

# 小型・軽量・可搬型デジタル放送フィールドアナライザの開発

Handheld Digital Broadcast Field Analyzer

初鹿勝也 Katsuya Hatsushika, 前川直志 Naoyuki Maekawa, 三崎裕司 Yuji Misaki

[要 旨] 開発段階から実用段階へ移った日本のデジタル放送 (ISDB-T 方式) において、送信機・中継機の保守やフィールドでの電波監視等の要求が高くなり、開発用とは違ったコンセプトの測定器が求められたため ISDB-T 用の測定器 MS8911A を開発した。MS8911A は小型軽量で持ち運び可能、かつ内蔵バッテリーで 2 時間以上動作できる。また、高級機の MS8901A に迫る残留 MER42dB (代表値) 以上を実現した。さらに 3 つの操作モードを備えることで、熟練度に応じて測定が可能であり、誰でも直感的に操作ができる。

[Summary] Japan has passed through the digital broadcasting (ISDB-T system) development stage and is reaching the practical stage. Consequently, field monitoring of radio waves as well as transmitter and repeater maintenance are urgently needed, leading to high demand for new measurement tools based on different concepts than development tools. To answer this need, Anritsu developed the MS8911A for ISDB-T systems. It is a compact, portable unit running for more than 2 hours on the built-in battery. The residual MER of more than 42 dB (center value) is very similar to that of the high-end MS8901A. Any of three operation modes can be selected, depending on operator skill, so anybody can use this new tool with ease.

## 1 まえがき

日本の地上アナログテレビ放送は 2011 年 7 月に終了し、その後、地上デジタルテレビ放送へ完全移行することが予定されている。

地上デジタルテレビ放送には世界的に 3 つの方式があるが、日本は ISDB-T (Integrated Services Digital Broadcasting - Terrestrial) 方式を採用している。

この ISDB-T 方式には OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) とよばれるマルチキャリア伝送方式が採用され、5000 本以上のサブキャリアそれぞれが 64QAM (64 Quadrature Amplitude Modulation) や QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) 等で変調される伝送方式を特徴とする。

アンリツはデジタル放送開始に先駆けて、2000 年に ISDB-T 解析用測定器として MS8901A を商品化し、これまでに多くのメーカーや放送局に送信機・中継機などの開発用途やフィールド調査用途に採用いただいている。

2003 年 12 月にデジタル放送が正式に開始され、今後は開発段階から実用段階へ移っていく。実用段階では送信機・中継機の保守やフィールドでの電波監視等の要求が高く、開発用とは違ったコンセプトの測定器が求められる。今回、このような市場からの要求に対して、次の点に重点を置いた ISDB-T 用の測定器 MS8911A を開発した。

1. 持ち運び可能なこと (小型軽量, バッテリー動作)
2. 誰でも操作ができること (直感的な操作性)

MS8911A はスペクトラムアナライザに ISDB-T 解析機能を搭載した測定器である。測定機能を切り換えることで、汎用のスペクトラムアナライザとしても、ISDB-T 専用測定器としても使用できる。本稿では ISDB-T 解析機能に重点をおいて説明する。図 1 に外観を示す。

