

ミリ波コネクタの手入れ

ミリ波帯(26GHz~70GHz)のコネクタ、アダプタや標準器は大変高価です。全てのコネクタは磨耗しますが、適切に取り扱えば、確度、再現性、寿命を最大にできます。

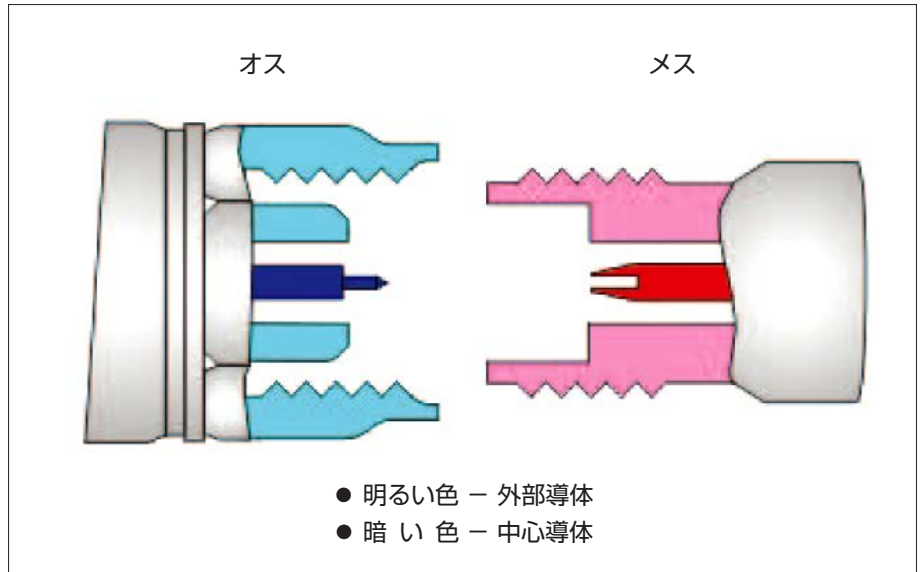
コネクタの構造

コネクタの断面図

右図は代表的な空気を誘電体とするコネクタの主要な部分を示す断面図です。

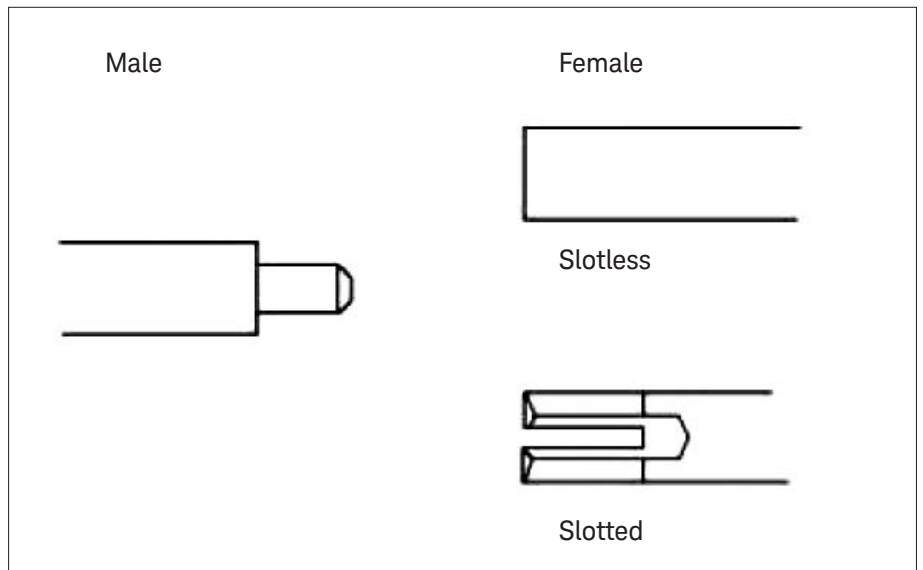
注釈:

- 測定の基準は外部導体の接合面で定義されます。
- 空気の誘電体の直径は各コネクタの太さで決められます。
- 重要：コネクタを締め付ける際には、オスのコネクタの外部ナットのみを回転させ、コネクタを回転させないでください。コネクタを回転させると、中心導体が破壊される可能性があります。



