

NoiseKen

方形波インパルスノイズ 試験法ガイドブック

**NECA TR-28
JEMA JEM-TR 177
に準じる**

株式会社ノイズ研究所

はじめに

本ガイドブックは、NECA TR-28 および JEMA JEM-TR 177 に規定されているインパルスノイズ試験を行うための具体的な方法を詳細に記載しています。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

1 目的	3
1.1 インパルスノイズ試験の意義と本書発行の経緯	3
1.2 手順書の読み方・注意点	3
1.3 各編の内容とフローチャート	3
1.3.1 各編の内容について	3
1.3.2 手順書の読み進めフローチャート	4
2 試験の準備	5
2.1 試験室の準備	5
2.1.1 試験室に必要な条件	5
2.1.2 気象条件等の環境	5
2.2 試験前の準備	6
2.2.1 試験前に用意するもの	6
2.2.2 試験配置	10
3 試験の方法	12
3.1 試験方法の選択	12
3.1.1 電源ポートへの試験方法（ノーマルモード）	12
3.1.2 電源ポートへの試験方法（コモンモード）	14
3.1.3 信号ポートへの試験方法	16
3.1.4 特殊なポートへの試験方法	19
3.1.5 現地試験の試験方法	19
3.1.6 ラディエーションノイズ試験方法（オプション）	20
3.2 試験の実施	21
3.3 試験手順	21
3.3.1 電源ポートに試験を行う場合	21
3.3.2 信号ポートに試験を行う場合	21
3.3.3 現地試験で試験を行う場合	22
3.4 試験レベル	22
4 試験結果のまとめ	23
4.1 試験報告書に必要な情報	23
4.1.1 試験報告書の管理	23
4.1.2 試験環境	23
4.1.3 EUT・試験装置	24
4.1.4 試験方法・試験結果	24
4.1.5 その他	24
5 参考資料	25
5.1 判定基準	25
5.1.1 EN 61000-6-1、EN 61000-6-2	25
5.1.2 CISPR 35	25
5.2 カップリングクランプの原理と使用例	26
5.2.1 インパルスノイズ試験で使用するカップリング装置について	27
5.3 ラディエーションプローブ、ノイズ印加プローブについて	33
5.3.1 ラディエーションプローブの特性と使用例	34
5.4 電源線長について	40
5.5 絶縁支持台の必要性について	40
5.6 記述例	41
5.7 インパルスノイズ試験法試験器 始業前点検の方法	51
5.8 参考文献	53
5.9 ノイズ研究所対応製品型式一覧	54

1 目的

1.1 インパルスノイズ試験の意義と本書発行の経緯

インパルスノイズによる電子装置のノイズ耐性のシステム評価は、1966 年、IBM の Manohar L. Tandon 氏により発表されています。

ノイズ研究所では、1975 年の創業当時から、インパルスノイズ試験の試験方法を、製品取扱説明書、ノイズテクニカルレポート、技術冊子などで解説してきました。これらの試験方法を元に、各企業、各部署において、それぞれ試験基準を設けて運用されています。

このインパルスノイズ試験は国際規格に制定されていない試験方法であるため、統一的な試験方法が確立されていないことも多くあり、同じ企業内であっても、事業所毎に試験方法が違っている状況もしばしば見かけます。またインパルスノイズ試験器自体も、仕様、機能が年代とともに少しずつ変化しています。

国際規格 IEC では、1980 年代半ばより、電源線、信号線への高周波ノイズの耐性試験として、ファスト・トランジェント／バースト（以下 EFT/B）試験が提案され、IEC 61000-4-4（当時は、IEC Pub801-4）として規格発行して、今日の標準的な試験として実施されています。日本では、これ以前よりインパルスノイズ試験によるノイズ耐性評価での実績が確立しており、実際に製品が市場に投入された際にも EFT/B 試験だけでは市場トラブルの再現ができず、インパルスノイズ試験を実施することで市場トラブルの再現ができる点など、信頼性の観点から多くの企業に採用され、EFT/B 試験と併用して試験が実施されています。

インパルスノイズ試験は、EFT/B 試験に比べ、GHz 帯の周波数成分を含んだノイズを発生するため、電源線や、信号線に伝導してくるノイズ以外に、静電気放電で発生する高い周波数領域での評価も行うことができます。また EFT/B 試験は、電源線のアースシステムに対するコモンモード試験のみを実施しますが、インパルスノイズ試験では、コモンモードに加えてライン－ライン間のノーマルモード試験も実施することができ、より広範囲の評価が行えます。

試験方法の標準化という点では、日本電気制御機器工業会（NECA）「工業用に使用される電気制御装置の方形波インパルスノイズに対するイミュニティ試験ガイドライン」NECA TR-28（2006 年）および日本電機工業会（JEMA）「工業用に使用される電気制御装置の方形波インパルスノイズに対するイミュニティ試験ガイドライン」JEM-TR177（2007 年）があります。このガイドラインは、類似の国際規格である EFT/B 試験規格 IEC 61000-4-4 の試験方法をベースにノイズ研究所の技術的意見を含めて作成されています。

この試験方法は、ノイズ研究所が以前（2006 年頃）まで説明している試験方法とは、ケーブルの長さや配置の高さ（絶縁支持台の使用）などの異なる部分が含まれています。この試験方法の違いは、より厳しい試験を行うことではなく、試験結果のばらつきを小さくすることを優先した試験結果の再現性の向上を目的としています。

この方形波インパルスノイズ試験ガイドブックでは、上記のガイドラインに沿って、現在の方形波ノイズ試験器の仕様にあわせて試験方法の記述をしています。また、これら試験方法の技術背景や、補足情報も含めて記述しています。

1.2 手順書の読み方・注意点

この手順書は、“3 編 試験の方法”までは基本的にフローチャート形式となっています。（本手順書では読み進めやすいように各編、目次と共にフローチャートを記載してあります。）関係ある箇所を探して読み進めて下さい。例えば、試験室又は試験サイトが既に準備されている場合は、“2 編 試験の準備”を飛ばして“3 編 試験の方法”へというように、目的に応じて読み進めて下さい。

本文中で“参照”や“参考”等として IEC 61000-4-4 の規格、及び解説を記載してあります。参照しなくても試験は行えますが、より詳しい解説等も記載してありますので参考にして下さい。

1.3 各編の内容とフローチャート

この手順書は以下の 5 編から構成されています。必要に応じて、この章の最後のフローチャートを参考にして読み進めて下さい。

1.3.1 各編の内容について

第1編 目的

現在お読み頂いているこの編になります。試験の目的、読み進め方、各編の概要が記載してあります。

第2編 試験の準備

試験をする上で必要となる環境や備品等について解説してあります。

第3編 試験の方法

実際に試験を行う場合の試験方法について記載してあります。

第4編 試験結果のまとめ

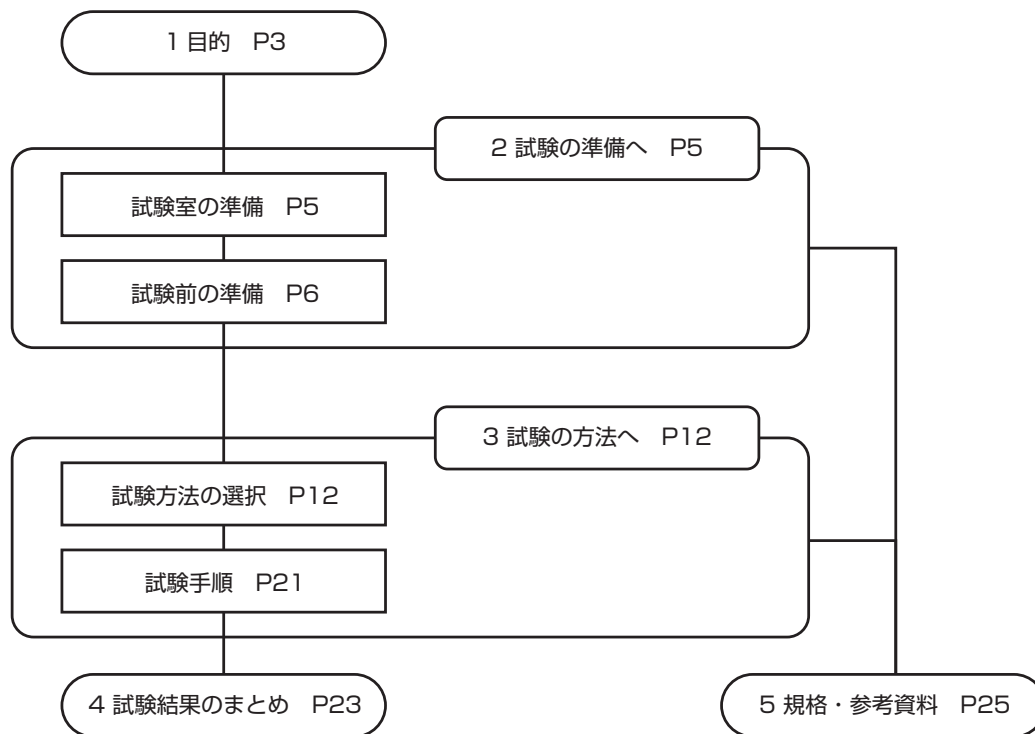
試験を行った結果の纏め方や、試験報告書の書き方について記載してあります。

第5編 参考資料

1～4 編の中で、参照した規格等や解説が記載してあります。その他、試験結果のレポートの記述例、始業前点検の方法などを記載してあります。

1.3.2 手順書の読み進めフローチャート

このガイドブックの構成は以下のフローチャートのようになっています。本インパルスノイズ試験を行う段階ごとに細分化してあります。必要に応じて読み進めてください。

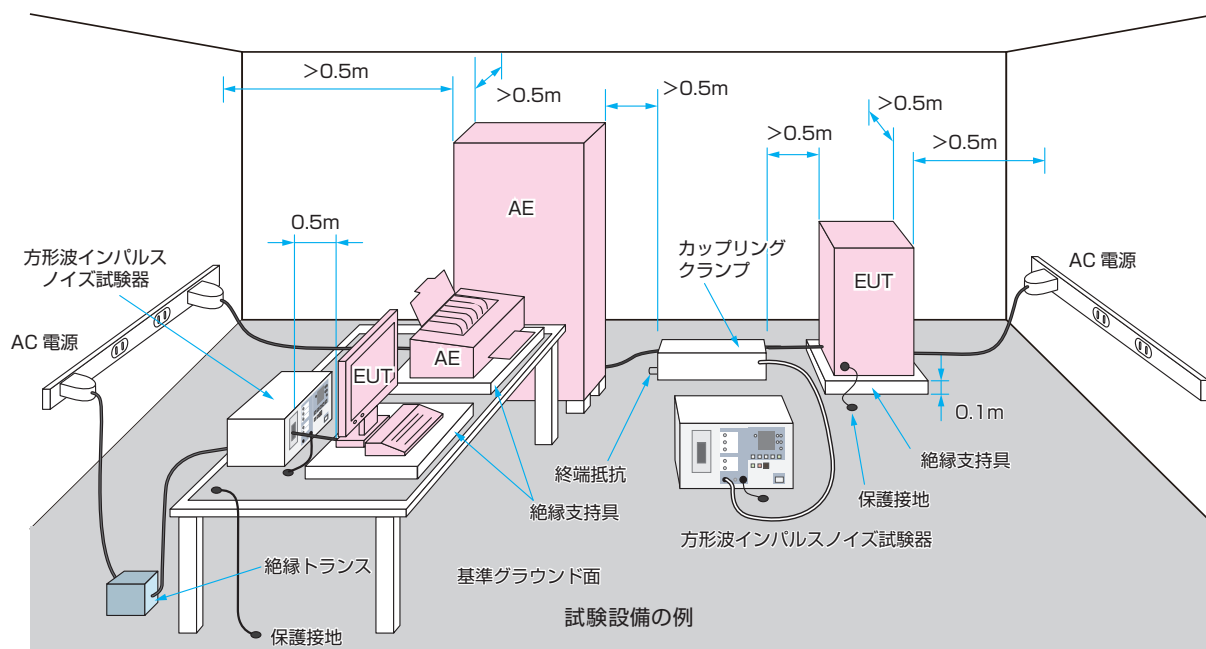


2 試験の準備

2.1 試験室の準備

インパルスノイズ試験を行う為に必要な試験室の広さ、気温等の環境条件を以下に示します。

2.1.1 試験室に必要な条件



- ・インパルスノイズ試験を行う為には、EUT および補助装置を試験室の壁、及び他の金属構造物とは0.5m 以上離す必要があります。
- ・カップリングクランプを使用する場合には、カップリングクランプを試験室の壁、及び他の金属構造物とは0.5m 以上離す必要があります。
- ・試験時は電磁波が輻射されるため、シールドルーム内で行う必要があります。

上記の条件を十分確保できる場所を用意して下さい。

2.1.2 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装置は試験環境に十分になじませてから試験を行う必要があります。又、試験結果を定量的に安定させる為に、まず試験室の気象条件を整える必要があります。

試験の実施には、特別な製品の動作条件がない場合は下記の表に示す条件を推奨します。もしも、条件を満たせない場合は、下記の（１）～（３）を参考にしてエアコン等の利用により条件を満たすよう環境を調整してください。

周囲温度	15℃～35℃
相対湿度	25％～75％
気圧	86 kPa～106 kPa
電磁環境	試験結果に影響を与えないレベル

（１）温度の調整

温度については比較的簡単に調整できると思われます（空調機その他を利用して温度が高ければ冷房し、低ければ暖房するというように）。しかし、試験中は温度の要求範囲を外れないように監視する必要があります。通常、試験作業者に快適であれば、おおむね要求範囲内の温度となっていると考えられます。

（２）湿度の調整

湿度の調整管理については少々厄介です。低ければ加湿し、高ければ除湿をするのですが、冷暖房のように短時間でコントロールできません。場合によっては一日中加湿器・除湿機を運転させなければならない状況になる事もあります。

(3) 気圧の調整

気圧の調整は、大掛かりで特別な装置を用いれば可能ですが、一般的には不可能です。しかし、日本の記録で最も低い気圧は、1934 年の室戸台風の 91.16 kPa となっており、この値をもってしても一般的な要求範囲を外れる事はないと考えられます。但し、気象条件は記録する必要があるので、計測器を準備します。計測器なしで、気象台からの情報を利用する事もできますが、気象台は 0 m 気圧で発表している為、高度補正が必要となります (100 m 高くなる毎に 1.2kPa マイナス補正します)。

【解説】

kPa は規格文章に書かれた単位系で、101.3 kPa=1013 hPa (mbar) となります。
 海拔 1000 m 高地の気圧は標準気圧 101.3 kPa (0 m) のときに 89.3 kPa となります。

2.2 試験前の準備

インパルスノイズ試験を行う場合に必要な試験室の環境が整ったら、使用する試験器等の準備をします。
 以下の試験設備を用意して下さい。

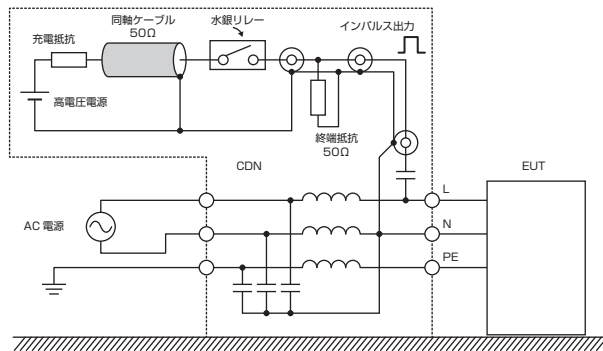
2.2.1 試験前に用意するもの

(1) 方形波インパルスノイズ試験器

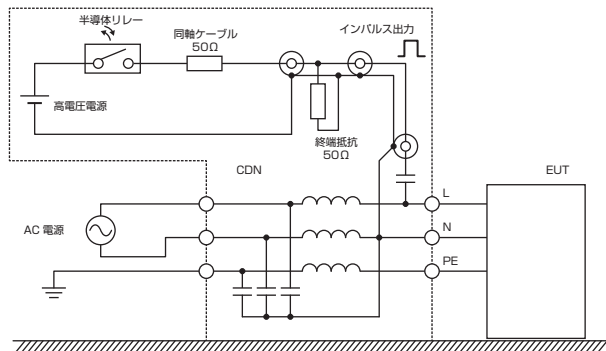
インパルスノイズ試験を行う場合、仕様を満たす試験器を使用してください。

設定電圧	500 V ~ 4000 V
出力電圧 (50 Ω 負荷)	設定電圧 ± 10%
極性	正 / 負
出力形式	同軸, 50 Ω
結合モード	コモンモード、ノーマルモード
電源ライン結合コンデンサ	0.2047 μF
パルス繰返し周波数	電源周波数同期または可変周波数
パルス立ち上がり時間	3 ns 以下
パルス幅 (50 Ω 負荷時)	50 ns ~ 1000 ns
電源ラインとの位相同期	0° ~ 360°

○ 発生器簡易ダイアグラム

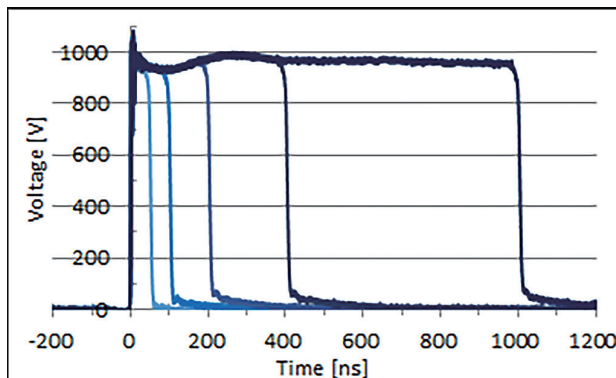


水銀リレー方式



半導体リレー方式

○ 方形波インパルス電圧波形



設定電圧 : 1 kV

パルス幅 : 50 ns、100 ns、200 ns、400 ns、1000 ns



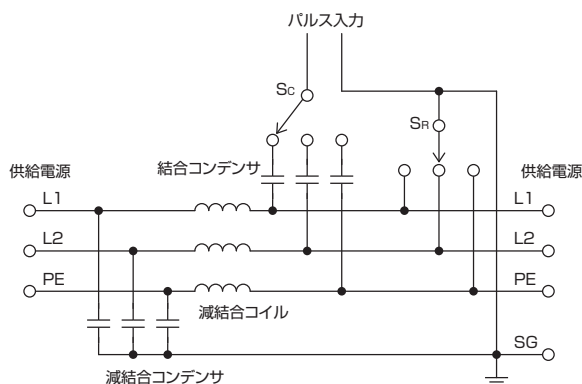
インパルスノイズ試験器
 (半導体リレー方式)
 MODEL : INS-S420

インパルスノイズ試験器用
 自動 CDN
 MODEL : IJ-AT450

インパルスノイズ試験器
 (半導体リレー方式)
 MODEL : INS-S220

(2) AC/DC 電源用結合・減結合回路 (CDN)

下図に AC/DC 電源ポートの結合・減結合回路 (CDN: Coupling Decoupling Network) を示します。電源ポート用 CDN は、下図に示すように、パルス発生回路からのパルス信号を、結合コンデンサを通して電源ラインに結合します。殆どのインパルスノイズ試験器は、パルス発生回路と電源用 CDN が一体となっていますので、電源ポート CDN を別途用意する必要はありません。なお、供試品の電力容量等が大きい場合には、別途その電源容量に見合った減結合回路 (CDN) を用意する必要があります。



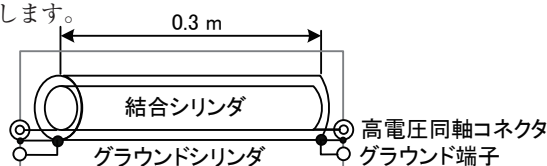
AC/DC 電源用 CDN 回路図



大電力用結合減結合回路網 (詳細はお問合せください)

(3) 容量性カップリングクランプ (MODEL CA-805B)

容量性カップリングクランプは、主に EUT の信号線などインピーダンスが高いラインに対して直接接続することなく、ノイズを容量結合する装置です。クランプの結合容量は、ケーブルの直径、外部被覆の厚さ、シールド保護の有無等により決まり、ケーブルに印加されるノイズ電圧は、結合容量と信号線のインピーダンスに依存します。このクランプは、EUT のケーブルを囲う導体からなり、グラウンドプレーン上に置き、低インダクタンスのケーブルでグラウンドプレーンに接続します。グラウンドプレーンは少なくとも 0.1 m 以上、容量性カップリングクランプより大きくなければなりません。このクランプは、インパルスノイズ試験器に接続するため、両端に高圧同軸コネクタを設けています。パルスを入力する高圧同軸コネクタの反対側のコネクタは必ず終端抵抗を接続します。カップリングクランプの構成、および特性例を次の図・表に示します。



CA-805B の概略構造

CA-805B の概略仕様

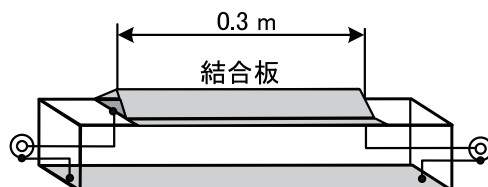
最大入力パルス電圧	4000 V
入力パルス幅	50 ns ~ 1000 ns
終端抵抗	内蔵なし
クランプケーブルの最大直径	20 mm



カップリングクランプ MODEL: CA-805B

(4) 容量性カップリングクランプ (15-00014A)

容量性カップリングクランプは、EUT の端子、ケーブルのシールド又はその他の部分に直接電流を流さないで、インパルスノイズを供試回路に結合する装置です。I/O (入出力) 信号や、データおよび制御信号などの通信ポートの試験を行う場合に使用します。以下の項目を満たす容量性カップリングクランプをご用意下さい。本クランプは IEC 61000-4-4 規格で規定されている EFT/B 試験用のクランプを元にしており、CA-805B に比べて結合がより密となり、周波数特性や注入特性が共に良好です。



15-00014A の概略構造

15-00014A の概略仕様

最大入力パルス電圧	4000 V
入力パルス幅	50 ns ~ 1000 ns
終端抵抗	内蔵なし
クランプケーブルの最大直径	26 mm



カップリングクランプ MODEL: 15-00014A

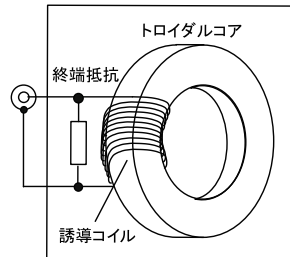
(5) 誘導性カップリングクランプ (MODEL : 15-00007A (CA-806))

誘導性カップリングクランプは、インピーダンスが低い EUT の電源線や信号線に対して直接接続することなく、誘導性ノイズを結合する装置です。この装置は、トランスの磁気結合と同等に考えることができます。

トロイダルコアの1次巻線数と貫通する供試験回路の信号線（通常巻線数は1）の比率で決まるノイズを信号線のインピーダンスに影響されずに、EUT と補助装置間に印加することができます。

注入するパルスは、高速かつ高電圧のため、トロイダルコアの応答性、飽和特性に影響されます。

誘導性クランプはグラウンドプレーン上に置きます。グラウンドプレーンは、少なくとも 0.1 m 以上誘導性カップリングクランプより大きくなければなりません。誘導性カップリングクランプは終端抵抗を内蔵しているため、インパルスノイズ試験器は終端しないパルス出力を接続します。カップリングクランプの構成、および特性例を次の図・表に示します。



15-00007A (CA-806) の概略構造

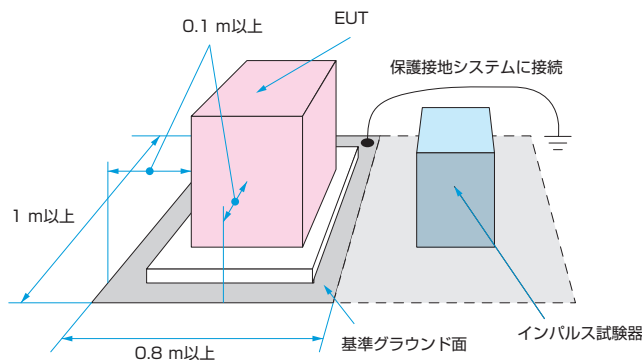


カップリングアダプタ MODEL : 15-00007A (CA-806)

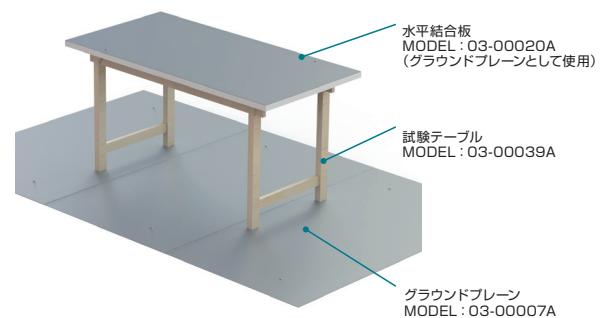
15-00007A (CA-806) の概略仕様

最大入力電圧	2 kV
入力パルス幅	50 ns ~ 1000 ns
終端抵抗	50 Ω系内蔵
誘導結合比率	入力電圧の 1/10 ± 10 %
使用可能な最大直径	27 mm

(6) グラウンドプレーン



グラウンドプレーンの例



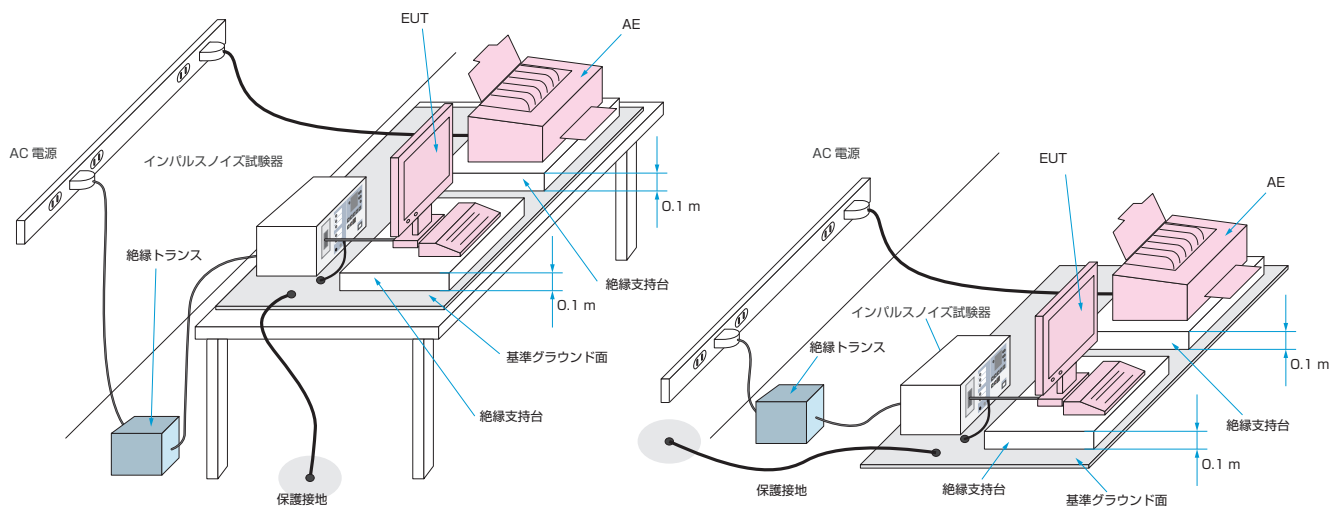
- グラウンドプレーンとは、図のように EUT および容量性カップリングクランプの全ての側面より 0.1 m 以上大きく、厚さ 0.25 mm 以上の板で、材質が銅、又はアルミニウムのものです。上記以外の金属を使用する場合は、板の厚さを最低 0.65 mm にしなければなりません。
- グラウンドプレーンは保護接地システム（解説）に接続する必要があります。
- インパルスノイズ試験器もグラウンドプレーンに配置し接地します。その為、前図のグレー色部分のグラウンドプレーンの他に点線部分のようなグラウンドプレーンが必要となります。
- 卓上型機器の場合は、試験テーブル上にグラウンドプレーンを設置します。（次図）
（試験テーブル上での試験は強制ではなく、床上のグラウンドプレーン上で試験を実施してもよい。）
- グラウンドプレーンを除き、EUT と他の導電性構造物（発生器、AE、シールド壁面等）との距離は 0.5 m 以上離さなければなりません。