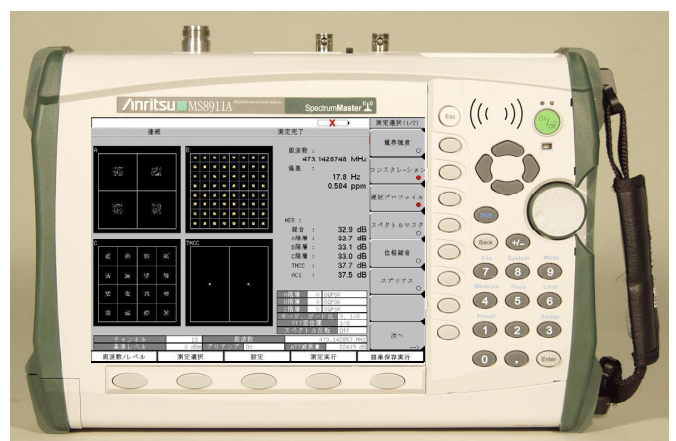


図 1 MS8911A 外観写真  
External view of MS8911A

## 2 ハードウェア

MS8911A のハードウェアはアンリツのハンドヘルドスペクトラムアナライザ MS2721A をプラットフォームとしている。

図 2 に内部ブロック図を示す。内部ブロックは 3 段スーパーヘテロダイン構成になっている。入力コネクタから入力した RF 信号は、可変減衰器を経て 1stMIX で IF 信号に変換される。MS8911A の周波数範囲は 100kHz~7.1GHz と非常に広帯域であるため、1stMIX はいくつかの周波数バンドに分割してある。また、RF 周波数の設定分解能は 1Hz であるが、1stLO 周波数の設定は 100Hz の桁までとして、100Hz 桁以下の周波数設定は DSP(Digital Signal Processor)部のデジタル処理に任せることで回路を簡略化してある。

2ndIF 周波数に隣接の妨害波を除去するための SAW (Surface Acoustic Wave) フィルタを装備している。日本のテレビ放送の帯域は 1 チャンネルあたり 6MHz だが、ヨーロッパ等では 8MHz の帯域を使っているため、SAW フィルタは 7MHz と 10MHz の切換を可能にしている。

3rdIF (37.8MHz) まで周波数を落とした後、A/D コンバータでデジタル化し、DSP で数値演算を行っている。A/D コンバータでは 14bit/50MHz でサンプリングを行っている。スペクトルアナライザ機能でも、RBW フィルタから以降をすべてデジタル処理で行っている。

これらのハードウェアを寸法:313mm×211mm×77mm の A4 サイズほどの可搬型の筐体内に収容し、内蔵バッテリーも含めて質量:3kg 以下を実現している。

## 3 測定機能

MS8911A の ISDB-T 解析では以下の項目の測定が可能である。

1. 信号レベル測定
2. 信号解析
3. CW 周波数・位相雑音
4. 占有周波数帯幅・スペクトルマスク
5. スプリアス測定

以下に各測定項目の詳細を述べる。

### 3.1 信号レベル測定

測定チャンネルの 5.6MHz 帯域電力を測定するものであり、デジタル信号処理により 100kHz 以下の高分解能で抽出できることが特長である。

CH 電力は 5.6MHz 帯域電力の測定結果である。終端電圧および開放電圧は、インピーダンス設定値に従い CH 電力を数値換算した値である。電界強度は、インピーダンスおよびアンテナの設定値に従い CH 電力を数値換算した値である。

