

マイクロ波ミリ波 同軸コネクタ



マイクロ波同軸コネクタ 開発の歴史とその特徴

マイクロ波コネクタには、様々なタイプのコネクタがあります。これらの、歴史的背景を知ることによって、そのコネクタが誕生した理由が分かります。時代に要求された仕様、目的、あるいはある特定のアプリケーションに合わせて使いやすいうように、設計・開発・改善されてきました。機器内部の接続用として開発されたもの、マイクロ波基板に取り付けて使用するもの、計量用に特別に精密に設計されたもの等様々です。

産業界では、これまでに 主に2つの委員会で標準化を行ってきました。

IEEE P287 「Standard for Precision Coaxial Connectors (DC-110 GHz)」

IEC TC46 SC46D RF connectors (2002 年 SC46F「R.F. and microwave passive components」に統合された)

IEEE Std. 287-2007 版によると、IEEE スタンドアードのプレジジョン型コネクタとして、以下のコネクタが規定されています。

TYPE-N	8.5GHz	SPEC.No.287-1
14mm	18GHz	SPEC.No.287-2
7mm	18GHz	SPEC.No.287-3
3.5mm	33GHz	SPEC.No.287-4
2.92mm	40GHz	SPEC.No.287-5
2.4mm	50GHz	SPEC.No.287-6
1.85mm	65GHz	SPEC.No.287-7
1.0mm	110GHz	SPEC.No.287-8

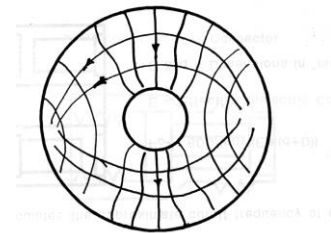
次表は、マイクロ波同軸コネクタの種類と使用可能周波数範囲です。

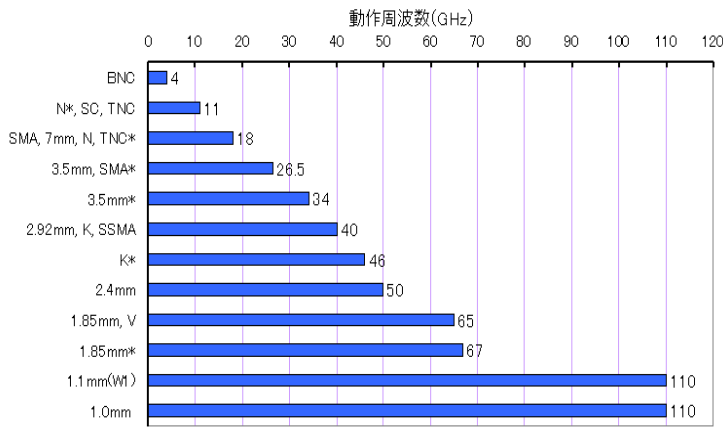
ここでラインサイズとは、同軸伝送路の外部導体の物理的寸法、SPEC.FREQ. は、モードフリーを保証する上限周波数を指します。これより高い周波数でも使用できないことはありませんが、不要モードが発生しパフォーマンスが劣化します。

不要モードは、主要伝送モードである TEM の他に、高次モード TE₁₁ と中心導体を支える BEAD で発生する不要モードが主なものです。

実際の TE₁₁ モードの遮断周波数 (TE₁₁CUTOFF) は、伝送路のサイズから計算されます。

H and E Fields for TE₁₁ Mode





Line Size	14.29	7.0	3.5	2.92	2.4	1.85	1.0
Spec Freq(GHz)	8.5	18	33	40	50	65/67	110
Limit of TE ₁₁	9.5	19.4	38.8	46.5	56.6	73.3	135.7

Theoretical Limit in GHz for TE₁₁ Mode

TYPE-N 18GHz

N 型コネクタの名前の由来を知っている人は少ないのではないのでしょうか。この問い合わせをするとマイクロ波エンジニアのおよそ 99%は、“NAVY”だと答えるに違いありません。TYPE-NAVY コネクタという紹介は関連文献にそのように紹介されているからで、“NAVY コネクタ”の名称は非常にポピュラーなのです。

実は、“N”の由来はこのコネクタを開発したエンジニアの一人のイニシャルをとって付けられたものでした。

第二次世界大戦中である 1942 年、当時のレーダーシステムに使用する為、新しい同軸コネクタの検討を始めました。これまで使用していた UHF コネクタでは仕様を満足できなくなっていたからです。NEW YORK の BELL- LABORATORIES の PAUL NEILL とその開発チームが、この要求に合う堅牢なマイクロ波コネクタを開発しました。PAUL NEILL は、マイクロ波エンジニアではなかったので当初の TYPE-N コネクタのデザインでは、1GHz 以上の特性は思わしくなかったようです。まもなく TYPE-N コネクタの改良版が出てきました。このコネクタはマイクロ波領域のパフォーマンスが優れていた為良く使用されるようになり、1980 年代まで改良が続けられました。

メス・コネクタ中心導体の SLOT も 4SLOTS CUT から 6SLOTS CUT へと変更されました。

そして、HEWLETT-PACKARD 社 (現 Keysight Technologies) の JULIUS BOTKA の手で最高のパフォーマンスを得るべく、メス・コネクタを精密型 SLOTLESS コネクタへと改良したのでした。1980 年代半ばの事です。これにより、スロットレス・TYPE-N コネクタは、7mm と並ぶ高性能コネクタへと改良されたのでした。