【解説】：グラウンドプレーンについて

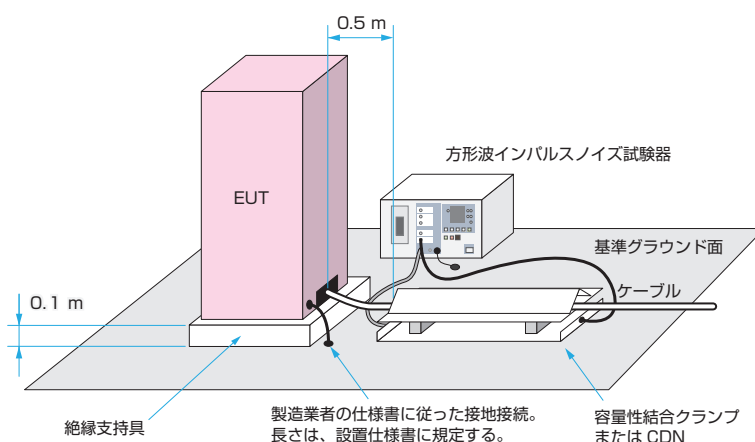
ノイズ試験の基準電位となる金属板です。試験においては、大地電位とは関係なくこの電位を元にノイズ電圧が印加されます。

【解説】：保護接地システムについて

電気機器の故障や絶縁低下等を原因とした漏電による感電を防止するための、接地ケーブルの事をいいます。



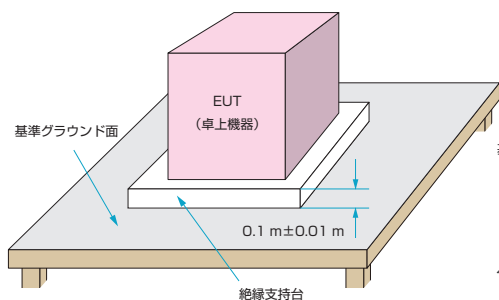
卓上型供試機器の試験配置例



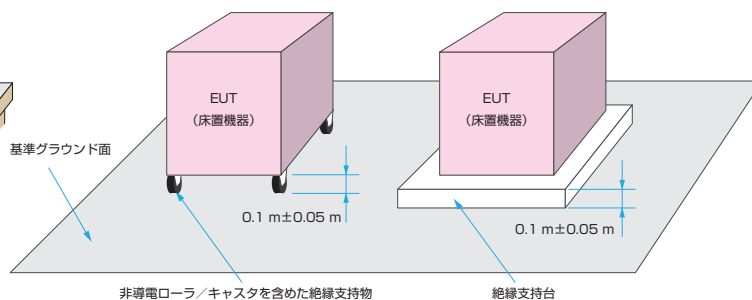
床置き機器の試験設置例

(7) 絶縁支持台

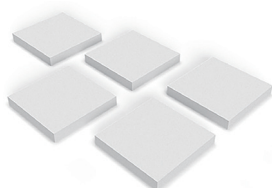
EUT は、卓上機器および天井や壁に取り付ける機器、組込み式機器の場合は、グラウンドプレーンの上、 $0.1 \text{ m} \pm 0.01 \text{ m}$ 上に配置します。また、床置き型機器の場合は、非導電ローラ/キャスタを含めて厚さが $0.1 \text{ m} \pm 0.05 \text{ m}$ の絶縁支持物によって絶縁します。絶縁支持台の材質は、乾燥した木材やポリエチレンなどの非導電体です。



卓上機器の絶縁支持台の例



床置き型機器の絶縁支持台の例



絶縁ブロック MODEL: 03-00054A
W300 × D300 × H50mm、5 枚 1 セット
材質: 発泡ポリエチレン



絶縁支持台 MODEL: 03-00024A
W1200 × D1200 × H100mm
材質: 木製



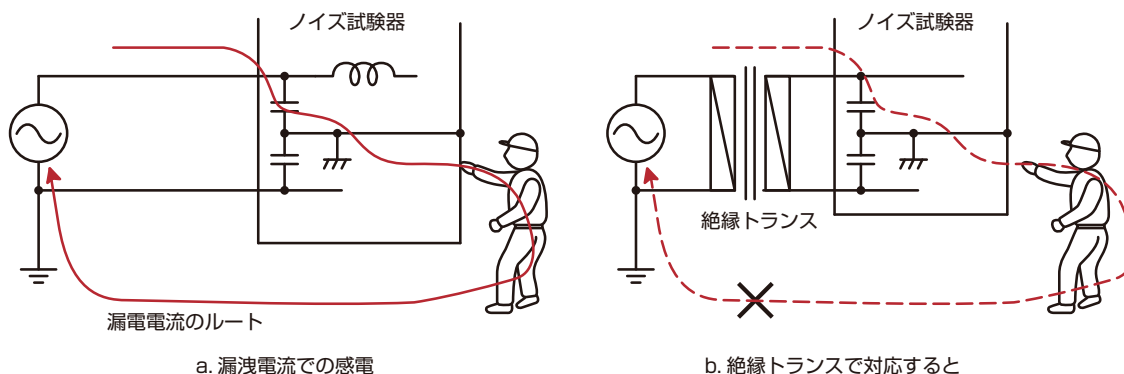
立方絶縁体 MODEL: 03-00029A
W100 × D100 × H100mm
材質: 木製

(8) 試験テーブル

卓上型装置の場合は、木製の試験テーブル上にグラウンドプレーンを設置します。ただし、試験テーブル上での試験は規定ではありません。床上のグラウンドプレーン上で試験を実施しても構いません。

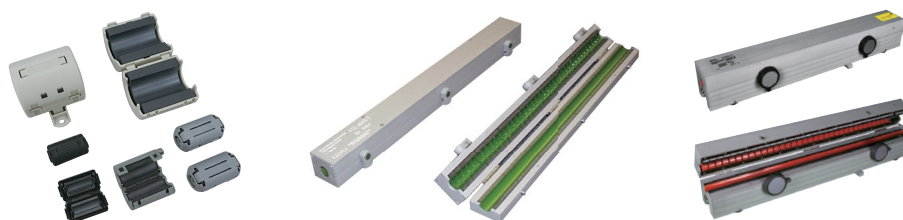
(9) 絶縁トランス

絶縁トランスは AC ラインへ印加する時の感電及び AC ライン漏電遮断機動作を防止するために必要不可欠です。EUT 電源、信号供給源側へのノイズ流入を阻止するために減結合フィルタがあります (LC 回路)。減結合フィルタはコンデンサ容量が大きいため AC 100 V 60 Hz 時に約 11 mA、AC 200V 60 Hz では約 23 mA の漏洩電流が流れます。感電、漏電に関して図解すると以下ようになります。

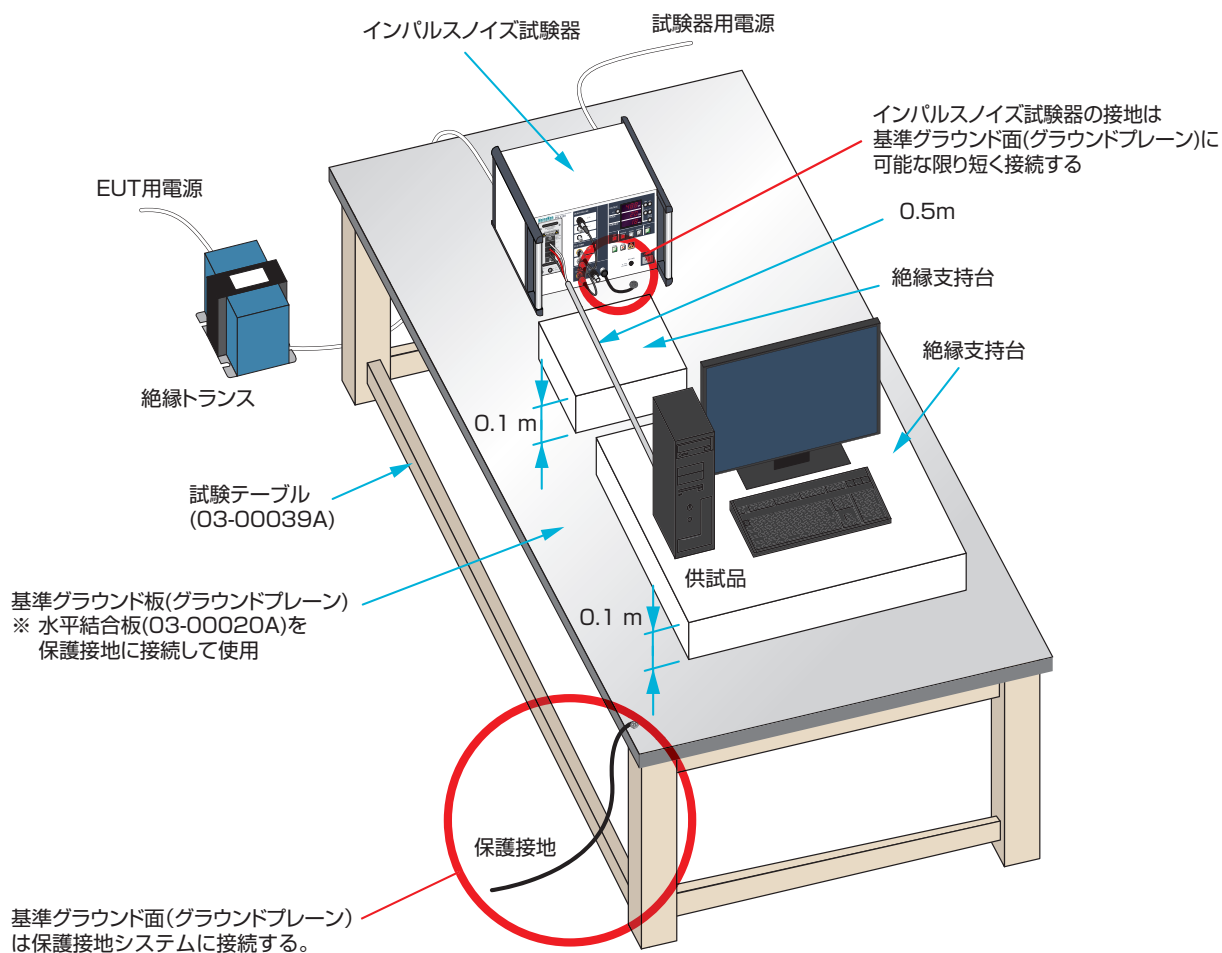


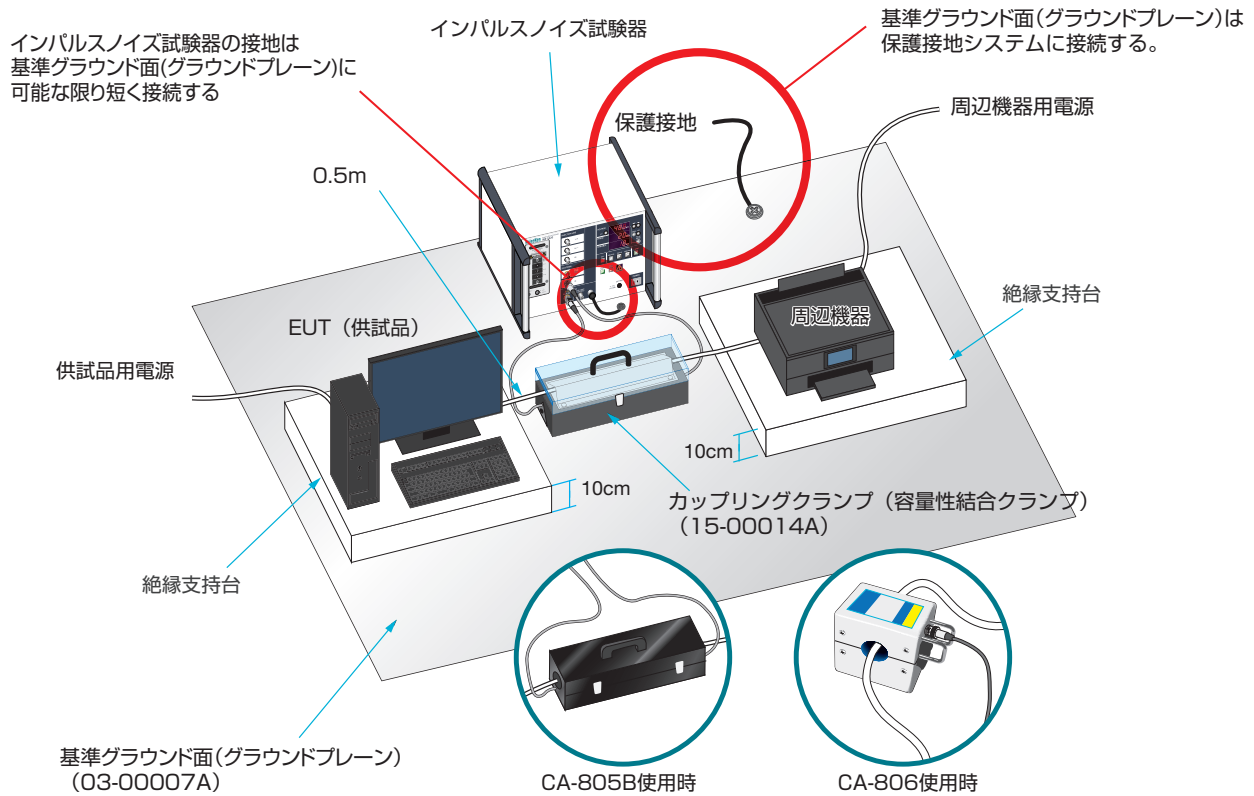
(01) フェライトコア、デカップリングクランプ

EUT に補助機器 (AE) 等を接続する際に、AE 側のノイズ保護の目的に使用します。



2.2.2 試験配置

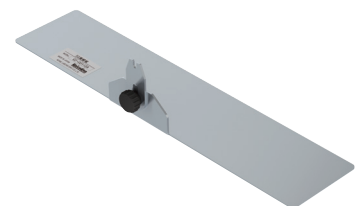




試験配置と接地ケーブル接続の例



試験配置と接地ケーブル接続の例



- グラウンドプレーンは試験室の床上または木製試験テーブルに設置することが望ましく、保護接地システムに接続します。
- インパルスノイズ試験器はグラウンドプレーン上に設置します。インパルスノイズ試験器の SG はグラウンドプレーンに低インダクタンスに (太い線で短く) 接続します。
- 容量性カップリングクランプはグラウンドプレーン上に設置し、グラウンドプレーンに低インダクタンスで接続します。
- 容量性カップリングクランプ底面が金属の場合は、底面をグラウンドプレーンに直接設置します。
- 誘導性カップリングクランプはグラウンドプレーン上に設置し、グラウンドプレーンへの接地は不要です。
- グラウンドプレーンの上に高さ 0.1 m の絶縁支持台を置き、その上に EUT、主電源線、制御信号線を固定します。
- EUT に供給する AC 電源は感電および漏電検知を避けるため、必ず絶縁トランスを使用します。
- EUT および補助装置は試験室側面から 0.5 m 以上離します。グラウンドプレーン上に 0.1 m の絶縁支持台を配置します。その上に EUT および補助装置を設置します。
- EUT は、製造業者の接地仕様に従い、グラウンドプレーンへの接続を行います。指定されていない追加の接地接続を行ってはいけません。FG 端子の接地、接続長さは試験計画によって規定します。
- インパルスノイズ試験器・容量性カップリングクランプの接地は、可能な限り短くグラウンドプレーンに接続します。
- 接地箇所、接続長さは試験計画によって規定します。

3 試験の方法

3.1 試験方法の選択

インパルスノイズ試験では、電源ポートに対する試験か、信号ポートに対する試験、設置ポートに対してや、現地での試験などにより試験方法が異なります。

電源ポートに対する試験については、ノーマルモードおよびコモンモードのノイズ印加を行います。

信号ポートに対する試験については、容量性カップリングクランプ、または誘導性カップリングクランプのいずれかを用いて信号線に印加します。

設置ポートに対する試験は、EUTの接地線（保護接地）に直接ノイズ印加を行います。

卓上型の機器の場合は、試験テーブル上に試験環境を設置する選択ができますが、試験方法としては床面に設置されたグラウンドプレーン上での試験と同等となります。

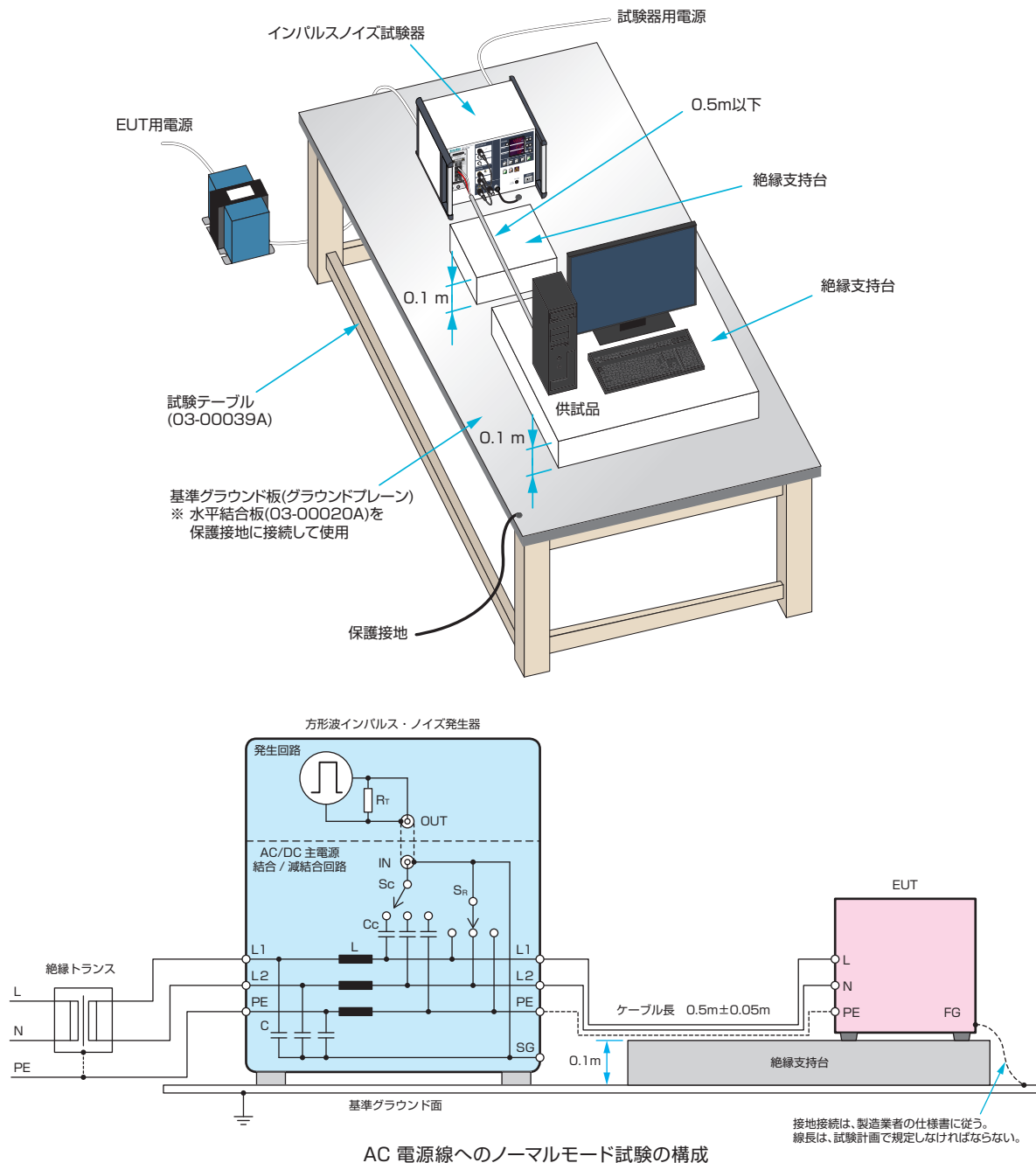
卓上型の機器を、床面のグラウンドプレーン上で試験しても構いません。

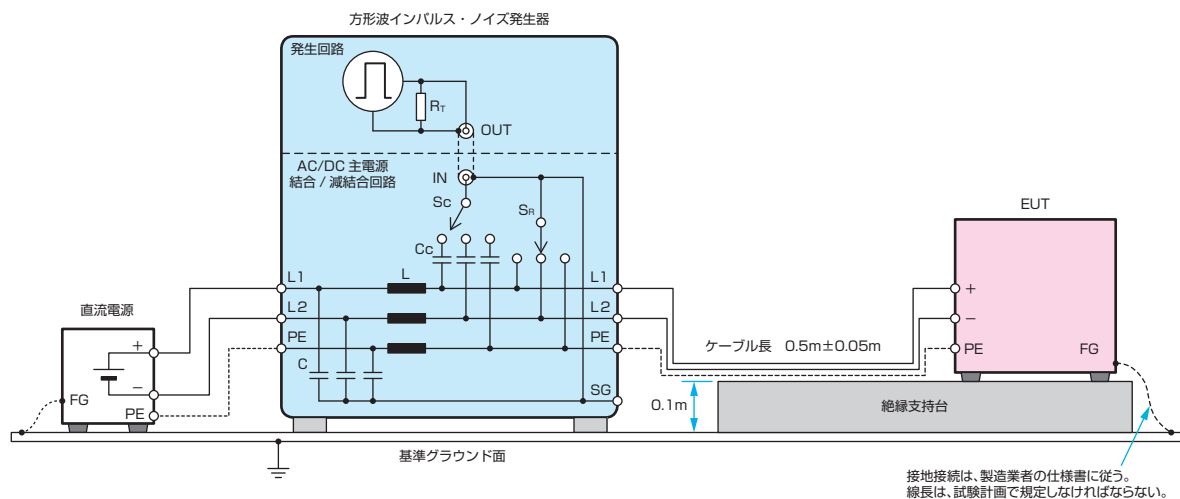
現地設置での試験は、実際の現場に最終据え付けを行われた状態でを行います。

また、ラディエーションプローブを使用したオプション試験も可能です。この試験方法は電磁界による輻射ノイズをEUTに局所的に与えることで、EUTの輻射ノイズに弱い部分を探ることが可能です。

3.1.1 電源ポートへの試験方法（ノーマルモード）

下図はノイズ研究所のインパルスノイズ試験器、INS-S220と試験環境用備品を使用した、試験設置例です。





DC 電源線へのノーマルモード試験の構成

- インパルスノイズ試験器および CDN は、グラウンドプレーン上に直接配置し、インパルスノイズ試験器の SG グラウンド端子は試験グラウンドプレーンに接続しません。(試験器側の設定で、SGとグラウンドプレーンを切り離すことができますので、接続していても問題ありません。)
- EUT は、高さ $0.1 \text{ m} \pm 0.01 \text{ m}$ の絶縁支持台をグラウンドプレーン上に用意し、その上に配置してください。
- EUT はグラウンドプレーンの端から 0.1 m 以上内側に配置します。
- 特に規定のない限り、電源線の長さは $0.5 \text{ m} \pm 0.05 \text{ m}$ とします。
- 電源線の長さが $0.5 \text{ m} \pm 0.05 \text{ m}$ を超え、かつ EUT から取り外せない場合は、折りたたんで絶縁支持台に固定します。
- 電源線を含む、EUT の全てのケーブルは、グラウンドプレーンから高さ 0.1 m の絶縁支持台上に配置します。試験しないケーブルは、被試験ケーブルから可能な限り離します。
- グラウンドプレーンを除き、EUT の周囲 0.5 m 以内に導電構造物(壁やその他の装置)があってははいけません。
- AC 電源の場合は、L、N および PE のそれぞれ 2 線間(逆接続も含め、6 種類の試験)に対し、各正極性と負極性のインパルスノイズを印加します。
- DC 電源の場合は、+、- および PE のそれぞれ 2 線間(逆接続も含め、6 種類の試験)に対し、各正極性と負極性のインパルスノイズを印加します。
- AC 電源の場合は、 0° 、 90° 、 180° 、 270° の 4 位相への同期試験、または非同期試験を行います。
- DC 電源の場合は、非同期試験を行います。

また、大電流や高電圧などで、適切な CDN が用意できない場合は以下の方法で試験を実施します。
(試験結果が異なる可能性があるので、できるだけ CDN を用意するのが望ましいです。)

- $0.2047 \mu\text{F} \pm 20\%$ のコンデンサを使用し直接注入にて印加させます。
なお、この場合は電源側にもノイズが注入されるので、必要に応じてフェライトコアやフェライトクランプなどを用いて電源側を保護します。
- 直接注入ができない場合は、カップリングクランプ(誘導性カップリングクランプ)を使用する。
なお、誘導性カップリングクランプを用いた試験の場合、フェライトクランプなどを用いるとノイズが注入されなくなるので使う事ができません。また、全線をクランプした場合はコモンモード試験となり、ケーブル1本に対してクランプを行うとノーマルモード試験となります。



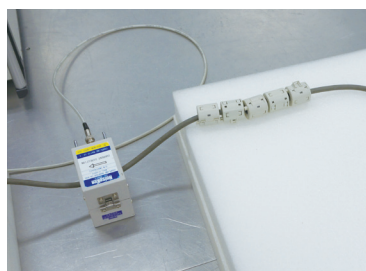
INS 用直接注入コンデンサ MODEL : 01-00047A



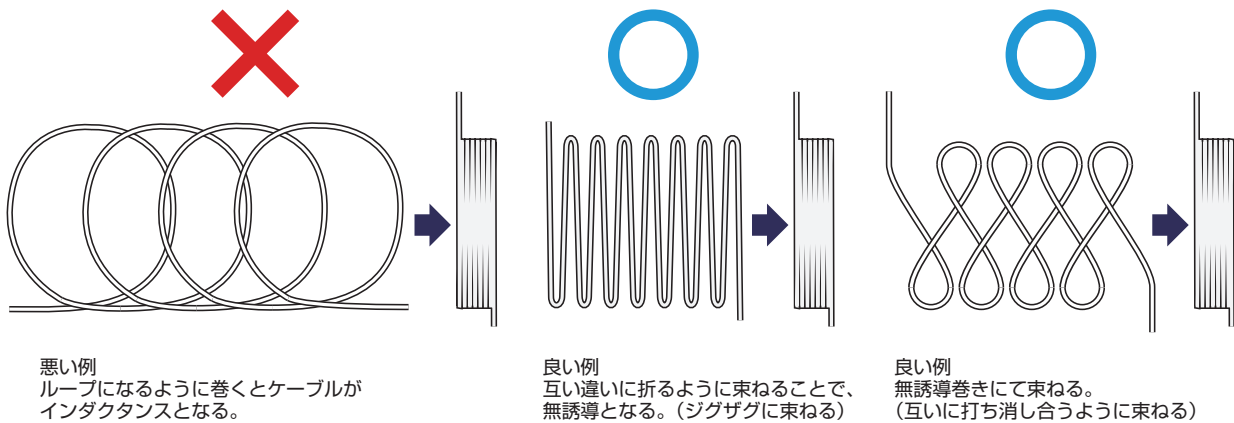
大電力用結合減結合回路網(詳細はお問合せください。)



カップリング・アダプタ MODEL : 15-00007A (CA-806)

