

# NEWS

215/16



ROHDE & SCHWARZ



## クリーン・ コンプライアンス

電波の放射が許されるのは、認められた装置のみです。他のすべての装置はスペクトル的に目立つ存在ではありません。新しい EMI テスト・レシーバは記録的な短時間で規格値への適合性をチェックします。

### 汎用測定器

最新世代のパワー・センサは USB や LAN に接続して通信を行います。

### 汎用測定器

レーダー・エコーと複雑なレーダー・シナリオの実環境に即したシミュレーションを行います。

### 無線モニタリング／無線探知

新しい機能により、モニタリング・レシーバがシステム・イン・ボックスにアップグレードされます。



## NEWS アプリケーション

iPad、アンドロイド・タブレット、およびアマゾン kindle といったデバイスに使われる R&S® News アプリケーションは、それぞれのプロバイダのアプリケーション・ストアから無料でダウンロードすることができます。アプリケーションの言語は、内部で英語、ドイツ語、フランス語、またはスペイン語へ設定することができます。

最新文書の印刷版の他に、最近の3年間に刊行されたすべての記事へ秒単位で、しかもトピック毎に分類された状態でアクセスすることが可能です。コンテンツは多数のビデオを含みます。グラフィカル・サインは、アプリケーションを最後にオープンしてからどの新しい記事が表示されたかをマークし、新しい機能の選択的ガイドを提供します。

R&S NEWS またはローデ・シュワルツというキーワードを使って、個々のアプリケーション・ストアに用意されているアプリケーションを見つけることができます。

## NEWS

発行元：

**Rohde & Schwarz GmbH&Co. KG**

Muhldorfstrasse 15-81671 Munchen

www.rohde-schwarz.com

### 地域別連絡先

- ヨーロッパ、アフリカ、中東 | +49 89 4129 12345  
customersupport@rohde-schwarz.com
- 北米 | 1 888 TEST RSA (1 888 837 87 72)  
customer.support@rsa.rohde-schwarz.com
- 中南米 | +1 410 910 79 88  
customersupport.la@rohde-schwarz.com
- アジア太平洋 | +65 65 13 04 88  
customersupport.asia@rohde-schwarz.com
- 中国 | +86 800 810 82 28/+86 400 650 58 96  
customersupport.china@rohde-schwarz.com

編集者へのメール宛先：[newsletter@rohde-schwarz.com](mailto:newsletter@rohde-schwarz.com)

編集長：Volker Bach, Rohde & Schwarz

編集およびレイアウト：Redaktion Drexel & Knobloch GmbH (ドイツ)

英訳：Dept. 5MS2

写真撮影：Rohde & Schwarz

印刷国：ドイツ

ボリューム：56

発行部数 (ドイツ語版、英語版、フランス語版、スペイン語版、日本語版)：

約 60,000 部

発行回数：年に約 3 回

ISSN 0028-9108

最寄りのローデ・シュワルツ販売店を通して無料で提供します。

出典が記載される場合には抜粋の転載も許可されます。

コピーをローデ・シュワルツ (ミュンヘン) までお送り下さい。

PD 3606.9640.72

R&S® は Rohde & Schwarz GmbH&Co. KG の登録商標です。商標名は所有者のトレードマークです。CDMA2000® は Telecommunications Industry Association (TIAUSA) の登録商標です。Bluetooth® のワードマークとロゴは Bluetooth SIG, Inc. が所有しており、ローデ・シュワルツは、ライセンスに基づいてこれらを使用しています。他のすべての商標はそれらの個々の所有者の財産です。

# 表紙について

20 世紀初頭に、マルコーニが最初の送信機を使ってパイオニア的な実験を行ったとき、彼は無線スペクトラムへ与える悪影響を心配する必要がありませんでした。送信機を持っていたのは彼だけだったからです。マルコーニのスパークギャップ送信機がスペクトラムの中に作り出した本当の混乱は気づかれないままでした。相互干渉を防止するために強制的な規制が必要であることが明確となったのは、無線と放送が普及してからでした。1927 年にワシントンで開催された国際無線電信会議では、76 カ国が対応の法令に合意しました。この合意では、周波数の割り当てに関する詳細な計画が規定されているほかに、署名国によって使われる無線機器が技術的に実現可能な限りにおいてスペクトル純度と効率に関する条項を遵守することが求められました。原則的にはこの会議の内容は変更されておらず、唯一変わった点は、電波を放射する製品が驚くほどの数となって、これまでよりも厳しい規制が必要となったことです。受信機も、初めて、現在有効な新しい無線機器指令 (RED) による規制を受けることになりました (20 ページ)。多数の電子機器が電波放射を行うというわけではありませんが、積極的な対策を行わないと間違いなく電波放射の可能性が存在します。EMC 測定は、これらの対策が有効か否かを示すことができます。また、測定に関する規制がより厳しくなり、その範囲が広がってきているにもかかわらず、テストをより短時間で実施してそのコストを低く抑える必要があります。そこで、R&S®ESW のようなテスト・レシーバが活躍をします。このテスト・レシーバによって、何年も CISPR 14-1 基準に従って放射電波のテストが必要であった洗濯機はテストシールをより短時間で得ることが可能になります。その非常に高い測定速度は、秒単位でしか作動しない自動車のウィンドウ・リフタのような DUT のテストにおいて大きな利点となります。テストハウスや開発ラボにとってその新しい EMI フラッグシップへ切り替えることの意義は何でしょうか? 48 ページにその理由を見ることができます。



# 概要

## NEWS

### 215/16

#### 無線技術

##### 参考資料

ワールドマシンの領域..... 8

##### テスト

R&S®CMW500

ワイドバンド無線機テスト

三角関係 ..... 12

ラボ環境下で

ユーザ・エクスペリエンスを測定 ..... 16

##### 背景

RED -ヨーロッパの

最新無線機器指令 ..... 20

マルチドメイン・アプリケーション用のオールインワン型テスト機器 - 新型 R&S®RTO2000 オシロスコープ (42 ページ)



#### 汎用測定器

##### パワー・メータ / ボルト・メータ

R&S®NRPxxX パワー・センサ

パワー・ブースト ..... 22

##### 信号の生成と解析

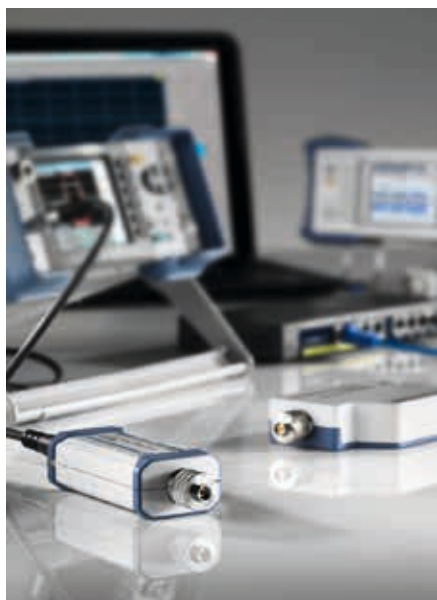
R&S®EDST300

DME / TACAN 地上局テスト

DME および TACAN 地上局の  
効果的な性能チェック ..... 26



新しいパワー・センサは極めて優れた接続性、精度、および速度を提供します (22 ページ)。



##### R&S®SMW200A ベクトル信号発生器

ジェネレータからレーダー・エコー

- ラボおよび保守向けの革新的な  
テスト・ソリューション ..... 28

##### R&S®Pulse Sequencer ソフトウェア

レーダー・パルスと複雑な

レーダー・シナリオの実環境を

シミュレーション ..... 33

DME システムと TACAN システムの設置およびサービスに適した万能テスト (26 ページ)

ベクトル信号発生器は実環境に即したレーダー・シナリオを生成します (28 ページと 33 ページ)。



## 汎用測定器

### ネットワーク解析

R&S®ZNB / R&S®ZNBТ

ネットワーク・アナライザ

シグナル・インテグリティの測定..... 39

### オシロスコープ

R&S®RTO2000 オシロスコープ

組込み機器開発に特化した

オシロスコープ ..... 42

## EMC / 電界強度

### 信号の生成と解析

R&S®ESW EMI テスト・レシーバ

すべての妨害波を検出 ..... 48

高い性能を有する新型 EMI テスト・レシーバは、関連する民間規格および軍用規格のすべての要件を満たします (48 ページ)。



## 無線モニタリング / 無線探知

### 受信機

R&S®ESMD モニタリング・レシーバ

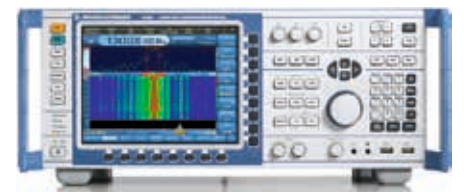
システム・イン・ボックスで登場..... 56

## その他

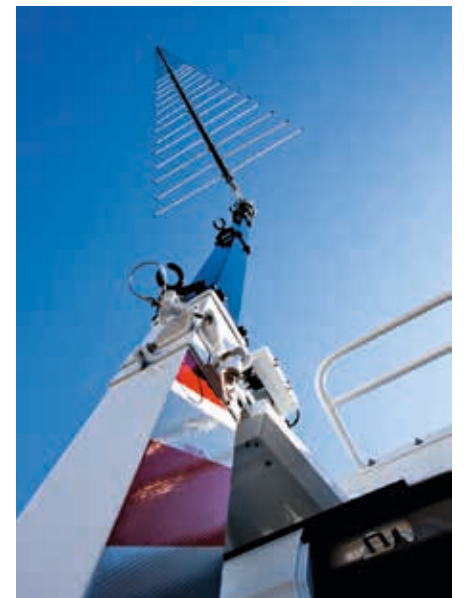
発行人..... 2

NEWS コンパクト..... 6

ニュース.....61



ユーザは、R&S®ESMD を設置またはモバイルの両用途で有効な無線モニタリング・ツールとして使用できます。新しいオプションは、さらに高い汎用性を提供します (56 ページ)。





### 自動車用電子制御ユニットに対応したモジュラー PXI テスト・ソリューションを提供します

現代の自動車は、さまざまなサブシステムを管理し、車載コンピュータと通信を行うネットワーク化された電子制御ユニット (ECU) を中心とした完全な1つの集合体となっています。モジュールには100%の信頼性が期待され、テスト要件には制約が加えられます。ある大きなメーカーは、万能かつプログラマブルでコンパクトな制御ユニットに使用できるフレキシブル・プロダクション・テスト・ステーションを探し求め、その結果として R&S® CompactTSVP システム・プラットフォームをベースとしたソリューションを選択することを決めました。この決断に影響を与えた重要な要素の中には、使用できるパワー・スイッチ・モジュールの範囲の広さ、内蔵されたテスト校正オプション、

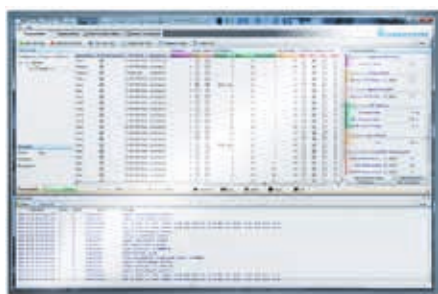
ならびにローデ・シュワルツが提供する総合的なアプリケーション・サポートとトレーニングがありました。このステーションはすべての ECU 機能を徹底的にテストして、その電圧値、電流ドレイン、周波数、およびインピーダンスをさまざまな負荷条件の下でチェックします。通信は CAN、イーサネット、アナログ入力/出力、デジタル入力/出力、周波数入力、およびアクチュエータ用のパルス幅変調 (PWM) 出力を介して行われます。特定の DUT に対して必要があるなら、他のインタフェースを組み込むこともできます。ビジネス関係者は、適合したサンプル CCU と評価用テスト・ソフトウェアを備えた PF5000-CCU デモ・システムを要求することができます。



### サービスにプロフェッショナル無線の自動テストを実施できます

プロフェッショナル無線の大きな運用インベントリを維持しなければならない組織 (主として軍隊) は、組織的または O レベルのメンテナンスを有するサービス・センターを持っているのが一般的です。ここでは、サービス計画を確立した後にバッテリーの交換やオシレータのバランス調整などの活動を通じて操作性のレストアまたは確認を行います。新しい R&S® URTS226X テストセットは、そのようなサービス・センターを考慮して設計されました。ローデ・シュワルツが自身の製造プロトコルで使用している大型の R&S® UCS テスト校正システムをベースとしている R&S® URTS226X は、これらのシステムと完全なソフトウェア互換性を有しています。R&S® URTS226X は、R&S® SDTR、R&S® M3xR、R&S® Series4200、および

R&S® Series2000 の無線装置ならびに将来モデルの自動テストに使用することができます。要求があれば、第三者製品のテスト・プロシージャも組み込むことができます。IP65 の保護アルミケースを有するシステムの T&M コアとなるのが R&S® CMA180 無線テストセットです。モジュール型ソフトウェアはさまざまな深度のテスト・プロシージャを提供し、また、これらの手順に対してドラッグとドロップを行って既定のシーケンスとは違うテスト・シーケンスを作成することができます。これによって、テストを顧客のテスト構想に容易に合わせることができます。テスト結果は明確に文書化されます。テスト結果に対するデータベース援用の詳細解析を行うための統計学的ツールが用意されています。



### テスト・シーケンスを容易に定義、実行、および評価できます

これまで、開発者はローデ・シュワルツの測定機器を使用して自動テスト・システムを実施するために他のメーカーのテスト管理プログラムを使用しなければなりません。一般的に、これらのプログラムは RF テストや要求される重要な修正には不十分なものでした。新しい R&S® QuickStep テキスト実行ソフトウェアはこの問題を解決します。R&S® QuickStep では、ネイティブの C++ テスト・ルーチンとほぼ同じランタイムを有するユニバーサル・ハイスピード・テスト・シーケンスとテストの定義、パラメータ化、実行、および評価を行えるグラフィカル・ユーザ・インタフェースとを組み合わせています。テスト・プロシージャはフローチャートにマッピングされて、モデル化とテスト・タスクの並列化を最大限まで

高めることができます。ソフトウェアが持つアナライザ、ジェネレータ、および電源に使用する最新のテスト機能ライブラリは拡張することができ、将来登場するデバイス・クラスを包含させることが可能です。ユーザは Microsoft Visual Studio を使うことで、自動的に生成されたソースコード・テンプレートをベースとして追加のテスト機能を容易に作ることができます。これらは現時点では C++ で記述されていますが、将来は C# 言語やスクリプト言語で記述することが可能です。ソフトウェア開発のための高度な専門知識は必要ありません。リザルト・ブラウザによって、ユーザはランタイム・プロトコルの解析を行うことや、結果を表、線図、および統計の形で見て測定値を評価することが可能となります。



### 広帯域テストおよび広帯域測定 I : 記録帯域幅を使用したベクトル変調

最新レーダー・システムの開発者および 5 G と IEEE 802.11ad に対応した通信装置の開発者には、新しい R&S<sup>®</sup>SMW-B9 2 GHz オプションを備えた R&S<sup>®</sup>SMW200A ベクトル信号発生器のようなきわめて広い変調帯域幅を有する 電子計測器が必要です。市販されている他のベクトル信号発生器では、1 台で 40 GHz までの完全に校正された広帯域ソリューションを提供することができません。このオプションは 2 つ装着することができ、1 台で最大 20 GHz の 2 種類の独立した広帯域変調信号を生成することが可能です。A&D ユーザは 40 GHz バージョンを有する完全な K バンドと K<sub>u</sub> バンドをカバーできるとともに、最短のパルス間隔と立ち上がり時間でレー

ダー・パルスならびに高い距離分解能に必要な広帯域 FMCW 信号を発生させることができます。R&S<sup>®</sup>SMW-K114 5 G エア・インタフェース・キャンディディット・オプションは、将来の 5 G モバイル・ネットワーク・アクセス技術の開発を行っている開発者に対するソフトウェア・サポートを提供します。FBMC、UFMC、GFDM、および f-OFDM などの信号形式は、測定機器のメニューから直接生成することが可能です。R&S<sup>®</sup>SMW-K141 オプションを使うことで、IEEE 802.11ad 技術の開発者はシングルキャリア・モードにおいて 1.76 G サンプル/秒のシンボルレートが必要な信号を得ることができます。



### 広帯域テストおよび広帯域測定 II : 40 GHz および 160 MHz の帯域幅までの信号の解析

R&S<sup>®</sup>FSV シグナル・スペクトラム・アナライザは長年に渡ってラボおよび T&M システムにおける万能測定機器としての価値を示してきました。この測定機器は広範囲に渡るアプリケーションに対して十分な性能を発揮し、高域用ツールを望んでいるユーザがこの機器から離れることはほとんどありませんでした。しかしながら、最新の通信技術に対処する場合には、電子計測器の性能に対する要求が極めて大きいため、ハイエンドのアナライザ——すなわち、新しい R&S<sup>®</sup>FSVA——以外にこの要求を満たすことができません。R&S<sup>®</sup>FSVA は R&S<sup>®</sup>FSV がベースとなっていて、外観や機能は R&S<sup>®</sup>FSV と同様です。RF 特性が改善された新しいフロントエンドを有し

ているのが唯一の違いとなります。代表値で -117 dBc (1 Hz、1 GHz、10 kHz オフセット)の位相ノイズ値と代表値で -166 dBm (1 Hz、7 GHz 未満) のプリアンプを使った感度などのデータがその品質を証明しているとともに、費用効果の高い位相ノイズ測定を保証します。R&S<sup>®</sup>FSVA は高いダイナミックレンジを有しています (最上位モデルの周波数の上限は 40 GHz)。さらに、ブリッジ可能な狭帯域 YIG オシレータのおかげで、R&S<sup>®</sup>FSVA は最大で 160 MHz の帯域幅を有する信号を復調することができます。無線基地局のメーカーや衛星、リレー技術、および A&D セクターの戦術無線システムの開発者は、R&S<sup>®</sup>FSVA の高品質な特性の恩恵を受けることができます。



### 低出力送信機の中の巨人

テレビ放送ネットワークのオペレータに自由裁量を与えて理想的な低出力送信機を設計させると、その仕様はおそらく次の特徴を持つようなものとなると思われます。その送信機は、事実上、ほとんどあり得ない問題が発生した場合にも社内において短時間で容易に修理できる壊れないメンテナンスフリーのハードウェアを持つ必要があるでしょう。その送信機は、従来の送信機に比べてエネルギーの消費が大幅に低いものとなる必要があるでしょう。そのクラスに応じて、送信機は低出力かつ小型である一方で、無停電電源、信号測定技術、IP と衛星を経由したトランスポート・ストリーム・フィード、機器の冗長性などの幅広い特徴をもつ必要があります。この最適な送信機は既に市場に

存在します。それは R&S<sup>®</sup>TLU9 です。以前のモデルである R&S<sup>®</sup>SLx8000 送信機や R&S<sup>®</sup>Tx9 世代の高出力送信機を数多く設置してきた経験をもとに、我々は低出力送信機を完全に再考して再設計を行いました。FPGA と TxDAC を介しての直接 RF 合成——これにより、故障の可能発生源である I/Q 変調器の必要性をなくします——といった多くのイノベーションを行ってきました。1HU または 2HU のハウジング (ディスプレイ・ユニットと分離している) で 5 W ~ 200 W を有する 7 つの出力レベルを使用することが可能です。

# ワールド マシンの 領域





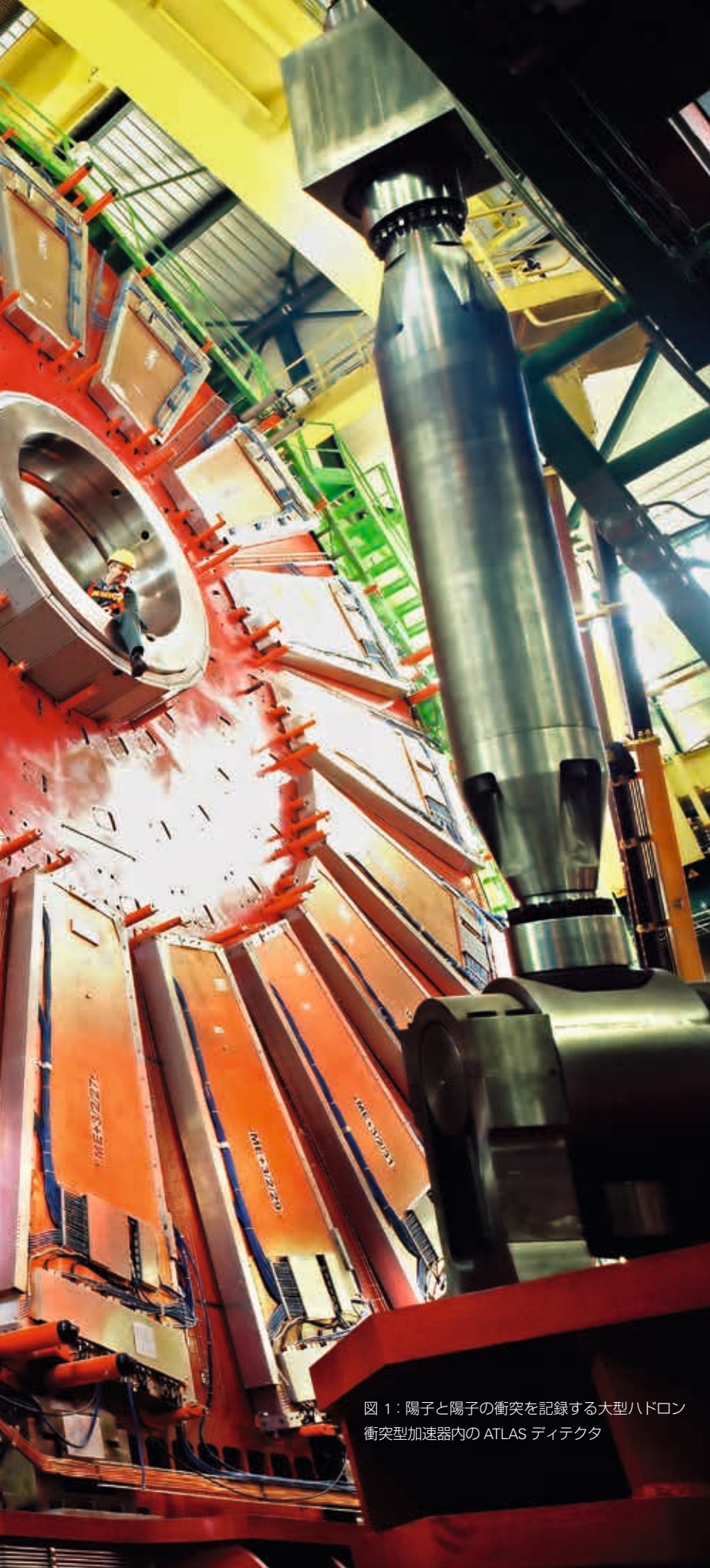


図 1：陽子と陽子の衝突を記録する大型ハドロン衝突型加速器内の ATLAS ディテクタ

ジュネーブ近郊にある CERN は、世界最大で最も有名な素粒子物理学の研究施設です。同施設の 27 km の長さ に及ぶ地下衝突型加速器は、ローデ・シュワルツのシステムがモニタリングするモバイル・ネットワークによって完全にカバーされています。

1954 年に創立された CERN は今ではヨーロッパの 21 カ国による投資と運営が行われています。CERN は世界最大の素粒子物理学の研究施設で、スイスとフランスの地域内にあり何平方キロメートルもの広さを有しています。ただし、現在では、ユネスコの判断に従って治外法権が適用される施設となっています。しかしながら、この施設で最も重要な部分は地下約 100 m の場所に隠されています。そこに、大型ハドロン衝突 (LHC) 型加速器が配置されています。約 27 km の円周を持つとともに多数の検出器を備えたこの加速器は、世界で最も大きくて複雑な機械と考えられています (図 1 と図 2)。この施設で実験を使った調査の対象となっているのが、世界がどうやって機能しているかについての基本的な疑問に関する研究です (これが、ワールドマシンという一般的イメージが作られた所以です)。CERN の研究員はヒッグス粒子の解明に成功し、2012 年に 1 つの疑問を解明しました。50 年前に仮定されたヒッグス粒子は、基本的な素粒子物理学の標準モデルを構成する重要な基礎的要素です。CERN が発見したものは年を重ねたピーター・ヒッグスにちなんで付けられたもので、同氏はその後にノーベル賞を受賞してい

© Peter Ginter / Getty Images

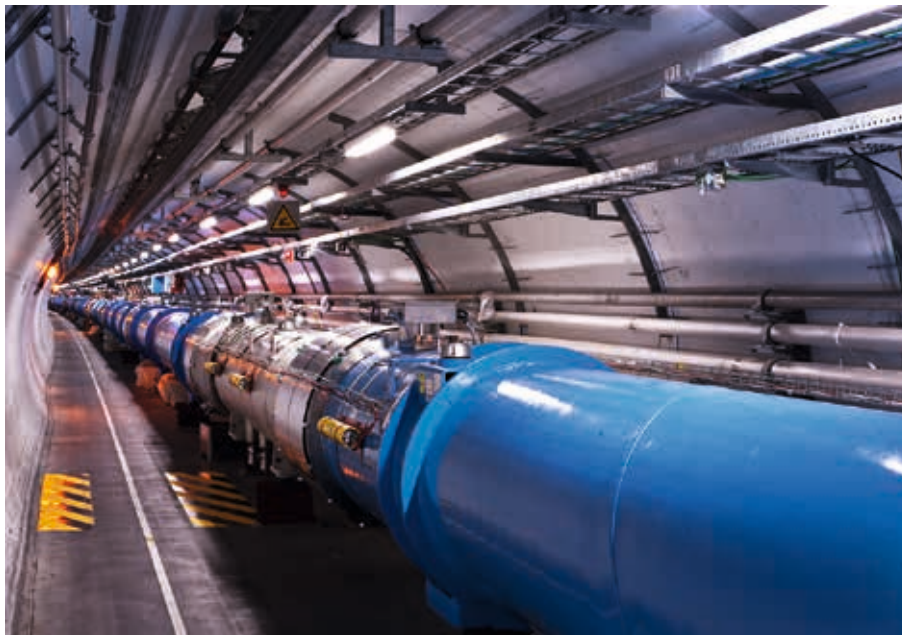


図 2：陽子または鉛イオンが LHC 型加速器内を通過します。それらの衝突が引き起こされて、別のディテクタを使って記録されます。

ます。既知の素粒子の予測された超対称相対物といった他の素粒子は未だに発見されていません。暗黒物質の存在可能性を考慮に入れて、これらの素粒子の解明が世界中の研究者によって行われています。

基礎物理学の未解明の問題を明らかにするよう運命づけられている研究所があるとしたら、それは CERN です。CERN は、LHC を使うことで、これまで得ることができなかった 14 テラ電子ボルト (TeV) までのエネルギー・レベル——これは、光の速度の 99.9999991 % での陽子の衝突に相当する——を達成できると期待しています (現時点では、13 TeV が達成されている)。現在認められている宇宙論が提示する時間スケールをベースにすると、超高温である  $1.6 \times 10^{17}$  K の等価温度がビッグバンの後の約 10 億分の 1 秒間存在しているので、これをさらに明確に示すことが可能となります。

LHC 衝突型加速器の 27 km の環状経路 (距離は LHC の前の装置である LEP で発見したトンネルを使って決められた) の中において相対性理論による光速度付近の素粒子の慣性を超えてこれらの素粒子を加速するためには、最新技術を使って達成できる最強度の電磁石が必要となります。あるいは、他の観点から見ると、加速器が達成できるエネルギー・レベルは、磁石の強さによって決まります。磁石は、絶対零度よりほんのわずかな高い温度で (超伝導が発生する) 冷却しなければなりません。CERN では、室温からこの温度に冷却するのに数千トンの液体窒素とヘリウムが使われ、数週間を要します。この方法で冷却された磁石は、最大 12000 A の電流を流すことができます。高エネルギーと極低温の組み合わせは現実的に危険を招きます。不具合が生じた場合には、一般的な警報が出されます。アクセス性と移動通信は、この衝突型加速器の安全性にとって重要なものとなります。巨大な施設のどこにいようと、多くの科学者や技術者が最新の通信機器へアクセスすれば日常の作業は容易になります。これが、CERN が複数の通信システムを保有している理

由です。最近、古い TETRA/TETRAPOL トランク無線ネットワークは、スイスのネットワーク・プロバイダである Swisscom によって設置された近代的な 2G/3G/4G システムへと更新されました。いくつかの地上基地局、数十の RF アクセス・ポイント、およびトンネルと洞窟を通過している 60 km のリーキー・フィーダがサービスエリアすべてを網羅し、CERN の職員は相互に連絡できるばかりでなく外部とも連絡することが可能となります。ただし、絶対に故障しないインフラストラクチャというものはないので、CERN ではネットワーク・ステータスの常時モニタリングが最重要事項となっています。また、CERN が技術的なものを外注すれば CERN ではなくなります。CERN はネットワーク性能をモニタし、改善を必要とする部分を自身で見つけることを望んでいます。モニタリング機器の国際入札が出され、ローデ・シュワルツが受注しました。

#### QualiPoc Remote Control はモニタリングの問題を解決します

モニタリング・システムの中核をなすのがローデ・シュワルツの子会社である SwissQual が提供する QualiPoc Remote Control プロブです (図 3)。小さな箱の中には、数ダースの性能評価基準をベースとして音声、データ、ビデオ・ストリーム、およびメッセージの品質を定期的にチェックするとともにすべての品質データの記録を保存する市販のソフトウェアに修正が加えられたスマートフォンが内蔵されています。これらの記録は SMS または FTP を介して CERN のモニタリング・センターへ送られ、そこでオペレータは SwissQual の NetQual サイトを使ってデータの処理と分析を行います (図 4)。このセンターはプロブの遠隔管理も行い、ソフトウェアを最新のものに維持します。CERN 全体に 60 のセンサが配置され、完全なモニタリングの実施を可能にしています。システムは、メンテナンスフリーで年中無休の連続運転が可能で設計となっています。プロブは電流バッファが行われ、すべての障害を解決するために自動的に再起動します。

市販のスマートフォンを T&M センサとして使用することにはいくつかの利点があります。モバイルネットワークの品質は、各種のアプリケーションとサービス（QoS）を使ったユーザの主観的な QoE をベースとして解析の度合いが高められてきています（16 ページの記事を参照）。この QoS は標準のモバイル装置を使って得られるため、テストにこれらと同じ装置を使用し、ユーザ・エクスペリエンスを客観化するために装置で得られるデータを使用することは理にかなっています。また、スマートフォンは費用効率がが高く、市場における最新の機能を常に備えています。CERN のネットワークが新しい機能または 5G システムアップグレードさえも必要としている場合には、サービス技術者が QualiPoc の中のテストフォンを最新のモデルに交換し、テスト・ソフトウェア——製品維持の標準項目となっている——のアップグレードを行います。言葉を換えると、CERN は移動体通信技術に後れをとるという問題に悩むことがなくなります。

Volker Bach

研究に関し、CERN は将来ローデ・シュワルツのオシロスコープも使用する予定としています（62 ページ参照）。

図 3：コンパクトな SwissQual の QualiPoc Remote Control プローブは、モバイル・ネットワークのモニタを必要とするすべての場所に置くことができます。必要となるものは電源だけです。



