

諮問第 3 号

「国際無線障害特別委員会（CISPR）の諸規格について」

のうち

「無線周波妨害波及びイミュニティ測定装置の技術的条件

放射妨害波測定用のアンテナと試験場」

目次

序文.....	8
1 適用範囲.....	9
2 引用規格.....	9
3 用語、定義及び略号.....	10
3.1 用語と定義.....	10
3.2 略号	15
4 無線周波放射妨害波測定用アンテナ	16
4.1 概要	16
4.2 放射妨害波測定のための物理的パラメータ（測定値）	17
4.3 9 kHz から 150 kHz までの周波数範囲のアンテナ	17
4.3.1 概要.....	17
4.3.2 磁界アンテナ	17
4.3.3 シールドド（電氣的に遮へいされた）ループアンテナ	19
4.4 150 kHz から 30 MHz までの周波数範囲のアンテナ	19
4.4.1 電界アンテナ	19
4.4.2 磁界アンテナ	19
4.4.3 アンテナの平衡度又は XPR.....	19
4.5 30 MHz から 1000 MHz までの周波数範囲のアンテナ	19
4.5.1 概要.....	19
4.5.2 電界強度許容値に対して不適合が疑われる場合に用いる低不確かさアンテナ	20
4.5.3 アンテナ特性	20
4.5.4 アンテナの平衡度	22
4.5.5 アンテナの XPR.....	24
4.6 1 GHz から 18 GHz の周波数範囲	25
4.6.1 概要.....	25
4.6.2 受信アンテナ	25
4.7 特殊なアンテナ配置—ラージループアンテナシステム（LLAS）	27
5 周波数範囲 9 kHz から 30 MHz の無線周波妨害波電磁界強度測定用試験場	28
5.1 概要	28
5.2 試験場の周囲雑音環境.....	28
5.3 測定距離及びテストボリューム	28
5.4 試験台及びアンテナポジション	29
5.5 試験場の妥当性確認手順.....	29
5.5.1 概要.....	29

5.5.2	正規化されたサイトの挿入損 (NSIL)	33
5.5.3	参照サイト法 (RSM)	33
5.5.4	判定基準	34
6	周波数範囲 30 MHz から 1000 MHz までの無線周波妨害波電界強度測定用試験場	34
6.1	概要	34
6.2	野外試験場 (OATS)	34
6.2.1	概要	34
6.2.2	全天候型設備	34
6.2.3	電波無反射領域	35
6.2.4	試験場の周囲電磁環境	36
6.2.5	大地面	36
6.3	他の試験場の適切性	37
6.3.1	他の OATS	37
6.3.2	大地面のない試験場 (FAR : 電波全無響室)	37
6.4	試験場の妥当性確認	37
6.4.1	概要	37
6.4.2	試験場妥当性確認の概要	38
6.5	OATS 及び SAC の評価に使用される NSA 法の基本パラメータ	39
6.5.1	理論的 NSA 値の一般式と表	39
6.5.2	アンテナ校正	42
6.6	OATS 及び SAC のための参照サイト法 (RSM)	42
6.6.1	概要	42
6.6.2	RSM 測定で許容されないアンテナ	43
6.6.3	REFTS 上のアンテナペアの参照サイトアッテネーションの決定	44
6.6.4	広い OATS 上の平均化手法を使用したアンテナペア参照サイトアッテネーションの決定	44
6.7	NSA 法による OATS の妥当性確認	47
6.7.1	離散周波数法	47
6.7.2	掃引周波数法	48
6.8	全天候型 OATS 及び SAC の妥当性確認	49
6.9	試験場の許容限界を超える可能性のある原因	52
6.10	FAR の妥当性確認	53
6.10.1	概要	53
6.10.2	電波全無響室の RSM	57
6.10.3	全無響室の NSA 法	59

6.10.4	FAR の試験場妥当性判定基準	61
6.11	試験台とアンテナポジショナの評価	61
6.11.1	概要	61
6.11.2	試験台の影響に関する評価手順.....	62
7	周波数範囲 1 GHz から 18 GHz までにおける無線周波妨害波の電界強度測定用試験場	64
7.1	概要	64
7.2	基準試験場.....	64
7.3	試験場妥当性確認.....	64
7.3.1	概要.....	64
7.3.2	試験場妥当性確認における判定基準	65
7.4	S_{VSWR} 標準試験手順におけるアンテナの要求条件.....	66
7.4.1	概要	66
7.4.2	送信アンテナ	66
7.4.3	相互交換による S_{VSWR} の手順のためのアンテナ及び試験機器	68
7.5	試験場妥当性確認試験のために要求される位置.....	68
7.5.1	概要.....	68
7.5.2	水平面内における S_{VSWR} 測定位置の説明.....	69
7.5.3	付加的な S_{VSWR} の測定位置	70
7.5.4	S_{VSWR} 測定位置の要約	71
7.6	S_{VSWR} による試験場妥当性確認ー標準的な試験手順	74
7.7	S_{VSWR} を用いた試験場妥当性確認ー等方性電界プローブを用いた相互交換による試験手順	75
7.8	S_{VSWR} における条件付測定位置に関する要求事項.....	76
7.9	S_{VSWR} を用いた試験場妥当性確認の試験報告書	77
7.10	S_{VSWR} による試験場妥当性確認方法の限界.....	77
7.11	代替試験場.....	78
8	コモンモード吸収デバイス	78
8.1	概要	78
8.2	CMAD の S パラメータの測定	78
8.3	CMAD の試験ジグ	78
8.4	TRL 校正を使用する測定法.....	79
8.5	フェライトクランプ型 CMAD の仕様.....	82
8.6	スペクトラムアナライザとトラッキングジェネレータを用いた CMAD の特性確認	82
9	全放射電力測定用反射箱	84
10	放射妨害波測定用 TEM 導波路.....	84

付則 A（規定） アンテナのパラメータ	85
A.1 概要	85
A.2 推奨アンテナ	85
A.2.1 概要	85
A.2.2 理論計算可能なアンテナ	85
A.2.3 低不確かさアンテナ	86
A.3 単純なダイポールアンテナ	87
A.3.1 概要	87
A.3.2 同調ダイポール	87
A.3.3 短縮ダイポール	87
A.4 広帯域アンテナパラメータ	89
A.4.1 概要	89
A.4.2 アンテナの型式	90
A.4.3 アンテナの仕様	90
A.4.4 アンテナ校正	91
A.4.5 アンテナ使用者への情報	91
付則 B（削除）	93
付則 C（規定） 周波数範囲 9 kHz から 30 MHz までの磁界誘導電流測定用の LLAS	94
C.1 概要	94
C.2 LLAS の構造	94
C.3 LLA（or ラージループアンテナ（LLA））の構造	94
C.4 LLAS の妥当性確認	98
C.5 バラン付きダイポールアンテナの構造	101
C.6 変換係数	102
C.6.1 概要	102
C.6.2 非標準直径を持つ LLA の電流変換係数	103
C.6.3 LLA によって測定された電流値から磁界強度への変換	104
C.7 例	107
付則 D（規定） 30 MHz から 1000 MHz までの周波数範囲の野外試験場の詳細構造 （第 6 章参照）	108
D.1 概要	108
D.2 大地面の構造	108
D.2.1 構成材料	108
D.2.2 粗さの基準	108
D.3 EUT への電力供給	109

D.4	全天候型設備の構造	109
D.4.1	構成材料及び留め具の構造	109
D.4.2	内部の配置	110
D.4.3	大きさ	110
D.4.4	時間及び天候に対する性能の一定性	110
D.5	回転台及び試験台	110
D.6	受信アンテナポジショナ	110
付則 E	(削除)	112
付則 F	(情報) 試験場の判定基準 ± 4 dB の根拠 (第 6 章参照)	113
F.1	概要	113
F.2	誤差の分析	113
付則 G	(情報) 校正済アンテナペアを用いた RSM を使用した COMTS の 試験場妥当性確認に対する不確かさバジレットの例 (6.6 節参照)	115
G.1	平均化処理を使用したアンテナペア参照サイトアッテネーション (SA) 校正に対して 考えられる量	115
G.2	REFTS を使用したアンテナペア参照 SA 校正に対して考えられる量	116
G.3	アンテナペア参照 SA を使用した COMTS での妥当性確認に対して考えられる量	117
付則 H	(情報) 交差偏波特性 (XPR) 測定における不確かさの定義	118
H.1	概要	118
H.2	不確かさの推定例	120
H.3	表 H.1 及び表 H.3 の入力量の推定の根拠	121
H.4	OATS における 100 MHz 未満の XPR の測定	123
付則 I	(情報) 周波数範囲 9 kHz から 30 MHz における COMTS での 妥当性確認結果の 測定不確かさ	124
I.1	NSIL 法による COMTS の妥当性確認のために考慮すべき量	124
I.2	RSM による COMTS の妥当性確認のために考慮すべき量	126
付則 J	(規定) 周波数範囲 9 kHz から 30 MHz における NSIL 値の導出	129
J.1	概要	129
J.2	磁界アンテナ係数	129
J.3	サイト挿入損 (SIL)	131
J.4	正規化サイト挿入損 (NSIL)	132
J.5	NSIL の数表	136
付則 K	(情報) 周波数範囲 9 kHz から 30 MHz までの試験場設計に関する推奨事項	141
K.1	概要	141
K.2	大地面の寸法と品質	141

K.3	障害物のない領域	142
K.4	共振の無い領域.....	142
付則 L	（情報） 周波数範囲 9 kHz から 30 MHz における NSIL 値の精度	144
L.1	概要	144
L.2	NEC と解析式の相互確認.....	144
L.3	推奨	145
L.4	低周波数側での不安定性.....	145
L.5	不安定性を解決するための外挿法	146
L.6	不安定性を解消するためのセグメントの削減	146
付則 M	（情報） 9 kHz から 30 MHz で ± 4 dB の基準を満たさない 10 m 法 SAC の計算例.....	147
付則 N	（規定） 周波数範囲 9 kHz から 30 MHz における磁界アンテナ係数の合成値の校正.....	150
N.1	概要.....	150
N.2	校正手順.....	150
N.3	測定不確かさ	151
付則 ZA	国内デビエーション	153
参考文献		161

序文

本答申は、国際規格 **CISPR 16-1-4**（第 4.2 版、2023）に準拠し、「国際無線障害特別委員会（CISPR）の諸規格について」のうち「無線周波妨害波及びイミュニティ測定装置の技術的条件 放射妨害波測定用のアンテナと試験場」に関する技術的条件及び性能評価法について定めたものである。平成 28 年度情報通信審議会答申諮問第 3 号「国際無線障害特別委員会（CISPR）の諸規格について」のうち「無線周波妨害波及びイミュニティ測定装置の技術的条件 第 1 部-第 4 編：無線周波妨害波及びイミュニティの測定装置 -放射妨害波測定用のアンテナと試験場-」に関する規定は、本答申で置き換える。

本答申は、第 1 章 ～ 第 10 章、付則 A、付則 C、付則 D、付則 J 及び付則 N（規定）、付則 F、付則 G ～付則 I、付則 K～付則 M（技術情報）並びに付則 ZA で構成される。付則 B 及び付則 E は、準拠する国際規格において削除されている。付則 ZA は国際規格を答申するにあたり、国内固有の環境等を考慮して定めたデビエーションの内容である。

無線周波妨害波及びイミュニティ測定装置の技術的条件

放射妨害波測定用のアンテナと試験場

1 適用範囲

本答申は、9 kHz から 18 GHz までの周波数範囲での放射妨害波を測定するための機器の特性及び性能を規定し、アンテナと試験場の仕様を含んでいる。

本答申の要件は、CISPR が規定する測定装置の範囲内で、全ての周波数、放射妨害波の全てのレベルに適用する。

測定の方法は、引用規格 (4) にあり、放射妨害波に関する詳細情報は、参考文献 [23] にある。不確かさ、統計的モデル、許容値のモデルは、引用規格 (6) にある。

2 引用規格

次の引用規格は、その内容の一部又は全部が本答申の要件を構成するような方法で引用されている。発行年を付記された引用規格については、引用された版だけが適用される。発行年が付記されていない引用規格については、引用規格の最新版（修正を含む）が適用される。

- (1) 令和 X 年 M 月 情報通信審議会答申：（諮問第 3 号「国際無線障害特別委員会（CISPR）の諸規格について」のうち「無線周波妨害波及びイミュニティ測定装置の技術的条件 測定用受信機」）
- (2) CISPR 16-1-5:2014：無線周波妨害波及びイミュニティ測定装置の技術的条件 5 MHz から 18 GHz のアンテナ校正試験場と基準試験場
- (3) CISPR 16-1-6:2014：無線周波妨害波及びイミュニティ測定装置の技術的条件 EMC アンテナ校正
CISPR 16-1-6:2014/修正 1:2017
CISPR 16-1-6:2014/修正 2:2022
- (4) 令和 X 年 M 月 情報通信審議会答申：（諮問第 3 号「国際無線障害特別委員会（CISPR）の諸規格について」のうち「無線周波妨害波及びイミュニティ測定法の技術的条件 放射妨害波測定」）
- (5) 令和 X 年 M 月 情報通信審議会答申：（諮問第 3 号「国際無線障害特別委員会（CISPR）の諸規格について」のうち「無線周波妨害波及びイミュニティ測定法の技術的条件 不確かさ、統計及び許容値のモデルー測定装置に関する不確かさ」）
- (6) JIS C 60050-161：電磁両立性（EMC）に関する国際電気技術用語（IEV）
- (7) IEC 61000-4-21：電磁両立性—第 4-21 部：試験及び測定技術—残響室試験法

3 用語、定義及び略号

本答申に関する用語、定義及び略語は、引用規格 (1)、引用規格 (2)、引用規格 (6) 及び次を適用する。

3.1 用語と定義

3.1.1

アンテナ

給電線の誘導電磁エネルギーを自由空間の放射波に又はその逆に変換するトランスデューサ

注) 本答申では、バランがアンテナの機能に内在するアンテナの場合、「アンテナ」という用語にはバランが含まれる。

3.1.2

アンテナ係数

AF (antenna factor)

F_a

自由空間環境で測定された、構造上のボアサイトに対応する方向（つまり、アンテナの主軸）から入射する平面波の電界強度と、アンテナに接続された特定の負荷に誘導される電圧の比

注 1) AF はアンテナ係数を表す総称で、 F_a は自由空間でのボアサイト AF を表す。AF は、アンテナに接続されている負荷インピーダンス（通常は 50 Ω）の影響を受け、周波数に依存する。パイコニカルアンテナの場合、このインピーダンスは最大 200 Ω。バランのないアンテナの場合、インピーダンスは負荷インピーダンスに等しく、通常は 50 Ω。AF は、アンテナと大地面の相互結合によって影響を受ける可能性があり、指向性に依存する。詳細については、引用規格 (3) の定義と 4.2 節 参照。

注 2) AF の物理的次元は m^{-1} で、測定データは通常 $1/m[dB(m^{-1})]$ を基準とした dB で表される。放射妨害測定では、 F_a が分かっている場合、入射電界 E の強度は、アンテナに接続された測定受信機の読み取り値 V から次のように推定できる。

$$E = V + F_a$$

ここで、 E は $dB(V/m)$ 、 V は $dB(V)$ 、 F_a は $dB(m^{-1})$ である。

3.1.3

アンテナペア参照サイトアッテネーション

A_{APR}

垂直偏波と水平偏波の両方に対する 30 MHz から 1 GHz までのサイトアッテネーション (SA) で、一つのアンテナを大地面から指定された高さに設定し、もう一つのアンテナを指定された高さ範囲で走査して最小挿入損を記録する

注 1) 理想的な A_{APR} は、理想的な試験場に基づいていますが、実際の A_{APR} は基準試験場 (REFTS、6.6.3 項 参照) 又は広い OATS (6.6.4 項 参照) でも測定され、測定値は、適合性確認用試験場 (COMTS) での対応するサイトアッテネーションの測定結果との比較や、OATS が参照サイト法 (RSM) に適しているかを判断するための参照として使用される。

注 2) A_{APR} は理想 OATS で定義されるため、実際の OATS と理想 OATS の差は不確かさとして扱われる。

3.1.4

アンテナ基準点

アンテナの中間点で、ここから供試装置（EUT）又は第二のアンテナへの距離を測る。

注) アンテナ基準点は、対数周期ダイポールアレイ（LPDA）アンテナの製造業者又は校正機関で決定される。

3.1.5

バラン

不平衡伝送線路を平衡伝送線路に又はその逆に変換するための装置

注) バランは、平衡アンテナ素子を同軸ケーブルなどの不平衡給電線に結合する場合などに使用される。バランの中には、インピーダンス変換を伴う場合がある。

3.1.6

校正用試験場

CALTS (calibration test site)

金属大地面上で水平電界偏波面について厳密に指定されたサイトアッテネーション特性を備えた野外試験場である。

注) CALTS は、アンテナの自由空間アンテナ係数を決定するために用いられる。

3.1.7

コモンモード吸収デバイス

CMAD (common mode absorption device)

高コモンモードインピーダンスを維持するために、放射妨害波測定でテストボリウムから外に出るケーブルに適用するデバイス

3.1.8

適合性確認用試験場

COMTS (compliance test site)

供試装置（EUT）からの妨害波の放射電界強度を、許容値と比較して適合性を確認するための、有効かつ再現性のある測定結果を保証する環境

3.1.9

交差偏波特性

XPR (cross-polar response)

位相と振幅が被試験アンテナ（AUT）の開口面上にわたって一様な直線偏波の電磁界中で、被試験アンテナを偏波面内内で 90 度回転したときの、アンテナの交差偏波電磁界抑圧量

3.1.10

EUT ボリウム

実際の EUT の全ての部分を完全に網羅する EUT 境界の直径と高さによって定義される円筒形空間とし、30 MHz から 1 GHz までは、ケーブルラックと 1.6 m のケーブル長及び 1 GHz 以上では、0.3 m のケーブル長を含む

注 1) テストボリウムは、EUT ボリウムを制限する幾つかの基準の一つである（引用規格 (4) 参照）。

注 2) EUT ボリュームの直径 D (境界直径) と高さ h がある。

3.1.11

電波全無響室

FAR (fully-anechoic room)

内部表面 (例えば、6 面) に、目的とする周波数範囲における電磁波エネルギーを減衰する電波吸収体を貼り付けたエンクロージャー

注) 一般的な放射妨害測定のために、FAR はシールドドエンクロージャー内に構築する必要がある。

3.1.12

ハイブリッドアンテナ

線状素子の対数周期ダイポールアレイ (LPDA) 部と広帯域ダイポール部で構成されるアンテナ

注 1) LPDA 部分の最も長い素子は、通常、約 200 MHz で共振し、ブームは開回路端で延長され、接続された広帯域ダイポール (バイコンカルやボウタイなど) 部分に給電される。30 MHz 構造上のボアサイト 200 MHz の範囲で、広帯域ダイポールは、バイコンカルアンテナと同様の性能を示し、特に高さ依存のアンテナ係数の変動を示す。

注 2) コモンモードチョークは、通常、アンテナブームの開回路 (つまり後端) で使用され、測定用受信機に流れる同軸ケーブルの外部導体に寄生する (意図しない) RF 電流を最小限に抑える。

3.1.13

理想 OATS (open-area test site)

完全平面、かつ、無限の面積を持った完全導体大地から構成され、大地面を除き反射物が無い OATS

注) 理想 OATS は、 A_{APR} の規定と大地の NSA の理論値 A_N の計算に利用される。

3.1.14

挿入損

伝送線路にデバイスを挿入する前に対する挿入後の損失であり、供試デバイスの挿入点の直前と直後の電圧比で表される。

注) これは、透過 S パラメータの逆数の絶対値、すなわち $|1/S_{21}|$ である。

3.1.15

低不確かさアンテナ

本答申で要求する平衡度や XPR を満たす、バイコンカルアンテナや LPDA アンテナであり、アンテナ係数の不確かさが 0.5 dB 以下である。このアンテナは、空間の指定された点の電界強度測定に使用する。

注) 低不確かさアンテナは、付則 A.2.3 の詳細を参照

3.1.16

構造上のボアサイト

ボアサイト方向

ボアサイト

アンテナの幾何学的特性によって定義される主ビームの方向

注) EMC アンテナの場合、主ビームの方向は通常、a) LPDA アンテナの構造上の縦軸に沿った方向と一致する。b) モノポール、ダイポール及びバイコニカルアンテナのエレメントに直交する。c) ホーンアンテナの前面開口部に直交する。いずれの場合も、直交線はアンテナの中心と一致する。

3.1.17

ヌル

受信アンテナでの直接信号と大地反射信号のベクトル和に起因する信号レベルの最小値で、これらの信号の同相和よりもかなり低いレベル

注 1) ヌルの深度は、直接信号と大地反射信号の同相和から測定される。受信信号のヌルは、アンテナが大地面より上にある場合、直接信号と大地反射信号が逆位相になるような高さで発生し、電界強度の測定に大きな不確実性をもたらす可能性がある。ヌルは位相が 90° から 180° ずれている。 90° では、ヌルの深度は約 6 dB である。深度は、掃引周波数応答（又は、固定周波数での一つのアンテナの高さ走査）の最も近い隣接する最大信号と比較される。

注 2) 一部のダブルリジッドホーン（DRH）アンテナのボアサイトの信号レベルの低下は、ヌルと呼ばれることがある。本定義は、このようなディップには適用されない。

3.1.18

準自由空間試験場

自由空間条件を満たすことを意図した、放射妨害波測定に使用する設備

注) 周囲からの不要な反射波は、最小となるように保たれており、放射妨害波測定を行うために必要な判定基準を満たしている。

3.1.19

基準試験場

REFTS (reference test site)

金属大地から構成され、水平及び垂直偏波サイトアッテネーション特性の厳密な規定を満足する OATS

注) REFTS のサイトアッテネーション (SA) 測定は、COMTS の性能を評価するために、COMTS の対応する SA 測定値と比較するために使用される。

3.1.20

反射係数

反射波と入射波の比

注) ここで、電圧反射係数は、反射波の複素電圧と入射波の複素電圧の比で定義される。電圧反射係数は、散乱パラメータ S_{11} に等しい。

3.1.21

共振ダイポールアンテナ

同調ダイポールアンテナ

同じ長さの二つの直線の導体を端から端まで同一線上に配置し、平衡給電を構成する小さなギャップ（エレメント間）で区切られ、自由空間にあるときに各導体の長さが指定された周波数の約 $1/4$ 波長において入力インピーダンスのリアクタンスがゼロになるように調整された線状アンテナ

3.1.22

散乱パラメータ

Sパラメータ

伝送線路に挿入された2ポート回路網の特性を表すために使われる四つのパラメータ

3.1.23

電波半無響室

SAC (semi-anechoic chamber)

6面のうち5面が、目的とする周波数帯域の電磁エネルギーを減衰させる無線周波数の吸収材料（例：RF吸収体）で覆われ、床面はOATSでの試験配置に使用される導電性大地面であるシールドドエンクロージャー

3.1.24

短絡・開放・整合負荷・通過校正法

SOLT (short-open-load-through calibration method)

通過・開放・短絡・整合負荷校正法

TOSM (through-open-short-match calibration method)

既知の三つのインピーダンス基準（短絡、開放、整合負荷）及び通過基準を使ったベクトルネットワークアナライザの校正方法（SOLT法：Short-Open-Load-Through、TOSM法：Thru-Open-Short-Matched）

SOLT法及びTOSM法は、広く使われ特性インピーダンス $50\ \Omega$ の校正キットが入手可能である。2ポートの誤差モデルは、透過波と反射波に対して、それぞれ、6個の誤差項目を含む。これは、合計で12個の誤差項目であり、校正を行うために、12回の基準測定が必要になる。

3.1.25

サイトアッテネーション

SA (site attenuation)

A_s

試験場（試験サイト）に置かれた偏波の一致した二つのアンテナ間で測定した最小のサイト挿入損（SIL）。ここで、一方のアンテナは指定された高さの範囲で垂直に移動し、もう一方は固定の高さとする。

注） サイト挿入損（3.1.26項 参照）とサイトアッテネーションという用語は、本質的に同じ測定を表すが、サイトアッテネーション（SA）という用語は、一つのアンテナが大地面からの高さ走査された場合の、二つのアンテナ間の最小SILを求めるという文脈で使用する。

3.1.26

サイト挿入損

SIL (site insertion loss)

A_i

発振器の出力ケーブルと測定用受信機の入力ケーブルの直接接続を、試験場の決められた場所に同一偏波で配置された送信アンテナと受信アンテナに置き換えた場合のアンテナ間の伝送損失。

注） ループアンテナの場合、アンテナ給電点の位置は、本答申で指定されているとおりでなければならない。

3.1.27

テストボリウム

EUT が配置される可能性のある試験施設内の妥当性確認済みボリウム

注 1) 本答申の妥当性確認手順は、テストボリウムを決定するために使用される。

注 2) 本答申で定義されているテストボリウムは、円筒形である。参考文献 [22] (TEM 導波路) の直方体など、他の文書ではさまざまな形状のテストボリウムが定義されている。

3.1.28

通過・反射・線路 (TRL : through-reflect-line) 校正

ベクトルネットワークアナライザの内部又は外部校正における三つの既知インピーダンス基準である通過、反射、線路を使った校正法。

注) 四つの基準測定がこの校正に必要である。

3.1.29

ベクトルネットワークアナライザ

VNA (vector network analyzer)

四つの S パラメータ S_{11} 、 S_{12} 、 S_{21} 、 S_{22} の複素数値を測定できるネットワークアナライザ

3.1.30

アンテナペア参照 SIL

A_{LPR}

理想 OATS において、二つのアンテナを指定された距離とし、大地面から指定された高さに固定し、指定された給電位置に配置した場合の 9 kHz から 30 MHz の 3 方向の SIL

注 1) 理想的な A_{LPR} は、理想的な試験場を基準としているが、実際の A_{LPR} は REFTS (5.5.3 項参照) で SIL を測定し、その測定値を基準にして COMTS の性能を評価する。

注 2) A_{LPR} は理想 OATS で定義されるため、実際の OATS と理想 OATS の差は不確かさとして扱われる。

3.1.31

給電点 (シールドドループアンテナ)

ループアンテナのシールド上のスリットの位置

注 1) シールドドループアンテナの給電点は、正しいセットアップに重要である。給電点の位置は、二つの磁界アンテナ間の SIL に影響を与える (参考文献 [33])。

注 2) NEC (参考文献 [27]) を用いたシミュレーションでは、送信アンテナの発信源と受信アンテナの負荷をこの位置に配置する。

3.2 略号

本答申では、3.1 節で説明していない次の略号が使われている。

AUT	antenna under test	被試験アンテナ
-----	--------------------	---------

DANL	displayed average noise level	表示平均雑音レベル
DRH	double ridged horn	ダブルリッジドホーン
EUT	equipment under test	供試装置
FSOATS	free-space OATS	自由空間 OATS
HP	horizontal polarization	水平偏波
LLA	large-loop antenna	ラージループアンテナ
LLAS	large-loop antenna system	ラージループアンテナシステム
LPDA	log-periodic dipole array	対数周期ダイポールアレイ
NSA	normalized site attenuation	正規化サイトアテネーション
NSIL	normalized site insertion loss	正規化サイト挿入損
OATS	open-area test site	野外試験場
PDF	probability density function	確率密度関数
RF	radio frequency	無線周波数
RSM	reference site method	参照サイト法
RX	receive	受信
S_{VSWR}	site voltage standing wave ratio	サイト電圧定在波比
TX	transmit	送信
VP	vertical polarization	垂直偏波
VSWR	voltage standing wave ratio	電圧定在波比
XP	cross polarization	交差偏波

4 無線周波放射妨害波測定用アンテナ

4.1 概要

放射妨害波測定に使用するアンテナは、校正されたものであること。そして、それらアンテナの放射パターンと周辺との相互結合を考慮すること。アンテナ及び、アンテナと測定用受信機との間に挿入される回路は、測定用受信機の総合特性に顕著な影響を与えてはならない。アンテナが測定用受信機に接続されている場合でも、測定システムは、引用規格 (1) で規定した各周波数範囲に対応する帯域幅に関する要求事項を満足すること。

アンテナは、本質的に直線偏波であること。アンテナは、あらゆる偏波の入射波を測定できるように、向きが変えられること。大地面、又は FAR における吸収体からアンテナ中心までの高さは、試験方法の規定に従って調節可能であること。

均一な正弦波電磁界の電磁界強度測定の正確さは、本節の要求事項を満たすアンテナと引用規格 (1) の要求事項を満たす測定用受信機を用いた場合に、 ± 3 dB よりよいこと。

注) この要求事項は試験場の影響を含んでいない。

広帯域アンテナのパラメータに関する追加の情報については、付則 A を参照する。

4.2 放射妨害波測定のための物理的パラメータ（測定値）

毎メートルの電圧(V/m)で表された放射妨害波許容値に対して適合性を評価する放射妨害波測定では、EUT の周りの指定された地点における電界強度が測定値となる。特に 30 MHz から 1000 MHz までの周波数範囲の OATS 又は SAC における測定では、測定値は、例えば EUT をアンテナから 10 m の水平距離に設置し、360° 回転し、更に受信アンテナを水平偏波及び垂直偏波双方において 1 m から 4 m までの高さを走査したときの最大電界強度である。

4.3 9 kHz から 150 kHz までの周波数範囲のアンテナ

4.3.1 概要

経験上、この周波数範囲の電磁障害は、主として磁界成分によって引き起こされる。

4.3.2 磁界アンテナ

4.3.2.1 概要

ループアンテナを一辺の長さ 60 cm の正方形で完全に囲むことができるような寸法のシールドドーループアンテナを使用する。サイズ基準を適用する際には、機械的取り付け機能を含む電子装置や接続されたケーブルを除き、シールドを含む必要がある（図 34 参照）。

5.5 節による試験場の妥当性確認では、ループアンテナは、シングルターンでなければならない。

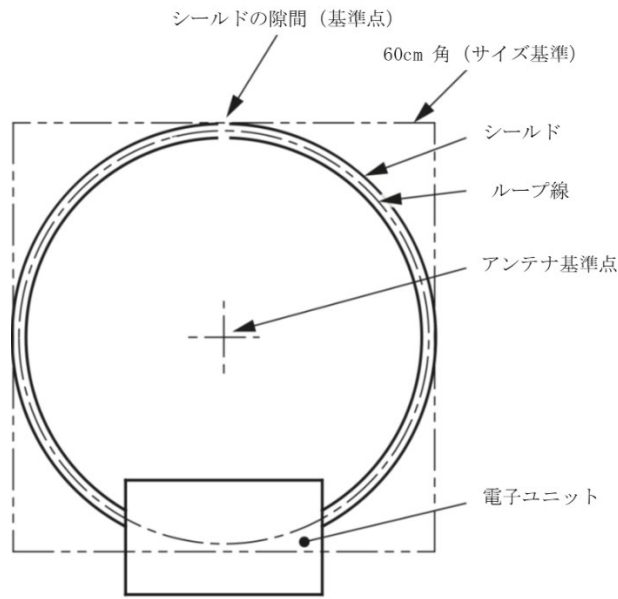
注 1) 付則 J に記載されている NSIL 値の導出は、シングルターンループの場合、それほど複雑ではなく、より正確である。

磁界強度の単位は、 $\mu\text{A/m}$ 又は対数値の 20 倍で表して $\text{dB}(\mu\text{A/m})$ とする。関連する妨害波許容値は、同じ単位で表すものとする。

注 2) 磁界強度は、全ての条件下、つまり近傍界と遠方界の両方で、放射磁界の $\text{dB}(\mu\text{A/m})$ 、又は $\mu\text{A/m}$ で直接測定できる（参考文献 [32]）。

シールドドーループアンテナの基準点は、ループによって形成される円又は長方形の中心点として指定され、取り付けられたバランや機械的な取り付け機能は無視される。

磁界アンテナは、磁界アンテナ係数を決定するために、引用規格 (3) に従って校正する必要がある。磁界アンテナ係数は、5.5 節 に従った試験場の妥当性確認と、引用規格 (4) に従った放射妨害測定に必要である。



注) 本例は、サイズ基準に準拠している最大直径の円形ループアンテナを示す。

図 34 – サイズ基準に準拠したループアンテナの例

4.3.2.2 アクティブアンテナに関する考慮事項

通常、アクティブアンテナはプリアンプを備えたパッシブアンテナとして見ることもある。引用規格 (1)、付則 J は、プリアンプが使用されるときに発生する可能性のある問題について説明している。特にパルス信号を測定する場合、より広いダイナミックレンジが必要である。

アクティブアンテナを使用する場合、過負荷指示器が装備されているタイプを使用することが推奨される。この場合、指示器を観察し、過負荷状態が検出された場合はそれを修正するための対策を講じる必要がある。

又は、アンテナの出力電圧は、T コネクタを使用して受信ケーブルを分割し、オシロスコープで同時に検査しなければならない。この T コネクタは、オシロスコープの入力に直接接続し、もう一方の出力はできる限り短いケーブルを介して受信機に接続する。オシロスコープは、高入力インピーダンスに設定して測定結果への影響を最小限に抑えなければならない。オシロスコープのトリガーレベルはアクティブアンテナの 1 dB 圧縮点に対応する電圧に設定しなければならない。測定中にトリガーレベルを超えなければ、測定は有効と見なされる。

注) オシロスコープの入力インピーダンスが測定結果に与える影響は無視できる程度である。1 M Ω に 20 pF を並列に接続した場合、誤差は 0.04 dB 未満である。

スプリッタを T コネクタの代わりに使用してもよい。この場合、オシロスコープの入力インピーダンスを 50 Ω に設定しなければならない。

測定された磁界強度レベルを決定する際には、スプリッタによる損失（ほぼ 6 dB 減衰）を考慮する必要がある。つまり、受信機によって測定されたレベルにその損失を加算する。

測定可能な最大の磁界強度は通常、アンテナのデータシートに記載されている。このデータシートを確認して、測定周波数範囲全体で有効であることを確認しなければならない。

磁界強度のピーク値と基本周波数の電力との比率は、妨害波の種類によって異なる。特にパルス幅変調信号の場合、この値は 30 dB 以上に達することがある（参考文献 [26]）。過負荷を考慮する場合、妨害信号のピーク値を考慮しなければならない。

アクティブアンテナの使用は、測定距離が 3 m 又は 5 m の場合には必ずしも必要ではないかもしれない。パッシブアンテナは十分な信号対雑音比（S/N）を提供するのに適している可能性がある。

4.3.3 シールド（電氣的に遮へいされた）ループアンテナ

ループアンテナの不適當な遮へいが、電界に対する応答を引き起こす。アンテナの電界の分離度は、均一な電磁界でアンテナを回転させることで評価されなければならない。その際、アンテナのループ面が電界ベクトルに平行になるように回転させる。ループアンテナの面を磁束に垂直になるように設置し、アンテナ面を磁束に対して平行になるようにアンテナを回転したときの測定値は、回転する前の測定値より最低 20 dB 減少しなければならない。

4.4 150 kHz から 30 MHz までの周波数範囲のアンテナ

4.4.1 電界アンテナ

放射波の電界成分を測定する場合、平衡型又は不平衡型のどちらのアンテナを使用してもよい。不平衡型アンテナの場合、垂直ロッドアンテナに及ぼす電界効果だけを測定している。使用したアンテナの型式は、測定結果とともに記載しなければならない。

モノポール（ロッド）アンテナの性能特性と整合回路特性の算出に関する情報は引用規格 (3) に記されている。引用規格 (3) では、1 波長の 1/8 より大きなモノポールアンテナの場合、等価容量置換法 (ECSM) によって求められたアンテナ係数が、大きな不確かさを持つことが述べられている。

電界強度の単位は $\mu\text{V/m}$ 、又は対数 $\text{dB}(\mu\text{V/m})$ とする。関連する妨害波の許容値も、同じ単位で表す。

4.4.2 磁界アンテナ

放射波の磁界成分の測定には、4.3.2 項に示したシールドループアンテナを使用しなければならない。

注) 同調された電氣的に平衡なループアンテナは、1.6 MHz から 30 MHz までの周波数範囲において準尖頭値検波を用いた場合に、- 51.5 dB($\mu\text{A/m}$) の低い磁界強度を測定するのに適している。すなわち、非同調のシールドループアンテナの場合、25 dB ほど雑音レベルが高くなる。

4.4.3 アンテナの平衡度又は XPR

平衡型電界アンテナを用いる場合、そのアンテナの平衡度は、4.5.4 項の要求事項を満たさなければならない。もし、平衡型磁界アンテナが使用される場合には、4.3.3 項の要求事項を満たさなければならない。

4.5 30 MHz から 1000 MHz までの周波数範囲のアンテナ

4.5.1 概要

この周波数範囲では電界強度を測定するため、いわゆる磁界強度アンテナは含まれていない。アンテナは電界強度を測定するために設計された直線偏波を持つアンテナでなければならない。また、自由空間アンテナ係数が使用されなければならない。

次のアンテナ形式が含まれる。

- － 同調ダイポールアンテナで、エレメントの対が両方とも直線ロッド型又は円すい型であるもの、
- － LPDA アンテナのようなダイポールアレイ型で、直線ロッドエレメントが直線状に交互に取り付けられた構成であるもの、
- － 又は、それらのハイブリッド型のもの。

4.5.2 電界強度許容値に対して不適合が疑われる場合に用いる低不確かさアンテナ

小さい不確かさで電界強度測定を行う場合には、ハイブリッドアンテナより、典型的なバイコンカルアンテナ、LPDA アンテナを用いること。典型的なバイコンカルアンテナ又は LPDA アンテナは、付則 A で定義されており、校正されたアンテナだけが使用されなければならない。

注 1) 不確かさの改善は、30 MHz から 250 MHz までの周波数範囲ではバイコンカルアンテナ、250 MHz から 1 GHz までの周波数範囲では LPDA アンテナの使用によって達成される。代替として、200 MHz を周波数範囲の区切りとして使用することができる。しかし、LPDA アンテナの位相中心の変動による不確かさが高くなる。

注 2) EUT からの放射妨害波の測定における不確かさは、多くの異なる影響要因に依存する。例えば、試験場の品質、アンテナ係数の不確かさ、アンテナの種類、そして測定受信機の特性などである。不確かさが小さいアンテナを定義した理由は、測定の不確かさへの他の影響、例えば、大地面との相互カップリングの影響、高さ走査に関する放射パターン、そして変化する位相中心点、それらを抑圧するためである。これらの影響は、選択された切換周波数点での 2 種類のアンテナの読みの比較で判断できる。それは、同じ電界強度に対して ± 1 dB 以内が望ましい。

4.5.3 アンテナ特性

300 MHz から 1000 MHz までの周波数範囲においては、単純なダイポールアンテナの感度が低いことから、より複雑なアンテナを用いてもよい。そのようなアンテナは、次の条件を満たさなければならない。

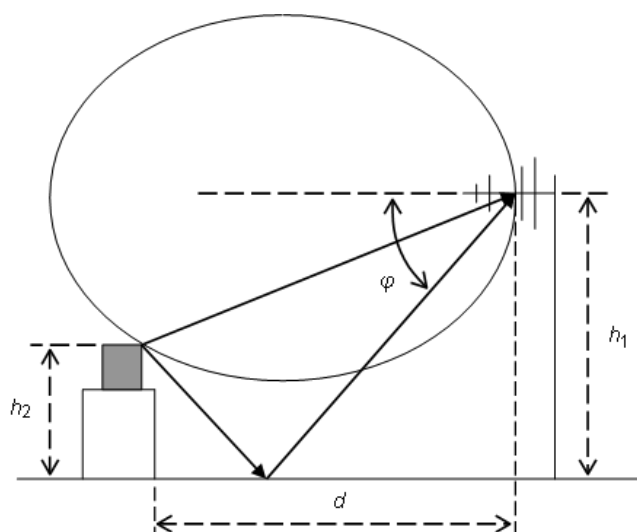
- a) アンテナは、直線偏波であること。4.5.5 項の XPR の試験手順を適用し評価されなければならない。
- b) 同調ダイポールアンテナやバイコンカルアンテナのような平衡型ダイポールアンテナは、妥当性確認された特性のバランスを持たなければならない。その特性は、4.5.4 項の平衡度試験手順によって評価しなければならない。ハイブリッドアンテナでは、本規定を 200 MHz 以下に適用する。
- c) ケーブルを接続したアンテナの反射減衰量は、10 dB 以上でなければならない。もしこの要求に合わせるために整合減衰器を用いる場合は、ケーブルの一部とみなしてよい。
- d) 4.1 節の要求事項を満足させるためにアンテナ係数を与えること。

アンテナの指向性に関して、導電性大地面を持つ試験場では、次に記すようなアンテナ特性が仮定される。EUT から受信アンテナへの直接波と大地面からの反射波のどちらか又は両方が、アンテナの放射パターンの主ローブのピークに入らなければ、受信信号の振幅は減少するであろう。ピークは、通常アンテナの照準方向である。この振幅の減少は、放射妨害波測定での誤差を引き起こす。すなわち、その結果生じる不確かさの許容範囲は、ビーム幅 2ϕ に基づく（図 1 参照）。

次の 1) 10 m 試験場及び 2) 3 m 試験場に、この誤差が + 1 dB 以内であることを保証する条件を示す。また、複雑な放射パターン条件を避けるために、アンテナ利得の条件を 3) に示す。

放射妨害波測定は、アンテナの水平偏波と垂直偏波が順番に実施される。もし、どちらか一つの偏波

で放射パターンを測定する場合、次に示すように、より幅の狭いパターンを持つ偏波面を使用しなければならない。すなわち、アンテナの放射パターンは水平偏波を受信する場合、水平面で検証しなければならない。



注) 諸量は、式(4)で定義される。

図1-3 m 試験場で EUT からの放射波が LPDA アンテナへ直接又は大地面の反射によって到達する概略図、反射波の軌跡は、ビーム幅の半分 φ を示している。

- 1) 10 m OATS 又は SAC では、直接波方向でのアンテナ感度は、アンテナの照準方向が大地面に平行に設置されていれば、照準方向での振幅値とほとんど相違ない。反射波方向でのアンテナ感度が照準方向感度よりも 2 dB を超えて低くならない場合、妨害波測定における不確かさのバジェットの中の、指向性に係る構成要素は +1 dB 以内に維持できる。この条件を保証するために、測定アンテナの垂直方向の全ビーム幅 2φ は、式(3)の条件を満足しなければならない。なお、ビーム幅内のアンテナ利得がその最大値の 2 dB 以内に収まっていることとする。

$$\varphi > \tan^{-1} \frac{h_1 + h_2}{d} \quad (3)$$

- 2) 10 m より大きな離隔が取れない通常 3 m の試験場では、測定アンテナの垂直方向の全ビーム幅 2φ は、式(4)の条件を満足しなければならない。なお、アンテナ利得がその最大値の 1 dB 以内に収まっていることとする。

$$2\varphi > \left(\tan^{-1} \frac{h_1 + h_2}{d} \right) - \left(\tan^{-1} \frac{h_1 - h_2}{d} \right) \quad (4)$$

ここで、
 h_1 測定アンテナの高さ
 h_2 EUT の高さ
 d 測定アンテナの位相中心と供試デバイスの水平距離

もし、不確かさを低減するために測定に使用するアンテナの角度を下方方向に変えられない場合、受信信号の減少を放射パターンから計算し、関連する指向性の不確かさを補正しなければならない。不確かさバジェットの計算例は、引用規格(5)に与えられている。

注1) 電界放射パターンが照準方向（主ローブのピーク）で利得1に正規化でき、アンテナから俯角方向の直接波と反射波の電界強度 ED と ER を測定すると仮定する。これを電界強度1の直接波及び反射波と比較した

場合の誤差を、 $20 \log [2 / (E_D + E_R)]$ で与える。

注 2) アンテナの照準方向に対し角度がずれて指向性が損なわれることで生じる信号強度の減少は、システム誤差となるので補正が必要である。もし、補正をそれぞれの周波数と偏波面での放射パターンのデータによって与えると、放射妨害波強度の不確かさを減らすことができる。

- 3) 放射妨害波試験に使用される広いビーム幅のアンテナ、例えば、バイコニカルアンテナ、LPDA アンテナ、そしてハイブリッドアンテナなどに関しては、そのビーム幅は、アンテナ指向性利得に反比例している。項目 1)、2) でのビーム幅を基本とした基準の代替手段は、アンテナの最大利得を規定すること、及び一般的な不確かさの許容範囲を、放射妨害波試験の不確かさバジェットにおける指向性要素の参考とすることである。その一般的な不確かさは、与えられたアンテナで使用される周波数範囲における最も狭いビーム幅を基本としており、引用規格 (5) で規定されている。バイコニカルアンテナに対する絶対利得の最大値は、2 dB 以内でなければならない。そして、LPDA アンテナやハイブリッドアンテナに対しては、8 dB 以内でなければならない。V 型の LPDA アンテナは、H 面のビーム幅が E 面のそれと等しく、絶対利得は、最大 9 dB 許容される。

4.5.4 アンテナの平衡度

4.5.4.1 概要

放射妨害波測定において、受信アンテナに接続されたケーブル（アンテナケーブル）上に不平衡（CM: common mode）電流が存在することがある。この CM 電流は、バランが完全に平衡ではない場合に、受信アンテナによって受信される電磁界を作り出す可能性があり、その結果として、放射妨害波測定の結果に影響を及ぼすこともある。

次の主な影響によってアンテナケーブル上に CM 電流が生じる。

- a) EUT によって作り出された電界で、その電界がアンテナケーブルに平行な成分を持つ場合、及び、
- b) 受信アンテナのバランの不完全性による、平衡モード（DM: differential-mode）アンテナ信号（希望信号）から CM 信号への変換

一般に、LPDA アンテナの DM/CM 変換比（平衡/不平衡変換比）は大きくない。したがって、ダイポールアンテナ、バイコニカルアンテナ及びハイブリッド（バイコニカル/LPDA）アンテナに次の検査項目が適用される。

4.5.4.2 バランの DM/CM 変換比の検査

二つの電圧 V_1 及び V_2 の測定方法を次に示す。これらの電圧はともに同一の単位（例えば、dB(μV)）で表され、電圧の比率は DM/CM 変換比（バランの不平衡度、バランの対称性又はアンテナの対称性としても知られている）の指標である。

- a) 垂直偏波に設定した AUT を、その中心が OATS もしくは SAC の大地面上 1.0 m の高さになるように設置する。アンテナの一角は、大地面からすくなくとも 0.25 m 離さなければならない。ケーブルは、最後部のアンテナエレメントから水平に $1.5 \text{ m} \pm 0.1 \text{ m}$ 後ろに配線する。そして 1.0 m の高さから大地面に垂直に降ろす。

- b) 受信アンテナの不均衡度の標準的な特性を評価するには、垂直偏波に設定した二つ目の（送信）アンテナを、AUT の中心から水平距離 10 m のところに配置する。送信アンテナの中心は大地面から 1.0 m の高さとし、先端は大地面から少なくとも 0.25 m の高さとしなければならない。送信アンテナは直線偏波であり、バランの平衡度を試験する周波数範囲全体において、20 dB を超える XP 減衰量でなければならない。200 MHz 超の周波数範囲では、SIL のヌル点を避けるために、送信アンテナ高さを変化させなければならない。測定距離が短い（例えば 3 m や 5 m）の場合、それらの測定距離においてバランの不均衡度が不確かさに与える影響を明確にした方がよいかもしれない。
- c) 送信アンテナを信号源（例えばトラッキングジェネレータ又はネットワークアナライザの出力）に接続する。次に、受信機での信号対周囲雑音の比が所定の周波数範囲にわたり、両方の垂直方向について、34 dB（平均値検波の場合は 17 dB）となるように信号発生器のレベルを調整する。
- d) 所定の周波数範囲にわたって、受信機の電圧 V_1 を記録する。
- e) 設定、特に受信アンテナケーブルの設定又は信号源の設定を一切変更せずに、受信アンテナを反転する（アンテナを 180 度回転する）。
- f) 周波数範囲にわたって、受信機の電圧 V_2 を記録する。
- g) $|20 \log(V_1/V_2)| < 1 \text{ dB}$ である場合、DM/CM 変換比は十分低い。

注 1) 放射妨害波測定において DM/CM 変換比の基準が満足されない場合、アンテナケーブルの周りに施したフェライトリングが DM/CM 変換比を減少させることもある。EMC 試験場は、最初のフェライトリングがバランの入力から 10 cm の位置で、約 20 cm 間隔で四つのフェライトリングを設置して試験を繰り返すことができる。これらのフェライトリングを使用して基準を満足させた場合、実際の放射妨害波測定においても、それらを使用すること。同様に、ケーブルによる相互作用は、ケーブルを大地面に落とす前にアンテナの後方に数メートル延長することによって低減することができる。

注 2) 受信アンテナが FAR で使用されるならば、DM/CM 変換比の検査は受信アンテナを通常の設置場所に置き、かつ、送信アンテナを少なくとも 3 m 離して測定を実施することが可能である。両方のアンテナは、ケーブルの垂直部分と吸収体の先端との間に少なくとも 1 m の空間があるよう、測定を行う FAR の中央の最もよい場所に配置する。

注 3) 測定する場所及び導電性の大地面（OATS もしくは SAC）又は FAR は、それぞれの試験場の妥当性確認の要求事項に準拠していることを前提とする。

注 4) 実際の垂直偏波放射妨害波測定の際、アンテナ中央から後方へ水平に配線するアンテナケーブルの水平距離は、最短でも 1.5 m を確保すること。

注 5) この影響はアンテナとアンテナエレメントに平行に配線された接続ケーブル部分との相互作用に起因する部分が大きいため、一般的に試験系を厳密に定義する必要はない。OATS 又は FAR における通常の EMC 測定環境では、アンテナへ入射する電界の不均一性に依存する影響があるが、それは更に小さい。

注 6) バランの側面に受信ケーブル接続用コネクタがついている場合（アンテナブームに対して 90° に取り付けられている場合）は、ケーブルの移動を少なくするために直角コネクタを使用する場合がある。

注 7) バランの DM/CM 変換比の測定結果に関する不確かさは、測定用受信機の実線形性にだけ起因する。なぜならば、その他の要因は V_1 及び V_2 の測定中是不変だからである。基準の指示値である V_1 に対する非線形性が $0.1 \pm 1 \text{ dB}$ 未満であれば、1 dB の線形性基準を十分満足している。

4.5.5 アンテナの XPR

アンテナが直線偏波の電磁界中に配置されている場合、アンテナの偏波面と電界の偏波が交差している時の終端電圧は、同一偏波の時の終端電圧を少なくとも 20 dB 下回らなければならない。この要求条件は 30 MHz から 18 GHz の周波数全体で適用される。実際には、ダイポールエレメントの片側が互い違いの構造を持ち、本質的に XPR を発生するような、幾つかのタイプの LPDA はこの要求条件を満足しない。

LPDA を用いた試験の大部分は通常 200 MHz を超える周波数範囲で行う。自由空間条件を達成するために、高品質な FAR 又は屋外で地上から十分な高さにあるアンテナポジションを用いてもよい。関連する試験場の要求条件は、本答申の 6.3.2 項及び引用規格 (2) の第 6 章を参照すること。AUT の有効長に対して、均一な電磁界を形成しなければならない。AUT の中心と送信アンテナ間の距離は、1 波長より離れていなければならない。LPDA アンテナに関しては、中心位置を示す印からの距離である。200 MHz よりも低い周波数の場合、対象となる周波数全体において 1.5 m の距離を推奨する。

送信アンテナ及び AUT を垂直偏波にセットし、周波数範囲における受信信号強度を記録する。送信アンテナを 90° 回転し、同一偏波の場合の受信信号強度との差分を記録する。

注) AUT に平面波を照射するためには高品質な試験場が必要とされる。受信される水平偏波成分は、垂直偏波成分に比べて、測定誤差を含めて 30 dB 以上低い場合、平面波によって得られる XP 識別度に関するその試験場の検出能力は、一対のホーンアンテナ又はアンテナとして使用する切り離し導波管間の伝送によって検証できる。サイト誤差が大変小さく、かつ送受ホーンアンテナが同一性能を備えている場合には、一つのホーンアンテナの XPR は、両ホーンアンテナ全体の複合された XPR より約 6 dB よくなる。例えば、複合された XPR が 30 dB の場合、試験に用いた一つのアンテナの XPR は 36 dB となる。アンテナ間距離や試験場の特性を含む試験場の構成に関する基準は、複合された XPR が 30 dB となることである。一対のホーンアンテナを、水平偏波で、かつ開口面の間の距離を 1.5 m で配置可能である。サイト挿入損 (SIL) を対象となる周波数全体で記録する。片方のアンテナを垂直偏波となるよう 90° 回転する。SIL が少なくとも 30 dB 大きくなれば、XPR による不確かさは許容できるものとなる。1 GHz 未満の周波数では、試験場の妥当性を検証するために、ホーンアンテナの代わりに V 型の LPDA を用いることが可能である。ダイポールアンテナやバイコニカルアンテナも使用可能ではあるが、これらのアンテナの磁界平面における放射パターンが均一であることから、より高いアンテナ高が必要となる。

XP (交差偏波) による受信信号が、同一偏波による受信信号よりレベルが 20 dB 低い場合、最大誤差 ± 0.9 dB をもたらす。最大誤差は、XP 信号が同一偏波信号と位相が一致しているときに発生する。LPDA アンテナの XPR が 20 dB 未満の場合に、試験所はこれによる不確かさを算出し、測定結果と共にそれを公表しなければならない。例えば、14 dB の XP レベルの場合、+ 1.6 dB から - 1.9 dB の不確かさになる。標準不確かさを算出する場合は、大きい方の値を使い矩形分布を想定すること。

0 dB の信号に - 14 dB の別の信号が加わる場合、初めに電圧 (- 14 dB) を 20 で割って真数を求めて相対電圧 (0.2) に変換する。次に、この値を単位信号 (1) に加える。さらに、この値 (1.2) の対数をとって 20 を掛ける。この結果が、プラス側の誤差 (+ 1.6 dB) である。マイナス側の誤差 (デシベル) を得るには、相対電圧 (0.2) を単位信号 (1) から引き上記の計算を繰り返す (- 1.9 dB)。

放射妨害波の試験結果の不確かさを算出するために、一方の偏波で測定した信号レベルが直交した偏波で測定した信号を 6 dB 以上超過する場合、XPR が 14 dB より劣る LPDA アンテナは 20 dB の仕様を満足していると判断される。もし垂直偏波と水平偏波の信号レベルの差が 6 dB 未満の場合、この差と

XPR の合計が 20 dB 未満であれば、追加の不確かさを算出しなければならない。

XPR の測定結果の不確かさに関して考慮すべき事項は付則 H に記載されている。付則 H には、20 dB の XPR 要件を満足する AUT の XPR の例が示されている。

4.6 1 GHz から 18 GHz の周波数範囲

4.6.1 概要

1 GHz を超える放射妨害波測定は、校正された直線偏波アンテナを用いて行わなければならない。例としては、LPDA アンテナ、DRH アンテナ、標準ゲインホーンアンテナがある。使用するいかなるアンテナも、そのビームすなわち主ローブは十分広く、測定距離に設置された EUT 全体を包含しなければならない。主ローブの幅は、アンテナの 3 dB ビーム幅と定義する。なお、アンテナの資料にこの値の決定法について記載することが望ましい。ホーンアンテナについては、次に示す条件が満足されなければならない。

$$d \geq \frac{D^2}{2\lambda} \quad (5)$$

ここで、 d 測定距離 (m)

D アンテナの開口面の最大寸法 (m)

λ 測定周波数における自由空間波長 (m)

4.5.5 項のアンテナの XPR の要件は、1 GHz から 18 GHz の周波数範囲にも適用される。

4.6.2 受信アンテナ

4.6.2.1 概要

受信アンテナは直線偏波でなければならない。また、試験場の妥当性確認に用いる受信アンテナは、EUT の妨害波測定に用いるものと同じ形式のものでなければならない。

アンテナのモデルによっては、異なるバージョンで異なる放射パターンとなり得る。試験所はあらかじめ状態を確認することを推奨する。

注 1) “アンテナの形式” とは、形状や種類、例えばホーンアンテナや LPDA アンテナを意味する。

注 2) “アンテナのモデル” とは、製造業者が指定するモデル番号を意味する。

注 3) “バージョン” とは、特定のモデル番号に対して、該当する場合は、製造業者が指定する版数を意味する。

4.6.2.2 受信アンテナの放射パターン

アンテナ照準方向の E 面及び H 面の放射パターンを測定しなければならない。測定は dB 単位で行い、図 2 のような極座標でプロットして表示する。放射パターンは 0 dB で正規化してプロットすることが望ましい。角度 0° は機械的な照準方向（構造上のボアサイト）と一致させなければならない。

それぞれのアンテナの E 面及び H 面の放射パターンは、参考文献 [3] に基づき、周波数範囲全体について、500 MHz 以下の周波数ステップで測定しなければならない。