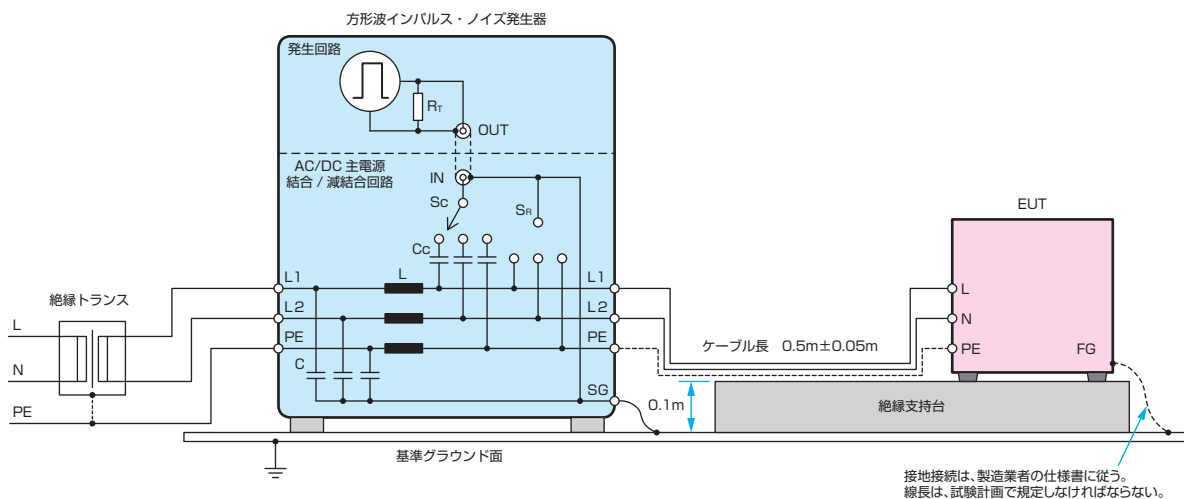


誘導性クランプを使ったノイズの注入。

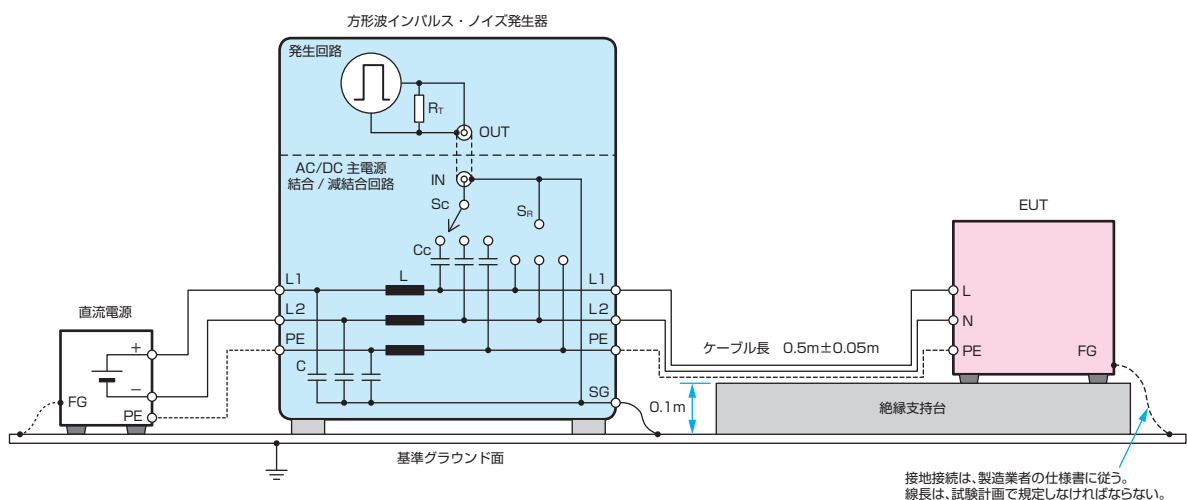


3.1.2 電源ポートへの試験方法（コモンモード）

電源への、コモンモードのインパルスノイズ試験設置例です。



AC 電源線へのコモンモード試験の構成

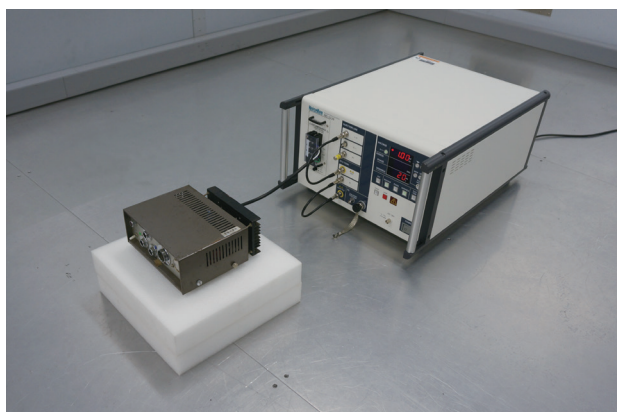


DC 電源線へのコモンモード試験の構成

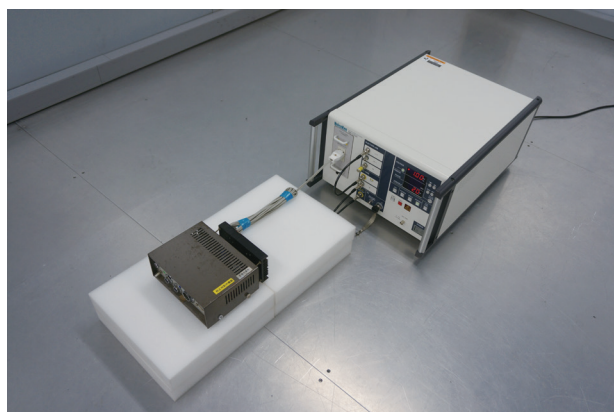
- インパルスノイズ試験器および CDN はグラウンドプレーン上に直接配置し、インパルスノイズ試験器の SG グラウンド端子は試験グラウンドプレーンに接続します。
- EUT は、高さ $0.1\text{ m} \pm 0.01\text{ m}$ の絶縁支持台をグラウンドプレーン上に用意し、その上に配置してください。
- EUT はグラウンドプレーンの端から 0.1 m 以上内側に配置します
- 特に規定のない限り、電源線の長さは $0.5\text{ m} \pm 0.05\text{ m}$ とします。
- 電源線の長さが $0.5\text{ m} \pm 0.05\text{ m}$ を超え、かつ EUT から取り外せない場合は、折りたたんで絶縁支持台に固定します。
- 電源線を含む、EUT の全てのケーブルは、グラウンドプレーンから高さ 0.1 m の絶縁支持台上に配置します。試験しないケーブルは、被試験ケーブルから可能な限り離します。
- グラウンドプレーンを除き、EUT 置の周囲 0.5 m 以内に導電構造物（壁やその他の装置）があってははいけません。
- AC 電源の場合は、L、N および PE とグラウンドプレーン間（3 種類の試験）に対し、各正極性と負極性のインパルスノイズを印加します。
- DC 電源の場合は、+、- および PE とグラウンドプレーン間（3 種類の試験）に対し、各正極性と負極性のインパルスノイズを印加します。
- AC 電源の場合は、 0° 、 90° 、 180° 、 270° の 4 位相への同期試験、または非同期試験を行います。
- DC 電源の場合は、非同期試験を行います。

また、大電流や高電圧などで、適切な CDN が用意できない場合は以下の方法で試験を実施します。

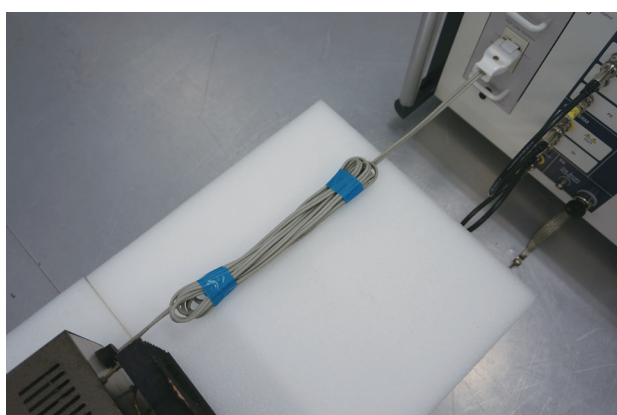
- $0.2047\text{ }\mu\text{F}$ のコンデンサを使用し直接注入にて印加させます。
- 直接注入ができない場合は、カップリングクランプ（誘導性カップリングクランプ）を使用します。



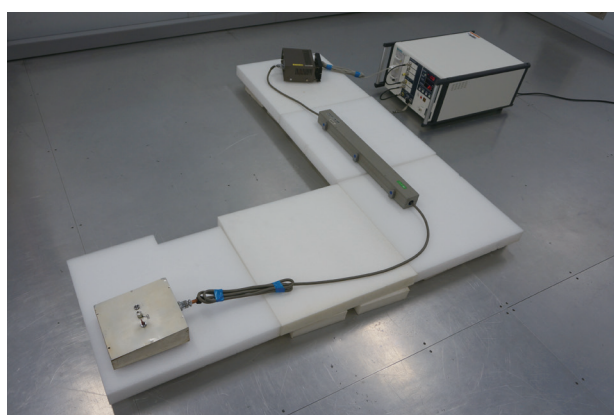
AC/DC 電源線の試験例 -1



AC/DC 電源線の試験例 -2



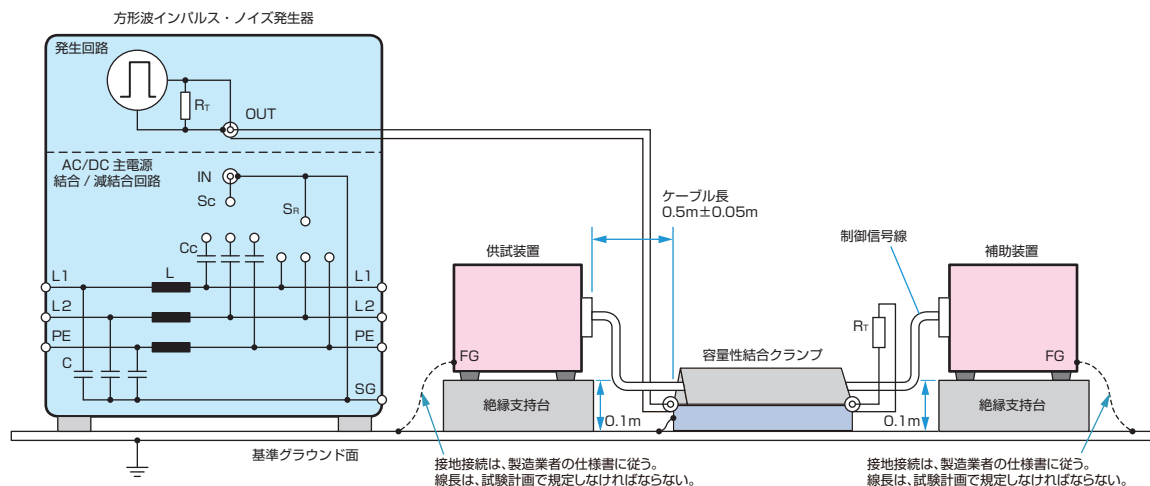
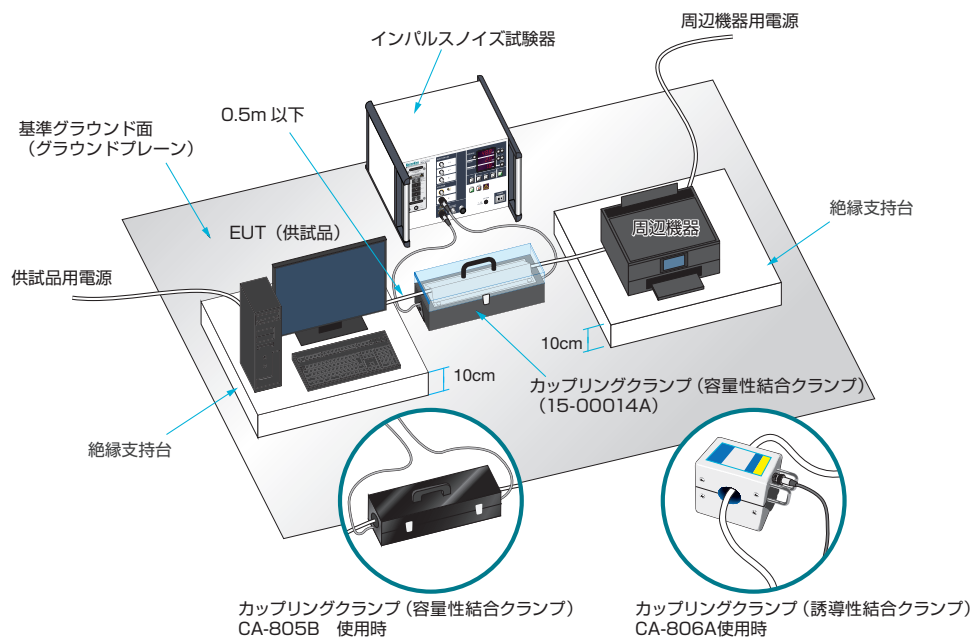
電源線を束ねたイメージ



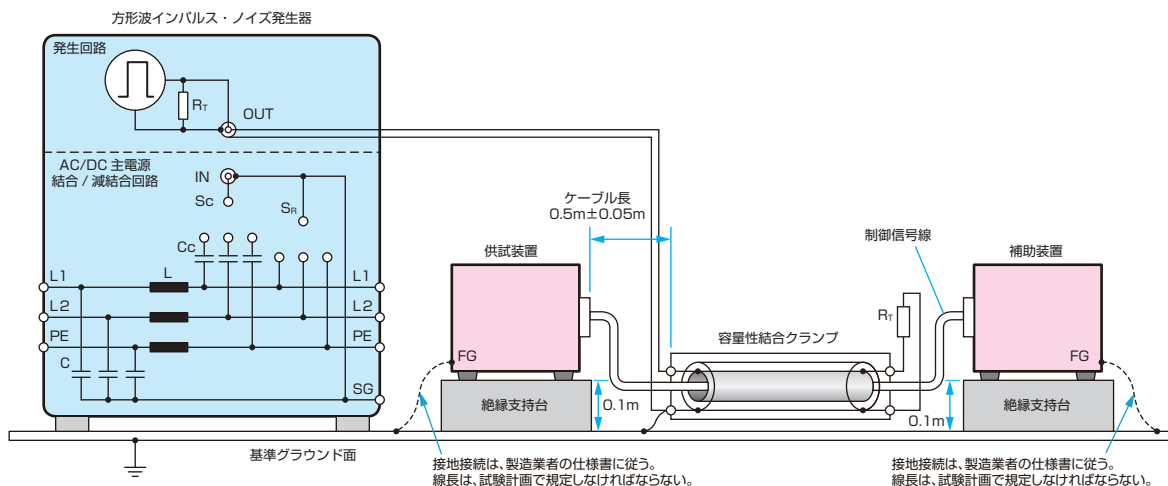
AC/DC 電源線の試験例
AE 側保護あり (AE が誤動作する場合)

3.1.3 信号ポートへの試験方法

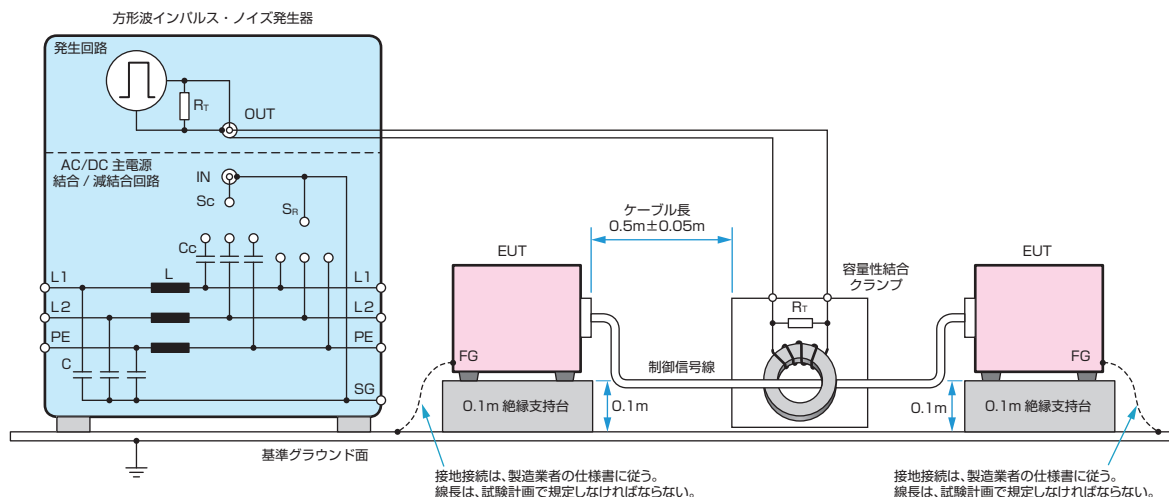
下図はインパルスノイズ試験器と各種カップリングクランプ、および試験環境用備品を使用した試験設置例です。



信号線への試験の構成 (容量性カップリングクランプ使用)



信号線への試験の構成 (容量性カップリングクランプ使用)

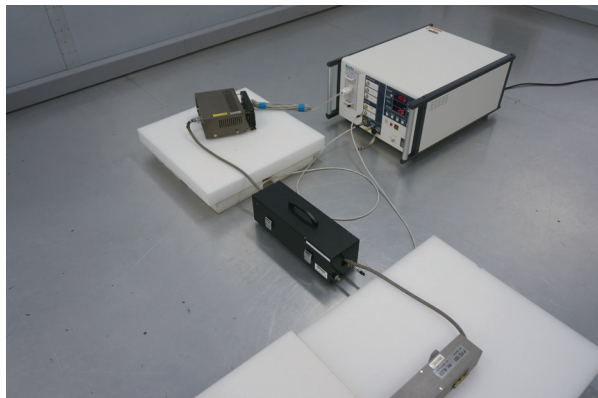


信号線への試験の構成 (誘導性カップリングクランプ使用)

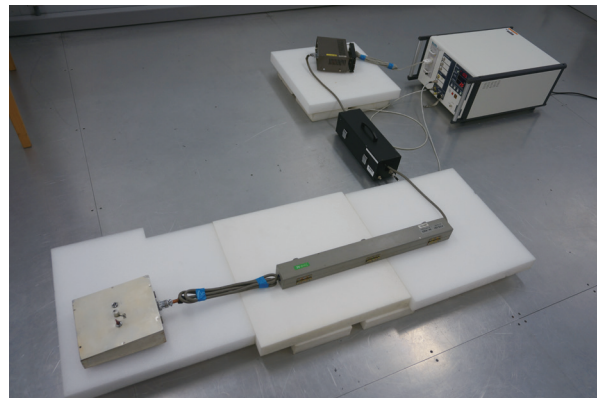
ひとつの供試装置のみが試験される場合は、容量性カップリングクランプまたは誘導性カップリングクランプと補助装置との間に減結合回路（フィルターや、フェライト等）を挿入します。

両供試装置を同時に試験する場合は、両方のクランプまでのケーブル長を $0.5 \pm 0.05 \text{ m}$ とします。

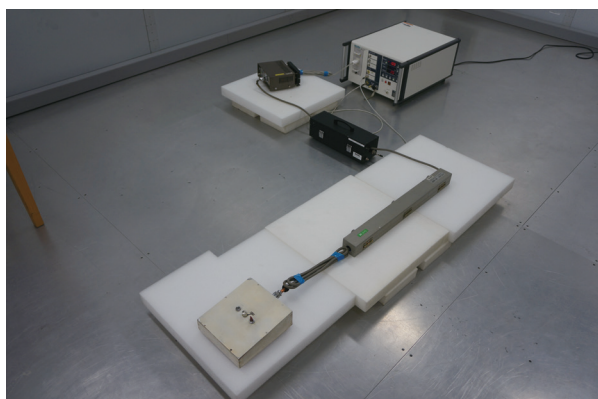
- インパルスノイズ試験器および容量性カップリングクランプは、グラウンドプレーン上に直接配置し、インパルスノイズ試験器の SG 端子と容量性カップリングクランプのグラウンド端子はグラウンドプレーンに接続します。
- インパルスノイズ試験器の終端抵抗接続を外し、同軸ケーブルを介して容量性カップリングクランプもしくは誘導性カップリングクランプへ接続します。
- 容量性カップリングクランプの反対側のコネクタには、 50Ω 終端します。
- 特に規定のない限り、試験を実施する EUT とカップリングクランプ間の信号線の長さは、 $0.5 \text{ m} \pm 0.05 \text{ m}$ とします。
- 試験対象の2つの装置間のポートを含め、相互接続ケーブル長が短く試験ができない限り、全ての EUT ポートに試験します。
- グラウンドプレーンを除き、カップリングクランプの周囲 0.5 m 以内に導電構造物（壁やその他の装置）があつてはいけません。
- 信号線を容量性カップリングクランプまたは、誘導性カップリングクランプに挿入する際、信号線への結合が均一となるよう、クランプの中心に信号ラインが位置するように発泡材スペーサー等で配置を調整してください。



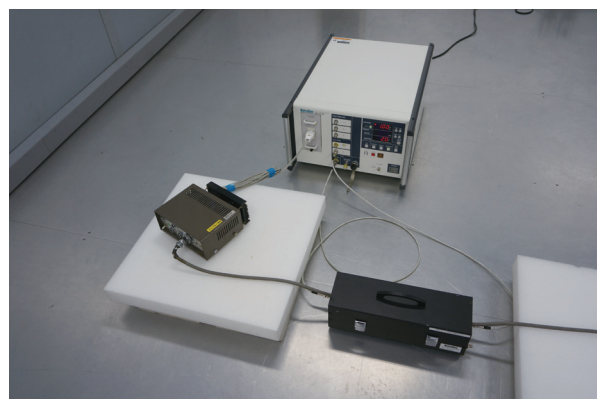
CA-805B を使用した信号ポートへの試験例 -1



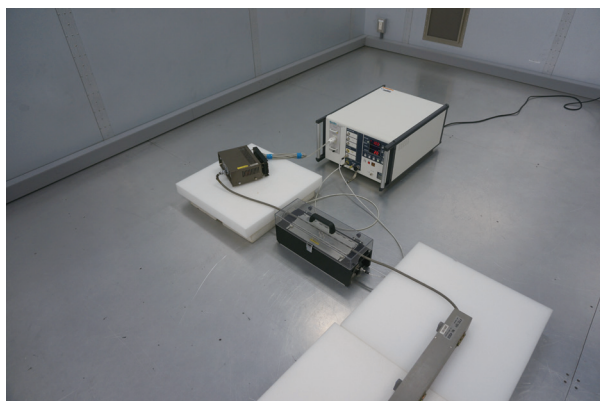
CA-805B を使用した信号ポートへの試験例 -2



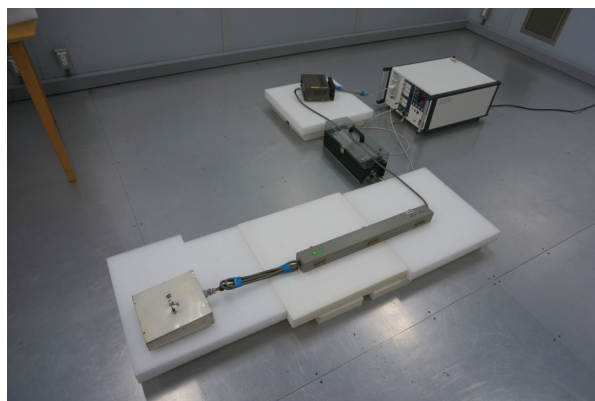
CA-805B を使用した信号ポートへの試験例 -3



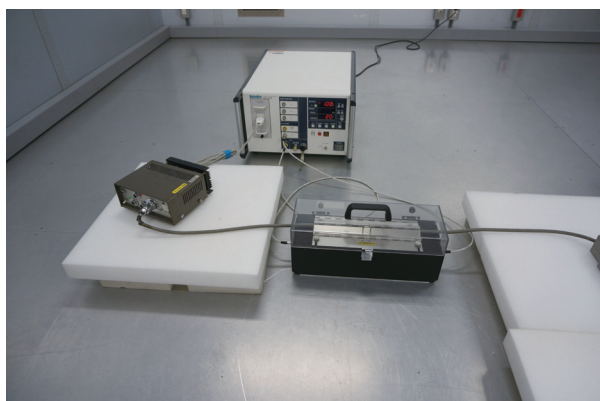
CA-805B を使用した信号ポートへの試験例 -4



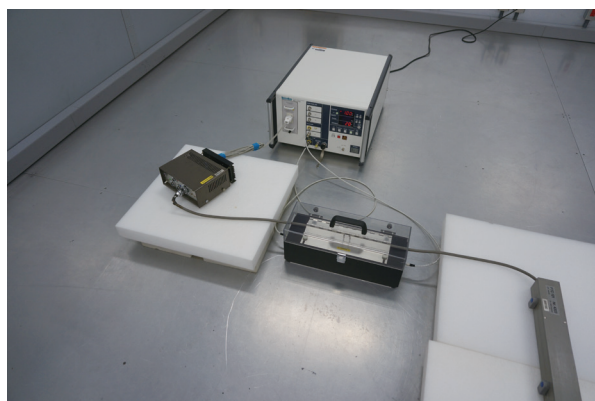
15-00014A を使用した信号ポートへの試験例 -1



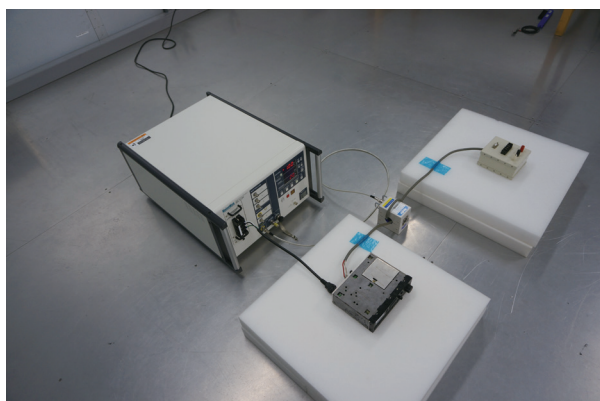
15-00014A を使用した信号ポートへの試験例 -2



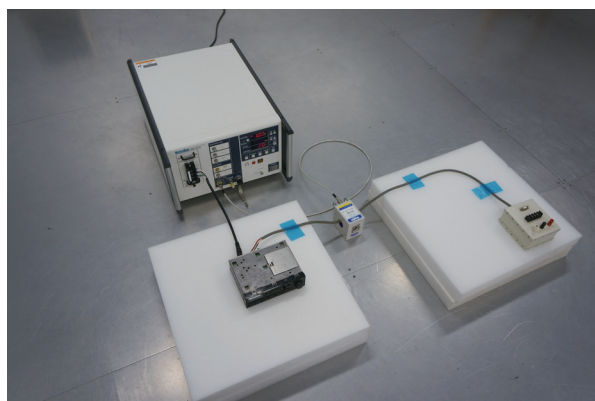
15-00014A を使用した信号ポートへの試験例 -3



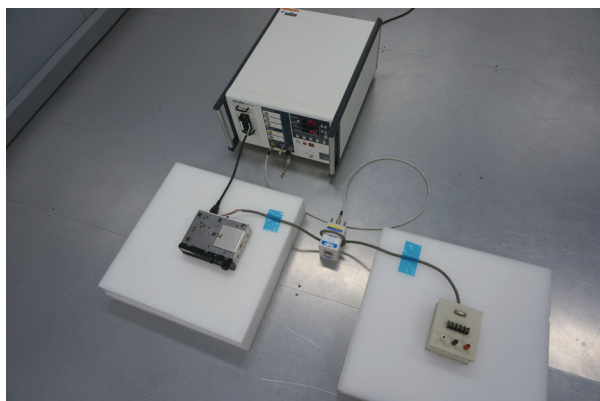
15-00014A を使用した信号ポートへの試験例 -4



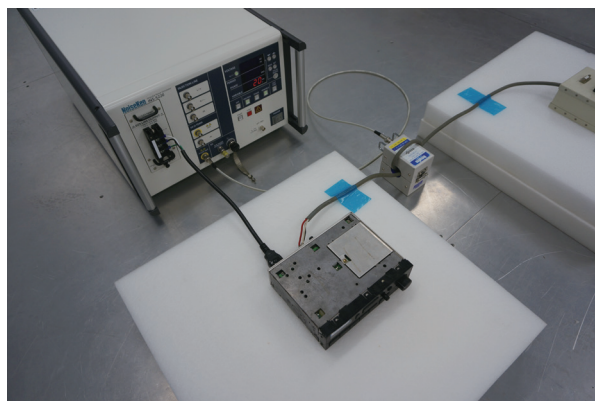
CA-806 を使用した信号ポートへの試験例 -1



CA-806 を使用した信号ポートへの試験例 -2



CA-806 を使用した信号ポートへの試験例 -3



CA-806 を使用した信号ポートへの試験例 -4

3.1.4 特殊なポートへの試験方法

保護接地や DC 電源駆動で、電源線と信号線が複合線で EUT より引き出されている場合は、以下のように試験を行います。

(1) 接地端子に試験を行う場合

PE のように接地が要求されているアースは、電源と同様に CDN を使用して試験を行います。電源線と一緒に敷設された接地ケーブル以外に、EUT に FG 端子などの接地端子がある場合は、製造者の設置仕様に従いグラウンドプレーンに接続します。線長等は記録しておく必要があります。

また、CDN が使用できない場合は、 $0.2047 \mu\text{F}$ の結合コンデンサを介して保護接地 (PE) 接続に印加します。

(2) 複合ケーブルに試験を行う場合

DC 電源駆動で、小型のセンサー等のように製品から電源線と信号線が複合ケーブルで引き出され分離できない場合は、容量性カップリングクランプまたは誘導性カップリングクランプを用いて、電源ケーブルと信号線を一括で試験を行います。

