

IEC 61000-4 試験規格概要

2024年度版 Ver.1

- IEC 61000-4-2 Ed.2 2008 (静電気放電試験)
- IEC 61000-4-3 Ed.4 2020 (放射電磁界イミュニティ試験)
- IEC 61000-4-4 Ed.3 2012 (EFT/B 試験)
- IEC 61000-4-5 Ed.3 2014 (雷サージ試験)
- IEC 61000-4-6 Ed.5 2023 (伝導電磁界イミュニティ試験)
- IEC 61000-4-8 Ed.2 2009 (電源周波数磁界イミュニティ試験)
- IEC 61000-4-11 Ed.3 2020 (電源電圧変動試験 (AC))
- IEC 61000-4-39 Ed.1 2017 (近接照射イミュニティ試験)
- ノイズ研究所のご案内

はじめに

本書は IEC 61000-4 シリーズの主要な EMC 規格に関する概要をわかりやすくまとめたものです。
近本書が技術者の皆様の資料としてお役に立てれば幸いです。

株式会社ノイズ研究所
営業部 販売企画課
大石 聡一

目次

はじめに	2
目次(本項)	2
IEC 61000-4-2 Ed.2 2008 の試験概要 (静電気放電試験)	3
IEC 61000-4-3 Ed.3 2020 の試験概要 (放射電磁界イミュニティ試験)	6
IEC 61000-4-4 Ed.3 2012 の試験概要 (EFT/B 試験)	14
IEC 61000-4-5 Ed.3 2014 の試験概要 (雷サージ試験)	18
IEC 61000-4-6 Ed.4 2013 の試験概要 (伝導電磁界イミュニティ試験)	24
IEC 61000-4-8 Ed.2 2009 の試験概要 (電源周波数磁界イミュニティ試験)	32
IEC 61000-4-11 Ed.3 2020 の試験概要 (電源電圧変動試験(AC))	36
IEC 61000-4-39 Ed.1 2017 の試験概要 (近接照射イミュニティ試験)	39
ノイズ研究所について(会社案内)	46

【 IEC 61000-4-2 Ed.2 2009 の試験概要 】

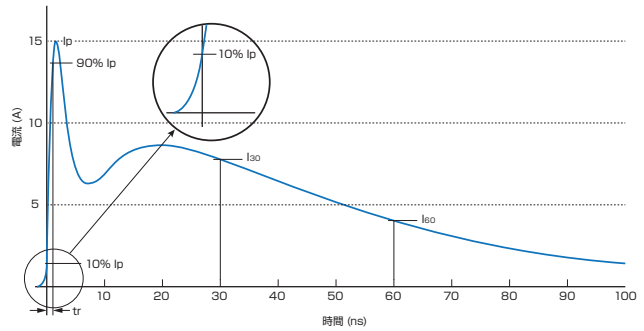
1. 一般的事項

低い相対湿度環境で、化学繊維の絨毯、衣料などが使用されるような条件により、操作者から直接、あるいは近接物体から発生する静電気放電に対する電子機器のイミュニティ評価に適用される規格です。この規格では、帯電した人体が金属を手を持ち、電子機器に放電をした場合を想定し、その時発生する電流波形をシミュレートするための回路を用いて試験を行うことを規定しています。

2. 試験レベル

ESD に対する試験レベルを下記に示します。

レベル	試験電圧 (接触放電)	試験電圧 (気中放電)
1	2kV	2kV
2	4kV	4kV
3	6kV	8kV
4	8kV	15kV
X	Special	Special



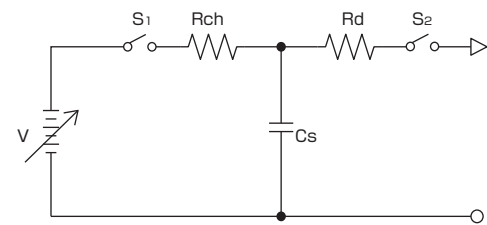
放電電流波形および波形の特性

3. 発生器の仕様および出力波形の検証

■ 静電気試験器の仕様

静電気試験を行う場合、下記の仕様を満たす試験器を使用します。

エネルギー蓄積容量	150pF (代表値)
放電抵抗	330Ω (代表値)
出力電圧	接触放電:8kV、気中放電:15kV
出力電圧表示の精度	±5%
出力電圧の極性	正および負(切替可能)
保持時間	5秒以上
放電操作モード	単発(放電間隔は1秒以上)
放電電流の波形	図参照



コンデンサ容量 Cs:150pF
放電抵抗 Rd:330Ω

静電気試験器の簡略ダイアグラム

■ 静電気試験器の特性

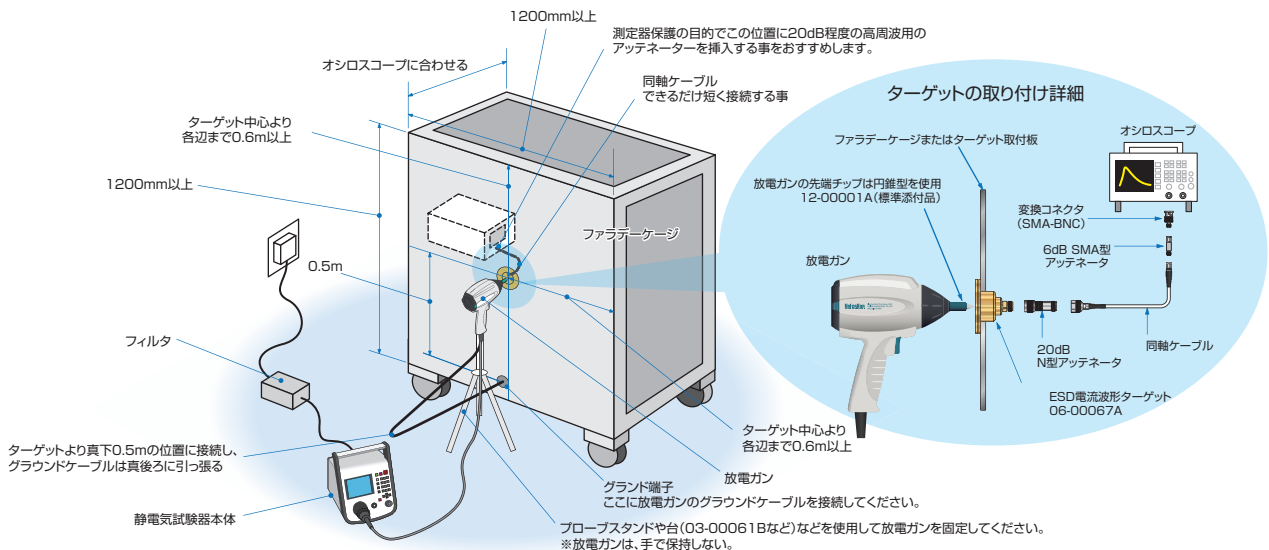
異なった静電気発生器で得られた試験結果の比較ができるように、下表に示す特性が確認できなければなりません。

レベル	指示電圧	最初の放電ピーク電流 (±15%) I _p	立ち上がり時間 (±25%)	30nsでの電流値 (±30%)	60nsでの電流値 (±30%)
1	2kV	7.5A	0.8ns	4A	2A
2	4kV	15A	0.8ns	8A	4A
3	6kV	22.5A	0.8ns	12A	6A
4	8kV	30A	0.8ns	16A	8A

■ 静電気試験器の波形確認

静電気試験器の波形確認には図で示すように、ファラデーケージおよびターゲットを使用し、2GHz以上の帯域幅をもつオシロスコープで確認を行います。

放電ガンの放電電極を直接ターゲットに接触させ、静電気試験器は接触放電試験モードで動作させます。



*IEC規格では規定がありませんが、測定器保護の為に20dB程度の高周波用アッテネータを挿入する事をお勧めします。

4. 試験器のセットアップ

■ 卓上機器に対する試験機器配置例（検査室試験）

直接放電試験は、供試品に直接放電し、供試品の影響をみる試験です。

グラウンドプレーンの上に高さ 0.8m の木製机を置き、その上に水平結合板（1.6m × 0.8m）をのせます。

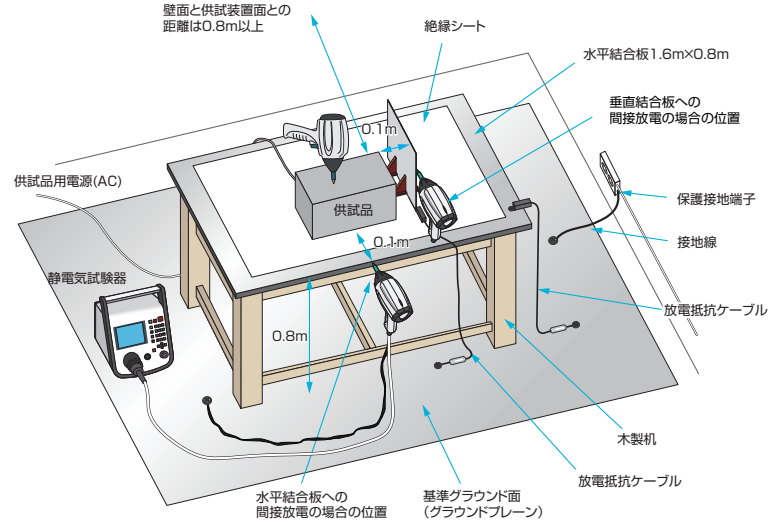
水平結合板は、470k Ω の抵抗 2 ヶでグラウンドプレーンに接続します。

水平結合板と供試品の間に絶縁シートを敷きます。

間接放電試験は、水平結合板および垂直結合板に放電し、供試品の影響をみる試験です。

直接放電試験の試験環境に加え、垂直結合板（0.5m × 0.5m）を使用します。

垂直結合板も 470k Ω の抵抗 2 ヶでグラウンドプレーンに接続します。



■ 床置き機器に対する試験機器配置例（検査室試験）

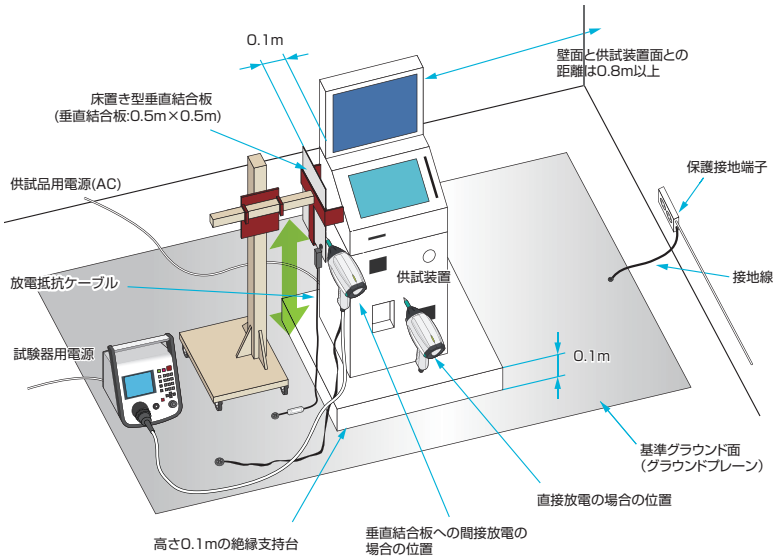
直接放電試験は、グラウンドプレーンの上に高さ 0.1m の絶縁支持台を置き、その上に供試品を乗せます。

間接放電試験は、垂直結合板に放電させ供試品の影響をみる試験です。垂直結合板とグラウンドプレーンも 470k Ω の抵抗 2 個で接続します。

※ 供試機器のケーブル類は、0.5mm の絶縁シートでグラウンドプレーンから浮かします。

※ ガンの GND ケーブルは、グラウンドプレーン以外の電導部から 0.2m 以上離します。

※ IEC 規格の場合、供試品用絶縁トランスは言及されておりません。



5. 試験手順

■ 気象条件等の環境

気象環境の異なる場所より持ち込まれた機器は、試験環境に十分になじませてから試験を行なう必要があります。また、放電状態を定量的に安定させるために、試験室の気象条件を整える必要があります。IEC 61000-4-2 規格に準じた試験を行なうためには、下記表に示す条件を満たす必要があります。

周囲温度	15℃～35℃
相対湿度	30%～60%
気圧	86kPa(860mbar)～106kPa(1060mbar)
電磁環境	試験結果に影響を与えないレベル

■ 試験手順

直接放電試験：接触放電および気中放電を行います。

間接放電試験：垂直結合板および水平結合板に対し印加を行ないます。

放電回数は 1 秒間隔で少なくとも 10 回の放電を両極性で行ないます。

※ 放電の印加個所を設定する事を目的として、1 秒間に 20 回の放電、あるいはそれ以上の繰返しで放電を行なう予備試験がおこなえます。

6. 試験結果と試験報告

試験結果は供試品の仕様および動作条件によって以下の分類を行ないます。

- 1) 仕様範囲内の正常動作
- 2) 自己回復が可能な一時的な劣化または機能や性能の低下
- 3) オペレーターの介入またはシステムの再起動を必要とする一時的な劣化または機能や性能の低下
- 4) 機械やソフトウェアの損傷、またはデータの損失による回復不能な劣化や機能の低下

一般に、機器が静電気放電を印加する全期間にわたってその耐性を示し、かつ試験の終了時に EUT が製品仕様書内で規定した機能上の要求事項を満足する場合は、検査結果は良好と考えられます。

試験報告は、試験条件および試験結果を含む必要があります。

注意:この試験方法および接続方法は IEC 61000-4-2 Ed.2.0 (2008) 規格を抜粋し、当社製品で置き換えた例を記載しております。詳細な試験方法等につきましては規格書の原文を御参照ください。

【 IEC 61000-4-3 Ed.4 2020 の試験概要 】

1. 一般的事項

この規格は、電気・電子機器に近接しない RF 発生源（無線機器やテレビ・ラジオの放送、携帯電話等）からの放射電磁エネルギーによる、電気・電子機器の耐性試験について規定しています。

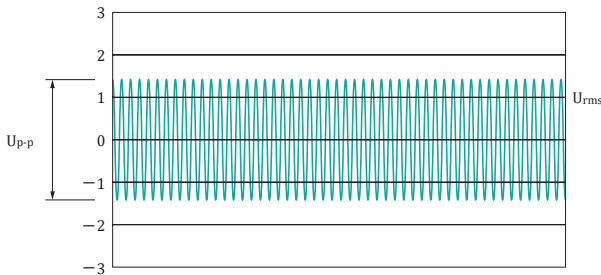
2. 試験レベル

試験は、80 MHz を超える周波数範囲で定義をしています。上限周波数は製品委員会にて決められた周波数となります。表の試験レベルは無変調時のレベルで、試験を実施する際には AM 変調（1kHz 80%）による変調波を使用します。また、製品委員会は特定の試験レベルおよび変調方式を要求することができます。

レベル	試験電界強度 V / m
1	1
2	3
3	10
4	30
X	特別

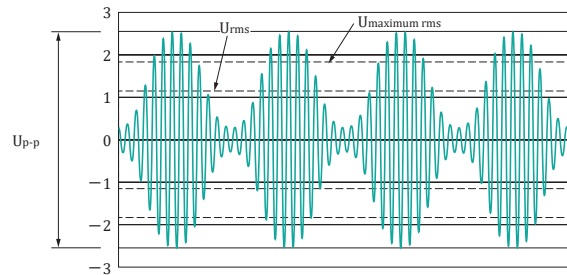
※ X はオープンクラスで製品仕様書で規定できる。

■ AM 変調 (80%) の振幅変調



$$U_{rms,a} = 1$$

$$U_{p-p,a} = U_{rms,a} \times \sqrt{2} \times 2 = 2,82V$$

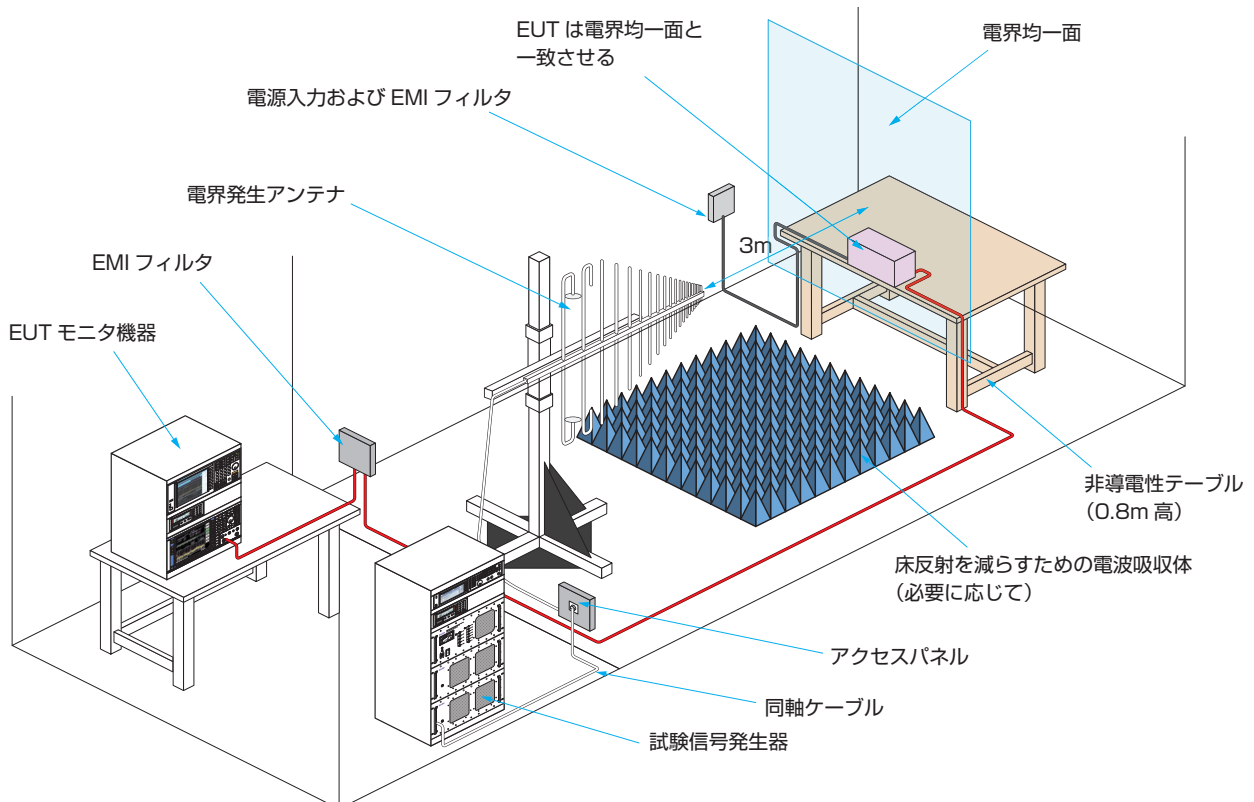


$$U_{p-p,max} = U_{p-p,a} \times \frac{100 + m}{100} = 5,09V$$

$$U_{p-p,min} = U_{p-p,a} \times \frac{100 - m}{100} = 0,57V$$

$$U_{rms,b} = U_{rms,a} \times \sqrt{1 + \frac{m^2}{100}} = 1,15V$$

■ 試験用装置

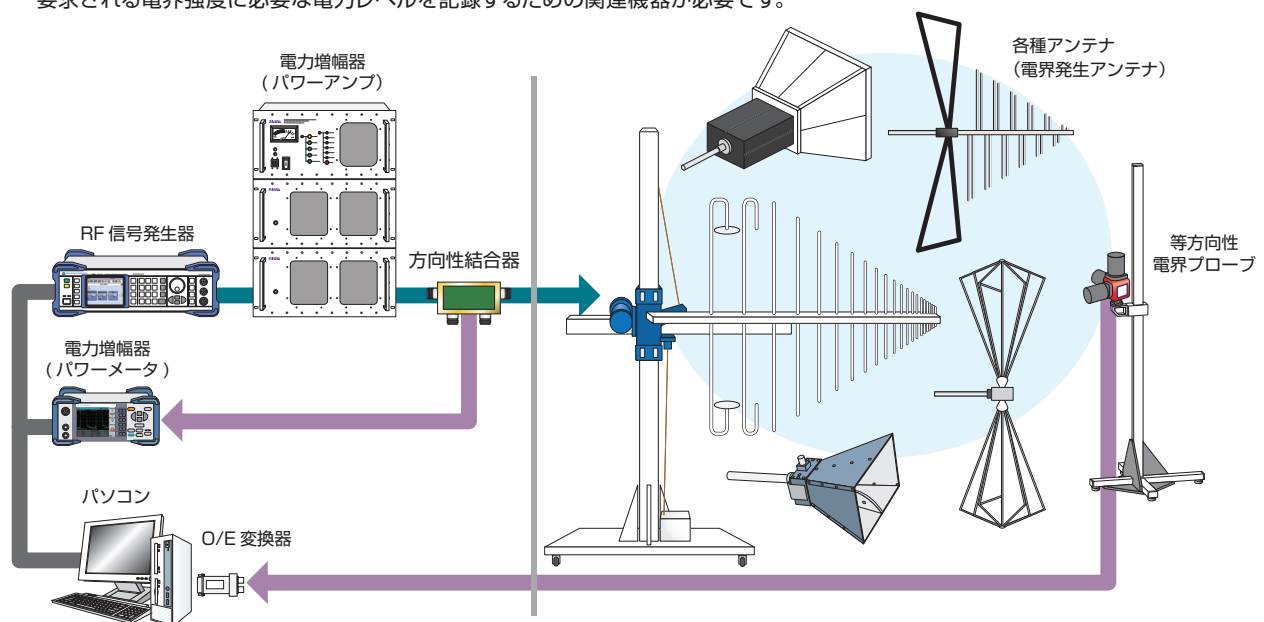


試験装置は以下のものが推奨されます。

- 電波無響室（電波暗室）
EUT に対して電界均一性を保持するのに適した大きさをもつこと。電波半無響暗室（床面にグラウンドプレーンが敷かれた電波暗室）では電波の反射を抑制するため、追加の電波吸収体を用いることがあります。
- EMI フィルタ
フィルタは、電源・信号線に重畳した電界ノイズが試験室の外や表示器に影響を与えないようにするため、設置する必要があります。ただし、フィルタを接続することで共振現象が起らないように注意する必要があります。
- RF 信号発生器
試験信号の元となる発生器です。試験対象の周波数帯をカバーし、振幅変調（変調係数 m を満たす）ができる機器が必要です。

振幅変調	$m = (80 \pm 10)\%$ 信号発生器の出力で測定
	変調係数: m
	$m = 100 \times \frac{U_{p-p,max} - U_{p-p,min}}{U_{p-p,max} + U_{p-p,min}}$
	1 kHz \pm 0.1kHz 正弦波

- 電力増幅器（パワーアンプ）
RF 信号発生器で発生した信号を、必要なレベルとなるように増幅し、アンテナに供給する装置です。電力増幅器は飽和することなく使用できる電力容量の増幅器を使用します。発生した電界は希望する基本波によるものだけでなく、不要な高調波が含まれています。その為、基本波による電界強度に対して、高調波による電界強度が 6 dB 以下となるように高調波が抑制されたものが必要です。また、80 % の振幅変調のピーク時においても利得の直線性が維持されるよう、2 dB 圧縮点を超過しない範囲で使用することが必要です。
- 電界発生アンテナ
バイコニカルアンテナ、ログペリオディックアンテナ、ホーンアンテナなど、周波数要求を満たす直線偏波アンテナを使用します。
- 等方向性電界プローブ（センサ）
発生した電界強度を測定するのに適した周波数範囲と感度を持つ必要があります。
- 進行波電力の計測装置（パワーメータ）
方向性結合器とパワーメータを使用するか、順方向電力検出器またはモニターを増幅器とアンテナの間に挿入します。
- その他
要求される電界強度に必要な電力レベルを記録するための関連機器が必要です。



■ 試験用装置の特性

発生する電界が大きく、また、試験の実施には無線通信の干渉を禁止する様々な法規を遵守するために、試験は電波暗室内で実施する必要があります。

電界からの影響を避けるため、EUT とモニタ機器は電磁的な隔離が必要です。また、電波暗室内との相互接続配線は、伝導および放射された電磁波を EMI フィルタ等を介して十分に減衰させて、EUT の忠実な信号出力を維持するように注意します。

一般的な試験設備は、電界強度と電界均一性が確保でき、EUT を収容できる広さをもった電波無響室（電波暗室）または電波半無響室と、試験信号発生器や EUT モニタ装置、EUT を動作させる周辺機器を配置したシールドルーム（測定室）で構成されます。

■ 電界均一性測定

電界均一性測定の目的は、試験結果の有効性を確保する為に、EUTの全域に広がる電界分布の均一性を確認することです。測定を行う際には、EUTを配置しない状態でを行います。電界分布の均一性を確保する為に、アンテナと電界均一面との距離は少なくとも1m必要で、3mが理想です。この距離はアンテナの種類によっても異なり、バイコニカルアンテナの場合は中心点から、ログペリオディックアンテナの場合はアンテナの先端から測ります（アンテナの種類により給電点の指示がある場合もあります）。また、電波暗室内のアンテナの位置や距離、ケーブルの這わせ方なども記録しておき、実際に試験する際にも同じ状態で行います。

電界均一性の測定エリア範囲は、床面から任意の高さを基準に1.5m×1.5mに照射面を設定します。設定した範囲での電界強度が全測定ポイントの75%以上で、設定した電界強度の-0dB～+6dBの範囲であれば、電界は均一と見なされます（例えば16の測定ポイントの場合、少なくとも12ポイントが公差の範囲となります）。

最小電界均一面0.5m×0.5mの場合、その中心点に5番目のポイントを設定し許容範囲（下表参照）に収めるようにします。

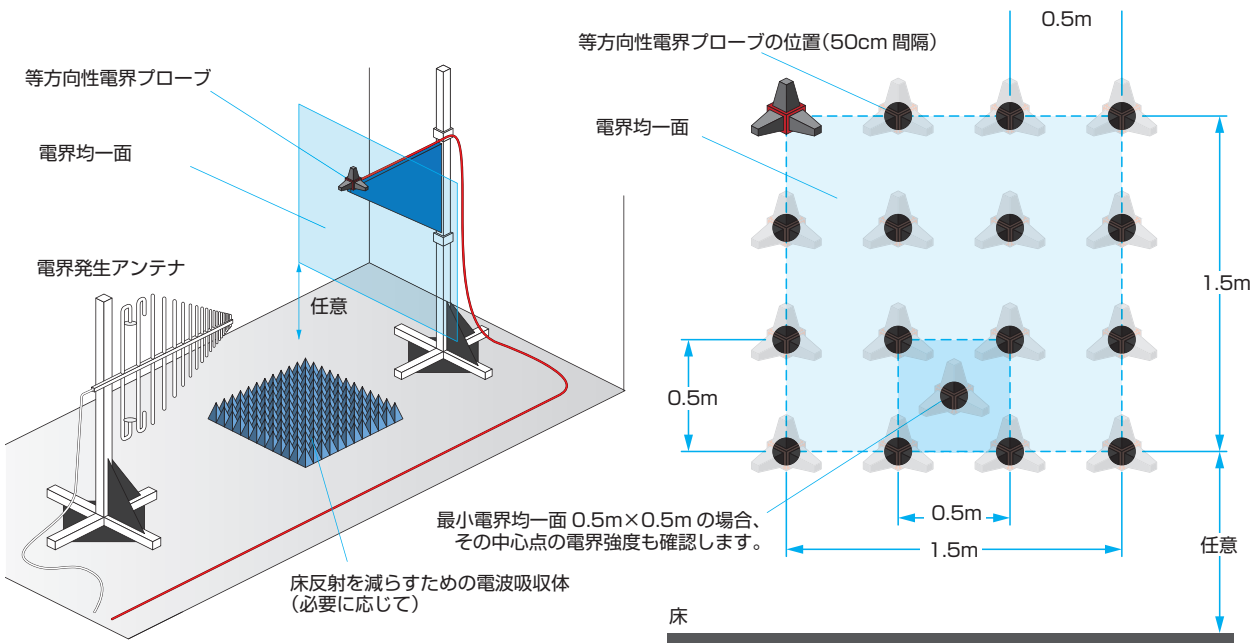
電界プローブの適切な測定値を得るために、測定中は変調をしません。

電界均一面は、最小が0.5m×0.5m且つ、EUTおよびケーブルの全体が収まる大きさが必要です。均一面の大きさは0.5m単位で拡大が可能です。（例：0.5m×1.0m；2.0m×2.0m）

