# Advancing beyond

## 基地局 RF ケーブルの試験 -LTE、5G ハイブリッドネットワーク<mark>-</mark>

フィールドマスタ プロ MS2090A、サイトマスタ S331P

## 目次

1.	はじめに	. 2
2.	基地局設置時の評価測定	. 2
3.	基地局の変調品質測定	. 3
4.	RFケーブル・アンテナ測定	. 3
5.	セルサイトのカバレッジ測定	. 8
6.	EMF測定	. 8
7.	MS2090AとS331Pを使用したRFケーブル・アンテナ測定	. 9
8.	まとめ	14

## 1. はじめに

現在、5G テクノロジーは世界中のセルラネットワークで一般的になりつつあります。通信事業者は通信容量を増強し、 何十億もの通信デバイスをインターネットに接続する大規模な IoT (Internet of Things) や、製造・物流プロセスを強 化する低遅延プライベートネットワークなどの新しいビジネスチャンスを開拓しています。

5G ネットワークが展開される一方で、既存セルラ規格のニーズもあり、通信事業者は LTE のカバレッジと通信容量を 引き続き改善しています。

国や通信事業者ごとに異なる要件があるため、5G ネットワークの運用実装は一様ではありません。5G ネットワークの 課題のひとつに、アンテナの構成・配置があります。5G 規格では、コールセットアップ、シグナリング、データ通信の 全てに 5G テクノロジーを使用する SA(スタンドアロンネットワーク)と、コールセットアップ、シグナリングを LTE ネットワークにオフロードする NSA(非スタンドアロンネットワーク)の2つの規格があります。初期の 5G 基地局 (gNB)では、ひとつの収容で Massive MIMO(64 個のアンテナ素子)アクティブアンテナを実際に使用することが目 的のひとつでした。Massive MIMO は、非常に高いデータスループットを持ちながらも、簡単な設置(データ用の光フ ァイバーと電力供給線の2つの物理的な接続で済む)などの利点があります。

上述の通り、5G ではアクティブアンテナが最適なソリューションですが、タワー上の機器の重量制限やスペース制限、 同じ場所で複数の LTE バンドや 5G をサポートする必要性など、アンテナ実装では様々な検討事項があります。例えば アクティブアンテナアレイを既存規格のアンテナと一緒にタワー上に設置すると重くなるため、機器の重量を最小限に 抑える工夫が必要になります。

こうした状況から、通信事業者は LTE 帯域と 5G(Sub6GHz 帯)など、2 つまたは 3 つのセルラバンドに対応したマル チバンドアンテナを設置します。そして、無線機器を地上の局舎に設置し、RF ケーブルでアンテナと接続してタワー上 の重量負担を軽減します。無線機器をビルの屋上に設置する場合でも、無線機器とアンテナアレイをジャンパーRF ケー ブルで接続します。

また、多くの通信事業者が、DSS(ダイナミック スペクトラム シェアリング)を用いて、既存のサブ 2.5GHz 帯で 5G テクノロジーを使用して、5G の早期展開を実現しています。DSS は、LTE のフレーム構造において、LTE と 5G でスペ クトラムを動的に割り当てる技術です。DSS は、既存の LTE 無線機器とアンテナシステムのソフトウェア アップデー トで実装できます。既存のセルラネットワークでは、基地局とアンテナの接続に RF ケーブルを使います。

このように、多くの通信事業者がマルチバンド、マルチビームの Massive MIMO ハイブリッドアンテナを導入し、アン テナと無線機器は RF ケーブルで接続します。場合によってはひとつのハイブリッドアンテナに 16 以上のコネクタと RF ケーブルを接続します(図 1)。ネットワークの全体的な性能を良好に保つには、これらの RF ケーブルが低損失であ ること、すべてのコネクタ、RF ケーブルの曲げ、クランプブラケットが正しく施工・設置していることが必要です。

#### 2. 基地局設置時の評価測定

LTE または 5G 基地局を設置する場合、設置時にシステム全体が仕様通りに機能していることを測定・確認する必要が あります。測定は、以下の4つのカテゴリに分類して実行します。

- 1. 基地局の送信パワーと変調品質測定
- 2. RF ケーブル・アンテナ測定
- 3. セルサイトのカバレッジ測定
- 4. EMF 測定

#### 3. 基地局の変調品質測定

LTE 基地局の変調品質測定は、スペクトラムアナライザを無線機器の RF 試験ポートに接続して実行します。アンリツのフィールドマスタ プロ MS2090A などのハンドヘルドスペクトルアナライザは、OBW(占有帯域幅)、チャネルパワー、EVM、RSRP などの変調品質を測定できます。LTE 基地局の変調品質測定は、基地局にアンテナを接続する前に実施可能です。