3.1.5 現地試験の試験方法

現地試験は製造業者と顧客との間で合意がある場合に適用します。

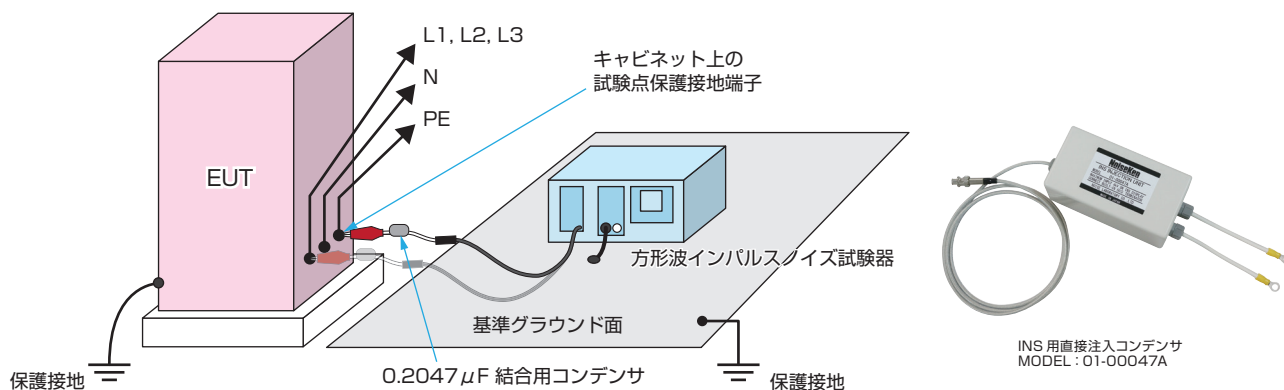
試験は、最終据付け状態で CDN を使用しないで実施します。

(1) 電源ポートおよび接地ポートへ試験を行う場合

試験はグラウンドプレーンと AC/DC の各電源端子、および EUT 筐体上の保護接地端子との間に同時に印加します。

グラウンドプレーンは EUT の近くに設置し、電源で保護接地と接続します。

インパルスノイズ試験器はグラウンドプレーン上に配置し、同軸ケーブルで結合コンデンサ ($0.2047 \mu\text{F}$) を介して接続し、結合コンデンサから EUT 上のポートまではできるだけ短くします。また、同軸ケーブルのシールドはコンデンサ端部とは接続しません。



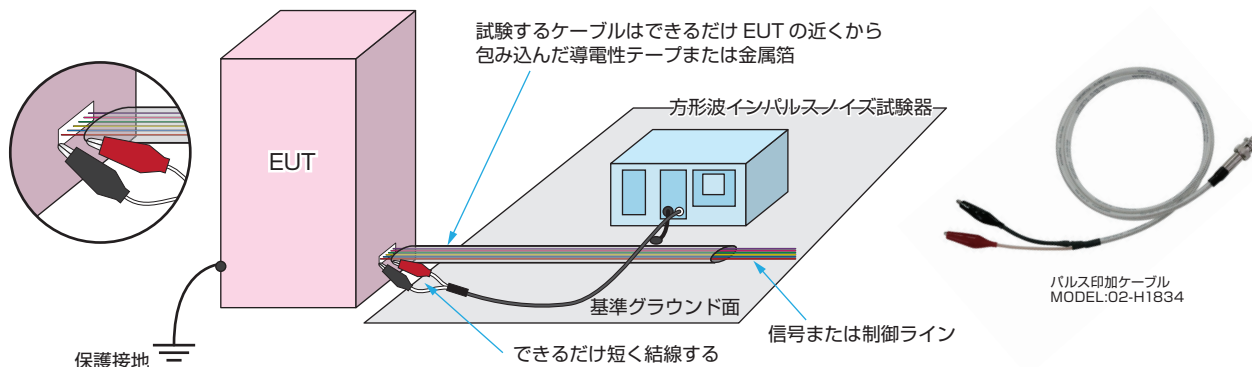
床置き型固定 EUT に対する AC/DC 電力ポートおよび保護接地端子への現地試験の例

(2) 信号ポートおよび制御ポートへの試験を行う場合

試験を行う際には、カップリングクランプ (容量性カップリングクランプ) の使用が最優先です。

ただし、配線上の理由などでクランプを使用できない場合は、試験をするラインを包むテープや導電性箔に置き換えます。

また、代替え方法としてクランプやラインを包むテープや導電性箔の代わりにコンデンサ ($100 \text{ nF} \pm 20 \text{ nF}$) を介してインパルスノイズ試験器をラインの端子に直接結合します。(JEM-TR 177 での規定)

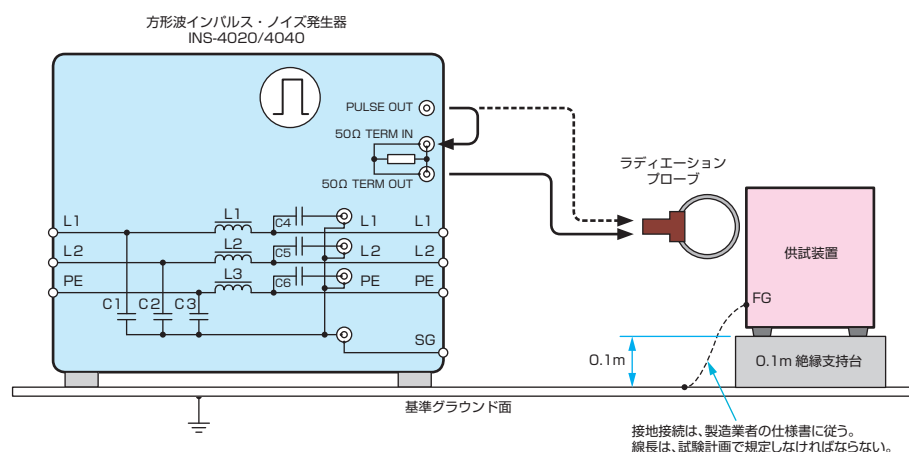


容量性カップリングクランプを使用しない場合の信号線および制御ポートでの現地試験の例

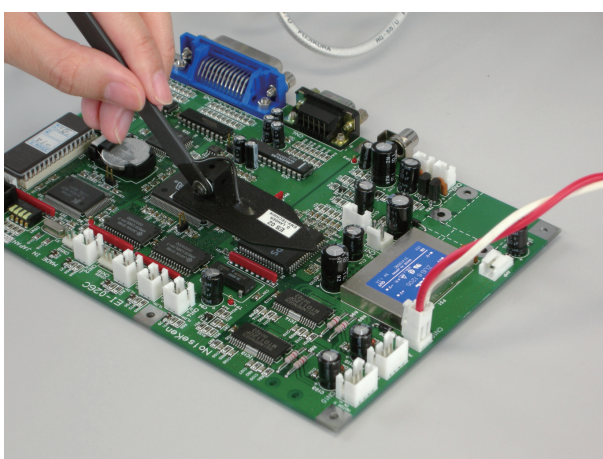
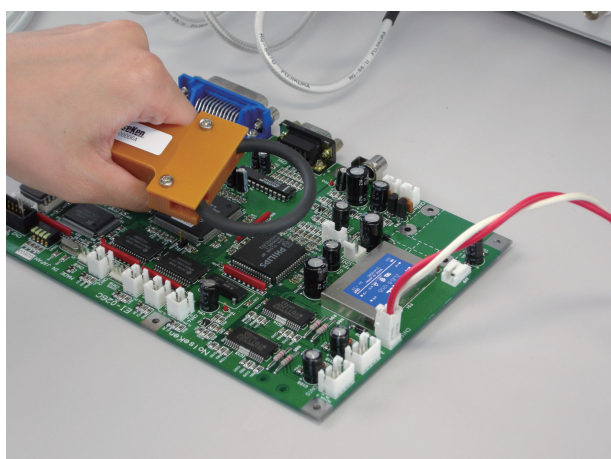
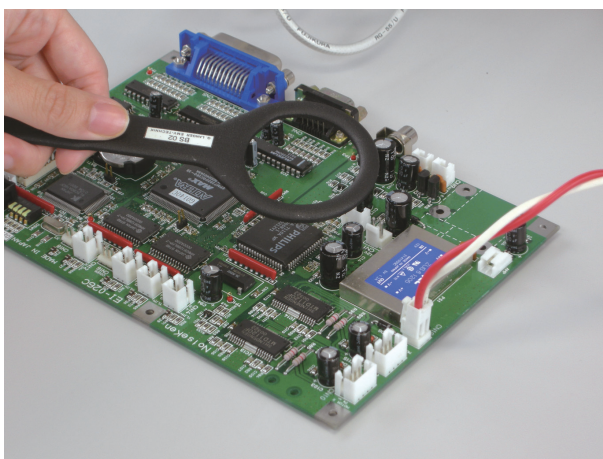
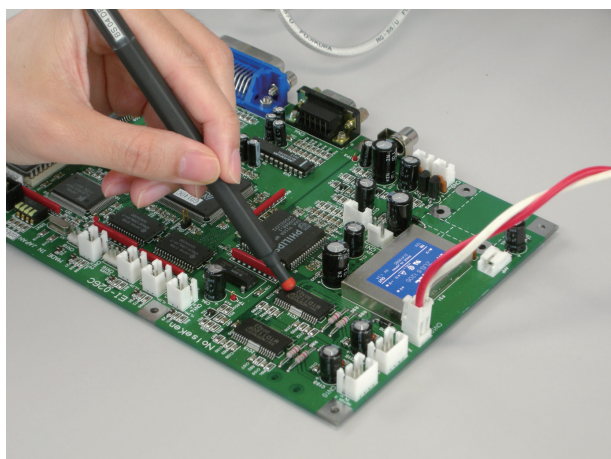
3.1.6 ラディエーションノイズ試験方法 (オプション)

インパルスノイズ試験器とラディエーションプローブを使用した、試験設置例です。

- 50 Ω 終端後のインパルスノイズ試験器のパルス出力コネクタとラディエーションプローブのコネクタを接続します。
- 供試装置とラディエーションプローブは一定の距離を保ちつつ、誤動作する場所を本プローブで探します。
- インパルスノイズ試験器の出力電圧、パルス幅、繰返し周期、極性等の設定条件を変更して、試験を繰り返し行います。
- 上記試験を繰り返し、ノイズに弱い場所の特定および対策を施し、ノイズへの耐性を向上します。
- ラディエーションプローブは EUT のサイズに応じて選定して使用します。
- 本試験はノイズ対策としての相対比較試験です。



ラディエーションプローブを使用した試験の構成



3.2 試験の実施

EUT は動作している状態にセットアップします。
各動作モードでそれぞれ試験を行う必要があるため、AE(外部機器・補助機器等) を接続します。
AE の電源も接続します。(機能上必要なもの、例えばキーボード等はセットした状態にします。)
オプション・AE 等の電源は、商用電源を利用可能です。
EUT が有する全ての標準的動作モードを実行するように、テストプログラムやソフトウェアを選定する必要があります。
EUT の動作モードが、試験により広範囲を実行している事を証明できる場合には、特別に作成したソフトウェアを利用する事もできます。

3.3 試験手順

インパルスノイズ試験は、開閉器、接点等が作動したときに発生する異常電圧及び静電気放電などの高周波現象を想定した試験です。開閉器、接点等が作動したときに発生する異常電圧は以下の二つの経路で EUT に影響を与えます。

- (1) 電源ケーブルを介し EUT に直接影響を与える場合
開閉器、接点等が作動したとき、および静電気放電時に発生する異常電圧が導体(電源ケーブル) 内を伝達して EUT に入力し、誤動作等の影響を与える場合。
- (2) 電源ケーブルに併走された入出力ケーブルにより、EUT に影響を与える場合など
開閉器、接点等が作動したとき、および静電気放電時に発生する異常電圧が導体(電源ケーブル) 内を伝達し、電磁誘導により、それと平行に敷設された入出力ケーブルに起電力が生じることで、EUT に誤動作等の影響を与える場合。

この為、インパルスノイズ試験では電源ポートと信号ポートに印加する二つの試験があります。(1) の場合は CDN を用いてインパルスノイズを直接電源線に印加する試験となり、(2) の場合は、容量性カップリングクランプまたは誘導性カップリングクランプを使用して試験を行います。

本ガイドブックでは、上記(1)を電源ポートに対する試験として"3.1.1 および 3.1.2 電源ポートへの試験方法" および"3.3.1 電源ポートに試験を行う場合"に、上記(2)を信号ポートに対する試験として"3.1.3 信号ポートへの試験方法" および"3.3.2 信号ポートに試験を行う場合"に記載してあります。
また、接地ポートや、信号ケーブルと電源ケーブルが同一のケーブルを使用するようなセンサー等の特殊な場合も想定しており"3.3.4 特殊なポートに試験を行う場合"に記載してあります。
以上を参考に、どの試験を適用するかを適切に判断して試験を行ってください。

なお、通信ポートを伴う EUT に対してインパルスノイズ試験を行う場合には、通信ポートに印加を行った後に電源ポートに印加を行います。
これは、最初の電源ポートへの印加で、供試装置が破壊される可能性を考慮したものです。
また、本ガイドブックでは、設置後試験については特に触れていません。

3.3.1 電源ポートに試験を行う場合

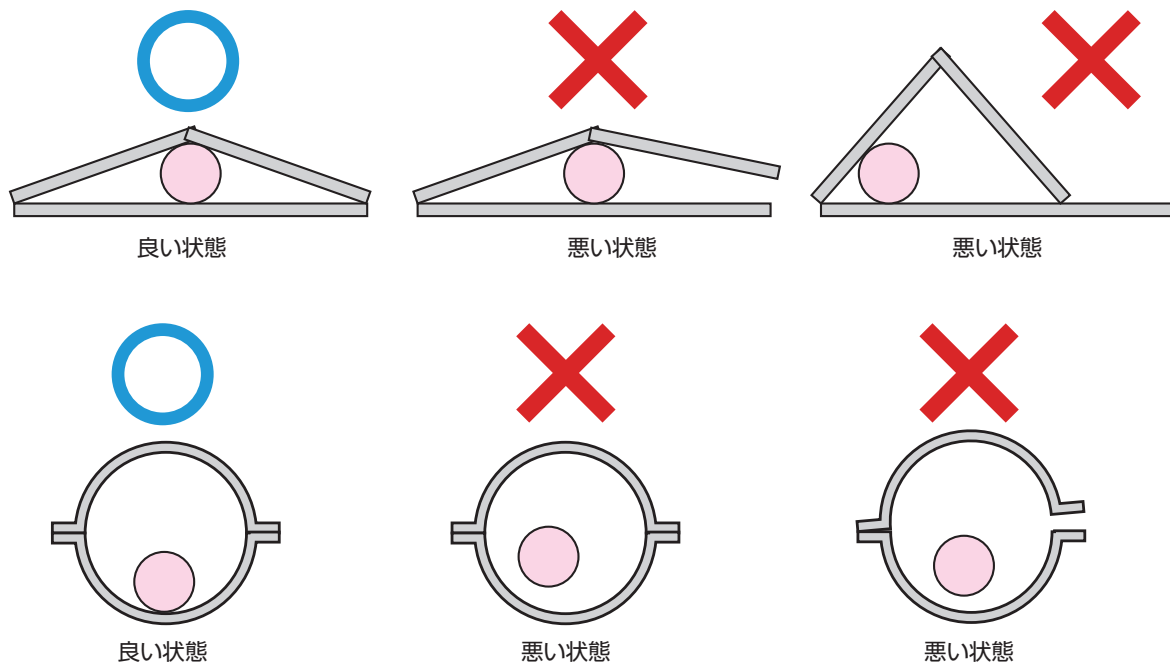
開閉器、接点等が作動したときなどに発生する異常電圧が導体(電源ケーブル) 内を伝達して EUT に入力し、誤動作等の影響を与える場合を想定した試験です。電源線とグラウンドプレーンの間へインパルスノイズを印加するコモンモード試験と、電源線間へインパルスノイズを印加するノーマルモード試験の2種類があります。試験は CDN を使用して行い、ノイズは正/負の両極性で印加します。また、AC 電源を使用する場合は位相同期が必要です。

- CDN の配置やその他の配線等は"3.1.1 および 3.1.2 電源ポートへの試験方法"を参照して下さい。
- 電源ポートへは、グラウンドプレーンを基準として、電源線の各相に同時に印加します。

3.3.2 信号ポートに試験を行う場合

電源線に平行に敷設されているような信号線には、電源線を通る電流による電磁誘導の影響があります。電源線の開閉器、接点等が作動したときなどに異常電圧が発生した場合に、電位差による電磁誘導が生じ、信号線に誘導されたノイズが混入し、EUT が誤動作等の影響を受ける事を想定した試験です。このため 3 m 以下の短い信号線(キーボードやマウスのケーブル) は試験対象となりません。

- 容量性カップリングクランプ、または誘導性カップリングクランプを利用して試験を行います。
- カップリングクランプの配置やその他の接続等は"3.1.3 信号ポートへの試験方法"を参照してください。
- 信号ポートが複数ある場合、全てのポートの特性を1つのポートが代表していると判断できる場合は、1つのポートを試験するだけでかまいません。(例えば HUB に 100BASE-T ポートが 8 ポートあるような場合です。)
ケーブルを容量性カップリングクランプにはさむ場合は、ケーブルと容量性カップリングクランプの結合容量が最大となるよう、全ての面がケーブルに接触する様にはさみます。



容量性カップリングクランプのはさみ方

3.3.3 現地試験で試験を行う場合

(1) 電源ポートおよび接地ポートへの試験

試験の配置や配線等は "3.1.5 現地試験の試験方法 (1) 電源ポートおよび接地ポートへ試験を行う場合" を参照して下さい。

- 電源ポートへは、グラウンドプレーンを基準として、電源線の各相に直接注入にて印加をします。
- 接地ポートへは、グラウンドプレーンを基準として、EUT 筐体上の保護接地端子との間に直接注入にて印加をします。

(2) 信号ポートおよび制御ポートへの試験を行う場合

試験の配置や配線等は "3.3.3 現地試験の試験方法 (2) 信号ポートおよび制御ポートへ試験を行う場合" を参照して下さい。

- 容量性カップリングクランプ、または誘導性カップリングクランプを利用して試験を行います。
- 信号ポートが複数ある場合、全てのポートの特性を1つのポートが代表していると判断できる場合は、1つのポートを試験するだけでかまいません。(例えば HUB に 100BASE-T ポートが 8 ポートあるような場合です。) ケーブルを容量性カップリングクランプにはさむ場合は、ケーブルと容量性カップリングクランプの結合容量が最大となるよう、全ての面がケーブルに接触する様にはさみます。
- カップリングクランプを利用できない場合は、試験をするラインを包むテープや導電性箔に置き換えて試験を行います。
- 代替えとして、電性箔の代わりにコンデンサ (100 nF $\pm$ 20 nF) を介してインパルスノイズ試験器をラインの端子に結合して試験を行えますが、この方法は試験結果が箔結合と異なる事が多いです。

3.4 試験レベル

印加ノイズのパルス幅は、50 ~ 300 ns および 800 ~ 1000 ns からそれぞれ、1 種類を選びあわせて 2 種類とします。(JEM-TR 177, NECA TR-28 の場合) また、印加ノイズのパルス極性は正負両極性を実施します。繰り返し周期は電源線での試験の場合 0/90/180/270° の 4 位相と、非同期で 100 Hz(10ms) にて試験を実施します。信号線や接地線への試験の場合は 100 Hz(10 ms) にて試験を実施します。

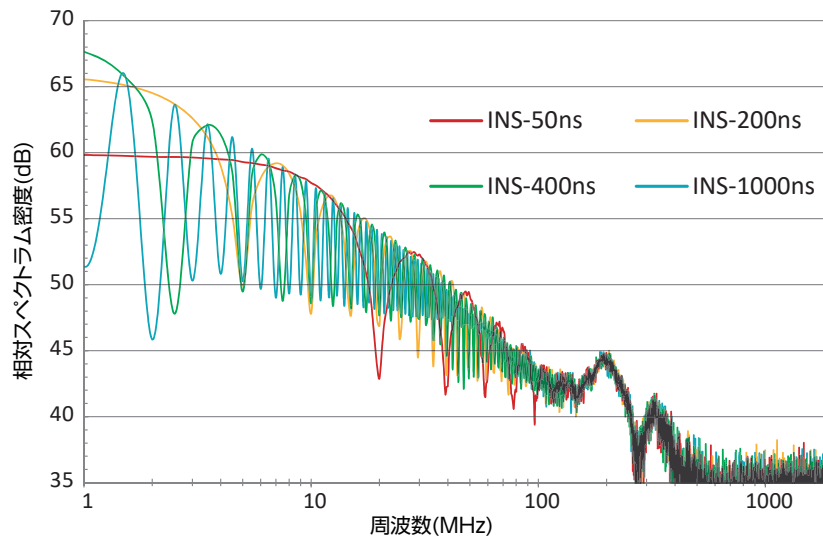
試験レベルは下表に従って印加電圧を設定してください。

レベル	電源線 (V)	信号線 (V)	接地線 (V)
1	500	250	250
2	1000	500	500
3	1500	750	750
4	2000	1000	1000
X	特殊	特殊	特殊

レベル X の値は製品仕様で指定すること。

【解説】：パルス幅の選定について

各パルス幅はそれぞれ周波数特性がことなるため、JEMA および NECA の規定では、50 ～ 300 ns および 800 ～ 1000 ns からそれぞれ、1 種類を選びあわせて 2 種類としています。実際には各パルス幅に応じて周波数スペクトラムがことなるため、それぞれのスペクトラムの間を埋めてまんべんなく試験を行うためにも、4 パルス幅程度（例①：50/200/400/1000 ns、例②：50/100/400/1000 ns）を選択して試験を実施することを推奨します。



各パルス幅の周波数スペクトラム密度の例

4 試験結果のまとめ

4.1 試験報告書に必要な情報

試験した結果を纏める上で基本となるのは、実施した試験を同じ条件で再び試験できる事です。これは、その試験を実施した人以外の方が、次に同じ条件で試験を行う事ができる、即ち、試験に定量性を持たせると言う事です。その為に、必要となる情報は記録しなければなりません。

認証機関により規格認定を受ける場合には最低限、以下の情報が必要です。

その為、製品の独自の評価を行う場合には、不要であると考えられるものもあります。

また、“5.6 記述例”として株式会社ノイズ研究所のフォーマットを添付しますので参考にしてください。

4.1.1 試験報告書の管理

(1) 報告書の管理と種類

試験結果を纏めた報告書には管理番号を付け管理します。

報告書のフォーマットは種々あると思いますが、作成後の改ざん防止の為に、報告書全体の総ページ数、及び各ページに番号を付けるようにします。（“5.6 記述例”を参考にしてください。）

(2) 顧客の名称及び住所

試験サイトのように自社以外の試験を請け負うような場合には必要です。

(3) 試験に対する責任の明確化

試験報告書に対する技術責任を負う者の署名及び役職、あるいは同等の記号（サイン又は印）、及び発効日を明確に記載する必要があります。

4.1.2 試験環境

(1) 試験の実施日

インパルスノイズ試験を実施した日を記載します。

(2) 試験場所の記載

公共の試験サイトやその他の試験サイト等を利用した場合、その試験サイト名称及び所在地を記載する必要があります。試験を行った建物や部屋についても記載します。社内環境で試験を実施した場合も同様に、試験を実施した部屋等の場所を記録しておきます。

(3) 温度や湿度等の環境

試験を実施したときの温度、湿度、気圧、電磁環境等の試験室内の状態を記載します。

4.1.3 EUT・試験装置

(1) EUT の名称及び特定

EUT の一般的な名称及び装置名を記載します。ここでいう一般的な名称とは“ラジオ”、“テレビ”、“洗濯機”のように EUT がどのような機能を有する装置なのかを判断できる名称を意味します。又、装置名は EUT の型式や名前、即ち“PCA-XX1”のような型式名や“iPad”、“バイオ”のように EUT についた名前や愛称を意味します。
抜き取りにより試験を行っている場合等は、試験に使った EUT を特定する為に製造番号等の記載も必要です。また、EUT を選定した理由や方法についても記載します。

(2) 試験機器の識別記号

試験機器の装置名や製造番号等を記録。(校正期限も記入します)。

4.1.4 試験方法・試験結果

(1) 試験方法

通常、特に記載する必要はありませんが、EUT の評価の為に特殊な試験を行った場合は、その理由と方法を具体的に記載します。

(2) 試験結果の記載

試験報告書には評価レベルによる判定結果を記載しなければなりません。
また、軽度の品質の低下が生じた場合は、試験による影響を記載しなければなりません。
以下に、評価レベルによる判定について記載します。

(a) 試験評価レベルの記載

NECA TR-28、および JEMA JEM-TR 177 に準じたインパルスノイズ試験を行い、レベルによる判定をするには、NECA TR-28、および JEMA JEM-TR 177 による評価レベルと、共通規格・製品群規格による評価レベル判定の 2 つがあります。
下記の評価レベルに対して、EUT 独自の具体的な動作条件と、機能的仕様の劣化や損失を予め定義しておきます。

(i) NECA TR-28、および JEMA JEM-TR 177 による評価レベル

NECA TR-28、および JEMA JEM-TR 177 では、適応する規格や製品の仕様で判定基準が示されていない限り、EUT の動作条件と機能的仕様によって試験結果の判定基準は 4 段階に分類されます。以下の 4 段階を参考にして、独自に基準を設定して下さい。

A) 仕様の許容値内の正常動作

B) 自己回復が可能な機能または動作の一時的な低下、または喪失。(自動復帰する通信エラー(通信機能の低下)、または実用上支障のない程度の表示のチラツキなどはこの分類となる。)

C) オペレーターの介入またはシステムのリセットが必要な、機能または動作の意思 h 次的な低下、または喪失。

D) EUT またはソフトウェアの損傷、またはデータの消失による回復不可能な機能、または動作の低下、または喪失。

(ii) 共通規格・製品群規格による評価レベル

参考として共通規格である EN61000-6-1,2 と CISPR 35 の判定基準を規格解説・資料編の“5.3 判定基準”に記載します。

(b) 試験による影響の記載・逸脱事項

軽度の品質の低下が生じた場合はどのような現象が生じたのかを記載しなければなりません。(再試験を行う場合、トラブルが生じないようにする為、記載しておいたほうが良いでしょう。)

また、試験規定からの逸脱事項、例えば、静電気放電により EUT が破壊される事が予想される為、試験対象箇所から除外した場合等は、その理由を記載します。

4.1.5 その他

(1) 補足事項

試験結果を表やグラフを用いて記載する他に、システムの構成や AE を使用する場合の配置図等を記録・記載しておきます。

5 参考資料

5.1 判定基準

試験結果をレベル判定する場合、その判定レベルは、取得しようとしている規格により異なります。

例として共通規格 EN 61000-6-1、EN 61000-6-2、マルチメディア装置の製品群規格 CISPR 35:2016 を掲載します。

5.1.1 EN 61000-6-1、EN 61000-6-2

○ 性能判定基準 A

供試装置（供試装置）は、試験を開始してから終了後まで、一貫して意図したとおりに動作しなくてはなりません。供試装置を意図したとおりに使用している状態では、性能レベルの低下もしくは機能の損失によって製造業者の規定した性能レベルを下回ってはいけません。性能レベルのかわりに、許容性能損失を規定しても許されます。

製造業者が最低性能レベルまたは許容性能損失を設定していない場合、どちらかを製品説明書や文書から設定してもよく、あるいは意図したとおりに使用している状態であれば、ユーザーが供試装置に対して期待する妥当性のあるレベルから設定してもよい事とします。

○ 性能判定基準 B

試験の終了後も、供試装置は一貫して意図したとおりに動作しなくてはなりません。供試装置を意図したとおりに使用している状態では、性能レベルの低下もしくは機能の損失によって製造業者の規定した性能レベルを下回ってはいけません。性能レベルのかわりに、許容性能損失を規定しても許されます。ただし、試験中であれば性能が低下する事は問題としません。実際の動作状態または保存したデータに変化が起こる事は許されません。製造業者が最低性能レベルまたは許容性能損失を設定していない場合、どちらかを製品説明書や文書から設定してもよく、あるいは意図したとおりに使用している状態であれば、ユーザーが供試装置に対して期待する妥当性のあるレベルから設定してもよい。

○ 性能判定基準 C

一時的な機能の損失があっても許されます。その場合、機能が自己回復できる、もしくは制御装置の操作によって回復できる事が条件です。

5.1.2 CISPR 35

○ 性能判定基準 A

機器はオペレータが介入することなく、意図したとおりに動作を継続すること。機器を意図した通りに使用しているとき、製造業者が定めた性能レベルを下回る性能低下、機能の喪失、又は動作状態の変化は許容されない。性能レベルは許容される性能損失に置き換えても良い。製造業者が最低性能レベル、又は許容される性能損失を明記していなければ、このうちいずれかを製品説明書や文書、又は意図したとおりに使用していれば、ユーザが妥当に期待できるレベルから導き出しても良い。

○ 性能判定基準 B

妨害試験中の性能の低下は許される。しかしながら試験後の意図しない実動作状態、又は保存データの変化が起こってはならない。

試験の終了後、機器はオペレータの介入なしに、意図したとおりに継続して動作すること。機器を意図したとおりに使用しているとき、事象を加えた後の性能低下、又は機能の喪失が製造業者の規定した性能レベルまでは許される。性能レベルを性能の許容損失に置き換えても良い。

製造業者が最低性能レベル（又は許容性能損失）、又は回復時間を規定していなければ、このうちいずれかを製品説明書や文書、又はユーザが意図した通りに使用していた機器であれば、妥当に期待できるレベルから導き出しても良い。

