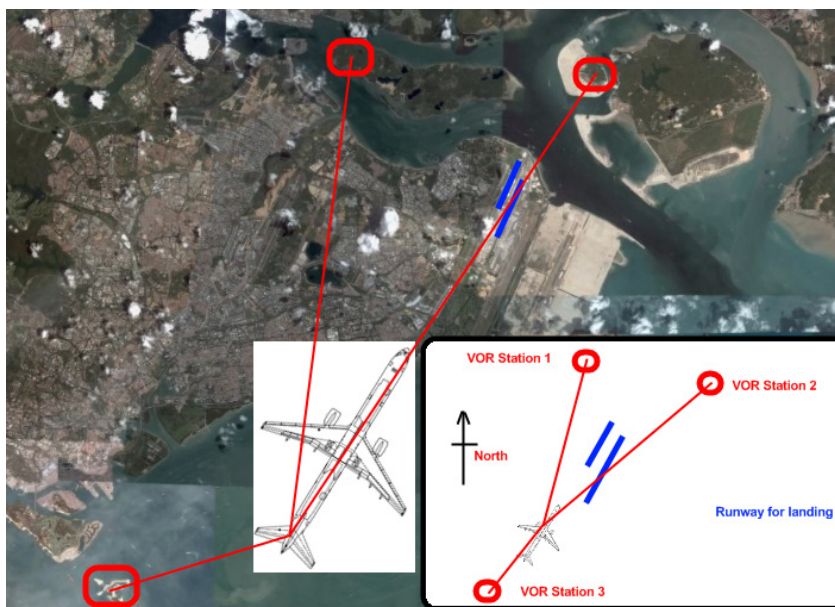


図6：VOR 局を使用した最終降下進入位置の特定

VHF 全方向式無線標識 (VOR) は 108MHz~118MHz の VHF 周波数帯で動作し、その VOR 地上局への方角を航空機に知らせます。VOR 送信局の信号を復調することによって、機体に搭載された VOR 受信機を使用して送信局に対する相対方位情報を得られます[1]。2 つ以上の局を使用すれば、三角法によって機体の位置を知ることができます。VOR 局は、地上局に対する相対方位を送信しています。

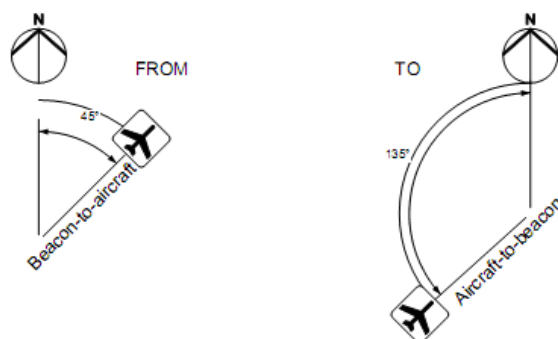


図7：FROM およびTO での方位角表示法

操縦席の VOR 指示計には、FROM または TO というインジケータが表示されます。FROM が表示されている場合はビーコンが基準点となり、方位角は磁北からビーコンと機体を結んだ線までの角度になります。TO が表示されている場合は機体が基準点となり、方位角はビーコンと機体を結んだ線から磁北までの角度になります。 $\phi TO = 180^\circ - \phi FROM$ (図 7 を参照)

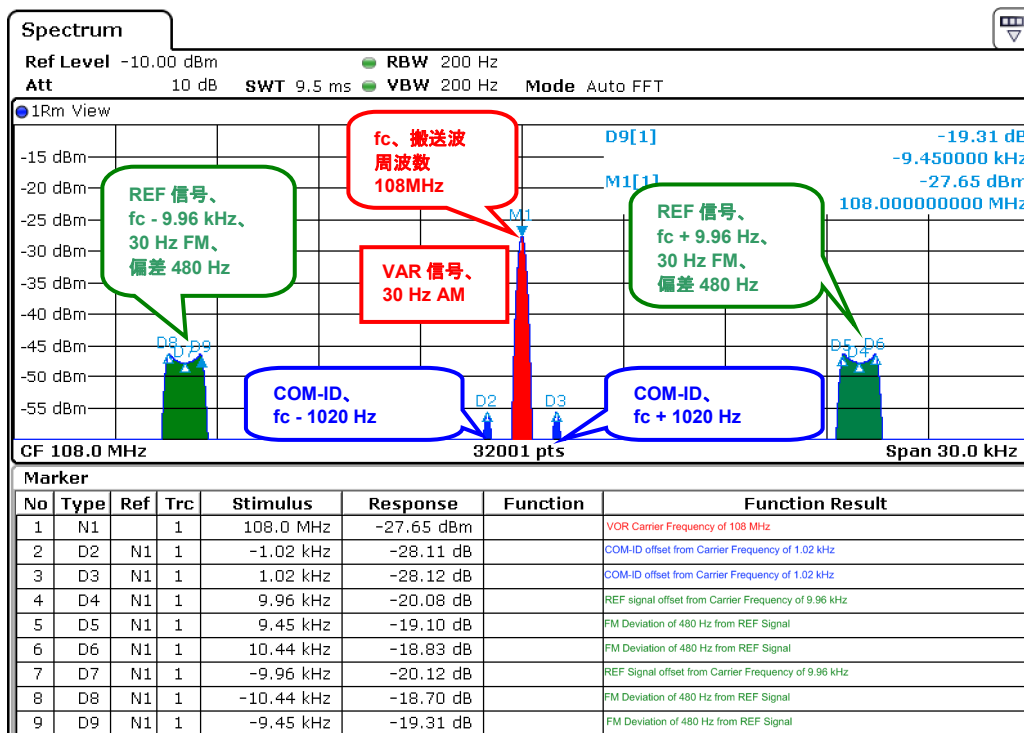


図 8 : R&S®FSV シグナル・アナライザに表示された VOR スペクトラム (MAX HOLD トレース機能と LOG SCALE)

VHF 全方向式無線標識 (VOR) は 108MHz~118MHz の搬送波周波数で継続的に方位信号を送信しており、同時にモールス符号で表される最大 4 文字の識別コード (COM/ID) を 1.020kHz の変調トーンに乗せて送信しています。図 8 は中心周波数 108MHz の VOR スペクトラムの例です。このスペクトラムは R&S®FSV を使用し、対数スケールで表示されています。

30Hz の基準 (REF) 信号は、9.96kHz 搬送波の 480Hz ピーク偏差で周波数変調されます。この周波数変調された副搬送波は、VOR 搬送波周波数上で振幅変調されます。可変 (VAR) 位相信号は、30Hz (1800rpm) の速度で回転する「カーディオイド」形のアンテナパターンを形成するアンテナ・アレイを使用し、VOR 搬送波周波数上で直接振幅変調されます。REF 信号は固定された全方向性アンテナから送信されるので、時変空間変調信号は含まれていません。両方の 30Hz 信号間の相対的な位相比較は、この回転のため送信機の方位に比例したものとなります。

2 つの信号は磁北の方向で同位相に設定されており、磁東で 90° 、磁南で 180° 、磁西で 270° の位相ずれが生じるようになっています。VOR 受信機は、VAR 信号と REF 信号を受信して両者の位相を比較し、FROM 表示の場合は局への方位をパイロットに示すことによって機能します。

2.2 計器着陸装置 (ILS)

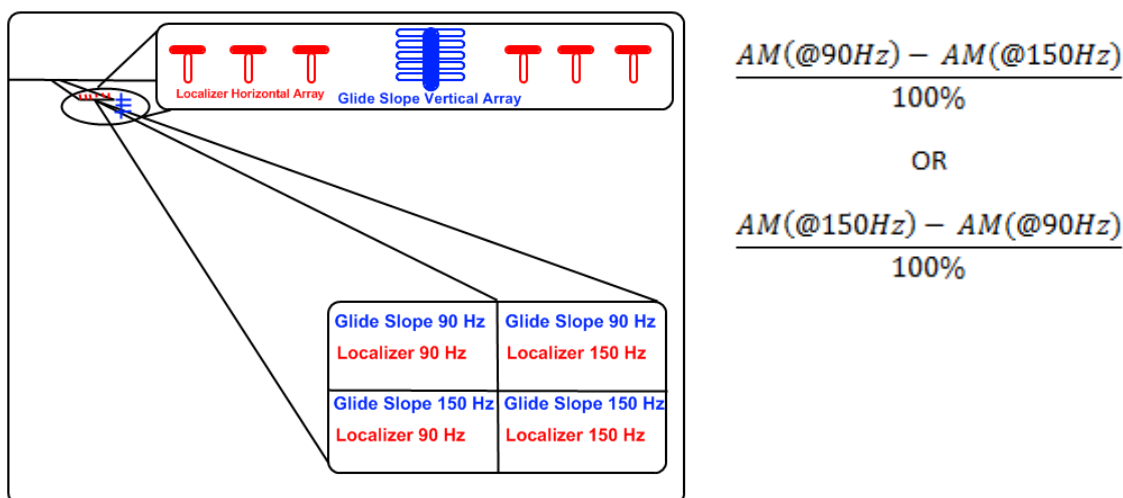


図9 : ILSにおける90Hzと150Hzの周波数配置

計器着陸装置 (ILS) は、理想的な着陸コースを基準とした着陸進入データを航空機のパイロットに提供します。これは、気象による視程不良時、夜間、および横風進入などの際に特に重要です。

ILS-GS は、着陸時にパイロットが正しく上昇または降下することを可能にします。この垂直方向のコース修正は、329MHz~335MHz帯を使用するAM変調度40%の2つのAM搬送波を介して行われます。機体の進入に際し、上側トーンは通常90Hzの周波数で変調され、下側トーンは150Hzで変調されます[2]。ビームの形成には、垂直に配置されたフェーズド・アンテナ・アレイが使われます。

ILS-LOC/LLZは、着陸時にパイロットが左右のコース調整を正しく行うことを可能にします。この横方向修正は、108MHz~112MHzの帯域を使用するAM変調度20%の2つのAM搬送波を介して行われます。航空機の進入に際し、左側トーンは通常90Hzで変調され、右側トーンは150Hzで変調されます[2]。ビームの形成には、水平に配置されたフェーズド・アンテナ・アレイが使われます。

「変調度の差」(DDM)は、90Hzと150Hzの2つのAM搬送波間での相対的な差です。受信したグライドスロープ信号を復調し、2つのトーン間における変調度の差(DDM)を計算することによって、ILS-GSは垂直コース・プロファイルのデータをパイロットに提供します。同様に、受信したローカライザ信号を復調し、2つのトーン間における変調度の差(DDM)を計算することによって、ILS-LOC/LLZは横方向のコース・データをパイロットに提供します。マーカビーコンは、滑走路端からの距離を異なる可聴音で示します。

ILS-GS、**ILS-LOC/LLZ**、およびマーカビーコンを同時に使用することによって、航空機は、ICAOに承認された信頼性の高い降下進入経路をたどることができます。

2.2.1 計器着陸装置—グライドスロープ (ILS-GS)



図10 : ILS-GS アンテナ

グライドスロープ送信機は滑走路端付近に設置されています（航空機の進入開始点に最も近い）。通常、垂直方向に揃えて配列されたアンテナが、329MHz～335MHz の帯域で、一方のビームの上に他方のビームが重なるようにして互いに交わる 2 つのメインビームを送信します。通常は上側のビームが 90Hz で変調され、下側のビームが 150Hz で変調されます。現場での設置とメンテナンスを慎重に行うことにより、受信信号はグライドスロープの中心線に沿って等しく変調されます。

