

# RFL試験（Resistive Fault Location）

絶縁抵抗不良の位置確認

参考ガイド

# 目次

1.絶縁故障位置の測定	3	6.K-テストモード	17
1.1 RFLとは	3	7.ワイヤ間の障害	20
1.2 RFLに関わる潜在的な問題	6	8.RFL 4-Wモード	21
1.3 RFL試験	7	9.ウエット 障害（絶縁障害タイプ	23
1.4 測定の準備	8	10.追記	25
2.絶縁障害	11	10.1 マリーメソッド	25
3.接地不良	12	10.2 RFL測定の設定	26
4.RFL 2-Wモード	13	10.3 試験結果	27
5.接地につながるワイヤ両端に障害	16	smartR	29

# 1. 絶縁故障位置の測定

## 1.1 RFLとは

絶縁不良個所の位置確認(RFL)試験は、高抵抗を特定できる強力な測定です。

通信ケーブルの故障や高抵抗故障は通常、電線を保護するケーブルの絶縁体またはシースの劣化で発生します。ほとんどの場合、水または湿気は絶縁不良が主な原因です。また、通常、人間や動物の干渉によって、水や湿気がまず、ケーブルに侵入します。

不良位置の決定する方法は他にもあります。TDR（時間領域反射率測定）のようなものです。しかし、この測定では、一般的に低抵抗の障害（例： $<100\Omega$ ）のみとなります。

## 通常、3種類の絶縁故障があります：断線・接地・混線

混線：

A/チップとB/リングが共にショートしている状態

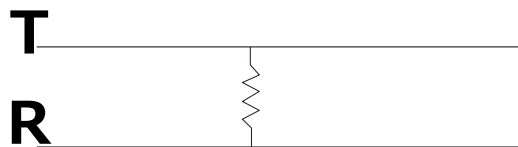


図1. チップとリング間にショート

接地：

A/チップもしくはB/リングが接地（シース）して、ショートしている

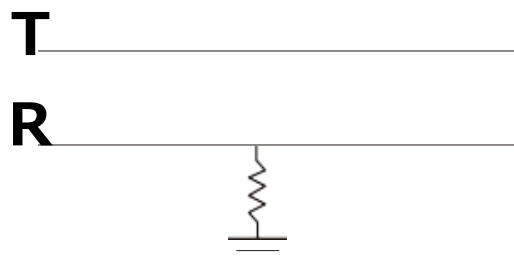


図2. リングとグラウンド間でショート

クロス：

A/チップもしくはB/リングが、電圧（バッテリー）供給している他ペアのB/リングにショートしている。

この場合、絶縁抵抗が発生するだけでなく、電圧が発生。

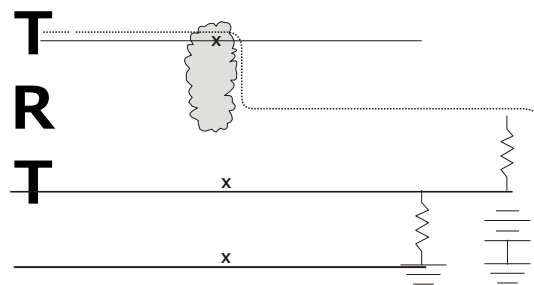


図3. バッテリー クロス

RFL測定では、絶縁故障位置をその強度と共に表示します。これは、回路に電圧を供給して実行され、障害位置での電流と電圧の割合を測定します。一度、測定されると、障害位置までの距離が計算できます。

次の距離が表示されます。

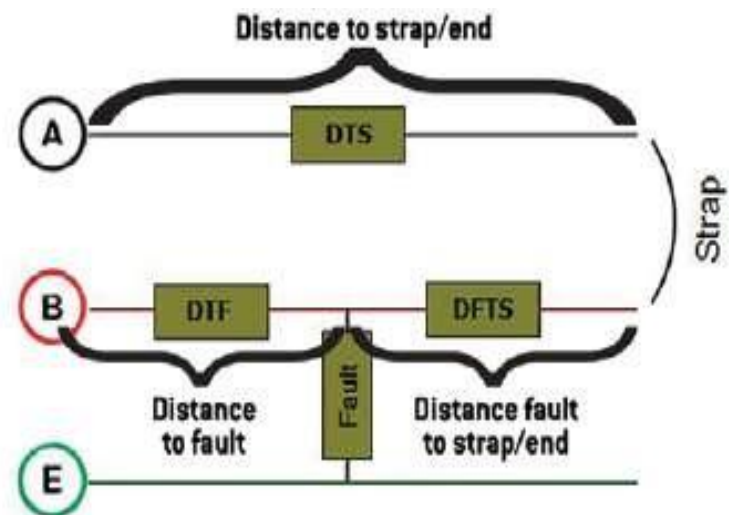
- 終端までの距離(DTS)
- 障害位置までの距離(DTF)
- 障害位置から終端までの距離(DFTS)

さらに、RFL試験では障害位置での抵抗も測定します。

一般的な経験則は次の通り

- > **10MΩ以上**の絶縁抵抗は深刻ではない（30MΩ以上なら、回路は安定して維持）
- > **3.5MΩ～9.9MΩ間**の障害はやや軽めの抵抗。深刻化する前に修繕すべし
- > **3.5MΩ以下**の障害は早急に修繕が必要。顧客サービスに影響する可能性が高い

◎ 会社内で決められたルール・方法・手順にしたがい、作業グループ内でご確認ください



## 1.2 RFLに関わる、潜在的な問題

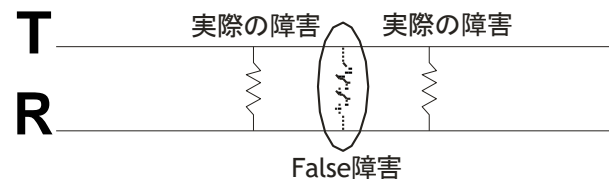
次の問題で、間違った・あるいは断続的なRFL測定（読み取り）が発生する可能性があります。

通常、負荷コイルによって、抵抗/kmによる距離読み込みに抵抗(4~20Ω)が追加されます。EXFO社の負荷コイル探知でどれだけの数の負荷コイルがライン上に存在しているかを調べ、RFLの設定で区間でケーブルを分けていくよう構成を組んでください。（負荷コイルごとに1ケーブル：1章4項測定の準備を参照）。

温度は、ケーブル長を決めるための重要な要因です。（※ケーブルの抵抗は温度で変化する）。温度はケーブル長で変わり、その変化は極端な可能性があります。直射日光を浴びた空中のケーブルは高温の傾向があります。

ブリッジ状のタップに障害があれば、RFL測定はブリッジ状のタップの始まりの場所を表示するだけになります。違うケーブルの規格は違うループ抵抗を持ちます。

RFL測定は、単一の障害を見つけるよう設計されています。複数の障害が存在すると、間違った測定が実施されます。この場合、測定対象のループも、障害位置を絞り込むため、区分化する必要があります。





## 1.3 RFL試験

MAX-600で、RFL試験メニューオプションを選択します。測定結果とフィードバックが表示されます。



測定器には、RFL測定で違う3種類を用意しています。

2ワイヤ、4ワイヤ、Küpfmüller（キュプミュラー）モード（通称Kテスト）

- ＞ 4-Wireは通称“良線と分けてRFL”あるいは“3ポイント”試験
- ＞ Küpfmüller（キュプミュラー）モードはRFL K-テストとも呼ばれる

\* 最高の練習 \*

まず、障害が存在するかどうかを決定する、絶縁抵抗（ストレス/漏れ）試験をケーブルペア上で実施することをお勧めします。MAX-610には、絶縁抵抗試験機能が搭載しており、印加電圧50～500Vで絶縁抵抗試験（メガ試験）が可能です。この試験で潜在的な抵抗障害を示す絶縁破壊の回路を分析します。絶縁抵抗測定値が設定した

閾値よりも高い場合、測定器は回路に問題がないこととRFLが不要で

あることを示します。これで、作業者はネットワークの実際の問題に集中できます。



- ＞ 障害がある（例：<math>< 3.5\text{M}\Omega</math>）時、影響を受けたケーブルを、絶縁抵抗試験は示します。（例：A/T～B/R間）。
- ＞ RFL測定画面では、設備をどのように是正するか・ストラップの接続方法を示します。作業者は正しい試験結果を得るために、正しく試験環境を設定する必要があります。