また、バーグラフは瞬時終端電圧値を表しており、受信アンテナを放送波到来方向へ合わせるのに使用する。

図 3.1 にレベル測定画面を示す。

### 3.2 信号解析

変調方式が OFDM である ISDB-T 信号の物理的な特性を数値化する測定であり、蓄積処理により瞬時的な入力信号の持つ最良特性を抽出できることが特長である。

周波数および偏差は OFDM 変調波の中心周波数の測定結果である。変調状態で周波数測定を実現している。

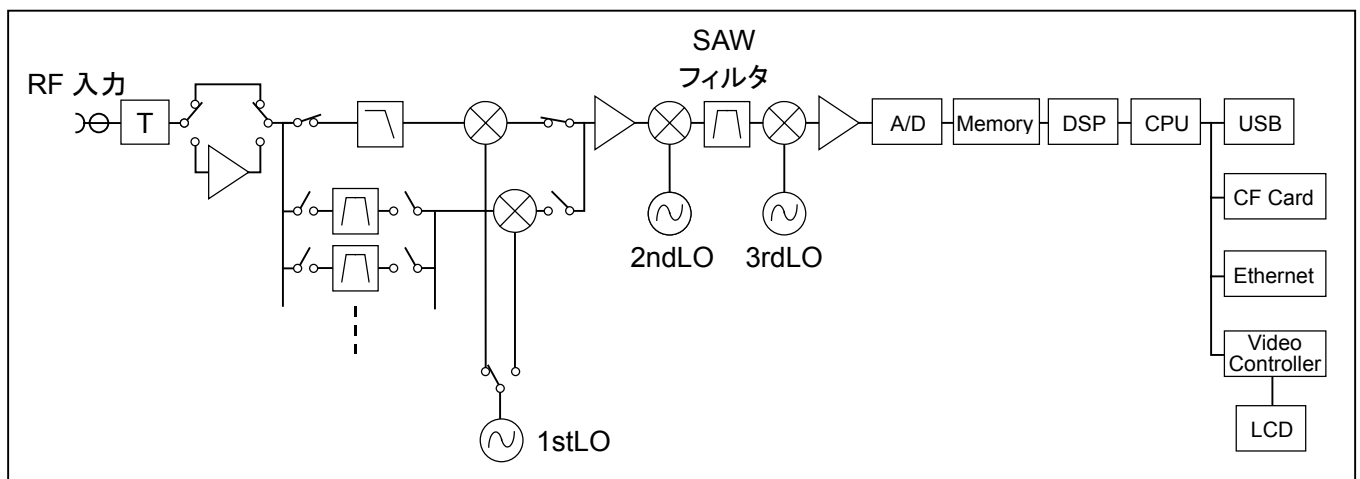


図 2 ブロック図  
Block diagram

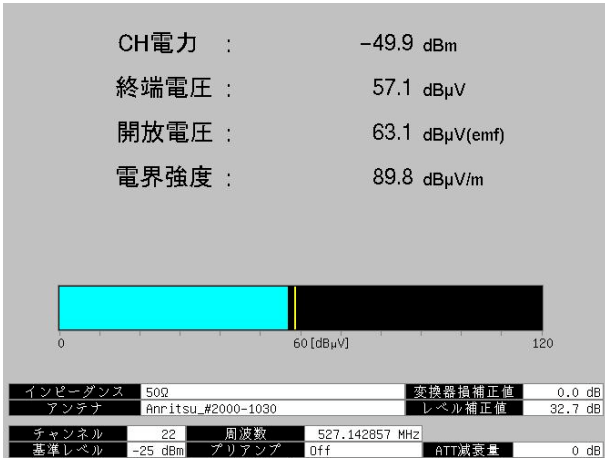


図 3.1 レベル測定  
Level measurement

MER (Modulation Error Ratio) は入力信号レベルとノイズレベルの比であり、ISDB-T 信号の全キャリア (総合)、および ISDB-T 信号を構成するサブキャリア種別ごとに算出する。BER (Bit Error Rate) から算出する等価 C/N (Carrier/Noise) に比べてインパルス性ノイズに対する反応が鈍いが、伝送路を含む各ポイントで復調器の性能に依存しない物理的特性を直接測定できる。

コンスタレーションはデジタル変調信号の一般的な解析方法の一つであり、信号品質の悪化を信号点のばらつきとして視覚的に観測できる。ISDB-T 信号を構成するサブキャリア種別ごとに算出するコンスタレーションと MER を同時に表示している。図 3.2 にコンスタレーションと MER の画面を示す。

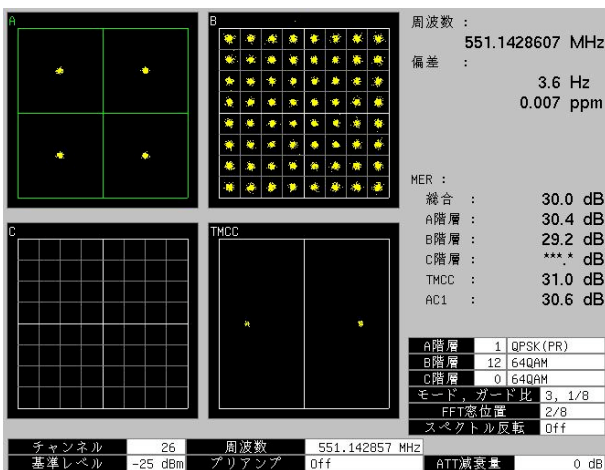


図 3.2 コンスタレーションと MER  
Constellation monitor and MER measurement

遅延プロファイルは入力信号が持つマルチパス成分を視覚化するものであり、ISDB-T 信号を構成するパイロット信号を用

いて算出する。マルチパス環境や SFN (Single Frequency Network) 環境における妨害波の存在および概要把握が可能である。

周波数特性は送信機を含む伝送路の周波数特性であり、ISDB-T 信号を構成するパイロット信号を用いて算出する。コンスタレーション、MER および遅延プロファイルとの併用は信号品質の悪化原因の究明に有用である。図 3.3 に遅延プロファイルと周波数特性の画面を示す。