製造業者から提供される、統計的なデータを含む型式試験の結果は、受信アンテナの放射パターンが

要求条件を満足していることの根拠として用いてもよい。アンテナの有効期間中の放射パターンの安定性を保証するために、付加的な測定を行わなければならない。

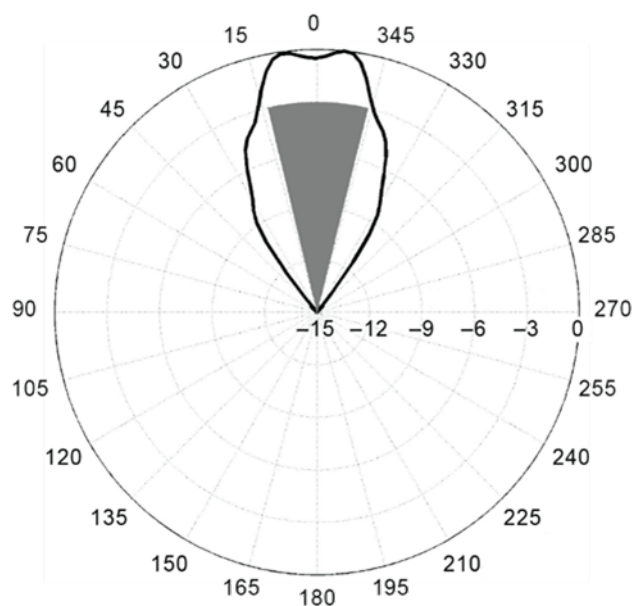


図 2 - 受信アンテナの電界平面における放射パターンの例

(影付きの部分は、距離 3 m で幅 2 m の EUT の測定を行う際に
放射パターンが入ってはいけない領域を示す)

注) 一般的に照準方向はアンテナの最大放射方向である。しかしながら例えば図 2 のように、放射パターンが二つの最大放射方向を持ち、機械的な照準方向（構造上のボアサイト）に最大放射方向が無い場合が起こり得る。

4.6.2.3 受信アンテナの放射パターンの要求条件

図 3 及び図 4 の極座標プロットにおける灰色背景の領域は、最大高さ h 、EUT の最大幅 w 、測定距離 d に基づいて決められている。

受信アンテナの放射パターンが EUT を十分に照射できている場合、図 3 及び図 4 に示したように、E 面及び H 面において、受信アンテナの半値幅は灰色背景の領域に入ってはならない。

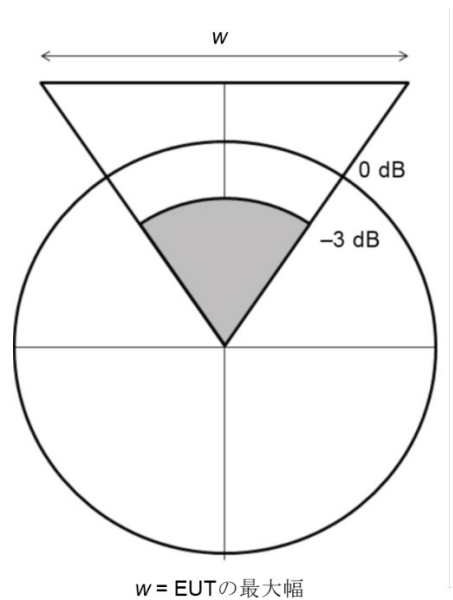


図 3 - アンテナの半値幅を用いた適用可能な EUT の最大幅の決定

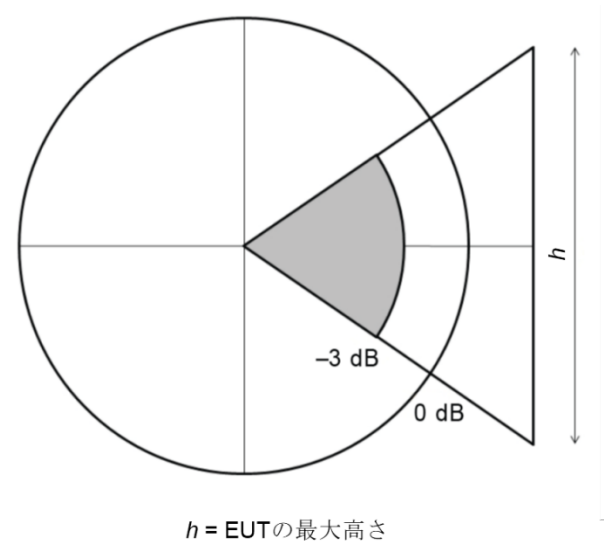


図 4 - アンテナの半値幅を用いた適用可能な EUT の最大高さの決定

4.7 特殊なアンテナ配置—ラージループアンテナシステム (LLAS)

9 kHz から 30 MHz までの周波数範囲では、単一 EUT から放射される磁界成分の妨害能力を、特殊な LLAS を用いて決定する。すなわち、LLAS においては、磁界によって LLAS の各ラージループアンテナ (LLA) に誘起した電流によって、妨害能力を測定する。LLAS によって、単一 EUT の磁界成分によって誘起される電流を測定する。LLAS を用いれば、室内測定が可能である。

LLAS は、例えば、互いに直交した直径 2 m の三つの円形 LLA で構成され、非金属性の支柱で支えられている。LLAS に関する詳細な解説は付則 C に記載する。

EUT は、LLAS の中心に、非導電性試験台上に載せて配置する。EUT と LLAS の各ループとの間の距離は 0.2 m 以上に保つ必要があり、このため EUT の最大寸法は制限される。C.3 及び図 C.6 に、信号ケー

ブルの配置に関するガイドラインを示す。ケーブルは一緒にして引き回し、LLAS の球空間の同一八分儀の区画から出入りし、どの LLAS のループに対しても 0.4 m 以内（付則 C の図 C.6 参照）に近づかないように配置しなければならない。

LLAS は次の環境で用いてもよい。電磁遮へい室内、SAC、FAR 又は全天候型 OATS 内に配置することが許容される。周囲雑音の影響を排除し、EUT の妨害波に対する感度をよりよくできるため、電磁遮へい環境内への配置を推奨する。あらゆる金属面と LLAS との間の距離が 0.5 m 以上となることを推奨する。測定環境の影響を考慮するため、通常 LLAS を用いた測定を行う場所で、LLAS の妥当性確認をしなければならない（C.4 節参照）。

互いに直交する三つの LLAS のループを用いれば、EUT を回転させたり LLAS の方向を変えたりすることなく、全ての偏波の放射磁界の妨害能力を規定の精確さで測定できる。

三つの LLAS のループはそれぞれ、C.4 節で規定される妥当性確認の要求条件に従うこと。

注) 標準の直径 2 m 以外の円形 LLAS も使用可能であるが、直径は $D \leq 4$ m で、かつ、EUT と一つの LLAS のループ間の距離は少なくとも $0.10 \times D$ (m) であること。非標準直径の場合の補正係数を、C.6 節に示す。

5 周波数範囲 9 kHz から 30 MHz の無線周波妨害波電磁界強度測定用試験場

5.1 概要

EUT から発生する妨害波の電磁界強度の測定において、有効で再現性のある結果を得るにはそれに適した試験環境でなければならない。設置場所においてしか測定できない EUT に関しては、他の規定を適用しなければならない（詳細については、引用規格 (4) の設置場所測定参照）。

30 MHz より低い周波数範囲においては、半自由空間環境が要求される。この半自由空間環境は、OATS、全天候型 OATS、又は SAC でなければならない。

5.2 試験場の周囲雑音環境

試験場は EUT からの妨害波と周囲雑音を区別できるものでなければならない。このことは、EUT が動作していない状態の周囲雑音レベルが、これから実施しようとしている測定に適用される許容値よりも、少なくとも 6 dB 低いことで示される。

EUT の妨害波と周囲雑音とが混在した雑音レベルが、指定された許容値を超えない場合、周囲雑音レベルを、指定された許容値から 6 dB 低くなるように低減する必要はない。こうした条件下では、EUT は指定された許容値に準拠しているものとみなす。

5.3 測定距離及びテストボリューム

試験場は、引用規格 (4) に基づく妨害波測定で用いられる測定距離において、妥当性確認がされていなければならない。測定距離は、3 m、5 m 又は 10 m でなければならない。

注) 引用規格 (4) によると、距離 30 m の測定は設置場所測定とみなされる。

テストボリュームは、試験場の妥当性確認を行う際の送信アンテナの設置場所のうち、5.5.4 項の基準を満たす場所によって決まる。EUT の大きさは妥当性確認されたテストボリュームを超えてはならない。

(EUT の最大サイズは、引用規格 (4) の表 10 によっても制限される。)

5.4 試験台及びアンテナポジショナ

非導電性の試験台及び受信アンテナのポジショナの形状や構造は、周波数 30 MHz 未満においては重大な問題ではない。この場合、試験台及びアンテナのポジショナの影響は評価しなくてもよい。

5.5 試験場の妥当性確認手順

5.5.1 概要

OATS、全天候型 OATS 及び SAC において、大地面の縁、その設備の天井や壁を構成する構造物及び、又は電波吸収体からの反射の影響を見つけるには、1 回の SIL 測定では不十分である。 H_x 、 H_y 、 H_z のアンテナ向き (図 35 に図示) で 15 回の SIL 測定、例えば 5 箇所において、ループアンテナの三つの向き、による評価が求められる (参考文献 [25])。

これらの測定には 4.3.2 項の要求条件に適合したループアンテナを用いなければならない。距離はアンテナの基準位置から測定する。送受信アンテナの高さは、アンテナ基準点の大地面からの高さが 1.3 m で固定とする。いずれのアンテナも高さ方向の走査は要求されない。送信アンテナの基準点は、順番に要求される場所、すなわち図 36 及び図 37 に従って、妥当性確認するテストボリュームの中心及び周囲 4 箇所 (左、右、前方、後方) に設置しなければならない。

測定はスペクトラムアナライザもしくはネットワークアナライザを用いて、二つの異なる受信電圧 V_R での測定が要求される。最初の V_R は、ループアンテナから外した二つの同軸ケーブルを、アダプタを介して直結した時の読み値である。二つ目の V_R は、同軸ケーブルをそれぞれループアンテナに接続した時の読み値である。両方の測定において、信号源の電圧 V_1 は変えてはいけない。最初の V_R 読み値を V_{DIRECT} 、二つ目の読み値を V_{SITE} とする。

許容できる S/N を維持しなければならない。しかし、その要求条件は規定しない。なぜなら、受信レベルは使用するアンテナ、送信電力、受信機の雑音レベル、周囲雑音レベルに依存するからである。S/N として 20 dB を推奨する。実際の S/N は、付則 I の不確かさバジェットとして用いなければならない。

送受信システム間の結合を避けるために、特別な配慮をしなければならない。送受信アンテナのケーブルを、標準的なシールド仕切り壁に取り付けられたコネクタを介して配線した場合、通常、大地帰路回路が形成される (参考文献 [31])。この大地帰路回路の形成を避けるために、幾つかの取り得る方法がある。一つは、信号発生器を電磁遮へい室の中に、測定受信機を電磁遮へい室の外に置いて操作することである。送信側の経路上で、絶縁トランスを用いることも可能である。使用する前に、システムのダイナミックレンジの検査を推奨する。これは、送信アンテナの代わりに終端を接続した時の受信レベルで検査できる。アクティブな受信アンテナを用いる場合、ダイナミックレンジの検査中は前置増幅器をオンにして、その雑音を考慮した方がよい。

ケーブルが測定結果に影響する場合は、フェライトコアを装着しなければならない。送受信アンテナに接続するケーブルには、妥当性確認されたテストボリューム内に配線された部分全体に、20 cm 間隔で、25 MHz のインピーダンスが 50 Ω 以上のフェライトを装着することを強く推奨する。

図 35 に従って異なるループアンテナの三つの方向で測定しなければならない。測定は周波数範囲 9 kHz から 30 MHz において、表 9 に規定された周波数ステップ以下で実施しなければならない。

テストボリューム内の測定点を図 36 及び図 37 に図示する。テストボリューム内の五箇所的位置で測定しなければならない。測定距離 d は一定に保たなければならない。

表 9 - 最大周波数ステップ幅

周波数範囲	最大ステップ
9 kHz ~ 20 kHz	1 kHz
20 kHz ~ 150 kHz	5 kHz
150 kHz ~ 1 MHz	50 kHz
1 MHz ~ 30 MHz	100 kHz

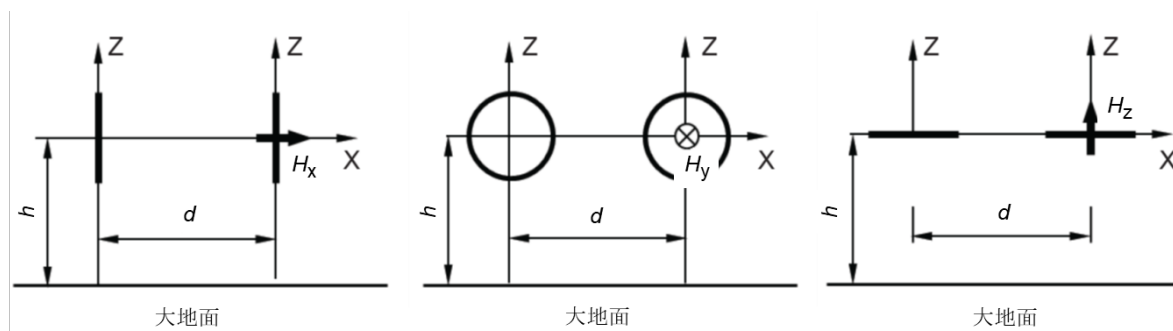
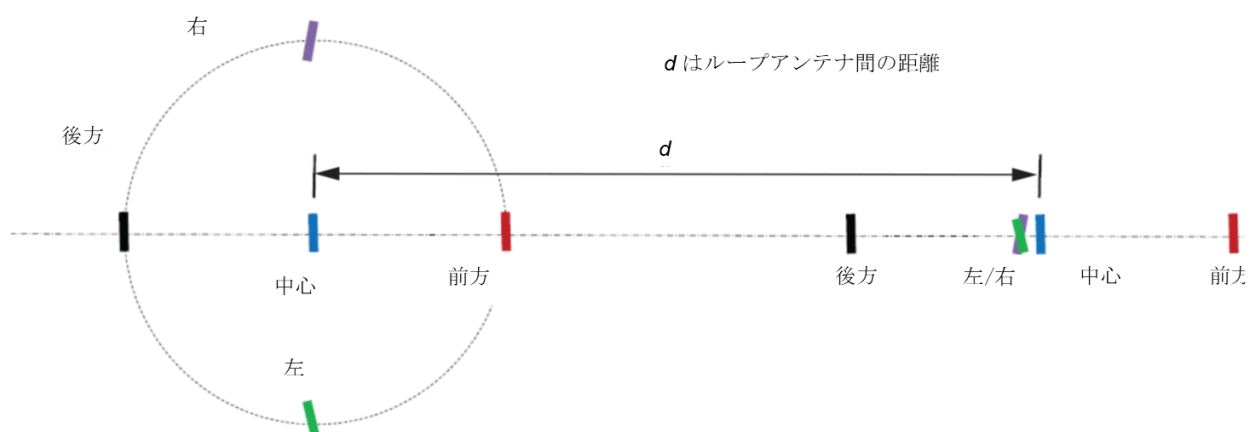
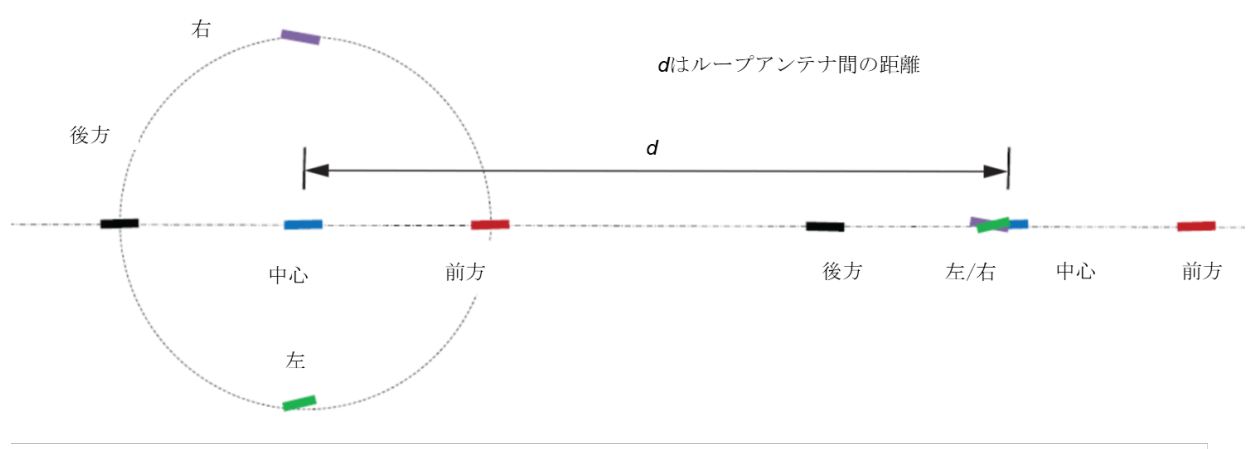


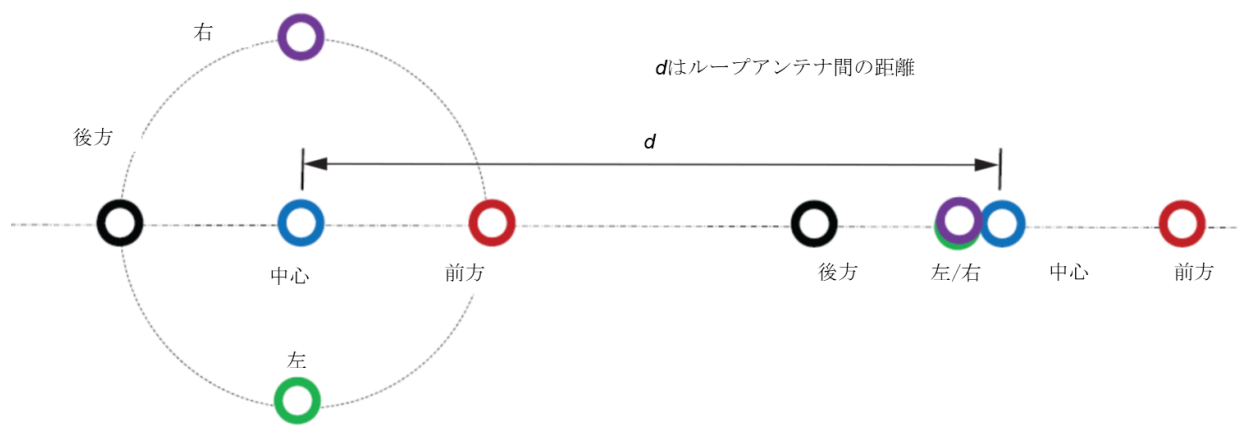
図 35 - 一般的なアンテナの三つの向き H_x , H_y 及び H_z
(d は測定距離、 h はアンテナの基準点の高さ)



a) ループアンテナを用いた H_x の妥当性確認



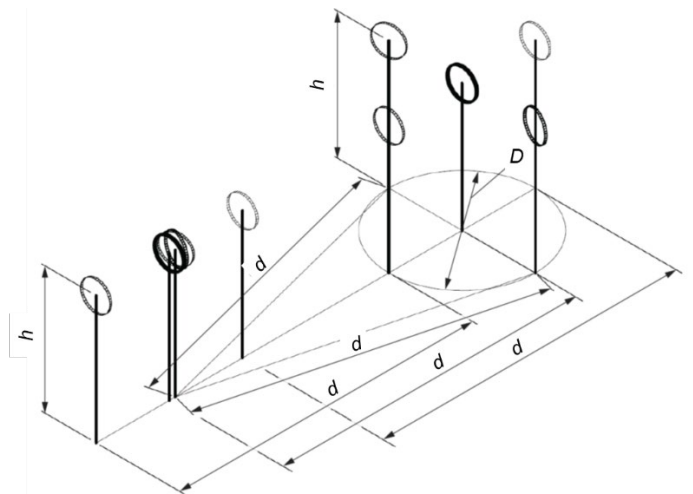
b) ループアンテナを用いた H_y の妥当性確認



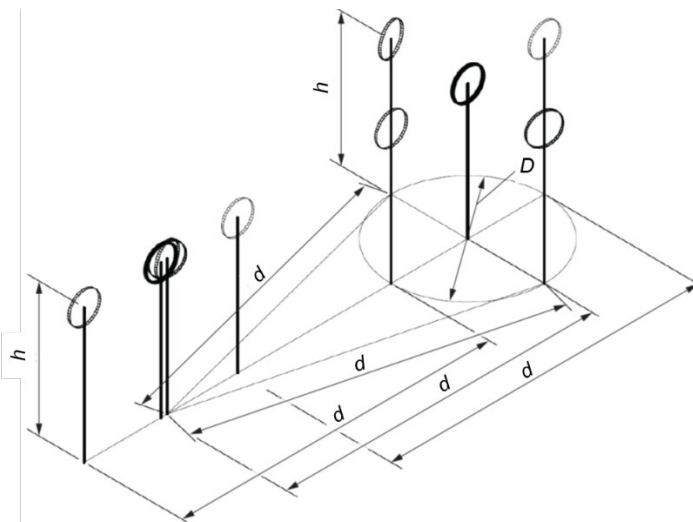
c) ループアンテナを用いた H_z の妥当性確認

注) 左及び右の送信アンテナに相対する受信ループアンテナの位置は、それぞれ緑色やマゼンタ色で示したように全く同一である。しかしながら、それぞれが見えるように、少々ずらして図示している。

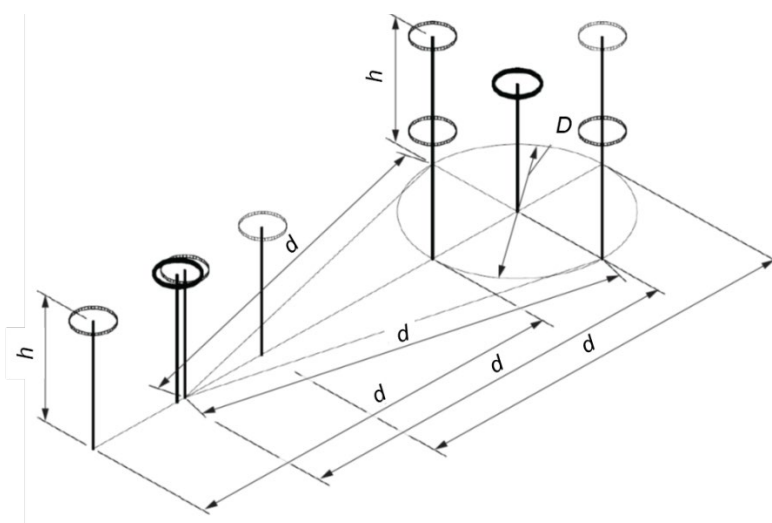
図 36 - アンテナの位置



a) ループアンテナを用いた H_x の妥当性確認



b) ループアンテナを用いた H_y の妥当性確認



c) ループアンテナを用いた H_z の妥当性確認

図 37 - アンテナの位置

5.5.2 正規化されたサイトの挿入損 (NSIL)

測定サイトの挿入損は式 (27) で計算される。

$$\Delta A_i = V_{\text{DIRECT}} - V_{\text{SITE}} - F_{\text{aH,T}} - F_{\text{aH,R}} - A_{\text{Ni}} \quad (27)$$

ここで

V_{DIRECT} 送信用アンテナと受信用アンテナ間のケーブルがアダプタで接続された場合に、測定用受信機で記録されたレベルであり、その単位は dBm または dB(μV)である

V_{SITE} 送信用アンテナと受信用アンテナのケーブルが、それぞれのアンテナに接続された場合に、測定用受信機で記録されたレベルであり、その単位は V_{DIRECT} の場合と同様に dBm または dB(μV)である

$F_{\text{aH,T}}$ 送信用アンテナの磁界アンテナ係数であり、その単位は dB(S/m)である。

$F_{\text{aH,R}}$ 受信用アンテナの磁界アンテナ係数であり、その単位は dB(S/m)である。

A_{Ni} 付則 J に基づいて計算される正規化された SIL であり、その単位は dB(m²/S²)である。

ΔA_i SIL の偏差であり、その単位は dB である。

$F_{\text{aH,T}}$ と $F_{\text{aH,R}}$ は、引用規格 (3)に従って、本答申の表 9 で規定されている周波数ステップと等しい、又はそれ以下のステップで校正されている必要がある。

測定距離が 10 m で必要な感度を確保するため、送信用電力増幅器が必要となる場合がある。 V_{DIRECT} を測定するモードにおいて、測定用受信機の過負荷を避けるため、図 38 に示すように追加の減衰器が必要となる場合がある。このような減衰器が V_{DIRECT} 測定で使用され、 V_{SITE} 測定では使用されない場合は、校正された減衰器を使用し、式 (28) に従ってその減衰量 a_{ATT} を考慮しなければならない。

$$A_i = V_{\text{DIRECT}} + a_{\text{ATT}} - V_{\text{SITE}} - F_{\text{aH,T}} - F_{\text{aH,R}} - A_{\text{Ni}} \quad (28)$$

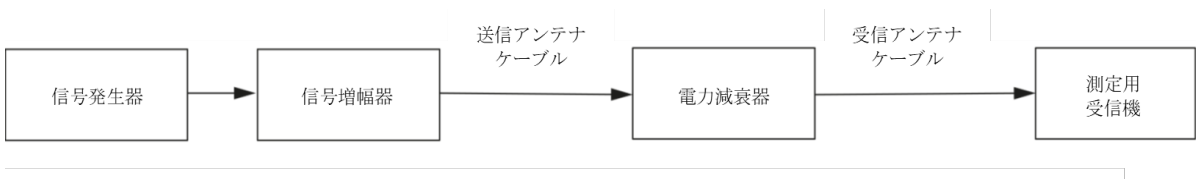


図 38 - 電力増幅器と減衰器を用いた V_{DIRECT} の測定構成

5.5.3 参照サイト法 (RSM)

SIL の偏差は式 (29) によって計算される。

$$\Delta A_i = V_{\text{DIRECT}} - V_{\text{SITE}} - A_{\text{LPR}} \quad (29)$$

アンテナペア参照 A_{LPR} は、REFTS で式 (30) によって校正される。

$$A_{\text{LPR}} = V_{\text{DIRECT,R}} - V_{\text{SITE,R}} \quad (30)$$

この目的に適している REFTS において、測定距離 3 m の場合は SIL の偏差が 1 dB 未満であり、他の測定距離では 2 dB 未満である必要がある。この要求条件に対する妥当性は、5.5.2 項に示されている NSIL 法を用いて示す必要がある。

5.5.4 判定基準

試験場の妥当性確認の方法を使用して、5.5.2 項又は 5.5.3 項に基づき計算される SIL の偏差 ΔA_i は、全ての周波数、三つの全てのアンテナ方向及び五つの全ての試験位置において、表 10 で規定された判定基準を満足する必要がある。

表 10 - 判定基準

測定距離 m	最大偏差 dB
3	± 4
5	± 4
10	$\pm 4^a$
^a 10 m SAC を用いた測定では、周波数範囲全体に渡って ± 4 dB の基準を満たすことができない場合があるため、± 4 dB の基準を満足しないような SAC であっても、測定に使用することを可能とする。この場合、許容値への適合性のために、増加した測定の不確かさを考慮しなければならない。各周波数について、判定基準を上回っている全ての測定ポイントにおけるΔA_iの最大値をδA_iとしてU_{lab}を計算によって求めること。U_{lab}は各アンテナ方向について計算される。本計算に関する更なる情報は、引用規格 (5)と本答申の付則 M を参照。さまざまな距離における測定に関する情報は参考文献 [25] で入手することが可能である。	

6 周波数範囲 30 MHz から 1000 MHz までの無線周波妨害波電界強度測定用試験場

6.1 概要

EUT から発生する妨害波の電磁界強度の測定において、有効で再現性のある結果を得るにはそれに適した環境が必要である。使用場所においてしか測定できない EUT に関しては、他の規定を適用しなければならない（詳細については、引用規格 (4)の設置場所測定参照）。

周波数範囲が 30 MHz から 1 GHz においては、半自由空間環境が必要である。このような半自由空間環境は OATS、全天候型 OATS 又は SAC である必要がある。しかしながら、この周波数範囲における測定は自由空間環境（すなわち、FAR）においても実施可能である。

6.2 野外試験場（OATS）

6.2.1 概要

OATS は、地形的に開けて平たんであり、かつ、大地面がある場所である。本答申の妥当性確認要求事項に合致させるために、金属大地面を推奨する。このような OATS には、建築物、電力線、柵、樹木などがあってはならず、又は EUT に対する電力の供給や EUT を動作させるために必要なものを除いて、地下にはケーブルやパイプラインなどがあってはならない。周波数 30 MHz から 1000 MHz までにおける妨害波電磁界強度測定用の OATS の推奨する構造については、付則 D を参照すること。OATS の妥当性確認試験手順については 6.6 項及び 6.7 項に示す。付則 F は判定基準を示す。

6.2.2 全天候型設備

試験場が年間を通して使用される場合には、その試験場を全天候型とすることが望ましい。全天候型設備（例えば、全天候型の覆い）の構造は、EUT や測定用アンテナを含む試験場全体に対するもの又は EUT に対してだけの場合もある。この設備に使用する材料は、高周波において等価的に透明なものであり、EUT から放射される電磁波に対して不要な反射や減衰を生じるものであってはならない（6.3.1 項

参照)。

この全天候型設備の形状は、雪、氷又は水などが容易に排除できることが必要である。詳細については付則 D を参照すること。

6.2.3 電波無反射領域

OATS では、EUT と電界強度測定用アンテナを取り囲む無反射領域が必要である。この電波の無反射領域には、顕著な電磁波の散乱体があってはならず、又はこの領域は十分に広く、電界強度測定用アンテナが受信する電磁界成分に、領域外の物体による散乱波の影響がほとんどないようにしなければならない。この領域の適性を判断するには、試験場の妥当性確認試験を行わなければならない。

反射物体からの散乱波の強さは、多くの要素（物体の大きさ、EUT からの距離、EUT に対する方位、物体の導電率や誘電率、周波数など）に依存するので、全ての用途に対して必要かつ十分に妥当な電波無反射領域を規定することは、実際的には不可能である。この領域の大きさ及び形状は、測定距離に依存し、又は EUT を回転するか否かにも依存する。試験場に回転台が設置されている場合に必要とされる電波無反射領域は、受信アンテナと EUT を二つの焦点とする楕円の範囲内で、その長軸が測定距離の 2 倍、短軸が測定距離の $\sqrt{3}$ 倍であることが必要である（図 5 参照）。

この楕円の境界線上にある物体によって反射する非希望波の反射伝搬の経路長は、二つの焦点間を結ぶ直接伝搬の経路長の 2 倍となる。大型の EUT を回転台上に設置した場合には、EUT の外周線から反射物までの距離が上記の条件を満足するように、電波無反射領域の大きさを広げなければならない。

試験場に回転台の設備がなく、EUT の置き方が固定されている場合の推奨する電波無反射領域は、EUT の外周線からその領域の境界線までの距離が測定距離の 1.5 倍となるような円形の区域である（図 6 参照）。この場合、測定アンテナは、測定距離を保ちつつ、EUT の周囲を回って移動させる。

電波無反射領域内の地形は平坦でなければならない。しかし、排水のための緩やかな傾斜は差し支えない。金属大地面を使用する場合には、その平坦度は、D.2 節を参照すること。測定装置や試験要員は、電波無反射領域の外側に位置すること。

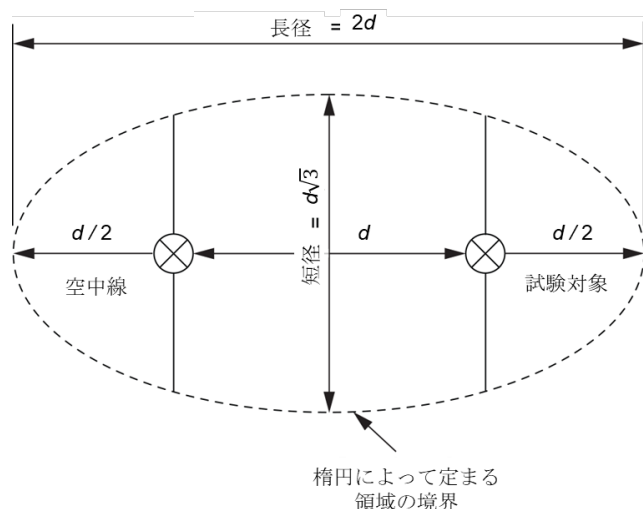


図 5 - 回転台のある試験場における電波無反射領域

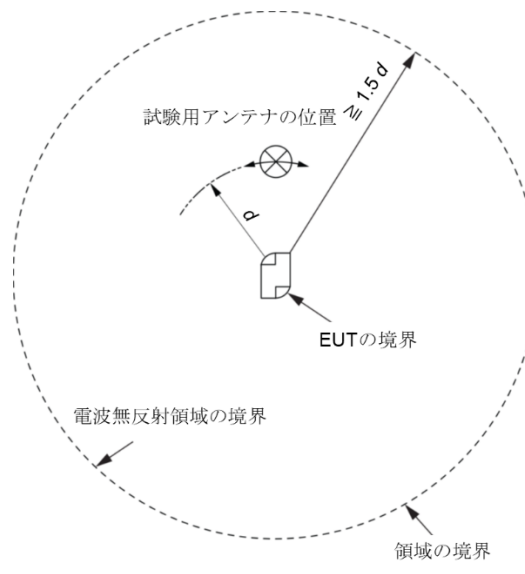


図 6 - 据え置き EUT における電波無反射領域

6.2.4 試験場の周囲電磁環境

OATS における無線周波数帯の周囲電磁環境レベルは、測定しようとするレベルより十分に低くなければならない。このような観点から見た OATS の特性は、品質のよさの順に列記した次の四つの分類によって評価することができる。

- a) 全ての周波数における周囲電磁環境は、測定レベルよりも **6 dB** 又はそれ以上低い。
- b) 幾つかの周波数における周囲電磁環境は、測定レベルに対して **6 dB** 以内にある。
- c) 幾つかの周波数における周囲電磁環境は測定レベルよりも高いが、それが不規則（例えば、測定が行えるほど、周囲電磁波の発射間隔が十分に長い）であるか、連続的であるがある限られた周波数についてだけ存在する。
- d) 周囲電磁環境が測定周波数範囲の大部分にわたって測定レベルより高く、かつ連続的に存在する。

試験場を選択する場合は、周囲電磁環境及び測定技術者の熟練度によって、測定の精確さが確保できることを確認することが望ましい。

周囲 RF 電磁環境に加え、測定用受信機の固有の雑音が、放射妨害波の測定結果に影響を与える。このため、測定した妨害波レベルの妨害波許容値との測定した妨害波レベルの妨害波許容値を正しく比較するために、RF 周囲雑音と測定用受信機固有の雑音の両者を最小化する必要がある。

6.2.5 大地面

OATS の大地面は、自然大地面と同じ高さ又は適切な大きさを持つ床上げ式プラットフォーム上又は水平の屋上に設けてもよい。金属大地面がより望ましいが、ある種の機器や用途に対しては、製品規格で他の型の試験場を推奨することがある。金属大地面が適切かどうかは、その試験場が 6.4 節に述べる妥当性確認要件を満たすかどうかに依存する。大地面が金属材料でない場合には、その試験場の大地面反射特性が、時間、天候、又はパイプ、導管のような埋設金属物により、又は不均質土壌の影響を受けて変化しないような試験場を選択することが必要である。このような試験場は、金属面の試験場に比較して、一般に異なるサイトアッテネーション特性を示す。

6.3 他の試験場の適切性

6.3.1 他の OATS

放射妨害波測定のための試験場や施設には、様々なものを使用されている。それらの多くは、天候や周囲の無線周波雑音の悪影響を防止するためのものである。SAC においては、全ての壁と天井に適切な吸収体が装備されている。床は OATS と同等にするために金属大地面で構成されている。SAC は、受信アンテナを周囲の無線周波電磁環境から分離し、天候条件とはかかわりなく EUT の試験ができる。

大地面のある試験場が構造材料で囲まれると、6.7 節に定めた単一の位置での妥当性確認測定の結果では、そのような代替の試験場の妥当性を示すのに適切ではないことがありうる。

大地面のある代替試験場の妥当性を評価するためには 6.8 節の手順を使わなければならない。その方法は、EUT が占める空間にわたって複数回の妥当性確認測定を行うことを基本とする。OATS と同等で、妨害波試験に適切な試験場と判断するには、NSA 測定値が ± 4 dB の許容範囲内でなければならない。

注) SAC は、6.2.4 項に列記した試験場の品質分類 a) を満たしている。

6.3.2 大地面のない試験場 (FAR : 電波全無響室)

6 面を電波吸収体で覆ったシールドドエンクロージャは、FAR として知られており、放射妨害波測定に使用することが可能である。FAR を使用する場合、適切な放射妨害波許容値を、関連する規格（共通規格、製品又は製品群規格）で規定しなければならない。無線業務を保護するための要求事項（許容値）への EUT の適合性評価は、FAR においても OATS における試験と同様な方法で行わなければならない。

FAR は、送信アンテナ又は EUT からの直接波だけが直接受信アンテナに到達するように、自由空間環境を模擬している。その他の間接波及び反射波は、FAR の全壁面、天井及び床に敷かれた適切な電波吸収体を使用してできるだけ低減しなければならない。SAC と同様に、FAR は、受信アンテナを周囲の無線周波電磁環境から分離し、天候条件とはかかわりなく EUT の試験ができるようにするものである。

注) FAR は、6.2.4 項に列記した試験場の品質分類 a) を満たしている。

6.4 試験場の妥当性確認

6.4.1 概要

本答申では COMTS の試験場妥当性確認として三つの手法が使用されるものと考えている。

- 同調ダイポールアンテナを用いた NSA 法
- 広帯域アンテナを用いた NSA 法
- 広帯域アンテナを用いた参照サイト法 (RSM)

同調ダイポールアンテナを用いた NSA 法は明確に記載されていないが、この方法は本答申に（基づく妥当性確認に）使用される方法である。理論的な相互インピーダンスの補正係数を含む、同調ダイポールアンテナの NSA 理論値表が参考文献 [20] に示されている。

大地面のある試験場（すなわち OATS 及び SAC）の妥当性確認については 6.4.2 項及び 6.5.1 項で記載する。続く 6.6 節で RSM、6.7 節で NSA 法の詳細な手順についてそれぞれ記載する。SAC 及び全天候型 OATS の妥当性確認のための追加的測定要求について 6.8 節で記載する。

規定された試験場タイプ毎に適用出来る試験場の妥当性確認の方法を表 1 に示す。表に示すとおり、これら試験場タイプ毎に 2 から 3 の妥当性確認の方法が記載されている。本答申において、判定基準はただ一つの手法によってだけ評価されることを意図しているために、これらの手法は等価であるとみなす。そのため、これらの手法のいずれも、基準の手法として規定しない。

本答申の試験場の妥当性確認の方法は、理想的な SA と送信アンテナと受信アンテナを用いて測定した SA とを比較することにより、妥当性を確認すべきテストボリュームの均一性の程度を提供する。送信アンテナは EUT を模擬できないため、この妥当性確認の方法では EUT の最大体積を決定することはできない。測定距離に依存する EUT の大きさについては、引用規格 (4)に示されている。

**表 1 - OATS、全天候型 OATS、SAC 及び FAR の各試験場タイプに適用可能な
試験場妥当性確認の方法**

試験場タイプ	試験場妥当性確認の方法の適用可否		
	同調ダイポール アンテナ NSA	広帯域アンテナ NSA	広帯域アンテナ RSM
OATS	可	可	可
全天候型 OATS	不可	可	可
SAC	不可	可	可
FAR	不可	可	可

6.4.2 試験場妥当性確認の概要

試験場妥当性確認は二つの同一偏波のアンテナを使用して実施する。この妥当性確認は水平偏波及び垂直偏波の両方を個別に実施しなければならない。

SA は次の差から得られる。

- 送信アンテナに印加される信号源電圧レベル、 V_i
- 受信アンテナを規定の高さで掃引した際に受信アンテナ出力端で測定される最大受信電圧レベル、 V_R

これらの電圧測定は 50 Ω 系で行う。

OATS (6.2 節参照) 及び他の大地面を持つ試験場 (6.3.1 項参照) の SA 測定値を、理想 OATS において得られる SA 特性と比較する。これが試験場妥当性確認の測定量の定義である。比較の結果が SA の差 ΔA_s であり dB で表示する (式 (6) 及び式 (7) 参照)。SA の差が ± 4 dB の許容範囲内であればその試験場は妥当であると判断する。

± 4 dB の許容範囲を超える場合は、その試験場構造は 6.9 節に従い調査しなければならない。

注) ± 4 dB の試験場の判定基準の根拠を付則 F に示す。

補足として、SA の差を EUT の電界強度測定値に対する補正值として使用してはならない。6.4 節の手順は、試験場妥当性確認に対してだけ使用する。

6.5 OATS 及び SAC の評価に使用される NSA 法の基本パラメータ

6.5.1 理論的 NSA 値の一般式と表

広帯域アンテナを用いて測定する場合、規定された周波数について計算によって求められた NSA 値は表 2 で与えられる。使用されている d, h_1, h_2, f_M 及び A_N の変数の意味は表 2 の最後に示されている。

注 1) 表 2 に示されている以外の周波数の NSA 値は、一覧表に示された値を直線補間することによって求めることが可能である。

注 2) LPDA アンテナ間の d は、大地面へ投影した際の各アンテナの縦軸の midpoint で測定する。

注 3) バイコニカルアンテナ間の d は、エレメントの中心軸である給電点の midpoint で測定する。

各偏波での測定では、NSA 法は二つの異なる受信電圧 V_R の測定を必要とする。

$V_R (V_{\text{DIRECT}})$ の最初の読み取りは、二つのアンテナから 2 本の同軸ケーブルを外し、アダプタを介して相互に接続した状態で行う。 $V_R (V_{\text{SITE}})$ の 2 回目の読み取りは、同軸ケーブルをそれぞれのアンテナに再接続した状態で、受信アンテナの高さ（離隔距離 3 m、5 m、10 m、30 m における 1 m～4 m）で走査した際の最大信号レベルを測定する。両者の測定においても、信号源電圧 V_i は一定に保たれる。測定結果は、理論上の $NSA (A_N)$ と共に、式 (6) を用いて SA の偏差結果を得るために使用される。全ての単位は dB である。

式 (6) によって、SA 偏差の結果を求めることができる。全ての項の単位は dB である。

$$\Delta A_s = V_{\text{DIRECT}} - V_{\text{SITE}} - F_{aT} - F_{aR} - A_N \quad (6)$$

ここで

ΔA_s S_A の偏差

F_{aT} 送信アンテナのアンテナ係数

F_{aR} 受信アンテナのアンテナ係数

A_N 表 2 に基づく理論的な NSA

F_{aT} と F_{aR} は自由空間におけるアンテナ係数として校正されていることが必要である。(6.5.2 項参照)

最初の二つの項は SA の実際の測定値を表しており、従来の見解では、SA は $(V_{\text{DIRECT}} - V_{\text{SITE}})$ に等しく、これは、使用される二つのアンテナの特性を含む伝播経路の挿入損を示している。

測定デバイスやケーブルの温度変化による電圧ドリフトがないことを確認するためには、適切な時間が経過した後に V_{DIRECT} を再測定し、結果の安定性を確認する。

使用するそれぞれの NSA 測定法 (6.7.2 項に準拠した掃引周波数法又は 6.7.1 項に準拠した離散周波数法) についての妥当性確認基準は、要求される周波数範囲の全ての周波数で満足している必要がある。

表 2 は、バイコニカルアンテナや LPDA アンテナなどの広帯域アンテナの NSA 値を、大地面に対する水平偏波と垂直偏波の両方について示している。

ΔA_s が ± 4 dB を超える場合は、6.9 節に従って測定を実施する。

表 2 – NSA 理論値、 A_N – 広帯域アンテナを用いる場合に推奨するアンテナ配置^a (1/2)

偏波	水平											垂直										
d m	3	3	5	5	5	10	10	10	10	30	30	3	3	5	5	5	10	10	10	10	30	30
h_1 m	1	2	1	2	2.5	1	2	3	4	1	2	1	1.5	1	1.5	2	1	1.5	2.5	3.5	1	1.5
$h_{2 \text{ min}}$ m	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$h_{2 \text{ max}}$ m	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
f_M MHz	A_N dB(m ²)																					
30	15.8	11.0	20.7	15.6	14.3	29.8	24.1	21.3	19.7	47.8	41.7	8.2	9.3	11.4	12.0	12.7	16.7	16.9	17.4	18.2	26.0	26.0
35	13.4	8.8	18.2	13.3	12.2	27.1	21.6	18.9	17.4	45.1	39.1	6.9	8.0	10.1	10.7	11.5	15.4	15.6	16.1	16.9	24.7	24.7
40	11.3	7.0	16.0	11.4	10.5	24.9	19.4	16.9	15.6	42.8	36.8	5.8	7.0	8.9	9.6	10.4	14.2	14.4	15.0	15.8	23.5	23.5
45	9.4	5.5	14.1	9.8	9.1	22.9	17.5	15.2	14.2	40.8	34.7	4.9	6.1	7.9	8.6	9.5	13.2	13.4	14.0	14.9	22.5	22.5
50	7.8	4.2	12.4	8.5	7.9	21.1	15.9	13.7	13.1	38.9	32.9	4.0	5.4	7.1	7.8	8.7	12.3	12.5	13.2	14.1	21.6	21.6
60	5.0	2.2	9.5	6.3	6.0	18.0	13.1	11.5	11.3	35.8	29.8	2.6	4.1	5.6	6.3	7.4	10.7	11.0	11.7	12.7	20	20
70	2.8	0.6	7.2	4.6	4.4	15.5	10.9	9.9	9.9	33.1	27.2	1.5	3.2	4.3	5.2	6.4	9.4	9.7	10.5	11.7	18.7	18.7
80	0.9	-0.7	5.3	3.2	3.2	13.3	9.2	8.6	8.7	30.8	24.9	0.6	2.6	3.3	4.3	5.6	8.3	8.6	9.5	10.9	17.5	17.5
90	-0.7	-1.8	3.7	2.0	2.1	11.4	7.8	7.5	7.7	28.8	23.0	-0.1	2.1	2.4	3.5	5.1	7.3	7.6	8.7	10.2	16.5	16.5
100	-2.0	-2.8	2.3	1.0	1.1	9.7	6.7	6.6	6.7	27	21.2	-0.7	1.9	1.6	2.9	4.7	6.4	6.8	8.0	9.6	15.6	15.6
120	-4.2	-4.4	0.1	-0.7	-0.5	7.0	5.0	4.9	5.1	23.9	18.2	-1.5	1.3	0.3	2.1	3.4	4.9	5.4	7.0	6.8	14.0	14.0
140	-6.0	-5.8	-1.7	-2.1	-1.9	4.8	3.5	3.5	3.8	21.2	15.8	-1.8	-1.5	-0.6	1.7	1.0	3.7	4.3	6.2	5.2	12.7	12.7
160	-7.4	-6.7	-3.1	-3.3	-3.1	3.1	2.3	2.4	2.6	19	13.8	-1.7	-3.7	-1.3	1.0	-0.7	2.6	3.4	4.1	3.9	11.5	11.6
180	-8.6	-7.2	-4.3	-4.4	-4.1	1.7	1.2	1.3	1.6	17	12.0	-1.3	-5.3	-1.8	-1.0	-2.2	1.8	2.7	2.8	2.8	10.5	10.6
200	-9.6	-8.4	-5.3	-5.3	-4.7	0.6	0.3	0.4	0.6	15.3	10.6	-3.6	-6.7	-2.0	-2.6	-3.3	1.0	2.1	1.6	1.7	9.6	9.7
250	-11.7	-10.6	-7.5	-6.7	-6.7	-1.6	-1.7	-1.6	-1.2	11.6	7.8	-7.7	-9.1	-3.2	-5.5	-5.6	-0.5	0.3	-0.6	-0.3	7.7	7.9

表 2 (2/2)

偏波	水平											垂直										
d m	3	3	5	5	5	10	10	10	10	30	30	3	3	5	5	5	10	10	10	10	30	30
h_1 m	1	2	1	2	2.5	1	2	3	4	1	2	1	1.5	1	1.5	2	1	1.5	2.5	3.5	1	1.5
$h_{2 \text{ min}}$ m	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$h_{2 \text{ max}}$ m	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
f_M MHz	A_N dB(m ²)																					
300	-12.8	-12.3	-9.2	-8.5	-8.4	-3.3	-3.3	-3.0	-2.8	8.8	6.1	-10.5	-10.9	-6.2	-7.5	-7.3	-1.5	-1.9	-2.4	-1.9	6.2	6.5
400	-14.8	-14.9	-11.8	-11.2	-11.0	-5.9	-5.8	-5.6	-5.4	4.6	3.5	-14.0	-12.6	-10.0	-10.5	-10.0	-4.1	-5.0	-5.1	-4.5	3.9	4.3
500	-17.3	-16.7	-13.0	-13.3	-13.0	-7.9	-7.6	-7.6	-7.3	1.8	1.6	-16.4	-15.1	-12.5	-12.6	-11.6	-6.7	-7.2	-7.1	-6.3	2.1	2.8
600	-19.1	-18.3	-14.9	-14.9	-14.5	-9.5	-9.3	-9.2	-8.9	0.0	0.0	-16.3	-16.9	-14.4	-13.5	-13.4	-8.7	-9.0	-8.7	-8.0	0.8	1.8
700	-20.6	-19.7	-16.4	-16.1	-15.9	-10.8	-10.6	-10.5	-10.2	-1.3	-1.4	-18.4	-18.4	-15.9	-15.1	-14.8	-10.2	-10.4	-9.9	-9.3	-0.3	-0.9
800	-21.3	-20.8	-17.6	-17.3	-17.1	-12.0	-11.8	-11.6	-11.4	-2.5	-2.5	-20.0	-19.3	-17.2	-16.5	-16.0	-11.5	-11.6	-11.1	-10.5	-1.1	-2.3
900	-22.5	-21.8	-18.7	-18.4	-18.0	-12.8	-12.9	-12.7	-12.4	-3.5	-3.5	-21.3	-20.4	-17.4	-17.6	-16.9	-12.6	-12.7	-12.1	-11.5	-1.7	-3.4
1000	-23.5	-22.7	-19.7	-19.3	-19.0	-13.8	-13.8	-13.6	-13.6	-4.4	-4.5	-22.4	-21.4	-18.5	-18.6	-17.9	-13.6	-13.6	-13.1	-12.4	-3.5	-4.3
^a これらのデータは、垂直偏波でアンテナの中心が大地面から 1 m 上にある場合に、大地面との距離が 25 cm 以上あるアンテナに適用される。 他の周波数の値は、線形補間によって計算される。																						
d	は、大地面上の送信アンテナと受信アンテナの中心の投映間の水平方向の距離である。																					
h_1	は、大地面上の送信アンテナの中心の高さである。																					
h_2	は、受信アンテナの中心の大地面からの高さの範囲である。この高さ走査範囲の最大受信信号が NSA 結果として使用される。																					
f_M	は、周波数																					
A_N	は、NSA																					

6.5.2 アンテナ校正

NSA 法を用いた試験場妥当性確認では、引用規格 (3)で規定された方法で測定した自由空間アンテナ係数が使用される。

NSA の計算に自由空間アンテナ係数を使用すると、式 (6)で示されるように、特に 300 MHz 未満のバイコンカルアンテナや同調ダイポールアンテナでは、差異が生じる可能性がある。これは、表 2 に示されている理論上の NSA 値モデルがヘルツダイポールに基づいており、SA の測定に使用する実際のアンテナに基づいていないためである。このモデルでは、大地面との相互結合によるアンテナ係数の大幅な変化や、実際のアンテナの放射パターンは考慮されていない。RSM ではアンテナ係数が関係しないため、この問題は発生しない。NSA 法におけるアンテナ係数の不確かさを大幅に低減する部分的な解決方法が、参考文献 [19] で示されている。

6.6 OATS 及び SAC のための参照サイト法 (RSM)

6.6.1 概要

RSM は、広帯域アンテナを使用し、試験場の妥当性確認するもう一つの方法である。NSA 法と同様、VDIRECT 及び VSITE の評価が必要となる。これらの結果は、NSA 法で規定するのと同様の正確さを持った幾何学的配置及び偏波を使用して得られる。全天候型 OATS 又は SAC のための構成を次に示す。

- 3 m、5 m 又は 10 m の測定距離

注 1) RSM を 30 m 試験場に適用してもよいが、適切な REFTS の数が限られていることから非現実的である。

- 送信アンテナ高は、水平偏波において 1 m 及び 2 m、並びに垂直偏波において 1 m 及び 1.5 m である。その他の送信アンテナ高については、表 2 を参照
- 受信アンテナは、1 m から 4 m までの高さを走査

RSM と NSA 法の主な違いはサイトアッテネーションの偏差の計算方法であり、RSM の場合、式 (7)を使用する。

$$\Delta A_s = V_{\text{DIRECT}} - V_{\text{SITE}} - A_{\text{APR}} \quad (7)$$

NSA 法の式 (6) のように、送受信アンテナのアンテナ係数と計算された NSA (A_N)値を使用するのではなく、アンテナペア参照サイトアッテネーション(A_{APR})の測定結果が使用される。

注 3) A_{APR} はアンテナ係数を必要としないが、アンテナ同士、及びアンテナと金属大地面との相互結合を含んでいる。

さらに RSM は、NSA 法とはアンテナ設置形態が異なり、送受信アンテナの放射パターン特性が含まれており、放射パターンがヘルツ双極子の放射パターンとして近似される NSA 法とは異なる。

全天候型 OATS 及び SAC については、二つのアンテナ高、及び二つの偏波の 4 組のデータが必要である。表 3 に例として示したように、各々の距離、偏波、アンテナ高ごとに異なった A_{APR} が必要である。

表 3 - A_{APR} データセット表のひな形の例

周波数 MHz	アンテナペア参照サイトアッテネーション, A_{APR} dB			
	水平偏波		垂直偏波	
	$h_1 = 1 \text{ m}$	$h_1 = 2 \text{ m}$	$h_1 = 1 \text{ m}$	$h_1 = 1.5 \text{ m}$
30	...	...	...	...
31	...	...	...	...
32	...	...	...	...
...	...	...	...	...