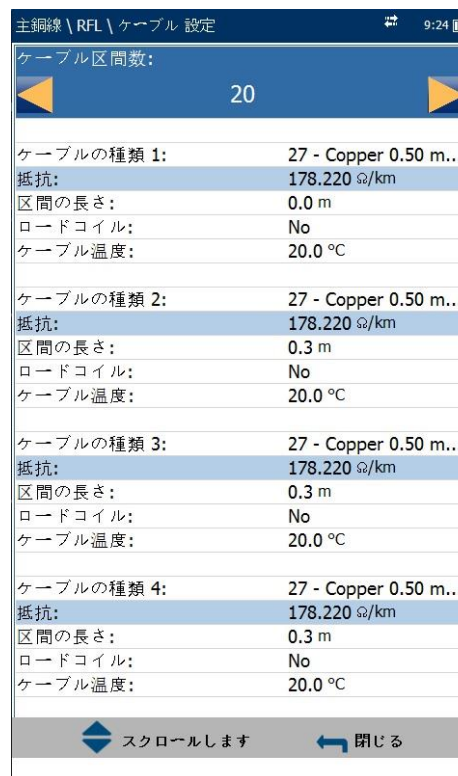
## 1.4 測定の準備

実際のRFL測定を開始前に、作業者はRFL設定に重要な情報を入力する必要があります。

この情報には、

- ・ケーブルの規格
- ・温度（各ケーブル区間での温度）
- ・負荷コイルの有無

を含みます。



ケーブル区間数: 20	
ケーブルの種類 1:	27 - Copper 0.50 m...
抵抗:	178.220 Ω/km
区間の長さ:	0.0 m
ロードコイル:	No
ケーブル温度:	20.0 °C
ケーブルの種類 2:	27 - Copper 0.50 m...
抵抗:	178.220 Ω/km
区間の長さ:	0.3 m
ロードコイル:	No
ケーブル温度:	20.0 °C
ケーブルの種類 3:	27 - Copper 0.50 m...
抵抗:	178.220 Ω/km
区間の長さ:	0.3 m
ロードコイル:	No
ケーブル温度:	20.0 °C
ケーブルの種類 4:	27 - Copper 0.50 m...
抵抗:	178.220 Ω/km
区間の長さ:	0.3 m
ロードコイル:	No
ケーブル温度:	20.0 °C

MAX-600に入力できる情報として、最大20のケーブル区間

※ ケーブル径が混在するケーブルの場合は、各ケーブル径の全長を正確に入力します。正確に入力しないと正確に障害点が測定できません。



## 測定精度の改善方法

測定対象ケーブルの規格を知ることは、測定器に抵抗測定の基礎を提供するために重要です。その値が測定器の既定値と異なる場合にも、抵抗/kmを示すことは重要です。誤った線の規格および/または長さあたりの抵抗値を設定すると、各距離が誤って計算されます。

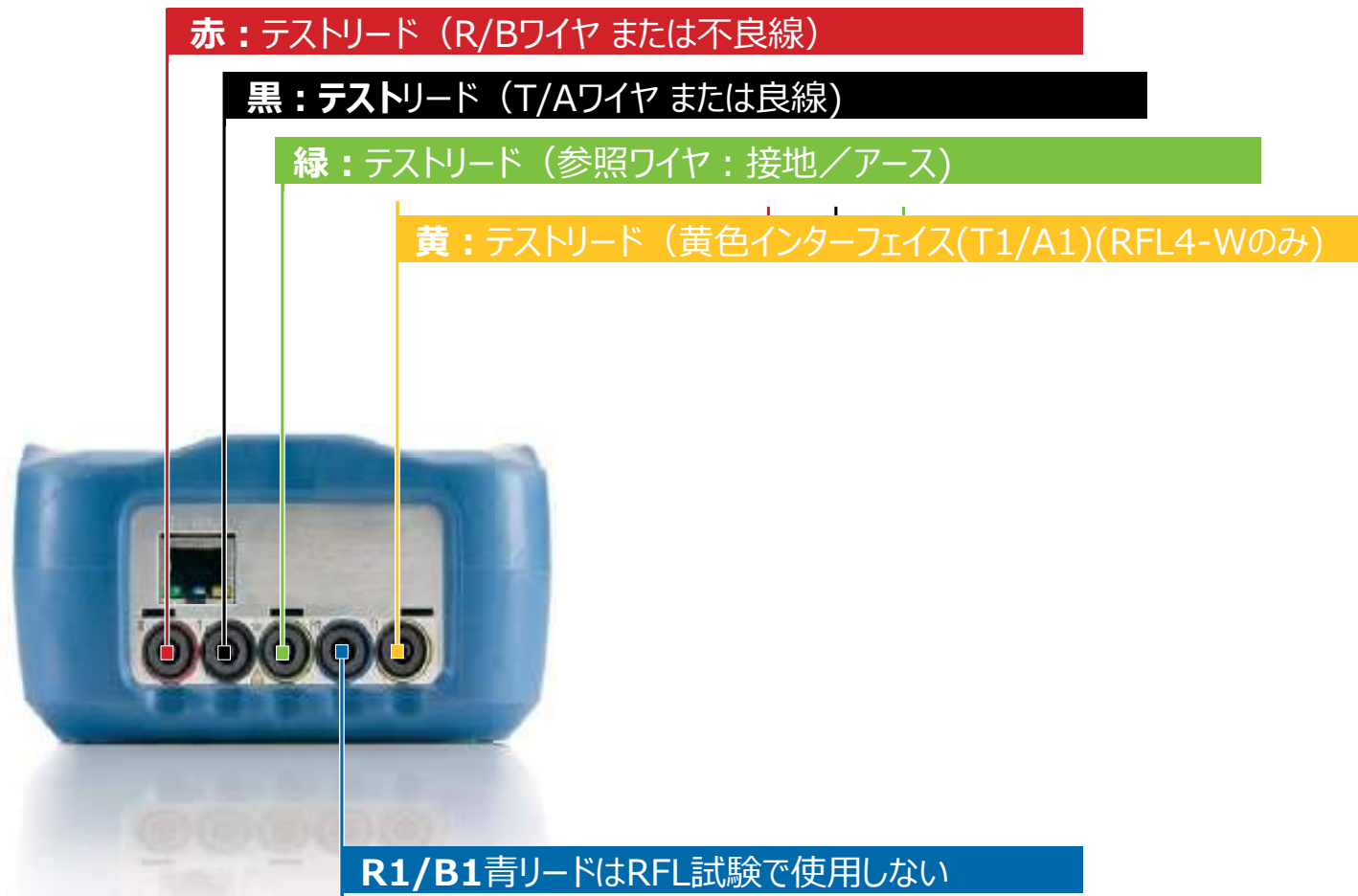
全ケーブル区間の長さや温度を知ることは非常に重要です。温度は抵抗を変化させます。ケーブルが冷えるほど、抵抗が低くなります。熱くなるほど、抵抗が大きくなります。正確な温度設定を使用すると、それぞれの距離を正確に計算できます。

適切な試験設定で、測定器は障害に対する抵抗、障害から端までの抵抗、および端から端までの抵抗を測定します。抵抗/km定数を使用して、障害までの距離、障害から端までの距離、および端までの距離を計算できます。これらの測定と計算により、作業者は深刻な抵抗ケーブル障害の正確な位置を特定できます。

RFL測定では、遠端にストラップが必要です。このストラップは通常、スペアのメタル線を使用するか、テストケーブルキットに付属の特定ケーブルを使用します。また、短絡状態に設定された遠端デバイス(FED: Far End Device)を使用して作成することもできます。高い精度の測定を実施するため、このストラップの抵抗値を非常に低くする必要があります。