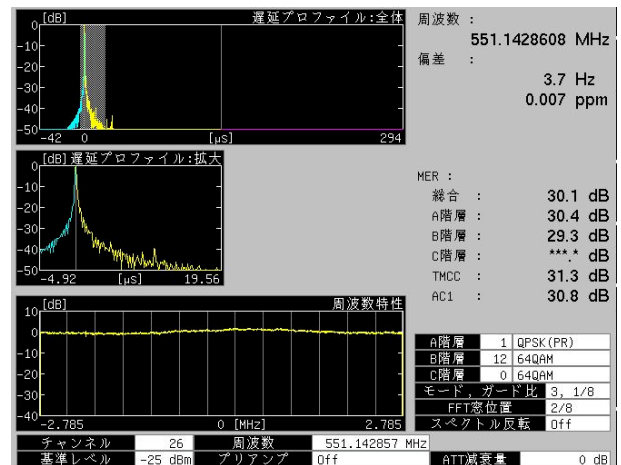


図 3.3 遅延プロファイルと周波数特性  
Delay profile and frequency response measurement

### 3.3 CW 周波数・位相雑音測定

CW (Continuous Wave) 信号の周波数と位相雑音を測定する機能である。主に送信機の局部発振器の信号測定に用いる。位相雑音測定では、蓄積処理により瞬時的な入力信号に対する最適な周波数同期を実現できることが特長である。

周波数および偏差は CW 信号の周波数測定結果であり、0.01Hz の高分解能測定が可能である。

位相雑音は、オフセット周波数 100Hz から 6MHz の範囲をグラフ表示している。位相雑音の数値表示は、JEITA (Japan Electronics and Information Technology Industries Association) 送信機ハンドブック<sup>1)</sup>で規定されているオフセット周波数での位相雑音であり、安定的に結果を出すために平滑化処理を加えている。また、積分値 (100Hz-6MHz) は位相雑音の全測定範囲の積分値であり、ひとつのサブキャリアに対して他のサブキャリアが与える影響を表す。ISDB-T では 5.6MHz の帯域内に 1kHz 間隔で多数のサブキャリアが並び、各サブキャリアの位相雑音が互いに影響を及ぼしあっているため、信号の位相雑音を管理することが重要である。図 3.4 に CW 周波数と位相雑音測定画面を示す。

