

# 携帯電話端末を良否判定するサービステスタとシールドボックスの開発

Service Tester and Shield Box for Mobile Phones

岡部 崇幸 Takayuki Okabe, 山田 雄一 Yuichi Yamada, 宇佐見 雄彦 Takehiko Usami, 音成 伸俊 Nobutoshi Otonari,  
柳本 貴志 Takashi Yanagimoto, 清水 祐之 Masayuki Shimizu, 相田 洋 Hiroshi Aida, 中村 克士 Katsushi Nakamura,  
佐藤 敦司 Atsushi Sato

[要 旨] W-CDMA/GSM 携帯端末を良否判定できる窓口試験機として MT8510B サービステスタを開発した。携帯端末の機能性能を評価するのに必要な試験項目を絞り込み、高速測定を実現した。試験手順を単純化し、携帯端末の機種ごとに存在する詳細な設定も含め、ボタンひとつで通話試験と無線性能試験を短時間で実施できる。これにより経験のない使用者にも操作できる良好な良否判定を実現している。また、外界からの不要電波を遮断する MA8120E シールドボックスを開発し、シールド性能 60dB 以上を実現した。サービステスタ本体と組み合わせて使用することで、迅速かつ安定した実電波環境を実現できた。

[Summary] We have developed the MT8510B Service Tester for determining the quality of W-CDMA/GSM mobile telephones. Faster measurement has been achieved by integrating the modulation and demodulation circuits and focusing on measurement items required for evaluating system performance. Furthermore, the MT8510B features simple operation, making it ideal for on-site mobile telephone troubleshooting/diagnostic analysis in retail shops and service centers, and offering quick testing of radio performance and telephone calling. We have also developed the MA8120E Shield Box that blocks unwanted radio waves and achieves a shielding performance of better than 60 dB. Using the MA8120E with the MT8510B provides a stable and fast test environment.

## 1 まえがき

W-CDMA(WideBand Code Division Multiple Access)方式は第3世代携帯電話として2001年から日本国内でサービスが開始され、2005年には加入数2000万件を突破した。欧州の主要各国では、2004年に相次いでW-CDMA方式の第3世代携帯電話サービスが開始されたが、当面は第2世代携帯電話(GSM方式)との共存が続いていく。昨今では国際ローミングのサービスも進んできており、国内外でW-CDMAとGSMの両方に対応したデュアルモード携帯電話端末も急速に増加してきている。これに伴い、通信事業者や携帯電話端末の製造メーカー<sup>3)</sup>では効率的な保守体制を構築することが要請される。

携帯電話の保守作業では、携帯端末の故障原因の特定を迅速に行うことが要請される。携帯電話の通信障害として、電波状態など携帯電話端末以外の要素で故障とされている場合も多く、携帯電話端末自体の良否判定が行えるテスタは非常に有効である。また、良否判定は、より実際の通信環境に近い条件としてアンテナ結合での試験ができることが望ましい。さらに、修理コストの低減を図るため、故障箇所の良否判定に必要な機能を絞り込んだテスタが要求されている。このような背景からW-CDMAとGSMの両通信方式に対して携帯電話端末の故障診断を行うことができるMT8510B サービステスタ(以下サービステスタ)と、外来電波を遮



図1 MT8510BとMA8120E  
MT8510B and MA8120E

断しアンテナ結合による試験ができるMA8120Eシールドボックス(以下シールドボックス)を開発したので報告する。

## 2 開発方針

本サービステスタに対する要求は次の内容に集約される。

- 携帯電話端末の正常/異常を短時間に診断できること。
- W-CDMAとGSMの両通信方式に対し故障診断ができること。
- 専門知識がなくても簡単な操作で一定の診断ができること。
- 省スペースで使用できること。

## 2.1 基本性能の確保

### (1) 試験項目

発着呼など実使用に即したプロトコル試験と、RF の送信機能および受信機能の診断をする。送信系では、携帯電話端末の送信電力、変調解析、周波数安定度などを試験し、受信系では弱電界状態での BER 測定により感度試験を行う。これらの試験は 3GPP のコンFORMANCE テストとは異なり、規格で規定されている機能の良否が判定できることに主眼をおく。これにより、ハードウェア/ソフトウェアをシンプルに構成し、コスト削減や小型化を実現する。