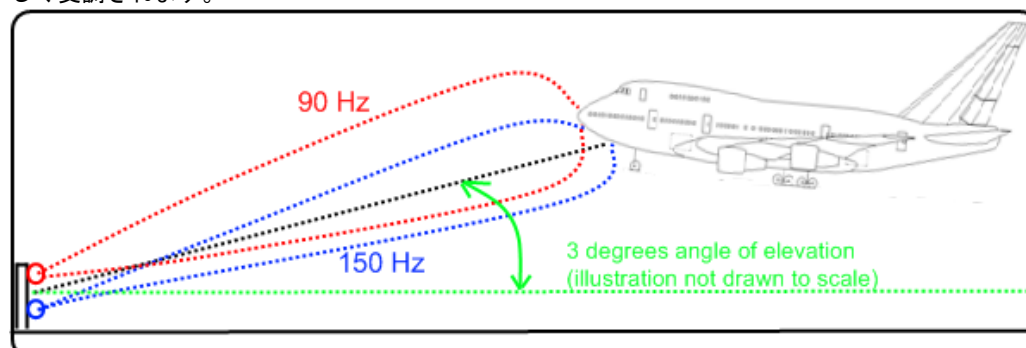


図11 : ILS-GS の変調度の差 (DDM、側面図)

合計ビーム幅は約 1.4° で、求められるグライドスロープの角度は 3° です。受信したグライドスロープ信号を復調して 2 つのトーン間の変調度の差 (DDM) を計算することにより、ILS-GS は垂直コースのデータをパイロットに提供します[3]。

変調度の差 (DDM) は、90Hz と 150Hz、2 つの AM 搬送波の間の相対的な差です。DDM が正の値の場合は上側の 90Hz ビームが優勢であり、DDM が負の値の場合は下側の 150Hz ビームが優勢です。パイロットは、理想的な垂直降下経路 (DDM=0) を保つために十分な出力と進入角度を維持できるだけの操縦技能を備えていることが求められます。着陸進入角度の修正も、機体をスムーズに接地させるとともに着陸装置 (脚) に機械的な異常が生じることのないように行わなければなりません。

2.2.2 計器着陸装置—ローカライザ（ILS-LOC/LLZ）



図12：ILS-LOC アンテナ

ローカライザ送信機は滑走路端付近に設置されています（航空機の進入開始点に最も近い）。通常、水平方向に揃えて配列されたアンテナが、108MHz～112MHzの帯域で、左右に隣り合ったビームの中心部分が互いに重なるようにして2つのメインビームを送信します。通常は着陸のために降下してくる航空機から見て左側のビームが90Hzで変調され、右側のビームが150Hzで変調されます[3]。現場での設置とメンテナンスを慎重に行うことにより、受信信号は滑走路の中心線に沿って等しく変調されます。

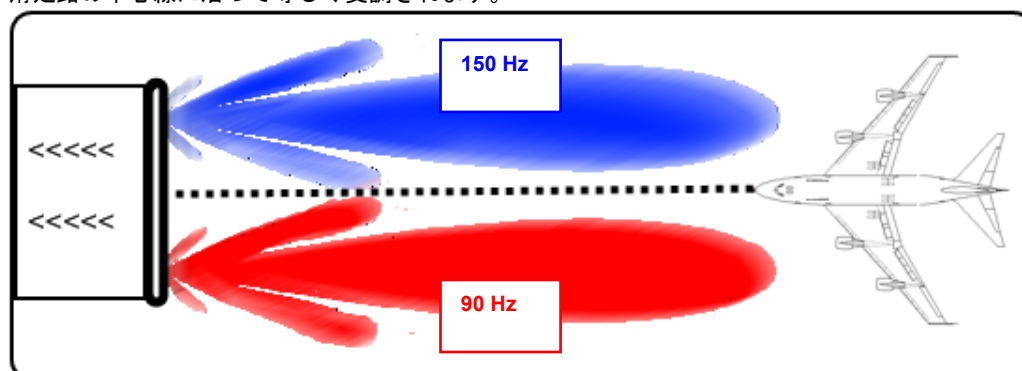


図13：ILS-LOC/LLZの変調度の差（DDM、平面図）

合計ビーム幅は約 5° で、ローカライザ受信機はこの変調度差を使用して正確な降下進入経路を決定します。受信したローカライザ信号を復調して2つのトーン間の変調度の差（DDM）を計算することにより、ILS-LOC/LLZは、横方向のコース・データをパイロットに提供します。

変調度の差（DDM）は、90Hzと150Hz、2つのAM搬送波の間の相対的な差です。DDMが正の値の場合は左側の90Hzビームが優勢であり、DDMが負の値の場合は右側の150Hzビームが優勢です。パイロットは、特に視程不良時や横風時などに機体をDDM=0の理想的な位置に修正できるだけの十分な操縦技能を備えている必要があります。横風の場合には、降着装置（脚）の位置を滑走路の軸線上に合わせて機首を風上方向に向けて進入しなければならないこともあります。この進入着陸方法を「クラブ法」と呼びます。正確で信頼できるILS-LOC/LLZおよびILS-GSシステムであれば、視程不良時や悪天候下でもパイロットを誘導することができます。

2.2.3 マーカビーコン (MB)

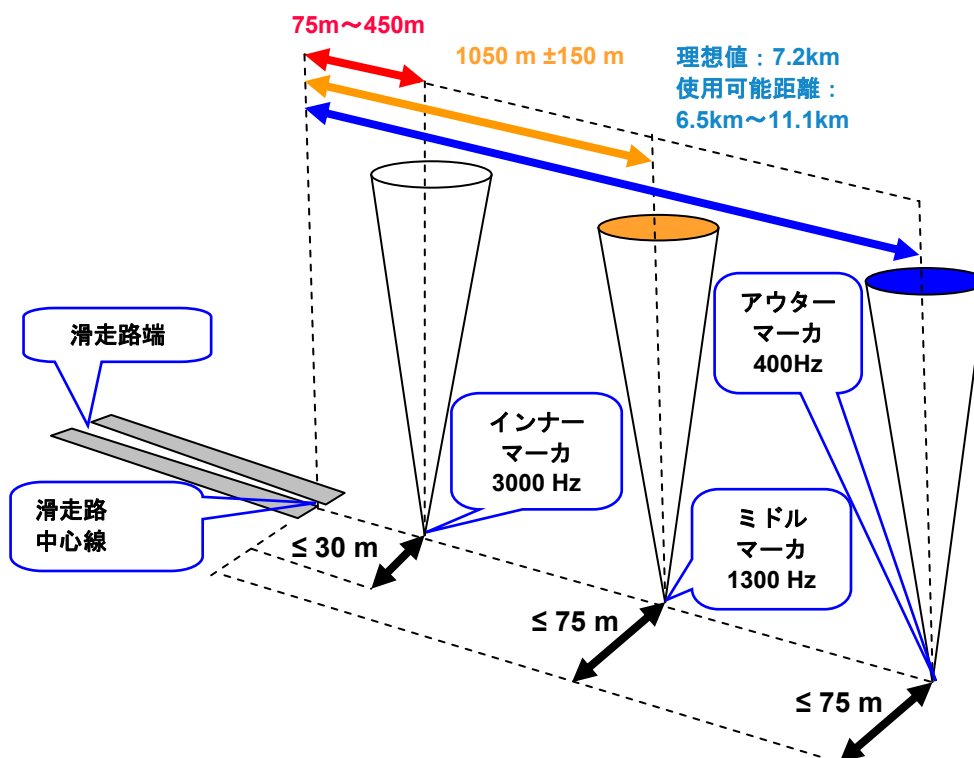


図 14 : 滑走路に対するマーカビーコンの配置

マーカビーコン (MB) 受信機は、音響信号をデコードして、滑走路近くに設置された 3 種類のマーカビーコンの 1 つを識別するための信号を出力します。マーカは、国際民間航空機関 (ICAO) の第 10 附属書第 I 巻「無線航法援助施設」(Annex 10, Volume I, “Radio Navigation Aids”) に従って、図 14 のように配置されます。



図 15 : 表示と音によるマーカビーコンの確認

マーカビーコンは、75MHz の搬送波周波数で幅の狭いビームを垂直方向に送信し、どのマーカを通過しているのかを受信者が識別できるように、それぞれが明確に異なる変調コードを使用しています。パイロットは、計器に表示される色と音響信号によって、どのマーカビーコンを通過したのかを判断できます。アウターマーカビーコンは 400Hz、ミドルマーカビーコンは 1300Hz、インナーマーカビーコンは 3000Hz で変調されています。マーカビーコンの色表示と音響信号の組み合わせは以下の通りです。

- アウターマーカは 400Hz で、操縦席の青のインジケータを点滅させます (余裕が感じられる音)
- ミドルマーカは 1300Hz で、操縦席のアンバーのインジケータを点滅させます (テンポの速い音)

- インナーマーカは 3000Hz で、操縦席の白のインジケータを点滅させます（注意を促すような音）

2.3 アプリケーションの概要

表 2 : R&S® 航空無線航法装置用測定ソリューションのポートフォリオ

ローデ・シュワルツの測定器	タイプ	オプション	代表的用途
R&S®SMA100A	アナログ・シグナル・ジェネレータ	SMA-K25 (VOR/ILS) SMA-K26 (DME)	R&D、製造、メンテナンスにおける受信機のテスト テスト機器の校正
R&S®NRP-Z81 と R&S®SMA100A の組み合わせ	広帯域パワー・センサ	SMA-K26 (DME)	DME トランスポンダのテスト
R&S®RTO/RTM	オシロスコープ	ベース・ユニット	テスト施設における DME トランスポンダの検証
R&S®FSQ/FSU R&S®FSMR	スペクトラム・アナライザ メジャリング・レシーバ	FS-K15, FS-K7 (MB) FS-K15, FS-K7 (MB)	R&D および製造 アビオニクス・テスト施設における VOR/ILS の校正
R&S®EVS300	ILS/VOR アナライザ	ベース・ユニット EVS-K2 (GPS 受信機のシリアル接続) EVS-K3 (CRS/CLR) EVS-K8 (R&S®NRP-Z81 および R&S®NRP-Z4 USB アダプタ使用の DME)	滑走路での現場測定および実験施設での使用

ローデ・シュワルツは、さまざまな航空無線航法信号用に、さまざまなソリューションのポートフォリオを提供しています（表 2 を参照）。

R&S®NRP-Z81 広帯域パワー・センサをアナログ・シグナル・ジェネレータに接続すれば、DME トランスポンダのテスト用として有効なソリューションになります。

R&S®SMA100A アナログ・シグナル・ジェネレータに R&S®SMA-K26 DME オプションをインストールすると、DME 局の基準組込みテスト装置 (BITE) のためのソリューションとなります。R&S®SMA-K25 VOR/ILS オプションは、抜群のスペクトラム純度と変調精度、そして再現性を備えた優れた信号品質を提供します。セットアップは、グラフィカル・ユーザ・インターフェース (GUI) のフロー図と構造化されたメニューによって簡単に実施できます。さらに、R&S®NRP-Z81 広帯域センサと R&S®NRP-Z4 USB アダプタを使用すれば、DME パルス解析を確度よく行うことができます。R&S®RTO/RTM オシロスコープはパルス解析における信号再現性に優れ、FFT スペクトラムを表示することも可能です。