EUTとケーブルが1.5m×1.5mの均一領域に収まらず、且つ、均一領域の拡大が困難な場合は、代替として部分照射法を行います。

部分照射法を実施するには以下のいずれかの方法で実施します。

- 均一領域を合成することでカバーできるように、アンテナの位置を移動させて校正を実施し、それぞれの位置において連続して試験を実施します。
- 試験領域すべてを均一領域に収める為、EUTを様々な位置に移動して試験を実施します。



EUT サイズに対する電界均一面と特性評価方法

周波数範囲	EUT が電界均一面内に完全に収まるときの電界均一面サイズおよび特性評価方法 (全面照射、優先方法)	EUT が電界均一面内に完全に収まらないときの電界均一面サイズおよび特性評価方法 (部分照射、代替方法)
1GHz 未満	<ul style="list-style-type: none"> ○ 最小電界均一面サイズ: 0.5 m × 0.5 m ○ 0.5 m 格子の電界均一面サイズ (例えば、0.5 m × 0.5 m、0.5 m × 1.0 m、1.0 m × 1.0 m、1.0 m × 1.5 m、1.5 m × 1.5 m、1.5 m × 2.0 m、2.0 m × 2.0 m、3.0 m × 2.0 m など) ○ 0.5 m × 0.5 m 格子の各ポイント毎での特性評価 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 最小電界均一面 サイズ: 1.5 m × 1.5 m ○ 0.5 m 格子の 電界均一面サイズ (例えば、1.5 m × 1.5 m、1.5 m × 2.0 m、2.0 m × 2.0 m など) ○ 0.5 m × 0.5 m 格子の各ポイント毎での特性評価
1GHz 以上	<ul style="list-style-type: none"> ○ 電界均一面が 0.5 m × 0.5 m よりも大きい場合、特性評価ポイントの 75 % が仕様内。0.5 m × 0.5 m の 電界均一面では 100 % (5 ポイントすべて) が仕様内でなければなりません。 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 特性評価ポイントの 75% が仕様内 ○ 最小電界均一面 サイズ: 0.5 m × 0.5 m ○ 0.5 m 格子の 電界均一面サイズ (例えば、0.5 m × 0.5 m、0.5 m × 1.0 m、1.0 m × 1.0 m、1.0 m × 1.5 m、1.5 m × 1.5 m、1.5 m × 2.0 m、2.0 m × 2.0 m など) ○ 0.5 m × 0.5 m 格子の各ポイント毎での特性評価 ○ 電界均一エリアが 0.5 m × 0.5 m よりも大きい場合、特性評価ポイントの 75% が仕様内。 ○ 0.5 m × 0.5 m の 電界均一エリアでは 100 % (5 ポイントすべて) が仕様内でなければなりません。

電界均一性測定には定電界法と定電力法がありますが、どちらの手法でも同一の結果が得られます。
以下は電界均一面 16 ポイントでの測定を実施した際の手順です。(本書では、定電力法について説明します。)

測定手順について

1. 16 ポイントのグリッドの 1 つに電界プローブを置き、試験信号発生器を試験周波数範囲の最低周波数(例: 80 MHz) に設定します。
2. 電力を電界発生アンテナに供給し、得られた電界強度が要求の 1.8 倍に等しくなるようにします(信号は無変調)。その際の進行波電力および電界強度の測定値を記録します。
3. 周波数を現在の周波数の 1 % 以内で増加させます。
4. 周波数が試験範囲での最高周波数を迎えるまでステップ 2. 及び 3. を繰り返します。
5. 電界プローブをグリッド内の他のポイントに移動させます。1. ~ 4. のステップで使用した各周波数における進行波電力を適用し、電界強度の測定値を記録します。
6. グリッド内の各ポイントに対して、ステップ 5. を繰り返します。

各周波数において、

7. 16 ポイントの電界強度の測定値を、大きい値から順に並べ変えます。
8. 一つのポイントの電界強度を基準として選択し、この基準からの偏差をデシベル単位で計算します。
9. 電界強度の最小値より、少なくともこの値より大きい 11 の読みが、その最小値の 0 dB ~ + 6 dB の許容差以内にあるかを確認します。
10. これらがこの許容差以内に入らない場合、ステップ 8 で選択したポイントの次の大きい電界強度のポイントを選択し、確認を行います。(各周波数に対してこの確認は 5 回だけです)
11. 少なくとも 12 ポイントが 6 dB 以内であれば、そのポイント(ステップ 8 で選択したポイント) が最小電界強度の基準位置となります。
12. 基準位置において、要求された電界強度を発生させるのに必要な進行波電力を計算します。
13. これにより、12 ポイントは目標とする電界強度の 0 ~ +6 dB 以内となり、規格要求を満たすこととなります(電界は均一とみなす)。0.5 m × 0.5 m の最小の均一面の場合は、5 つのポイントすべての電界強度をこの許容差以内になります。
14. それぞれの周波数に対して、水平偏波と垂直偏波にて測定を行います。

最後に、試験システムが飽和していないことを確認します。上記手順で取得した、要求に対して 1.8 倍の電界強度を発生させるのに必要な試験信号発生器の出力から、5.1dB 減少させます。その際に、アンテナに送られる新たな進行波電力の減少が 3.1 ~ 5.1 dB の間であれば試験システムは飽和していないと判断します。

4. 試験のセットアップ

試験における EUT の設置は、全て実際の設置条件にできるだけ近づけた構成で実施します。配線は製造者の推奨に一致させます。また、EUT は指定が無い場合は筐体の中に入れ、全てのカバーおよびアクセスパネルを装着します。

EUT を保持する必要がある場合は、非金属、非導電性の材料を使用します。ただし、機器の筐体やケースへの接地に関しては機器仕様書に一致させる必要があります。

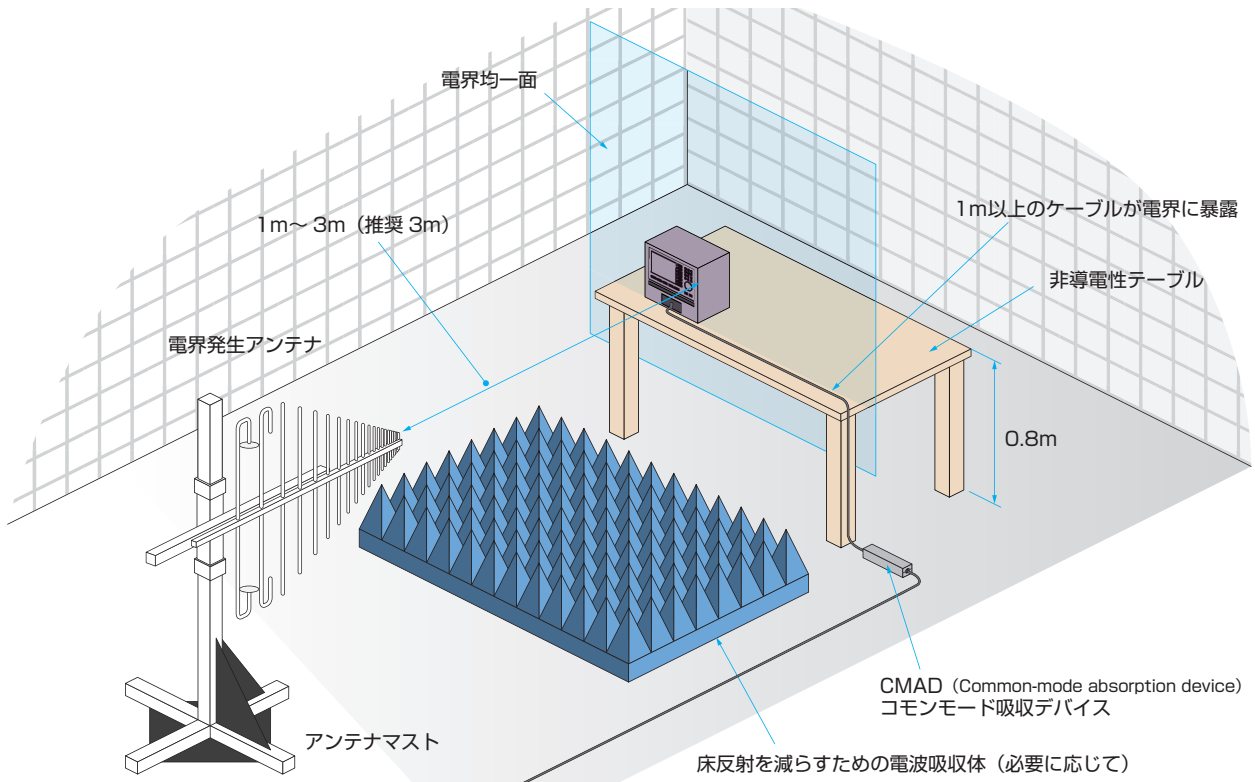
より高い周波数(1GHz を超えるような周波数) では、木製や強化プラスチック製のテーブルや支持体は反射特性を持つようになるため、電界均一性を維持するために、硬質ポリスチレンなどの低誘電率の材料を使用することが望ましいです。

■ 卓上型機器の配置

卓上型機器は試験設備内で高さ 0.8m の非導電性テーブルの上に配置します。

電界均一面の下端が 0.8m 以下の高さで始まる場合でも、0.8m の非導電性テーブルの上に配置します。

電源や信号線の接続は機器の据付指示書に従って行います。

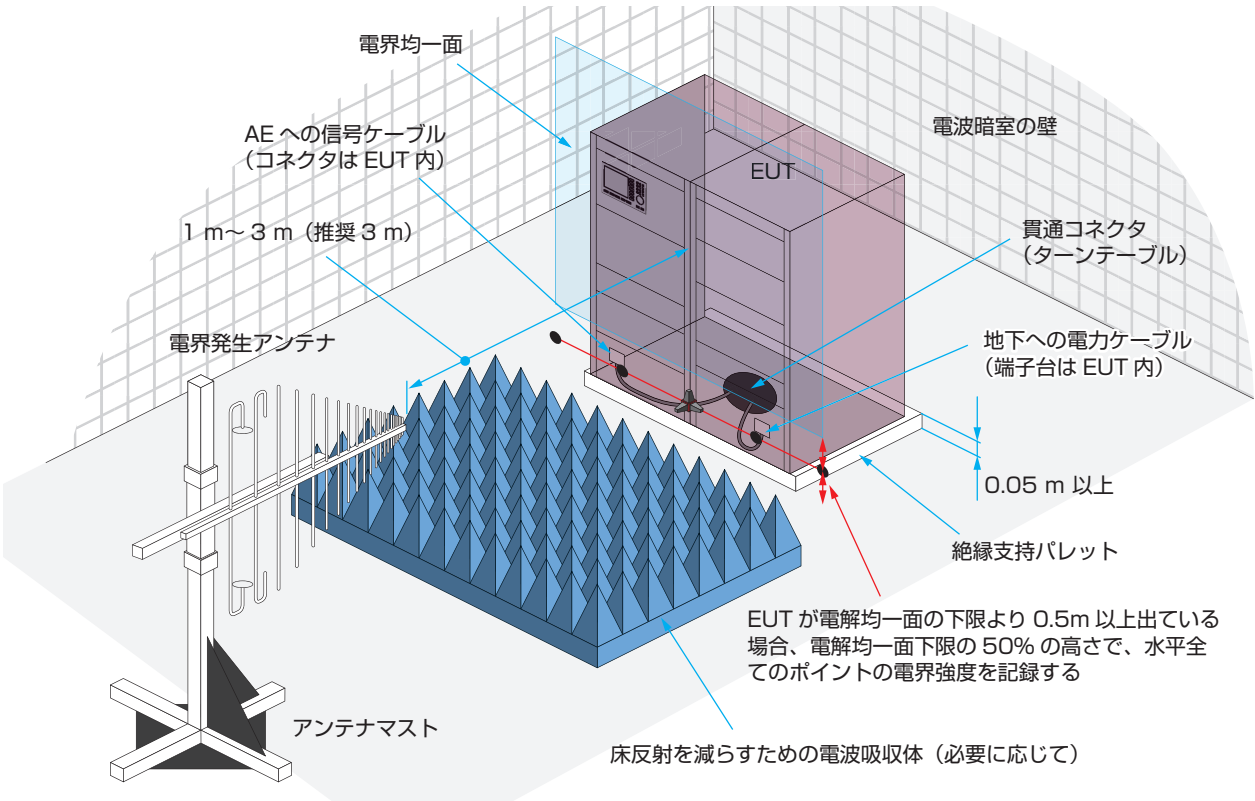


■ 床置型機器の配置

床置型機器は、電界のひずみを防止するために0.05m以上の高さの非伝導性支持台上に配置するのが望ましいです。EUTが電界均一面の下限より0.5m以上出ている場合、電界均一面下限の50%の高さで、水平全てのポイントの電界強度を記録します。

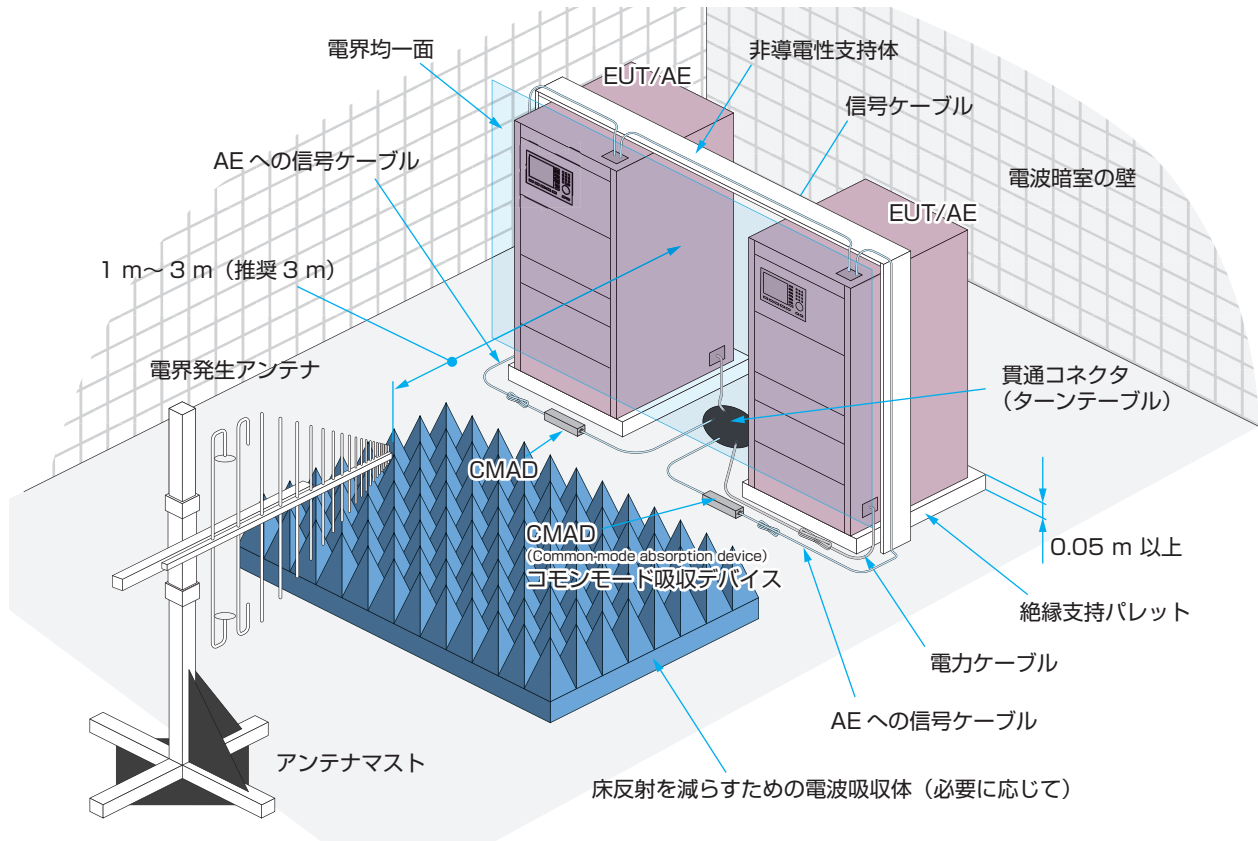
<底部から給電するケーブルを持つEUTの例>

EUTは絶縁パレットや厚さ0.05m以上の絶縁支持体の上に設置することが望ましいです。(非導電性ローラーも利用できます。) EUTケーブルは大地に這わせるように設計されておらず、実際の配置でもケーブルはEUTの筐体で遮蔽され地下に送られるため、電界に暴露させる必要はありません。



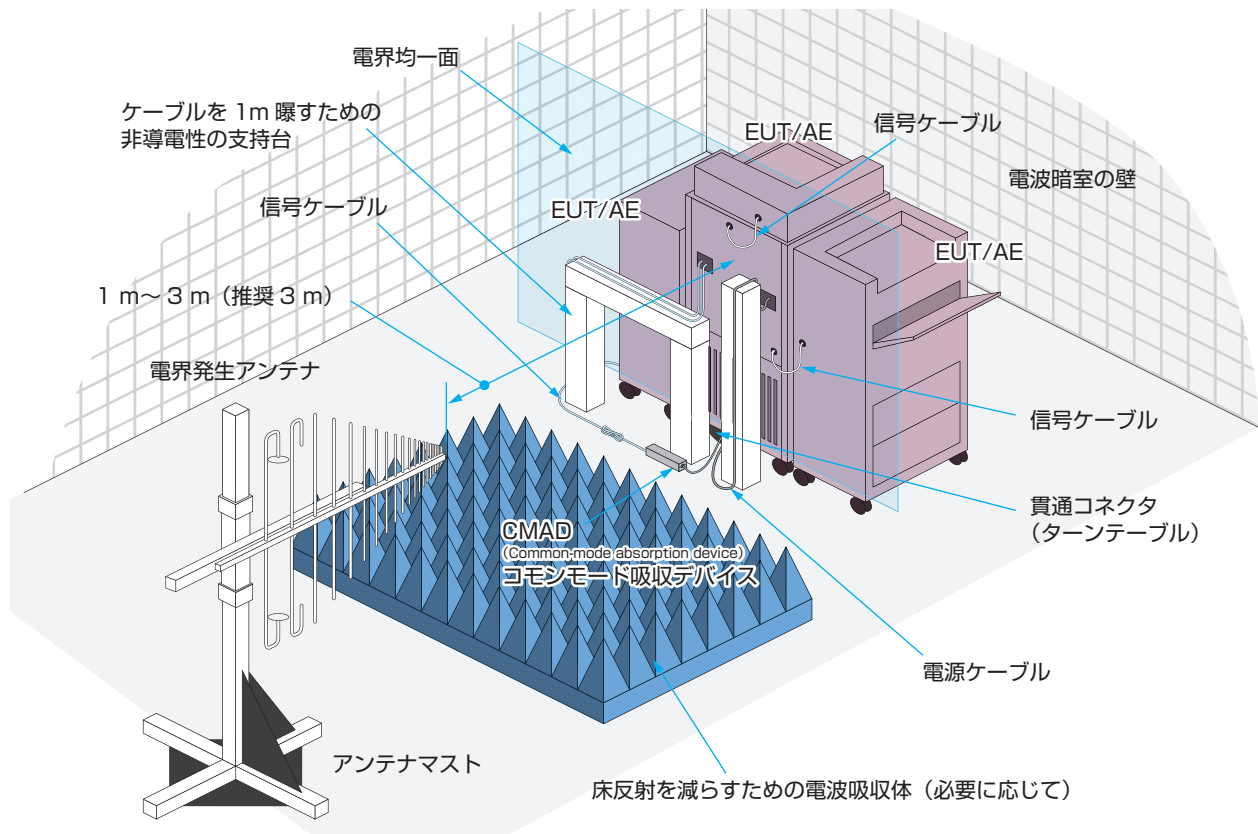
<架空ケーブルを持つ EUT の例>

信号ケーブルは実際の設置方法に沿って架空配線します。EUT 設置の一部としてケーブルトレイが導電性や遮蔽性の場合には、そのケーブルトレイも試験セットアップで使用するのが望ましいです。



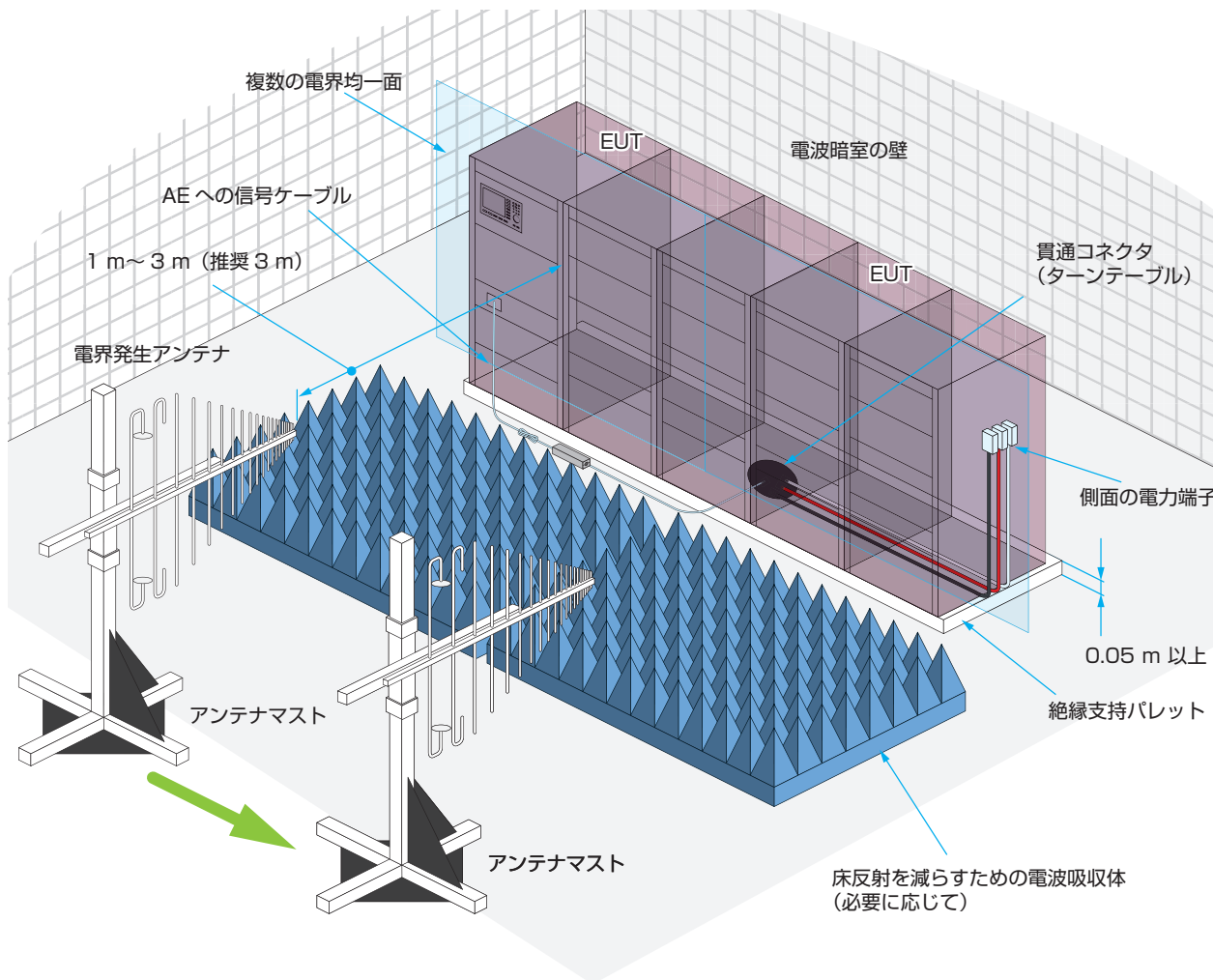
<複数のケーブルや AE を持つ EUT の例>

複数の AE 間に異なるサイズや信号線、電源ケーブルを持つ場合、ケーブルは 1m の長さで水平または垂直方向で電界に曝します。ただし、EUT と AE 間の固定長の短いケーブルは規定に沿って暴露できないので、製品仕様に従って配置します。



<側面から給電するケーブル、および複数の電界均一面を持つ大型 EUT の例>

側面から給電するケーブルを持つ EUT で複数の電界均一面で覆う必要がある場合、電界均一面は側面から給電するケーブルを含めるようにし、EUT 全体が電界均一面に覆われるまで、EUT に沿ってアンテナや電波吸収体を移動させます。可能であれば、EUT を接続する各ユニット間のケーブルは低誘電的にケーブルの中央で束ねます。



■ 配線の処理

ケーブルは製造者の指定した配線形式およびコネクタを使用して供試品に取付け、一般的な据付および使用する状況を模擬して配置します。EUT への配線の指定が無い場合は、非シールドのケーブルを使用して接続します。

ケーブルの長さは

- ① 1 m 以下のケーブル：EUT に 1 m 以下のケーブルが使用されている場合は、そのまま電界に曝すように配置します。
- ② 1 m 以上、もしくは指定されていない場合：据付手順に従って配置します。
- ③ 規定されていない場合：最低 1 m 以上のケーブルを垂直または水平方向の向きで電界に曝すように配置します。

EUT と相互接続する余分な長さのケーブルは、ケーブルの中心で誘導性が低くなるように束ねます。

また、余分なケーブルを減結合させる場合、使用する減結合（フィルター挿入等）が EUT の動作を損なわないようにします。

減結合に CMAD (Common-mode absorption device : コモンモード吸収デバイス) を使用する場合、CMAD は必ず床上に平らに置き減結合する各ケーブルはそれぞれ独立した CMAD を使用することが望ましいです。

