



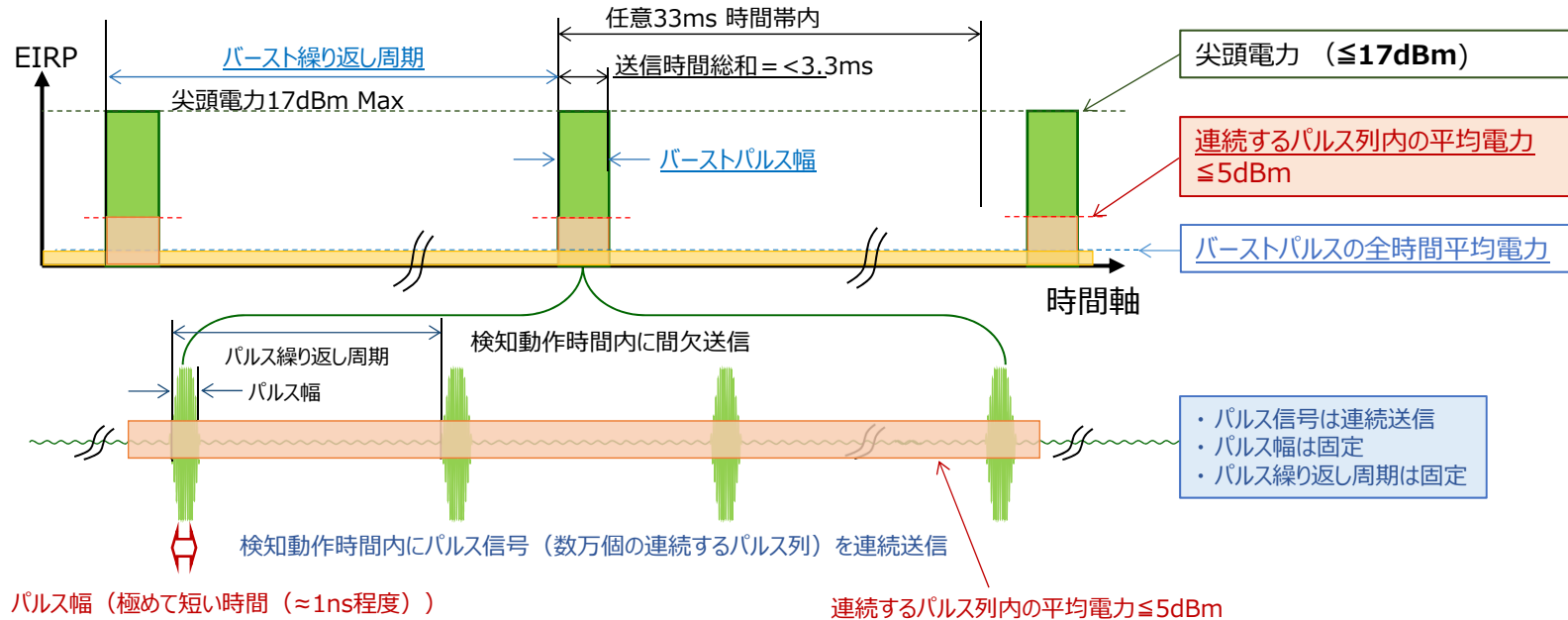
# パルス変調方式の空中線電力の 測定方法

令和 2年11月20日

(一財) テレコムエンジニアリングセンター

情報通信審議会 60GHz帯無線設備作業班

# 1 無線設備の送信波形



## 2 パルス列内の平均電力の考え方

レーダー用として「時間平均」の概念を別途定義することが望ましい。  
(変調波が断続するため一般的なバースト内平均電力とは異なる。)

レーダー用としての  
平均電力の定義

「連続するパルス列内の平均電力」と定義した方が、実際の無線設備の送信状態と整合する。

連続するパルス列内の平均電力 = バーストパルスの全時間平均電力 / (バーストパルス幅 / バースト繰り返し周期)

※ 検知動作時間内のパルス信号の尖頭電力からも算出可能であるが、極めて短い時間の測定が必要となるため 測定が難しい。

### 3 測定時の共通事項

#### 試験機器の条件

試験機器(EUT)の送信状態を一定に保つ必要がある。(テストモード)