R&S®FS-K15 アビオニクス・オプションをインストールした R&S®FSMR を使用すれば、VOR/ILS シグナル・ジェネレータとサービス・モニタを高い精度で校正できます。FS-K15 アビオニクス・オプションをインストールした R&S®FSU および R&S®FSQ は、VOR/ILS インフラストラクチャの開発および製造に適したソリューションです。FS-K7 アナログ復調測定オプションおよび FSQ-K70 ベクトル信号解析オプションと組み合わせれば、音声およびデータ通信アプリケーションの解析を行うことも可能です。

屋外測定にはサイト・メンテナンスと滑走路での現場測定が含まれますが、これには、耐候性を備えたバッテリー駆動の計測機器が必要です。高精度、携帯性、多機能性を備えた R&S®EVS300 変調アナライザは、これらの要求を満たします。

ローデ・シュワルツは、送信機テスト用と受信機テスト用両方のソリューションを提供しています。送信機テストの際には、RF 入力前に信号を減衰させる必要があります。たとえば、通常、標準的なスペクトラム・アナライザの RF 入力定格は+27dBm で、アビオニクス変調アナライザの RF 入力定格は+13dBm です。受信機テストの場合は、通常、出力+20dBm のシグナル・ジェネレータを使用すれば、ほとんどの要求に対応できます。したがって、測定装置を損傷させないように、RF ポートの最大入力用に十分なバッファを使用することが不可欠です。標準的なスペクトラム・アナライザではダイナミックレンジが広く取られており、ノイズ・フロアのすぐ上の（経路損失による）弱い信号でも（送信前の）高出力信号でも表示することができます。通常は、HF 帯、VHF 帯、および UHF 帯の放熱性に優れた 30dB のアッテネータがよく使われます。

3 アプリケーション・シナリオ

3.1 R&S®SMA100A シグナル・ジェネレータを使用した受信機テスト

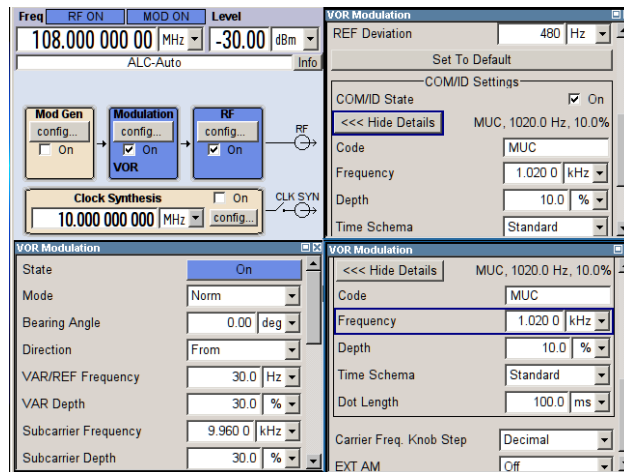
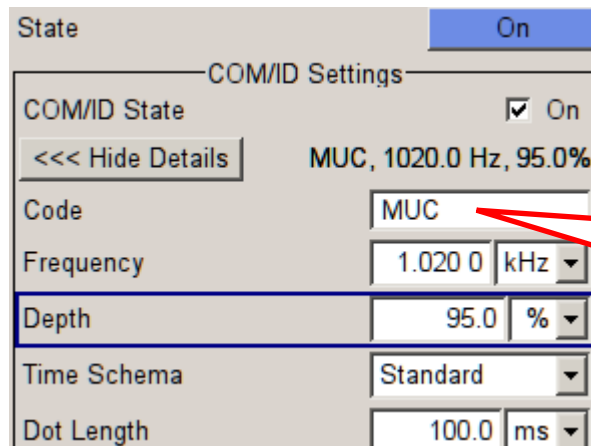


図 16 : R&S®SMA-K25 : MODULATION セクションの VOR オプションが有効になっています。

航空無線航法受信機用の R&S®SMA-K25 VOR/ILS オプションは、変調 VOR/ILS 信号、ADF 信号、MB 信号を高い精度で再現し、変調度や位相を含む柔軟なパラメータ設定が可能なほか、COM/ID 識別を設定することができます[4]。



たとえば、ミュンヘンの COM/ID (COMMUNICATION/IDENTIFICATION) 空港コールサインは「MUC」。

図 17 : ユーザーが定義した COM/ID 「MUC」を R&S®SMA-K25 が自動的にモールス符号に変換します。

R&S®SMA-K25 VOR/ILS オプションを使用すれば、図 17 に示すように、通信／識別 (COM/ID) 用のコールサインとして入力した英数字の記号が自動的にモールス符号に変換されます。モールス符号に関する事前の知識は必要ありません。

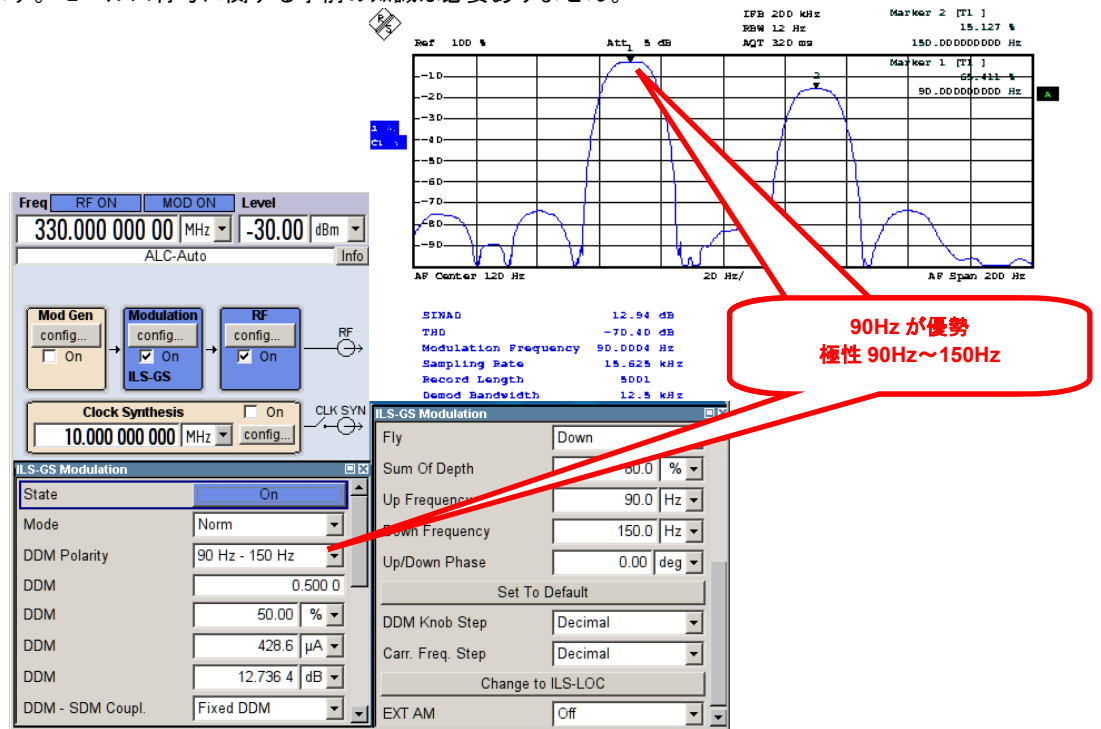


図 18 : R&S®SMA-K25 : ILS-GS 変調パラメータ設定が表示されています。R&S®FS-K7 アナログ復調オプションを使用して ILS-GS AM 90Hz~150Hz のスペクトラムが示されます。

R&S®SMA-K25 VOR/ILS オプションでは柔軟なパラメータ設定が可能なので、変調度差 (DDM) などのパラメータをテストすることが可能です。図 18 に示すように、ILS-GS 信号の設定された DDM が 0.5 の場合は、**90Hz (左側ピーク) が優勢**であることを示します。図 18 では、R&S®FS-K7 アナログ復調オプションを使用してこの AM 信号の AF スペクトラムが示されており、90Hz の AM 信号が優勢であることが示されています。

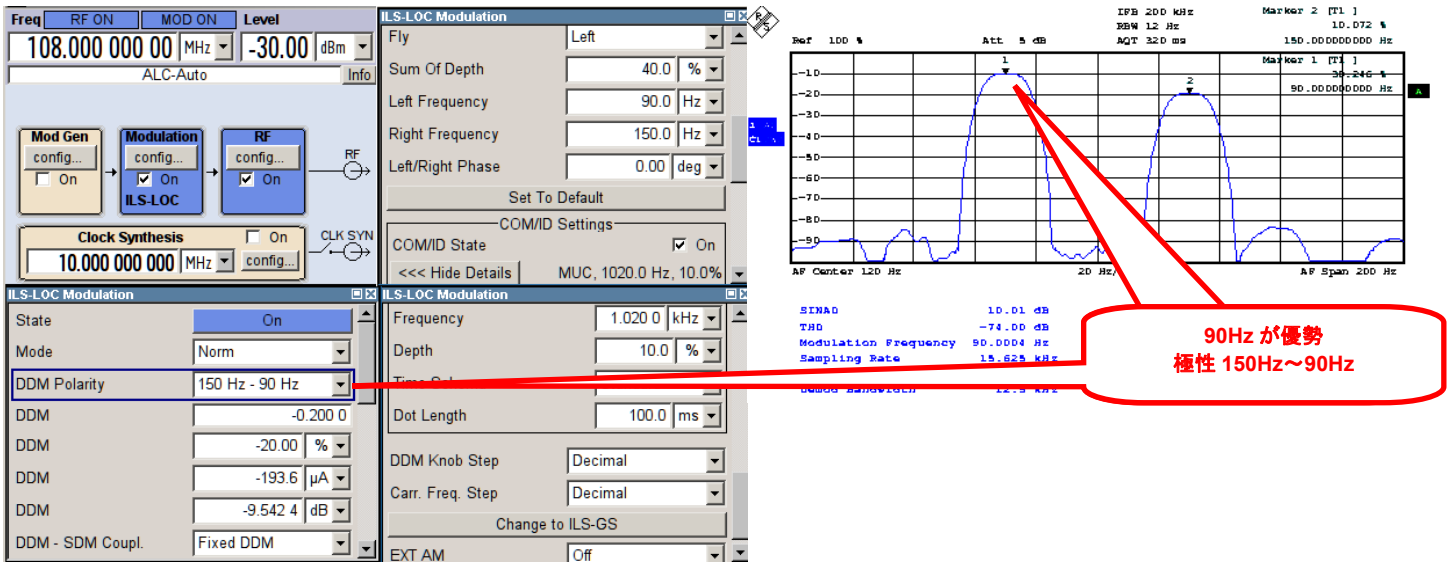


図 19 : R&S[®]SMA-K25 : ILS-LOC 変調パラメータ設定が表示されています。R&S[®]FS-K7 アナログ復調オプションを使用して ILS-LOC AM 90Hz~150Hz のスペクトラムが示されています (DDM 極性の柔軟性に注意)。

ILS-GS 信号の DDM が 0.2 の場合、これは、R&S[®]SMA-K25 の DDM 極性 150Hz~90Hz に対して 90Hz (左側ビーム) が優勢であることを示します。図 19 では、R&S[®]FS-K7 アナログ復調オプションを使用してこの AM 信号の AF スペクトラムが示されています。R&S[®]SMA-K25 は、国際民間航空機関 (ICAO) の勧告に従って搬送周波数のダイヤル設定を割り当てます。クロスオーバー機能を備えているので、ブロック・ダイヤグラムのメイン画面まで戻らなくても、ILS-LOC と ILS-GS を簡単に切り替えることができます。