○ 性能判定基準 C

自己回復機能があるか、ユーザが製造業者の指示に従って操作することにより機能を回復することができれば、機能の喪失があっても良い。再起動、又は再起動操作は許される。

不揮発性メモリに保存されているか、又はバッテリバックアップによって保護されている情報が失われないこと。

5.2 カップリングクランプの原理と使用例

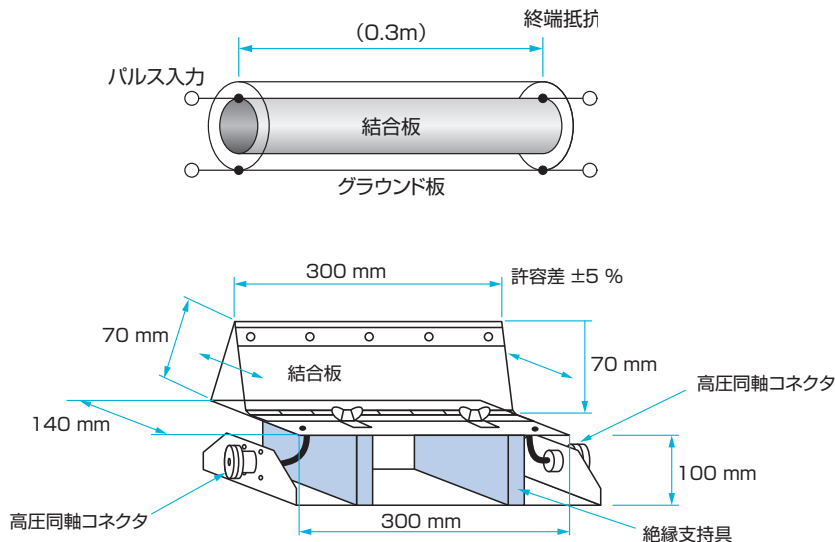
カップリングクランプは容量性結合方式と磁界結合方式の2種類があります。

容量性結合方式は電圧ノイズ印加を目的とした結合方式でありインピーダンスの高い信号ラインに対して有効な印加方式です。しかし、印加されるインパルスノイズは信号ラインのインピーダンス及び信号ケーブルとカップリングクランプ印加部間の浮遊容量に大きく影響される試験となりますので供試装置及び信号ライン毎にインパルスノイズ試験器の印加電圧の適正値を定める必要があります。

CA-805B は同軸ケーブルを拡大し、中心導体を筒状にした構造となっており、同軸ケーブルの中心導体からインパルスノイズを容量結合するカップリングクランプです。CA-805B 内部に終端抵抗は無いので外部で終端する必要があります。終端抵抗は、カップリングクランプの浮遊容量に蓄積した電荷を逃がす目的もあり、接続しないと電圧変化が起こらず、ノイズ試験の効果がなくなります。

15-00014A は CA-805B のノイズの結合度と構造を改善した新しいタイプのカップリングクランプです。

原理は、CA-805B と同様ですがクランプ部分の構造を変更することで、信号ケーブルをより密接した状態にすることができ、ノイズの結合度を向上させると共に、試験時の再現性を向上させています。

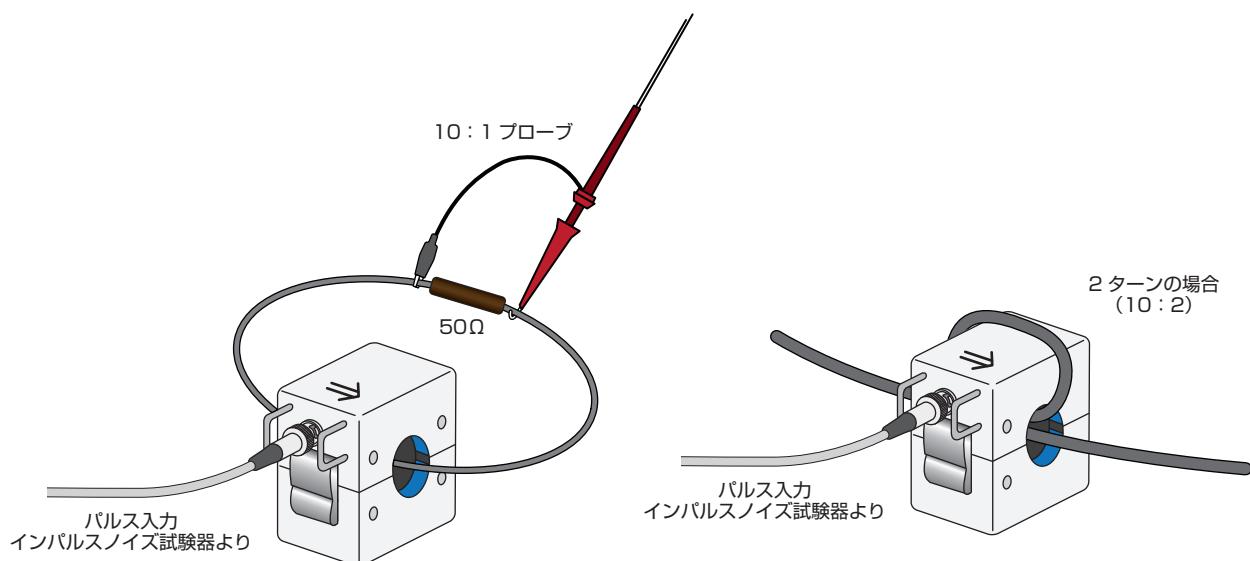


磁界結合方式は電流ノイズ印加を目的とした結合方式であり信号ラインのインピーダンスにあまり影響されない試験となります。

CA-806 の場合、下図接続条件で結合比率は 10:1（インパルスノイズ試験器の印加電圧設定値に対して 1/10 のインパルスノイズが印加される）です。

磁界結合方式のカップリングクランプはトランスの磁気結合と同等に考えることができます。結合比率を変える場合はカップリングクランプに通すケーブルを下図の様な 1 ターンから 2 ターンとすることにより 10:2 の結合比率にすることができます。ただし、この場合印加電圧は上がりますが、ケーブルをターンさせることによるインダクタンスの影響で波形が変化するため注意が必要です。

CA-806 内部には終端抵抗が内蔵されています。



5.2.1 インパルスノイズ試験で使用するカップリング装置について

(1) 背景と概要

インパルスノイズ試験器 INS シリーズは、1970 年代の EMC 黎明期の頃から電源系ノイズの耐性評価をする試験器として用いられてきました。現在の IEC 61000-4 シリーズなどの国際規格が制定される以前の話で、電機メーカーが自主的に試験基準を定め、製品の品質向上に努めていました。この試験は、電源系の伝導性イミュニティの確保が主であるが、信号線に対する耐性評価を実施するためのカップリング装置もラインナップしています。基本的には、信号ケーブルにクランプすることでノイズ印加が可能な構造をとっており、信号線に対するノイズ耐性を手軽に確認することができます。現在販売している表 1 及び図 1 の 2 種類の容量性結合と 1 種類の誘導性結合のカップリング装置の特性と応用例を紹介します。

表 1 カップリング装置の主な仕様とラインナップ

項目	仕様／性能		
	容量性（電界）		誘導性（磁界）
結合方式			
モデル名	CA-805B	15-00014A	15-00007A (CA-806)
最大入力 パルス電圧	4000 V	4000 V	2000 V
入力パルス幅	50 ns ～ 1000 ns		
終端抵抗	内蔵なし		54 Ω
クランプケーブルの 最大直径	20 mm	26 mm	27 mm
電圧結合比	1:1 ¹⁾	1:1 ¹⁾	10:1
外形寸法 (mm) (W × H × D)	350 × 120 × 130 (突起含まず)	350 × 145 × 140 (突起含まず)	89 × 64 × 120 (突起含む)
質量	約 3 kg	約 3 kg	約 1 kg

¹⁾ 高インピーダンス、低容量の条件での理想値



CA-805B



15-00014A



15-00007A (CA-806)

図 1 各種カップリング装置の外観

(2) カップリングアダプタ CA-805B

かなり古くから製品化していたモデルで、高電圧同軸コネクタの変更で現在の B タイプのモデル名となっています。主に信号線への印加を目的としており、信号線を切断することなくクランプすることでコモンモードの印加ができます。

(a) 構造

二重の円筒（シリンダ）構造で、外側のシリンダが仮想のグラウンドで内側のシリンダが結合部となっています（図 2）。このシリンダが上下 2 分割となって開く構造になっています。ケーブル全体に印加するコモンモード結合となるため、試験はカップリングアダプタをグラウンドプレーン上に設置してグラウンド端子をグラウンドプレーンと接続します。結合シリンダは、終端抵抗が無いため、一方の高電圧同軸コネクタにインパルスノイズを注入して、他方の高電圧同軸コネクタをインパルスノイズ試験器本体の終端抵抗に接続します。この終端を行わないと電圧の変化が起こらなくなり試験の効果が無くなります。

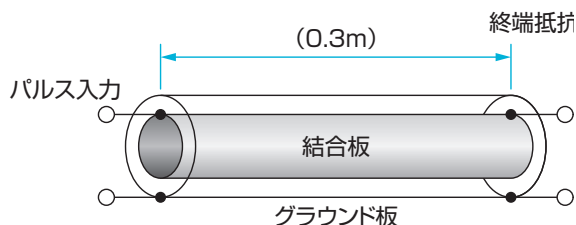


図 2 CA-805B の概略構造

(b) ワイヤへの印加波形の確認

実際の信号線に印加されるインパルスノイズを想定して図3の測定環境でワイヤに誘導する電圧を測定しました。グラウンドプレーンプレーン上にカップリングアダプタ CA-805Bを設置し、グラウンド端子は、直近でグラウンドプレーンに接続します。インパルスノイズ発生器の（終端しない）パルス出力を CA-805B の一方の高圧同軸コネクタに接続し、もう一方の高圧同軸コネクタをインパルスノイズ試験器の終端抵抗に接続します。

誘導される信号線を想定して、1.5 m の単線ワイヤを CA-805B に通し、グラウンドプレーンから高さ 0.1 m 絶縁支持台上に配置します。結合ワイヤは、内側シリンダに密着する様に、テープで固定し、結合ワイヤの両端は、同じ値の負荷抵抗を接続します。負荷抵抗は、低インピーダンスの電源及びパワー系のインピーダンスを想定した 50 Ω と、信号線のインピーダンスを想定した 4.7k Ω の二つを設定しました。電圧測定は、インパルスノイズ注入の反対側の負荷抵抗の両端で行いました。

半導体リレー方式のインパルスノイズ試験器を用いて 1 kV の設定で、パルス幅は、50 ns、200 ns、400 ns、1000 ns で行いました。

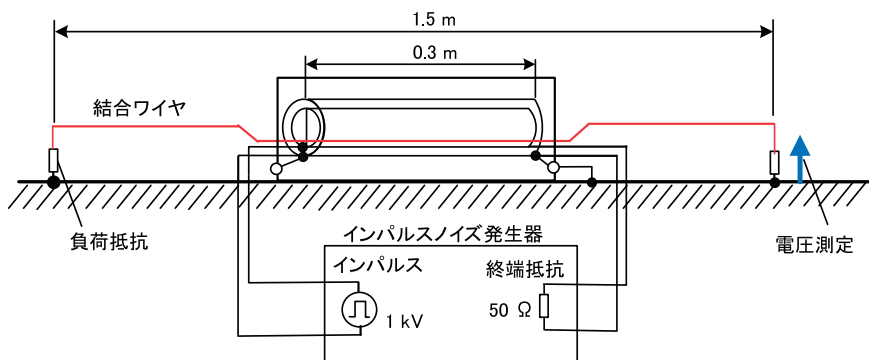


図3 CA-805Bを用いたワイヤ印加の結合電圧の測定方法

図4に、両端の負荷抵抗を50 Ω とした結合ワイヤに誘起する電圧波形を示します。各パルス幅の立ち上がり部で、150 V 程度の電圧が発生し、アンダーシュートの振動が数周期発生しています。また50 ns、100 ns の短いパルス幅では、立ち下り部に負極のパルスが発生しています。

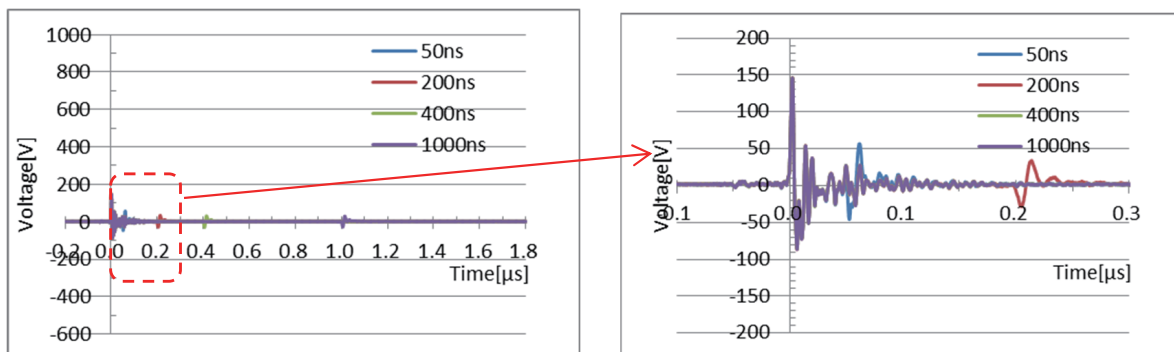


図4 CA-805Bの結合ワイヤに誘起する電圧：負荷抵抗 50 Ω

図5に、両端の負荷抵抗を4.7 k Ω とした結合ワイヤの電圧波形を示します。1 kV の電圧を印加しておよそ 600 V 程度のピーク電圧が観測されています。50 ns の印加パルス幅では、200 V 程度まで方形波が減衰していることが分かります。インパルスノイズの立ち下りでは、-200 V 程度のアンダーシュートが発生して減衰しています。

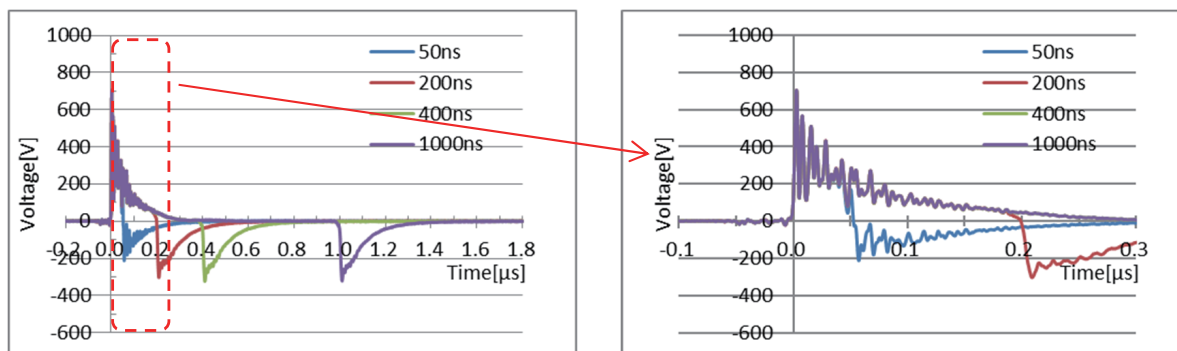


図5 CA-805Bの結合ワイヤに誘起する電圧：負荷抵抗 4.7 k Ω

(3) カップリングクランプ 15-00014A

古くからあるカップリングアダプタ CA-805B を改善したもので、国際規格 IEC 61000-4-4 EFT/B 試験で用いる容量性結合クランプの構造を模擬して、結合部の長さを 1 m から 0.3 m に短縮した構造となっています。次の項目で CA-805B との違いとその特徴を記述します。

尚、本クランプには、IEC 61000-4-4 の容量性結合クランプと同様に、出力波形確認用のクランプ校正治具（15-00005A）をオプションとして用意しています。

(a) 構造

図 6 に構造の概略図を示します。信号線をクランプする上部の結合板は、蝶番を用いた 2 枚の金属版で上下に挟み込む構造で、信号線と密着することで静電容量が増えより高い結合度を得ることができます。インパルスノイズは、この結合板に印加を行います。底面のグラウンド板は、コモンモード印加の基準電位を決定するもので、グラウンドプレーン上に設置するだけでグラウンド接地が完了します。

上部の結合板の長さは 0.3 m で EFT/B 試験で用いる容量性結合クランプより結合容量は 1/3 程度に小さくなるが、短いケーブルや狭い空間のワイヤにも装着することができます。

また結合板とグラウンドプレーンとの高さは、0.1 m としており、一般的な試験に用いる絶縁支持台の高さと一致させています。

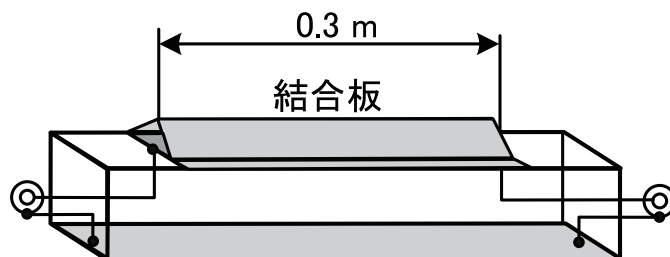


図 6 15-00014A の概略構造

(b) ワイヤへの印加波形の確認

CA-805B の電圧測定の確認と同様に、グラウンドプレーン上にカップリングクランプ 15-00014A を設置し、1.5 m の単線ワイヤをクランプします。結合ワイヤの両側の余り部分は、0.1 m の絶縁支持台に敷設しました（図 7）。

結合ワイヤ両端の負荷抵抗は、それぞれ 50 Ω と 4.7 k Ω に設定しました。インパルスノイズ発生器の（終端しない）パルス出力を 15-00014A の一方の高圧同軸コネクタに接続し、もう一方の高圧同軸コネクタをインパルスノイズ試験器の終端抵抗に接続しました。インパルスノイズは半導体リレー方式を用いて 1 kV の設定で、パルス幅は、50 ns、200 ns、400 ns、1000 ns で行いました。

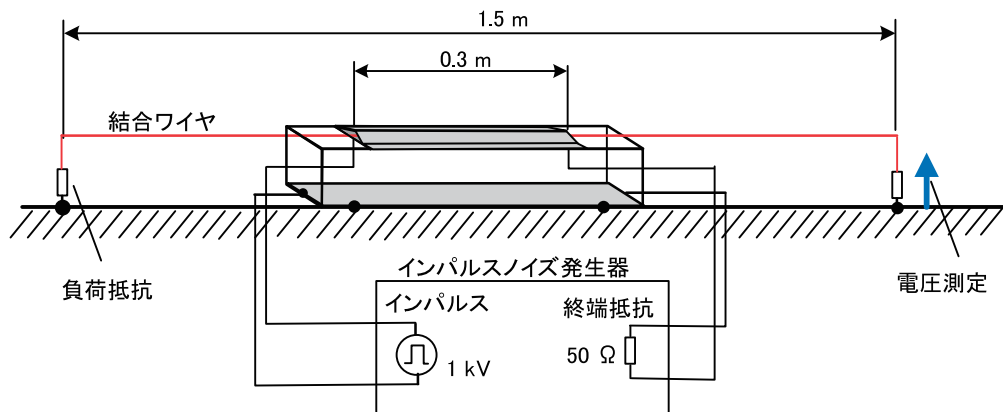


図 7 15-00014A を用いたワイヤ印加の結合電圧の測定方法

50 Ω の負荷抵抗では、立ち上がり時に約 185 V のピーク電圧が観測され、その後 -120 V 程度のアンダーシュートが発生しています（図 8）。50 ns 及び 100 ns のインパルスの立ち下がり部では、負極の -50 V 程度のパルスが発生しています。

なお電圧波形の立ち上がり時間は、50 Ω 負荷では、ほぼインパルスノイズ試験器の立ち上がり時間で立ち上がっています。4.7 k Ω など抵抗値が高くなると寄生容量の影響が大きくなり立ち上がり時間は鈍化してきます。

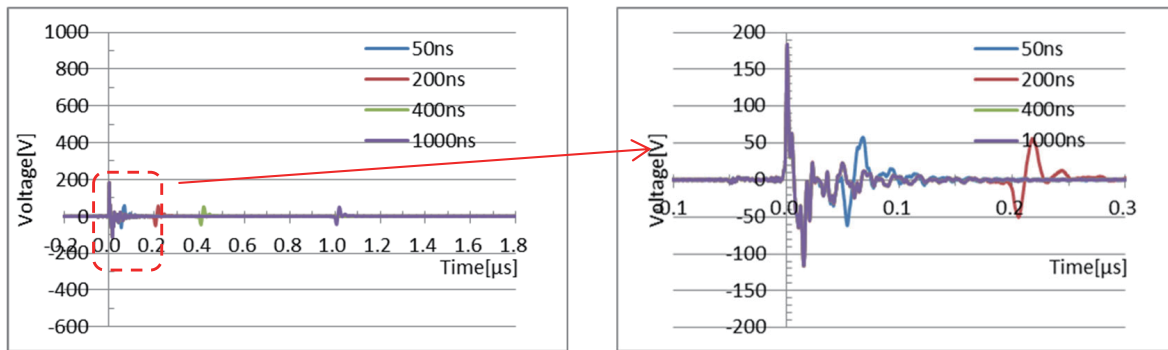


図8 15-00014A の結合ワイヤに誘起する電圧：負荷抵抗 50 Ω

両端の負荷抵抗 4.7 k Ω に印加された電圧波形を示します (図 9 参照)。負荷抵抗の値が大きいため、減衰波形のパルス幅も長くオーバーシュート部分を除けば、約 600 V のピークが観測されています (図 9)。

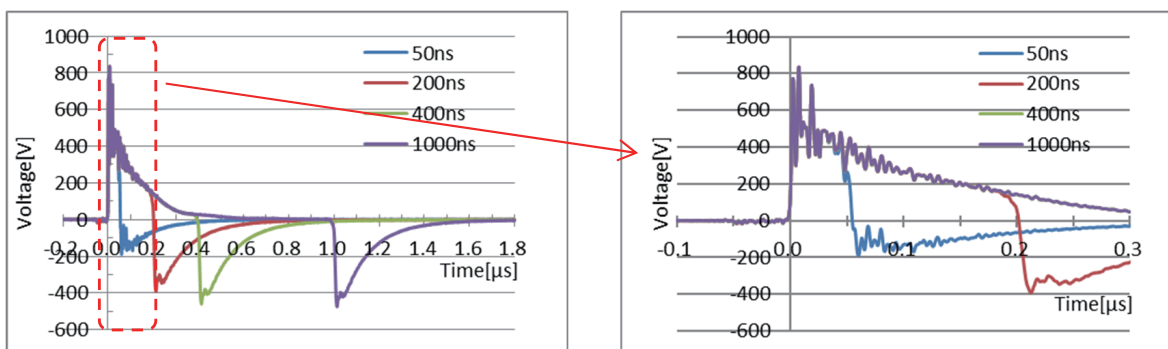


図9 15-00014A の結合ワイヤに誘起する電圧：負荷抵抗 4.7 k Ω

(4) カップリングアダプタ 15-00007A (CA-806)

これまでの 2 つのカップリングアダプタは、容量性結合の構造であるが、このカップリングアダプタは、磁界結合方式のアダプタとなります。コアを分割してケーブルにクランプすることで信号線、電源線にノイズを注入することができます。なおモデル名の CA-806 は、前述の CA-805B と対比するためのサブモデル名となっています。印加電圧の結合比率は、10:1 となっており例えば 1kV のインパルスの入力したときに、このカップリングアダプタに 1 回通した線に、100 V の電圧が発生します。2 ターンの線には、その倍の電圧が発生します。基本的な考えとしては、トランスを想定していればよいです。以前、20:1 の結合比率を持つ CA-803A というクランプがありましたが、その特性の改善と結合度を変更したものです。

(a) 構造

フェライトコアに巻いた 10 ターンの誘導線にインパルスノイズを印加します (図 10)。誘導線のインパルスノイズの入力側には、終端抵抗が接続されています。コアは半分に分断され開閉機構により閉じたときに磁路が密着する構造になっています。

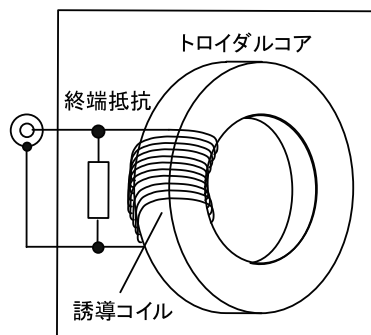


図10 15-00007A (CA-806) の概略構造

(b) ワイヤへの印加波形の確認

1 ターンのワイヤに $50\ \Omega$ の負荷抵抗を接続して、この負荷抵抗に発生する電圧を測定しました (図 11)。この試験の場合は、クランプに貫通するワイヤに対してパルス電圧を与えるもので、ノイズの結合はノーマルモードとなり、グラウンドプレーンプレーンは基本的に不要です。発生するパルス電圧は、結合ワイヤの長さ、負荷抵抗の値に違いに殆ど影響しません。

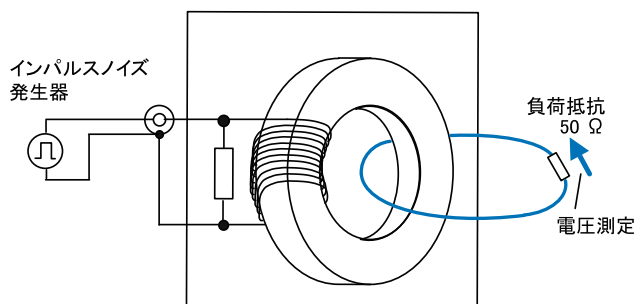
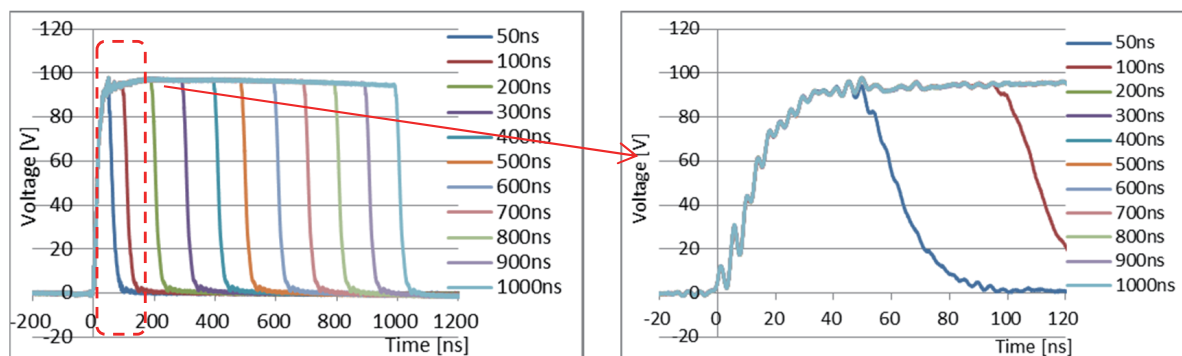


図 11 15-00007A (CA-806) のワイヤに印加する電圧の測定方法

1 kV の 50 ns から 1000 ns パルス幅のインパルスノイズを加え、結合ワイヤの負荷抵抗に発生する波形を図 12 に示します。インパルスノイズの方形波の形が印加されていますが、パルスの立ち上がり時間は、およそ 20 ns に鈍化しています。

図 12 15-00007A の結合ワイヤに誘起する電圧：負荷抵抗 50 Ω

(5) カップリング装置のまとめ

3 種類のカップリング装置について、その構造と結合ワイヤに誘起する電圧を調査し、結合ワイヤに誘起するピーク電圧を表 2 にまとめました。

CA-805B 及び 15-00014A は、コモンモードに対する電圧で、両端の負荷抵抗が $50\ \Omega$ のときは、150 V ～ 185 V のピーク電圧が観測されました。4.7 k Ω 負荷の時は 500 V ～ 600 V（オーバーシュート分を除く）となり、結合容量の大きい 15-00014A の方が、高い電圧を示しています。基本的にインパルス波形の立ち上がりとしち下がりそれぞれ正極と負極の微分波形が表われており、負荷抵抗 4.7 k Ω の高いインピーダンスの方が、幅広い減衰波形となっています。

誘導結合の 15-00007A では、1 kV の印加に対して 94V 程度（結合比 10:1 で 100 V）のピーク電圧が観測され、波形は、インパルスノイズ発生器の方形波の形がそのまま出力されているので、波形のエネルギーは大きいことになります。

表2 カップリング装置で結合ワイヤに誘起されるピーク電圧

モデル名	CA-805B	15-00014A	15-00007A (CA-806)
負荷抵抗			
50 Ω	150 V	185 V	94 V
4.7 k Ω	500 V	600 V	—