オスとメスの中心のコネクタ

オスの中心導体は挿入を容易できるように先端が少し細くなっています。また、これらの寸法(精密なオスのコネクタ)は高品質を維持するため厳密に管理されています。



メスの中心導体には、スロットタイプとスロットレスタイプの2種類があります。

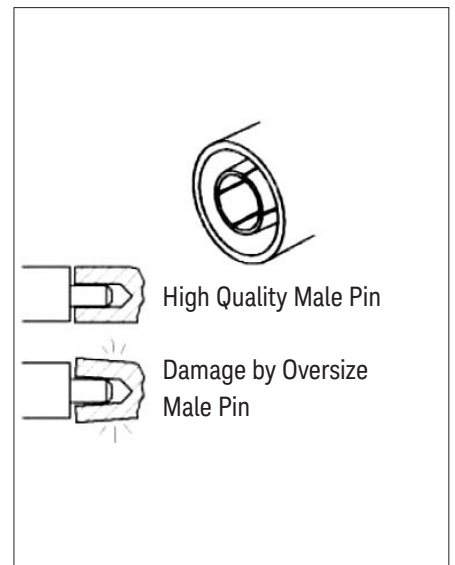
スロットタイプのメスコネクタ

スロットタイプのメスの中心導体はオスのピンが挿入されたときに広がるように“スプリング”がセットされています。メスのスプリングはオスのピンの直径により広がります。

メスの中心導体の外径はオスのピンの太さによって変わり、特性インピーダンスが変化するため、このタイプのメスコネクタは高い精度が要求されているテストポートには適していません。例えば、校正用標準器のオスのピンが精密な太さである時、接

続のインピーダンスは正確に既知です。しかし、被試験器が接続された時、そのオスのピンはその標準器のコネクタと同じ太さではない可能性があり、それゆえ接触時のインピーダンスは異なる可能性があります。これは測定のトレーサビリティを制限し、不確かさを増やすこととなります。

またスロットタイプのメスコネクタは、弾力性のために、再現性がスロットレスタイプより良くありません。これは材料がある記憶機能(塑性変形)を持つためです。一度異なる太さのオスのピンが挿入され、変形されると、スプリングは元の直径には完全には戻りません。

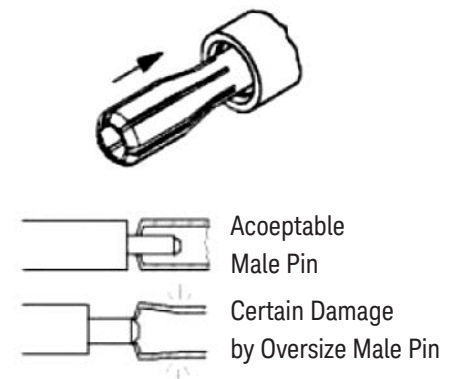


精密スロットレスタイプ・コンタクト(PSC)

PSCは精密に機械加工され、内部コンタクトを取替えることができます。内部コンタクトのスプリングは管状の内部導体で制限されています。そのためオスの直径が許容範囲内であれば、メスの中心導体の外径の変化を伴わないで適切な接続ができます。この設計の優位性は、オスの直径の広い範囲で接続のインピーダンスが変化しないことです。

このコネクタは、かなり高価であるために、最良の精度や完全なトレーサビリティが要求される場合のみに使用されるべきです。

ここでは、PSC 3.5 mmとPSC 2.4mmコネクタを対象としています。



特性インピーダンスと周波数範囲

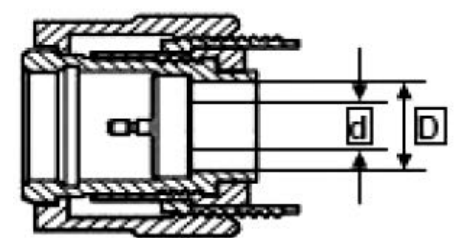
特性インピーダンスと周波数範囲はコネクタの寸法によって決まります。

特性インピーダンス(Z0):ごく単純な項目で、D/dの比率でのみコネクタの特性インピーダンスが決まります。そのため、これらの寸法の精度がコネクタのインピーダンスの精度を決めることとなります。

周波数範囲:伝送線の実際のインピーダンス、誘電体の特性、ピンの寸法などで決まります。

GHzでの周波数範囲では、120を外部導体の内径(mm)で割った式で代用できます。一般的に、導体の断面が大きくなる程、周波数範囲が制限されます。

例:120 / 3.5 mm = 34 GHz


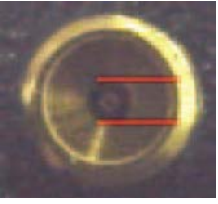
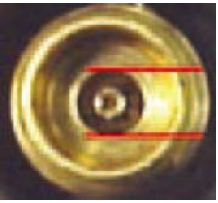

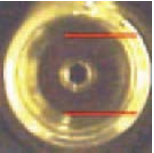
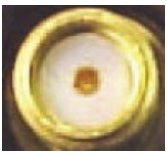