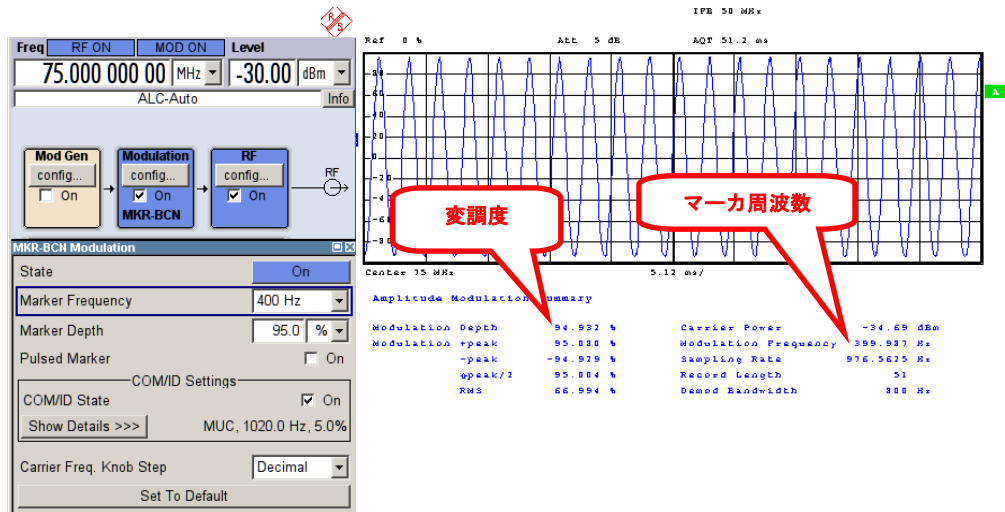


図 20 : R&S[®]SMA-K25 : MB の AM 変調設定が表示されています。75MHz 搬送周波数の変調度は 95% に設定され、R&S[®]FS-K7 アナログ復調オプションを使用して搬送周波数の変調度が示されています。

マーカビーコン (MB) は、AM 変調度が 95% の 75MHz 搬送周波数を使用しています。「Marker Frequency」 (マーカ周波数) フィールドは、アウターマーカ (400Hz)、ミドルマーカ (1300Hz)、およびインナーマーカ (3000Hz) の設定に使用します。図 20 は、95% の AM 変調度に設定されたアウターマーカビーコンを、R&S®FS-K7 アナログ復調オプションによって復調した状態を示しています。

R&S®SMA-K25 VOR/ILS オプションによる自動方向探知機 (ADF) 設定を図 21 に示します。R&S®スペクトラム/シグナル・アナライザをゼロスパンで使用し、選択された COM/ID の信号をタイムドメインで示しています。図 21 では長点が 300ms、短点が 100ms に相当します。ゼロスパン機能を使用すれば、モルス符号による「MUC」という COM/ID に対応するタイムドメイン表示が可能です。

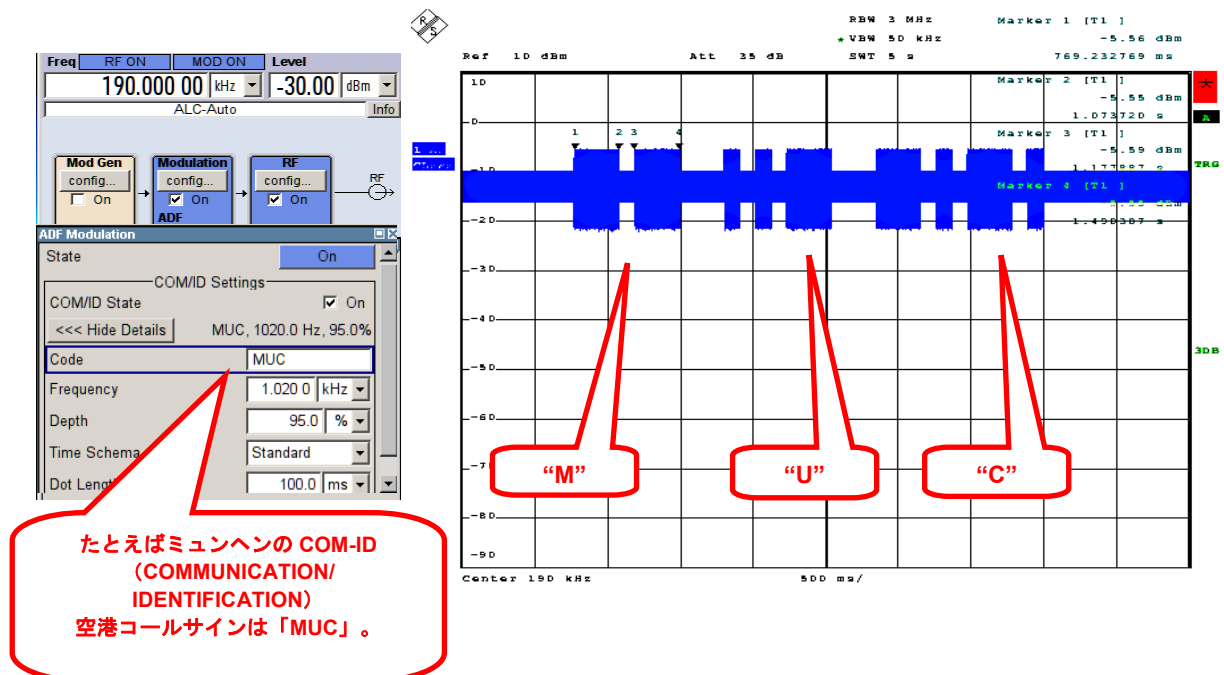
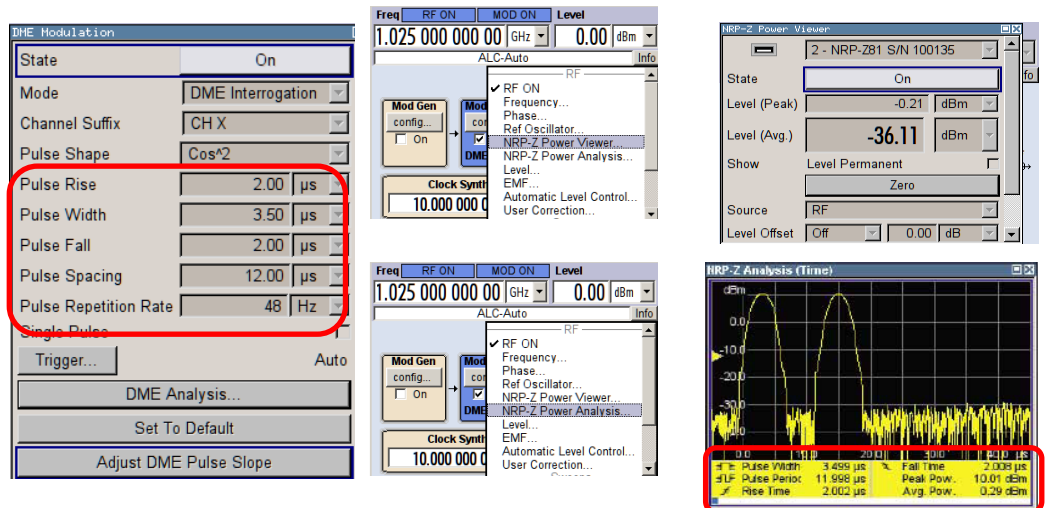


図 21 : R&S®SMA-K25 による ADF の変調設定。選択された「M-U-C」という COM/ID が、信号のタイムドメイン解析によって示されています。



R&S®SMA-K26 DME オプションを使用すれば、DME 質問信号を選択して偏差を設定し、より確実なテストを行なうことができます。詳細については[アプリケーションノート 1GP74](#)を参照してください。R&S®SMA-K26 DME オプションを使用すれば、DME 地上局またはトランスポンダをシミュレートできます。また、R&S®NRP-Z81 広帯域パワー・センサ[5]と R&S®SMA-K28 パワー解析ソフトウェア・オプションを追加すれば、立ち上がり時間と立ち下がり時間、パルス幅、パルス間隔などのパルス・パラメータを自動的に解析することが可能です。さらに、R&S®SMA100A とこれらのオプションを組み合わせれば、DME パルスを作成してそのタイムドメイン特性を解析できます。

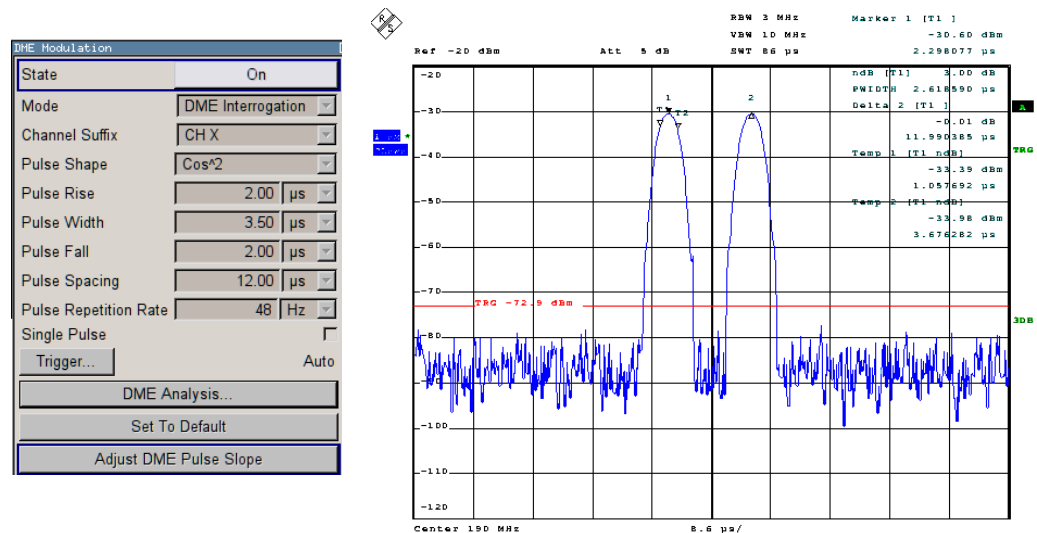


図 23 : R&S®SMA-K26 による DME の定義と R&S®FSQ を使用したタイムドメインのパルス幅解析

R&S®SMA-K28 パワー解析ソフトウェア・オプションを使用せず、ローデ・シュワルツのスペクトラム／シグナル・アナライザをゼロスパンで使用することによって、パルスをタイムドメインで解析できます。

また、DME パルスのようなカスタム・パルス形状については、R&S®NRP-Z81 広帯域パワー・センサを R&S®NRP-Z4 USB アダプタと組み合わせて、PC ベースの NRP Power Viewer Plus ソフトウェアを使用したタイムドメイン解析と、パルス・パラメータの自動検出の両方が可能になります[5]。

