

自動車・車載機器用 EMC試験規格概要

2024年度版 Ver.1

- 自動車の主要 EMC 規格一覧
- ECE R10 規制一覧
- 電気自動車の主要 EMC 要求一覧
- ISO 10605 Ed.3 2023 (静電気放電試験)
- IEC 61000-4-2 Ed.2 2008 (静電気放電試験)
- ISO 7637-2 Ed.3 2011 (過渡電圧サージ試験、過渡エミッション測定)
- ISO 7637-3 Ed.3 2016 (過渡電圧結合サージ試験)
- ISO 16750-2 Ed.4 2012 (電源電圧変動試験 (DC))
- IEC 61000-4-4 Ed.3 2012 (ファスト・トランジェント/バースト (EFT/B) 試験)
- IEC 61000-4-5 Ed.3 2014 (雷サージ試験)
- IEC 61000-4-11 Ed.3 2020 (電源電圧変動試験 (AC))
- CISPR 25 Ed.5 2021 (広帯域・狭帯域エミッション測定)
- ISO 11452-2 Ed.3 2019 (アンテナ照射イミュニティ試験 (無響室法 (ALSE)))
- ISO 11452-3 Ed.3 2016 (TEM セルイミュニティ試験)
- ISO 11452-4 Ed.5 2020 (BCI/TWC 法イミュニティ試験)
- ISO 11452-5 Ed.2 2002 (ストリップラインイミュニティ試験)
- ISO 11452-8 Ed.2 2015 (磁界に対するイミュニティ試験)
- ISO 11452-9 Ed.2 2021 (近接アンテナ照射イミュニティ試験 (無響室法 (ALSE)))
- ノイズ研究所のご案内

はじめに

本書は自動車機器の主要な EMC 規格に関する概要をわかりやすくまとめたものです。

近年ますます需要が伸びてきている EV/HEV のように、従来の自動車関連の EMC 試験では要求の無かった新たな試験方法等も増えてきており、これらの試験方法についても記載しております。

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
販売企画課

目次

はじめに	2
目次（本項）	2
自動車の主要 EMC 規格一覧	3
ECE R10 規制一覧	4
ECE R10 規制 車両試験に適用される項目	5
ECE R10 規制 ESA 試験に適用される項目	5
電気自動車の主要 EMC 要求一覧	6
ISO 10605 Ed.2 2023 の試験概要	
静電気放電試験	9
IEC 61000-4-2 Ed.2 2008 の試験概要	
静電気放電試験	15
ISO 7637-2 Ed.3 2011 の試験概要	
過渡電圧サージ試験、過渡エミッション測定	17
ISO 7637-3 Ed.3 2016 の試験概要	
過渡電圧結合サージ試験	21
ISO 16750-2 Ed.4 2012 の試験概要	
電源電圧変動試験 (DC)	25
IEC 61000-4-4 Ed.3 2012 の試験概要	
ファスト・トランジェント／バースト (EFT/B) 試験	30
IEC 61000-4-5 Ed.3 2014 の試験概要	
雷サージ試験	32
IEC 61000-4-11 Ed.3 2020 の試験概要	
電源電圧変動試験 (AC)	35
CISPR 25 Ed.5 2021 の試験概要	
広帯域・狭帯域エミッション測定	38
ISO 11452-2 Ed.3 2019 の試験概要	
アンテナ照射イミュニティ試験（無響室法 (ALSE)）	59
ISO 11452-3 Ed.3 2016 の試験概要	
TEM セルイミュニティ試験	63
ISO 11452-4 Ed.5 2020 の試験概要	
BCI/TWC 法イミュニティ試験	63
ISO 11452-5 Ed.2 2002 の試験概要	
ストリップラインイミュニティ試験	65
ISO 11452-8 Ed.2 2015 の試験概要	
磁界に対するイミュニティ試験	73
ISO 11452-9 Ed.2 2021 の試験概要	
近接アンテナ照射イミュニティ試験（無響室法 (ALSE)）	77
会社案内	82

《参考》

【自動車の主要EMC規格一覧】

試験		国際規格	印加点/測定点	周波数 (参考)	ノイズ研究所 対応製品/システム	
実車 試験	EMI	広帯域雑音測定	CISPR12	10mまたは3m距離 での電界測定	30MHz~1GHz	不要輻射測定システム
		狭帯域雑音測定				
		車載受信機保護	CISPR25	自車アンテナの電圧想定	150kHz~5925MHz	広帯域・狭帯域 エミッション測定システム
	EMS	実車試験一般	ISO 11451-1	—	—	—
		車外放射源法	ISO 11451-2	車両に外部より印加	10kHz~18GHz	放射イミュニティ試験システム
		車載無線機法	ISO 11451-3	車載無線機により印加	1.8MHz~18GHz	高周波接触・近傍電磁界 イミュニティ試験システム
BCI法		ISO 11451-4	ハーネスに印加	1MHz~3GHz	BCI 試験システム	
静電気放電試験		ISO 10605	人が接触可能な部位に印加	—	静電気試験器 (ESS)	
部品 試験	EMI	車載受信機保護	CISPR25	1mの距離で電界測定	150kHz~5925MHz	広帯域・狭帯域エミッション 測定システム
		伝導過渡エミッション	ISO 7637-2	ECUからの電源線	—	電気雑音測定試験
	EMS	部品試験一般	ISO 11452-1	—	—	—
		無響室法 (ALSE)	ISO 11452-2	ハーネス/ECUに印加	80MHz~18GHz	放射イミュニティ試験システム
		TEMセル法	ISO 11452-3	ハーネス/ECUに印加	10kHz~200MHz	TEM CELL 試験システム
		BCI法/TWC法	ISO 11452-4	ハーネスに印加	1MHz~3GHz	BCI 試験システム
		ストリップライン法	ISO 11452-5	ハーネス/ECUに印加	10kHz~400MHz	ストリップライン試験システム
		パラレルプレート法	ISO 11452-6	ハーネス/ECUに印加	10kHz~200MHz	放射イミュニティ試験システム
		直接電力注入法	ISO 11452-7	コネクタピンに印加	250kHz~400MHz	(お問合せください)
		低周波磁界	ISO 11452-8	ECUに印加	15Hz~150kHz	磁界イミュニティ試験システム
		ポータブル無線機	ISO 11452-9	ハーネス/ECUに印加	142MHz~6GHz	高周波接触・近傍電磁界 イミュニティ試験システム
		低周波伝導	ISO 11452-10	ハーネスに印加	15Hz~250kHz	伝導電磁気試験システム
		反射箱	ISO 11452-11	ハーネス/ECUに印加	~18GHz	(お問合せください)
		静電気放電試験	ISO 10605	人が接触可能な部位に印加	—	静電気試験器 (ESS)
		過渡電圧試験一般	ISO 7637-1	—	—	—
		過渡電圧伝導サージ	ISO 7637-2	電源線に印加	—	過渡サージ試験器 (ISS)
		過渡電圧結合サージ	ISO 7637-3	電源線以外の線に印加	—	過渡サージ試験器 (ISS)
		過渡電気伝導	ISO 7637-4	シールドされた高電圧電源 線に印加	1,2,5,10MHz 3kHz~300kHz	(お問合せください)
		電源電圧変動試験	ISO 16750-2	電源線に印加	—	DC電圧変動試験システム (SG)

《参考》

ECE R10 協定 一覧

Annexes	対象	試験内容	参照規格	印加点/測定点	周波数(参考)	対応製品 試験システム	
4	車両	広帯域放射エミッション	CISPR12 Ed.5 (2001) and Amd1 (2005)	10mまたは3m距離 での電界測定	30MHz~1GHz	不要輻射(EMI) 測定システム	
5		狭帯域放射エミッション	CISPR12 Ed.5 (2001) and Amd1 (2005) CISPR25 Ed.2 (2002) and corrigendum 2004	10mまたは3m距離 での電界測定	30MHz~1GHz	不要輻射(EMI) 測定システム	
6		アンテナ照射イミュニティ	ISO11451-2 Ed.4 (2015)	車両に外部より印加	20MHz~2GHz	RF放射 イミュニティ 試験システム	
		BCIイミュニティ	ISO11451-4 Ed.3 (2013)	ハーネスに印加		BCI 試験システム	
7	部品	広帯域放射エミッション	CISPR25 Ed.2 (2002) and corrigendum 2004	1mの距離で電界測定	30MHz~1GHz	不要輻射(EMI) 測定システム	
8		狭帯域放射エミッション	CISPR25 Ed.2 (2002) and corrigendum (2004)	1mの距離で電界測定	30MHz~1GHz	不要輻射(EMI) 測定システム	
9		アンテナ照射イミュニティ	ISO11452-2 Ed.2 (2004)	ハーネス/ECUに印加	20MHz~2GHz	RF放射 イミュニティ 試験システム	
		TEMCELLイミュニティ	ISO11452-3 Ed.3 (2016)	ハーネス/ECUに印加		TEM CELL 試験システム	
		BCIイミュニティ	ISO11452-4 Ed.1 (2011)	ハーネスに印加		BCI 試験システム	
		ストリップラインイミュニティ	ISO11452-5 Ed.2 (2002)	ハーネス/ECUに印加		ストリップライン 試験システム	
10		伝導過渡イミュニティ	ISO7637-2 Ed.2 (2004)	ECUからの電源線	—	過渡サージ試験器 (ISS)	
		伝導過渡エミッション	ISO7637-2 Ed.2 (2004)	電源線に印加	—	電気雑音測定試験	
11	車両	電力線の高調波エミッション	IEC61000-3-2 Ed.3.2 (2009) IEC61000-3-12 Ed.1 (2004)	車両でのAC電源線	—	(お問合せください)	
12		AC電源線の電源変動、 フリッカエミッション	IEC61000-3-3 Ed.2 (2008) IEC61000-3-11 Ed.1 (2000)	車両でのAC電源線	—	(お問合せください)	
13		電力線のRF伝導エミッション	CISPR16-2-1 Ed.2 (2008) CISPR16-1-2 Ed.1.2 (2006)	車両でのAC/DC電源 線	150kHz~30MHz	雑音端子電圧測定 システム	
14		通信線の伝導エミッション	CISPR22 Ed.6 (2008)	車両での信号線	150kHz~30MHz	雑音端子電圧測定 システム	
15		電力線のEFTBイミュニティ	IEC61000-4-4 Ed.2 (2004)	車両のAC/DC電源線	—	EFT/B試験器 (FNS)	
16		電力線の雷サージイミュニティ	IEC61000-4-5 Ed.2 (2005)	車両のAC/DC電源線	—	雷サージ試験器 (LSS)	
17		部品	電力線の高調波エミッション	IEC61000-3-2 Ed.3.2 (2009) IEC61000-3-12 Ed.1 (2004)	ESAからのAC電源線	—	(お問合せください)
18			AC電源線の電源変動、 フリッカエミッション	IEC61000-3-3 Ed.2 (2008) IEC61000-3-11 Ed.1 (2000)	ESAからのAC電源線	—	(お問合せください)
19			電力線の伝導エミッション	CISPR16-2-1 Ed.2 (2008) CISPR16-1-2 Ed.2 (2014)	ESAからの AC/DC電源線	150kHz~30MHz	雑音端子電圧測定 システム
20			通信線の伝導エミッション	CISPR22 Ed.6 (2008)	ESAからの信号線	150kHz~30MHz	雑音端子電圧測定 システム
21	電力線のEFTBイミュニティ		IEC61000-4-4 Ed.2 (2004)	ESAのAC/DC電源線	—	EFT/B試験器 (FNS)	
22	電力線の雷サージイミュニティ		IEC61000-4-5 Ed.2 (2005)	ESAのAC/DC電源線	—	雷サージ試験器 (LSS)	