D=外部導体の内径
d=中心導体の外径

接続可能なタイプ

次表はミリ波コネクタのいくつかタイプです。さらに、それぞれのコネクタに、3つの等級が通常用意されています。ここでの目的は不適当なコネクタへの接続を回避するためにコネクタ・タイプと等級を見分ける情報を提供することです。

最初の5つのコネクタ・タイプは空気の誘電体を使っています。その誘電体の直径はコネクタに付けられた名前で見分けることができます。さらに注釈を参照すれば、容易にこれらのコネクタ・タイプを見分けることができます。

コネクタ・タイプ	周波数範囲	接続の可能なタイプ	注 釈
 1.0 mm	~110 GHz	1.0 mm	これらの下のどれよりも非常に小さいコネクタ。
 1.85 mm	~70 GHz	2.4 mm	1.85mmコネクタは、キーサイトで作られていて、1.85mmと2.4mmの2つのコネクタ・タイプを区別するためオスのナットとメスの肩に溝があります。 これらの2つのコネクタの外側のねじはSMA、3.5mmと2.92mmより大きい。 これは、測定基準面で外部導体の接触する表面積が相対的に小さい空気の誘電体の断面と比較してなおさら大きく見えます。
 2.4 mm	~50 GHz	1.85 mm	
 2.92 mm	~40 GHz	3.5 mmとSMA	これらの2つのコネクタは同じセンタ・ピンを使用。
 3.5 mm	~34 GHz	2.92 mmとSMA	
 SMA	~24 GHz	2.92 mmと3.5 mm	誘電体としてPTFE*を使用。 * ポリテトラフルオロエチレン(PTFE)。デュポン社のテフロンPTFEが良く知られる。

注釈:

SMAコネクタは低価格ですが、品質は良くありません。また、他の(精密な)コネクタと接続すると磨耗を大きくする原因にもなります。

SMAコネクタは非常に限られた脱着回数を前提としており、使用前に検査する必要があります。

コネクタの等級

各コネクタには、3種類の異なる等級があり、適切なコストとパフォーマンスで使用できます。なお、特別なコネクタ・タイプには、すべての等級が用意されていないものもあります。

度量衡グレード

- 校正用標準器に使用
- 最高の性能のスロットレス・コンタクト
- 最高に厳格な許容差
- 空気の誘電体
- 長寿命
- 高価

度量衡グレードのコネクタは全てのコネクタの等級では最高の性能ですが高価格です。このコネクタは校正用標準器、検証用標準器そして精密なアダプタに使用されます。また多くの脱着回数に耐えることができ、最も長期間使用できます。

このコネクタは厳密な材料と機械的寸法が定義され、ピンの直径やピンの深さは厳密に管理されています。最高の性能とトレーサビリティを提供するため、空気の誘電体とスロットレス・コンタクトを使用しています。

精密コネクタは、再現性が高く、多くの接続で良好な精度を提供しますが、取り扱いには注意が必要です。また、これらのコネクタは高精度な加工手順と工具を使用して制作する必要があります。破片やほこりが混入すれば、精密測定ができなくなります。

注釈:

決して校正キットや検証キット(度量衡グレード)を被試験素子(汎用グレード)に接続してはいけません。

測定器グレード

- 測定器のテストポートやエコノミーの校正キットに使用
- 良好な性能
- 厳格な許容差
- 誘電体
- 長寿命

測定器グレードのコネクタは“中間のグレード”と考えられています。主にKeysightの計測器の内方でケーブルやアダプタの接続、一部の校正用標準器として使われています。これらは、良好な性能と厳格な許容差、長寿命を提供します。度量衡グレードとは異なる誘電体を使用しているため、度量衡グレードのコネクタとの良好な整合はできません。

注釈:

技術的に測定器グレードですが、一部の機器でフロントパネルのテストポートとして、非常に高精度コネクタ(度量衡グレードに近い)を使用している場合があります。このような場合には、必ずコネクタ・セーバを使用してください。

汎用グレード

- 素子のコネクタに使用
- 低い性能
- 大きい許容差
- 誘電体
- 限られた脱着回数
- 低コスト

このクラスのコネクタは被試験器に最も一般的に使用されています。許容差が大きいので、全てのコネクタの中で性能としては最も低いものです。

このクラスのコネクタを試験機器に接続する場合には、注意深く検査すべきです。汎用グレードのコネクタの大部分は度量衡グレードのコネクタとの接続を意図して設計されていません。このコネクタは低価格ですが、短寿命です。このクラスのコネクタが被試験器にある場合は、試験機器との接続には注意が必要です。一般的に、異なるグレードのコネクタと接続する時は、被試験器と試験機器の間にアダプタを使用します。