3.2 R&S®FSMR メジャリング・レシーバを使用した VOR/ILS シグナル・ジェネレータとサービス・モニタの校正



図 24 : R&S®FSMR メジャリング・レシーバにインストールされた VOR/ILS 送信機テスト用 R&S®FS-K15 アビオニクス・オプション

R&S®FS-K15 アビオニクス・オプションは、R&S®FSMRメジャリング・レシーバの機能を拡張して、R&S®SMAやCollins製のシグナル・ジェネレータからのVOR信号やILS信号を検証できるようにします。R&S®FS-K15 アビオニクス・オプションを使用すれば、VOR信号の方位や変調度の差 (DDM) を含む重要パラメータを極めて高い精度で校正でき、測定も容易です。DDM測定の不確かさは 0.0002 DDM+読み取り 1%で、VOR方位は不確かさ 0.03、分解能 0.01 で測定できます。ベース・ユニットの機能と組み合わせることで、R&S®FSMRは、周波数、絶対レベルと相対レベル、変調度、周波数偏差、変調周波数、歪みといったシグナル・ジェネレータのパラメータを校正します。詳細はデータシートを参照ください：http://www2.rohde-schwarz.com/file_10726/FS-K15_dat_sw_en.pdf

3.2.1 R&S®FS-K15 オプションを使用したVOR信号の測定

R&S®FS-K15 の VOR 測定モードでは結果の概要が出力されるので、すべてのパラメータを一目で確認することができます。これらには、搬送波周波数、30Hz の VAR および REF 変調信号の信号レベルと変調度、9.96kHz REF 信号の偏差、COM/ID 識別符号、および VOR 方位角が含まれます[6]。コース変位指示器 (CDI) の棒グラフは方位角を示します。FROM と TO の別も表示されるので、送信機の設定と対照させることができます (図 25 参照)。

また、変調スペクトラムを解析することもできます。VOR 送信機に関する測定を行う場合は、外部アッテネータを使用して、送信機出力を+30dBm 未満に減衰させることが重要です。VOR モードは、周波数と信号レベルを自動的に設定する機能によって簡単に操作できます。

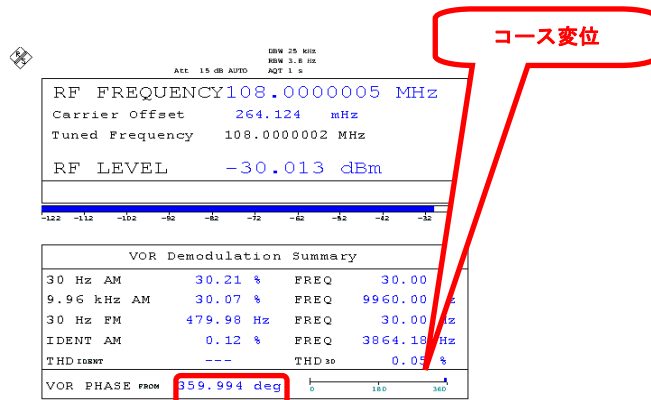


図 25 : R&S®FS-K15 アビオニクス・オプションの VOR 測定モードでは VOR 信号のすべての関連パラメータが表示されるので、概要を一目で確認できます。この例の信号は 360° (FROM) の方位を示しています。

3.2.2 R&S®FS-K15 オプションを使用した ILS 信号の測定

VOR モード同様、ILS 測定機能を使用すれば、ILS 信号のすべての関連パラメータの概要を表の形で迅速に確認することができます。搬送周波数やレベルなどの RF パラメータに加えて、これらには、DDM、SDM、90Hz と 150Hz の周波数成分の変調度、および 90Hz 成分と 150Hz 成分に関係する総合歪み (THD) などのパラメータが含まれています。コース変位指示器 (CDI) には方位がアナログで表示されるので、調整を行う際に傾向を確認できます。

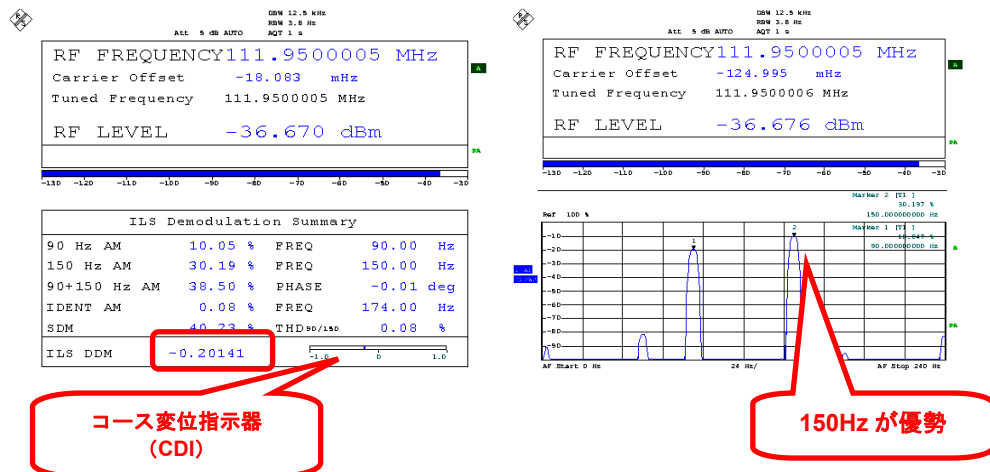


図 26 : R&S®FS-K15 : 150Hz 変調が優勢で DDM が 0.2 であることを示す ILS AF スペクトラム

R&S®FS-K15 アビオニクス・オプションでは、数値と、画像による直観的な解析が可能な AF スペクトラムの両方で結果を表示できます。たとえば AF スペクトラムには、（棒グラフから分かるように）**DDM が 0.2** で 150Hz が優勢な状態が示されています（図 26 を参照）。総合高調波歪み（THD）と K2/K3 歪みに対する部分的な歪みも表示されます。コース変位指示器（CDI）は、DDM を視覚的に表示するために使われます。

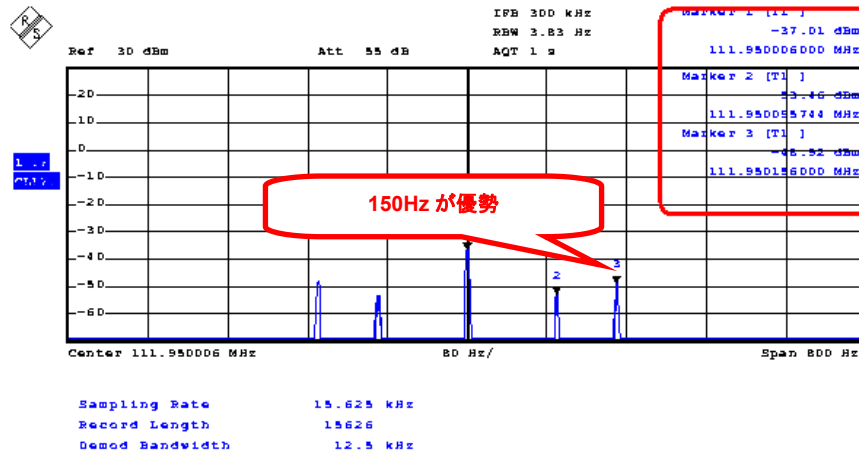


図 27 : R&S®FS-K7 アナログ復調オプション : 搬送波と 150Hz 優勢が示された ILS RF スペクトラム

R&S®FS-K7 アナログ復調オプションを使用すれば、搬送波を含めた RF スペクトラム解析が可能で、高調波歪みを表示することもできます。図 27 は、150Hz が優勢な状態と、その AM 変調度に対応するデルタ・マーカを示したものです。R&S®FS-K7 アナログ復調オプションは、AM 変調されたマーカビーコン（MB）信号の復調にも使用できます（図 20 を参照）。

3.3 R&S®EVS300 を使用した地上検査と飛行検査



図 28 : 現場測定用の R&S®EVS300 ILS/VOR アナライザ

R&S®EVS300 ILS/VOR アナライザは、現場での測定、表示、データ保存に適しています。EVS300 ベース・ユニットは VOR、ILS、および MB の最大レベルと変調精度を保証します。最大で 8 時間の連続測定が可能な R&S®EVS-B3 ニッケル水素（NIMH）バッテリー・パック、R&S®EVS-Z1 耐候性ショルダーバッグ、R&S®EVS-Z3 ILS/VOR ダイポール・アンテナを使用することで、図 28 に示すような現場測定を行うことができます。

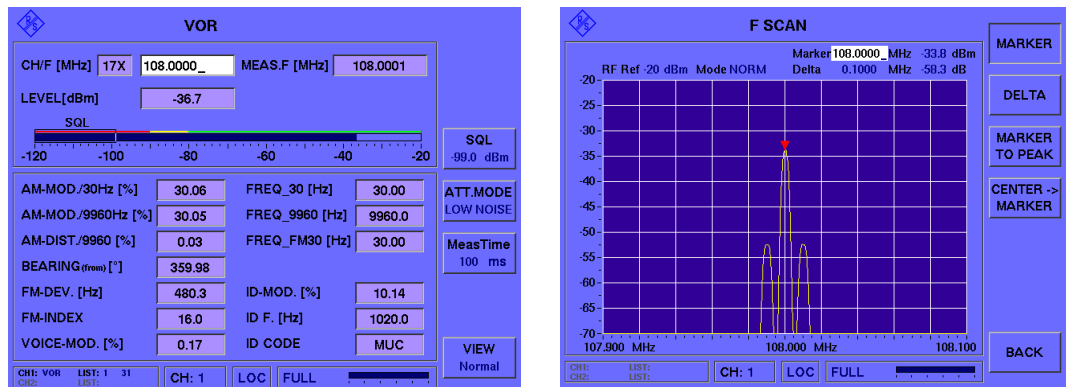


図 29 : R&S®EVS300 による VOR 解析と R&S®EVS-K1 FSCAN オプションによる RF スペクトラム表示

R&S®EVS300 と R&S®EVS-K1 FSCAN オプションを使用すれば、図 29 に示すように、必要信号と干渉信号、変調度と周波数測定値、9.96kHz 副搬送波の AM 歪み、FROM 表示と TO 表示による VOR 方位 (°)、9.96kHz 副搬送波の FM 偏移、COM/ID のデコードと周波数、および COM/ID の変調度について CVOR/DVOR 解析を行うことができます。また、R&S®EVS300 は、ILS アンテナの検証や、メンテナンスおよび設置の検証のために柔軟に設定できます。DDM/SDM、周波数、レベル、位相、および変調度は、ベース・ユニットだけで解析が可能です。R&S®EVS-K1 FSCAN と R&S®EVS-K4 FFT はスペクトラム測定用、R&S®EVS-K7 SCOPE はタイムドメインの測定用に用意されたものです。R&S®NRT/NRP ファミリのパワー・センサは、RF 入力 (定格+13dBm) の前段に適切な外部アッテネータを組み込むことによって、パワーを直接測定できます。拡張 ILS 測定では、単一チャンネルでのデジタル分離およびクリアランス測定に R&S®EVS-K3 CRS/CLR オプションを使用します[7]。