## 接続部について

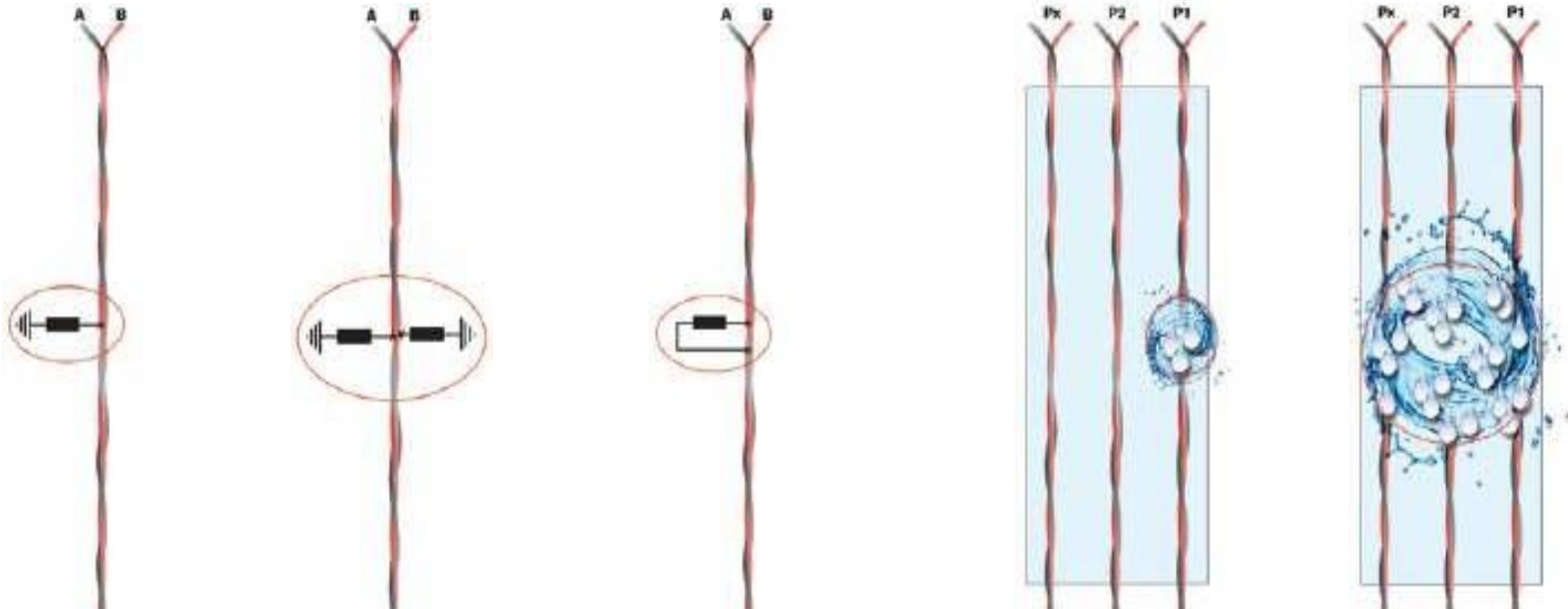
以下のように接続して測定します



# 2. 絶縁障害

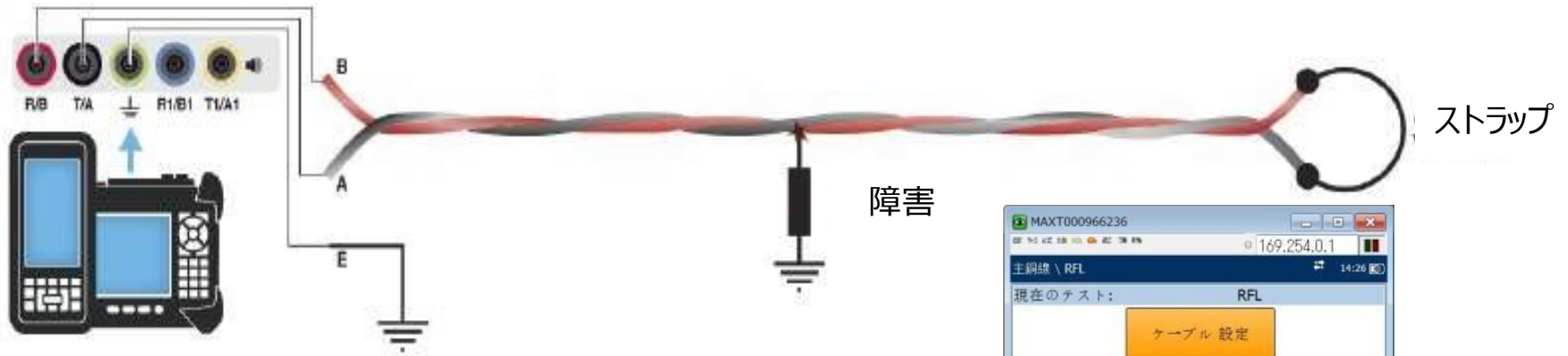
## 一般的な種類

以下の例は、MAX-610で測定された、発生頻度の多い障害・接続例です。



単一ワイヤ絶縁障害	2ワイヤ絶縁障害	絶縁障害に同じペア ワイヤ	部分的浸水 バインダー	完全浸水バインダー
RFL 2-W	K-Test	RFL4-W, TDR	RFL4-W, K-TEST, TDR	TDR, RFL4-Wまたは同様
良線の絶縁抵抗 >1000 X R 抵抗	R抵抗1 > 2x R抵抗2 R抵抗1+R抵抗2 > 100X ループ	良線ペアの絶縁抵抗 >1000 X R抵抗 R抵抗が100Ωより少なければ TDRで測定可	良線ペアの絶縁抵抗 >1000 X R抵抗	分離・良線・乾燥していれば、 よい結果をもたらす

# 3. 接地不良

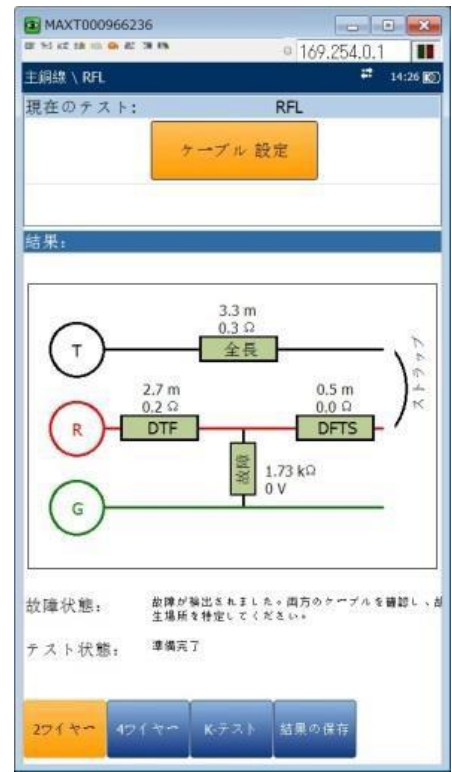


障害の単一点：マーラー方法、RFL 2-W

2本の線を使った方法で、1か所の障害が存在すること、ケーブルコンダクタに均一の抵抗がユニット長に対して存在すると仮定します。

障害の接触は接地への短絡か、他ペアのB/リングへの短絡の可能性がります。

\* マリーメソッドの詳細はP.25を参照



# 4 .RFL 2 -Wモード

## 例：1本のワイヤと接地間に150m位置にある絶縁障害

絶縁試験では、**黒色**テストリード（**T/A**）に接続されたワイヤ上に抵抗の障害があるかを示します。

しかし、**赤色**テストリード（**R/B**）に接続されたワイヤは非常に良いです。

よって、このワイヤでは、RFL試験中に良線として使用することができます。

あるいはケーブルバンドル内のスペアワイヤとしても結構です。分かれたスペアワイヤを使うと、試験上のペアとして、そのワイヤは同じ長さ・同じ仕様が必要になります。そうでなければ、精度に問題が出てきます。