N 型コネクタの基準面は、他のコネクタと少し違います。基準面は外部導体の接続面に設定されていますが、中心導体の接続面と外部導体の接続面には 5.258mm ものオフセットがあります。これはミス・アライメントによる機械的ダメージを減らすためのものです。

この他に、中心導体を細くした 75 Ω コネクタがあります。

着脱回数 5000 回以上保証。
IEEE std.287-1

ところで、50 Ω コネクタと 75 Ω コネクタが混在すると、大変危険です。50 Ω オス-75 Ω メスの組み合わせでは 75 Ω メスの中心導体フィンガーが開くか脱落して確実に破損します。

50 Ω メス-75 Ω オスの組み合わせでは中心導体の接触が不完全となります。この場合周波数が高くなるとマッチング特性が不安定になってきます。コネクタが破損することはありませんが、それゆえに気づくのが遅れる場合があります。



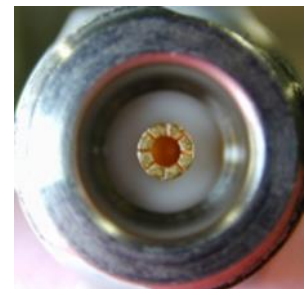
TYPE-N 50Ω



TYPE-N 75Ω



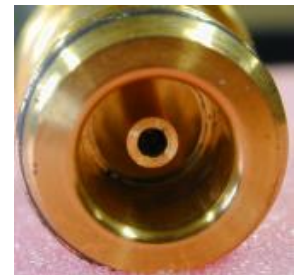
4 スロットッド



8 スロットッド・コネクタ



6 スロットッド・コネクタ



スロットレス・プレジジョン・コネクタ

BNC 2GHz

通称“BAYONET NAVY CONNECTOR”と呼ばれることが多いこの BNC の名称の由来は TYPE-N と並んでほとんど知られていません。

1950 年初頭、PAUL NEILL と CARL CONCELMAN は、サイズの大きい TYPE-N コネクタを改良し、小さなサイズのコネクタを開発しました。名前を“BAYONET NEILL-CONCELMAN”，”BAYONET NEILL CONNECTOR”，略称“BNC”と呼びました。(名前の由来は諸説あり、“BAYONET NEILL-CONCELMAN”とは、TNC=threaded Neill-Concelman との識別の為に付けた名前だと言う説や、“BABY N CONNECTOR” “BABY NEILL CONNECTOR” から“BNC”が付けられたという説は誤りだという指摘もあります)

このコネクタは、TWIST LOCK 機構を持った画期的なものでした。

しかし、当時の BNC コネクタは特性インピーダンス50Ωを維持する点で難点があったようです。現在ではコネクタメーカーで改良され高周波領域まで使用できるものもできています。

注意するところは、50Ωコネクタと75Ωコネクタの使用に混乱が見られることです。

75Ω系のケーブルに50Ωのコネクタを付けて販売するケーブル・メーカーもあるくらいです。

使用周波数が低いのでほとんど問題にはならないのですが本来の使い方をすべきでしょう。



BNC(50Ω)



BNC(75Ω)

TNC 11GHz

1956 年、RATHEON 社の J.R.MUNRO は、当時 BNC コネクタを使っていました。彼は、当時 SPARROW MISSILE SYSTEM の ILLUMINATOR レーダーを開発していたのです。

この時、振動試験において、BNC コネクタの特徴である BAYONET LOCKING 構造が大きな電力リークを起こすことがわかったのです。そこでこの BNC コネクタを改良し、ロックナットとスレッドを取り付けました。

その後、GENERAL RF FITTINGS 社、SANDIA NATIONAL LABORATORIES において、TNC コネクタとして販売されることになりました。TNC の T は、“TWIST”のことです。

SMA / OSM 22GHz

1950 年代は新しい形の伝送路が見られるようになってきました。ストリップラインやマイクロストリップライン、セミリジッドケーブルです。これらの伝送路のために、小型のコネクタが新たに必要になってきました。N 型では大きすぎたのです。1956 年、BENDIX RESEARCH 社にて LANDMARK MICROWAVE SYSTEM が開発されていました。このプロジェクトマネージャーである JAMES CHEAL は小型の高性能コネクタを必要としていました。そしてメカニカル・エンジニアである VAL COLUSSI にその設計を依頼したのです。そして現在でも最も使用されるようになった SMA コネクタが誕生したのです。

SMA の正式名称は、SUB-MINIATURE A です。(他に SMB、SMC と呼ばれるコネクタもあります)

このコネクタの中心導体は、PTFE*で支えられた構造です。このため接合部分に空気の層ができやすくインピーダンス不整合を引き起こします。

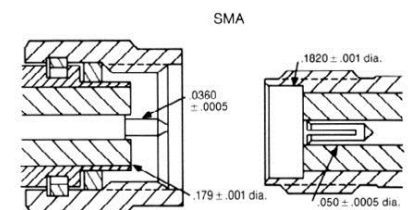
SMA コネクタは安価なため多くの場面で使用されますが、設計・製造がラフなため整合性(反射係数)は劣ります。SMA コネクタは、外部導体の壁厚が薄いため、機械的強度が強くありません。そのため繰り返し着脱は避けるべきです。基本的には、機器内部に組み込んで使用されるコネクタです。

多くのグレードが存在する SMA ですが、一般的には 22GHz 帯までの使用に耐えます。中には 26GHz まで良好な周波数特性を持つものもありますし、12GHz

程度までしか使用できないものもあります。



上 SMA(m) 下 SMA(f)