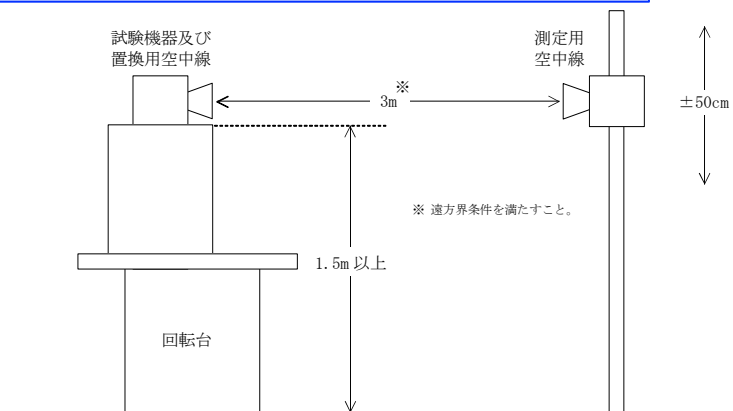
- ・ 試験機器の空中線電力(送信出力)が最大となる状態に設定する。
  - ・ 試験機器の送信周波数を固定する。(チャンネル切り換え、周波数ホッピングを行う無線設備)
  - ・ 試験機器の「バースト繰り返し周期」及び「バーストパルス幅」が一定(一定周期、一定バースト長)となる状態に設定する。
- ・ 試験機器の送信空中線の絶対利得は、実測値(又は、設計資料等に基づく申告値)を用いる。
  - ・ 試験機器の空中線が指向性制御を行う場合は、強制的に最大放射方向を測定用空中線方向へ向ける必要がある。

#### 空中線端子における測定

- ・ 試験機器の空中線端子より、試験機器に適合する治具、導波管及び同軸ケーブル(同軸導波管変換器)を用いて測定器類に接続する。

#### アンテナ一体型(OTA)測定

- ・ 6面電波暗室(全面に電波吸収体敷設)又は、金属面に電波吸収体を敷設して反射波を抑圧した5面電波暗室において測定を行う。
- ・ 試験機器と測定用空中線は、遠方界条件(\*)を満たす離隔距離(原則3m)で対向させる。  
※  $2D^2/\lambda$  (D: 空中線開口径、 $\lambda$ : 波長)
- ・ 試験機器に対向する側に設置した、測定用空中線の出力を測定器類に接続する。



アンテナ一体型(OTA)測定時の測定機材配置例

## 4 使用する測定器類等

60GHz帯(50GHzを超えるミリ波帯)の測定においては、マイクロ波帯等と比較して使用可能な測定器類に制限がある。

- ・ 汎用の尖頭電力計(ピークパワーメータ等)が市販されていない。
- ・ 測定器及び測定機材間の接続は、今もなお導波管接続が主流である。(同軸導波管変換器+同軸ケーブル)
- ・ 必要に応じて周波数変換器(ハーモニックミキサ等)を使用する必要がある。  
(ハーモニックミキサ等を用いた場合は周波数変換損失大きい(30dBを超える)ため、測定系のダイナミックレンジ確保が難しい。)

### 測定に使用する主な測定器

#### スペクトルアナライザ

- ・ 近年は、ミリ波帯の測定において周波数変換器(ハーモニックミキサ等)を使用しないで測定値を直読できる機器が市販されているが、極めて高価である。
- ・ パルス変調波のレベル測定を行う場合は、パルス減衰率(Pulse desensitization factor)を補正する必要がある。  
(分解能帯域幅(RBW)フィルタの設定値が広いほど補正值は小さくなる。)
- ・ パルス変調波(広帯域変調)の測定の場合は、分解能帯域幅(RBW)フィルタの帯域制限の影響を避けるためフィルタの帯域をできる限り広く設定する必要がある。(ただし、汎用機器では3MHzから10MHz程度)

#### 平均電力計

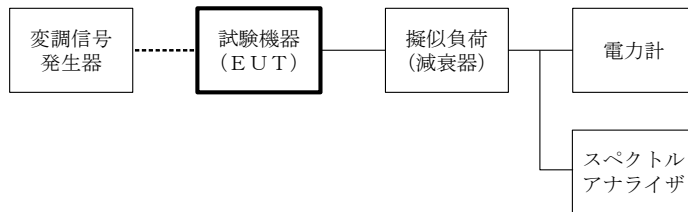
- ・ ミリ波帯パワーセンサを用いれば、比較的容易にバーストパルスの全時間平均電力の測定が可能である。
- ・ 熱電対型パワセンサーを用いることが好ましいが、測定系のダイナミックレンジ確保に注意が必要である。  
(必要に応じて広帯域増幅器等を使用する。)

#### サンプリング・オシロスコープ

- ・ 極めて短い時間の電圧変動の測定(1ns程度より短い時間軸方向の測定)には最適である。
- ・ 技術基準適合証明等の適合性判定の測定項目に対しては、測定器としての使用頻度が低く、測定現場に高速サンプリング可能なオシロスコープを配備している試験所は少ないと考えられる。