ECE R10 Rev.6 規制 車両試験に適用される項目

全ての車両に適用		充電回路を持つ車両に対して追加にて適用	
Annex4	広帯域放射エミッション	Annex4	広帯域放射エミッション(充電状態)
Annex5	狭帯域放射エミッション	—	
Annex6	アンテナ照射イミュニティ	Annex6	アンテナ照射イミュニティ(充電状態)
	—	Annex11	電力線の高調波エミッション
	—	Annex12	AC電源線の電源変動、フリッカエミッション
	—	Annex13	電力線のRF伝導エミッション
	—	Annex14	通信線の伝導エミッション
	—	Annex15	電力線のEFTBイミュニティ
	—	Annex16	電力線の雷サージイミュニティ

ECE R10 Rev.6 規制 ESA試験に適用される項目

全てのESAに適用		充電回路を持つESAに対して追加にて適用	
Annex7	広帯域放射エミッション	Annex7	広帯域放射エミッション(充電状態)
Annex8	狭帯域放射エミッション	—	
Annex9	アンテナ照射イミュニティ	Annex9	アンテナ照射イミュニティ(充電状態)
	TEMCELLイミュニティ		TEMCELLイミュニティ(充電状態)
	BCIイミュニティ		BCIイミュニティ(充電状態)
	ストリップラインイミュニティ		ストリップラインイミュニティ(充電状態)
Annex10	伝導過渡エミッション	Annex10	伝導過渡エミッション(充電状態)
Annex10	伝導過渡イミュニティ	Annex10	伝導過渡イミュニティ(充電状態)
	—	Annex17	電力線の高調波エミッション
	—	Annex18	AC電源線の電源変動、フリッカエミッション
	—	Annex19	電力線の伝導エミッション
	—	Annex20	通信線の伝導エミッション
	—	Annex21	電力線のEFTBイミュニティ
	—	Annex22	電力線の雷サージイミュニティ

【電気自動車の主要EMC要求】

IEC 61851-21-1 Edition 1.0 2017-06

Electric vehicle conductive charging system - Part 21-1: Electric vehicle on-board charger EMC requirements for conductive connection to an AC/DC supply

電気自動車コンダクティブ充電システム パート 21-1 : 交流及び直流の導電接続する電気自動車の車載充電器の EMC 要求

試験の分類と項目	適応規格	車両	ESA	ノイズ研究所対応製品	
EMS	AC/DC電源EFT/B	IEC 61000-4-4 2012	○	○	ファストトランジェント ノバースト試験器 (FNS)
	AC/DC電源サージ	IEC 61000-4-5 2014	○	○	雷サージ試験器 (LSS)
	無線周波数電磁界	ISO 11451-2 2015	○		(お問合せください)
	BCI	ISO 11452-4 2011		○	BCI試験システム
	無線周波数電磁界	ISO 11452-2 2004		○	RF放射イミュニティ試験システム
	電源ライン過渡パルス	ISO 7637-2 2011 (Pulse 1/2a/2b/4/3a/3b)		○	過渡サージ試験器 (ISS)
EMI	AC電源高調波電流	IEC 61000-3-2 2014 IEC 61000-3-12 2011	○	○	(お問合せください)
	AC電圧変動・フリッカ	IEC 61000-3-3 2013 IEC 61000-3-11 2000	○	○	(お問合せください)
	AC/DC高周波伝導妨害	CISPR 12 2007 Amd1 2009	○		不要輻射測定システム
		CISPR 16-2-1 2014		○	雑音端子電圧測定システム
		受信機設定 CISPR 25 2016 CISPR 12 2007			
		限度値 IEC 61000-6-3 2006 Amd1 2010 AC : Table 4 / DC : Table 5			
	通信線高周波伝導妨害	CISPR 12 2007 Amd1 2009	○		不要輻射測定システム
		CISPR 22 2008		○	雑音端子電圧測定システム
		受信機設定 CISPR 25 2016 CISPR 12 2007			
		限度値 IEC 61000-6-3 2006 Amd1 2010 Table 6			
	高周波放射妨害	測定手順 CISPR 12:2007 CISPR 12:2007/Amd1 2009	○	○	不要輻射測定システム
		セットアップ CISPR 12:2007/CISPR 12:2007/ AMD1:2009			
		受信機設定 CISPR 25:2016			
電源線放射妨害	ISO 7637-2 2011		○	電気雑音測定試験用エミッションリレー	

※ ESA : Electronic Sub Assembly (電子部品)

IEC 61851-21-2 Edition 1.0 2018-04

Electric vehicle conductive charging system - Part 21-2: Electric vehicle requirements for conductive connection to an AC/DC supply - EMC requirements for off-board electric vehicle charging systems

電気自動車コンダクティブ充電システム パート 21-2: 交流及び直流の導電接続する電気自動車の充電システムの EMC 要求

AC 充電システム イミュニティ試験 (住宅以外及び住宅の環境/待機及び待機状態)

試験の分類と項目		適応規格	ノイズ研究所対応製品
筐体	静電気放電	IEC 61000-4-2 2008	静電気試験器 (ESS)
	放射電磁妨害	IEC 61000-4-3 2006 Amd1:2007, Amd2:2010	RF放射イミュニティ試験システム
	電源周波数磁界	IEC 61000-4-8 2009	電源周波数イミュニティシステム (お問合せください)
AC入力	EFT/B	IEC 61000-4-4 2012	ファスト・トランジェント /バースト試験器 (FNS)
	サージ	IEC 61000-4-5 2014	雷サージ試験器 (LSS)
	伝導性電磁妨害	IEC 61000-4-6 2013	伝導性イミュニティ試験システム
	電圧ディップ・瞬停	IEC 61000-4-11 2004 (≤ 16 A) IEC 61000-4-34 2005 Amd1 2009 (> 16 A)	電源電圧変動試験器 (VDS)
有線ネットワーク、制御線	EFT/B	IEC 61000-4-4 2012	ファスト・トランジェント /バースト試験器 (FNS)
	サージ	IEC 61000-4-5 2014	雷サージ試験器 (LSS)
	伝導性電磁妨害	IEC 61000-4-6 2013	伝導性イミュニティ試験システム
CPT port ※	EFT/B	IEC 61000-4-4 2012	ファスト・トランジェント /バースト試験器 (FNS)
	サージ	IEC 61000-4-5 2014	雷サージ試験器 (LSS)
	伝導性電磁妨害	IEC 61000-4-6 2013	伝導性イミュニティ試験システム

※ Conductive Power Transfer

DC 充電システム イミュニティ試験 (住宅以外及び住宅の環境/待機及び待機状態) 1/2

試験の分類と項目		適応規格	ノイズ研究所対応製品
筐体	静電気放電	IEC 61000-4-2 2008	静電気試験器 (ESS)
	放射RF	IEC 61000-4-3 2006 Amd1:2007, Amd2:2010	RF放射イミュニティ試験システム
	電源周波数磁界	IEC 61000-4-8 2009	電源周波数イミュニティシステム (お問合せください)
AC入力	EFT/B	IEC 61000-4-4 2012	ファスト・トランジェント /バースト試験器 (FNS)
	サージ	IEC 61000-4-5 2014	雷サージ試験器 (LSS)
	伝導性電磁妨害	IEC 61000-4-6 2013	伝導性イミュニティ試験システム
	電圧ディップ・瞬停	IEC 61000-4-11 2004 (≤ 16 A) IEC 61000-4-34 2005 Amd1 2009 (> 16 A)	電源電圧変動試験器 (VDS)
DC入力	EFT/B	IEC 61000-4-4 2012	ファスト・トランジェント /バースト試験器 (FNS)
	サージ	IEC 61000-4-5 2014	雷サージ試験器 (LSS)
	伝導性電磁妨害	IEC 61000-4-6 2013	伝導性イミュニティ試験システム

DC 充電システム イミュニティ試験（住宅以外及び住宅の環境／待機及び待機状態） 2/2

試験の分類と項目		適応規格	ノイズ研究所対応製品
有線ネットワーク、制御線	EFT/B	IEC 61000-4-4 2012	ファスト・トランジェント ノバースト試験器 (FNS)
	サージ	IEC 61000-4-5 2014	雷サージ試験器 (LSS)
	伝導性電磁妨害	IEC 61000-4-6 2013	伝導性イミュニティ試験システム
CPT port	EFT/B	IEC 61000-4-4 2012	ファスト・トランジェント ノバースト試験器 (FNS)
	サージ	IEC 61000-4-5 2014	雷サージ試験器 (LSS)
	伝導性電磁妨害	IEC 61000-4-6 2013	伝導性イミュニティ試験システム

エミッション測定（住宅以外及び住宅の環境／待機及び待機状態）

試験の分類と項目		適応規格	ノイズ研究所対応製品
AC入力	高調波電流	IEC 61000-3-2 2014 IEC 61000-3-12 2011	(お問合せください)
	電圧変動・フリッカ	IEC 61000-3-3 2013 IEC 61000-3-11 2017	(お問合せください)
低電圧 AC/DC入力	電磁妨害	CISPR 11 2015	雑音端子測定システム
CPT			
有線ネットワーク、制御線		CISPR 11 2015 (> 30 MHz)	不要輻射測定システム
筐体		IEC 61851-21-2 Annex B (MIL-STD-461F 2007) (キーレスエントリ周波数)	(お問合せください)
CPT port	過渡エミッション	IEC 61851-21-2 Annex D	(お問合せください)