RSM 測定を実施するために、ネットワークアナライザ、又は周波数掃引型レシーバを使用する場合は、表 4 の周波数ステップを使用する。

注 4) RSM は周波数掃引法で実施する。表 4 は最大ステップ幅を規定している。

注 5) RSM 測定に連続同調レシーバ、又はスペクトラムアナライザを使用する場合、表 4 で規定した周波数ステップ幅は適用しない。

表 4 - RSM 測定時の周波数ステップ

周波数範囲 MHz	最大周波数ステップ幅 MHz
30 ~ 100	1
100 ~ 500	5
500 ~ 1000	10

試験場の RSM 測定に使用される周波数は、 A_{APR} データを取得するために使用される周波数と一致していなければならない（例: REFTS、6.6.3 項 参照）。

式 (7) で表される ΔA_s の基準は、表 4 の全ての周波数で満足していなければならない。

6.6.2 RSM 測定で許容されないアンテナ

本答申の目的上、ハイブリッドアンテナは、RSM 妥当性確認測定には使用してはならない。

注 1) バイコニカルアンテナとハイブリッドアンテナを使用して特定の SAC の妥当性確認を行ったとき、結果に大きな偏差がみられた。これらの偏差の主要な原因は、それぞれのアンテナの位相中心の距離の差である。例えば、バイコニカルアンテナ使用時の距離を 10 m とした場合、典型的なハイブリッドアンテナでは、およそ 11.2 m となる。このような再現性の問題を避けるためにハイブリッドアンテナは除外されている。

注 2) 特に 3 m 用の試験場で二つのハイブリッドアンテナ全体を合わせた長さがほぼ 3 m になってしまうような大きなアンテナの位置決めにおいては不確かさがより大きくなるために、ハイブリッドアンテナは一般的に試験場妥当性確認に使用されない。

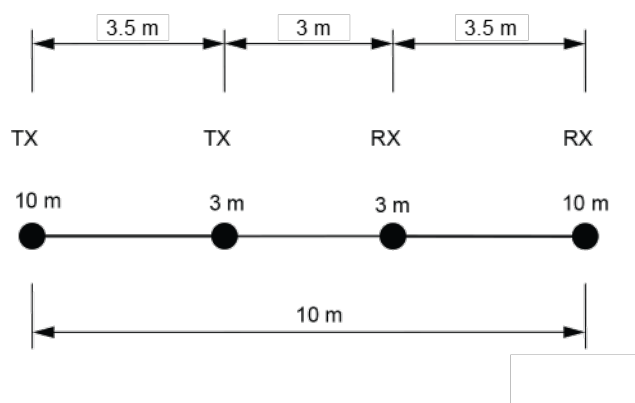
注 3) 一般的により低い ΔA_s のバイコニカルアンテナ、又は LPDA アンテナのような標準アンテナを使うことによって、SAC のためのよりよい性能が得られる。特に、SAC の試験場妥当性確認の基準を達成するための設計パラメータの調整には、ハイブリッドアンテナを使用しないことを強く推奨する。SAC が規格の要求よりよい性能を得るために、製造業者は、例えば、 $\Delta A_s = 3.5 \text{ dB}$ を達成されるように依頼されることが望ましい。

6.6.3 REFTS 上のアンテナペアの参照サイトアッテネーションの決定

A_{APR} の測定のための一つ目の方法は、引用規格 (2) で記載されている手順によってその性能が確立されている基準試験場 (REFTS) の使用である。二つ目の方法は、6.6.4 項に記載されている。

10 m の測定距離の場合、引用規格 (2) の手順によって REFTS の妥当性確認に使用された時と同一の位置で実施して、 A_{APR} を決定しなければならない。

3 m の測定距離の場合、引用規格 (2) の手順 (図 7 参照) によって REFTS の妥当性確認に使用された送受信間で引かれる軸上で測定しなければならない。



凡例

TX:送信アンテナ

RX:受信アンテナ

図 7 - 3 m 及び 10 m 試験距離の場合の試験ポイントの配置

次の手順で A_{APR} を決定しなければならない。

- V_{DIRECT} を測定する
- 送信アンテナを水平偏波で 1 m の高さに配置する
- 受信アンテナを同じ偏波で距離 d に配置する
- 受信アンテナを 1 m から 4 m の高さまで走査して V_{SITE} を測定する
- 式 (8) を用い A_{APR} を計算する。

$$A_{APR} = V_{DIRECT} - V_{SITE} \quad (8)$$

- 水平偏波で 2 m の送信アンテナ高さに対してステップ b) から e) を繰り返し、次に垂直偏波で 1 m と 1.5 m の送信アンテナ高に対して繰り返す。

6.6.4 広い OATS 上の平均化手法を使用したアンテナペア参照サイトアッテネーションの決定

A_{APR} を決定するもう一つの方法は、広い OATS にて測定することである (大きさの基準については、本項の次の段落を参照)。理想的な SA の値に対する偏差は、大地面が限られた面積や平らではないこと、建物や木のような近くのものからの反射などに起因する。大地面の端からの反射の影響は、SA の垂直偏波測定結果に正弦波リップルを引き起こす場合がある。大地面上でアンテナペアの位置を変えることによって、リップルの振幅と位相も変わる。

これらの影響を最小化するために、SA を幾つかのアンテナペアの配置位置で測定し、平均値を計算する。この平均値は、理想的な試験場の SA に収束する。

注 1) 同様の手法は、参考文献 [19]に記載している。

広い OATS は、次の要件を満たさなければならない。

- 最小の大地面の大きさ、30 m × 20 m
- 平坦度 ± 10 mm 以下の偏差
- 金属大地面表面に保護層（誘電体）がないこと

A_{APR} の決定には、次の手順を用いなければならない。

- a) 図 8 に示される配列に従って、OATS 上に一对のテスト箇所を特定する。各アンテナにおける 9 箇所全てが大地面上に配置される。全天候型の覆いが OATS の上にあるなら、任意のテスト箇所と覆いの一部とは、3 m 以上隔離しなければならない。測定位置を覆い内側に置くことを禁じる。

注 2) 直交座標の格子（座標系）は、大地面の（直線の）端や、溶接の継目（板同士の合わせ面）に対して平行とならない角度に配置されることが推奨される。図 9 は、このレイアウトの例である。

次の条件下では、9 箇所（18 ポイント）未満の測定位置でもよい。

1) 適合性が過去に示された場合

過去 24 か月以内に、各アンテナペアの周波数範囲において少なくとも一对のアンテナで標準偏差 $s \leq 0.3$ dB の基準（式 (10)参照）で適合している場合には、次の最小数のアンテナペアテスト箇所が許容される。

- 水平偏波でのバイコニカルアンテナの 1 箇所（中心）
 - 垂直偏波でのバイコニカルアンテナの 3 箇所（中心と他 2 箇所）
 - 両偏波での LPDA アンテナの 1 箇所（中心）
- 2) 少ない箇所で適合性が示される場合、適合性基準が 9 箇所より少ないならば、その数の箇所を使用することが許容できる。

注 3) 最も正確な A_{APR} を決定するためには、全九つのアンテナペア位置を全て使用すると平均の結果が改善する。

- b) 1 から N までの選択されたテスト位置を番号付けする($N \leq 9$)。
- c) アンテナペアを番号 1 の位置に置く。
- d) 表 4 の全ての周波数で、必要な全ての高さで偏波の $A_{APR,i}$ を測定する。
- e) 他の全位置($i = 1 \cdots N$)で手順 d)を繰り返す。
- f) 式 (9)を用いて測定された $A_{APR,i}$ の平均を計算し、dB で表す。

$$A_{APR} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N A_{APR,i} \quad (9)$$

- g) 式 (10)を用いて dB にて平均値（すなわち A_{APR} ）の標準偏差を計算する。

$$s(A_{APR}) = \sqrt{\frac{1}{N(N-1)} \sum_{i=1}^N (A_{APR,i} - A_{APR})^2} \quad (10)$$

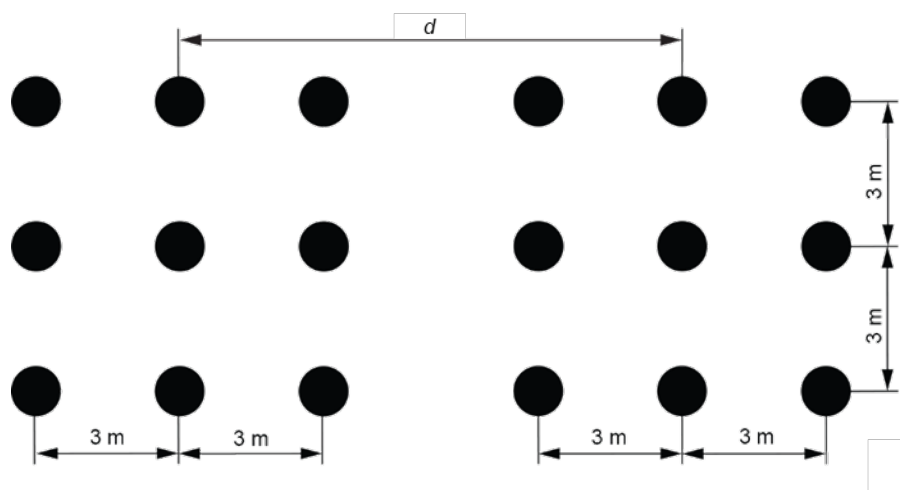
もし全ての測定された周波数で $s \leq 0.6$ dB ならば、校正された A_{APR} の値は、次の COMTS の妥当

性確認に使用してもよいものとみなす。

$N \geq 2$ ならば、不確かさの計算のために必要な $s(A_{APR})$ の精度を計算するために式 (10) が用いられる。 $N = 1$ ならば、 $s = 0.6 \text{ dB}$ と仮定できる。

全選択位置のデータに共通オフセット（系統的な影響）が導入されない特別な配慮をしなければならない。そのような影響は、アンテナポジショナの影響によることがある。幾つかのアンテナポジショナでは、モーターボックスの金属カバーとアンテナの大きな結合が生じることがある。アンテナとモーターカバー d_{Ant} (図 10 参照) 間の距離を変え、これらの新しい構成で A_{APR} 測定を繰り返すことによってこの影響の大きさを調査しなければならない。この影響を不確かさの計算に含めなければならない。

共通オフセットのもう一つの原因は、アンテナケーブルからの反射の可能性がある。この影響を極小化するために、ケーブルを大地面に垂らす場合には、このケーブルはアンテナの後ろに少なくとも 2 m 水平に延長しなければならない。表面電流を減らすために、フェライトコアを取り付けたケーブルを使用しなければならない。この影響要因を同様に不確かさの計算に含めなければならない。



d は、二つのアンテナの基準点間の距離

図 8 - 全テスト距離のペアテスト箇所の場合

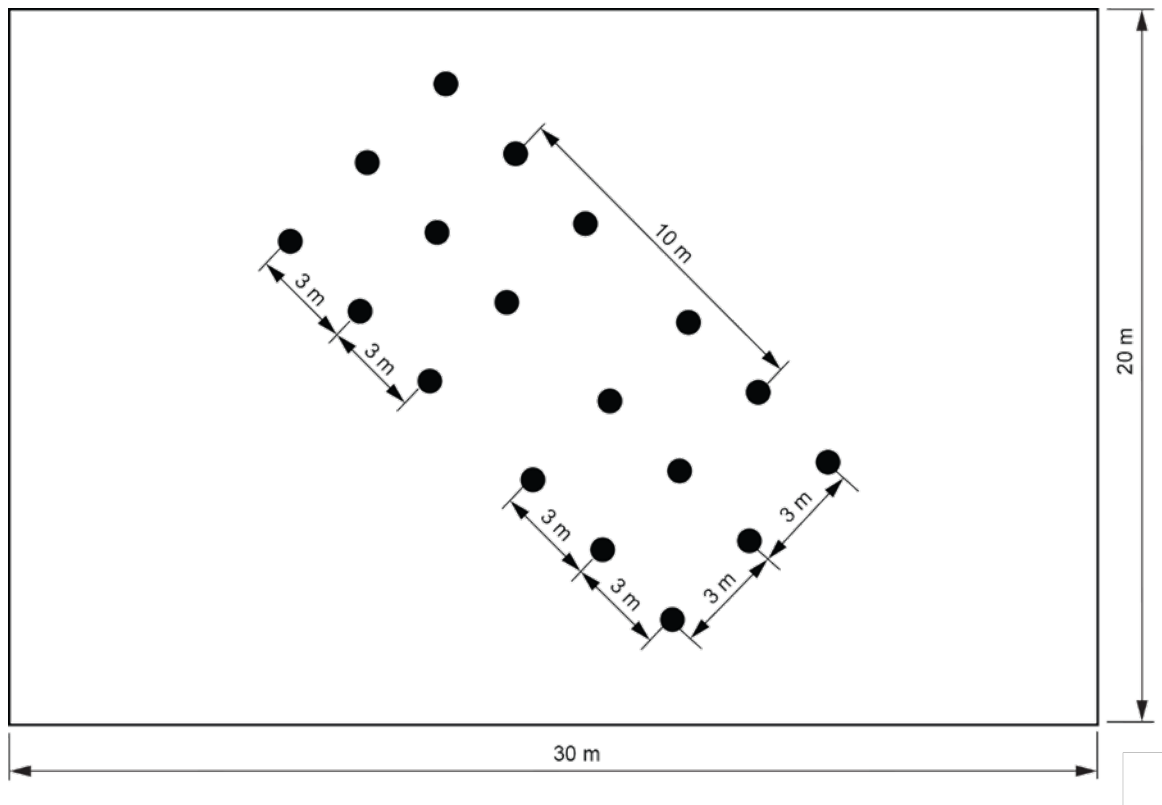


図 9 - 10 m のテスト距離のペアテスト箇所の選択の例

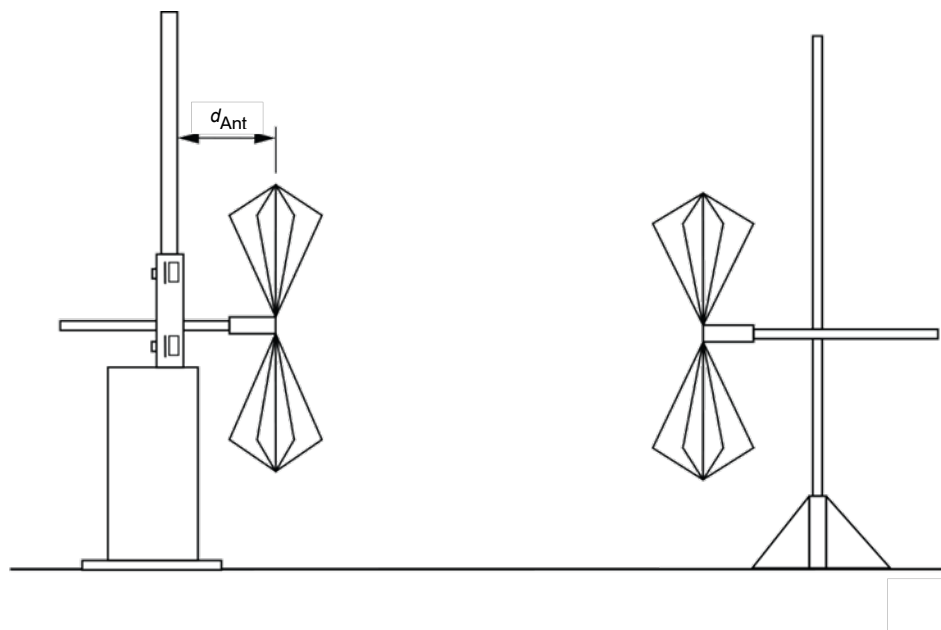


図 10 - A_{APR} に関するアンテナポジションの影響の調査の図

6.7 NSA 法による OATS の妥当性確認

6.7.1 離散周波数法

6.7.1.1 測定における機器配置構成

具体的な測定セットアップの詳細については、6.8 節の図 11 及び図 12 を参照。信号発生器は、適切な長さのケーブルで送信アンテナに接続される。送信アンテナは、目的の場所に設置する。送信アンテ

ナの高さを h_1 (値は、表 2 参照) に設定し、目的の偏波を選択する。広帯域アンテナならば、アンテナの高さは、 $h_1 = h_{2,\min} = 1 \text{ m}$ にしなければならない。

受信アンテナは、高さ $h_{2,\min}$ から $h_{2,\max}$ が走査でき、送信アンテナから距離 d に置かれたアンテナポジショナに取り付けられ、適切な長さのケーブルを介して、測定用受信機又はスペクトラムアナライザに接続する。送信アンテナと同じ偏波が選択される。

注) 図 11 及び図 12 に示す試験設定とは対照的に、OATS の妥当性確認には一つの SA 測定だけが要求される。

6.7.1.2 測定手順

次の手順は、表 2 で示されるそれぞれの周波数に使用する。 h_1 に設定した送信アンテナ高さで、まずアンテナを水平に、次に垂直に設定し、測定を行う。

- a) 周囲雑音、及び測定用受信機又はスペクトラムアナライザの表示雑音より大きな受信電圧を表示するように信号発生器の出力レベルを調整する。
- b) 必要に応じて、表 2 で指定される走査範囲 h_2 まで、アンテナポジショナ上の受信アンテナを上げる。最大の信号受信レベルを記録する。この値は、式 (6) の V_{SITE} である (6.5 節 参照)。
- c) 送信と受信のケーブルを各々のアンテナから外す。次に、これらのケーブルを直結アダプタにつなげる。
- d) 繋いだ送受信ケーブルの信号レベルを記録する。この値は、式 (6) の V_{DIRECT} である。
- e) それぞれの周波数で、偏波ごとに、式 (6) に手順 b) 及び d) の値を入力する。
- f) 式 (6) に測定周波数の送信と受信のアンテナ係数を挿入する。
- g) 測定周波数と偏波を用いて NSA の A_s を $A_s = V_{\text{DIRECT}} - V_{\text{SITE}} - F_{\text{aT}} - F_{\text{aR}}$ で解く。
- h) ΔA_s を得るために必要に応じて表 2 に含まれる適切な NSA から手順 g) で求められた値を引く。
- i) 手順 h) により得られた結果 ΔA_s が $\pm 4 \text{ dB}$ より小さいなら、試験場はその周波数と偏波で許容できるとみなされる。
- j) 次の周波数と偏波の組合せで、手順 a) から j) を繰り返す。

注) NSA 測定では、信号源の出力又は測定用受信機若しくはスペクトラムアナライザの入力におけるインピーダンス不整合は、反射が発生し誤差を生じる可能性がある。10 dB の減衰器 (送信アンテナに一つ、受信アンテナに一つ) を使用することにより回避することができる。システムの感度が許せば、これらの減衰器は、NSA 測定手順の間、ケーブルにつけたままにすべきである。

6.7.2 掃引周波数法

6.7.2.1 測定用機器の配置構成

セットアップは、広帯域アンテナが使用されること以外、6.7.1 項と同様である。垂直偏波アンテナの高さ制限は、広帯域アンテナのような物理的に小さいサイズ (同調ダイポール等と比較して) には不要である。アンテナ高さは、 $h_1 = h_{2,\min} = 1 \text{ m}$ としなければならない。

6.7.2.2 測定手順

最大値保持 (マックスホールド)、記憶機能及びトラッキング発生器を持つ自動測定装置を使用する場合は、次の手順を用いる。この方法では、受信アンテナの高さ h_2 と周波数の両方を、必要な高さと周波

数の範囲で走査又は掃引する。使用する広帯域アンテナによって周波数の範囲を決定する。周波数掃引速度は、アンテナ高さの走査速度よりもはるかに大きくなければならない。送信アンテナの高さを h_1 に設定する。

- a) 周囲雑音と掃引形受信機かスペクトラムアナライザの表示雑音より十分上回る受電圧表示するようにトラッキング発生器の出力レベルを調整する。
- b) 表 2 で指定される走査範囲の最大の高さに、アンテナポジション上の受信アンテナを上げる。
- c) 目的の周波数の範囲を掃引するために、スペクトラムアナライザをセットする。60 dB より高い信号が同じ振幅範囲に表示されるように、スペクトラムアナライザが調整されていることを確認する。これは、手順 d) で記録されるレベルに対応する。
- d) 受信アンテナを、適切な試験場配置のための表 2 で指定される走査範囲の一番低い高さ（下限）までゆっくり下げる。dB(μ V)で最大受信電圧の表示 V_{SITE} を保存するか記録する（アンテナを下げる時間は、周波数の掃引時間よりも長くなければならない）。
- e) 送信アンテナと受信アンテナから外したケーブルをアダプタで接続する。dB(μ V)で結果の電圧表示 V_{DIRECT} を保存又は記録する。
- f) 各周波数で、手順 e) で測定された電圧から手順 d) で測定された電圧を引く。送信と受信アンテナのアンテナ係数、それぞれ dB(m^{-1})の F_{aT} 、dB(m^{-1})の F_{aR} も引く。（周波数の連続関数としてのアンテナ係数は、離散アンテナ係数値の組に合う単純な直線補間によって得ることができる。）プロットされるべき結果は、使用される周波数の範囲で測定された A_s である。表 2 で示される理想的な試験場のための理論 NSA もプロットする。
- g) 結果としての差異 ΔA_s は、 ± 4 dB 基準内に入らなければならない。

注) NSA 測定では、信号源の出力又は測定用受信機若しくはスペクトラムアナライザの入力におけるインピーダンス不整合は、反射が発生し誤差を生じる可能性がある。10 dB の減衰器（送信アンテナに一つ、受信アンテナに一つ）を使用することにより回避することができる。システムの感度が許せば、これらの減衰器は、NSA 測定手順の間、ケーブルにつけたままにすべきである。

6.8 全天候型 OATS 及び SAC の妥当性確認

全天候型 OATS 及び SAC において、その設備の天井や壁を構成する構造物及び、又は電波吸収体からの反射の影響を見つけるには 1 箇所（例えば回転台中心）のサイトアッテネーション測定では不十分である。このような試験場では、例えば試験場で測定を想定する最も大きな寸法の EUT 又はシステムを回転台の中心に配置して 360° 回転させた軌跡によって作られる円柱（テストボリューム）の外周円に設定する。水平及び垂直偏波のアンテナ配置は、図 11 及び図 12 に示す。サイトアッテネーションの測定は、最大 20 回の測定が必要となる。すなわち、水平面で 5 箇所（中心を基準として測定アンテナの中心位置から延長線上に中心、左、右、前方、後方）、2 偏波（水平、及び垂直）及び二つの高さ（水平偏波の場合 1 m と 2 m 、垂直偏波の場合 1 m と 1.5 m）での測定が必要である。

これらの測定は広帯域アンテナを用いて行う。その距離は、送受信アンテナそれぞれのアンテナの物理的形状の中心とする。送信及び受信アンテナはアンテナエレメントを互いに平行に、かつ、測定軸と直交させて並べなければならない。

水平偏波と垂直偏波の双方において、中心位置を除く全てのアンテナ位置はテストボリュームの境界上に存在する。指針として、テストボリュームでは、アンテナの先端に最も近い電波吸収体の先端の間

で 25 cm 以上、又はアンテナの中間点と最も近い電波吸収体の先端の間で 1 m 以上の空間を確保することを推奨する。垂直偏波の場合、アンテナの下端は床から 25 cm 以上離れていなければならないため、アンテナの中心が最低測定高の 1 m より僅かに高くする必要が生じることがある。

必要な測定数は次の条件で変更することができる。

- a) テストボリュームの後部境界から構造物又は吸収体の最も近い点までの距離が 1 m より大きい場合は、後部位置での垂直及び水平偏波の測定を省略してもよい。

注) 放射源が誘電体の限界近くに置かれると電流分布が変化するため、その場所における放射源の放射特性に影響が出るということが知られている。EUT がその境界近くに置かれる場合、SA 測定の追加が必須である。

- b) 左右の位置をつなぐテストボリュームの直径に沿って行う水平偏波の測定回数は、アンテナの大地面への投影が回転台直径の 90 % を覆うのに十分な数まで減らすことができる。
- c) EUT の最上部の高さが試験台を含んで 1.5 m を超えなければ、送信高 1.5 m の高さにおける垂直偏波の測定は省略してもよい。
- d) 試験台を使用する場合は、それも含めたテストボリュームが、奥行き 1 m × 幅 1.5 m × 高さ 1.5 m 以内であれば、水平偏波測定は、中心、前方、後方の位置だけで行うが、1 m と 2 m の両方の高さでの測定となる。a) を適用する場合、後方位置は省略できる。この場合、最少の 8 箇所での測定でよい。すなわち図 13、図 14 に示すように、垂直偏波では一つの高さで位置（左、中心、右、前方）の 4 配置で、水平偏波の測定では、二つの高さで位置（中心と前方）の 4 配置で測定する。受信アンテナは、回転台中心へのラインに沿って適切な離隔距離を維持するために再配置しなければならない（図 11、12、13 及び図 14 参照）。試験場は上記 6.4.2 項の全ての規格の測定が条件を満たす場合、放射妨害波測定を行うのに適していると考えられる。

テストボリュームの高さ h が 2 m を超える場合は、二つの送信アンテナの高さ h_1 を使用しなければならない。すなわち、水平偏波の場合は $h_1 = 1\text{ m}$ 及び $h_1 = h\text{ m}$ 、垂直偏波の場合は $h_1 = 1\text{ m}$ 及び $h_1 = (h - 0.5)\text{ m}$ である。例えば、テストボリュームの高さ $h = 3\text{ m}$ の場合、送信アンテナの高さ h_1 は、水平偏波の場合は 1 m と 3 m、垂直偏波の場合は 1 m と 2.5 m としなければならない。テストボリュームの高さ $h = 4\text{ m}$ の場合、 h_1 は水平偏波の場合は 1 m 及び 4 m、垂直偏波の場合は 1 m 及び 3.5 m としなければならない。

測定距離 10 m の場合の追加の送信アンテナ高さ 3 m 及び 4 m（水平偏波）、2.5 m 及び 3.5 m（垂直偏波）、並びに追加の送信アンテナ高さ 2.5 m（水平偏波）及び 2 m（測定距離 5 m の場合の垂直偏波）を表 2 に示す。

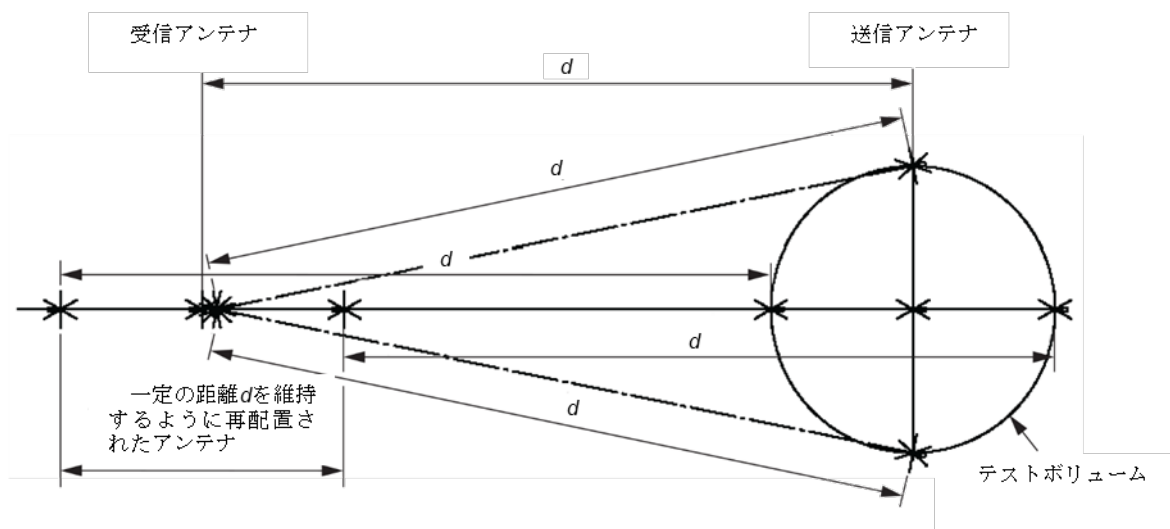


図 11 - 全天候型 OATS 及び SAC における典型的なアンテナ配置
垂直偏波妥当性確認測定

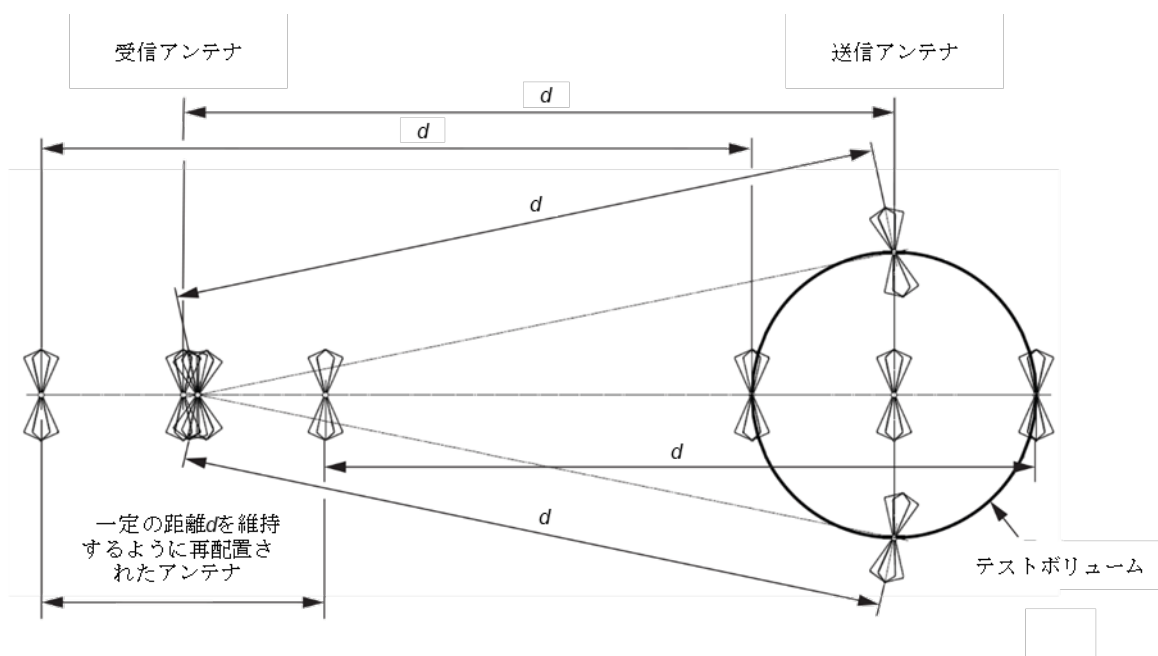
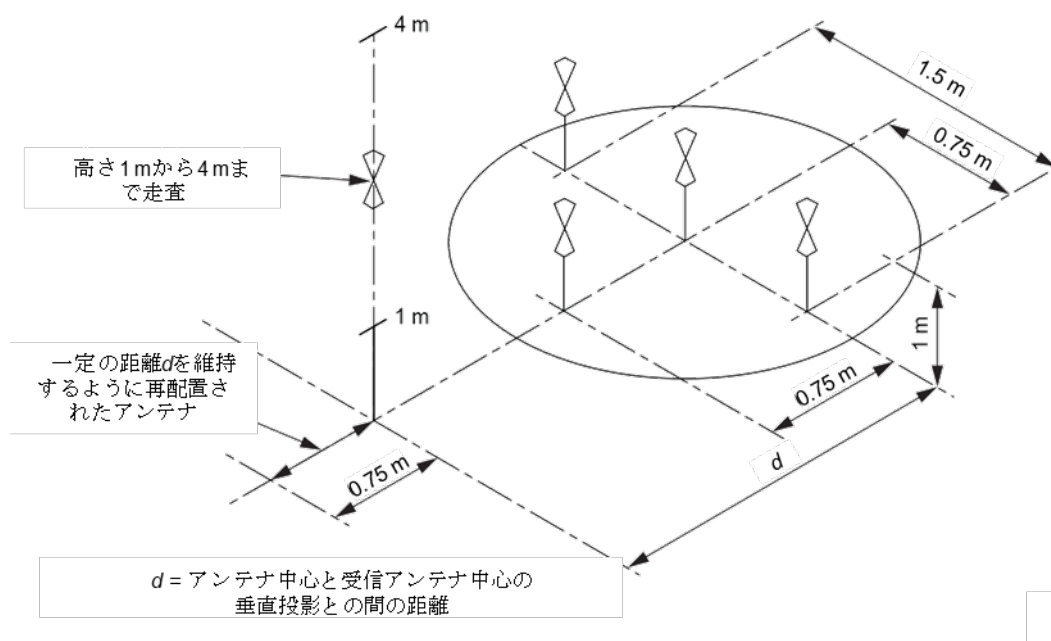
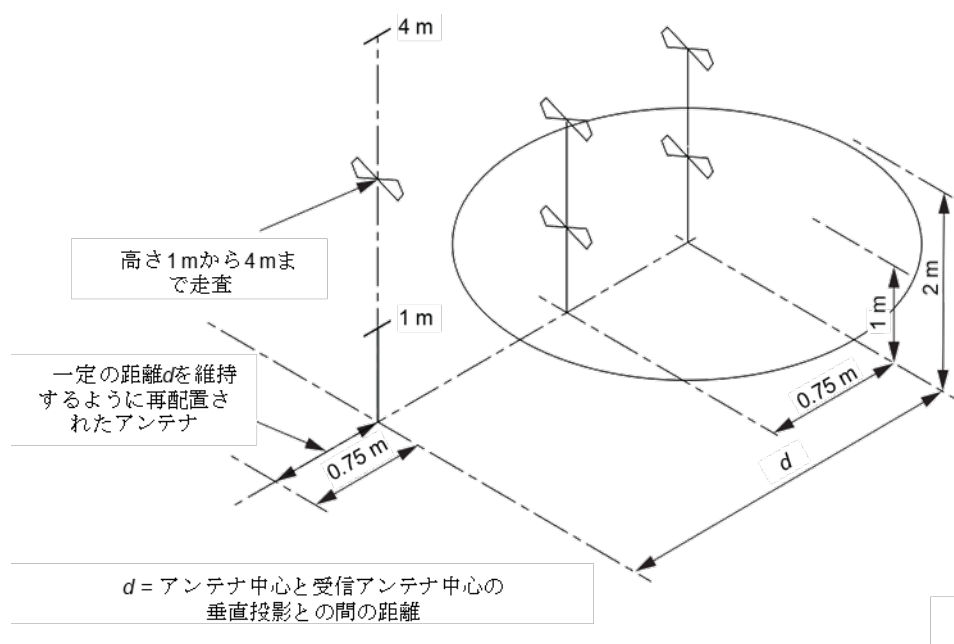


図 12 - 全天候型 OATS 及び SAC における典型的なアンテナ配置
水平偏波妥当性確認測定



注) テストボリュームの容積は、不要な反射を引き起こす最も近い物体との距離が1 m より大きい外周を持ち、奥行1 m 、幅 1.5 m 、高さ 1.5 m の容積を超えない

図 13 - 1 全天候型 OATS 及び SAC における典型的なアンテナ配置
小さい EUT の場合の垂直偏波妥当性確認測定



注) テストボリュームの容積は、不要な反射を引き起こす最も近い物体との距離が1 m より大きい外周を持ち、奥行1 m 、幅 1.5 m 、高さ 1.5 m の容積を超えない。

図 14 - 全天候型 OATS 及び SAC における典型的なアンテナ配置
小さい EUT の場合の水平偏波妥当性確認測定

6.9 試験場の許容限界を超える可能性のある原因

式 (6) 又は RSM の場合は式 (7) を用いた偏差 ΔA_s が ± 4 dB 基準を超えた場合は、次の項目を再確認しなければならない。

- 測定の手順
- アンテナ係数の精確さ
- 信号源のドリフト、受信機の確度、スペクトラムアナライザの入力減衰器
- 測定装置からの読み値

前述のリストに誤りがなく、それでもなお試験場の妥当性確認ができない場合には、試験場特性を変化させる可能性のある原因について、更に詳しく調査しなければならない。NSA 測定において発生する誤差については、付則 F で述べる。

一般に垂直偏波はより厳しい測定条件であるため、通常、測定上の異常は水平偏波の NSA 測定結果ではなく、感度の高い測定基準である垂直偏波の NSA 測定結果を使用して調査されることとなる。調査すべき主な事項は、次のとおりである。

- 大地面の大きさ及び構造の不備
- 望ましくない反射を生じる可能性のある試験場周辺の反射物
- 全天候用の覆いからの反射
- 大地面上に埋め込まれた金属回転台の外周の大地面において生じる、回転台面との導通状態の不連続、及び試験場の大地面と回転台面の高さ（段差）の不連続
- 大地面を覆っている誘電体の厚み
- 大地面の開口部、例えば地下制御室への階段など

6.10 FAR の妥当性確認

6.10.1 概要

FAR の場合、回転台上の EUT の回転によって作り出される円筒形のテストボリュームにわたっての 6.10.4 項の SA 偏差の要求事項を満たさなければならない。ここで、EUT はそれを構成する全ての要素及び相互接続ケーブルを含む。表 5 にテストボリュームの最大高さ及び最大直径($h_{\max} = d_{\max}$)を試験距離ごとに示す。この直径と試験距離との比率を満足すれば、EUT の妨害波測定における不確かさを許容範囲に収めることができる。

表 5 – 試験距離に対するテストボリュームの最大寸法

テストボリュームの最大直径 $d_{\max}$ 及び最大高さ $h_{\max}$ (m)	試験距離 d_{nominal} (m)
1.5	3.0
2.5	5.0
5.0	10.0

1 箇所における SA 測定だけでは、FAR の構造体及び／又は壁、床、天井並びに回転台に敷かれた吸収体からの潜在的な反射を検出するのに十分ではないことがある。

したがって、FAR の妥当性確認測定は送信アンテナをテストボリューム内の 15 箇所に設置し、水平及び垂直偏波の両方に対して実施しなければならない（図 15 参照）。

- テストボリュームの三つの高さ：底部、中央部及び頂部
- 上記高さの水平面における 5 箇所：中心、左、右、前方及び後方位置。後方位置と吸収体との距離

d が 0.5 m を超える場合、後方位置における測定は省略してもよい。EUT の試験では、回転台の回転によって後方位置が前方位置にくるため、後方からの反射波の寄与は最大受信レベルに影響しない。

SA 測定においては、2 個の広帯域アンテナを使用すること。送信アンテナの基準点をテストボリウム内の規定された位置に設置し、受信アンテナをテストボリウムの外側の指定された方向及び位置に設置する。送信アンテナは、ほぼ無指向性の H 面パターンを備えていること。一般的に、小型のバイコンカルアンテナが上記条件を満たすアンテナである。

試験距離 3 m の場合、送信アンテナの最大寸法は 40 cm を超えてはならない。より遠い距離においては、かご型の端から端までのバイコンカルアンテナの長さが最大 44 cm、又は折りたたみ式、又はスパンメタルコーンであれば最大 50 cm になる場合がある。

30 MHz から 1000 MHz までの周波数範囲では、一般的な受信アンテナとして、ハイブリッドアンテナか、又は周波数ごとのアンテナ(30 MHz から 200 MHz においてバイコンカルアンテナ、及び 200 MHz から 1000 MHz までの周波数範囲において LPDA アンテナ) を用いる。

注 1) 一般的なハイブリッドアンテナはアンテナ寸法が相対的に大きいため、ハイブリッドアンテナを距離 3 m における EUT の放射妨害波測定及び FAR の妥当性確認に使用することは望ましくない。

準自由空間試験場における参照 SA の測定 (6.10.2 項参照) でも、FAR における SA 測定に使用したものと同一アンテナを使用しなければならない。FAR の妥当性確認に使用する受信アンテナは、それに続く EUT の放射妨害波測定に使用するアンテナと同じ形式のものでなければならない。

テストボリウム内の全ての送信アンテナ位置に対する水平及び垂直偏波に関する妥当性確認において、FAR 内の受信アンテナ高は、図 15 及び図 16 に示すようにテストボリウムの中央レベルに設定しなければならない。両方のアンテナの試験点間を結ぶ線に沿って対向させるために、アンテナを傾斜させることが必要である。アンテナ基準点 (アンテナ校正で定義されている) とテストボリウムの前方位置との間の距離が d_{nominal} である。送信アンテナをテストボリウム内の他の位置に移動する場合、受信アンテナも d_{nominal} を一定に維持するため受信アンテナポジションに沿って移動させなければならない。すべての位置と偏波について、受信アンテナと送信アンテナは、両方のアンテナのエレメントが平行になるように互いに向き合う必要がある (アンテナの傾斜は図 16 参照)。試験場の妥当性確認の測定中は、アンテナポジションと床が所定の位置にななければならない。

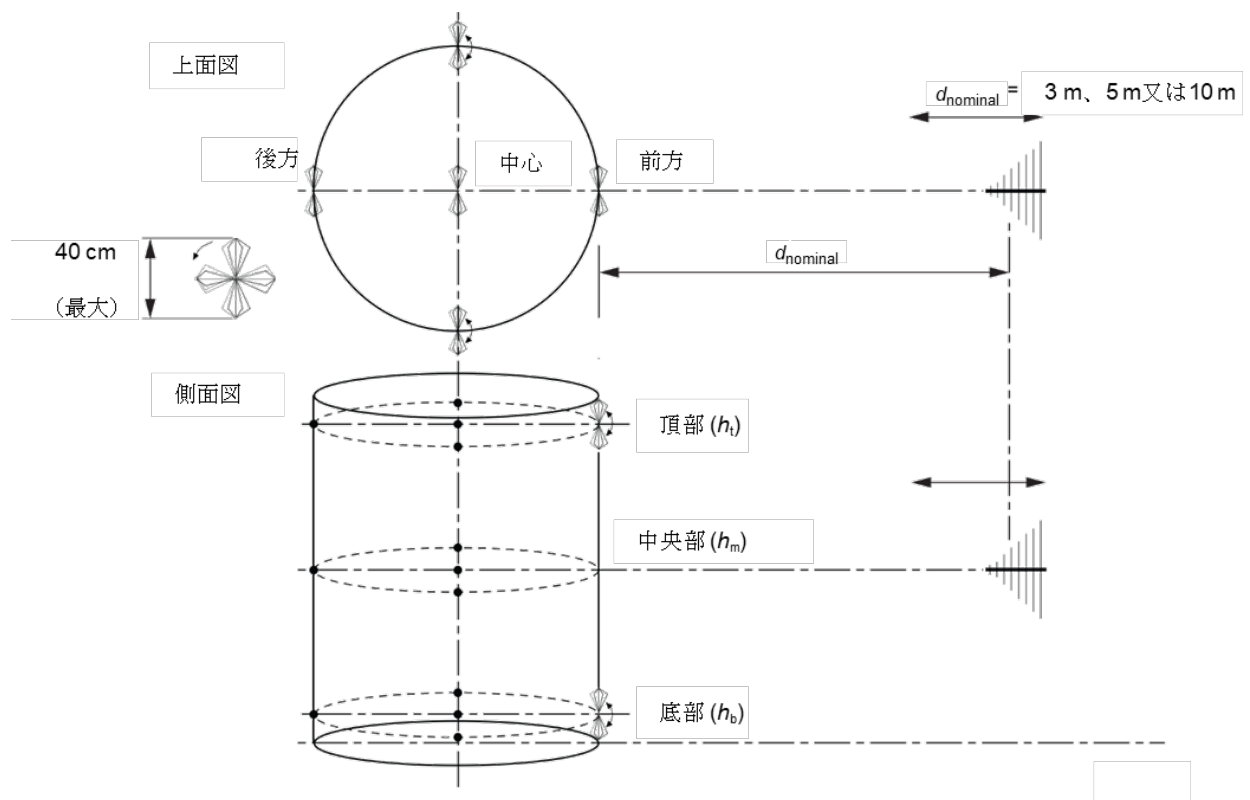


図 15 - FAR 試験場妥当性確認測定配置

水平及び垂直偏波において、テストボリューム内の全ての位置の送信アンテナに対し、送受信アンテナの測定軸に沿って配置すること。

d_{nominal} { 許容値を適用する際の EUT 試験距離
試験場妥当性確認測定における固定のアンテナ間距離
もし RSM を使用するなら、参照 SA 測定時に使用するアンテナ間距離である。

テストボリューム内の送信アンテナ高は、次のように決定すること。

- “中央部 (h_m)” は、可能な限り、FAR の高さの中央及び幅の中央における仮想軸に合わせる。
- “頂部 (h_t)” 及び “底部 (h_b)” は、 h_{max} (表 5 参照) の半分から送信アンテナ寸法の半分を減じて得る (例えば、小型のバイコニカルアンテナでは 20 cm 以下)。

これらの位置を水平及び垂直偏波の両方に使用すること。頂面と天井吸収体及び底面と床面吸収体との間の距離は、テストボリュームに関する NSA 試験によって決定される吸収体の特性によってそれぞれ与えられるが、EUT の吸収体との結合を防ぐため、その距離は少なくとも 0.5 m とする。

離散周波数測定における最大周波数間隔は、表 6 に従うこと。

次の二つの方法で、FAR の試験場妥当性確認を行うこと。

- RSM (6.10.2 項) : 試験距離が 5 m 未満の場合にはこの方法を適用する。

又は、

b) NSA 法 (6.10.3 項) : 試験距離が 5 m 以上の場合に適用することが望ましい。

注 2) 距離が 5 m 未満の場合、アンテナの相互結合を無視できない。さらに、5 m 以上の距離では $RSM A_{APR}$ を決定することは現実的ではない。

試験場妥当性確認測定法では、理想的な試験場で得られる SA との偏差が 0 dB となる。試験場妥当性確認の判定基準は 6.10.4 項に規定される。測定不確かさを減らすために、いかなる方法も使ってよい。ただし、これらの方法は規定された試験配置及び試験手順に反してはならない。また、例えば、共振を平滑化することによって不適切に試験場の欠陥を隠してはならない。

次のような手段で、試験場妥当性確認測定の不確かさを減らすことが可能である。

- a) 垂直偏波アンテナにおいては、遮へいのよいケーブルをケーブルが大地面に到達する前に少なくとも各アンテナの後方 2 m まで延長しなければならない。可能ならば、ケーブルは FAR の壁に取り付けられたコネクタに対し真直ぐ後方に延長する。さらに可能ならば、ケーブルにフェライトコアを使用する。RF ケーブルの影響を減少させるその他の代替方法としては、光学リンクを使用する方法もある。
- b) アンテナコネクタに接続した減衰器 (例えば、6 dB 又は 10 dB) は、アンテナ端におけるどのような大きなインピーダンス不整合でもその影響を減少させることができる。
- c) 平衡度のよいバランを持つアンテナを使用しなければならない (例えば、アンテナの照準軸に関してアンテナを 180 度回転させた場合、受信機の読みの変化が ± 0.5 dB 未満である)。アンテナ平衡度の確認方法は、4.5.4 項に記載されている。
- d) EUT の試験に使用する場合は、FAR の妥当性確認に、バイコニカルアンテナと LPDA アンテナを別々に使用してもよい (アンテナは、例えば 200 MHz で変更する)。ハイブリッドアンテナ (バイコニカルアンテナと LPDA アンテナの組合せ) は、これら二つの形式の組合せであり、機械的寸法が測定距離に対して相対的に十分に小さい場合、同様に使用してもよい。

FAR の妥当性確認手順は、暗室特性の経年変化を検出するために定期的に、及び FAR で電磁波送信特性に影響するような変化が起きた場合に実施しなければならない。

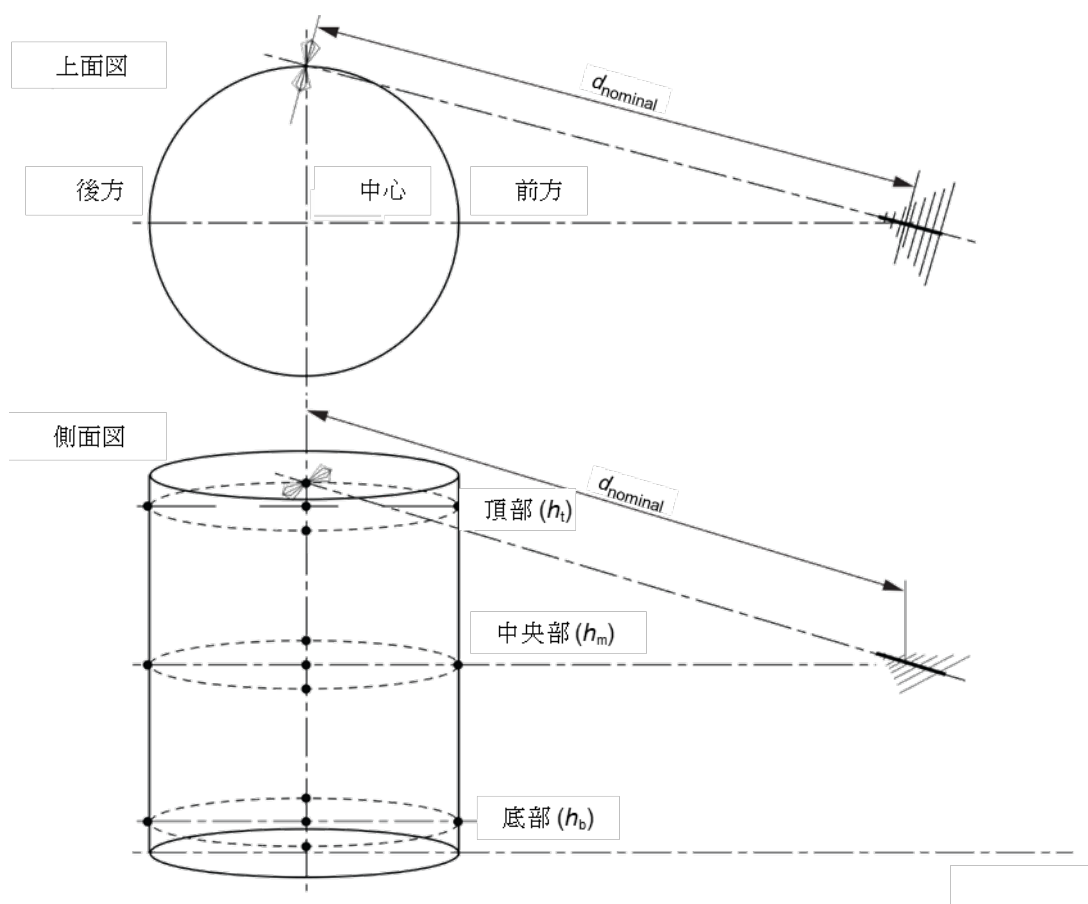


図 16 - FAR 試験場妥当性確認のための一つの測定位置及びアンテナ傾斜の例

表 6 - FAR 試験場妥当性確認における周波数範囲及び周波数間隔

周波数範囲 MHz	最大周波数ステップ幅 MHz
30 ~ 100	1
100 ~ 500	5
500 ~ 1000	10

6.10.2 電波全無響室の RSM

RSM は、バイコンカルアンテナを受信アンテナとして使用する時、試験距離 3 m での結果に重大な影響を及ぼすアンテナ近傍の影響と電界漸減の影響を包含する。これらの影響は NSA 法においても存在するが、大部分は補正することが可能である。参照 SAA_{APR} は送信アンテナと受信アンテナ間が基準距離である $d_{nominal}$ で測定される。

テストボリュームのそれぞれの位置の FAR の試験場妥当性確認手順は、次のように三つのステップで実施される。

- V_{DIRECT} は、送信アンテナ用及び受信アンテナ用接続ケーブルを互いに直接接続したときの受信機によって測定される基準レベル $dB(\mu V)$ であり、通常、一連のテストボリューム測定の前一度実施する。
- V_{SITE} は、所定の位置にアンテナを取り付けたときに、受信機によって測定されたレベル $dB(\mu V)$ で

ある。

- c) アンテナペア参照サイトアッテネーション (A_{APR}) に対する SA の偏差 (ΔA_S) は、式 (11) によって dB で計算される。

$$\Delta A_S = V_{DIRECT} - V_{SITE} - A_{APR} \quad (11)$$

5 m 未満の距離における正確に妥当性確認するには、参照 SA を決定するため一對の（送信及び受信アンテナ）専用アンテナの使用を推奨する。参照サイトとして 3.1.8 項で定義される準自由空間試験場が必要となる。準自由空間試験場には、二つの非金属製アンテナポジショナ（木又はプラスチック製で、 $\epsilon_r \leq 2.5$ 、低損失、機械的強度を保持した最小直径を持つもの）があり、これによって大地面上の十分な高さにアンテナを設置することが可能である（図 17）。参照サイトの SA を ± 1 dB で決定する方法の一つはアンテナの高さ(h)を式 (12) のように選定することである。

$$h \geq d \times \frac{8}{3} \quad (12)$$

ここで、 d は、アンテナ間距離で単位は(m)である。

大地面の影響を抑圧するために、 $h = d \times 8/3$ の高さが推奨される。また、下限 30 MHz まで効果のある電波吸収体で適切に覆われるエリアを大地面上に設置しなければならない。

注) 距離 3 m で 30 MHz において、イギリス国立物理学研究所(NPL)によって検証されたように、高さ $d \times 5/3$ に対しては、一つの近傍界要素($1/d^2$) を考慮するだけでも 0.8 dB の誤差となる重大な影響がある。大地面上に吸収体が設置されないときは、不確かさが ± 0.5 dB 以下となる参照 SA に対して、 $d \times 8/3$ の高さが推奨される。

参照サイトにおける試験距離は、FAR 内で使用されるアンテナ間の実際の距離 $d_{nominal}$ に等しくしなければならない。アンテナは垂直偏波とする。こと水平偏波は、大地面からの反射信号による強い干渉があるため使用してはならない。それによって、よりよい自由空間状態が得られる。垂直偏波アンテナでは、建築物、木、その他などからの影響があるため、それらから $d \times 8/3$ 以上離さなければならない。

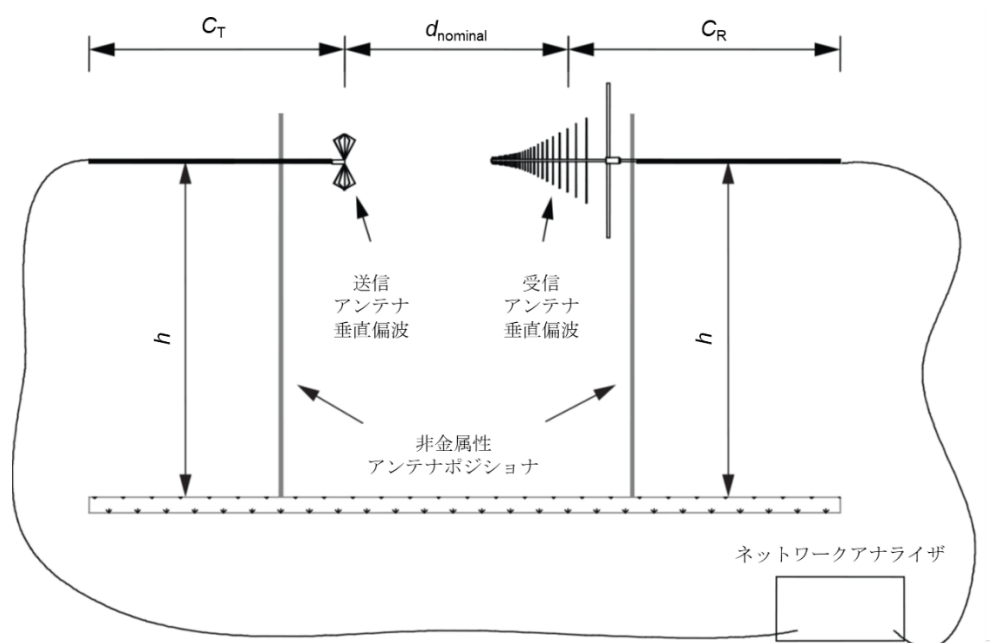
アンテナ接続ケーブルの影響が試験結果に及ばないように注意を払わなければならない。これは、図 17 に示すようなケーブル配置又は光ファイバを使用することが最も望ましい。参照サイトのセットアップの品質が、次の FAR の評価結果に直接的に影響する。アンテナペア参照サイトアッテネーション (A_{APR}) は、次の三つの手順で決定する。

- a) $V_{DIRECT RS}$ は、（送信アンテナ用及び受信アンテナ用接続）ケーブルを互いに（直接）接続したときの受信機によって測定された基準レベル dB(μV)。
- b) $V_{SITE RS}$ は、要求された距離 $d_{nominal}$ にアンテナを設置したときに、受信機によって測定されたレベル dB(μV)。
- c) A_{APR} は dB で式 (13)に従って計算される。

$$A_{APR} = V_{DIRECT RS} - V_{SITE RS} \quad (13)$$

3 m の試験場妥当性確認については、アンテナ組合せに対して少なくとも大地面上 4 m の高さを使用しなければならない。この高さは、EUT の妨害波測定用に使用される遠隔操作式アンテナポジショナによって一般的に実現可能である。この場合、アンテナ間の大地面上に電波吸収体を設置しなければならない。さらに、双方のアンテナ周囲の全ての方向に対しても吸収体を設置して、準自由空間状態が実現されなければならない（例えば、全ての周波数で理想的な ± 1 dB 以内の SA 測定結果）。 $d > 3$ m の

試験場妥当性確認については、（アンテナ）配置を決定するために式 $h > d \times 8/3$ を使用する。または、参照 SA 値を ± 1 dB で測定可能な代替の（アンテナ）配置での使用が可能である。



凡例

d_{nominal} 妥当性確認距離

h 大地面からのアンテナ高

C_T 、 C_R 送信及び受信アンテナの同軸ケーブルは、物理的に可能な限り 2 m に近い距離だけアンテナ後方に水平に配置する。FAR 内では、ケーブルの経路はできるだけ水平に保ち、FAR 壁面の管を通してまっすぐに伸ばす。または、アンテナ出力の RF-光変換に接続した光ファイバを使用するのがよい。

注) 図 17 の全ての配置について参照 SA を別々に取得する。

図 17 - 準自由空間試験場 SA 測定の典型的な配置

6.10.3 全無響室の NSA 法

本項は、FAR に適用する NSA 法について規定する。6.10.1 項にアンテナ配置を示す。サイトアッテネーション (SA; A_s dB で表す) とは、その試験場における二つのアンテナ端子間で測定された伝送損失である。自由空間試験場では、「サイト挿入損 (SIL) (3.1.26 項 参照)」で規定されたアンテナ高走査を行わない。

自由空間環境で、 A_s は式 (14) で近似計算できる (参考文献 [13])。

$$A_s = 20 \log \left(\frac{5Z_0}{2\pi} \times \frac{d}{\sqrt{1 - \frac{1}{(\beta d)^2} + \frac{1}{(\beta d)^4}}} \right) - 20 \log(f_M) + F_{aR} + F_{aT} \quad (14)$$

ここで

F_{aR} 、 F_{aT}	単位を $\text{dB}(\text{m}^{-1})$ で表した受信及び送信アンテナのアンテナ係数
d	単位を m で表した両アンテナの位相中心間の距離
Z_0	基準インピーダンス (すなわち、 50Ω)
β	$2\pi/\lambda$
f_M	単位を MHz で表した周波数

$\text{dB}(\text{m}^2)$ で表した NSA の理論値 ($A_{N \text{ theo}}$) は、使用するアンテナのアンテナ係数を減じた SA として定義される。したがって式 (14) は、式 (15) のようになる。

$$A_{N \text{ theo}} = 20 \log \left(\frac{5Z_0}{2\pi} \times \frac{d}{\sqrt{1 - \frac{1}{(\beta d)^2} + \frac{1}{(\beta d)^4}}} \right) - 20 \log (f_M) \quad (15)$$

5 m の距離における 60 MHz 未満、又は 3 m の距離における 110 MHz 未満では、表 5 のそれぞれの試験配置に対して、図 18 の NSA 理論値と式 (15) を比較して近傍界補正係数を適用しなければならない。近傍界補正係数は、アンテナ、試験距離及び使用するテストボリュームに対して特有のものであるので、参考文献 [3] のような数値計算法によって求めることができ、式 (15) を使って十分に小さい不確かさを得ることが可能である。代替法である 6.10.2 項の参照サイト法では、同じアンテナと周波数を参照 SA における測定及び FAR の妥当性確認測定の両方に使用する場合、近傍界の影響が相殺される。

測定距離 10 m 及び 30 m の測定については、式 (15) の近傍界項は無視することができるので、式 (16) のように簡略化される。

$$A_{N \text{ theo}} = 20 \log \left(\frac{5Z_0 d}{2\pi} \right) - 20 \log (f_M) \quad (16)$$