(6) カップリング装置を使用した試験

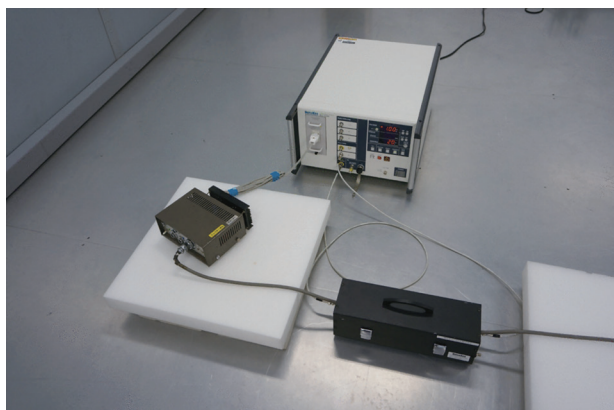
インパルスノイズ試験は、国際規格の対応はなく、日本電機工業会 (JAMA) 「産業用に用いる電気機器の方形波インパルスノイズ免疫試験指針」 JEM-TR177 (2007 年改正、2020 年追補 1) 及び日本電気制御機器工業会 (NECA) 「工業用に使用される電気制御機器の方形波インパルスノイズに対する免疫試験ガイドライン」 NECA TR-28 (2006 年改正) にガイドラインとしての要求があります。前者の試験指針では、CA-805B を用いた信号線の試験、後者のガイドラインでは、CA-805B 及び 15-00007A (CA-806) を用いた信号線の試験法を記述しています。

これらのカップリング装置を用いての試験の位置づけは、定型の規格規定より、フィールドで発生する不具合に対する再現試験としての利用が望まれます。ケーブルをクランプするだけなので、手軽に再現試験を行うことができます。

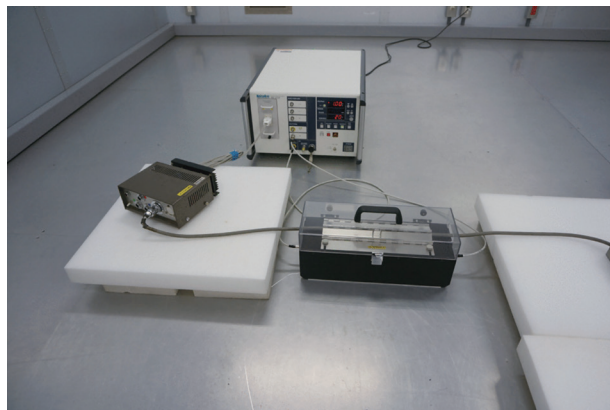
CA-805B、15-00014A は、容量性のコモンモードクランプのため、電圧ノイズ印加を目的とした結合方式でありインピーダンスの高い信号ラインに対して有効な印加方式で、グラウンドプレーンを何処に設定するかが重要となり、大きな装置や機械装置では、ラックやフレームなどをグラウンドプレーンとして接続します。デスクトップ装置のインターフェースケーブルなどでは、アルミ板などを机の上に敷き、仮想グラウンドを設定して試験します。

15-00007A (CA-806) は、電流ノイズ印加を目的とした結合方式であり信号ラインのインピーダンスにあまり影響されず、またグラウンドを気にせず狙ったワイヤにクランプして試験を行うことができます。

信号ケーブルに印加するときは、ケーブルの束全体をクランプする方法と、束の中の1線だけクランプする方法があります。通常外来ノイズは、ケーブルの束全体に結合するコモンモード結合が主であるが、一線だけに印加することで、ノーマルモード的な印加になります。



信号ポートへの試験例 (CA-805B)



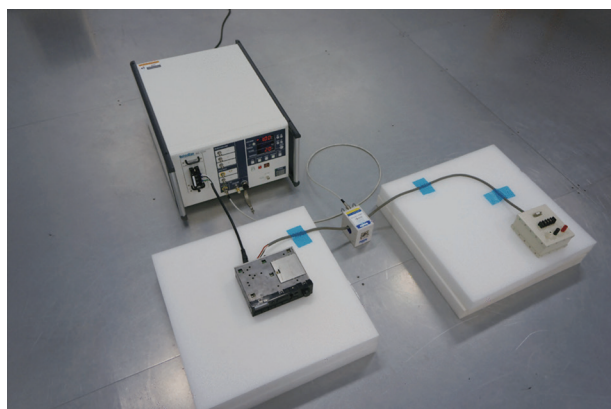
信号ポートへの試験例 (15-00014A)



信号ポートへの試験例 (15-00007A (CA-806))



信号ポートへの試験例 (15-00007A (CA-806))



信号ポートへの試験例 (15-00007A (CA-806))
※グラウンドプレーン上の設置は基本的には不要

図 13 各種カップリング装置の信号ポートへの試験例

5.3 ラディエーションプローブ、ノイズ印加プローブについて

ラディエーションプローブ (Model: 01-00006A (φ 50), 01-00007A (φ 75), 01-00008A (φ 100), 01-00009A (φ 150), 01-00010A (φ 200)) は、プリント基板や、電子装置に高周波磁界を局所的な場所に印加して、誤動作の評価を行うものです。インパルスノイズ試験器の 50 Ω 終端抵抗を接続した出力に接続します。印加する領域により φ 50 ～ φ 200 の各モデルを選択します。磁界が発生する領域はループの内側のみで、中心部が強い磁界となります。

磁界強度については、近傍での印加となり、また様々な周波数成分が含まれるため、絶対的な磁界強度では表現できません。磁界が主な成分ですが電界成分も含まれます。

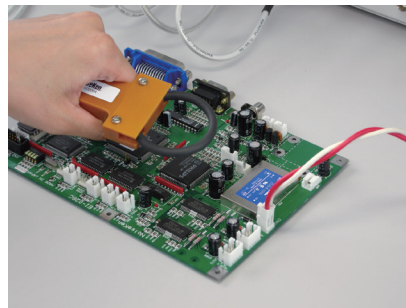


図 14 ラディエーションプローブ

ノイズ印加プローブ (Model: H2-B) は、プリント基板や、電子装置に高周波の電界、または磁界を局所的な場所に印加して、誤動作の評価を行うものです。インパルスノイズ試験器の 50 Ω 終端抵抗を接続した出力に接続します。

プローブは印加する領域により選択します。

電界強度および磁界強度については、近傍での印加となり、また様々な周波数成分が含まれるため、絶対的な強度では表現できません。

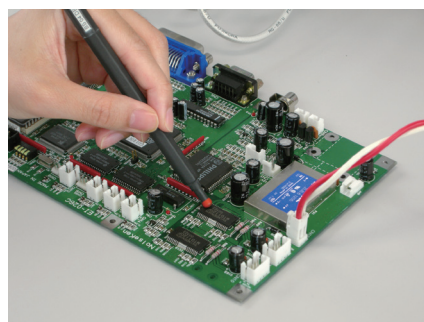
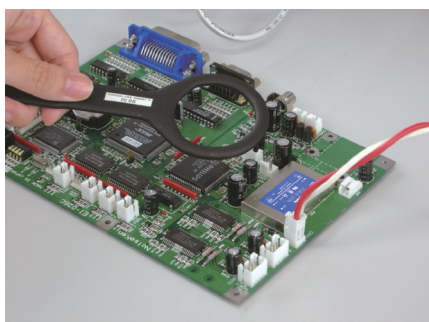
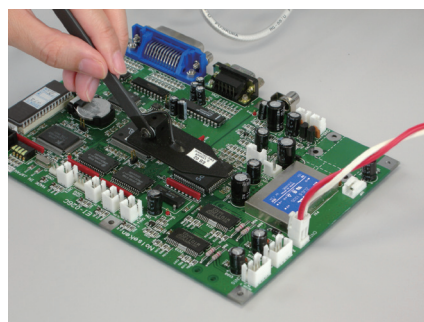


図 15 ノイズ印加プローブ (H2-B)

5.3.1 ラディエーションプローブの特性と使用例

(1) 背景と概要

インパルスノイズ試験器 INS シリーズは、1970 年代の EMC 黎明期のころから電源系ノイズを耐性評価する試験器として用いられてきました。現在の IEC 61000-4 シリーズなどの国際規格が制定される以前の話で、電機メーカーが自主的に試験基準を定め、製品の品質向上に努めていました。ノイズ耐性評価は、国際規格、業界基準の限度値をクリアすることで、一定レベルの社会の安心安全を確保する目的と、市場で発生した不具合現象を確認・再現させて製品の品質改善を向上させる目的があります。インパルスノイズ試験は、基本的に電源系にノイズを注入して製品のノイズ耐性を確認することが主流であるが、ノイズ耐性試験としては、信号線や筐体、また内部の回路基板から入るノイズもあります。ここで紹介するラディエーションプローブは、後者の製品やプリント基板の近傍磁界による誤動作箇所を特定する目的で製品化されました。当初は、直径 5 cm のサイズだけでしたが、その後、直径 30 cm までのものをリリースしています。このラディエーションプローブによるノイズ評価法は、製品の筐体、信号線、電源線に電磁界を与える放射系のノイズ試験になりますが、IEC 61000-4-3 の様な遠方界の電磁界ではなく、製品の極近傍で印加となるため、ノイズに弱い部分を特定する目的と、近傍印加による強磁界を与える目的があります。

表 3 ラディエーションプローブの主な仕様とラインナップ

項目	仕様／性能
最大入力パルス電圧	4000 V
入力パルス幅	50 ns ～ 1000 ns
ループ径	01-00006A: Φ 50 mm 01-00007A: Φ 75 mm 01-00008A: Φ 100 mm 01-00009A: Φ 150 mm 01-00010A: Φ 200 mm 01-00031A: Φ 250 mm 01-00050A: Φ 300 mm
ケーブル長	2 m
質量	約 180 g ～ 220 g
終端抵抗	内蔵なし



図 16 ラディエーションプローブ

(2) 構造

先端のループは、太さ Φ 6 mm の銅パイプの 1 ターン構造になっていて、同軸ケーブルの HOT とグラウンドが両端に接続された単純な構造となっています。ループの大きさは、それぞれ仕様の直径（パイプの中心径）となっている。直流の見方では短絡状態ですが、高周波パルスであるインパルスノイズ波形では、インピーダンスのある電気回路となります。試験を実施するときは、インパルスノイズ試験器の出力を 50 Ω 終端して接続します。

(3) 電流及び発生磁界

パルス発生源となるインパルスノイズ試験器は、2021 年以降、水俣条約により水銀リレーを使用した従来からあるインパルスノイズ試験器が販売できなくなり、ノイズ研究所では、水銀リレーに代わる半導体リレー方式のインパルスノイズ試験器をリリースしています。出力するインパルスノイズにもそれぞれ特徴があり、ラディエーションプローブから発生する磁界にも違いがあります。本報告では、両方の発生器の違いも含めて報告します。水銀リレー方式と半導体リレー方式のインパルスノイズ発生器の主な仕様を表 4 に示します。

表 4 水銀リレー方式と半導体リレー方式のインパルスノイズ試験器の違い

項目	水銀リレー方式	半導体リレー方式	備考
パルス幅	50 ns ～ 1000 ns	50 ns ～ 1000 ns	
出力電圧	4 kV max	4 kV max	
立ち上がり時間	1 ns 以下	3 ns 以下	
立ち下り時間	パルス幅に依存	基本的に一定	規定なし

ラディエーションプローブは各種の大きさがありますが、代表として 5 cm (01-00006A) 及び 20 cm (01-00010A) のモデルで特性を比較しました。

(a) 電流測定

ループに流れるインパルスノイズのパルス電流を測定しました。ループに貫通タイプの電流プローブを取り付けて電流波形を観測しました。インパルスノイズ試験器は、パルス出力を終端抵抗（50 Ω 系）で終端したものをラディエーションプローブに接続しています（図 17）。

なお電流プローブの周波数帯域の上限は 1 GHz となっています。インパルスノイズ試験器として水銀リレー方式は、INS-4040 を用い、半導体リレー方式は、INS-S220 をそれぞれ用いました。インパルスノイズ試験器の出力電圧は、+1 kV の設定とし、50 ns、100 ns、200ns、400 ns、1000 ns の各パルス幅で測定しました。

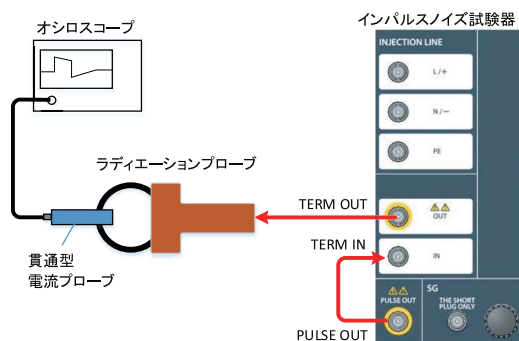


図 17 ラディエーションプローブの接続と電流測定

(i) 水銀リレー方式のインパルスノイズ試験器

水銀リレー方式のインパルスノイズ試験器を用いた $\Phi 5$ cm ラディエーションプローブの電流波形を図 18 に、 $\Phi 20$ cm を図 19 にそれぞれに示します。

水銀リレー方式のインパルスノイズ試験器では、電流波形が減衰振動波となっています。右の時間軸を拡大した電流波形を見ると、水色の波形が 1000 ns パルス幅のインパルスを加えたときのものです。1 μ s の半周期で正極、負極を繰り返していることが分かります。他のパルスも設定したパルス幅で振動が発生しています。これは、インパルスノイズの出力インピーダンスとラディエーションプローブのインピーダンスが一致していないことから反射が発生し、そのエネルギーがインパルスノイズ試験器の同軸ケーブルに戻って充電し、また放電する動作を繰り返すことによって発生しています。

縦軸は、電流値 (A) であり、 $\Phi 5$ cm の方が僅かに高い電流値になっています。

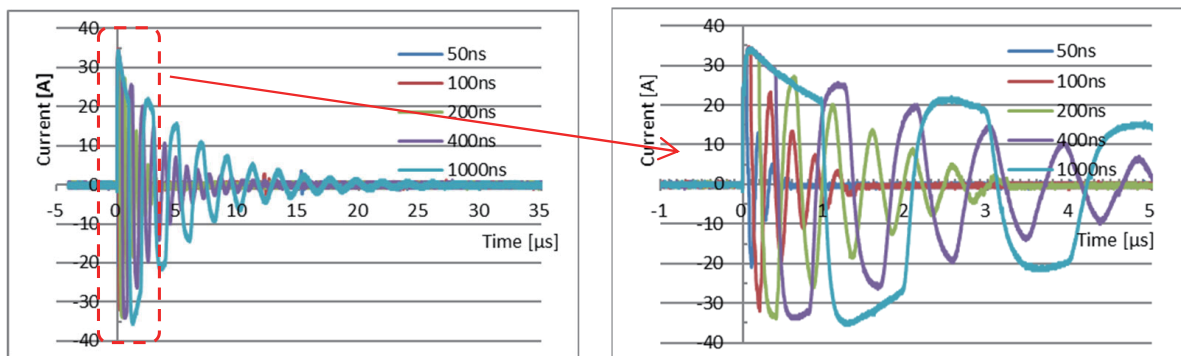


図 18 $\Phi 5$ cm ラディエーションプローブの接続と電流測定 (水銀リレー)

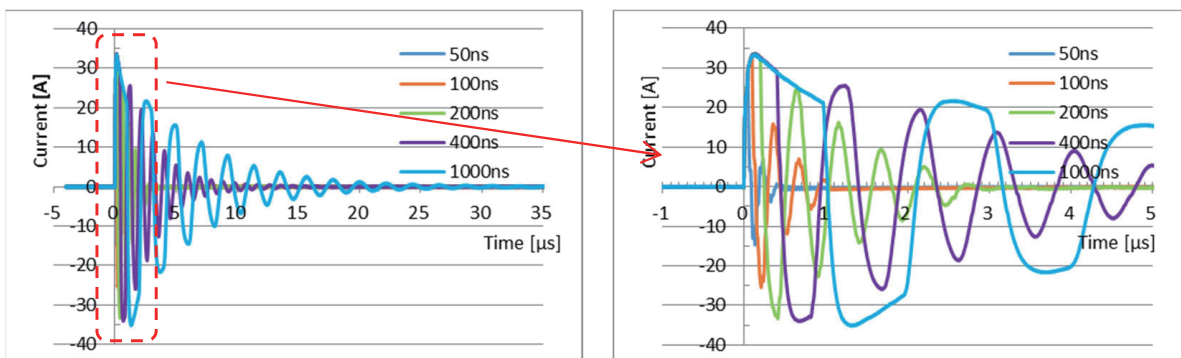


図 19 $\Phi 20$ cm ラディエーションプローブの接続と電流測定 (水銀リレー)

(ii) 半導体リレー方式のインパルスノイズ試験器

半導体リレー方式のインパルスノイズ試験器を用いた $\Phi 5$ cm と $\Phi 20$ cm の電流波形を図 20 及び図 21 にそれぞれ示します。半導体リレー方式の場合には、インパルスノイズのパルス幅がそのまま電流となっています。方形波波形の平坦部にサグが発生しているのと、立ち下り部のアンダーシュートが出ているが、すぐに収束しています。半導体リレー方式は、指定のパルス幅を出力後、半導体スイッチをオフにしているため、アンダーシュートが発生した後に振動が発生せず収束します。 $\Phi 5$ cm と $\Phi 20$ cm のラディエーションプローブのピーク電流は、それぞれ 36 A 程度で同じとなっています。

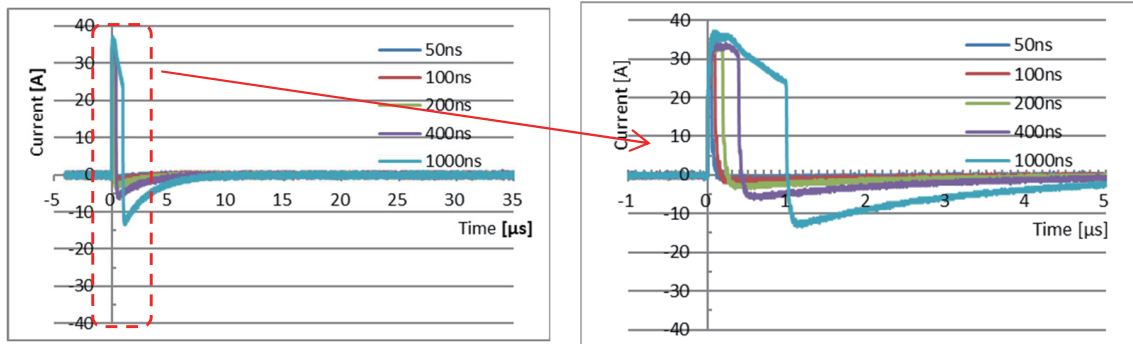


図 20 Φ 5 cm ラディエーションプローブの接続と電流測定 (半導体リレー)

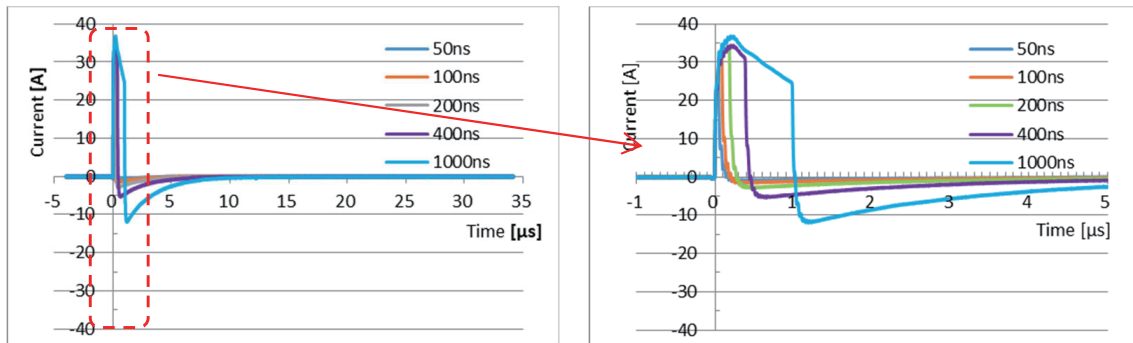


図 21 Φ 20 cm ラディエーションプローブの接続と電流測定 (半導体リレー)

(b) 磁界測定 (先端磁界測定)

ラディエーションプローブの先端部を ETS-LINDGERN 7405-901 の磁界プローブを用いて測定しました。この磁界プローブは、電界成分をキャンセルして磁界だけを検出する 5 cm のワンターンシールドドループ構造で、EUT に印加する距離を想定して 1 cm の距離において誘起電圧を測定しました (図 22)

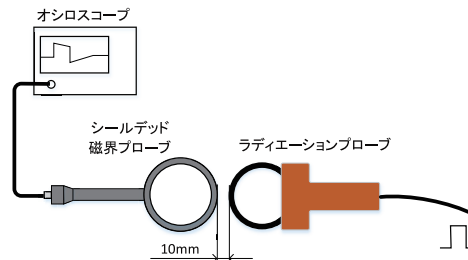


図 22 先端磁界の測定

(i) 水銀リレー方式のインパルスノイズ試験器

測定した誘導電圧の波形を図 23 及び図 24 に示します。グラフの縦軸は、この磁界プローブの出力をオシロスコープで 50 Ω 終端した測定電圧で相対値となります。図 23 の Φ 5 cm のラディエーションプローブでは、インパルスの立ち上がりで、各パルス幅とも 10 V 弱のピーク電圧を検出し、その後若干の振動波形となって減衰しています。各パルス幅とも立ち下りの時点で、マイナス方向のパルスが観測されています。このマイナス方向のパルスのパルス幅は、パルス幅が短いほど大きい振幅となっています。これは水銀リレー方式インパルスノイズ試験器の立ち下り時間が、パルス幅の増加に伴って鈍化するために発生する現象で、発生磁界はラディエーションプローブの電流の微分波形となり、立ち下がりの鈍化で発生磁界の振幅が小さくなっています。図 24 の Φ 20 cm では 15 V 程度のピーク電圧が発生し、全体的に振幅が大きくなっている。また立ち上がりが急峻となっています。

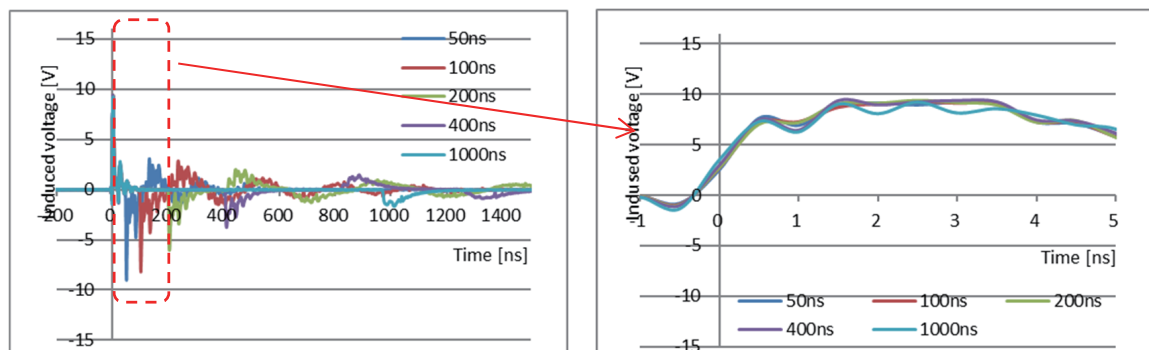


図 23 Φ 5 cm ラディエーションプローブの先端磁界誘導電圧波形 (水銀リレー)

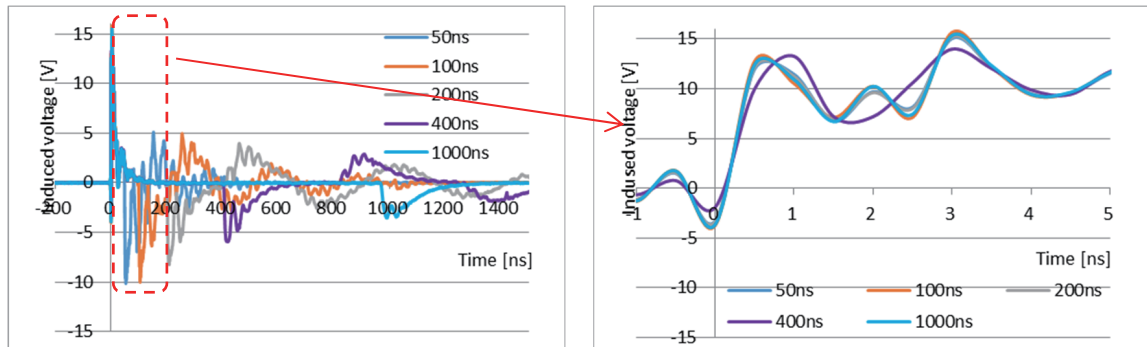


図 24 Φ 20 cm ラディエーションプローブの先端磁界誘導電圧波形(水銀リレー)

(ii) 半導体リレー方式のインパルスノイズ試験器

半導体リレー方式のΦ 5 cm のラディエーションプローブの誘導電圧を図 25 に、Φ 20 cm を図 26 に示します。半導体リレー方式の特徴は、パルスの立ち下がり部分の振幅がパルス幅に依存せず一定の振幅になっています。これは半導体リレー方式の立ち下がり特性が一定なことが理由となります。立ち上がり部のピーク振幅の傾向は、水銀リレー方式と似ている傾向となります。

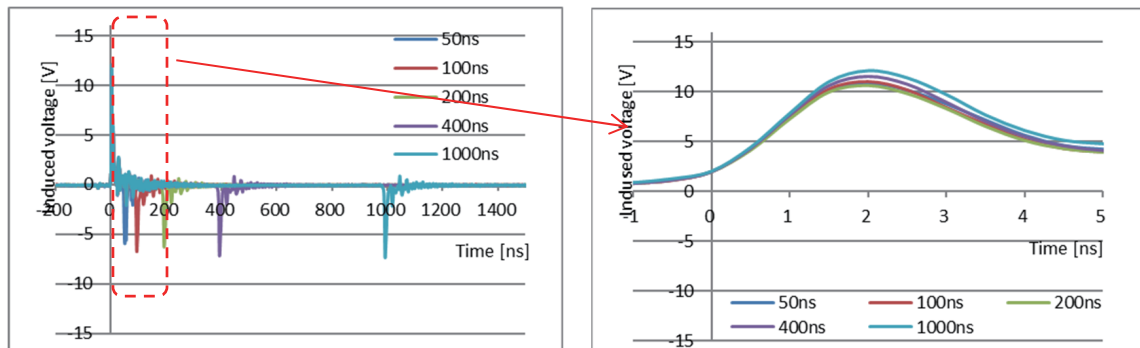


図 25 Φ 5 cm ラディエーションプローブの先端磁界誘導電圧波形（半導体リレー）

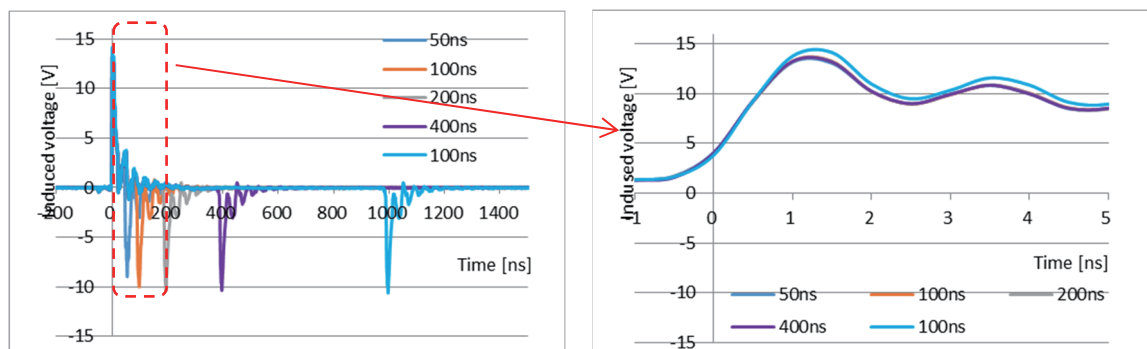


図 26 Φ 20 cm ラディエーションプローブの先端磁界誘導電圧波形（半導体リレー）

(c) 磁界測定（面の磁界測定）

同じ磁界プローブを用いて 1 cm 離れた平行した面での誘導電圧を測定しました(図 27)。Φ 20 cm のラディエーションプローブは、中心に磁界プローブを設置しました。

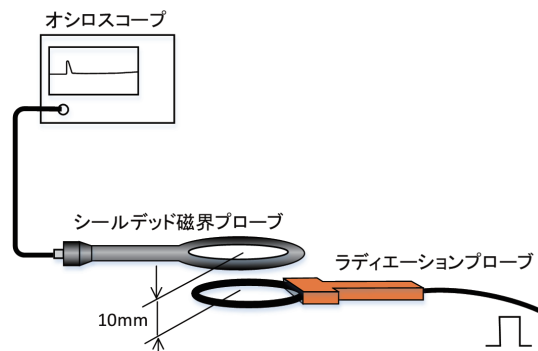


図 27 面磁界の測定

(i) 水銀リレー方式のインパルスノイズ試験器

図 28 の $\Phi 5\text{ cm}$ のラディエーションプローブでは 60 V のピークを示しています。図 29 の $\Phi 20\text{ cm}$ のラディエーションプローブでは、 28 V 程度と低くなっています。これは、 $\Phi 5\text{ cm}$ のラディエーションプローブでは発生磁界の全面を磁界プローブでカバーしているが、 $\Phi 20\text{ cm}$ のラディエーションプローブでは、発生磁界の中央部の $\Phi 5\text{ cm}$ の領域しか測定していないことが理由となります。