### CERN モバイル・ネットワーク・モニタリングシステムのレイアウト

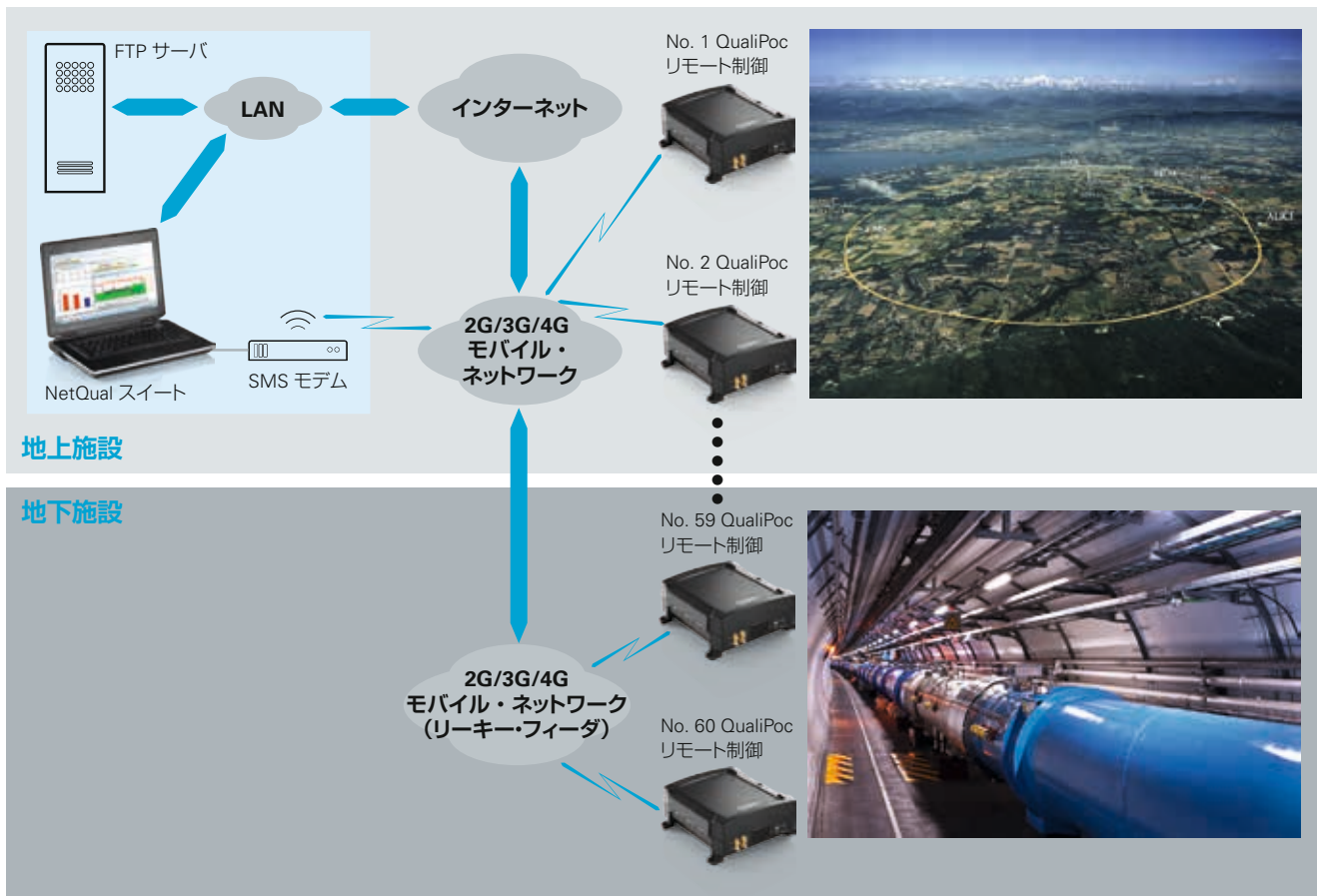


図 4：QualiPoc システムは CERN のモバイル・ネットワークをモニタし、それを使って表示数値とリモート・メンテナンス・コマンドを送信します。

# 三角関係

移動体通信の特性は、当該通信の加入者が使っている基地局のネットワーク内で操作を行ってすべての通信を処理できることにあります。さらに、将来のモバイル装置では、これらの装置がお互いに近接している場合には中間の基地局を介さずデータの交換を行うことができるようになります。このシナリオに対応したテストは、基地局ばかりでなく対応する機能を有するモバイル装置をシミュレートすることができなければなりません。まさに、R&S®CMW500 がこのテストに該当します。



3GPP 規格のリリース 12 でのデバイス間機能 (D2D) の出現によって、端末間直接通信サービス (ProSe) がセルラー移動体通信の歴史の中で初めて可能となりました。ProSe は 2 つの UE 間での直接的なデータ転送をベースとしています。そのようなサービスの使用は承認が必要となり、加入者の携帯電話契約によってカバーされます。これが使用されると、基地局の必要性がなくなり、特定の状況下でデバイスをウォークトーカーのように使うことができます。D2D に対するモチベーションは 2 つあります。1 つは緊急事態または大きな災害に遭遇したときです。停電によってモバイル・ネットワークが使用できなくなった場合あるいは被救助者または救助者がネットワークのサービスエリア——たとえば、携帯電話のサービスエリア——にいない場合に、自給式のモバイル装置は非常に有効なものとなります。2 つ目のアプリケーション・シナリオはローカル放送サービス——すなわち、一方向データ転送——に関するものです。

D2D を扱えるようにするためには、モバイル装置 (UE) がサイドリンクと呼ばれる新しい LTE D2D インタフェースを備えていなければなりません。UE はサイドリンクを使って最大 500 m の距離の通信ができると期待されています。リリース 12 の D2D は 2 つの形で実施することができます。サイドリンク・ダイレクト・ディスカバリ (放送用) とサイドリンク・ダイレクト・コミュニケーション (グループキャスト用) がこれらに該当します。いずれも FDD ネットワークと TDD ネットワークで可能であり、この目的のためにサイドリンクに割り当てられた UL LTE Uu インタフェース用の資源を使用します。ダイレクト・コミュニケーションは安全関連のアプリケーション (詳細については下記参照) に対応したのですが、ダイレクト・ディスカバリ機能も民間のアプリケーションのために開放されています。技術サプライヤとネットワーク・オペレータの文書では、この機能は LTE Direct (Qualcomm) と LTE Radar (T-Mobile) と呼ばれています。

### ProSe の使用は承認が必要

ユーザがダイレクト・ディスカバリまたはダイレクト・コミュニケーションのどちらを使いたいかにかかわらず、UE は承認の

有無をまず確認します。UE がネットワーク・サービスエリアを持っている場合には、通常、この確認はネットワーク要求を経由して行われます。UE は既存の DNS ルックアップ手順を使って、契約会社で対応のサーバ (ProSe 機能) を見つけ出します。ネットワーク・サービスエリアが存在しない場合には、SIM カードまたは UE ファイル・システムに保存されている ProSe 承認を得ることで UE へ ProSe に対する事前承認を与えることができます。ローデ・シュワルツは、この機能をテストするための R&S®CMW-Z6 SIM カードを用意しています。

### ダイレクト・ディスカバリネットワーク・サポートを使った効率的な通信

サイドリンク・ダイレクト・ディスカバリは、ローカルの関連情報を他の近くの受信機へ放送する非常に効率的な方法です。たとえば、小売業者がこの機能を使うことで専用の販売促進キャンペーンの宣伝を行うことができます。アナウンシング UE は ProSe アプリケーション・コード (PAC) ——184 ビットの短いデータ・テレグラム——を定期的にサイドリンク・エア・インタフェースへ送信します (図 1 参照)。モニタリング UE は PAC をネットワークの ProSe 機能へ送り、この PAC は実際の XML ベースのユーザ情報に対するアクセスキー (ProSe ID) として機能します。ProSe 機能はこの事前にアップロードされた ProSe ID をモバイル・ネットワークを通してモニタリング UE へ送ります。

アナウンシング UE の ProSe アプリケーションは最初に「mcc123.mnc456.ProSeApp.Theatre.Tickets.Sales.Available.2」のような PAC を要求し、その後で PAC を放送情報と一緒にプロバイダへ送ります。プロバイダが承認 (現在のネットワークの負荷や他の評価基準に依存する) を与えると、モバイル・ネットワーク・オペレータ (MNO) は、放送に対応した PAC を発行することでその要求に応答します。

実際のネットワークの全プロセスの特定のデザインはまだ完了していません。送信機と受信機が別の周波数で作動している場合やこれらが異なるプロバイダで登録されている場合でも、メッ

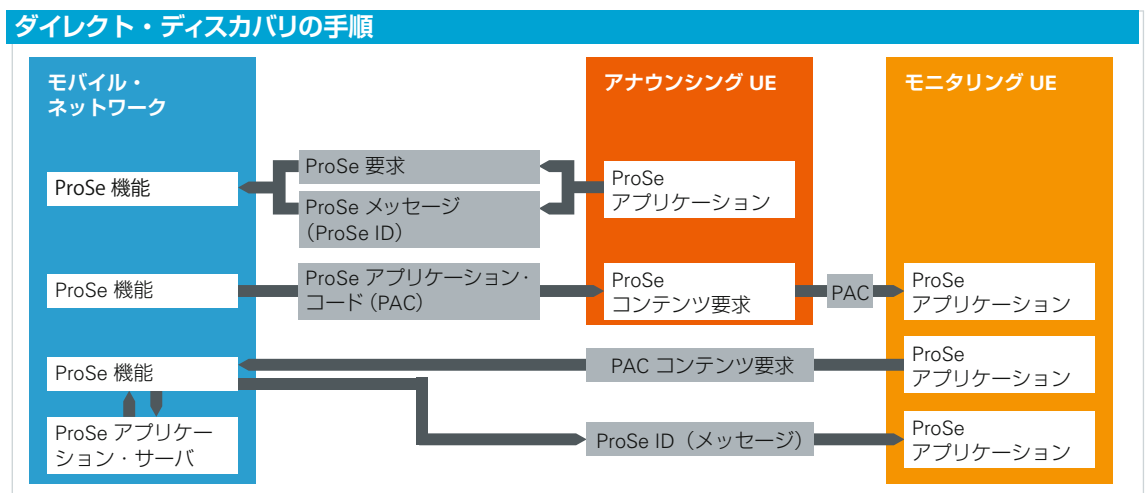


図 1: ダイレクト・ディスカバリとは、UE がネットワークを使ってローカルの関連情報を他の近くの受信機へ放送することを意味します。

セージを各 LTE 加入者へ確実に届くようにするためにはどのようにするかが問題の 1 つとして残されています。3GPP は 2 つの MNO がお互いの ProSe 機能へアクセスできる方法を指定していません。ただし、技術的原理はリリース 12 で確立しているので、基本プロセスをシミュレートすることは可能です。リリース 12 のオプションを備えた R&S<sup>®</sup>CMW500 はこのプロセスをシミュレートすることができます。

### R&S<sup>®</sup>CMW500 を使用しての総合的な ProSe テスト

図 2 にダイレクト・ディスカバリに含まれるネットワークと UE 機器を示します。図 3 は UE が接続された R&S<sup>®</sup>CMW500 の視点による詳細を示したものです。テストはサイドリンク・インタフェース (PC5) に対して測定機能を提供しなければならず、また、ProSe 機能を使って論理 PC3 インタフェース (http の XML で LTE Uu エア・インタフェースを介してルーティングされる) 経由でデータ・トラフィックをシミュレートすることができなければなりません。テスト対象 UE は、交互にダイレクト・ディスカバリ送信機 (アナウンス UE) および受信機 (モニタリング UE) として機能します。R&S<sup>®</sup>CMW500 の中間レベル API (MLAPI) には、ProSe プロトコルをテストできるようネットワークの ProSe 機能の DLL インプリメンテーションが組み込まれています。UE の開発は、しばしば複数のチームによって平行して行われます。これらのチームは、RAT またはコアとなるネットワーク関連のレイヤとインタフェースの開発のみを行います。各チームは他のチームが機能していることを前提とするので、R&S<sup>®</sup>CMW500 でのダイレクト・ディスカバリの実行は PC3 インタフェースを迂回し、ProSe プロトコルさえも使わずに 3GPP TS 36.509 に従ってテスト・ループ・モード D を使ってテストの実施を可能にします。

3GPP 規格に従って、ダイレクト・ディスカバリをサポートする UE は、シングル・トランスミッション・タイム・インターバル (TTI:1 ミリ秒) の間に 1 チャネル当たり最大 50 のメッセージ (20 MHz のセルを想定) を受け取ることができなければなりません。この能力をテストするために、R&S<sup>®</sup>CMW500 は指定周波数帯で 50 のサイドリンク UE を生成します。さらに (これが確固とした要求でないにもかかわらず)、そこで送信されたメッセージを受信するために、UE は他のローカル LTE ネットワークの周波数帯のモニタも行わなければなりません。R&S<sup>®</sup>CMW500 はこの状況にも対応します。各々が TTI で最大 50 のメッセージを受信できる能力を持った作動中の 2 つのサイドリンクは異なる周波数で並列に設定されます。

### ダイレクト・コミュニケーション—公共安全と保障に向けた近代的な IP コミュニケーション

公共安全と保障を司る組織は専用の通信要件を持っています。過去においては、これらの組織は TETRA のようなカスタマイズされた (トランクされた) 無線通信システムに頼っていました。LTE のような市場で入手可能な技術の能力は、性能について言えばこれらのシステムより遙かに進んでいます。LTE ダイレクト・コミュニケーションはそのような機能への要求に対する解答を与えてくれます。LTE ダイレクト・コミュニケーションは、トランク無線システムで一般的なグループキャスト機能とプッシュ・トゥーク・ダイレクト・モード機能を追加することでネットワーク通信を拡張します。音声、写真、および高解像度ビデオ (データレートの高い従来のトランク無線システムでは送信が不可能だった) をグループの各メンバへ容易に送ることができます。各 UE は多数のグループのメンバとなることができます。用意されている無線資源とダイレクト・コミュニケーション用の保障メカニズムは、ローデ・シュワルツの白書に詳しく説明されています [1, 2]。

### ダイレクト・ディスカバリ: ネットワークと UE 機器

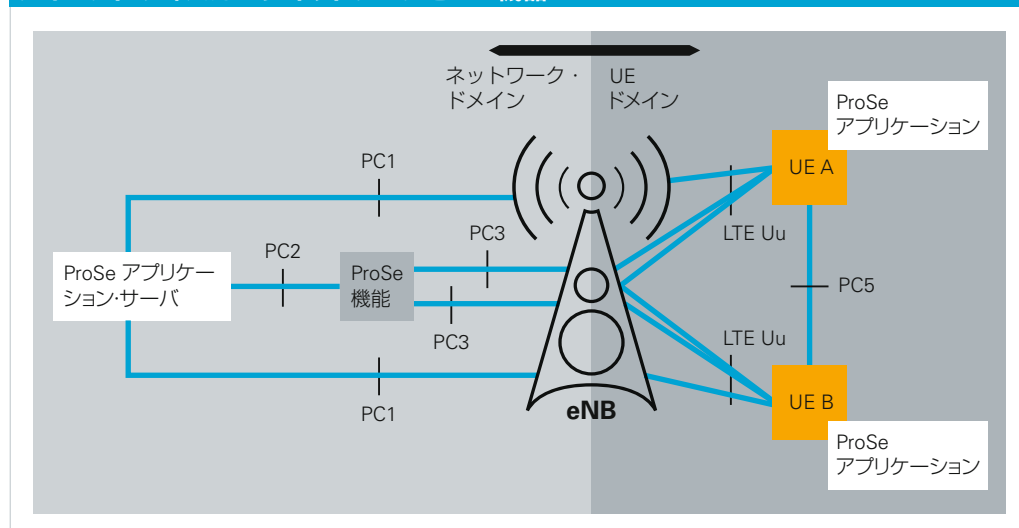


図 2 : ProSe にかかわるアプリケーションネットワーク資源とインタフェース

## ProSe テスト・アーキテクチャ

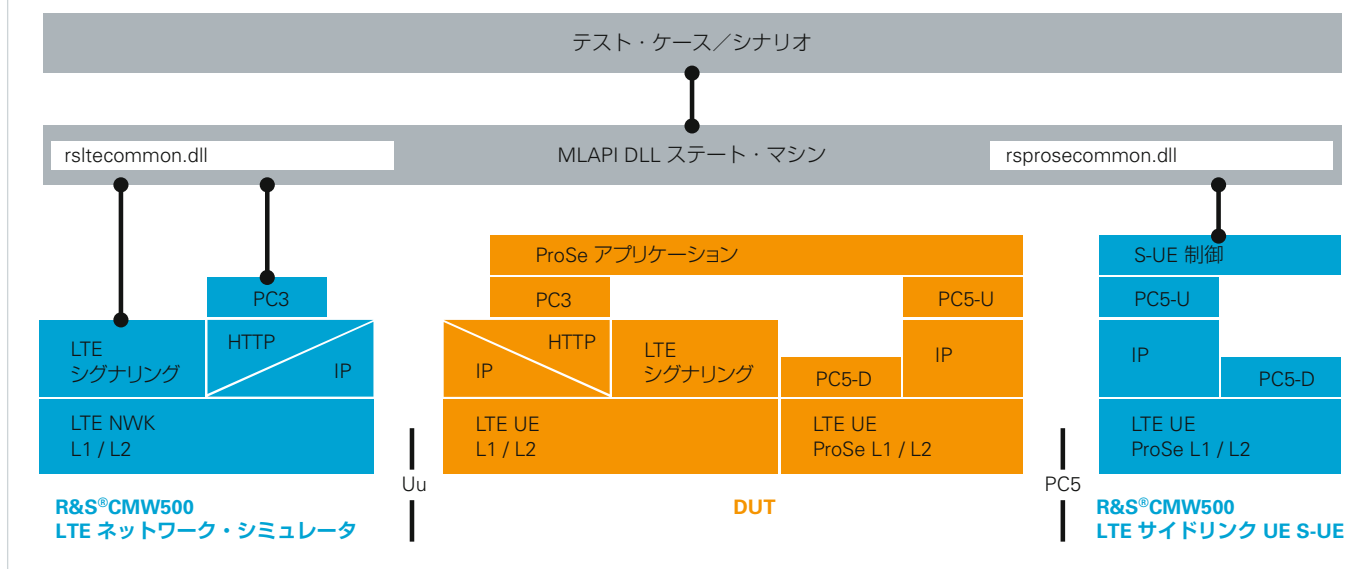


図 3：R&S®CMW500（青）とモバイル装置（DUT）から構成される ProSe テストのテスト・アーキテクチャ

ネットワークの停止が起こった場合にダイレクト・コミュニケーションが特に重要となるので、同期に重要な共通タイムベースの不在を補償する問題に対する解答を見つけ出す必要がありました。この問題は、時間基準を見つけられない送信希望の各 UE が自身を同期マスタとして宣言するのを保証することで解決しました。その後で、当該 UE はシステム帯域幅とデュプレクス・モード（直接同期）のような、マスタ情報ブロックに通常入れられているすべての必要情報を送信します。R&S®CMW500 によってシミュレートされたサイドリンク UE は、2 つの役割の下で——同期マスタとして、またマスタとの同期を必要とする受信機として——DUT のテストを行うために必要なすべての機能を実行します。

直接同期は、ネットワーク・サービスエリアの拡大にも使うことができます。必要なら、ネットワーク・サービスエリアの端でダイレクト・コミュニケーションが可能な UE（直接同期がダイレクト・コミュニケーションに限定されていないにもかかわらず）をネットワークが要求して、当該 UE にその近くにある UE に対する同期マスタとしての役割を担わせることができます。代表的なアプリケーション・シナリオとしては、ネットワーク受信のできない建物の中へ救急隊員が入る必要がある緊急事態が考えられます。

## 展望

D2D エア・インタフェースの定義は、3GPP リリース 12 では完了にほど近い状況にあります。たとえば、リリース 13 では、UE をサービスエリアの外にある UE のためのリレー・ノードに変える機能が追加される予定です。この機能は、UE が基地局と直接的に連絡がとれない場合でも UE がダイレクト・ディスカバリを使用することを可能にします。さらに、ミッションに重要なプッシュトークと呼ばれるサービスも定義されています。このサービスは公共の安全と民間用途の両方を網羅することになります。他の D2D エリアには車両間通信が含まれる予定です。車両間通信では LTE で現在実現可能な待ち時間よりも大幅に短い待ち時間が要求されるので、将来の標準化の作業で扱われることになっています。既存のサービスならびに予測しうるすべてのサービスに対して、R&S®CMW500 は（RF、プロトコル、またはアプリケーションのテストにとって）最良のテストとなります。

Dr. William Powell

## 参考資料

- [1] ローデ・シュワルツ白書「LTE の最新（3GPP リリース 12）技術の紹介」（[www.rohde-schwarz.com](http://www.rohde-schwarz.com) での検索コードは 1MA252）
- [2] ローデ・シュワルツ白書「デバイス間通信」（[www.rohde-schwarz.com](http://www.rohde-schwarz.com) での検索コードは 1MA264）

# ラボ環境下で ユーザ・エクスペリエンスを測定

標準化フォーラムが発行したユーザ機器（UE）テスト規格では、ネットワーク上でのエラーのない動作を保証する特性に焦点が当てられています。音や画質などの主観的評価基準の試験は必須ではありませんが、これらは市場で成功を納めるための重要な要素です。賞を獲得した<sup>1)</sup> ローデ・シュワルツのテスト・ソリューションによって、今ではこれらの機能の測定も可能となっています。

## ユーザ・エクスペリエンスとは何か

携帯電話を購入する誰もが、間違いなく市販のモデルは期待通りの性能を発揮するであろうと考えます。これは、市場に投入される前に各装置が合格しなければならない総合的なテスト・プログラムを通して保証されます。ただし、装置が毎日の使用にどのように耐えるかについての評価やその強みと弱みが存在する機能の評価については、潜在顧客は消費者向けポータルや雑誌に頼ることになります。これらの評価は、ユーザ・エクスペリエンス、QoE、および QoS などのキーワードに重点を置いた品質論議に大きな影響を与えます。しかしながら、ユーザ・エクスペリエンスは単に UE の特性の産物ではなく、ネットワーク、UE のハードウェアとファームウェア、およびソフトウェア・アプリケーション（すなわち、アプリケーション）の間の相互作用によって生まれるものなのです。これが、すべての市場参入者——ネットワーク・オペレータ、UE のメーカー、およびアプリケーションの開発者を含む——が主観的評価基準の客観的測定を可能にするテスト・ソリューションに興味を示す理由です。実ネットワーク——ローデ・シュワルツが提示するようなもの——での QoE 測定に必要な歩行テストや走行テストの結果は必要な再現性を欠いており、与えられたローカルのネットワーク特性（その解析が主な目的となっている）をそのまま採っただけのものです。これは、テストの結果をここで説明されているアプリケーションにとって不適切なものにしてしまいます。開発中に再現性のある結果を短時間で得るためには、品質——特に、ネットワークに関連する品質——に影響を与えるすべてのパラメータを構成できるラボ・ソリューションが必要となります。このニーズは、R&S<sup>®</sup>CMWrun テスト・シーケンサ・ソフトウェア・アプリケーションによって制御される小規模テスト・システムを基本として機能する信頼性の高い真の R&S<sup>®</sup>CMW500 無線機テスタによって達成されます。

## テスト・システム

R&S<sup>®</sup>CMW500 は 2 つのワイヤレス・ネットワークを同時にエミュレートし、ネットワーク～UE 間で考えられるすべてのデータ・トラフィック評価基準を解析します。内部データの処理は、LTE での音声伝送に対するキーでもある IP マルチメディア・システム（IMS）を有するデータ・アプリケーション・ユニット（DAU）によって行われます。オーディオ・ボードが各々の基準に特有の音声コーデックを提供します。オーディオとビデオの品質ならびに消費電力を測定する専用の測定機器——R&S<sup>®</sup>UPV オーディオ・アナライザ、R&S<sup>®</sup>VTE ビデオ・アナライザ（いずれも客観的品質を測定する能力を有している<sup>2)</sup>）、および R&S<sup>®</sup>NGMO2 デュアル・チャンネル・アナライザ／電源を含む——が組み込まれています。R&S<sup>®</sup>CMWrun は、R&S<sup>®</sup>CMW ベースのテスト・システムを遠隔制御し、その結果を処理するためのテスト・オートメーション・ソフトウェア・アプリケーションです。可能な試験には、大規模ネットワークのオペレータがそのネットワーク内の UE に対して必要とする通信事業者受入試験が含まれます。図 1 に試験装置を示します。

## オーディオ規定項目

GSM の時代では、携帯電話の主機能は電話でした。一方、LTE スマートフォンでは、音声は多数のサービスの中の 1 つに過ぎず、IMS を使って追加されるサービスとなっています。これこそが、LTE がアナログ・アプリケーションに対してではなくデータ・サービスに対して最適化された理由です（NEWS 214 の 18 ページ参照）。しかしながら、電話は依然として携帯電話の重要な要素であるので、高い音声品質はユーザに評価され、メーカーはそれを無視することができません。事実、新しいブロードバンド・コーデックは、帯域幅が 3.4 kHz に制限された固定ネットワーク電話よりも優れていると思われる音声品質によってユーザを満足させることができます。ただし、VoLTE を使ってこの品質を達成するためには、経路の品質（無線条件）、パケット損失、パケット遅延、ジッタ強度、ジッタ分布、および待ち時間などのデジタル・リアルタイム・システムに関連するパラメータが許容範囲内に収まっている必要があります。また、GSM、WCDMA、または CDMA2000<sup>®</sup> などの非 IP ベースの技術を介して接続するユーザとの相互作用もテストする必要があります。

1) 63 ページのニュース参照。

2) この用語は印刷物ではありふれたものとなっていますが、実際には反対の意味を持っているので誤解を生みます。その目的は、知覚という人間生理学をコンピュータ化された解析に対応するようシミュレートすること——すなわち、知覚を客観化すること——にあります。



R&S®CMWrun ソフトウェアは、オーディオ品質と音声品質を従来の基準に従って評価するのに必要なすべての測定機能を提供します。すべてのシグナリング・パラメータ、無線パラメータ、およびオーディオ品質とその主観的知覚に影響を与える条件を含むカスタマイズされたテスト・キャンペーンを設定するのに必要な操作はマウスを1~2回クリックするだけです。主観的知覚を得るために、オーディオ・アナライザの中ではITU-Tテスト・アルゴリズムであるPESQとPOLQAが使われます。これらのアルゴリズムはある通信路を経由した信号と基準信号をデジタルで比較して、知覚の見地からその違いを評価します。IMSサーバ、RoHC、SPS、TTIバンドリング、専用ベアラ、およびQoSを経由してのボイス・コールまたはビデオ・コールの確立、IPv4/IPv6、遅延、ジッタ、パケット損失、フェージング・プロファイルといったシグナリング設定を行うことができます。

### ビデオ・テストマルチメディア時代に 重要性が増しています

現在、ビデオはセルラ・ネットワークのデータ容量の約50%を占めています。Ericsson Mobility Reportでは、この値は2021年までに70%まで増大すると計算しています。これらの数字を考慮に入れると、携帯電話産業がこのアプリケーションのためにそのインフラストラクチャとUEを最適化するための作業を行っていることが理解できます。R&S®CMWrunを使用して必要なテストを実施する際、ビデオに関する深い知識は必要ありません。ソフトウェアがすべての設定を構成してくれるからで

す。ネットワークはR&S®CMW500によってエミュレートされ、HTTPストリーミング・サーバ(DASH)はそのネットワークの中に入られます。送信チャンネルは、IP障害とフェージングの影響を受けることがあります。E2Eビデオ・ストリーミングをサポートするすべてのアクセス技術——すなわち、LTE(FDD/TDD)、WCDMA/HSPA、(E)GPRS、およびWLAN——をテストに組み入れることができます。テストは、次の2種類の方法で実施できます。

#### ■ R&S®VTE ビデオ・テストを使ってAVインターフェース(HDMI/MHL/Miracast)経由で実施

ビデオ信号は有線接続(HDMI/MHL)またはアダプタ・ボックスを使用したワイヤレス接続を経由してDUTへ供給されます。R&S®VTEはその基準画像をベースとした品質解析機能(SNR/SSIM/MOS)を使ってデコード後の信号を解析します。

#### ■ 適切なビデオ・マテリアルを使ってバーコードリーダ経由で目視により実施

R&S®CMWrunは、接続されたビデオ・テストを使用することなくこのテスト法を実施できます。ビデオ・テストの代わりに、R&S®CMW-Z17ハイスピード・バーコードリーダを使用します。それはR&S®CMWrunソフトウェアを実行する制御PCへUSB経由で接続されます。R&S®CMW500の中のDASHサーバは、その個々のフレームに連続番号を有するバーコードを有する用意されたビデオを供給します。バーコードリーダはUEディスプレイからコードをスキャンし、評価のためにコードをPCへ送ります。失われたフレーム、遅延したフレーム、または順序が狂ったフレームを確実に検出することができます。この装置は、変化するチャンネル条件の下でDASHによって行われるピッ

## ユーザ・エクスペリエンス・テストシナリオ

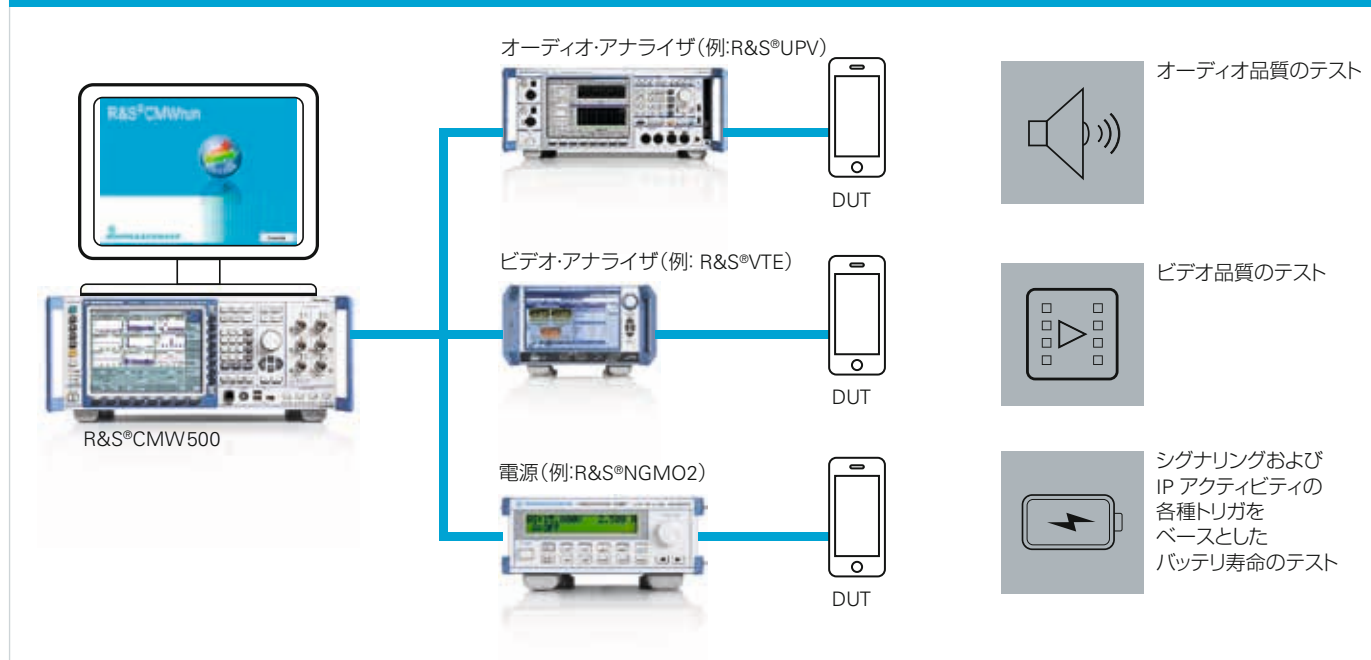


図1: ラボ環境下でユーザ・エクスペリエンスの品質を測定する試験装置

トレートの調整のテストにも使うことができます。このオプションにはバーコード化されたビデオが含まれます。

### バッテリー寿命—重要品質項目

夜に携帯電話の充電を忘れた誰もがバッテリー切れに気づいて腹立たしさを覚えることになります。多数のアプリケーションがユーザの知らないバックグラウンドで実行されて消費電力を増大させています。LTE の不連続受信 (DRX) といった省電力メカニズムは、現在必要なコンポーネントのみ待ち受け状態にすることでデバイスの資源を極めて効率的に管理することができます。ただし、継続的に電力消費を抑えるためには、各々のデ