■ 人体装着型装置の配置

卓上型機器の配置にて試験を実施しても良いですが、人体の特性を考慮していないため、過大評価または過小評価になる場合があります。

このため、製品委員会にて適切な人体模擬装置の使用を規定することが推奨されています。

5. 試験手順

試験の実施前に、試験システムが正常に動作していることを検証するため、特性評価済の電界強度を確認することが望ましいです。

- EUT の1面が電界均一面と一致するように置きます。
- 部分照射を適用しない場合、照射される EUT 面は電界均一面内に含まれる必要があります。
- 周波数範囲を変調した信号で掃引します。
- 信号のレベル調整やアンテナを切り替える際には掃引を中断します。
- 周波数を掃引する際にはその前の周波数数値の1%以内とします。
- 各周波数での照射時間は、EUT が作動し反応するのに必要な時間以下にならないようにし、最小 0.5 s の照射時間が必要です。
- 試験は EUT の各面に対して実施する必要があります。
- 照射する電界の偏波は EUT の各面に対し、水平及び垂直の両偏波にて行います。
- 試験中は EUT を十分に動かし、また全ての重要な動作モードにて試験を行います。

6. 試験結果と試験報告

試験結果は EUT の仕様および動作条件によって以下の分類を行いません。

- 1) 仕様範囲内の正常動作
- 2) 自己回復が可能な一時的な劣化または機能や性能の低下
- 3) オペレーターの介入またはシステムの再起動を必要とする一時的な劣化または機能や性能の低下
- 4) 機械やソフトウェアの損傷、またはデータの損失による回復不能な劣化や機能の低下

妨害信号を放射したすべての期間について装置がイミュニティを示し、かつ試験の終了後に EUT が機能仕様書の中で規定されている要求事項を満たせば、一般的には試験結果は良好と考えられます。

試験報告は、試験条件および試験結果を含む必要があります。

●「試験報告書に記載する例」には次の内容を記載します。

- EUT および関連機器の ID (例：商標、製品型番、製造番号など)
- 試験装置の ID (例：商標、製品型番、製造番号など)
- EUT の寸法
- EUT の代表的な動作条件
- EUT を卓上形または床置き形として、または組合せて試験をしたかどうか
- EUT が床置き形の場合、支持台の高さ
- 使用した試験設備および放射アンテナの位置
- 使用したアンテナのタイプ
- 電界均一面のサイズおよび形状
- 部分照射の使用の有無
- 試験をした周波数範囲
- 周波数の掃引率、持続時間および周波数ステップ数
- 適用した試験レベルおよび変調
- 使用した相互接続線や EUT のインターフェースポートの種類や数
- 適用した性能判定基準 (共通規格、製品規格や製品群規格)
- 合否判定の根拠
- 装置の取り扱いに関する特定条件 (例えば、適合性達成のために必要とする、ケーブル長やシールド、接地条件など)
- EUT の動作方法の説明
- 試験実施時の特別な環境条件
- 試験を実施するために必要となった特別な条件
- ケーブルの配置や機器の位置、向きなどに関する記述や写真
- 本規格からのあらゆる逸脱

注意:この試験方法および接続方法は IEC 61000-4-3 Ed.4 (2020) 規格を参照し記載しております。

詳細な試験方法等につきましては規格書の原文を御参照ください。

【 IEC 61000-4-4 Ed.3 2012 の試験概要 】

1. 一般的事項

この規格は、誘導性負荷機器の接点遮断に伴うギャップ放電などによって発生する、繰返しが早いトランジェント妨害にさらされた場合の電気・電子機器のイミュニティを評価するための規格です。

2. 試験目的と方法および試験レベル

開回路出力試験電圧及びインパルスの繰返し周波数

レベル	電源ポート、保護接地に対して		I/O (入出力) 信号データ及び制御ポートに対して	
	電圧ピーク (kV)	繰返し周波数 (kHz)	電圧ピーク (kV)	繰返し周波数 (kHz)
1	0.5	5 又は 100	0.25	5 又は 100
2	1	5 又は 100	0.5	5 又は 100
3	2	5 又は 100	1	5 又は 100
4	4	5 又は 100	2	5 又は 100
Xa	special	special	special	special

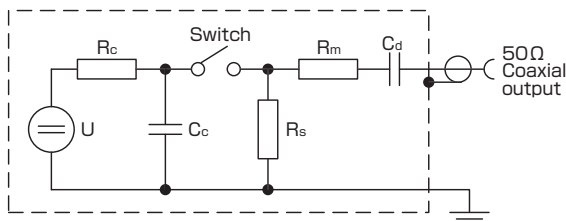
a: "x" は他のものよりも上下または間のどのレベルでもよい。このレベルは専用の機器仕様書に規定しなければならない。

3. 試験用発生器

EFT/B 試験を行う場合、下記の仕様を満たす試験器を使用します。

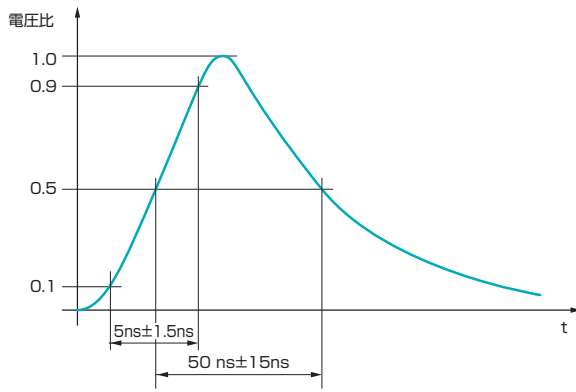
極性	正/負
出力形式	同軸。50 Ω
直流阻止コンデンサ	10nF ± 20%
繰返し周波数	5kHz および 100kHz
電源との関係	非同期
バースト幅	5kHz : 15ms ± 20% 100kHz : 0.75ms ± 20%
バースト周期	300ms ± 20%
パルス波形 (50 Ω 負荷時)	立上り時間 : 5ns ± 1.5ns パルス幅 : 50ns ± 15ns ピーク電圧 : 下表参照 ± 10%
パルス波形 (1k Ω 負荷時)	立上り時間 : 5ns ± 1.5ns パルス幅 : 50ns ± 15ns ピーク電圧 : 下表参照 ± 20%

設定電圧	Vp(開回路)	Vp(1k Ω)	Vp(50 Ω)	繰返し周波数
k V	k V	k V	k V	k Hz
0.25	0.25	0.24	0.125	5 または 100
0.5	0.5	0.48	0.25	5 または 100
1	1	0.95	0.5	5 または 100
2	2	1.9	1	5 または 100
4	4	3.8	2	5 または 100

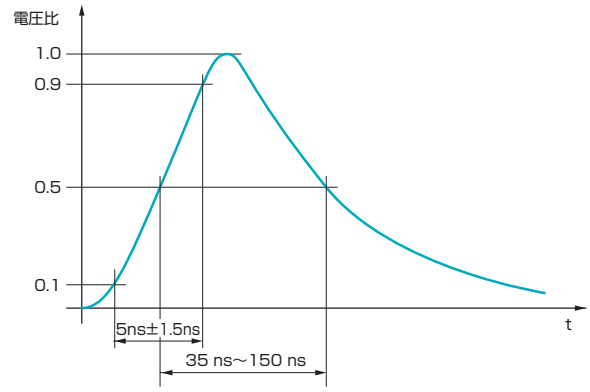


U 高圧電源 Rs インパルス幅成形抵抗
Rc 充電抵抗 Rm インピーダンス整合抵抗
Cc エネルギー蓄積コンデンサ Cd 直流阻止コンデンサ

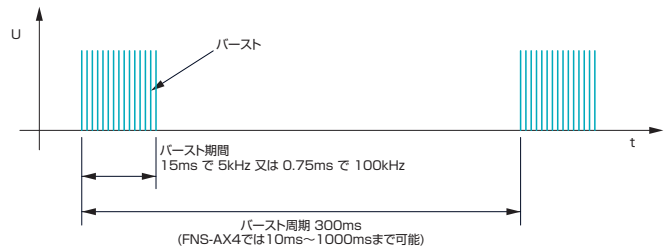
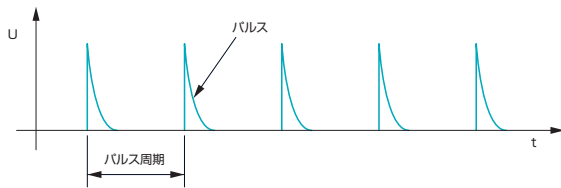
ファスト・トランジェント/バースト発生器簡略ダイアグラム



50Ω負荷でのパルス波形の詳細

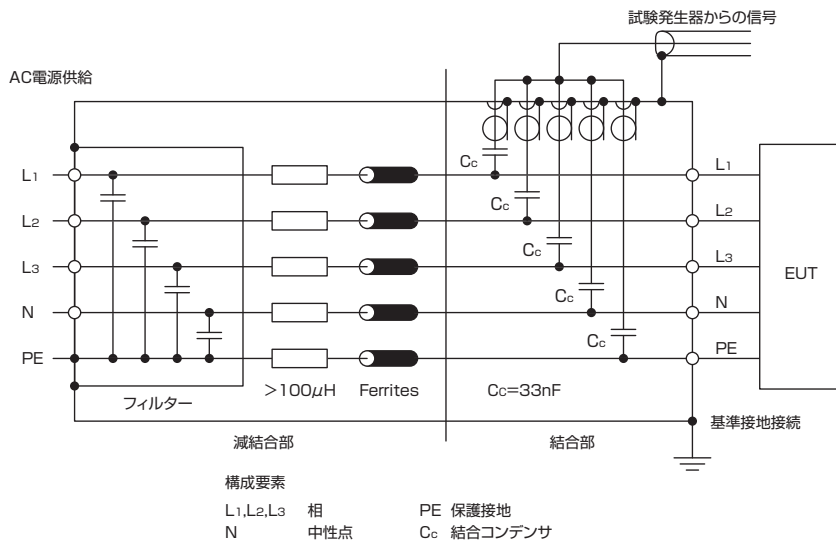


1kΩ負荷でのパルス波形の詳細

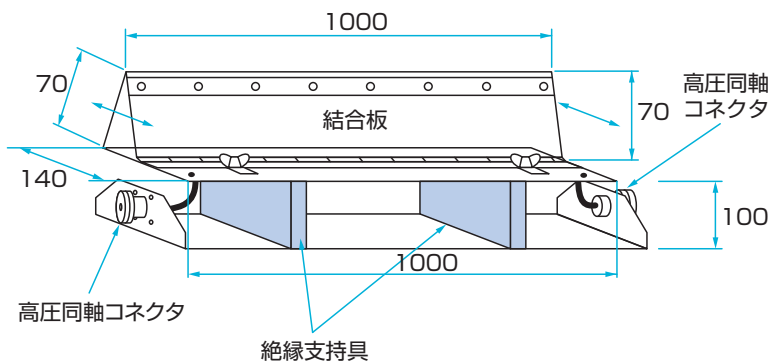


50 Ω 負荷でのパルス波形の詳細とファスト・トランジェント・バーストの全般的な波形

■ AC/DC 電源供給ポート CDN 回路図



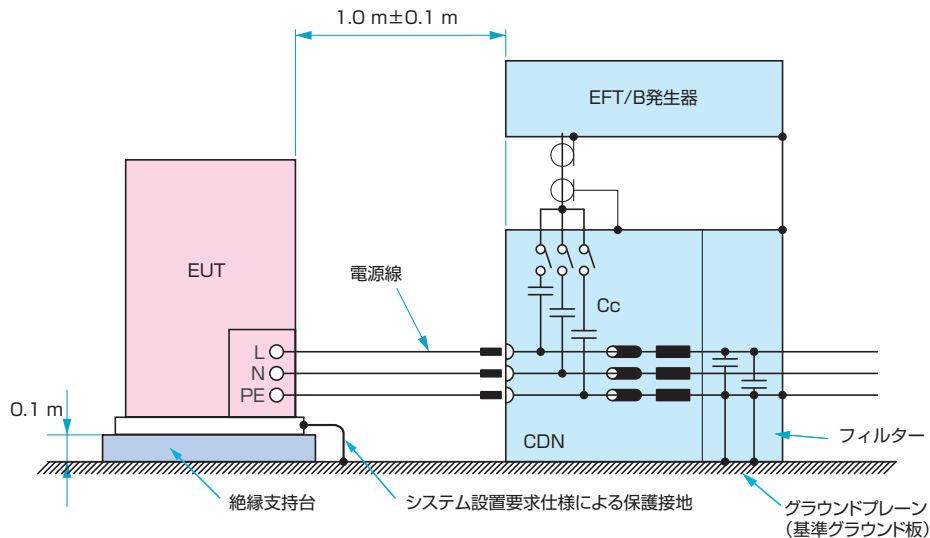
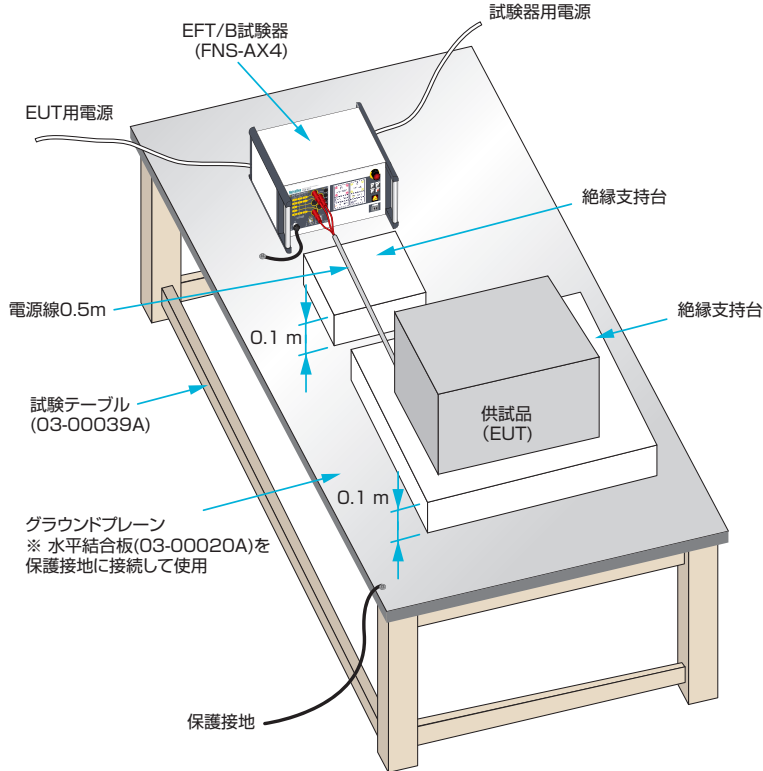
■ 信号線または制御線へ結合させるためのカップリングクランプの構造と寸法



4. 試験のセットアップ

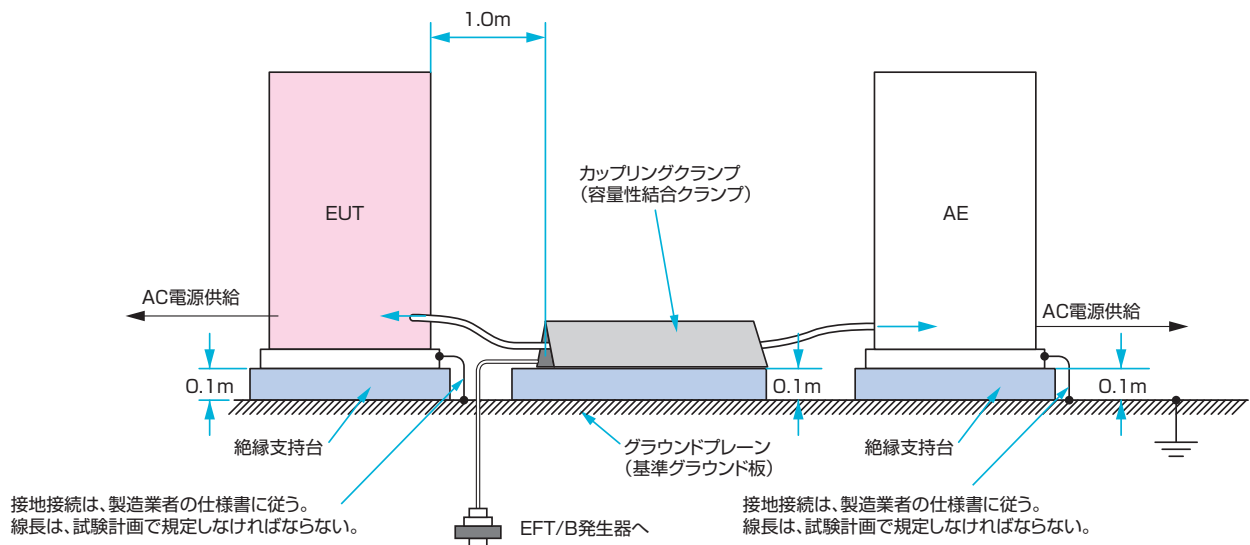
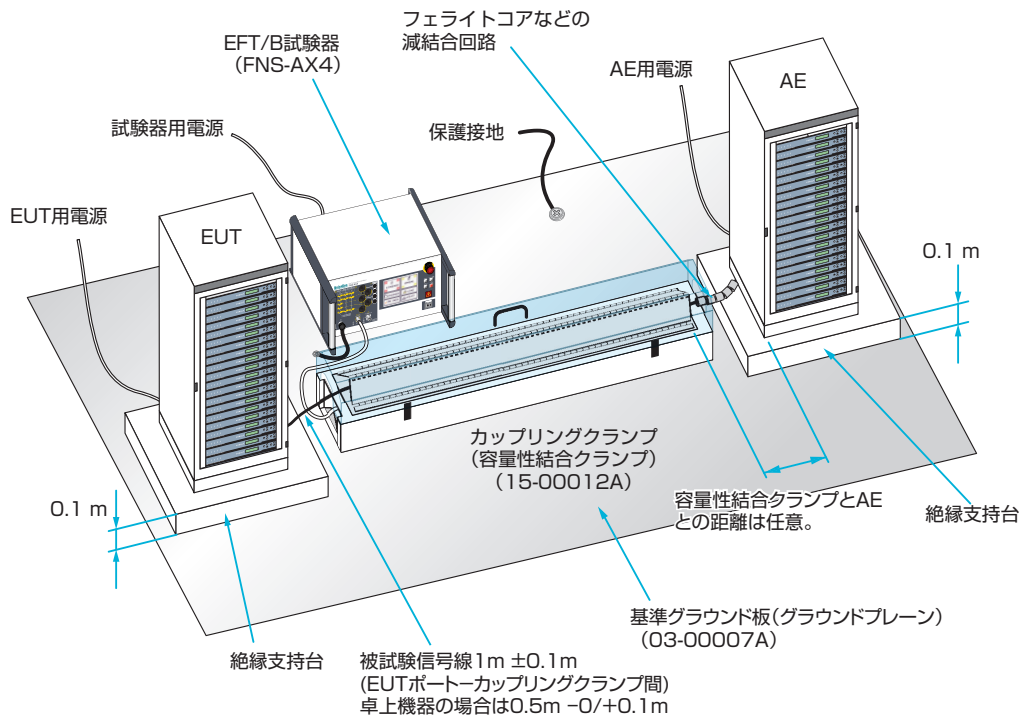
■ 電源供給線への試験方法

- ① 保護用接地に接続されたグラウンドプレーンに本試験器を置き、本体前面の SG 端子と標準グラウンド板を接続します。
- ② グラウンドプレーンに 10cm 厚の絶縁支持物を設置し、その上に EUT を配置します。
(グラウンドプレーンから絶縁された状態とします。)
- ③ 本体前面の LINE OUTPUT と供試品を長さ 50cm のケーブルで接続、供試品を起動させます。
- ④ パースト電圧値等諸条件を設定し、試験を行います。基本の印加ラインは全相同時 (L,N,PE)



■ 信号線または制御線への試験方法

- ① 保護用接地に接続されたグラウンドプレーンに本試験器を置き、本体前面の SG 端子をグラウンドプレーンに接続します。
- ② カップリング・クランプ (オプション) をグラウンドプレーン上に設置し、クランプグラウンド端子とグラウンドプレーンを接続します。
- ③ 本体前面のパルスアウトコネクタをカップリング・クランプのコネクタに接続します。
- ④ カップリング・クランプに試験するケーブルを通します。
この時、ケーブルとカップリング・クランプの間の結合容量が最大になるように (ケーブルとカップリング・クランプの間隔が最小になるように) カップリング・クランプ部分を調整します。
- ⑤ カップリング・クランプに感電防止のカバーをかぶせ、パースト電圧値等諸条件を設定し、試験を実行します。



5. 試験手順

試験は技術仕様に規定されるとおり、EUT の性能の検証を含む試験計画に基づいて実施します。

- ・実施する試験のタイプ
- ・試験レベル
- ・試験電圧の極性 (両極性必要)
- ・内部あるいは外部の発生器
- ・試験時間 (1 分以上)
- ・試験電圧の印加回数
- ・EUT の試験ポート
- ・EUT の代表的な動作条件
- ・EUT の試験ポートへの印加順序
- ・補助機器

6. 試験結果と試験報告

試験結果は EUT の仕様および動作条件によって以下の分類を行います。

- 1) 仕様範囲内の正常な性能 (正常)
- 2) 自己回復が可能な機能または一時的な劣化または機能や性能の低下
- 3) オペレーターの介入またはシステムの再起動を必要とする一時的な劣化または機能や性能の低下
- 4) 機械やソフトウェアの損傷、またはデータの損失による回復不能な劣化や機能の低下

注意: この試験方法は IEC61000-4-4 Ed.3 2012 規格を抜粋したものです。
 詳細な試験方法等につきましては規格書の原文をご参照下さい。

【 IEC 61000-4-5 Ed.3 2014 の試験概要 】

1. 一般的事項

この規格は、開閉スイッチング及び雷の過渡現象からの過電圧により発生する単極性のサージに対し、電気・電子機器のイミュニティを評価するための規格です。

電源ライン・信号ラインへの印加を想定したコンビネーションウェーブ（1.2/50 μ s の電圧波形－ 8/20 μ s の電流波形）と、電話回線等への印加を想定したコンビネーションウェーブ（10/700 μ s 電圧波形－ 5/320 μ s 電流波形）の2種類の波形が規定されています。

高電圧ストレスに耐える EUT の絶縁性能の評価や、直接の電撃を考慮したものではありません。

2. 試験目的と方法および要求レベル

開回路出力試験電圧及びインパルスの繰り返し周波数

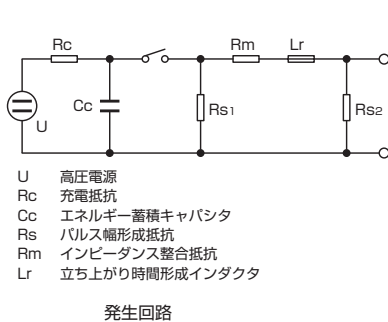
レベル	開回路試験電圧 $\pm 10\%$ (kV)
1	0.5
2	1.0
3	2.0
4	4.0
x	special

x はオープンクラスで製造者とユーザーとの合意により設定

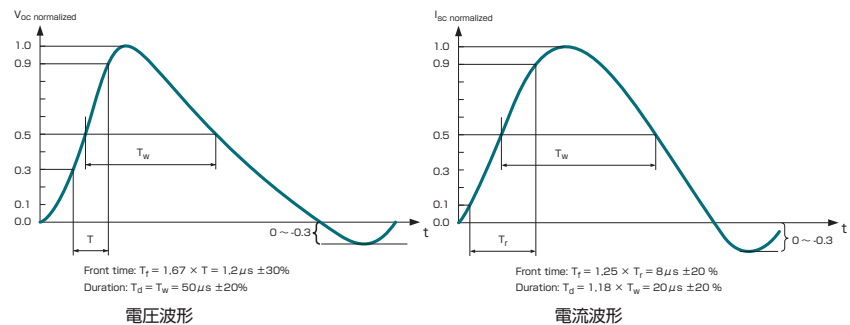
3. 試験用発生器および波形

雷サージ試験を行う場合、下記の仕様を満たす試験器を使用します。

■ AC/DC 電源供給ポート CDN 回路図



■ 1.2/50 μ s コンビネーション波形（1.2/50 μ s・8/20 μ s）発生回路と電圧・電流波形



■ 1.2/50 μ s コンビネーション波形規定

	フロント時間 Tf μ s	半値までの時間 Td μ s
開回路状態のサージ電圧	$T_f = 1.67 \times T = 1.2 \pm 30\%$	$T_d = T_w = 50 \pm 20\%$
短絡状態のサージ電流	$T_f = 1.25 \times T_r = 8 \pm 20\%$	$T_d = 1.18 \times T_w = 20 \pm 20\%$

■ 電源線 CDN の 1.2/50 μ s コンビネーション波形規定（開放電圧）

開放路状態のサージ電圧 ※	カップリングインピーダンス	
	18 μ F (ノーマルモード)	9 μ F + 10 Ω (コモンモード)
ピーク電圧		
Current rating ≤ 16 A	Set voltage +10 %/-10 %	Set voltage +10 %/-10 %
16 A < current rating ≤ 32 A	Set voltage +10 %/-10 %	Set voltage +10 %/-10 %
32 A < current rating ≤ 63 A	Set voltage +10 %/-10 %	Set voltage +10 %/-15 %
63 A < current rating ≤ 125 A	Set voltage +10 %/-10 %	Set voltage +10 %/-20 %
125 A < current rating ≤ 200 A	Set voltage +10 %/-10 %	Set voltage +10 %/-25 %
フロント時間	1.2 μ s $\pm 30\%$	1.2 μ s $\pm 30\%$
半値までの時間		
Current rating ≤ 16 A	50 μ s + 10 μ s/ -10 μ s	50 μ s + 10 μ s/ -25 μ s
16 A < current rating ≤ 32 A	50 μ s + 10 μ s/ -15 μ s	50 μ s + 10 μ s/ -30 μ s
32 A < current rating ≤ 63 A	50 μ s + 10 μ s/ -20 μ s	50 μ s + 10 μ s/ -35 μ s
63 A < current rating ≤ 125 A	50 μ s + 10 μ s/ -25 μ s	50 μ s + 10 μ s/ -40 μ s
125 A < current rating ≤ 200 A	50 μ s + 10 μ s/ -30 μ s	50 μ s + 10 μ s/ -45 μ s

※ 試験する電子機器の定格電流に適合する波形規定を満たす CDN を用いる。

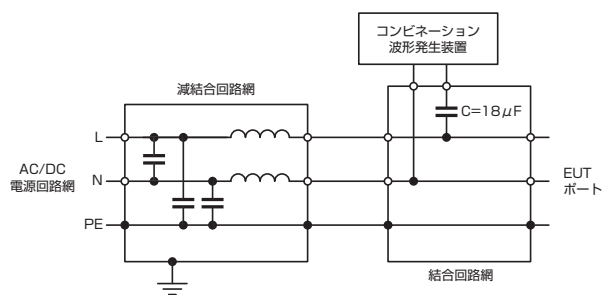
■ 電源線 CDN のコンビネーション波形規定 (短絡電流)