## 5 平均電力の測定方法

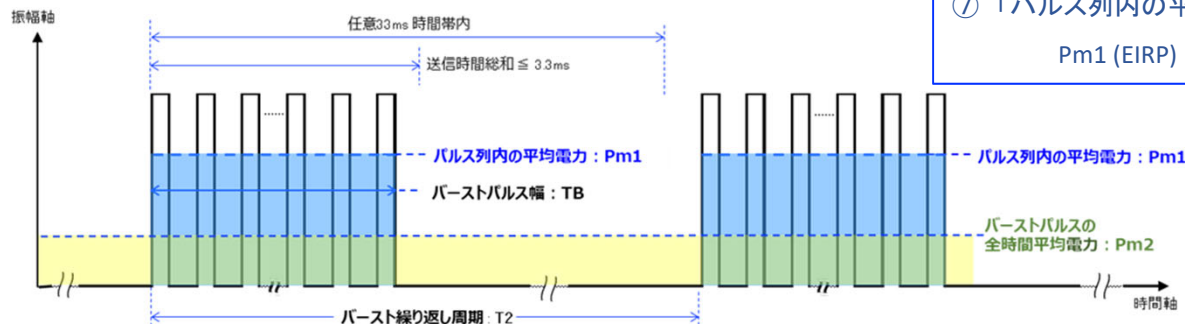
### 空中線端子における測定



- ① 試験機器から一定周期、一定バースト長の送信波を連続送信状態で送出する。
- ② 電力計を用いて、「バーストパルスの全時間平均電力 (Pm2)」を十分に長い時間測定する。
- ③ スペクトルアナライザの設定を「バーストパルス幅 (TB)」及び「バースト繰り返し周期 (T2)」が測定できる設定 (タイム・ドメインモード) とし、TB 及び T2 の時間を測定する。
- ④ 「パルス列内の平均電力 (Pm1)」は、次式で算出できる。

$$Pm1 (\text{空中線端子}) = Pm2 / (TB / T2)$$

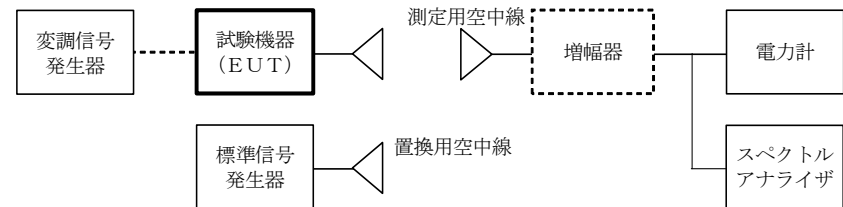
送信時間率



### Pm1 (空中線端子) ⇔ Pm1(EIRP) の変換

試験機器の送信空中線の絶対利得及びケーブル損失等を加算又は減算

### アンテナ一体型 (OTA) 測定

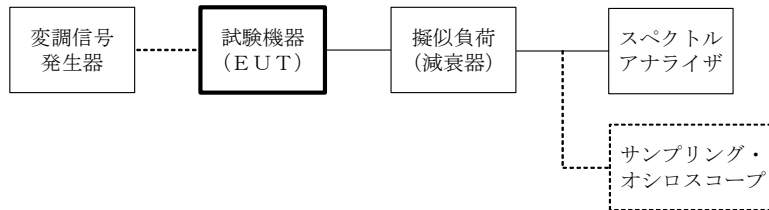


- ① 試験機器の送信空中線と測定用空中線を一定の離隔距離 (遠方界条件を満たす距離) で対向させる。
- ② 試験機器から一定周期、一定バースト長の送信波を連続送信状態で送出し、試験機器の送信空中線と測定用空中線の方向を微調整し、電力計の指示が最大となる方向に固定する。
- ③ 「空中線端子における測定」の手順② (電力計指示値を記録) 及び手順③を行う。
- ④ 試験機器を撤去して、置換用空中線及び標準信号発生器に置き替え、標準信号発生器から信号を出力し、測定用空中側の受信信号の強度が最大となるように置換用空中線の方向を調整して固定する。
- ⑤ 手順③の電力計指示値と同じ値となるように、標準信号発生器出力を可変する。この時の標準信号発生器の出力をP0とする。
- ⑥ P0に置換用空中線の絶対利得等を加算又は減算して、等価等方輻射電力(EIRP)に算出する。この値をPm2(EIRP)とする。
- ⑦ 「パルス列内の平均電力 (Pm1(EIRP))」は、次式で算出できる。

