

今どきの高周波測定技術と 測定器管理の基礎知識

~ その 1 電波法による測定器の較正とは ~

近年、電波の利用は高度化し、実際に無線通信の信号 品質を評価する必要性が増加しているが、そのような場面に測定器は欠くことのできない道具となっている。筆者はメーカの品質管理部門で長年測定器の精度管理の仕事に携わってきたが、とりわけ高周波測定器は目に見えない電磁波を扱うという性格上、その測定値や測定結果の正しさには、あまり関心が払われないように感じている。測定器は確かな基準と比較して「較正」を実施することで、初めてその表示値の正しさが確認できる。今回から始まるシリーズでは、今どきの高周波測定技術を、測定器を取扱う現場技術者の観点から考察してみたい。

アンリツカスタマーサポート株式会社 山崎 俊雄



較正現場の様子

はじめに

電波法によると、無線局の空中線電力の許容偏差は 無線局の種別により決まりがある。例えば、放送局の 送信設備の場合、許容偏差は上限5パーセント、下限 10パーセントである。実際に、無線局に免許を与え る場合には、空中線電力が所定の許容偏差の中にある か否かを、実際に電波を出して測定することで検査確 認をする。

しかし、この検査に使う高周波電力計が、万一不正確なものであったとしたらどうなるか。許容偏差を逸脱した結果を見逃してしまうか、あるいは許容偏差内であっても不合格と判定されてしまうかもしれない。このようなことがあっては困るので、検査に使う測定器は「常に正しい結果を示す」ことを何らかの方法で確認する必要がある。この確認の行為が「較正」である。

本稿では、まず測定器に対する「較正」の必要性について言及する。次に現在、無線局の開設と定期点検に活用されている登録検査等事業者制度について概説し、登録検査等事業者が使用する測定器の較正に関わる計量計測トレーサビリティシステムについて触れる。最後に、計量計測トレーサビリティシステムを実現するために不可欠となる「標準」の存在と較正機関の整備について説明する。

ことばの定義

本論に入る前に、言葉の定義を明らかにしたい。測定器の「値付け」を意味する英語の Calibration に対する用語として、電波法では一貫して「較正」が使用されている。一方、電波法以外の法律、例えば計量法では「校正」の字が当てられている。意味として「較正」は調整を含み、「校正」は調整を含まないとの解釈もあるが、現在のところ一般的ではない。どちらを使うか迷うところではあるが、今回は読者の大多数が電波に関係する方々という状況を鑑みて、Calibrationに対応する用語としては電波法で使われている「較正」を主に使用する。「校正」は、計量法に関するCalibration、また参照する規格に「校正」が明記されている場合にのみ使用する。

また英語の Measurement Instruments を表す用語として「測定器」と「計測器」の2種類が存在する。 電波法では「測定器」が使われていることから、本稿でも「測定器」を用いることにする。

なぜ較正が必要なのか

JIS Z 8103:2000 (計測用語) によると、測定とは「ある量を、基準として用いる量と比較し、数値または符合を用いて表すこと」と定義されている。例えば無線



機の1Wの出力電力を測定するときに、エンジニアはパワーメータを使って無線機の出力電力を測る。このとき、無線機の高周波信号の出力は「ワット」という電力の基準と比較され、「1ワット」という量が数値的に確定されることになる。日常生活において、測定という行為に対して信頼性が必要とされるのは、次の2つの場合であるといわれている[1]。

- ・「取引」をする場合 有償であると無償であるとを問わず、物又は役務の 給付を目的とする業務上の行為をいう
- ・「証明」をする場合 公に又は業務上他人に一定の事実が真実である旨を 表明することをいう

このとき、もし無線機が正しく 1W を出力しているにも拘らず、パワーメータが不正確で 0.8W と表示してしまったとしたらどうなるか。出荷検査であれば受入不良品と判定されてしまうし、受入検査であれば受入不良品と判断されてしまうかもしれない。このように、製品や部品を売買する上で、測定の結果が信頼できるものであるか否かという点は非常に重要であり、このため「取引」や「証明」に使われる全ての測定器は、測定の結果が信用できるという確かな保証を持つことが非常に重要になる。

そもそも測定器の較正とは何なのか

測定器は製造時に生まれつき正確な値を持っているというわけではない。まず、製造され製品として形を作り上げられた測定器は、製造現場にある実用標準と比較され、その測定値が標準とどれだけの差を持っているかを比較される。この比較はその測定器の性能を維持するために必要な試験ポイントにおいて実施され、その結果が所定の範囲に入っていると認められたときに合格と判定され、その測定器は晴れてめでたく出荷されることになる。

しかし、測定器とて電気製品であることには変わりはない。一部に測定器特有の部品を使用することはあるものの、多くは汎用部品を組み合わせて使用することになる。これらの部品は、時間を経るごとに年々歳々僅かながらその性能が変化していくことになる。テレビやラジオのような電気製品であれば、構成部品の変化があっても設計上の余裕度の範囲内であれば、すぐには画面が写らなくなったり音が聞こえなくなったりすることはないかもしれない。しかし、測定器の場合、