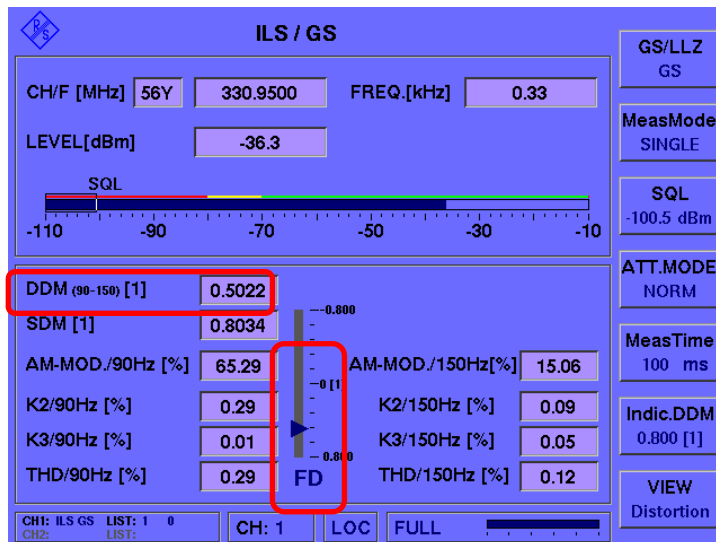


図 30 : R&S®EVS300 : 操縦席と同じ上昇降下指示形式の DDM 棒グラフによる ILS-GS 統計解析

SETUP→OPTION を選択すると、操縦席表示と同様に直観的に理解しやすい形式で ILS/GS 解析結果を表示するよう、R&S®EVS300 を設定することができます。DDM が 0.5 の場合は 90Hz の AM 信号（左側ビーム）が優勢であることを示しており、「降下」（FD）が指示されます。

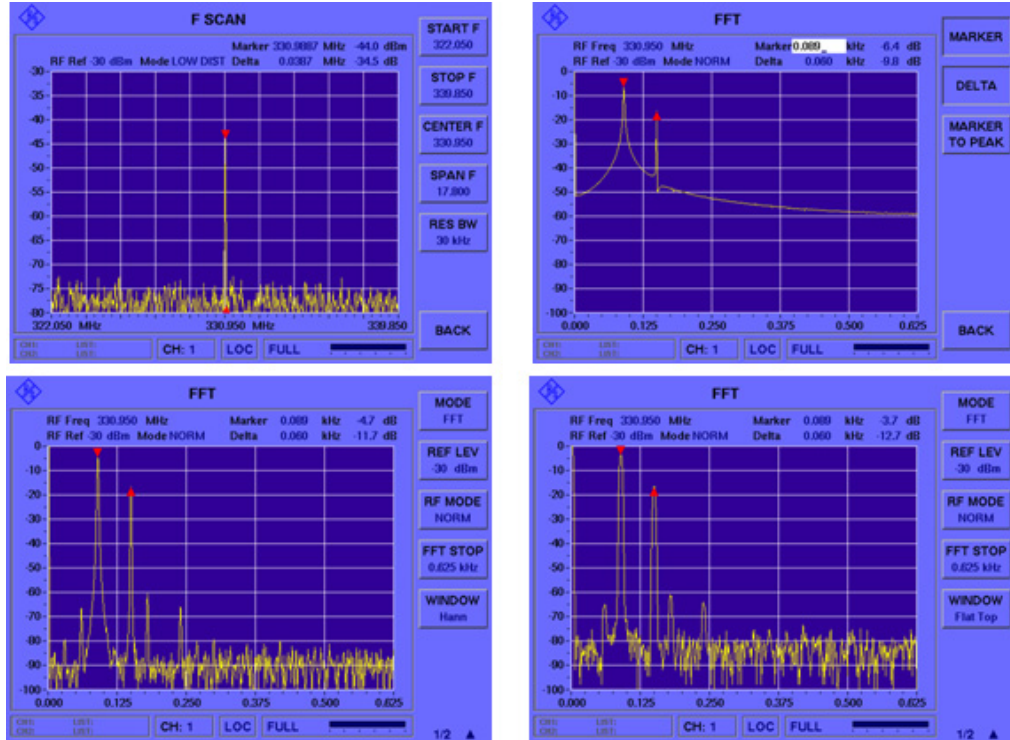


図 31 : R&S®EVS-K1 FSCAN (左上) と R&S®EVS-K4 FFT (窓なし、ハン窓、フラットトップ窓)

R&S®EVS-K1 FSCAN では、クリア／書き込み、平均、ピーク・ホールドの各トレース機能や、マーカおよびデルタ・マーカを使用して 70MHz~350MHz のスペクトラム解析を行うことができます。また、R&S®EVS-K4 FFT オプションでは、窓なし、ハン窓、フラットトップ窓のいずれかを選択できます。図 31 は 90Hz が優勢な状態を示したもので、高調波と相互変調成分を解析することも可能です。

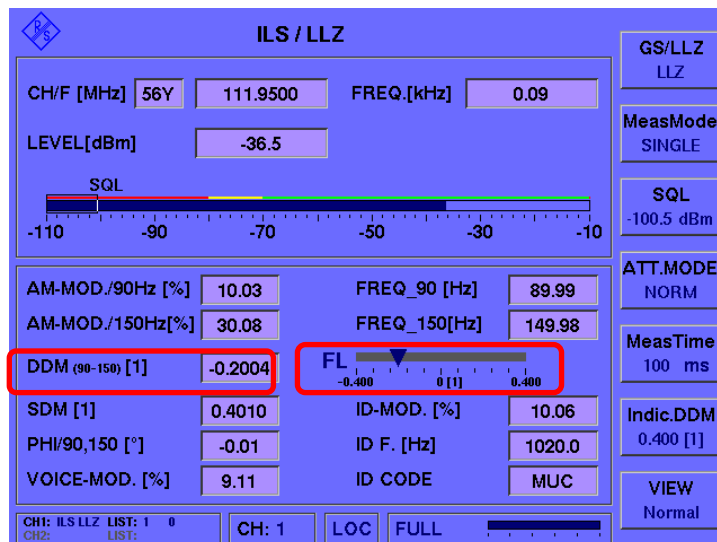


図 32 : R&S®EVS300 : 操縦席と同じ左右修正指示形式の DDM 棒グラフによる ILS-LOC/LLZ 統計解析

ILS/LOC または LLZ 解析の場合、DDM が-0.2 の場合は **150Hz の AM 信号（右側ビーム）が優勢**であることを示しており、「左へ修正（FL）」が指示されます。R&S®EVS-B1 第 2 信号処理ユニットを使用すれば、ILS-GS と ILS-LOC の同時測定が可能です。この場合は、2 つの RF ポートをチャンネル 1 およびチャンネル 2 として利用します。この同時測定ではスループットが 2 倍になり、垂直軸（GS）と横軸（LOC）の ISL 測定をリアルタイムで行うこともできます。

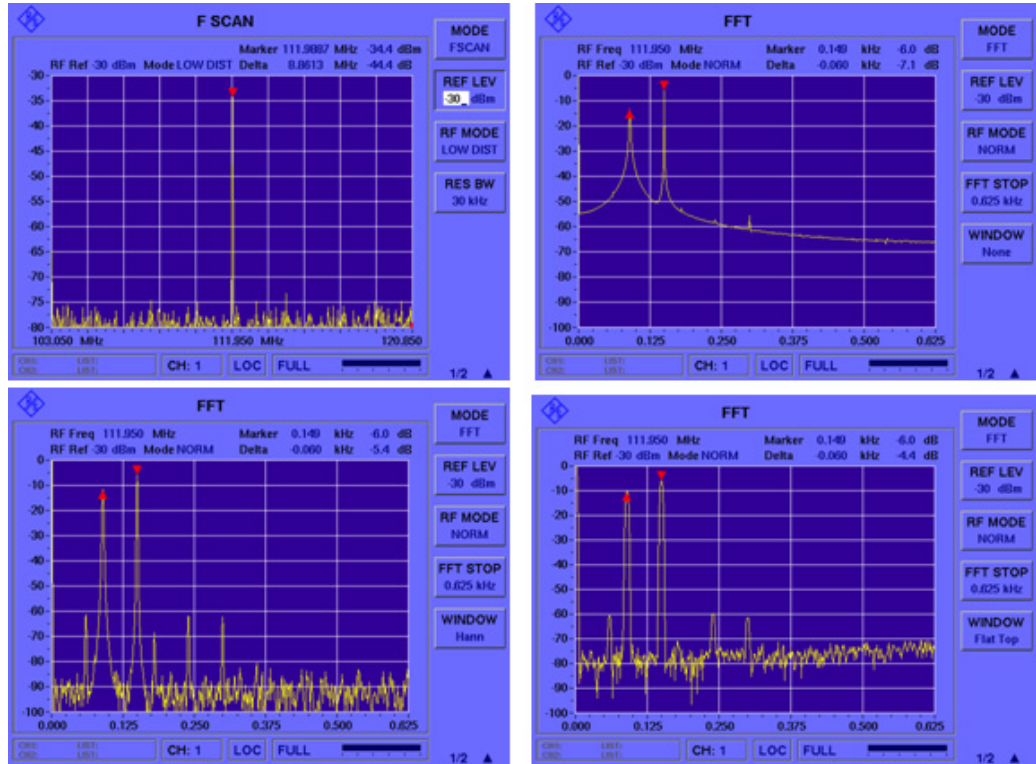


図 33 : R&S®EVS-K1 FSCAN (左上) と R&S®EVS-K4 FFT (窓なし、ハン窓、フラットトップ窓)



図 34 : AF オーディオ出力機能とスケルチ機能を備えた R&S®EVS300 のマーカビーコン解析

マーカビーコンは、接地前に降下高度を確認するようパイロットに注意を促すために使われます。マーカビーコンにはインナー（3000Hz トーン）、ミドル（1300Hz トーン）、アウター（300Hz トーン）の3つがあり、搬送周波数 75MHz で、ILS 進入経路沿いに設置されています。「決心高度」とは、滑走路を視認できなかった場合に進入復行を開始しなければならない高度です（たとえば ATC が滑走路上の障害物を報告しなかった場合でも、パイロットが目視でこれを確認して着陸を中止します）。アウターマーカはグライドパスのインターセプトに使われ、ミドルマーカはカテゴリーI の決心高度（高度 60m 超、視程 800m 超、最小滑走路視距離 550m）、インナーマーカはカテゴリーII の決心高度（高度 30m~60m、最小滑走路視距離 350m）の基準位置として使われます[8]。

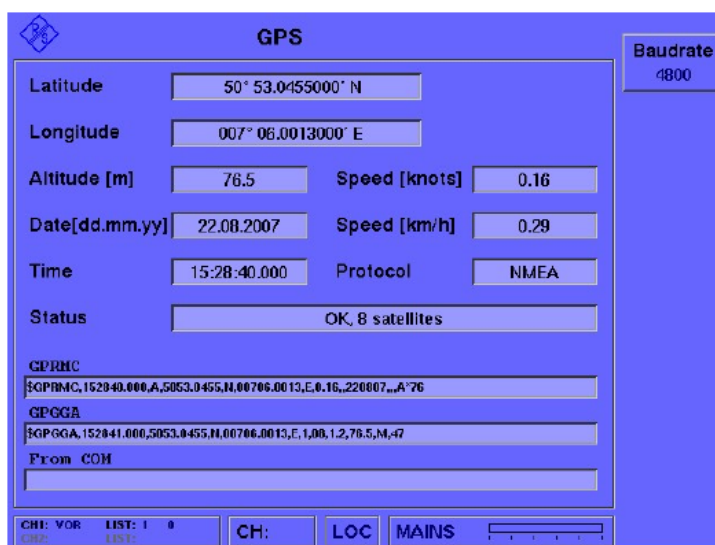


図 35 : 外部 GPS 装置への RS-232 接続が可能な R&S® EVS-K2 GPS オプション

R&S®EVS-K2 GPS オプションを使用すれば、RS-232 インタフェースを介して外部 GPS 装置への接続が可能です。ILS/VOR/MB 測定における測定データと位置データは相互に関連付けられ、さらにテスト・レポート用のデータセットとして使用するために自動的にタイムスタンプが付与されます。