SMA コネクタは、3.5mm コネクタとコンパチブル(接続可能)ですが、外部導体、中心導体のサイズが異なるために整合性はあまり良くありません(精密測定でなければ十分と言えるかもしれませんが)。整合特性のグラフは、3.5mm のパートに記載されています。

*ポリテトラフルオロエチレン(PTFE)。デュボン社のテフロン PTFE がよく知られる。

14mm 9GHz

1960年代になって、精密型同軸コネクタが求められるようになってきました。General Radio社では米国国家標準局NBS(現 NIST)のエンジニアとともに、計量用(METROLOGY GRADE)標準コネクタを新たに開発することになりました。14mmコネクタの誕生です。外部導体の内寸サイズが14mmであることからそのように呼ばれます。コスト的には高価なコネクタでもあります。オス/メスなしのコネクタで現在のAPC7mmに似ています。9GHzまでの周波数まで使用できます。現在では、MAURY MICROWAVE社(CALIFORNIA,USA)やGILBERT ENGINEERING社(Arizona,USA)で製造されています。
IEEE std. P287-2



14mm



14mm エアライン

7mm /PC7/ APC-7 18GHz

1960年代半ば、HEWLETT-PACKARD社は18GHz帯の精密型テストポート・コネクタが必要になっていました。そして、AMPHENOL社と共同で、外部導体7mmの雌雄なしの高性能コネクタを開発しました。このコネクタは、他のどの同軸コネクタよりも再現性、整合性、温度特性、機械振動特性に優れています。しかし、唯一の欠点は価格が高いということでした。その後AMPHENOL社は、いくつかの改良を施し、APC-7(AMPHENOL PRECISION CONNECTOR)という商標で販売することになりました。

80年代、HEWLETT-PACKARD社のJULIUS BOTKAは、さらに改良を施します。中心導体のCOLLETをこれまでの4 SLOTTED COLLETから6 SLOTTED COLLETへと変更したのです。この改良により7mmコネクタは、リターンロス特性と再現性が更に良くなり、加えて4 SLOTTED COLLETにおいて生じていた不要モードをなくすことができたのです。このように他のどの同軸コネクタよりも基本特性に優れた精密型コネクタが誕生したのです。着脱回数5000回以上保証

IEEE Std. 287-3 1968



7mm
上図 4 SLOTTED COLLET 型
下図 6 SLOTTED COLLET 型

3.5mm / PC3.5/APC-3.5 26.5GHz / 33GHz

1970年代、HEWLETT-PACKARD社は、SMAコネクタとコンパクトな INSTRUMENT GRADEのマイクロ波コネクタを探していました。これまでのSMAコネクタは、PTFE*が充填された誘電体インターフェースであり、テストポート・コネクタや、校正キットのコネクタとしては受け入れられないものでした。

このような要求からHEWLETT-PACKARD社のLARRY RENIHANは外部導体3.5mmの精密コネクタを設計し、AMPHENOL社と共同で開発・製造を行いました。

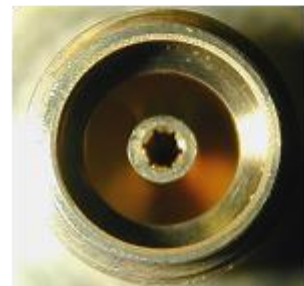
当初動作周波数は26.5GHzで設計されました。しかしMODE FREE動作周波数は33GHzです。

更に、1980年代にHEWLETT-PACKARD社JULIUS BOTKAにより精密型SLOTLESSコネクタへと改良されました。

この精密型SLOTLESSコネクタは、従来のHEWLETT-PACKARD社計測器や校正標準器に使用されていたSLOTTED型コネクタから順次置き換えられていきました。AMPHENOL社からはAPC-3.5(AMPHENOL PRECISION CONNECTOR 3.5)の名称で販売されています。

着脱回数3000回以上保証

IEEE std.287-4



3.5mm 上より
MALE
SLOTLESS FEMALE,
SLOTTED FEMALE

*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 がよく知られる。

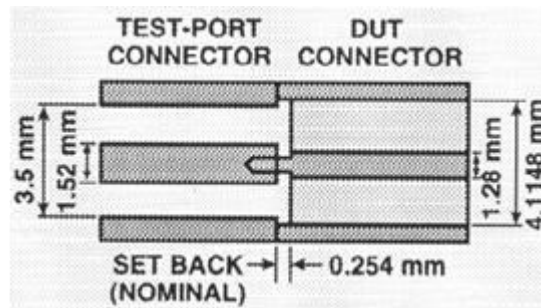
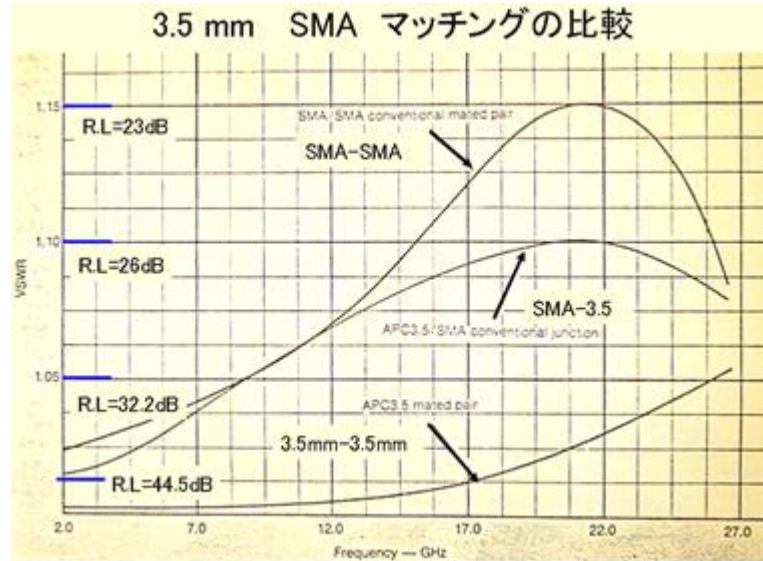
3.5mm と SMA との接続