### (2) アンテナ結合での試験

携帯電話端末のアンテナ部分までを含めた同軸結合およびアンテナ結合時の RF 機能診断が行えるようにする。同軸結合では結合度の再現性が高いため測定精度は高いが携帯電話端末に接続できるコネクタが必ずしも同一でないため、端末に合せたケーブルが必要となる。シールドボックス内部に同軸コネクタを用意し、端末用同軸ケーブルを接続できるようにする。一方、アンテナ結合では同軸結合に比べて結合度の再現性は劣るが端末との接続ケーブルは不要である。アンテナ結合においては、端末器の設置位置のずれによるアンテナ結合度の差を小さくできるように設計する。

### (3) W-CDMA, GSM 使用周波数帯への対応

W-CDMA では、現在使用されている 2GHz 帯と 800MHz 帯に加えて、3GPP 規格で規定されている 1.7GHz 帯と 1.9GHz 帯に対応する。GSM では、850MHz, 900MHz, 1800MHz, 1900MHz の主要な帯域に対応し、W-CDMA と GSM のデュアルシステム携帯電話端末の試験が連続で行えるようにする。

## 2.2 小型化

通信事業者の受付窓口等の狭いスペースにも設置できるようにサービススタ本体とシールドボックスを別筐体にし、スペースを有効利用したフレキシブルな配置ができるようにする。

## 2.3 操作性

ボタンを極力減らし操作面の簡略化を図る。USB インターフェースを装備し、ファームウェア等の書き換えを USB メモリで実施できるようにする。また、LAN インターフェースも装備し、ユーザーのネットワーク環境から使用できるようにする。

## 2.4 シールドボックス

### (1) シールド性能の強化

試験周波数帯域をすべてカバーし、外来電波が一 50dBm 程度(基地局付近の電波強度)であっても移動機に影響しないシールド性能を目標とする。

### (2) 携帯電話マルチホルダ

第 3 世代携帯電話は今後、さまざまな形状が発売されると思われる。携帯電話を固定するホルダは、携帯電話端末の形状によらずに、アンテナ結合度の最適な位置に固定できることを目標にする。

## 3 設計の要点

本サービススタの構成を図 4 に示す。信号処理を行うメインデジタルボード、RF 系の送受信を行うアナログボード、操作系の制御を行うパネルボードで構成されている。

### 3.1 小型化の実現

#### (1) デジタル処理部

W-CDMA/GSM の上位レイヤの処理、ボタン操作入力や LCD 表示の制御といったユーザーインターフェース処理、USB メモリや 10BASE-T/100BASE-TX の制御などはすべて 1 つの CPU で制御している。CPU の負荷を軽減するために、リモート制御操作中は本体操作を禁止にするなど、同時に複数の並列処理を行わないように考慮した。

送受信信号の Encode/Decode、信号変復調、信号の DA/AD 変換などは、CPU 処理部も含めて、メインのデジタルボードに集約している。マザーボードを用いずにアナログ処理部と直接コネクタ接続することで、プリント基板の数を減らし、省スペース化とコストダウンを実現した。

変調解析などの測定処理は、信号復調を行う DSP と共用している。分散処理することによりデバイスを共用化し、部品数を大幅に削減した。

#### (2) アナログ処理部

RF 信号の送受信を処理するアナログボードに、レベル制御のためのアッテネータ、ローカル信号発生部、PLL シンセサイザ機能を組み入れて一体化した。また、RF 部の周波数変換部に使用するためのローカル信号発生部は、周波数構成の工夫により、送信部と受信部で共用し、大幅な小型化を実現した。

### 3.2 W-CDMA と GSM のシステム切替え

W-CDMA と GSM の信号処理を同時に行う必要はなく、時系列的にシステム切替えができるようにした。通信時の信号処理では、信号フォーマットに同期したフレームタイミングやスロットタイミングの信号が CPU や DSP の割込み処理で使われる。FPGA のタイミング生成部では常時 W-CDMA と GSM のタイミング信号を生成し、CPU が出力するシステムモード信号に従って、W-CDMA あるいは GSM のいずれかのタイミング信号が処理回路に入力されるようにした。これにより、信号処理系のハードウェアは W-CDMA と GSM とで共用でき、部品の低減および小型化が実現された。W-CDMA と GSM との通信方式の切替え時間を数 100ms 程度にすることにより、両方式間のハンドオーバーをも実現した。