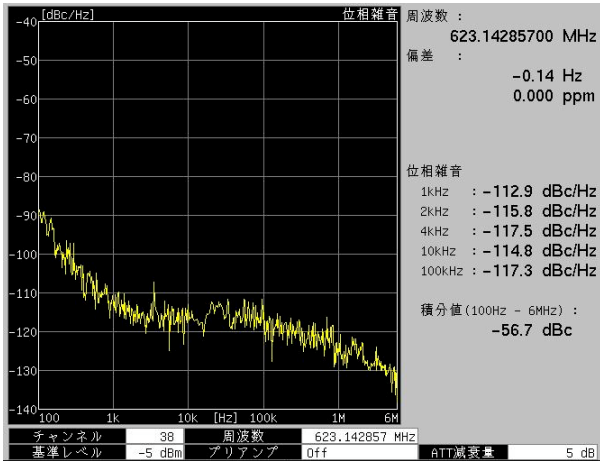


図 3.4 CW 周波数と位相雑音測定  
CW Frequency and phase noise measurement

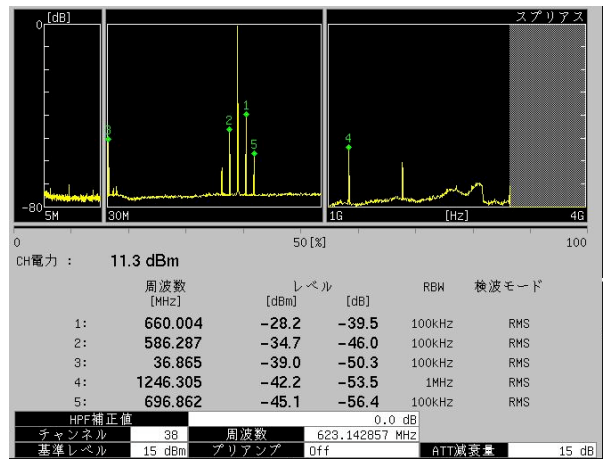


図 3.6 スプリアス測定  
Spurious signal measurement

### 3.4 占有周波数帯幅測定・スペクトルマスク

JEITA 送信機ハンドブック<sup>1)</sup>に準拠したスペアナ掃引を行い、自動判定と同時に占有周波数帯幅を算出する測定である。Pass/Fail 判定結果は自動判定結果である。

占有周波数帯幅は、スパン内全電力の 99%の電力を持つ周波数帯幅である。図 3.5 に占有周波数帯幅とスペクトルマスク測定の画面を示す。

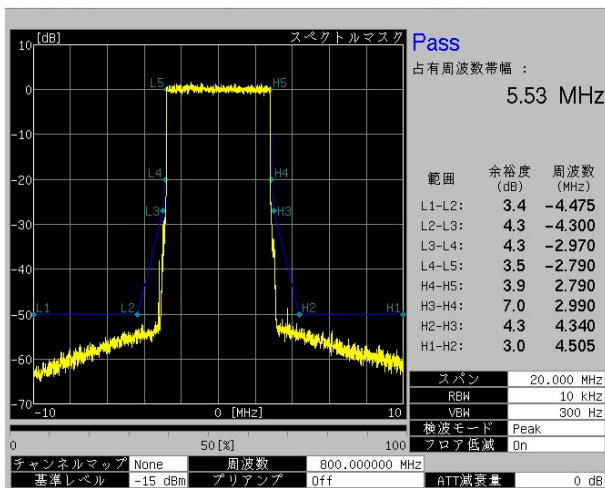


図 3.5 占有周波数帯幅とスペクトルマスク測定  
Occupied band width and spectrum mask measurement

### 3.5 スプリアス測定

JEITA 送信機ハンドブック<sup>1)</sup>に準拠したスペアナ掃引を行い、スプリアスや高調波を自動検出する測定である。自動設定および自動検出により最大 5 個のスプリアスを検出し、周波数、絶対レベル、相対レベルを表示する。図 3.6 にスプリアス測定画面を示す。

## 4 操作性

### 4.1 設計方針

今回の測定器開発においては、測定開始前に行う煩雑な機器設定を可能な限り自動化し、使いこなすことが難しい機器設定を極力排除し、測定者の主観に依存しない測定結果が得られる操作性の実現を目指した。

「機器設定」「測定実行」「結果保存」「報告書作成」という一連の作業を、熟練者ではなくても確実に実行できるような操作性の実現を目指した。

設定表示と測定結果表示を可能な限り 1 画面内におさめることで必要な情報が一目で確認できるデザインの実現を目指した。

### 4.2 設計の要点

#### ■ 操作モード

熟練度や測定用途がさまざまなユーザに応えるためにカスタム測定、かんたん測定、バッチ測定という 3 種類の操作モードを設けた。

カスタム測定とは、機器が備える設定をすべてユーザが任意に設定可能な操作モードである。ある程度熟練したユーザを想定したモードである。

かんたん測定とは、測定対象のチャンネル(周波数)設定を除くすべての機器設定を自動化した操作モードである。信号解析測定の場合、測定開始後は、まず基準レベルの自動設定を行い、その次に ISDB-T の信号解析に必要なパラメータであるモード、ガードインターバル、TMCC(Transmission and Multiplexing Configuration Control)情報を被測定信号から自動的に取得し設定し、