3.5mm コネクタは、外部導体壁面が厚いため 3000 回以上の着脱が可能です。また、SMA、2.92mm コネクタとダイレクトに接続が可能です。しかし伝送路のサイズが異なるため接続面で反射が起こります。

注意すべきは SMA コネクタとの接合で、SMA の加工精度が悪く、特に 3.5mm メス・コネクタの性能を劣化させる原因になります。

3.5mm コネクタは、SMA コネクタより反射が非常に小さく、3.5mm-3.5mm の接続は、SMA-SMA 接続より格段に優れたマッチング特性をもっています。

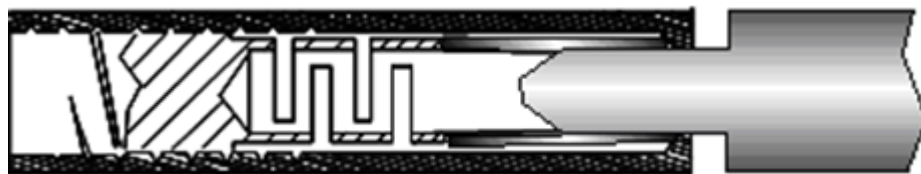
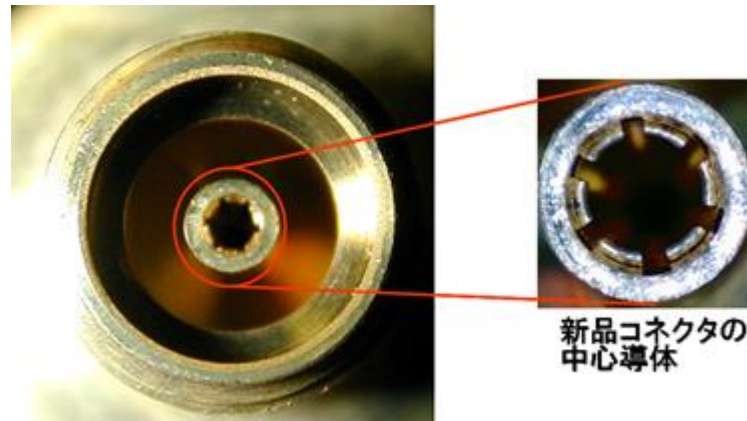
左のグラフは 3.5mm コネクタが SMA コネクタに比べて、如何に反射が小さく整合性に優れているかを示しています。また SMA-SMA 接続よりも SMA-3.5mm 接続の方が、反射が小さいことが分かります。



SLOTLESS メスコネクタ Type-N, 3.5mm, 2.4mm

精密な PRECISION SLOTLESS メスコネクタは、オスピンと接合した時に、メスの中心導体の直径が変わらない特殊な構造となっています。よって整合時の反射特性に大変優れています。

中心導体の構造は右図イラストのように、中心導体のパイプの中にフィンガーと呼ばれる薄い金属羽根が挿入されています。

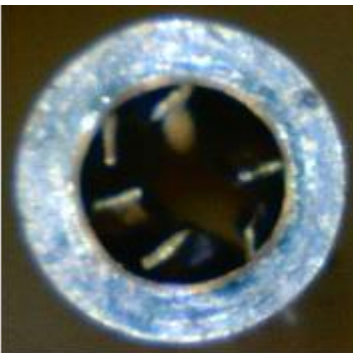
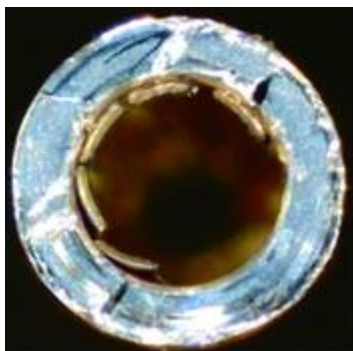
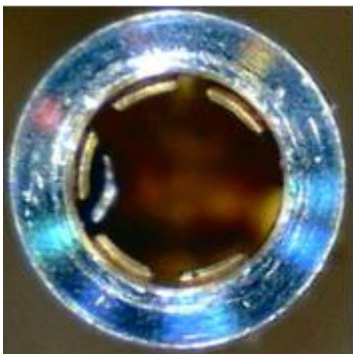


SLOTLESS コネクタの破損

SLOTLESS コネクタは、SLOTTED コネクタよりも構造が複雑で繊細な為、取り扱いには特に注意すべきです。

特に起こりやすい破損は、SMA(オス)-3.5mm(SLOTLESS メス)の組み合わせです。SMA をテストポートケーブルにして、その先端で 3.5mm 校正キットを使用して校正する場合に起こります。次の写真は、スロットレスメスコネクタの中心導体の破損した一例です。

スロットレスメスコネクタは、主に校正キットや精密タイプの変換アダプタ、VNA テストポートケーブルに採用されています。これらのコネクタは大変高価なものが多いので、取り扱い方には十分配慮したいものです。