コネクタ・セーバの使用

ミリ波コネクタは、高周波を扱えるように小型で精密に設計され、低周波数用の大きなコネクタより繊細で高価です。ミリ波測定器では、コネクタ・セーバとしてメス・メス・アダプタが取り付けられるように、フロントパネルはオスのコネクタになっています。測定ケーブルや被試験素子は、コネクタ・セーバに取り付けます。

コネクタ・セーバを使用すれば、コネクタが磨耗したり壊れた場合に簡単に取替えることができます。

- コネクタ・セーバを測定器に接続するまえに十分な検査をしてください。
- 校正用標準器はコネクタ・セーバに接続されるので、セーバは測定器グレード以上のものを使用する必要があります。

コネクタの修理キット

3.5mmとN型PSCコネクタには、下記のような修理キットを購入手続きで入手できます。これらの2つのキットには取り付けや取り外し工具と詳細な作業手順が含まれています。

- 3.5 mm : 85052-60049
- N型 : 85054-60056

1.85mmと2.4mm PSCコネクタの修理はできません。

これらのキットの詳細は

www.keysight.co.jpから上記部品番号で検索して下さい。

コネクタの検査

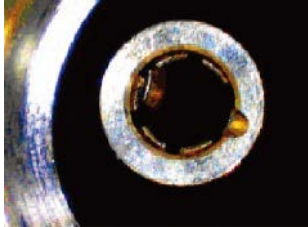
ミリ波コネクタは、小さく精密なため、小さな故障、欠損、ほこりにより再現性と精度を著しく悪化します。さらにほこりや故障したコネクタを接続するとコネクタが破損する可能性がありますので、故障したコネクタを使用しないようにお願いします。

コネクタの検査：

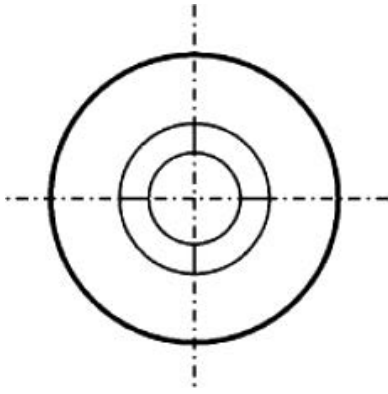
- 1MWの直列抵抗で接地されたリストストラップを着けること。
- 10倍以上の拡大鏡を使用すること。肉眼でもコネクタの欠損に通常は気が付きます。しかし、小さな繊維、コン

タクトの曲がりやメスのスロットレスコネクタの微妙な欠損には拡大鏡を使う必要があります。

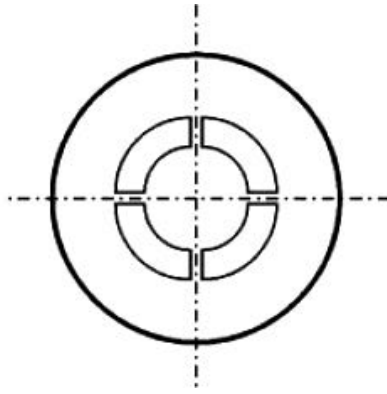
- 以下の項目について、両方のコネクタを検査する必要があります。

ねじ	<ul style="list-style-type: none"> ・コネクタのナットが滑らかに動くこと。 ・すべてのねじ山はバリ、金属片の付着、でこぼこがないこと。 ・ねじ山が欠損していると重大な損傷の原因となり、ねじ山の損傷による金属片が他の部品に付着することになります。
外部誘導の接触面	<ul style="list-style-type: none"> ・深い傷、真っ直ぐに取り付けなかった形跡や過度のトルクの検査。 ・深い傷とは、両側の接合面がきれいでないか又は出っ張った点やざざざがある場合です。 ・傷がある場合には、その傷が移動した場合に他の部分に傷をつけるかどうかを拡大鏡を使用して注意深く検査します。
内部誘導	<ul style="list-style-type: none"> ・オスのピンは真っ直ぐであり、メスのコンタクトと中心が一致していること。 ・メスのコンタクトは真っ直ぐであり、中心が取れていること。 <p>均等な接触面の表面には連続した光沢があります。メッキの表面に均等に分布する浅い同心円の傷は正常です。</p> <div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 10px;"> <div data-bbox="311 1265 359 1294" style="margin-right: 10px;">正常</div>  </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 10px;"> <div data-bbox="143 1529 359 1594" style="margin-right: 10px;">曲げられ、削られたコンタクト</div>  </div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div data-bbox="239 1792 359 1856" style="margin-right: 10px;">欠落したコンタクト</div>  </div> </div>