波形パラメータ 短絡電流	カップリングインピーダンス	
	18 μ F (ノーマルモード)	9 μ F + 10 Ω (コモンモード)
フロント時間	$T_f = 1,25 \times T_r = 8 \mu s \pm 20 \%$	$T_f = 1,25 \times T_r = 2,5 \mu s \pm 30 \%$
半値までの時間	$T_d = 1,18 \times T_w = 20 \mu s \pm 20 \%$	$T_d = 1,04 \times T_w = 25 \mu s \pm 30 \%$

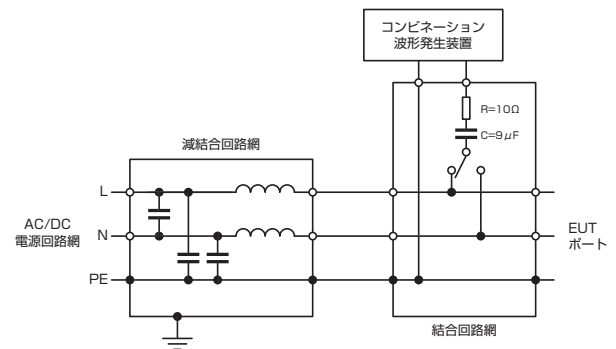
■ 電源線 CDN の開放電圧波形と短絡電流波形規定

電源線 CDN の EUT 側での 開回路ピーク電圧 $\pm 10 \%$	電源線 CDN の EUT 側での 短絡電流 $\pm 10 \%$ (18 μ F)	電源線 CDN の EUT 側での 短絡電流 $\pm 10 \%$ (9 μ F + 10 Ω)
0,5 kV	0,25 kA	41,7 A
1,0 kV	0,5 kA	83,3 A
2,0 kV	1,0 kA	166,7 A
4,0 kV	2,0 kA	333,3 A

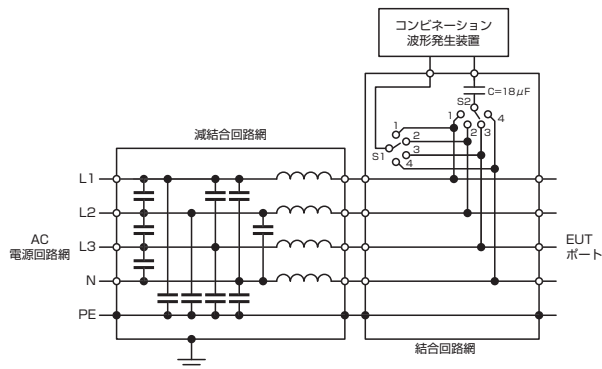
■ 単相電源用 CDN (ノーマルモードの例)



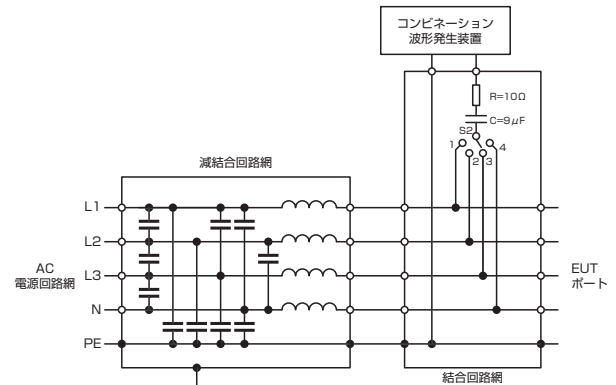
■ 単相電源用 CDN (コモンモードの例)



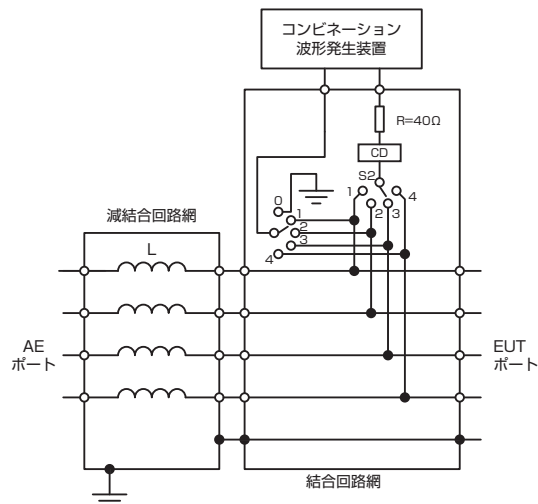
■ 三相電源用 CDN (ノーマルモードの例)



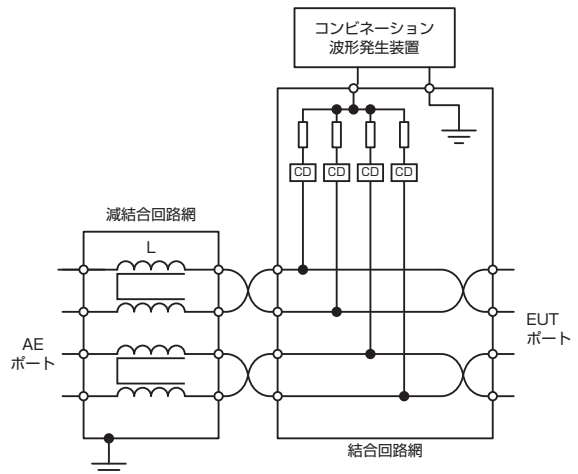
■ 三相電源用 CDN (コモンモードの例)



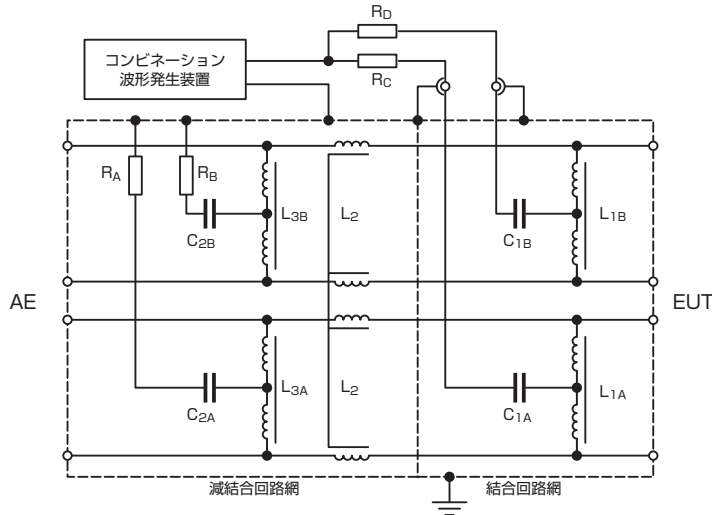
■ 非シールド非対称相互接続線用 CDN



■ 非シールド・対称通信線用 CDN



■ 1000Mbit/s までの非シールド・対称高速通信線用 CDN



■ 非シールド非対称相互接続線用 CDN の波形規定

カップリング	出力電圧	CDN の EUT 側での開放電圧 Voc ± 10 %	電圧 フロント時間 Tf = 1,67 × Tr ± 30 %	電圧 半値までの時間 Td = Tw ± 30 %	CDN の EUT 側での短絡電流 Isc ± 20 %	電流 フロント時間 Tf = 1,25 × Tr ± 30 %	電流 半値までの時間 Td = 1,18 × Tw ± 30 %
コモンモード R = 40 Ω CD = 0,5 μF	4 kV	4 kV	1,2 μs	38 μs	87 A	1,3 μs	13 μs
コモンモード R = 40 Ω CD = GDT	4 kV	4 kV	1,2 μs	42 μs	95 A	1,5 μs	48 μs
ノーマルモード R = 40 Ω CD = 0,5 μF	4 kV	4 kV	1,2 μs	42 μs	87 A	1,3 μs	13 μs
ノーマルモード R = 40 Ω CD = GDT	4 kV	4 kV	1,2 μs	47 μs	95 A	1,5 μs	48 μs

CDN は、最高定格の電圧で校正することを推奨。表で示す数値は設定値 4kV に対するものであり、CDN が別の最高電圧に対する定格となる場合、校正はその最高定格電圧で行なう。(最高電圧が 6kV の場合、この表に示す短絡電流値に 1.5 を乗じる)

■ 非シールド・対称通信線 CDN の波形規定

カップリング	出力電圧	CDN の EUT 側での開放電圧 Voc ± 10 %	電圧 フロント時間 Tf = 1,67 × Tr ± 30 %	電圧 半値までの時間 Td = Tw ± 30 %	CDN の EUT 側での短絡電流 Isc ± 20 %	電流 フロント時間 Tf = 1,25 × Tr ± 30 %	電流 半値までの時間 Td = 1,18 × Tw ± 30 %
コモンモード R = 40 Ω カップリングデバイス*	2 kV	2 kV	1,2 μs	45 μs	48 A	1,5 μs	45 μs

* GDT, Clamping device, Avalanche devices

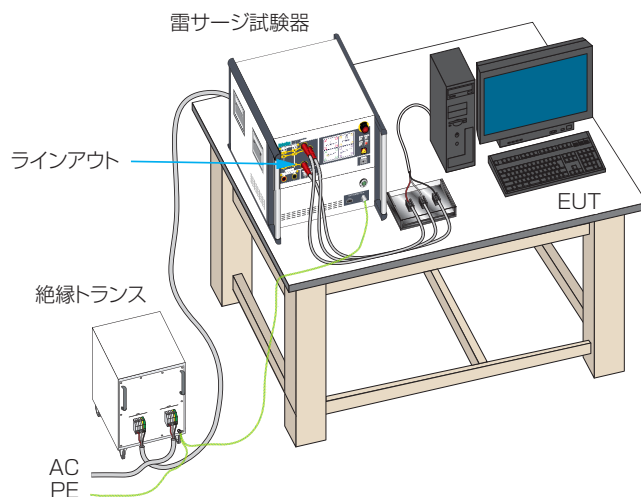
CDN は、最高定格の電圧で校正することを推奨。表で示す数値は設定値 4kV に対するものであり、CDN が別の最高電圧に対する定格となる場合、校正はその最高定格電圧で行なう。(最高電圧が 6kV の場合、この表に示す短絡電流値に 1.5 を乗じる)

4. 試験のセットアップ

■ 電源線への印加接続例

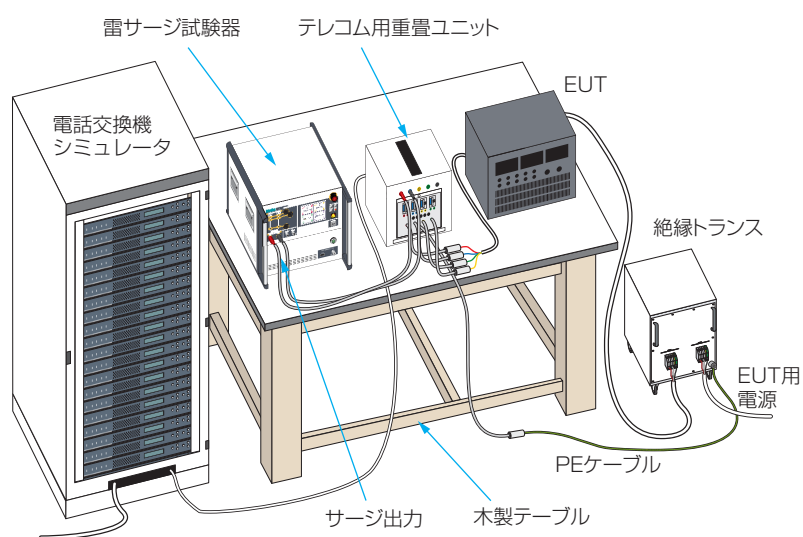
IEC 61000-4-5に記載される1.2/50コンビネーションウェーブ(C/W)を雷サージ試験器の重畳ユニットからEUT駆動電源に印加しています。規格によりEUTへの出力はフローティング回路を採用しています。

弊社の雷サージ試験器では上記の接続状態で、プログラム機能を使用することにより、自動化試験を行うことができます。



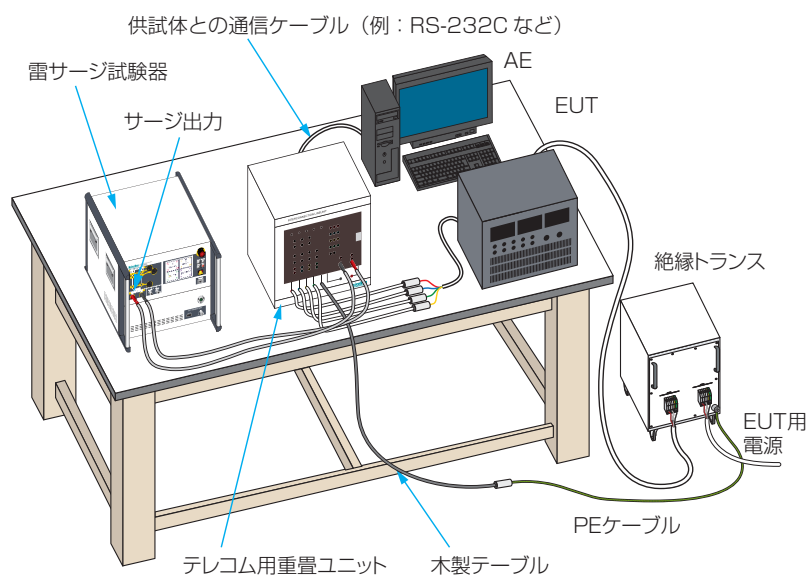
■ 電話回線への印加接続例

IEC 61000-4-5に記載される1.2/50 C/Wサージを、ファクシミリ電話線へ雷サージ試験器の重畳ユニットから印加しています。



■ 信号線への印加接続例

不平衡相互接続線に対して試験を行う場合は、結合減結合回路網 (CDN) は別途、専用のCDNを使用します。補助機器と供試品間に専用のCDNを接続し、1.2/50 C/Wサージを雷サージ試験器より専用CDNを介して供試品へ印加しています。



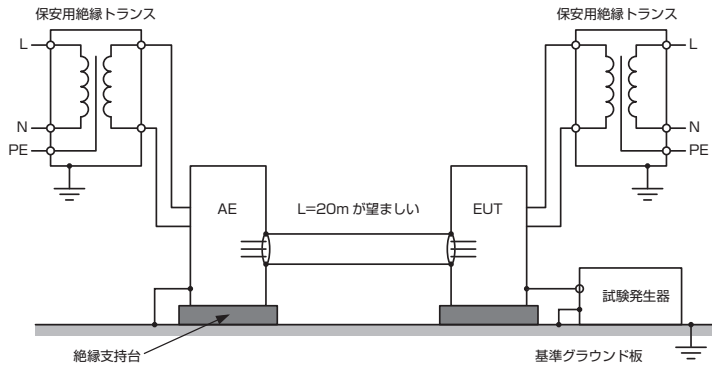
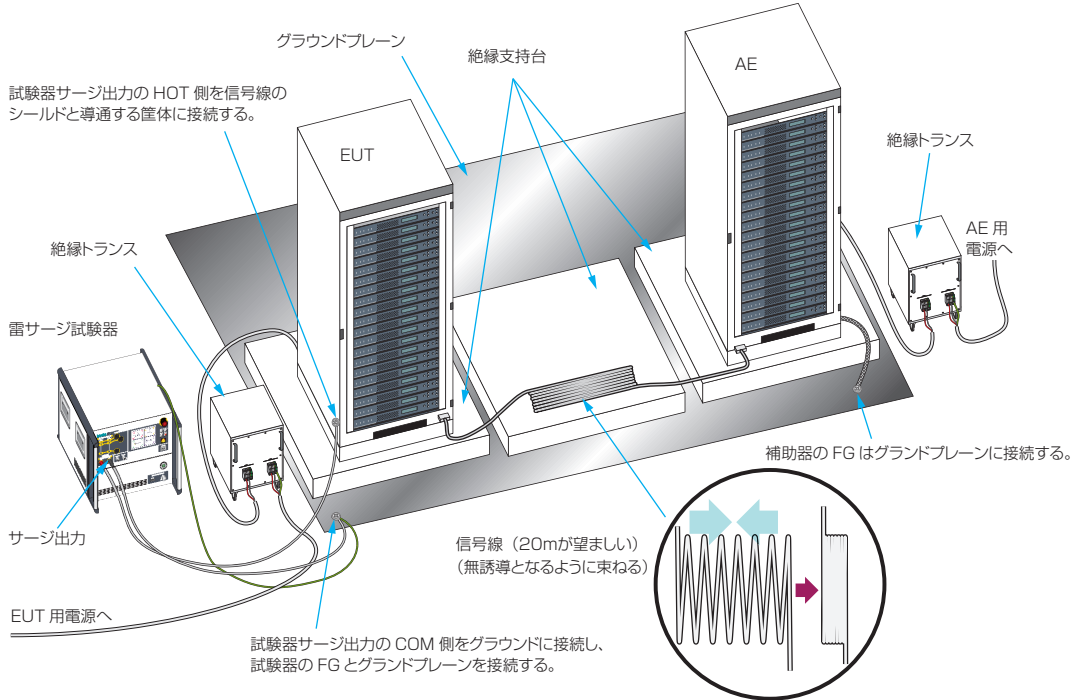
いずれの試験も、特に規定がない場合、EUT～CDN間の線の長さは2m以下にしなければなりません。

■ シールド線への印加接続例

シールド線の場合、CDNIは適用できないため、EUTの金属エンクロージャー（金属エンクロージャーがない場合はシールド線）にサージを直接印加します。

供試品の筐体に接続するサージアウトは18μFのコンデンサを介した出力となります。

また、供試品の接地は外しておき、補助器のFGはグラウンドプレーンに接続します。



※上記試験配置図は当社雷サージ試験器を用いたセットアップの一例です。規格上では試験配置に関する規定はありません。

5. 試験手順

■ 試験の実施

・サージ数

直流電源ポート及び相互接続線の場合、5回の正及び5回の負のサージパルス印加します。

交流電源ポートの場合、0°、90°、180°及び270°のそれぞれに5回の正及び5回の負のパルスを印加します。

・サージパルス間の時間：1分以下

6. 試験結果と試験報告

試験結果はEUTの仕様及び動作条件によって以下の分類を行います。

- 1) 仕様範囲内の性能 (正常)
- 2) 自己回復が可能な機能、または一時的な劣化や機能・性能の低下
- 3) オペレーターの介入やシステムの再起動を必要とする一時的な劣化、または機能や性能の低下
- 4) 機器やソフトウェアの損傷、またはデータの損失による回復不能な劣化や機能の低下

一般に、機器がサージを印加する全期間にわたってそのイミュニティを示し、かつ試験の終了時にEUTが技術仕様書内で規定した機能上の要求事項を満足する場合は、検査結果は良好と考えられます。

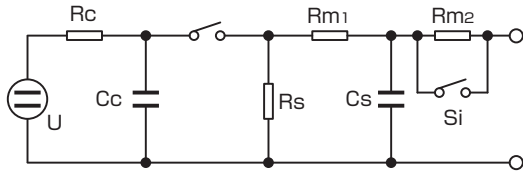
試験報告は、試験条件および試験結果を含む必要があります。

注意：この試験方法はIEC61000-4-5 Ed.3 2014規格を抜粋したものです。
 詳細な試験方法等につきましては規格書の原文をご参照下さい。

7. 屋外からの非シールド対称通信線のサージ試験

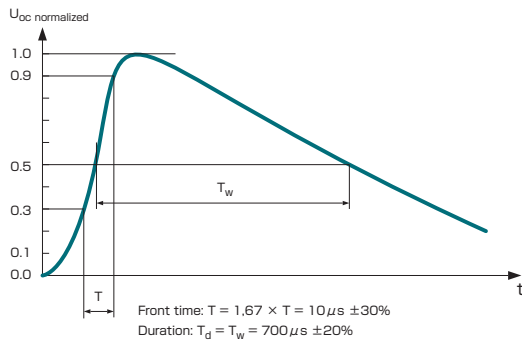
通信線専用のサージ試験波形である 10/700 μ s コンビネーション波形は、第3版の改訂より、Annex A (Normative) に独立させたため、目的と試験内容が明確になりました。このサージ波形は、屋外から室内に入り込む通信線を対象にしているため、冒頭に「300 m 以上屋外を通過している電話回線」であることが明記されました。通常の電話回線は、建物の入口で一次保護がされており、試験においても、一次保護を含んだ状態で試験を実施します。

■ 10/700コンビネーション波形 (10/700・5/320 μ s) 発生回路

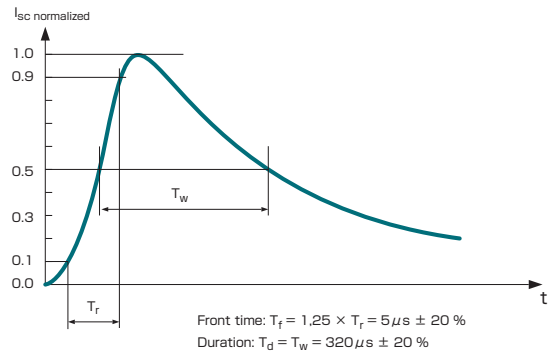


- U 高圧電源
- Rc 充電抵抗
- Cc エネルギー蓄積キャパシタ
- Rs パルス幅形成抵抗
- Rm インピーダンス整合抵抗 (Rm1=15 Ω : Rm2=25 Ω)
- Cs 立ち上がり時間整形コンデンサ
- Si 外部整合抵抗使用時の閉スイッチ

■ 電圧サージ (10/700 μ s)



■ 電流サージ (5/320 μ s)



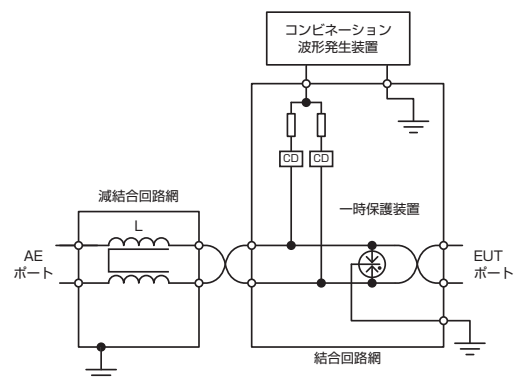
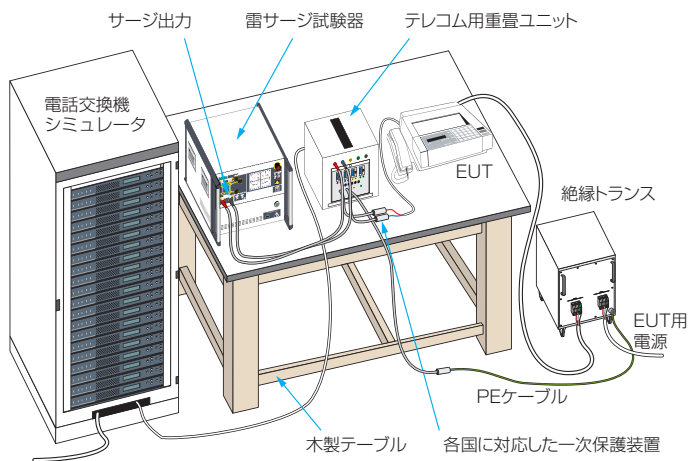
■ 10/700 μ sコンビネーション波形の時間パラメータ

	フロント時間 μ s	半値までの時間 μ s
開放電圧	10 \pm 30 %	700 \pm 20 %
短絡電流	5 \pm 20 %	320 \pm 20 %

■ 10/700 μ sコンビネーション波形の時間パラメータ

試験器の出力側の開放電圧 \pm 10 %	試験器の出力側の短絡電流 \pm 10 %
0,5 kV	12,5 A
1,0 kV	25A
2,0 kV	50A
4,0 kV	100A

■ 屋外からの非シールド対称信号線への試験設定の例



屋外からの非シールド対称信号線への試験を行う場合、LSS-F03では試験器の設定の変更を行うことで試験を行うことができます。

■ 屋外からの非シールド対称信号線への試験設定の例

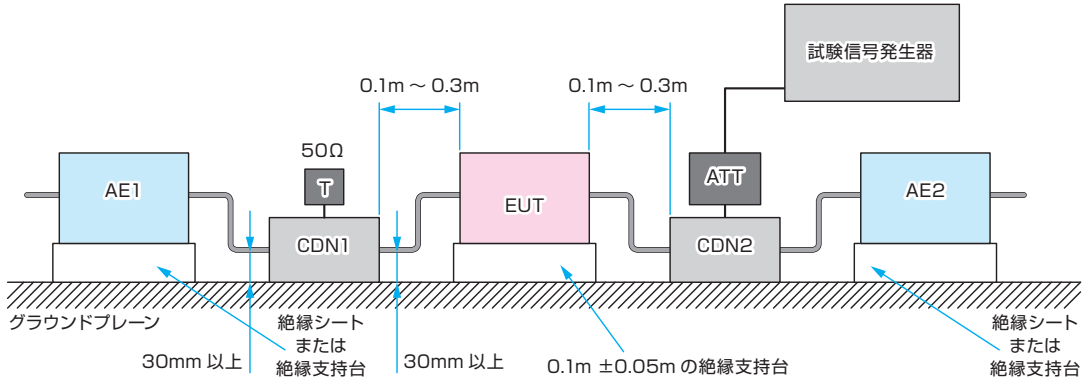
カップリング	出力電圧	CDN の EUT 側での開放電圧 Voc \pm 10 %	電圧 フロント時間 Tf = 1,67 x Tr \pm 30 %	電圧 半値までの時間 Td = Tw \pm 30 %	CDN の EUT 側での短絡電流 Isc \pm 20 %	電流 フロント時間 Tf \pm 30 %	電流 半値までの時間 Td \pm 30 %
コモンモード カップリングデバイス 1 pair 27,5 Ω	4 kV	4 kV	8 μ s	250 μ s	145 A	3,2 μ s	250 μ s

【 IEC 61000-4-6 Ed.5 2023 の試験概要 】

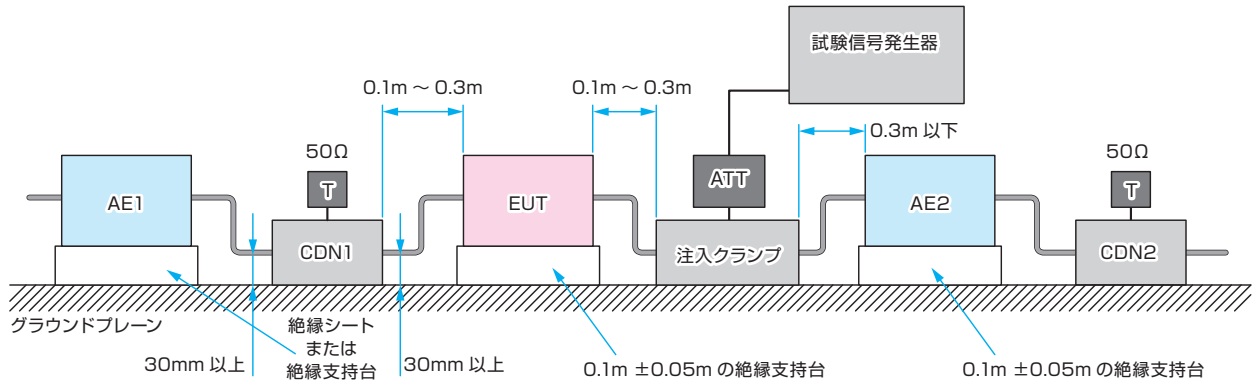
1. 一般的事項

本規格は、周波数範囲 150kHz ~ 80MHz までの意図した無線周波 (RF) 送信機からの電磁妨害に対する耐性試験について規定しています。※製品規格で上限周波数を 230MHz までと規定する場合があります。
 なお、本規格では伝導性ケーブル (電力線や信号線、接地線など) を 1 本も持たない機器に対しては除外されます。