ペア	抵抗	印加カウンタ (秒)	P/F
T/A	≥1 GΩ	5	✓
R/B	5.20 kΩ	5	✓
T/A	≥1 GΩ	5	✓
R/B	≥1 GΩ	5	✓

## RFL2-W 試験

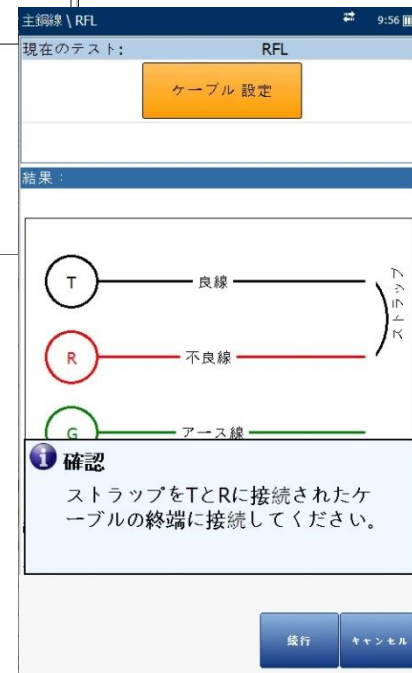
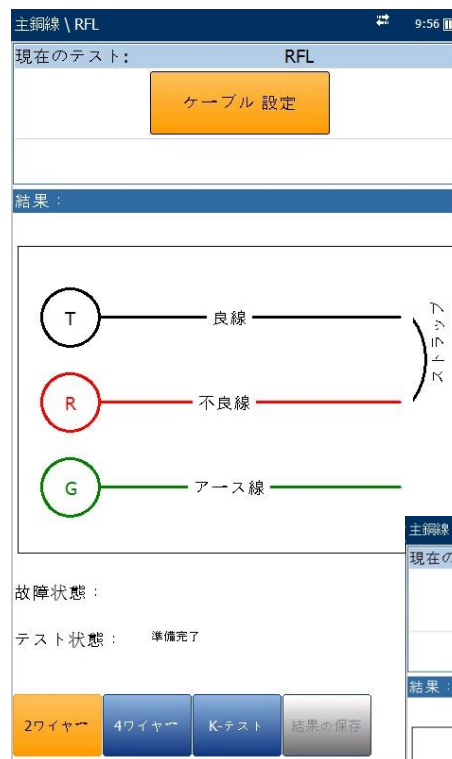
試験を実行するため、次の手順で進めてください

絶縁試験中、**赤色**テストリード(**R/B**)を接続したワイヤが良い絶縁を示しています。

メタル線ペアからこのワイヤを**黒色**テストリード(**T/A**)に接続し、不良ワイヤを**赤色**テストリード(**R/B**)に接続します。

**緑色**テストリード (MAX-600の接地インターフェイス) を接地に繋がります

良線と不良線の間をストラップし、試験を開始します。



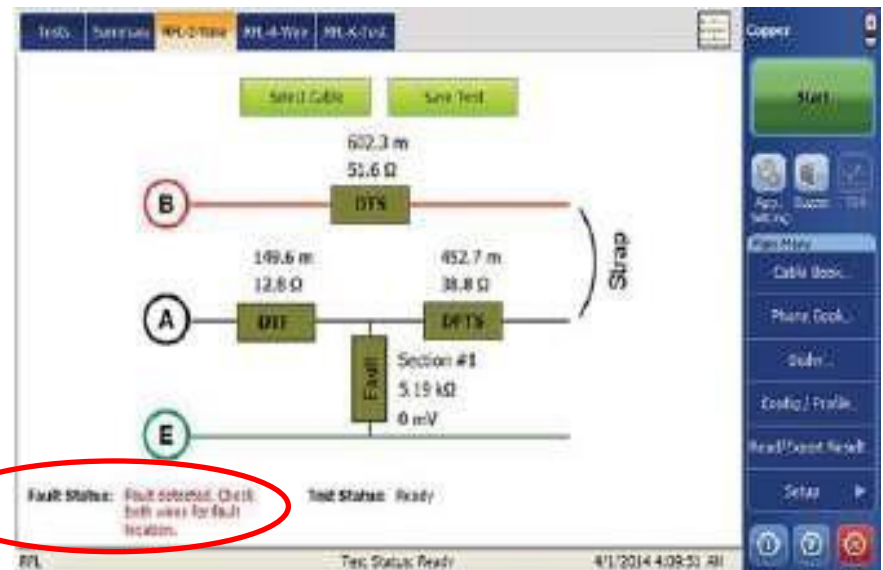


## RFL2-W 結果

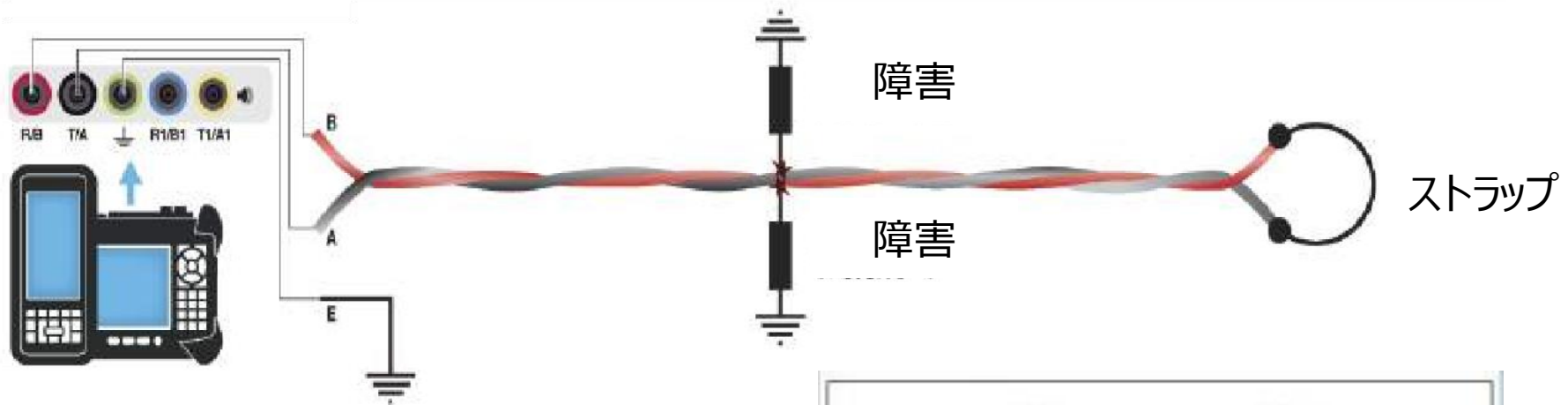
RFLの回路図が考慮されない場合、不良線は**黒色**テストリード(**T/A**)に、良線は**赤色**テストリード (**R/B**) に接続しています。