W-CDMA では周波数設定の時間に余裕があるため CPU が直接周波数制御を行っているが、GSM では 4.6ms のフレームタイミングに同期して周波数設定を切替える動作が必要となる。したがって、GSM ではフレームタイミングに同期して FPGA が周波数制御信号を出力する。

また、将来の機能拡張にも対応できるように、基準クロック、CPU クロックとアドレス/データバスなどのオプション用インタフェースを設けた。

### 3.3 簡単な操作

試験の際は、携帯電話端末の機種ごとに試験パラメータを選択し、試験を開始する。その際、機種を自動的に識別して選択できれば操作の手間が省けて簡単である。サービススタでは、携帯電話端末制御用の USB インターフェースを持っており、制御ケーブルで携帯電話端末と接続しておけば、端末の電源起動時に USB のプラグ & プレイ動作による機種名が読み取れるため、自動機種選択ができる。サービススタ側の USB ホストドライバは、組込 OS 上で動作するドライバを開発し、小規模のソフトウェアで機能を実現した。これにより、(a)シールドボックスに携帯電話端末をセットし電源を入れる。(b)テストの試験開始ボタンを押す。というきわめて簡単な操作での試験実行を実現した。画面は視認性の良い 3.8 インチカラー TFT タイプ LCD を採用し、日本語と英語表示に対応している。

### 3.4 アンテナ結合試験

シールドボックスに内蔵する、当社 R&D センターの独自技術により実現したアンテナ結合器は、広帯域で安定なアンテナ結合度が実現できる自己補対型アンテナ<sup>1), 2)</sup>を採用し、800MHz ~ 2.5GHz の帯域でダイポールアンテナとの結合度: -25dB 以上を

実現した。図 2 にアンテナ結合器の外観を示す。

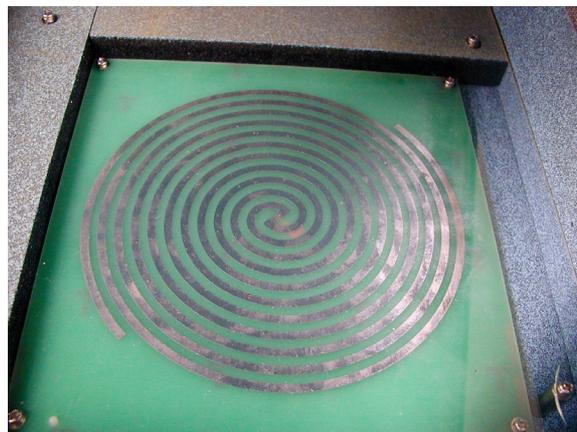


図 2 アンテナ結合器  
Antenna coupler

### 3.5 筐体設計

(MT8510B サービススタ)

組み立ての容易さを考慮し、部品点数の少ない設計を行った。

- スポット溶接による部品の一体化
  - ユニット化による組み立て分離化
- ユニット化することにより組み立てを分担作業できるようにし、部分的な組み立てを可能とする構造を取り入れた。

ユニット化は、大きく分けて、背面、正面、シャーシの 3 種類とし 3 ユニット間の配線、固定を極力少なくすることに努めた。

- MT8510A → MT8510B へのコストダウン構造
- 筐体内部の構造見直し

MT8510A の筐体内部は、従来のシールド構造としても一般的な内蓋を伴った箱型の構造だったが、要求規格を維持しつつ、上下の内蓋はもとより、筐体構造を有する組み合わせの板金の削除を行った。これにより、質量 6kg という軽量機となり、組み立ても容易になり、コストダウン化した。

(MA8120E シールドボックス)

- 操作性とシールド性能の両立

シールドボックスでは、蓋とケースの接触部に新規開発のシールドバネを採用した。このシールドバネは蓋の端面部の板を両側から挟みこむ構造でケースと蓋に二重に接触させ、安定したシールド性能の確保と大きな力を必要としなくても蓋を開閉できる操作性を両立している。これにより、800MHz ~ 2.5GHz の帯域で 60dB 以上のシールド性能を実現した。また、シールドバネの側面にステンレスの補強板を設けることで、シールドバネの信頼性を向