【 ISO 10605 Ed.3 2023 の試験概要 】

1. 一般的事項

車両内での動作または車両の乗り降りの際に生じる電荷の蓄積による静電気放電は、自動車に搭載される電子機器の誤動作を引き起こす要因であり、搭載電子機器の数が増加するにつれてますます重要となってきています。

この規格は、帯電した人体から電子機器に放電する静電気現象を想定し、その際に発生する電流波形を再現するための静電気発生器を用いて試験を行うことを規定しており、従来よりある様々な産業で共通して用いられている静電気試験で不足する項目を補い、自動車規格に適合した試験が規程されています。

また、梱包やメンテナンス時の取扱い時における各モジュールの静電気耐性を評価するための試験手順についても規定しています。

2. 試験レベル

以下の試験レベルは、参考情報です。カテゴリは、電子部品の機能重要度により分類されます。

電子部品試験—直接接触放電と直接気中放電の厳しさのレベル例—（供試品の動作状態が対象）

試験レベル	直接 - 接触放電			直接 - 気中放電		
	カテゴリ 1	カテゴリ 2	カテゴリ 3	カテゴリ 1	カテゴリ 2	カテゴリ 3
Level 4	± 8kV	± 8kV	± 15kV	± 15kV	± 15kV	± 25kV
Level 3	± 6kV	± 8kV	± 8kV	± 8kV	± 8kV	± 15kV
Level 2	± 4kV	± 4kV	± 6kV	± 4kV	± 6kV	± 8kV
Level 1	± 2kV	± 2kV	± 4kV	± 2kV	± 4kV	± 6kV

電子部品試験—間接触放電の厳しさのレベル例—（供試品の動作状態が対象）

試験レベル	間接 - 接触放電		
	カテゴリ 1	カテゴリ 2	カテゴリ 3
Level 4	± 8kV	± 15kV	± 20kV
Level 3	± 6kV	± 8kV	± 15kV
Level 2	± 4kV	± 4kV	± 8kV
Level 1	± 2kV	± 2kV	± 4kV

電子部品試験—パッケージング及びハンドリング試験の厳しさのレベル例—

試験後の 通電機能確認	直接 - 接触放電			直接 - 気中放電		
	カテゴリ 1	カテゴリ 2	カテゴリ 3	カテゴリ 1	カテゴリ 2	カテゴリ 3
	± 1kV	± 2kV	± 4kV	± 8kV	± 15kV	± 25kV

実車試験—車両内における接触放電と気中放電の厳しさのレベル例—

試験レベル	接触放電			気中放電		
	カテゴリ 1	カテゴリ 2	カテゴリ 3	カテゴリ 1	カテゴリ 2	カテゴリ 3
Level 4	± 6kV	± 8kV	± 8kV	± 8kV	± 15kV	± 15kV
Level 3	± 4kV	± 4kV	± 6kV	± 6kV	± 8kV	± 8kV
Level 2	± 2kV	± 2kV	± 2kV	± 4kV	± 4kV	± 6kV
Level 1	—	—	—	± 2kV	± 2kV	± 4kV

実車試験—車両外における接触放電と気中放電の厳しさのレベル例—

試験レベル	接触放電			気中放電		
	カテゴリ 1	カテゴリ 2	カテゴリ 3	カテゴリ 1	カテゴリ 2	カテゴリ 3
Level 4	± 6kV	± 8kV	± 8kV	± 15kV	± 15kV	± 25kV
Level 3	± 4kV	± 6kV	± 6kV	± 8kV	± 8kV	± 15kV
Level 2	± 2kV	± 2kV	± 4kV	± 4kV	± 6kV	± 8kV
Level 1	—	—	± 2kV	± 2kV	± 4kV	± 4kV

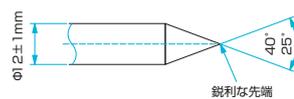
3. 発生器の仕様および出力波形の検証

■ 静電気試験器の仕様

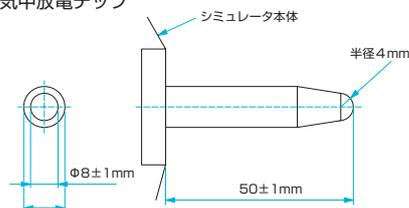
静電気試験を行う場合、下記の仕様を満たす試験器を使用します。

項目	仕様
出力電圧 - 接触放電	2kV ~ 15kV
出力電圧 - 気中放電	2kV ~ 25kV
出力電圧精度	5%以下
極性	正および負
電流波形の上り時間 (10% ~ 90%)	0.7ns ~ 1ns
電圧保持時間	5s 以上
コンデンサ定数	150pF, 330pF
抵抗定数	2k Ω, 330 Ω

接触放電チップ



気中放電チップ

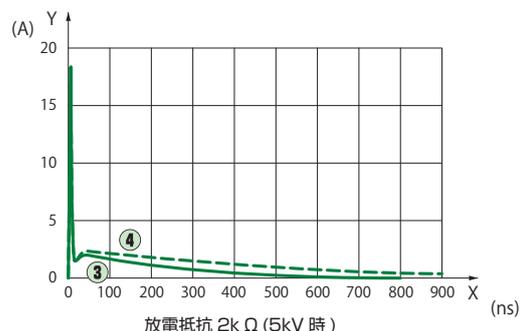
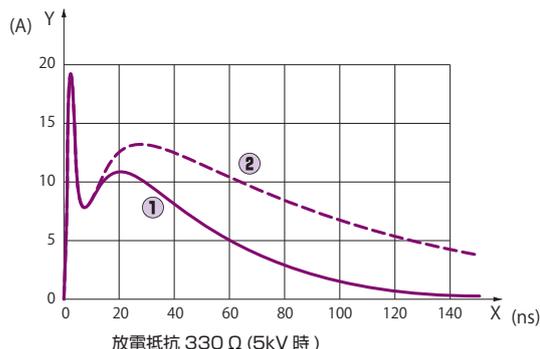


15kV より高い試験電圧における気中放電の場合は、空気中へのリークを避けるために、より大きな電極チップを使用することができる。

■ 静電気試験器の特性（接触放電モード電流の仕様）

下記の放電電流特性を確認する必要があります。

コンデンサ / 抵抗	第 1 peak 電流	t1 電流	t2 電流	下記図表
150pF/330 Ω	3.75A/kV ± 10%	2A/kV ± 30% (t1=30ns)	1A/kV ± 30% (t2=60ns)	①
330pF/330 Ω		2A/kV ± 30% (t1=65ns)	1A/kV ± 30% (t2=130ns)	②
150pF/2k Ω	3.75A/kV +30% - 0%	0.275A/kV ± 30% (t1=180ns)	0.15A/kV ± 50% (t2=360ns)	③
330pF/2k Ω		0.275A/kV ± 30% (t1=400ns)	0.15A/kV ± 50% (t2=800ns)	④

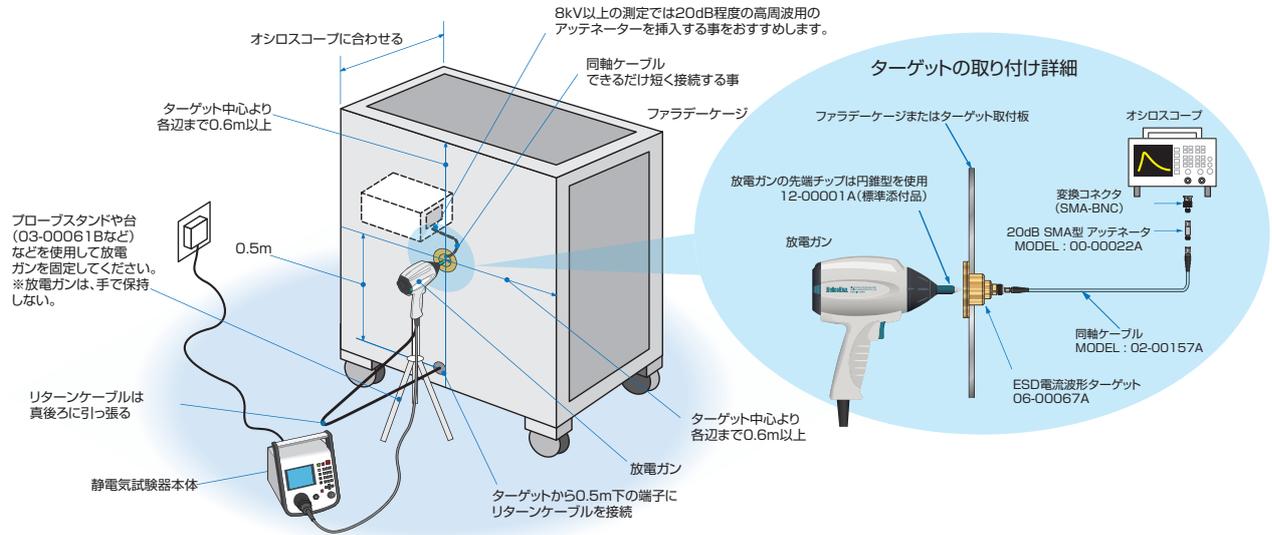


■ 出力電流波形の確認

静電気試験器の波形確認は、ファラデーケージまたは 1.2m × 1.2m 以上の金属板の中央に規定の電流波形観測用ターゲットを取り付け、1GHz 以上の帯域幅を持つオシロスコープを用いて確認を行います。

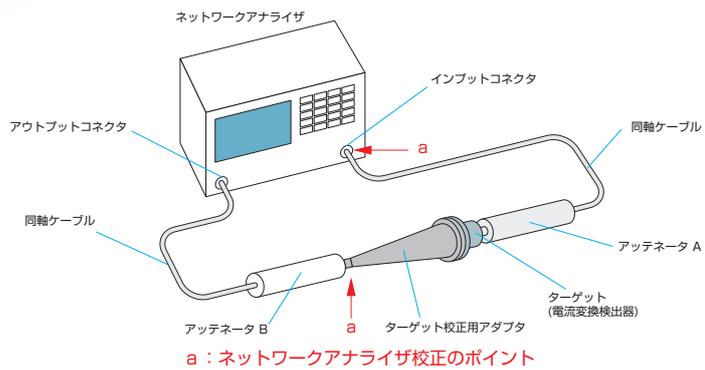
放電電極（放電ガンの先端チップ）をターゲットに接触させ、静電気試験器は接触放電モードに設定します。