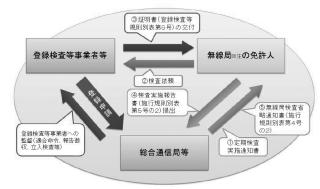
測定結果を表示しなくなる、あるいは機械的な動作が 不能になるという以前に、表示する測定値そのものが 次第にズレを生じるという現象を引き起こす。

このズレは、測定器の種類や型式で異なることになる。あるいは使用条件が異なれば同一型式の測定器でも異なる動きをすることになる。結局、どのくらい確からしい測定結果を表示しているか、ということを確実に知るためには、実際のところ、定期的に、あるいはその都度実用標準と比較して較正を行って再評価をする必要があるということになる。

登録検査等事業者制度

さて、ここで話を一旦無線局の開設に戻したい。かなり以前の話になるが、無線局を開設しようとする者は、あらかじめ予備免許を受けた後、監督官庁から派遣された検査官の前で試験電波を発射し、その電波の品質を測定器で測定され、その結果が法律の要件に合致すると認められることが必要であった。しかし、今日では開設される無線局の数も増加し、検査件数も膨大になることから、検査官による直接検査に代わる方法として、登録検査等事業者による検査が導入されて今日に至っている。その仕組みを図1に示す[2]。

登録検査等事業者等制度を活用した無線局定期検査の流れ



※注:定期検査の対象となっている無線局のうち、人の生命又は身体の安全の確保のためにその適正な運用の確保が必要な無線局を除く。

図 1 登録検査等事業者による無線局の検査

- ①総合通信局は無線局の免許人に対して検査実施通知 書を発行する。
- ②免許人は登録検査等事業者に対して検査依頼を行 う。
- ③登録検査等事業者は免許人の無線設備を検査する。 このとき検査結果を判定し、検査結果証明書を発行 する。
- ④免許人は総合通信局に検査実施報告書を提出する。



⑤総合通信局は免許人に検査省略通知書を発行する。

この①から⑤の手順により、免許人から当該無線局の検査結果が法令の規定に合致している旨を記載した証明書の提出があったときは、総務大臣は定期検査を省略することができることになっている。ただし、無線局の種別で人の生命又は身体の安全のため、その適正な運用の確保が必要な無線局として総務省令で定めるものは、この制度の適用から除外されている。

測定器の較正

登録検査等事業者の登録を受けようとする者は、以下の事項を記載した申請書を総務大臣(各総合通信局長)に提出する必要があることが電波法に定められている(電波法第24条の2第2項)。

- 1) 名称、住所、代表者の氏名等
- 2) 事務所の名称及び所在地
- 3) 点検に用いる測定器の概要
- 4) 点検の事業のみを行う者にあってはその旨

実際に3)の測定器の届けを行う際に、その測定器 は以下のイ~ニの何れかの方法で較正されたものでな ければならないことになっている(電波法第24条の 2第4項第二号)。

- イ:国立研究開発法人情報通信研究機構又は電波法第 102条の18第1項の指定較正機関が行う較正
- ロ:計量法(平成4年法律第51号)第135条又は第 144条の規定に基づく校正
- ハ:外国において行う較正であって、国立研究開発法 人情報通信研究機構又は電波法第102条の18第 1項の指定較正機関が行う較正に相当するもの
- ニ:イからハまでのいずれかに掲げる較正等を受けた ものを用いて行う較正等

ここで対象となる測定器は以下の6種類である(電 波表第24条の2、別表第2)。

- (1) 周波数計
- (2) スペクトル分析器
- (3) 電界強度測定器
- (4) 高周波電力計
- (5) 電圧電流計
- (6) 標準信号発生器

また、電波法第 108 条の 18 第 1 項の総務省令で定める測定器等には、 $(1)\sim(6)$ に加えて (7) 周波数標準器を含めた 7 種類が対象となっている。

 $(1) \sim (7)$ の測定器を登録検査等事業者が使う場合には、明確にイ、 \sim ハ、の何れかの較正を行うことが求められることになる。

計量計測のトレーサビリティ

イ. ~ハ. の較正を要求する理由とはなにか。それは、電波法における計量計測トレーサビリティシステムを維持するためであると解釈できる。

図2に電波法における計量計測トレーサビリティシステムの概念図を示す。登録検査等事業者は、保有する測定器を利用可能な較正機関に持ち込んで較正を実施する。持ち込まれた較正機関も、さらに上位の較正機関で保有する測定器(標準器)を較正する。この連鎖が途切れることなく国家標準まで接続し、さらに国際単位系(SI)に接続していること。この体系が全世界的に実現できている状態が計量計測トレーサビリティシステムの完成形となる。

SI 単位は長さ (メートル)、質量 (キログラム)、時間 (秒)、電流 (アンペア)、熱力学温度 (ケルビン)、物質量 (モル)、光度 (カンデラ) の7つの基本単位で構成されているが、全ての電気量は SI 基本単位の組立量として表すことができる。各国の国立標準機関は、自国の測定器を較正するための器物としての国家