5G 基地局は RF 試験ポートがない場合も多く、測定は OTA(Over-the-Air)で実施します。MS2090A は 5G 基地局の 変調品質測定にも対応しています。

## 4. RF ケーブル・アンテナ測定

基地局設置は、規制、設置場所、通信事業者のネットワーク要件によってさまざまです。5G 基地局の多くは、既存の LTE サイトに設置します(ビルの屋上やタワー)。タワー上には、設置可能な無線機器やアンテナの重量制限があります。 タワー上には既設の無線機器があるため、新設の無線機器は地上局舎に設置し、アンテナだけをタワー上に設置する場 合もあります。アンテナは、LTE と 5G の周波数の素子を組み合わる事も可能です。

#### 4.1. リターンロス、損失測定

タワーに敷設された RF ケーブルは、タワーによって数メートル ~ 数十メートルの長さがあります。信号が RF ケーブルを伝搬する場合、信号エネルギーの一部は RF ケーブルとコネクタで損失します。基地局設置の際には、RF ケーブルの損失を測定し、損失が仕様の範囲内か確認します。基地局の送信パワーを最小にして効率を最大化するために、低損失の RF ケーブルを使用します。直径の大きな RF ケーブルは、直径の小さな RF ケーブルに比べて損失が小さく、パワーを効率的に送信できますが、反面、高価でかなり重くなります。1000 MHz での RF ケーブルの損失は 0.08 dB/m のオーダーで、20 メートル以上の RF ケーブル損失は 1.5 dB になります。その他の損失などを加えると、長尺 RF ケーブルでは 3dB 程度の損失が発生する可能性が有り、送信パワーの半分がアンテナに到達する前に失われます。

RF ケーブル損失を測定するだけでなく、RF ケーブルとアンテナシステムの反射測定も重要です。RF ケーブルとアンテナのインピーダンスはどちらも公称 50Ω です。入力信号の減衰は、RF ケーブル損失だけでなく、アンテナ・RF ケーブル配線の反射も原因となります。反射は送信パワーが無線機器側に戻る現象で、主な原因は以下の通りです(図 2)。

- ・ コネクタの取り付け不十分(コネクタの緩み、正しいトルクで締め付けられていない)
- ・ 天候による損傷で経年劣化したコネクタ。コネクタから RF ケーブル誘電体への水の浸入
- ・ RF ケーブルクランプの締めすぎや、曲げやねじれなどによる RF ケーブルの損傷
- ・ 損傷したアンテナや、インピーダンス不整合のアンテナ



図 1. 典型的なセルラタワー (アンテナへの RF ケーブル接続)

反射測定には、リターンロスと VSWR(電圧定在波比)があります。

リターンロスは以下のように定義されます。

リターンロス = 10 log10 (P<sub>incident</sub>/P<sub>reflected</sub>): P<sub>incident</sub>:入力パワー、P<sub>reflected</sub>:反射パワー

リターンロス (dB) の代表的な値は以下です。

リターンロス	反射
0 dB	100%、オープンまたはショートで発生
10 dB	10%
20 dB	1%
40 dB	精密 50Ω 終端器の反射

基地局のアンテナ・RF ケーブル配線全体の典型的なリターンロスは約15~20dB です。RF ケーブル損失が大きいとリタ ーンロス数値が大きくなり、アンテナの不整合が実際よりも改善した様に観察されます。

VSWR(電圧定在波比)は、伝送線路における送信電圧と反射電圧の比です。代表的な値は以下です。

VSWR(電圧定在波比)	詳細
1.0:1	完全な 50Ω のインピーダンス
1.02:1	典型的な、精密 50Ω 終端器
1.4:1	典型的なアンテナ VSWR
2.0:1	不整合アンテナ
∞(無限大)	完全反射(短絡または開放)

RF ケーブル損失とリターンロスは、アンテナの動作周波数帯域での周波数掃引で測定します。コネクタが正しいトルクで 締め付けられていない場合、狭帯域の非常に高い RF ケーブル損失の原因となります。動作周波数帯域全体を掃引して、 このような RF ケーブル障害を発見し、RF ケーブル損失とリターンロスの状態を把握することが重要です(図 2)。



RF ケーブルを貫通する異物



コネクタの汚れ



外部導体のねじれやよじれ



RF ケーブルクランプの締め過ぎ

図 2. RF ケーブル障害



図 3. 典型的な基地局、タワーの構成

図3は、典型的な基地局・タワーの構成です。この基地局・タワー構成において、RF ケーブル損失がアンテナ性能の測定 値にどのように影響するのでしょうか?