バイス機能とそれぞれのアプリケーションをひとつひとつモニタする必要があります。R&S®CMWrun の R&S®CMW-KT051 オプションはこれをテストする手段を提供します。試験装置では、R&S®NGMO2 電源が内蔵バッテリーに代わって電力を供給します。R&S®CMWrun は消費電力を連続測定トレースの形で記録します (図 2)。ただし、この記録は、消費電力とデバイス内部のアクティビティとを相関させることを可能にするオーバレイド・イベント・マーカと併用した場合のみ有用となります。これは、シグナリング・レベルにおけるトリガ・イベント (VoLTE コールの確立など) を含むことができます。あるいは、IP 解析オプションがユーザへのアクセスを行う IP レベルでの処理を行うことができます。試験装置に R&S®UPV オーディオ・アナライザを組み込むことで、消費電力とオーディオ品質 (DRX をオン/オフ

## R&S®CMWrun の使用で、バッテリー寿命テスト、IP スループット・テスト、および IP 解析を全自動で行えます

代表的なエンドツーエンド導通テスト

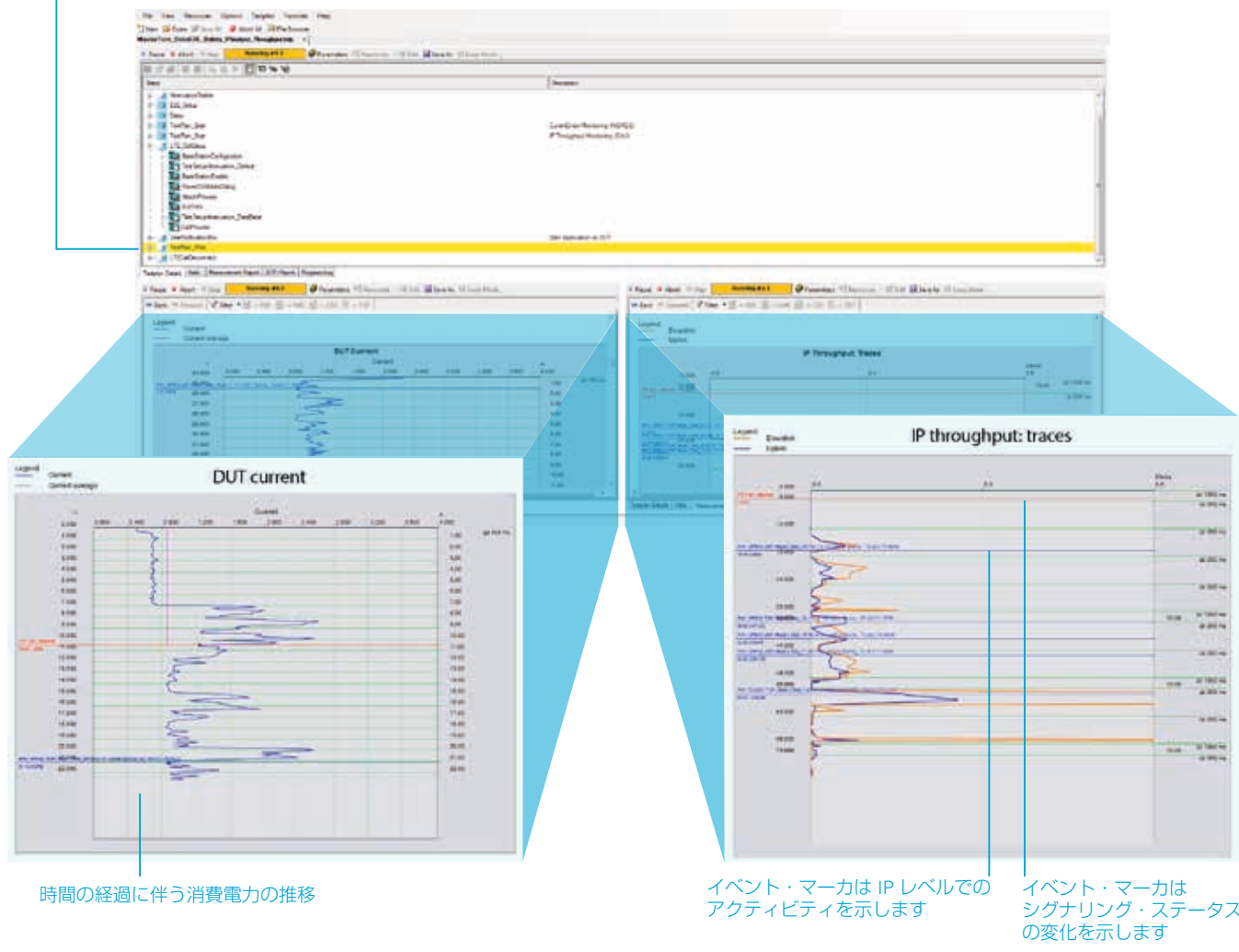


図 2: イベント・マーカを使って、シグナリング・レベルまたは IP レベルにおける消費電力とデバイス内部の処理とを相関させることができます。

させることで測定される)とを相関させることが可能となります。もう1つの非常に有効な相関結果は、消費電力とIPスループットの測定値とを組み合わせることで得られます。IPスループットは、測定された電力消費と時間同期する2番目の測定トレースの中で時間の経過に伴った推移を得るという形で記録されます(オーバーレイド・イベント・マーカを使って記録できます)。測定結果からさまざまな(IP)負荷条件下における充電済みバッテリーの使用時間を推定することができます。アンドロイド携帯電話では、iPerf機能とFTP機能を備えたR&S®CMWrunがこれらの測定の自動化をサポートします。

## サマリ

オーディオとビデオの品質、バッテリー寿命、およびスループット性能は、スマートフォン、アプリケーション、IoTモジュール、ならびに車両間モジュールなどの製品を成功に導く重要な評価基準です。オーディオ、ビデオ、および消費電力に対応したR&S®CMW500とT&M測定機器から構成される装置を使って、これらの評価基準(経験品質として要約することができる)を追加のプログラミング作業を行うことなくフレキシブルかつ包括的にテストすることができます。そのソリューションによって、開発エンジニアはQoEに影響を与える要素を開発プロセスの各フェーズ中にモニタすることが可能となります。そのソリューションによって、通信事業者はラボ条件下においてそのネットワークに必要なQoEをUEが提供できるかどうかを確認することが可能となります。アプリケーション開発者は、実際のネットワークを使用することなく作成したアプリケーションのQoEを各種のUEでモニタすることが可能となります。

下表は測定オプションの要約です。

Fernando Schmitt; Volker Bach

R&S®CMW500 / R&S®CMWrun 使用によるすべての基準に対するユーザ・エクスペリエンスの測定		
	特徴/条件	測定結果
<b>スループット・テスト</b>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>アップロード/ダウンロード</li> <li>iPerf / FTP / UDP</li> <li>ブラウジング/ストリーミング</li> <li>IP 障害およびフェージング</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>時間の経過に伴うスループットの推移のモニタリング</li> <li>時間の経過に伴う IP イベントの推移 (IP 解析)</li> <li>スループットと変調コーディング法との関係</li> <li>BLER と変調コーディング法との関係</li> </ul>
<b>オーディオ性能</b>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>エンドツーエンド音声品質</li> <li>VoLTE / 回線交換</li> <li>ハンドオーバー (SRVCC を含む)</li> <li>IP 障害およびフェージング</li> <li>音声コール/ループバック・コール</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ビデオ品質/性能 (MOS: POLQA / PESQ)</li> <li>オーディオ遅延 (ミリ秒)</li> <li>音響測定</li> </ul>
<b>ビデオ解析</b>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>ストリーミング (HTTP ストリーミング・サーバ/ DASH)</li> <li>ビデオ・コール (ViLTE を含む)</li> <li>IP 障害およびフェージング</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>有線 (HDMI / MHL インタフェース)</li> <li>光学インタフェース経由 (埋め込みバーコード)</li> <li>喪失フレーム、フレーム遅延、繰り返しフレームの要求</li> <li>ピクセル・エラー</li> <li>主観的品質評価 (SNR / SSIM / MOS)</li> </ul>
<b>バッテリー寿命テスト</b>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>音声、ビデオ、データを使用</li> <li>既定のプロファイルを使用</li> <li>シグナリングおよび IP イベント・マーカを使用</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>消費電力 (mW)</li> <li>電流値 (mA)</li> <li>予測バッテリー寿命 (時間)</li> </ul>
<b>共存テスト</b>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>WLAN RX ディセンシタイゼーション</li> <li>LTE RX ディセンシタイゼーション</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>アグレッサの距離ごとのディセンシタイゼーション (dB)</li> <li>アグレッサの UL 電力ごとのディセンシタイゼーション (dB)</li> </ul>

# RED – ヨーロッパの最新無線機器指令

最新無線機器指令（RED）は6月中旬から発効しています。この指令は、感度と選択度に関する最小限の性能要件を満たすことが要求される無線受信機もカバーします。

## 無線送信は許可された者のみが許されます

ヨーロッパで無線信号の送信または受信を望む者は、無線機器の承認を統制する関連のヨーロッパ指令に従わなければなりません。これらの指令は、政治上の決定を行う欧州委員会と欧州電子通信委員会（ECC）および欧州郵便電気通信主管庁会議（CEPT）——いずれも非常に貴重な周波数資源と欧州電気通信標準化機構（ETSI：図1）を管理する組織である——との間の密接な協力によって作成されました。この指令は、衛生と安全または環境適合性などに関する一般要件に加えて基本的な技術要件も規定しています。すべての無線機器は、通常の運用時ならびにメーカーが指定する運用条件（周囲温度、湿度など）において適用される指令の中で必須要件と呼ばれるものを満たさなければなりません。無線機器のメーカーまたはオペレータは、機器の運用と市場への投入を行うための承認を取得するための前提条件としてコンプライアンスの証拠を提出しなければなりません。このためには、メーカーまたはオペレータは、有効な計測器（たとえば、ローデ・シュワルツの計測器）を使って認定試験研究所がテストを実施して作成した試験報告書を提出しなければなりません。指令の管理対象となる多様な無線アプリケーションと周波数バンドの技術的詳細ならびにコンプライアンスを実証するための可能なテスト方法は、ETSI が作成した「調和規格」に規定されています。調和規格は、規制機関による審査の後に欧州規格（EN）として発効しました。図2にこれらの規格の主な例を紹介します。現在適用される欧州規格は欧州連合の広報に載っています。概要はETSIのウェブサイト（[www.etsi.org](http://www.etsi.org)）で見ることができます。

## 新しい指令は受信機もカバーします

欧州連合の広報であるL 153/62（2014年5月22日）によると、R&TTEとしてよく知られていた以前の指令のRTTED 1999/5/ECは2014年4月16日に発行された新しい無線機器指令RED 2014/53/EUに置き換えられました。この新しい指令は1年の追加移行期間を経て2016年6月13日に有効となり、国の法規制機関の承認の対象となりました。

技術的内容は、以前の指令も新しい指令も本質的に3.2条によって規定されます。以前の指令の3.2条では、無線は他のバンドとの干渉を回避しつつ許された周波数バンドのみ使用するよう規定されていました。これらの要件を満足させるためには、無線の送信機部が指定の技術基準を満たさなければなりません。



図1：ヨーロッパでの無線の運用を統制する規制機関

した。無線の受信機部と単なる無線受信機（RXのみの製品）は常に規制の対象外となっていました。

新しいREDは、重要な要件を3.2条に追加しています。無線は、使用可能なスペクトラムを有効活用しなければなりません。これは、増大を続ける無線資源の経済的重要性の結果生まれたものです。この指令は今では明確に無線機器の受信機部と単なる無線受信機をもカバーするようになり、それらが感度と選択度に関する最小限の性能レベルを達成するよう要求しています——すなわち、その性能レベルを適切な測定によって実証する必要が出てきました。

ETSI 勧告であるEG 201 399には、無線送信機と無線受信機で試験対象となる代表的なパラメータが載せられています。図3に、これらのパラメータ項目を紹介します。

## サマリ

新しい無線機器指令はすべてのタイプの無線機器に対する要求を規定し、より高いスペクトラム効率を要求しています。これは、2016年の中期から無線受信機も法規制上の最小性能要件を満足しなければならないとともに、そのためにはテストを実施しなければならないことを意味します。ローデ・シュワルツは、すべてのT&M機器を、ラボ用測定機器の形で、あるいは特定

の規制シナリオに対応したテストを行うためにカスタマイズされた全自動の完全ターンキー・ソリューションの形で提供します。

Heinz Mellein

参考資料

- [1] 欧州議会および評議会の指令 1995/5/EC ならびに欧州連合広報 L 91/10 (1999年4月7日)
- [2] 欧州議会および評議会の指令 2014/53/EC ならびに欧州連合広報 L 153/62 (2015年5月22日) .

欧州規格	規格がカバーする機器および周波数	テスト・ソリューション
EN 302 571	高度輸送システム (ITS) (例: 車両間通信用モジュール) 5855 ~ 5925 MHz	R&S®TS-ITS100 RF コンフォーマンス・テスト・システム
EN 300 328	広帯域送信システム (例: WLAN モジュール) 2400 ~ 2483.5 MHz (ISM バンド)	無線装置用 R&S®TS8997 レギュラトリ・テスト・システム
EN 301 893	5 GHz 高性能 RLAN (例: WLAN モジュール) 5.15 ~ 5.35 GHz および 5.47 ~ 5.725 GHz	無線装置用 R&S®TS8997 レギュラトリ・テスト・システム
EN 301 908-13	IMT セルラ・ネットワーク (例: LTE ユーザ機器) E-UTRA 周波数バンド 1、3、7、8、20、33、34、38、40、42、43	R&S®TS8980 RF テスト・システム・ファミリー
EN 303 340	デジタル地上波テレビ放送受信機: 調和基準は、指令 2014/53/EU の 3.2 条の必須要件をカバーします。	R&S®BTC ブロードキャスト・テスト・センター

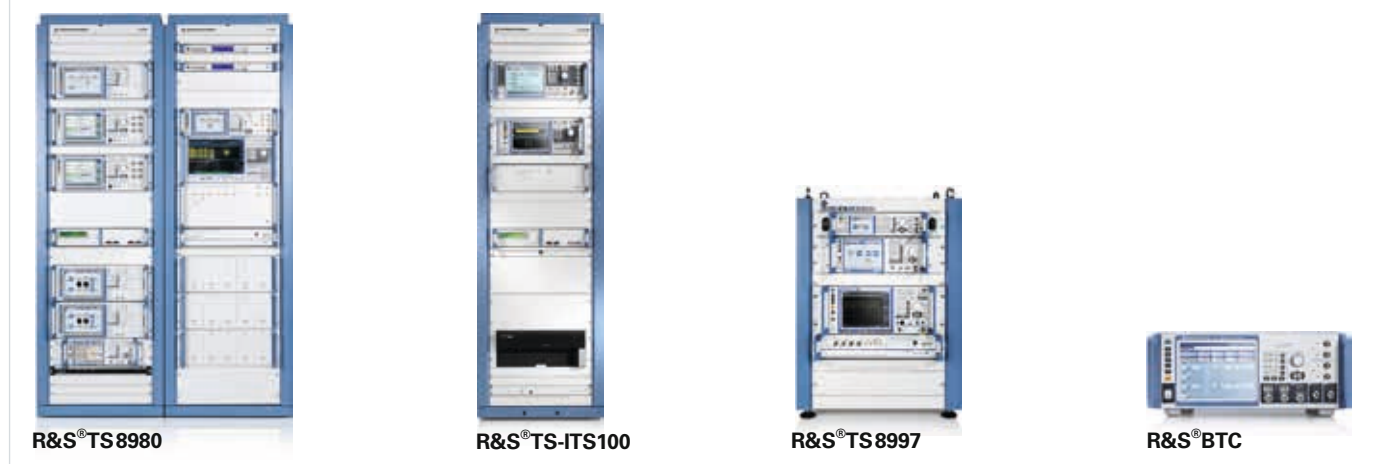


図 2 : RED への適合に必要な技術的内容を規定する無線基準の主な例

図 3 : ETSI EG 201 399 に準拠した無線送信機と無線受信機に関する必須要件および関連パラメータ

送信機 (旧指令 (R&TTE) と新指令 (RED) に準拠)	受信機 (新指令 (RED) に準拠)
<ul style="list-style-type: none"> <li>▮ 周波数の精度および安定性</li> <li>▮ 送信出力</li> <li>▮ 隣接チャンネル出力</li> <li>▮ スプリアス放射</li> <li>▮ 相互変調減衰</li> <li>▮ 過渡挙動</li> <li>▮ 変調精度</li> <li>▮ デューティ・サイクル</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▮ ダイナミックレンジおよび感度</li> <li>▮ 同一チャンネル拒否</li> <li>▮ 隣接チャンネル選択度</li> <li>▮ スプリアス応答拒否</li> <li>▮ 混変調応答拒否</li> <li>▮ ブロッキング/ディセンシタイゼーション</li> <li>▮ スプリアス放射</li> <li>▮ マルチパス感度</li> </ul>



ローデ・シュワルツの次世代パワー・センサは接続が容易です。このセンサは、R&S®NRP2 ベース・ユニット、PC、ローデ・シュワルツの各種測定器の USB ポートに接続することができます。すべてのモデルに LAN ポート搭載バージョンが用意されています。

# パワー・ブースト

最高の測定精度、測定スピード、およびダイナミックレンジがローデ・シュワルツのパワー測定ソリューションの大きな特徴です。このたび、さらに優れた新世代の機種が登場しました。

新世代の機種である R&S®NRPxxX パワー・センサは、これまでの限界を超えた性能と実用性を提供します。このシリーズでは、LAN ポートを備えたモデルが用意されており、DUT と測定者との距離が離れている場合に有効です。センサをイーサネット (PoE) スイッチまたは PoE 機能を持ったネットワークへ接続するだけで、センサ接続と電源供給が完了します。もう 1 つのユニークな特徴は 40 GHz と 50 GHz のモデルも用意されていることです。衛星通信で重要性を急速に増しつつある K<sub>u</sub> バンドや Q バンドに対応した高速マルチパス・ダイオード・パワー・センサを提供できる世界で唯一のメーカーとなっています。

センサは、モデルに応じて 110 GHz までの周波数を測定できます (ラインアップは随時拡張)。現在のラインアップは、以下の通りです。

- R&S®NRPxxS 3 パス・ダイオード・パワー・センサ (10 MHz ~ 50 GHz)
- R&S®NRPxxT サーマル・パワー・センサ (DC ~ 110 GHz)

- EMC アプリケーション向け R&S®NRPxxA パワー・センサ (8 kHz ~ 18 GHz)
- 熱真空で使われる特殊パワー・センサ (25 ページのボックスを参照)

LAN ポート付きのモデルには、モデル名の末尾に「N」が追加されています (例: R&S®NRPxxSN)。製品カタログには、製品ラインアップのコンセプトと、各パワー・センサ/モデルの詳細について説明されています。

## USB や LAN を介した接続が容易

従来の機種と同様に、このセンサは校正済みの独立型パワー・センサとなっています。表示や操作を行うためのベース・ユニットがありますが、USB インタフェースを介して PC やローデ・シュワルツの他の測定器から操作することも可能です (図 1)。

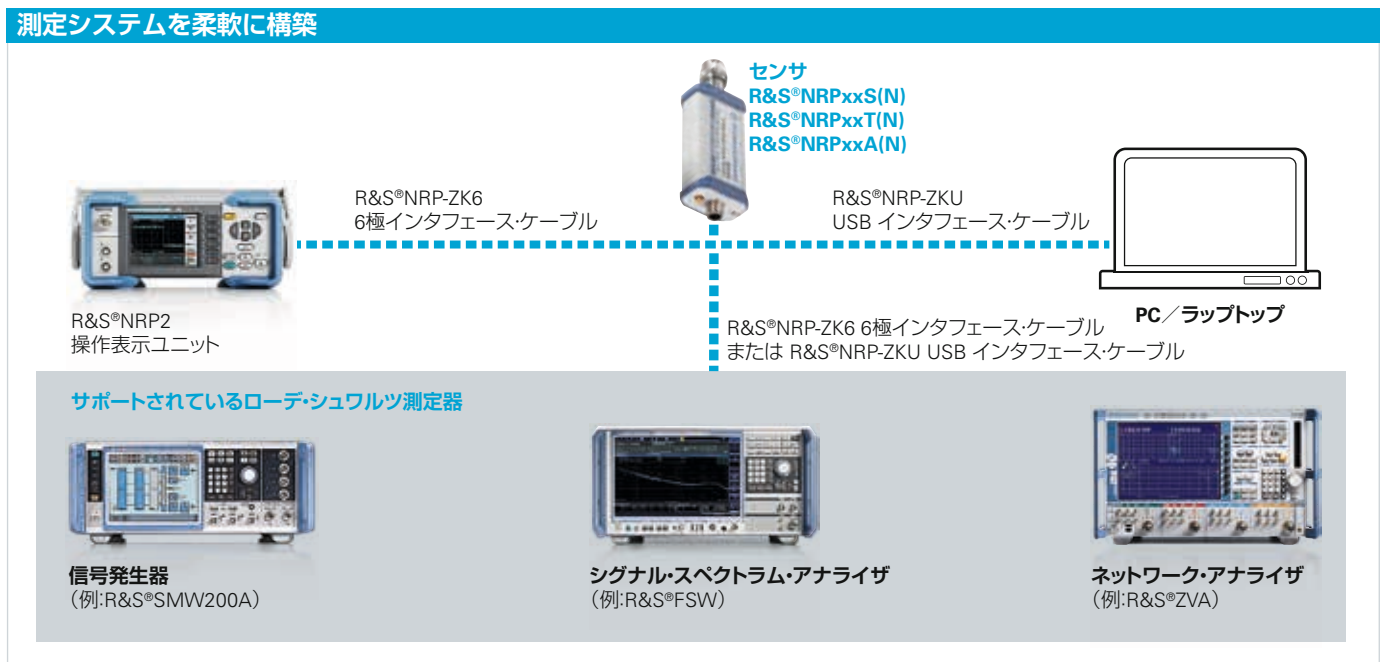


図 1: パワー・センサは、柔軟な接続構成が可能です。すべてのモデルに LAN ポート搭載バージョンが用意されています。インタフェース・ケーブルはセンサと接続するためのねじ式コネクタを有し、5 m までの長さのケーブルを使用できます。

LAN ポート搭載モデルは、内蔵のウェブ・サーバがすべての測定機能に対応したユーザ・インタフェースを提供するため、一般的なウェブ・ブラウザを経由して操作することができます。ソフトウェアを追加する必要はありません (図 2)。

### 3パス・ダイオード・パワー・センサ： 広ダイナミックレンジ

このタイプのセンサは、信号の帯域幅や変調の種類に関係なくパワーを測定でき、幅広い用途に使用できます。大きな特徴として、93 dB のダイナミックレンジ、-70 dBm の測定下限、最大で毎秒 50,000 の測定値を取得できる測定スピードがあります。このタイプのセンサは 10 MHz ~ 50 GHz の周波数範囲をカバーし、LTE や LTE-A などの無線信号の測定ならびに K<sub>0</sub> バンドや Q バンドでのアプリケーションに最適です。

改良された 3 パス・ダイオード技術によって、測定下限は -67 dBm から -70 dBm まで引き下げられています。ノイズ成分が 3 dB 低減したことにより、より低いパワーを測定できるばかりでなく測定スピードを 4 倍高められることを意味します。

### サーマル・センサ：

#### 最高の精度を実現し、110 GHz までの周波数を測定

校正ラボなどにおいて最高の精度が要求される場合には、サーマル・パワー・センサが必要となります。-35 dBm の測定下限を持つ R&S®NRPxxT(N) モデルは、既存のこのタイプのセンサの中で最も広いダイナミックレンジ (55 dB) を提供します。サーマル・センサは帯域幅とは無関係にパワーの測定を行うので、最大 110 GHz の 100 ギガビット・イーサネットの光検出器や受光装置などの広帯域信号源の測定に使用することができます。

最上位モデルは DC ~ 110 GHz の周波数範囲をカバーします。これによって、1 mm のテスト・ポート上でネットワーク・アナライザ (例：R&S®ZVA110) を干渉なしに校正することが可能となります。

測定精度はサーマル・センサにとって主要なパラメータですが、測定スピードも重要な役割を果たします。新しいセンサでは、サーマル・テストセルの温度が印加パワーの変化に極めて速やかに追従できるよう当該テストセルを最適化しています。新しいセンサは、市販されている同類のソリューションに比べて精度を犠牲にすることなく最大で 3 倍速いスピードで測定することができます。



図 2: LAN 機能を備えたパワー・センサに内蔵されているウェブ・サーバによって、一般的なウェブ・ブラウザを経由してすべての機能と結果が表示されます。

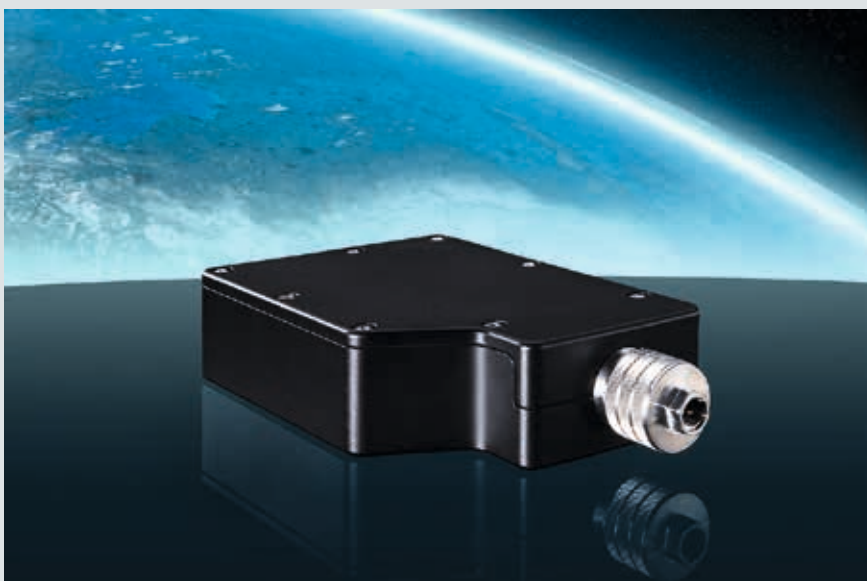


### 33 GHz まで測定可能で TVAC に適合するパワー・センサ

衛星業界では、機器やサブシステムだけではなく衛星そのものさえも実運用条件下で、すなわち、熱真空 (TVAC) の下で認証試験を行う必要があります。このため、より精度の高いパワー測定を行うためには TVAC チャンバの中で直接測定を行う必要があります。パワー・センサは高真空の中で動作できるばかりでなく幅広い温度変動に耐えることができなければなりません。さらに、ガスの放出によって環境を汚すことも許されません。

最新の **R&S®NRP33SN-V センサ** はこれらの条件に合わせて開発されました。このセンサは、ガス放出が最小限に抑えられるよう製造プロセス中に真空チャンバ内でベーキングされます。ハウジング内のガス抜き穴がセンサ内部～環境間の圧力差を解消します。パワー・センサは 33 GHz までの一般的な衛星通信の周波数範囲をカバーし、信号の帯域幅や変調の種類に関係なく 93 dB のダイナミックレンジに渡って

正確なパワー測定を短時間かつ高い精度で行います。パワー・センサの制御とモニタは、内蔵の LAN ポートを介してチャンバの外から行うことができます。



### EMC アプリケーション向けセンサ

EMC アプリケーションに用いるパワー・センサは平均パワーを確認するだけでなく、8 kHz までの周波数を測定できなければなりません。いずれのタスクも短時間かつ低出力レベルで行われなければなりません。このセンサは改良された 3 パス技術も採用しているので、広いダイナミックレンジと低レベルでの測定スピードの向上による恩恵を受けられます。

### サマリ

新世代の R&S®NRPxxX(N) センサシリーズは、仕様の向上、新しいタイプと LAN 接続モデルを提供することでアプリケーションの範囲が広がっています。ポートフォリオには 110 GHz までをカバーする高精度サーマル・センサ、高速かつ高ダイナミックレンジ、衛星無線通信に必要な 50 GHz までをカバーする 3 パス・ダイオード・パワー・センサが揃っています。特定の用途に特化したモデルでは、EMC 測定の特長要件に対応したモデルと熱真空での運用が考慮されたモデルが用意されています。1 台のセンサに USB と LAN の 2 種類のインタフェースが組み込まれていることによって、センサと測定者の距離が離れている場合の問題を解決し、新たなアプリケーションの可能性を提供します。

ポートフォリオは拡張を続けていきます。

Michael Kaltenbach

# DME および TACAN 地上局の効果的な性能チェック

新しい R&S®EDST300 DME/TACAN 地上局テストは、汎用性に優れ、DME および TACAN システムの設置と保守に最適です。このテストは、地上測定用システムとして、主に飛行検査用に使われる R&S®EDS300 モデルを補完します。

飛行経路や航路の効率的なプランニング、そして正確な航法は、ますます過密になりつつある世界の航空交通において、スムーズな飛行方式の実現に欠かすことのできないものです。性能ベース航法 (PBN) の導入により、将来的なエンルート航法にとって全地球航法衛星システム (GNSS) がより重要になったとはいえ、DME や TACAN などの地上システムも依然として重要であり、今後も改良されていくでしょう。ローデ・シュワルツは、DME および TACAN 局の継続的なモニタリングと保守用に、R&S®EDST300 DME / TACAN 地上局テストを開発しました (図 1)。