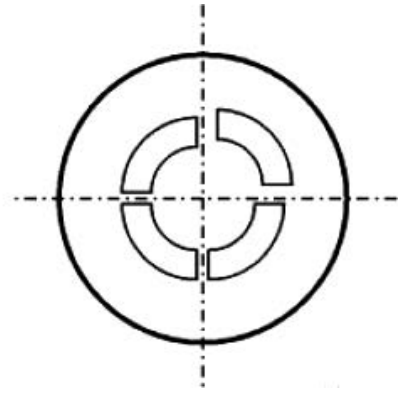
コンタクトの保全



完全なコンタクト

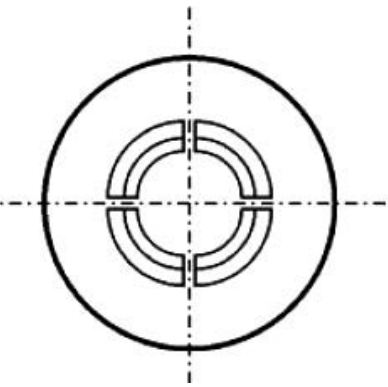


通常の使用に耐えるがコンタクトが
僅かに開いている

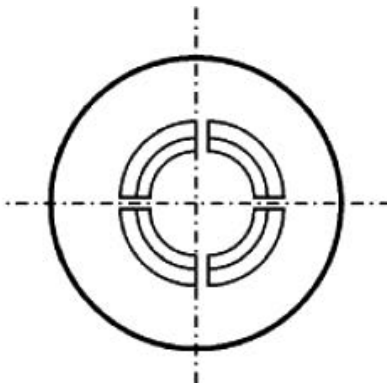


破壊されたコンタクトは電氣的に
容量性に見える

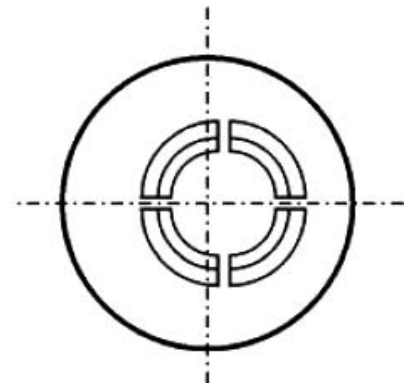
同中心性(メス)



完全な中心

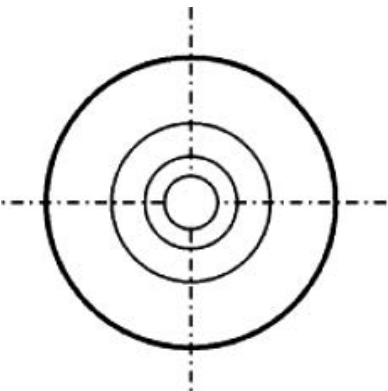


僅かな中心のずれ

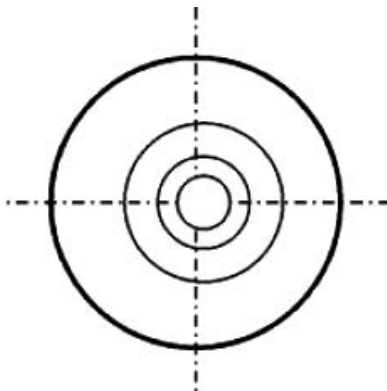


過度の中心のずれ
使用してはいけない

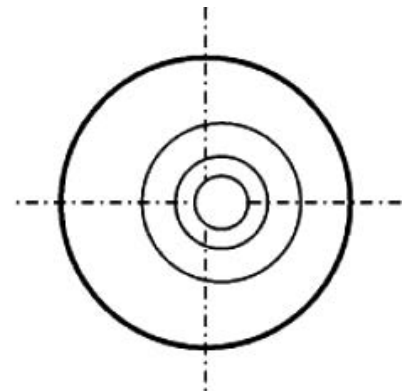
同中心性(オス)



