

測定のイロハ(第 16 回)

ケーブル・アンテナ・アナライザ～DTF 測定について

1. DTF 測定とは

DTF (Distance To Fault の略で障害位置検出) 測定とは、無線基地局における基地局無線機出力端からみたアンテナを含む同軸ケーブルのインピーダンス特性不具合が生じている場合、その不具合発生個所の特定診断を行うための解析機能です。

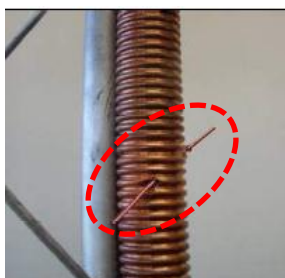
以前 (測定のイロハ : 第 11 回) ご紹介したように、無線機からアンテナまでの間で何らかの要因によりインピーダンス特性が 50Ω からズレを生じると、そのズレの大きさに比例して、アンテナから放射される空中線電力が低下し、通信サービスに重大な障害をきたすことになります。

実際にアンテナ建設の時には正常でも、同軸ケーブルを動物などにかじられたことによるケーブルの劣化、同軸ケーブルのコネクタ接続部での漏水による同軸コネクタの腐食や漏電などによる接触不良、建設時の工事やその後のメンテナンスなどの作業中に、誤って同軸ケーブルに機械的な圧力を掛けて変形させたり異物が刺さったりという想定外の障害が発生する事があります。

この様な場合、通信障害を早期に復旧させるため、早急に不具合箇所の説明、修復を行わなくてはなりません。

<様々な障害要因>

ケーブルへ異物混入

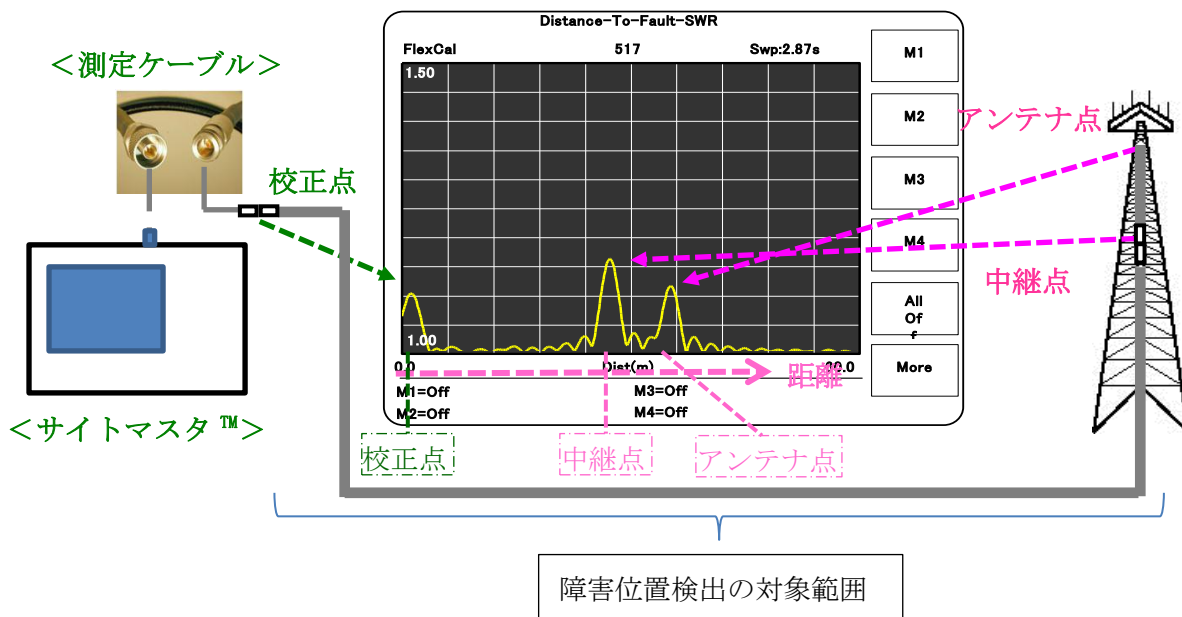


コネクタの劣化(ゆがみ)