なお、試験器のリターンケーブルは、そのケーブル長の中央で折り返し、ターゲットより 0.5m 真下の位置の端子に接続します。



■ ターゲットの校正

電流波形観測用ターゲットは、専用の測定治具を用いて周波数特性を検証する必要があります。



4. 試験のセットアップと試験手順

■ 共通事項

- ・グラウンドプレーン: サイズ 1.6 × 0.8m 以上で、セットアップ時に DUT や周辺機器などから 0.2m 以上大きく、接続抵抗は 25mΩ 以下とします。
- ・絶縁ブロック: 高さ 50 ± 5mm。全ての辺において試験構成より 20mm 先まで広げます。
- ・DUT の機能試験のために必要な全ての周辺ユニットに接続し、ワイヤハーネスの長さは 1.7m (+0.3m - 0) とします。
- ・全ての構成部品は互いに 0.2 m 以上離します。
- ・ワイヤハーネスはグラウンドプレーンのエッジから 0.1m 離して結束し、絶縁ブロックに固定します。
- ・電源バッテリーは試験テーブル上に置き、陰部端子をグラウンドプレーンに直接接続します。
- ・試験台は他の誘電構造物から 0.1m 以上離します。
- ・直接放電の場合は、静電気試験器の放電帰路ケーブルはグラウンドプレーンに接続します。
- ・CR 定数は機器の搭載位置により 150pF または 330pF を選択し、330 Ω を使用します。
- ・2 つ以上の試験レベルを実施します。
- ・シャーシに直接取り付けない電子機器は、絶縁ブロックを使用します。

■ 電子部品試験（電源供給あり）－直接放電 接触および気中－

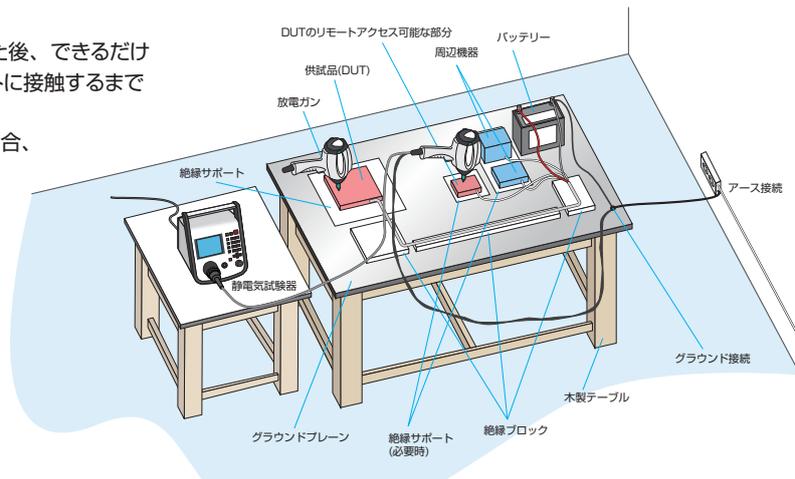
- ・正および負極性で最低 3 回、1 秒以上間隔で試験します。
- ・手の触れるところすべてに印加します。
- ・シャーシに直接取り付けない電子機器は、絶縁ブロックを使用します。

【接触放電の場合】

- ・放電電極は、放電スイッチを動作させる前に DUT の通電ポイントに接触させます。
- ・塗装表面が絶縁被覆でない場合、塗装面を放電電極の先端部で貫通させて接触させます。
- ・放電電極は、DUT の表面に対して垂直に維持します。

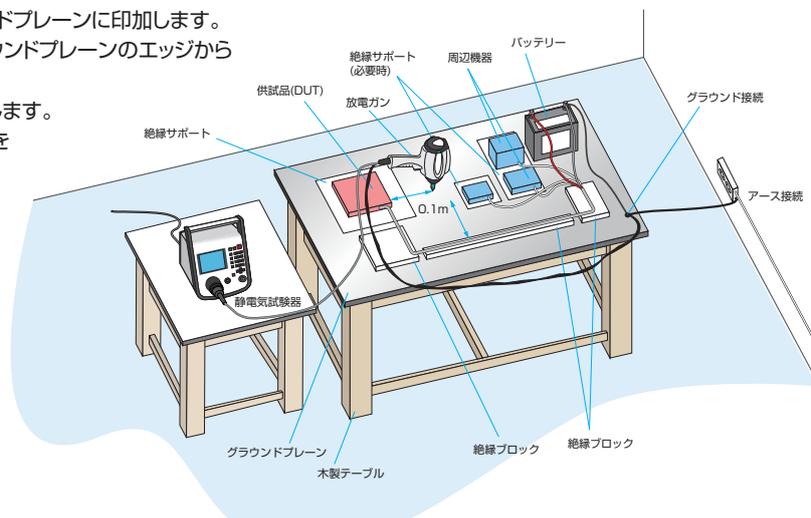
【気中放電の場合】

- ・放電電極のチップは放電スイッチを動作させた後、できるだけ迅速 (0.1m/s ~ 0.5m/s) に放電ポイントに接触するまで DUT に移動させ印加します。
- ・導電材の塗装に絶縁塗装が宣言されている場合、気中放電を実施します。



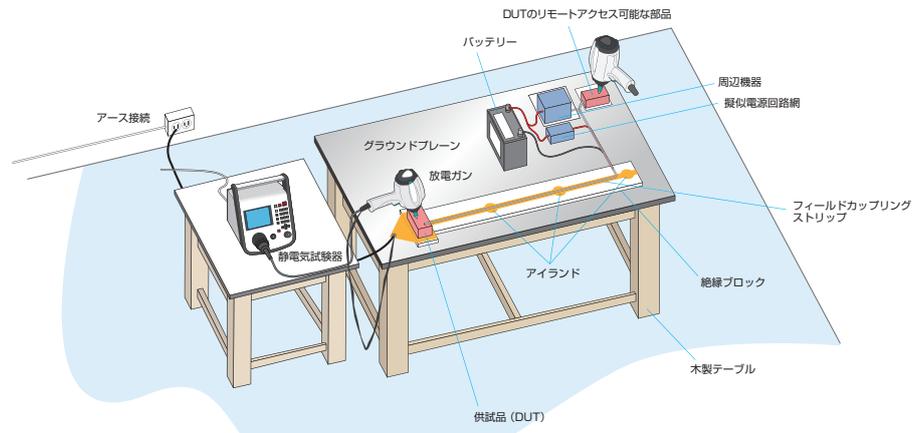
■ 電子部品試験（電源供給あり）－間接放電－

- ・接触放電でグラウンドプレーンに加えて印加します。
- ・1s 以上の間隔で 10 回以上試験します。
- ・DUT のそれぞれの側のポイントでグラウンドプレーンに印加します。
- ・DUT は一番近い表面が放電を受けるグラウンドプレーンのエッジから 0.1 m 離れるように位置させます。
- ・DUT、ハーネスから 0.1m の位置に印加します。
- ・CR 定数は機器の搭載位置により 330pF を選択し、330 Ω を使用します。



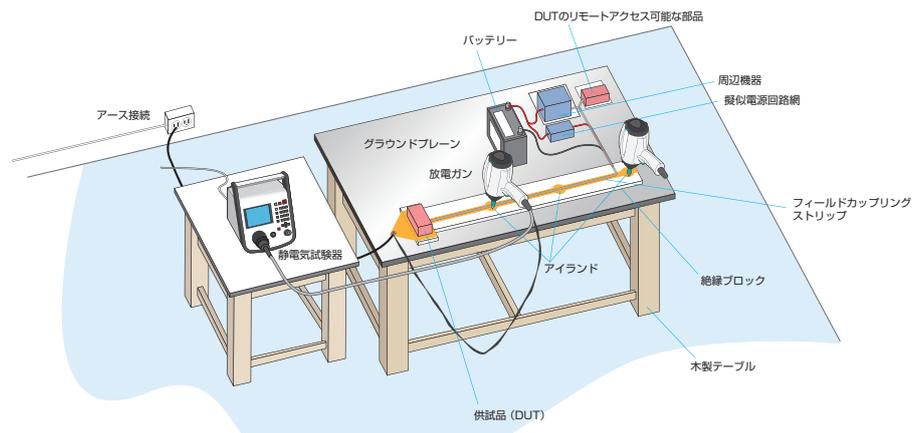
■ 電子部品試験（電源供給あり）-FCP を用いた直接放電

- ・正および負極性で最低 3 回、1 秒以上間隔で試験します。
- ・CR 定数は機器の搭載位置により 150pF または 330pF を選択し、330 Ω を使用します。



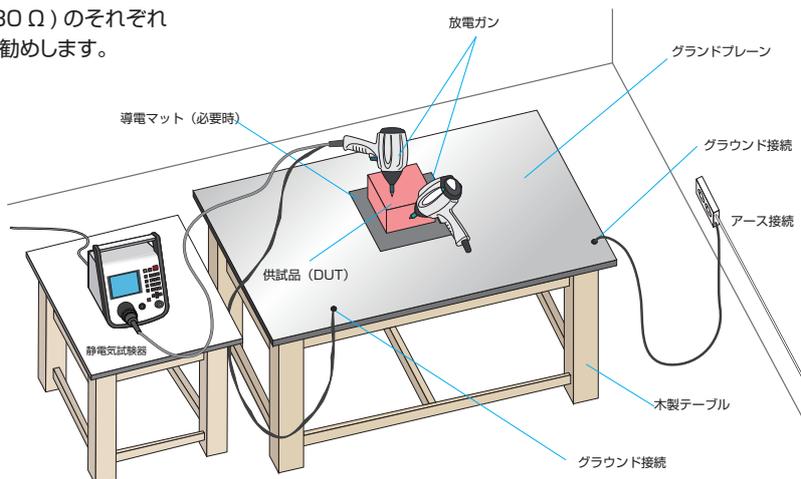
■ 電子部品試験（電源供給あり）-FCP を用いた間接放電

- ・アイランドに対して正および負極性で最低 10 回、1 秒以上間隔で試験します。
- ・CR 定数は機器の搭載位置により 330pF を選択し、330 Ω を使用します。