■ CDNを用いた時の試験配置例



■ 注入クランプを用いた時の試験配置例



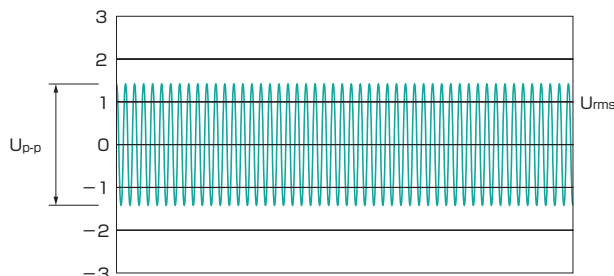
2. 試験レベル

試験レベルは、結合装置の EUT ポートで設定します。試験の際にはこの信号を 1kHz の正弦波で 80% 振幅変調します。

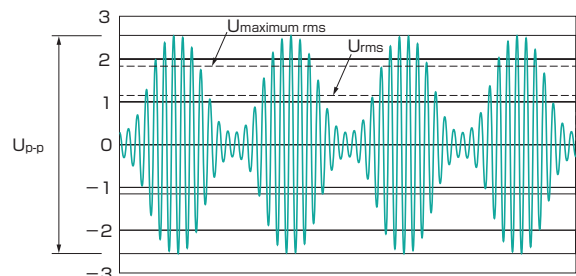
周波数範囲	150kHz ~ 80MHz	
レベル	電圧レベル (e.m.f)	
	U_0 [dB(μV)]	U_0 [V]
1	120	1
2	129.5	3
3	140	10
X	特別	特別

※ X はオープンクラスで製品仕様書で規定できる。

■ 80%の振幅変調



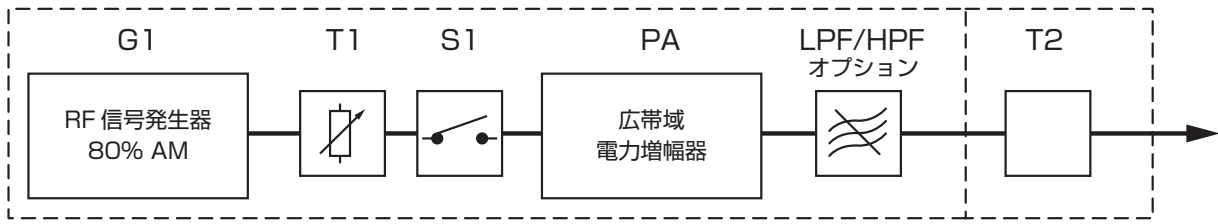
非変調 RF 信号
 $U_{p-p} = 2.82V$
 $U_{rms} = 1.00V$



変調 RF 信号 80% AM
 $U_{p-p} = 5.09V$
 $U_{rms} = 1.15V$
 $U_{maximum\ rms} = U_{rms} \times (100+m) / 100 = 1.8V$

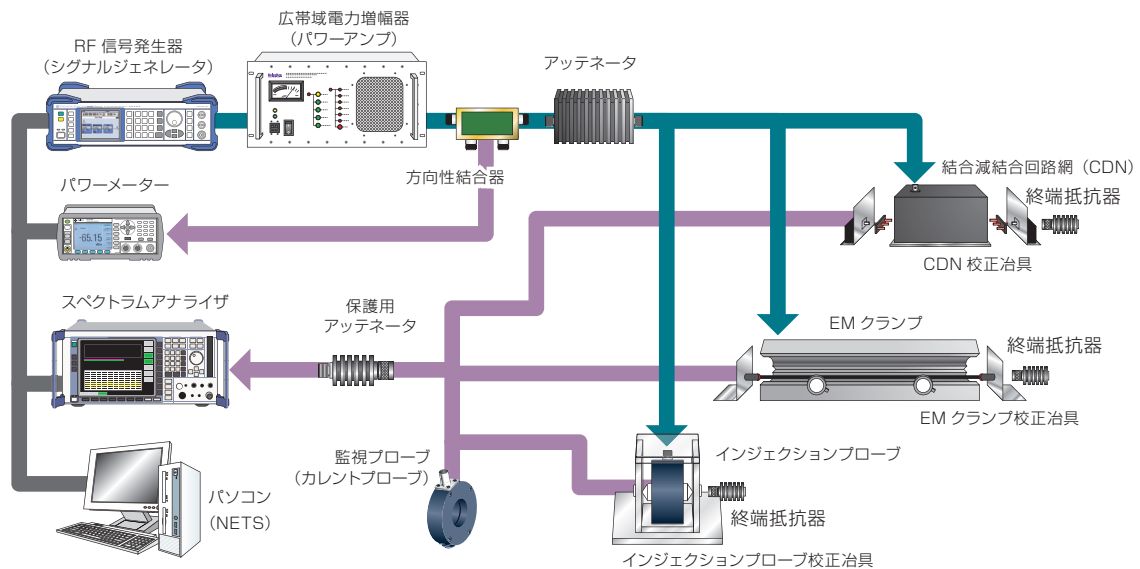
3. 試験用発生器およびレベル調整

■ 試験信号発生設備の構成



■ 試験信号発生設備の構成

G1	公称出力インピーダンス	50 Ω
	高調波および歪み	150kHz ~ 80MHz の範囲内で、スプリアス信号は試験信号発生設備の出力で測定し、少なくとも 15dB 以下となること。
	振幅変調	1kHz ± 10% の正弦波で 80% + 5% - 20% 変調
	出力レベル	試験レベルを満足する十分な大きさ
T1	周波数特性がよい減衰器 (0 ~ 40dB) 多くの場合は RF 信号発生器 (G1) に組込まれる	
S1	高周波スイッチ 多くの場合は RF 信号発生器 (G1) に組込まれる	
PA	広帯域電力増幅器	
LPF / HPF	ローパスフィルタ / ハイパスフィルタ	
T2	減衰器 (固定減衰量 6 ± 0.5dB, Z0 = 50 Ω)	



■ 結合装置および減結合装置

結合および減結合装置は EUT に接続する種々のケーブルに妨害信号を適切に結合させるため、また、印加された試験信号が他の装置やシステムに影響を及ぼさないようにするために使用します。※推奨される結合装置及び減結合装置は CDN です。

結合器および減結合器のパラメータ (EUT ポートに見られる共通モードインピーダンス)

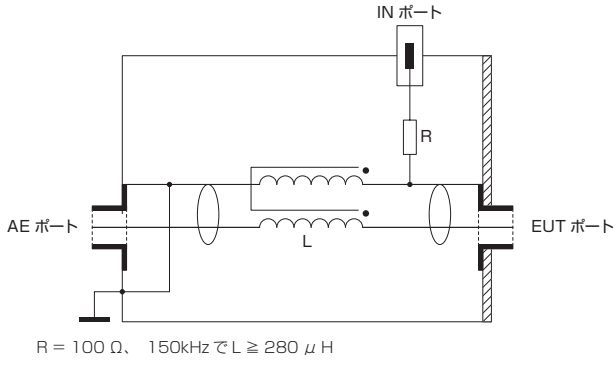
パラメータ	周波数帯	
	150kHz ~ 24MHz	24MHz ~ 80MHz
Zce	150 Ω ± 20 Ω	150 Ω + 60 Ω - 45 Ω

■ 結合 / 減結合回路網 (CDN)

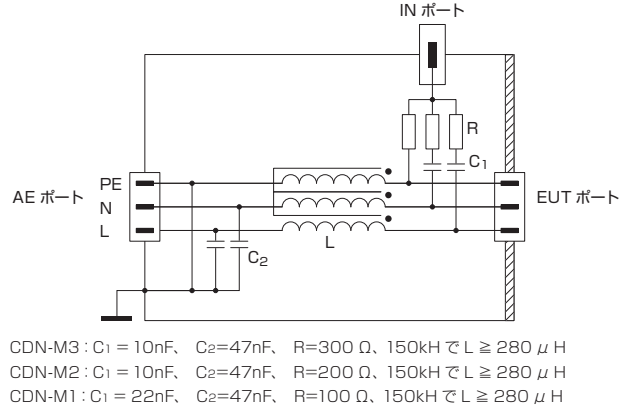
CDN は一つの箱の中に結合回路と減結合回路を含み、EUT に接続する各種ケーブルに適切に結合するために使用します。なお、CDN は特性を満たすものであれば、どのような回路網を使用してもかまいません。

回線のタイプ	例	CDN のタイプ
電源 (直流および交流)、グラウンド接続	AC 電源、DC 電源、アース接続	CDN-Mx
遮蔽ケーブル	同軸ケーブル、LAN および USB 接続ケーブル、オーディオシステム用ケーブル	CDN-Sx
無遮蔽平衡線	ISDN 回線、電話回線	CDN-Tx
無遮蔽不平衡線	他のグループに属していない任意の回線	CDN-AFx

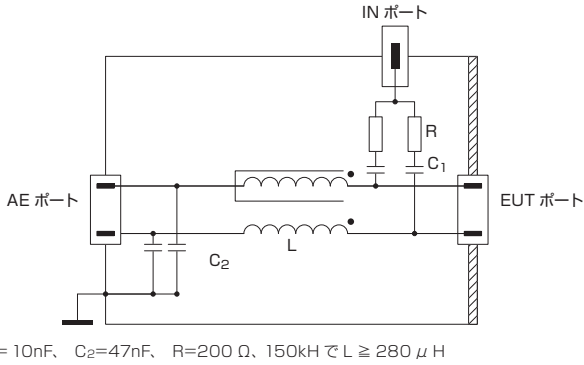
■ 遮蔽ケーブルで使用する CDN-S1 回路の略図例



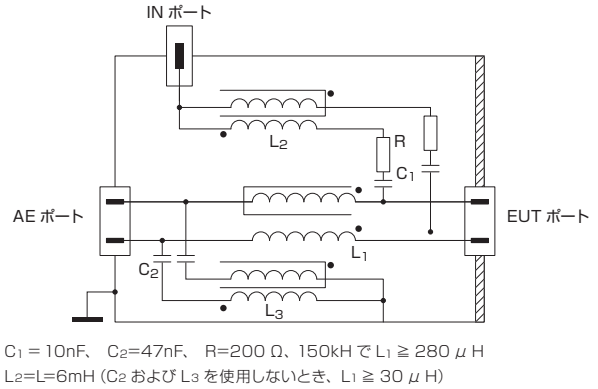
■ 無遮断供給（電源）線で使用する CDN-Mx 回路の略図例



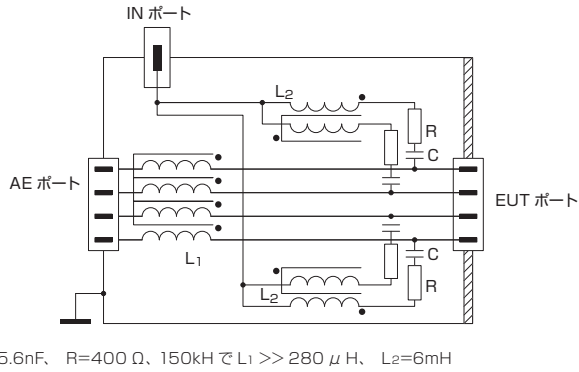
■ 無遮蔽不平衡線で使用する CDN-AF2 回路の略図例



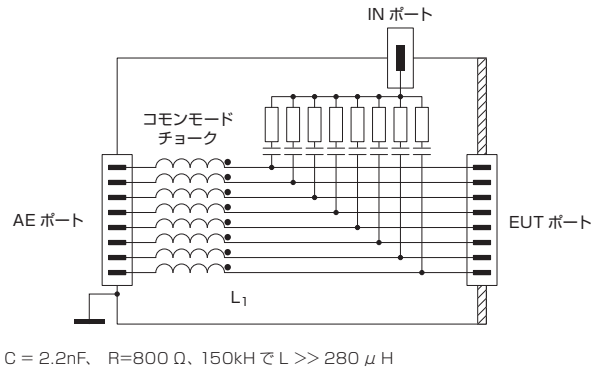
■ 無遮蔽平衡対線で使用する CDN-T2 回路の略図例



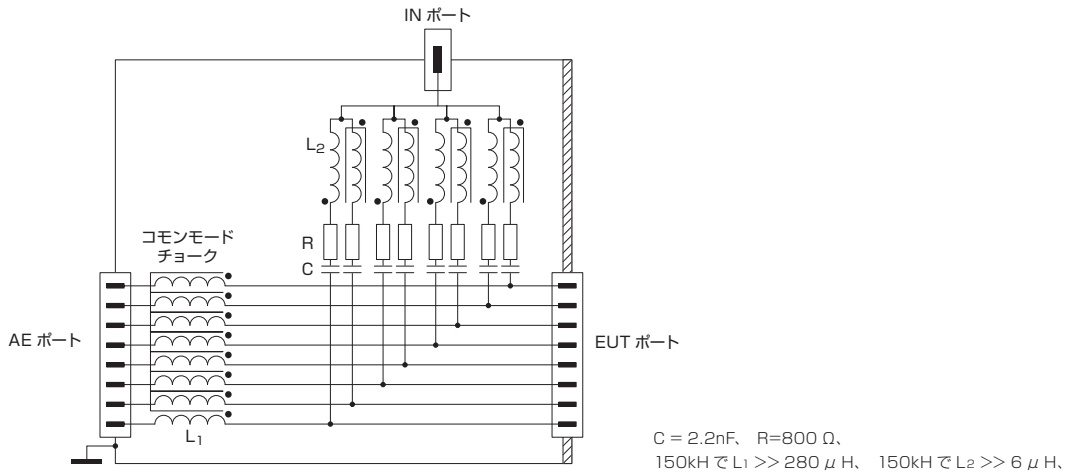
■ 無遮蔽平衡対線で使用する CDN-T4 回路の略図例



■ 無遮蔽不平衡対線で使用する CDN-AF8 回路の略図例

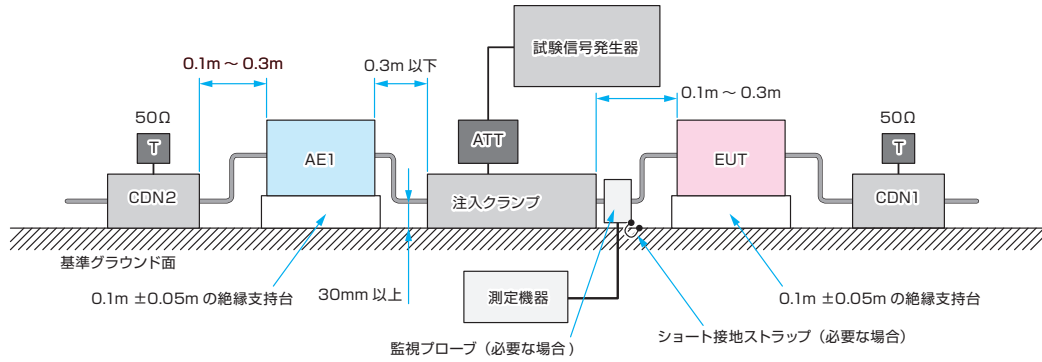


■ 無遮蔽平衡対線で使用する CDN-T8 回路の略図例



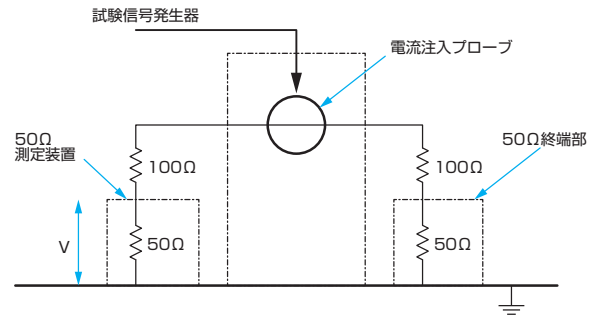
■ クランプ注入装置

クランプ注入装置は、結合はクランプオンにて行い、コモンモードインピーダンスはAE側で設定します。従ってAE側はEUTと同じ注入電流を受けるため、イミュニティの耐性を確保する必要があります。



< 電流クランプ >

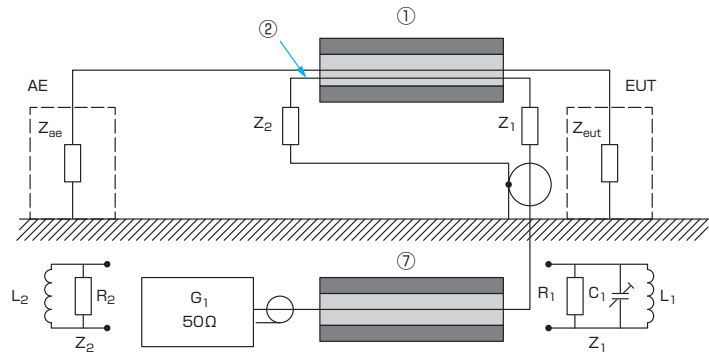
EUTに接続されたケーブルへ誘導結合により印加する方法です。



< EM クランプ >

EM クランプは、EUT に接続されるケーブルに対して容量性および誘導性で結合されます。

- ①: フェライト管 (クランプ) 長さ 0.6m、φ 20mm、EUT 側の 10 個のリング 4C65 ($\mu = 100$)、AE 側の 26 個のリング 3C11 ($\mu = 4300$) ので構成されます
- ②: 半円筒形の銅箔
- ③: EM クランプの構造に含まれるフェライト管 ($\mu = 100$)
- Z1、Z2: 周波数応答及び指向性を最適化するために内蔵
- G1: 試験信号発生器

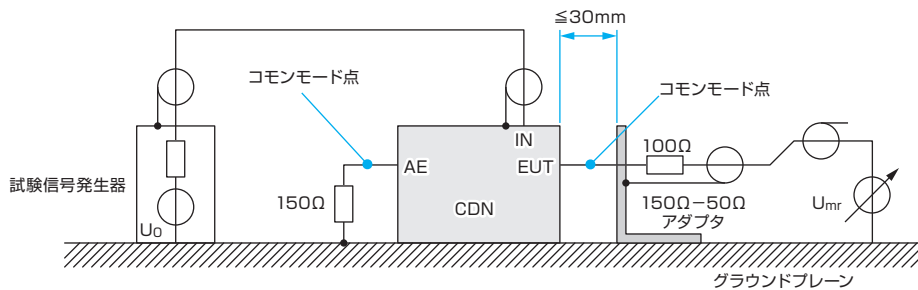


■ 試験信号発生器のレベル設定

試験信号発生器の出力は無変調にて設定します。

試験信号発生器は結合装置の RF 入力ポートに接続し、結合装置の EUT ポートは 150-50 Ωアダプタを介し、入力インピーダンス 50 Ωの測定器に接続します。

結合装置の AE ポートは 150-50 Ωアダプタを使用し、50 Ω終端器で終端します。



- ① 150-50 Ωアダプタの出力ポートで得られる電圧が U_{mr} に等しくなるよう CDN に電力を注入します。
- ② 電力増幅器の進行波電力 P_{for} および 150-50 Ωアダプタの出力ポート電圧 U_{mr} を記録します。
- ③ 現在の周波数の 1%以内で周波数を上げます。
- ④ 次の周波数が最大周波数 (たとえば 80MHz) を向かえるまで① - ③の手順を繰り返します。
- ⑤ 記録された P_{gen} および P_{for} 結合装置の EUT ポートに求められる試験電圧を作るのに必要な各周波数における電力となります。なお、電圧 U_{mr} は以下の計算式で求められます。

リニア量で、 $U_{mr} = U_0 / 6 \begin{matrix} (+19\%) \\ (-16\%) \end{matrix}$

対数量で、 $U_{mr} = U_0 - 15.6dB \pm 1.5dB$

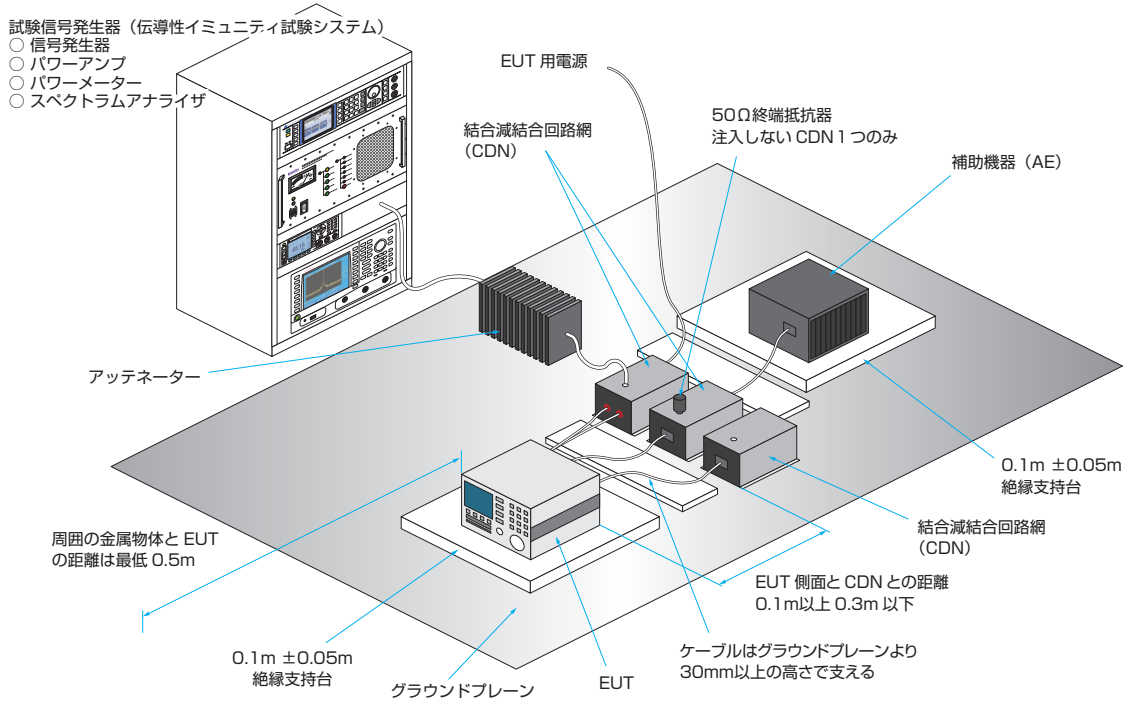
※ U_0 : 試験電圧

4. 試験のセットアップ

- EUT はグラウンドプレーン上の、高さ 0.1 m の絶縁支持台の上に配置します。
- EUT から引き出されるすべてのケーブルは、グラウンドプレーンより最低 30 mm 以上の高さで配置します。
- CDN は EUT から 0.1 m ~ 0.3 m 離れた位置に配置し、グラウンドプレーン上に配置します。

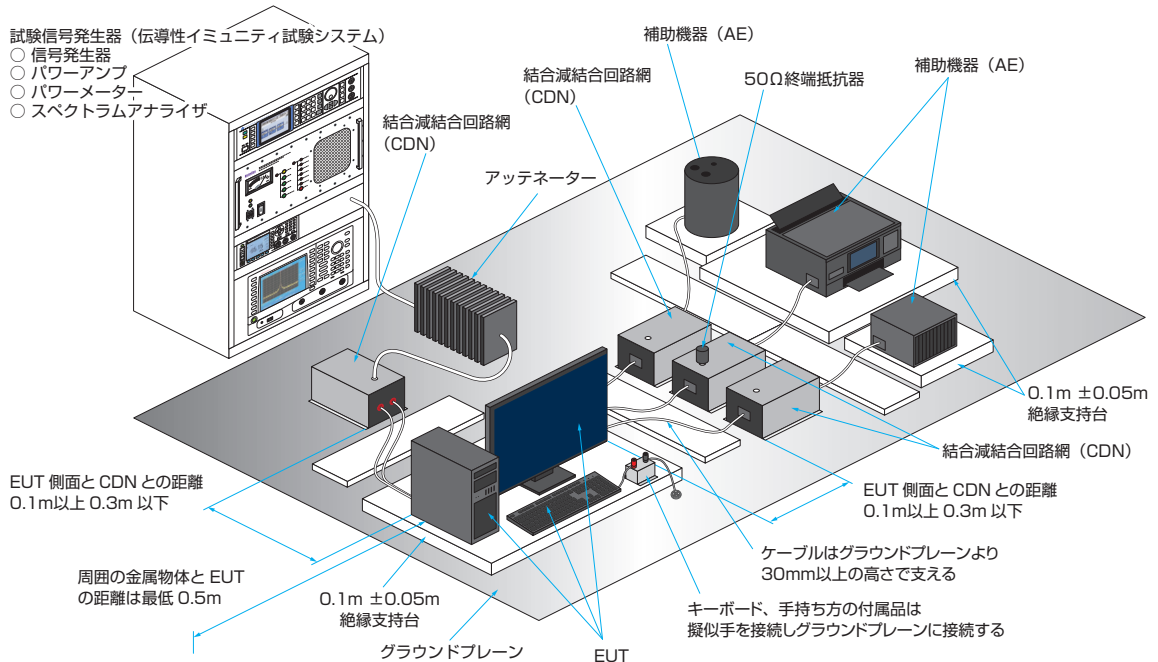
■ 単一ユニットの EUT

- 試験対象となるすべてのケーブルに CDN を挿入します。
- EUT と CDN 間のケーブルはできるだけ短くし、束ねたり包んだりしてはいけません。
- EUT がアース端子を設けている場合は、CDN-M1 を用いてグラウンドプレーンに接続します。
- EUT にキーボードや手持ち型の付属品がある場合は、疑似手を用いてグラウンドプレーンに接続します。
- EUT の動作に必要な AE は CDN を介して EUT と接続します。(全てを接続することが望ましいです。)
- CDN と AE 間のケーブルはできるだけ短くすることが望ましいです。