簡略化された式 (16) を式 (15) に代えて使用する場合、それによる誤差は距離 5 m で 60 MHz を超える周波数及び距離 3 m で 110 MHz を超える周波数において、0.1 dB 未満となる。これらの周波数より低いところでは、近傍界の影響による誤差は 0.1 dB を超える。距離 3 m の場合、30 MHz での最大誤差は 1 dB である。この誤差を $\pm 0.3 \text{ dB}$ より小さくするためには式 (15) を使用することが望ましい。

注 1) 測定距離 3 m における 110 MHz 未満の周波数及び測定距離 5 m における 60 MHz 未満の周波数において、NSA 法は近傍界の影響を含む。したがって、これらは個別の試験場ごとに計算する。

送信及び受信アンテナの自由空間アンテナ係数が、NSA を算出する手順のために必要である。なお、各測定位置に対する試験場妥当性確認は、次の三つの手順で実施しなければならない。

- V_{DIRECT} は、送信アンテナ用及び受信アンテナ用接続ケーブルを互いに直接接続したときの受信機によって測定された基準レベル
- V_{SITE} は、ケーブルをアンテナに接続したときに受信機によって測定されたレベル
- サイトアッテネーション偏差 ΔA_s は、次式 (17) に従って dB で計算される。

$$\Delta A_s = V_{\text{DIRECT}} - V_{\text{SITE}} - A_{N \text{ theo}} - F_{aT} - F_{aR} \quad (17)$$

ここで $A_{N \text{ theo}}$ は式 (16) で計算される理論値で、この結果が 6.10.4 項で規定された判定基準と比較される。

注 2) 送信及び受信アンテナの基準点間距離 d (アンテナ校正時に定義される) が公称値として d_{nominal} を使用する。アンテナ間の実効距離は、位相中心位置により周波数によって変化する。伝送損失は d_{nominal} に対する実効距離と公称値の比によって補正することが可能である。アンテナ校正は公称試験距離を定義していないため、LPDA アンテナを使用する場合の位相中心位置の変動による実効測定距離の変動を補正することが可能である。この補正とアンテナの相互結合による追加の不確かさは、RSM を使用することで回避可能である。

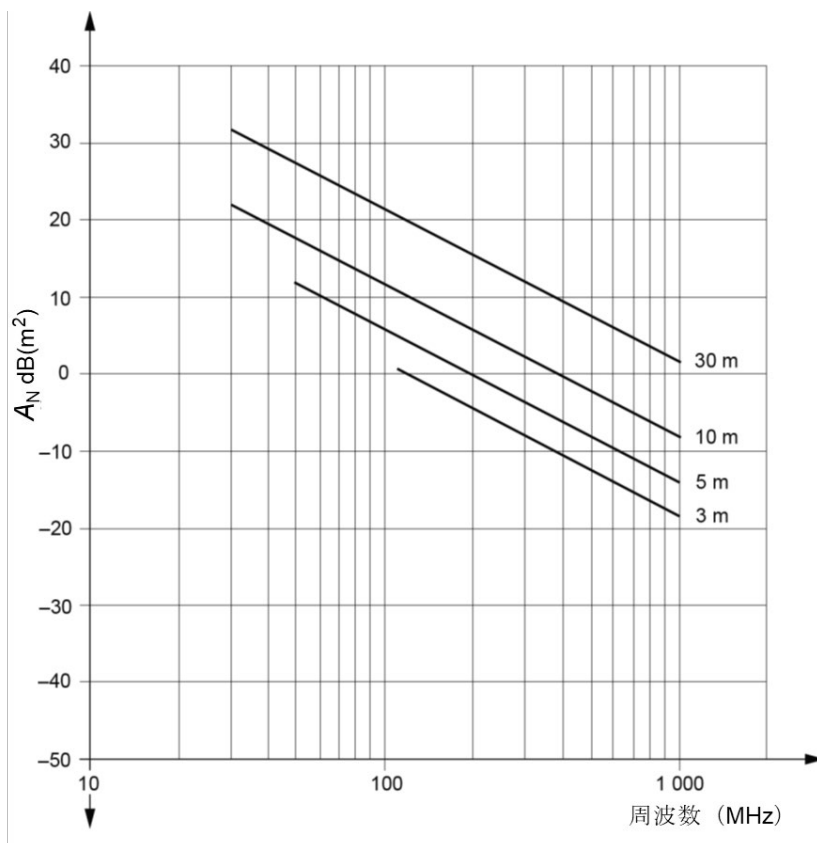


図 18 - 異なる測定距離に対する周波数の関数としての自由空間 NSA の理論値 (式 (16) 参照)

6.10.4 FAR の試験場妥当性判定基準

SA 偏差 ΔA_S は、水平と垂直の両偏波、各測定位置及び測定周波数範囲で ± 4 dB 未満でなければならない。

6.11 試験台とアンテナポジションの評価

6.11.1 概要

一般的な電界強度測定では、D.5 節で指定する試験台に EUT を配置する。この試験台の形状、構造及び材料の誘電率は、電界強度測定結果に影響を与える可能性がある (参考文献 [2]、[5]、[6]、[8])。6.11.2 項では、30 MHz から 18 GHz の周波数範囲における試験台の影響を調べ、そして、電界強度測定値に関連する不確かさの寄与を推定するための手順を解説する。高さが 0.15 m を超える試験台は、いずれも評価をしなければならない。

注) 試験台の上に水平偏波の送信アンテナを配置した場合だけを評価する。水平偏波は、垂直偏波とは対照的に、試験台による影響の最悪ケースを示す。

アンテナポジションについては、あらゆる影響が試験場の妥当性確認測定 (6.4 節 参照) 及び S_{VSWR}

測定（7.3 節 参照）に含まれていると考えられるので、追加の評価を必要としない。

6.11.2 試験台の影響に関する評価手順

試験台の影響を評価するために、送信アンテナを指定の場所に置いて、試験台の有無による二つの伝送特性の測定を行う。試験台の有無による測定結果の差違によって、試験台に起因する影響が推定できる。測定手順は、次のとおりである。

試験台は、試験場の通常位置に配置し、かつ、その最大寸法を受信アンテナに対向させて配置する（図 19 参照）（すなわち、四角形の試験台の対角線、又は円形試験台の半径）。

上限周波数 1000 MHz までの周波数範囲では、全長が 0.40 m 未満の小さいバイコンカルアンテナを使用しなければならない。1 GHz 超の周波数範囲では、7.4.2 項に適合したアンテナ（例えば、広帯域ダイポールアンテナ）を使用しなければならない。

送信アンテナの配置は図 19 及び図 20 を参照すること。アンテナは水平偏波の状態試験台上に設置し、試験台上面とアンテナ基準点間の距離は 0.1 m としなければならない。アンテナは受信アンテナの方向に向け、試験台の中心と角を結ぶ直線の中点に設置しなければならない。標準信号発生器の信号を送信アンテナに供給しなければならない。送信アンテナと受信アンテナはアンテナエレメント同士を平行にし、かつ、測定軸に対して直交させる。測定において、試験周波数ステップは、利用される最高周波数の 0.5 % と同じか、又は、それ以下にしなければならない。受信アンテナで観測される電圧は、測定装置のノイズレベルよりも、少なくとも 20 dB 以上でなければならない。長いケーブル又はフェライトコアを使うことでケーブルの影響を最小にすることが可能である。ケーブルを最小でも 2 m 後方まで水平に配置すれば十分である。どちらにしても、受信電圧がケーブル配置を最初の位置から 0.5 m 以上変化させても 0.3 dB を超える変化が無ければ、その影響は無視できる。

例) 水平に 1.6 m 配線されたフェライトコア付きのケーブルの影響を確認するためには、アンテナ接続点から 2.1 m の点で垂直に落として再配線されたケーブル配線で、電界強度に与える影響が 0.3 dB を超えないかどうかを再測定する。

この目的は、試験台の有無による測定機器配置構成で変化が生じないことを示すことである。送信アンテナ及び信号発生器からの接続ケーブルは、試験台の有無にかかわらず同一の空間位置を維持するような方法で支持しなければならない。NSA 法 / RSM 測定（6.4 節 参照）又は S_{VSWR} 測定（7.3 節 参照）に使用されるアンテナポジション、三脚又は支柱を、送信アンテナとケーブルを支持するために使用しなければならない。

アンテナ高とアンテナ間の距離は次のように設定しなければならない。

- 全ての周波数において、受信及び送信アンテナ間の距離は放射妨害波測定の規定に従わなければならない。
- 1000 MHz 以下では、少なくとも 200 MHz から 1000 MHz まで測定を行わなければならない。OATS 又は SAC では、受信アンテナ高は放射妨害波測定の規定に従って（通常は 1 m と 4 m の間で）高さ走査を行わなければならない。FAR では、受信アンテナは放射妨害波測定の規定の高さに固定しなければならない。

注) 200 MHz 未満の周波数範囲では、この検証手順を適用しても試験台の影響は無視できる程度である。

- 1 GHz を超える周波数範囲では、同じ周波数範囲（例えば 1 GHz から 18 GHz まで）で測定を行い、更に、アンテナの高さは放射妨害波測定で規定されているように（例えば、テストボリウムに合わせて 1 m から 4 m の範囲のいずれか）設定しなければならない。

各周波数刻みで、デシベルで表示された二つの測定結果の差異 $\Delta(f)$ は、式 (18)を用いて計算しなければならない。

$$\Delta(f) = |V_{R,with}(f) - V_{R,without}(f)| \quad (18)$$

ここで

$V_{R,with}(f)$ 試験台がある場合の測定周波数における受信アンテナの dB(μ V)で表した最大電圧

$V_{R,without}(f)$ 試験台が無い場合の測定周波数における受信アンテナの dB(μ V)で表した最大電圧

この周波数範囲にわたって記録された二つの測定結果の差の最大値を、デシベルで表し Δ_{max} と記載し、これに推定最大偏差を用いなければならない。これは式 (19) に従って計算しなければならない。

$$\Delta_{max} = \max |V_{R,with}(f) - V_{R,without}(f)| \quad (19)$$

試験台に起因する標準不確かさ u_{table} は、測定された最大偏差 Δ_{max} の間で一様分布すると仮定して推定する。したがって、 u_{table} (dB)は、式 (20)を用いて計算が可能である。

$$u_{table} = \frac{1}{\sqrt{3}} \Delta_{max} \quad (20)$$

u_{table} の値は、次の周波数範囲において測定を行い、不確かさバジェットを考慮しなければならない（引用規格 (5)参照）。

- 200 MHz から 1 GHz までの範囲
- 1 GHz から 6 GHz までの範囲
- 6 GHz から 18 GHz までの範囲

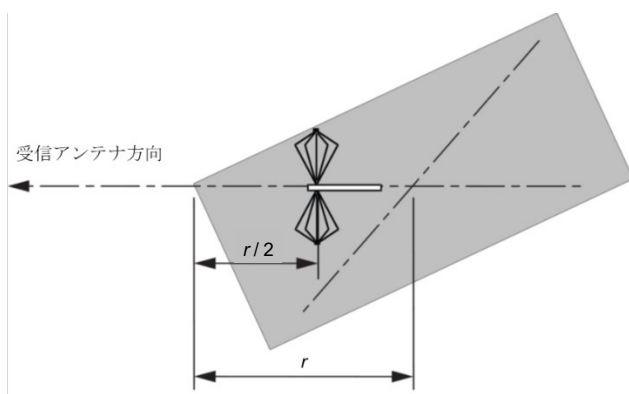


図 19 - 長方形試験台の角からのアンテナ配置
(平面図)

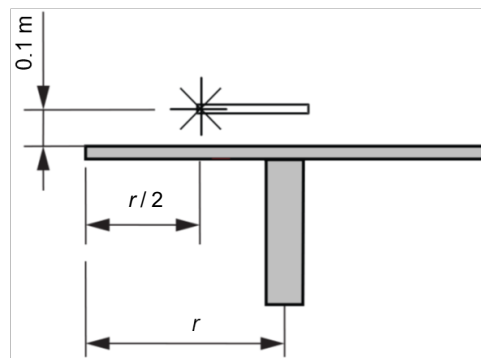


図 20 - 試験台上のアンテナ配置
(側面図)

注) 試験台の構造及び材料の種類は試験所によって異なる。しかし、 u_{table} の決定には、 Δ_{max} (又は $V_{R,with}$) の最悪値を決めれば十分である。

7 周波数範囲 1 GHz から 18 GHz までにおける無線周波妨害波の電界強度測定用試験場

7.1 概要

試験場は、無反射条件を満たさなければならない。これらの自由空間条件を達成するためには、電波吸収体を使用するか、及び／又は EUT の高さを上げる必要が生じる場合がある。

注) 床置き型装置を試験する場合には、大地面付近で無反射条件を得られないことがある。

7.2 基準試験場

基準試験場は、測定結果に反射の影響がないように十分留意した自由空間野外試験場 (FSOATS) でなければならない。

注) FSOATS は試験場の理想的な概念であり、現実的には FSOATS は 7.3 節に示す妥当性確認の要求条件を満たす FAR によって近似される。

7.3 試験場妥当性確認

7.3.1 概要

7.3.2 項の判定基準を満たすならば、その試験場は、1 GHz から 18 GHz における放射妨害波測定に適合している。試験場妥当性確認の手順には、標準的な S_{VSWR} 法の試験手順 (7.6 節 参照) と S_{VSWR} 相互交換による試験手順 (7.7 節 参照) の二つが提供されている。CISPR 規格に関する測定のためには、試験場妥当性確認の測定は、1 GHz からその施設で使う最高周波数まで行わなければならない、その最高周波数は、少なくとも 2 GHz 以上でなければならない。

1 GHz から 18 GHz における試験場は、例えば、電波暗室のように、受信信号に対する反射の影響を最小化するように設計しなければならない。もし、試験場が完全な無反射条件を提供するように設計されていない場合、例えば SAC の場合には、次に示すように、金属大地面の一部に吸収体を敷く必要がある。

テストボリュームが、試験設備の伝導性床から EUT の上まで伸びている場合、これは床置き型装置の試験に使用される試験設備の場合には典型的な状況といえるが、試験場妥当性確認測定のために、必要に応じてテストボリュームの中に吸収体を設置しなければならない。金属大地面上に設置できない床置き型装置の試験を行うためには、テストボリュームの金属大地面上からの高さ 30 cm までは、金属大地面上に置いた吸収体によって妨害波が遮られてもよい。

妥当性確認された直径よりも小さいサイズの EUT の妨害波を測定する場合、妥当性確認されたテストボリュームの直径が適用されると仮定する。この場合、EUT とアンテナ基準点の間の距離が S_{VSWR} 妥当性確認測定で使用された距離と同じになるように、アンテナの位置を調整する。

注 1) 妥当性確認されたテストボリュームよりも小さい EUT に対しては、 S_{VSWR} の妥当性確認で使用した距離を維持するように、受信アンテナの位置を EUT の前面に対して調整することが理論的根拠となる。より小さい EUT は受信アンテナの電力全幅内に留まると想定され、試験室は最大の EUT 及び受信アンテナの最も広いビーム幅に対して妥当性確認されているため、CISPR 16-2-3:2010 の 7.6.6.1 項の要件は満たされる。

床置き型 EUT の妨害波測定の際は、試験場妥当性確認の際に床に設置した吸収体を、EUT の直下部

$$S_{VSWR} \leq 2:1 \text{ 又は } S_{VSWR} \leq 6.0 \text{ dB}$$

7.4 S_{VSWR} 標準試験手順におけるアンテナの要求条件

7.4.1 概要

この試験の際に、全ての反射面を照射できるように、かつ、多くの EUT が実際に示す低指向性の放射パターンを模擬するために、本項は S_{VSWR} の測定に用いる機器の特性を規定する。この目的のため、受信アンテナ及び送信アンテナが使用される。

次の節は S_{VSWR} 測定における送信アンテナ特性の要求を定義する。ここで、受信アンテナ特性については 4.6.2 項を参照する。製造業者から提供された型式試験結果は、アンテナ特性が満たされていることを証明するために使用することが可能である。

送信アンテナ及び受信アンテナの放射パターンは、引用規格 (3) 付則 I の手順に従って測定しなければならない。

送信アンテナと受信アンテナの両方について、 S_{VSWR} 測定用の全周波数範囲をカバーするために、一つ又は複数のアンテナを使用することが可能である。

注) 両アンテナは、 S_{VSWR} 測定に使用される全ての周波数において、特性要件も満たしているものとする。

7.4.2 送信アンテナ

7.4.2.1 概要

送信源とみなすアンテナは直線偏波で、次に特性を詳述するダイポール状の放射パターンを持たなければならない。放射パターンデータは周波数によって変わるので、1 GHz 以下の周波数ステップ幅で入手しなければならない。

なお、典型的な送信アンテナの放射パターンは周波数によって急激に変化することはないが、一部の LPDA 受信アンテナの放射パターンは急激に変化するため、異なる周波数ステップサイズが必要である。

7.4.2.2 送信アンテナの E 面放射パターン

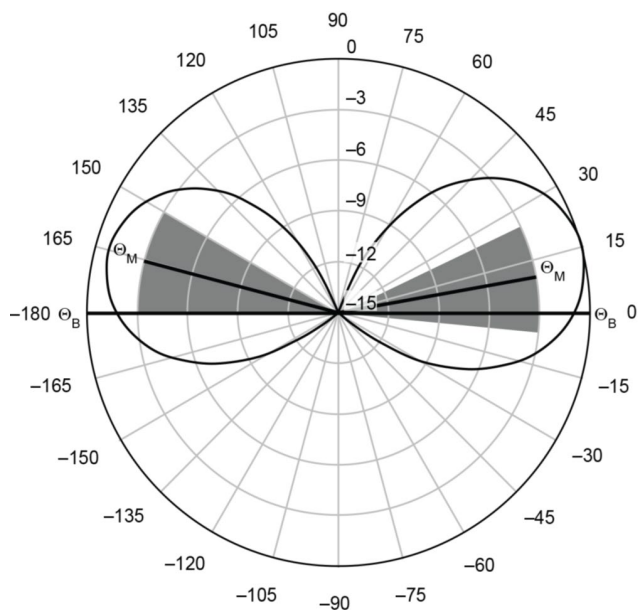
単純な直線偏波のアンテナの E 面放射パターンは、放射球面を囲む多くの切断面（方位角一定の面）のうちのひとつの面で測定する場合がある。パターン測定に関する切断面は、アンテナ製造業者によって決定され、アンテナのデータシートに記載しなければならない。簡便な選択の一つは、コネクタとケーブル配線を含む面を切断面にすることである。

- a) 右及び左の側の各々のパターンに対して、 θ_M で示される主ローブ方向を選ぶ。 θ_M は、それぞれ $0^\circ \pm 15^\circ$ 及び $180^\circ \pm 15^\circ$ の間になければならない。
- b) パターンの両側の主ローブ方向に対して対称に、いわゆる禁止帯を描く。ここでは、 $\pm 15^\circ$ にわたって振幅が、-3 dB 以下である。

注) この制限は、ボアサイト領域における滑らかなパターン、及び許容できる程度に無指向性に近いパターンを保証する。

- c) E 面放射パターンは、禁止帯に入ってはならない。

図 21 は、この E 面要求条件を満足している、放射パターンの例である。



注) このプロット例は、本節の E 面要求条件を満足するアンテナに対するものである。右及び左側の放射パターンの主ローブ方向 θ_M は、それぞれ、 $0^\circ \pm 15^\circ$ 及び $180^\circ \pm 15^\circ$ の間にある。影つきの領域は禁止帯を表し、そこでは、各々の主ローブ方向の $\pm 15^\circ$ に対して振幅が -3 dB 以下である。アンテナパターンは、禁止帯に入っていない。

図 18 - 異なる測定距離に対する周波数の関数としての自由空間 NSA の理論値 (式 (16) 参照)

7.4.2.3 送信アンテナの H 面放射パターン

ダイポールアンテナの H 面パターンを測るための可能な面は一つだけであり、これはダイポールの中心を横切る、ダイポール軸に直交する面である。この面は、バラン、入力コネクタ、入力ケーブル（金属又は光ファイバのどちらが使用されるかによる）を含む。アンテナの製造業者は放射パターンを測定する際の配置を、ケーブルの配置、コネクタの位置も含めてアンテナのデータシートに記載しなければならない。

- 放射パターンデータ(dB)を $\pm 135^\circ$ (0° はボアサイト方向 θ_B) にわたって平均する。最大のステップサイズは 1 GHz から 6 GHz は 5° 、6 GHz から 18 GHz は 1° である。
- 放射パターンは、 $\pm 135^\circ$ の範囲を平均した値が次の偏差を越えてはならない。

角度の範囲	1 GHz から 6 GHz まで	6 GHz から 18 GHz まで
- 60° から 60° まで	± 2 dB	± 3 dB
- 60° から - 135° まで、 60° から 135° まで	± 3 dB	± 3 dB
- 135° から - 180° まで、 135° から 180° まで	$< + 3$ dB	$< + 4$ dB

注) $\pm 135^\circ$ の外側における H 面パターンの下限は規定してはいないが、H 面パターンが $\pm 180^\circ$ において 0 を示さず、できる限り無指向性であることが望ましい。アンテナの製造業者によって提供される給電線とアンテナポジションに関するガイドラインが入手可能なら、 $\pm 135^\circ$ の外側の領域における H 面パターンへの影響を最小にするために役立つ。

図 22 は、この H 面要求条件を満足している、放射パターンの例である。

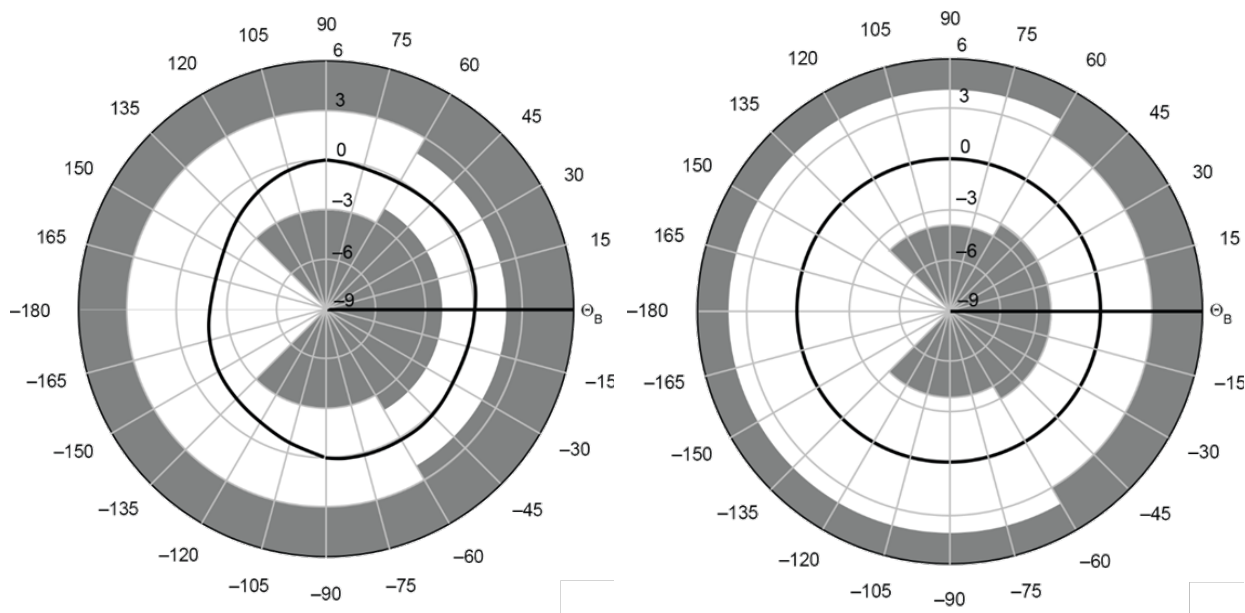


図 22a - 1 GHz から 6 GHz の放射パターンの例

図 22b - 6 GHz から 18 GHz の放射パターンの例

注) このプロット例は、H 面要求条件を満足するアンテナに対するものである。影つきの領域は 本節で規定した最大許容偏差を示している。この例のアンテナはそのアンテナパターンが禁止帯に入っていないので要求条件を満足している。

図 22 - 送信アンテナ H 面放射パターン例 (単なる情報)

7.4.3 相互交換による S_{VSWR} の手順のためのアンテナ及び試験機器

相互交換による S_{VSWR} (7.7 節 参照) では、テストボリュームへの送信に使用されるアンテナは、放射妨害波測定に用いるものと同じタイプでなければならず、4.6.2 項の要件を満たさなければならない。使用する等方性電界プローブは、異方性が 3 dB を超えない無指向特性でなければならない。

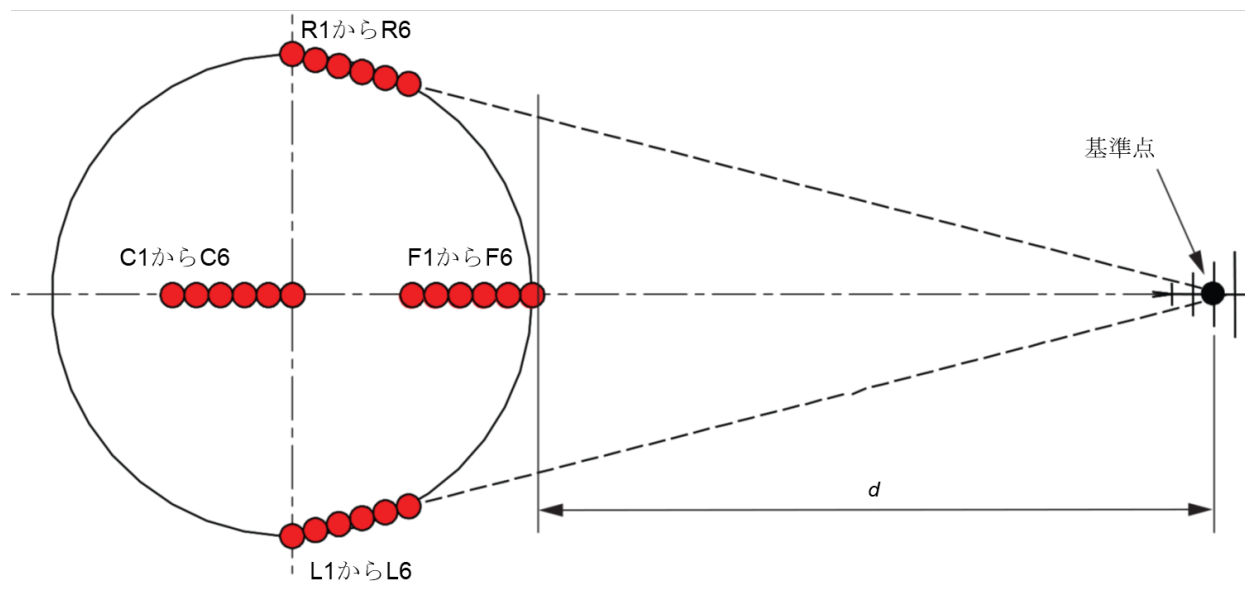
7.5 試験場妥当性確認試験のために要求される位置

7.5.1 概要

試験場妥当性確認は、円柱の形を持つテストボリュームに対して行われなければならない。円柱の底部は EUT を支持するために用いられる表面によって決められる。試験円柱の頂部は、EUT とその上方に向けて延びるケーブルが占める最大の高さとする。円柱の直径は、ケーブルを含む EUT を収容するのに必要な最大径である。テストボリュームから出て行くケーブルについては、これらのケーブルのうちの 30 cm はテストボリュームの大きさ (EUT の一部) と仮定すること。試験台よりも上に上げられない床置き型装置については、テストボリュームのうち底部から 30 cm までの高さに対する部分は金属大地上においた吸収体によって遮られても構わない。7.6 節の標準的な試験手順に従い、受信アンテナを妥当性確認が行なわれるべきテストボリュームに対応する位置に置き、送信源の位置を決められた位置に沿って移動することによって S_{VSWR} を評価する。代替法として、7.7 節の相互交換による S_{VSWR} の手続きに従い、本項において記載された位置は、テストボリューム中の等方性電界プローブの位置として用いる。

S_{VSWR} 測定を行うために必要な位置は、テストボリュームの大きさに依存する。条件付きの測定位置

に関する要求の詳細は 7.8 節に記載する。 S_{VSWR} は要求された位置及び偏波の各々に対して評価され、それは受信アンテナの基準点に向けたある直線に沿った 6 個の一連の測定によって得られる。必要となり得る全ての位置を、7.8 節に記載されている条件付きの測定位置も含めて図 23 及び図 24 に示す。受信アンテナに向かう直線に沿った 6 個の一連の測定はこれらの図中の点で示す。



凡例

d 測定距離

図 23 - 水平面内における S_{VSWR} 測定位置 (詳細は 7.5.2 項 参照)

7.5.2 水平面内における S_{VSWR} 測定位置の説明

本項では図 23 に示した水平面内において S_{VSWR} 測定位置の決定方法を記載する。

- a) 前方位置 1 から 6 (F1 から F6) : 前方の位置は、テストボリュームの中心から受信アンテナの基準点に向かう直線上にある。これらの点の位置を決めるには、まず、テストボリュームの前方で、受信アンテナ基準点から測定距離 d だけ離れた測定軸の上に、F6 を置く。

F5 から F1 は、F6 に対して次のように受信アンテナから離すことによって決定される。

- 1) $F5 = F6 + 2 \text{ cm}$ 受信アンテナから離す。
- 2) $F4 = F6 + 10 \text{ cm}$ 受信アンテナから離す。
- 3) $F3 = F6 + 18 \text{ cm}$ 受信アンテナから離す。
- 4) $F2 = F6 + 30 \text{ cm}$ 受信アンテナから離す。
- 5) $F1 = F6 + 40 \text{ cm}$ 受信アンテナから離す。

- b) 右側位置 1 から 6 (R1 から R6) : これらの点は、位置 R6 に対して決められる。R6 は、テストボリュームの右側の最も遠い点 (位置 R1) を決定し、そこから受信アンテナ基準点に向かう直線上で 40 cm 動かすことによって決定される (図 23 参照)。

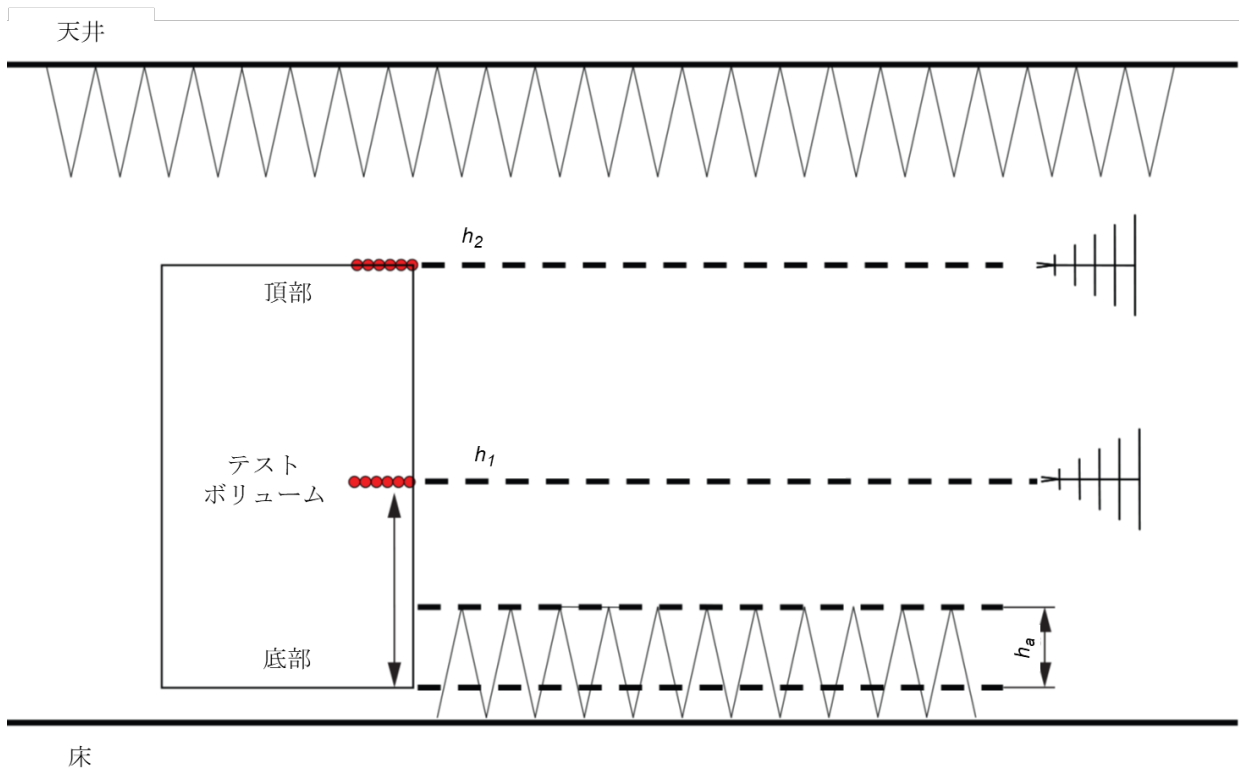
R5 から R1 は、R6 に対して次のように受信アンテナから離すことによって決定される。

- 1) $R5 = R6 + 2 \text{ cm}$ 受信アンテナから離す。
- 2) $R4 = R6 + 10 \text{ cm}$ 受信アンテナから離す。
- 3) $R3 = R6 + 18 \text{ cm}$ 受信アンテナから離す。
- 4) $R2 = R6 + 30 \text{ cm}$ 受信アンテナから離す。

- 5) $R1 = R6 + 40 \text{ cm}$ 受信アンテナから離す。
- c) 左側位置 1 から 6 (L1 から L6) : これらの点は、位置 L6 に対して決められる。L6 は、テストボリュームの左側の最も遠い点 (位置 L1) を決定し、そこから受信アンテナに向かう直線上で 40 cm 動かすことによって決定される (図 23 参照)。
L5 から L1 は、L6 に対して次のように受信アンテナから離すことによって決定される。
- 1) $L5 = L6 + 2 \text{ cm}$ 受信アンテナから離す。
 - 2) $L4 = L6 + 10 \text{ cm}$ 受信アンテナから離す。
 - 3) $L3 = L6 + 18 \text{ cm}$ 受信アンテナから離す。
 - 4) $L2 = L6 + 30 \text{ cm}$ 受信アンテナから離す。
 - 5) $L1 = L6 + 40 \text{ cm}$ 受信アンテナから離す。
- d) 中心位置 1 から 6 (C1 から C6) : これらの点は、位置 C6 に対して決められる。C6 は、テストボリュームの中心位置である。位置 C1 から C6 は、テストボリュームの直径が 1.5 m を超えた場合に試験する必要がある (7.8 節参照)。
C5 から C1 は、C6 に対して次のように受信アンテナから離すことによって決定される。
- 1) $C5 = C6 + 2 \text{ cm}$ 受信アンテナから離す。
 - 2) $C4 = C6 + 10 \text{ cm}$ 受信アンテナから離す。
 - 3) $C3 = C6 + 18 \text{ cm}$ 受信アンテナから離す。
 - 4) $C2 = C6 + 30 \text{ cm}$ 受信アンテナから離す。
 - 5) $C1 = C6 + 40 \text{ cm}$ 受信アンテナから離す。

7.5.3 付加的な S_{VSWR} の測定位置

図 23 に示す位置に加え、テストボリュームの高さに依存して、付加的な S_{VSWR} 測定平面が必要となる場合がある。図 24 は、 S_{VSWR} 測定に対する付加的な高さの要求を示している。2 番目の高さに対する測定は、前方の位置だけにおいて測定すること。



凡例

- h_a 床上の吸収体でさえぎられるテストボリュームの部分（最大 30 cm）
- h_1 テストボリューム中間の高さ又はテストボリューム底部上 1 m のテストボリューム中間の高さ、又は地上高 1 m
- h_2 テストボリュームの頂部にあり、 h_2 が h_1 より少なくとも 0.5 m 離れているときに測定すべき高さ（詳細は 7.8 節 参照）

図 24 - S_{VSWR} 測定位置（高さに対する要求条件）

7.5.4 S_{VSWR} 測定位置の要約

表 7 は S_{VSWR} 測定位置の要約を示したものである。表 7 において、位置は高さ（ h_1 、 h_2 ）及び場所（前方、左、右、中心）によってグループ分けされている。それぞれの位置に対して、式 (23)によって要求される計算に用いるように、ある基準点が指定されている（7.6 節 参照）。それらの位置は、 P_{mnopq} のように指定されており、表 7 の最初の列に列挙されているように、添え字は位置等の名前に対応している。

表 7 - S_{VSWR} 測定位置 (1/3)

位置の名称	位置	高さ	偏波	d_{ref} のための 基準点 式(23)参照	基準点に対する位置
最初の高さにおける前方の位置 (前方、 h_1)					
F1h1H	前方	h_1	水平	F6h1	受信アンテナから+ 40 cm 遠方
F1h1V	前方	h_1	垂直	F6h1	受信アンテナから+ 40 cm 遠方
F2h1H	前方	h_1	水平	F6h1	受信アンテナから+ 30 cm 遠方
F2h1V	前方	h_1	垂直	F6h1	受信アンテナから+ 30 cm 遠方
F3h1H	前方	h_1	水平	F6h1	受信アンテナから+ 18 cm 遠方
F3h1V	前方	h_1	垂直	F6h1	受信アンテナから+ 18 cm 遠方
F4h1H	前方	h_1	水平	F6h1	受信アンテナから+ 10 cm 遠方
F4h1V	前方	h_1	垂直	F6h1	受信アンテナから+ 10 cm 遠方
F5h1H	前方	h_1	水平	F6h1	受信アンテナから+ 2 cm 遠方
F5h1V	前方	h_1	垂直	F6h1	受信アンテナから+ 2 cm 遠方
F6h1H	前方	h_1	水平	F6h1	= 基準点 (前方、 h_1)
F6h1V	前方	h_1	垂直	F6h1	= 基準点 (前方、 h_1)
最初の高さにおける中心の位置 (中心、 h_1) (必要な場合、7.8 節参照)					
C1h1H	中心	h_1	水平	C6h1	受信アンテナから+ 40 cm 遠方
C1h1V	中心	h_1	垂直	C6h1	受信アンテナから+ 40 cm 遠方
C2h1H	中心	h_1	水平	C6h1	受信アンテナから+ 30 cm 遠方
C2h1V	中心	h_1	垂直	C6h1	受信アンテナから+ 30 cm 遠方
C3h1H	中心	h_1	水平	C6h1	受信アンテナから+ 18 cm 遠方
C3h1V	中心	h_1	垂直	C6h1	受信アンテナから+ 18 cm 遠方
C4h1H	中心	h_1	水平	C6h1	受信アンテナから+ 10 cm 遠方
C4h1V	中心	h_1	垂直	C6h1	受信アンテナから+ 10 cm 遠方
C5h1H	中心	h_1	水平	C6h1	受信アンテナから+ 2 cm 遠方
C5h1V	中心	h_1	垂直	C6h1	受信アンテナから+ 2 cm 遠方
C6h1H	中心	h_1	水平	C6h1	= 基準点 (中心、 h_1)
C6h1V	中心	h_1	垂直	C6h1	= 基準点 (中心、 h_1)

表 7 - (2/3)

位置の名称	位置	高さ	偏波	d_{ref} のための 基準点 式(23)参照	基準点に対する位置
最初の高さにおける右の位置 (右、 h_1)					
R1h1H	右	h_1	水平	R6h1	受信アンテナから+ 40 cm 遠方
R1h1V	右	h_1	垂直	R6h1	受信アンテナから+ 40 cm 遠方
R2h1H	右	h_1	水平	R6h1	受信アンテナから+ 30 cm 遠方
R2h1V	右	h_1	垂直	R6h1	受信アンテナから+ 30 cm 遠方
R3h1H	右	h_1	水平	R6h1	受信アンテナから+ 18 cm 遠方
R3h1V	右	h_1	垂直	R6h1	受信アンテナから+ 18 cm 遠方
R4h1H	右	h_1	水平	R6h1	受信アンテナから+ 10 cm 遠方
R4h1V	右	h_1	垂直	R6h1	受信アンテナから+ 10 cm 遠方
R5h1H	右	h_1	水平	R6h1	受信アンテナから+ 2 cm 遠方
R5h1V	右	h_1	垂直	R6h1	受信アンテナから+ 2 cm 遠方
R6h1H	右	h_1	水平	R6h1	= 基準点 (右、 h_1)
R6h1V	右	h_1	垂直	R6h1	= 基準点 (右、 h_1)
最初の高さにおける左の位置 (左、 h_1)					
L1h1H	左	h_1	水平	L6h1	受信アンテナから+ 40 cm 遠方
L1h1V	左	h_1	垂直	L6h1	受信アンテナから+ 40 cm 遠方
L2h1H	左	h_1	水平	L6h1	受信アンテナから+ 30 cm 遠方
L2h1V	左	h_1	垂直	L6h1	受信アンテナから+ 30 cm 遠方
L3h1H	左	h_1	水平	L6h1	受信アンテナから+ 18 cm 遠方
L3h1V	左	h_1	垂直	L6h1	受信アンテナから+ 18 cm 遠方
L4h1H	左	h_1	水平	L6h1	受信アンテナから+ 10 cm 遠方
L4h1V	左	h_1	垂直	L6h1	受信アンテナから+ 10 cm 遠方
L5h1H	左	h_1	水平	L6h1	受信アンテナから+ 2 cm 遠方
L5h1V	左	h_1	垂直	L6h1	受信アンテナから+ 2 cm 遠方
L6h1H	左	h_1	水平	L6h1	= 基準点 (左、 h_1)
L6h1V	左	h_1	垂直	L6h1	= 基準点 (左、 h_1)

表 7 - (3/3)

位置の名称	位置	高さ	偏波	d_{ref} のための 基準点 式(23)参照	基準点に対する位置
2 番目の高さにおける前方の位置 (前方、 h_2) (必要な場合、7.8 節参照)					
F1h2H	前方	h_2	水平	F6h2	受信アンテナから+ 40 cm 遠方
F1h2V	前方	h_2	垂直	F6h2	受信アンテナから+ 40 cm 遠方
F2h2H	前方	h_2	水平	F6h2	受信アンテナから+ 30 cm 遠方
F2h2V	前方	h_2	垂直	F6h2	受信アンテナから+ 30 cm 遠方
F3h2H	前方	h_2	水平	F6h2	受信アンテナから+ 18 cm 遠方
F3h2V	前方	h_2	垂直	F6h2	受信アンテナから+ 18 cm 遠方
F4h2H	前方	h_2	水平	F6h2	受信アンテナから+ 10 cm 遠方
F4h2V	前方	h_2	垂直	F6h2	受信アンテナから+ 10 cm 遠方
F5h2H	前方	h_2	水平	F6h2	受信アンテナから+ 2 cm 遠方
F5h2V	前方	h_2	垂直	F6h2	受信アンテナから+ 2 cm 遠方
F6h2H	前方	h_2	水平	F6h2	= 基準点 (前方、 h_2)
F6h2V	前方	h_2	垂直	F6h2	= 基準点 (前方、 h_2)
注) これらの S_{VSWR} 測定はどのような順番で行ってもよい。					

7.6 S_{VSWR} による試験場妥当性確認—標準的な試験手順

次の手順において、測定位置は P_{mnopq} と記す。ここで、添字は表 7 の最初の列に示されている位置の名称に対応している。測定された信号 M は、各々の測定位置における、受信された電界強度又は電圧であり、上記と同様に、 M_{mnopq} のように添字で表わす。例えば、 P_{F1h1H} は測定位置 F1、高さ h_1 、水平偏波で、その測定信号(dB) は、 M_{F1h1H} で表わす。

- 送信源を基準点である前方 6 の位置に、高さ h_1 、水平偏波の状態で設置する (P_{F1h1H})。受信アンテナを同じく水平偏波にし、受信アンテナの基準点から送信源までの距離を測定距離 d とする。受信アンテナ高は、送信源の全ての測定位置に対して同じ高さにしなければならない点に注意する。
- 全ての測定周波数範囲にわたり、表示された受信信号が周囲雑音や測定用受信機又はスペクトラムアナライザの表示雑音から少なくとも 20 dB 高いことを確認すること。もし、そうでない場合は、表示された背景雑音に対して 20 dB 高いレベルを適切に維持できるように、異なる機器 (送受信アンテナ、ケーブル、信号発生器、プリアンプ) を使用する、及び/又は周波数を分割して測定する必要がある。
- 各々の周波数に対して、測定信号レベル M_{F6h1H} を記録する。連続的な周波数掃引測定や段階的に周波数を増加させる方法を用いてもよい。段階的に周波数を増加させて測定を行う場合、その増加幅は 50 MHz 以下とする。
- 送信源を表 8 (7.9 節参照) に示す前方の他の五つの位置に、高さ h_1 、水平偏波の状態にして設置し、手順 b) 及び c) を繰り返す。前方、高さ h_1 、水平偏波に対して、受信アンテナからの離隔距離を表 7 示すように変化させながら、全部で六つの測定 (M_{F1h1H} から M_{F6h1H}) を行う。
- 送信源及び受信アンテナの偏波を垂直に変えて、受信信号 M_{F1h1V} から M_{F6h1V} を得るために、前述の測定を測定位置 P_{F1h1V} から P_{F6h1V} に対して行う。

- f) 全ての測定に対して、測定された電界強度又は電圧のデータを表 7 の基準点からの距離に対して式 (23)を用いて正規化する。

$$M'_{\text{mnopq}} = M_{\text{mnopq}} + 20 \log \left(\frac{d_{\text{mnopq}}}{d_{\text{ref}}} \right) \text{ dB} \quad (23)$$

ここで

d_{mnopq} 測定位置に対する実際の離隔距離

d_{ref} 基準点に対する実際の離隔距離

M_{mnopq} dB で表わした測定信号（電界又は受信電圧）。各々の測定位置は、異なる基準点を持つ。すなわち、表 7 の P_{mnopq} に対しては、位置 6 に相当する点を持つことに注意する必要がある。

M'_{mnopq} 表 7 に示した基準点からの距離に基づいて正規化した電界強度又は受信電圧データ

- g) 式 (21)又は式 (22) (7.3.1 項 参照) を用いて、水平偏波に対して S_{VSWR} を計算する。式 (22)を用いれば、 $S_{\text{VSWR,dB}}$ は、六つの測定点に対して位置補正（すなわち、7.6 節ステップ f)）を行った後、最高受信レベル $M_{\text{max,dB}}$ から最低受信レベル $M_{\text{min,dB}}$ を引くことによって得られる。垂直偏波に対して得られた指示値に対しても同じ計算を繰り返す。
- h) 各々の偏波に対する S_{VSWR} は、7.3.2 項の判定基準を満足しなければならない。
- i) a)から h)までのステップを、テストボリユームの左と右の位置に対しても行う。送信源のアンテナを左又は右に移動する場合、送信源のアンテナのボアサイトの方向が受信アンテナを向くように注意しなければならない。一方、EUT の測定の場合と同様に、受信アンテナは中心位置を向いたまま（左や右の位置の方を向かない）とする。
- j) もし、7.8 節で要求されるのであれば、上記の前方における測定を中心の位置で繰り返すとともに、2 番目の高さで要求される測定に対しても繰り返す。2 番目の高さにおいて測定を行う際、受信アンテナは送信アンテナと同じ高さとしなければならない。

7.7 S_{VSWR} を用いた試験場妥当性確認—等方性電界プローブを用いた相互交換による試験手順

遮へいされた試験設備（例えば、FAR や SAC）の場合、表 7 で要求されている位置に等方性電界プローブを設置して、後に EUT の放射妨害波測定で使用する受信アンテナを用いて、テストボリユームに電磁波を照射することによって S_{VSWR} の妥当性確認を行ってもよい。本答申の目的において、この方法を「相互交換による」 S_{VSWR} と呼ぶ。相互交換による S_{VSWR} では、後ほど EUT の放射妨害波測定に用いる受信アンテナは、テストボリユーム内の電界プローブを照射するのに用いられるので「送信」アンテナと呼ばれる。等方性電界プローブは 7.4.2 項で規定される放射パターンの仕様を満足しなければならない。等方性電界プローブはその偏波を送信アンテナの偏波と整合できる、すなわちプローブ内の受信エレメントの位置や方向が既知でなければならない。

等方性電界プローブを用いた相互交換による S_{VSWR} による試験場妥当性確認の手順は次のとおりである。

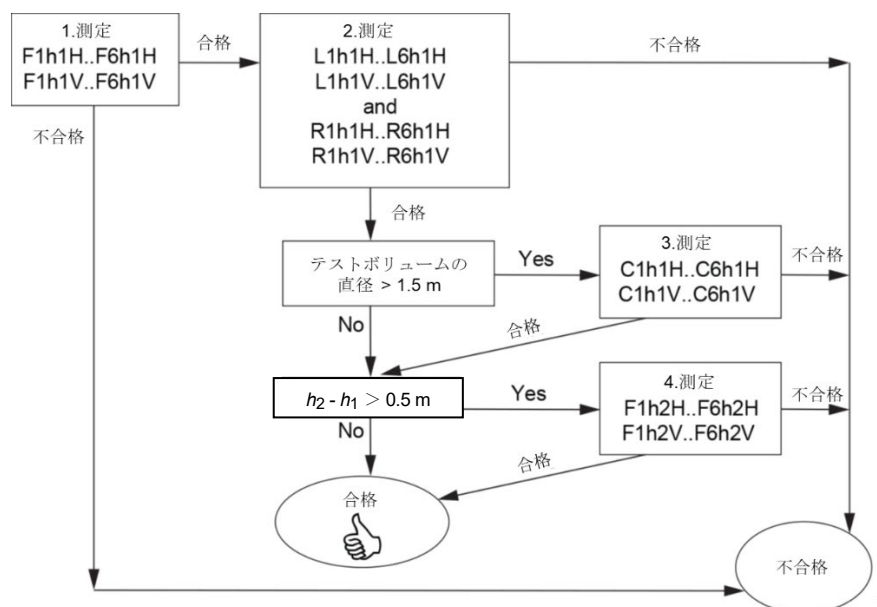
- a) 等方性電界プローブを前方 6 の位置に、高さ h_1 、水平偏波の状態で設置する(P_{F6h1H})。送信アンテナを、テストボリユームの縁と送信アンテナの基準点間の測定距離 d の位置に設置する。送信アンテナ高は、等方性電界プローブの全ての位置に対して同じ高さでなければならない。

- b) 電界強度の大きさが、等方性電界プローブが正常に機能するために十分であることを確認すること。適切な電界強度を得るための機器や手順に関するガイダンスとして、製造業者による等方性電界プローブの動作仕様（適切な感度と測定の不確かさ）を参照する。さらに、送信システム及びプローブシステムの直線性を確認することが望ましい。また、高調波については基本信号の少なくとも **15 dB** 以下のレベルにしなければならない。送信電力の変動が測定結果の変動を生じさせるので、測定中の入力電力をモニタするために、方向性結合器の使用を推奨する。信号源の不安定性による変動（例えば、ケーブル接続の悪さ、パワーアンプの余熱時間に起因する変動等）は測定結果の付加的な変動（すなわち、擬似的に高い S_{VSWR} の値）の要因となるので、安定した送信信号を供給することは重要である。
- c) 各々の周波数に対して、測定信号レベル M_{F6h1H} を記録すること。連続的な周波数掃引測定や段階的に周波数を増加させる方法を用いてもよい。段階的に周波数を増加させて測定を行う場合、その増加幅は **50 MHz** 以下としなければならない。
- d) 等方性電界プローブを表 8（7.9 節 参照）に示された前方の他の五つの位置に、高さ h_1 、水平偏波の状態で設置し、手順 b) 及び c) を繰り返す。前方、高さ h_1 、水平偏波に対して、受信アンテナからの離隔距離を表 7 に示すように変化させながら、全部で六つの測定（ M_{F1h1H} から M_{F6h1H} ）を行う。
- e) 等方性電界プローブ及びアンテナの偏波を垂直に変えて、受信信号 M_{F1h1V} から M_{F6h1V} を得るために、前述の測定を位置 P_{F1h1V} から P_{F6h1V} に対して行う。
- f) 全ての測定に対して、式 (23) を用いてデータを正規化する。
- g) 式 (21) 又は式 (22)（7.3.1 項 参照）を用いて、水平偏波に対して S_{VSWR} を計算する。式 (22) を用いれば、 $S_{VSWR,dB}$ は、六つの測定点に対して位置補正（すなわち、7.7 節ステップ f)）を行った後、最高受信レベル $M_{max,dB}$ から最低受信レベル $M_{min,dB}$ を引くことによって得られる。垂直偏波に対して得られた指示値についても同じ計算を繰り返す。
- h) 各々の偏波に対する S_{VSWR} は、7.3.2 項の判定基準を満足しなければならない。
- i) 上記の手順を、テストボリウム内の左と右の位置に対しても行う。この相互交換による S_{VSWR} 評価法では、等方性電界プローブの向きを、送信アンテナの基準点方向となるよう維持することに注意する。一方、送信アンテナは、後の EUT の測定の場合と同様に、テストボリウムの中心を向いたまま（左や右の位置の方を向かない）とする。
- j) もし、7.8 節で要求されるのであれば、上記の前方における測定を中心の位置で繰り返すとともに、2 番目の高さで要求される測定に対しても繰り返す。2 番目の高さにおいて測定を行う際、受信アンテナは送信アンテナと同じ高さとなるようにしなければならない。

7.8 S_{VSWR} における条件付測定位置に関する要求事項

図 23、図 24 及び表 7 に示すように、テストボリウムの大きさに依存して、追加の測定位置が必要となる。図 25 は、追加の測定が要求される場合を規定しているフローチャートである。

追加の測定位置が要求された場合、 S_{VSWR} は 7.6 節又は 7.7 節の手順を用いて、水平及び垂直偏波に対して 6 回の測定の各グループの各々の周波数において独立に、決定されなければならない。



注) 測定は、必ずしも図の順番に行う必要はなく、全ての測定データが得られるように任意の順番に行ってもよい。

図 25 - S_{VSWR} 追加の測定位置に対する要求

7.9 S_{VSWR} を用いた試験場妥当性確認の試験報告書

表 8 は、基本的な要求位置及び 7.8 節の条件付き試験位置での測定結果を含めて、要求されうる全ての S_{VSWR} の測定と計算の概要を示している。 S_{VSWR} の計算と報告に関する要求条件は全ての周波数に適用される。

位置	高さ	偏波	種別	S_{VSWR} dB
前方	h_1	水平	標準	$= \text{Max}(M'_{F1h1H} \dots M'_{F6h1H}) - \text{Min}(M'_{F1h1H} \dots M'_{F6h1H})$
前方	h_1	垂直	標準	$= \text{Max}(M'_{F1h1V} \dots M'_{F6h1V}) - \text{Min}(M'_{F1h1V} \dots M'_{F6h1V})$
右	h_1	水平	標準	$= \text{Max}(M'_{R1h1H} \dots M'_{R6h1H}) - \text{Min}(M'_{R1h1H} \dots M'_{R6h1H})$
右	h_1	垂直	標準	$= \text{Max}(M'_{R1h1V} \dots M'_{R6h1V}) - \text{Min}(M'_{R1h1V} \dots M'_{R6h1V})$
左	h_1	水平	標準	$= \text{Max}(M'_{L1h1H} \dots M'_{L6h1H}) - \text{Min}(M'_{L1h1H} \dots M'_{L6h1H})$
左	h_1	垂直	標準	$= \text{Max}(M'_{L1h1V} \dots M'_{L6h1V}) - \text{Min}(M'_{L1h1V} \dots M'_{L6h1V})$
中心	h_1	水平	追加	$= \text{Max}(M'_{C1h1H} \dots M'_{C6h1H}) - \text{Min}(M'_{C1h1H} \dots M'_{C6h1H})$
中心	h_1	垂直	追加	$= \text{Max}(M'_{C1h1V} \dots M'_{C6h1V}) - \text{Min}(M'_{C1h1V} \dots M'_{C6h1V})$
前方	h_2	水平	追加	$= \text{Max}(M'_{F1h2H} \dots M'_{F6h2H}) - \text{Min}(M'_{F1h2H} \dots M'_{F6h2H})$
前方	h_2	垂直	追加	$= \text{Max}(M'_{F1h2V} \dots M'_{F6h2V}) - \text{Min}(M'_{F1h2V} \dots M'_{F6h2V})$

7.10 S_{VSWR} による試験場妥当性確認方法の限界

7.5 節で選択され、前述の手続きに含まれている測定ポイントは、1 GHz から 18 GHz までの周波数範囲にわたる試験場の S_{VSWR} の全ての測定に供されることを意図したものである。しかしながら、7.6 節や 7.7 節の手順によって、ある特定の周波数 f における S_{VSWR} の最大値が、常に得られるわけではないことに注意する必要がある。したがって、単一周波数での測定に基づいて S_{VSWR} の適合性を表明することは避けるのが望ましい。しかし、隣接するオクターブ ($0.5f$ から $2f$) 内で、上記の手順によ

って得られた最大値は、その周波数範囲内の全ての周波数における、 S_{VSWR} の最悪値の典型的な代表値である。

単一周波数でより精度の高い S_{VSWR} の結果を必要とする場合は、図 23 や図 24 に示す直線に沿って 6 点以上の測定点で測定を行うことによって、上記の方法を改良することが可能である。追加的なデータ測定点は非等間隔とし、かつ、送信アンテナ（又は、相互交換による S_{VSWR} 評価法における等方性電界プローブ）の距離移動を、対象周波数の 4 分の 1 波長間隔となるように選択することが望ましい。