■ 電子部品試験（電源供給なし）－パッケージングとハンドリング ESD 感受性試験－

- ・CR 定数は 150pF を使用し、人体が直接触れる場合 (2k Ω) および金属物を持った状態で触れる場合 (330 Ω) のそれぞれを想定した抵抗での試験を実施することをお勧めします。
- ・2 つ以上の試験レベルを実施します。
- ・1s 間隔以上で正および負極性で各 3 回以上試験します。
- ・接触放電は、手の触れるところすべてに印加します。
- ・印加後、1M Ω ± 20% の除電抵抗で供試品を除電した後に通電し、正常に動作することを確認します。

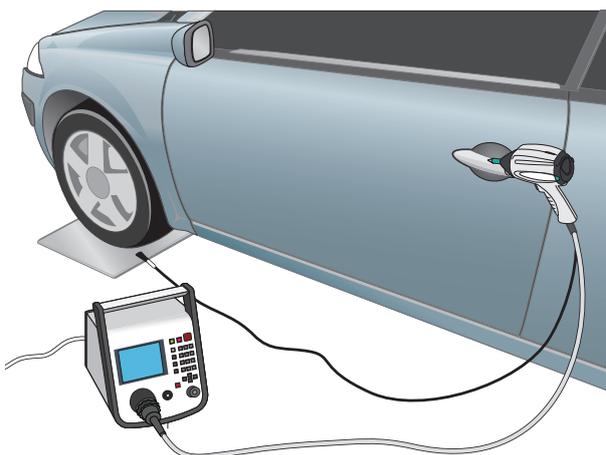


■ 実車試験－車両内外の試験－

- ・車両内で人が簡単に手を触れることができる箇所は、330pF/330 Ω または 2k Ω で試験します。
- ・車両外から人が手をふれることができる箇所は、150pF/330 Ω または 2k Ω で試験します。
- ・グラウンド線はシートレールなどのシャーシに接続します。車外試験は、近くのシャーシまたはタイヤの下の金属板に接続します。
- ・車両内外ともに接触・気中の両方で試験します。



車両内試験



車両外試験

注意：この試験概要は、ISO10605 Ed.3 2023 規格を元に記載しております。
 詳細な試験方法等につきましては規格書の原文をご確認ください。

【 IEC 61000-4-2 Ed.2 の試験概要 】

※ 本規格概要は自動車・車載機器向けの内容となっております。

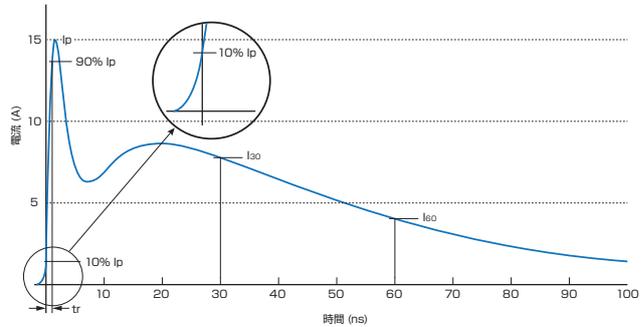
1. 一般的事項

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免疫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に持ち、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



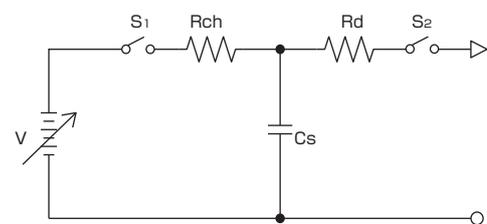
3. 発生器の仕様および出力波形の検証

■ 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	右図参照

放電電流波形および波形の特性



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%) Ip	立上り時間 (±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

※ 出力電流波形の確認方法はISO 10605規格概要参照。

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。

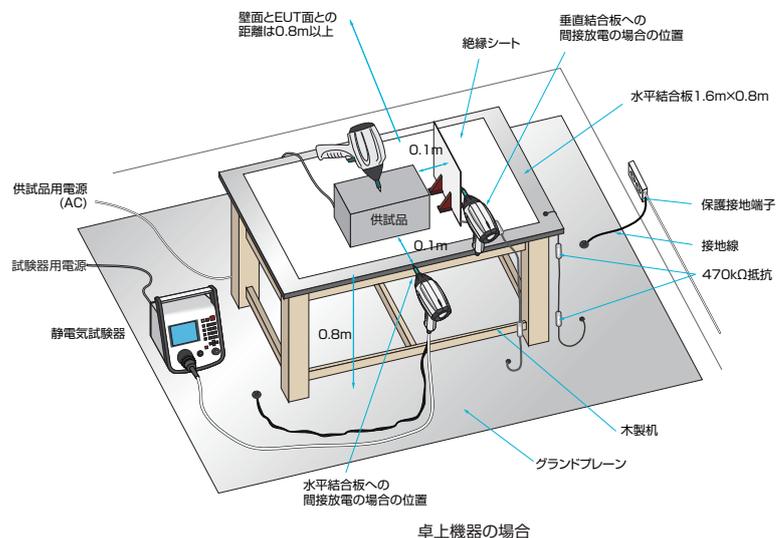
水平結合板は、470kΩ の抵抗 2ヶでグラウンドプレーンに接続します。

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 470kΩ の抵抗 2ヶでグラウンドプレーンに接続します。

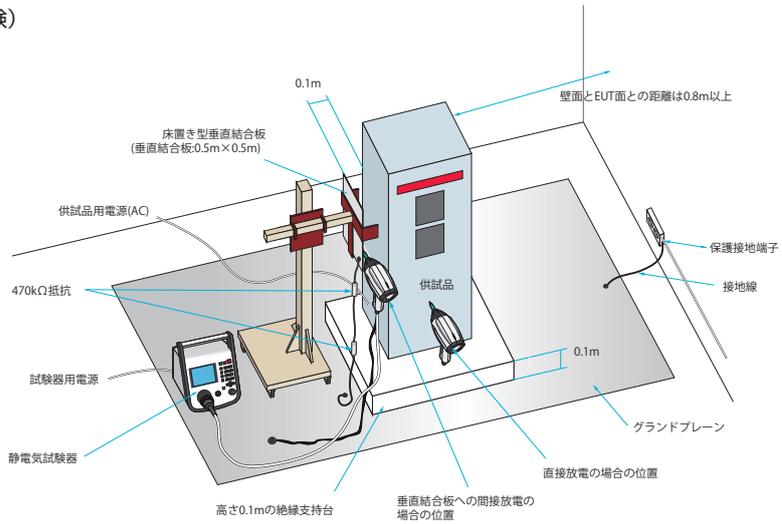


■ 床置き機器に対する試験機器配置例（検査室試験）

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470kΩ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。

【 ISO 7637-2 Ed.3 2011 の試験概要 】

1. 一般的事項

この規格は、12V系又は24V系の車両に搭載された電子・電気機器の電導性電氣的過渡現象に対する耐性の評価（イミュニティ）及び計測（エミッション）に関する規定をし、あわせて過渡現象に対する故障モードの厳しさレベル分類も記載しています。本書では、過渡サージイミュニティ試験を中心に記述し、過渡エミッション測定は参考として後述します。

■ 過渡サージイミュニティ試験

電源線からの過渡サージ現象に対する耐性評価（イミュニティ）試験は、パルス発生器を使用します。

ただし、この規格で記載されているパルスはあくまで代表的な特性であり、車両内で発生するすべての過渡サージ現象を満足するものではありません。

2. 試験レベル

最終的には、車両製造業者と搭載電子機器製造業者間での合意によります。

【12V系の推奨試験レベル】

試験パルス	試験レベル (V)				最小パルス 又は試験時間	バーストサイクル時間 パルス反復時間	
	I	II	III	IV			
1	-75	-112	-150		5000 パルス	Min 0.5s	※
2a	+37	+55	+112		5000 パルス	Min 0.2s	Max 5s
2b	+10	+10	+10		10 パルス	Min 0.5s	Max 5s
3a	-112	-165	-220		1 時間	Min 90ms	Max 100ms
3b	+75	+112	+150		1 時間	Min 90ms	Max 100ms

【24V系の推奨試験レベル】

試験パルス	試験レベル (V)				最小パルス 又は試験時間	バーストサイクル時間 パルス反復時間	
	I	II	III	IV			
1	-300	-450	-600		500 パルス	Min 0.5s	※
2a	+37	+55	+112		500 パルス	Min 0.2s	Max 5s
2b	+20	+20	+20		10 パルス	Min 0.5s	Max 5s
3a	-150	-220	-300		1 時間	Min 90ms	Max 100ms
3b	+150	+220	+300		1 時間	Min 90ms	Max 100ms

※ 0.5s 以上で、供試品 (DUT) が正常に初期化できる最小時間

3. 発生器の仕様および出力波形の検証

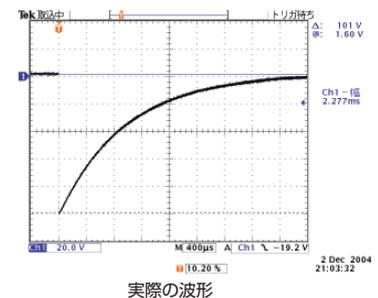
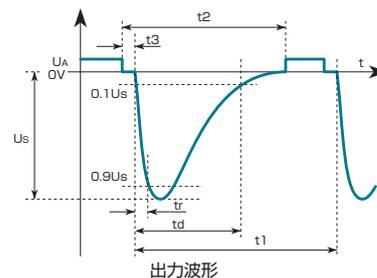
■ 試験パルス発生器の仕様

Pulse1 供試品 (DUT) に並列に接続した誘導負荷による電源切断時の過渡現象を再現

パラメータ	12V系	24V系
Us	-75 ~ -150V	-300 ~ -600V
Ri	10 Ω	50 Ω
td	2ms	1ms
tr	1 μs + 0 / -0.5 μs	3 μs + 0 / -1.5 μs
t1 ^a	= 0.5s	
t2	200ms	
t3 ^b	< 100 μs	

a: 次のパルスを印加する前に DUT が正しく初期設定されるための最短時間

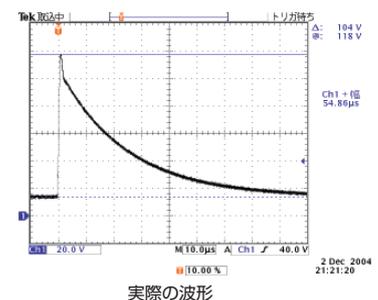
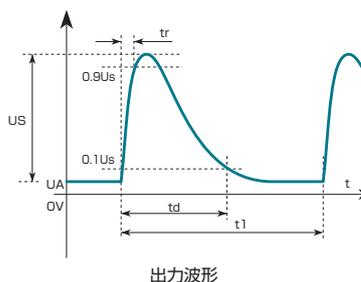
b: t3 は電源の遮断とパルスの印加との間に必要な可能最短の時間