測定まで実行して結果を保存する。熟練度による測定結果の差は発生しないモードである。

バッチ測定とは、同一測定項目を複数チャンネルに対して行う場合に使用する。予め測定項目と測定対象チャンネルを選択して測定を開始すると順次測定を行い、測定結果保存まで行う。複数チャンネルの信号に対して同じ測定を繰り返す場合に便利なモードである。図 3.7 にバッチ測定画面を示す。

CH	電界強度 (dBuV/m)	電力 (dBm)	信号解析 MER (dB)	偏差 (Hz)	スペクトルマスク 占有帯幅 (MHz)	判定結果
20	86.5	-39.2	34.8	1.4	***	****
21	98.5	-27.3	43.1	1.4	***	****
22	100.3	-25.7	43.4	1.6	**	****
23	100.1	-26.0	43.5	1.5	**	****
24	99.5	-26.7	42.1	1.5	**	****
25	97.6	-28.7	42.9	1.9	**	****
26	97.0	-29.4	43.1	1.8	**	****
27	97.1	-29.5	42.2	1.7	**	****
**	***	***	***	***	***	****
**	***	***	***	***	***	****

インピーダンス	50Ω	変換器損補正值	0.0 dB
アンテナ	Anritsu_MF635A		

図 3.7 バッチ測定

#### Batch measurement

#### ■ 日本語表示

日本語／英語の切替えを実現し、英語に不慣れた測定者の負荷を低減した。

#### ■ 測定結果ワンボタン保存

ボタンを1度押すだけで測定結果を csv 形式と jpg 形式の2種類同時に自動的に名前を付けて保存する。内蔵メモリに100回分以上の測定結果を保存可能であり、外部コンパクトフラッシュカードにコピーすることで PC などでの報告書を作成する場合に有用である。

#### ■ イーサネット経由のリモート制御

レベル補正值(アンテナ係数とケーブルロスを一つにした補正值)やシグナルスタンダード(各種通信放送方式の周波数とチャンネルの関係をテーブルにしたデータ)の編集を PC と本器をリモートで接続して追加/更新が可能である。

#### ■ 設定パラメータ セーブ／リコール

機器設定パラメータを複数パターン保存できる。次回測定時に保存してあるパターンを選択するだけで、前回の機器設定を再現でき、測定開始前の作業負荷を低減できる。

## 5 おわりに

MS8911A は、MS8901A の機能をそのままに持ち運び可能な測定器という市場要求から開発された。既存のハードウェアを利用することで短期間で商品化ができた。

地上波アナログ放送から地上波デジタル放送への移行はテレビ放送業界にとってカラー化以来の大変革事業である。そのため、今後数年、全国普及を目指した置き換え工事が急ピッチで進むと思われるが、厳しい工程計画であるとも聞き、関係者のご苦労は並大抵なものではないと推察する。MS8911A がこのような中で少しでもお役にたち、業界発展に貢献できれば幸いである。

## 謝辞

本開発は NHK(日本放送協会)殿と(株)NHK アイテック殿との共同開発である。NHK 殿並びに(株)NHK アイテック殿、関係の皆様には多大な協力を頂き、重ねて深謝する。

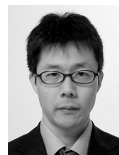
## 参考文献

- 1) JEITA (2005) 『地上デジタル放送送信機測定方法ハンドブック(第2版)』社団法人電子情報技術産業協会 無線通信・放送システム事業委員会 放送システム専門委員会

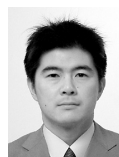
## 執筆者



初鹿勝也  
計測事業統轄本部  
ワイヤレス計測事業部  
特別プロジェクト部  
デジタル放送用計測プロジェクト  
B チーム



前川直志  
計測事業統轄本部  
ワイヤレス計測事業部  
特別プロジェクト部  
デジタル放送用計測プロジェクト  
B チーム



三崎裕司  
計測事業統轄本部  
ワイヤレス計測事業部  
特別プロジェクト部  
デジタル放送用計測プロジェクト  
B チーム

論文

小型・軽量・可搬型デジタル放送  
フィールドアナライザの開発

「アンリツテクニカル」82号(2006.3)より抜粋

アンリツ株式会社