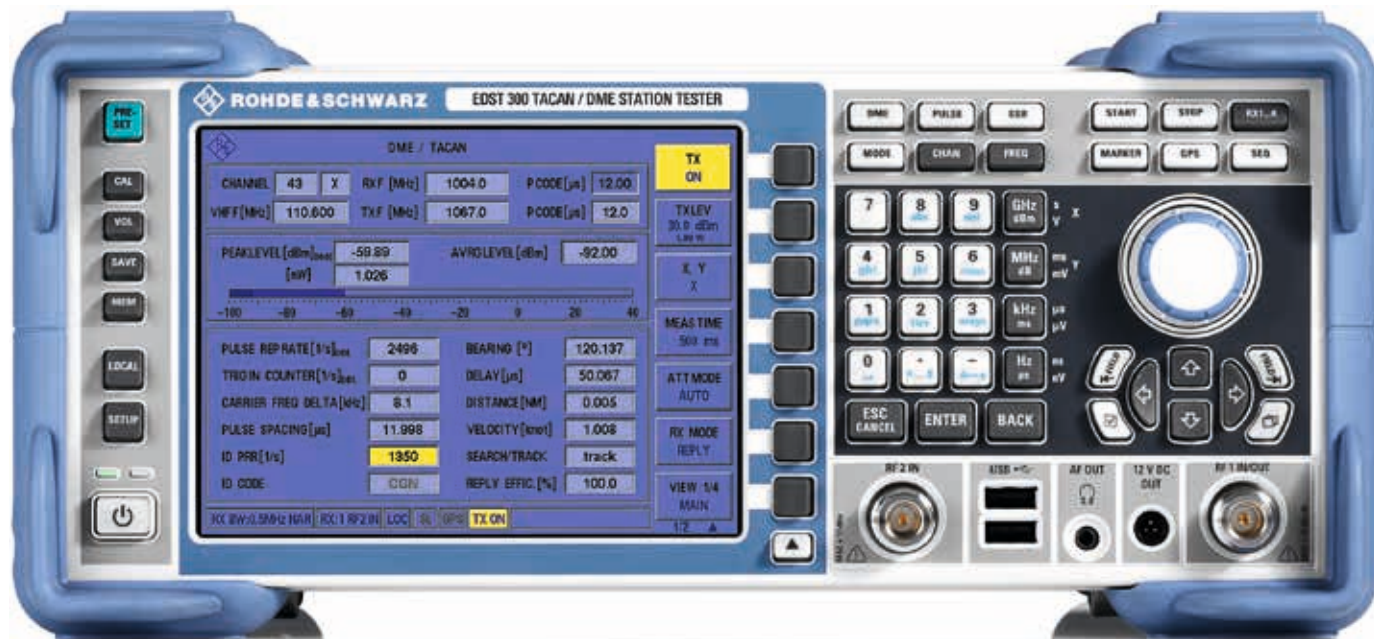
受信機の測定には、-80 dBm ~ +30 dBm の範囲で出力を調整できる R&S®EDST-B2 インタロゲータ・オプションを使用できます。オプションのバッテリーと専用のテスト・アンテナを使用すれば、フィールド測定にも適したアナライザとなります。フラット・メニュー構造を採用しているほか、日光の下でも読み取り

が容易な 6.5 インチ TFT カラー・スクリーン (日光の下でも読み取りが容易) に測定結果がタスクごとに表示されるので、使用場所を問わず、最大限の使いやすさが保証されています。すべての結果は、リモート制御インターフェース経由で呼び出すことや、USB データ・ロガーに保存することができます。

## DME および TACAN 地上局の定期メンテナンス

R&S®EDST300 は、周波数範囲 960 MHz ~ 1215 MHz の地上設置型パルス航法信号のために、高精度の信号入力機能と解析機能を提供します。この装置は、ピーク電力、主遅延、応答効率などの主要なシステム・パラメータを測定します。また、識別信号を解析し、関連する民間規格や軍用規格に沿って、DME および TACAN システムに必要な有線テストを効率的かつ正確に実行します (例: チャンネルの感度、デコーダの拒否)。

図 1: コンパクトな R&S®EDST300 は、DME および TACAN 局のメンテナンスと保守に必要なすべての測定を制御します。また、同軸接続とアンテナ接続の両方に対応します。



R&S®EDST300 は、さまざまな詳細解析にも使用できます。インタロゲーション負荷、応答遅延変化、隣接チャネル測定などの特別なテストに加え、時間ドメイン解析（R&S®EDST-K2 オプション）を行って、パルスの立ち上がり時間や減衰時間、パルス幅やパルス間隔を自動的に測定することも可能です。別途オシロスコープを用意する必要はありません。

### TACAN システムの保守作業のための有線信号測定

R&S®EDST300 アナライザに R&S®EDST-K1 オプションをインストールすることによって、TACAN システムの性能を解析することができます。DME システムの測定と同様の測定に加えて、たとえば方向性結合器を使用してパルスの繰り返し周波数、パルス数、およびパルス間隔を測定し TACAN バースト（MRB と ARB）を解析することができます（図 2）。

### フィールド測定に必要なあらゆる機能を完備

内蔵バッテリー（R&S®EDST-B3 オプション）があれば、電源のない屋外でも測定が可能です。このバッテリー電源は、最大 2.5 時間使用できます。

雑音指数の低い R&S®EDST300 は、-100 dBm という優れた入力感度を備えています（RF 入力 2）。このため、TACAN / DME 地上局から遠く離れた位置でも、極めて高精度の測定が可能です。TACAN システムに関して高精度のフィールド測定を行う場合、たとえば 15 Hz および 135 Hz 信号成分の変調深度、変調周波数、位相関係に加え、さらに TACAN ベアリングも測定するような場合は、R&S®EDST-Z1 テスト・アンテナを使用します。このテスト・アンテナは優れた前後電界比を備えており、不要な反射を抑制します。このアンテナを使用すれば、TACAN および DME システム両方の距離精度や、空間信号強度、パルス間隔、および応答効率を含むその他多くのシステム・パラメータを、野外の実験的な条件下で測定することができます。

Klaus Theisen

### R&S®EDST300 の特別な特性

- ▮ DME および TACAN システムにおける高精度の TX/RX 測定（ICAO Doc. 8071, ICAO Annex 10, STANAG 5034, および MIL-STD-291C による測定）
- ▮ 110 dB のダイナミックレンジと正確なピーク電力測定
- ▮ TACAN / DME の特性パラメータの精密測定（主遅延不確かさ < 50 ns、ベアリング不確かさ < 0.2°）
- ▮ 詳細な自動時間ドメイン解析
- ▮ バッテリーを内蔵したコンパクトな構造
- ▮ すべての機能のリモート制御と測定データ出力のための LAN インタフェース
- ▮ 重量：73 kg、高い機械的安定性
- ▮ 容易なデータ・エクスポートとソフトウェア更新を実現する USB ポート

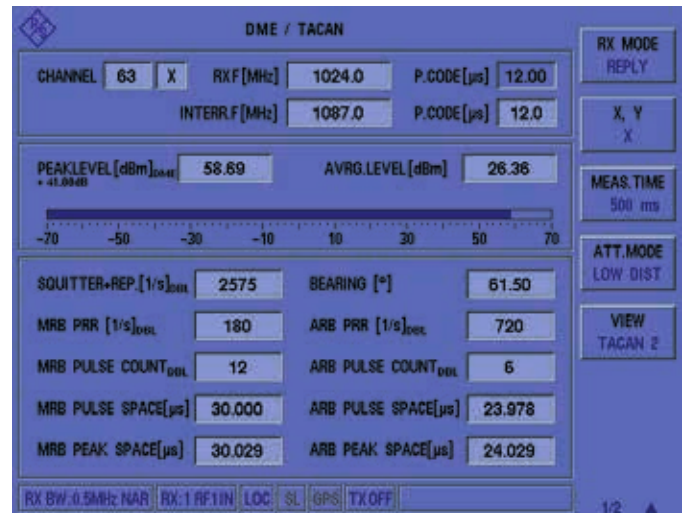


図 2：MRB と ARB の解析

### 重要な略語

- ARB Auxiliary Reference Burst
- DME Distance Measurement Equipment :  
航空用の距離測定装置
- ICAO International Civil Aviation Organization :  
民間航空における標準を決定する国際機関
- MRB Main Reference Burst
- TACAN Tactical Air Navigation :  
方位角による方向探知機能を DME に付加した  
軍用の航法システム

海上航法用レーダーは、外洋の波頭などによって生じる不要な反射がある場合でも、周辺にいる他の船舶を安全に識別できなければなりません。ローデ・シュワルツの新しいテスト・ソリューションは、開発の現場で、船舶のエコーを含むレーダー・エコーのシミュレーションを可能にします。

# ジェネレータからレーダー・エコー — ラボおよび保守向けの革新的な テスト・ソリューション

新しいソフトウェア・オプションは、レーダー・システムの包括的なテストに使用できる実環境のレーダー・エコーをシミュレートします。テストに必要なものは、信号発生器とスペクトラム・アナライザだけです。

## レーダー： 信頼性の実証が不可欠

レーダーは、光学システムと同様に周囲の画像を提供します。レーダーは電磁波信号をその周囲に照射して、物体が反射するエコーから周囲環境の画像を作成します。光学システムと異なり、レーダーは、夜間や視程が限られている場合でも周囲状況を示す画像を作成することができます。レーダーは、送信機、受信機、および受信データを基に状況画像を計算するレーダー・プロセッサといった、いくつかのサブシステムで構成されます。レーダーは特定のタスクに対応する適切な動作モードに設定され、レーダー・プロセッサは、パルス幅やパルス繰り返し周波数といった必要なパラメータを設定します。

航法用レーダーの代表的な要求事項のひとつは、荒れた海面状態でも、波によって生じる多数の妨害エコーの中から、他の船舶が反射する信号エコーを確実に検出することです。レーダー画像は航法や偵察のために不可欠なものであり、そのシステムは極めて高い信頼性を備えていなければなりません。多くの場合、信頼性を保証するには、ラボでの標準的なテストに加えて、広範なフィールド・テストを行う必要があります（右記のボックスを参照）。さらに、これらのテストを動作モードごとに繰り返さなければなりません。たとえば航法レーダーには、近くの物体と遠くの物体を検出するために2つの異なるモードがあります。これらすべてのテストには、それぞれ時間とリソースが必要です。メーカーとオペレータが、これらに必要な労力を最小限に抑えようと常に努力を傾けている理由は、ここにあります。

## シミュレーション・ソフトウェアが テストの工数を軽減

R&S®SMW200A ベクトル信号発生器用の R&S®SMW-K78 レーダー・エコー生成ソフトウェア・オプションは、レーダー・エコーを人工的に生成することができます。レーダー受信機として R&S®FSW シグナル・スペクトラム・アナライザも必要です。このソリューションは、フィールド・テストを大幅に削減します。上記のオプションは、実環境を模したレーダー信号エコーを生成し、有線でのテストと

無線（OTA）テストに必要な条件を満たすことができます。このジェネレータはスペクトラム・アナライザを制御し、ユーザから見て、両方のデバイスがジェネレータを介して操作される1つのシステムとして映るように構成します。

純粋な受信機テストの場合は、スペクトラム・アナライザがなくても、R&S®SMW200A をエコー・ジェネレータとして使用することができます。この場合には、R&S®Pulse Sequencer ソフトウェアを使用して、デジタル・ベースバンド内に送信信号を生成します（33 ページの記事を参照）。

## レーダー・エコーのシミュレーション

R&S®SMW200A は、静止物体や移動物体のレーダー・エコーをユーザが設定した距離に生成します。また、各物体に対する遅延、ドップラ周波数、および RF 出力レベルを自動的に設定します。移動物体については、ジェネレータが、エコー信号の遅延と出力レベルを常に更新します。これは、たとえば、レーダーに徐々に近づく物体からのエコーの信号レベルが、更新することに増加することを意味します。

### 海上におけるテストシナリオ

認証テストは、船舶に海上レーダーを艦装した状態で行います。船舶は定められた海域内を航行し、その海域内には、一定の後方散乱特性と後方散乱出力を持つ物体（主にブイ）が設置されています。これらの物体は、距離分解能や方位分解能などのレーダー特性を評価できるように配置されます。

レーダーの距離分解能は、レーダーから同じ方位角上に前後して置かれた2つの物体が、別々の物体であることを認識する能力です。テスト中のレーダーはパルス信号を送信して、2つのテスト・ブイからのエコー信号を受信します（図1）。これら両方のエコーの遅延時間の差が測定されて、2つの物体の幾何学的な距離が求められます。

システムがこれら2つのエコー信号を分離して識別することができれば、レーダー・スクリーン上に2つの物体が表示されます。距離分解能が低すぎると、スクリーン上には1つの物体しか表示されません。

方位分解能の評価も同様に行われます。この場合は、船舶からの距離が同じでもその進行方向に対する方位角が異なる2つの物体を、システムが区別できるかどうかをチェックします。この能力は、主にアンテナの特性で決定されます。

### 海上におけるレーダーのテスト

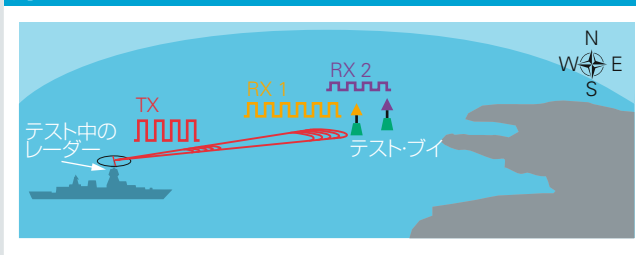


図1：レーダーの距離分解能を評価するためのテストシナリオ

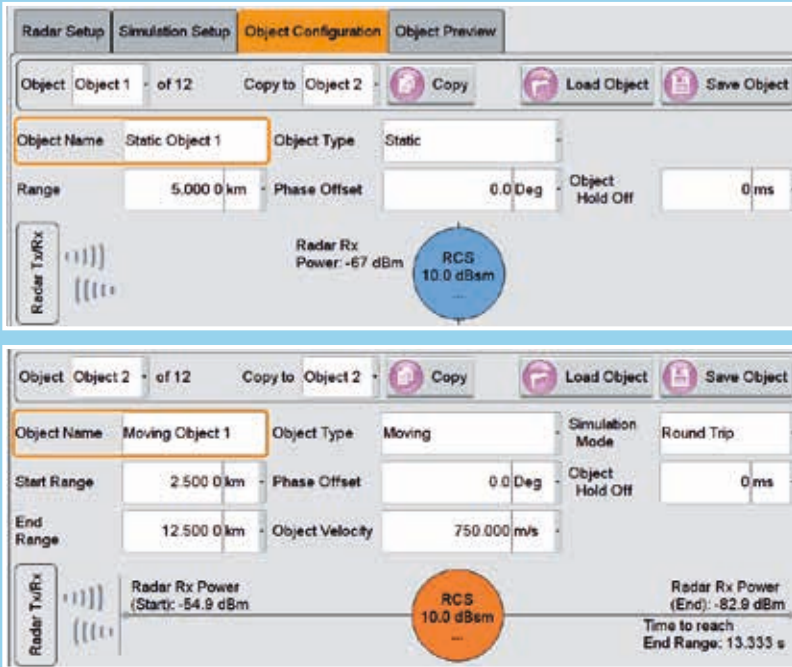


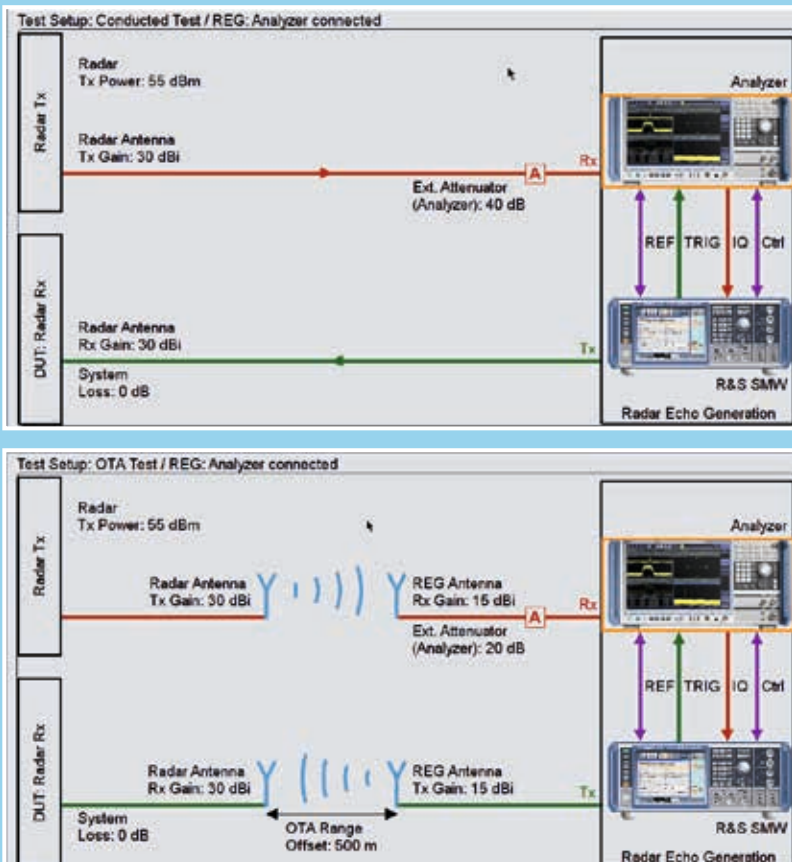
図 2 : R&S®SMW200A ベクトル信号発生器の設定 : 静止物体 (上) と移動物体 (下)

アルゴリズムは、レーダー方程式と自由空間中の伝播損失に基づいています。ジェネレータは、最大で合計 24 個の静止物体と移動物体を同時に模擬することができます。

図 2 の上側は、静止物体のエコー信号を生成するための定義に使用するメニューです。静止物体には特定の距離を割り当てます。物体の大きさは、レーダー断面積 (RCS) で定義します。R&S®SMW-K78 オプションが一定の RCS を持つ点物体をモデル化します。これは、基礎となる RCS 統計値にならって「Swering 0」と呼ばれます。

移動物体については、レーダーに対する速度と、測定開始時および終了時の位置を距離で指定します (図 2 の下側)。物体の移動パターンには、始点から終点への一方向移動パスや、始点と終点の間を往復する移動を割り当てることができます。また、静止物体と移動物体を混在させることによって、エコーの重なりも容易にシミュレートできます。

図 3 : 有線テスト (上) と OTA テスト (下)



### 多数のテストケースに対応

レーダーのエンジニアは、多種多様なテストケースを扱わなければなりません。代表的なシステム・テストには、移動目標指示装置 (MTI) の固定ターゲット抑圧性能を評価し、物体検出のための最小しきい値をテストすることも含まれます。テスト装置が、大きな物体の近くにある小さな物体をレーダー・システムが検出できるかどうかのテストを行えるようにするには、十分に広いスプリアスフリー・ダイナミックレンジが必要です。複数のエコーと、速度の異なるいくつかの物体を生成することにより、レーダーがこれらの物体をどの程度追跡、解像、表示することができるのかを実証できます。光学遅延ラインなどの標準的なテスト・アプローチでは、これらの問題を部分的にしか解決できません。これらのアプローチは柔軟性に欠け、集中的なメンテナンスが必要な上、すべてのテストを実行するには他の装置も必要です。

R&S®SMW-K78 オプションを搭載した R&S®SMW200A ベクトル信号発生器は、優れた RF 特性と汎用性を備えており、

さまざまなテストに使用することができます。また、テスト装置の構成をシンプルにします。

### 有線テストと OTA テスト

有線テストでは、レーダー信号がケーブルを介して R&S®FSW に入力されます。この信号はダウンコンバートされ、リアルタイムでデジタル化されて R&S®SMW200A に転送されます（図 3 の上側）。ジェネレータはこの信号を使用して、実際のエコーと見分けのつかないエコー信号を生成します。OTA テストでは、アナライザの入力ポートとジェネレータの出力ポートに接続されたアンテナによって、信号の受信と送信が行われます（図 3 の下側）。

#### 有線テスト

有線テストは、開発だけでなく、レーダーをプラットフォーム上に恒久的に設置する前の最終テストに最適です。一般的に、艦装の段階にならないと実施できないテストを、開発や試作の段階でも実施できるようになり、総合的な工数の大幅削減が期待できます。

レーダー受信レベルを手動で設定するか、レーダー・シナリオに基づきレーダー方程式を使って自動的に計算するかは、ソフトウェア上で選択できます。レーダー方程式を使って受信機における信号電力レベルを自動的に計算するために設定しなければならないパラメータ（物体の特性と中心周波数を除く）を図 4 に示します。

#### OTA テスト

すでにレーダーが船舶上に設置されて運用されている場合には、ラボでのテストを行うことは膨大な工数を要するため、非現実的です。このような場合は、海上で機能テストを行う必要があります。しかし、このテストにも時間がかかる上、テスト中は船を運用することができません。ローデ・シュワルツのソリューションを使用すれば、通常の寄港時に包括的なテストを行うことができます。必要なテスト設備は、それぞれの RF ポートにアンテナを接続した R&S®FSW と R&S®SMW200A で構成されます（図 5）。ジェネレータとアナライザは固定式のテスト・システム

に設置されます。このシステムは既知の特性を有するテスト・アンテナを介してレーダー信号を受信し、テスト対象のレーダーにエコーを返します。このテスト・セットアップ（図 5）は、関連するすべての送信パス・パラメータ（レーダー・アンテナとテスト・セットアップ・アンテナのゲイン、およびレーダー送信電力など）を R&S®SMW200A で設定することができます。

このテストケースでも、レーダー受信レベルは手動で設定するか、レーダー・シナリオに基づきレーダー方程式を使って自動的に計算することができます。ジェネレータの RF 出力は、レーダー受信機の入力に適切なエコー・レベルが到達するように、設定パラメータから自動的に決定されます。

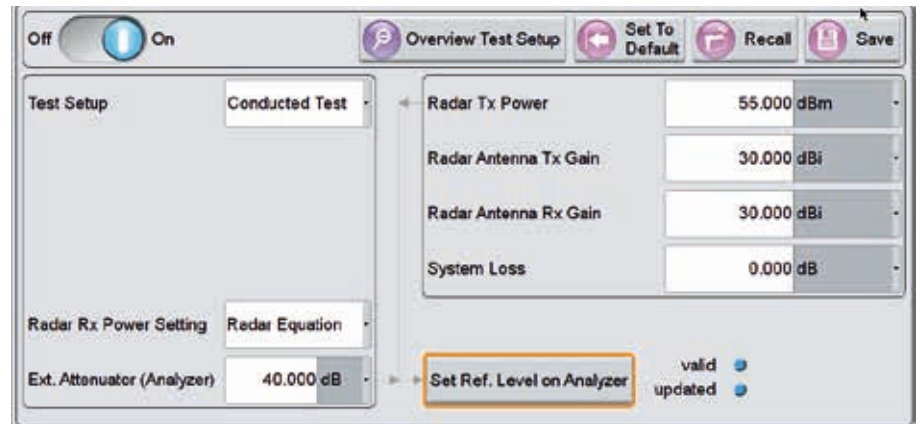


図 4：有線テストを設定するために必要なパラメータ

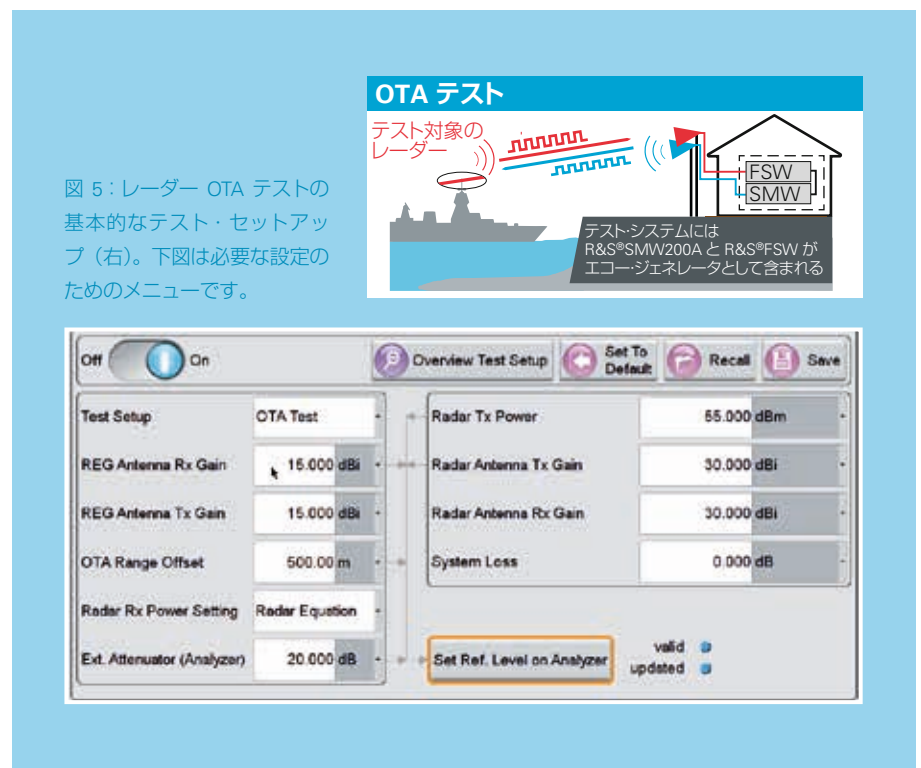


図 5：レーダー OTA テストの基本的なテスト・セットアップ（右）。下図は必要な設定のためのメニューです。

## テストシナリオの例

代表的なテストシナリオは、2つの物体で構成されます。このようなシナリオは、R&S®SMW200Aを使用してラボで簡単にシミュレートできます。また、パラメータを変更すれば、シナリオに変化を与えることができます。図6の上側は、設定された反射物体パラメータの全体的な結果を表示する距離/速度ビューのプレビューです。物体2 (Object 2 - オレンジ) は、レーダーから 3.75 km の距離で静止しています。物体1 (Object 1、青) は、レーダーから数 km の位置を速度 750 m/秒で遠ざかり、戻ってきます。テストを実行する前に、ユーザはシナリオが正しく設定されているかどうかをチェックすることができます。

図6の下側は、R&S®SMW200Aによって計算されたエコー信号のレベルを時間軸で示したものです。エコー2 (物体2により生じたエコー) は一定のレベルを示し、送信パルスに対する時間遅延も一定です。エコー1 (物体1により生じたエコー) のレベルと送信パルスに対する時間遅延は、ともに距離によって変化しています。

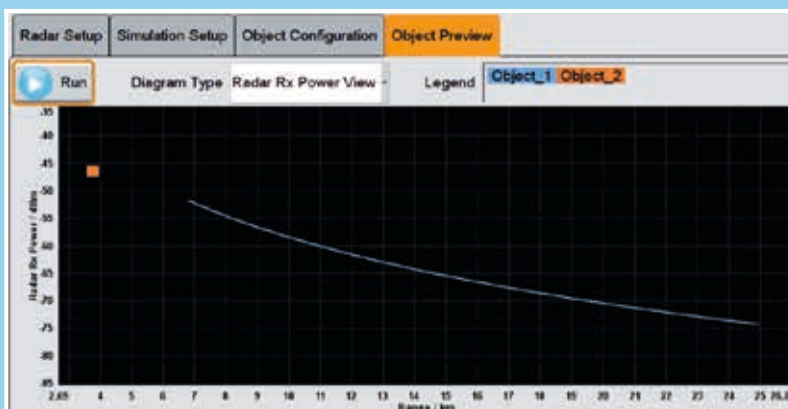
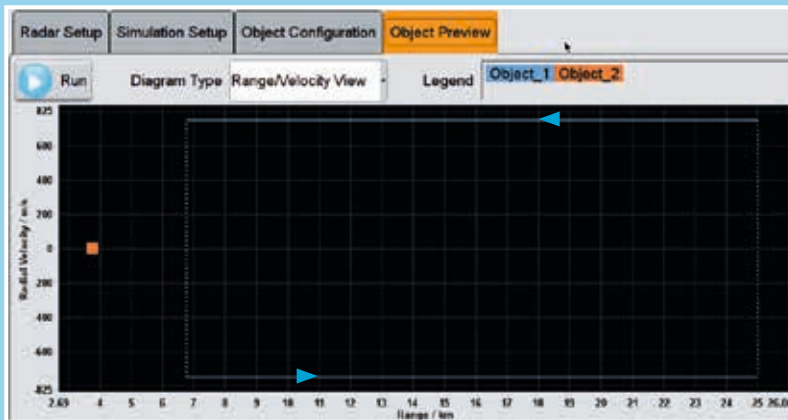
## サマリ

新しい R&S®SMW-K78 オプションはレーダー・エコーの生成機能を提供し、レーダー・システムの開発時のプロトタイプ・テストや、運用中のレーダー・システム

の保守作業に要する時間を短縮します。R&S®SMW200A ベクトル信号発生器と R&S®FSW シグナル・スペクトラム・アナライザを組み合わせ使用すれば、これまで艱装後でなければ実施できなかったレーダー・システムの包括的なテストを、開発段階から実施できるようになります。このテスト・セットアップに使用するスペクトラム・アナライザとベクトル信号発生器は、他の測定タスクにも使用できるので、専用ソリューションに投資する必要がなくなり、ラボの設備コストの削減にも貢献します。

Dr. Rainer Lenz

図6：静止物体と移動物体を含む設定シナリオのライブ・プレビュー (上)。時間軸で表した計算エコー信号レベル (下)。





# レーダー・パルスと複雑なレーダー・シナリオの実環境をシミュレーション

開発ラボでは、時間のかかるカスタマイズ・テスト・ソリューションの実装を必要とすることがよくあります。これを自動化すれば、生産性は大幅に向上します。R&S®Pulse Sequencer ソフトウェアとベクトル信号発生器の組み合わせは、レーダー・コンポーネントや受信機の開発とテストにおいて、この役割を果たします。

パルス信号は、アンプなどのコンポーネントや受信機などの装置全体のテストなど、レーダー・エンジニアリングにおけるさまざまなテストに必要です。標準化されたテスト仕様がいないため、テスト・エンジニアはこれまで、すべての信号をプログラムするために多くの時間を費やさなければなりません。R&S®Pulse Sequencer (パルス・シーケンサ) ソフトウェアは、この労力を最小限に抑えます。実際の信号シナリオにおける DUT の挙動の確認や最適化をすることができます。

## あらゆる要求事項に対応

R&S®Pulse Sequencer ソフトウェアには、あらかじめ設定されたさまざまなシナリオが含まれています。ユーザに求められるのは、シナリオ固有のパラメータを設定することだけです。

- 複雑なパルス形状やパルス・パターン、パルス間変調を含んだパルス列を定義する **パルス・シーケンス**。
- 生成される信号が、パルス・シーケンスで設定した内容でなく、送信/受信アンテナの特性、極性、走査パターンの定義、および 3次元空間における位置関係による影響もシミュレーション可能な **2D / 3D シナリオ**。