アンテナ自体のリターンロスは 15dB ですが、5dB の RF ケーブル損失により、システムのリターンロス測定値は 10dB (5dB×2) 改善した様に観察されます。このことは、システム設計者が基地局仕様を決定する際に考慮しますが、設置の際 にも RF ケーブル損失とリターンロスがシステム全体のリターンロスに与える影響について把握しておくことは重要です (図 4)。

システム全体のリターンロスが優れていても、必ずしもアンテナのリターンロスが優れているとは限りません。損失が大きい不良 RF ケーブルが影響している可能性もあります。このような場合、信号損失が予想以上に大きくなります。また、 信号がアンテナに到達する際アンテナのインピーダンスの不整合により、信号の大部分が反射されます。その結果、アン テナに届く信号パワーは予想より低くなり、基地局のカバッレジエリアは狭くなります。

以上から、システム全体の性能を保障するためには、RF ケーブル損失とリターンロスの両方を測定する必要があります。



図 4. トレース(ピンク)はアンテナのリターンロス トレース(黄色)は RF ケーブル・アンテナ配線全体のリターンロス RF ケーブルの損失は、リターンロス値全体をよく見せます。

#### 4.2. DTF 測定

リターンロス/VSWRの測定は、システム全体の性能を評価します。リターンロス/VSWR 値に異常が発生した場合、DTF (障害位置測定機能)を使用して、システムのトラブルシューティングを実施し、障害位置を特定します。DTF 測定はあく までもトラブルシューティングツールです。故障箇所の特定と RF ケーブル長の測定、データ比較や経時変化を調べる測 定機能です。DTF 測定データをリターンロスの代替やシステムの合否判定に使用することはお勧めしません。

DTF 測定は、RF ケーブルを周波数領域で掃引し、IFFT(逆高速フーリエ変換)を適用して、周波数領域から時間領域へ データを変換します。

RF ケーブルの誘電体は、RF ケーブル内の信号伝搬速度に影響します。測定の際、RF ケーブルの VOP(伝搬速度)を測 定器に設定する必要があり、この値は RF ケーブルメーカから提供されています。設定する VOP 値により、RF ケーブル の不連続点(障害位置)の位置精度が決まります。



図 5. DTF トレース: 位置 1.5 メートルのジャンパーRF ケーブルコネクタと 位置 10.6 メートルのアンテナの配線

図 5 の DTF 測定には、1.5 メートルの位置にあるコネクタを表示しています (マーカ 2)。10.6 メートルの大きな反射 (マーカ 1) がアンテナです。この DTF 測定は RF ケーブル配線する場合に貴重な情報となります。システム全体のリターン ロスの良否は RF ケーブルのコネクタ反射も含みます。DTF でコネクタ位置を把握し、コネクタ汚れ、コネクタの緩みな ど調べることで、問題を解決できます。

フィールドマスタ プロ MS2090A とサイトマスタ S331P の組み合わせは、5G や LTE の解析やスペクトラム解析に加え リターンロス、RF ケーブル損失、DTF など基地局の現場で必要な様々な測定に対応する理想的な測定器です。

## 5. セルサイトのカバレッジ測定

基地局を設置する際、基地局のカバレッジが期待どおりか検証するために、基地局周辺地域のカバレッジマップが必要 になります。

MS2090A は測定したチャネルパワーをマップに測定点でプロットします。パワー強度で色が変わる測定点をプロット して、セルサイトのカバレッジ概要をマップ上にグラフィカルでわかりやすく表示します。マップはインターネットか らダウンロードします。

カバレッジマップを作成するには、車両の屋根にマグネット式の全方向性アンテナを取り付けて、基地局付近を走行し ます。一定の距離間隔で測定点のデータを収集し、GNSS(グローバルナビゲーション衛星システム)を使用してマッ プ上に測定点をプロットします(図 6)。