上させ、組み立てが容易に行えるように工夫した。

・携帯電話マルチホルダ

第3世代携帯電話ではアンテナが端末内部に実装されているケースが多く、アンテナの位置も端末の種類によって大きく異なってきた。この携帯電話端末の形状やアンテナの位置によらずシールドボックス内部に実装したアンテナ結合器との最良な位置で試験を行うため、携帯電話マルチホルダを開発した。図3にマルチホルダの外観を示す。

マルチホルダの特徴は、さまざまな形状の端末をホルダ上で一定の位置に固定できること、また、その端末を固定したホルダをシールドボックス内部の任意の位置に設置できるようにしたことである。これにより携帯電話端末に対して、アンテナ結合度が最適な位置に固定できることを可能とした。マルチホルダには位置決め穴があいており、穴に表示されるアルファベットによりシールドボックス内部を、携帯電話端末と最もアンテナ結合度の良い位置に配置できる。



図3 携帯電話マルチホルダ  
UE Multi-holder

4 構成

全体の構成ブロックを図4に示す。

4.1 デジタル処理部

デジタル処理部の回路構成を図5に示す。デジタル処理部はメインデジタルボードとLCDやボタン操作などをインターフェースするパネルボードで構成される。

メインデジタルボードでは、送受信の信号処理とDA/AD変換を行い、アナログ処理部とインターフェースしている。

送信系では、Encoder部のDSPとFPGAにより符合化処理を行い、Spreader/Modulator部で拡散処理(W-CDMAモードの

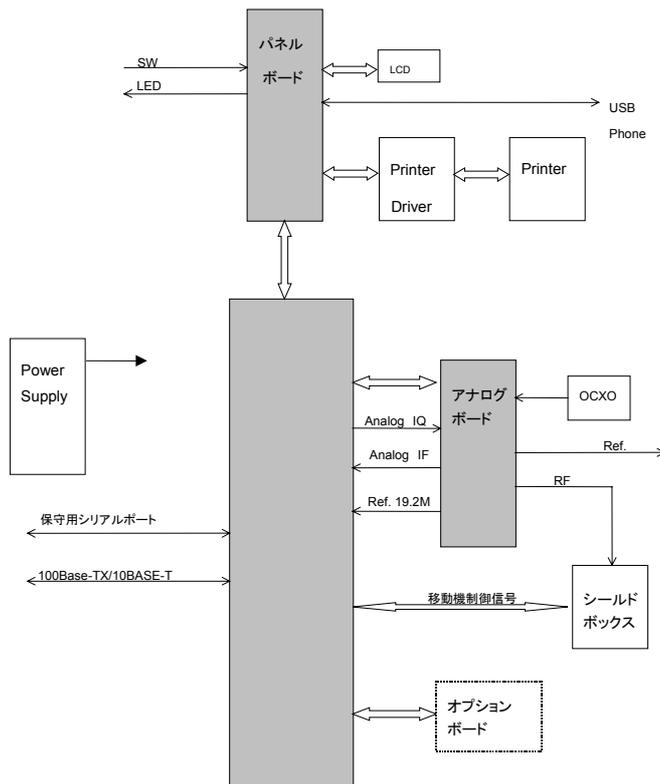


図4 全体ブロック図  
Block diagram of MT8510B

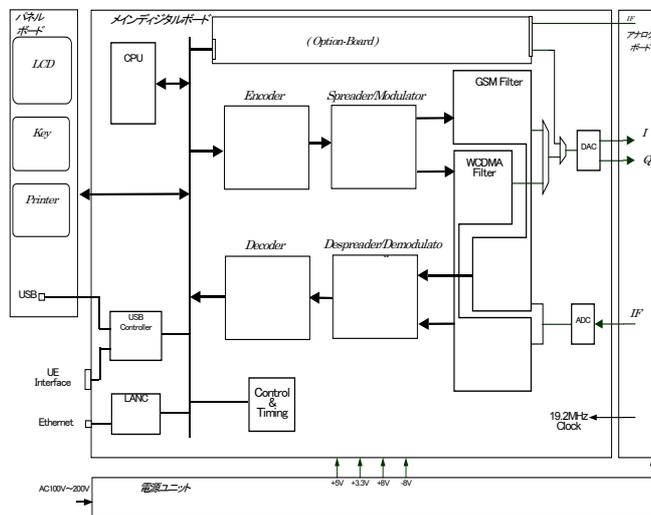


図5 デジタル処理部ブロック図  
Block diagram of digital part

場合)あるいは変調処理(GSMモードの場合)を行う。送信信号はW-CDMAモードではRoot Nyquist Filterを通過するが、GSMモードではInterpolation Filterを通過し、D/A変換されてアナログIQ信号がアナログ処理部へ出力される。