I/Q 信号とアンテナ・パターンをソフトウェアにインポートして使用することができます。

設定された信号の 3D 表示機能とリアルタイム・プレビュー機能は、ユーザがすぐにソフトウェアに慣れて、その性能を

フルに利用する助けとなります。設定された信号はベクトル信号発生器に転送され再生されます。

## 単一パルスとシーケンスの定義

アプリケーションによっては、パルスの包絡線やパルス変調 (MOP) を定義し、そのシーケンスを指定しなければならないことがあります。最も単純なケースでは、パルス幅とパルス間隔でシーケンスが構成されます。R&S®Pulse Sequencer ソフトウェアを使用すれば、パルスの詳細を定義し、あらかじめ定義しておいたパルス反復速度と組み合わせでシーケンスを構築することができます。図 1 に示すツリー構造には、シナリオのセットアップに使用できる、すべてのシミュレーション・コンポーネントが表示されています。

基本的なパルス・パラメータは、パルス・メニュー (図 2、上側) で定義します。これらのパラメータには、エッジやパルス幅のほか、オーバーシュート、ドループ、リップルといった包絡線特性が含まれます。また、線形周波数変調 (チャープ)、振幅、周波数、位相、ベクトル変調など、さまざまな変調タイプがあらかじめ定義されています。この包括的なセットは、必要に応じて、ソフトウェアのオープン・プラグイン・インタフェースを介して、拡張することができます。このインタフェースは、ユーザ固有のパルス間変調を追加する場合などに使用することも可能です。

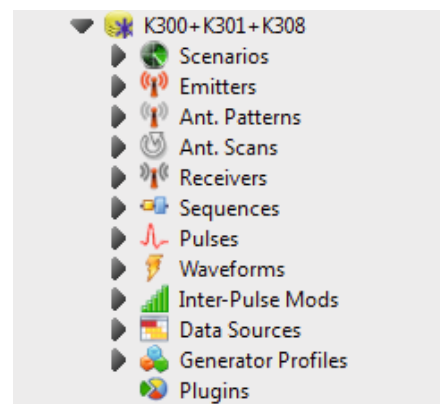


図 1: ツリー表示されたシミュレーション・コンポーネント

## WLAN ルータのチャンネル変更機能のテスト

一部の気象レーダーは 5 GHz 帯を使用しますが、この周波数帯は WLAN デバイスも使用しています。WLAN ルータが気象レーダーと干渉しないようにするために、ルータは、このようなレーダー・パルスを受信した場合は、動的周波数選択 (DFS) を行って自動的にチャンネルを変更する必要があります。規制当局は、WLAN 局をテストするために使用しなければならない、さまざまなレーダー・プロファイルを定めています。

このために、DFS テストに特化した R&S®Pulse Sequencer ソフトウェア (R&S®SMx-K350) が用意されています。このバージョンには、国際規格に適合したレーダー・プロファイルが付属しています。このソフトウェアは、ベクトル信号発生器とともに使用することで必要なすべてのテストを行うことができる便利なプラグ・アンド・プレイ型のソリューションで、テスト結果のレポート生成機能も備えています。

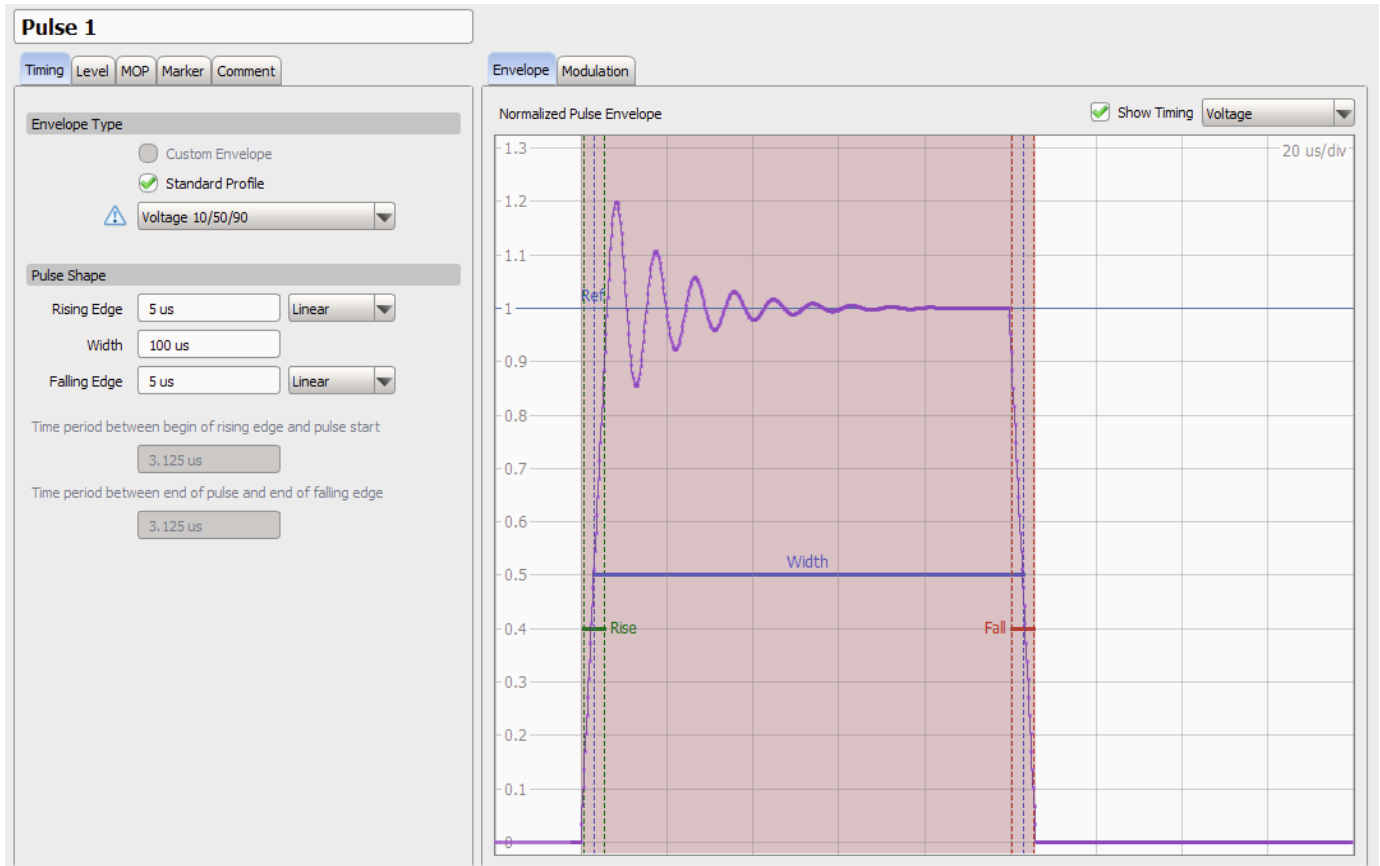
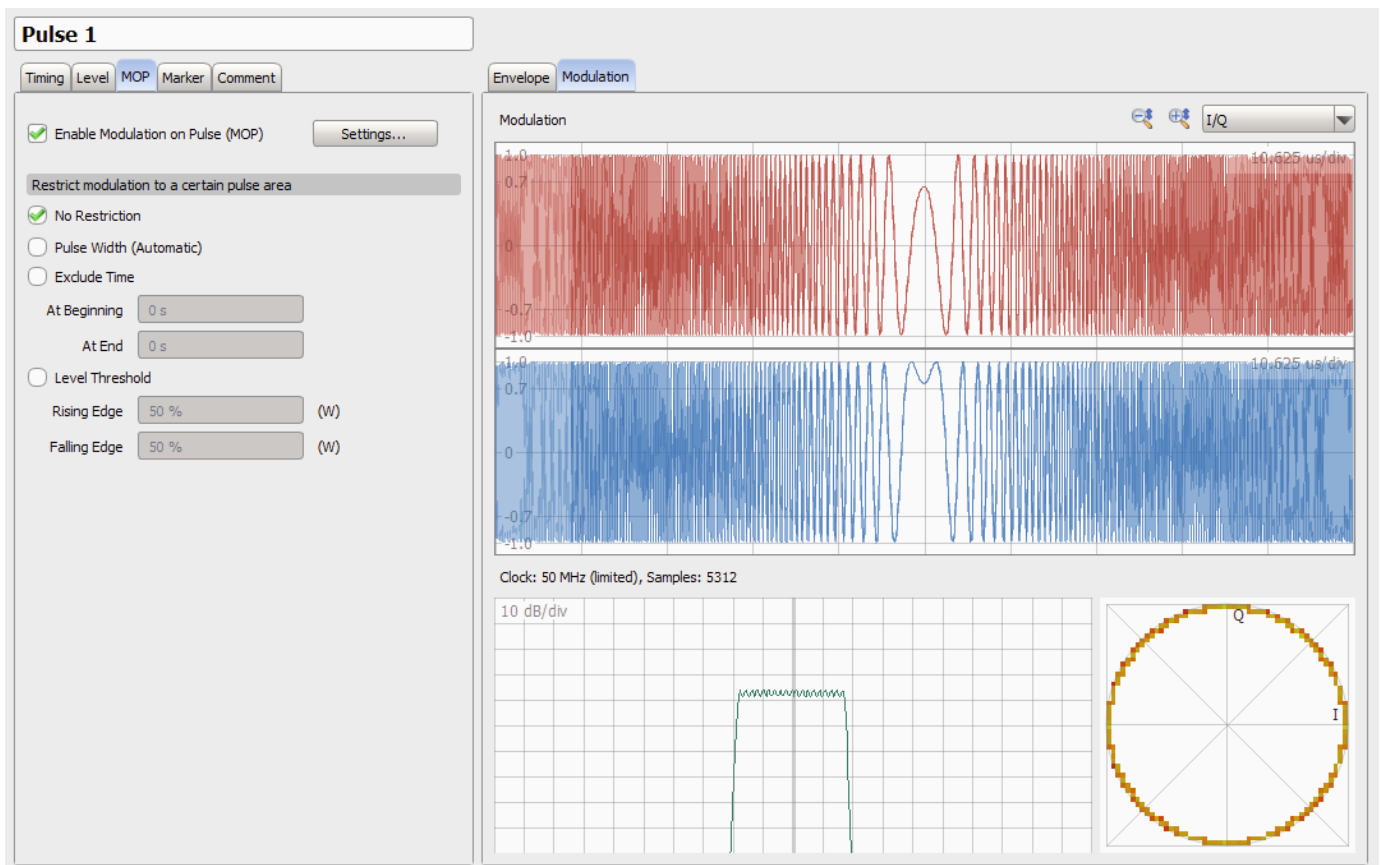


図 2：上：単一パルスの定義のためのメニューと、包絡線のプレビュー（この例ではオーバーシュートが確認できる）。下：線形周波数変調の設定と、ベースバンド信号およびスペクトラムのプレビュー。



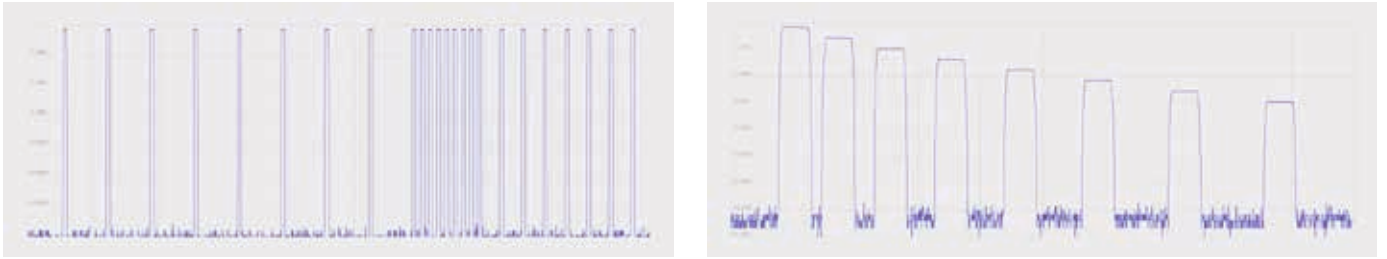


図 3：左：3 種のバーストを伴うパルス間変調。パルス間隔はバーストごとに異なります。右：パルス間変調では、複数のパラメータが同時に変化することがあります（たとえばパルス間隔とパルス・ピーク電力）。

シーケンスには、あらかじめ設定済みの単一パルスを組み込むことができます。ユーザが定義しなければならないのは、パルス間で何をしなければならないかということだけです。パルス間変調は、開発時のテストのためのシーケンスや、受信機またはシステムの検証のためのシーケンスを定義するために使用します。最も単純なケースの場合、ユーザが定義しなければならないのはパルス間隔だけです。パルス間隔、周波数ホップ、パルス・レベルなどは、ユーザ定義の規則に従ってパルスごとに変更させることができます。

レーダーでは、パルス繰り返し周波数が大きな役割を果たします。レーダーは、その検出距離を十分大きな値として、遠距離にある物体を検出できるように、低いパルス繰り返し周波数で動作する必要があります。しかし、高速で移動する検出物を測定するには、高い繰り返し周波数が必要になることがよくあります。これらの要求とその他の要求の両方に対応することができるよう、レーダーは、検出タスクに基づいて動作モードを選択して使用します。

図 3（左）は、それぞれが 8 個のパルスからなる 3 種類のバーストの例です。パルス繰り返し周波数は、低い値から高い値へ、そして中間的な値へと変化しています。パルス間変調は、複数のパルス・パラメータに同時に影響することもあります。たとえば、パルス間隔の拡大と同時にレベルが 2.5 dB 下がるような場合があります（図 3、右）。

周波数アジャイル・レーダーは、ジャミング耐性を向上させたり探知されにくくしたりするために、周波数ホッピングを使用します。この周波数アジャイル機能は、オフセット周波数のパルス間変調を用いてシミュレートできます。図 4 は、チャープ・パルス信号で、中心周波数をパルスごとに変更しています。

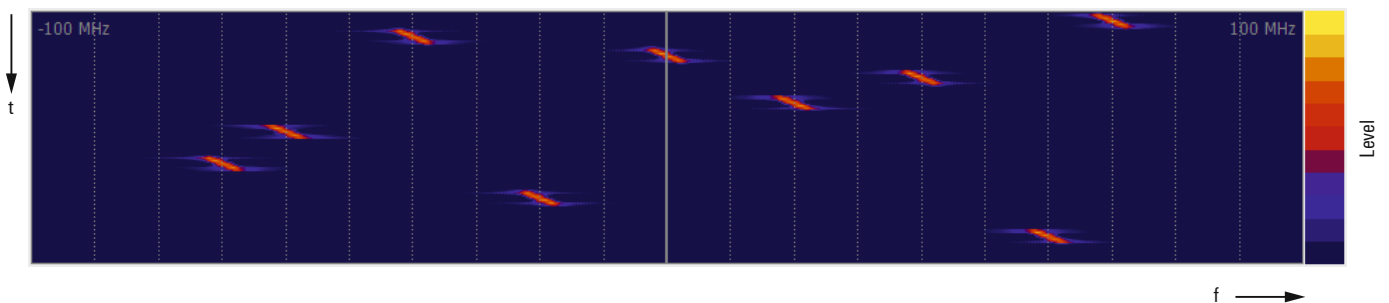
### 実際の信号波形による受信機テスト

実際の条件下で受信機をテストするには、すべての影響を考慮に入れる必要があります。これには、信号を記述するパルス・パラメータ、変調方式、およびパルス間変調だけでなく、システム固有の

影響も含まれます。たとえば、レーダーは通常、信号の送信と受信を指向的に行うためにアンテナの旋回装置を備えています。移動アンテナや静止アンテナ、あるいは固定アンテナには、電磁スペクトラムをモニタするための受信機が接続されます。多くの場合、特定の方向からの信号が受信機に到達するのは、ごく短い時間です。絶対受信レベルは、送信電力、送受信アンテナのゲイン、および周波数を持つ自由空間損失に左右されます。送信アンテナと受信アンテナの極性が異なる場合や、これら 2 つのアンテナの方向が互いに正確に揃っていない場合には、さらに追加的な損失が発生します。さらに、三次元空間内にある送信機と受信機は、海拔高度や、ロール、ピッチ、ヨーの角度で決まる姿勢が異なることがあります。送信機と受信機の姿勢角が異なるために送信機と受信機が互いに直面しておらず、その送信方向と受信方向が真っ直ぐに揃っていないような場合は、受信電力が減少します。

このような複雑なシナリオをシミュレートするために、R&S®Pulse Sequencer ソフトウェアには、上に述べたすべての影響と送信信号を定義することのできるシ

図 4：定義したリストに基づいてパルスごとに中心周波数を変化させるパルス間変調



ミュレータが含まれています。ソフトウェアには、アンテナ・タイプやスキャン・タイプなど、あらかじめ定義されたシミュレーション・コンポーネントが含まれています。フェーズド・アレイ・アンテナの複雑なパターンも、個々の放射素子の空間配置と、所望のサイドローブ抑制をユーザが入力すれば、迅速に計算されます。すべてのアンテナ・パターンには極性を割り当てることができ、不要なバックローブを定義することも可能です。設定したアンテナ・パターンは、正常位置に対する角度オフセットと極性を含め、3Dビューで可視化されます（図5）。

R&S®Pulse Sequencer ソフトウェアは、定められたシナリオに従って時間経過に伴う受信レベルの変動を自動的に計算します。レベルを手作業で決定するという時間のかかるプロセスはもう必要ありません。ラボでの結果を、実際のフィールド・テストの結果と簡単に対応させることができます。

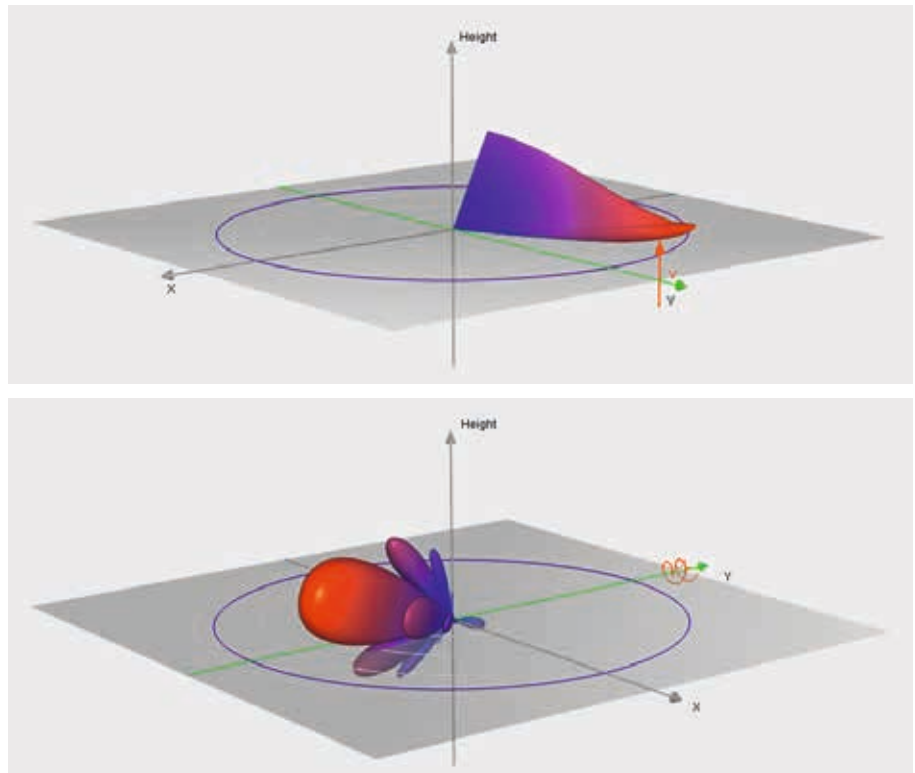


図5:上:垂直偏波でのアンテナ・パターン。下:メインローブ、サイドローブ、バックローブを加えた場合。

### 複雑な 3D シナリオ

R&S®Pulse Sequencer は、図6に示すような、受信機テストのための複雑な3Dシナリオのシミュレーションに使用することもできます。図7は、座標系の中心にある受信機（赤）を示しています。定められたパターンを持つそのアンテナは、ラスタースキャンを使用して、固定された特定のセクターをスキャンします。送信機（青）は、周囲360度方向に回転し、特定のアンテナ・パターンを持つアンテナを備えています。受信アンテナ・ポートでのレベルは、受信アンテナがラスタースキャンのサーチ動作をするので変化します。このソフトウェアは、送信アンテナ、あるいは受信アンテナのいずれかについて、時間遷移の影響をシミュレートできるほか、位置損失や極性損失が絶対受信レベルに与える影響を含め、すべての影響の組み合わせをシミュレートすることもできます（図8）。下の図では、受信機のスキャンング・アンテナの影響によって送信信号が重み付けされていることがよくわかります。ここで、受信アンテナの出力における絶対レベルは、自由空間損失、アンテナゲイン、および送信電力に基づいて決定され、下の図の正規化されたレベル曲線を使って自動的に計算さ

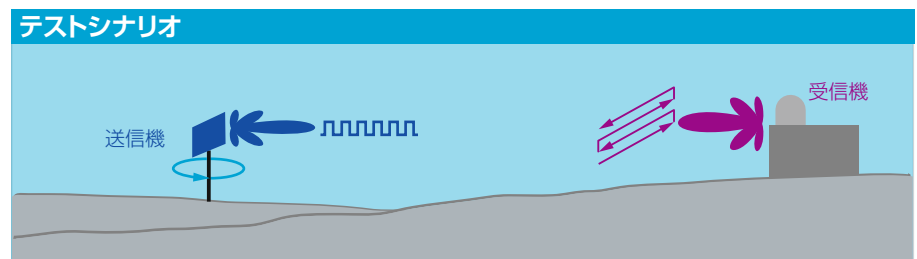


図6: 受信機と送信機の難しいテストシナリオ

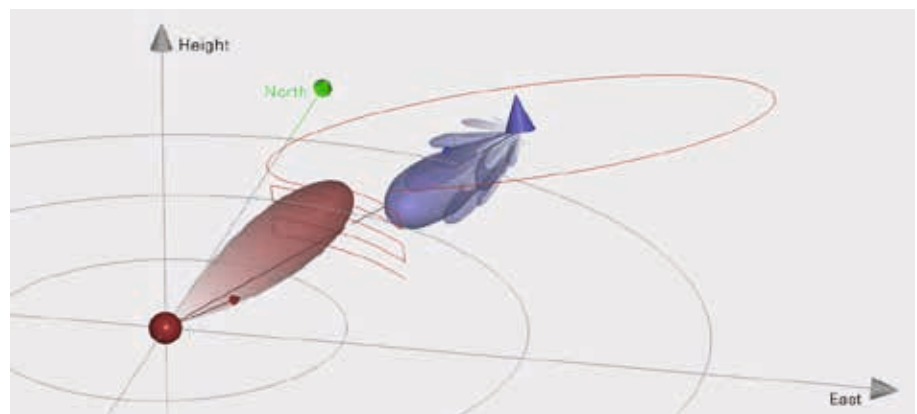


図7: 垂直方向に傾いて回転するアンテナを持つ送信機（青）と、固定セクターをスキャンするためにラスタースキャンを行うアンテナを持つ受信機（赤）

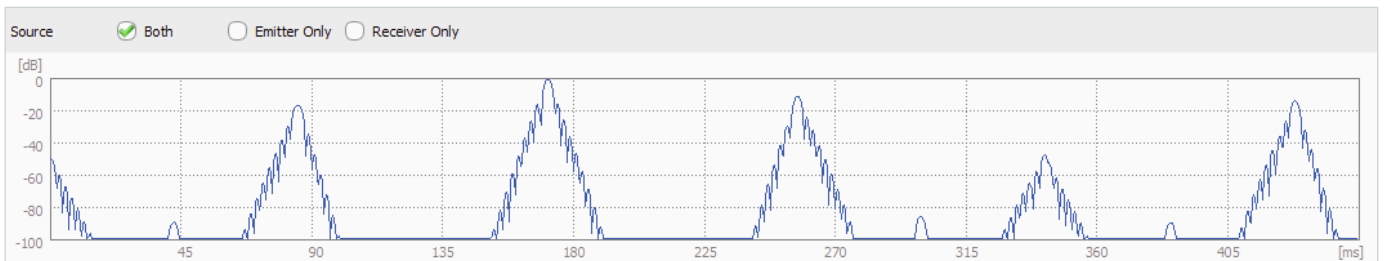
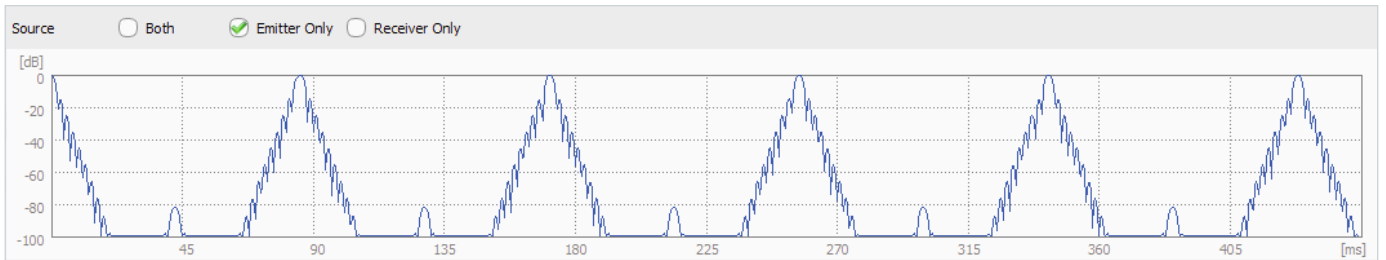
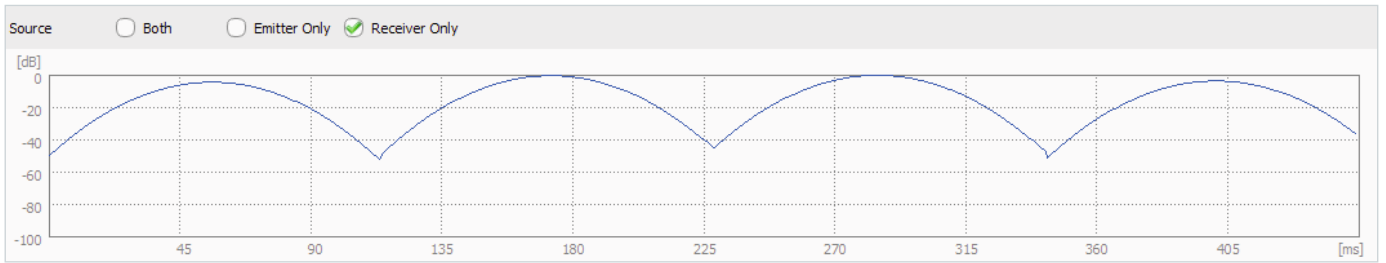


図 8：上：受信アンテナの動きによる受信レベルの変動。中：送信アンテナの回転が時間依存の受信レベルに与える影響。下：受信レベルに与えるすべての影響の総和（位置損失と極性損失を含む）。

れます。すべての設定が完了した後、ベクトル信号発生器に信号が転送され、再生されます。これにより、受信機が送信機の信号を明確に認識して、それを分類できるかどうかをテストすることができます。

### マルチチャンネル受信機のテスト

方向探知機には、信号の到来角度を決定するために複数のチャンネルを持つ受信機が使われます。このような受信機のテスト用に、R&S®Pulse Sequencer ソフトウェアは、定義された信号を送信する送信機の位置を極座標系上に設定するオプションを備えています（図 9、左）。ユーザは、必要に応じてこの受信機用アンテナの設定と位置を定義することができます（図 9、右）。また、その際には、シングル・チャ

ネル受信機のシミュレートに使用されるすべてのアンテナ・パラメータを使用することができます。

ソフトウェアは、設定されたすべてのパラメータを考慮した上で、マルチチャンネル受信機の入力それぞれについて、適切

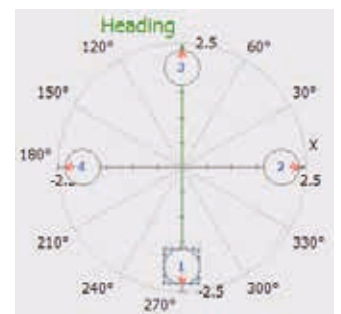
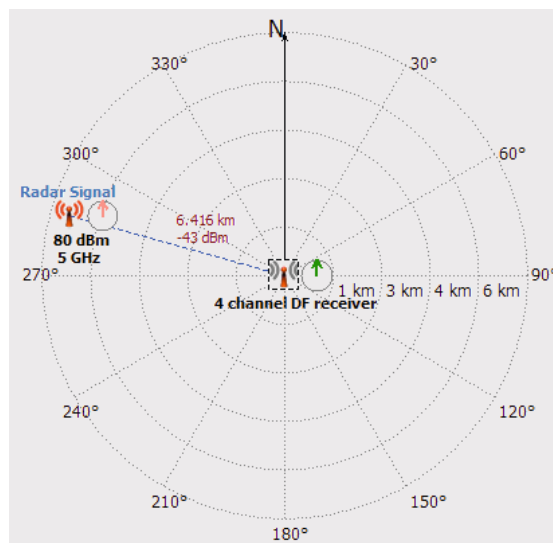


図 9：左：送信機とマルチチャンネル受信機を使用するシナリオ。右：受信機の個々のアンテナ位置を定義。

な受信信号を自動的に計算します。また、計算された信号をベクトル信号発生器の RF 出力に割り当てや、テスト・セットアップのための配線を図示します (図 10)。

この用途では、すべての受信機チャンネルを同時にシミュレートしなければならないので、2 つのパスを持つ R&S®SMW200A ベクトル信号発生器は理想的です。4 チャンネルの受信機をテストするには、2 台の R&S®SGS100A と 2 台の R&S®SGU100A を追加することによって、4 チャンネルのテスト・セットアップを構成できます (図 11)。

### サマリ

R&S®Pulse Sequencer ソフトウェアは、適切なソフトウェア・オプションおよびベクトル信号発生器と組み合わせることで、航空宇宙および防衛用のさまざまなアプリケーションに使用できる強力な信号シミュレータです。コンポーネント・テスト用のテストケースから、シングルチャンネルまたはマルチチャンネルの受信機をテストするために実際の 3D シナリオをシミュレートする複雑なテストケースまで、さまざまな用途に使用できます。このソフトウェアは、40 GHz までの周波数範囲をカバーするローデ・シュワルツのすべてのベクトル信号発生器に使用できます。また、モジュール方式のコンセプトにより、アプリケーションに合わせてチャンネル数を選択することができます。

Dr. Rainer Lenz

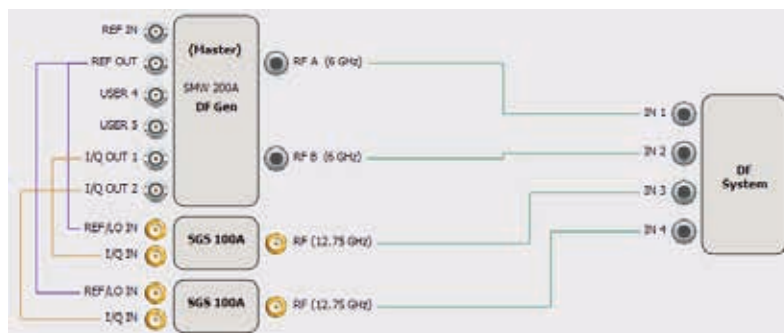


図 10: 上: 2 台の R&S®SGS100A 信号発生器を追加することによって 4 チャンネル・セットアップにアップグレードされた R&S®SMW200A ベクトル信号発生器の RF パスに 4 つの信号を割り当てた例。下: 必要な配線を図示。