図 6. カバレッジマッピング:マップ上にチャネルパワーの測定点をプロットし、 広い地域におけるカバレッジレベルを表示

## 6. EMF 測定

通信事業者は、新設基地局の総放射電力が周囲の環境に有害ではないことを地域社会に説明する必要があります。FCCや ICNIRP などの規制・標準化機関は、人体 (一般市民や技術者)に安全な RF 電界強度の国際基準値を定義しています。

MS2090Aに全方向性アンテナ(アクセサリ)を接続し、この国際基準値に照らして電界強度を測定できます(図7)。



図 7. ICNIRP 基準値で測定された LTE 送信機の電磁波

## 7. MS2090A と S331P を使用した RF ケーブル・アンテナ測定

続く 7.1、7.2 では、フィールドマスタ プロ MS2090A とサイトマスタ S331P を使用した、新設基地局の RF ケーブ ル・アンテナシステムの測定について具体的に説明します。また、基地局設置報告書にインポートするデータファイル についても説明します。



図 8. MS2090A と S331P を使用した RF ケーブル・アンテナ測定

#### 7.1. リターンロス測定

初めに S331P を MS2090A の USB 3.0 ポートに接続(図 8)し、MS2090A を CAA-USB モードにします。CAA モードのプリセット画面では、接続した S331P の全帯域(150kHz~4/6GHz)を ReadyCal(工場校正)を用いて周波数掃引します。ReadyCal を使用した場合、測定を素早く簡単に開始でき、全体の試験時間を短縮できます。精密 50Ω 終端器を S331P の試験ポートに接続すると 6GHz までのダイナミックレンジが>38 dB になっていることが確認できます(図 9)。リターンロス 15 dB のアンテナ・RF ケーブル配線システムの場合は、ReadyCal(工場校正)で精度よく測定が実施できます。より高精度の測定や、周囲温度が室温と大きく異なる場合は、Standard(標準校正)正または FlexCal(フレックス校正)を行うことをお勧めします。



図 9. ReadyCal: S331P 試験ポートに直接接続された精密 50Ω 終端で 38dB 以上のダイナミックレンジを実現

FREQ/DIST メニューで、試験の開始周波数と停止周波数を設定します。図 10 の場合、3.7 GHz~4.2GHz です。

CALIBRATE メニュー→TYPE メニューで、Standard (標準校正) または FlexCal 校正を選択します。

- ・ Standard (標準校正)は、選択した周波数範囲で有効です。周波数を変更すると無効となります。最も高い精度が得られるので、試験報告書を提出する場合に推奨します。
- FlexCal は、接続した S331P の全周波数範囲で校正し、周波数範囲を変更した場合は校正データポイントを補 間します。FlexCal は校正時間を節約し、周波数変更の度に再校正する必要がありません。FlexCal は、初期テ ストや故障診断に適しています。

FlexCal 校正は、周波数を変更するたびに再校正を行う必要ありません。ただし、周波数スパンを小さくすると、FlexCal の校正補正データポイント数が少なくなります。すべての測定を固定周波数で実施する場合は、Standard(標準校正)を使用することをお勧めします。

**START CAL**を押し、画面の指示に従って校正用アクセサリのオープン、ショート、終端器(ロード)を順番に接続しま す。校正終了後、試験ポートに校正用アクセサリのロードを接続したままにしておくと、ノイズフロアが 50dB 以下にな るはずです。

アンテナと接続する RF ケーブルは、タワーに配線する事前にケーブル試験を実施します。設置後にもう一度、ケーブル試験を実施して、設置後の RF ケーブルに損傷がないことを確認します(例えば、締め付けすぎや曲げ半径など)。

基地局設置の際、初めに RF ケーブルの遠端に精密終端器を接続して RF ケーブル単体で測定し、次にアンテナと RF ケーブルを接続した状態で測定します。

具体的には、RFケーブルの遠端を精密終端器で終端し、RFケーブルのもう一方の端をS331Pの試験ポートに接続します。 S331Pの特長は小型サイズと MS2090A との USB 3.0 接続です。この 2 つの特長により、試験する RF ケーブルと測定 器(S331P)の試験ポートを接続することが可能になり、位相安定 RF ケーブルが不要になります。 MS2090Aの画面には、RF ケーブルと精密終端器のリターンロスが表示されます(図 10)。