受信系では、アナログ処理部から4.8MHz IF信号を入力し、A/D変換される。W-CDMAモードでは、W-CDMA用フィルタで直

交復調処理(IQ変換)しFPGAによるRoot Nyquist Filter処理を行ってからDespreader/Demodulator部で逆拡散処理してDecoder部で復号処理する。GSMモードの場合は、GSM Filterで直交復調とDecimation Filter処理を行ってからDespreader/Demodulator部で復調処理しDecoder部で復号処理する。

CPUはW-CDMAモードとGSMモードの切り替え信号を各処理部に対して出力する。フレームタイミングやスロットタイミング、DA/ADのクロックなどは、モード切替え信号に従ってセレクトされ、全体としてW-CDMAモードあるいはGSMモードでの処理を行うようになっている。呼接続のシグナリング処理や試験実行、ユーザーインターフェース処理などはCPUで行い、変調精度等の計算はデジタルIQデータを一次的にメモリに保存し、Despreader/Demodulator部のDSPで行っている。メインのデジタルボードには、ほかに、リモート制御用PCとインターフェースするためのLANポート、外部メモリや移動機を制御するUSBポートを装備している。

パネルボードでは、カラーLCDへの表示信号出力やプリンタ制御などを行っている。

#### 4.2 アナログ処理部

送信系では、メインデジタルボードから入力されたアナログIQ信号を直交変調後、周波数変換部でRF信号に変換し、RF in/outコネクタから出力される。受信系では、移動機から送信された信号は周波数変換部で最終的に4.8MHzのIF信号としてメインデジタルボードに出力される。

携帯電話で使用される周波数帯に特化し、送受信系でローカル信号を共用することで、回路の小型化とチャンネル切替え時間の

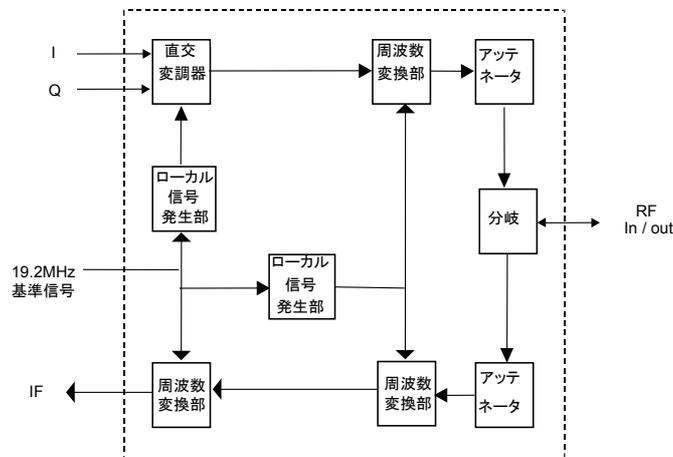


図6 アナログ処理部ブロック図  
Block diagram of analog part

短縮を実現している。また、電子アッテネータが送受信系に挿入されており、レベル校正時に機器固有の値を設定し、部品のばらつきによるレベル変動に対応している。

### 5 測定例および実現機能

以上の構成で実現した測定例について示す。

#### 5.1 試験シーケンス

W-CDMAを2バンド(2GHz/1.9GHz/1.7GHz/800MHzのバンドの中から任意の2バンド)とGSM900/DCS1800, GSM850/PCS1900の試験を連続実行することが可能である。