Pulse2a ワイヤハーネスの誘導に起因する電流遮断による過渡現象を再現

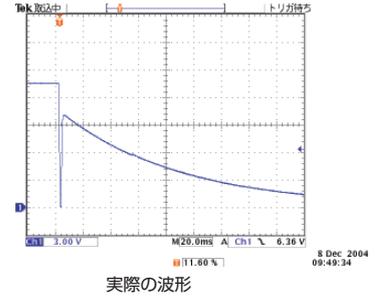
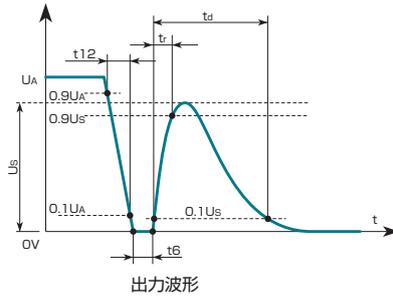
パラメータ	12V系	24V系
Us	+37 ~ +112V	
Ri	2 Ω	
td	0.05ms	
tr	1 μs + 0 / -0.5 μs	
t1 ^a	0.2 ~ 5s	

a: 反復時間 t1 は、開閉に応じて短くすることができる。短い反復時間を使用すると、試験時間は短縮される。



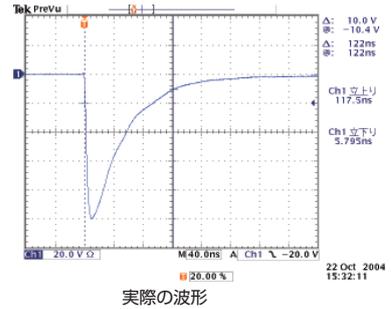
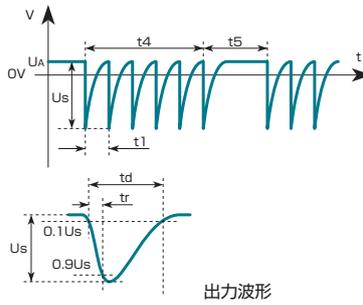
Pulse2b イグニッション off 時の直流モーターから発生する過渡現象を再現

パラメータ	12V系	24V系
Us	10V	20V
Ri	0 ~ 0.05 Ω	
td	0.2s ~ 2s	
t12	1ms ± 0.5ms	
tr	1ms ± 0.5ms	
t6	1ms ± 0.5ms	



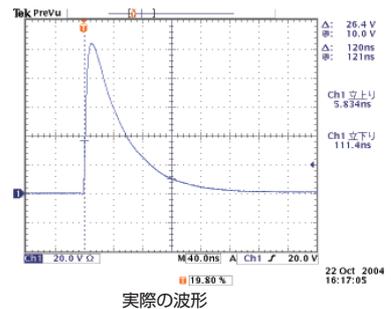
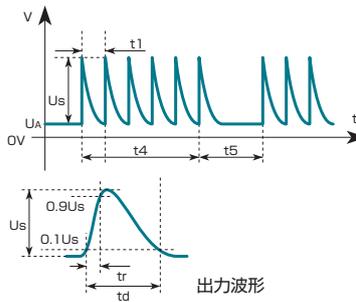
Pulse3a 誘導負荷のスイッチ開閉による過渡現象を再現

パラメータ	12V系	24V系
Us	-112 ~ -220V	-150 ~ -300V
Ri	50 Ω	
td	150ns ± 45ns	
tr	5ns ± 1.5ns	
t1	100 μs	
t4	10ms	
t5	90ms	



Pulse3b 誘導負荷のスイッチ開閉による過渡現象を再現

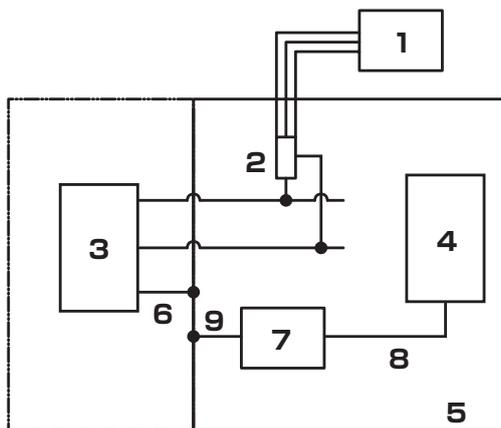
パラメータ	12V系	24V系
Us	+75 ~ +150V	+150 ~ +300V
Ri	50 Ω	
td	150ns ± 45ns	
tr	5ns ± 1.5ns	
t1	100 μs	
t4	10ms	
t5	90ms	



■ 試験パルス発生器の検証

下記の配置図のように各機器を設置し、それぞれのパルスに対して無負荷時あるいは抵抗負荷装着時における出力波形の電圧および立上り幅などを確認します。

- ・ DUT は、厚さが 50 ± 5mm の低伝導性で比誘電率が低い ($\epsilon_r \leq 1.4$) 支持台上に置きます。
- ・ DUT ケースのグラウンドプレーンへの接地は、車両への実装状態を反映します。
- ・ 試験パルス 3a/3b については、試験パルス発生器と DUT の端子間のリード線は、比誘電率が低い ($\epsilon_r \leq 1.4$) 支持台上に平行な直線状にして、長さは 500 ± 100mm にします。
- ・ 負荷シミュレータは基準グラウンドプレーン上に直接置きます。



1. オシロスコープ又は同等品
2. 電圧プローブ
3. パルス発生器
4. 供試品 (DUT)
5. 基準グラウンドプレーン
6. 接地接続 (* Pulse3 の場合、長さ Max100mm)
7. 負荷シミュレータ
8. 相互接続ケーブル
9. 負荷シミュレータ接地 (必要な場合)

Pulse	負荷 / 無負荷	Us	tr	td	t12
Pulse1 (12V系)	無負荷	- 100V ± 10V	1μs +0/ - 0.5μs	2000μs ± 400μs	-
	10Ω負荷	- 50V ± 10V	-	1500μs ± 300μs	-
Pulse1 (24V系)	無負荷	- 600V ± 60V	3μs +0/ - 1.5μs	1000μs ± 200μs	-
	50Ω負荷	- 300V ± 30V	-	1000μs ± 200μs	-
Pulse2a (12・24V系)	無負荷	+75V ± 7.5V	1μs +0/ - 0.5μs	50μs ± 10μs	-
	2Ω負荷	+37.5V ± 7.5V	-	12μs ± 2.4μs	-
Pulse2b (12・24V系)	無負荷	+10V ± 1V(12V系)	1ms ± 0.5ms	2s ± 0.4s	1ms ± 0.5ms
		+20V ± 2V(24V系)			
Pulse3a (12・24V系)	無負荷	- 200V ± 20V	5ns ± 1.5ns	150ns ± 45ns	-
	50Ω負荷	- 100V ± 20V			
Pulse3b (12・24V系)	無負荷	+200V ± 20V			
	50Ω負荷	+100V ± 20V			

※電力増幅器の電流容量が小さいと検証できない場合があります。

4. 試験のセットアップと試験手順

■ 試験電圧

試験電圧	12V系	24V系
U _A	13.5V ± 0.5V	27V ± 1V

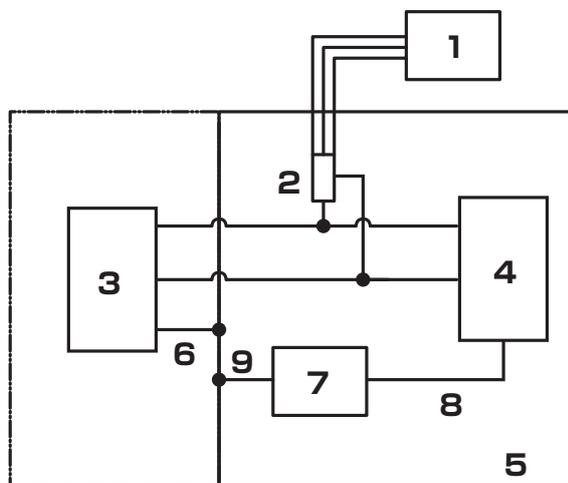
■ 周囲温度

23°C ± 5°C

■ 試験配置

下記図のように各機器を設置し試験レベル等を参照の上、それぞれのパルスを実験品に注入します。

- ・試験中は、オシロスコープと電圧プローブを取り外します。
- ・Pulse3a/3b: 試験パルス発生器と供試品 (DUT) 端子間のリード線は、基準グラウンドプレーンから高さ 50mm ± 5mm で平行・直線に引き回し、またそのリード線の長さは 0.5m ± 0.1m となっています。



1. オシロスコープ又は同等品
2. 電圧プローブ
3. パルス発生器
4. 供試品 (DUT)
5. 基準グラウンドプレーン
6. 接地接続 (※ Pulse3 の場合、長さ Max100mm)
7. 負荷シミュレータ (必要な場合、基準グラウンドプレーンに接続)
8. 相互接続ケーブル
9. 負荷シミュレータ接地 (必要な場合)

● 過渡エミッション測定概要

供試品 (DUT) とバッテリー又は開閉器間にある電源線からの伝導性の過渡エミッションは潜在的な伝導妨害源とみなされるため、DUT の電気・電子部品を評価する必要があります。

■ 推奨限度値

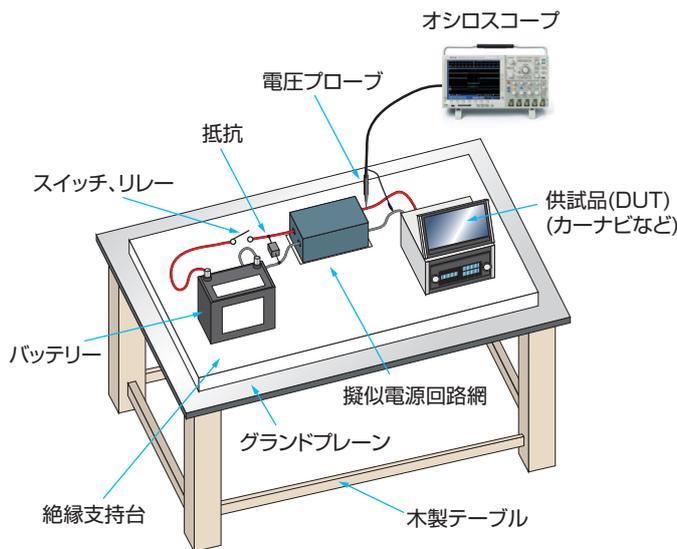
【12V 系の推奨限度値】

パルス振幅 (Us)	厳しさレベル			
	I / II	III	IV	V
正低速パルス	+25V	+37V	+75V	業者間による
負低速パルス	- 50V	- 75V	- 100V	
正高速パルス	+50V	+75V	+100V	
負高速パルス	- 75V	- 112V	- 150V	