7.11 代替試験場

代替試験場として、自由空間条件を満たすあらゆる試験場を用いることが可能である。

8 コモンモード吸収デバイス

8.1 概要

コモンモード吸収デバイス（CMAD）は、放射妨害波測定の際にテストボリウムから離れるケーブルに適用される。CMAD は放射妨害波測定に使用され、試験場からケーブルが離れる点（例えば回転台の中心）のコモンモードインピーダンスや平衡性が、試験場ごとに異なるために発生する試験場間の測定のばらつきを減少させる目的で使用される。CMAD の基本特性は S パラメータによって表すことが可能である。挿入損や反射係数のような特性は S パラメータを用いて決めることが可能である。本章では、CMAD の S パラメータを検証するための測定法を規定している。

8.2 CMAD の S パラメータの測定

8.3 節に示されている S パラメータ測定用の試験ジグが CMAD の特性を表すために使用される。 S パラメータの値は、図 26 に示されている基準面で評価される。 S パラメータを可能な限り高い精度で得るための基準測定法は、8.4 節に示すベクトルネットワークアナライザ（VNA）と TRL 校正法を用いる測定法である。

8.3 CMAD の試験ジグ

測定対象となる CMAD の S パラメータを測定するために使用するジグは、図 26 に示すように金属大地面上に円柱状の金属棒を有しなければならない。試験ジグの両側の垂直なフランジとフランジとの間の金属棒は、ジグ内の二つの基準面間の通信線を形成する一つのラインセクションと、基準面とアダプタポート間の二つのアダプタセクションとの、三つのセクションで構成される。

CMAD の特性を測定する際にアダプタセクションとアダプタポートによる影響は、8.4 節に記載されている TRL 校正法を用いることによって除去することが可能であり、最終測定に低い不確かさを提供するものとなる。8.4 節の測定には、あらゆる形のアダプタを使用してもよい。アダプタの例を図 29～図 31 に示す（8.6 節 参照）。

円柱状の金属棒の直径 d は 4 mm とする。大地面からの高さ h は CMAD の寸法に基づいて決められ、代表的な値は 30 mm、65 mm と 90 mm とする。測定は CMAD の構造によって決定した高さによって行う。基準面とジグ（アダプタセクション）の垂直フランジとの間の距離 L_A は $2h$ 以上とする（図 26 参照）。基準面と CMAD の端との距離 D_A と D_B は、 h より長くない範囲でできるだけ短くする必要

がある。試験ジグの金属大地面の長さは $(L_{\text{jig}} + 4h)$ より大きく、幅は $4h$ より広くなければならない。

特性インピーダンス Z_{ref} は、線の内径 d (4 mm に規定) と大地面上の棒の中心の高さ h によって次式で与えられる。

$$Z_{\text{ref}} = \frac{Z_0}{2\pi} \cosh^{-1} \left(\frac{2h}{d} \right) \Omega \quad (24)$$

ここで

Z_0 自由空間インピーダンス (すなわち 120π) (Ω)

d 4 mm に規定される試験導体の直径

h 大地面上の試験導体の中心までの高さ

例) 様々な高さ h における Z_{ref} の代表的な値は次のとおりである。

$h = 30 \text{ mm}$ の場合 $Z_{\text{ref}} = 204 \Omega$

$h = 65 \text{ mm}$ の場合 $Z_{\text{ref}} = 248 \Omega$

$h = 90 \text{ mm}$ の場合 $Z_{\text{ref}} = 270 \Omega$

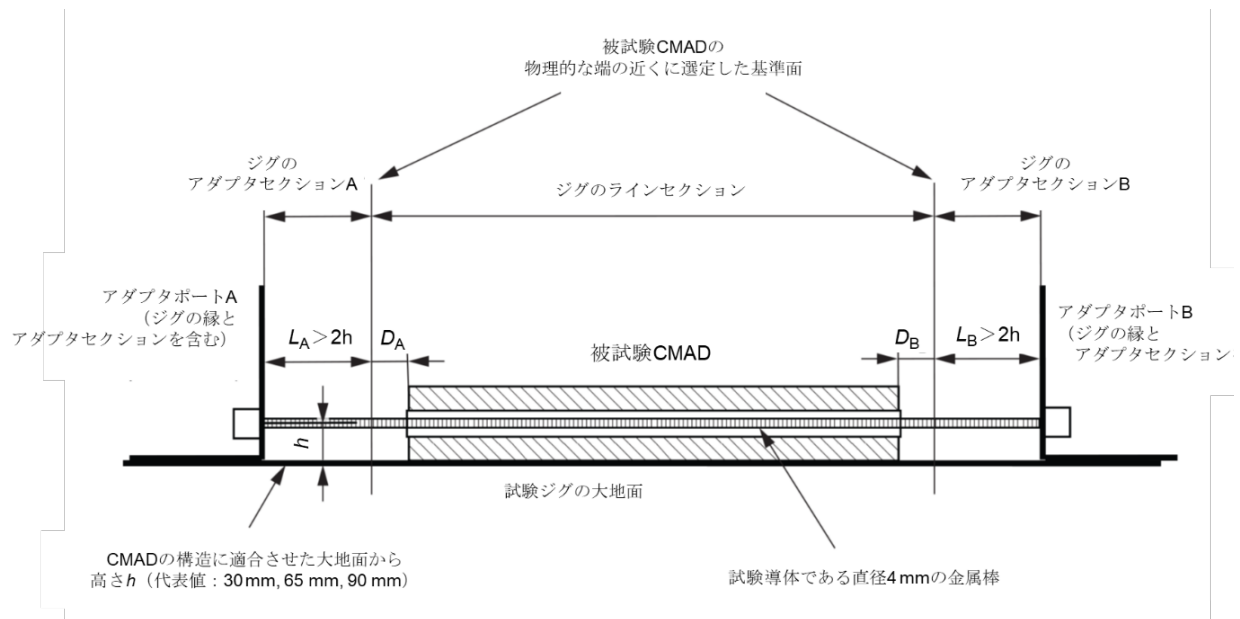


図 26 - 試験ジグ内部の基準面の定義

8.4 TRL 校正を使用する測定法

CMAD の S パラメータの測定には TRL 校正法の使用を推奨する。本校正手順の使用によって、被試験 CMAD を設置した際に距離 D_A と D_B を最小化することが可能 (図 26 参照) となるような、近接する試験ジグ内部の基準面の選択が可能となる。この校正では、ジグの伝送線路セクションと同じ直径及び高さを持つ金属棒 (ライン) が必要である。このラインセクションの特性インピーダンスと長さは正確に把握しておく必要があり、VNA の機能を用いる場合、又は VNA の外部での補正計算を行う際の校正データとして用いられる。

TRL 校正を実行できる周波数範囲は、TRL 校正の際に用いるラインセクションの長さによって決定される。この周波数制限は TRL 校正法で使用する数学的な手順に起因し、ある周波数ではゼロ (又は、非

常に小さい値)で割り算する状態となるため避ける必要がある。

仮に「ライン」の標準の長さを L とすると、周波数範囲は次の低い周波数 f_L と高い周波数 f_H の間に制限される。

$$f_L = 0.05 \frac{c}{L} \quad (25)$$

$$f_H = 0.45 \frac{c}{L} \quad (26)$$

ここで c は 3×10^8 m/s である。周波数範囲 30 MHz から 200 MHz までの校正には「線路」の長さは 0.6 m が適切である。もし、より高い周波数に拡張する必要がある場合は、第 2「線路」の校正が必要である。150 MHz から 1000 MHz までの周波数には第 2「線路」の長さは 0.12 m が適切である。

TRL 校正法では次に示す 4 種類の校正が必要である。

- a) 「反射」(ポート A) : アダプタセクションとアダプタに何も接続されていない(開放回路状態を模擬)場合の両者の複素数値 S_{11} を測定する(図 27a 参照)。
- b) 「反射」(ポート B) : アダプタセクションとアダプタに何も接続されていない(開放回路状態を模擬)場合の両者の複素数値 S_{22} を測定する(図 27b 参照)。
- c) 「通過」: 二つのアダプタセクションを直接接続(両アダプタ間にラインセクションを装着しない)した場合の複素数値 S_{11} 、 S_{12} 、 S_{21} 、 S_{22} を測定する(図 27c 参照)。
- d) 「線路」: ラインセクションを挿入した状態で複素数値 S_{11} 、 S_{12} 、 S_{21} 、 S_{22} を測定する(図 27d 参照)。

これらの校正に関する測定によって、各周波数において 10 個の複素数値が求められる。VNA が TRL 校正のためのファームウェアを有している場合、これらの基準測定結果は TRL 測定のための適切な補正計算に使用される。VNA が TRL 校正をサポートしていない場合、必要な補正は、VNA とは独立に参考文献 [23]に記載されている手順に基づき行ってもよい。

TRL 校正のために、校正面の外側のアダプタセクションとアダプタポートの特性を把握しておく必要はない。むしろ、これらは校正手順上で測定され、TRL 校正によって補正される特性である。異なる型式のアダプタを使用してもよいが、試験ジグの両端には、同一型式のアダプタと、同一の長さのアダプタセクションを使用することを推奨する。さらに二つのアダプタセクションは同一の長さ、すなわち $L_A = L_B$ であることを推奨する。

校正終了後、被試験 CMAD を試験ジグのラインセクションに装着する。アダプタセクションとアダプタは校正に用いたものと全く同一のものでなければならない。金属棒の長さは校正に用いた「線路」の長さと異なってもよいが、直径 (4 mm) と大地面からの高さは校正を行った時と同一でなければならない。CMAD 内部の金属棒は CMAD の開口の中心に可能な限り正確に装着する必要がある。金属棒の長さを、基準面が CMAD の物理的な端(すなわち D_A ができるだけ小さい)と一致するように選定する。代表的な CMAD の長さは 0.6 m である。この場合、4 mm のラインセクションは周波数範囲が 30 MHz ~ 200 MHz の校正及び CMAD の測定(短いラインセクションで校正した場合には 200 MHz 以上の周波数範囲の測定も含む)に使用可能である。TRL 校正によって補正された VNA 測定法を用いることによって得られた被試験 CMAD の測定結果は、ラインセクション (CMAD を取り付けない場合のジグ)

の特性インピーダンス $Z_{0,jig}$ に対する四つの S パラメータのセットとなる。

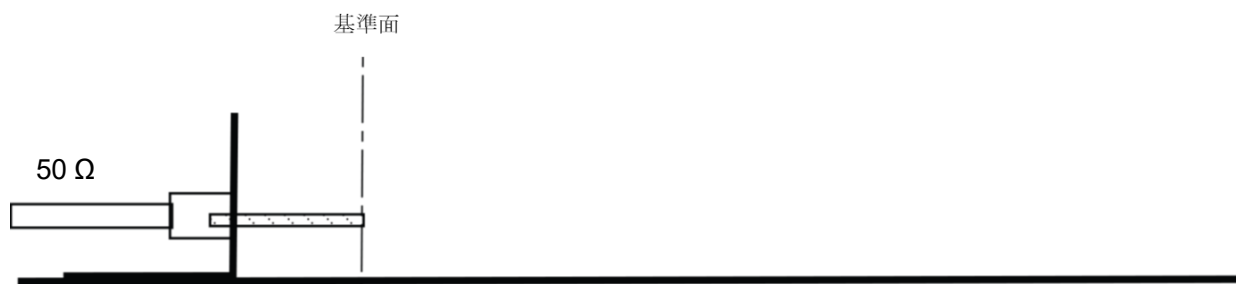


図 27a - 「反射」(ポート A) の校正測定系の構成

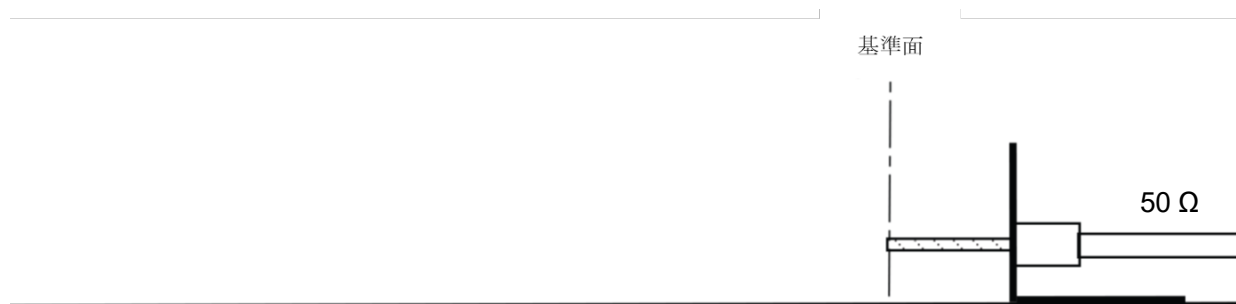


図 27b - 「反射」(ポート B) の校正測定系の構成

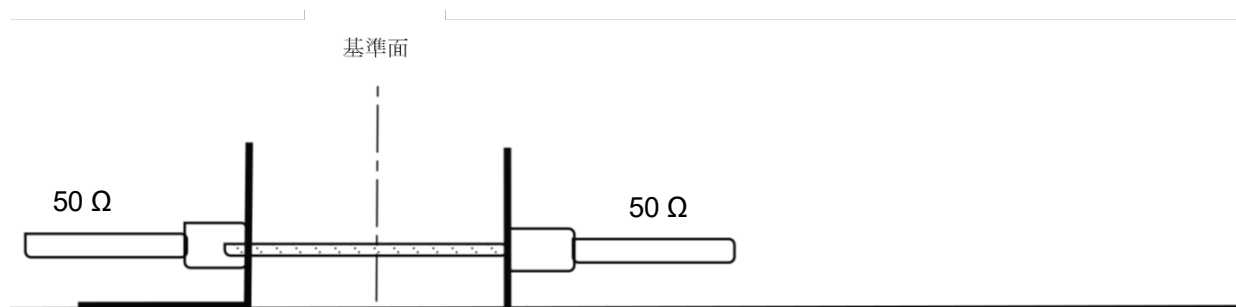


図 27c - 「通過」の校正測定系の構成

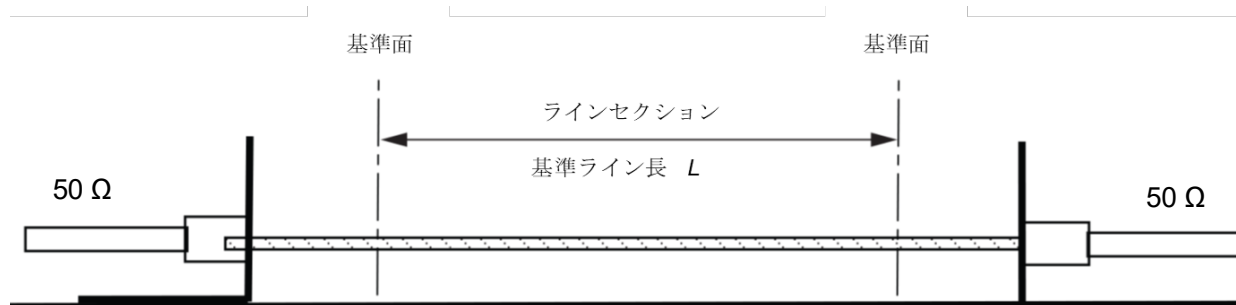


図 27d - 「線路」の校正測定系の構成

注) 校正のための基準ライン長 L は、CMAD の測定に使用する長さと同じである必要はない。校正手順の際の基準ライン長は、必要とする周波数範囲に従って選択する。

図 27 - TRL 校正における四つの構成

8.5 フェライトクランプ型 CMAD の仕様

フェライトクランプ型 CMAD は、1 GHz 以下の放射妨害波測定の際に適合性の不確かさを減少させる目的で使用される。CMAD の特性は 8.1 節から 8.3 節に従って測定され、CMAD を取り付けない場合のジグの特性インピーダンス $Z_{0,jig}$ として表現される。

入手可能なフェライトクランプ型 CMAD の比較から、十分な減結合を提供するためには、 S_{21} の値は 0.25 未満が必要である。これらの値は、図 28 に示す S_{11} の値を持つ CMAD によって実現することができる。

フェライトクランプ型 CMAD は次に示す仕様を満足しなければならない。

- a) S_{21} の絶対値は周波数帯域が 30 MHz から 200 MHz までの範囲で 0.25 未満とする。
- b) S_{11} の絶対値は周波数範囲が 30 MHz から 200 MHz までの範囲で次に示す値の範囲内とする。
 - － 上限値は 30 MHz で 0.75、200 MHz で 0.55（周波数の対数に対して直線的に減少）
 - － 下限値は 30 MHz で 0.6、200 MHz で 0.4（周波数の対数に対して直線的に減少）

周波数範囲が 200 MHz から 1000 MHz までにおける仕様は要求されない。これは、この周波数範囲では放射妨害波測定はケーブルの終端条件に強く影響されないためである。

フェライトタイプの CMAD の仕様に S パラメータを使用する理由は参考文献 [23] に示されている。

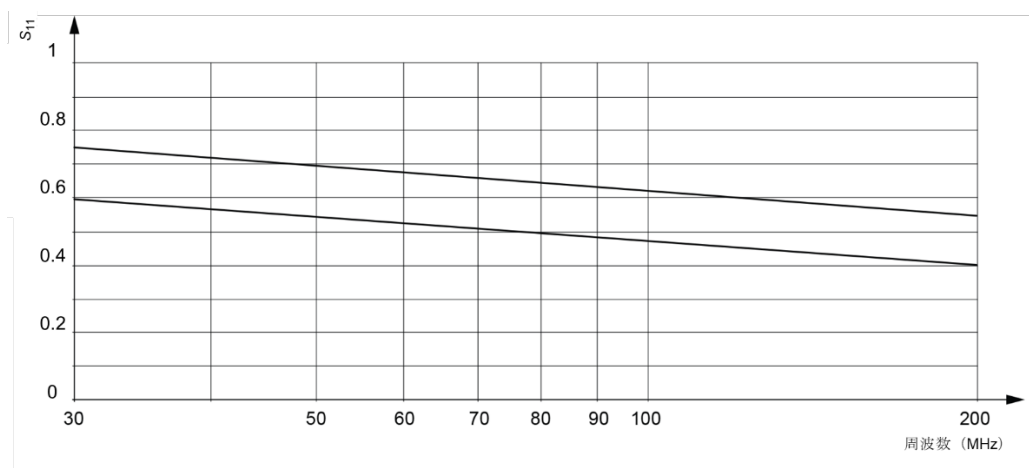


図 28 - 8.1 節から 8.3 節に基づいて測定された S_{11} の絶対値の許容範囲

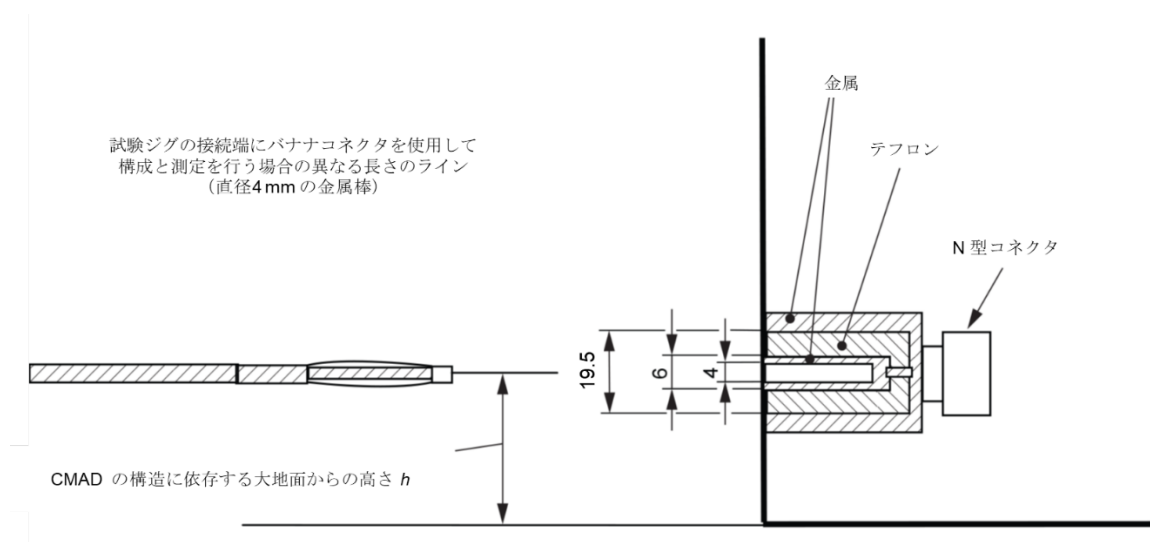
8.6 スペクトラムアナライザとトラッキングジェネレータを用いた CMAD の特性（劣化）確認

CMAD の複素 S パラメータは VNA を使用しない限り測定することはできない。しかしながら、全ての EMC 試験機関が VNA 装置を保有しているとはかぎらない。VNA 装置を保有していない EMC 試験機関のために、トラッキングジェネレータを備えたスペクトラムアナライザを用いて、CMAD の機能を確認する簡易な方法が本節に規定されている。この測定装置を用いた試験配置は、挿入損の大きさだけを測定するものであり、測定された値は図 26 に示されている基準面で測定した S パラメータに直接関係しない。しかしながら、EMC 各試験機関に固有の試験配置を全く同一の条件（インピーダンスと試験配置の幾何学的配置）を用いて、定期的に挿入損測定を行い、その結果を記録することによって、それらの履歴を比較し、CMAD が許容可能な条件を満たしているか否かを決定することが可能である。こ

の手法によって CMAD の特性の劣化を検出することが可能である。もし、何らかの特性劣化が明らかになった場合は、VNA を用いて 8.4 節の TRL 校正法による基準測定を実施しなければならない。

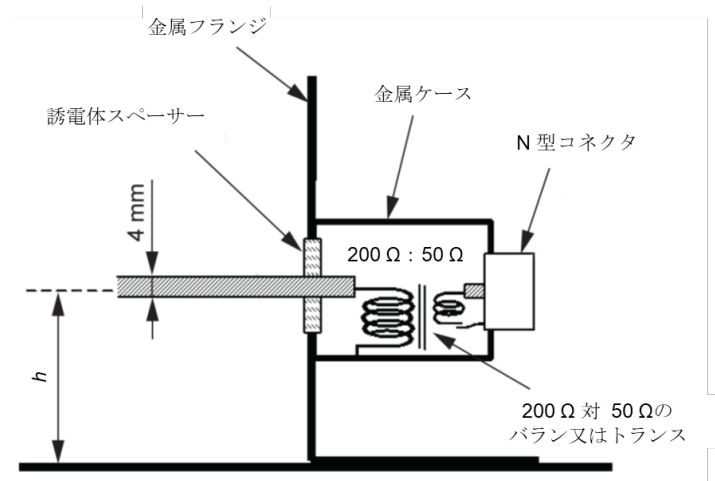
いずれのアダプタ構造(図 26、図 27、図 29～図 31)も、この特性及び特性劣化の確認に使用が可能である。試験ジグと測定機器との間のケーブルで発生する共振効果及び多重反射を避けるため、特性確認を行う際は試験ジグに近接する場所にそれぞれ 10 dB の減衰器を挿入する必要がある。

- a) 50 Ω のアダプタを使用する場合 (図 29)、特性及び特性劣化の確認のための挿入損測定は、次に示す二つの配置において測定された減衰量の差 (dB) を意味する。
- 1) 配置 1 : 試験ジグが無い状態で二つの減衰器が直接接続された配置
 - 2) 配置 2 : CMAD を含む試験ジグに二つの減衰器が接続された配置
- b) もし整合アダプタ (図 30、図 31) を使用する場合は、特性及び特性劣化の確認のための挿入損測定は、次に示す二つの配置において測定された減衰量の差 (dB) を意味する。
- 1) 配置 1 : CMAD が無い試験ジグ (CMAD を取り付けない場合のジグ) に二つの減衰器が接続された配置
 - 2) 配置 2 : CMAD を含む試験ジグに二つの減衰器が接続された配置



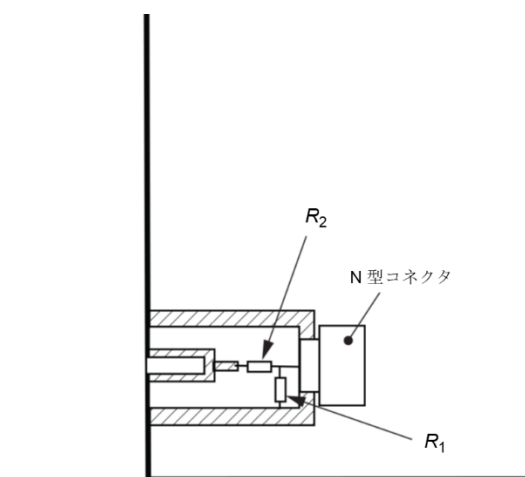
注) 垂直フランジの底面は金属大地面に電氣的に接合されている。

図 29 - ジグの垂直フランジにおける 50 Ω アダプタ構造の例



注) 平衡ポートのセンタータップがバランのケースに接続されている場合は、その接続を外すことが望ましい。

図 30 - バラン又はトランスを持つ整合アダプタの例



$$R_1 = 50 \sqrt{\frac{Z_{0,jig}}{Z_{0,jig} - 50}} \quad \Omega$$

$$R_2 = \sqrt{Z_{0,jig}(Z_{0,jig} - 50)} \quad \Omega$$

h mm	$Z_{0,jig}$ Ω	R_1 Ω	R_2 Ω
30	204	57.6	177.3
65	248	56.0	221.6
90	270	55.4	243.7

図 31 - 抵抗を用いた整合回路を持つ整合アダプタの例

9 全放射電力測定用反射箱

放射妨害波測定は引用規格 (7)に規定された方法を用いて反射箱にて実施してもよい。

10 放射妨害波測定用 TEM 導波路

放射妨害波測定は参考文献 [22]に規定された方法を用いて TEM 導波路にて実施してもよい。

付則 A (規定) アンテナのパラメータ

A.1 概要

様々な CISPR 規格文書において、測定に用いる特定のアンテナが規定されている。他の型式のアンテナは、規定されたアンテナと同等な測定結果が得られる場合に使用することが可能である。適切なパラメータのリストは、規定されたアンテナとこれらのアンテナの比較に役立つ。これらのパラメータは、新しいアンテナ型式の CISPR 受入れ要件として規定されていなければならない。また、アンテナ製造業者は、放射妨害波測定用アンテナの最も利用価値の高い仕様を規定するガイダンスとして、この情報を使用しなければならない。

製造業者は、次のパラメータを含む各アンテナ型式についての総括的な情報を提供することが推奨される。

- 50 Ω システムでの自由空間アンテナ係数
- 反射減衰量
- 著しい変化を見つけるための十分な周波数間隔での放射パターン（ビーム幅の情報を含む）
- アンテナを高さ 1 m からと 4 m の範囲で走査する際に大地面との相互結合によって生ずる自由空間アンテナ係数の変動を考慮した周波数依存性のある不確かさ
- 特にバイコニカル アンテナ及びハイブリッド アンテナにおけるバランの平衡/不平衡モード変換
- 特に LPDA 及びハイブリッド アンテナにおける XPR

A.2 推奨アンテナ

A.2.1 概要

電界強度許容値に対して不適合が疑われる場合は、低不確かさアンテナを使うことが望ましい。低不確かさアンテナは、CISPR の測定条件における電界強度を 4.1 節の電界強度精度基準を満足する他のアンテナよりも小さい不確かさで測定することが可能である。低不確かさアンテナは A.2.3 に記載されている。

A.2.2 理論計算可能なアンテナ

理論計算可能な基準ダイポールアンテナは、電界強度測定にとって最も小さい不確かさを実現する。そのアンテナ係数は自由空間における値について、又は明確に定義された大地面上で任意の高さ及び偏波面における値についても計算が可能である。理論計算可能な基準ダイポールの原理は引用規格 (2) に共振状態においてだけ記載されている。

しかしながら、広く利用されている電磁気数値解析モデルを使用して、短縮ダイポールのアンテナ係数は、 ± 0.3 dB 未満の不確かさで広い周波数範囲にわたって計算することが可能である。例えば、30 MHz の測定に 80 MHz に共振したアンテナを使うことが可能である。その原理は、更に広い帯域幅をカバーするマルチワイヤ・アンテナに拡大することが可能である。

A.2.3 低不確かさアンテナ

低不確かさアンテナとは、基本パラメータが本項に記載されるバイコニカルアンテナと LPDA アンテナである。これらは広帯域で十分な感度を持っている。つまり、それらのアンテナ係数はあまり大きくはない。理論計算可能なダイポールアンテナは低不確かさアンテナとして使用でき、潜在的に最も小さい不確かさを持っている。XPR は 4.5.5 項の要求を満足しなければならない。また、いかなるバランも 4.5.4 項に示される要求を満足しなければならない。アンテナ係数は、国家標準にトレーサビリティを持つ校正試験所によって決定されなければならない。また、アンテナ係数は、決定の不確かさが最小になるように選択しなければならない。

30 MHz から 250 MHz までの周波数範囲で使用されるバイコニカルアンテナ、及び 250 MHz から 1 GHz までの周波数範囲で使用される LPDA アンテナは、低不確かさアンテナの型式として認められる。250 MHz を切換周波数とする理由は次のとおりである。LPDA アンテナは、切換周波数を 250 MHz にすることで、アンテナの長さによって発生する位相中心誤差を小さくすることが可能となる。ほとんどのバイコニカルアンテナが 290 MHz 以上で持っている共振によって影響を受ける。ポータブル又は折り畳める構造のオープンエレメントが使用されていないバイコニカルアンテナは、260 MHz 以上の放射パターンにひずみが発生する。

バイコニカルアンテナと LPDA アンテナとの実際の切換周波数が、200 MHz から 250 MHz の間にある場合がある。ただし、この場合、位相中心の不確かさが少し増える（引用規格 (3)参照）。30 MHz から 1 GHz までの全周波数範囲をカバーするハイブリッドアンテナは、主としてアンテナの物理長がより大きいため、不確かさがバイコニカルアンテナや LPDA アンテナよりも大きくなるので、適切なアンテナではない。特に、通常の測定距離 10 m に対し測定距離 3 m で使用することは適切でない。

低不確かさバイコニカルアンテナは、バランの幅にもよるが、端から端まで約 $1.35\text{ m} \pm 0.03\text{ m}$ のエレメント長と、最大直径が約 0.52 m の円すい形に広がる 6 本の線状エレメントを持つ。バランは、 $200\ \Omega : 50\ \Omega$ の変成器を用いて設計されていなければならない。このバランを用いれば、 $50\ \Omega : 50\ \Omega$ のバランに比べて、30 MHz でよりよい感度を持ち、周囲環境の影響も受けにくくなる。

注) バイコニカルアンテナは、参考文献 [7] に示されている原型を基に 20 MHz から 200 MHz までの周波数で使用するよう設計されている。折り畳めるエレメントを持つタイプはケージ型の閉じたエレメントタイプより 250 MHz 以上の周波数でよい性能が得られる。

低不確かさ LPDA アンテナは、下限周波数が 200 MHz（エレメント長は約 0.75 m）で、この最長エレメントと 1 GHz 以上に共振を持つ最短エレメントとの間隔は $0.75\text{ m} \pm 0.12\text{ m}$ になるように設計されている。

250 MHz で最長エレメントを持たない理由は、放射パターンをひずませる原因となる他のエレメントによる制限を受けないようにするためである。

アンテナ長 0.75 m とするのは、次のアンテナと区別するためである。

低不確かさ LPDA アンテナより高い利得を持っているが、より大きな位相中心誤差を持つ 2 倍以上の長さのアンテナ

周波数に従って滑らか、かつ、単調に（変動が全周波数範囲にわたる回帰線から 1.5 dB 以上の急峻な

変化がない) 増加するアンテナ係数を持たない、0.6 m 以下の長さのアンテナ

LPDA による位相中心誤差は、アンテナと EUT 間の距離を考慮して測定された電界強度に補正を適用することで最小限に抑えることが可能である (引用規格 (4) 7.3.1 項 参照)。

A.3 単純なダイポールアンテナ

A.3.1 概要

試験所が校正されたアンテナを入手できない場合、代替として、理論計算可能なダイポールアンテナ又は同調ダイポールアンテナを使用することが可能である。同調ダイポールアンテナは比較的簡単な構成で、電界強度測定用アンテナとして A.2 節に記載されているアンテナに匹敵する小さい測定不確かさを持っている。

同調ダイポールのアンテナ係数は、いずれかの方法で検証されなければならない。すなわち、国家標準に対するトレーサビリティを提供し、アンテナ係数の測定不確かさを最小限に抑えるよう努める校正試験所によって決定するか、又は一対の同じ形状のダイポールアンテナを大地面上 (付則 D に準拠) に設置して SIL を測定することによって決定されなければならない。その測定値は、引用規格 (2) 付則 C を参照し、バラン損失を考慮して計算される結合値とともに比較しなければならない。

同調ダイポールアンテナの欠点は、周波数範囲の下端下限周波数で、例えば 30 MHz で長さが 4.8 m と長くなってしまうことである。これは、3 m の測定距離では、振幅と位相の勾配によって生じる誤差となる。さらに、ダイポールアンテナの同調周波数で、周囲環境 (大地面) に大きく影響を受ける。例えば 30 MHz 同調ダイポールアンテナを水平偏波で高さ 1 m から 4 m まで走査したとき、大地面下のイメージアンテナとの相互インピーダンスによって、アンテナ係数が最大 6 dB 変化することになる。この理由から、80 MHz 以下の周波数では 80 MHz に同調した短縮ダイポールの使用が推奨される。

A.3.2 同調ダイポール

実際にかつ単純に設計された同調ダイポールアンテナは、直並列同軸スタブ・バランを備えた半波長共振ダイポールである。ダイポールエレメントの半径にもよるが、ダイポールの端から端までの長さは約 0.48 波長である。自由空間アンテナ係数 F_a は、下記の式から計算でき、デシベルで表される。この値はバランロスを含んでいない。バランロスは平均値で 0.5 dB がアンテナ係数に加えられる。バランロスの値は確認しなければならない。アンテナ係数は次式による。

$$F_a = 20 \log (f_M) - 31.4$$

ここで、 F_a はアンテナ係数で単位は $\text{dB}(\text{m}^{-1})$ 、 f_M は周波数で単位は MHz である。

同調ダイポールは、広帯域アンテナ (共振周波数を除く (ただし LPDA アンテナを含めない)) よりも周囲環境の影響を受けやすいため、同調ダイポールを使用した場合全体の不確かさは、4.5.2 項の低不確かさアンテナを使用した場合より小さくなることはない。

A.3.3 短縮ダイポール

次の条件で、半波長より短いダイポールアンテナを使用してもよい。

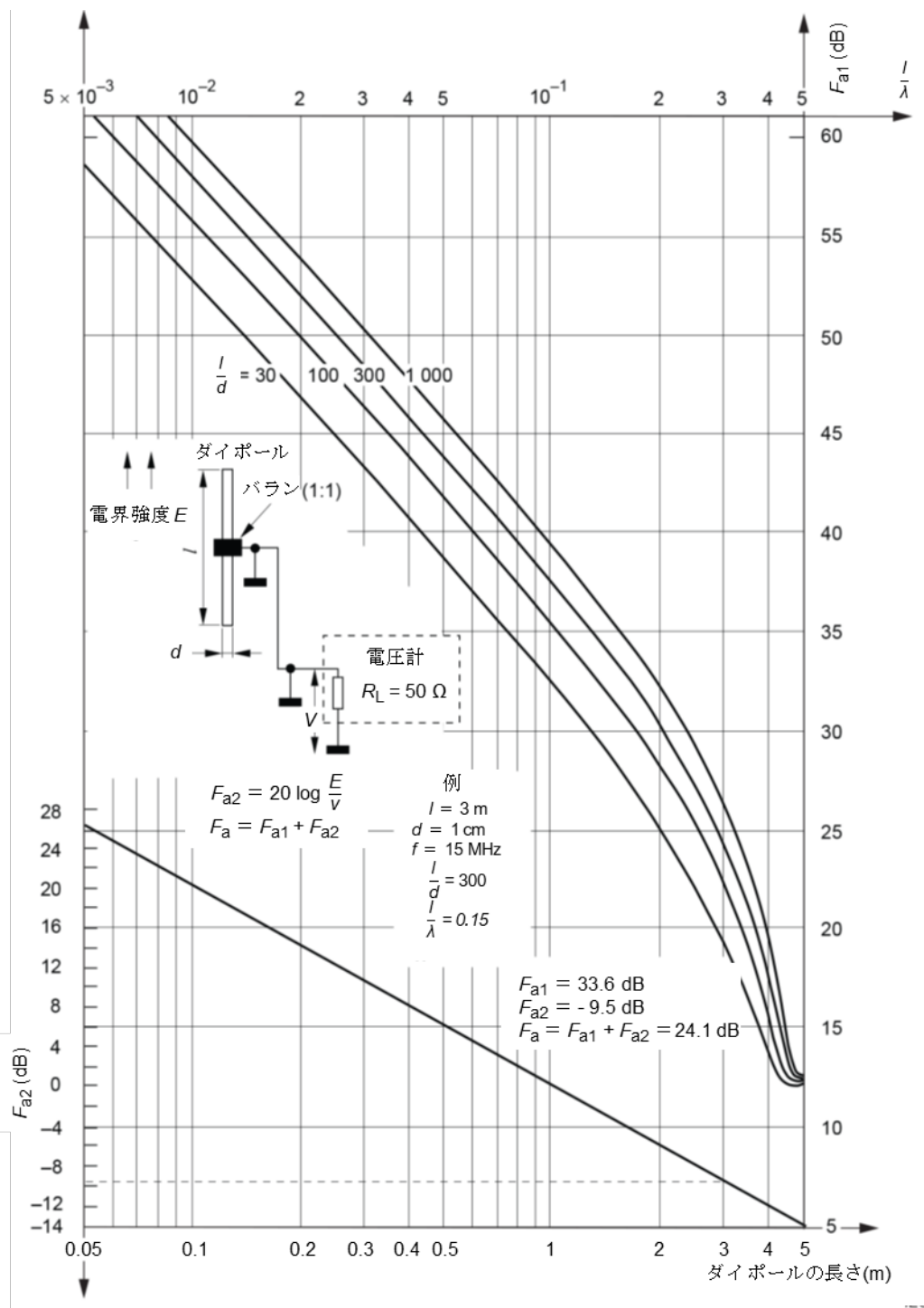
- a) 測定周波数において、アンテナ全長が 1/10 波長より長くする。
- b) アンテナは、受信機端において、ケーブル入力 of 反射減衰量が 10 dB 以上となるように、十分よく

整合したケーブルに接続する。校正は反射減衰量の値を考慮しなければならない。

- c) アンテナは、同調ダイポールアンテナ（4.5.3 項 参照）と同等な偏波識別能力を持っている。そのためには 4.5.4 項のバランの不平衡テストを満たすバランが必要である。
- d) 電界強度の値を決定するには、（アンテナ係数の）校正曲線を測定距離（例えば、ダイポールアンテナの長さの少なくとも 3 倍以上の距離）に応じて決定し、使用する。

注) このようにアンテナ係数を求めれば、均一の正弦波電磁界を精度さ ± 3 dB 以内で測定することを定めた要求事項を満足する。図 A.1 に、受信機の入力インピーダンス $50\ \Omega$ で l/d 比が異なる場合について、電界強度と受信機入力電圧との理論的關係を与える校正曲線の例を示した。この図では、バランを理想的な 1 : 1 の変成器として扱っている。なお、これらの曲線は、バラン、ケーブル及びケーブルと受信機間のあらゆる不整合に由来するいずれの損失も含んでいないことに注意する。

- e) ダイポールアンテナの長さを短くすると、アンテナ係数が大きくなる。これにより、測定用受信機の感度損失があるが、測定器の測定限界（例えば、測定用受信機の雑音レベル及びダイポールアンテナのアンテナ係数によって決まる）は、妨害波許容値より少なくとも 10 dB 低くなければならない。



注) A.3.3 の d) を参照

図 A.1 - $R_L = 50 \Omega$ の短縮ダイポールのアンテナ係数

A.4 広帯域アンテナパラメータ

A.4.1 概要

測定に用いる広帯域アンテナは、直線偏波であり、広い周波数範囲にわたって用いることを意図したアンテナである。このことは、エレメント長を限られた範囲で調整するか、エレメントを追加するようなアンテナの使用を妨げるものではない。このようなアンテナのインピーダンスは、通常、実数部と虚数部の両方を含んでいる。規定することが可能な他のパラメータを次に示す。

A.4.2 アンテナの型式

A.4.2.1 概要

A.4.2.2 項から A.4.2.7 項は、規定されるべき広帯域アンテナの物理的なパラメータに関するものである。アンテナによっては、適用できないものもあることに注意する。

A.4.2.2 長さ又は直径が固定又は可変のアンテナ形状

アンテナの長さを変えられる場合には、基本の固定長を変えるために追加又は削除するセクションの数を明示する。

注) 完全な同調型アンテナは広帯域とは考えないので、ここでは取り上げない。また、通常、ループアンテナの直径は変化できない。

A.4.2.3 奥行きと幅の比又はループ直径

寸法は (m) で規定する。LPDA アンテナに関しては、例えば、測定軸に沿ったブームの長さで最大アンテナエレメント幅を明示する。

A.4.2.4 能動アンテナ又は受動アンテナ

増幅器、前置増幅器、又は周波数応答信号及び／又は波形を増幅するその他非線形能動素子を含む広帯域アンテナは、能動アンテナとみなされる。

A.4.2.5 取り付け器具

典型的な三脚又はアンテナポジショナに取り付けられないものは、特に取り付けに関する情報を提供しなければならない。

A.4.2.6 コネクタの型式

BNC 型、N 型、SMA 型などの適したものを明示する。ピンデプスの許容誤差を明示し、それをピンデプスゲージで確認することが望ましいことを記載する。

A.4.2.7 バランの型式

バランが、分離型か分布型か同調型かなどを明示する。バランの変換比を明示する。

A.4.3 アンテナの仕様

A.4.3.1 周波数範囲

アンテナがその特性を維持して動作する周波数範囲を、MHz 又は kHz で明示する。周波数範囲のどちらかの端で、オクターブ当たりの dB 量で減衰特性が定義可能なら、それを明示する。

A.4.3.2 利得及びアンテナ係数

A.4.3.2.1 利得

等方性の放射源に対する代表的な又は実際の利得(dBi)を明示する。

A.4.3.2.2 アンテナ係数

代表的又は実際のアンテナ係数を、 $\text{dB(m}^{-1}\text{)}$ で明示すること。アンテナ校正方法は引用規格 (3)を参照する

A.4.3.3 直線偏波の指向性とパターン

アンテナの E 面及び H 面の指向性パターンを極座標上で指定し、周波数毎の変化が顕著である周波数で表示する。指向性が比較的低いアンテナ（例：6 dBi 未満）の場合、前後比をデシベルで指定する。アンテナが全方向性（例えば、ヘルツアンテナパターンを持つ場合）である場合は、その旨を記載しなければならない。

A.4.3.4 VSWR とインピーダンス

最大 VSWR と抵抗の定格入力インピーダンスを示す。最小反射減衰量及び公称入力インピーダンスをオーム単位で示す。また、最小反射減衰量は最大 VSWR として表現することが可能である。

A.4.3.5 能動アンテナの性能

増幅器付きのアンテナについては、相互変調積のレベル、外来妨害波の電界強度及び磁界強度に対するイミュニティレベル、更に過負荷や誤動作のチェック方法等を明示する。

A.4.3.6 取り扱える電力

イミュニティ試験の送信用としては、最大電力容量と過渡的電力容量を (W) で規定する。

A.4.3.7 その他の条件

アンテナが動作する温度と湿度の範囲及びアンテナが天候に対する防護のない場所で用いられる場合の注意事項を規定する。

A.4.4 アンテナ校正

アンテナ校正の方法は、引用規格 (3)で規定している。

A.4.5 アンテナ使用者への情報

A.4.5.1 アンテナの使用法

アンテナの使用法に関して、説明する。誤用防止のため、いかなる注意事項や制限条件も確実に示す。

A.4.5.2 物理的な制限

例えば次に示すような、アンテナを使用する際に物理的な制限条件がある場合には明示する。

- a) 大地面からの最低アンテナ高
- b) 大地面に対する推奨される偏波
- c) 受信アンテナ又は送信アンテナとしてだけに使われるなどの特別な使用法。通常は、受動アンテナに関してはバランの取り扱い電力容量、能動アンテナに関しては非双方向性特性などで限定される。もし非溶接アンテナエレメント接続部のアーク放電によって電力容量が制限される場合には明示する。

- d) アンテナの電氣的接続の状態を調べるための簡単な抵抗値検査
- e) EUT とこれに最も近いアンテナエレメントとの最小間隔

付則 **B**
(削除)

付則 C (規定)

周波数範囲 9 kHz から 30 MHz までの磁界誘導電流測定用の LLAS

C.1 概要

本付則は、ラージループアンテナシステム (LLAS) に関する情報及びデータを示す。LLAS は、その中心に置かれた 1 台の EUT から発生した磁界によって誘導された電流を測定する装置である。9 kHz から 30 MHz までの周波数範囲で使用する。本答申の 4.7 節及び引用規格 (4) は LLAS について記載している (参考文献 [9])。

本付則では LLAS の詳細及び LLAS を構成する個々のアンテナ妥当性確認の方法について記載する。

変換係数は、磁界強度とそれによって誘導された電流の関係を結びつける。ただし、その磁界強度とは、野外試験場で同じ EUT から指定距離だけ離れておかれた単一ループアンテナで測定した値である。

C.2 LLAS の構造

図 C.1 に示した LLAS は、C.3 で述べるように、三つの互いに直交した LLA (ラージループアンテナ) で構成されている。LLAS 全体は、非金属性の支柱で支えられている。

LLA の電流プローブと同軸スイッチ間、及びそのスイッチと測定装置間の 50 Ω 同軸ケーブルは、表面伝達インピーダンスが、100 kHz で 10 m Ω /m、10 MHz で 1 m Ω /m より小さくなければならない。この要求事項は、たとえば、2 重編みシールド同軸ケーブル RG223/U を用いれば満たすことが可能である。

全てのコネクタの表面伝達インピーダンスは、同軸ケーブルと同程度でなければならない。この要求事項は、例えば良品の BNC 型コネクタを用いれば、満たすことが可能である (参考文献 [1])。

全てのケーブルには、図 C.1 の F で示したフェライト吸収体を取り付け、コモンモード直列抵抗 R_s が 10 MHz で 100 Ω を超えるようにしなければならない。この要求事項は、例えば、最小サイズ (外径 29 mm $\times$ 内径 19.1 mm $\times$ 高さ 7.5 mm) の環状フェライトを 12 個使えば、満たすことが可能である。

C.3 LLA の構造

LLAS の各 LLA は同軸ケーブルでできており、その表面伝達インピーダンスは C.2 で規定する。さらに LLA の内部導体抵抗は、十分小さくなければならない (注 1 参照)。両方の要求事項は、例えば、2 重編みシールド同軸ケーブル RG223/U を用いれば、満たすことが可能である。

同軸ケーブルは、図 C.2 で示すように、その形状を円形に保つと共にスリット部を保護するために、内径約 25 mm の厚さの薄い非金属被覆管に入れられている。同様の目的に、他の非金属構造物も使用してもよい。

ループの標準直径 D は 2 m である。しかし、必要であれば、例えば大きい機器の試験などでは、 D は大きくてもよい。ただし、30 MHz までの周波数範囲では、許容される最大直径は 4 m である。それ以上の直径になると、測定周波数範囲の高周波端で、LLAS の応答は再現性のない共振状態になる可能性

がある。C.4 で規定した妥当性確認の方法は、直径 2 m、3 m 又は 4 m の LLA に適用される。

LLA の直径 D が増大すると、周囲雑音に対する感度は D に比例して増加し、希望信号に対する感度は、 D の 2 乗に反比例して減少することに注意する。

LLA は、反対方向に向かい合う二つのスリットを持つ。それは、C.2 に示すように、LLA の電流プローブと対称に配置される。このようなスリットは、図 C.3 に示すように、同軸アンテナケーブルの外部導体に切っており、幅は 7 mm より狭くなくなければならない。そのスリットは、二つの 100 Ω 抵抗の並列回路で直列に接続される。各直列回路の中央部は同軸アンテナケーブルの内部導体に接続する。

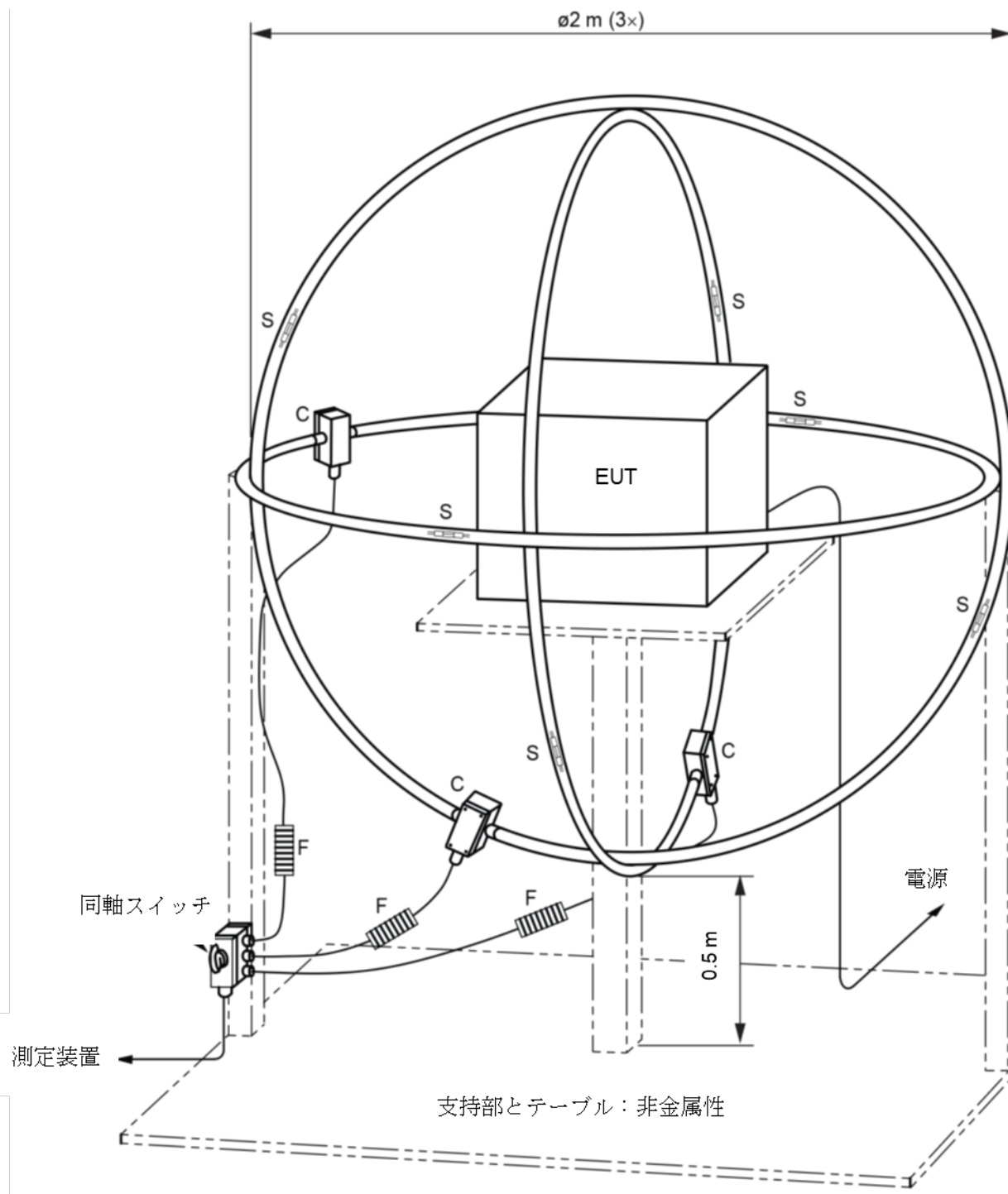
スリットの両端において、スリット部を頑丈にするために、少なくとも 5 mm は離れている二つの長方形銅板を介して、同軸アンテナケーブルの外部導体をプリント回路基板に固定してもよい（図 C.4 参照）。

LLA の同軸アンテナケーブルの内部導体に取り付けた電流プローブは、9 kHz から 30 MHz までの周波数範囲で、1 V/A の感度を持たなければならない。電流プローブによる挿入損は十分低くなければならない（注 参照）。

注) 9 kHz から 30 MHz までの周波数範囲の下限周波数で各 LLA の平坦な周波数応答を得るために、電流プローブの挿入インピーダンスの抵抗部分 R_c は、 $f = 9 \text{ kHz}$ で $2\pi f L_c$ よりも十分小さくなるように設計されている。ここで、 L_c は、電流プローブのインダクタンスである。さらに、9 kHz で $(R_c + R_l) \ll X_l = 2\pi f L$ が望ましい。ここで R_l は、ループの内部導体の抵抗、 L は、ループのインダクタンスである。このインダクタンスは、全周にわたり約 1.5 $\mu\text{H/m}$ である。したがって、標準 LLA では、9 kHz のとき、 X_l は約 0.5 Ω となる。

LLA の同軸ケーブルの外部導体は、電流プローブを内蔵する金属箱に取り付けなければならない（図 C.5 参照）。この箱の最大寸法は、幅 80 mm、長さ 120 mm、高さ 80 mm である。

EUT と LLAS の間の不要な容量結合を避けるために、EUT と LLAS 構成部分との間の距離はループ直径の少なくとも 0.10 倍でなければならない。EUT の導線には特に注意を払うことが望ましい。ケーブルはまとめて配線し、LLA が占める球空間の同一八分儀区間から引き出し、どの LLAS ループに対して 0.4 m 以内に近づかない配置にしなければならない（図 C.6 参照）。