W-CDMAのバンド間およびW-CDMAとGSMの通信方式間は、ハンドオーバーで移行する動作と位置登録から試験する動作のいずれかを試験パラメータで設定できる。

本機の試験シーケンスを図7に示す。

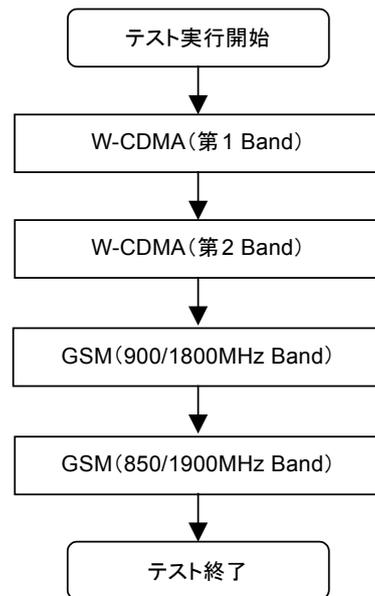


図7 試験シーケンス図  
Multi-band flowchart

#### 5.2 本体操作

機種選択は、グループ選択(携帯電話端末のメーカーなど) → 機種名選択の順で階層構造にし、携帯電話端末の機種が増えてもボタン操作による機種選択が容易にできるよう考慮した。なお、LCDの表示言語は、日本語/英語の切替えができる。

試験結果画面も、W-CDMAあるいはGSMバンドごとの試験結果表示 → 無線特性試験あるいは通話試験のカテゴリごとの試験結果表示 → 個別試験項目の結果表示のように階層構造とし、不良と判定した場合に携帯電話端末のどの機能に異常があったかが

わかりやすいようにした。試験結果画面の例を図 8 に示す。また、試験結果は試験終了時に自動で内蔵プリンタから印字される。



図 8 試験結果例  
Test result screen

発着呼などの呼接続試験では携帯電話端末のダイヤル操作や着信応答などの操作が必要となる。操作が必要なタイミングで LCD 画面に操作ガイダンスを表示し、わかりやすくした。操作ガイダンスの表示例を図 9 に示す。

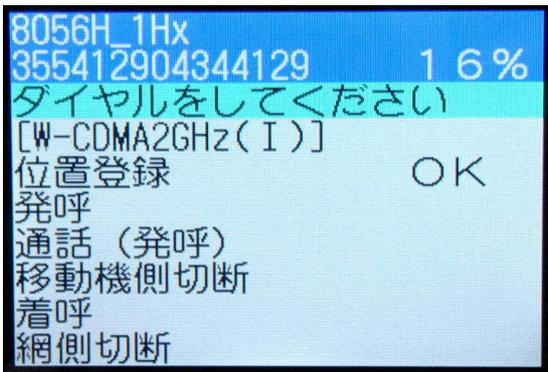


図 9 操作ガイダンス画面  
Test screen with Help

USB メモリを使って試験パラメータ、ファームウェア、W-CDMA 呼接続プロトコルの書き換えが可能である。W-CDMA の呼接続プロトコルは 3GPP で規定されているが、通信事業者によって呼接続プロトコルの細部が異なる場合がある。MT8510B では、複数の呼接続プロトコルがそれぞれ試験できるよう最大 7 種類の呼接続プロトコルを格納することができる。試験実行時は、試験パラメータで指定された呼接続プロトコルが動作する。

試験結果はサービスステタ内の不揮発メモリに 5000 バンド分を試験結果ログとして保存し、USB メモリにも出力できる。試験結果ログには、試験の判定結果と測定値、携帯電話端末の機種名や製造番号などが含まれており、試験結果の解析に利用できる。

### 5.3 リモート制御操作

専用のリモート制御ソフトウェアはネットワーク(LAN)によりサービスステタに接続される。また、ネットワーク経由でサービスステタを一括管理することができる。

リモート制御ソフトウェアで試験実行した際の試験結果画面例を図 10 に示す。リモート制御操作では試験中にリアルタイムで測定値を確認できる。

試験パラメータはリモート制御ソフトウェアを使用して容易に作成でき、複数の試験パラメータを一括ファイルにまとめてサービスステタにインストールすることができる。

試験結果ログは、試験の都度 PC に保存することが可能である。試験結果ログファイルは 1 日ごとに作成したり、機種ごとに作成することができる。



図 10 リモート制御試験結果画面  
Test result screen with remote control software

## 6 規格

本機の規格を表 1 に示す。

## 7 むすび

今回、W-CDMA/GSM の携帯電話端末の良否判定を簡易な操作で行える故障診断用テストとして MT8510B サービスステタおよび MA8120E シールドボックスを開発した。

国内では、W-CDMA 携帯電話端末向けに通信事業者の受け窓口や携帯電話メーカーの保守用途、製造ラインの最終出荷検査用途などに使用され、保守・製造現場でのコストダウンや作業効率の改善に用いられている。