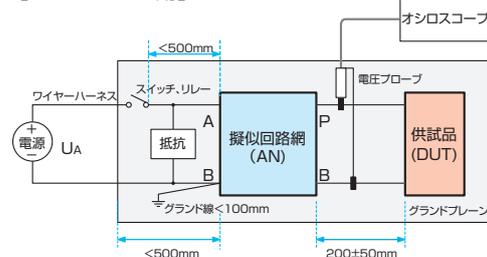
【24V 系の推奨限度値】

パルス振幅 (Us)	厳しさレベル			
	I / II	III	IV	V
正低速パルス	+25V	+37V	+75V	業者間による
負低速パルス	- 100V	- 150V	- 200V	
正高速パルス	+100V	+150V	+200V	
負高速パルス	- 100V	- 150V	- 200V	

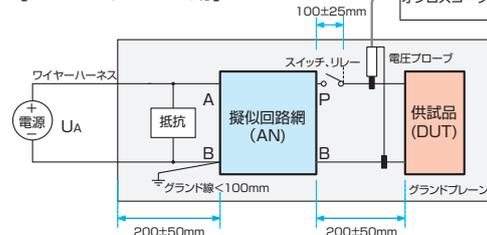
■ 試験配置イメージ



【スローパルス用】



【ファーストパルス用】



※DUT、AN、スイッチおよびワイヤーハーネスは
グランドプレーンから50mm+10/-0mm上に設定

- ・ 擬似電源回路網、開閉器および供試品 (DUT) の間の配線は、基準グランドプレーンから $50\text{mm} \pm 5\text{mm}$ の高さに配置します。
- ・ DUT は基準グランドプレーンから $50\text{mm} \pm 5\text{mm}$ の高さかつ絶縁物上に配置します。
(規定がある場合は除く)
- ・ 妨害電圧はなるべく DUT 端子の近い場所で測定します。
- ・ 適当な仕様を有した測定器を使い、DUT を駆動させ電圧振幅を測定します。特に規定がない限り 10 回の波形測定が必要です。

注意：この試験概要は、ISO 7637-2 Ed.3 2011 規格を元に記載しております。
詳細な試験方法等につきましては規格書の原文をご確認ください。

【 ISO 7637-3 Ed.3 の試験概要 】

1. 一般的事項

この規格は、電源線以外のケーブルに結合する過渡パルスに対する、供試品 (DUT) のイミュニティ評価を実施するための試験法について記載しています。

試験パルスは、誘導性負荷の開閉およびリレー接点のバウンスを原因とする高速および低速の過渡妨害を模擬しています。

ただし、この規格で記載されているパルスはあくまで代表的な特性であり、車両内で発生するすべてのパルスを満足するものではありません。

2. 試験レベル

規格で推奨する試験レベルは下記の通りです。

ただし、最終的には車両製造業者と機器製造業者の合意によります。

【12V 系機器の推奨試験レベル】

試験パルス	結合方法	試験レベル				試験時間
		I (最小)	II	III	IV (最大)	
Fast Pulse 3a	CCC 法	- 30V	- 60V	- 80V	- 110V	10 分
	DCC 法	- 30V	- 60V	- 80V	- 110V	
Fast Pulse 3b	CCC 法	+18V	+37V	+60V	+75V	5 分
	DCC 法	+18V	+37V	+60V	+75V	
Slow Pulse +	DCC 法	+8V	+15V	+23V	+30V	5 分
	ICC 法	+3V	+4V	+5V	+6V	
Slow Pulse -	DCC 法	- 8V	- 15V	- 23V	- 30V	5 分
	ICC 法	- 3V	- 4V	- 5V	- 6V	

【24V 系機器の推奨試験レベル】

試験パルス	結合方法	試験レベル				試験時間
		I (最小)	II	III	IV (最大)	
Fast Pulse 3a	CCC 法	- 37V	- 75V	- 110V	- 150V	10 分
	DCC 法	- 37V	- 75V	- 110V	- 150V	
Fast Pulse 3b	CCC 法	+37V	+75V	+110V	+150V	5 分
	DCC 法	+37V	+75V	+110V	+150V	
Slow Pulse +	DCC 法	+15V	+25V	+35V	+45V	5 分
	ICC 法	+4V	+6V	+8V	+10V	
Slow Pulse -	DCC 法	- 15V	- 25V	- 35V	- 45V	5 分
	ICC 法	- 4V	- 6V	- 8V	- 10V	

3. 出力波形

■ 出力波形

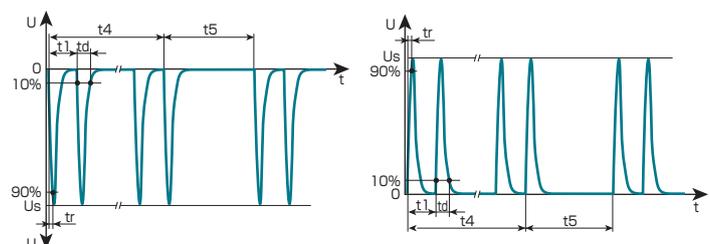
【高速過渡パルス Fast Pulse 3a/3b】

スイッチの開閉により発生する過渡パルスを模擬しています。

この過渡パルスの特性は、ワイヤーハーネスの分布容量およびインダクタンスによって変化します。

(12V 系 / 24V 系共に共通波形)

パラメータ	【Fast Pulse 3a】	【Fast Pulse 3b】
Us(V)	試験レベル参照	試験レベル参照
tr(ns)	5 ± 1.5	5 ± 1.5
td(μs)	0.15 ± 0.045	0.15 ± 0.045
t1(μs)	100	100
t4(ms)	10	10
t5(ms)	90	90
Ri(Ω)	50	50



Fast Pulse 3a

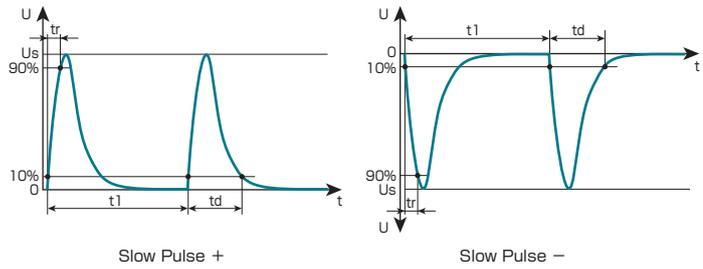
Fast Pulse 3b

【低速過渡パルス Slow Pulse】

ラジエーターのファンモータや A/C コンプレッサのクラッチのような、より大きな誘導性負荷の遮断により発生する過渡パルスを模擬しています。

(12V 系 / 24V 系共に共通波形)

パラメータ	【Slow Pulse +】	【Slow Pulse -】
Us(V)	試験レベル参照	試験レベル参照
tr(μs)	1 +0/-0.5	1 +0/-0.5
td(ms)	0.05	0.05
t1(s)	0.2 ~ 5	0.2 ~ 5
Ri(Ω)	2	2



4. 試験のセットアップと結合方法

■ DUT 電源電圧

電源電圧	12V 系	24V 系
Ua	13V ± 1 V	26V ± 2 V

■ 周囲温度

23°C ± 5°C

■ 試験

試験は低速過渡パルス (Slow Pulse) および高速過渡パルス (Fast Pulse) それぞれ実施します。各パルスのハーネスに対する結合方法は下記の中から一つずつ選択し適用します。

パルスの種類	CCC 法	DCC 法	ICC 法
低速過渡パルス Slow Pulse	適用不可	適用可	適用可
高速過渡パルス Fast Pulse	適用可	適用可	適用不可

- ・グラウンドプレーン：銅または真鍮および亜鉛鋼の金属板で最低 0.5mm 厚。サイズは 2 × 1m 以上。
- ・DUT およびハーネスは、厚さ 50mm ± 5mm の絶縁支持体の上に置き絶縁します。
- ・DUT は据付仕様に従ってグラウンドプレーンに接続します。
- ・可能な限り全ての負荷、センサ等はできる限り短いリード線を使用してグラウンドプレーンに接続します。

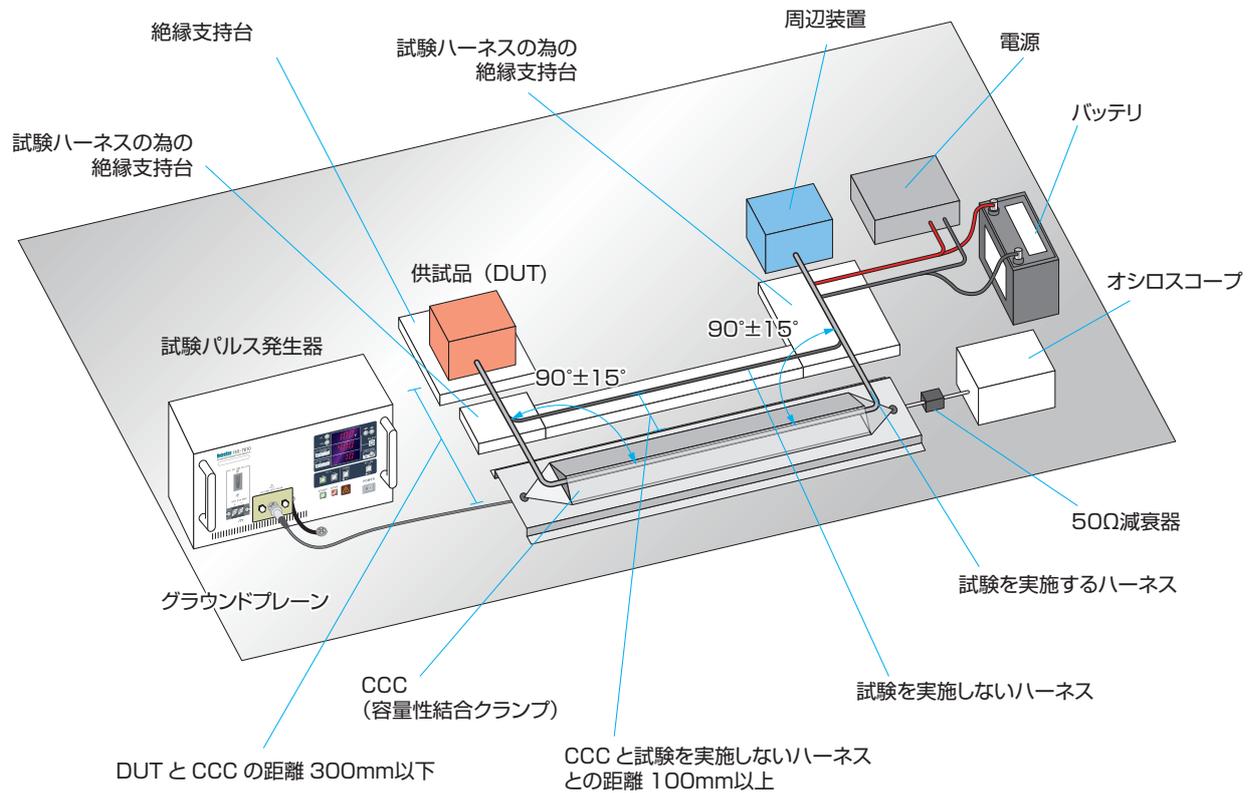
■ 結合方法

【容量性結合クランプ法 (CCC 法)】

容量性結合クランプ法 (CCC 法) は、高速過渡パルス (Fast Pulse) をハーネスに印加するための手法です。容量性結合クランプを使用するため、リード線の多い供試品 (DUT) を試験するのに有効となります。