- S アンテナスリット
C 電流プローブ
F フェライト吸収体

図 C.1 - 三つの相互に直交する LLA で構成される LLAS

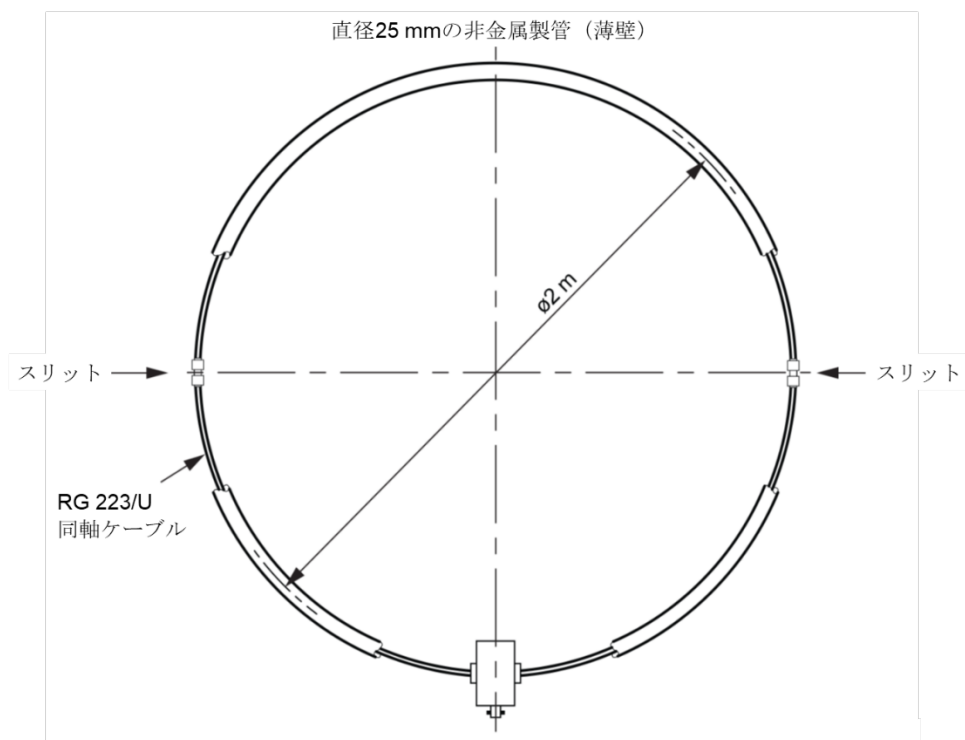


図 C.2 - 電流プローブと対称に配置された二つの向かい合うスリットを持つ LLA

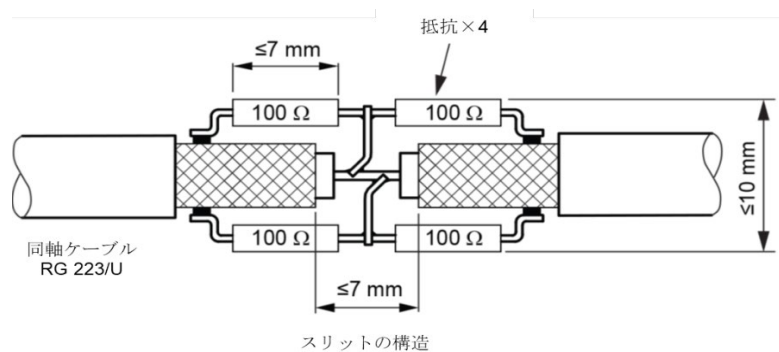


図 C.3 - アンテナスリットの構造 LLA スリットの構造

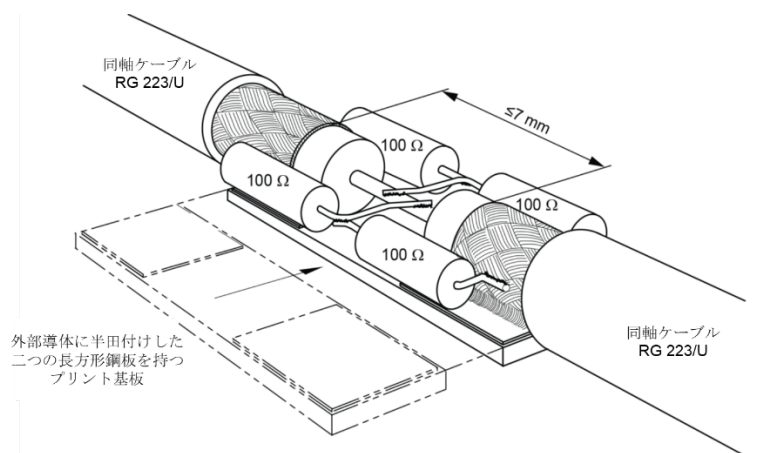


図 C.4 - 頑丈な構造を得るためにプリント回路基板に取り付けたアンテナスリット構造の例

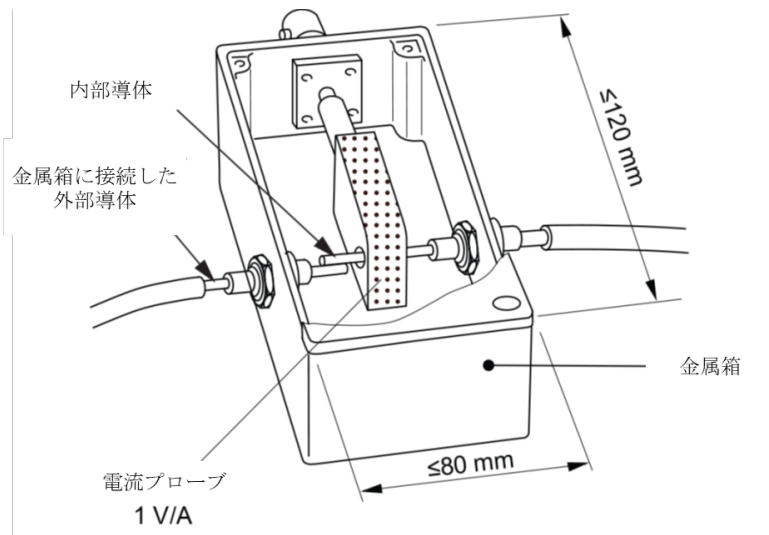


図 C.5 - 電流プローブを内蔵する金属箱の構造

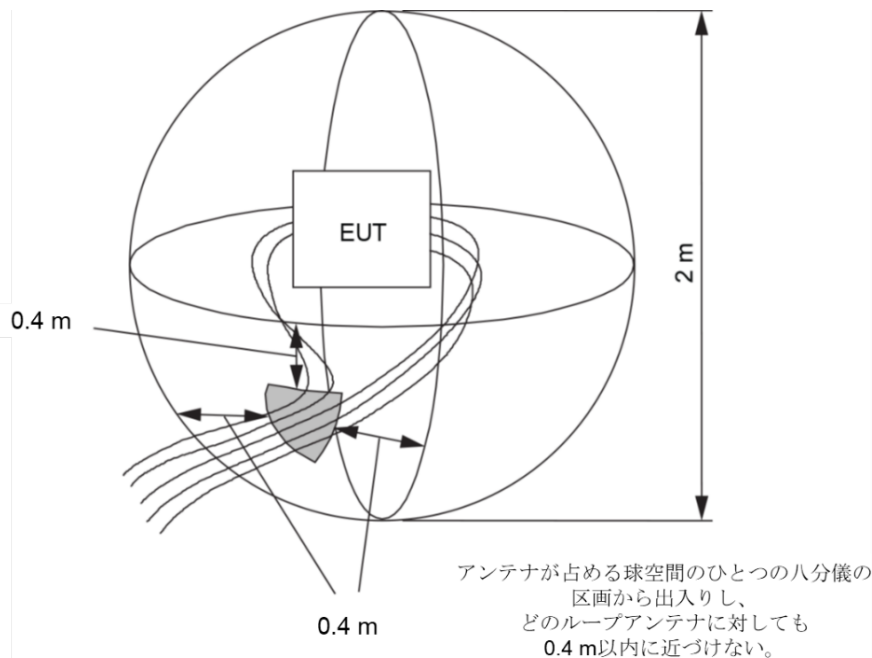


図 C.6 - ループの導線からの浮遊容量をなくすための、EUT からのケーブル配置例

C.4 LLAS の妥当性確認

LLAS の妥当性確認は、C.5 に示すように、 $50\ \Omega$ の RF 発生器に接続されたバラン付きダイポールによって LLAS を構成する三つのループアンテナのそれぞれに誘導される電流を測定しなければならない。バラン付きダイポールが発生する磁界により、LLAS の磁界に関する感度を検証できる。また、バラン付きダイポールが発生する電界によって、LLAS の電界に対する感度は十分に低いことが検証できる。

LLAS の妥当性確認は、LLAS による測定を通常、行っている試験場で実施しなければならない。これは、特定の環境における床、壁、及び同様の構造物や表面の LLAS への影響を考慮するためである。

妥当性確認の測定は、少なくとも次の周波数において行わなければならない。

9 kHz、100 kHz、1 MHz、2 MHz、3 MHz、5 MHz、10 MHz、15 MHz、20 MHz、25 MHz、30 MHz

図 C.7 に示す 8 箇所の位置に LLAS 妥当性確認用のバラン付きダイポールを置いて、9 kHz から

30 MHz までの範囲で、誘導電流を周波数の関数として測定しなければならない。この測定を行う間、バラン付きダイポールは、確認対象の LLA と同一平面内になければならない。

測定された妥当性確認係数を RF 発生器の開放端電圧 V_{go} と電流測定値 I_l の比をデシベルで表した $\text{dB}(\Omega)$ 、すなわち $20 \log(V_{go}/I_l)$ とするとき、8 箇所の各々において、図 C.8 及び表 C.1 に示す適正な妥当性確認係数から $\pm 3 \text{ dB}$ を超えてはならない。

図 C.8 及び表 C.1 に示した妥当性確認係数は、標準直径である $D=2 \text{ m}$ の他、 $D=3 \text{ m}$ 及び 4 m の円形ループを備えた LLAS に対する値である。

図 C.8 に示した曲線の値を表 C.1 に示す。これらの値を LLAS の妥当性確認に使用しなければならない。

妥当性確認係数を導出するための根拠と式は、参考文献 [23] を参照する。

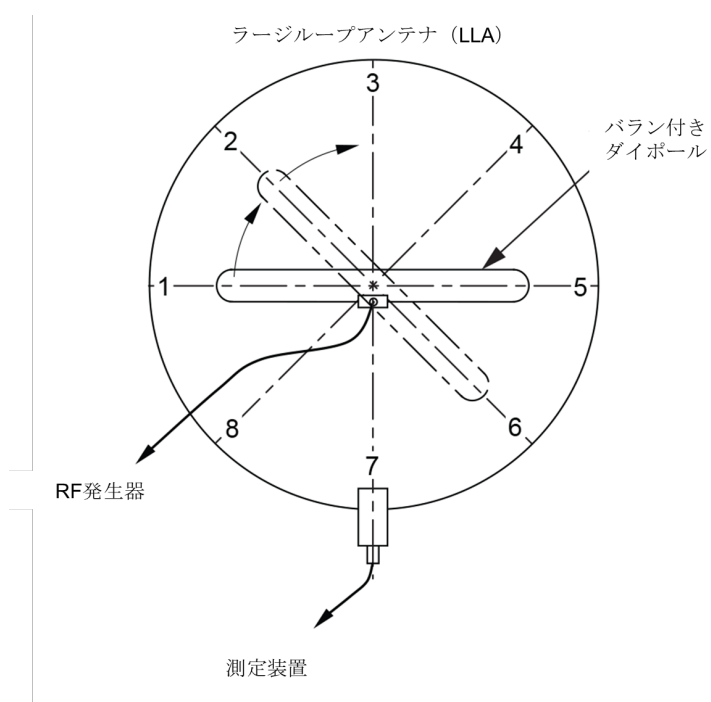


図 C.7 - LLAS を妥当性確認する際のバラン付きダイポールの 8 箇所の配置場所

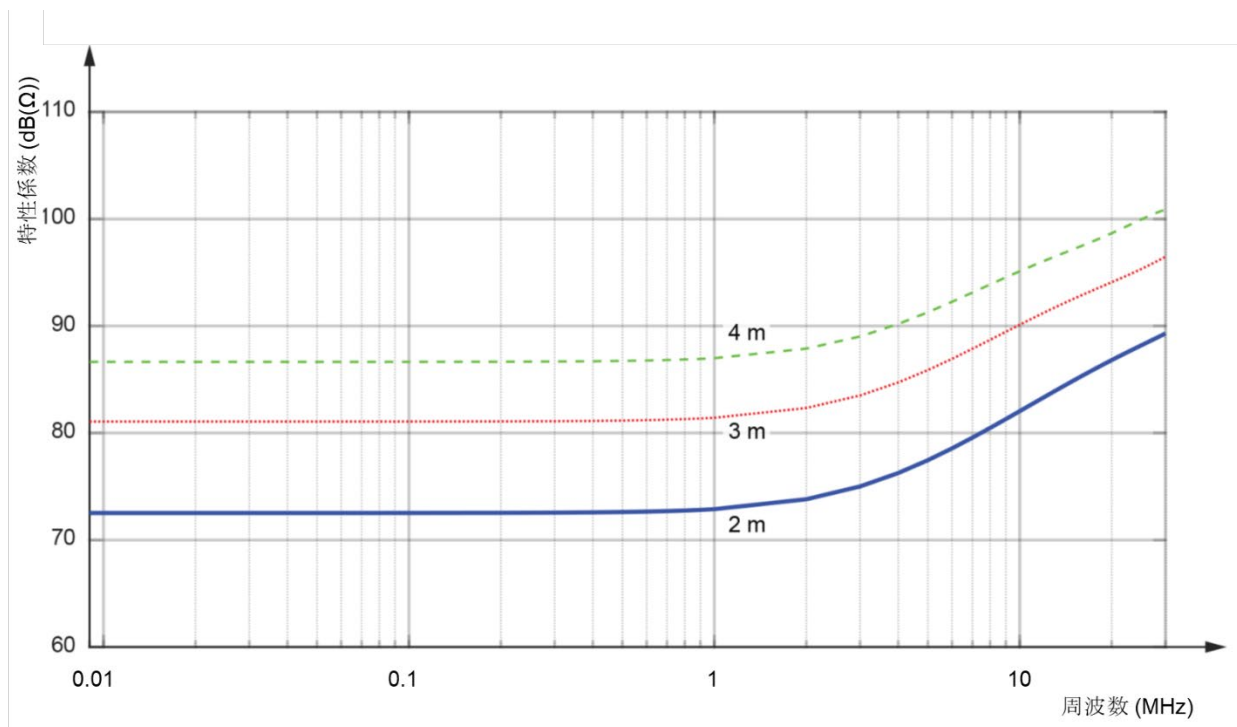


図 C.8 - 直径 2 m、3 m 及び 4 m の LLA の妥当性確認係数

表 C.1 - 図 C.8 に示した直径 2 m、3 m 及び 4 m の LLA に対する妥当性確認係数

周波数 MHz	妥当性確認係数			周波数 MHz	妥当性確認係数		
	2 m LLAS	3 m LLAS	4 m LLAS		2 m LLAS	3 m LLAS	4 m LLAS
	dB(Ω)				dB(Ω)		
0.009	72.52	81.07	86.64	7	79.57	87.87	93.13
0.01	72.52	81.07	86.64	8	80.47	88.71	93.88
0.02	72.52	81.07	86.64	9	81.30	89.45	94.54
0.03	72.52	81.07	86.64	10	82.04	90.12	95.11
0.04	72.52	81.07	86.64	11	82.72	90.71	95.62
0.05	72.52	81.07	86.64	12	83.34	91.24	96.07
0.06	72.52	81.07	86.65	13	83.90	91.72	96.47
0.07	72.52	81.07	86.65	14	84.42	92.15	96.84
0.08	72.52	81.07	86.65	15	84.90	92.54	97.18
0.09	72.52	81.07	86.65	16	85.34	92.89	97.50
0.1	72.52	81.07	86.65	17	85.75	93.22	97.80
0.2	72.54	81.08	86.66	18	86.13	93.53	98.10
0.3	72.55	81.10	86.68	19	86.48	93.82	98.39
0.4	72.58	81.13	86.70	20	86.81	94.09	98.67
0.5	72.61	81.16	86.73	21	87.12	94.35	98.94
0.6	72.65	81.20	86.77	22	87.41	94.60	99.21
0.7	72.70	81.24	86.82	23	87.68	94.85	99.47
0.8	72.75	81.30	86.87	24	87.94	95.09	99.72
0.9	72.81	81.36	86.93	25	88.19	95.32	99.96
1	72.88	81.42	86.99	26	88.43	95.56	100.18
2	73.81	82.33	87.88	27	88.66	95.79	100.38
3	75.01	83.51	89.02	28	88.88	96.02	100.57
4	76.26	84.72	90.19	29	89.09	96.25	100.73
5	77.46	85.88	91.28	30	89.30	96.47	100.88
6	78.56	86.93	92.26	-	-	-	-

C.5 バラン付きダイポールアンテナの構造

図 C.9 のバラン付きダイポールは、LLAS で測定されるべき磁界、及び測定されてはならない電界が同時に発生するように設計されている。

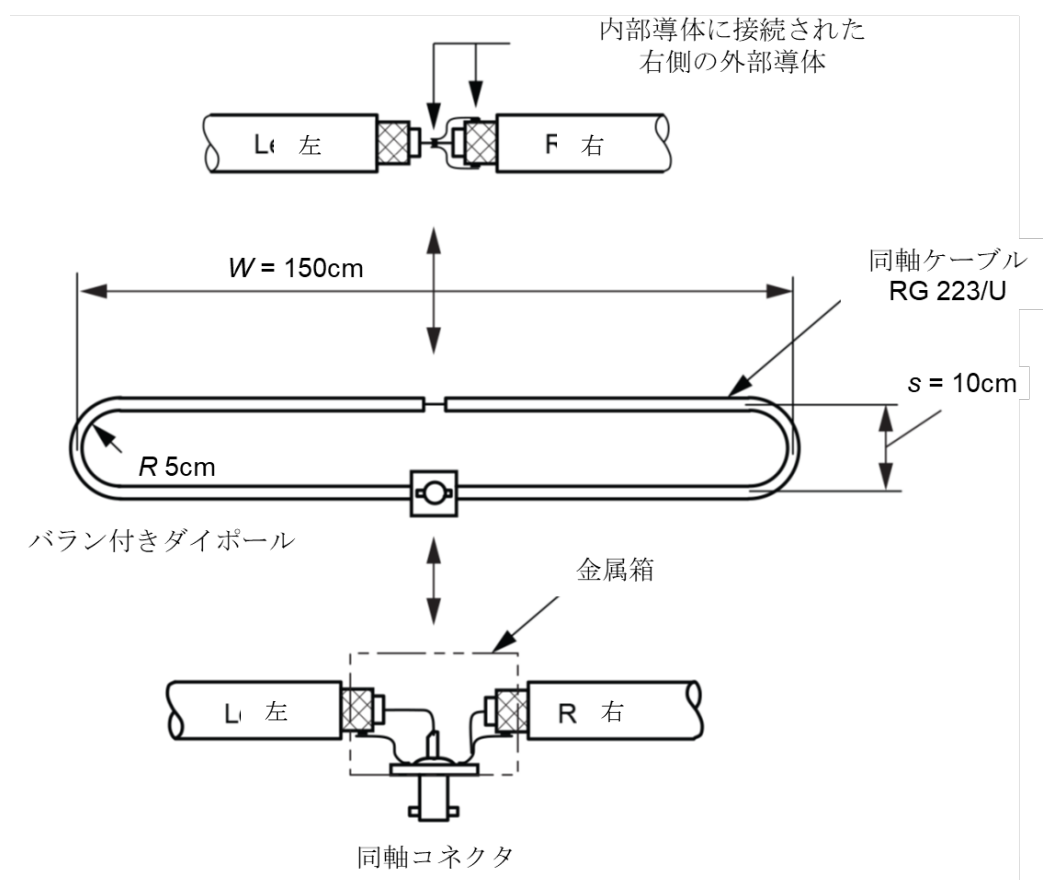
バラン付きダイポールは、RG-223/U 又は同様のタイプの同軸ケーブルを使用して構成し、図 C.9 に示すとおり幅 $W = 150 \text{ cm}$ 、間隔 $s = 10 \text{ cm}$ （いずれもケーブル中心間の距離）としなければならない。同軸ケーブルの外導体のスリットによってダイポールは半分に分割されていなければならない。ダイポールの片側半分（図 C.9 の右側半分）は、スリット部とコネクタ部において短絡されていなければならない。ここで短絡とは、同軸ケーブルの内部導体と外部導体を電氣的に接続されていなければならない。

この半分は、同軸コネクタ（**BNC** 又は同様のタイプ）の基準接地側に接続されていなければならない。図 C.9 においてダイポールの左半分を形成する同軸ケーブルのうち、内部導体は同軸コネクタの中心ピンに接続され、外部導体は同軸コネクタの接地側に接続されていなければならない。

同軸コネクタ付近の接続部を遮へいするため、小さな金属箱を用いなければならない。同軸ダイポールのケーブルの両半分の外部導体は、同軸コネクタの接地部でこの金属箱に接続しなければならない。

また、**BNC** コネクタの場合には **BNC** コネクタ付近の接続を遮蔽するため、小さな金属箱を用いてもよい。同軸ケーブルの両半分の外部導体は **BNC** コネクタの接地部でこの金属箱に接続する。

ダイポールは、頑丈にするため、非導電性の支柱で支える。



注) 表示されている距離はケーブル中心からケーブル中心までの距離

図 C.9 - バラン付きダイポールの構造

C.6 変換係数

C.6.1 概要

本節は、非標準直径の LLA で測定された電流値 (I) を、標準直径 $D = 2 \text{ m}$ の LLA を使用して測定される電流値に変換する係数について述べる (図 C.10 及び表 C.2 参照)。さらに、EUT によって LLA に誘起された電流値 (I) を、EUT から規定の距離における磁界強度 H に変換するための係数について述べる (図 C.11 及び表 C.3)。根拠となる資料とこれらの変換係数を計算するための式は、参考文献 [23] に記載されている。

C.6.2 非標準直径を持つ LLA の電流変換係数

任意の直径 D (単位は m) の LLA で測定された電流と、標準直径 $D = 2$ m の LLA を使用して測定された電流との差 S_D は、デシベル単位 (dB(μA) など) で表され、図 C.10 (及び表 C.2) に直径 D の幾つかの値に対して示されている。これは、式 (C.1) で与えられる。

$$S_D = I_{Dm} - I_{2m} \quad (C.1)$$

ここで

I_{Dm} 直径 D の LLA の誘導電流の値 (dB(μA)単位)

I_{2m} 標準直径 2 m の LLA の誘導電流の値 (dB(μA)単位)

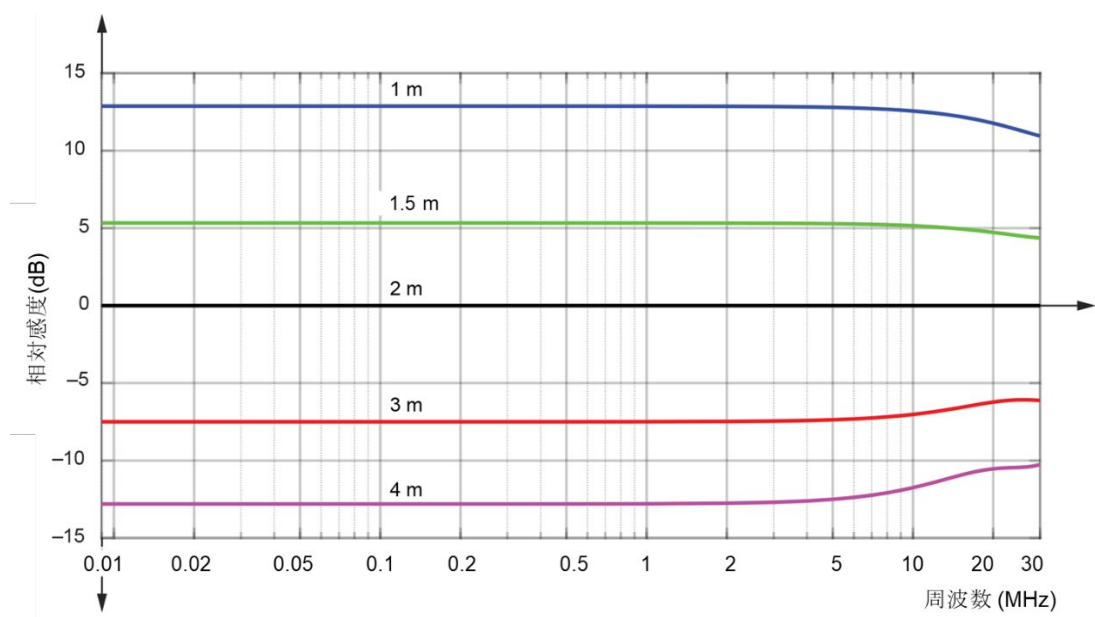


図 C.10 - 直径 2 m の LLA に対する直径 D を持つ LLA の感度 S_D

表 C.2 - 幾つかの直径 D を持つ LLA の直径 2 m の LLA に対する感度 S_D (図 C.10)

周波数 MHz	LLA 直径 D				周波数 MHz	LLA 直径 D			
	1 m	1.5 m	3 m	4 m		1 m	1.5 m	3 m	4 m
	dB	dB	dB	dB		dB	dB	dB	dB
0.009	12.88	5.34	-7.50	-12.80	7	12.72	5.24	-7.25	-12.24
0.01	12.88	5.34	-7.50	-12.80	8	12.67	5.22	-7.18	-12.08
0.02	12.88	5.34	-7.50	-12.80	9	12.62	5.19	-7.11	-11.92
0.03	12.88	5.34	-7.50	-12.80	10	12.56	5.16	-7.02	-11.75
0.04	12.88	5.34	-7.50	-12.80	11	12.50	5.12	-6.94	-11.58
0.05	12.88	5.34	-7.50	-12.80	12	12.43	5.08	-6.85	-11.41
0.06	12.88	5.34	-7.50	-12.80	13	12.36	5.04	-6.76	-11.25
0.07	12.88	5.34	-7.50	-12.80	14	12.29	5.00	-6.67	-11.09
0.08	12.88	5.34	-7.50	-12.80	15	12.21	4.96	-6.58	-10.96
0.09	12.88	5.34	-7.50	-12.80	16	12.12	4.91	-6.50	-10.84
0.1	12.88	5.34	-7.50	-12.80	17	12.04	4.87	-6.42	-10.73
0.2	12.88	5.33	-7.50	-12.80	18	11.95	4.82	-6.35	-10.65
0.3	12.88	5.33	-7.50	-12.80	19	11.86	4.77	-6.28	-10.58
0.4	12.88	5.33	-7.50	-12.80	20	11.77	4.73	-6.23	-10.53
0.5	12.88	5.33	-7.50	-12.80	21	11.68	4.68	-6.18	-10.50
0.6	12.88	5.33	-7.50	-12.80	22	11.60	4.64	-6.14	-10.48
0.7	12.88	5.33	-7.50	-12.80	23	11.51	4.60	-6.11	-10.46
0.8	12.88	5.33	-7.49	-12.80	24	11.42	4.55	-6.09	-10.45
0.9	12.88	5.33	-7.49	-12.79	25	11.33	4.52	-6.08	-10.44
1	12.87	5.33	-7.49	-12.79	26	11.25	4.48	-6.08	-10.43
2	12.86	5.33	-7.48	-12.75	27	11.17	4.45	-6.08	-10.40
3	12.85	5.32	-7.45	-12.69	28	11.09	4.41	-6.09	-10.37
4	12.83	5.30	-7.41	-12.61	29	11.02	4.39	-6.10	-10.32
5	12.80	5.29	-7.37	-12.50	30	10.95	4.36	-6.12	-10.25
6	12.76	5.27	-7.31	-12.38	-	-	-	-	-

C.6.3 LLA によって測定された電流値から磁界強度への変換

図 C.11 と表 C.3 に示した変換係数は、直径 2 m の LLA の中心に磁界発生源を配置したとき、特定の測定距離 (3 m、10 m 又は 30 m) における磁界強度の最大値を推定するために用いる。測定される磁界強度は、磁界成分が LLA のループ面に垂直な場合に最大となる。この変換係数によれば、4.3 節で規定したループアンテナを使用して測定されうる磁界強度の最大値を推定できる。すなわち、ループアンテナの中心が試験場の金属大地面上 1.3 m にあり、最下面が大地面上 80 cm の高さになるように EUT を配置して水平方向に 360° 回転させることにより、三つのループアンテナの偏波の全てに対して対応できる。このとき、磁界強度はそれぞれの測定周波数において、EUT が LLA の三つのループに誘起する電流の最大値に、図 C.11 と表 C.3 に示された変換係数を加えることによって推定できる。

注 1) 従来の磁界強度試験方法 (例：参考文献 [24]) では、4.3 節に規定されているループアンテナを、ループ面が垂直

となるように配置し、EUT の垂直軸を中心に回転させている。その場合、水平方向の磁界成分、すなわち大地面に平行な磁界成分だけを測定することになり、EUT が垂直方向成分の磁界を発生している場合、この LLA の変換係数を適用することはできない。ただし、4.3 節に規定されているループアンテナをループ面が水平になるように配置し、垂直方向のループ面を持つ二つの直交したループアンテナを追加することにより、この LLA 変換係数を適用することが可能となる。

EUT 内の妨害波源の実際の位置が標準 LLA の中心から 0.5 m 未満の距離に存在すれば、その測定結果と LLA の中心に妨害波源がある場合の測定結果との差は 3 dB 未満となる。

距離 d で測定された磁界強度 H dB(μ A/m)と LLA で測定される電流 I dB(μ A)の関係は、式 (C.2)に従う。

$$H = I + C_{dA} \quad (C.2)$$

ここで、 C_{dA} は H を dB(μ A/m)で表したときに、ある距離 d での電流から磁界への換算係数 dB(m^{-1})である (注 2 参照)。

一般に、変換係数は周波数に依存する。図 C.11 (及び表 C.3) は、標準の測定距離 3 m、10 m 及び 30 m に関する C_{dA} を示したものである。

任意の直径 D (m)の LLA によって測定された電流値を用いて磁界強度を求める場合には、式 (C.2)の代わりに式 (C.3)を用いる。

$$H = I - S_D + C_{dA} \quad (C.3)$$

ここで、 H は dB(μ A/m)、 I は dB(μ A)、 S_D は dB、 C_{dA} は dB(m^{-1})で表わす。

注 2) 妨害波レベルの計算に際して、本答申では dB(μ V/m)の単位で表す電界強度を用いず、dB(μ A/m)の単位で表す磁界強度 H を用いている。この場合、 H と E の間には式 (C.4)の関係がある。

$$E = H + 51.5 \quad (C.4)$$

ここで、 E は dB(μ V/m)、及び H は dB(μ A/m)で表す。定数 51.5 dB(Ω)は、4.3.2 項中の注記で説明している。

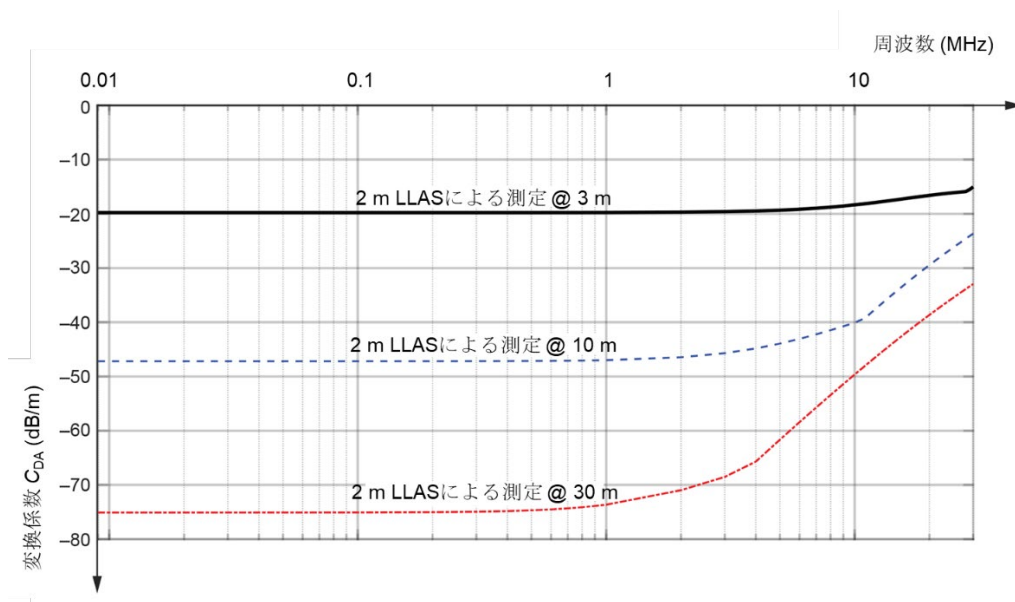


図 C.11 - 三つの測定距離 d に関する変換係数 C_{dA} $\text{dB}(\mu\text{A}/\text{m})$ への変換

表 C.3 – 三つの測定距離に関する磁界強度への変換係数 C_{dA} (図 C.11)

周波数 MHz	2m LLA 測定距離 3 m $\text{dB}(\text{m}^{-1})$	2m LLA 測定距離 10 m $\text{dB}(\text{m}^{-1})$	2m LLA 測定距離 30 m $\text{dB}(\text{m}^{-1})$	周波数 MHz	2m LLA 測定距離 3 m $\text{dB}(\text{m}^{-1})$	2m LLA 測定距離 10 m $\text{dB}(\text{m}^{-1})$	2m LLA 測定距離 30 m $\text{dB}(\text{m}^{-1})$
0.009	-19.77	-47.18	-75.09	7	-18.97	-42.23	-55.72
0.01	-19.77	-47.18	-75.09	8	-18.76	-41.45	-53.41
0.02	-19.77	-47.18	-75.09	9	-18.56	-40.74	-51.4
0.03	-19.77	-47.18	-75.09	10	-18.35	-40.08	-49.63
0.04	-19.77	-47.18	-75.09	11	-18.14	-39.24	-48.04
0.05	-19.77	-47.18	-75.08	12	-17.93	-37.72	-46.61
0.06	-19.77	-47.18	-75.08	13	-17.73	-36.36	-45.31
0.07	-19.77	-47.18	-75.08	14	-17.54	-35.11	-44.12
0.08	-19.77	-47.18	-75.08	15	-17.35	-33.97	-43.03
0.09	-19.77	-47.18	-75.08	16	-17.18	-32.92	-42.02
0.1	-19.77	-47.18	-75.07	17	-17.02	-31.95	-41.08
0.2	-19.77	-47.17	-75.02	18	-16.87	-31.05	-40.21
0.3	-19.77	-47.16	-74.94	19	-16.73	-30.22	-39.40
0.4	-19.77	-47.15	-74.82	20	-16.60	-29.44	-38.63
0.5	-19.76	-47.13	-74.68	21	-16.48	-28.71	-37.92
0.6	-19.76	-47.11	-74.51	22	-16.37	-28.02	-37.25
0.7	-19.76	-47.09	-74.32	23	-16.27	-27.37	-36.61
0.8	-19.76	-47.06	-74.11	24	-16.18	-26.76	-36.01
0.9	-19.75	-47.02	-73.88	25	-16.10	-26.18	-35.43

1	-19.75	-46.99	-73.64	26	-16.03	-25.62	-34.89
2	-19.69	-46.46	-70.97	27	-15.96	-25.10	-34.37
3	-19.60	-45.70	-68.52	28	-15.90	-24.59	-33.87
4	-19.48	-44.83	-65.70	29	-15.52	-24.11	-33.39
5	-19.33	-43.93	-61.65	30	-15.04	-23.64	-32.93
6	-19.15	-43.06	-58.41	-	-	-	-

C.7 例

次の例は、式 (C.2) 及び式 (C.3)、並びに図 C.10 (表 C.2) 及び図 C.11 (表 C.3) の使い方を示している。

- a) 測定周波数 $f = 100$ kHz、ループ直径 $D = 2$ m、ループ電流 $I = X$ dB(μ A) の場合
式 (C.2)、図 11 (表 C.3) から次式を得る。

$$d = 3 \text{ m} : H [\text{dB}(\mu\text{A/m})] = X [\text{dB}(\mu\text{A})] + C_{3A} [\text{dB}(\text{m}^{-1})] = (X - 19.77) [\text{dB}(\mu\text{A/m})]$$

- b) 測定周波数 $f = 100$ kHz、ループ直径 $D = 4$ m、LLA の電流 $I = X$ dB(μ A) の場合
式 (C.3) と図 C.10 (表 C.2) から、同一の EUT に対する標準直径 $D = 2$ m の LLA に誘起される電流は、

$$I [\text{dB}(\mu\text{A})] = X [\text{dB}(\mu\text{A})] - S_4 [\text{dB}] = X - (-12.80) = (X + 12.80) [\text{dB}(\mu\text{A})]$$

付則 D

(規定)

30 MHz から 1000 MHz までの周波数範囲の野外試験場の詳細構造 (第 6 章参照)

D.1 概要

6.2 節において野外試験場の主な構造に関する概念を述べた。本付則では、野外試験場や全天候型設備の良好な特性を確保するために役立つ追加的事項について述べる。これらの事例を実施した結果が適切であったかどうかを確認する最もよい方法は、6.4 節で述べる試験場妥当性確認を行うことである。

D.2 大地面の構造

D.2.1 構成材料

電磁界強度測定用の試験場では、大地面を構成する材料として推奨できるものは金属材料である。しかし、現実的な理由から、全ての機器の測定に対して金属大地面を指定することはできない。

金属製大地面として利用される材料の例は、金属板、金属箔、穴あきメタル、伸展メタル、金属繊維の布、金属網、金属製格子などがある。大地面には、最高測定周波数の波長に匹敵する裂け目や隙間があってはならない。

金属製スクリーン、穴あきメタル、格子状メタル又は伸展メタルの大地面には、測定する最高周波数の 1/10 波長 (1000 MHz で 3 cm) 以上の開口、隙間又は裂け目が無いようにする。

大地面材料が個々の金属板、ロール板又は小片からなる場合は、各継ぎ目をなるべく連続的に半田づけや溶接し、測定する最高周波数の波長の 1/10 以上の隙間を作らないようにすべきである。

金属大地面の上面を砂、アスファルト、木材などのような厚い誘電体で覆うと、サイトアッテネーション特性に許容できない結果を与えることがある。

D.2.2 粗さの基準

レイリーの粗さの基準は、大地面の凹凸の実効値について、許容最大値の有益な推定値を与える (図 D.1 及び表 D.1 参照)。ほとんどの実際の試験場、特に測定距離 3 m の試験場の場合では、4.5 cm までの凹凸は測定に対して顕著な影響を与えない。10 m 及び 30 m の試験場では、更に大きな凹凸があっても差し支えない。この試験場の凹凸が許容できるものかどうかを決定するには、6.4 節の試験場妥当性確認を実施しなければならない。表 D.1 に示す大地面凹凸の最大実効値 b は、次の式で計算できる。

$$b = \frac{\lambda}{8 \sin \beta}$$

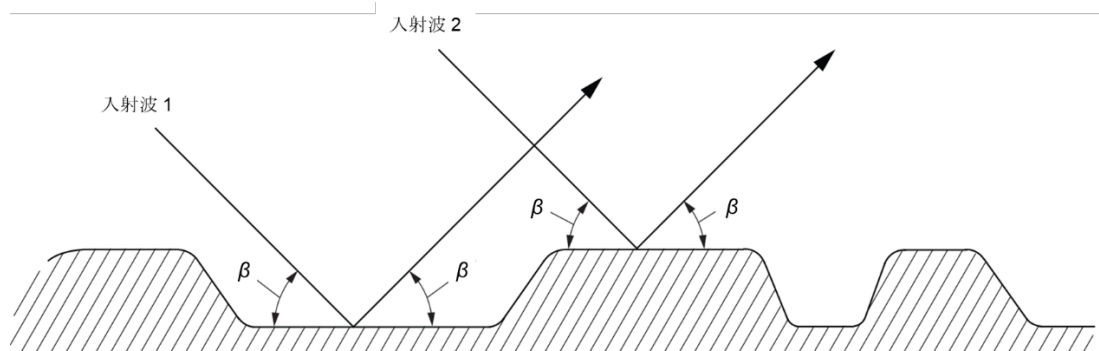


図 D.1 - 大地面の凹凸に関するレイリーの粗さの基準

表 D.1 - 3 m、10 m 及び 30 m 測定距離における凹凸の最大値

測定距離 d m	信号源地上高 h_1 m	受信アンテナ高 の最大値 h_2 m	凹凸の実効最大値 (2 乗平均平方根) b	
			波長に対する比	1000 MHz において cm
3	1	4	0.15	4.5
10	1	4	0.28	8.4
30	2	6	0.49	14.7

D.3 EUT への電力供給

EUT に対する電気設備、すなわち電源配線は、できる限り大地面下を通し、なるべく測定軸に直角になるように配置することが望ましい。回転台又は EUT に接続される配線、ケーブル及び配管も、又は大地面下に配線するのが望ましい。大地面下への配線が不可能な場合、EUT に接続される配線等設備は、大地面上に平たんに配置し、かつ、大地面上に固定するのが望ましい。

D.4 全天候型設備の構造

D.4.1 構成材料及び留め具の構造

1000 MHz までの周波数では、グラスファイバやほとんどのプラスチックの薄板、特殊加工した木材、織物等の材料は、EUT の妨害レベルに対し大きな減衰をもたらさない。ただし、木材やナイロン等一部の材料の吸湿は、EUT の妨害レベルが、その様な材料を通して測定される場合、特に重大な伝送損失を引き起こす可能性がある。空気中に導電性粒子の沈積や、水や氷の溜りなどが、構造物の上や材料内部に蓄積しないように注意を払うことが望ましい。構造物の上に測定誤差を生じるような他の物質が留まらないように、定期的に検査を行うことが望ましい。

大地面上における金属の使用は、最小限に抑えることが望ましい。プラスチックや繊維材の留め具の使用を推奨する。固定具、杭打ち又は同様な基礎構造物は、測定に影響を与えないように、試験領域から十分に遠く離すことが望ましい。

D.4.2 内部の配置

全ての構造材は電波を反射しないものが望ましい。冷暖房や換気用の送風ダクトは、非導電性材料で作られているか、金属大地面の下又は非金属大地面の下に設置されている場合を除き、試験場所の外側又は構造物の外側に設置することが望ましい。

D.4.3 大きさ

全天候型設備の大きさは、EUT の寸法及び測定に使用するアンテナ全体を中に入れるのか否か、EUT の周りだけを入れるのか、測定装置領域、又は受信機の領域、又は受信アンテナポジションと垂直偏波測定時の受信アンテナの最大高までも考えるかによって決まる。

D.4.4 時間及び天候に対する性能の一定性

吸湿などの気象条件による全天候型設備の劣化や、全天候型設備材料の汚染によって生じる異常を検出するため、定期的に試験場妥当性確認測定を行うことが望ましい。この測定は、高周波ケーブルや試験用測定設備の校正結果の確認にも役立つ。空気中の汚染物質によって材料が変色する等、物理的な兆候が材料の早期劣化を示していない場合を除き、通常は 6 か月間隔の妥当性確認が適切である。

D.5 回転台及び試験台

EUT の全方位からの電磁妨害レベルを測定するのに有用な回転台及び試験台の使用を推奨する。回転台は回転機構を含み、試験台は試験場における EUT の設置に使用できる。本節では、次の 3 種類の回転台及び試験台の配置を考慮している。

- a) 大地面より下にある回転機構を含む回転台の場合、回転面（上面）は大地面と同一平面上にあり、又は電氣的に接続されていなければならない。回転台上面には、実際の試験台を設置する。
 - 卓上型装置の場合、試験台の高さは $0.8\text{ m} \pm 0.01\text{ m}$ でなければならない。試験台の中心を回転台の中心に合わせる。試験台は、試験場妥当性確認測定の際は取り除かなければならない。
 - 床置き型装置の場合、EUT は大地面と同一平面上にある回転台の導電性表面から絶縁されていなければならない。絶縁支持台の高さは、 0.15 m 以下又は製品規格によって要求された高さでなければならない。製品に非導電性キャストが付属している場合、絶縁支持台を必要としない。絶縁支持台は、試験場妥当性確認測定の際に取り除かなければならない。
- b) 試験台が組み込まれた回転台（回転台上面は金属大地面と同一平面上）、又は、回転台の無い金属大地面上に設置する可搬型回転台を使用して卓上型装置の場合、試験台は金属大地面から高さ $0.8\text{ m} \pm 0.01\text{ m}$ でなければならない。床置き型装置の絶縁支持台は 0.15 m を超えてはならない。金属大地面上から突出している回転台、試験台及び絶縁支持台は、試験場妥当性確認測定の際に取り除かなければならない。
- c) FAR では、EUT 試験台の高さは規定しておらず、電波吸収体の性能及び FAR のテストボリュームに依存する。試験台は、試験場妥当性確認測定の際は取り除かなければならない。

対象の構成の一部として補助支持台を含む EUT 及びシステムは、試験場で使用する汎用試験台ではなく、EUT 又はシステムに付属する支持台の使用が望ましい。

D.6 受信アンテナポジション

受信アンテナは、測定距離が 10 m 以下の場合には 1 m から 4 m の間、 10 m を超える場合には 1 m から 4 m の間、又は 2 m から 6 m の間でアンテナを昇降させることができる非導電性材質の支持機構

で保持することが望ましい。ケーブルは、水平偏波アンテナの場合、大地面に対するバランスを維持するために、全てのアンテナ高さでアンテナ素子の軸に直交するようにアンテナに接続する必要がある。

受信アンテナからのケーブル配線は、アンテナの **1 m** 以上後方において垂直に大地面に垂らし、ケーブルはその点から、測定を妨げないように、大地面上又は大地面の下に配置することが望ましい。アンテナと測定用受信機間のケーブルは、**1000 MHz** において十分な受信レベルが得られるように、可能な限り短くすることが望ましい。

垂直偏波ダイポール型アンテナの場合、測定用受信機へのケーブル配線は、受信アンテナの後方から **1 m** 以上、金属大地面と並行に水平方向に保持した後に金属大地面上に垂らすことを推奨する。アンテナブームの長さは、約 **1 m** あれば十分である。測定用受信機への残りのケーブル配線は、水平偏波と同様である。

水平、垂直偏波いずれの場合も、アンテナ支持機構やアンテナに接続される同軸ケーブルの配置によるアンテナ係数の校正への影響を排除することを推奨する。

付則 E
(削除)

付則 F
(情報)
試験場の判定基準 ± 4 dB の根拠
(第 6 章参照)

F.1 概要

本付則は、6.4 節において要求される NSA 法に関する ± 4 dB の判定基準の根拠について述べたものである。

F.2 誤差の分析

表 F.1 に示す誤差分析は、6.4 節による NSA の測定に適用する。推定誤差全体が ± 4 dB の判定基準の根拠であり、これは測定不確かさの約 3 dB と、試験場の不完全性として許容する 1 dB からなる。

表 F.1 に示した誤差分析には、信号発生器、トラッキングジェネレータ、その他使用される増幅器の振幅の安定度に関する不確かさを含まず、又は測定技術上の潜在的な誤差も含まない。ほとんどの信号発生器やトラッキングジェネレータの出力レベルは時間や温度にともなって変化し、又は多くの増幅器の利得は温度によって変化する。これらの誤差要因は、測定に影響のない程度まで小さくするか補正することが必要である。これらを行わない場合、測定機器の問題だけでも、試験場は判断基準に合致しないことがある。

表 F.1 - 誤差分析

誤差項目	測定法	
	離散周波数法(dB)	周波数掃引法 (dB)
アンテナ係数 (Tx) ^a	± 1	± 1
アンテナ係数 (Rx) ^a	± 1	± 1
電圧計	0	± 1.6 ^b
減衰器	± 1	0
試験場の不完全性	± 1	± 1
総和	± 4	± 4.6
^a 周波数 800 MHz 以上では、アンテナ係数の誤差は ± 1.5 dB に近づく。		
^b 取扱説明書による。		

スペクトラムアナライザの取り扱い説明書によると、例えば、潜在的な誤差の全てを出来る限り除去又は補正すれば、残りの振幅誤差は下記ようになる。

- 1) ± 0.2 dB の校正器の不確かさ
- 2) ± 1.0 dB の周波数応答の平たんさ
- 3) ± 1.0 dB の入力減衰器の切り替え
- 4) ± 0.4 dB の RF 及び IF 利得の不確かさ

上記より潜在的な合計誤差は、 ± 2.6 dB となる。これには、温度ドリフト ± 0.05 dB/K を含んでいない。実際、置換法による測定を行うときには、周波数応答の平たんさと入力減衰器のスイッチングに起因す

る誤差は、通常 **1 dB** 小さくなる。したがって、**2** 端子電圧計としてのスペクトラムアナライザの合計誤差範囲は、表 **F.1** で用いたように、 **± 1.6 dB** か、それ以下になる。

減衰器には絶対値の正確さが劣っているものも多いが、よいものもある。そのため、合計誤差見積もりは、個別の測定で増減する可能性がある。掃引周波数法でスペクトラムアナライザに外付け減衰器を用いた場合にも、誤差見積もりは大きくなる。

これらの誤差見積もりには、時間、温度変化に伴う試験装置の利得、出力レベル、又は試験機器の増幅特性の変動は含まれていない。これらの誤差は存在する可能性があり、測定をできる限り迅速に行うことによって誤差を排除するように対処すべきである。

実用上は、上記による誤差が同一方向に起こることは極めてまれである。うまく構築、配置された試験場では、理想状態に比べて **± 1 dB** 以上の異常が試験場にあっても、判定基準 **± 4 dB** を満足する。

付則 G

(情報)

校正済アンテナペアを用いた **RSM** を使用した **COMTS** の試験場妥当性確認に対する不確かさバジエットの例 (6.6 節参照)

G.1 平均化処理を使用したアンテナペア参照サイトアッテネーション (SA) 校正に対して考えられる量

測定量 A_{APR} は式 (G.1) を使用して計算され、不確かさバジエット例を表 G.1 に示す。

$$A_{APR} = V_{DIRECT} - V_{SITE} + \delta V_{M1} + \delta V_{M2} + \delta V_{M3} + \delta V_{SDAPR} + \delta V_{NL} + \delta V_{NF} + \delta V_{SRTX} + \delta V_{SRRX} + \delta V_{AM} \quad (G.1)$$

表 G.1 - 広い OATS 平均化処理を使用したアンテナペア参照 SA 校正

入力量 x_i	x_i の不確かさ		$u(x_i)$	c_i	$c_i u(x_i)$
	dB	確率密度関数	dB		dB
受信機の読み値 V_{DIRECT}	± 0.5	一様	0.29	1	0.29
受信機の読み値 V_{SITE}	± 0.5	一様	0.29	1	0.29
不整合：					
信号発生器—受信機 δV_{M1}	± 0.1	U 型	0.07	1	0.07
信号発生器—アンテナ δV_{M2}	± 0.2	U 型	0.14	1	0.14
アンテナ—受信機 δV_{M3}	± 0.2	U 型	0.14	1	0.14
平均 A_{APR} の標準偏差 δV_{SDAPR}	± 0.6	$k = 1$	0.6	1	0.6
受信機補正：					
非線形性 δV_{NL}	± 0.1	$k = 2$	0.05	1	0.05
ノイズフロアの影響 δV_{NF}	± 0.0	$k = 2$	0	1	0
アンテナケーブルからの二次放射：					
送信アンテナ δV_{SRTX}	± 0.3	一様	0.17	1	0.17
受信アンテナ δV_{SRRX}	± 0.3	一様	0.17	1	0.17
アンテナポジショナ δV_{AM}	± 0.15	一様	0.09	1	0.09

拡張不確かさは、 $U = 2 u_c(A_{APR}) = 1.60$ dB である。ただし、本答申では拡張不確かさを正しい値とした。

G.2 REFTS を使用したアンテナペア参照 SA 校正に対して考えられる量

測定量 A_{APR} は式 (G.2) を使用して計算され、不確かさバジェット例を表 G.2 に示す。

$$A_{APR} = V_{DIRECT} - V_{SITE} + \delta V_{M1} + \delta V_{M2} + \delta V_{M3} + \delta V_{REFTS} + \delta V_{NL} + \delta V_{NF} + \delta V_{SRTX} + \delta V_{SRRX} + \delta V_{AM} \quad (G.2)$$

表 G.2 - REFTS を使用したアンテナペア参照 SA 校正

入力量 x_i	x_i の不確かさ		$u(x_i)$	c_i	$c_i u(x_i)$
	dB	確率密度関数	dB		dB
受信機の読み値 V_{DIRECT}	± 0.5	一様	0.29	1	0.29
受信機の読み値 V_{SITE}	± 0.5	一様	0.29	1	0.29
不整合：					
信号発生器—受信機 δV_{M1}	± 0.1	U 型	0.07	1	0.07
信号発生器—アンテナ δV_{M2}	± 0.2	U 型	0.14	1	0.14
アンテナ—受信機 δV_{M3}	± 0.2	U 型	0.14	1	0.14
REFTS の標準偏差 δV_{REFTS}	± 1.0	一様	0.58	1	0.58
受信機補正：					
非線形性 δV_{NL}	± 0.1	$k = 2$	0.05	1	0.05
ノイズフロアの影響 δV_{NF}	± 0.0	$k = 2$	0	1	0
アンテナケーブルからの二次放射：					
送信アンテナ δV_{SRTX}	± 0.3	一様	0.17	1	0.17
受信アンテナ δV_{SRRX}	± 0.3	一様	0.17	1	0.17
アンテナポジション δV_{AM}	± 0.15	一様	0.09	1	0.09

拡張不確かさは、 $U = 2 u_c(A_{APR}) = 1.57 \text{ dB}$ である。ただし、本答申では拡張不確かさを正しい値とした。

G.3 アンテナペア参照 SA を使用した COMTS での妥当性確認に対して考えられる量

測定量 ΔA_s は式 (G.3)を使用して計算され、不確かさバジェット例を表 G.3 に示す。

$$\Delta A_s = V_{\text{DIRECT}} - V_{\text{SITE}} - A_{\text{APR}} + \delta V_{M1} + \delta V_{M2} + \delta V_{M3} + \delta V_{NL} + \delta V_{NF} + \delta V_{SRTX} + \delta V_{SRRX} \quad (\text{G.3})$$

表 G.3 - アンテナペア参照 SA を使用した COMTS での妥当性確認

入力量 x_i		x_i の不確かさ		$u(x_i)$	c_i	$c_i u(x_i)$
		dB	確率密度関数	dB		dB
受信機の読み値	V_{DIRECT}	± 0.5	一様	0.29	1	0.29
受信機の読み値	V_{SITE}	± 0.5	一様	0.29	1	0.29
アンテナペア参照 SA	A_{APR}	± 1.4	$k = 2$	0.7	1	0.7
不整合：						
信号発生器—受信機	δV_{M1}	± 0.1	U 型	0.07	1	0.07
信号発生器—アンテナ	δV_{M2}	± 0.2	U 型	0.14	1	0.14
アンテナ—受信機	δV_{M3}	± 0.2	U 型	0.14	1	0.14
受信機補正：						
非線形性	δV_{NL}	± 0.1	$k = 2$	0.05	1	0.05
ノイズフロアの影響	δV_{NF}	± 0.0	$k = 2$	0	1	0
アンテナケーブルからの二次放射：						
送信アンテナ	δV_{SRTX}	± 0.3	一様	0.17	1	0.17
受信アンテナ	δV_{SRRX}	± 0.3	一様	0.17	1	0.17

拡張不確かさは $U = 2 u_c(\Delta A_s) = 1.75 \text{ dB}$ である。ただし、本答申では拡張不確かさを正しい値とした。

付則 H
(情報)
交差偏波特性 (XPR) 測定における不確かさの定義

H.1 概要

規格の 4.5.5 項は、対数周期ダイポールアレイ (LPDA) 形状のアンテナの XPR の測定の方法を述べている。本付則は、測定に含まれる不確かさの要因について定義及び議論し、不確かさの推定例を提供する。

本付則の不確かさの推定は、電波全無響室 (FAR) に置かれた LPDA (又は、ハイブリッド) アンテナに基づいており、100 MHz を超える周波数に対して、垂直軸に沿った (すなわち垂直偏波 (VP) にある) エレメントを持つ。この測定には、FAR が最も適しているが、不確かさ解析は野外試験場 (OATS) や電波半無響室 (SAC) のような他の施設に対しても適用できる。

不確かさの推定は、受信アンテナ (Rx アンテナ、「R」で示される) としてダイポールアンテナ (1 GHz 未満)、又は直線偏波ホーンアンテナ (1 GHz 超) のいずれかを使用する場合に適用される。最良の結果を得るためには、ダイポールの同調周波数の 30 % から 150 % の範囲で周波数を掃引する必要がある。最終的な不確かさは、交差偏波 (XP) 信号がほとんどない場合、常に非対称になるので、解析では線形の比の項を使用する。

被試験アンテナ (AUT) (送信アンテナ、「T」で示される) は、一次 (垂直偏波、VP) 電界 (E_x) と、二次 (水平偏波、HP) 電界 (E_y) を発生する。ここで、 E_{ISO} は、等方性放射の利得が単一である完全な直線偏波源によって発生する電界強度であり、式 (H.1) と式 (H.2) に従う。

$$E_x = \sqrt{G_T} \times \sqrt{\frac{\eta_0 P_T}{4\pi d^2}} = \sqrt{G_T} \times E_{ISO} \quad (H.1)$$

$$E_y = \frac{\sqrt{G_T}}{A_{xpT}} \times E_{ISO} \quad (H.2)$$

ここで、

G_T	AUT の利得
η_0	自由空間の波動インピーダンス
P_T	送信電力
d	アンテナ間の距離

注 1) 4.5.5 項の XPR 測定では、VP の Rx アンテナとして AUT を任意に記載している。受動アンテナの場合、AUT を Tx アンテナとして使用しても不確かさ解析の原理は変わらない。本付則中の同一偏波や XP という用語は、結果的にそれぞれ VP 及び HP を意味する。AUT は HP に使用することも可能であり、その場合は、同一偏波と XP は HP と VP を意味する。ここで VP は電波無響室 (例えば FAR) の X 軸と関連し、HP は電波無響室の Y 軸と関連する。

理想的には、 E_x と E_y は AUT の特性によってだけ決定される。しかしながら、受信アンテナと試験場 (例えば、FAR) の不完全性による不確かさの要因がある。各アンテナの XPR (A_{xp}) は、関連する電界強度比によって定義される (AUT、送信アンテナについては式 (H.3) 参照)。

$$A_{xpT} = \frac{E_x}{E_y} \quad (H.3)$$

$$\Phi_{aCx} = A_{xpR} \times \Phi_{aCo} \quad (H.4)$$

ここで

Φ_{aCo} 非理想的な受信アンテナのアンテナ係数 ($F_{aCo} = 20 \log \Phi_{aCo}$ (単位 dB))
の真数値 (リニア値) である。

Φ_{aCx} 非理想的な受信アンテナのアンテナ係数 ($F_{aCx} = 20 \log \Phi_{aCx}$ (単位 dB))
の真数値 (リニア値) である。

注 2) 電界成分 E_x だけが存在する場合を仮定するとき、偏波が直交する受信アンテナの出力電圧は、二つの成分

$$V_{Co} = E_x / \Phi_{aCo} \text{ 及び } V_{Cx} = E_x / \Phi_{aCx} \text{ で構成される。}$$

電波無響室の誤差行列を定義し、真の電界強度と理想 AUT の電界強度との関係を示す。行列項は誤差として記載され、原理的には各周波数における電波無響室内の定在波と XP 散乱に関連する決定値である。この解析では、これらの行列の項の測定値には不確かさがあり、周波数依存性と電波無響室内の場所依存性の両方があるため、広帯域統計的不確かさの寄与として処理される。

$$\begin{bmatrix} E_x \\ E_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1+\delta_{xx} & \delta_{xy} \\ \delta_{yx} & 1+\delta_{yy} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 1/A_{xpT} \end{bmatrix} \times \sqrt{G_T} \times E_{ISO} \quad (H.5)$$

電波無響室の誤差項は反射を表し、反射は元の AUT 電界強度と同じ偏波 (すなわち δ_{xx} 及び δ_{yy})、又は他の偏波 (すなわち δ_{xy} 及び δ_{yx}) のいずれかで不確かさを加える。この解析では、たとえ、単純な直線偏波の電界波源でさえ、交差軸に沿って小さな成分を生成するような電界成分を考える。