今後、海外の第3世代携帯電話市場が活発になることが予想され、携帯電話端末メーカーや保守会社における受入部門、検査部門の要求に合わせて、機能追加や操作性の改善などに積極的に取り組んでいく。

## 参考文献

- 1) Y. Mushiake: "Self-Complementary Antennas", Springer-Verlag London Limited (1996)
- 2) 河村尚志, 山本綾, 梅田等, 手代木扶: "UWB 自己補対スパイラルアンテナの伝送特性", 2004年信学会総合大会, B-1-109
- 3) 高野, 大竹, 西村, 藤井, 徳家: "PDC 携帯電話のサービス窓口専用のMT2607A/B/C PDC 携帯電話テスタ", アンリツテクニカル 68号, pp.19-25 (1994.9)

## 執筆者



岡部 崇幸  
計測事業統轄本部  
ワイヤレス計測事業部  
業務推進部 輸出管理グループ



山田 雄一  
計測事業統轄本部  
ワイヤレス計測事業部  
第一開発部 プロジェクトチーム



宇佐見 雄彦  
計測事業統轄本部  
ワイヤレス計測事業部  
第一開発部 プロジェクトチーム



音成 伸俊  
計測事業統轄本部  
ワイヤレス計測事業部  
第一開発部 プロジェクトチーム



柳本 貴志  
計測事業統轄本部  
ワイヤレス計測事業部  
第一開発部 プロジェクトチーム



清水 祐之  
計測事業統轄本部  
ワイヤレス計測事業部  
第二開発部 プロジェクトチーム



相田 洋  
計測事業統轄本部  
ワイヤレス計測事業部  
業務推進部 業務改革グループ



中村 克士  
計測事業統轄本部  
ワイヤレス計測事業部  
業務推進部 業務改革グループ



佐藤 敦司  
計測事業統轄本部  
ワイヤレス計測事業部  
第一開発部 プロジェクトチーム

表 1 MT8510B/MA8120E 規格  
Specifications of MT8510B/MA8120E

(MT8510B)

項目	規格	
測定対象バンド	W-CDMA W-CDMA(I), W-CDMA(II), W-CDMA(III), W-CDMA(V), W-CDMA(VI) GSM GSM850, R-GSM900, E-GSM900, P-GSM900, DCS1800, PCS1900	
W-CDMA 試験項目	コールプロセッシング 位置登録, 発呼, 着呼, 移動機側切断, 網側切断 性能試験 最大送信電力, 開ループ電力制御, 閉ループ電力制御, 変調精度, 周波数安定度, 受信感度, CPICH RSCP, 最小送信電力	
GSM 試験項目	コールプロセッシング 位置登録, 発呼, 着呼, 移動機側切断, 網側切断 性能試験 送信電力, 電力対時間, 位相誤差, 周波数安定度, 受信感度, MS レポート	
表示	カラーTFT LCD サイズ:3.8 型 320×240ドット LED Testing(点滅), Pass(緑), Fail(赤)	
外部インタフェース	RF 入出力コネクタ:N 型 イヤホン:2.5φ4 極 移動機制御コネクタ:DX タイプ 50 極 100BASE-TX / 10BASE-T コネクタ:RJ-45 USB メモリ用コネクタ:USB A タイプ RS232C コネクタ:D-sub9 極(保守用)	
プリンタ	試験結果印字用サーマルプリンタ	
電源	AC100~120 V/200~250 V 入力自動切替 47.5~63 Hz, ≤70 VA	
寸法・質量	326(W)×138.5(H)×355(D)mm 以下, 5.5kg 以下	
環境条件	動作温度	0℃~+50℃
	保管温度	-20℃~+60℃
	CE マーキング適合	EN61326:1997/A2:2001(ClassA), EN61000-3-2:2000(ClassA)に適合 EN61326:1997/A2:2001(付属書 A)に適合 EN61010-1:2001(汚染度 2)に適合
オプション	対向通話用ボイスコーデックオプション ワイドダイナミックレンジオプション	

(MA8120E)

項目	規格
使用周波数範囲	800 MHz~2500 MHz
シールド性能	≥60 dB
アンテナ結合度	≥-25 dB
寸法・質量	181(H)×330.8(W)×393(D)mm 以下, 7 kg 以下

論文

## 携帯電話端末を良否判定するサービステストと シールドボックスの開発

「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