図 10.50Ω 終端での RF ケーブルのリターンロス

LIMIT メニューで、Pass/Fail (合否) のリミットを設定します。図 11 の例では、16dB のリミットを設定しています。 LIMIT TEST 機能を有効にすると、MS2090A の画面に Pass/Fail (合否)を表示します。周波数ごとにセグメント化 されたリミットを持つ複雑なリミットラインは、LIMIT MODE を Single から Segmented に変更して設定します。 ただし、セグメント化されたリミットラインによる RF ケーブル試験は一般的ではありません。



図 11. リミットレベルに最も近い周波数にマーカを設定

トレースのピーク (山) やバレー (谷) などトレース上の注目点 (POI) にマーカを配置するには、MARKER/ENABLED を有効にし、MARKER SEARCH/PEAK を選択してトレースの最高点にマーカを配置します (図 11)。トレースに新たなマーカを追加するには、MARKER メニューのトップに戻り、SELECT 2を押し、次にMARKER SEARCH/VALLEY を押します。マーカテーブルには、すべてのマーカ位置が表示されます

リミットラインやマーカを使用して測定を実施し、トレースおよび測定結果を保存して報告書にインポートできます。 FILE メニューの SAVE AS では、トレースを以下の様々なフォーマットで保存できます。

ファイル形式	詳細
Setup file	測定条件を保存
Trace file	トレースデータと測定条件を保存
Trace .csv file	.csv 形式のトレースデータを保存
Trace .txt file	テキスト形式のトレースデータを保存
Screenshot	MS2090A の画面を.png ファイルで保存
Measurement(LST 互換)	.dat ファイル。アンリツのラインスイープツール (LST) アプリケーショ
	ン(夜処理、レホート作成用の PC ソノトリエア)用のノアイル

ファイルは MS2090A の内部メモリに保存できる他、USB メモリにも保存できます。現場では、類似した多数の RF ケーブルのトレースを保存します。こうした場合に、ファイル名は、試験する RF ケーブルの名前を反映することで管理 しやすくなります。EZ キーボードは、ファイル名の管理に役立ちます。ファイル形式を選択した後、キーボード右下の EZ ボタンを押すと、EZ ネーミングキーパッドが表示されます。任意のネーミングキーパッドを長押しして、キーパッ ドに登録済みの単語名を変更できます(図 12)。



図 12. EZ キーボードを使用して、素早いファイル名入力が可能 (EZ キーボードはカスタマイズ可能)

QUICK SAVE キーを押すと、現在の結果を.dat 形式で素早くメモリに保存します。ファイルには数字順に番号が振られ、タイムスタンプと日付スタンプが付きます。

RF ケーブルの単体試験を実施したあと、RF ケーブルとアンテナを接続して全体のリターンロス測定を実施します。RF ケーブルとアンテナの配線全体の評価基準は、RF ケーブル単体の場合とは異なり、要求される試験仕様に合わせてリミ ットレベルを変更する必要があります。現場では、アンテナはS331Pからの測定信号入力に加えて、近傍の送信機から の RF 信号が入ってきます。試験対象のアンテナに入射する外部 RF 信号は、測定に影響を及ぼします。測定に外部 RF 信号の影響を避けるため、RF イミュニティ機能を設定します。具体的は、SWEEP メニューの RF IMMUNITY を High に設定します。RF IMMUNITY は、外部信号の影響を除去する信号処理を追加するため、掃引速度が若干遅くなります。 RF IMMUNITY の初期設定は Low で、リターンロスまたは VSWR 測定中に干渉信号の影響を受けやすくなりますが、 掃引速度は最適化されます。Low 設定は、ほとんどの用途に適しており、外来 RF 信号が原因と思われる予期せぬ測定 結果が発生した場合を除いて、設定は変更しないことをお勧めします。

#### 7.2. DTF 測定

リターンロス測定が終了した後、次に DTF 測定を実施します。RF ケーブルとアンテナの配線全体のリターンロス測定 結果が合格(規定のリミットを超えていない場合)でも DTF 測定は実施します。

リターンロス測定が不合格だった場合、DTF 試験によって重大な反射の場所および原因を特定し、迅速な修理対応がで きます。リターンロス試験に合格した場合でも、DTF 試験は将来起こりうる問題を早期に発見できます。DTF 試験結果 を保存、比較することによって、性能が低下している RF ケーブルの場所を特定できます。