完全な中心



僅かな中心のずれ



過度の中心のずれ
使用してはいけない

コネクタの掃除

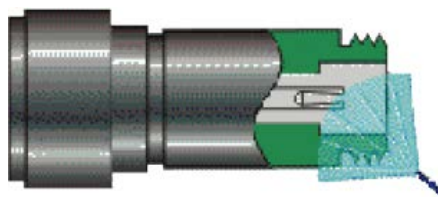
安全のための注意

コネクタを掃除する時：

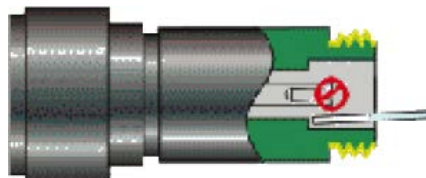
- 圧縮空気や窒素を使う時は必ず保護眼鏡を使うこと。
- イソプロピルアルコールは、熱、スパークおよび炎から遠ざけておくこと。適切な換気で使用すること。目や皮膚や服に付かないようにすること。
- 静電気(ESD)を逃がすこと。デバイス、ケーブルやテストポートのコネクタを掃除する時には、1MWの直列抵抗で接地されたリストストラップをつけること。

手順

1. 接触面の表面とねじ山から付着した金属片を取り除くために、きれいで低圧の空気を使うこと。コネクタを完全に検査すること。もし追加の掃除が必要な場合、次のステップで続けること。



2. 綿くすのない綿棒にイソプロピルアルコールを少し湿らして使用します。糸くすのない布を単層に包んだ1.2mmのつまようじで良好な結果が得られます。
3. 接触面の表面やねじ山から汚れや金属片を掃除すること。表面の内部を掃除する時、中心導体に圧力をかけすぎないこと。生地(布の)がス



プリング・コンタクトの中にはいるメスの中心導体は特に避けること。

4. アルコールを蒸発させ、表面に風を吹きかけるため圧縮空気を使用してください。
5. コネクタの検査:金属片や残留物が残っていないのを確認してください。
6. 欠陥が掃除の後でも見える場合、そのコネクタは破損していますので、使用しないでください。また接続をする前に破損の原因を調べてください。

掃除用品

下にリストされたのは、コネクタの掃除に一般的に使われる部品である。

品名	キーサイト部品番号
Lint-Free Swabs, small 100 ct.	9301-1243
IPA 99.5% alcohol, 30 ml bottle	8500-5344
Compressed Air, 235 ml can	8500-6659

コネクタの測定

同軸コネクタの機械的寸法の許容差は非常に精密で、完全に掃除したコネクタでさえ、機械的仕様から外れている場合があります。

重要:コネクタ・ゲージの確度

コネクタ・ゲージ(次ページの図参照)は、コネクタの寸法を測定するツールですが、マイクロ波コネクタの大まかな測定しかできません。これはコネクタが極めて精密な機械的寸法の許容差しか許されていないためです。これらの素子の機

械的特性を精密に検証ができるのは校正ラボで行われる特別なゲーシング工程だけです。

そのため、ピンの深さの測定をする前に、コネクタの仕様とゲージの不確かさを確認しておいてください。これらの値はキーサイトの校正キットの取り扱い説明書に記載されています。コネクタ・ゲージでは、コネクタが仕様内であるかどうかの確認はできず、大きな欠陥しか見つけることはできません。

同軸コネクタの測定が必要な時

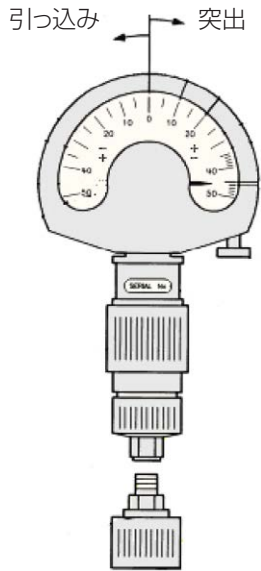
次のような場合にはコネクタを測定することをお勧めします。:

- 最初に使う前
- 目視検査や電氣的測定でコネクタに異常があると考えられる時
- 他の人がデバイスを使った時
- 機器の他の部分で素子を使った時
- 定期的: 100回の脱着後、経験上必要と感じた時

注釈:

2.4mm、3.5mmとSMAコネクタは、取り外すときに中心のピンが引っ張られるため、他のコネクタよりも頻繁に行うこと。

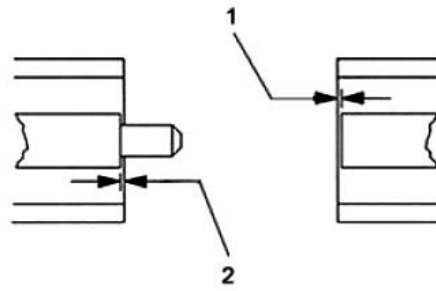
代表的なコネクタ・ゲージ



ピンの深さの引っ込みと突出

- 中心導体が、通常定義面より引っ込んでいる場合はピンの深さはマイナス(引っ込み)です。

- 中心導体が、コネクタの定義面よりとび出している場合はピンの深さはプラス(突出)です。



- メスのコンタクトの引っ込み
- オスのピンの肩の引っ込み

キーサイトのゲージの部品番号

各コネクタ・ゲージはオスとメスで別の製品になっています。またゲージを零にするには、特別に精密なゲージ・マスタを使用します。

型	オス	メス
7 mm	85050-80012	N/A
3.5 mm	11752-60106	11752-60105
2.4 mm	11752-60108	11752-60107
2.4 mmト(エアライン用)	85056-60020	N/A
1.85 mm	11752-60108	11752-60107