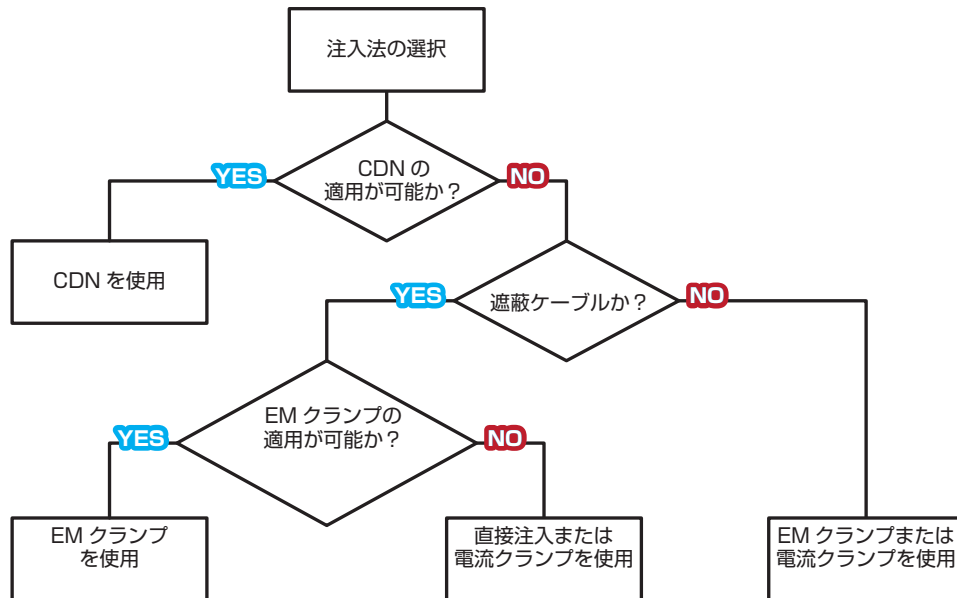


■ 複数ユニットからなる EUT

相互に接続された複数ユニットからなる装置に対しての試験は、基本的には各ユニットを全て単一ユニットとみなして試験を実施することが望ましいです。なお、代替として 0.4 m 以内の短いケーブルによって互いに接続される装置の場合には、1 つの EUT としてみなして、絶縁支持台の上に互いに接触することなく、できるだけ近づけて配置し試験を実施します。



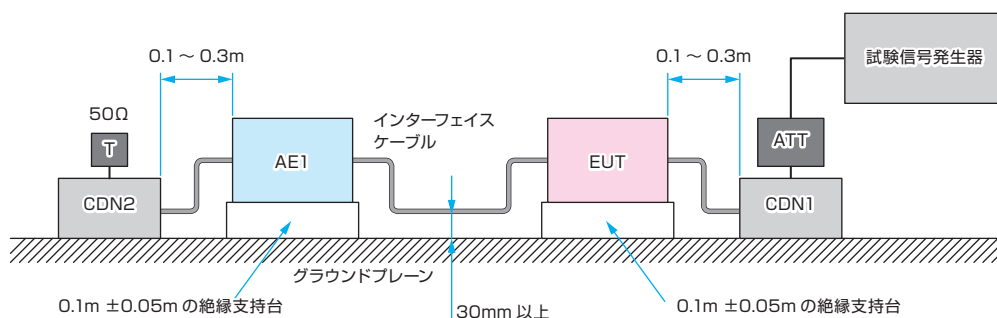
■ 注入方法の選択



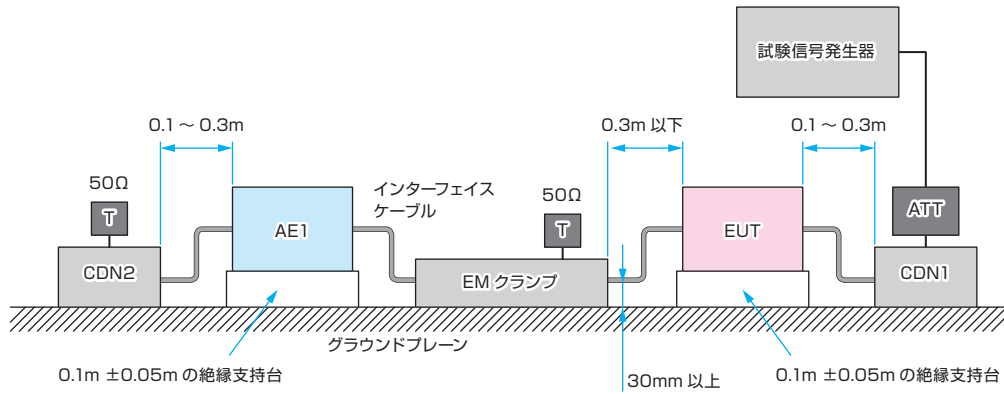
EUTからのケーブルが10m以上同じ場所に布設しているか、ケーブル・トレイやダクトを通る場合は1本のケーブルと見なします。

■ CDNによる注入方法

- AEがEUTに直結されている場合、AEはグラウンドプレーン上0.1mの絶縁支持台上載せ、50Ωで終端されたCDNを接続します。
- AEがCDNを介してEUTに接続される場合、AEは基準グラウンドプレーン上に設置することができます。
- 試験対象となる予定のポートには1台のCDNを接続し、別のポートには50Ωで終端した1台のCDNを接続します。(各端末で150Ω終端のループが1つになるようにします。)
- 減結合回路網は試験を実施していない全てのポートに取り付けます。
- 終端するCDNの優先順位を以下に記載します。
 1. グラウンド端子接続用のCDN-M1
 2. 電源用のCDN-M3、CDN-M4、CDN-M5
 3. CDN-Sシリーズ
 4. 電源用のCDN-M2
 5. 注入するポートに最も近いポートに接続される他のCDN
- インターフェースケーブルに50Ω終端したCDNを挿入できない場合は、AEに50Ω終端したCDNを挿入します。なお、この際にAEの他の接続にはは全て減結合をします。
- またAEがエラーを起こす場合には、EUTとAEの間に終端したEMクランプを接続します。(EMクランプを使用しても良い)



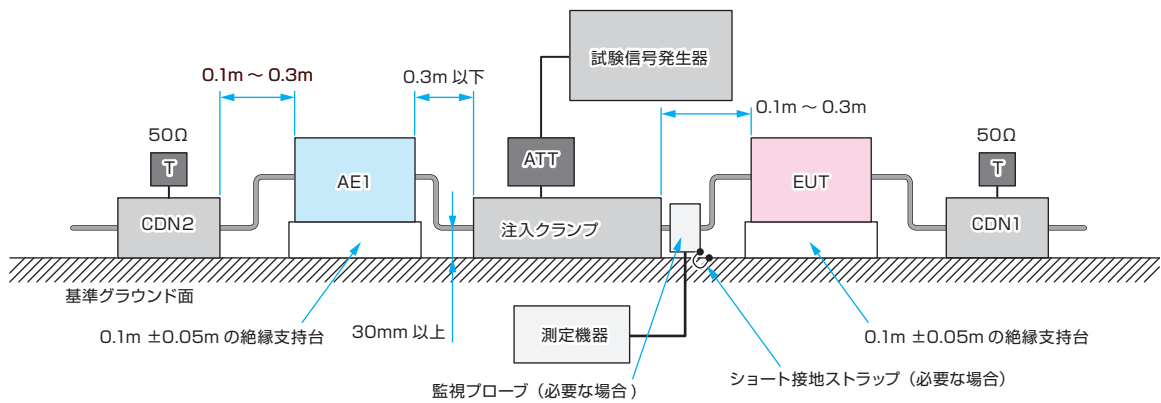
【1台だけCDNに接続される2ポートEUTの試験配置例】



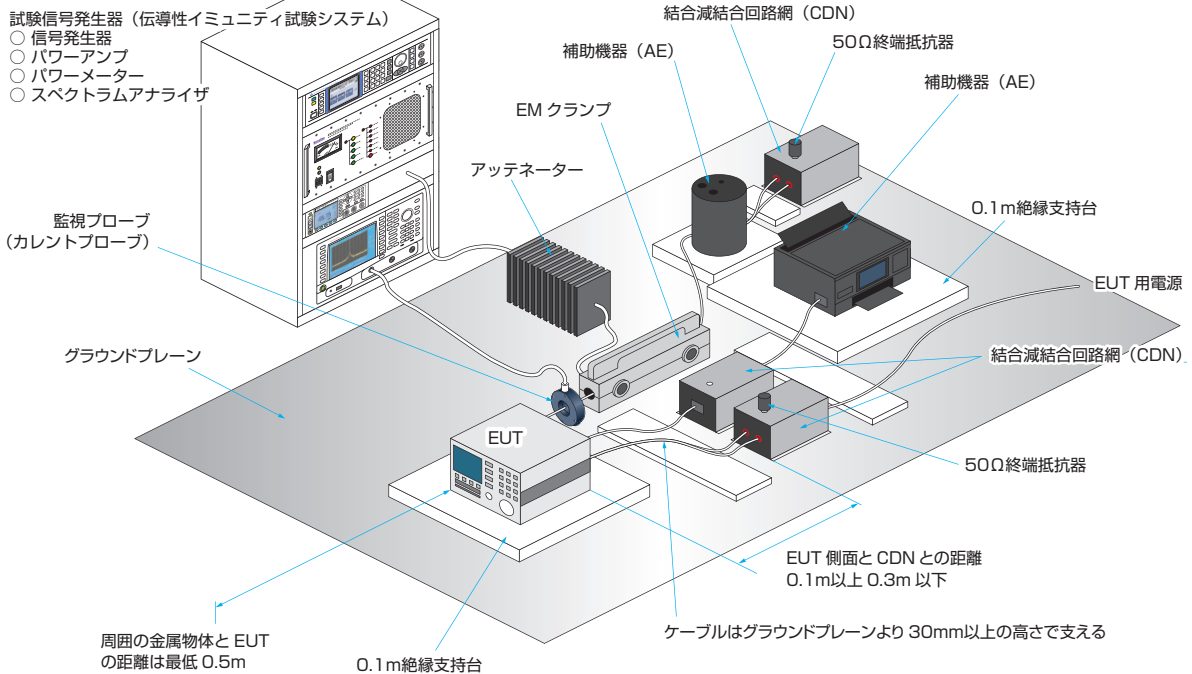
【試験中にAEにエラーが出る時の試験配置例】

■ クランプによる注入方法

- 減結合回路網は試験対象ケーブルを除いて。EUT と AE の中間の各ケーブルに取付ます。
- 各 AE に接続されるすべてのケーブルは EUT に接続されるケーブルを除いて、減結合回路網を取り付けます。



- 試験信号発生器 (伝導性イミュニティ試験システム)
- 信号発生器
 - パワーアンプ
 - パワーメーター
 - スペクトラムアナライザ



5. 試験の実施

- EUT の動作条件および気象条件（温度、相対湿度など）の範囲で試験を実施します。
- 発生する電界が大きいため、試験の実施には無線通信の干渉を禁止する様々な法規を遵守するために、試験はシールドルーム内で実施する必要があります。
- 試験信号発生器を各結合装置（CDN、EM クランプなど）に順次接続して実施します。
- 1kHz の正弦波で 80% の振幅変調をした妨害信号を用います。
- 試験周波数範囲（150kHz ～ 80MHz）の掃引率は 1% を超えないようにします。
- 各周波数の試験時間は、EUT の励起および応答に必要な時間以上になるようにします。
- 複数の試験信号を同時に注入した場合、EUT への影響が 1 つの信号によるものであることの確認を行います。

6. 試験結果と試験報告

試験結果は EUT の仕様および動作条件によって以下の分類を行いません。

- 1) 仕様範囲内の正常動作
- 2) 自己回復が可能な一時的な劣化または機能や性能の低下
- 3) オペレーターの介入またはシステムの再起動を必要とする一時的な劣化または機能や性能の低下
- 4) 機械やソフトウェアの損傷、またはデータの損失による回復不能な劣化や機能の低下

試験中に装置がイミュニティを示し、かつ試験の終了後に EUT が機能仕様書の中で規定されている要求事項を満たせば、一般的には試験結果は良好と考えられます。

試験報告は、試験条件および試験結果を含む必要があります。

● 「試験報告書に記載する例」には次の内容を記載する。

- EUT の ID（例：商標、製品型番、製造番号など）
- EUT の寸法
- EUT の代表的な動作条件
- EUT を単一または複数ユニットとして試験したかどうか
- 相互接続ケーブルの種類と長さ、接続先の EUT のインターフェイスポート
- 必要であれば EUT の回復時間
- 使用した試験設備の型式および EUT や AE ならびに結合減結合装置の位置
- 各ケーブルに使用した結合減結合装置
- 試験をした周波数範囲
- 周波数の掃引率、持続時間および周波数ステップ数
- 適用した試験レベル
- 適用した性能判定基準
- EUT の動作方法の説明

注意：この試験方法は IEC 61000-4-6 Ed.5 2023 規格を抜粋したものです。

詳細な試験方法等につきましては規格書の原文をご参照下さい。

【 IEC 61000-4-8 Ed.2 2009 の試験概要 】

1. 一般的事項

この規格は、以下に設置する動作状態の機器において、電源周波数 50Hz および 60Hz での磁気妨害に対して規定しています。

- 居住用および商業用区域
- 工業用施設および発電所
- 中圧および高圧変電所

この試験は、機器が特定の場所および設置条件において電源周波数磁界に去らされる場合の、イミュニティを評価するためのものです。電源周波数磁界は導体や機器に近接する他の装置より発生します。

- 通常動作状態における電流により発生する、比較的小さい定常磁界
- 保護装置（例えばヒューズなど）が動作するまでの事故状態における電流により発生する、短時間だが比較的大きい磁界

定常磁界での試験は公共または工業用低圧配電システム用、もしくは発電所のすべての機器に対して適用できます。

事故状態に関連する短時間での比較的大きい磁界での試験は、定常状態とは異なり高い試験レベルとなり、最高値は主とし発電所の露出場所に設置する機器に適用されます。

2. 試験レベル

適用する連続時間および短時間の磁界に適用する試験レベルを下記表に示します。

連続磁界に対する試験レベル

レベル	磁界強度 A / m
1	1
2	3
3	10
4	30
5	100
x	特別

※ X はオープンクラスで製品仕様書で規定できる。

短時間磁界（1秒から3秒）に対する試験レベル

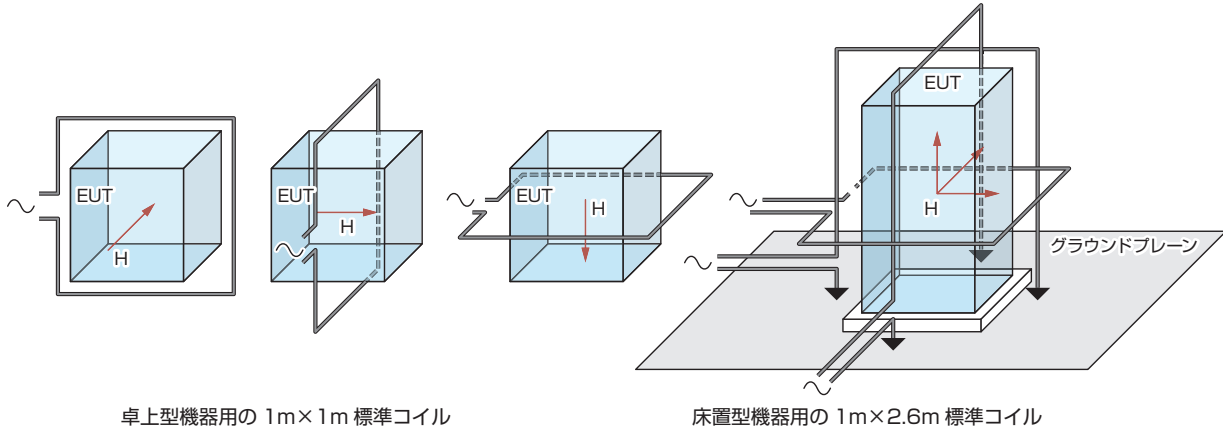
レベル	磁界強度 A / m
1	適用せず
2	適用せず
3	適用せず
4	300
5	1000
x	特別

※ X はオープンクラスで製品仕様書で規定できる。

3. 試験用装置

試験磁界は誘導コイルに流れる電流により得られます。試験磁界は EUT に対して浸漬法によって曝します。

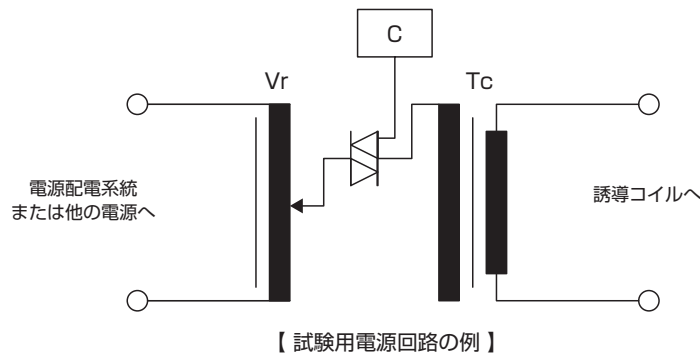
試験装置は、試験用電源（電流源）、誘導コイルおよび関連の試験用補助機器となります。



■ 試験用電源（電流源）

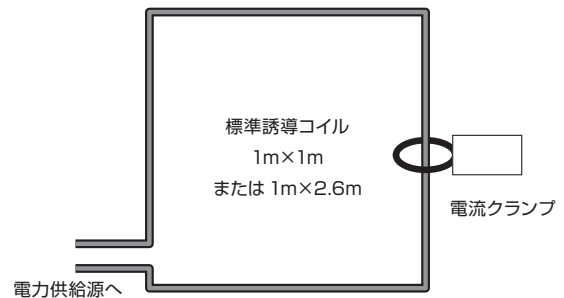
試験用電源は通常、電圧調整器（電力系統又は他の電源に接続）、電流変成器及び短時間適用の制御回路から構成されます。試験用電源と誘導コイル間の接続は、接続部を流れる電流により発生する磁界が試験中の磁界に影響を与えることを避けるため、ケーブルはできるだけ短くし、一本に燃（よ）る事が望ましいです。

	標準正方形コイル 1m × 1m 一回巻き	標準正方形コイル 1m × 2.6m 一回巻き	その他の誘導コイル (ヘルムホルツコイルなど)
連続モード動作の出力電流範囲	1A ~ 120A	1A ~ 160A	要求磁界強度を得られること
短時間モード動作の出力電流範囲	320A ~ 1200A	500A ~ 1600A	要求磁界強度を得られること
電磁界波形	正弦波	正弦波	正弦波
電流ひずみ率	≤ 8%	≤ 8%	≤ 8%
連続モード動作	8 時間以下	8 時間以下	8 時間以下
短時間モード動作	1 秒 ~ 3 秒	1 秒 ~ 3 秒	1 秒 ~ 3 秒
変成器出力	フローティングで PE に接続しない	フローティングで PE に接続しない	フローティングで PE に接続しない



■ 試験用電源の特性検証

試験用電源より標準誘導コイルに電流を流し、「標準誘導コイルの電流値」「誘導コイル内の磁界強度」「誘導コイルに流れる電流の総合ひずみ率」を測定し、試験用電源の基本的特性を検証します。
 検証には電流プローブおよび精度が± 2% よりも優れた測定器を使用する必要があります。
 また、磁界強度測定には± 1dB 未満の精度を持つ磁界強度計を用いることが望ましいです。



レベル	1m × 1m 標準コイルの電流値 A	1m × 2.6m 標準コイルの電流値 A	その他すべての誘導コイルの 中心での磁界強度 A/m
1	1.15	1.51	1
2	3.45	4.54	3
3	11.5	15.15	10
4	34.48	45.45	30
5	114.95	151.5	100

■ 誘導コイル

誘導コイルは銅やアルミニウム、またはその他の導電性非磁性材で作られ、試験中に安定して位置決めができるよう機械的構造になっている必要があります。また 1m × 1m 標準コイルおよび 1m × 2.6m 標準コイルの磁界分布は知られているため、電流値の計測のみで校正の必要はありません。
 なお、より低い電流で磁界を得るために多巻きコイルを使用する場合は、磁界分布 (± 3dB の最大偏差) を検証する必要があります。

<卓上型機器用の誘導コイル>

- 1m × 1m 標準コイルを使用する場合、試験体積は (W)0.6m × (D)0.6m × (H)0.5m となります。
- より大きな試験体積得るために他のコイル (例：ヘルムホルツコイル) を用いても良いです。
- いかなるグラウンドプレーンもコイルの一部として、または EUT 下の絶縁テーブル上には配置してはいけません。

<床置き型機器用の誘導コイル>

- 1m × 2.6m 標準コイルを使用する場合、試験体積は (W)0.6m × (D)0.6m × (H)2.0m となります。
- より大きな試験体積得るために他のコイル を用いても良いです。
- 製品群規格で規定されている場合、1m × 1m 標準コイル、または他の誘導コイルによる近接法を適用する事も可能です。
- 垂直位置に使用するコイル (水平方向に磁界を発生するコイル) は、グラウンドプレーンをコイル一部として使用します。
(床置き型機器用の試験配置図を参照)

4. 試験用装置の校正

誘導コイル係数は EUT を配置しない自由空間の状態測定します。
 なお、1m × 1m および 1m × 2.6m の標準コイルの場合は校正は不要で、電流計測のみでよいです。

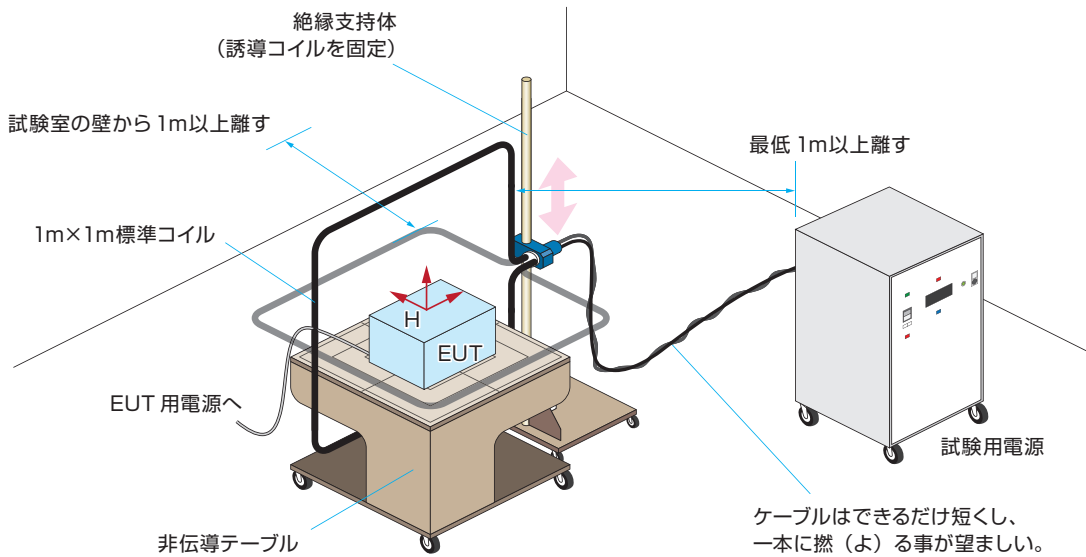
- EUT 寸法に対して正しい寸法の誘導コイルを、絶縁支持体を用いて設置します。
- 誘導コイルは試験所の壁および全ての磁気材料から 1m 以上離れた位置に設置します。
- 磁界センサを誘導コイルの中心に適切な向きに配置し、磁界の最大値を測定します。
- 試験レベルで規定されている磁界強度を得るために、試験用電源からの誘導コイルへの電流を調整します。
- 校正は電源周波数 (50Hz および 60Hz) で実施します。
- 各磁界の向き (XYZ) に対して、校正を実施します。
- 上記手順により必要な試験磁界を得るためのコイル電流値が得られこのときの (H/I) がコイル係数となります。

5. 試験のセットアップ

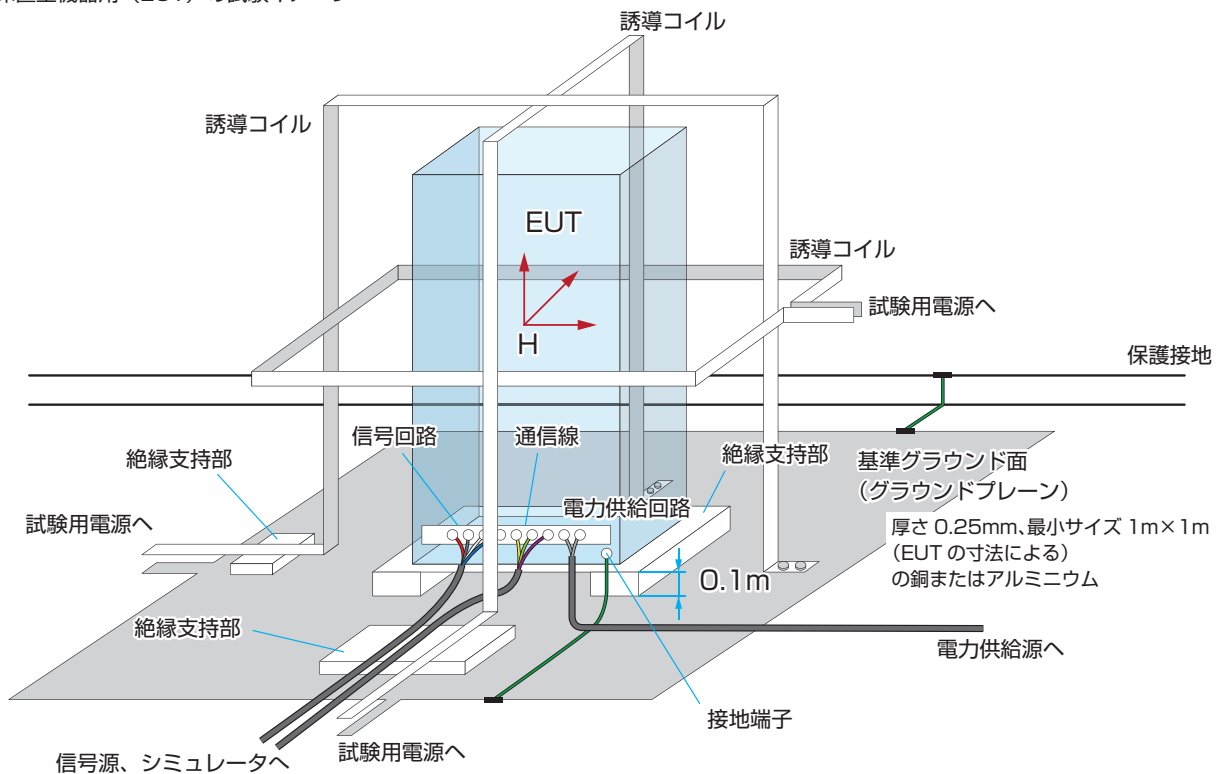
試験磁界が試験装置周辺にある試験器や測定器、およびその他の感度の高い機器を妨害するおそれがある場合は予防措置をとります。卓上機器および床置き機器に対する試験配置の例を次に示します。

- 床置き型 EUT は高さ 0.1m の絶縁支持台を介してグラウンドプレーン上に配置します。
- 床置き型 EUT はアース端子をグラウンドプレーン、または保護接地に接続します。
- 電源、入力および出力回路は、電力供給源や制御および信号源に接続します。
- EUT は製造者が供給、または指定したケーブルを使用します。指定がない場合は、非シールドケーブルを使用します。
- ケーブルは全て、全長の 1m を磁界に曝さなければなりません。
- ケーブル上にフィルタがある場合、EUT から 1m のところに挿入しグラウンドプレーンに接続します。
- 通信線（データライン）は、製造者の指定した仕様に基づいて EUT に接続します。
- 試験用電源は、誘導コイルから発生する磁界に影響を与えないようにします。（誘導コイルの近くには配置してはなりません）
- 標準コイルを使用する際には EUT を囲むようにし、均一磁界エリアの中に配置します。
- 床置き型 EUT で使用する垂直位置のコイル（水平方向に磁界を発生するコイル）は、グラウンドプレーンをコイルの一部として使用します。