DTF 測定は、リターンロスや VSWR の測定の代用としては使用できません。DTF 測定のピーク値は、RF ケーブル伝搬 速度、RF ケーブル損失(dB/m)、温度係数など、さまざまな要素に起因するデータ変化から導出します。これらのデー タ変化を IFFT 処理することで、伝送路の反射位置を特定できます。DTF 測定は、RF ケーブルやアンテナのトラブルシ ューティングに有効ですが、リターンロス測定の代用にはなりません。DTF 測定は、RF ケーブルのコネクタやねじれ の位置を特定し、予期せぬ反射が存在しないことを確認するために使用します。

初めに、アンテナを接続しない状態で RF ケーブルを試験します。アンテナの代わりに RF ケーブルに 50Ω 終端器を終端します。DTF 測定は、周波数領域で掃引を実施し、IFFT を用いて時間領域に変換します。周波数領域の位相変化を解析して距離情報を導出します。初めに DTF の掃引帯域をアンテナの周波数帯域より広く設定し、RF ケーブルの 50Ω 終端測定を実施してから測定を実施することをお勧めします。DTF の距離範囲と分解能は、掃引範囲とデータポイント数に依存します。ほとんどの場合、試験する RF ケーブルのおおよその長さが分かっているので、**DTF AID** 機能を使って掃引範囲とポイント数を設定します。

S331P、MS2090A を使用して DTF 測定を実施する場合、CAA モードで MEASURE メニュー→MEASUREMENT メ ニュー→DTF Return Loss を選択します。このとき DTF VSWR を選択すると、縦軸がリターンロスではなく VSWR になります。DTF 測定では初めに FREQ/DIST メニュー→DISTANCE メニュー→DTF AID で測定する RF ケーブル の特性を設定します。

**STOP DISTANCE**(停止距離)は、RF ケーブルの推定長より少し長めに設定します。例えば、20m の RF ケーブルを 試験する場合は、25m を **STOP DISTANCE** に設定します。設定可能な距離は、掃引スパンとデータポイント数の設定 により変わります。データポイント数を増加し、掃引スパンを短くすると、より長い RF ケーブルの試験が可能です。

図 13の例では、START FREQUENCY(スタート周波数)を3.7GHz、STOP FREQUENCY(ストップ周波数)を4.2GHz、 DATA POINTS (ポイント数)を259 に設定し、54m までのケーブ試験が可能です。STOP DISTANCE を12m と設 定することで、画面に観察対象のトレースが表示されるようになります。

= ::: 🔯 🔅	a j	۵ 🛪	0	17:06 00 DEC 0000
<	Сла	DISTANCE	8	FREQ/DIST
USB CAA 5331P connected	DTF Info, based on current setup:	DTF AID		
Return Loss	Distance Resolution: 20.990 cm Max Usable Distance: 54.142 m	STOP DISTANCE		AMPLITUDE
	Freq Span: 500 MHz Freq Step: 1.937984 MHz	UNITS Meters	•	MEASURE
Math: None Resum Loss	Hint:	START FREQUEN 3.700000000 GHz	CY	SWEEP
	To increase Max Usable Distance, increase Data Points or decrease Freq Span.	STOP FREQUENC 4.200000000 GHz	Ŷ	LIMIT
Math: None	To improve Distance Resolution, increase Freq Span.	DATA POINTS 259	•	CALIBRATE
Single +		CABLE LIST 123-14FF (FlexForm)		
DATA POINTS 259 -		CABLE LOSS		TRACE
RUN / HOLD Run +		PROP VEL		PRESET
RF IMMUNITY		0.70		FILE

図 13. DTF AID 機能:トレース分解能とレンジ設定の最適化を支援

距離精度、振幅精度には、RF ケーブルの伝搬速度と損失の特性値の適切な設定が必要です。伝搬速度は、真空中の光速 に対する RF ケーブル内の信号速度です。同軸 RF ケーブルの伝搬速度の値は真空中の光速より小さく、例えば、今回の 測定に使用した 123-14FRF ケーブルの伝搬速度係数は 0.70(図 13)です。MS2090A には、CABLE LIST キー下 によく使われている RF ケーブルの設定ライブラリがあります。測定する RF ケーブルがライブラリに含まれていない場 合は、CABLE LOSS キーと PROP VEL キーを押下して値を設定します。

**DTF AID** 機能で DTF 測定条件を設定後、S331P 試験ポートに RF ケーブルを接続して、トレースを表示します。マーカとリミットラインは、"7.1 リターンロス測定"と同じ方法で設定します。信号ピークにマーカを設定してピーク位置までの距離を特定します。最大反射の位置を特定して、その位置情報から原因を調査します。一般的には、コネクタの緩みや損傷、または曲げ半径がタイトなことによる RF ケーブルの外部導体のねじれ等がよくある原因です(図 14)。