SLOTTED コネクタの Off-Center と破損

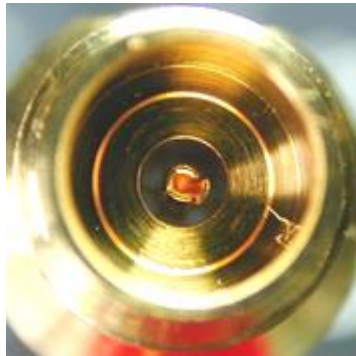
マイクロ波コネクタの中心導体は小さな BEAD と呼ばれる部品で支えられていますが、この中心導体は製造上の問題や接続時の取り扱いに問題があると、中心位置からのずれ(Off-Center)を生じる事があります。

この場合、相手側メスコネクタ中心導体のフィンガーの一部が開き気味になります。こうなるとある特定周波数で共振を起こしたり反射特性が著しく劣化したりします。

以下のオスコネクタは、よく見ると中心導体の位置がわずかにずれています。



この程度でも相手方のメスコネクタを実際に破壊してしまいました。破壊されたメスコネクタは次のようになります。



また、製造の過程で取り付けの問題があり、OFF-CENTER したメスコネクタのサンプル写真を一番下に掲載します。



NMD3.5mm

ケーブルとの着脱回数が多く、精密測定を要求されるベクトル・ネットワーク・アナライザでは、できるだけテストポート・コネクタの性能を高め、誤差要因を減らす工夫が必要です。Keysight Technologies 社の VNA テストセットには、特殊な 3.5mm コネクタを使用しています。

それが、NMD3.5mm (NETWORK MEASUREMENT DIVISION 3.5mm)です。計測器用に設計された特殊な 3.5mm コネクタで、外部導体周りのスリーブを肉厚にし機械的強度を高め、外部からの機械的ダメージを受けにくくしています。

注意することは、NMD3.5(m)には、NMD3.5(f)が通常の 3.5mm が接続できませんが、NMD3.5(f)には通常の 3.5(m) は接続できません。



NMD3.5 (m)



NMD3.5 (f)



2.92mm / K 40GHz

2.92mm コネクタは現在では、K コネクタとして広く知られています。そしてこの K コネクタは、WILTRON 社が市場で紹介して良く知られる様になりましたが、オリジナルの 2.92mm デザインにほとんど手を加えられずに呼び名だけ変えられて“K”としたことはあまり知られていません。つまり、この 40GHz コネクタは WILTRON 社が設計したコネクタではなく実際には、1974 年、MAURY MICROWAVE 社の MARIO MAURY が設計したものです。MPC3 と呼ばれた当初のコネクタを採用する大手計測器メーカーがなく、市場に出回することはほとんどなかったようです。

1980 年代初頭、WEINSCHL ENGINEERING と WILTRON 社がこのコネクタを採用し始めました。

1983 年になって、WILTRON 社の BILL OLDFIELD が、K コネクタとして市場に出しました。オス・コネクタの中心導体寸法をオリジナルの設計のものよりやや短くして、接続時のミス・アライメントによるダメージを小さくしています。

このコネクタの特長は、SMA や 3.5mm とコンパティビリティをもち、40GHz まで使用でき、安価であるという点で、近年良く使用されるようになりました。

しかし、メス側中心導体の金属壁厚が薄い為、機械的なダメージを受けやすく、特に SMA との接続時には注意したいところです。SMA 自体加工精度が低く相手側のコネクタを破損しやすいからです。故に、このメスの金属壁厚の不足により、SLOTLESS コネクタ化することはほとんど不可能で、今日 K コネクタの SLOTLESS メス・コネクタがないのはそのためです。

精密型 SLOTLESS コネクタがないということは、精密な校正標準器ができないということにもなります。

よって HEWLET-PACKARD 社は、このコネクタを自社の計測器用標準コネクタとして採用しませんでした。

着脱回数 400 回以上

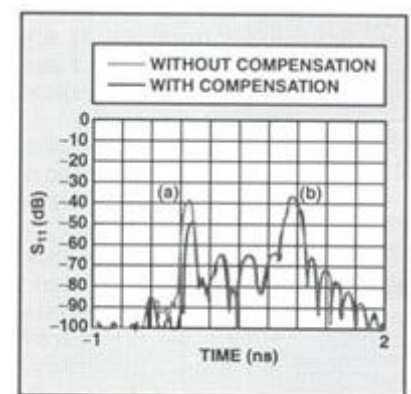
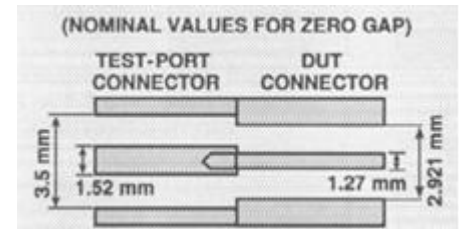
IEEE-std 287-5



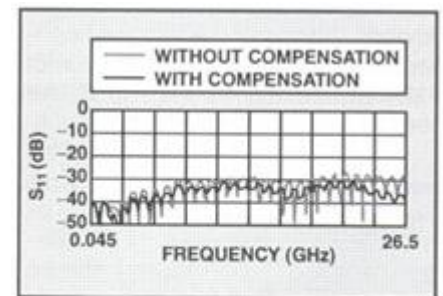
上から
Anritsu K(f) (Terminator)
Keysight 2.92(f) (Adapter)
Keysight 2.92(m) (Adapter)

下図は、K コネクタ(2.92mm)を 3.5mm に接続したときに発生する不整合による反射の状態を表しています。

Keysight 8510C には、CONNECTOR COMPENSATION 機能があり、違うタイプのコネクタで発生するミスマッチを補正してくれる機能があります。



The time domain measurements of a 3.5 to 2.92 mm connector interface; (a) the step interface and (b) the load.