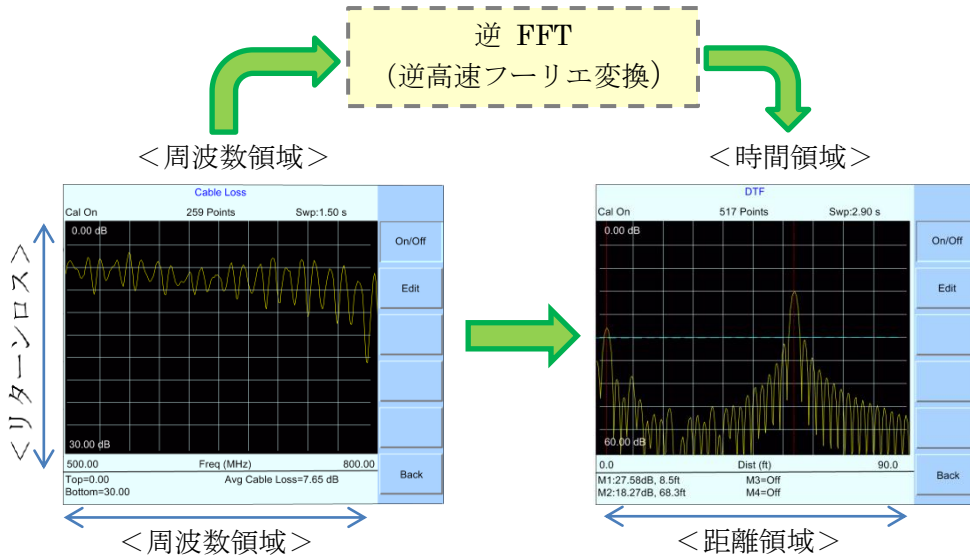
無線機側が正常であることを確認の上、給電同軸ケーブルおよびアンテナのインピーダンス (VSWR または リターンロス) 特性が所定の性能に収まっているかを検証し、インピーダンス特性が規格から外れている場合、ケーブル・アンテナ・アナライザの DTF-VSWR (またはリターンロス) 機能を利用して、インピーダンス特性を乱している障害位置の特定に利用します。次項より測定に関わる仕組みおよび測定に際して必要となる設定情報や解析目的に合わせた適切な測定環境の設定などについて、紹介します。

<DTF VSWR 測定による障害位置解析イメージ図>



2. DTF 測定の仕組み

サイトマスタ (1Port 型 VNA) の測定法は、Frequency Domain (横軸：周波数領域) によるインピーダンス特性を測定するものですが、DTF 測定はその取得した周波数に対応したインピーダンス (VSWR または リターンロス) 特性からインピーダンス特性を乱している (インピーダンスミスマッチを起こしている障害点) 位置からの反射波の時間応答により距離情報を解析する技術により、Frequency Domain である「周波数 vs インピーダンス特性」から Distance Domain (横軸：距離領域) である「距離 vs インピーダンス特性」に変換する事を実施しております。



この技術は、周波数軸上で各周波数による障害点で生じる反射波の大きさを評価した結果から、逆フーリエ変換の解析技術を用いて各周波数に対応した障害点からの反射応答時間を解析する事により、全ての周波数から得られる反射応答時間が共通障害点の距離情報として同一位置からの反射情報として、時間軸を距離軸に変換したグラフ特性として表示するものです。

解析には対象となるケーブルの特性に関する情報がないと障害点までの距離分析とその箇所のインピーダンス特性が正しく表示できません。この情報とは、伝搬速度およびケーブルロスです。

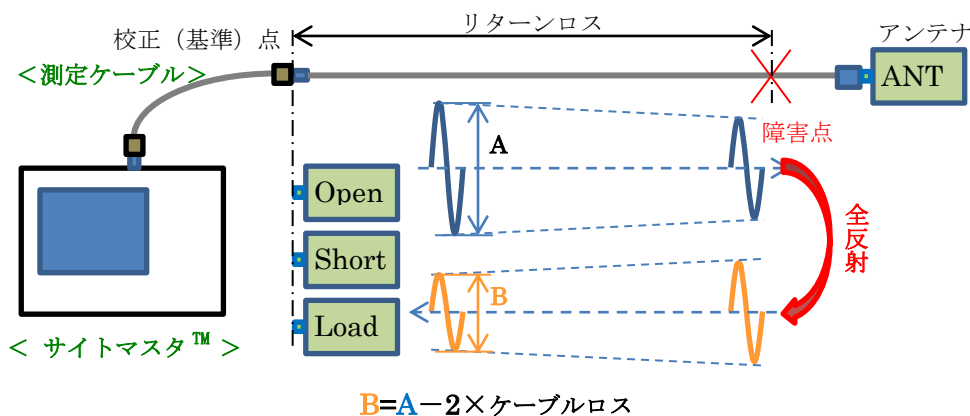
3. 解析に必要な測定対象ケーブルの特性情報

測定対象となる同軸ケーブルの障害点解析を行うには、対象となる同軸ケーブルの性能情報として以下の2つの特性が必要となります。

- ・伝搬速度 (Propagation Velocity : エアの伝搬速度に対して)
- ・ケーブルロス (dB/m)

この2つの情報が正しく入力されていないと、障害位置の距離解析の精度や障害位置のインピーダンス特性の演算にエラーが含まれます。

その背景は、周波数領域におけるインピーダンス特性から距離領域におけるインピーダンス特性に展開する際、真空中 (エア) の光伝搬速度 ($3 \times 10^8 \text{ m/s}$) を基準の「1」として、同軸ケーブルの誘電体による伝搬速度の補正する事で、インピーダンス障害位置 (障害点) までの距離を演算します。