$$Pm1 (EIRP) = Pm2(EIRP) / (TB / T2)$$

## 6 尖頭電力の測定方法

### 空中線端子における測定

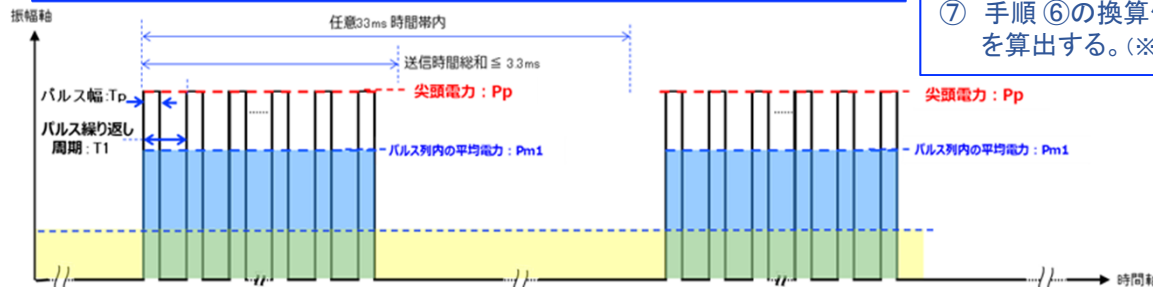


- ① 試験機器から一定周期、一定バースト長の送信波を連続送信状態で送出する。
- ② スペクトルアナライザを周波数掃引して尖頭電力を探索する。
  - ・ 分解能帯域幅(RBW)： 設定可能な範囲で広帯域に設定 (例 3MHz以上)
  - ・ 検波モード： ポジティブピーク
- ③ 必要によりスペクトルアナライザの周波数軸方向の分解能を上げて、送信スペクトルのピーク値を測定する。
- ④ ③の送信スペクトルのピークの測定値を、パルス減感率 (Pulse desensitization factor) の値で補正して、尖頭電力 (Pp) (空中線端子) を算出する。(※)

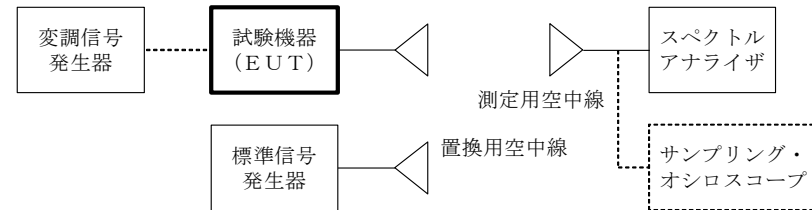
$$\text{パルス減感率} (\alpha_p) = 20 \cdot \log (T_p \cdot K \cdot \text{RBW})$$

$T_p$ : 送信パルス幅、 $K$ : IF増幅器の定数 ( $\approx 1.5$ )、 $\text{RBW}$ : 分解能帯域幅

- ※ ・ 尖頭電力(Pp) の算出値に疑義がある場合は、サンプリング・オシロスコープを用いて送信パルス波形を直接観測し、尖頭電力(Pp) を測定する。
- ・ パルス列内の平均電力 (Pm1) を 送信時間率 ( $T_p / T_1$ ) で除して、尖頭電力 (Pp) を算出する方法もある。(  $T_p$  及び  $T_1$  は申告値を用いる。 )



### アンテナ一体型 (OTA) 測定



- ① 試験機器の送信空中線と測定用空中線を一定の離隔距離 (遠方界条件を満たす距離) で対向させる。
- ② 試験機器から一定周期、一定バースト長の送信波を連続送信状態で送出し、試験機器の送信空中線と測定用空中線の方向を微調整し、スペクトルアナライザの指示が最大となる方向に固定する。
- ③ 「空中線端子における測定」の手順 ② 及び 手順 ③ (スペクトルアナライザの指示値を記録) を行い、送信スペクトルのピーク値を測定する。
- ④ 試験機器を撤去して、置換用空中線及び標準信号発生器に置き換え、標準信号発生器から信号を出力し、測定用空中側の受信信号の強度が最大となるように置換用空中線の方向を調整して固定する。
- ⑤ 手順 ③ のスペクトルアナライザの指示値と同じに値なるように、標準信号発生器の出力を可変する。この時の標準信号発生器の出力を  $P_0$  とする。
- ⑥  $P_0$  に置換用空中線の絶対利得等を加算又は減算して、等価等方輻射電力 (EIRP) に換算する。
- ⑦ 手順 ⑥ の換算値をパルス減感率の値で補正して、尖頭電力  $P_p(\text{EIRP})$  を算出する。(※)

$P_p$  (空中線端子)  $\leftrightarrow$   $P_p$  (EIRP) の変換

試験機器の送信空中線の絶対利得及びケーブル損失等を加算又は減算