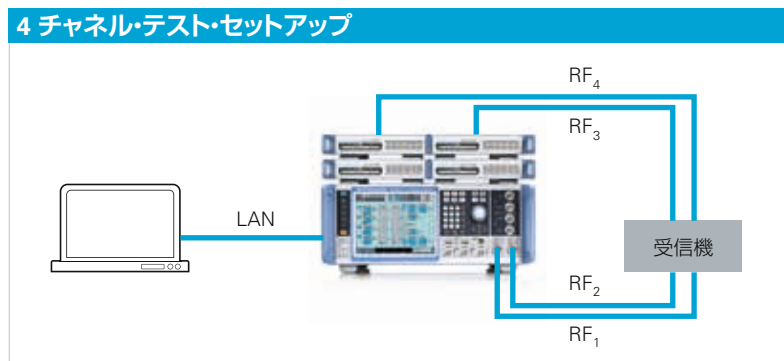


図 11: わずか 6 HU のスペースで、最大 20 GHz × 4 チャンネルのテスト・セットアップ。R&S®SMW200A ベクトル信号発生器、2 台の R&S®SGS100A、2 台の R&S®SGU100A で構成。

R&S®Pulse Sequencer ソフトウェアは、以下のサイトから無料でダウンロードできます。

<https://www.rohde-schwarz.com/software/smw200a/>

このソフトウェアは、R&S®SMW200A の R&S®SMx-K300 / SMx-K301 / SMx-K350 または SMW-K308 オプション、R&S®SMBV100A および R&S®SGT100A ベクトル信号発生器とともに使用できます。有料のオプションは、ベクトル信号発生器上で信号を再生する必要がある場合のみ必要になります。

# ネットワーク・アナライザを使用したシグナル・インテグリティの測定

R&S®ZNB ネットワーク・アナライザおよび R&S®ZNB-T ネットワーク・アナライザのユーザは、新しいオプションを利用できるようになりました。R&S®ZNB / ZNB-T-K20 はアイダイアグラム——シグナル・インテグリティを解析する際に一般的に使用される時間ドメイン解析機能——を表示することができます。周波数ドメインベースの電子計測器へこの機能を組み込むことで、アナログ・システムとデジタル・システムの機器の伝送特性を周波数ドメインおよび時間ドメインで同時に測定することができます。

増大を続けるデータレートにより、信号の送信経路の品質に関する要求はますます厳しさを増しています。信号品質に影響を与える要素は多数存在し、ケーブルやコネクタの影響もそれらの要素の一部です。したがって、テスト装置の中にあるすべての機器を周波数ドメインおよび時間ドメインの中でできる限り包括的に特徴付けることが重要な要件となります。優れた RF 特性と高い測定スピードを有する R&S®ZNB ネットワーク・アナライザと R&S®ZNB-T ネットワーク・アナライザは、このタスクにふさわしい計測器です。新しい R&S®ZNB / ZNB-T-K20 オプションは R&S®ZNB / ZNB-T-K20 時間ドメイン・オプションにアイダイアグラムを表示させる機能を追加するので、これらのアナライザはより万能性の高い機器となります（図 1）。これは周波数ドメインの S パラメータを測定することで行われ、結果を時間ドメインに変換してからユーザ定義の入力ビット・シーケンスへコンボリューションを適用します。

## アイダイアグラムの生成

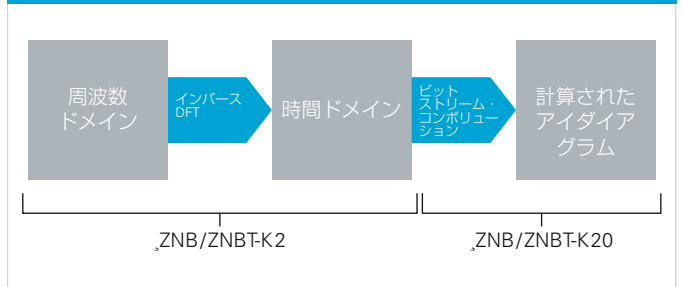
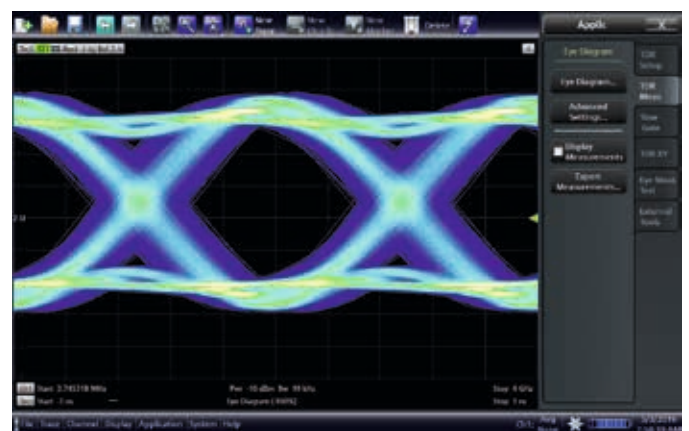
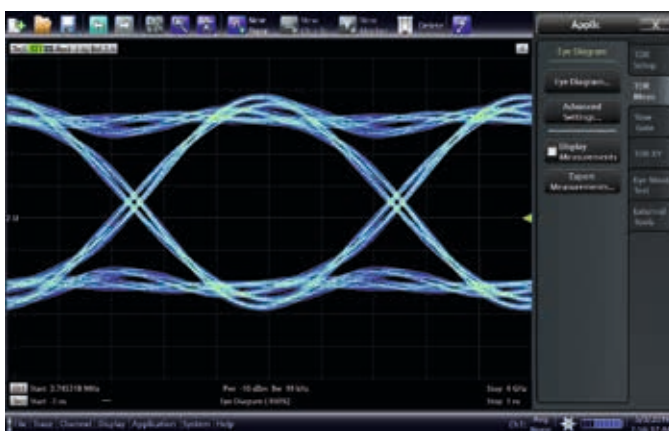


図 1: 新しい R&S®ZNB / ZNB-T-K20 オプションは周波数ドメインから時間ドメインへ変換された S パラメータを使ってアイダイアグラムを生成します。

## シグナル・インテグリティを一目で確認できます

論理レベルの変化を繰り返し重ね合わせることで、アイダイアグラム——時間ドメインで一般的に使われる表現方法——として知られるグラフ形態の結果が得られます。ジッタ、ノイズ、または過渡応答などの一般的な妨害は、論理状態の評価をゆが

図 2: 左: 妨害の影響を受けていない送信システム、右: 妨害をシミュレートした送信システム



め、それらを部分的にまたは完全に閉じたアイダイアグラムとして表現します (図 2)。アイダイアグラムには被測定物 (DUT) と他の部品による影響がどのように送信システムに影響を与えるかが直ちに現れます——これがアイダイアグラムを非常に魅力的なものにしている大きな特徴です。

### さまざまなタイプの妨害のシミュレーションを行います

システムの送信品質が許容限界に近づくと、波形にジッタまたはノイズなどの妨害が仮想的に加わり、これらの影響 (現実に予測される) に対するシステムの頑健性、またシステムが既定の性能要件をこれらの条件の下で満足できるか否か (許容解析) を判断することができます。アイダイアグラムを使った明確なグラフ表示が解析を容易にします。

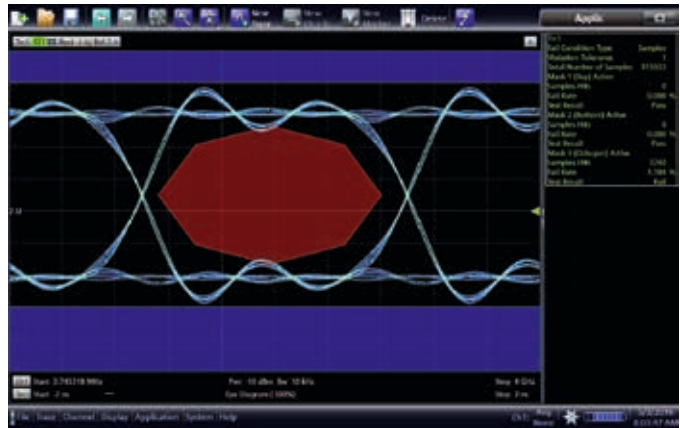


図 3: 既定のまたはユーザが構成したマスクを使ったマスク・テスト

### プリエンファシスとイコライゼーションによって信号品質を改善します

システム理論は、信号送信経路が妨害を受けたときにその品質を改善するのに用いることのできる各種の方法を記述しており、そのなかにはプリエンファシスやイコライゼーションといった方法が含まれます。プリエンファシスの場合、DUT に起因する潜在的に望ましくない信号の変化は、DUT の特性のひずみ

とバランスさせるために入力信号を予歪することで相殺させることができます。一方、イコライゼーションは、受信機端の送信特性を高周波数に対応した高レベルへ高めることによって高周波信号成分で一般的なパワー損失を補償します。R&S® ZNB / ZNBT-K20 オプションは、演算という方法によってこれらの 2 つの方法を実施することができます。これらの手段の効果は、アイダイアグラムで直ちにすることができます。

図 4: マスク構成メニュー





### 構成可能なマスク・テストを使った高速合否判定解析

R&S®ZNB / ZNBT-K20 は、限界値とのコンプライアンスを確認するための古典的な合否判定テストのほかに、測定値が許容範囲内に入っているか否かをチェックするのに使うことのできるマスク・テスト機能を持っています。マスクを逸脱すると、合否表示を伴った信号が出ます (図 3)。

USB、HDMI、および DVI などの標準化されたインターフェースは、基準に規定されている規格に従っていなければなりません。個々のマスクは構成が可能で、開発時の信号品質解析を簡素化します (図 4)。

### ネットワーク・アナライザ・ファームウェアを完全に組み込んだことにより容易な操作を行えます

R&S®ZNB / ZNBT-K20 のメニューには、直感的なネットワーク・アナライザの GUI がシームレスに組み込まれています。アイダイアグラムの構成はわずか数ステップで行え、外部のソフトウェアに切り替えたり計測器を再起動させたりする必要がありません。すべての設定機能へ簡単にアクセスすることができます。信号の流れを明確に表現できるので、ユーザは常に設定値を追跡でき、関連のパラメータのオン/オフを速やかに行うことができます (図 5)。

### システム・エラーの修正とエンベディング/ディエンベディング機能によって最高の精度を実現します

アイダイアグラムは、特にオシロスコープのユーザにとってはありふれたツールです。しかしながら、今日の高いデータレートと関連する高い送信周波数を考慮に入れると、時間ドメイン

の測定は複雑度を増しているとともに間違いが起りやすくなっています。そのような測定を標準機能として実行するベクトル・ネットワーク・アナライザは魅力的な選択肢となります。R&S®ZNB / ZNBT-K20 オプションを備えた R&S®ZNB ネットワーク・アナライザまたは R&S®ZNBT ネットワーク・アナライザはユーザに両方の世界でベストのものを提供します。

ネットワーク・アナライザは次の特長を持っています。

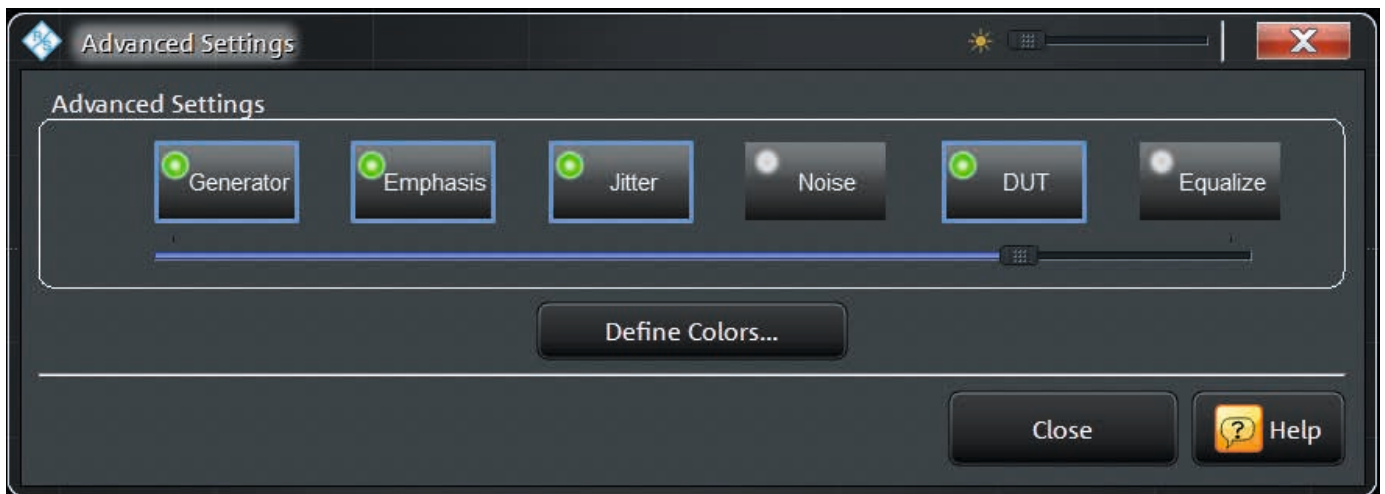
- ベクトル・システム・エラー校正 (反射と損失の補正) によって高い測定精度を実現
- 周波数ドメインと時間ドメインにおいて仮想ネットワークの追加/削除 (例: テスト装置、アダプタ) を行えるエンベディング/ディエンベディング機能を提供
- 不連続点の影響 (例: コネクタ、アダプタ) を解消するゲート機能を提供
- 周波数ドメインと時間ドメインの同時測定が可能
- R&S®ZNB40 の使用で最大 40 GHz の広い帯域幅
- リアルタイム測定と調整を目的としたアイダイアグラムの連続アップデートが可能
- 高いダイナミックレンジを提供

### サマリ

R&S®ZNB / ZNBT-K20 オプションを備えたネットワーク・アナライザは、アイダイアグラムを表示できるとともに包括的で精度の高いシグナル・インテグリティ測定を行うことができます。R&S®ZNB / ZNBT ネットワーク・アナライザの直感的な GUI には新しいソフトウェア・オプションが組み込まれ、開発時に最高の効率で測定を迅速かつ容易に構成することができます。

Anja Paula

図 5: 信号の流れを表すメニューの中で関連パラメータのオン/オフを行うことができます。



# 組込み機器開発に 特化した オシロスコープ



図 1：マルチドメイン問題に対応した設計：  
新しい R&S®RTQ2000 オシロスコープ

新しい R&S®RTO2000 オシロスコープは、600 MHz ~ 4 GHz の帯域をラインナップし、高い信号再現性、最大 16 ビットの垂直分解能、およびクラス最速の波形更新レートを誇っています。多様なツール、容易な操作、および文書作成機能は、組込み機器設計で見られるさまざまな信号の時間相関解析を容易にします。

組込み機器設計——すなわち、各種技術をベースにした部品を、大量に機器に組み込んだ設計——は、製品開発および修理を行うエンジニアにとって、大きなチャレンジとなっています。(下のボックス参照)。こうした複雑な測定を行うためには、マルチドメイン・アプリケーションに対応したオールインワン型テスト機器である最新の R&S®RTO2000 オシロスコープが提供するような高度なソリューションが必要です (図 1)。R&S®2000 オシロスコープには、時間、周波数、ロジック/プロトコル解析に必要な機能が搭載されています。かつては、このためには何台もの専用計測器が必要でした。

### 総合テストを可能にするマルチドメイン機能

低ノイズ・フロントエンドと高分解能の A/D コンバータによって、R&S®RTO2000 のアナログ入力チャンネルは時間ドメインにおいて高いダイナミックレンジを実現するだけでなく、極めて高い精度の測定を行うことができます。ユーザは、ユーザは、簡単な時間ドメインでの電圧レベルの確認や、クロックあるいはデータ信号のジッタ解析、さらには電源のスイッチ・モードにおける電源解析など、さまざまな測定において信頼性の高い結果を得ることができます。45 ページのボックスで、新しいオシロスコープの特長を紹介しています。

### 組込み機器のテスト

産業、自動車、エンターテインメント、およびスマート・ホーム・セクタに向けたコスト効率が高く高性能な通信用電子装置や制御用電子装置に対する強い要求が、電子回路の統合を促しています。これらの先進の組込み機器設計には、各種の機能ユニットと技術が組み込まれます。プロセッサ、パワー管理、デジタル通信インターフェース、ローカル・プログラム・メモリ、データ・メモリ、およびセンサはすべて、最小のスペースの中で作動します。そして、

次に統合されるのが無線モジュールです。各種の信号波形は RF 無線信号、センサのアナログ信号、または制御インターフェースのプロトコル・コード信号など、多岐にわたっています (図 2)。

高度に統合された設計においては、相互干渉が極めて生じやすくなるため、こうした複雑さは開発者に対して大きな問題を提起します。不要な妨害は、システム・レベルで正確な時間基準を使って排除しなければなりません。

### エンベディッド・デザインにおける信号波形

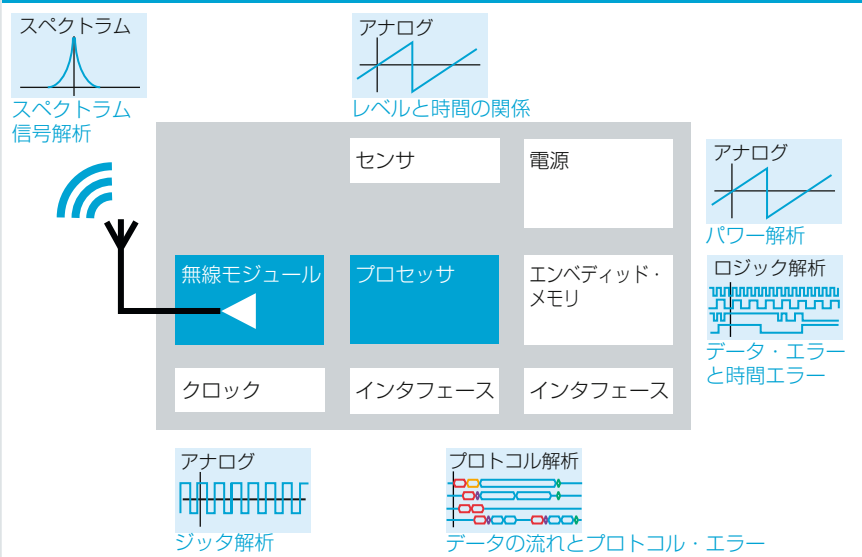


図 2: 最新の組込み機器設計におけるマルチドメイン・アプリケーション: 時間ドメインでのアナログ測定、スペクトラムでの測定、およびプロトコル/ロジック解析

16 個のデジタル・チャンネルは、たとえば、デジタル・インタフェース上での論理レベル (High, Low) を全時間に渡って正確に測定することを目的としてオシロスコープのテスト機能を拡張します。パラレル・インタフェースのタイミング・エラーさえも短時間で検出できます。

プロトコルベースのシリアル・インタフェースに対応した多くのツールが I<sup>2</sup>C、SPI、USB、およびイーサネットを含む各種規格に対応した幅広いトリガ・オプションとデコード・オプションを提供します。R&S®RTO2000 は、プロトコルのデコードにアナログ・チャンネルとデジタル・チャンネルの両方を使うことができます。このオシロスコープは、ハードウェアによるプロトコル・トリガを使用することで、高速かつ確実にアドレスやデータにトリガをかけることができます。

スペクトラム・アナライザを使用することが、無線インタフェースの正確な測定を行うために最適な選択だと思われるような場合においても、R&S®RTO2000 は、アナログ・チャンネルの広ダイナミックレンジにより、無線信号の捕捉において最適な製品となり得ます。システム・レベルでテストを実施する場合、チャンネルは、組み込み設計で使用されている各機能モジュール間の正確な時間相関を評価できます。

図 3 に、Wi-Fi 無線モジュールを有する「モノのインターネット」(IoT) のアプリケーションにおける各種の測定オプションを示し

ます。チャンネル 1 (黄色) は、Wi-Fi 信号を捕捉してそれを時間ドメインの中に表示します。ただし、信号波形は、スペクトラムの中で見えるようになるまで明確に捕らえることができません (Math4)。チャンネル 3 (橙色) は、無線アクティビティが消費電流にどのような影響を与えるかを示します。USB インタフェース制御コマンドのタイミングも確認できます。R&S®RTO-K60 オプションは、チャンネル 2 と 4 (緑色と青色) で捕捉した信号を判読可能な USB データヘデコードします。

### 小電流のシステム機能に関する解析が可能で

電子設計に関する最初の機能テストが終了すると、回路の最適化がスタートします。モバイル・アプリケーションでは、消費電流を最小限に抑えることが最も重要です。このためには、たとえば、無線シーケンスを送信するときまたは節電モードに入ったときに、電流変化のタイミングとスイッチング動作を相関させながら 1 mA の範囲まで電流を下げることでできる測定器が必要となります。

そのアナログ入力チャンネルの高いダイナミックレンジと感度のおかげで、R&S®RTO2000 は低電圧や低電流の測定に理想的な計測器となります。R&S®RT-ZC30 オプションは、120 MHz の帯域幅で 1 mA までの電流を測定できる高感度電流プローブです。HD モードでは、100  $\mu$  A という小さな動的変動の解像が可能で

図 3: マルチドメイン・アプリケーションの例: Wi-Fi 無線モジュール、バッテリー駆動の電源、および USB インタフェースを備えた IoT モジュール



## R&S®RTO2000 の特長

### 社内で開発された機器

R&S®RTO2000 が提供する高い感度とダイナミックレンジをもたらすものが、低ノイズ・フロントエンドとローデ・シュワルツの財産である 10 GHz のシングルコア A/D コンバータです。100  $\mu$ V 未満のノイズ、A/D コンバータの 7 つを超える有効ビット(ENOB)、および 60 dB を超えるチャンネル間アイソレーションはほんの一例に過ぎません。こうした特性は、アナログ・チャンネルを周波数ドメインでの解析や時間ドメインでの測定に理想的なものにします。

信号の詳細な解析では、高い垂直分解能が必要となります。R&S®RTO2000 は、高分解能 (HD) モードで最大 16 ビットを実現します。HD モードでは、A/D コンバータの入力側にある高品質で調整可能なローパス・フィルタが信号の帯域幅を制限します (図 4)。ユーザは、適切な分解能と帯域幅の組み合わせを選ぶことができます。デジタル・トリガ・システムさえも HD モードで高分解能が得られ、微小な信号に対してもトリガをかけることが可能です。

このオシロスコープは高性能のアナログ信号処理を行うだけでなく、ローデ・シュワルツの財産である ASIC をベースとした高度なデジタル信号処理も行うことができます。その高速並列信号処理は、外部の PC をベースとした後処理より遙かに優れています。ヒストグラム、マスク、またはカーソル測定を実行している場合でも、R&S®RTO2000 は 1 秒間で最大 100 万個の波形を捕捉し、処理し、表示することができます。ラボ用オシロスコープのクラスではユニークなこの能力は、散発的なエラーを短時間で確実に検出するためのキーとなります。

捕捉メモリは 2 G サンプルまで拡張することができ、これもこのクラスではユニークな特徴です。長いパルス・シーケンスまたはプロトコル・シーケンスの獲得に十分なメモリを使用することができます。詳細解析に対してより多くの波形を使用することができる

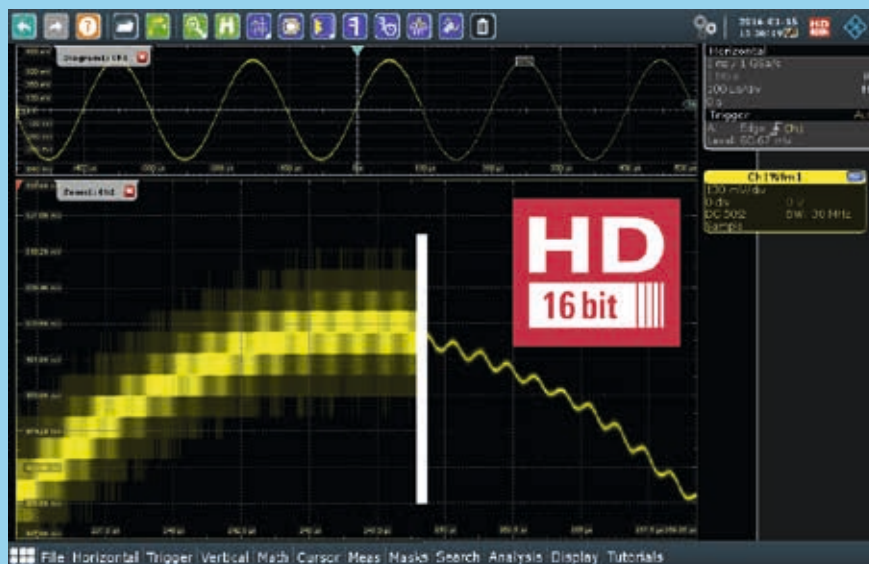


図 4: 16 ビット HD モードのオフ/オン時における重畳変調を有する正弦波の拡大図

ので、履歴機能もこのメモリ深度の恩恵を受けられます。

### 各アプリケーションに適合させることが可能です

R&S®RTO2000 は汎用性が高く、個々のアプリケーションに合わせることができます。600 MHz、1 GHz、2 GHz、3 GHz、4 GHz の帯域幅とオプションのメモリ・アップグレード機能を備えた 2 チャンネルのモデルと 4 チャンネルのモデルを入手することができます。帯域幅のアップグレードは全モデルで可能です。

ロジック解析と 10 MHz OXCO 基準クロックに対応したデジタル・チャンネルを含むすべてのハードウェアはプラグインのタイプで、現場で設置することが可能です。さらに、いつでもオシロスコープ上でソフトウェア・オプションを有効にすることができます。使用可能なソフトウェア・オプションには、トリガ・オプション、デコード・オプション、シリアル・インタフェース用の自動コンプライアンス・テスト、ならびにジッタ、パワー、およびスペクトラムの解析に使用するオプションなどがあります。

### タッチスクリーンと R&S®SmartGrid を使って操作を容易に行えます

強力な解析能力と、豊富な機能を搭載しているにも関わらず、12.1 インチ・タッチスクリーンのおかげで R&S®RTO2000 は非常に使いやすい計測器となっています。R&S®SmartGrid 機能は、すべての波形と他の情報を明瞭かつ理解できる形で表示します。カーソル、測定、アンドゥ/リドゥなどの主要なツールはツールバーに用意されていて、短時間でアクセスすることができます。アプリケーション・コックピットは、トリガ機能やデコード機能などのアプリケーション、コンプライアンス・テストやシグナル・インテグリティ・テスト、I/Q 解析や顧客特有の開発ツールにさえもアクセスすることができます。R&S®RTO は、測定値を容易に文書化することができます。ボタンを押すだけでスクリーンショット、波形、および計測器の構成を保存することができます。

電流測定を行うためにアナログ・チャンネルを使用すると、他の測定信号に固定時間基準が与えられます。図 5 に、スリープ・シーケンス中に 1.7 mA の電流を測定するチャンネル 3 (オレンジ色) の電流プローブの例を示します。消費電流はチャンネル 1 (黄色) の無線信号出力および UART インタフェースでのシステム・アクティビティと相関します。スリープ・シーケンス中は、モジュール

は無線信号を一切送信しませんが、基地局から定期的なページング信号を受信します。消費電流は短時間で 105 mA へ増大し、モジュールは送信可 (CTS) ラインを使って UART コード化された通信信号 (デジタル・チャンネルを使って獲得される) を送信します。



図 5: スリープ・モードにおける組み込み機器設計の消費電流の測定。基地局は、ページング (短い電流パルス) を介して GSM 無線モジュールとの通信を維持します。

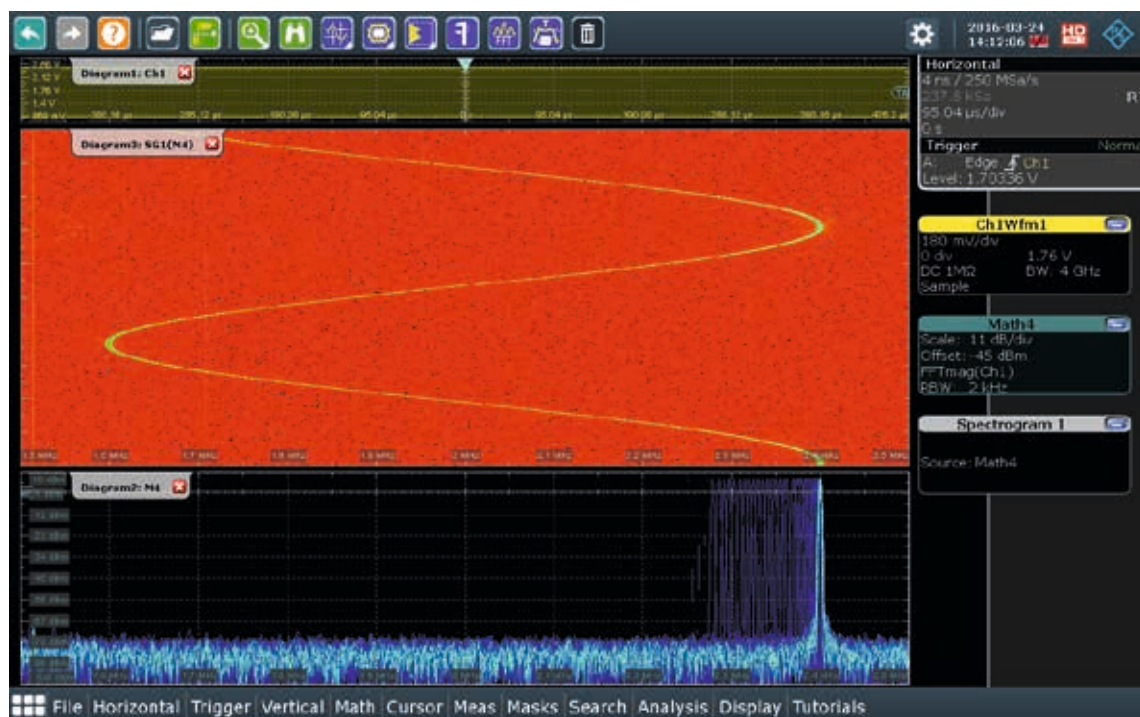


図 6: このスペクトログラムは信号の周波数変調を示します。

## スペクトラム内でのデバッグ機能の向上

R&S®RTO2000 のすべてのアナログ入力チャンネルで使用できるFFT ベースの高性能スペクトラム解析機能は、さらなる可能性（たとえば、無線信号の解析、スペクトラムの中の妨害を発見するための EMI デバッグ、または電源のスペクトル解析など）を開拓します。オシロスコープの従来の FFT インプリメンテーションとは対照的に、R&S®RTO2000 は高い分解能とデジタル・ダウンコンバージョン（DDC）による高い表示スピードを実現します。R&S®RTO2000 では、FFT 演算は選択された周波数範囲に限定することができます。

自動測定、ピーク・リスト、最大ホールド検出器、およびマスク・テストなどの使いやすい機能がスペクトラム内でのデバッグをサポートします。ユニークな特性の 1 つとしてスペクトログラムがあり、時間の経過に伴う周波数成分の変化を可視化します（図 6）。