測定の手順

- 1 MWの直列抵抗で接地されたリストストラップを着けてください。
- コネクタに適切なゲージを選択します。
- ゲージ、ゲージ・マスタ、コネクタを検査し掃除しておきます。
- コネクタゲージの零調整
 - 胴のふくれた部分でゲージを保持しながら、注意深くゲージ・マスタをゲージに接続する。コネクタ・ナットを指で固くなるまで締める。
 - 最終的な接続には、適切なトルクレンチを使用します。必要な場合には、ゲージ・マスタが回転しないように別のレンチを使用します。ゲージを決定するために胴を穏やかに軽くたたく。

- ゲージの指針は正確に零になっているはずですが、零でない場合、ゲージの指針が零になるまで“零セット”つまみを調節します。ロック・ネジがあるゲージでは、ロック・ネジを緩めてから目盛を動かします。ゲージの零調整は、各測定の前を実施すべきです。
 - ゲージ・マスタを取り外す。
- コネクタの測定
 - 胴のふくれた部分でゲージを保持しながら、注意深く被測定コネクタをゲージに接続する。コネクタ・ナットを指で固くなるまで締める。
 - 最終的な接続には、適切なトルクレンチを使用します。必要な場合には、被測定コネクタが回転しないように別のレンチを使用しま

す。ゲージを決定するために胴を穏やかに軽くたたく。

- 引っ込み又は突き出しのためゲージの指針の目盛を読み、その読みとその素子の仕様を比較する。

注釈:

過度の引っ込みや突出がある場合、そのコネクタは処分するか修理する必要があります。

- 正確に測定するには、少なくとも3回測定し、平均を取ります。各測定の後には、測定の偏差を減らすためにゲージを4分の1回転します。
- 測定値に問題がある場合は、温度が安定であることを確認し、掃除、零調整、測定の手順を再度行います。

良好なコネクタの接続

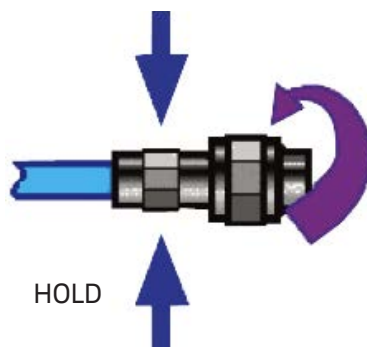
良好な接続には熟練が必要です。測定において、最も共通した問題は接続不良です。次の手順ではいかに良好な接続をするかを図解します。

接続をする

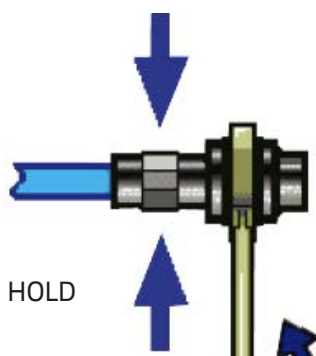
1. 1MWの直列抵抗で接地されたリスト・ストラップを着けること。
2. コネクタの検査、掃除、測定を行い、全てのコネクタが機械的仕様が満たしている必要があります。
3. 注意深く、両方の中心軸を合わせます。滑らかに接続できるように、お互いに真っ直ぐにコネクタ同士を押し合います。オスの中心導体のピンがメスのコネクタのコンタクト・スプリングの中心に滑り込むようにします。



4. **重要**：ねじが斜めに噛まないように注意しながら、指で固くなるまでコネクタ・ナットのみを回転します（素子やコネクタの胴体でなく）。オスの中心のピンがメスのコンタクト・スプリングの中で回転すると、コネクタが破損する可能性があります。



5. 最終的な接続をするにはトルクレンチを使用します。トルクレンチの“ブレーク”ポイントに達するまで締めます。最初のブレークポイントを超えて押さないようにします。コネクタの胴体が回転する場合には、追加のレンチを使用します。