もし、このようなことが発生した場合、次の障害状態を示します。

その障害はT/Aテストリードに接続したワイヤ上に存在します。



# 5. 接地につながるワイヤ両端に障害



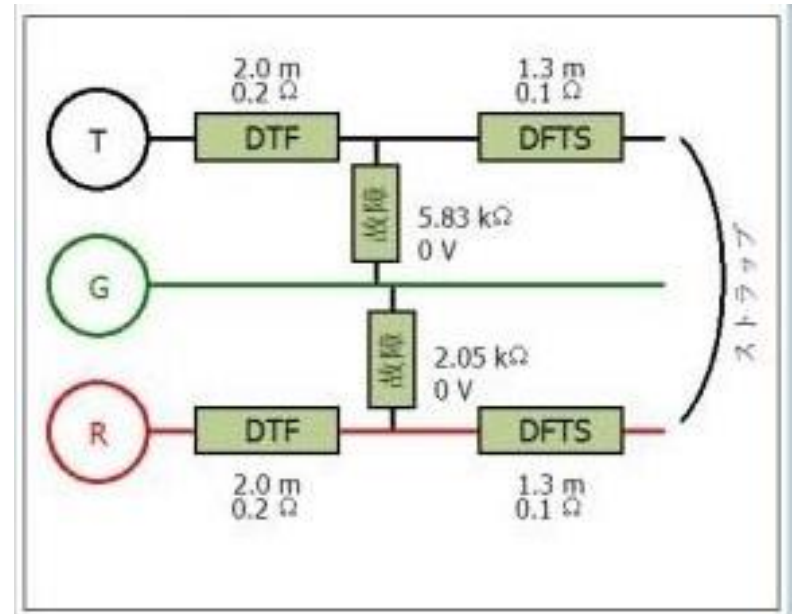
複数の障害点：キューミュラーメソッド（Kテスト）

Kテストで構成される2つの測定：

- > 1. オープンの遠端
- > 1. ストラップ付の遠端

Kテストの仮定は次の通りです：

- > 障害 1 の抵抗値 > 2 × 障害 2 の抵抗値
- > 障害 1 の抵抗値 + 障害 2 の抵抗値 > 100X ループ



# 6. Kテストモード

## 例：T/AとR/Bワイヤ 接地間抵抗

同じペアの両ワイヤに接地間抵抗の障害があり、二つの障害が少なくとももう片方の障害の2倍の大きさの場合、通常の2ワイヤ・4ワイヤのRFL試験が機能しません。

そのような特殊な条件ではキューブミューラーメソッド（Kテスト）が必要です。



# Kテスト

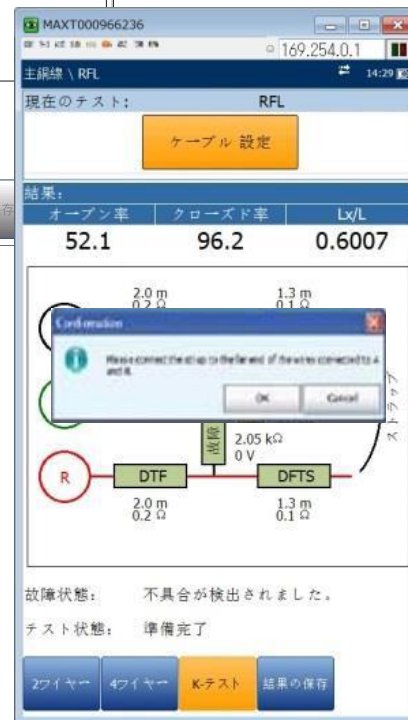
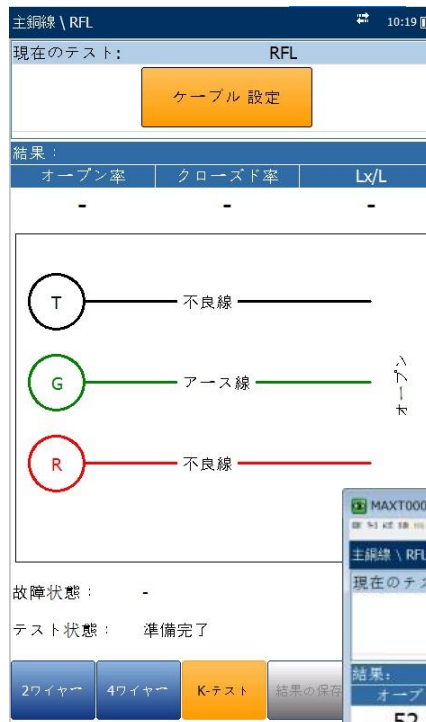
試験を実施するため、次の手順を実施します。

- 1) ペアの不良線のひとつを黒色テストリード(T/A)に、もう片方を赤色テストリード(R/B)に接続します
- 2) 緑色テストリードを接地に繋げ、試験開始。

この自動試験は2パートに分かれています。

- ・試験の最初、ペアの遠端はオープンのまま。
- ・次の間、遠端で短絡が出来ているはず。

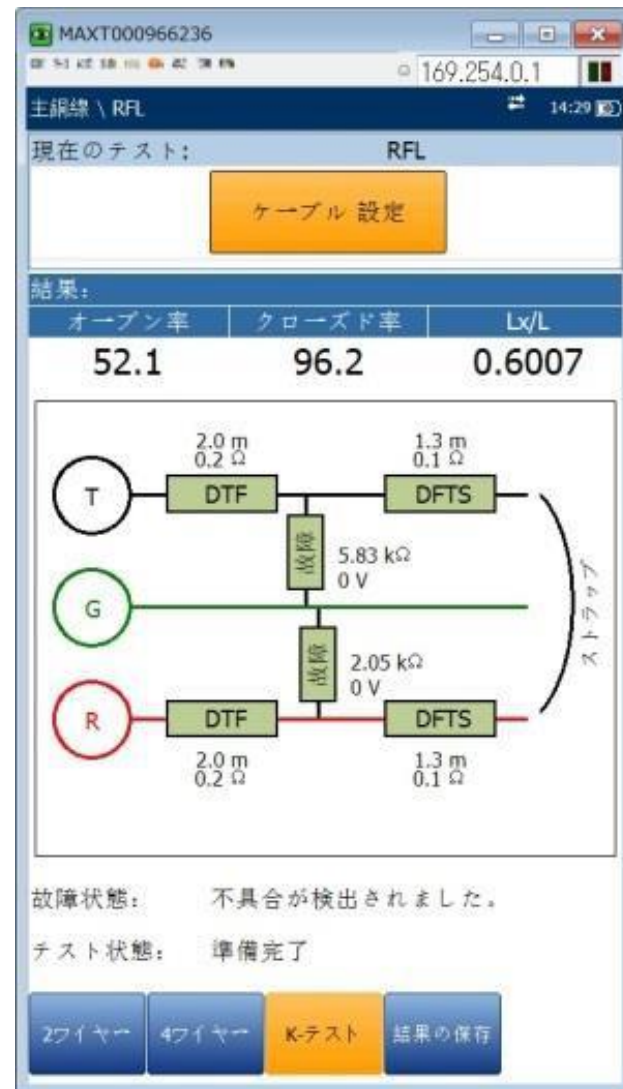
測定器は遠端のペアはオープンである仮定で、最初の試験を実施します。次に作業者が遠端の2本の不良線間にストラップを付けることを仮定します。完了次第、作業者はOKボタンを押す必要があります。



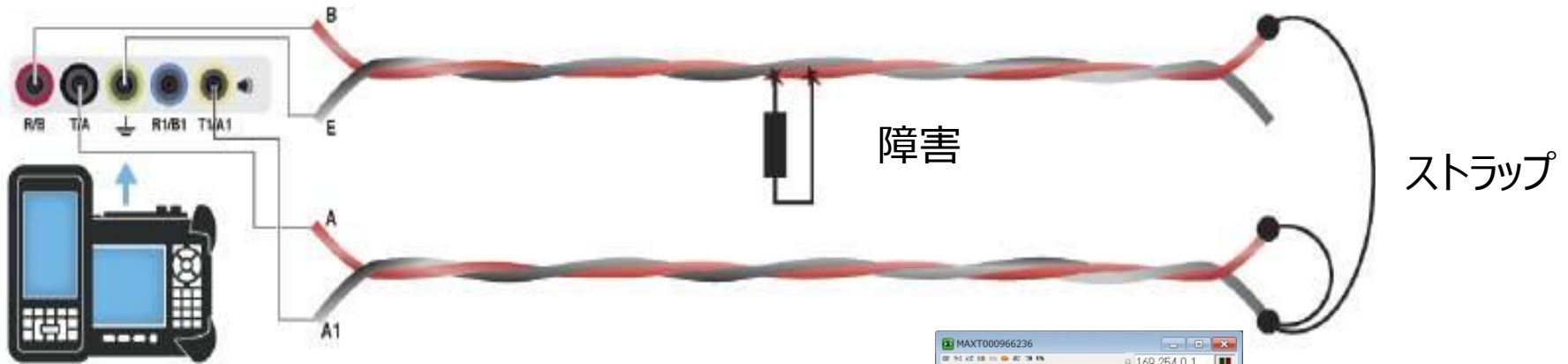
## RFL Kテスト 結果

試験結果は2つの接地障害で構成され、障害位置及びストラップまでの距離も同様です。

(※RFL測定 of 2/4ワイヤ試験と同じ)



# 7. ワイヤ間の障害



同じペアワイヤにある絶縁障害：RFL 4-W

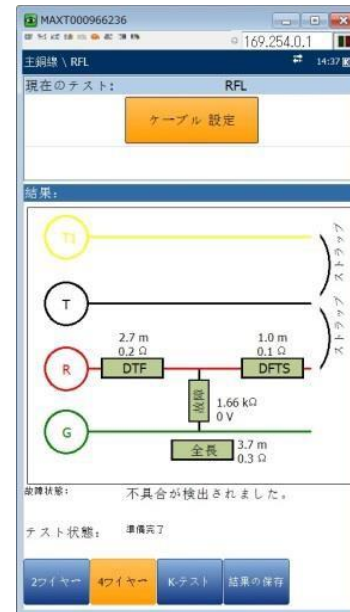
良い状態の分離したペアの絶縁抵抗：

> 1000X 障害抵抗値

良い状態の分離したペアの両端は障害のあるペア上に

1本のワイヤを接続しなければいけません。

良い状態の分離したペアは、障害のあるペアと比較して違う抵抗値/仕様の可能性があります。





# 8.RFL 4-Wモード

## 例：T/A～R/Bワイヤ間で150m位置にある短絡

### 絶縁試験

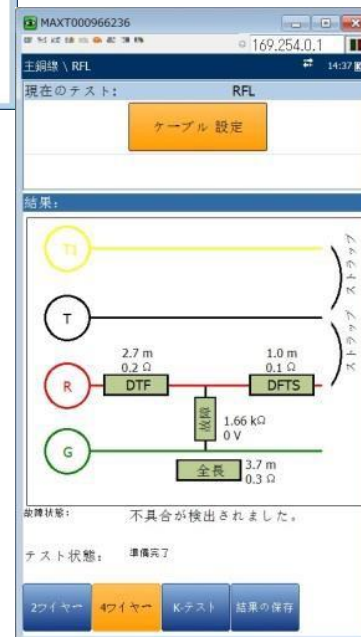
絶縁試験では、短絡がメタルパの両端間にあると明確に示します。したがって、どのワイヤでも良線同様に使うことが出来ません。この場合、最善の練習として、良線としてスペアのケーブルを使うことを推奨します。