■ 卓上型機器（EUT）の試験イメージ



■ 床置き型機器用（EUT）の試験イメージ



6. 試験の実施

試験室は試験結果に影響を及ぼさず、EUTの正しい動作を保障できるようにします。

試験室の電源周波数磁界の値は、選択した試験レベルより20dB以上下回る必要があります。

人体暴露に関して適用される要求事項がある場合は、注意して試験を実施します。要求事項が無い場合は2mの距離が推奨されます。

試験レベルは、製品の仕様を超えてはなりません。

試験磁界強度および試験時間は、試験計画で設定した各種磁界のタイプ（連続または短時間磁界）に従って選択した試験レベルにより決定します。

■ 卓上型機器への試験

標準寸法の誘導コイル(1m×1m)を用いて、前項図(卓上型機器のセットアップイメージ)に示すようにEUTを試験磁界に曝します。続いて、EUTに異なる向きで磁界を曝すために、誘導コイルを90°回転させる、またはEUTを別の向きにして試験磁界に曝します。

■ 床置型機器への試験

適切な寸法の誘導コイルを用いて、前項図(床置型機器のセットアップイメージ)に示すように機器を試験磁界に曝します。

続いて、EUTの全容積を各直交方向で印加するため、誘導コイルを移動させ試験を繰り返します。

EUTが誘導コイルの均一磁界エリアよりも大きい場合、EUT全体が3dB試験体積の中に徐々に浸漬するように、コイルの最も短い辺の長さの50%に相当する幅で、異なる位置にコイルを移動して試験を繰り返します。

続いて、EUTに異なる向きで磁界を曝すために、誘導コイルを90°回転させ、EUTに別の向きの試験磁界を曝します。

7. 試験結果と試験報告

試験結果はEUTの仕様及び動作条件によって以下の分類を行います。

- 1) 仕様範囲内の性能(正常)
- 2) 自己回復が可能な機能、または一時的な劣化や機能・性能の低下
- 3) オペレーターの介入やシステムの再起動を必要とする一時的な劣化、または機能や性能の低下
- 4) 機器やソフトウェアの損傷、またはデータの損失による回復不能な劣化や機能の低下

試験中に装置がイミュニティを示し、かつ試験の終了時にEUTが技術仕様書内で規定した機能上の要求事項を満足する場合は、検査結果は良好と考えられます。

試験報告は、試験条件および試験結果を含む必要があります。

注意：この試験方法はIEC61000-4-8 Ed.2 2009規格を抜粋したものです。

詳細な試験方法等につきましては規格書の原文をご参照下さい。

【 IEC 61000-4-11 Ed.3 2020 の試験概要 】

1. 一般的事項

この規格は、低電圧電源回路網に接続された電気及び電子機器が、停電・電圧変動等に対して誤動作を起こさないかどうかを評価するためのイミュニティ評価規格です。

相あたり 16A を超えない定格入力電流の電気及び電子機器に適用をしています。

50Hz 又は 60Hz の交流回路網に接続する機器を対象としており、400Hz の交流回路網に接続する機器には適用されません。

2. 試験レベル

- ・電圧試験レベルの基準 (U_T) として、機器の定格電圧を使用します。
- ・定格電圧の範囲がある場合は、定格電圧範囲に規定した下限電圧の 20% を超えなければ、その範囲内の単一の電圧を試験レベル仕様 (U_T) の基準として指定してもよい、とされています。

2-1. 電圧ディップと停電

表 1- 電圧ディップに対する適切な試験レベル及び継続時間

クラス ^a	電圧ディップ (ts) に対する試験レベル及び継続時間 (50Hz/60Hz)				
クラス 1	機器の要求事項により個別に設定				
クラス 2	1/2 サイクルの間 0%	1 サイクルの間 0%	25/30 ^c サイクルの間 70%		
クラス 3	1/2 サイクルの間 0%	1 サイクルの間 0%	10/12 ^c サイクルの間 40%	25/30 ^c サイクルの間 70%	250/300 ^c サイクルの間 80%
クラス X ^b	x	x	x	x	x

a IEC 61000-2-4 によるクラス：附属書 B 参照。

b クラス X は、オープンクラスで製造者とユーザーとの合意により設定。

c “25/30 サイクル” は、“50Hz 試験に対して 25 サイクル” 及び “60Hz 試験に対して 30 サイクル” を意味する。

※ それぞれのディップ%は、定格電圧 (U_t) に対する電圧とする。

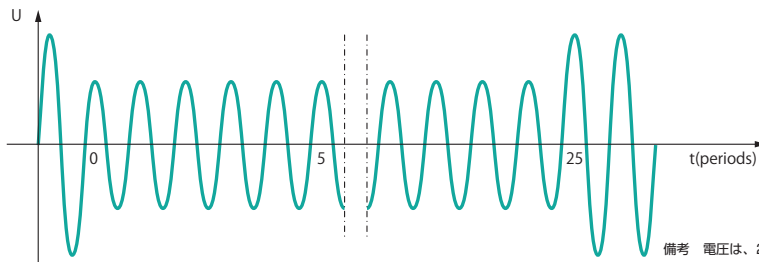
表 2- 停電に対する試験レベル及び継続時間 (50Hz/60Hz)

クラス ^a	停電 (ts) に対する試験レベル及び継続時間 (50Hz/60Hz)
クラス 1	機器の要求事項によりケースバイケース
クラス 2	250/300 ^c サイクルの間 0%
クラス 3	250/300 ^c サイクルの間 0%
クラス X ^b	x

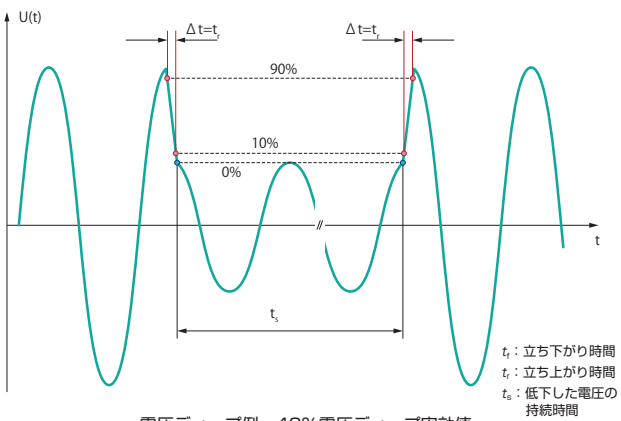
a IEC 61000-2-4 によるクラス：附属書 B 参照。

b クラス X は、オープンクラスで製造者とユーザーとの合意により設定。

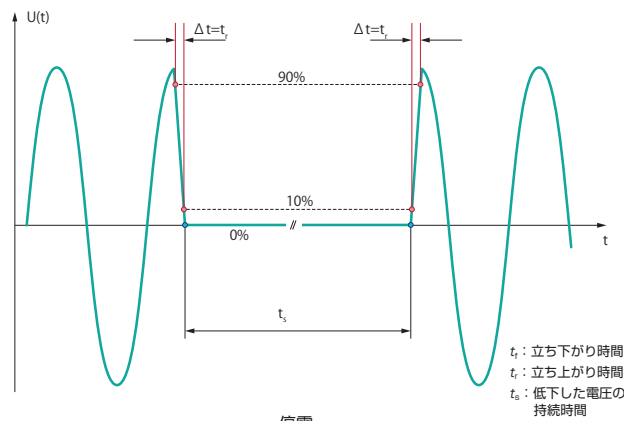
c “250/300 サイクル” は、“50Hz 試験に対して 250 サイクル” 及び “60Hz 試験に対して 300 サイクル” を意味する。



電圧ディップ例-70%電圧ディップ正弦波グラフ



電圧ディップ例-40%電圧ディップ実効値



停電

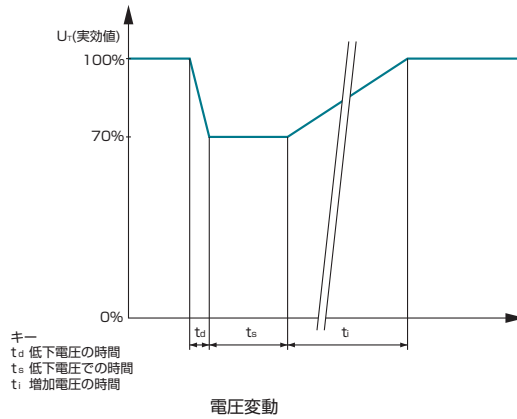
2-2. 電圧変動 (オプション)

表3- 短期間の供給電圧変動のタイミング

電圧試験レベル	電圧低下に要する時間 (td)	低下電圧における時間 (ts)	電圧上昇に要する時間 (ti) (50Hz/60Hz)
70%	急激	1 サイクル	25/30 ^b サイクル
X a	X a	X a	X a

a クラスXは、オープンクラスで製造者とユーザーとの合意により設定

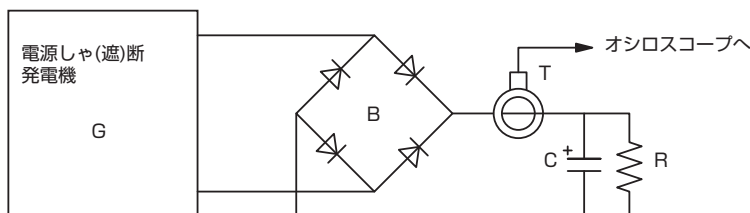
b “25/30 サイクル” は、“50Hz 試験に対して 25 サイクル” 及び “60Hz 試験に対して 30 サイクル” を意味する。



3. 試験用発生器の特徴及び性能

無負荷の出力電圧	表 1 で要求のとおり、残留電圧値の ± 5%
試験器の出力における負荷による電圧変動 100%出力: 0~16A 80%出力: 0~20A 70%出力: 0~23A 40%出力: 0~40A	UTの5%未満 UTの5%未満 UTの5%未満 UTの5%未満
出力電流量	定格電圧で相当実効値で16A。 試験器は5秒までの継続時間で、定格電圧の80%で20Aを流すことが出来なければならない。 この試験器は、3秒までの継続時間で、定格電圧の70%で23A及び40%で40Aを流すことができない(この要件は、供試機器の定格定常供給電流に従って緩めてもよい)。 ピーク電流の検証参照。
ピーク突入電流の能力(電圧変動試験には不要)	試験器によって制限されない。 ただし、試験器の最大ピーク能力は、250~600V電源の場合1000Aを、200~240V電源の場合500Aを、又は100~120V電源の場合250Aを超える必要は無い。
試験器に100Ω抵抗負荷を接続した場合の、実電圧の瞬間ピークオーバーシュート/アンダーシュート	UTの5%未満
試験器に100Ωの抵抗負荷を接続した場合の、急激な変動中の電圧上昇(及び降下)時間 tr(及び tf)、前項電圧ディップ例40%電圧ディップ実効値および停電の図参照。	1~5μs
位相変位/(必要に応じて)	0~360°
電圧ディップ及び停電の電力周波数との位相関係	±10°未満
試験器のゼロ接点調整	±10°

■ ピーク電流の検証



- G 90°及び270°で切り換えられる電圧しゃ(遮)断発電器
- T オシロスコープへの監視用出力を持つ電流プローブ
- B 整流器ブリッジ
- R 10000Ω以下又は100Ω以上のプリアンプ抵抗器
- C 1700μF ±20%の電界コンデンサ

停電試験器の突入電流駆動能力を決定する回路

供試品 (EUT) が、規定のピーク電流以下の試験器を用いることができると考えられる場合には、まず EUT のピーク突入電流を確認します。

測定された EUT のピーク突入電流は、試験器のピーク電流駆動能力の 70% 未満であることが必要です。

4. 試験のセットアップ

試験は、EUT の製造業者が規定する最短の電源供給ケーブルで試験器に接続します。
長さについて規定がない場合は、接続に適切な極力短いケーブルを使用します。

5. 試験手順

■ 試験の実施

- ・最小 10 秒間隔で、選択した試験レベル及び継続時間のディップ / 停電の試験を各 3 回行います。
- ・代表的な動作モードについてそれぞれ試験を行います。
- ・電圧ディップ試験の開始位相角は、ゼロクロス及び、必要に応じて $45^\circ \cdot 90^\circ \cdot 135^\circ \cdot 180^\circ \cdot 225^\circ \cdot 270^\circ \cdot 315^\circ$ の中から選択して行います。
停電については、最悪の例として製品委員会が規定する角度にて行わなければなりません。規定が存在しない場合は、 0° を使用することを推奨します。
- ・電圧変動（オプション）は、最も代表的な動作モードについて、10 秒間隔で 3 回、試験を行います。

6. 試験結果と試験の報告

試験結果は EUT の仕様及び動作条件によって以下の分類を行います。

- 1) 使用範囲内の性能（正常）
- 2) 自己回復が可能な機能、または一時的な劣化、または機能や性能の劣化
- 3) オペレーターの介入やシステムの再起動を必要とする一時的な劣化、または機能や性能の劣化
- 4) 機能やソフトウェアの損傷、またはデータの損失による回復不能な劣化や機能の低下

一般に、電源電圧変動試験器を行っている全期間にわたってそのイミュニティを示し、かつ試験の終了時に EUT が技術仕様書内で規定した機能上の要求事項を満足する場合は、検査結果は良好と考えられます。
試験報告は、試験条件及び試験結果を含む必要があります。

**注意：この試験方法は IEC61000-4-11 Ed2 2004 規格を抜粋したものです。
詳細な試験方法等につきましては規格書の原文をご参照下さい。**

【 IEC 61000-4-39 Ed.1 2017 の試験規格概要 】

1. 一般的事項

送信機が EUT に近接して使用される状況においての放射電磁エネルギーに対する電気・電子機器の耐性試験について規定しています。「近接」とは一般に、送信機と EUT 間の距離で、RF 電界（周波数が 26 MHz を超える）の場合は 200 mm 以下、磁場（周波数が 26 MHz を下回る）の場合は 500 mm です。

試験は、ポータブル送信デバイスや固定送信デバイス、および他のモバイル送信デバイスなどに近接することで、電磁妨害に曝される固定設置機器やモバイル機器を考慮しています。

なお、本試験は IEC61000-4-3/20/21/22 等の他の規格とは異なる試験法が使用され、整合性が取れない場合もある為、個別に試験を実施する必要があります。

2. 試験レベル

試験は周波数範囲全体に実施する必要はありません。選択する試験周波数範囲は、近接する送信機からの干渉が予想される周波数に従って定義します。

2.1. 周波数範囲 9kHz ~ 150kHz での試験レベル [磁界]

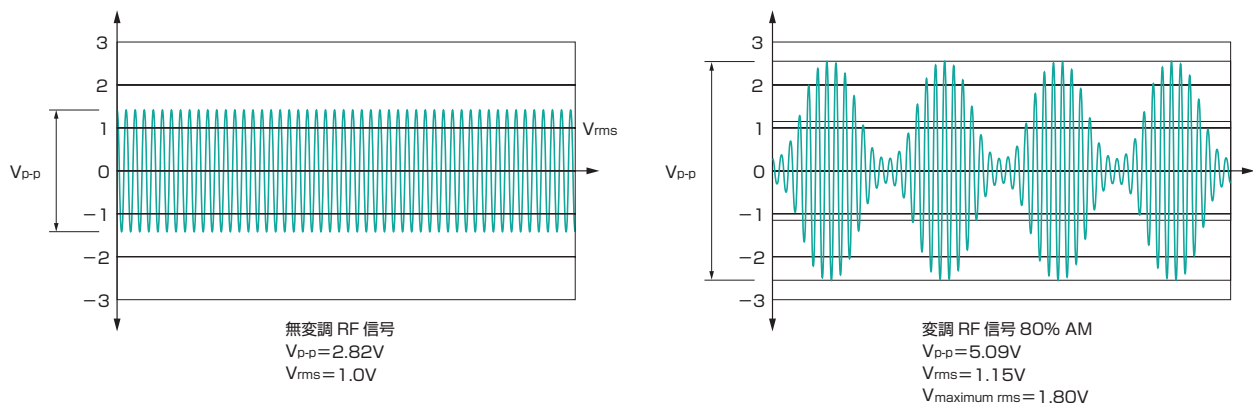
9kHz ~ 150kHz の周波数範囲での試験レベルを以下の表に示します。

レベル	磁界強度 A/m
1	1
2	3
3	10
4	30
X	特別

※ X はオープンクラスで製品仕様書で規定できる。

表に示す試験レベルは、レベル設定用の無変調信号時の振幅で、実際の試験では AM1kHz 80% 変調にて試験を実施します。

■ AM 変調 (80%) の振幅変調



2.2. 周波数範囲 150kHz ~ 26MHz での試験レベル [磁界]

150kHz ~ 26MHz の周波数範囲での試験レベルを以下の表に示します。

レベル	磁界強度 A/m
1	0.1
2	0.3
3	1
4	3
X	特別

※ X はオープンクラスで製品仕様書で規定できる。

表に示す試験レベルは、校正時の無変調信号時の振幅となり、実際の試験ではパルス変調にて試験を実施します。パルス変調のイメージは「2.4. 周波数範囲 380 MHz ~ 6 GHz での試験レベル [電界]」の図を参照ください。また、パルス変調の変調周波数は、製品群規格に応じて対応してください（必要に応じて製品委員会が決めます）。

- デューティサイクル：50 %
- 変調周波数：2 Hz or 1 kHz
- ON/OFF 比：最低 20 dB

2.3. 周波数範囲 26MHz ~ 380MHz での試験レベル

試験レベルは検討中（審議中）のため、規定はありません。

2.4. 周波数範囲 380 MHz ~ 6 GHz での試験レベル [電界]

380 MHz ~ 6 GHz の周波数範囲での試験レベルを以下の表に示します。

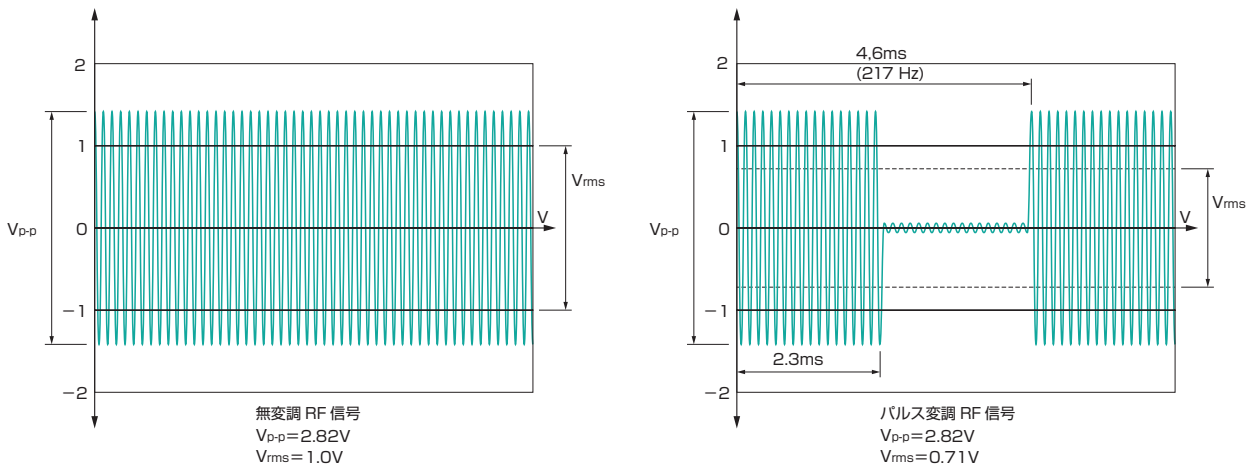
レベル	電界強度 V/m
1	10
2	30
3	100
4	300
X	特別

※ X はオープンクラスで製品仕様書で規定できる。

表に示す試験レベルは、校正時の無変調信号時の振幅となり、実際の試験ではパルス変調にて試験を実施します。また、パルス変調の変調周波数は、製品群規格に応じて対応してください（必要に応じて製品委員会が決めます）。

- デューティサイクル：50 %
- 変調周波数：2 Hz、217 Hz、1 kHz
- ON/OFF 比：最低 20 dB

■ パルス変調（50%デューティサイクル、217 Hz）試験レベルと、信号発生器の出力で発生する波形の例



3. 試験装置

3.1. 磁界イミュニティ試験の試験装置 (9kHz ~ 26MHz)

試験装置は以下に記載する装置にて構成します。

	9 kHz to 150 kHz	150kHz ~ 26MHz
信号発生器	内部または外部変調機能を備えていること	
電力増幅器	誘導性負荷を駆動可能なこと	
放射ループアンテナ	直径：120 ± 10mm ターン数：20 線径：約 2.0 mm (AWG12) ループ平面から 50 mm の距離の磁場は、以下の式により計算します。 $H = 75.6 \times I \text{ (A/m)}$ H：磁界強度 (A/m) I：電流 (A).	直径：100 ± 10mm ターン数：3 線径：約 1.0 mm
磁場ループセンサー	直径：40 ± 2 mm (直径 40 mm 未満可) ターン数：51 線径：約 0.07 mm (たとえば、7 本より線 41 AWG) シールド：静電 換算係数：製造元のデータを参照	直径：40 ± 2 mm (直径 40 mm 未満可) ターン数：1 線径：約 0.5 mm シールド：静電 補正係数：製造元のデータを参照
電圧計	-	
電流モニタ	実効値の測定ができること	

3.2. RF イミュニティ試験の試験装置 (380MHz ~ 6GHz)

試験装置は以下に記載する装置にて構成します。なお、周波数範囲 26 MHz ~ 380 MHz の送信アンテナは検討中です。

信号発生器	内部または外部変調機能を備えた信号源
パワーアンプ	信号（無変調および変調）を増幅し、必要な試験レベルまで TEM ホーンアンテナに電力を供給できること。3 次高調波は、パワーアンプの出力で測定された基本周波数より少なくとも 6 dB 低くなければなりません。
方向性結合器	-
パワーメーター	進行波電力を測定できること
TEM ホーンアンテナ	-
スペーサー	TEM ホーンアンテナの基準点と EUT との距離を保つためのスペーサー、またはその他の手段。スペーサーを使用する場合、剛性ポリスチレンなどの低誘電率（低誘電率、 ϵr が約 1）の材料を使用します。
試験施設	無線サービスおよび / または試験要員の保護のための機器または試験施設（電波暗室、半無響室など）
電界強度プローブ	-

4. 試験のセットアップ

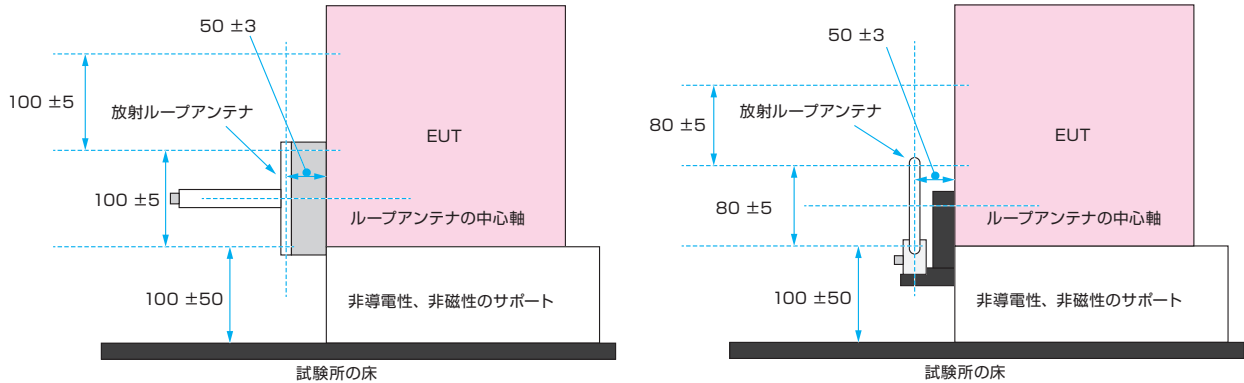
4.1. 磁界イミュニティ試験のセットアップ (9kHz ~ 26MHz)

試験環境は、全ての試験装置および EUT を収容するのに適したサイズにする必要があります。

放射アンテナは金属表面（信号発生器やアンプなど）から少なくとも 1m 以上の距離を離す必要があります。（ただし、補助機器や EUT および床面は除く）

EUT は非導電性で低透磁率の支持台の上に、実際に使用される状態で配置します。また、機器のハウジングまたはケースの接地は、メーカーの製品仕様書（設置推奨事項）と一致している必要があります。

卓上機器（テーブルトップ、ポータブル、および壁に取り付けられる EUT）は、高さ $0.8 \pm 0.05\text{m}$ の非導電性で低透磁率の支持台上に配置します。なお、EUT が床置き装置の場合、床から $100 \pm 50\text{mm}$ の距離までは試験の実施が許容されます。



放射ループアンテナを使用した床置き型 EUT への試験例
周波数範囲 9 kHz ~ 150 kHz
(100 mm × 100 mm ウィンドウサイズ)

放射ループアンテナを使用した床置き型 EUT への試験例
周波数範囲 150 kHz ~ 26 MHz
(80 mm × 80 mm ウィンドウサイズ)

機器の通常の使用位置で磁場による照射を受ける各面は、表に指定されているように、試験のために等しいウィンドウサイズに分割されます。特定の EUT または試験セットアップの都合上、試験距離 3 mm の公差を簡単に維持できない場合（たとえば、EUT の表面が平らでない場合）、試験距離の公差（つまり、3 mm の公差より大きい）が許可されます。そのような場合は、試験報告書に記載します。

ウィンドウサイズと試験距離を以下の表に示します。

周波数範囲	最大ウィンドウサイズ mm	試験距離 mm
9 kHz to 150 kHz (120 mm 放射ループアンテナ)	100 × 100	50 ± 3
150 kHz to 26 MHz (100 mm 放射ループアンテナ)	80 × 80	50 ± 3

4.2. RF イミュニティ試験のセットアップ (380MHz ~ 6GHz)

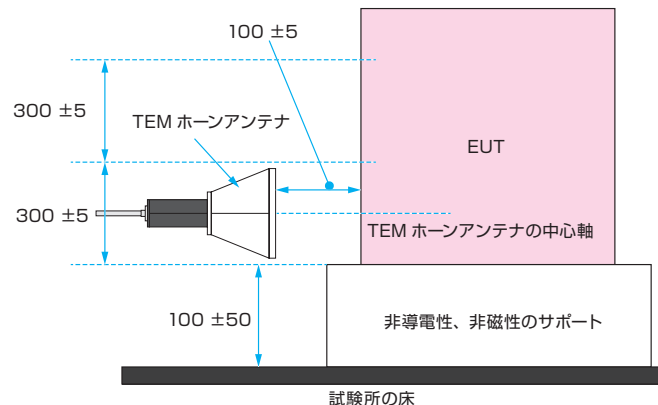
試験環境は、無線通信機器への影響を及ぼすため、シールドルームまたは電波暗室内で行う必要があります。また、必要な全ての試験装置および EUT を収容するのに適したサイズで、試験結果に影響を抑えるために EUT の表面と試験施設の壁と天井は 0.8 m 以上離す必要があります。