図 14. DTF トレース:アンテナとジャンパーRF ケーブルコネクタを表示

RF ケーブル長の測定やアンテナを取り付けた状態での DTF 測定は、DTF 測定の応用例です。

掃引周波数スパンを大きくすることにより、測定分解能が向上します。通常、RF ケーブルのみを試験する場合はこの方 法で問題ありませんが、スパンがアンテナの周波数範囲を超える場合があります。スパンがアンテナの周波数範囲より も広く設定されている場合は、アンテナの反射を観察するときに注意する必要があります。

**MEASURE** メニュー→**DISPLAY LAYOUT**→**HORIZONTAL SPLIT** キーを押下して、リターンロスと DTF を同時に 表示できます。これにより、RF ケーブルとアンテナの性能について全体を把握できます。



図 15. リターンロスと DTF を同時表示

### 8. まとめ

フィールドマスタ プロ MS2090A は、LTE や 5G 基地局の新設をあらゆる面から支援する幅広い測定機能を搭載しています。MS2090A の変調品質測定とカバレッジマッピング測定に加えて、サイトマスタ S331P RF ケーブル・アンテナアナライザの RF ケーブル・アンテナ測定と併用することで、基地局測定に必要なあらゆる測定に対応できます。

関連する Web は下記です

Webページ:エリアには無数の電波—ローカル 5Gのネットワークで直面する課題とは? https://pages.anritsu-jpresponse.com/local5g-lp1.html

Web ページ:フィールドマスタ プロ MS2090A 製品ページ https://www.anritsu.com/ja-jp/test-measurement/products/ms2090a

Webページ:フィールドマスタ プロ MS2090A 製品ページ https://www.anritsu.com/ja-jp/test-measurement/products/s331p



## Advancing beyond

https://www.anritsu.com

アンリツ株式会社

お見積り、ご注文、修理などは、下記までお問い合わせください。 記載事項は、おことわりなしに変更することがあります。

本社 〒243-8555 神奈川県厚木市恩名5-1	-1 TEL 046-223-1111	ご使用の前に取扱説明書をよくお読みのうえ、正しくお使いください。	210
厚木 〒243-0016 神奈川県厚木市田村町8	3-5		
通信計測営業本部	TEL 046-296-1244 FAX 046-296-1239		
通信計測営業本部 営業推進部	TEL 046-296-1208 FAX 046-296-1248		
仙台 〒980-6015 宮城県仙台市青葉区中	央4-6-1 SS30		
通信計測営業本部	TEL 022-266-6134 FAX 022-266-1529		
名古屋〒450-0003 愛知県名古屋市中村区名	名駅南2-14-19 住友生命名古屋ビル		
通信計測営業本部	TEL 052-582-7283 FAX 052-569-1485		
大阪 〒564-0063 大阪府吹田市江坂町1-2	23-101 大同生命江坂ビル		
通信計測営業本部	TEL 06-6338-2800 FAX 06-6338-8118		
福岡 〒812-0004 福岡県福岡市博多区榎日	田1-8-28 ツインスクェア		
通信計測営業本部	TEL 092-471-7656 FAX 092-471-7699		
■カタログのご請求、価格・納期のお問い合わせは	は、下記または営業担当までお問い合わせください。		
通信計測営業本部 営業推進部			
TEL: 0120-133-099 (046-296-1208	8) FAX:046-296-1248		
受付時間/9:00~12:00、13:00~	~17:00、月~金曜日(当社休業日を除く)		
E-mail : SJPost@zy.anritsu.co.jp			
■計測器の使用方法、その他については、下	記までお問い合わせください。		
計測サポートセンター			
TEL: 0120-827-221 (046-296-664	0)		
受付時間/9:00~12:00、13:00~	~17:00、月~金曜日(当社休業日を除く)		
E-mail: MDVPOST@anritsu.com			
■本製品を国外に持ち出すときは、外国為替	および外国貿易法の規定により、日本国政府	の輸出許可または役務取引許可が必要となる場合があります。	
また、米国の輸出管理規則により、日本か	らの再輸出には米国商務省の許可が必要とな	ふる場合がありますので、必ず弊社の営業担当までご連絡ください。	

■このアプリケーションノートの記載内容は2022年 4月 21日現在のものです。