### RFL4-W 試験

試験を実施するため、次の手順で進めます。

1) 2本のワイヤ間にある短絡には、最初のスペアの良線が**黒色**テストリード (T/A)、二つ目のスペアの良線を**黄色**テストリード (T1/A1) に接続する必要があります。

2) 不良線の一つが**赤色**テストリード (R/B)に、もう片方が**緑色**テストリードに接続します。その際、ストラップを2本の良線と不良線の端末につけなければいけません。



## 備考

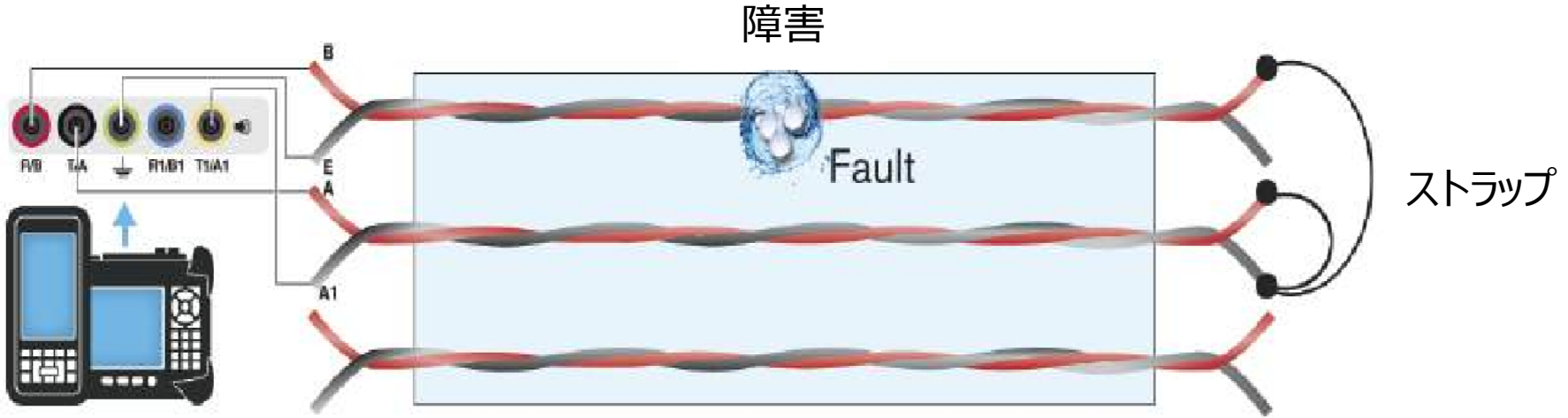
RFL 4-W 試験はワイヤの接地不良の測定精度を改善するために使われます。なぜなら、この方法はワイヤ自体の品質にあまり左右されないからです。

RFL2-W試験で、良線は試験下のペアと同じ長さ・同じ仕様であることを求められ、そうでなければ、精度が悪くなります。

ワイヤ～接地間の抵抗障害のため、障害ペアから良線を**黒色**テストリード(**T/A**)に、スペアの良線は**黄色**テストリード(**T1/A1**)に接続します。不良線を**赤色**テストリード(**R/B**)に、**緑色**テストリードを接地に接続させます。

次に、2本の良線と1本の不良線間の端末にストラップを付け、試験を開始します。

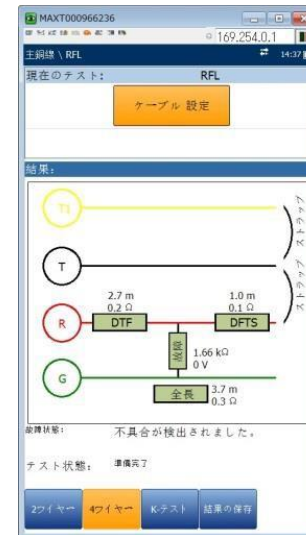
# 9. ウェット障害 (絶縁障害タイプ)



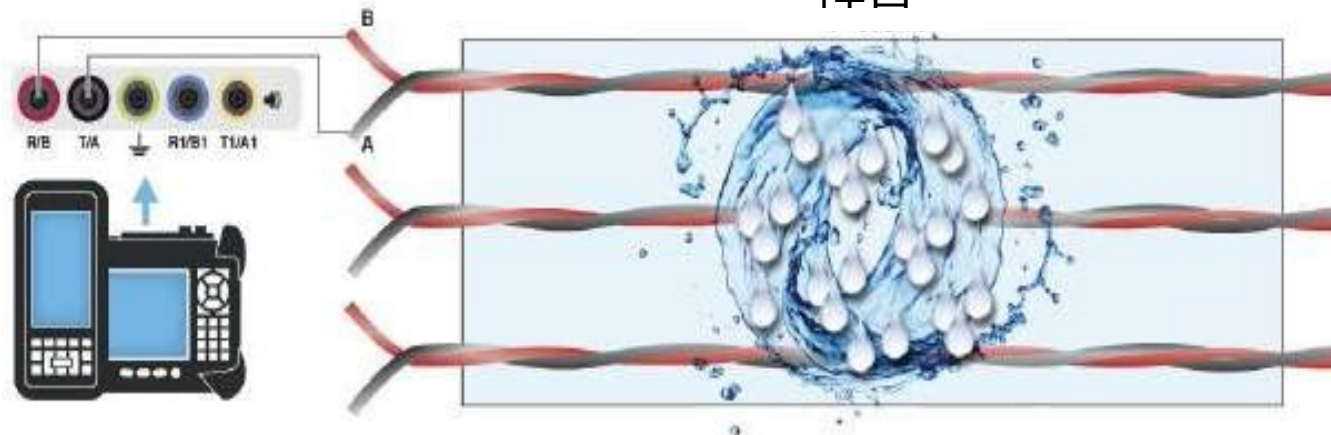
部分的浸水バインダー : RFL 4-W

良い状態で分離したペアを使い、水あるいは霧で発生した障害位置を特定します。

障害の深刻さによっては、TDRを代案として使用することも可能です。



## 障害



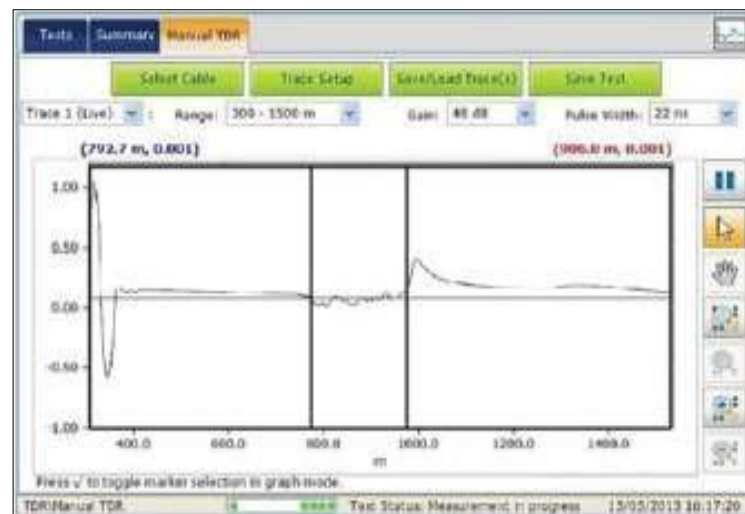
完全浸水バインダー：TDR

障害が深刻な場合、TDRの精度に影響を及ぼす可能性があります。

この図では、浸水したケーブルがオープン回路の状態にあることを描写しています。水の部分がケーブルを通じてあらゆるところに現れています。

一般的には、ノイズの反射は水のサインです。高い精度のためには、可能な限り、分離をきちんとして、乾燥したペアと、RFL4-Wモードをご使用ください。

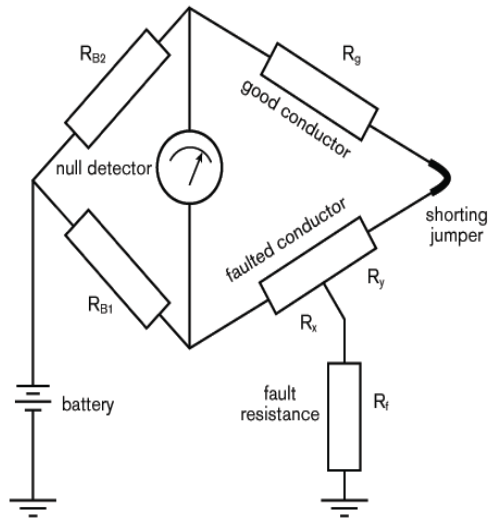
(8章を参照)