The frequency domain measurements of a 3.5 to 2.92 mm connector interface.

2.4mm/PSC-2.4 PC-2.4/APC-2.4/ OS-50 50GHz

2.4mm コネクタと 1.85mm コネクタは、HEWLETT-PACKARD 社で同時に開発されました。1986 年、IRELAND の EUROPEAN MICROWAVE CONFERENCE にて HP 社の JULIUS BOTKA、PAUL WATSON らによって発表されました。当時 WILTRON 社が販売していた 40GHz 帯 K コネクタよりも高性能なコネクタをめざして開発されたのです。SMA や 3.5mm コネクタとのコンパティビリティを捨てる代わりに、Kコネクタがかかえる問題を全てクリアすることができました。しかし 2.4mm コネクタは高周波コネクタであるが故に、小型で加工の許容誤差がとて厳しいため、どうしても高価になりがちでした。そこで開発初期、HP 社は AMPHENOL 社と MA/COM OMNI SPECTRA 社の 2 社に協力を仰ぎ、3グレードのラインアップを揃え、用途に応じて選択ができるようにしたのです。すなわち、METROLOGY GRADE(PSC-2.4), INSTRUMENT GRADE (APC-2.4), PRODUCTION GRADE(OS-50)です。MA/COM 社は、一般的な使用のための PRODUCTION GRADE を担当し、比較的安価に市場に出すことができました。OS-50 シリーズがそれです。AMPHENOL 社は、INSTRUMENT GRADE のコネクタの供給会社となりました。現在 APC2.4mm という商標で販売しています (AMPHENOL PRECISION CONNECTOR 2.4)。

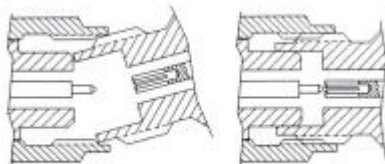
HEWLETT-PACKARD 社は、ハイパフォーマンス METROLOGY GRADE コネクタを開発担当しました。このようにして HP,MA/COM, AMPHENOL の 3 社はお互いに協力し、マイクロ波市場に 2.4mm コネクタを供給してきました。2.4mm コネクタは、2.92mm(K)や SMA と接合しない設計にしてある為、接合による破損はほとんどありません。

写真を見ると 3.5mm と比べ接合面が広く機械強度を上げていることが分かります。これは 3.5mm よりデリケートであるが故に起こりやすい外部からの曲げや衝撃を避けることができるのです。また、メスの中心導体壁厚は 3.5mm と同じにしています。さらにオスの中心導体は 3.5mm に比べて 40%程短くしています。精密型スロットレス・コネクタの 2.4mm は、校正キット・ベリフィケーションキット等に使用されています。

HEWLETT-PACKARD 社はこのコネクタの特許を放棄し、標準コネクタとしました。1.85mm との接続可能
5000 回以上の着脱保証
IEEE-std. 287-6



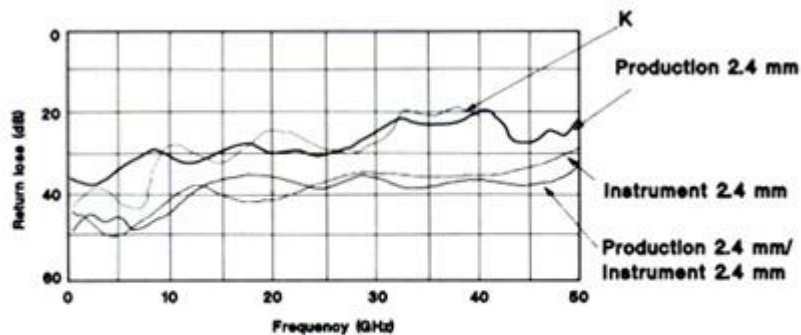
上から
2.4mm(m)
2.4mm (f)



ミス・アライメントを無くすための工夫です。まず外部導体が正しく接合した後に中心導体が接合するように設計されています。

K コネクタとの比較

K コネクタと 2.4mm コネクタの整合性比較のためのグラフを見てみましょう。PRODUCTION GRADE 2.4mm と K コネクタは、ほとんど同じような反射特性を示しています。INSTRUMENT GRADE 2.4mm は、10-15dB 程度反射が小さいのがわかります。



Return loss for mated pairs: 2.4 mm, K

NMD2.4mm/ NMD1.85mm

2.4mm/1.85mm コネクタの特殊なタイプとして、NMD2.4mm/NMD1.85mm (NETWORK MEASUREMENT DIVISION) があります。NMD3.5mm と同様にベクトル・ネットワーク・アナライザのテストセットのフロントパネルや VNA 専用 RF テストポートケーブルのコネクタで使用されています。外部導体の肉厚を厚くし、コネクタの機械的強度を強化しています。



NMD2.4(m)



NMD1.85(m)

1.85mm / V 65/67GHz

1.85mm コネクタは、2.4mm コネクタと接続可能な設計となっています。

2.4mm よりも小さな兄弟コネクタは 65GHz まで使用可能です。機械的強度は 2.4mm と同等です。HEWLETT-PACKARD 社は、1986 年にこのコネクタを発表、1988 年にこの特許権を放棄しました。

一方、1989 年 WILTRON 社は、60GHz ネットワーク・アナライザを発表しました。そのときに使用したコネクタを「V コネクタ」と呼びました。V コネクタは、HP 社が開発した 1.85mm と同じものです。WILTRON 社は、IEEE-P287 Standards Committee を通じて寸法図を入手し、1.85mm の部品を製造しています。