また、ケーブルロス情報が正しく入力されない、障害点のインピーダンス特性が正しく表示できません。これは、測定値には障害点のインピーダンス特性の他に途中のケーブルロス分が加算される為で、その障害点までの距離に比例したケーブルロス分が固定減衰器の役割をし、見かけ上のイン

ピーダンス特性が良い値 (上図の様に A が B の振幅に減衰) を示してしまいます。従って、ケーブルロス分の2倍を補正 (加算) する事で正しい障害点のインピーダンスを表示できる様になります。

4. 距離解析と周波数掃引幅の設定関係

障害箇所の距離解析には、対象となるケーブル等の長さに合った測定環境に設定する必要があります。

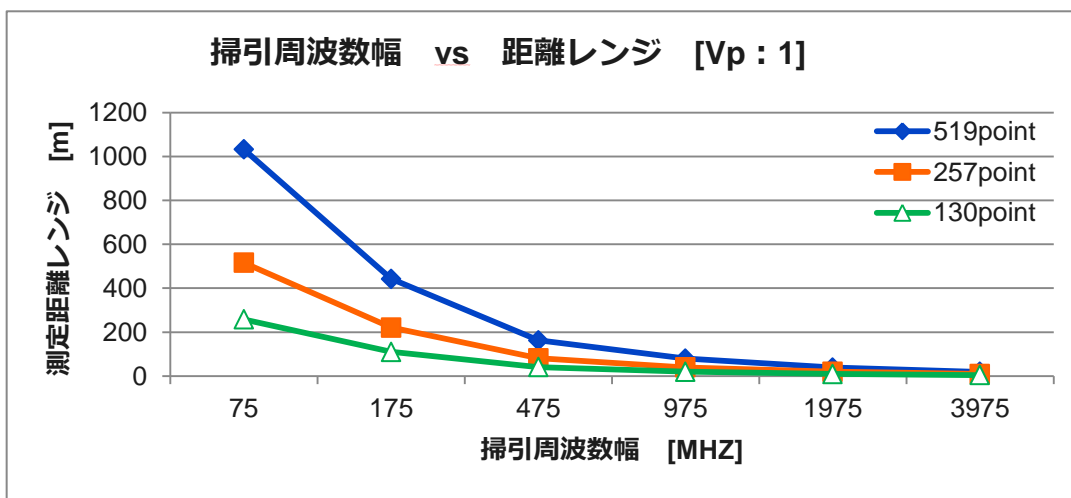
測定環境とは、周波数掃引幅 ($\Delta F = F2 - F1$) となります。

サイトマスタによる DTF 測定の測定距離レンジは以下の計算式の様に、周波数掃引幅、表示データポイント数や対象同軸ケーブルの伝搬速度 (真空時に対して) により、確定されます。

- ・ 距離分解能 (表示上の横軸 1 ステップ当りの距離) = (光の速度 / 2) × $V_p / \Delta F$
- ・ 測定距離レンジ = (データポイント数 - 1) × 距離分解能
- ・ 測定周波数範囲 ΔF = (F2 - F1) ・ ・ F1 : スタート周波数, F2 : ストップ周波数
- ・ 対象同軸ケーブルの伝搬速度 = V_p ・ ・ ・ 真空時の RF 信号の伝搬速度を「1」

となります。

被測定ケーブルの相対伝搬速度: 1 のケース					C: 3.00E+08					
F1	F2	ΔF	V_p	分解能	データポイント	距離レンジ				
[MHz]	[MHz]	[MHz]		[m]		[m]	DP: 259	DP: 130		
25	100	75	1	2	517	1032	516	258		
25	200	175	1	0.857143	517	442.2857	221.1429	110.5714		
25	500	475	1	0.315789	517	162.9474	81.47368	40.73684		
25	1000	975	1	0.153846	517	79.38462	39.69231	19.84615		
25	2000	1975	1	0.075949	517	39.18987	19.59494	9.797468		
25	4000	3975	1	0.037736	517	19.4717	9.735849	4.867925		
100	4000	3900	1	0.038462	517	19.84615	9.923077	4.961538		
1000	4000	3000	1	0.05	517	25.8	12.9	6.45		



5. まとめ

- 1) ケーブル・アンテナ・アナライザは反射特性やケーブルロス特性のみならず障害発生時の解析にも利用できます。
- 2) DTF 機能を応用する事で、敷設されたケーブル長を評価することが出来ます。
- 3) 測定には対象ケーブルの伝搬速度およびケーブルロス (単位長当りの規格値) 情報を入手する事。
- 4) DTF 測定では解析ケーブル長に合った、周波数掃引幅の設定が必要です。(Flex CAL が便利)

※次回はケーブル・アンテナ・アナライザの最終回です。校正の重要性とまとめをご紹介します。

* サイトマスタ™ ケーブル・アンテナ・アナライザの製品紹介へのリンクは [こちら](#)