電波無響室の誤差項は次のとおりである。

- δ_{xx} は真の同一偏波の電界成分から生じる VP 壁反射に対する項であり、 E_x に寄与する。
- δ_{xy} は真の XP の電界成分から生じる VP 壁反射に対する項であり、 E_x に寄与する。
- δ_{yy} は真の XP の電界成分から生じる HP 壁反射に対する項であり、 E_y に寄与する。
- δ_{yx} は真の同一偏波の電界成分から生じる HP 壁反射に対する項であり、 E_y に寄与する。

式 (H.6) 及び式 (H.7) は、Rx アンテナの位置で生成される真の電界強度の定義である。この電界強度は、Rx アンテナを回転させることによって二つの偏波で測定される。式 (H.5) の電界強度から、AUT 電界強度が次のように導出される。

$$E_x \approx \sqrt{G_T} \times E_{ISO} (1 + \delta_{xx}) \quad (H.6)$$

$$E_y = \sqrt{G_T} \times E_{ISO} \left(\delta_{yx} + \frac{1 + \delta_{yy}}{A_{xpT}} \right) \quad (H.7)$$

式 (H.6) の二次の項 ($\delta_{xy} \times \sqrt{G_T} \times E_{ISO} / A_{xpT}$) は、無視できるほど小さいので省略されている。電圧 V_{Co} は、同一偏波のときの受信アンテナからの出力電圧である。同様に、電圧 V_{Cx} は、同一偏波から XP へ (VP から HP へ) 回転させたときの受信アンテナからの出力電圧である。測定される XPR は式 (H.8) における XP の項の大きさに依存していることは、式 (H.6) 及び式 (H.7) から明らかである。

$$\begin{bmatrix} V_{Co} \\ V_{Cx} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1/\Phi_{aCo} & 1/\Phi_{aCx} \\ 1/\Phi_{aCx} & 1/\Phi_{aCo} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_x \\ E_y \end{bmatrix} = \frac{1}{\Phi_{aCo}} \begin{bmatrix} 1 & 1/A_{xpR} \\ 1/A_{xpR} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_x \\ E_y \end{bmatrix} \quad (H.8)$$

受信電圧は、電波無響室の誤差項は相関がないと仮定して導出され、除数の典型的な値が大きいのなら（すなわち、 $A_{xpR} > 20$ （無次元）より大きい場合、式 (H.9) 及び式 (H.10) における二次の項は除外される。

$$V_{Co} \approx \frac{E_x}{\phi_{aCo}} = \frac{\sqrt{G_T} \times E_{ISO}}{\phi_{aCo}} (1 + \delta_{xx}) \quad (H.9)$$

$$V_{Cx} = \frac{\sqrt{G_T} \times E_{ISO}}{A_{xpT} \times \phi_{aCo}} \times \left(1 \pm \delta_{yy} \pm [A_{xpT} \times \delta_{yx}] + \left[\frac{A_{xpT}}{A_{xpR}} \right] \times (1 \pm \delta_{xx}) \right) \quad (H.10)$$

電波無響室のデルタの項（ δ_{xx} 等）は、約 0 dB 付近で周波数に依存した振動として現れる。この解析では、広い範囲に渡って対称な確率密度関数 (PDF) を持つランダムな寄与としてみなすことができる。 A_{xpT}/A_{xpR} の項は、送信アンテナと受信アンテナの間の偏波の不一致による測定 V_{Cx} の増加に関するものである。この用語には非対称な PDF があるが、限界試験の目的上、PDF の関連する範囲は有限であり、符号で示される V_{Cx} の最悪の場合の増加が使用される。これは測定された比率 A_{xpT} を減少させ、簡単にするために不確かさバジレットの系統項として表される。

不確かさを含む XPR は、式 (H.11) 及び式 (H.12) を使って、式 (H.9) 及び式 (H.10) から得られる電圧を使って計算される。

$$A_{xpT \text{ meas}} = \frac{V_{Co}}{V_{Cx}} \quad (H.11)$$

$$a_{xpT \text{ meas}} = 20 \log \left(\frac{V_{Co}}{V_{Cx}} \right) \quad (\text{dB 単位}) \quad (H.12)$$

H.3 節の根拠 H5) には、式 (H.9) 及び式 (H.10) の項、そして、電波無響室の誤差行列に関する説明が含まれている。

H.2 不確かさの推定例

ダブルリッジドホーン (DRH) アンテナに似た XPR を持つダイポールアンテナを用いて、真の XPR 22 dB (12.6 線形比) の測定に付随する不確かさの例を表 H.1 に示す。XPR の測定は電波無響室の性能に依存するので、とくに性能が悪い電波無響室内における測定では、異なる配置での幾つかの測定値を平均化することが極めて重要である。この例では、3 回の測定が仮定されているので、タイプ A の寄与に対し、標準偏差を $\sqrt{3}$ で割って平均値の不確かさを得る。

電波無響室の反射の項は、式 (H.9) 及び式 (H.10) の誤差項に関連する。電波無響室や受信アンテナの不確かさに対して仮定した値は、表 H.1 のとおりであり、XP の項として 0.5 の追加係数が与えられている (0.5 は、将来の研究によって減少する推定値である)。電波無響室の項から生じる不確かさは、電波無響室評価測定から推定してもよい。

表 H.1 - FAR において、 $a_{xpT} = 22 \text{ dB}$, $a_{xpR} = 34 \text{ dB}$ と仮定した場合の

XPR 測定に対する不確かさ推定の例

入力量 a X_i	x_i の不確かさ			$u(x_i)$	c_i	$c_i u(x_i)$
	dB	真数	PDF	真数	3 回測定の 平均値	A_{xpT} への 寄与
VNA 読み、同一偏波 H1)	0.08	0.0093	$k = 1$	0.0093	0.577	0.0053

VNA 読み、非線形 XP H1)	0.08	0.0093	$k = 1$	0.0093	0.577	0.0053
アンテナ配置ずれ (2°) H2)		0.0350	一樣	0.0202	0.577	0.0117
距離の不確かさ (1 cm) H3)		0.0050	一樣	0.0029	0.577	0.0017
AUT 環境による偏波の消失 H4)	0.1	0.0116	一樣	0.0067	1	0.0067
Rx アンテナの環境による偏波の消失 H4)	0.1	0.0116	一樣	0.0067	1	0.0067
電波無響室の反射、 $\delta_{xx} = 0.056$ H5)		0.0560	三角	0.0229	0.577	0.0132
A_{xpT}/A_{xpR} H5)		0.2515	一樣	0.1452	1	0.1452
δ_{yy}		0.0560	三角	0.0229	0.577	0.0132
$(A_{xpT}/A_{xpR}) \times \delta_{xx}$		0.0141	三角	0.0057	0.577	0.0033
$A_{xpT} \times \delta_{yx}$ (係数 0.5)		0.3528	三角	0.1440	0.577	0.0832
合成標準不確かさ u_C					$k = 1$	0.1692
拡張不確かさ ku_C H6)					$k = 1.64$	0.2776
拡張不確かさ (dB 表記)		20 log(1/[1+ ku_C])			$k = 1.64$	- 2.13
a 上付き文字、例えば H1)は、H.3 節に記載されている根拠の詳細を参照する。						

H.3 表 H.1 及び表 H.3 の入力量の推定の根拠

H1) VNA の指示値の不確かさは、タイプ A の再現性試験に基づいて、0.08 dB であると仮定している。

これは、二つの指示値の間の差に影響する VNA の非線形性に起因する不確かさを含む。

H2) もし θ がずれの角度であるなら、そのとき $\delta E \propto \sin \theta \approx \theta \times (\pi/180)$ である。ここで θ は「度」の単位で測定される。

H3) AUT が回転しているとき、 $\delta E \propto \delta d / d$ の関係は、 $d = 200$ cm の距離に対して、 $\delta d = 1$ cm の不確かさに対して推定される。

H4) 電波無響室の壁の近さは、AUT 及び Rx アンテナの偏波特性に影響を与える可能性がある。偏波特性の影響とは、例えば、反射の影響やそれに類似したものによる、偏波の（部分的な）変化を意味する。

H5) 電波無響室の誤差行列の中にあるデルタの項は、最悪条件の場合として等しくすることが可能である。それは、波源が直線偏波であっても、両偏波で電界強度の不確かさが等しいことを意味する。これは、優れた電波吸収体を備えた高性能な電波無響室に対してこのようなことは起こりにくいので、 δ_{yx} 及び δ_{xy} の項を小さくすることが可能である（半分の値が想定される）。不確かさの推定においては、電波無響室の反射はほぼゼロであるという最初の推定に基づいて、電波無響室の不確かさの PDF は $\sqrt{6}$ (三角分布) と仮定される (H.1 節の式 (H.9) 及び式 (H.10) の後続く文書を参照のこと)。

式 (H.9) 及び式 (H.10) の中の誤差項は、実際の電界強度が測定された XPR にどのように結合するかを示している。表 H.1 及び表 H.3 の主たる項が何と関連しているかを理解することに価値がある。

A_{xpT}/A_{xpR} の項は、測定される XPR レベルの比として、測定の基本的な限界、つまり受信アンテナの XPR、と関連しており、これは系統的要因であるため、複数の測定値を平均化しても改善されない。

$A_{xpT} \times \delta_{yx}$ の項は、電波無響室による XP 誤差に関係しており、それにより同一偏波の電界が XP として現れる。優れた電波無響室では、これは同一偏波誤差の半分と仮定し、指向性アンテナ

を用いる場合、これは、更に小さくなる可能性がある。

これまで、この不確かさ推定において、全ての電波無響室の性能は仮定に基づいている。特定の試験法や試験場妥当性確認の方法はまだ開発中である。

直接誤差 δ_{xx} 及び δ_{yy} は、NSA 法又は S_{VSWR} 法の測定結果から導出するかも知れない。そのあとで、XP の項 δ_{yx} 及び δ_{xy} を推定（見積もる）できる可能性がある。

FAR 内の少なくとも三つの異なる場所で得た値の平均を使うことの重要性に注意すること。これはタイプ A の項を減らし、電波無響室の反射を、正確な場所による系統的要因でなく、各々のデータ点に適用されるランダムな要因として考えることが可能になる。

1 回測定は OATS に適用される。一般に OATS は優れた電波吸収体を備えた FAR よりも優れていると考えられ、寸法が大きな FAR は小さな FAR よりも優れていると考えられている。

H6) 4.5.5 項の要求は $A_{xp} > 20 \text{ dB}$ であるので、もし $A_{xpT \text{ meas}} / (1 + 1.64u_c) > 10$ （又は、20 dB）の条件が適用されるのなら、信頼水準 95 % を満たすことを示すことが可能である。

包含係数 $k = 1.64$ ($k = 2$ よりむしろ) は、片側確率分布に対して適用される ($k = 2$ は、正確な両側値 $k = 1.96$ に対して広く認められた近似である)。

注) 式 (H.11) 中の測定値の比は、結果はより小さな電圧値になる分母の不確かさに対して、より敏感であることを示している。 V_{Cx} が測定の不確かさによって減少するとき、最終的な比はとても大きい、これは重要ではない。

最小 A_{xpT} の要求に対する限界試験においては、 V_{Cx} における最大の正の値の不確かさが採用され、最終の比が減少する。したがって、最悪な場合の不確かさの合理的な近似は、 $(1/[1+ku_c])$ であり、この値は異なる $A_{xpT \text{ meas}}$ と一緒に変化する。表 H.1 では、 $A_{xpT \text{ meas}}$ は 12.6 であると仮定され、 $A_{xpT95 \%} = 12.6 / (1 + 0.2776) = 9.86$ が与えられる。これは、(22 dB - 2.13 dB) に相当する。

最大の影響要因は A_{xpT} / A_{xpR} の関係であり、正確な XPR 測定には優れた電波無響室が望ましいことを解析で実証する。表 H.2 は、どのように不確かさの値が、AUT XPR 値とともに変化するかの例を与えている。測定された XPR が 22 dB の場合、真の値が 19.87 よりも大きい確率は 95 % であると解釈される。

よりよい受信アンテナ ($a_{xpR} = 40 \text{ dB}$) と改良された電波無響室 ($\delta_{xx} = \delta_{yy} = 0.028$ 及び $\delta_{yx} = 0.014$) では、実効的な限界値が改善される。改善された不確かさは、 $20 \log(1/[1+1.64u_c]) = -1.16 \text{ dB}$ であり、ゆえに、測定された XPR が 22 dB の場合、真の値が 20.84 dB より大きい確率が 95 % であることを示す。

表 H.2 - A_{xpT} の他の値に依存する不確かさ (表 H.1 における他の仮定)

a_{xpT}/dB	A_{xpT}	$20 \log(1/[1+1.64u_c])/\text{dB}$
10	3.2	- 0.68
13	4.5	- 0.88
16	6.3	- 1.16
18	7.9	- 1.42
20	10.0	- 1.74
22	12.6	- 2.13
24	15.8	- 2.59

H.4 OATS における 100 MHz 未満の XPR の測定

電波無響室が 100 MHz 未満で十分に機能しない場合、XPR は OATS において、金属床面から十分な高さの場所においたアンテナを使って測定してもよい。この場合、 δ_{yx} 及び δ_{xy} の誤差項は無視できると仮定する。表 H.3 は、一例として、高さ 6 m、距離 3 m の XPR 測定を示している。

表 H.3 - OATS における測定で、 $a_{xpT} = 22$ dB、 $a_{xpR} = 34$ dB と仮定したときの

XPR 測定の不確かさ推定の例

入力量 ^a x_i	x_i の不確かさ			$u(x_i)$	c_i	$c_i u(x_i)$
	dB	真数	PDF	真数	1 回測定	A_{xpT} への 寄与
VNA 読み、同一偏波 H1)	0.08	0.0093	$k = 1$	0.0093	1	0.0093
VNA 読み、非線形 XP H1)	0.08	0.0093	$k = 1$	0.0093	1	0.0093
アンテナ配置ずれ (2°) H2)		0.0350	一樣	0.0202	1	0.0202
距離の不確かさ (3 m において 2 cm) H3)		0.0070	一樣	0.0040	1	0.0040
AUT 環境による偏波の消失 H4)	0.1	0.0116	一樣	0.0067	1	0.0067
Rx アンテナの環境による 偏波の消失 H4)	0.1	0.0116	一樣	0.0067	1	0.0067
アンテナポジションからの反射、 $\delta_{xx} =$ 0.034 H5)		0.0340	三角	0.0139	1	0.0139
A_{xpT}/A_{xpR} H5)		0.2515	一樣	0.1452	1	0.1452
δ_{yy}		0.0340	三角	0.0139	1	0.0139
$(A_{xpT}/A_{xpR}) \times \delta_{xx}$		0.0086	三角	0.0035	1	0.0035
合成標準不確かさ u_C					$k = 1$	0.1489
拡張不確かさ ku_C H6)					$k = 1.64$	0.2442
拡張不確かさ (dB 表記)		20 log(1/[1+ ku_C])			$k = 1.64$	− 1.90
a 上付き文字、例えば H1)は、H.3 節に記載されている根拠の詳細を参照する。						

付則 I

(情報)

周波数範囲 9 kHz から 30 MHz における COMTS での 妥当性確認結果の測定不確かさ

I.1 NSIL 法による COMTS の妥当性確認のために考慮すべき量

測定量 ΔA_i は、表 I.1 に記載された記号と一緒に、式 (I.1) によって計算される。

$$\Delta A_i = V_{DIRECT} - V_{SITE} - (F_{aH,T} + F_{aH,R}) - A_{Ni} + \delta V_{ISO} + \delta V_{M1} + \delta V_{M2} + \delta V_{M3} + \delta A_{POW} + \delta V_{RAD} + \delta V_{TAD} + \delta V_{SRTX} + \delta V_{SRRX} + \delta V_{PD} + \delta V_{PH} + \delta V_{PVA} + \delta V_{PLA} \quad (I.1)$$

表 I.1 - NSIL 法による COMTS 妥当性確認のための測定不確かさのバジェット

入力量	X_i	x_i の不確かさ		$u(x_i)$	c_i	$ c_i u(x_i) $
		dB	確率密度関数	dB		dB
VNA 読み ¹	V_{DIRECT}	± 0.01	一樣	0.006	1	0.006
VNA 読み ²	V_{SITE}	± 0.5	一樣	0.289	-1	0.289
アイソレーション ³	δV_{ISO}	± 0.01	一樣	0.006	1	0.006
送信アンテナの磁界アンテナ係数 ⁴	$F_{aH,T}$	± 0.6	$k = 2$	0.3	-1	0.3
受信アンテナの磁界アンテナ係数 ⁴	$F_{aH,R}$	± 0.6	$k = 2$	0.3	-1	0.3
NSIL 値 ⁵	A_{Ni}	± 0.1	$k = 2$	0.05	-1	0.05
不整合:						
増幅器 - 減衰器 - ポート 2 ⁶	δV_{M1}	-0.21/+0.21	U 型	0.148	1	0.148
増幅器 - 送信アンテナ ⁷	δV_{M2}	-1.02/+0.92	U 型	0.685	1	0.685
受信アンテナ - ポート 2 ⁸	δV_{M3}	-0.31/+0.30	U 型	0.219	1	0.219
減衰器 ⁹	δA_{POW}	± 0.1	$k = 2$	0.05	1	0.05
ドリフト:						
受信アンテナ ¹⁰	δV_{RAD}	± 0	$k = 2$	0	1	0
送信用増幅器 ¹¹	δV_{TAD}	± 0.1	$k = 2$	0.05	1	0.05
アンテナケーブルからの二次放射:						
送信アンテナ側 ¹²	δV_{SRTX}	± 0.1	一樣	0.058	1	0.058
受信アンテナ側 ¹²	δV_{SRRX}	± 0.1	一樣	0.058	1	0.058
アンテナの位置決め:						
距離の誤差 ¹³	δV_{PD}	± 0.3	一樣	0.173	1	0.173
高さの誤差 ¹⁴	δV_{PH}	± 0.03	一樣	0.017	1	0.017
縦方向の位置ずれ ¹⁵	δV_{PVA}	± 0.06	一樣	0.035	1	0.035
横方向の位置ずれ ¹⁶	δV_{PLA}	± 0.03	一樣	0.017	1	0.017
上付き文字は、I.1 節の注釈番号に対応している。						

相関のある入力量が存在するので、式 (I.2) に対して追加の項を考慮しなければならない。

$$u_c^2(\Delta A_i) = \sum c_i^2 u^2(x_i) + 2c(F_{aH,T}) c(F_{aH,R}) u(F_{aH,T}) u(F_{aH,R}) r, \quad r = 1 \quad (I.2)$$

ゆえに、 $2u_c(\Delta A_i) = 2.03 \text{ dB}$ である。

表 I.1 は、VNA を使う場合の不確かさのバジェットである。信号発生器と測定用受信機を使う場合は、 V_{DIRECT} 、 V_{SITE} 、及び δV_{ISO} の再検討を推奨する。

付則 N に従って二つのアンテナを一緒に校正することによって、より小さい不確かさを得ることができ。この場合、 $F_{aH,T}$ 及び $F_{aH,R}$ の寄与は、両者のアンテナ（付則 N に従って計算される）に対して、正規確率分布 ($k = 2$) を持つ一つの寄与に置き換えられ、関連の項は削除される。

ゆえに、 $2u_c(\Delta A_i) = 1.81 \text{ dB}$ である。

注 1) V_{DIRECT} による不確かさの寄与は、VNA 製造業者によって与えられたトレースノイズやノイズフロアの影響に基づく。通常、非線形の影響は無視できる。もし、この仮定が有効でない場合は、VNA 製造業者の仕様に基づいて、不確かさの寄与を考慮することが可能である。

注 2) V_{SITE} について、振幅の小さな信号を測定する場合、主たる影響は雑音である。雑音の値は SNR に依存する。もし信号が表示平均雑音レベル (DANL) の値から 30 dB であるならば、この寄与は 0.5 dB である。測定距離が大きい場合、例えば 10 m。これは実行できない値であるが、その寄与は適切に設定される。

注 3) δV_{ISO} については、ダイナミックレンジが大きいと、送信アンテナ側と受信アンテナ側との間のアイソレーションが問題になる。有効なダイナミックレンジを確認し、グラウンドループを探して除去することによって、この問題は避けることが可能である。

注 4) $F_{aH,T}$ 及び $F_{aH,R}$ については、アンテナ校正の不確かさバジェットにおいて、タイプ B の寄与が支配的である。送信アンテナ及び受信アンテナが同じ校正機関で校正される場合が最も可能性が高く、両者の不確かさの相関係数 r は 1 である。

注 5) NSIL 値 A_{Ni} の精度に関するさらなる情報は、付則 L に記載されている。

注 6) δV_{M1} は、送信アンテナ用のケーブルと受信アンテナ用のケーブルがお互いに接続された場合 (V_{DIRECT}) に生じる。電力増幅器の VSWR は 2:1 であり、VNA のポート 2 は 15 dB の反射損を持つと仮定している。VSWR が 1.1:1 の 30 dB の減衰器は、VNA のポート 2 を保護するために用いられる。

注 7) δV_{M2} は、 V_{SITE} 測定中に生じる。これは、送信アンテナの構造によって、アンテナの VSWR に強く依存しており、VSWR は 2:1 と仮定する。電力増幅器の VSWR は 2:1 と仮定する。

注 8) δV_{M3} は、 V_{SITE} 測定中に生じる。アクティブ（前置増幅器が内蔵された）受信アンテナの VSWR は 1.5 :1 なので、不整合は重要なことではない。VNA のポート 2 は 15 dB の反射損を持つと仮定している。

注 9) もし測定中に電力増幅器を使うなら、 V_{DIRECT} の測定に校正済みの減衰器を使用する (5.5.2 項参照)。もし電力増幅器を使わないのなら、 δA_{POW} の寄与は無視することが可能である。

注 10) アクティブ受信アンテナの磁界アンテナ係数のドリフト δV_{RAD} は、アンテナ校正時と COMTS 妥当性確認時の温度変化によって起きる可能性がある。

注 11) 送信用増幅器の利得のドリフト δV_{TAD} は、増幅器の測定中における安定度及び温度変化に依存する。

注 12) δV_{SRTX} 及び δV_{SRRX} の寄与は、アンテナ及びケーブル上に装荷するフェライトの特性に依存する。これは幾つかのケーブル配置で、幾つかの測定を実行することによって実験的に求めることが可能である。

注 13) 不確かさの δV_{PD} は、正しいアンテナ間距離を保つことができないために生じる。精度 $\pm 2 \text{ cm}$ を仮定している。dB で表している不確かさの寄与は、数値シミュレーションを使って計算している。

注 14) 不確かさの δV_{PH} は、正しいアンテナの高さを保つことができないために生じる。精度 $\pm 1 \text{ cm}$ を仮定している。dB で表している不確かさの寄与は、数値シミュレーションを使って計算している。

注 15) 不確かさの δV_{PVA} は、アンテナを互いに並行に保つことができないために生じる。精度 $\pm 4^\circ$ を仮定している。dB で表している不確かさの寄与は、数値シミュレーションを使って計算している。

注 16) 不確かさの δV_{PLA} は、アンテナの軸が横にずれているために生じる。精度 $\pm 1 \text{ cm}$ を仮定している。dB で表している不確かさの寄与は、数値シミュレーションを使って計算している。

I.2 RSM による COMTS の妥当性確認のために考慮すべき量

測定量 ΔA_i は、式 (I.3) に従って計算され、記号は表 I.2 に記載されている。

$$\Delta A_i = V_{DIRECT} - V_{SITE} - A_{LPR} + \delta V_{ISO} + \delta V_{M1} + \delta V_{M2} + \delta V_{M3} + \delta A_{POW} + \delta V_{RAD} + \delta V_{TAD} + \delta V_{SRTX} + \delta V_{SRRX} + \delta V_{PD} + \delta V_{PH} + \delta V_{PVA} + \delta V_{PLA} \quad (I.3)$$

表 I.2 - RSM による COMTS 妥当性確認測定の不確かさバジェットの例

入力量	x_i	x_i の不確かさ		$u(x_i)$	c_i	$ c_i u(x_i) $
		dB	確率密度関数	dB		dB
VNA 読み ¹	V_{DIRECT}	± 0.01	一様	0.006	1	0.006
VNA 読み ²	V_{SITE}	± 0.5	一様	0.289	-1	0.289
アイソレーション ³	δV_{ISO}	± 0.01	一様	0.006	1	0.006
APR ⁴	A_{LPR}	± 1	$k = 2$	0.5	-1	0.5
不整合:						
増幅器 - 減衰器 - ポート 2 ⁵	δV_{M1}	$-0.21/+0.21$	U 型	0.148	1	0.148
増幅器 - 送信アンテナ ⁶	δV_{M2}	$-1.02/+0.92$	U 型	0.685	1	0.685
受信アンテナ - ポート 2 ⁷	δV_{M3}	$-0.31/+0.30$	U 型	0.219	1	0.219
減衰器 ⁸	δA_{POW}	± 0.1	$k = 2$	0.05	1	0.05
ドリフト:						
受信アンテナ ⁹	δV_{RAD}	± 0	$k = 2$	0	1	0
送信用増幅器 ¹⁰	δV_{TAD}	± 0.1	$k = 2$	0.05	1	0.05
アンテナケーブルからの二次放射:						
送信アンテナ側 ¹¹	δV_{SRTX}	± 0.1	一様	0.058	1	0.058
受信アンテナ側 ¹¹	δV_{SRRX}	± 0.1	一様	0.058	1	0.058
アンテナの位置決め:						
距離の誤差 ¹²	δV_{PD}	± 0.3	一様	0.173	1	0.173

高さの誤差 ¹³	δV_{PH}	± 0.03	一様	0.017	1	0.017
縦方向の位置ずれ ¹⁴	δV_{PVA}	± 0.06	一様	0.035	1	0.035
横方向の位置ずれ ¹⁵	δV_{PLA}	± 0.03	一様	0.017	1	0.017
上付き文字は、I.2 節の注釈番号に対応している。						

ゆえに、 $2u_c(\Delta A_i) = 1.91 \text{ dB}$ である。

表 I.2 は、VNA を使う場合の不確かさのバジェットである。信号発生器と測定用受信機を使う場合は、 V_{DIRECT} 、 V_{SITE} 、及び δV_{ISO} の再検討を推奨する。

注 1) V_{DIRECT} による不確かさの寄与は、VNA 製造業者によって与えられたトレースノイズやノイズフロアの影響に基づく。通常、非線形の影響は無視できる。もし、この仮定が有効でない場合は、VNA 製造業者の仕様に基づいて、もう一つ寄与が考慮することが可能である。

注 2) V_{SITE} について、振幅の小さな信号を測定する場合、主たる影響は雑音である。雑音の値は SNR に依存する。もし信号が DANL の値から 30 dB であるならば、この寄与は 0.5 dB である。測定距離が大きい場合、例えば 10 m。これは実行できない値であるが、その寄与は適切に設定される。

注 3) δV_{ISO} については、ダイナミックレンジが大きいと、送信アンテナ側と受信アンテナ側との間のアイソレーションが問題になる。有効なダイナミックレンジを確認し、グラウンドループを探して除去することによって、この問題は避けることが可能である。

注 4) REFTS におけるアンテナペア参照サイト挿入損 A_{LPR} の測定の不確かさの寄与である。

注 5) δV_{M1} は、送信アンテナ用のケーブルと受信アンテナ用のケーブルがお互いに接続された場合(V_{DIRECT}) に生じる。電力増幅器の VSWR は 2:1 であり、VNA のポート 2 は 15 dB の反射損を持つと仮定している。VSWR が 1.1:1 の 30 dB の減衰器は、VNA のポート 2 を保護するために用いられる。

注 6) δV_{M2} は、 V_{SITE} 測定中に生じる。これは、送信アンテナの構造によって、アンテナの VSWR に強く依存しており、VSWR は 2:1 と仮定する。電力増幅器の VSWR は 2:1 と仮定する。

注 7) δV_{M3} は、 V_{SITE} 測定中に生じる。アクティブ (前置増幅器が内蔵された) 受信アンテナの VSWR は 1.5:1 なので、不整合は重要なことではない。VNA のポート 2 は 15 dB の反射損を持つと仮定している。

注 8) もし測定中に電力増幅器を使うなら、 V_{DIRECT} の測定に校正済みの減衰器を使用する (5.5.2 項参照)。もし電力増幅器を使わないのなら、 δA_{POW} の寄与は無視することが可能である。

注 9) アクティブ受信アンテナの磁界アンテナ係数のドリフト δV_{RAD} は、アンテナ校正時と COMTS 妥当性確認時の温度変化によって起きる可能性がある。

注 10) 送信用増幅器の利得のドリフト δV_{TAD} は、増幅器の測定中における安定度及び温度変化に依存する。

注 11) δV_{SRTX} 及び δV_{SRRX} の寄与は、アンテナ及びケーブル上に装荷するフェライトの特性に依存する。これは幾つかのケーブル配置で、幾つかの測定を実行することによって実験的に求めることが可能である。

注 12) 不確かさの δV_{PD} は、正しいアンテナ間距離を保つことができないために生じる。精度 $\pm 2 \text{ cm}$ を仮定している。dB で表している不確かさの寄与は、数値シミュレーションを使って計算している。

注 13) 不確かさ δV_{PH} は、正しいアンテナの高さを保つことができないために生じる。精度 $\pm 1 \text{ cm}$ を仮定している。dB で表している不確かさの寄与は、数値シミュレーションを使って計算している。

注 14) 不確かさの δV_{PVA} は、アンテナを互いに並行に保つことができないために生じる。精度 $\pm 4^\circ$ を仮定している。dB で表している不確かさの寄与は、数値シミュレーションを使って計算している。

注 15) 不確かさの δV_{PLA} は、アンテナの軸が横にずれているために生じる。精度 $\pm 1 \text{ cm}$ を仮定している。dB で表している不確かさの寄与は、数値シミュレーションを使って計算している。

付則 J (規定)

周波数範囲 9 kHz から 30 MHz における NSIL 値の導出

J.1 概要

1982 年、A.A. Smith らは参考文献 [28] においてアンテナの正規化サイトアッテネーションの概念を導入し、以来標準化委員会に採用されている。この考え方は、ヘルツダイポールを仮定することで、アンテナの特性をサイトアッテネーションから分離するものである。この方法は、次の場合を除けばうまく機能する。

- アンテナと大地面間の相互結合
- 指向性アンテナ

上記二つの例外とも系統誤差として残っている。

この原理は、周波数 9 kHz から 30 MHz のループアンテナに適応可能である。Greene の式による SIL の解析的導出は、ループ円周の周囲に均一な電流分布を仮定すれば可能であり、実際に行える。これは、ループ周長が波長に比べて非常に小さい場合である。そうでない場合、例えば、4.3.2 項で規定された最大サイズの基準に近づくループサイズでは、非均一な電流分布が考慮され、これは計算機シミュレーションを必要とする。NEC 参考文献 [27] はこの種の問題に適しており、無料で利用可能である。

シミュレーション結果によると、NSIL 値は二つのアンテナの直径とそれぞれの給電点の位置関係によって異なる（図 J.3 参照）参考文献 [33]。したがって、表 2（30 MHz から 1000 MHz の周波数範囲内で NSA を記載）のように、NSIL 値の表を本文書で提供することは不可能である。NSIL 値は、J.4 の手順に従い、J.3 に示す SIL と J.2 に示す磁界アンテナ係数のシミュレーション結果を用いて計算されなければならない。後者（磁界アンテナ係数）は、試験場妥当性確認測定に使用された二つのループアンテナの寸法及び測定中の給電点位置に基づかなければならない。

注 1) 各ループアンテナには二つの寸法パラメータが必要である：1) ループの直径（ループアンテナのシールドの中心から中心まで）、2) ループワイヤ径（試験場妥当性確認に使用するループアンテナは 4.3.2.1 項で説明したようにシングルターンである）。後者は通常ループアンテナの製造業者が公表していない。ループワイヤ径に関する情報が入手できない場合は、J.2 に従ってアンテナ係数をシミュレートする目的で概算することが可能である。二つのループアンテナのループワイヤ径に対する NSIL の依存性は無視可能である（図 J.1 参照）。

注 2) NSIL を決定するための数値シミュレーションでは、送信アンテナと受信アンテナにパッシブループアンテナを使用すると仮定している。この結果、特に測定距離が 10 m の場合、非常に高い SIL 値が得られる。しかし、実際の試験場妥当性確認測定では、アクティブループ受信アンテナを使用した測定が可能であり、その結果、測定システム全体のダイナミックレンジが高くなる。

J.2 磁界アンテナ係数

引用規格 (3) の 3.1.2.5 項で定義されている磁界アンテナ係数は、次の NEC コードでシミュレーション可能である。

```

CM 本答申：付則 J
CM 磁界アンテナ係数の数値シミュレーション
CM 直径 60 cm
CM ループワイヤ半径 1 mm
CM 測定系インピーダンス 50 Ω
CM
CE
GA 1 36 0.30 360 0 0.001
GM 0 0 0 -5 0 0 0 0 1
GE 0
GN -1
EK
LD 0 1 1 1 50 0 0
EX 1 1 1 0 0 0 0 0 0
FR 0 1 0 0 30.000 1
PT 1 1 1 0
XQ

```

注 1) コード (GM 0 0 0 -5 0 0 0 1) の 9 行目に関連：Y 軸を中心としたループの -5° の回転は、給電点に対応するセグメントを X 軸に正確に合わせるために使用される。この値は、 360° の半分をセグメント数で割ったものである。

このコードでは、次のパラメータが変更可能である：

GA 1 36 X 360 0 Y	ループ半径 X、ワイヤ半径 Y、単位 m
LD 0 1 1 1 Z 0 0	測定系インピーダンス、単位 Ω
FR 0 1 0 0 F 1	周波数、単位 MHz

注 2) ワイヤ半径 Y にはシールドの半径は含まれない。ただし、ワイヤ半径の正確な値は重要ではない (図 J.1 参照)。

注 3) 本付則に含まれる例は、ループアンテナの直径を 60 cm と仮定している。しかし、このようなループ直径は、無限に細いワイヤとシールド線 (直径 0 m と近似される非常に薄いシールド厚) を持つ理想的なループに対してだけ可能である。そうでなければループは 4.3.2 項のサイズ基準に準拠しない。現実には、試験場妥当性確認測定に実際に使用されたループアンテナの直径が数値シミュレーションに使用される。

このソースコードは、強度 1 V/m の均一平面波が照射されるループアンテナをシミュレートする。シミュレーションの出力では、インピーダンス Z を流れる電流が次のように表示される。

θ (度)	φ (度)	電流		セグメント番号
		振幅	位相	
0.00	0.00	4.2927E-04	6.08	1

注 4) 直交座標系の指定については、NEC のマニュアル (参考文献 [27]) を参照すること。

磁界アンテナ係数は式 (J.1) のように求めることが可能である。

$$F_{aH} = \frac{H}{V} = \frac{E}{\eta |Z|} \quad (\text{J.1})$$

ここで、

F_{aH}	磁界アンテナ係数、単位 S/m
H	磁界強度、単位 A/m
E	電界強度、単位 V/m (すなわち 1 V/m)
V	負荷にかかる電圧、単位 V
I	負荷を流れる電流、単位 A
Z	負荷インピーダンス、単位 Ω (50 Ω)
η	自由空間インピーダンス、単位 Ω (近似値 376.73 Ω)

J.3 サイト挿入損 (SIL)

SIL のシミュレーションには、次のように送信用と受信用の二つのアンテナを使用する。

```
CM 本答申：付則 J
CM SIL のシミュレーション
CM Hx 同軸
CM 距離 3 m
CM 直径 60 cm
CM ワイヤ半径 1 mm
CM 測定系インピーダンス 50  $\Omega$ 
CM
CE
GA 1 36 0.3 0 360 0.001
GA 2 36 0.3 0 360 0.001
GM 0 0 0 -85 0 0 0 1.3 1
GM 0 0 0 0 0 0 3 0 2
GE 1
GN 1
EK
EX 0 1 1 00 2 0
LD 0 1 1 1 50 0 0
LD 0 2 1 1 50 0 0
FR 0 1 0 0 30.000 1
PT 0 2 1 1
XQ
```

ここでも、次のパラメータが変更可能である。

GA 1 36 X 360 0 Y	X はループ半径、Y はワイヤ半径を表し送信時の値、単位 : m
GA 2 36 X 360 0 Y	X はループ半径、Y はワイヤ半径を表し受信時の値、単位 : m
GM 0 0 0 0 0 D 0 2	D は測定距離、単位 m
LD 0 1 1 1 Z 0 0	Z は送信系のインピーダンス、単位 Ω
LD 0 2 1 1 Z 0 0	Z は受信系のインピーダンス、単位 Ω
FR 0 1 0 0 F 1	F は周波数、単位 MHz

コード内の次の行を修正することによって、他のセットアップも解析できる。図 J.4 にセットアップの概略図を示す。

GM 0 0 0 -85 0 0 0 1.3 1	Hx コアキシャル
GM 0 0 0 0 0 0 3 0 2	
GM 0 0 0 -85 90 0 0 1.3 1	Hy コプレーナ
GM 0 0 0 0 0 0 3 0 2	
GM 0 0 -90 0 -5 0 0 1.3 1	Hx コプレーナ
GM 0 0 0 0 180 0 3 0 2	

注 1) GM コマンドの説明については NEC のマニュアル（参考文献 [27]）を参照のこと。給電点の位置は、対象の回転に対応する 3 列目から 5 列目までの内容を変更することによって変更可能である。

出力から、受信アンテナのインピーダンスを流れる電流を次のように選択する、30 MHz における H_x の例:

セグメント番号	TAG 番号	セグメント中央の座標値			セグメント長	電流 (A)			
		X	Y	Z		実部	虚部	振幅	位相
37	2	0.0000	0.3002	0.1600	0.00523	- 1.5829 E-6	1.8619 E-6	2.4438 E-6	130.369

注 2) 両アンテナとも 36 セグメントなので、受信アンテナの最初のセグメント（負荷が置かれる場所）をセグメント番号 37 とする。

SIL の計算には式 (J.2) を用いる。

$$A_i = -20 \log \left(\frac{|Z|}{V} \right) \quad (J.2)$$

ここで、

A_i SIL、単位 dB

I 負荷を流れる電流の大きさ、単位 A

Z 負荷インピーダンス、単位 Ω (50 Ω)

V 直接接続された負荷にかかる電圧の大きさ（単位：V）であり 1 V に等しい。この数値は、送信ループの励振電圧を 2 V としたことによる（ソースコード行 EX）。 V_{DIRECT} の決定時には、ソースと負荷のインピーダンスが等しいため、負荷に加わる電圧はその半分になる。

J.4 正規化サイト挿入損 (NSIL)

数値シミュレーションから求めたアンテナ係数とシミュレーションによる SIL を用いて、NSIL は式 (J.3) によって求まる。

$$A_{Ni} = A_i - F_{aH,T} - F_{aH,R} \quad (J.3)$$

ここで、

A_{Ni} 正規化サイト挿入損 (NSIL)、単位 dB(m²/S²)

A_i J.3 節による SIL、単位 dB

$F_{aH,T}$ J.2 節による送信アンテナの磁界アンテナ係数、単位 dB(S/m)

$F_{aH,R}$ J.2 節による受信アンテナの磁界アンテナ係数、単位 dB(S/m)

通常、試験場妥当性確認には同じ直径のアンテナペアが使用される。

NSIL は、ループを構成している同軸ワイヤの直径に依存しない。このことは、ワイヤの半径を 0.001 m から 0.01 m まで変化させた場合の、60 cm のループアンテナから距離 3 m における磁界 H_x によって証明される (図 J.1 参照)。この変動は 0.02 dB 以下であり、無視できる。

1 MHz 以上では、NSIL は二つのループアンテナの直径と給電点の位置に依存する (参考文献 [33])。これはループの直径 (15 cm、30 cm、60 cm) と給電点の位置を変更すれば分かる (図 J.2.参照)。給電点は特定の位置 (1) とその反対側 (2) に設定される。給電点の方向と周波数によって、著しく大きな変動が観察される場合がある。したがって、NSIL 値 (J.3 による) を決定するために使用される二つのアンテナの給電位置は、実際の試験場妥当性確認測定で使用されたものと同じでなければならない。

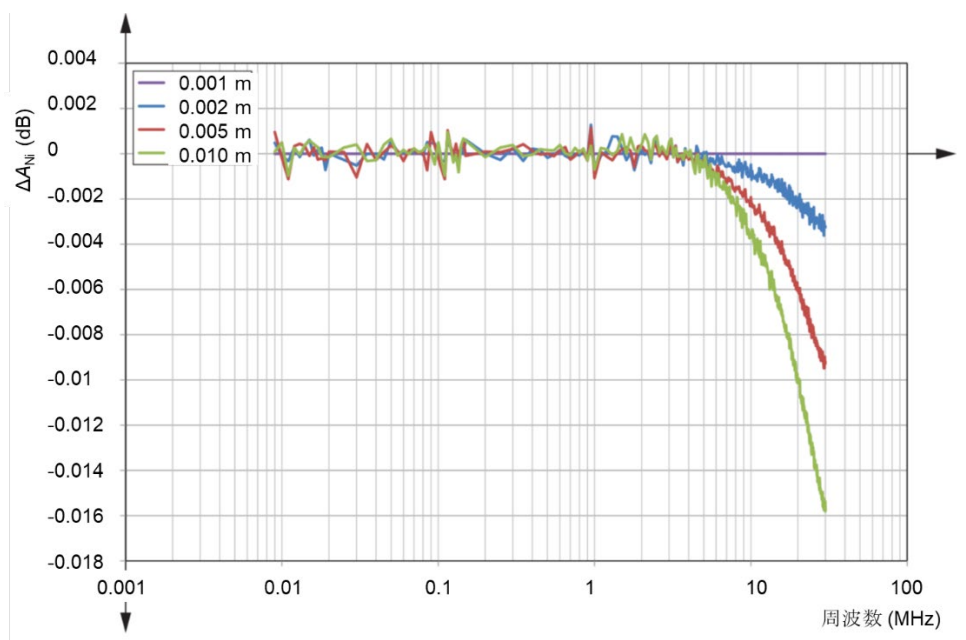
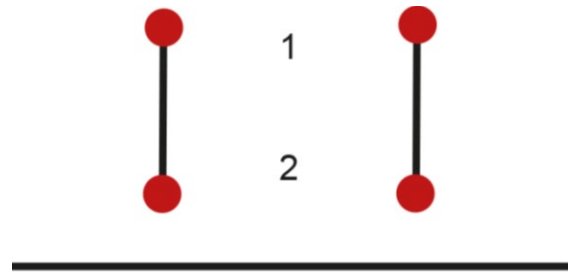
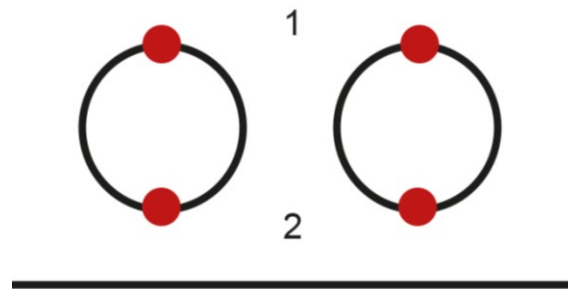


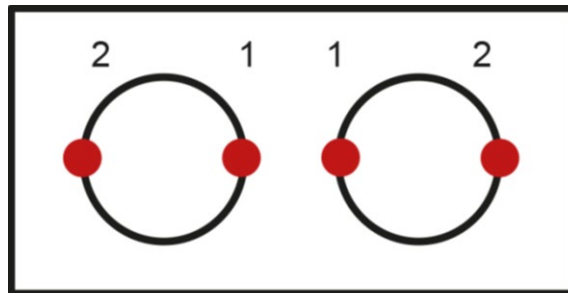
図 J.1 - ワイヤの半径に対する SIL の調査、半径 0.001 m の結果で正規化



a) H_x 側面図

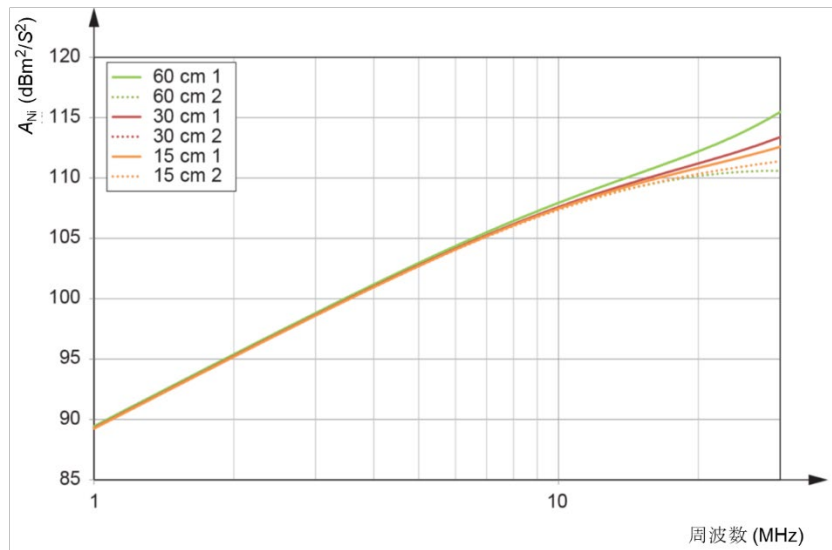


b) H_y 側面図

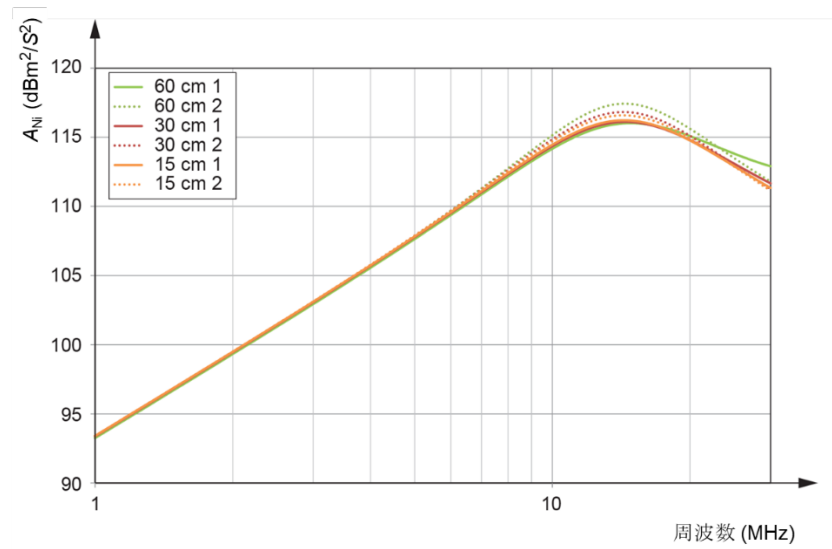


c) H_z 上面図

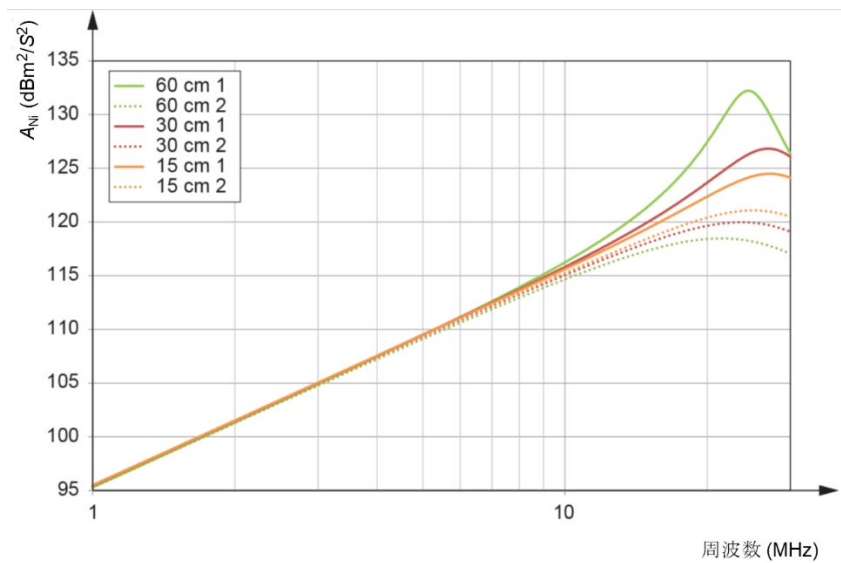
図 J.2 - 給電点位置による影響の調査（縮尺無視）



a) H_x



b) H_y



c) H_z

図 J.3 - 距離 3 m、高さ $h = 1.3$ m における各種セットアップによる NSIL 値の変化

J.5 NSIL の数表

直径 60 cm のループの計算例を縮小した表形式で示す；表 J.1、表 J.2、表 J.3、図 J.5 を参照（参考文献 [35]）。

これらの値は、図 J.4 に示した給電点の位置に対して有効なものである。 H_x と H_y の測定では、給電点は各ループアンテナの上部にあり、 H_z では、給電点は反対側にある。

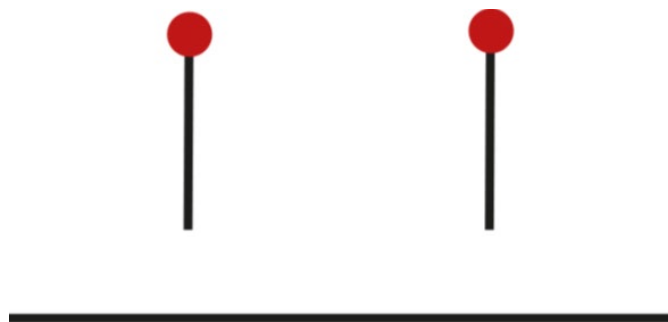
直径 50 cm の円形ループと 60 cm の正方形ループについての値を追加した NSIL 表は、参考文献 [35] で利用可能である。

他のループ径や給電点位置を使用する場合は、NSIL 値を再計算しなければならない。通常、アンテナメーカーは、自社製品の NSIL 値を公表している。

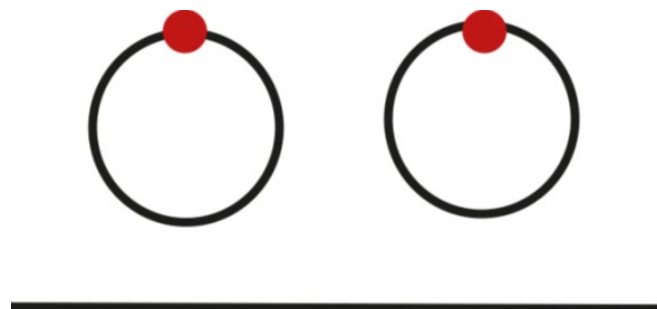
トレーサビリティを維持するため、次のパラメータを文書化しなければならない。

- ループの直径；
- 給電点位置
- NEC ソースコード
- NEC のバージョン

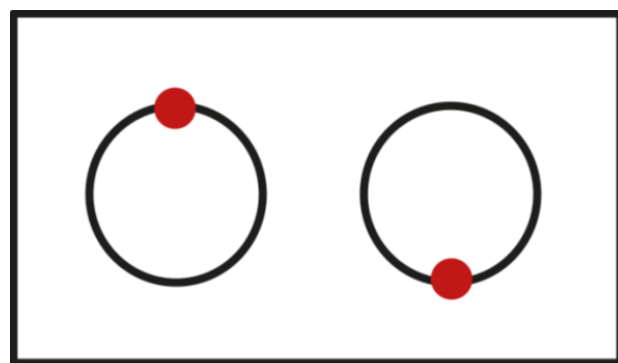
あるセットアップについて再計算された NSIL 値を使用する前に、計算方法とソフトウェアの妥当性確認をしなければならない。したがって、表 J.1、表 J.2、及び表 J.3 に示す結果の再現を試みなければならない。この妥当性確認では、0.1 dB 未満の差が得られなければならない。



a) H_x 側面図

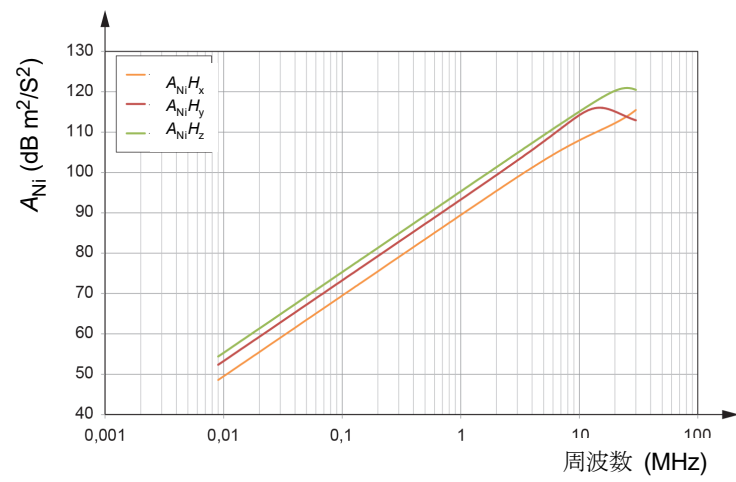


b) H_y 側面図

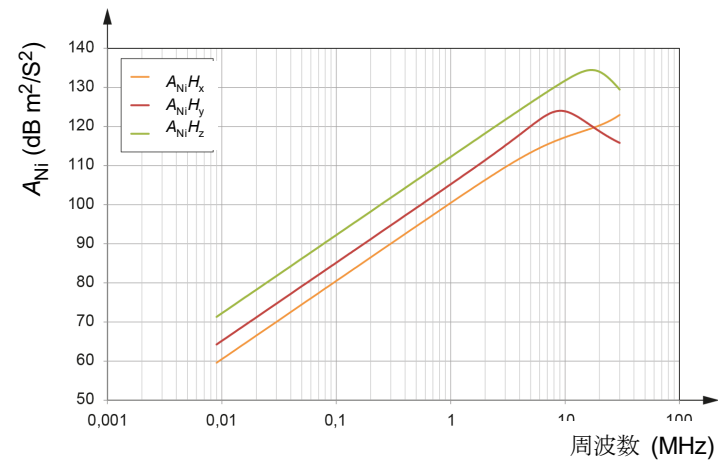


c) H_z 上面図

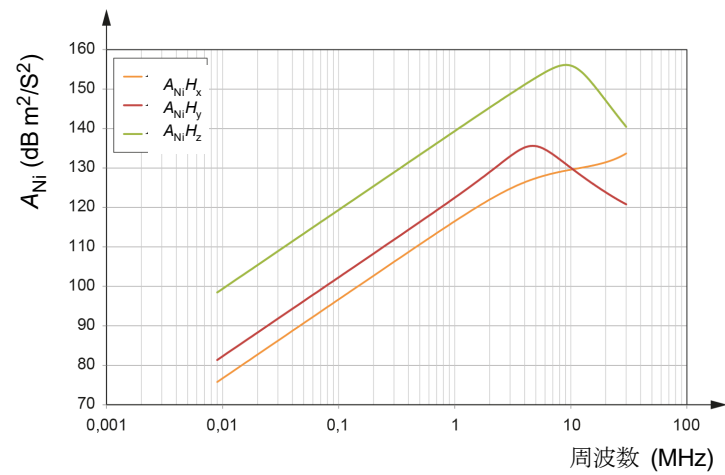
図 J.4 - 表中の値に関する給電点位置の指定（縮尺無視）



a) 3 m



b) 5 m



c) 10 m

図 J.5 - ループの直径 60 cm、図 J.4 に示す給電点位置に対する計算例

表 J.1 - 計算例（ループの直径 60 cm、d = 3 m、h = 1.3 m）

周波数 MHz	F_{aH} dB(S/m ²) ^a	A_iH_x dB	A_iH_y dB	A_iH_z dB	$A_{Ni}H_x$ dB(m ² /S ²)	$A_{Ni}H_y$ dB(m ² /S ²)	$A_{Ni}H_z$ dB(m ² /S ²)
0.009	33.98	116.51	120.28	122.33	48.55	52.33	54.38
0.010	33.06	115.59	119.37	121.42	49.47	53.24	55.29
0.1	13.07	95.60	99.37	101.42	69.47	73.24	75.29
1	- 6.63	76.20	80.01	82.04	89.45	93.26	95.29
10	- 17.67	72.52	78.75	79.63	107.86	114.09	114.97
20	- 18.07	75.67	78.55	83.69	111.82	114.70	119.84
30	- 18.16	78.26	75.69	83.24	114.58	112.01	119.56
^a 本表の計算は同一のループアンテナ二つをそれぞれ送信アンテナと受信アンテナとして用いる想定をしており、それぞれのアンテナ係数はこの欄に記載されているとおりである。							

表 J.2 - 計算例（ループの直径 60 cm、d = 5 m、h = 1.3 m）

周波数 MHz	F_{aH} dB(S/m ²) ^a	A_iH_x dB	A_iH_y dB	A_iH_z dB	$A_{Ni}H_x$ dB(m ² /S ²)	$A_{Ni}H_y$ dB(m ² /S ²)	$A_{Ni}H_z$ dB(m ² /S ²)
0.009	33.98	127.55	132.22	139.28	59.59	64.26	71.33
0.010	33.06	126.63	131.30	138.37	60.51	65.18	72.24
0.1	13.07	106.64	111.31	118.37	80.51	85.18	92.24
1	- 6.63	87.20	91.97	98.99	100.45	105.22	112.24
10	- 17.67	81.81	88.46	96.29	117.14	123.80	131.63
20	- 18.07	85.73	82.23	97.45	119.88	118.38	133.60
30	- 18.16	85.74	78.60	92.24	122.06	114.92	128.57
^a 本表の計算は同一のループアンテナ二つをそれぞれ送信アンテナと受信アンテナとして用いる想定をしており、それぞれのアンテナ係数はこの欄に記載されているとおりである。							