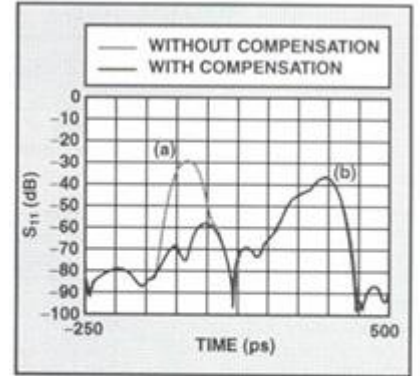
2002 年 AGILENT TECHNOLOGIES, INC. は 67GHz ネットワーク・アナライザのコネクタとして使用する為、設計変更を行いました。従来の 1.85mm の BEAD 部に発生していた不要モードを高周波側に追いやる為です。これにより高次モード発生を押さえ 67GHz をスペックできるようになりました。

4000 回の着脱回数を保証。
IEEE std. 287-7

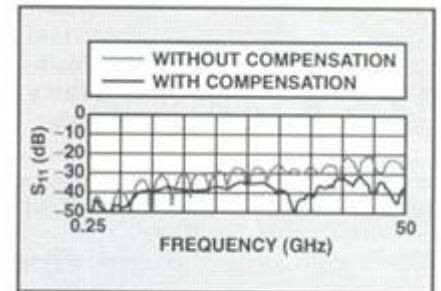


上から
1.85mm (m)
1.85mm (f)

下図は、1.85mm コネクタを 2.4mm に接続した場合の反射を周波数ドメインとタイムドメインとで観測したものです。2.4mm と 1.85mm とは、外部導体寸法、中心導体ともに寸法が違うため反射が生じるので、取り扱いには注意が必要です。



The time domain (bandpass) measurements of a 2.4 to 1.85 mm connector interface; (a) the step interface and (b) the load.



The frequency domain measurements on a 2.4 to 1.85 mm connector interface.

1.0mm 110GHz

1989年、HP社のPAUL WATSONは、110GHzまで使用できる同軸コネクタを開発、IEEE P.287 PRECISION CONNECTOR STANDARD SUB-COMMITTEEを通じて紹介されました。外部導体1.0mm、中心導体0.43mmで設計し、最大動作周波数135GHz、使用最大周波数110GHzというスペックです。HP社はこのコネクタの特許権を放棄、IEEEの標準コネクタとなりました。1mmコネクタは機械強度にも考慮されており、規定回数以上の着脱強度や接続再現性の要求スペックを満たしています。

着脱3000回以上を保証。
IEEE std. 287-8

マイクロ波同軸コネクタのサイズ比較

この写真は、代表的なマイクロ波同軸コネクタの大きさを比較したところです。周波数が高くなるにつれてコネクタサイズも小さくなっていきます。特に、3.5mmと2.92mm、K、や2.4mmと1.85mmコネクタは、区別することが難しいので、写真の接続面を良く見比べて、サイズの違いや金属壁の厚さを識別できるように慣れておくことをお勧めします。



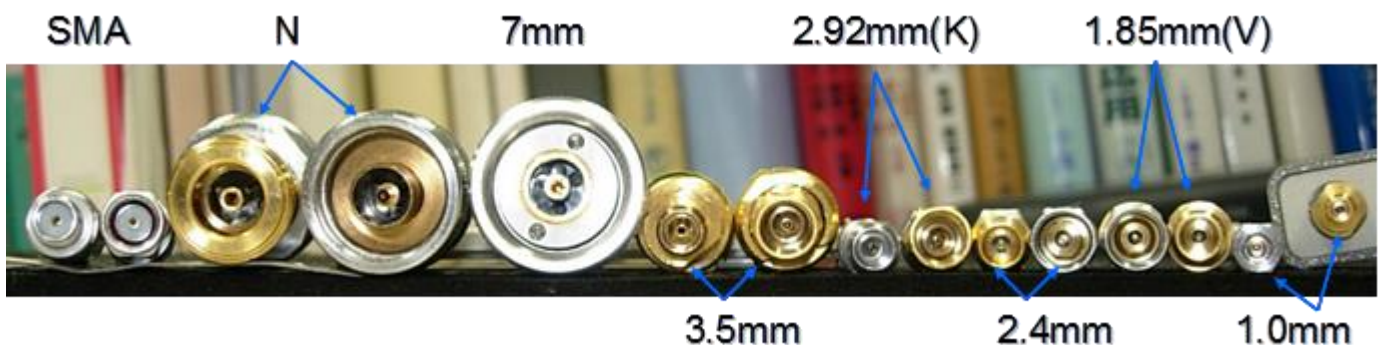
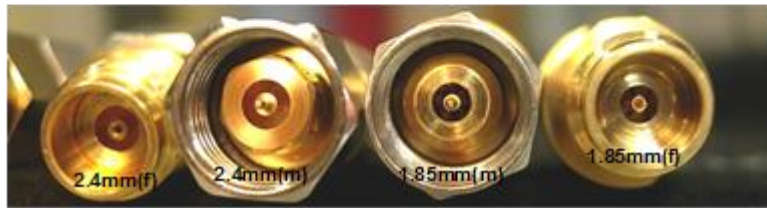
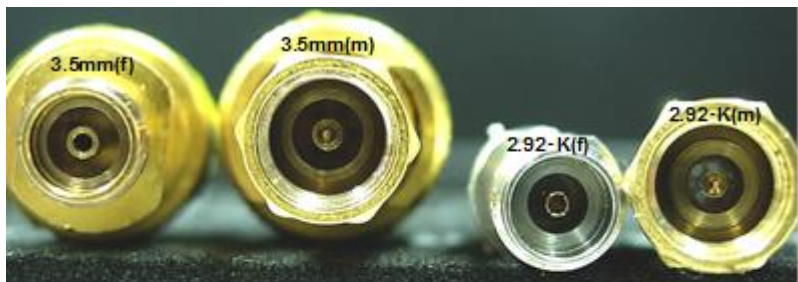
上から
1.0mm (m)
1.0mm (f)