## 時間ドメインおよび周波数ドメインにおけるゾーン・トリガ

もう 1 つのユニークな機能として新しいゾーン・トリガがあります。時間ドメインと周波数ドメインの中にあるイベントをグラフィカルに区別するのに用いることができます。任意の形状のゾーンを最大 8 つ定義することができ、トリガ条件として論理的にリンクさせることができます。定義されたゾーンとテスト信号が交差した場合またはこれらのゾーンが接触していない

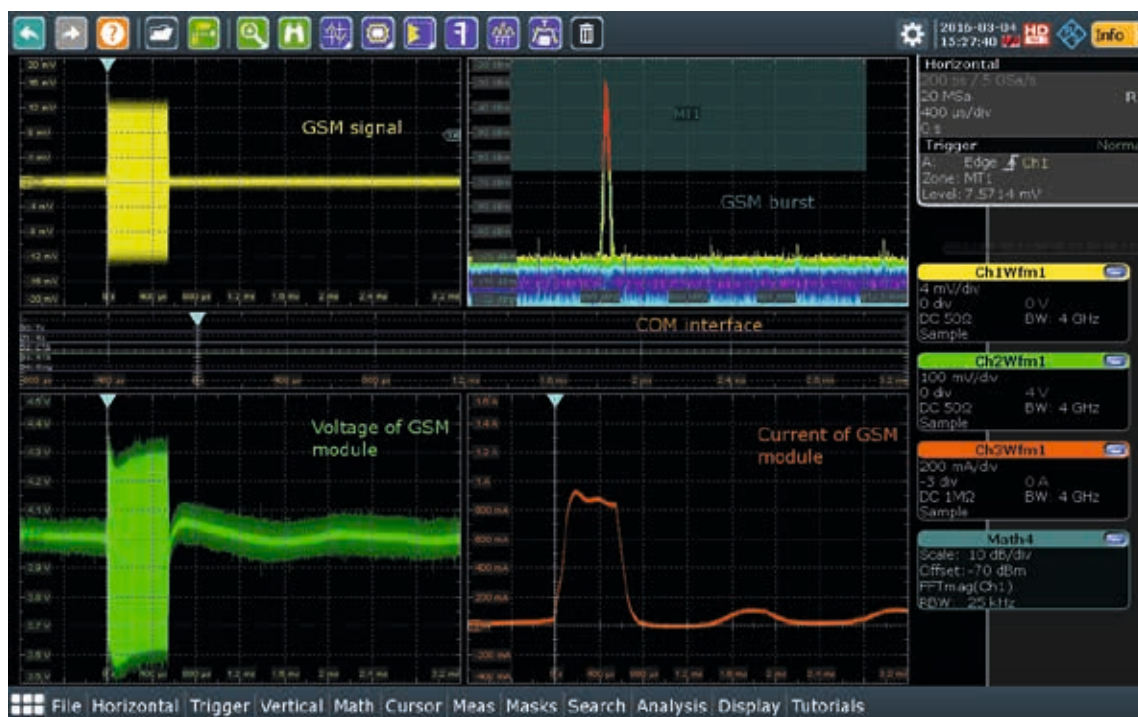
場合にトリガが開始されます。これによって、EMI デバッグ時にスペクトラムの中の妨害を検出することやメモリ・コントローラの中で読み出しサイクルと書き込みサイクルを分離することが可能となります。図 7 の例は、GSM 無線バースト時に電流負荷と電圧負荷を測定するためにスペクトラムの中でトリガがどのように使われるかを示したものです。

## サマリ

R&S®RTO2000 は汎用性、測定スピード、精度、および便利さをユニークに組み合わせたオシロスコープです。時間解析、周波数解析、ロジック解析、およびプロトコル解析を、一緒に行うことが可能です。最大で毎秒 100 万個の波形を捕捉できる波形更新レートは、このクラスの他のオシロスコープでは見られません。高いダイナミックレンジは時間ドメインばかりでなく周波数ドメインにおいても有効であることを証明し、ハードウェアベースの FFT のおかげで R&S®RTO2000 は無比の解析性能を実現します。HD モード時において業界最高の 16 ビットを実現した分解能——トリガ・システムによっていつでも完全に使用することができる——は、信号ディテールを細部まで明らかにします。R&S®RTO2000 は、周波数ドメインに対してゾーン・トリガを提供し、主としてそのスペクトル・シグネチャによって定義されたイベントを捕捉できる最初のオシロスコープです。高い可変性を持った構成と動作オプションによって、必要な測定タスクを短時間で行うことができます。

Guido Schulze

図 7: スペクトラムの中のゾーン・トリガは GSM バースト信号の測定に焦点を当てています。







# すべての妨害波を検出

規格に適合した EMI テスト・レシーバは、その RF 特性に関する非常に厳しい要件を満足しなければなりません。R&S®ESW は規格測定の中で十分な機能を発揮するばかりでなく、開発者や認定テストラボの作業を極めて容易にするユニークな機能も提供します。



R&S®ESW EMI テスト・レシーバはダイナミックレンジ、スピード、および精度に関して傑出した性能を提供します。プリセクション・フィルタ、20 dB プリアンプ、および高リニアリティ・フロントエンドを内蔵したこのテスト・レシーバは、EMC に関連するすべての民間規格と軍用規格 (CISPR、EN、MIL.STD-461、DO-160、および FCC を含む) の要件ならびに自動車分野と航空宇宙・防衛 (A&D) 分野が要求する特殊な要件を満足します。この計測器は 2 Hz ~ 8 GHz、2 Hz ~ 26 GHz、および 2 Hz ~ 44 GHz の 3 種類のモデルが揃っています。

## EMI テストは長い時間を必要とします

### —それでも R&S®ESW の使用で時間を短縮できます

従来の測定レシーバは、対象の周波数範囲を非常に小さな連続ステップでスキャンしていました。基準に適合した測定は数時間を要することがあります。ただし、最近のデジタル信号処理の進歩は、これらの測定を数倍のオーダーでスピードアップするソリューションを生み出しています。今日では FFT ベースの時間ドメイン・スキャンを非常に効率的に実施することができるので、EMC 規格に規定されている厳しいレベル精度要件を問題なく満足させることができます。CPU に負担をかける EMI ディテクタ内のデジタル重み付けフィルタさえも、もはや性能上の障害とはなくなっています。産業界が適切な計測器の妥当性を証明した 2010 年から、CISPR の認証測定において FFT ベースの計測器は公式に承認されています。R&S®ESW の前の機種である R&S®ESU は、FFT ベースの手法をサポートした最初の市販のテスト・レシーバでした。FPGA ベースの信号処理のおかげで、R&S®ESW は EMC コンプライアンス測定を非常に短時間で行うことができます (R&S®ESW は、R&S®ESU とは異なりオンボード CPU を使っています)。CISPR バンド内における周波数スキャンに要する時間はほんの数ミリ秒で、CISPR ディテクタ (QP と CISPR アベレージ) を並列動作させることで伝導妨害をリアルタイムで測定することができます。時間のずれを生ずることなく 30 MHz までの帯域幅を有するスペクトル信号成分を測定できます。帯域幅分解能の 1/4 という実質ステップサイズと 90% を超える FFT ウィンドウ・オーバーラッピングを使って、R&S®ESW は CISPR 16-1-1 が要求する精度より遙かに高いレベル測定精度を実現します。\*

\* 白書には、「EMI テスト・レシーバにおける時間ドメイン・スキャンとステップ周波数スキャンの比較」という形で 2 つのモードの比較を載せています。この比較は [www.rohde-schwarz.com](http://www.rohde-schwarz.com) で 1EE24 という検索用語を使って見ることができます。

## 製品の特長

- FPGA ベースの信号処理によって極めて速い時間ドメイン・スキャンを実現します。
- 最も広いダイナミックレンジが得られます (+15 dBm の 1 dB 圧縮点)。
- 幅広い構成が可能なプリセクション・フィルタ (ISM バンド抑制用のノッチ・フィルタとオプションのハイパス・フィルタを含む) を備えています。
- 伝統的なヘテロダイン解析 (標準) とリアルタイム・スペクトラム解析 (オプション) を行えます。
- 自動車および A&D のアプリケーションに対して 2 Hz からスタートする非常に感度の高い測定を行えます。
- MultiView 機能を備えた大型タッチスクリーンは複数の動作モードを表示し、すべての関連情報を一目で確認することができます。

操作すること (すなわち、測定すること) が可能なテスト装置を短い時間の中でテストする場合、スピードが重要な要素となります。それは、これらの装置の挙動が変化する (妨害の変動またはドリフトが起こる)、長時間の動作が有害となる可能性がある、あるいは動作サイクルが高いスピードを要求する (自動車のパワー・ウィンドウ・レギュレータの場合のように) といった理由によります。非常に速い時間ドメイン・スキャンは結果を短時間で獲得でき、そのようなシナリオの処理を容易にします。

## 短時間で結果を獲得するためのスキャン・テーブル

レシーバ・モードでは、妨害の測定は、スキャン・テーブル内の設定値によって制御されます。テーブル内にはスキャン・パラメータがあり、独立して規定されたサブレンジを 10 個まで使用して各々のタスクや DUT に対してこれらのパラメータを個別に構成することができます。内部結合によってステップサイズが帯域幅分解能の 1/4 に設定された時間ドメイン・ストア機能にも同じスキャン・テーブルを使用します。このモードでは、レシーバは 2 つの CISPR ディテクタを使って 2 秒後 (この時間には 1 秒間の整定時間が含まれる) に CISPR バンド B 全体に関する規格測定の結果を提供します。これは、基準に適合した完全な測定が単相電源 DUT では 4 秒間三相電源 DUT では 8 秒間の合計時間で行え、計測器に起因する遅れが実質的にゼロであることを意味します (図 1 および図 2)。

バンド	周波数	帯域幅分解能	測定時間	CISPR ディテクタ	合計測定時間
CISPR バンド B	150 kHz ~ 30 MHz	9 kHz	100 ミリ秒	ピーク	110 ミリ秒
CISPR バンド B	150 kHz ~ 30 MHz	9 kHz	1 秒	QP と CISPR アベレージ	2 秒
CISPR バンド C/D	30 MHz ~ 1000 MHz	120 kHz	10 ミリ秒	ピーク	620 ミリ秒
CISPR バンド C/D	30 MHz ~ 1000 MHz	9 kHz	10 ミリ秒	ピーク	840 ミリ秒
CISPR バンド C/D	30 MHz ~ 1000 MHz	120 kHz	1 秒	QP	80 秒
CISPR バンド C/D	30 MHz ~ 1000 MHz	9 kHz	1 秒	QP と CISPR アベレージ	67 秒

図 1 : 各種 CISPR バンドの標準設定値に要する測定時間

R&S®ESW は数秒以内で妨害シナリオの概要を得ることができるので、繰り返し測定を実施することで、開発フェーズ中に時間とともに変化する妨害信号または発生周期の低い間欠妨害信号を検出することができます。時間とともに変化する妨害を獲得しやすくするために、観測期間を延ばすことができます。要する測定時間が短いことで、獲得の難しい信号でも信頼性の高い結果を得ることができます。

### 最大限の対オーバーロード保護を実現します

未知の妨害の EMI 測定では、広帯域妨害または高キャリア信号レベルによって起こるオーバーロードを防止するために実現可能な最高の RF ダイナミックレンジが必要となります。一般的に EMI テスト・レシーバ——もちろん、R&S®ESW を含む——に標準機器として組み込まれているプリセレクション・フィルタ（帯域フィルタ）は、RF スペクトラムの決まった範囲だけをミ

キサへ到達するのを許可することでオーバーロードを防止します。CISPR/EN 規格は、150 kHz から始まる伝導妨害をカバーします。測定は 150kHz 未満では行われません。なぜなら、150kHz 未満の範囲は交流電源妨害で一杯になっているためです（規格の明確な要求がないにもかかわらず測定が行われる軍事と自動車の分野は例外となります）。しかしながら、150kHz 未満のレベルはテスト装置を十分にオーバーロードさせ、測定を実施不能とさせてしまいます。したがって、CISPR は、150kHz 未満の周波数を 60dB まで抑えてテスト装置をオーバーロードさせることなく 150 kHz ~ 30 MHz での測定を可能にする急峻なエッジの 150 kHz ハイパス・フィルタを推奨しています。R&S®ESW は、21 基の「通常型の」プリセレクション・フィルタを用いた耐インパルス入力のほかに、規格の推奨する 150 kHz ハイパス・フィルタと、たとえばスイッチング電源から発生する妨害信号が、妨害信号に弱いフロントエンドに到達するのを防止する 2 MHz ハイパス・フィルタを備えています（図 3）。

図 2 : R&S®ESW の最大 10 個のサブレンジを使って構成可能なスキャン・テーブル

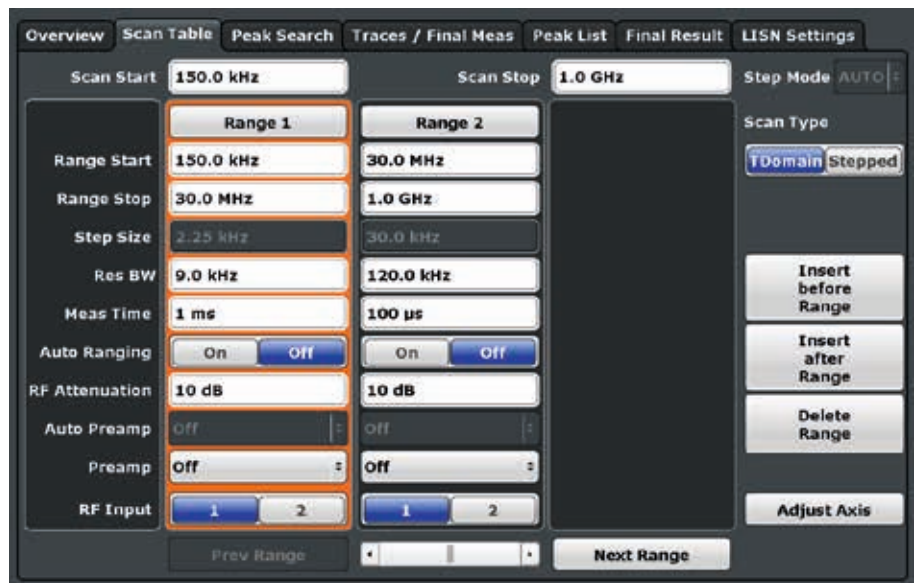
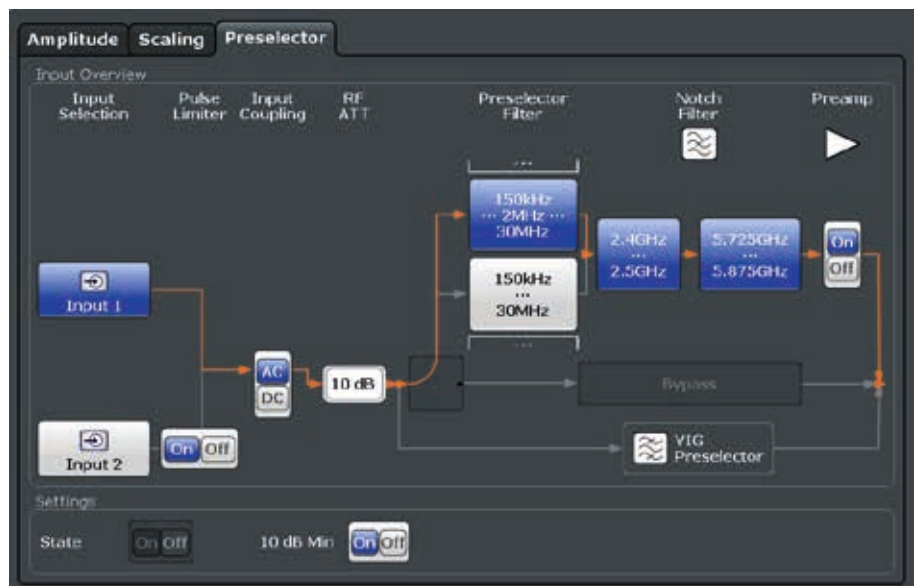


図 3 : 構成可能なプリセレクション・フィルタがオーバーロードを防止し、特殊フィルタが非常に繊細な測定の実施を可能にします。



高レベルのキャリア信号も上位周波数範囲の中に存在します。たとえば、WLAN ネットワークや Bluetooth® 装置が動作するライセンス用の ISM バンドでは、そのような信号は、最大 6 GHz (IT で使われる DUT には CISPR22/32 が適用される) の一般的な測定タスクに対してダイナミックレンジを大幅に制限してしまいます。R&S®ESW はハイエンドのノッチ・フィルタを備え、これ

ら 2.4 GHz と 5.8 GHz のバンドを抑圧することで、残りの周波数範囲を適切かつ高い感度で測定することを可能にします (図 4)。

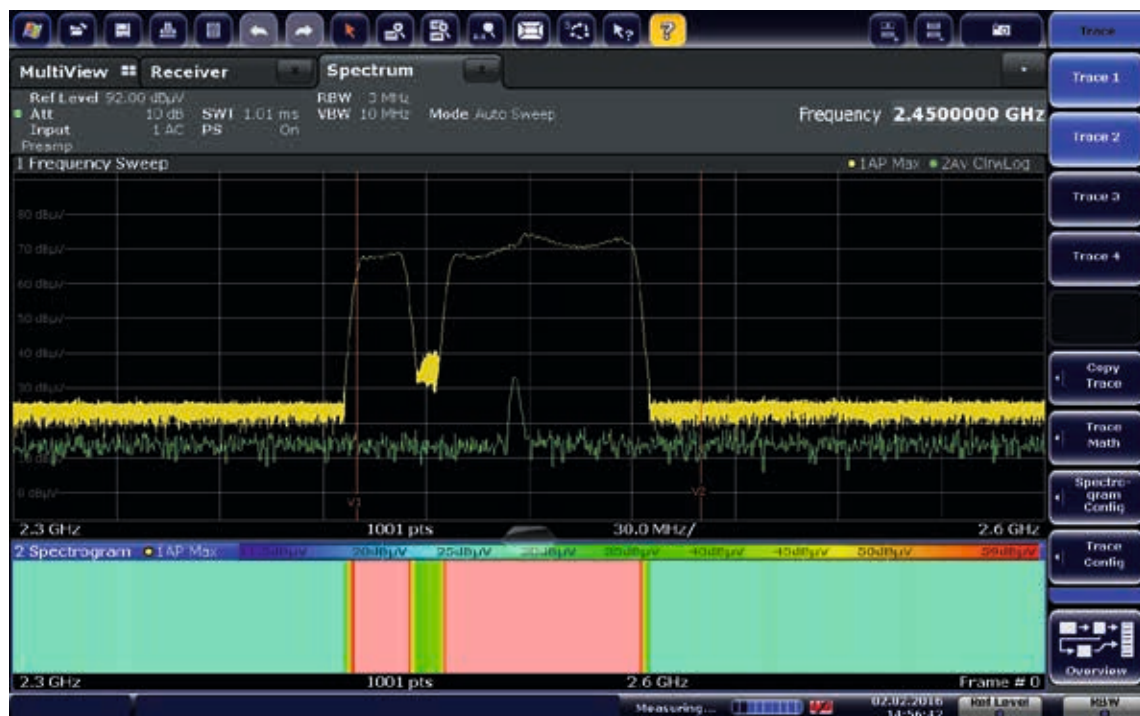


図 4: 2.4 GHz ISM バンド周辺のスペクトラム

上: ノッチ・フィルタを機能させないと、強い WLAN 信号がミキサへ到達します。



下: ノッチ・フィルタを機能させると、スペクトル ISM バンド成分が IF ステージから離れた状態を維持します。

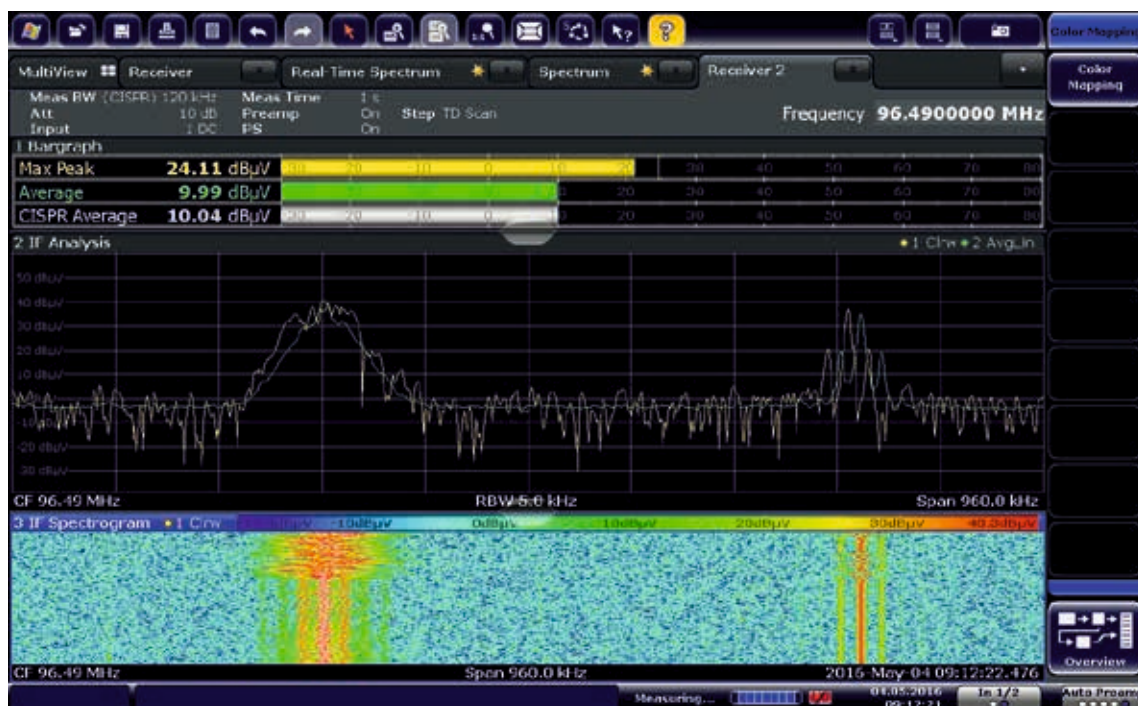


図 5: マーカ経由でプレビュー・ダイアグラムと結合させた IF スペクトラム表示およびスペクトログラム表示

### スペクトログラムを使った IF 解析

R&S®ESW の IF 解析機能は、EMI 受信周波数の周辺で選択した範囲の中にある RF 入力信号のスペクトラムを表示します。IF スペクトラム表示は、現在の受信周波数の棒グラフと結合させることができます。あるいは、IF スペクトラムと保存されているプレビュー測定の結果を一緒に表示することができます。プレビュー・ダイアグラムの中にあるマーカを使って、IF スペクトラムの中心周波数を制御できます（マーカ追跡機能）。IF スペクトラムの中心周波数は常に現在の受信周波数に対応します。そのため、テスト・レシーバを対象の信号へ短時間で正確に同調させることができます。受信したすべての信号を短時間で妨害信号か希望信号かに分類することができます。AM 音声復調または FM 音声復調を平行して機能させることができ、検出した信号の識別（たとえば、オープンエリア測定における周囲妨害因子を確認して取り除くために）を容易にします。IF スペクトログラムを IF スペクトラムと平行して生成することができ、時間とともに変化する、突発的あるいは変動している妨害波を容易に捕捉できます（図 5）。

### スペクトラム・アナライザを内蔵しています

R&S®ESW は EMI テスト・レシーバであるばかりでなく、無数の測定タスク（開発時における EMI 解析を含む）を実施するためにラボが必要とするすべての機能を備えたスペクトラム・アナライザでもあります。プリセクション・フィルタを機能させることで、R&S®ESW は基準に適合した EMI 測定さえもスペクトラム・アナライザ・モードで実施でき、優先順位やアプリケーションに応じてユーザが利用できる旧型のテスト・レシーバや時間ドメイン・アナライザを超えた第三のオプションを提供します。

EMI 信号の周波数にはマーカが置かれて、目ざす解析を実施することができます。マーカと CISPR 重み付けディテクタとを組み合わせて、限界値との直接的な比較を行うことができます。スペクトラムを対数表示の周波数軸上に表すこともできるので、広い周波数範囲に渡っての解析を容易に行えるとともに、関連の基準に従ってリミット・ラインを表示することが可能です。臨界周波数はピーク・リストに表示され、基準に適合した EMI 信号とリミット・ラインとを短時間で比較するのに使われます。スペクトラム・アナライザ・モードでは、R&S®ESW は最大ポイント数が 200001 の分解能で測定を行います。ユーザ定義のステップサイズを使った従来のテスト・レシーバ・モードでは、この計測器は 1 トレース当たり最大 400 万個のポイントを捕捉して保存します。

### 80 MHz までの帯域幅を使ったリアルタイム・スペクトラム解析

R&S®ESW (R&S®ESW-K55 オプション) のリアルタイム・スペクトラム解析機能によって、スイッチング操作などによって生じる突発的あるいは過渡的な妨害波を短時間で容易に検出することができます。これらの信号は、従来の方法では検出が難しく時間の浪費を伴うものでした。80 MHz までの帯域幅を有するリアルタイム解析ウィンドウは時間遅れを生ずることなくスペクトル・イベントを表示し、イベントを捕捉し損なうようなことがありません。これは、妨害波の時間挙動を速やかに可視化する専用の表示モードによって実現されます。

## スペクトル・ヒストグラムはパルス妨害および連続妨害を明確に識別します

R&S®ESW は、時間ドメインの妨害信号をすべての動作モード（ステップ周波数スキャン、時間ドメイン・スキャン、IF 解析、掃引/リアルタイム・モード）で解析できるスペクトログラム機能（時間の経過に伴うスプラジックの推移を表示する）を備えています。各スペクトラムは、違う色がつけられたレベルの

異なる水平線として表示されます。個々のスペクトル・ラインは連続的につながっています。記録は、最大 10000 ライン/秒の速度で連続的に行われます。持続モードでは、R&S®ESW はスペクトラムを 1 つの線図に描きます。各ピクセルの色は、特定の振幅が特定の周波数でどのくらいの頻度で発生するかを示します。たとえば、頻繁に発生する信号は赤で、散発的な信号は青で表示されます。特定の振幅の信号が特定の周波数で発生

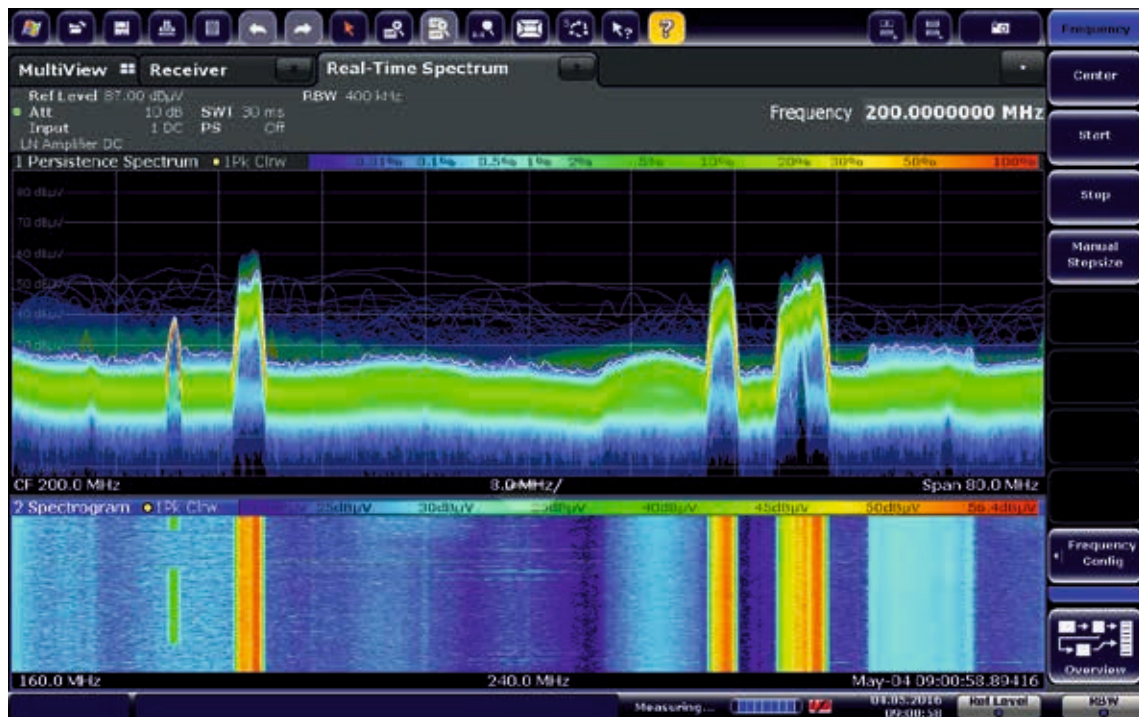


図 6：必要とする信号と妨害信号を表示したリアルタイム・スペクトラム（持続モードで表示したもの）

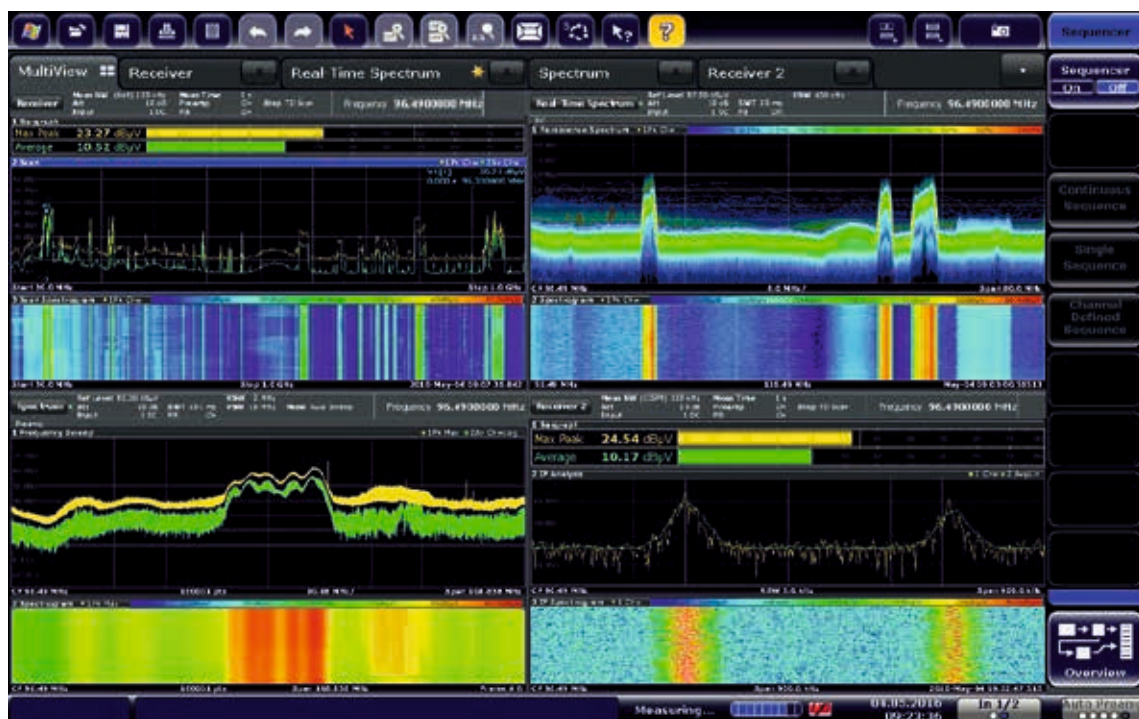


図 7：大型スクリーン：MultiView 表示モードは、複数の動作モードを 1 つのスクリーンに表示することができます。

しなくなった場合には、ユーザ定義が可能な持続期間が経過した後に対応のピクセルは消えます。これによってユーザは、パルス妨害（極めて短い時間でしか現れない）と連続妨害とを明確に区別することが可能となります（図 6）。異なるパルス妨害のお互いを容易に区別することができます。