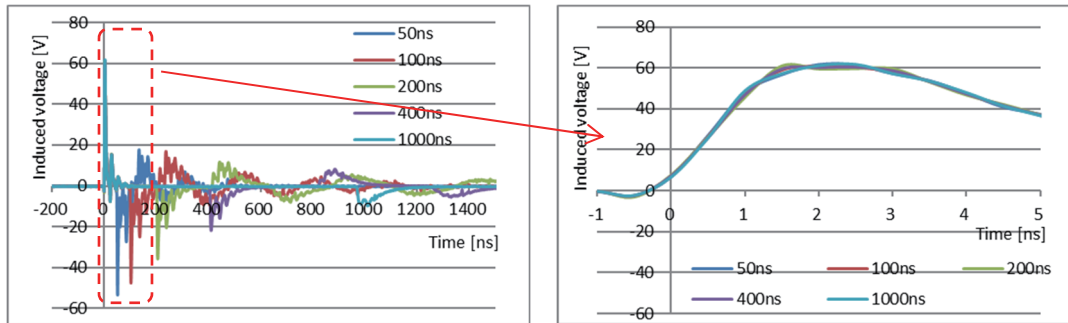


図 28 $\Phi 5\text{ cm}$ ラディエーションプローブの面磁界の誘導電圧波形（水銀リレー）

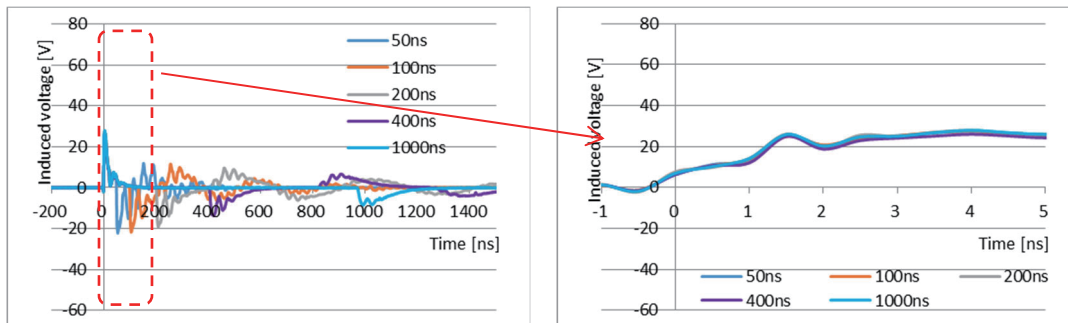


図 29 $\Phi 20\text{ cm}$ のラディエーションプローブの面磁界の誘導電圧波形（水銀リレー）

(ii) 半導体リレー方式のインパルスノイズ試験器

半導体リレー方式の $\Phi 5\text{ cm}$ のラディエーションプローブの誘導電圧を図 30 に、 20 cm のラディエーションプローブを図 31 に示します。 $\Phi 5\text{ cm}$ では、 70 V 程度のピーク電圧となって水銀リレー方式より若干高い値となっている。 $\Phi 20\text{ cm}$ では、 28 V と水銀リレー方式と同等となっています。

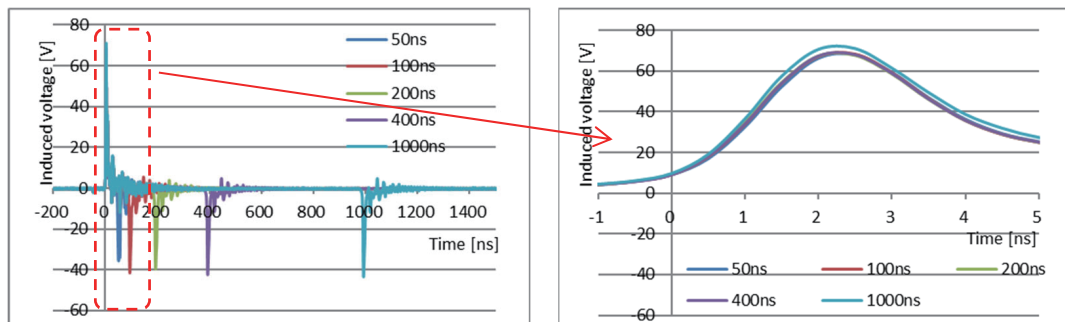


図 30 $\Phi 5\text{ cm}$ ラディエーションプローブの面磁界の誘導電圧波形（半導体リレー）

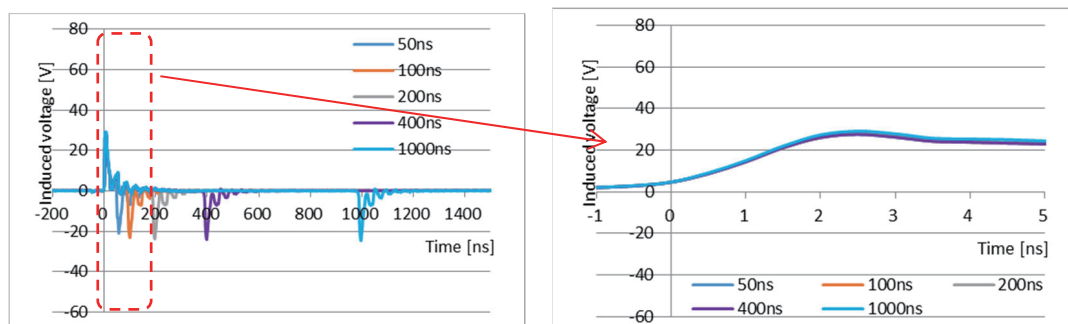


図 31 $\Phi 20\text{ cm}$ のラディエーションプローブの面磁界の誘導電圧波形（半導体リレー）

(d) 磁界強度と磁界分布

ワンターンループの磁界強度をループに流れるピーク電流から算出してみました。図 18 ～図 21 のピーク電流は、およそ 35 A 程度となり、 Φ 5 cm の中心のピーク磁界は、約 350 A/m、 Φ 20 cm では約 87.5 A/m となります。

弊社空間電磁界可視化装置 EPS-02 を用いて Φ 20 cm のラディエーションプローブの磁界分布を測定しました。磁界プローブは、ETS-LINDGREN の 7405-902B (プローブループ径 3 cm) を使用して測定しました。インパルスノイズ試験器で発生するパルス磁界は、スペクトラムアナライザでは一度に検出できていないため、繰り返し測定を行い、マックスホールド状態でスペクトラムが一定レベルに飽和するまで測定した結果です。

図 32 にその測定結果を示します。測定条件は、測定周波数範囲 10 MHz ～ 1 GHz、インパルスノイズのパルス幅 1000 ns、出力電圧 0.5 kV としました。磁界プローブは、ラディエーションプローブと平行にしているので、面に対して垂直の磁界を測定しています。

ループの内側の磁界は、均一で強度が強くループの外側は弱くなっています。周波数スペクトラムは、500 MHz 程度で減衰しています。

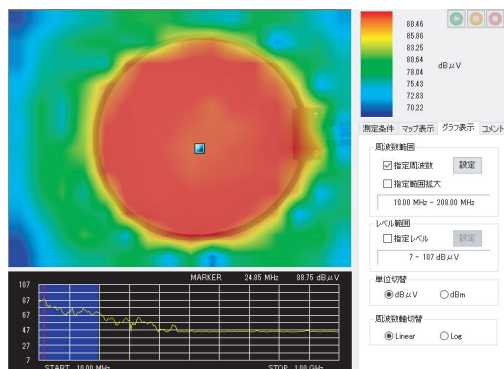


図 32 Φ 20 cm ラディエーションプローブの磁界分布図

(4) ラディエーションプローブのまとめ

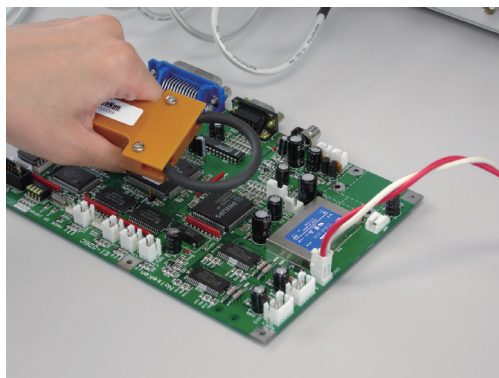
ラディエーションプローブの概要とデータを示した。これまでのデータを次にまとめます。

- ・水銀リレー方式と半導体リレー方式のインパルスノイズ試験器では、発生磁界特性が異なります。
- ・インパルス波形の立ち上がり部に大きな磁界が発生し、立ち下がり部にも反対極性の磁界が発生する。インパルスノイズのパルス幅によって、この両極性の磁界の発生時間間隔が異なります。
- ・ラディエーションプローブの先端部よりループの面に大きな垂直磁界が発生します。
- ・大きいループ面のラディエーションプローブは、全体に均一磁界を与えるが、小さいループ径は、強磁界を部分的に与えます。
- ・周波数スペクトラムは、500 MHz 程度が上限となります。

(5) ラディエーションプローブを用いた試験

国際規格に従った基本的なノイズ試験をクリアした製品がフィールドで不具合が発生した場合、更に試験レベルを上げて再試験を実施し、再現ができればその試験の現象を元に原因検討することができるが、通常の試験では製品の弱い部分を特定することはできません。このためラディエーションプローブを用いて弱い部分を特定することが一つの目的となります。また筐体の中のプリント基板、ワイヤーハーネスなどの一部分に印加することで、回路の弱い部分を特定することができます。

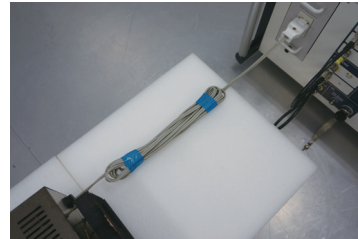
もう一つの目的は、部分的に強磁界を発生することができることから、通常の放射免疫試験では再現できない強い試験レベルの印加をして不具合再現を試みることです。近傍での印加なので、磁界の絶対強度など定量性は求められないが、高周波の強磁界を部分的に実施することができます。なおラディエーションプローブは、シールド構造ではないので、電界成分も発生しています。



ラディエーションプローブの使用例

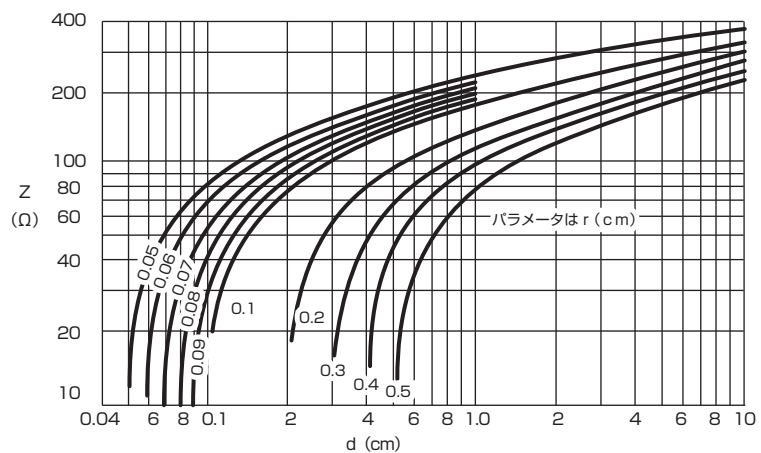
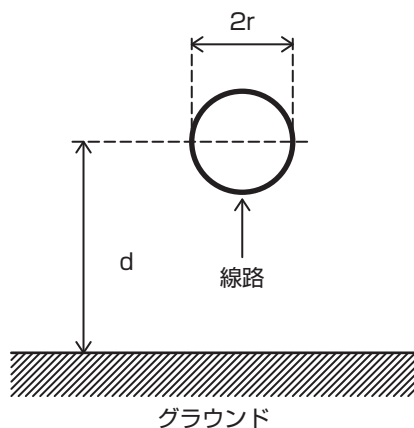
5.4 電源線長について

CDN あるいはクランプから供試装置までのケーブル長は、なるべく短くする (50 cm 程度) ことが望まれます。長いケーブルで試験した場合、ケーブルの配置を同じにするのが難しく、ケーブルの特性インピーダンスが不安定になり、再現性や定量性を一定に保つことが困難となります。したがって、試験対象ケーブルが長い場合は 50 cm 程度になるよう切断して試験するのが最適です。ケーブルが切断できない場合には、下図のように 50 cm 程度の長さになるよう折りたたみ束ねて処理します。



5.5 絶縁支持台の必要性について

インパルスノイズ試験は、グラウンドプレーンを基準に印加していますので、供試装置や補助機器、ケーブルはグラウンドプレーンとは絶縁されている必要があります。ただし、インパルスノイズには高周波成分が含まれているため、絶縁される距離 (グラウンドプレーンからの高さ) によって、その線路の特性インピーダンスの値が異なります。



一般に、グラウンドプレーンに近付くとインピーダンスが下がり、遠ざかると上がります。線路の特性インピーダンス Z_0 は、以下の式で表されます。

$$Z_0 = 138 \log \left(\left(d + \sqrt{d^2 - r^2} \right) / r \right)$$

例えば絶縁支持台を使用しない場合、ケーブルの特性インピーダンスは以下の表のようになります。

高さ d(mm)	特性インピーダンス Z(Ω)	反射係数 Γ
0.7	52.0	0.015
1.0	78.9	0.192

(半径 $r = 0.5 \text{ mm}$ の場合)

この 0.5 ~ 0.7 mm の場合、試験器の出力インピーダンス 50 Ω に対しての伝送線路のインピーダンス整合は良い条件になりますが、ケーブルの高さがわずかに 0.3 mm 動くだけで反射係数が 10 倍以上変化します。この変化は非常にシビアであり、試験の再現性を期待することはできません。

一方、絶縁支持台を使用してケーブルをグラウンドプレーンから 10 cm 離れた場合、ケーブルの特性インピーダンスは以下の表のようになります。

高さ d(mm)	特性インピーダンス Z(Ω)	反射係数 Γ
95.0	356.0	0.739
100.0	359.1	0.741

(半径 $r = 0.5 \text{ mm}$ の場合)

この場合は、前の条件より特性インピーダンスが高くなり、試験器の 50 Ω 出力インピーダンスとの整合は悪くなります。しかし、ケーブルの高さが 5 mm 変化しても反射係数はほとんど変化せず、再現性のある試験結果を得ることができます。

【解説】

古いインパルスノイズ試験の試験方法の解説やガイドラインでは、EUT 側の電源ケーブルおよび信号ケーブルをグラウンドプレーンに這わせて試験を行っている場合がありますが、試験の再現性を向上させるため、および印加したノイズを十分に EUT 側に暴露させるために、現在は EUT 側の電源ケーブルおよび信号ケーブルは、グラウンドプレーンより 10 cm 浮かせた状態にして試験を実施することを推奨しています。

5.6 記述例

株式会社ノイズ研究所の記述例を以下に示します。

○ サンプル①：電源線に対しての印加

REP. No. 20XX-9999
2 OF 12 PAGES

概要

試験名称： 方形波インパルスノイズ試験
試験規格： 製造者規格
試験法： 製造者規格
試験結果：

PASS

試験年月日： 20XX/09/19
依頼者： 株式会社 ○○○○
住所： 〒123-4567
○○県○○市○○1-2
Tel: 111-222-3333 Fax: 444-555-6666

製品名： ○○○○電源装置
Model： BB1234-5678S9
Serial： XX001-001 (1 台目)
 XX002-002 (2 台目)
 XX003-003 (3 台目)

使用クロック周波数： 0.1 MHz
電源電圧： AC 100V (60Hz)
相： 単相

試験施設所在地： 株式会社ノイズ研究所 テストラボ船橋
〒274-0054 千葉県船橋市金堀町 69

ノイズ研究所 試験エンジニア： Noise Jiro
Engineer Test Lab Funabashi

TEST REPORT

方形波インパルスノイズ試験

株式会社 ○○○○

○○○電源装置
Model： BB1234-5678S9
Serial： XX001-001 (1 台目)
 XX002-002 (2 台目)
 XX003-003 (3 台目)

Rep. No. 20XX-9999
1 of 12 pages

試験日： 20XX/XX/XX
発行日： 20XX/XX/XX

Noise Taro
Laboratory Manager Test Lab Funabashi

株式会社 ノイズ研究所
千葉県船橋市金堀町 69
TEL： 047-457-2496 FAX： 047-457-2484

このレポートは、今回試験したサンプルに対してのみの結果である。
無断複製禁止

REP. No. 20XX-9999
3 OF 12 PAGES

供試品情報

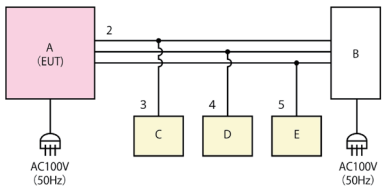

供試品外観

製品名： ○○○○電源装置
Model： BB1234-5678S9
Serial： XX001-001 (1 台目)
 XX002-002 (2 台目)
 XX003-003 (3 台目)

EUT タイプ： 装置内蔵型
動作モード： 通常動作
動作モードの説明： 3つの出力ポートに電子負荷を接続し、それぞれDC24V (7A) / DC12V (5A) / DC5V (2A) を定電流モードで出力している状態。
なお、各々の電圧値はアナログテスターおよびアナログ電圧計で
観測する。

REP. No. 20XX-9999
4 OF 12 PAGES

供試品情報

システム構成：

《使用機器》
A： 機器名称 ○○○○電源装置
メーカー 株式会社 ○○○○
Model BB1234-5678S9
Serial XX001-001 (1 台目) / XX002-002 (2 台目) / XX003-003 (3 台目)
備考 EUT

B： 機器名称 電子負荷装置
メーカー △△△△
Model ABC-123456-789Z
Serial BB-1234
備考 -

C： 機器名称 アナログテスター
メーカー ××××
Model XYZ-987654-321A
Serial CC-1234
備考 DC12V 絶測用

供試品情報

D:	機器名称	アナログ電圧計
	メーカー	□□□□
	Model	-
	Serial	DD-1234
	備考	DC24V 観測用
E:	機器名称	アナログ電圧計
	メーカー	□□□□
	Model	-
	Serial	EE-1234
	備考	DC5V 観測用

供試品情報

《使用ケーブル》	
1:	ケーブル名称 AC 電源ケーブル
	長さ[m] 2.0m
	シールド有無 無
	備考 -
2:	ケーブル名称 電子負荷接続用ケーブル
	長さ[m] 1.5m
	シールド有無 無
	備考 DC24V 用/DC12V 用/DC5V 用
3:	ケーブル名称 電圧測定用ケーブル
	長さ[m] 1.2m
	シールド有無 無
	備考 DC12V 観測用
4:	ケーブル名称 電圧測定用ケーブル
	長さ[m] 0.75m
	シールド有無 無
	備考 DC24V 観測用
5:	ケーブル名称 電圧測定用ケーブル
	長さ[m] 0.75m
	シールド有無 無
	備考 DC5V 観測用

使用機器

《試験用途》	
インパルスノイズ試験器	NoiseKen
Model	INS-4001
Serial	INS20XXYY
Last Cal.	20XX/XX
Cal. Int.	1 Year(s)

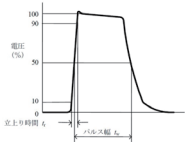


インパルスノイズ試験器

《位相角確認用途》		
オシロスコープ	Tektronix	
Model	ZZ55667788	
Serial	PPQ123456	
Last cal.	20XX/XX	
Cal. int.	1 Year (s)	
高電圧プローブ	Tektronix	
	Model	HH6883311
	Serial	-
	Last cal.	-
	Cal. int.	-

試験条件

試験規格:	製造者規格
試験方法:	製造者規格
試験台数:	3 台
印加ポート:	電源ポート (AC 100V)
試験レベル:	4.0 kV
極性:	± および -
パルス幅:	1000 ns
パルス立ち上がり:	1 ns 以下
繰り返し周波:	16.7 ms (60 Hz)
印加位相角:	90 °
印加時間:	2 分



パルス波形

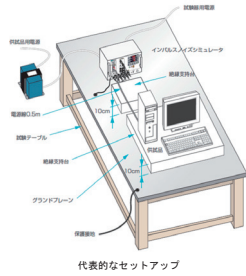


パルス繰り返し波形

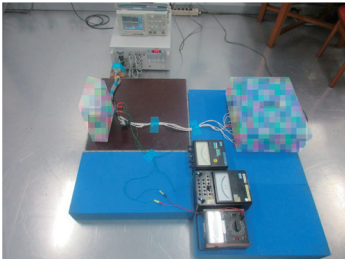
試験環境

施設： シールドルーム No.3
温度： 23℃ ～ 24℃
湿度： 52% ～ 55%
絶縁支持台高さ： 10 cm

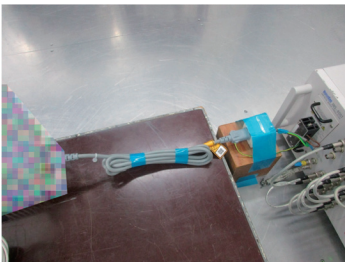
試験セットアップ:



写真

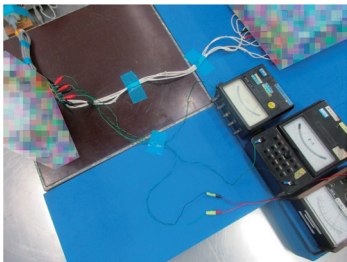


セットアップ



AC電源接続状況

写真



配線状況

性能判定基準

誤動作および破壊がなく、電圧が安定して出力されていること。

試験結果

(Serial No. XX001-001)

印加モード	ノーマルモード						コモンモード					
印加端子	L-N		L-PE		N-PE		L-GND		N-GND		PE-GND	
極性	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
試験レベル	4.0kV ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲											

(Serial No. XX002-002)

印加モード	ノーマルモード						コモンモード					
印加端子	L-N		L-PE		N-PE		L-GND		N-GND		PE-GND	
極性	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
試験レベル	4.0kV ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲											

(Serial No. XX003-003)

印加モード	ノーマルモード						コモンモード					
印加端子	L-N		L-PE		N-PE		L-GND		N-GND		PE-GND	
極性	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
試験レベル	4.0kV ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲											

○ サンプル②：電源線、および信号線に対しての印加

NoiseKen

TEST REPORT

方形波インパルスノイズ試験

〇〇〇〇 株式会社

KKT10THKAY-UCS
Model : KKT10THKAY-UCS
Serial : -

Rep. No. 20XX-7777
1 of 14 pages
試験日 : 20XX/XX/XX
発行日 : 20XX/XX/XX

Noise Taro
Laboratory Manager Test Lab Funabashi

株式会社 ノイズ研究所
千葉県船橋市金堀町 69
TEL : 047-457-2496 FAX : 047-457-2484

このレポートは、今回試験したサンプルに対してのみの結果である。
無断複製禁止

REP. No. 20XX-7777
2 OF 14 PAGES

概要

試験名称 : 方形波インパルスノイズ試験
試験規格 : 製造者規格
試験法 : 製造者規格

試験結果 : PASS

試験年月日 : 20XX/XX/XX
依頼者 : 〇〇〇〇 株式会社
住所 : 〒123-4567
〇〇県〇〇市〇〇3-9
Tel: 111-222-3333 Fax: 444-555-6666

製品名 : KKT10THKAY-UCS
Model : KKT10THKAY-UCS
Serial : -
使用クロック周波数 : 2.2 GHz
電源電圧 : AC 100V (50Hz)
相 : 単相

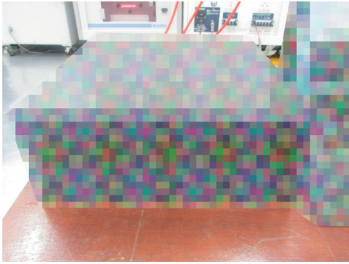
試験施設所在地 : 株式会社ノイズ研究所 テストラボ船橋
〒214-0054 千葉県船橋市金堀町 69

ノイズ研究所 試験エンジニア : Noise Jiro
Engineer Test Lab Funabashi

NoiseKen

REP. No. 20XX-7777
3 OF 14 PAGES

供試品情報



供試品外観

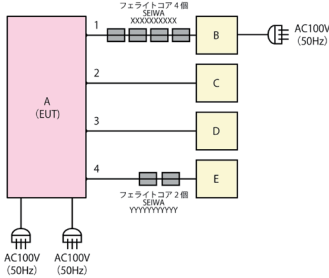
製品名 : KKT10THKAY-UCS
Model : KKT10THKAY-UCS
Serial : -
EUT タイプ : 卓上型
動作モード : 試験用プログラム
動作モードの説明 : CPU/メモリ/GPUに100%の負荷をかけている状態

NoiseKen

REP. No. 20XX-7777
4 OF 14 PAGES

供試品情報

システム構成 :



《使用機器》

A: 機器名称 KKT10THKAY-UCS
メーカー 〇〇〇〇株
Model KKT10THKAY-UCS
Serial -
備考 EUT

B: 機器名称 L00 モニタ
メーカー △△△△
Model JSKJJD-Y
Serial 6055555751
備考 -

NoiseKen

供試品情報

C:	機器名称	ノート PC
	メーカー	× × × ×
	Model	HRKTOK
	Serial	222999777
	備考	-
D:	機器名称	キーボード
	メーカー	□ □ □ □
	Model	C1SKNTR
	Serial	LLLPPPPFF
	備考	-
E:	機器名称	マウス
	メーカー	◇ ◇ ◇ ◇
	Model	SKBGEM
	Serial	DD663344
	備考	-

NoiseKen

供試品情報

《使用ケーブル》	
1:	ケーブル名称 VGA ケーブル
	長さ[m] 4.5m
	シールド有無 有
備考 -	
2:	ケーブル名称 LAN ケーブル
	長さ[m] 3.0m
	シールド有無 有
備考 -	
3:	ケーブル名称 USB ケーブル
	長さ[m] 4.5m
	シールド有無 有
備考 -	
4:	ケーブル名称 USB ケーブル
	長さ[m] 4.5m
	シールド有無 有
備考 -	
5:	ケーブル名称 AC 電源ケーブル
	長さ[m] 1.8m
	シールド有無 無
備考 -	
6:	ケーブル名称 AC 電源ケーブル
	長さ[m] 1.8m
	シールド有無 無
備考 -	
7:	ケーブル名称 AC 電源ケーブル
	長さ[m] 1.8m
	シールド有無 無
備考 -	

NoiseKen

使用機器

インパルスノイズ試験器	NoiseKen	Model	INS-4020
		Serial	INS20XXYY
		Last Cal.	20XX/XX
		Can. Int.	1 Year (s)
容量性結合クランプ	NoiseKen	Model	CA-805B
		Serial	INS2022AA
		Last Cal.	-
		Can. Int.	-
減結合クランプ	Luthi	Model	LLMUP-885
		Serial	UC-8888-G
		Last Cal.	-
		Can. Int.	-
減結合クランプ	Luthi	Model	LLMUP-885
		Serial	UC-7777-G
		Last Cal.	-
		Can. Int.	-
CON	NoiseKen	Model	NC0N-M3-25A
		Serial	Nzk999
		Last Cal.	20XX/XX
		Cal. int.	1 Year (s)

※ LCD モニタが誤動作してしまうため、防止措置として CON（減結合回路）を使用した。

NoiseKen

使用機器

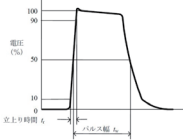


インパルスノイズ試験器

NoiseKen

試験条件

試験規格：製造者規格
試験方法：製造者規格
印加ポート：電源ポート (AC 100V)
信号ポート (VGAポート / LANポート / USBポート)
試験レベル：1.5 kV (電源ポート) / 1.2 kV (信号ポート)
電位：± および 二
パルス幅：100 ns / 1000 ns
パルス立ち上がり：1 ns 以下
繰り返し周期：10 ms
印加時間：3 分