表 J.3 - 計算例 (ループの直径 60 cm、 $d = 10$ m、 $h = 1.3$ m)

周波数 MHz	F_{aH} dB(S/m ²) ^a	$A_i H_x$ dB	$A_i H_y$ dB	$A_i H_z$ dB	$A_{Ni} H_x$ dB(m ² /S ²)	$A_{Ni} H_y$ dB(m ² /S ²)	$A_{Ni} H_z$ dB(m ² /S ²)
0.009	33.98	143.74	149.32	166.41	75.78	81.37	98.46
0.010	33.06	142.82	148.41	165.50	76.70	82.28	99.37
0.1	13.07	122.83	128.41	145.50	96.70	102.28	119.37
1	- 6.63	103.25	109.22	126.10	116.50	122.47	139.35
10	- 17.67	94.14	94.63	120.52	129.47	129.96	155.85
20	- 18.07	94.90	87.30	110.55	131.05	123.44	146.70
30	- 18.16	96.46	83.58	103.22	132.78	119.90	139.55
^a 本表の計算は同一のループアンテナ二つをそれぞれ送信アンテナと受信アンテナとして用いる想定をしており、それぞれのアンテナ係数はこの欄に記載されているとおりである。							

付則 K (情報)

周波数範囲 9 kHz から 30 MHz までの試験場設計に関する推奨事項

K.1 概要

本付則は、試験場の設計に関するガイダンスを示す。試験場の大きさや周囲の物体との離隔距離は特性に影響を与える。また、大地面の特性も試験場妥当性確認結果に影響を与える。

K.2 大地面の寸法と品質

試験場の大地面は、導電性の平らな面とすることが望ましい。推奨される大地面の最小寸法は、それを包含する最小の長方形面積によって決定される。

- a) テストボリュームから全方向へ 1 m の円形領域
- b) ループ面を大地面に平行な方向とした場合に、測定用アンテナ及び支持構造から全方向へ 1 m の円形領域

測定距離は、テストボリュームの外周部と受信アンテナの基準点で測定される。

推奨される大地面の最小長方形面積は、図 K.1 に示す。

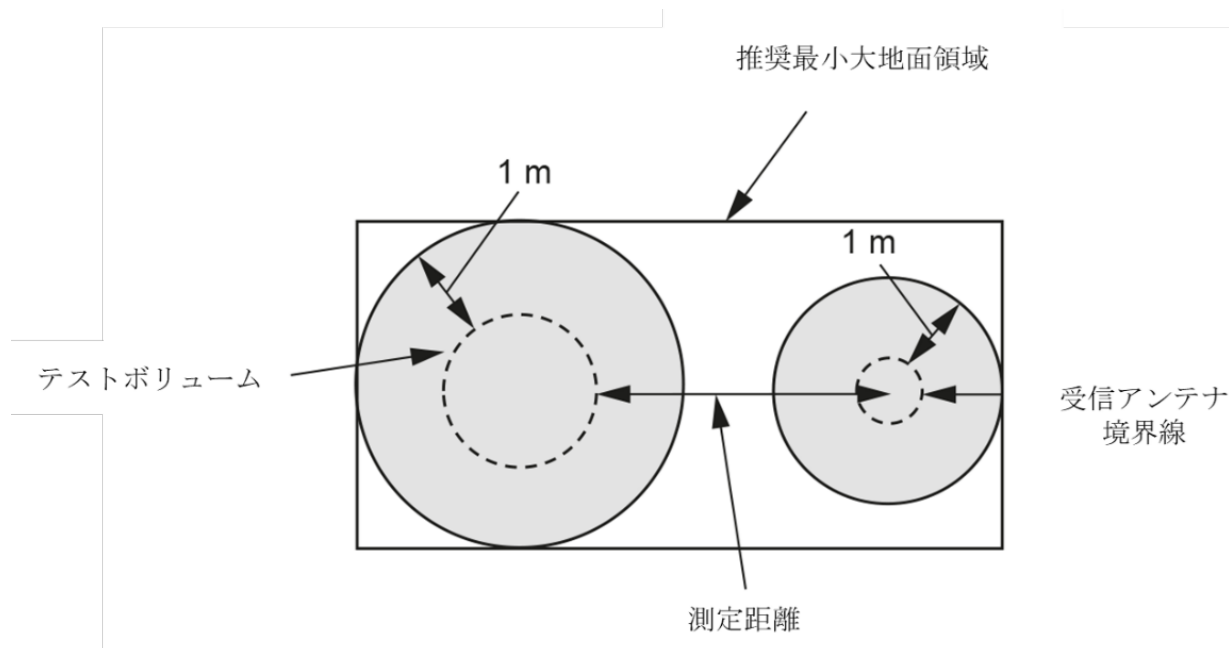


図 K.1 - 大地面の推奨最小寸法（上面図）

大地面の材料要件は表皮効果によって決定される。大地面の厚さは、式 (K.1) で計算される最低使用周波数での表皮深さ以上でなければならない。

$$\delta = \sqrt{\frac{2}{\omega \mu_r \mu_0 \sigma}} \quad (\text{K.1})$$

ここで、

δ	表皮深さ、単位は m
σ	導電率、単位は S/m
ω	角周波数、単位は s^{-1}
μ_0	自由空間における透磁率、単位は H/m
μ_r	比透磁率、単位なし

試験場の大地面建設に使用される幾つかの種類の材料に関する計算例を表 K.1 に示す。

表 K.1 - 9 kHz における幾つかの実用材料の表皮深さ

素材	導電率 S/m	比透磁率	表皮深さ	大地面の最小厚さ
銅	5.9×10^7	1	0.7	0.7
ステンレス	1.4×10^6	1	4.5	4.5
亜鉛メッキ	1.25×10^5	240	1.0	1.0
アルミニウム	3.7×10^7	1	0.9	0.9

K.3 障害物のない領域

障害物のない領域は、テストボリュームの中心と受信アンテナの基準点を結ぶ線上に位置する全ての点の周囲に最低 3 m の距離を置くことで定義される。直径が 4 m を超えるテストボリュームの場合、距離は 3 m からテストボリュームの半径に 1 m を加えたものに増加する。

例えば、テストボリュームの直径が 5 m の場合、半径 2.5 m となり 1 m を加え、3.5 m の障害物の無い領域が必要である。

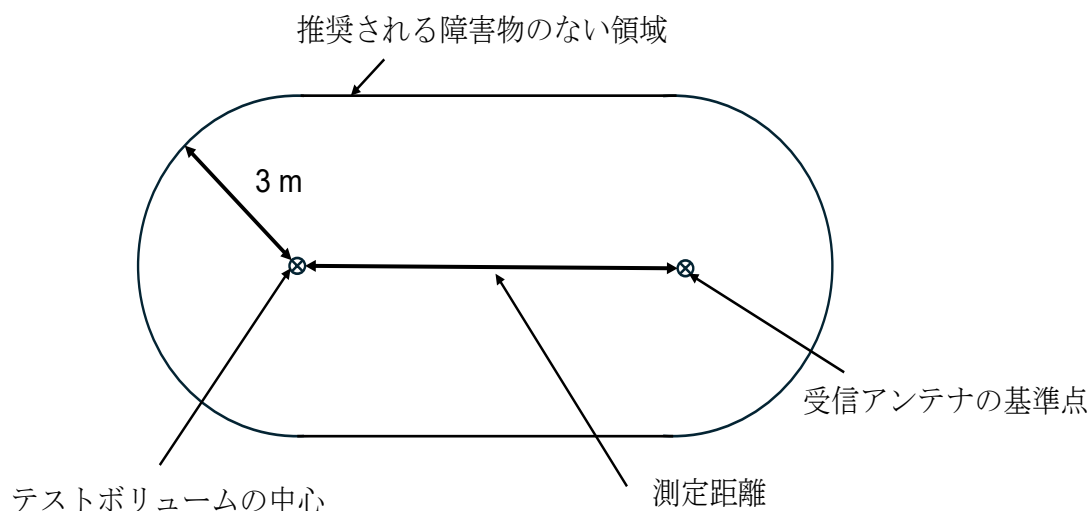


図 K.2 - 推奨される反射物の無い領域（上面図）

K.4 共振の無い領域

共振する測定環境は、試験場妥当性確認の結果や実際の EUT の測定結果に悪影響を及ぼす可能性があるため、避けるべきである。K.3 節に規定されているように、少なくとも壁から 3 m の離隔距離があり、更に大きな低損失のシールド環境を使用する場合には、共振の可能性を検証する必要がある。

矩形電磁シールドルームの様々な共振モードは、その寸法（すなわち境界条件）によって決定される。無損失の矩形空洞の共振モードが発生する周波数（MHz）は、式 (K.2) で与えられる。

$$f_{l,m,n}=150\sqrt{\left(\frac{l}{L}\right)^2+\left(\frac{m}{W}\right)^2+\left(\frac{n}{H}\right)^2} \quad (\text{K.2})$$

ここで、

l, m 及び n モード指数 0、1・・・に等しい。

注) 一度に 0 を持てるモード指数は一つだけである。

L 共振空洞の長さ、単位は m

W 共振空洞の幅、単位は m

H 共振空洞の高さ、単位は m

例えば、長方形のシールドルームの最大寸法が 7 m 以下であれば、30 MHz 以下では共振は起こらない。

測定距離 10 m 用に設計された大型のシールドルームは、10 MHz から 30 MHz の間で共振を示す。フェライトを含む吸収材料の反射減衰量が低すぎる場合、試験場妥当性確認中において鋭い共振が観察されることがある（参考文献 [34]）。

付則 L

(情報)

周波数範囲 9 kHz から 30 MHz における NSIL 値の精度

L.1 概要

本付則は、付則 J のシミュレーションの精度について記載する。全ての数値計算手法には、ある程度の不正確さがある。また、NEC コードのバージョンが異なれば、結果も微妙に異なる。

L.2 NEC と解析式の相互確認

Greene (参考文献 [30]) は、電流分布が一定の場合の円形ループアンテナの近傍界の磁場を計算した。1 MHz 以下の周波数では不均一な電流分布は無視できる。藤井ら (参考文献 [29]) は、Greene の結果 (参考文献 [30]) と誘導則を用いて、二つの円形ループアンテナ間の SIL を導出した。

$$A_i = F_{aH,T} + F_{aH,R} + 45.9 + 20 \lg f_{MHz} - 20 \lg K \quad (L.1)$$

$$K \approx \frac{\sqrt{1+(\beta R_0)^2}}{2\pi R_0^3} \left\{ 1 + \frac{15}{8} \left(\frac{r_T r_R}{R_0^2} \right)^2 + \frac{315}{64} \left(\frac{r_T r_R}{R_0^2} \right)^4 \right\}$$

$$R_0 = \sqrt{d^2 + r_T^2 + r_R^2}$$

ここで、

A_i	SIL、単位は dB
$F_{aH,T}$	送信アンテナの磁界アンテナ係数、単位は dB(S/m)
$F_{aH,R}$	受信アンテナの磁界アンテナ係数、単位は dB(S/m)
f_{MHz}	周波数、単位は MHz
K	円形アンテナの対に対する Greene の近似値、単位は dB(m ⁻³)
β	波数 (= $2\pi/\lambda$)、単位は m ⁻¹
R_0	幾何学固有の距離、単位は m
D	アンテナ基準点間の距離、単位は m
r_T	送信ループの半径、単位は m
r_R	受信ループの半径、単位は m

この解析的導出によって NEC によって計算された NSIL 値の妥当性確認をすることが可能である。これは、式 (L.2) と式 (L.3) に従って計算された自由空間における NSIL 値を比較することによって行うことが可能である。

- 解析的導出

$$A_{Ni,analytic} = 45.9 + 20 \lg f_{MHz} - 20 \lg K \quad (L.2)$$

- 数値シミュレーション

$$A_{Ni,simulated} = A_i - F_{aH,T} - F_{aH,R} \quad (L.3)$$

もし送信アンテナと受信アンテナの半径が共に 30 cm で、測定距離が 3 m の場合、 $A_{Ni,analytic}$ と $A_{Ni,simulated}$ の差は図 L.1 のようになる。

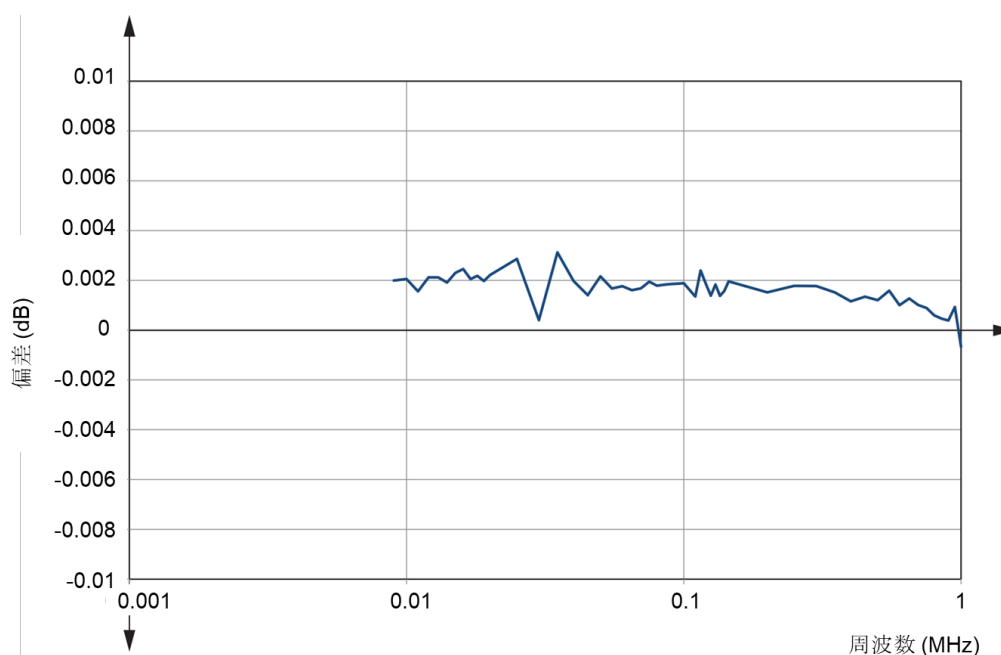


図 L.1 – 解析式とコンピュータシミュレーションによる NSIL 値の比較

L.3 推奨

NEC の幾つかのバージョンは、正確な結果をもたらすことが検証されている。L.2 節を参照。精度の妥当性確認がされれば、他のバージョンを使用することもできる。

表 L.1 - 推奨される NEC の入手先

ソフトウェア	提供元	タイプ	URL
4NEC2	Arie Voors	無料	http://www.qsl.net/4nec2/
NEC2++	Timothy C.A. Molteno	無料	https://github.com/tmolteno/necpp/blob/master/README.md
NEC2/MP	Athan Papadimitriou	無料	a
NEC4	Lawrence Livermore National Laboratory	商用	https://softwarelicensing.llnl.gov/product/nec-v50
a NEC2/MP の公式ウェブページ (URL: http://users.otenet.gr/~jmspl/) は最近公開されていない。ただし、ウェブアーカイブ (https://web.archive.org/web/20130502013310/http://users.otenet.gr/~jmspl/) からは閲覧できる。			

L.4 低周波数側での不安定性

調査の結果、NEC の幾つかのバージョンでは、SIL 値が低い周波数で不安定であることある。その理由は、波長に対するセグメントの長さが短くなりすぎた場合に発生する数値の不正確さである。

表 L.2 は、不安定性が観測されたときの要約である。本表は、距離 3 m、ループ直径 60 cm、Hz のセットアップに対して有効である。他のセットアップでは、異なる周波数範囲を適用してもよい。

不安定性の問題は、L.5 節で説明した外挿技術や、L.6 節で説明したようにセグメント数を減らすことで回避することが可能である。

表 L.2 – 観測された不安定性

ソフトウェア	不安定性
4NEC2	< 30 kHz
NEC2++	< 70 kHz
NEC2/MP	< 100 kHz
NEC4	未確認

L.5 不安定性を解決するための外挿法

低い周波数帯では、SIL と磁界アンテナ係数は誘導起電力の法則に支配される。したがって、NEC コードが不安定性を示す周波数で SIL 値と磁界アンテナ係数を計算するには、外挿法を使用することが現実的である。

外挿法は、式 (L.4)で行うことが可能である。

$$A_i(f) = A_i(mf) + 20 \log(m) \text{ 及び } F_{aH}(f) = F_{aH}(mf) + 20 \log(m) \quad (\text{L.4})$$

m の一般的な値は 10 である。

L.6 不安定性を解消するためのセグメントの削減

低周波数帯では、ループアンテナは非常に均一な電流分布を持ち、ループの形状による差は無視できる。したがって、SIL 値と磁界アンテナ係数の計算には、セグメント数を削減することが可能である。

付則 M

(情報)

9 kHz から 30 MHz で ± 4 dB の基準を満たさない 10 m 法 SAC の計算例

測定の不確かさの推定は、引用規格 (4) で標準化された測定方法を用いて得られた結果について、引用規格 (5) で示される。

注 1) ただし、本答申の発行時点では、引用規格 (5) は磁界ループアンテナによる 30 MHz 未満の放射妨害波測定の実験ケースを含んでいない。

$U_{lab} > U_{CISPR}$ の場合、その差 $U_{lab} - U_{CISPR}$ は測定された磁界強度に加算後、EUT の適合性を判断するために適用される許容値と比較する。

表 M.1 に基づき、磁界妨害波測定の実験結果には 5.2 dB の値が与えられる。

この値の不確かさバジェットでは、試験場の影響は三角分布で ± 4 dB と仮定される。

表 M.1 - 9 kHz から 30 MHz までの放射妨害波測定結果の不確かさ

入力量	x_i	x_i の不確かさ		$u(x_i)$ dB	c_i	$c_i u(x_i)$ dB
		dB	確率密度関数			
影響 1	?	?	?	?	1	?
影響 2	?	?	?	?	1	?
...	...	...	...	...	...	...
影響 N	?	?	?	?	1	?
試験場の不完全性	δA_i	± 4	三角	1.63	1	1.63
注) 記号"?"は、引用規格 (5) のメンテナンスプロジェクトで CISPR 小委員会が規定する将来の不確かさの影響を示す。						

したがって、拡張不確かさ $U(H) = 2u_c(H) = 5.2$ dB となる。

もし、 ± 4 dB が試験場で満足しない場合、 U_{lab} は表 2 に示すように増加する。

表 M.2 - U_{lab} の δA_i の影響

δA_i dB	4	± 5	± 6	± 7	± 8	± 9	± 10	± 11	± 12
U_{lab} dB	5.20	5.75	6.35	7.00	7.68	8.39	9.11	9.85	10.60
$U_{lab} - U_{CISPR}$ dB	0.00	0.55	1.15	1.8	2.48	3.19	3.91	4.65	5.4

± 4 dB 基準に適合しない試験場妥当性確認結果の例を図 M.1 に示す。 H_x と H_y の結果は、1 MHz 以上の周波数範囲で ± 4 dB の許容値を超えている。 H_z の結果は、全周波数範囲において ± 4 dB の許容値を超えないので、ループアンテナが H_z 配置された EUT の測定では、調整は必要ない。

注 2) 想定される試験場妥当性確認結果はあくまでも仮説であるが、典型的な例である。

図 M.1 の結果は、各周波数と各配置について U_{lab} を計算するために使用される。結果が ± 4 dB の基準を超える 1 MHz 以上では、 U_{lab} も U_{CISPR} の値を超える、表 M.2 参照。

U_{lab} と U_{CISPR} の差（補正係数）を図 M.3 に示す。必要な補正は周波数に依存し、アンテナの配置に依存する。

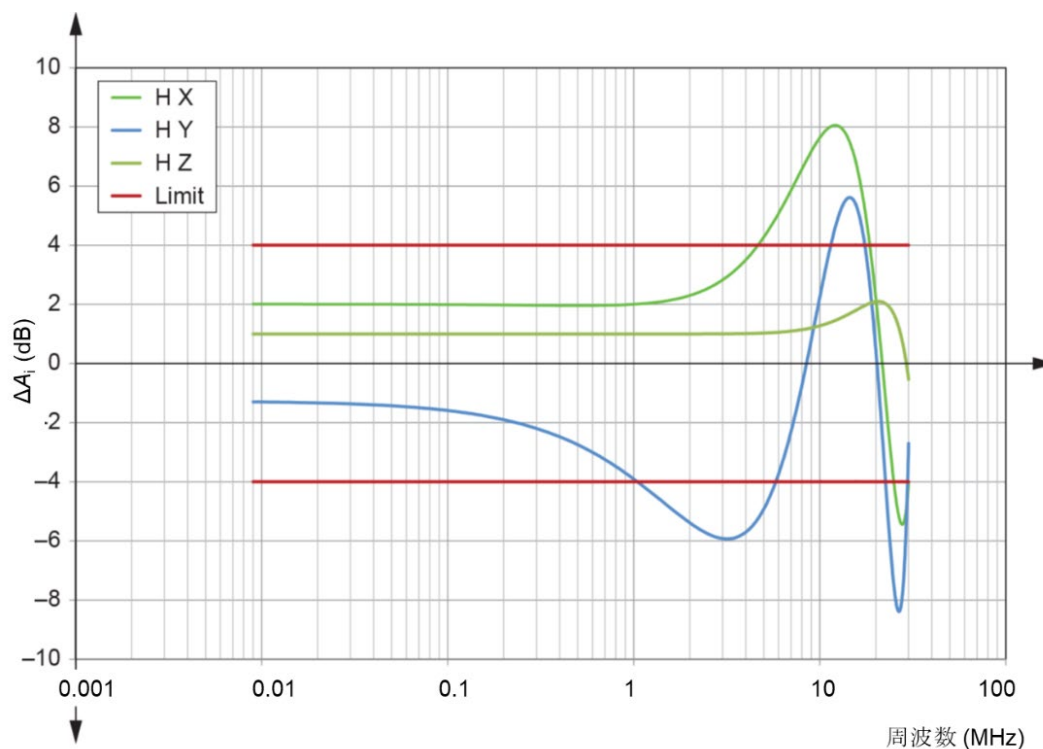


図 M.1 - 試験場妥当性確認結果の例

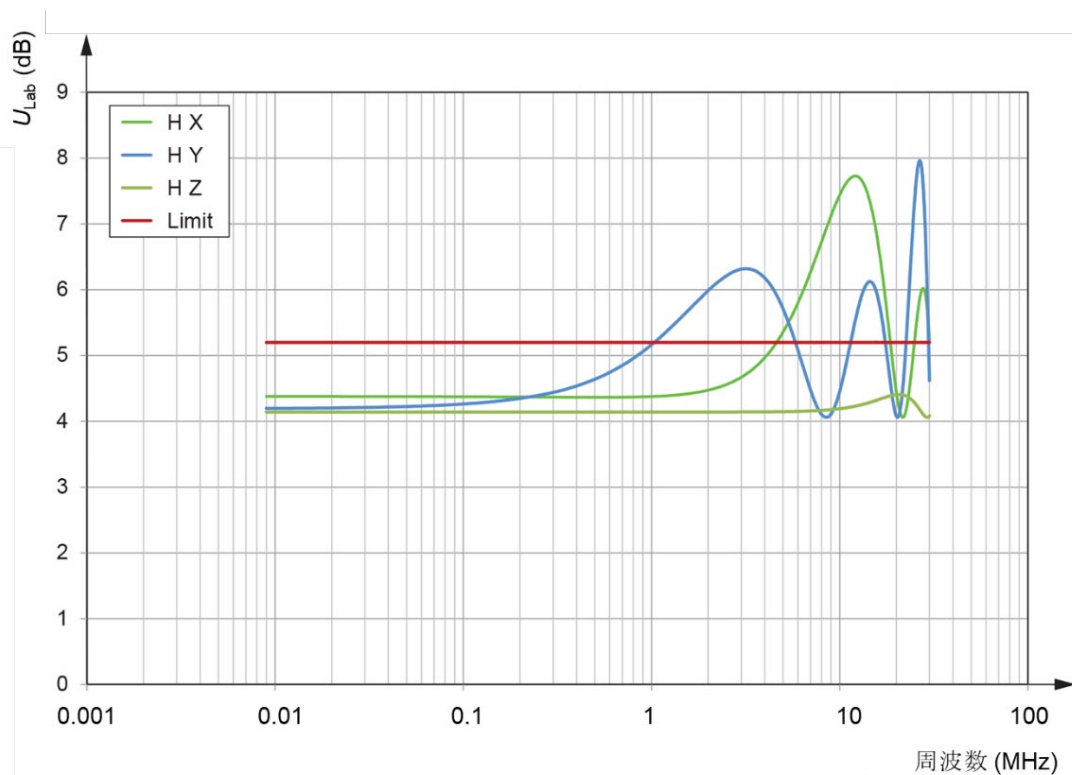


図 M.2 - U_{lab} 試験場妥当性確認結果から算出

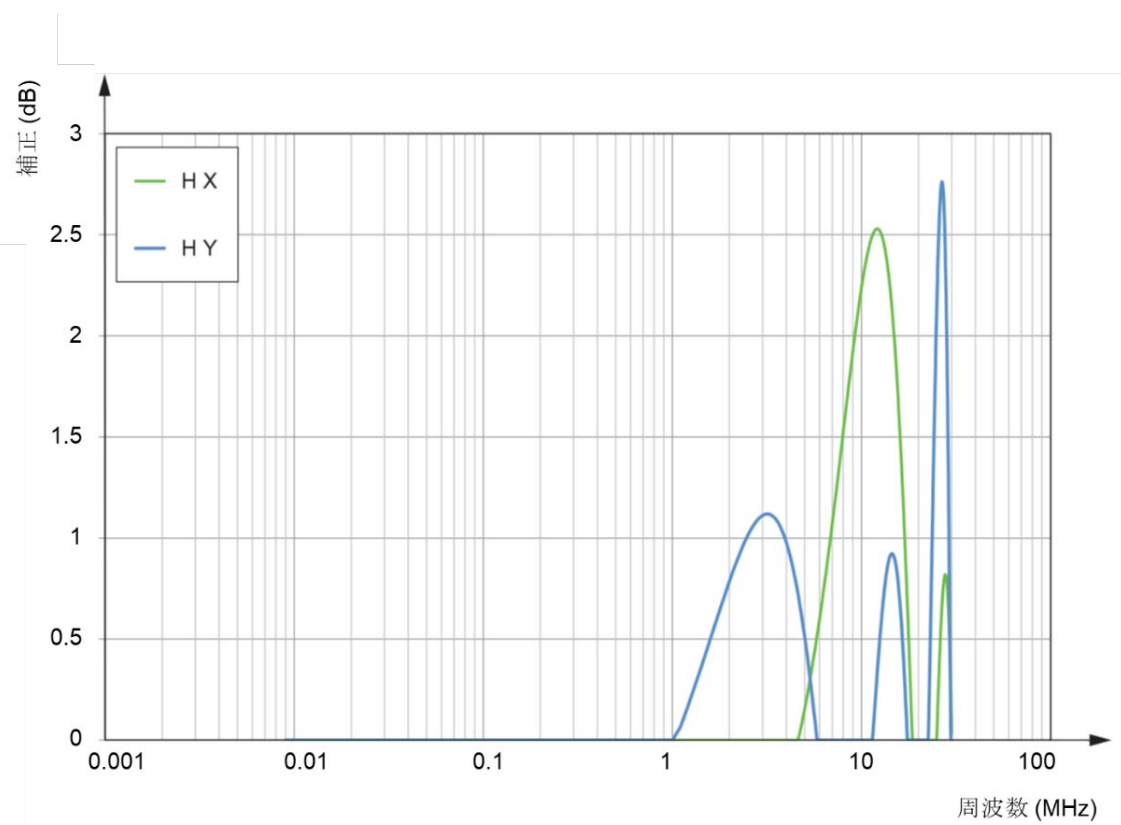


図 M.3 - 周波数に依存する補正係数

付則 N (規定)

周波数範囲 9 kHz から 30 MHz における磁界アンテナ係数の合成値の校正

N.1 概要

試験場妥当性確認のための NSIL 法は 5.5.2 項に示す。SIL の偏差は式 (N.1) で計算する。

$$\Delta A_i = V_{\text{DIRECT}} - V_{\text{SITE}} - (F_{\text{aH,T}} + F_{\text{aH,R}}) - A_{\text{Ni}} \quad (\text{N.1})$$

式 (27) のアンテナ係数の項を括弧で囲むと、式 (N.1) のように磁界アンテナ係数 $F_{\text{aH,T}}$ と $F_{\text{aH,R}}$ の和だけが必要であることが分かる。これにより、引用規格 (3) の方法ではなく、修正された次のアンテナ校正方法を使用することができる。両方のループアンテナをペアとして校正することは、試験場妥当性確認の測定結果の測定の不確かさを低減する可能性があるという利点がある。

この方法は、放射妨害波測定に使用される磁界アンテナ係数の校正を意図したものではない。磁界アンテナ係数の校正方法は、引用規格 (3) に記載されている。

N.2 校正手順

二つのアンテナ間でひとつの SIL 測定 (図 N.1 参照) だけが実行される場合、式 (N.1) は、式 (N.2) に簡単化される。

$$F_{\text{aH,T}} + F_{\text{aH,R}} = A_i - A_{\text{Ni}} \quad (\text{N.2})$$

ここで、

アンテナ間の SIL で、VNA を使って測定した場合、SIL は次式で与えら

A_i れる。

$$A_i = -20 \log |S_{21}| \quad (\text{単位は dB})$$

A_{Ni} NSIL で単位は $\text{dB}(\text{m}^2/\text{S}^2)$

アンテナは、 H_x 方向に設置する。NSIL は NEC (付則 J 参照) を用いて導出しなければならない、シミュレーションでは、アンテナの形状、サイズ、給電点の位置を考慮しなければならない。

注) 非円形ループアンテナの場合、この方法は H_z 方位に対して RSM と比較して差が出る。この差は自由空間における電界感度に等しく、補正することが可能である。この特性は、数値シミュレーションによって推定することが可能である (J.2 節参照)。アンテナの Y 軸を中心に 90° 回転させた場合の磁界アンテナ係数の差である (参考文献 [32])。

アンテナ間の距離は、0.3 m から 1 m とする。この距離範囲であれば、十分な S/N 比を維持しやすく、近くの物体の影響も少ない。

地上からの高さは少なくとも 1.3 m でなければならない。大地面は NSIL の NEC 計算に含まれなければならない。

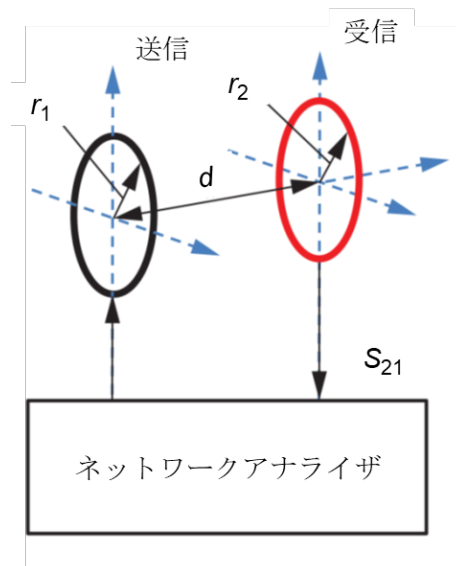


図 N.1 - アンテナ係数合成法のアンテナ配置

N.3 測定不確かさ

測定値 ($F_{aH,T} + F_{aH,R}$) は式 (N.3) に従って計算され、記号は表 N.1 に記載される。

$$F_{aH,T} + F_{aH,R} = V_{\text{DIRECT}} - V_{\text{SITE}} - A_{\text{Ni}} + \delta V_{M1} + \delta V_{M2} + \delta V_{M3} + \delta V_i + \delta V_{\text{Pos}} \quad (\text{N.3})$$

表 N.1 - アンテナ係数合成法の不確かさバジエットの例

入力量	x_i	x_i の不確かさ		$u(x_i)$	c_i	$c_i u(x_i)$
		dB	確率密度関数	dB		dB
VNA の読み 1	V_{DIRECT}	± 0.01	一様	0.006	1	0.006
VNA の読み 2	V_{SITE}	± 0.15	一様	0.087	-1	0.09
NSIL 値 3	A_{Ni}	± 0.1	$k = 2$	0.05	-1	0.05
不整合: 4						
ポート 1 – ポート 2	δV_{M1}	± 0.15	U 型	0.11	1	0.11
ポート 1 – 送信アンテナ	δV_{M2}	$-0.28/+0.29$	U 型	0.2	1	0.25
受信アンテナ – ポート 2	δV_{M3}	± 0.16	U 型	0.11	1	0.13
試験場の不完全性 5	δV_i	± 0.1	$k = 2$	0.05	1	0.05
アンテナ位置決め 6	δV_{Pos}	± 0.21	$k = 1$	0.21	1	0.21
上付き文字は N.3 の注番号を示す。						

したがって、 $2u_c(F_{aH,T} + F_{aH,R}) = 0.6 \text{ dB}$ 。

注 1) V_{DIRECT} による不確かさの寄与は、VNA 製造業者によって与えられたトレースノイズやノイズフロアの影響に基づく。通常、非線形の影響は無視できる。もし、この仮定が有効でない場合は、VNA 製造業者の仕様に基づいて、もう一つ寄与を考慮することが可能である。

注 2) V_{SITE} において、振幅の小さい信号を測定する場合、主な影響は雑音である。雑音の値は SNR に依存する。アンテナが近接しているため、ノイズはあまり重要ではない。

注 3) NSIL 値 A_{Ni} の精度に関する詳細は、付則 L に記載されている。

注 4) 不整合の前提は、VNA の反射減衰量が 15 dB、送信アンテナの VSWR が 3 : 1、受信アンテナの VSWR が 1.5 : 1 である。VSWR が 1.1 : 1 の 10 dB 減衰器を送信アンテナと受信アンテナに使用する。

注 5) アンテナ間の距離が短いため、試験場の不完全性の寄与が小さくなっている。詳細は、引用規格 (3) の 5.2.3.2 項に記載されている

注 6) アンテナサイズの不正確さ、横方向及び角度方向のずれの複合影響である。これらを含めて不確かさの値は、モンテカルロ法を使って計算される、引用規格 (3) の付則 J を参照のこと。

付則 **ZA** 国内デビエーション

「国際無線障害特別委員会（CISPR）の諸規格について」のうち「無線周波妨害波及びイミュニティ測定装置の技術的条件 放射妨害波測定用のアンテナと試験場」について、検討の結果、国内における実情に合わせるために国際規格とデビエーションを設ける部分については次の表のとおりとする。

変更箇所	国際規格の原文	デビエーション後の文	デビエーションの理由
序文	—	本答申は、国際規格CISPR 16-1-4 (第 4.2 版、2023) に準拠し、「国際無線障害特別委員会 (CISPR) の諸規格について」のうち「無線周波妨害波及びイミュニティ測定装置の技術的条件 放射妨害波測定用のアンテナと試験場」に関する技術的条件及び性能評価法について定めたものである。平成 28 年度情報通信審議会答申諮問第3号「国際無線障害特別委員会 (CISPR) の諸規格について」のうち「無線周波妨害波及びイミュニティ測定装置の技術的条件 第 1 部-第 4 編：無線周波妨害波及びイミュニティの測定装置 -放射妨害波測定用のアンテナと試験場-」に関する規定は、本答申で置き換える。 本答申は、第 1 章～第 10 章、付則 A、付則 C、付則 D、付則 J及び付則 N (規定)、付則 F、付則 G～付則 I、付則 K～付則 M (技術情報) 並びに付則ZAで構成される。付則 B及び付則 Eは、準拠する国際規格において削除されている。付則ZAは国際規格を答申するにあたり、国内固有の環境等を考慮して定めたデビエーションの内容である。	本答申の引用規格を明確にするために記載する。
1 適用範囲	<u>注) IEC ガイド 107 に準拠した CISPR 16 第 1 部－第 4 編は、IEC の製品委員会が使用する基本的な電磁両立性(EMC)規格である。ガイド 107 に記載されているように、製品委員会は、基本的な EMC 規格の適用性を判断する責任がある。CISPR とその小委員会は、特定の製品に対する特定の EMC テストの価値の評価において、製品委員会と協力する準備ができています。</u>	削除	この文章は、必要条件でないため前回国内答申と同様に削除する。
2 引用規格	CISPR 16-1-1:2019, 無線妨害波及びイミュニティ測定装置と測定法の技術的条件 第 1 部－第 1 編－無	(1) 令和 X 年 M 月 情報通信審議会答申、(諮問第 3 号「国際無線障害特別委員会 (CISPR) の諸規	国際規格に対する一部答申に変更する。ただし、引

	線周波妨害波及びイミュニティ測定装置の技 4 術的 条件 測定用受信機	格について」のうち「無線周波妨害波及びイミュニ ティ測定装置の技術的条件 測定用受信機」)	用規格には番号を付与し、 分かりやすくした。
2 引用規格	5CISPR 16-1-5:2003, 無線周波妨害波及びイミュ 6 ニティ測定装置と測定法の技術的条件－第 1 部－7 第 5 編－無線周波妨害波とイミュニティ測定装置 8 －5 MHz から 18 GHz のアンテナ校正試験場と基準 9 試験所－	(2) CISPR 16-1-5:2014, 無線周波妨害波及びイミュ ニティ測定装置の技術的条件 5 MHz から 18 GHz のアンテナ校正試験場と基準試験場	CISPR 16-1-4 第 4.2 版 に整合する。ただし、引用 規格には番号を付与し、分 かりやすくした。
2 引用規格	CISPR 16-1-6:2014, 無線周波妨害波及びイミュニ ティ測定装置と測定法の技術的条件－第1部－第6編 －無線周波妨害波とイミュニティ測定装置－EMCア ンテナ校正 CISPR 16-1-6:2014/修正 1:2017 CISPR 16-1-6:2014/修正 2:2022	(3) CISPR 16-1-6:2014, 無線周波妨害波及びイミュ ニティ測定装置の技術的条件 EMCアンテナ校正 CISPR 16-1-6:2014/修正 1:2017 CISPR 16-1-6:2014/修正 2:2022	CISPR 16-1-4 第 4.2 版 に整合する。ただし、引用 規格には番号を付与し、分 かりやすくした。
2 引用規格	CISPR 16-2-3:2016, 無線周波妨害波及びイミュニ ティ測定装置と測定法の技術的条件－第2部－第3編 －無線周波妨害波とイミュニティ測定装置－放射妨 害波の測定 CISPR 16-2-3:2016/修正 1:2019 CISPR 16-2-3:2016/修正 2:2023	(4) 令和 7 年 M 月 情報通信審議会答申, (諮問 第 3 号「国際無線障害特別委員会 (CISPR) の諸規 格について」のうち「無線周波妨害波及びイミュニ ティ測定法の技術的条件 放射妨害波測定」)	国際規格に対する一部答 申に変更する。ただし、引 用規格には番号を付与し、 分かりやすくした。
2 引用規格	CISPR TR 16-3, 無線妨害波及びイミュニティ測定 装置と測定法に関する規格－第3部:CISPR技術報告	削除し、参考文献[23]を参照	参考文献[23]と重複する ため削除する。
2 引用規格	CISPR 16-4-2, 無線周波妨害波及びイミュニティ測 定装置と測定法の技術的条件－第4部－第2編－不確 かさ、統計モデル及び許容値モデル－測定装置に関	(5) 令和 7 年 M 月 情報通信審議会答申, (諮問 第 3 号「国際無線障害特別委員会 (CISPR) の諸規 格について」のうち「無線周波妨害波及びイミュニ	国際規格に対する一部答 申に変更する。ただし、引

	する不確かさ	ティ測定法の技術的条件 不確かさ、統計及び許容値のモデルー測定装置に関する不確かさJ)	用規格には番号を付与し、分かりやすくした。
2 引用規格	<u>IEC 60050-161, 国際電気技術用語集 (IEV) –第161部：電磁両立性 (www.electropedia.org で入手可能)</u>	<u>(6) JIS C 60050-161, EMCに関するIEV用語</u>	国際規格に対する日本産業規格 (JIS) に変更する。ただし、引用規格には番号を付与し、分かりやすくした。
2 引用規格	<u>IEC 61000-4-20, 電磁両立性－第 4-20 部：試験及び測定技術－TEM (横方向電磁界) 導波管のエミッション及びイミュニティ試験</u>	削除し、参考文献[22]を参照	参考文献[22]と重複するため削除する。
2 引用規格	<u>IEC 61000-4-21, 電磁両立性－第4-21部：試験及び測定技術－残響室試験法</u>	<u>(7) IEC 61000-4-21, 電磁両立性－第 4-21 部：試験及び測定技術－残響室試験法</u>	CISPR 16-1-4 第 4.2 版に整合する。ただし、引用規格には番号を付与し、分かりやすくした。
3 用語、定義及び略号	<u>ISO と IEC は、標準化に使用する用語データベースを次のアドレスで管理している。</u> <u>・ IEC : Electropedia:http://www.electropedia.org/ で入手可能</u> <u>・ ISO オンラインブラウジングプラットフォーム:http://www.iso.org/obp で入手可能</u>	削除	この文章は、必要条件でないため前回国内答申と同様に削除する。
3.1.7 コモンモード吸収デバイス	<u>適合性不確かさを小さくするために、放射妨害波測定においてテストボリュームから外に出るケーブルに適用するデバイス</u>	<u>3.1.7 項を追加及び一部文章を変更</u> <u>高コモンモードインピーダンスを維持するために、放射妨害波測定でテストボリュームから外に出るケーブルに適用するデバイス</u>	<u>CMAD の用語の定義は、技術的間違いがあるため、正しい CMAD の定義に修正する。</u>
3.1.17 ノル	<u>注 3) 定在波の節 (Node : IEC 60050-726:1982、726-02-07) は、定在波を生成する二つの波の指定されたフィールド量のベクトル和が最小である伝播媒</u>	削除	この文章は、必要条件でないため削除する。

	体内の位置として、(定在波の) 同義語ノードを持つ <u>定在波最小値を定義している。</u>		
3.1.24 短絡・開放・整合負荷・通過校正法 SOLT 通過・開放・短絡・整合負荷校正法 TOSM	短絡・開放・整合負荷・通過校正法 SOLT (short-open-load-through calibration method) 既知の三つのインピーダンス基準(短絡、開放、整合負荷)及び通過基準を使ったベクトルネットワークアナライザの校正方法 (SOLT 法 : Short-Open-Load-Through) <u>注 1)</u> SOLT 法 及び TOSM 法 は、広く使われ特性インピーダンス 50 Ω の校正キットが入手可能である。 2 ポートの誤差モデルは、透過波と反射波に対して、それぞれ、 6 個の誤差項目を含む。これは、合計で 12 個の誤差項目であり、校正を行うために、 12 回の基準測定が必要になる。	3.1.24 項に TOSM を追加し、注は本文に移動 短絡・開放・整合負荷・通過校正法 SOLT (short-open-load-through calibration method) <u>通過・開放・短絡・整合負荷校正法</u> <u>TOSM (through-open-short-match calibration method)</u> 既知の三つのインピーダンス基準(短絡、開放、整合負荷)及び通過基準を使ったベクトルネットワークアナライザの校正方法 (SOLT 法 : Short-Open-Load-Through、 TOSM 法 : Thru-Open-Short-Matched) SOLT 法 及び TOSM 法 は、広く使われ特性インピーダンス 50 Ω の校正キットが入手可能である。 2 ポートの誤差モデルは、透過波と反射波に対して、それぞれ、 6 個の誤差項目を含む。これは、合計で 12 個の誤差項目であり、校正を行うために、 12 回の基準測定が必要になる。	二つの校正方法は、測定機器の製造業者によって呼び名が異なるだけある。よって、本文、及び注記に読者が分かりやすく記載した。 また、注 1)には、要求が記載されているため、本文に移動する。
4.7 特殊なアンテナ配置ーラージループアンテナシステム (LLAS)	EUT は、・・・どの LLAS のループに対しても 0.4 m 以内に近づかないように配置しなければならない。	EUT は、・・・どの LLAS のループに対しても 0.4 m 以内 (<u>付則 C の図 C.6 参照</u>) に近づかないように配置しなければならない。	読者が分かり易くするために、参照先を追記する。

6.2.4 試験場の周囲電磁環境	a) 電磁環境レベルは... b) 幾つかの周囲電磁波レベルは... c) 幾つかの周囲電磁波レベルは... d) 電磁環境レベルが...	左記の文章を次の通り修正。 a) <u>全ての周波数</u>における<u>周囲電磁環境</u>は... b) <u>幾つかの周波数</u>における<u>周囲電磁環境</u>は... c) <u>幾つかの周波数</u>における<u>周囲電磁環境</u>は... d) <u>周囲電磁環境</u>が...	読者への理解のため、ambient emission 及び ambient level をすべて電磁環境と訳し、さらに周波数範囲に関する補足を行った。
6.6.1 概要	・送信アンテナ高は、水平偏波において1 m及び2 m、並びに垂直偏波において1 m及び1.5 mである。 注 2) その他の送信アンテナ高については、表 2 を参照。	・送信アンテナ高は、水平偏波において 1 m 及び 2 m、並びに垂直偏波において 1 m 及び 1.5 m である。その他の送信アンテナ高については、表 2 を参照。	注 2 は、要求事項の一部であるため、前述の箇条書きに続け、注 2 は欠番とする。
7.5.3 付加的な S_{VSWR} の測定位置 (図 24)	高さは、テストボリュームの中央又はテストボリュームの底部上から 1.0 m のいずれか低い方	テストボリューム中間の高さ又はテストボリューム底部上 1 m のテストボリューム中間の高さ、あるいは地上高 1 m	受信アンテナ高の物理的制限のため分かりやすく追記する。
C.2 LLAS の構造	「この要求事項は、例えば、環状フェライト、<u>Ferroxcube の 3E1 型(最小サイズ：外径 29 mm x 内径 19.1 mm x 高さ 7.5 mm)</u>を 12 個使えば、満たすことができる。」	「この要求事項は、例えば、<u>最小サイズ(外径 29 mm x 内径 19.1 mm x 長さ 7.5 mm) の環状フェライト</u>を 12 個使えば、満たすことができる。」	『Ferroxcube の 3E1 型』は、特定の製造者名及び型番であるので、削除した。
C.7 例	以下を全て修正 <u>次の例は、式(C.1)から式(C.3)、並びに図C.8、図C.10及び図C.11の使い方を示している。</u> ...	<u>a)からc)の計算式の内、a)を削除し、b)、c)を繰り上げ修正し、参照する図番号と表番号を正しくした。</u>	本文の誤記であり、読者が混乱しないよう、例を正しい参照先の図、表及び式に訂正した。
F.1 概要	本付則は、6.4 節において要求される <u>NSA 法及び RSM 測定</u>に関する $\pm 4\text{dB}$ の判定基準の根拠について述べたものである。	本付則は、6.4 節において要求される NSA 法に関する $\pm 4\text{dB}$ の判定基準の根拠について述べたものである。	RSM は、アンテナ係数を必要としないところが NSA より優れているところなので、読者が誤解を招かないように RSM 測定を削除する。

表 G.1	拡張不確かさは、 $U=2uc(AAPR)=\underline{1.37dB}$ である。	拡張不確かさは、 $U=2uc(AAPR)=1.60dB$ である。ただし、本答申では拡張不確かさを正しい値とした。	読者が誤解を招かないように、拡張不確かさの計算結果を正しく修正し、ただし書きを追記する。
表 G.2	拡張不確かさは、 $U=2uc(AAPR)=\underline{1.34dB}$ である。	拡張不確かさは、 $U=2uc(AAPR)=1.57dB$ である。ただし、本答申では拡張不確かさを正しい値とした。	読者が誤解を招かないように、拡張不確かさの計算結果を正しく修正し、ただし書きを追記する。
表 G.3	拡張不確かさは、 $U=2uc(\Delta As)=\underline{1.54dB}$ である。	拡張不確かさは $U=2uc(\Delta As)=1.75dB$ である。ただし、本答申では拡張不確かさを正しい値とした。	読者が誤解を招かないように、拡張不確かさの計算結果を正しく修正し、ただし書きを追記する。
付則 H H5)	直接誤差・・・可能性がある。 <u>更なる経験が積み重なった後、本付則は改訂される可能性がある。</u>	直接誤差・・・可能性がある。	最後の文章は、国内答申としては必要でないため削除する。
I.2 RSM による COMTS の妥当性確認のために考慮すべき量	注 8) もし・・・使用する (5.5.2 項参照)。もし電力増幅器を使わないのなら、 $\underline{\delta V_{POW}}$ の寄与は無視することが可能である。	注 8) もし・・・使用する (5.5.2 項参照)。もし電力増幅器を使わないのなら、 $\underline{\delta A_{POW}}$ の寄与は無視することが可能である。	原文の略号の誤記があるため正しく修正する。
J.5 NSIL の数表	フルサイズの表は IEC ウェブページ CISPR/A ダッシュボードの文書セクションにあり、下記リンクをクリックすることで見る事が可能である： <u>URL リンク</u>	[35] フルサイズの表は IEC ウェブページ CISPR/A ダッシュボードの文書セクションにあり、下記リンクをクリックすることで見る事が可能である： <u>URL リンク</u>	読者が分かりやすく一般の方が閲覧でき、計算例の URL が表示されているが、他の文章からも参照できるように参考文献に移動する。
L.3 推奨の表 L.1	<u>NEC2++</u> <u>http://nec-archives.pa3kj.com/</u>	<u>https://github.com/tmolteno/necpp/blob/master/</u>	国際規格に記載されている URL のリンク先がない

	<u>NEC4</u> https://ipo.llnl.gov/technologies/nec	<u>README.md</u> https://softwarelicensing.llnl.gov/product/nec-v50	ため、正しく URL を差し替える。
L.5 不安定性を解決するための外挿法	<u>注) この外挿法は直径 0.15mm 以上のループアンテナに適用できる。</u>	削除	我が国での校正では、0.1m のループを使用していること。さらに技術的には NEC のバージョンの違いにより必要となる直径が変わってしまうため、注を削除する。
参考文献	<u>[22] IEC 61000-4-20, Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-20: Testing and measurement techniques – Emission and immunity testing in transverse electromagnetic (TEM) waveguides</u>	<u>[22] JIS C 61000-4-20:2024, 電磁両立性－第4 - 20部：試験及び測定技術 - TEM（横方向電磁界）導波路のエミッション及びイミュニティ試験</u>	国際規格に対する一部答申に変更する。
参考文献	<u>[24] CISPR 11, Industrial, scientific and medical equipment – Radio-frequency disturbance characteristics – Limits and methods of measurement</u>	<u>[24] 令和 X 年 M 月 情報通信審議会答申, (諮問第 3 号「国際無線障害特別委員会 (CISPR) の諸規格について」のうち「工業、科学、医療用装置からの妨害波の許容値及び測定法」)</u>	国際規格に対する一部答申に変更する。
参考文献	<u>[4]、[10]、[11]、[12]、[14]、[15]、[16]、[17]、[18]</u>	削除	引用先がないため削除する。

参考文献

- [1] IEC 61169-8, Radio-frequency connectors – Part 8: Sectional specification – RF coaxial connectors with inner diameter of outer conductor 6,5 mm (0,256 in) with bayonet lock – Characteristic impedance 50 Ω (type BNC) (previously published as IEC 60169-8)
- [2] BEECKMAN, P. A., The influence of positioning tables on the results of radiated EMC measurements, IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility, Montreal, Quebec, Canada, 2001, p. 280-285
- [3] BURKE, G. J. and POGGIO, A.J., Numerical Electromagnetic Code – Method of Moments, Lawrence Livermore Laboratory, California, January, 1981
- [4] (削除)
- [5] MOSSHAMMER, P., Untersuchung der Einflüsse des Messzubehörs und der Umgebung auf die Messunsicherheit bei der Messung der Störfeldstärke auf Freifeld-messplätzen (Investigation of the influences of the measuring accessories and the environment on the measurement uncertainty with the measurement of the perturbative field strength on free field measuring positions), Diplomarbeit an Fachhochschule für Technik und Wirtschaft Berlin (available only in German)
- [6] ETR 273-1-1:1998, Electromagnetic compatibility and radio spectrum matters (ERM); Improvement of radiated methods of measurement (using test sites) and evaluation of the corresponding measurement uncertainties – Part 1: Uncertainties in the measurement of mobile radio equipment characteristics – Section 1: Introduction; Subclause 8.3.4.3: Antenna mast, turntable and mounting fixture, ETSI Technical Report, European Telecommunications Standards Institute, Sophia Antipolis, France
- [7] MIL-STD-461A, Electromagnetic Interference (EMI) Characteristics Requirements for Equipment
- [8] ZOMBOLAS, C., The effects of table material on radiated field strength measurement reproducibility at open area test sites, IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility, Montreal, Quebec, Canada, 2001, p. 260-264
- [9] BERGERVOET J.R. and VAN VEEN, H., A Large-Loop Antenna for Magnetic Field Measurements, Proceedings of the 8th International Zürich Symposium on Electromagnetic Compatibility, March 1989, ETH Zentrum – IKT, 8092 Zürich, Switzerland, p. 29-34
- [10] (削除)
- [11] (削除)
- [12] (削除)

- [13] prEN 50147-3:1998, Electromagnetic Compatibility Basic Emission Standard, Part 3: Emission Measurements in Fully Anechoic Rooms, TC210-WG4-9905, CENELEC, Brussels, January 1999
- [14] (削除)
- [15] (削除)
- [16] (削除)
- [17] (削除)
- [18] (削除)
- [19] ANSI C63.5-2017, American National Standard for Electromagnetic Compatibility– Radiated Emission Measurements in Electromagnetic Interference (EMI) Control– Calibration of Antennas (9 kHz to 40 GHz)
- [20] MENG, D., A, Fast Way to Accurately Calibrate Tunable Dipole Antennas at VHF, IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, February 2018, vol. 60, no.1, p. 86-95
- [21] Void
- [22] JIS C 61000-4-20:2024, 電磁両立性－第 4 - 20 部：試験及び測定技術 - TEM（横方向電磁界）導波路のエミッション及びイミュニティ試験
- [23] CISPR TR 16-3:2020, Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 3: CISPR technical reports
- [24] 令和 X 年 M 月 情報通信審議会答申, (諮問第 3 号「国際無線障害特別委員会 (CISPR) の諸規格について」のうち「工業、科学、医療用装置からの妨害波の許容値及び測定法」)
- [25] Trautnitz, F.-W., Riedelsheimer, J., Erstellung eines Validierungsverfahrens für EMV Messplätze im Frequenzbereich von 9 kHz bis 30 MHz mit Magnetfeldantennen, Internationale Fachmesse und Kongress für Elektromagnetische Verträglichkeit, Düsseldorf, 11.-13.03.2014, e-emv.com, VDE Verlag GmbH
- [26] Kriz, A., Saturation of active loop antennas, Electromagnetic Compatibility (EMC), 2016 IEEE International Symposium on, 25-29 July 2016, IEEE
- [27] Voors, A., NEC based antenna modeler and optimizer 4NEC2, Version 5.8.16, <http://www.qsl.net/4nec2/>
- [28] Smith, A.A., German, R.F., Pate, J.B., Calculation of Site Attenuation from Antenna Factors, IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, vol. EMC-24, no. 3, Aug. 1982
- [29] FUJII, K., Sakai, K., Sugiyama, T., Sebata, K., and Nishiyama, I., Calibration of Loop Antennas for EMI Measurements in the Frequency Range Below 30 MHz, Journal of the

National Institute of Information and Communications Technology, vol. 63, no. 1, Dec. 2016, p. 71-81

- [30] GREENE, F.M., The near-zone magnetic field of a small circular-loop antenna, Journal of Research of the National Bureau of Standards – C. Engineering and Instrumentation, Oct.-Dec. 1967, vol. 71C, no. 4, p. 319-326 (<https://www.nist.gov/nist-research-library/journal-research-volume-71c>)
- [31] Kriz, A., Ground loops during site validation of anechoic rooms below 30 MHz, Electromagnetic Compatibility (EMC), 2018 IEEE International Symposium, 30 July – 3 August 2018, IEEE
- [32] FUJII, K., Basic characteristics of magnetic field antenna factor of loop antennas for EMI measurements, IEICE Communications Express, vol.11, no. 10, p.643-648, Oct. 2022
- [33] FUJII, K., Effects of feed gap arrangements of loop antennas on site validation for EMI measurements below 30 MHz, IEICE Communications Express, vol.11, no.11, Nov. 2022, p.721-726
- [34] ISHII, M., YOSHIDA, H., DANJO, Y., KUROKAWA, S., FUJII, K., A Study on Characteristics of Semi-anechoic Chambers below 30 MHz, IEEE 2014 International Symposium on EMC – EMC Europe, Sep. 2014, p.934-939
- [35] フルサイズの表は IEC ウェブページ CISPR/A ダッシュボードの文書セクションにあり、下記リンクをクリックすることで見る事が可能である：
- [36] https://www.iec.ch/dyn/www/f?p=103:227:15032641706403:::FSP_ORG_ID,FSP_LANG_ID:1327,25