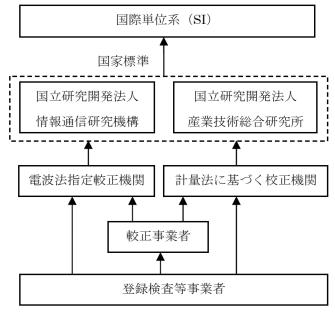


図2 電波法における計量計測トレーサビリティシステム



表 1 固有の名称とその独自の記号で表わされる SI 組立単位 (電気量に係わるもの)[3]

| 組立量 | 名称 (記号) | 他の SI 単位 による表し方 | SI 基本単位によ る表し方 |
|---------------|-----------|---------------------------|---|
| 周波数 | ヘルツ (Hz) | | s^{-1} |
| 力 | ニュートン (N) | | m·kg·s ⁻² |
| エネルギー, 仕事, 熱量 | ジュール (J) | N⋅m | m ² ·kg·s ⁻² |
| 仕事率, 工率, 放射束 | ワット (W) | J/s | $m^2 \cdot kg \cdot s^{-3}$ |
| 電荷,電気量 | クーロン (C) | | s·A |
| 電位差(電圧),起電力 | ボルト (V) | W/A | m ² ·kg·s ⁻³ ·A ⁻¹ |
| 静電容量 | ファラド (F) | C/V | m ⁻² ·kg ⁻¹ ·s ⁴ ·A ² |
| 電気抵抗 | オーム (Ω) | V/A | m ² ·kg·s ⁻³ ·A ⁻² |
| コンダクタンス | ジーメンス (S) | A/V | m ⁻² ·kg ⁻¹ ·s ³ ·A ² |
| 磁束 | ウェーバ (Wb) | V·s | m ² ·kg·s ⁻² ·A ⁻¹ |
| 磁束密度 | テスラ (T) | Wb/m ² | kg·s ⁻² ·A ⁻¹ |
| インダクタンス | ヘンリー (H) | Wb/A | m ² ·kg·s ⁻² ·A ⁻² |

を行うことが求められている。ロ. は計量法校正事業者登録制度に基づく校正事業者での校正を指すが、この校正事業者は、国際規格 ISO/IEC17025 (試験所及び校正機関の能力に関する一般要求事項)の要求事項を満たすことが求められている。今日では ISO/IEC17025 に基づいた校正機関の登録制度が世界的に普及しており、ISO/IEC17025 で審査登録されたことを示すシンボルマークを付して識別する制度も定着している。

標準器を整備するが、その国家標準器は最終的に SI 基本単位の組立量として評価され、SI 単位系との整合性を確保することが求められている。表 1 に電気量に関わる SI 組立単位を示す。

国家標準器と較正機関の整備

まとめると、世界的な計量計測トレーサビリティシステムを実現するための構成要素は以下の3つになる。

- a) 世界で統一した計量計測標準を定めること
- b) 各国で国家標準を頂点とした計量計測トレーサビ リティ体系を構築すること
- c) 測定器の較正を行う較正機関を整備すること

実際に、登録検査等事業者が十分にその役割を発揮するためには、c)が整備されていなくてはならない。また、c)が正しく機能するためにはb)の存在が欠かせない。電波の利用が増加の一途を辿る今日において、電波環境の安心安全な管理、監視のためにはb)の整備が非常に重要さを増していると言えよう。実際に、周波数、高周波電力、高周波減衰量、高周波インピーダンスなど、無線測定に縁が深い電気量も国家標準が整備され、較正の連鎖を介して登録検査等事業者に供給される仕組みが確立されている。

c)の具体的な較正機関が電波法第24条の2第4項第二号のイ.~二.に規定されているが、イ.は電波法が要求する指定較正機関での較正を指す。指定較正機関の測定機器(標準器)は電波法の要求により毎年1回以上、国立研究開発法人情報通信研究機構で較正

まとめ

測定器は生まれながらにして正しい値をもつものではなく、較正によって初めて活躍できる命が吹き込まれると言っても過言ではない。これが実現するのは、国家標準を頂点とした計量計測トレーサビリティ体系が国内にあるからであり、また国家標準もSIへの整合を取っているからこそ、国際的な同等性を保つことができるのである。

電波法は国内法であるが、国際的な整合性を求められることも多くなってきた。先ずは測定器の較正の仕組みを知っていただき、それが世界的な計量計測トレーサビリティ体系の中で機能していることをご理解いただければ幸いである。

参考文献:

- [1] 計量法第二条2項
- [2] 総務省の電波利用ホームページ http://www.tele.soumu.go.jp/j/adm/proc/check/
- [3] 国際単位系 (SI) 日本語版 2006

<筆者紹介>



山崎 俊雄

アンリツカスタマーサポート株式会社 計測テクニカルセンター長 EMC センター長(兼務)

1990年 アンリツ株式会社に入社

1998年 アンリツ計測器カストマサービス株式会社(現アンリツカスタマーサポート株式会社)に移り、ISO/IEC17025適合校正機関の品質管理システムを開発。同社のJCSS、A2LA品質担当責任者。

1992年~1993年、通商産業省工業技術院電子技術総合研究所(当時)にて40GHz高周波電力標準器(国家標準)の研究開発に従事。