TEM ホーンアンテナを除くすべての試験装置は、EUT から少なくとも 0.8 m 離れている必要があります。

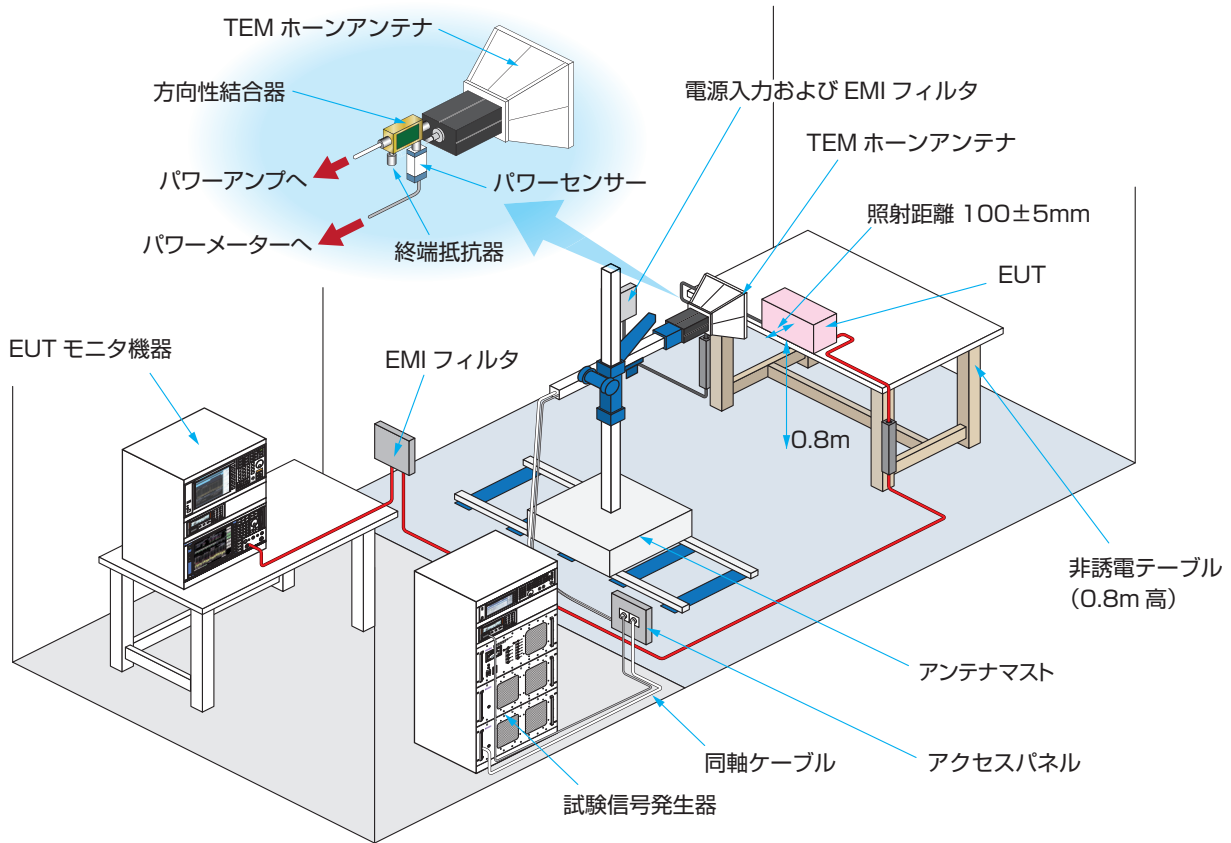
EUT は非導電性で低透磁率の支持台の上に、実際に使用される状態で配置します。また、機器のハウジングまたはケースの接地は、メーカーの製品仕様書（設置推奨事項）と一致している必要があります。

卓上機器（テーブルトップ、ポータブル、および壁に取り付けられる EUT）は、高さ $0.8 \pm 0.05\text{m}$ の非導電性で低透磁率の支持台上に配置します。

EUT が床置き装置の場合、床から $100 \pm 50\text{mm}$ の非導電性で低透磁率の支持台上に配置します。



TEM ホーンアンテナを使用した床置き型 EUT への試験例



TEM ホーンアンテナを使用した卓上型 EUT への試験例

5. 試験の実施

試験は試験計画に従って実施し、適用した各妨害波の試験周波数ごとに EUT の動作状況を監視し、試験計画で指定された性能基準への適合を評価します。

- 気候条件は、EUT および試験機器の仕様範囲内で実施します。
- EUT または試験装置に結露を引き起こすほどの状態では試験を実施してはいけません。
- 電磁環境は試験結果に影響を与えず、EUT が正しい動作をするようにします。
- すべての試験は、実際の設置条件に可能な限り近い構成で実施します。
- 配線は、メーカー推奨品と一致させ、機器はすべてのカバーとアクセスパネルを備えたハウジング内に設置します。
- 試験中の EUT の動作条件は、最も感受性の高い動作モードにて実施します。

■ 磁界イミュニティ試験時の周波数範囲とステップサイズ（※ RF 電界イミュニティ試験は最大 1% のステップサイズ）

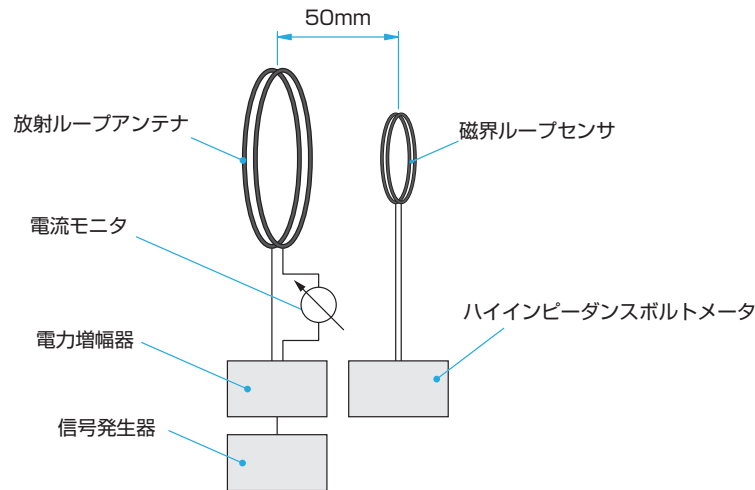
周波数範囲 kHz	リニアステップ kHz
9 kHz ~ 150 kHz	10
150 kHz ~ 1000 kHz	100
1000 ~ 26000 kHz	1000

5.1. 磁界イミュニティ試験 9 kHz ~ 150 kHz の校正手順

- ① EUT は置かずに、磁界ループセンサーと放射ループアンテナの中心軸上 50 ± 3 mm の距離に配置します。この時の測定距離は磁界ループセンサーの巻線中心点と放射ループアンテナの巻線中心点の距離となります。
- ② 磁界ループセンサーからの出力を電圧計に接続します。
- ③ 信号発生器の周波数を試験範囲の最低周波数（9 kHz など）に設定します。
- ④ 無変調にて出力します。（変調はせず、無変調にて校正を実施します。）
- ⑤ 放射ループへ供給する電流を計算し試験レベルとなるまで調整します。（10 A/m r.m.s. を得るために必要なループ電流は 0.132 A.m.s. となります）
- ⑥ 磁界ループセンサーに誘導された電流を読み取ります。
- ⑦ 測定した周波数の電圧に対して磁界ループセンサーの変換係数を適用して磁界強度を計算します。磁界強度は指定の試験レベルから $\pm 10\%$ を超えないようにし、磁界強度が試験レベルを超えた場合は再度調整をします。
- ⑧ 表に指定されているステップ以下で周波数を上げます。
- ⑨ 次の周波数が試験周波数範囲内の最高周波数を超えるまでステップ④～⑧の手順を繰り返します。最後に、この最高周波数で④～⑦の手順を実施します。
- ⑩ 最高周波数で試験信号の変調をオンにし、試験信号の変調が正しいことを確認します。

5.2. 磁界イミュニティ試験 150 kHz ~ 26 MHz の校正手順

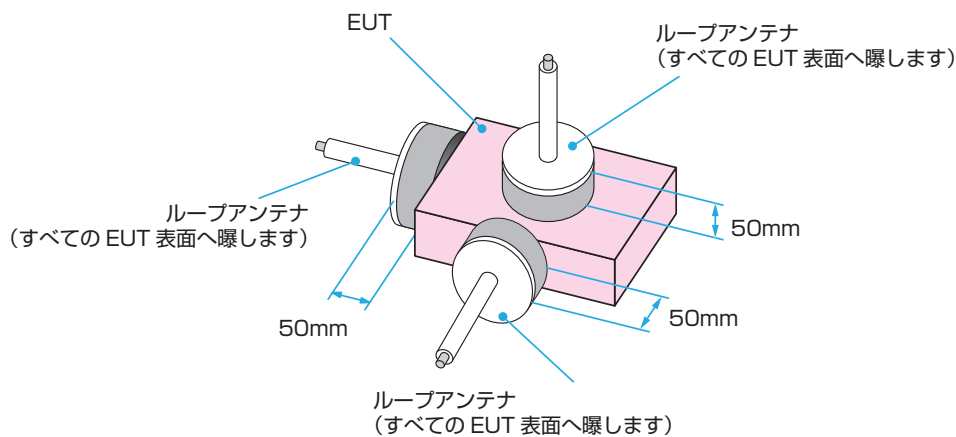
- ① EUT を置かず、磁界ループセンサーを放射ループアンテナの中心軸上に 50 ± 3 mm の距離に配置します。この時の測定距離は磁界ループセンサーの巻線中心点と放射ループアンテナの巻線中心点の距離となります。
- ② 放射ループを信号発生器および電力増幅器に接続し、磁界センサーの出力を測定受信器に接続します。
- ③ 信号発生器の周波数を試験範囲の最低周波数 (例えば 150kHz) に設定し出力します。変調信号はしません。(変調は適用せず、無変調にて校正を実施します。)
- ④ 必要な試験レベルになるように、放射ループに供給される電力を調整し記録します。
- ⑤ 表に指定されているステップサイズ以下で周波数を上げます。
- ⑥ 次の周波数が試験周波数範囲内の最高周波数を超えるまでステップ④~⑤の手順を繰り返します。最後に、この最高周波数で④~⑤の手順を実施します。
- ⑦ 最高周波数で試験信号の変調をオンにし、試験信号の変調が正しいことを確認します。



放射ループレベル設定

5.3. 磁界イミュニティ試験の実施 (9 kHz ~ 150 kHz、150 kHz ~ 26 MHz 共通)

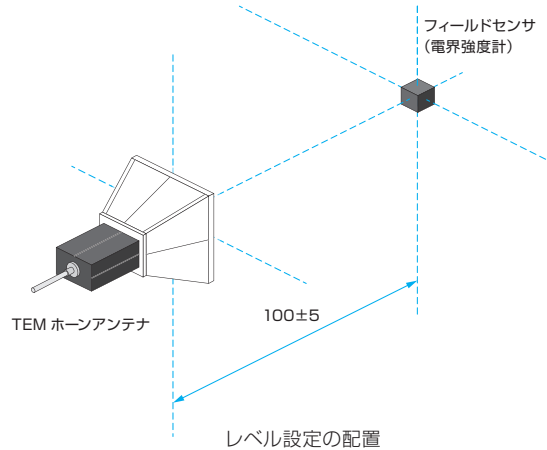
- 試験は「2.1. 周波数範囲 9kHz ~ 150kHz での試験レベル[磁界]」、「2.2. 周波数範囲 150kHz ~ 26MHz での試験レベル[磁界]」に規定されたレベルに基づき、試験信号を EUT に曝します。
- 試験は、EUT が最も敏感な動作モードで、放射コイルの平面が EUT と平行になるように、50 ± 3 mm の距離に配置します。
- 校正されたレベルの磁場を発生させ EUT に曝します。
- 周波数範囲は、変調された信号でスイープさせ、必要に応じて試験システムや放射コイルを切り替えます。
- 各周波数ステップ時の試験の滞留時間は、EUT が試験信号に適切に応答するのに十分な長さである必要があり、最短滞留時間は 2秒です。また、滞留時間は試験レポートに記録します。
- 通常、EUT が卓上型機器の場合は全ての側面に対して試験を実施します。床置き機器の場合は底面の試験は実施しません。
- 一般規格や製品群規格等で規定されていない限り、磁界を曝すのは入力ポートと表面にのみ実施します。



放射ループを使用した EUT への試験

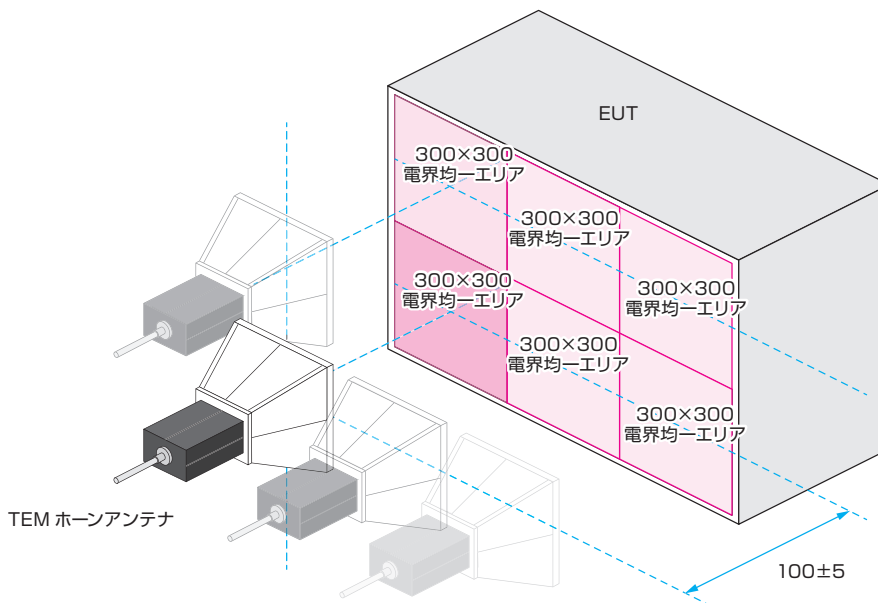
5.4. RF イミュニティ試験 380MHz ~ 6GHz の校正

- ① TEM ホーンアンテナの前面から 100 ± 5 mm の距離で、TEM ホーンアンテナの中心軸に沿って磁界センサーを配置します。
- ② 信号発生器の周波数を試験周波数範囲内の最低周波数 (380 MHz など) に設定します。
- ③ 進行波電力を調整して、目標の試験レベル (100 V / m など) を設定し、進行波電力と電界強度の読み取り値を記録します。
- ④ 現在の周波数より最大 1% だけ周波数を上げます。
- ⑤ 次の周波数が試験周波数の最大を超えるまで③~④の手順を繰り返し、最後に上限周波数 (6GHz など) で③の手順を実施します。
- ⑥ 上限周波数で、試験信号の変調をオンにし、変調が正しく実施できているか確認します。



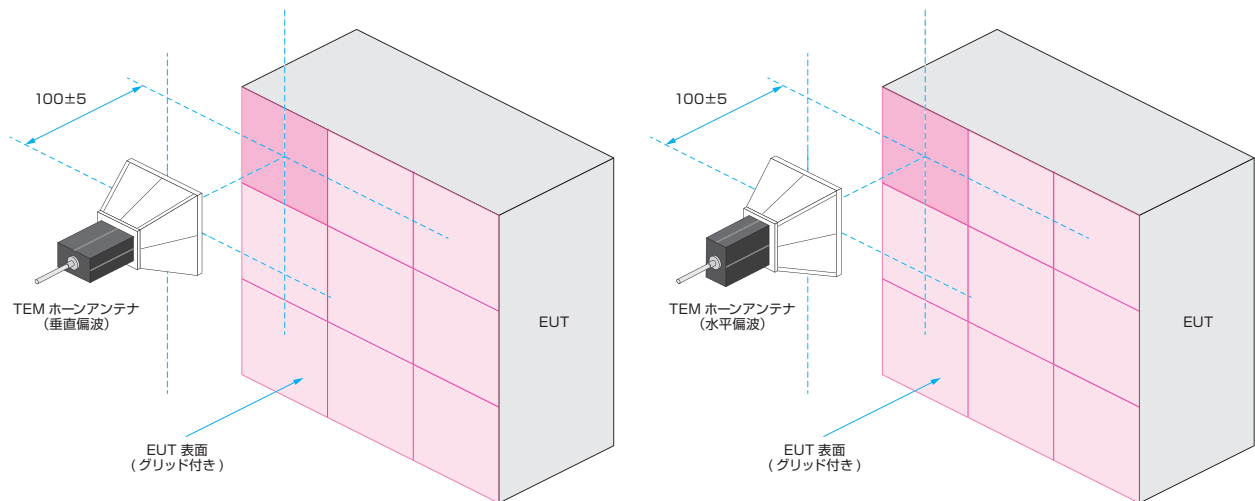
5.5. RF イミュニティ試験 380MHz ~ 6GHz の実施

- TEM ホーンアンテナがカバーする均一エリアのウィンドウサイズに応じてアンテナを移動させます。
- EUT 表面の全ての領域が試験されるまで繰り返します。
- 以下は 300mm × 300mm の電界均一エリアのウィンドウサイズの TEM ホーンアンテナを用いた試験の例で、この例では EUT の表面全てを試験するためにアンテナを6カ所に設置しています。



300 mm × 300 mm のウィンドウサイズを使用した試験の例

- 試験周波数範囲は、最大 1% の周波数ステップで掃引して試験を実施します。
- 各周波数ステップ時の試験の滞留時間は、EUT が試験信号に適切に応答するのに十分な長さである必要があり、最短滞留時間は 1 秒です。また、妨害波試験信号の変調は、試験周波数ごとに 2 サイクル以上行う必要があります。滞留時間は試験レポートに記録します。
- 試験は EUT が通常の動作モードで、携帯型送信装置からの電磁場に曝される可能性がある全ての表面に対して試験を考慮します。
- 通常、EUT が卓上型機器、ポータブル機器の場合は全ての側面に対して試験を実施します。床置き機器の場合は底面の試験は実施しません。
- 一般規格や製品群規格等で規定されていない限り、電磁波を曝す場所は電磁場の入力ポートとしてみる事ができる全ての点、および表面に実施します。
- 各ウィンドウで、TEM ホーンアンテナを水平と垂直に向きを変えて照射します。(水平偏波と垂直偏波を照射します。)



TEM ホーンアンテナの向き例

6. 試験結果と試験報告

試験結果は EUT の仕様および動作条件によって以下の分類を行ないます。

- 1) 仕様範囲内の正常動作
- 2) 自己回復が可能な一時的な劣化または機能や性能の低下
- 3) オペレーターの介入またはシステムの再起動を必要とする一時的な劣化または機能や性能の低下
- 4) 機械やソフトウェアの損傷、またはデータの損失による回復不能な劣化や機能の低下

一般に、妨害信号を放射したすべての期間について装置がイミュニティ耐性を示し、かつ試験終了後に EUT が機能仕様書の中で規定されている要求事項を満たせば、一般的には試験結果は良好と考えられます。

試験報告は、試験条件および試験結果を含む必要があります。

●「試験報告書に記載する例」には次の内容等を記載します。

- EUT の ID (例: 商標、製品型番、製造番号など)
- 試験設備の ID (例: 商標、製品型番、製造番号など)
- 試験が実施された環境条件
- 試験を実施可能にするために必要とした特定の条件
- 試験の周波数範囲、滞留時間および周波数ステップ
- 実施した試験レベルおよび変調方式
- EUT に対するループアンテナと TEM ホーンアンテナの位置
- EUT のケーブルの長さや種類、シールドや接地、動作条件、特定の使用条件
- EUT やケーブル位置や方向、レイアウトなどが判る説明 (写真で代用できます)
- 試験実施中の EUT の誤動作状況、および持続時間
- 適用した製品規格や製品群規格等、および性能判定基準
- EUT の動作条件や動作方法の説明

注意: この試験方法および接続方法は IEC 61000-4-39 Ed.1.0 (2017) 規格を抜粋し、当社製品で置き換えた例を記載しております。詳細な試験方法等につきましては規格書の原文を御参照ください。

ノイズ研究所について (会社案内)

NoiseKen

株式会社ノイズ研究所

「電気的なノイズの再現に挑戦しつづけ、 お客さまのEMC試験を楽(らく)にする会社を目指します」

当社は、コンピュータの普及とともに誤動作の現象が社会問題化していく中で“EMC”という言葉が使われ始めていた1975年に、「電子機器の誤動作を再現するためのノイズ試験器を開発・製造する会社」として創業しました。

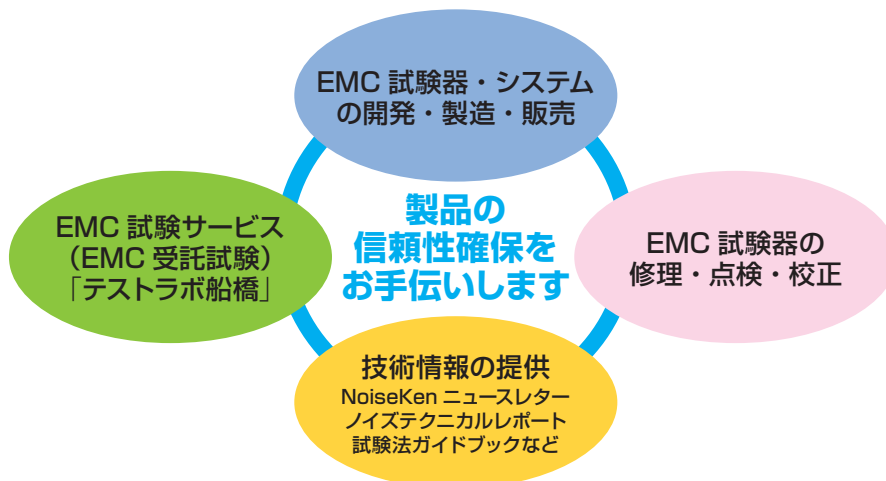
以来、お客さまが造る製品の品質に寄与するため、静電気の放電現象、落雷時の高電流現象、自動車内における過渡的な現象や電磁界の可視化など電気的なノイズを再現(出力する/測る)する製品、EMC試験の受託サービス(受託試験サイト「テストラボ船橋」)、「NoiseKen News(旧テクニカルレポート)」や「試験法ガイドブック」等のサービスや技術的な情報を提供し、世界数十国5,000社を超えるお客さまに当社ブランド“NoiseKen”を採用頂くに至っております。

これまでの歴史と到達点を踏まえ、今後も創業の原点である“電気的なノイズの再現に挑戦しつづける”ことに加え、品質・コスト・納期はもとより自動化やシミュレーションなど試験器/測定器の在り方の変化に対応しながら、“お客さまのEMC試験を楽(らく)にする会社”を目指すことで、EMC・ノイズ対策に寄与し、みなさまから存在を認めて頂ける“NoiseKen”を創造していく所存です。

さまざまな電気的ノイズとEMC



ノイズ研究所の製品・サービス



ノイズ研究所の沿革

- 1975 株式会社足立ノイズ研究所（東京都三鷹市）設立 資本金：1,000 万円
- 1976 社名を株式会社ノイズ研究所へ変更
- 1984 本社を川崎市多摩区登戸に移転
- 1990 資本金を 6,000 万円に増額。本社を川崎市麻生区上麻生へ移転
- 1993 ノイズ・イミュニティ試験の受託と対策相談業務開始
- 1995 千葉県船橋市にて受託試験・測定の特ストラボ事業を開始
関東通商産業局管内「新規事業等モデル企業」に選定
- 1996 本社（管理／営業部門等）を川崎市麻生区万福寺に移転
関東通商産業局管内「新規事業等モデル企業」に選定（95年に続き2年連続）
- 1997 テストラボ船橋に電波暗室開設。 資本金を 9,000 万円に増額
- 2000 本社及び柿生事業所を相模原市千代田に移転
- 2001 資本金を 9,500 万円に増額
- 2004 ISO/IEC17025 認定を取得
- 2006 テストラボ船橋 大型シールドルーム開設
- 2007 日本能率協会より「EMC・ノイズ対策技術展」連続出展の感謝状を授与
- 2009 テストラボ船橋 IEC/ISO17025 試験所認定を取得
- 2011 中国にサービス拠点を設立
- 2012 金沢大学との産学連携により空間電磁界可視化システム (EPS-02 シリーズ) を商品化
- 2015 トヨタ自動車 (株) さまと共同で広帯域スリープアンテナを商品化
- 2016 広帯域スリープアンテナ (NKU07M32G) が第 32 回神奈川工業技術開発大賞【奨励賞】を受賞

ノイズ研究所の概要

- 【会社名】 株式会社ノイズ研究所 NOISE LABORATORY CO.,LTD.
- 【所在地】 本社：〒252-0237 相模原市中央区千代田一丁目 4 番 4 号
TEL：042-712-2011（代表） FAX：042-712-2010
- 【設立】 1975（昭和 50）年 3 月 28 日
- 【資本金】 9,500 万（2019 年現在）
- 【代表者】 代表取締役 藤垣 純一
- 【決算期】 5 月
- 【取引銀行】 みずほ銀行 町田支店
横浜銀行 相模原駅前支店
三菱東京 UFJ 銀行 相模原支店
三井住友銀行 町田支店

本社

〒252-0237 神奈川県相模原市中央区千代田1-4-4
TEL : 042-712-2011 FAX : 042-712-2010

東日本営業課

〒252-0237 神奈川県相模原市中央区千代田1-4-4
TEL : 042-712-2031 FAX:042-712-2030 E-mail:syutoken@noiseken.com

名古屋営業所

〒465-0025 愛知県名古屋市名東区上社3-609 北村第1ビル5F
TEL : 052-704-0051 FAX : 052-704-1332 E-mail : nagoya@noiseken.com

大阪営業所

〒564-0063 大阪府吹田市江坂町1-10-17
TEL : 06-6380-0891 FAX : 06-6337-2651 E-mail : osaka@noiseken.com

海外営業課

〒252-0237 神奈川県相模原市中央区千代田1-4-4
TEL:042-712-2051 FAX:042-712-2050 E-mail:sales@noiseken.com

カスタマサービスセンター

〒252-0237 神奈川県相模原市中央区千代田1-4-4
TEL : 042-712-2021 TEL : 0088-25-3939(フリーコール)
FAX : 042-712-2020 E-mail : csc@noiseken.com

【ご注意】●本カタログの全部または一部を無断で複製・転載することは禁止されています。●製品の仕様および外観などは予告なく変更する場合があります。●諸事情により名称や価格の変更、また生産中止となる場合があります。●ご注文、ご契約の際の不明点等については弊社営業までご確認ください。また、ご確認のない場合に生じた責任、責務については負いかねることがあります。●カタログに記載されている会社名、ブランド名は商標または登録商標です。●カタログに記載されている弊社製品は、使用に当たっての十分な知識を持った監督者のもとでの使用を前提とした業務用機器・装置であり、一般家庭・消費者向けに設計、製造された製品ではありません。●印刷の都合上、カタログに記載されている写真と現品には色や質感等での差異がある場合があります。●カタログの内容について正確な情報を記載する努力はしておりますが、万一誤植や誤記等など、お気付きの点がございましたら、弊社営業所までご連絡ください。

Noiseken

<http://www.noiseken.co.jp>