# 10. 追記

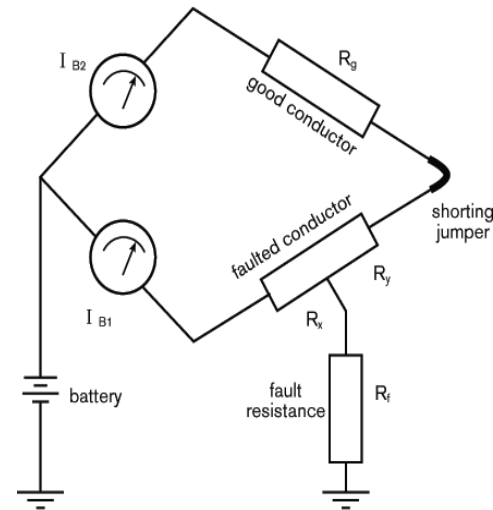
## 10.1 マレー法

RFLの測定器はマレーブリッジのコンセプトに基づいています。それは、ブリッジの図式の中で、回路は電流もしくは電圧を測定するということです。このメソッドの実際のアプリケーションは試験セットごとに異なりますが、基本ルールと仮定は同じままです。主要な仮定として、同じペアの2本の線のkmあたりの抵抗値は同一であり、不良線だけがあるということです。



### パッシブ

パッシブ方式では、NULL（ゼロ）検出器の適切なゼロ取得のため、手動でのブリッジバランスングが必要です。



### アクティブ

アクティブ方式では、日常作業向けでより実用的です。RFL 2-Wモードは、こちらに類似しています。

## 10.2 RFL測定の設定

複数の区間では、どの区間に障害があるのか、より正確に表示するため、各区間の設定が可能です。

主銅線 \ RFL \ ケーブル 設定 9:24

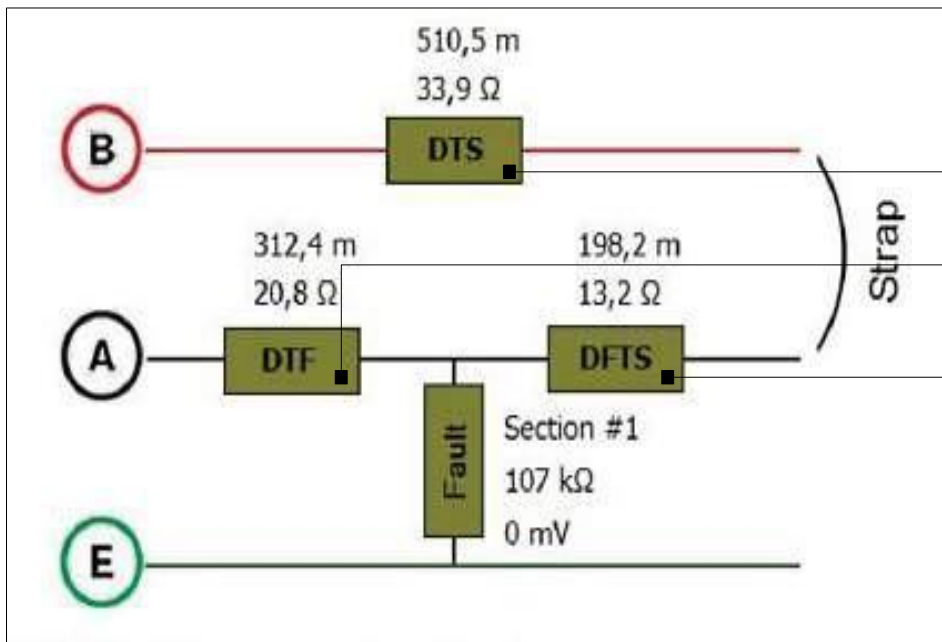
ケーブル区間数: 20

ケーブルの種類 1:	27 - Copper 0.50 m...
抵抗:	178.220 $\Omega$ /km
区間の長さ:	0.0 m
ロードコイル:	No
ケーブル温度:	20.0 °C
ケーブルの種類 2:	27 - Copper 0.50 m...
抵抗:	178.220 $\Omega$ /km
区間の長さ:	0.3 m
ロードコイル:	No
ケーブル温度:	20.0 °C
ケーブルの種類 3:	27 - Copper 0.50 m...
抵抗:	178.220 $\Omega$ /km
区間の長さ:	0.3 m
ロードコイル:	No
ケーブル温度:	20.0 °C
ケーブルの種類 4:	27 - Copper 0.50 m...
抵抗:	178.220 $\Omega$ /km
区間の長さ:	0.3 m
ロードコイル:	No
ケーブル温度:	20.0 °C

スクロールします 閉じる



## 10.3 試験結果



**DTS : Distance To Strap**  
ストラップまでの距離(全長)

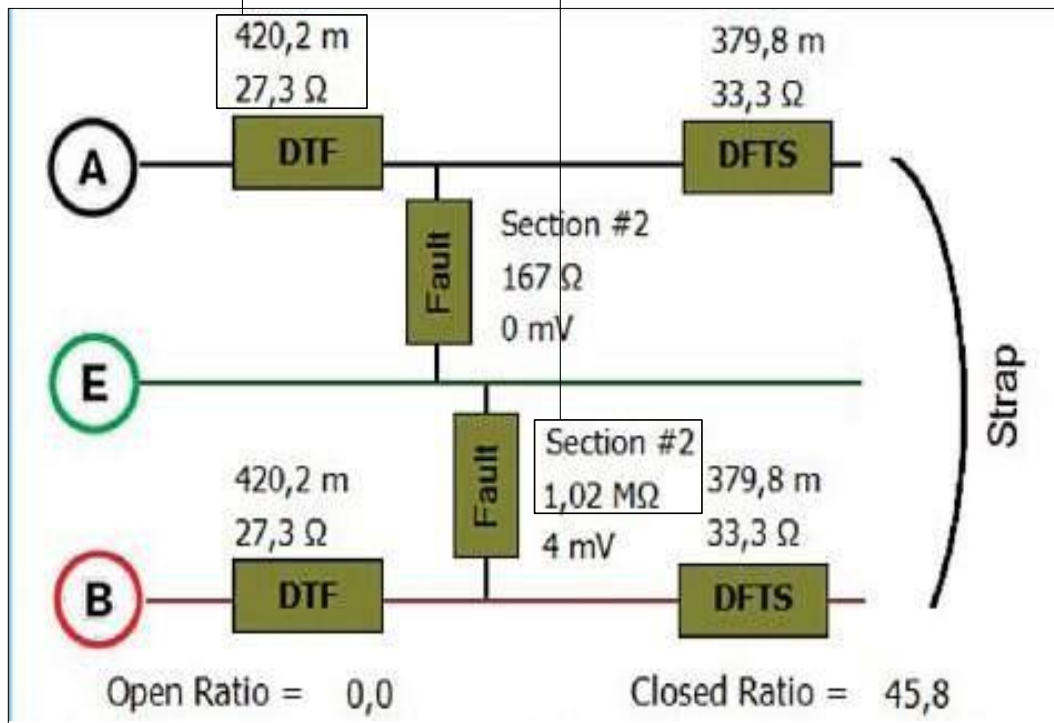
**DTF : Distance To Fault**  
障害までの距離

**DFTS : Distance Fault To Strap**  
障害点からストラップまでの距離

# 試験結果例：

各線からの障害までの距離をm表示  
 各線からの障害までの抵抗をΩ表示

複数区間の場合、  
障害のある区間を表示



# smart R™ メタル試験がより簡単に

## smart R™は何？

EXFO社のsmartR™ 技術でユニークな試験アプローチが可能になります。スマートで自動化されたメタル障害分析を提供、グラフィックの結果と分かりやすい言葉での解釈を強化しています。この仕様の設定で、自動的にメタル試験は実施され、試験結果を分析、色を付けたコードの結果で合格/不合格の状態を表示します。

smartR™の強力なアルゴリズムで、潜在的にサービスに影響を及ぼす障害を正確に位置付けすることができます。smartR は、従来の手法と比較して、メタルケーブルのトラブルシューティングをより速く・よりシンプルにしています。最終的に、高度なマルチプレイサービスを自信を持って効率的に展開し、大幅なコストと時間の節約を実現できます。