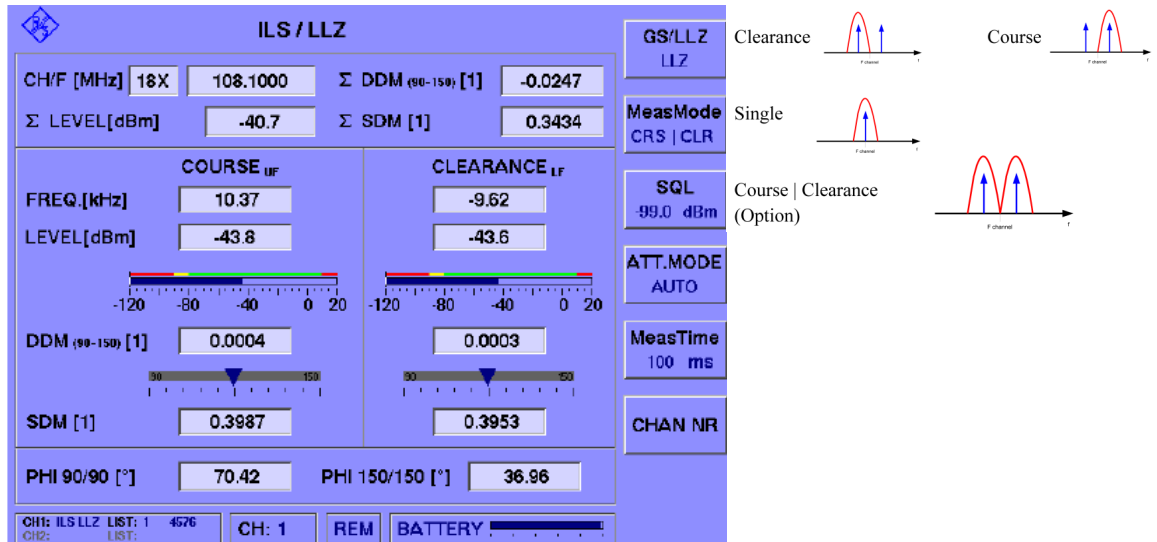


図 36 : R&S®EVS-K3 のコース/クリアランス (CRS/CLR) モードとグラフィック表示

R&S®EVS-K3 オプションを使用すれば 1 つの信号処理チャンネルだけでコース信号とクリアランス信号をデジタル分離することが可能であり、通常の ILS システム動作モードで、コース信号とクリアランス信号のレベル比と位相関係を精密に測定できます。

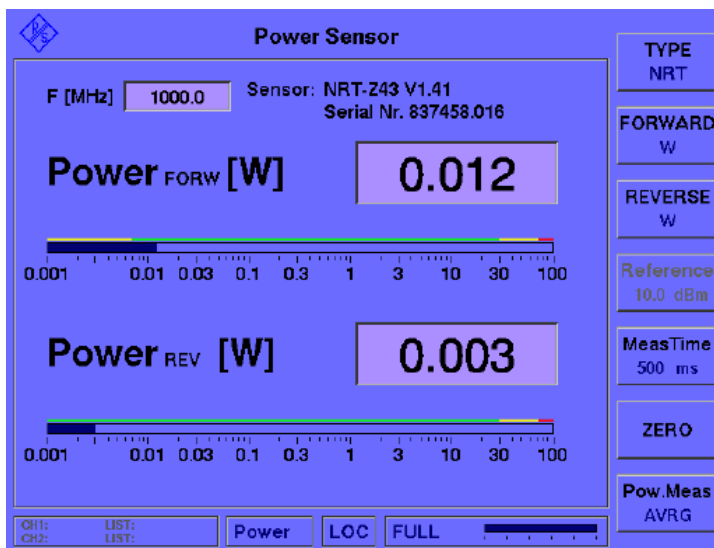


図 37 : R&S®EVS-K5 パワー・センサ・オプション (R&S®NRP/T-Zxx パワー・センサ)

R&S®EVS-K5 パワー・センサ・オプションは、R&S®NRT および NRP パワー・センサを USB または RS-232-C インタフェース経由で接続するために使用できます。ピーク値または平均値としてパワーを表示できるこれらのパワー・センサを使用すれば、送信機の現場テストとメンテナンスを行うことができます。さらに、R&S®NRT パワー・センサでは、Voltage Standing Wave Ratio (VSWR、電圧定在波比) タブを使用してインピーダンス・ミスマッチを測定できます。

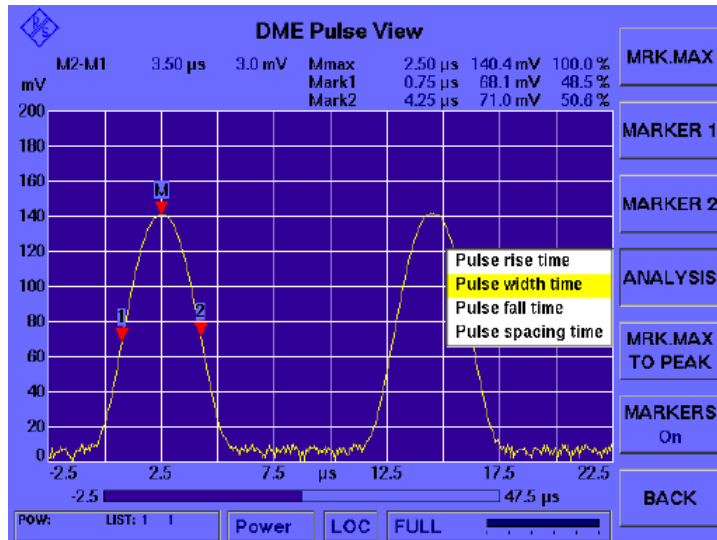


図 38 : EVS-K5 パワー・センサ・オプションと R&S®EVS-K6 DME オプションを同時に使用

R&S®EVS-K6 DME パルス波形表示オプションと R&S®NRP-Z81 広帯域パワー・センサを使用すれば、パルス波形、立ち上がり時間、立ち下がり時間、パルス間隔、ピーク電力出力、ピーク変動、時間遅延といった DME パルスのパラメータを簡単に確認できます。さらに、R&S®NRP-Z3 USB アダプタのトリガ入力を使用して、トリガ遅延を測定することも可能です。R&S®EVS-K5 と R&S®EVS-K6 は、R&S®EVS-K8 として、バンドル・パッケージが用意されています。

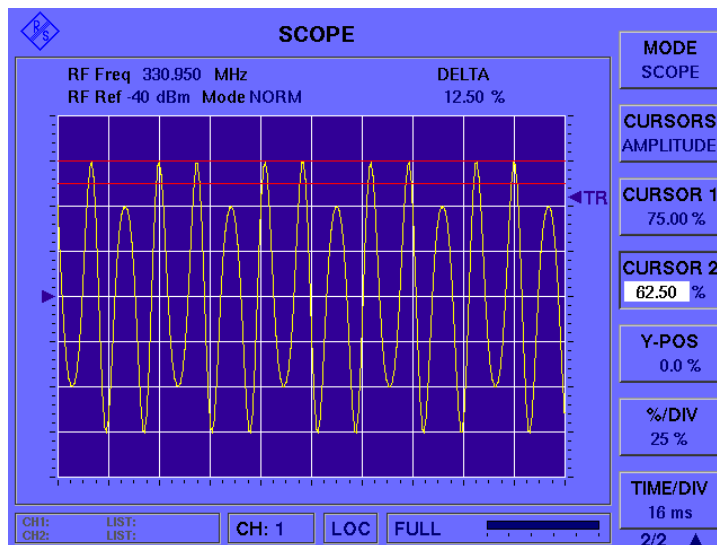


図 39 : R&S®EVS-K7 オシロスコープ・オプション

R&S®EVS-K7 オシロスコープ・オプションを使用すれば、機器をさらに追加する手間を省いて信号のタイムドメイン解析を行うことができます。解析例としては、90Hz トーンと 150Hz トーンで振幅変調 (AM) された RF 搬送波からなる全搬送波側波帯 (CSB) と、CSB と同様で搬送波のない抑圧搬送波側波帯 (SBO) の解析があります。

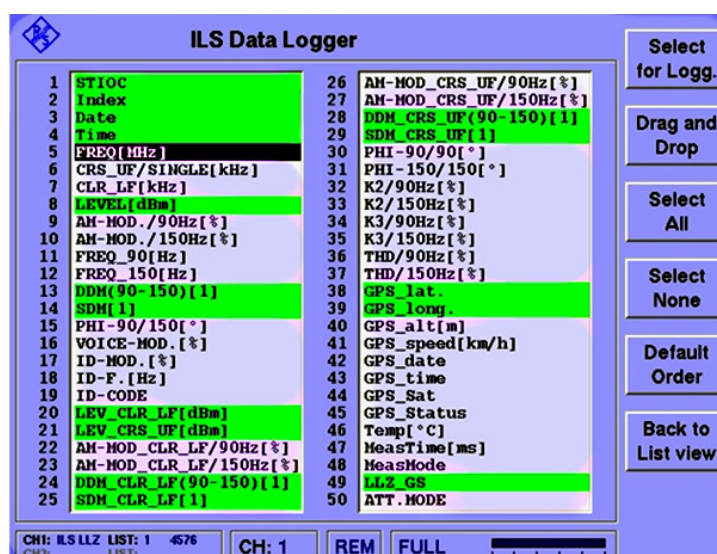


図 40 : R&S®EVS300 データロガー

R&S®EVS300 の特長の一つとして、データ用の大容量内部メモリが挙げられます。毎秒 100 回の最大測定速度でも、すべてのパラメータ・データを取り込むことができます。データはリモート・インターフェース（Ethernet や RS-232）経由で呼び出すことができるほか、Microsoft Excel フォーマットで USB メモリに保存することも可能です。



図 41 : R&S®EVS-Z10 テスト・システム

R&S®EVS-Z10 テスト・システムを使用して、R&S®EVS300 を数多く保有するユーザがユーザ自身で校正を行いテスト・レポートを作成できるため、校正作業に伴う輸送コストを削減することができます。R&S®EVS-Z10 テスト・システムは、R&S®SMA100A シグナル・ジェネレータ、R&S®FMAV 変調アナライザまたは R&S®FSMR メジャリング・レシーバ、および R&S®RSG ステップ・アッテネータで構成されます。R&S®FS-K15 は R&S®FMAV の後継機種です。R&S®EVS-Z10 校正テスト・システムの詳細については、次のサイトをご覧ください。

http://www2.rohde-schwarz.com/file_11859/EVS-Z10_fly_en.pdf

3.4 R&S[®]RTO オシロスコープを使用した DME パルス解析



図 44 : 2 GHz、4 チャンネルの R&S[®]RTO1024 オシロスコープ

R&S[®]RTO デジタル・オシロスコープ（図 44 参照）は、優れた信号再現性、高いデータ収集速度、先駆的なリアルタイム・デジタル・トリガ・システムなどの特長を兼ね備えており、AM や FM などのアナログ変調方式を表示することも可能です。