パルス波形



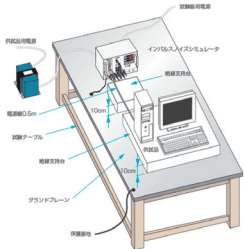
パルス繰り返し波形

NoiseKen

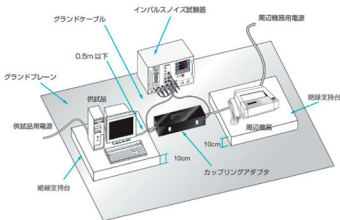
試験環境

施設：シールドルーム No. 3
温度：24 °C ~ 24 °C
湿度：60 % ~ 62 %
絶縁支持台高さ：10 cm

試験セットアップ：



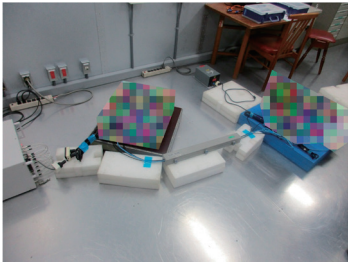
代表的なセットアップ (電源ポート試験)



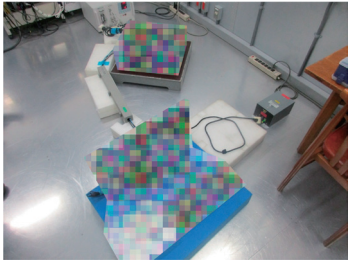
代表的なセットアップ (信号ポート試験)

NoiseKen

写真



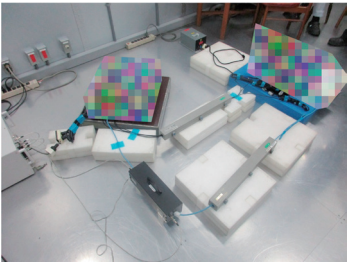
セットアップ
(電源ポート試験時)



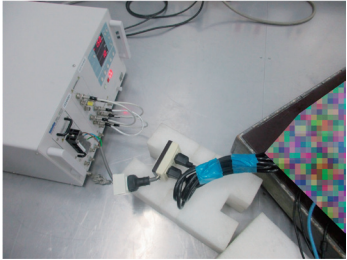
セットアップ
(電源ポート試験時)

NoiseKen

写真



セットアップ
(信号ポート試験時)



AC 電源接続状況

NoiseKen

性能判定基準

- 判定基準 A 一時的な異常動作⁽⁸⁾もなく、常に正常である。
- 判定基準 B 試験中に異常動作⁽⁸⁾が発生するが、一時的であり、直ちに正常状態に自動復帰する。
- 判定基準 C 試験中に異常動作⁽⁸⁾が発生するが、再起動等の操作をすることで、正常状態に復帰する。
- 判定基準 D 試験中に異常動作⁽⁸⁾が発生し、修理等を行わない限り正常状態に復帰しない。

※ 予期せぬシャットダウン、リブート、フリーズ、ブルースクリーン、異音等

試験結果

《電源ポート (ノイズ幅 100ns)》											
印加ポート	AC100V										
印加モード	ノーマルモード						コモンモード				
印加端子	L-N		L-PE		N-PE		L-GND		N-GND		PE-GND
極性	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+
試験レベル	1.5kV	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲

《電源ポート (ノイズ幅 1000ns)》											
印加ポート	AC100V										
印加モード	ノーマルモード						コモンモード				
印加端子	L-N		L-PE		N-PE		L-GND		N-GND		PE-GND
極性	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+
試験レベル	1.5kV	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲

《信号ポート (ノイズ幅 100ns)》							
印加ポート	VGA ポート		LAN ポート		USB ポート		
極性	+	-	+	-	+	-	
試験レベル	1.2kV	▲	▲	▲	▲	▲	▲

《信号ポート (ノイズ幅 1000ns)》							
印加ポート	VGA ポート		LAN ポート		USB ポート		
極性	+	-	+	-	+	-	
試験レベル	1.2kV	▲	▲	▲	▲	▲	▲

○ サンプル③：電源線に対しての印加

NoiseKen

TEST REPORT

方形波インパルスノイズ試験

株式会社 ○○○○○

××ボックス (□□□□用)

Model : Q0QPPP-Q0Q503

Serial : YY001-001

Rep. No. 200X-9999

1 of 12 pages

試験日 : 200X/XX/XX

発行日 : 200X/XX/XX

Noise Taro

Laboratory Manager Test Lab Funabashi

株式会社 ノイズ研究所

千葉県船橋市金堀町 69

TEL : 047-457-2496 FAX : 047-457-2484

このレポートは、今回試験したサンプルに対してのみの結果である。

無断複製禁止

REP. No. 20XX-9999
2 OF 12 PAGES

概要

試験名称：

方形波インパルスノイズ試験

試験規格：

製造者規格

試験法：

製造者規格

試験結果：

PASS

試験年月日：

20XX/XX/XX

依頼者：

株式会社 ○○○○○○

住所：

〒123-4567

○○県○○市○○1-2

Tel: 111-222-3333

Fax: 444-555-6666

製品名：

××ボックス (□□□□用)

Model：

00QPPP-CCC503

Serial：

YY001-001

使用クロック周波数：

-

電源電圧：

AC 100V (50Hz)

相：

単相

試験施設所在地：

株式会社ノイズ研究所 テストラボ船橋

〒274-0054 千葉県船橋市金堀町 69

ノイズ研究所 試験エンジニア：

Noise Jiro

Engineer Test Lab Funabashi

REP. No. 20XX-9999
3 OF 12 PAGES

供試品情報

供試品外観

製品名：	<u>××ボックス（□□□□用）</u>
Model：	<u>000PPP-C00S03</u>
Serial：	<u>YY001-001</u>
EUT タイプ：	<u>壁掛型</u>
動作モード：	<u>スタンバイ</u>
動作モードの説明：	<u>AC100V（50Hz）を供給し、間断動作を待機している状態</u>
備考：	<u>○×○の用受情報</u>

NoiseKen

REP. No. 20XX-9999
4 OF 12 PAGES

供試品情報

システム構成：

《使用機器》

	機器名称	× × ボックス (□ □ □ □ 用)
A:	メーカー	○ ○ ○ ○ ○ ○
	Model	Q00PPP-00C503
	Serial	YY001-001
	備考	EUT (○ ○ ○ 用受信機および△ △ △ センサー増幅器内蔵)
B:	機器名称	操作スイッチ
	メーカー	△ △ △ △ △ △
	Model	AB0-123456-789V
	Serial	-
	備考	-
C:	機器名称	○ ○ ○ 用アンテナ
	メーカー	× × × × ×
	Model	ZYX-987-654-321A
	Serial	-
	備考	-

NoiseKen

REP. No. 20XX-9999
5 OF 12 PAGES

供試品情報

D:	機器名称	△△△センサー受信装置
	メーカー	□□□□□
	Model	KKK-QSS-UC
	Serial	-
	備考	-
E:	機器名称	△△△センサー発信装置
	メーカー	□□□□□
	Model	KKK-QSS-UC
	Serial	-
	備考	-
F:	機器名称	△△△センサー受信装置
	メーカー	□□□□□
	Model	KKK-QSS-UC
	Serial	-
	備考	-
G:	機器名称	△△△センサー発信装置
	メーカー	□□□□□
	Model	KKK-QSS-UC
	Serial	-
	備考	-
H:	機器名称	□□□□□□□□制御装置
	メーカー	○□□□□□
	Model	UC-DC-OT
	Serial	55500555
	備考	-
I:	機器名称	電動開閉機
	メーカー	○□□□□□
	Model	UC-DC-KK
	Serial	66600666
	備考	-

NoiseKen

REP. No. 20XX-9999
6 OF 12 PAGES

供試品情報

《使用ケーブル》			
1:	ケーブル名称	ビニルキャブタイヤコード (VCTF0.75 3 芯)	
	長さ[m]	0.5m	
	シールド有無	無	
	備考	-	
2:	ケーブル名称	同軸ケーブル (1.50-2VX)	
	長さ[m]	4.0m	
	シールド有無	有	
	備考	-	
3:	ケーブル名称	ビニルキャブタイヤコード (VCTF0.75 4 芯)	
	長さ[m]	2.5m	
	シールド有無	無	
	備考	-	
4:	ケーブル名称	耐熱ビニルケーブル (UL1185-SW TR-64)	
	長さ[m]	10.0m	
	シールド有無	有	
	備考	-	
5:	ケーブル名称	耐熱ビニルケーブル (UL1185-SW TR-64)	
	長さ[m]	10.0m	
	シールド有無	有	
	備考	-	
6:	ケーブル名称	耐熱ビニルケーブル (UL1185-SW TR-64)	
	長さ[m]	10.0m	
	シールド有無	有	
	備考	-	
7:	ケーブル名称	耐熱ビニルケーブル (UL1185-SW TR-64)	
	長さ[m]	10.0m	
	シールド有無	有	
	備考	-	

NoiseKen

REP. No. 20XX-9999
7 OF 12 PAGES

供試品情報

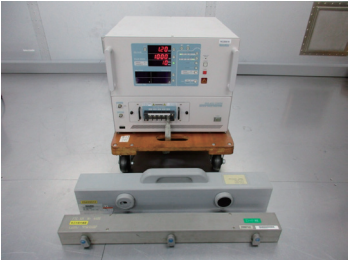
8:	ケーブル名称	ビニルキャブタイヤコード (VCTF1.25 2 芯)	
	長さ[m]	1.0m	
	シールド有無	無	
	備考	-	
9:	ケーブル名称	ビニルキャブタイヤコード (VCTF0.75 2 芯)	
	長さ[m]	1.0m	
	シールド有無	無	
	備考	-	
10:	ケーブル名称	ビニルキャブタイヤコード (VCTF0.75 4 芯)	
	長さ[m]	1.0m	
	シールド有無	無	
	備考	-	
11:	ケーブル名称	電気機器用ビニル絶縁電線 (KIV0.75 5 本)	
	長さ[m]	1.5m	
	シールド有無	無	
	備考	ビニルチューブ (Φ11 相当) に収納	
12:	ケーブル名称	電気機器用ビニル絶縁電線 (KIV0.75 2 本)	
	長さ[m]	1.5m	
	シールド有無	無	
	備考	ビニルチューブ (Φ7 相当) に収納	
13:	ケーブル名称	電気機器用ビニル絶縁電線 (KIV0.75 2 本)	
	長さ[m]	1.5m	
	シールド有無	無	
	備考	ビニルチューブ (Φ7 相当) に収納	
14:	ケーブル名称	電気機器用ビニル絶縁電線 (KIV0.75 2 本)	
	長さ[m]	1.5m	
	シールド有無	無	
	備考	ビニルチューブ (Φ7 相当) に収納	

NoiseKen

REP. No. 20XX-9999
8 OF 12 PAGES

使用機器

インパルスノイズ試験器	NoiseKen	Model	INS-AX2-250TH
		Serial	INS20XXYY
		Last Cal.	20XX/XX
		Can. Int.	1 Year (s)
減結合クランプ	Luthi	Model	LLWUP-885
		Serial	UC-3623-G
		Last Cal.	-
		Can. Int.	-
減結合クランプ	NoiseKen	Model	NAE-23MM
		Serial	Nzk333
		Last Cal.	-
		Can. Int.	-

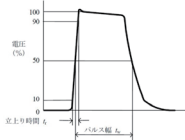


インパルスノイズ試験器/減結合クランプ

NoiseKen

試験条件

試験規格： 製造者規格
試験方法： 製造者規格
ノイズ印加ポート： 電源ポート (AC 100V)
試験レベル： 1.2 kV / 1.4 kV / 1.6 kV / 1.8 kV / 2.0 kV
極性： ± および 二
パルス立ち上がり： 1 ns 以下
パルス幅： 50 ns および 1000 ns
繰り返し周期： 10 ms および 35 ms
印加時間： 30 秒



パルス波形

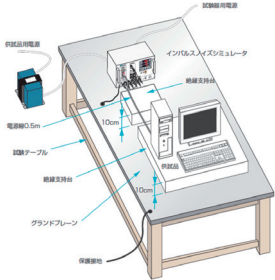


パルス繰り返し波形

試験環境

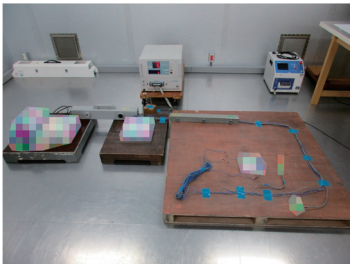
施設： シールドルーム No. 2
温度： 19 °C ~ 21 °C
湿度： 35 % ~ 36 %
絶縁支持台高さ： 10 cm

試験セットアップ：

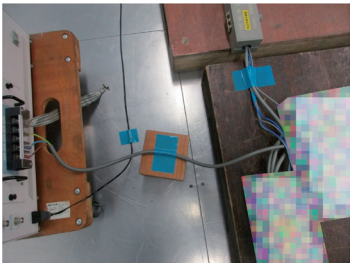


代表的なセットアップ（電源ポート試験）

写真



セットアップ



試験器への接続状況

性能判定基準

試験中に電動開閉機が下降動作しないこと

試験結果

印加ポート	電源ポート (AC100V)											
	10ms						35ms					
	コモンモード				ノーマルモード		コモンモード				ノーマルモード	
	L1		L2		L1-L2		L1		L2		L1-L2	
極性	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
試験レベル	1. 2kV	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	1. 4kV	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	1. 6kV	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	1. 8kV	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	2. 0kV	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

印加ポート	電源ポート (AC100V)											
	10ms						35ms					
	コモンモード				ノーマルモード		コモンモード				ノーマルモード	
	L1		L2		L1-L2		L1		L2		L1-L2	
極性	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
試験レベル	1. 2kV	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	1. 4kV	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	1. 6kV	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	1. 8kV	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	2. 0kV	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

5.7 インパルスノイズ試験器 始業前点検の方法

【試験器概要】

スイッチングデバイスの接点、電子モーターから発生するアーク放電などによる立ち上がりの早い高周波ノイズを模擬的に発生し、電子機器の耐性を評価する試験器です。
ここでは、当社での測定例を中心に、始業前の簡易チェック方法を記載します。

【準備するもの】

製 品 名	MODEL 名	備 考
インパルスノイズ試験器	INS-S0、INS-4020、INS-4040、 INS-AX2 シリーズ	
オシロスコープ	—	帯域 500MHz 以上
波形観測用アッテネータ	00-00017A	
同軸ケーブル	—	アッテネータ - 試験器間
20dB アッテネータ	—	高電圧測定時

注意：使用するオシロスコープの帯域によっても測定値（波高値・時間）が異なります。

【接続の方法】

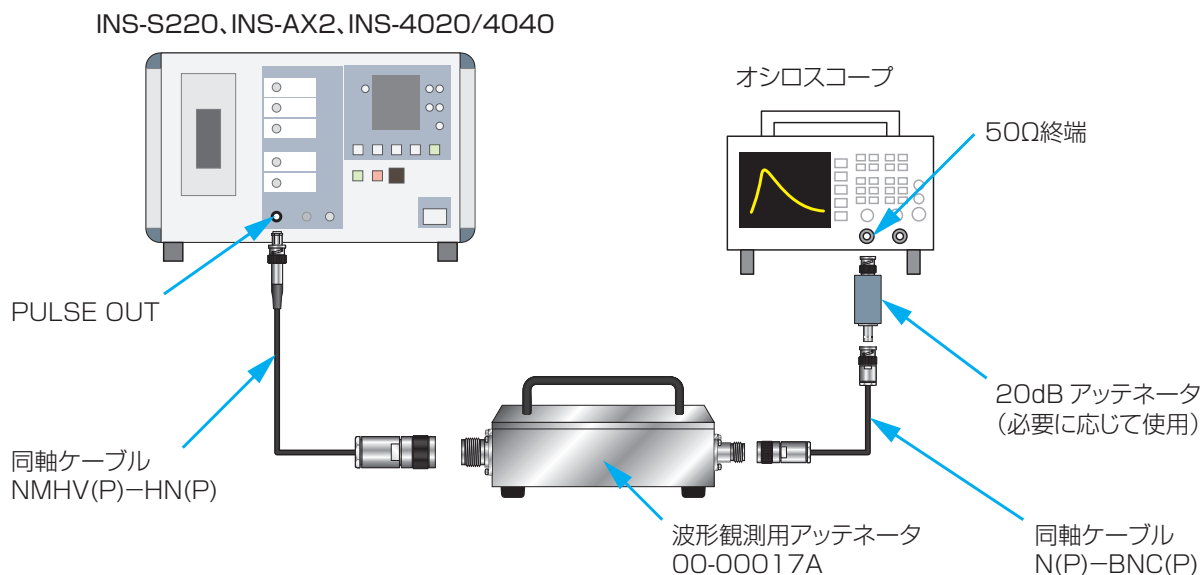
測定の接続は、下記ようになります。

■ Pulse Out からの測定（00-00017A を使用した場合）

- ① 波形観測用アッテネータ 00-00017A に添付している同軸ケーブル（HN(P)-NMHV(P)）で、本試験器の PULSE OUT と 00-00017A の入力コネクタを接続します。00-00017A の出力コネクタと添付している同軸ケーブル（N(P)-BNC(P)）をオシロスコープの入力に接続しますが、必要に応じてこの間にアッテネータを挿入して下さい。
- ② 00-00017A の出力インピーダンスは 50 Ω なので、オシロスコープの入力は 50 Ω 終端に設定します。
- ③ 本試験器を START します。

《参考》必要に応じてアッテネータを挿入する理由

試験器のインピーダンスは 50 Ω です。00-00017A の負荷抵抗も 50 Ω となっているため、設定電圧を 4,000 V に設定した場合は $4000 \times (50 \Omega / 50 \Omega + 50 \Omega) = 2000 \text{ V}$ の出力が確認でき、00-00017A により減衰された電圧 20 V がオシロへ入力されます。オシロスコープによっては、50 Ω 終端で測定する場合に 20V 入力ができないものが多いため 20 dB アッテネータを挿入し、さらに減衰する必要があります。（この場合は、減衰比 10:1 により 20 V → 2 V 入力となります。）

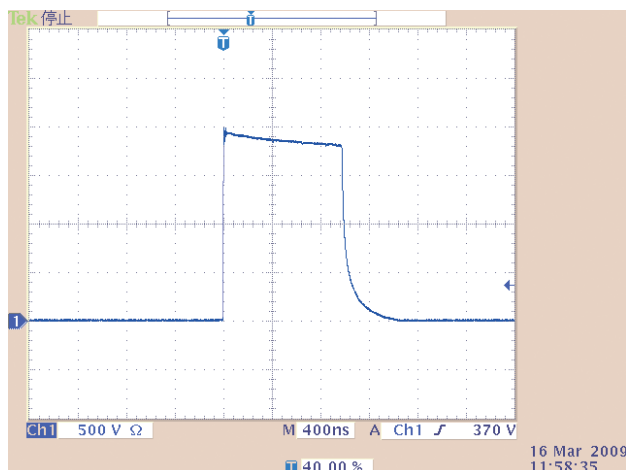


注意：00-00017A とインパルス試験器のコネクタは特殊コネクタ（NMHV 型）を使用しています。

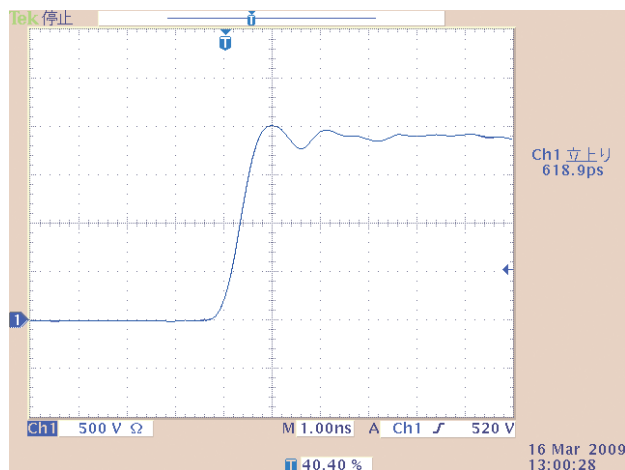
■ CDN Out での測定

現在のところ、インパルスノイズ試験での CDN OUT での波形規定は無いために、明確な点検方法はありません。
実際には、CDN Out より、100 : 1 のプローブを用いてオシロスコープで波高値を確認しています。

【実測波形例】

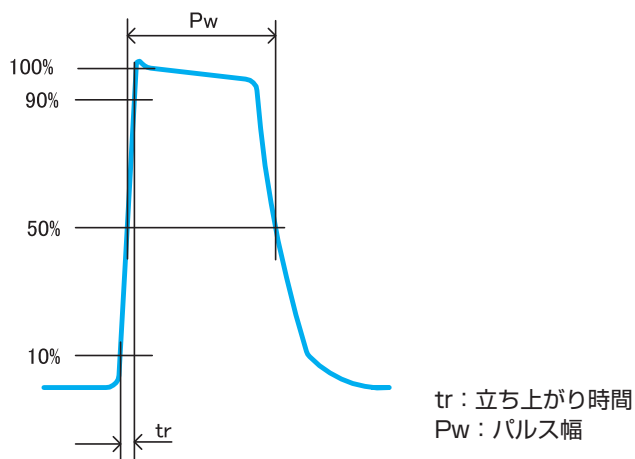


出力波形全体
500V/div 400ns/div



立ち上り波形
500V/div 1ns/div

【出力波形規定】



【補足－出力端子で波形を測定する場合－】

出力端子からの重畳波形を確認される場合は、下記の点にご注意ください。

注意 1：インパルスノイズ試験器の出力電圧に対応したプローブを使用し、感電に注意ください。

注意 2：プローブでの測定は、50 Ω系インピーダンスの不整合および GND、フィルタの影響によりオーバーシュート・振動波形が観測される場合があります。また、プローブ HOT、GND の接続方法や配線の引き回しに起因しても起こります。

注意 3：出力パルスの立ち上がり時間は、使用されるオシロスコプの帯域やプローブの特性により測定値が異なります。特性や補正につきましてはオシロスコプの説明書をご確認ください。

《参考》

水銀リレー方式のインパルスノイズ試験器は水銀リレーが消耗部品となり、出力経過に伴い消耗して、性能的にも劣化していきます。半導体リレー方式のインパルスノイズ試験器は基本的に性能の劣化はありません。

水銀リレーの劣化時の主な症状

- ・ 波形が出ない。
- ・ 波形が変動する。
- ・ 出力電圧が低くなる。
- ・ 繰返し周期の変動（ジッタ）が大きくなる。
- ・ リレーの動作音が変わる。
- ・ リレーの動作音が小さくなる。
- ・ リレーの動作音がしない。

5.8 参考文献

- IEC 61000-4-4
 First Edition : 1995/01
 Amendment 1 : 2000/11
 Amendment 2 : 2001/07
 Second Edition : 2004/07
 Corrigendum 1 : 2006/08
 Corrigendum 2 : 2007/06
 Amendment 1 : 2010/01
 Edition 3.0 : 2012/04
- 電磁両立性 JIS C 61000-4-4 : 2007
 第 4 部 : 試験及び測定技術
 第 4 節 : 電氣的ファスト・トランジェント / バーストイミュニティ試験
- (CISPR 実務解説書 - 第 1 巻) CISPR24
 - 情報技術装置のイミュニティ特性に関する限度値と測定法 -
 監修 池田哲夫
- IEC1000 シリーズ 1996 年版
 発行 社団法人関西電子工業振興センター
 編集 電磁波障害分科会
- 理科年表 平成 11 年
 著作者 東京天文台
 発行者 海老原熊雄
 発行所 丸善株式会社
- NOISE TECHNICAL REPORT 1975~1996 総集編
 発行 株式会社ノイズ研究所
- ノイズ対策マニュアル
 発行 株式会社ノイズ研究所
- IEC61000-4- シリーズ 試験法マニュアル 第 2 版
 発行 株式会社ノイズ研究所
- NECA TR-28 :
 「工業用を使用される電気制御機器の方形波インパルスノイズに対するイミュニティ試験ガイドライン」
 日本電気制御機器工業会 (NECA)
- JEM-TR177 :
 「工業用を使用される電気制御装置の 方形波インパルスノイズに対するイミュニティ試験ガイドライン」
 日本電機工業会 (JEMA)
- IEC 61000-4 シリーズ
 Electromagnetic compatibility (EMC) Part 4:Testing and measurement techniques - Electrical fast transient/burst immunity test
- JIS C 61000-4-4 :
 第 4 部 : 試験及び測定技術 第 4 節 : 電氣的ファスト・トランジェント / バーストイミュニティ試験
- CISPR 24 (CISPR 実務解説書 - 第 1 巻)
 - 情報技術装置のイミュニティ特性に関する限度値と測定法 - 監修 池田哲夫
- NOISE TECHNICAL REPORT 1975-1996 総集編 株式会社ノイズ研究所
- ノイズ対策マニュアル 株式会社ノイズ研究所
- IEC 61000-4- シリーズ 試験法マニュアル 第 2 版 株式会社ノイズ研究所

5.9 ノイズ研究所対応製品型式一覧

本書で使用している株式会社 ノイズ研究所のインパルスノイズ試験に関する試験器本体および試験環境などの代表的な製品を以下に示します。

ご用命の際は担当営業、または営業所までお問い合わせ下さい。

カテゴリ	名称	モデル名	備考
試験器本体	インパルスノイズ試験器 (半導体リレー方式)	INS-S220	出力電圧：2kV MAX、繰返し周期：1ms ～ 999 ms EUT 電力容量：単相 AC240 V / 16 A、DC125 V / 16 A
	インパルスノイズ試験器 (半導体リレー方式)	INS-S420	出力電圧：4kV MAX、繰返し周期：16ms ～ 999 ms EUT 電力容量：単相 AC240 V / 16 A、DC125 V / 16 A
結合装置	カップリングクランプ	15-00014A	入力電圧：4kV MAX、容量性結合、クランプ径：最大 20 mm
	カップリング・アダプタ	CA-805B	入力電圧：4kV MAX、容量性結合、クランプ径：最大 26 mm
	カップリング・アダプタ	CA-806	入力電圧：2kV MAX、磁界結合、クランプ径：最大 27 mm
	パルス印加ケーブル	O2-H1834	ケーブル長：1.5m、ワニ口クリップ
	INS 用直接注入コンデンサ	O1-00047A	結合容量：0.2047 μ F、M6 用圧着端子
	EMS ブローブキット	H2-B	入力電圧：1kV MAX、電界／磁界ブローブ：計 6 本
	ノイズ印加ブローブ	O1-00034A	入力電圧：1kV MAX、結合容量：220pF/330pF/3pF/500pF
	ラディエーションブローブ	O1-00006A /7A/8A/9A /10A/31A/50A	入力電圧：4kV MAX、O1-00006A： ϕ 50 mm、07A： ϕ 75 mm、 08A： ϕ 100 mm、09A： ϕ 150 mm、10A： ϕ 200 mm、 31A： ϕ 250mm、50A： ϕ 30mm、ケーブル長：約 2m
	重畳ユニット	IJ-4050	三相 5 線式 (L1,L2,L3,N,PE) AC415V 50A (DC は使用できません)
	重畳ユニット	IJ-5100Z	3 相 5 線 (L1, L2, L3, N, PE) AC480V 100A (DC は使用できません)
	重畳ユニット (自動タイプ)	IJ-AT450	三相 4 線式 (L1,L2,L3,N) AC500 V / 50 A、DC250 V / 50 A
試験環境	SG ケーブル	O5-00103A	編組線ケーブル、長さ：0.1m
	SG 接続板	O3-00112A	INS-S220 用、グラウンドプレーンと試験器の SG 間の接続
	絶縁トランス	TF-2302P	単相 AC 240 V MAX
	絶縁トランス	TF-6503P	単・三相四線 AC 600 V MAX
	ノイズ・キャンセラ・トランス	NCT シリーズ	120V または 240V、5 ～ 20A
	外部ブレーカ	18-00072A/73A	AC250V DC65V 20A (72A)、AC240/415V 三相 4 線 50A (73A)
	グラウンドプレーン	O3-00007A	(W)1800×(D)1000×(t)1.5 mm 3 枚 1 組
	試験テーブル	O3-00039A	W1600×H800×D800 mm
	絶縁ブロック	O3-00054A	W300×D300×H50 mm、5 枚／セット、発泡ポリエチレン
	立方絶縁体	O3-00029A	W100×D100×H100 mm、木製、4 個／セット
	絶縁支持台	O3-00024A	W1200×D1200×H100 mm、木製、耐荷重：500 kg
校正	波形観測用アッテネータ	O0-00017A	入力電圧：4kV MAX、減衰率：DC ～ 2GHz：40dB (100：1)
	アッテネータ	O5-00099A	減衰比 20dB・N 型コネクタ
その他	アウトレットパネル	18-00059C /60B/84A	INS-S220/4020/4040 用 JP/USA タイプ (59C)、CEE タイプ (60B)、マルチコンセントタイプ (84A)
	アウトレットパネル	18-00069A/71A	JP/USA タイプ (18-00069A)・マルチコンセント (18-00071A)
	USB 光モジュール kit	O7-00022A	試験器を PC にてリモート制御を行なう際に使用する接続アダプタです。

Memo

This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

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>