### MultiView：複数の動作モードを表示します

MultiView 機能（図 7）は各種動作モードの測定結果を 12.1 インチ・スクリーンに表示して、それら（例：掃引モードにおける周波数スペクトラムとスペクトログラム表示を含む IF 解析機能を使った単一周波数測定値）を非常に容易に比較することを可能にします。たとえば、一度に 4 つの異なる単一周波数測定値を表示することができます。

### 2 Hz からスタートする非常に高い感度を実現します

エレクトロモビリティの出現により、自動車の分野で新しい EMI テスト要件が生まれました。特に、車両～充電ステーション間の接続には高電流とフィルタされていない長いケーブル・リンクが存在し、メーカと供給者に対して 5 Hz という低い周波数からスタートする EMI 測定を実施することを要求するシナリオが生じました。指定の低周波数限界が 2 Hz の R&S®ESW はこれらのアプリケーションに理想的な機種です（図 8）。ベースバンド変換のおかげで、30 MHz までの信号が計測器の入力部で得られ、この周波数範囲におけるローカル・オシレータの影響を完全に排除しています。これは、たとえば 10 Hz 未満で -110 dBm（代表値）、10～100 Hz で -120 dBm（代表値）という高い感度を生み、このテスト・レシーバが最も厳しい要件さえも満たすことが可能であることを意味します。

### 文書化が容易になりました

要求があったときに証拠を提出できるよう、認定測定の文書化は慎重かつ十分に行わなければなりません。R&S®ESW のレポート・ジェネレータはこのタスクを容易なものに変えてしまいます。測定を追跡するために必要なすべての情報——測定タスクの説明、適用される基準、使用した試験手順、固有のユーザ定義の実施手順、適用されたトランスデューサとリミット・ライン、プレビュー測定の結果グラフ、各種の DUT 負荷状態、表形式で表された最終測定結果、最終測定のグラフを含む——を報告書へ入れることができます。個々の解釈とコメントを入れるための十分なスペースが用意されています。報告書はテンプレートの形で保存でき、再使用が可能です。顧客のそれぞれのロゴの付いたテンプレートなど、異なるテンプレートを定義することができます。

### サマリ

市場および技術のリーダーとして、ローデ・シュワルツは EMI テスト・レシーバの開発に長く実績のある経験を有しています。現在の最上位モデルである R&S®ESIB と R&S®ESU は長く使用され、基準となる計測器として世界で認められています。新しいフラッグシップ・モデルである R&S®ESW は測定スピードばかりでなく高いダイナミックレンジ、低い内部ノイズ、非常に高い精度も有し、前機種を上回る性能を発揮します。従来のステップ周波数スキャン、FFT ベースの時間ドメイン・スキャン、IF 解析、周波数掃引、およびリアルタイム・スペクトラム解析（これらは、すべてスペクトログラム表示と組み合わせることができる）を含む各種動作モードが複雑な測定タスクを実施するユーザをサポートします。最後に、フレキシブルな構成が可能な大型タッチスクリーンと便利な報告書構成作成機能も備えています。

Volker Janssen

図 8: エレクトロモビリティは自動車産業に要求されるテストシナリオを広げ、5 Hz という低周波数からスタートする EMI 測定が追加されています。



# R&S®ESMD モニタリング・レシーバが システム・イン・ボックスで登場



図 1 : R&S®ESMD サーチ／モニタリング・レシーバは、難しい信号環境でのモニタリング・タスクに最適です。すべての情報は、本体のディスプレイか、LAN 経由で接続した外付けの PC に表示されます。



# R&S®ESMD 広帯域モニタリング・レシーバに、信号の記録、解析、および文書化を支援する新たな機能が追加されました。新しいオプションが、このレシーバを汎用性の高いシステム・イン・ボックスにアップグレードします。

R&S®ESMD 広帯域モニタリング・レシーバ (図 1) は、短時間信号を検出するための信頼性に優れた高速サーチ・レシーバとして、あるいはその後の信号解析や復調用に広帯域信号から高品質の IQ データを提供するハンドオフ・レシーバとして、世界中の数多くの無線モニタリング・システムに使われています。新しいオプションはその応用範囲を拡大して、従来型のモニタリング・システムでは行うことのできなかったタスクへの対応を可能にし、実質的に自立型の小型システムを実現します。たとえば、実際の信号シナリオを記録し、後で詳細なオフライン解析を行うことが可能です。記録した信号は、レーダーや通信システムをテストするために使用できます。

## 時間ドメインで信号を表示

ローデ・シュワルツのすべての無線モニタリング・レシーバは、同じ原理に基づいて信号を処理します。受信された信号は、2 つの異なるパス、つまりスペクトラム・パスと復調パスで同時にリアルタイム処理されます。復調パスは、アナログ信号のレベルを正確に測定し、復調するために使われます。スペクトラム・パスでは、リアルタイム・スペクトルを表示するための高速フーリエ変換 (FFT) が行われます。これらのスペクトラムでは、異なる周波数の放射を容易に区別することができます。また、追加で表示されるウォーターフォール図は、時間の経過に伴う信号挙動のモニタリングを容易にします。

特にパルス信号や TDMA 信号の場合、信号がオーバーラップしているかどうか、あるいはチャンネル内の送信システムが外乱を受けているかどうかを判断するには、周波数ドメインの信号に着目するだけでは不十分です。新しい **R&S®ESMD-ZS ゼロ・スパン・オプション** は、リアルタイム・スペクトラムと同時に時間ドメインで信

号を表示することによって、この種の判断材料を提供します (図 2)。計算は復調パスで行われます。時間ドメインで表示すべきリアルタイム・スペクトラムの部分は、ユーザが選択できます。また、並列信号処理チャンネルのおかげで、復調パ

スの中心周波数を、80 MHz のリアルタイム帯域幅内のどこにでも置くことができます。復調帯域幅は、時間ドメイン表示のための帯域幅を最大 20 MHz まで調整するために使用できます。



図 2 : GSM 信号の時間ドメイン表示。GSM チャンネルは、リアルタイム・スペクトラム (上段) から選択されます。時間ドメイン表示には、タイムスロット内における振幅 (中段左) と現在の変調帯域幅 (中段右) が表示され、さらに下段のウォーターフォール図にその履歴値が表示されます。

## R&S®ESMD : 広帯域の高感度アンテナで最良の受信状態が得られるよう最適化

R&S®ESMD は、当初から、高感度広帯域アンテナを使用して 8 kHz ~ 26.5 GHz の周波数範囲で最大限の受信特性を実現するという目的の下に開発されました。全体的な信号処理機能は、基地局や放送用送信機などから送信される強力な信号の中で低レベル信号が失われることのないよう、大信号に対する耐性と感度の間の妥協が図れるように最適化されています。

R&S®ESMD は、最大 80 MHz の帯域幅までリアルタイムで信号を処理するので、ナノ秒範囲の放射でも検出可能です。1 秒あたり最大 800 万スペクトラムの捕捉レートにより、あらゆるイベントを残らず検出します。これが、R&S®ESMD が人気を博している理由のひとつです。数々の新しい機能は、信号の記録、解析、および文書化をさらに容易にします。

時間ドメインでは、変調帯域幅（設定チャンネル帯域幅の % 値）を時間軸で表示するか、あるいは振幅を表示するかをユーザが選択できます。振幅表示はオシロスコープの機能と同じです。復調帯域幅内の立上りエッジまたは立下りエッジに反応するレベル・トリガが、表示を安定させます。このビューでは個々のチャンネルに関する詳細な解析が可能なので、特に TDMA 信号の干渉について、時間ドメインで詳しく解析することができます。この機能を使用すれば、時間に関する特別な特性を持つすべての信号、たとえばレーダー信号やパルス信号を詳細に測定することができます。追加のソフトウェアは必要ありません。

### すべてのデータ・ストリームを記録

R&S®ESMD は、そのリアルタイム信号処理能力により、受信信号から得た情報をデータ・ストリーム（トレース）の形でシームレスに出力することができます。このトレース（広帯域 I/Q データを除く）には、たとえば、リアルタイム・スペクトラム、高速パノラマ・スキャンによるスペクトラム、レベル測定値、GPS 情報、DF の結果、および復調されたオーディオ信号が含まれます。情報は、R&S®ESMD のディスプレイか、LAN 経由で接続された外付けの PC に表示されます（図 3）。

R&S®ESMD のユーザ・インタフェースを介して制御される新しい R&S®ESMD-IR オプションを使用すれば、このデータを 4 ギガバイトの内部メモリに保存して、そこから再生することができます。たとえば、ドライブ・テスト時には、リアルタイム・スペクトラム、GPS 情報（内蔵の R&S®ESMD-IGT GPS モジュールから）、および方位（R&S®ESMD が方向探知機として構成されている場合）が連続的に記録されます。内蔵のマップ表示機能（R&S®ESMD-MAP）は、ドライブ・テスト中、または記録再生時にルートを表示します（図 4）。長時間の記録では、時間軸を使用するか移動プロファイルを経由することによってナビゲーションを行います。このジオリファレンス・データは文書化を容易にし、カバレッジ測定を行う場合や、大きな不具合の原因を特定する場合の助けとなります。

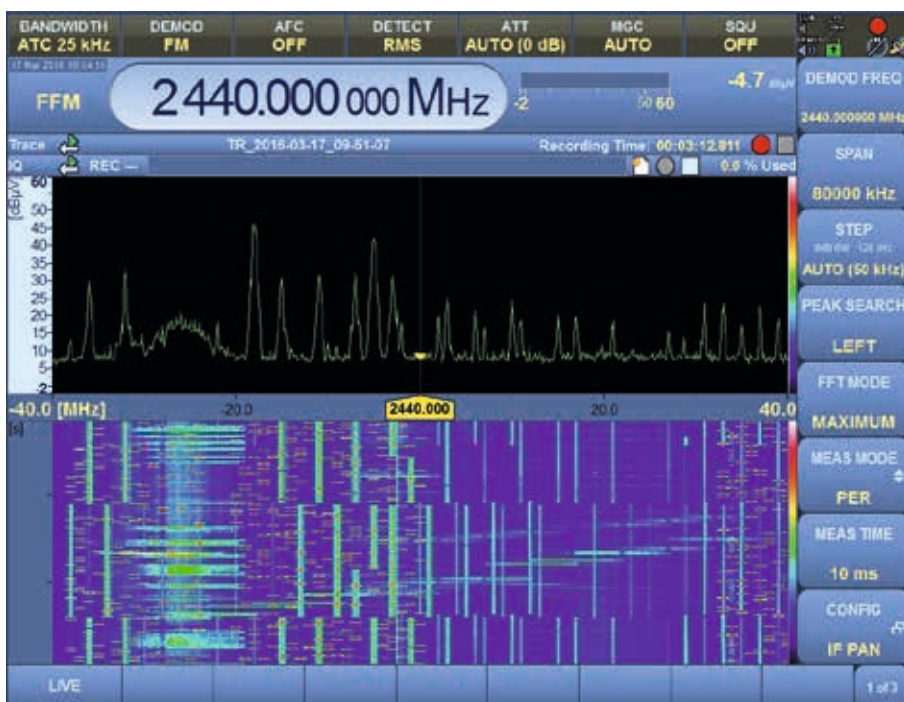


図 3：多くの Bluetooth® 信号と WLAN 信号を含む 2.4 GHz ISM バンドからのデータ・ストリームを固定周波数モードで記録

図 4：ドライブ・テスト記録の再生。マップ上でのルートおよび DF 結果の表示と、時間軸で記録されたリアルタイム・スペクトラムのウォーターフォール図



## 拡張広帯域ストリーミング・オプション

定評ある R&S®ESMD-RR オプションを使用することで、R&S®ESMD は、その 4 ギガバイト RAM に I/Q データを記録して、その後の処理のために再生したり、エクスポートしたりすることができます\*。このオプションに付属するリアルタイム・イベント・キャプチャ (REC) トリガは、調整可能な基準に従って記録を開始/停止して、記録をトリガする信号だけがメモリに記録されるようにするので、より効率的にメモリを使用することができます (図 5)。

記録された I/Q データを再生する際、R&S®ESMD は、あたかもライブ・モードであるかのように動作します。また、レベル測定、復調、中心周波数と帯域幅の設定など、すべての機能を使用することができます。ライブ・モードと異なり、R&S®ESMD は、すべての信号を精密に評価して詳細に測定できるように、数ナノ秒の時間分解能を実現します (図 6)。

R&S®ESMD は、内部生成したこの I/Q データを、80 MHz のフル帯域幅まで、外部の受信機器にリアルタイムでストリーム送信することができます。標準的な 1 ギガビットの LAN インタフェースではこのような量のデータをストリーム送信できないので、このアプリケーションには、新しい R&S®ESMD-DIQ オプションを使用することを推奨します。このオプションは、より高い伝送速度を持つ外部デバイス用インタフェースのために、転送と変換を加速するフィールド・プログラマブル・ゲート・アレイ (FPGA) ボードをレシーバに追加します。

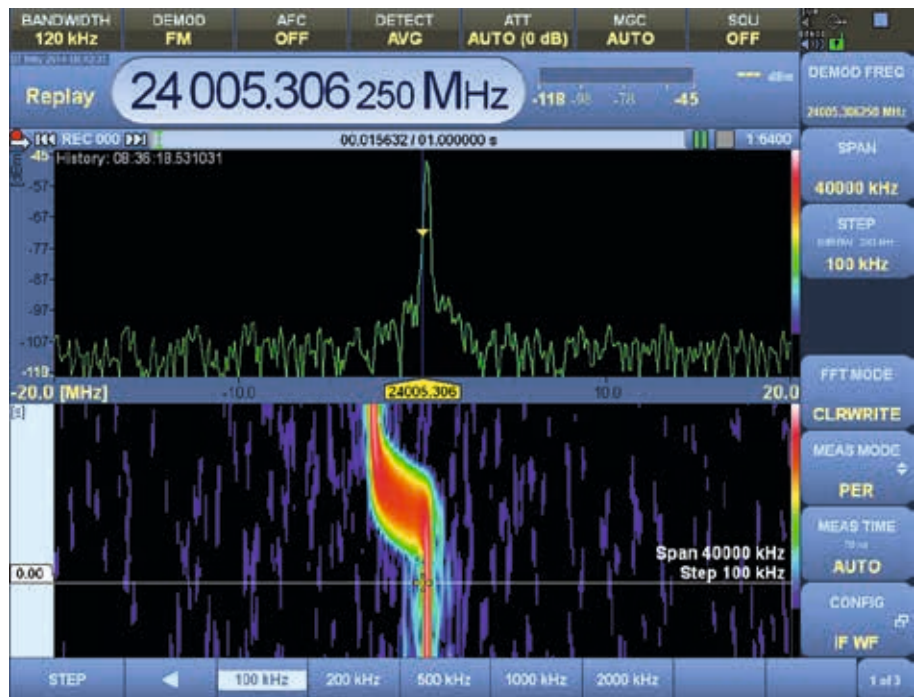
R&S®ESMD では、10 ギガビット Ethernet インタフェース (R&S®RX-G10 オプション) またはローデ・シュワルツの I/Q インタフェース (FPGA ボードに含まれる) を介して、データをストリーム送信できるようになりました。どちらのインタフェースも、最大 80 MHz の帯域幅をサポートしています。

\* このオプションについては、NEWS (2014) No. 211 の 63 ~ 65 ページに詳細な説明があります。



図 5 : LTE バンドの REC トリガの定義 (上段の青いエリア)。レシーバは、リアルタイム・スペクトラム (緑) と同時に、トリガ・マスクにかかるスペクトラム (黄) を表示します。

図 6 : FSK レーダーの記録された I/Q データの再生。周波数の変化が、ラインあたり約 70 ナノ秒の時間分解能でウォーターフォール図に示されています。



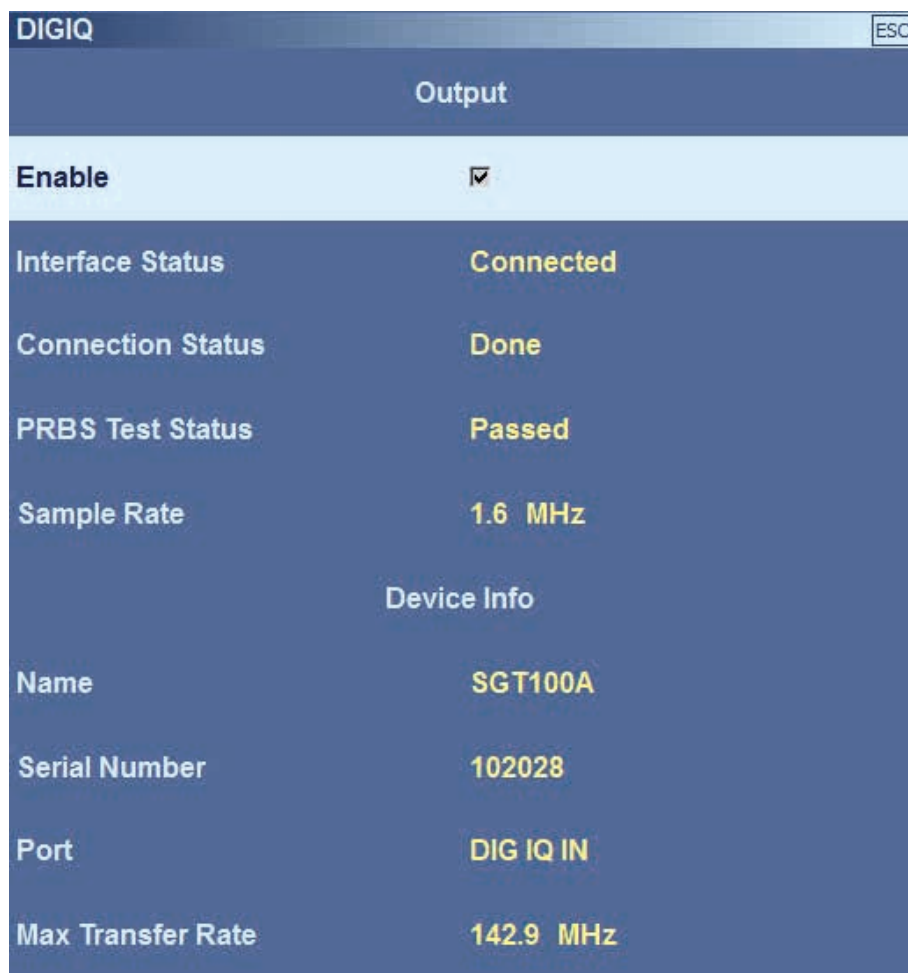


図 7 : R&S®SGT100A ベクトル信号発生器を R&S®ESMD に接続した場合のローデ・シュワルツ I/Q データ・インタフェースの設定ダイアログ。これら 2 つのデバイスは自動的に最大データ・レートを調整します。

R&S®SMW200A や R&S®SGT100A などのベクトル信号発生器またはレコーダは、I/Q インタフェースに接続します (図 7)。信号発生器を接続すると、外部 IF 出力として動作します。この出力には、アナログ IF データ用の IF 記録機器やシグナル解析システムを接続することができます。

この 10 ギガビット Ethernet インタフェースは、ユーザのシステムに R&S®ESMD を組み込むことを可能にします。ローデ・シュワルツは、R&S®GX465 広帯域レコーダなど、用途に適した記録

用デバイスを提供しています。このインタフェースを特別なものに行っているのは双方向性です。この特性が、R&S®ESMD がフル帯域幅までの広帯域 I/Q データを、リアルタイムでストリーム送信したり受信したりすることを可能にしています。これは、上に述べた R&S®ESMD-RR オプションを使用する時に有利です。R&S®ESMD-RR は、このインタフェースを介して、外部メモリとの間でデータの出力や読み取りを行うことができます。記録容量は、数秒間から数時間へと大幅に増加しています。

### R&S®ESMD - 汎用性の高い無線モニタリング・ソリューション

新しい機能は、R&S®ESMD を万能無線モニタリング・ツールに変えます。さまざまなデータの迅速な記録と再生の機能、および時間ドメインと周波数ドメイン両方での詳細なデータ解析機能が、この装置をさまざまなタスクに対応できる本格的なシステム・イン・ボックスにしています。R&S®ESMD は、固定して使用するかモバイルで使用するかを問わず、アンテナを介して測定を行うすべてのユーザにとって強力なツールです。

Benjamin Bulach

## ミュンヘンの連邦軍大学のセンターオブエクセレンス

ミュンヘンの連邦軍大学 (UniBwM) は 2016 年 2 月にセンターオブエクセレンスを設立しました。UniBwM は、国際的な名声を持つ 4 名の現在活動中の研究者——Prof. Dr. rer. nat. Ignaz Eisele、Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Günter W. Hein、Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. mult. Ulrich L. Rohde、および Prof. Dr. rer. nat. John G. Zabolitzky——を当センターの創設メンバーとしました。このセンターの目的は、学部の活動に現在はもう参加していない研究者が UniBwM の施設を使って研究を行うのを可能にすることにあります。研究者には、この目的のために管理と施設が提供されます。UniBwM と他の大学を名誉退職した教授に同センターでの研究の機会が与えられます。共同研究プロジェクトの内容は、最初の説明で紹介した通りです。革新的で、他分野にまたがり、大きな反響を呼んだ珍しいトピックを探し出すことを

目的として、大学で「好奇心を誘引する」ことを計画するのが当センターの考え方です。



4 名の創設メンバーのうち 3 名と学長：左から Prof. Eisele、Prof. Rohde、Prof. Niehuss (学長)、および Prof. Hein

## ローデ・シュワルツは 2 番目の技術センターを設立しました

2 番目の技術センターの上棟祭は、起工から 8 ヶ月後の 2016 年 1 月の末に行われました。200 名ほどのゲストがこの祝典に参加しました。ローデ・シュワルツは、9900 名ほどいる従業員の約 2600 名が働くミュンヘンの本社で進められている近代化計画の次のステップとしてこの建屋に 3500 万ユーロを投資しています。13,500 平方メートルの最新の研究開発建屋は、主として開発者のために作業スペースを提供することになっています。6 階建ての建屋は約 600 名の従業員を収容することができます。



技術センター II は 2016 年の末の完成と運用を予定しています。

## ベルリンでの Technology & Innovation Day の成功



2016 年 2 月のベルリン映画祭の期間中、ローデ・シュワルツはメディア産業の最新技術開発成果に特化した第三のイベントを開催しました。パートナーは、そのイベントのホストを務めるために没入型画像技術のイノベーションセンターのドアを開いた Heinrich Hertz

Institute でした。120 名のゲストがプレゼンテーションに参加し、制作と配給の最新の傾向を学ぶ機会を得ました。研究分野や産業界の多数のゲスト・スピーカーによって行われたプレゼンテーションでは、UHD/DHR などの高分解能基準に焦点が当てられていました。ローデ・シュワルツは、HDR の HD から 4K の放送に対応した完全な生の制作チェーン——フィルムそのものから送信まで——のデモンストレーションを行いました。画面変更速度に関し、観客はカメラ技術のトピックに関する仮想現実のプレゼンテーションを見る機会を得ました。

120 名を超える参加者が新しい高分解能基準を含むワークフローの詳細を知ることに関心を示しました。

## CERN 用の R&S® RTE オシロスコープ

入札の実施に続いて、ジュネーブにあるヨーロッパの有名な核研究組織である CERN は、CERN の研究グループのニーズに応じて最大 45 台の R&S® RTE オシロスコープを供給させるために ROSCHI Rohde & Schwarz AG を選びました。契約には、5 年間に渡るオシロスコープのサービスとサポートも含まれています。CERN は世界最大の素粒子物理学の研究センターで、ここでは素粒子を研究するための最も革新的な設備が使われています。CERN の実験作業を行うために、スタッフや 85 カ国から参加している 10,000 名を超える客員研究員は 500 種類の測定機器と装置を使用することができます。この中には高圧電源や低圧電源、測定機器、ジェネレータが含まれます。その卓越した性能と 100 ガウス (0.01 テスラ) の磁束密度で動作可能な能力のおかげで、R&S® RTE オシロスコープが選ばれました。

© CERN



建築家である Herve Dessimoz とエンジニアである Thomas Büchi によって設計されたジュネーブ州のメイランにある CERN の「科学と革新の球体」

## インドネシアでのコンプライアンス・テストに使われるブロードキャスト・テスタ

2016 年 1 月、インドネシアの通信情報技術省はその公式のテストラボの中に R&S® BTC ブロードキャスト・テスト・センターを設置しました。これによって、Balai Besar Pengujian Perangkat Telekomunikasi (BBPPT) は DVB-T2 レシーバの公式のコンプライアンス・テストを実施できるようになります。R&S® AVBrun テストソフトウェア、PSI/Sl.StreamSpark の早期警戒システム (EWS) テスト・スイート、ならびに管理システムも実施できるようになります。ローデ・シュワルツのカメラベースのソリューションがテスト・システムへ追加され、セットトップ・ボックスやデジタル・テレビ受信装置の全自動テストが可能となっています。このソリューションによって、ASEAN 諸国内でのデジタル・テレビの運用開始が可能となります。



インドネシア通信情報技術省の公式テストラボの使節がジャカルタのローデ・シュワルツの事務所を訪問しました。

## ケニアの無線ネットワークに使用する周波数管理システム



妨害の位置を見つける 4 台のオフロード車がケニアの SMMS を完璧なものにします。

2016 年 3 月、ケニア通信公社 (CA) はローデ・シュワルツの新しいスペクトラム管理監視システム (SMMS) の運用を開始しました。このシステムは周波数スペクトラムを全国規模で調整する目的に使われる予定で、妨害を受けることなく放送や無線通信などの無線サービスを受信することができます。この新しいソリューションの中心となるのが R&S® UMS300 ユニバーサル・モニタリング・システムです。全体的に見て、新しい SMMS はナイロビの中央制御ステーション、11 カ所の固定測定方向探知局、および移動して妨害の位置を特定する

4 台のオフロード車から構成されます。SMMS はスチルファンクショニングと ITU に適合した 1986 年来のローデ・シュワルツのソリューションを向上させるものです。

## 受賞

### ローデ・シュワルツのハンドヘルド装置は年間最優秀製品に選ばれました

Elektronik 誌と elektronik-net.de ポータルの読者は、年間最優秀製品の選定を行ってきました。昨年の受賞の後、ローデ・シュワルツは R&S®Spectrum Rider スペクトラム・アナライザでテストおよび測定のカテゴリにおいて最優秀賞を再び勝ち取りました。スペクトラム解析の製品マネージャーである Laura Sanchez がその賞を受け取りました。R&S®Spectrum Rider は携帯式のハンドヘルド測定機器で、特にその軽さと長時間のバッテリー寿命がユーザに高く評価されました。この機器は 2015 年の末に市場に投入されました。

Elektronik 誌は 18 年に渡って年間最優秀製品の選定を行ってきました。読者は、11 のカテゴリの中から合計で 111 種類の製品に票を投じることができます。Elektronik 誌は産業界で最も有名なドイツ語の業界メディアの 1 つで、31,000 部を超える印刷物の発行部数を有しています。



R&S®Spectrum Rider は、テストおよび測定のカテゴリにおいて賞を獲得しました。Elektronik 誌の編集者である Matthias Heise (左の人物) が Laura Sanchez にお祝いの言葉を述べています。

### GTI アワード

Global TD-LTE Initiative (GTI) は Mobile World Congress 2016 において、TD-LTE の分野で際立った結果を出した企業を表彰する有名な GTI アワード 2015 をローデ・シュワルツに与えました。今年、ローデ・シュワルツのユーザ・エクスペリエンス・テスト・ソリューションは審査員達に強い印象を与えました。このソリューションは、主に R&S®CMW500 マルチスタンダード・テスト・プラットフォームと R&S®CMWrun シーケンサ・ソフトウェア (16 ページの記事を参照) から構成されています。これはローデ・シュワルツにとって連続 3 回目の賞でした。GTI は、バルセロナで開催される Mobile World Congress において、毎年、トロフィーを授与しています。



これで、すでに TD-LTE 規格に関するローデ・シュワルツの業績に対する 3 回目の GTI アワードとなりました。

### ローデ・シュワルツのオシロスコープが席捲

ドイツの業界誌である Funkschau は、R&S®RTE と R&S®RTO の両オシロスコープを 2015 年の年間最優秀製品コンテストの T&M 測定機器のカテゴリにおける最優秀製品として表彰しました。約 35,500 部の発行部数を有する隔週発行の業界誌は ITC 年間最優秀製品を決めています。読者の賞は、ドイツにおける ITC 分野に関する最大の B2B 調査の 1 つとなっています。16 のカテゴリに対して合計で 44,400 の票が投じられました。

市場へつい最近投入された R&S®Scope Rider ハンドヘルド・オシロスコープは、MessTec & Sensor Masters Award コンテストの受賞製品の 1 つとなりました。この賞は、業界誌である messtec drives Automation によって T&M およびセンサの技術において特に革新的な開発品に対して与えられるものとなっています。R&S®Scope Rider は、最新のラボ用オシロスコープの機能とユーザ・エクスペリエンスを備えた携帯式オシロスコープです。



Sylvia Reitz (製品マネージャー) と Mathias Leutiger (オシロスコープ製品管理部門の担当取締役) が 2015 年 11 月に賞を受け取りました。

### Eutelsat 賞 ローデ・シュワルツ・フランス

4K のテスト放送中、ローデ・シュワルツ・フランスは衛星の運用事業者である Eutelsat により 4K イノベーションパートナーとして賞を受けました。このローデ・シュワルツの子会社が提供した R&S®AVHE100 エンコード・マルチプレクス・ソリューションは、ジェノアでの女子テニストーナメントの放送に効果的に使われました。



# ドイツ製は優秀です

当社製品の開発はドイツ国内で行われています。当社製品は設計によって守られ、複雑な攻撃を積極的に防御します。ローデ・シュワルツのサイバーセキュリティ製品が提供し賞を受けた IT セキュリティソリューションは、世界中の会社や公的機関をスパイ活動およびサイバー攻撃から守ります。

コンパクトでオールインワン型の製品から重要なインフラストラクチャに対応したカスタム・ソリューションに至る製品を提供することで、ローデ・シュワルツは以下を実現します。

- 安全なネットワーク
- 外部電源が不要の通信
- エンドポイント・セキュリティおよび信頼性の高い管理
- ネットワーク解析

## Sirrix. gateprotect. ipoque.

我々はローデ・シュワルツ・サイバーセキュリティです。