R&S®RTO1022 (2GHz、2チャンネル) または R&S®RTO1024 (2GHz、4チャンネル) デジタル・オシロスコープを使用すれば、DME 信号 (図 45 を参照) の特性評価を行うことができます。複数のカーソルを使用してパルス立ち上がり/立ち下がり時間、パルス幅、パルス間隔などのパラメータを確認し、FFT スペクトラムを表示することが可能です。



図 45 : R&S®RTO デジタル・オシロスコープによる DME パルス解析と FFT スペクトラム

4 まとめ

R&S[®]SMA-K25 VOR/ILS オプションをインストールした R&S[®]SMA100A アナログ・シグナル・ジェネレータは、VOR/ILS、MB、ADF 受信機テスト用に高精度の信号を生成します。最大限のポートフォリオを提供する R&S[®]SMA-K25 VOR/ILS オプションをインストールした R&S[®]SMA100A は、校正および測定施設用の多機能アナログ・シグナル・ジェネレータです。さらに、R&S[®]SMA-B46 オプションは、MIL-PRF-28800 F 適合の高高度機能を提供します。R&S[®]SMA-K28 パワービューア・オプションは、DME パルス・プロファイルの解析を可能にします。

R&S[®]FS-K15 アビオニクス・オプションを使用すれば、研究施設における VOR/ILS 送信機の開発と校正用に、R&S[®]FSQ や R&S[®]FSU シグナル／スペクトラム・アナライザ、R&S[®]F5MR メジャリング・レシーバを使用して、VOR/ILS 信号を復調することができます。R&S[®]FS-K7 アナログ復調オプションは、R&S[®]FSQ や R&S[®]FSU による MB の復調解析を可能にします。

R&S[®]EVS300 は、VOR、ILS、MB、DME 用送信機の地上検査および飛行検査のための精密なレベル解析および変調解析用に特に設計された装置です。最長 8 時間の連続使用が可能な R&S[®]EVS-B3 NiMH バッテリー・パック、R&S[®]EVS-Z1 耐候性ショルダーバッグ、R&S[®]EVS-Z3 ILS/VOR ダイポール・アンテナなどのさまざまなアクセサリによって、容易に現場測定を行うことができます。また、R&S[®]EVS-Z10 テスト・システムがあれば、空港当局が使用する多数の R&S[®]EVS300 を空港当局自身で校正することができるので、測定器のダウンタイムを短縮できます。

DME の搬送波周波数によっては、2GHz の R&S[®]RTO デジタル・オシロスコープで DME パルス解析を行うことができます。R&S[®]RTO デジタル・オシロスコープを使用して、航空無線航法に使用される AM や FM などのアナログ変調方式をタイムドメインの正弦波表現で解析することも可能です。

5 参考文献

- [1] アプリケーションノート 1GPAN10E、「VOR-Receiver Tests using Signal Generator SMT」
- [2] アプリケーションノート 1GPAN11E、「ILS-Test Procedures using Signal Generator SMT」
- [3] アプリケーションノート 1GPAN09E、「VOR-ILS Testing using Signal Generator SMT」
- [4] http://www2.rohde-schwarz.com/file_10970/MILNews10_2007_SMA100A.pdf
- [5] http://www2.rohde-schwarz.com/file_6981/Manual_NRP_Z81_Rev_02.pdf
- [6] http://www2.rohde-schwarz.com/file_8350/FS-K15_e.pdf
- [7] http://www2.rohde-schwarz.com/en/products/test_and_measurement/spectrum_analysis/EVS300-%7C-Manuals-%7C-22-%7C-700.html
- [8] Annex 10, Volume I Radio Navigation Aids, ICAO, pp. 317-318
- [9] http://www2.rohde-schwarz.com/file_7847/CMS_bro_en_v05.pdf

6 略語

略語	意味
VOR	Very High Frequency Omni-directional Radio range (超短波全方向式無線標識)
ILS-GS	Instrument Landing System – Glide Slope (計器着陸装置–グライドスロープ)
ILS-LOC/LLZ	Instrument Landing System – Localizer (計器着陸装置–ローカライザ)
MB	Marker Beacon (マーカビーコン)
DME	Distance Measuring Equipment (距離測定装置)
TACAN	Tactical Air Navigation (戦術航法装置)
MLS	Microwave Landing System (マイクロ波着陸装置)
SSR	Secondary Surveillance RADAR (二次監視レーダー)
TCAS	Traffic Collision Avoidance System (航空機衝突防止装置)
VHF	Very High Frequency (超短波)
UHF	Ultra High Frequency (極超短波)
HF	High Frequency (短波)
SATCOM	Satellite Communications (衛星通信)
RADAR	Radio Detection and Ranging (無線探知および測距、レーダー)
GPS	Global Positioning System (全地球測位システム)
ADF	Automatic Direction Finder (自動方向探知機)
DOA	Direction of Arrival (到達方向)
ATC	Air Traffic Control (航空交通管制)
AM	Amplitude Modulation (振幅変調)
CSE	Carrier plus Sideband (搬送波側波帯)
SBO	Suppressed Carrier Sideband Only (抑圧搬送波側波帯)
THD	Total Harmonic Distortion (全高調波歪)
DDM	Difference in Depth of Modulation (変調度差)
SDM	Sum of Depth of Modulation (合計変調度)
ICAO	International Civil Aviation Organization (国際民間航空機関)
BITE	Built-In Test Equipment (組込みテスト装置)
CDI	Course Deviation Indicator (コース変位指示器)
CRS/CLR	Course/Clearance (コース/クリアランス)
COM/ID	Communications/Identification (通信/識別)

7 オーダー情報

シグナル・ジェネレータ

名称	型式	オーダー番号
アナログ・シグナル・ジェネレータ	R&S®SMA100A	1400.0000.02
RFパス (9kHz~3GHz、電子アッテネータ装備)	R&S®SMA-B103	1405.0209.02
RFパス (9kHz~6GHz、電子アッテネータ装備)	R&S®SMA-B106	1405.0809.02
RFパス (9kHz~3GHz、アッテネータなし)	R&S®SMA-B103L	1405.0609.02
RFパス (9kHz~6GHz、アッテネータなし)	R&S®SMA-B106L	1405.1005.02
VOR/ILS 変調オプション	R&S®SMA-K25	1405.3008.02
DME 変調オプション	R&S®SMA-K26	1405.3408.02
パワー解析オプション	R&S®SMA-K28	1405.3950.02

シグナル/スペクトラム・アナライザ、メジャリング・レシーバ

名称	型式	オーダー番号
スペクトラム・アナライザ 20Hz~xGHz	R&S®FSU	1166.1660.0x
シグナル・アナライザ 20Hz~xGHz	R&S®FSQ	1155.5001.0x
メジャリング・レシーバ 20Hz~xGHz	R&S®FSMR	1166.3311.0x
アナログ (AM/FM/PM) 復調オプション	R&S®FS-K7	1141.1796.02
VOR/ILS 測定用復調器	R&S®FS-K15	1302.0936.02
シグナル・アナライザ 9kHz~xGHz	R&S®FSV	1307.9002.0x

DME パルス解析用パワー・センサ

名称	型式	オーダー番号
広帯域パワー・センサ	R&S®NRP-Z81	1137.9009.02
USB アダプタ (パッシブ)	R&S®NRP-Z4	1146.8001.02

R&S®VOR/ILS 変調アナライザ

名称	型式	オーダー番号
ILS/VOR アナライザ	R&S®EVS300	3544.4005.02
第2信号処理ユニット	R&S®EVS-B1	5200.6625.02
GSM モデム	R&S®EVS-B2	5200.6631.02
バッテリー・パック	R&S®EVS-B3	5200.8240.02
周波数スキャン	R&S®EVS-K1	5200.6554.00
GPS モード	R&S®EVS-K2	5200.6548.00
CRS/CLR モード	R&S®EVS-K3	5200.9082.00
FFT モード	R&S®EVS-K4	5201.5922.00
ローデ・シュワルツ製パワー・センサ・サポート	R&S®EVS-K5	5201.8644.02
DME パルス波形表示	R&S®EVS-K6	5201.8650.02
オシロスコープ・モード	R&S®EVS-K7	5201.8667.02
R&S®EVS-K5 + R&S®EVS-K6 パッケージ	R&S®EVS-K8	5201.8696.02
耐候性バッグ	R&S®EVS-Z1	5200.5812.00
ILS/VOR テスト・アンテナ	R&S®HF108	4061.0506.02
R&S®EVS300 用テスト・システム	R&S®EVS-Z10	5201.7777.02

R&S®RTO デジタル・オシロスコープ

名称	型式	オーダー番号
デジタル・オシロスコープ、1GHz、2チャンネル	R&S®RTO1012	1316.1000.12
デジタル・オシロスコープ、1GHz、4チャンネル	R&S®RTO1014	1316.1000.14
デジタル・オシロスコープ、2GHz、2チャンネル	R&S®RTO1022	1316.1000.22
デジタル・オシロスコープ、4GHz、2チャンネル	R&S®RTO1024	1316.1000.24
OCXO 基準周波数 (10 MHz)	R&S®RTO-B4	1304.8305.02
GPIB インタフェース	R&S®RTO-B10	1304.8311.02
交換用ハードディスク (ファームウェアをインストール済)	R&S®RTO-B19	1304.8328.02
メモリ拡張、50Msample/チャンネル	R&S®RTO-B101	1304.8411.02
メモリ拡張、100Msample/チャンネル	R&S®RTO-B102	1304.8428.02

ローデ・シュワルツについて

ローデ・シュワルツ・グループ（本社：ドイツ・ミュンヘン）は、エレクトロニクス分野に特化し、電子計測、放送、無線通信の監視・探知および高品質な通信システムなどで世界をリードしています。

75年以上前に創業し、世界70カ国以上で販売と保守・修理を展開している会社です。

ローデ・シュワルツ・ジャパン株式会社

本社／東京オフィス

〒160-0023 東京都新宿区西新宿 7-20-1

住友不動産西新宿ビル 27 階

TEL:03-5925-1288/1287 FAX:03-5925-1290/1285

神奈川オフィス

〒222-0033 神奈川県横浜市港北区新横浜 2-8-12

Attend on Tower 16 階

TEL:045-477-3570 (代) FAX:045-471-7678

大阪オフィス

〒564-0063 大阪府吹田市江坂町 1-23-20

TEK 第2ビル 8 階

TEL:06-6310-9651 (代) FAX:06-6330-9651

サービスセンター

〒330-0075 埼玉県さいたま市浦和区針ヶ谷 4-2-11

さくら浦和ビル 4 階

TEL:048-829-8061 FAX:048-822-3156

E-mail: info.rsjp@rohde-schwarz.com

<http://www.rohde-schwarz.co.jp/>

Certified Quality System
ISO 9001
DQS REG. NO 1954 QM

Certified Environmental System
ISO 14001
DQS REG. NO 1954 UM

このアプリケーションノートと付属のプログラムは、ローデ・シュワルツのウェブサイトのダウンロード・エリアに記載されている諸条件に従ってのみ使用することができます。

掲載されている記事・図表などの無断転載を禁止します。

おことわりなしに掲載内容の一部を変更させていただくことがあります。あらかじめご了承ください。

ローデ・シュワルツ・ジャパン株式会社

〒160-0023 東京都新宿区西新宿 7-20-1 住友不動産西新宿ビル 27 階

TEL:03-5925-1288/1287 FAX:03-5925-1290/1285

www.rohde-schwarz.co.jp