W (1.1mm) 110GHz

一方、Wコネクタは、1.1mmコネクタとも呼ばれ、1996年Anritsu/Wiltron社によって、開発されました。SMAコネクタと同様にその構造はシンプルです。ケーブルの中心導体を剥いて先端を鋭く削り、そのままオス・コネクタの中心導体にするもので、低コストで製作ができます。しかし、1.0mmに比べ機械的強度が弱いので取り扱いには注意が必要です。



1.0mmフレキシブル・ケーブル
(販売:ペガ・テクノロジー)



適正トルクとトルクレンチ

これらの同軸コネクタを適正に取り扱うための重要で必要不可欠なのが、トルクレンチです。

トルクレンチとは、写真のようにレンチの先端が規定トルク以上になると、折れ曲がる構造になっています。

何故トルクレンチが同軸コネクタを取り扱う上で必要不可欠なのでしょう？皆さんはコネクタを接合するときに、レンチを使用することは多いでしょう。なぜなら、手締めだとあまりよくトルクがかからず接続が不完全になり、測定再現性が劣化するからです。にもかかわらず、トルクレンチが手元になく、モンキーレンチや固定のレンチを使って、目いっぱい締め付けている例を何度となくお目にかかります。これは非常に危険な行為と言えます。

マイクロ波コネクタは、その加工精度は非常に高いものが多く、一般的にとてもデリケートなものなのです。トルクを適正トルク以上にかけると、どうなるのでしょうか？

多くの場合、コネクタの堅牢さに助けられて不具合は発生しませんが、規定トルクを大幅にオーバーするような締めつけ方をしたり、堅牢性に劣るコネクタ(特に機器内部接続用に設計された SMA コネクタや外部導体金属壁厚の薄い 2.92mm など)では、締め付けすぎると“中心導体同士が物理的に押し合い”状態になってひどい場合は破損してしまいます。ほんのちょっとしたずれやギャップは、コネクタの整合性を劣化させリップルを発生させます。高周波コネクタはとてデリケートな部品であるということ認識して取り扱うべきです。注意しましょう。

下表は、各マイクロ波コネクタの適正トルクとトルクレンチをまとめたものです。分かりにくいところは、SMA 用トルクレンチの使い分けでしょう。SMA-SMA、SMA(m)-3.5(f)の場合は 5 lb-in の SMA 用を使用します。

ところが、SMA(f)-3.5(m)の場合は 8lb-in のトルクレンチを使用しても構いません。但し、メーカーによっては SMA も 3.5mm と同じトルクを推奨しているところもあります。

PROPER CONNECTOR TORQUE

	Torque kg-cm	Torque N-cm	Torque lbs-in	Wrench P/N
Type-N 、 7mm		135	12	8710-1766
3.5mm NMD3.5	9.2	90	8	8710-1765
NMD2.4	9.2	90	8	8710-1764
SMA	5.7	56	5	8710-1582
2.4mm	9.2	90	8	8710-1765
1.85mm	9.2	90	8	8710-1765
1.0mm		45	4	8710-2079

注意: N 型のトルクレンチは、レンチサイズやトルクの仕様がメーカーにより異なります。よってコネクタやケーブルを購入したときに同時に購入してください。



Type-N, 7mm 用 12lb-in



NMD3.5mm, NMD2.4mm 用 8lb-in



1.85mm, 2.4mm, 3.5mm 用 8lb-in

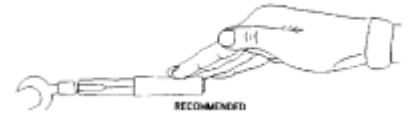


1.0mm 用 4in-lb

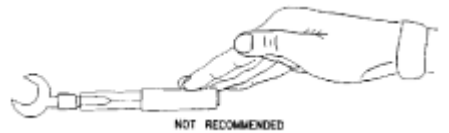


SMA, 2.92mm 用 5lb-in

トルクレンチは、次のように指を添えるようにして適切にトルクをかけてください。無理に力を加えないように支えてください。



トルクレンチの回す方向にも気をつけてください。下図は悪い例です。



悪い例です。トルクレンチを握り締めて回すと、過剰にトルクがかかります。また、回転の中心がずれて繊細なコネクタにダメージを与えることもありますので注意してください。



規定トルクがかかると、トルクレンチはその一部が折れ曲がるように作られています。次の写真のように軽く折れた時点で終了します。



次の写真は間違った使い方です。完全に折れ曲がるほど曲げないで下さい。



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

計測お客様窓口

受付時間 9:00-18:00(土・日・祭日を除く)

TEL ■■ 0120-421-345
(042-656-7832)

FAX ■■ 0120-421-678
(042-656-7840)

Email contact_japan@keysight.com

ホームページ www.keysight.co.jp

記載事項は変更になる場合があります。
ご発注の際にご確認ください。

©Keysight Technologies. 2014
Published in Japan, December 22, 2014
5988-8015JA
0000-08A