- 回路障害の判定をスピードアップ
- 作業者が以前の技術レベルを超えて試験実行できる
- 均一で反復可能な方法を実装



SmartR™ ペア 探知



SmartR™ フォルトマップ

# RFL測定の注意点

## ● 2ワイヤー/4ワイヤー測定

- 良線の絶縁抵抗値 > 不良線の絶縁抵抗値の1000倍

## ● K-テスト測定

- 不良線の絶縁抵抗値1 > 不良線の絶縁抵抗値2の2倍
- 不良線の絶縁抵抗値1 + 不良線の絶縁抵抗値2 > ループ抵抗の100倍
- 不良線2本をオープンで試験(数十秒) + 不良線2本をループで試験(数十秒)

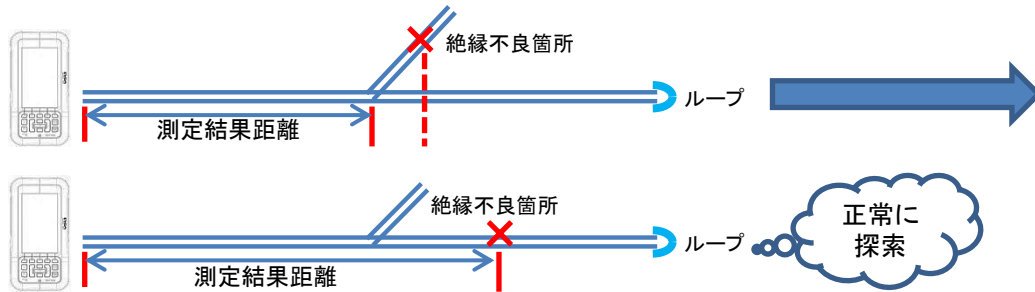
## ● 共通事項

- 絶縁抵抗値が20MΩ以上の場合は測定不可
- 測定完了後、画面右下のメッセージが『不良が発見されませんでした』のようなコメントが表示された場合は、表示された故障個所の距離は、正しくない。(再測定が必要)
- 線種(ケーブル径)が1種である場合は、初期設定で線種のみ選択で距離入力が必要なし。
- ケーブルの温度は重要である。外気温でなくケーブル自体の温度を入力する。
- 線種が複数混在する場合は、必ず各区間の正確な距離を入力する必要がある。
- 回線内に分岐があり、また分岐側に絶縁不良個所が存在する場合は、本線(ループ側)から伸びた分岐地点の距離に故障個所が表示される。

## ≪ RFL測定の注意点 ≫

### ① 分岐がある線路での絶縁故障位置の測定結果

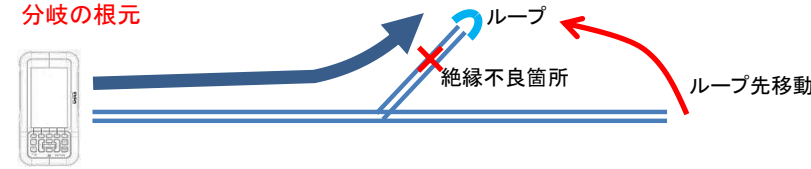
故障点が分岐の先にある場合は、測定結果が分岐までの距離を表示する。



### ★解決法★

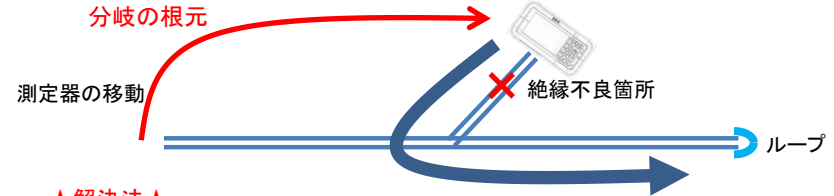
その1: ループを分岐の末端に移動して測定 (ループの移動)

⇒ 故障点の距離が変わった場合は分岐の線路上。変わらない場合は、分岐の根元



その2: ループを元に戻し測定器を分岐の末端に移動して測定 (測定器の移動)

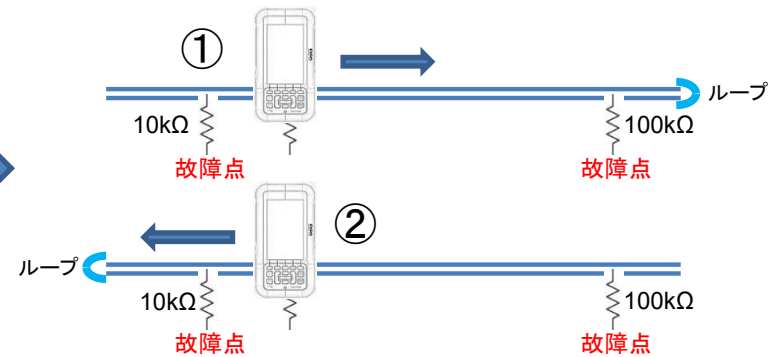
⇒ 故障点が分岐線路側にあれば、故障点は分岐線路上。変わらない場合は、分岐の根元



### ★解決法★

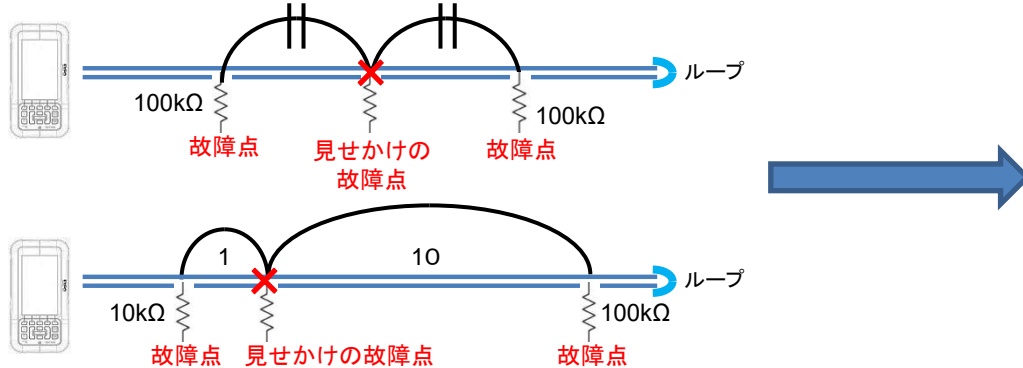
1 見せかけの故障点に測定器を移動してRFL測定を実行

2 始めに測定器を接続した箇所でもループし、反対方向にRFL測定を実行



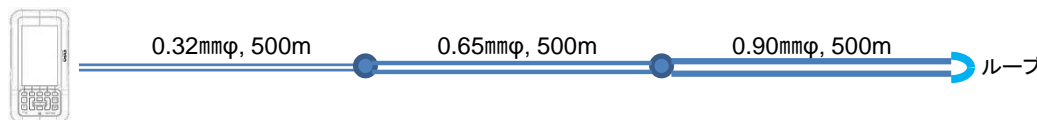
### ② 複数の故障点がある線路での絶縁故障位置の測定結果

測定結果は複数の故障点の間にあるように表示される。(見かけの故障位置)  
見かけの故障位置は、絶縁抵抗の低い方に近づく。



### ③ 複数の心線径の回線が接続されている場合

最大20区間まで心線径と区間長を入力することにより測定できる。



区間情報(下記情報を登録)

区間#1: 0.32mmφ 500m

区間#2: 0.65mmφ 500m

区間#3: 0.90mmφ 500m