接続の切り離し

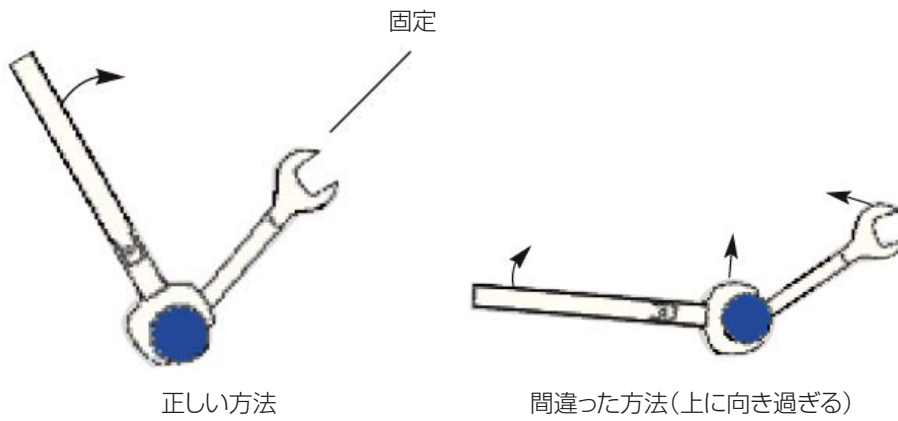
1. 両方のコネクタにねじれ、曲げの力が加わらないように注意します。
2. コネクタの回転を防ぐためにオープン・エンドレンチを使用します。

3. コネクタのナットを緩めるために別のオープン・エンドレンチを使用します。
4. 手でコネクタナットのみ回転して分離します。
5. コネクタを真っ直ぐに引いて、はずします。

トルクレンチの使用

コネクタの適切なトルクは測定の再現性を改善し、コネクタの寿命を延ばします。またコネクタの締めつけトルクはミリ波の測定で著しい影響を持っています。再現性のある測定には首尾一貫したトルクが必要です。トルクレンチは締めすぎによる破壊を回避するだけでなく、コネクタの寿命にも好影響を与えます。

1. トルクレンチが正しいトルクの設定値に設定されていることを確認します。
2. トルクレンチと素子やケーブルを固定するための2番目のレンチは、締め付けすぎないようにするため、90°以内の位置で作業します。コネクタに加わる圧力を回避するためにデバイスを確実に支えておきます。
3. トルクレンチはハンドルの先で軽く保持し、トルクレンチのハンドルに対し直角に力を加えます。トルクレンチの“ブレーク”ポイントに達するまで力を加え、最初のブレークポイントを超えて押さないようにします。



トルクの設定値

コネクタの型	トルクの設定値	トルクレンチの部品番号
1.0 mm	4 in-lb (45 N-cm)	8710-2079
1.85 mm	8 in-lb (90 N-cm)	8710-1765
2.4 mm	8 in-lb (90 N-cm)	8710-1765
2.92 mm	8 in-lb (90 N-cm)	8710-1765
3.5 mm	8 in-lb (90 N-cm)	8710-1765
SMA	8 in-lb (90 N-cm)	8710-1765

コネクタの取り扱いと保存

- コネクタを使用していない時は保護キャップを着けること。
 - コネクタ、エアライン、校正用標準器は箱の中に固定できる状態で保存してください。固定されていないと、動かしたときに、コネクタを壊す原因となります。
 - コネクタの温度は測定器と同じに保つこと。手でコネクタを持ったり、圧縮空気でコネクタを掃除すると温度が著しい変化します。校正や測定に使用する前にコネクタの温度が安定するまで待つこと。
 - 接触面には手で触れないこと。皮膚の油やほこりの小さい粒子は表面から取り除くのは困難です。
 - メッキのしてある接続面が、堅い表面に接触をすると、損傷を受けることがあります。そのため、堅い面にコネクタのコンタクトの端を置かないようにしてください。
 - 静電気(ESD)から測定器や素子を保護するため、接地されたリストストラップを着け、接地された導電マットの上で作業をすること。
- 注意点サマリ
- 壊れたコネクタやコネクタセーバは使用しない。(拡大鏡)
 - コネクタのほこりや油等を清掃をする。(無水アルコール等)
 - ピンの深さを確認する。(ゲージ)
 - 接続にはナットのみ回転させる。コネクタは回転させない。
 - 接続の最後にはトルクレンチを使用する。
 - 静電気(ESD)から機器を守る。(接地されたリストストラップ等)

キーサイト・テクノロジー合同会社

本社〒192-8550 東京都八王子市高倉町9-1

修理・校正・保守契約 お客様窓口

受付時間 9:00-18:00 (土・日・祭日を除く)

TEL ☎ 0120-412-766 (042-660-8747)

FAX ☎ 0120-012-114 (042-656-7805)

Email service_japan@keysight.com

記載事項は変更になる場合があります。
ご発注の際はご確認ください。