<CCC の特性 >

- ・クランプ、ケーブル間の結合キャパシタンス 約 100pF
- ・パルス絶縁耐圧：200V 以上
- ・インピーダンス：50 Ω (クランプ内にハーネスが無い場合)



【直接コンデンサ結合法 (DCC 法)】

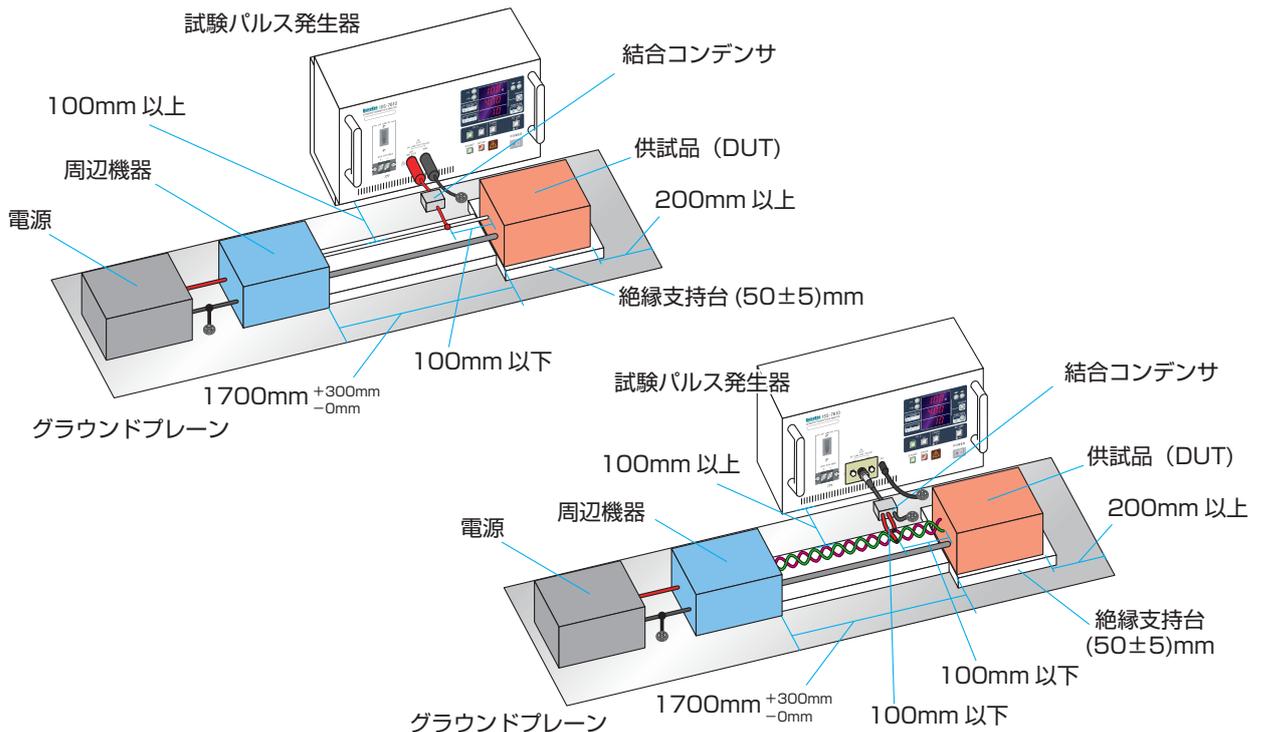
直接コンデンサ結合法 (DCC 法) は、高速過渡パルス (Fast Pulse) および低速過渡パルス (Slow Pulse) をハースに印加するための手法です。

印加するパルスに合わせて推奨容量のコンデンサを使用し、供試品 (DUT) の線に対して直接パルスを結合します。

< DCC コンデンサの特性 >

試験パルス	コンデンサ容量
高速過渡パルス (Fast Pulse)	100pF
低速過渡パルス (Slow Pulse)	0.1 μF

最大印加電圧の少なくとも 2 倍の耐電圧をもつ、非極性コンデンサで、容量の許容差は± 10% です。



※CANBAS などへの DCC 結合試験イメージ

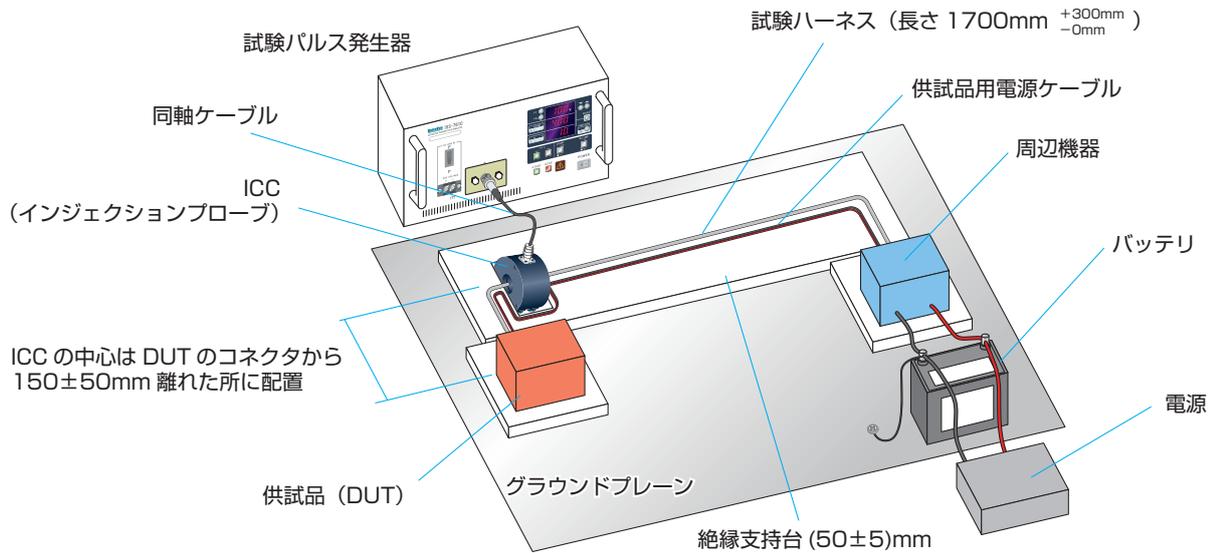
【誘導性結合クランプ法 (ICC 法)】

誘導性結合クランプ法 (ICC 法) は、低速過渡パルス (Slow Pulse) をハーネスに印加するための手法です。誘導性結合クランプを使用するため、リード線の多い供試品 (DUT) を試験するのに有効となります。

< ICC 結合パルスの特性 >

パラメータ	12V 系	24V 系
td(μ s)	7 \pm 30%	7 \pm 30%
tr(μ s)	\leq 1.2	\leq 1.2

電流インジェクションプローブ校正時において上記特性を満たす必要があります。



注意：この試験概要は、ISO7637-3 Ed.3 2016 規格を元に記載しております。
 詳細な試験方法等につきましては規格書の原文をご確認ください。

【 ISO 16750-2 Ed.4 2012 の試験概要 】

1. 一般的事項

この規格は、車両搭載機器に対する電氣的負荷の電圧変動イミュニティについて記載しています。(EMCは除外)
電氣的負荷は、車両のワイヤーハーネスや結線システムの電氣抵抗により変動することがあります。

2. 試験目的と方法および要求レベル

① 直流電源電圧

《目的》最小および最大電圧時の影響を確認

《試験》供試品 (DUT) を駆動させるための全ての入力部に印加します。

なお、関連する端子においては全ての電圧を測定する必要があります。

《試験レベル》

12V 系製品	電源電圧 (V)		24V 系製品	電源電圧 (V)	
	最小 Us	最大 Us		最小 Us	最大 Us
A	6	16	E	10	32
B	8		F	16	
C	9		G	22	
D	10.5		H	18	

《要求》供試品 (DUT) の各機能は ISO16750-1 記載のクラス A であること

② 過電圧

②-1 12V システム

②-1-1 Tmax-20℃の温度での試験

《目的》レギュレータ故障時に出力電圧が過電圧になった際の影響を確認

《試験》DUT を、最高動作温度を 20℃下回る温度に加熱し、全ての入力部に 18V の電圧を 60 分印加します。

《要求》DUT の各機能は ISO16750-1 記載のクラス C であること。(より厳しい要求事項が必要な場合はクラス A)

②-1-2 室温での試験

《目的》ジャンプスタート時の影響を確認

《試験》DUT 室温で安定している状態で、全ての入力部に 24V の電圧を 60 ± 6 秒印加します。

《要求》DUT の各機能は ISO16750-1 記載のクラス D 以上であること。(より厳しい要求事項が必要な場合はクラス B)

②-2 24V システム

②-2-1 Tmax-20℃の温度での試験

《目的》レギュレータ故障時に出力電圧が過電圧になった際の影響を確認

《試験》DUT が最高動作温度を 20℃下回る温度に加熱し、全ての入力部に 36V の電圧を 60 分印加します。

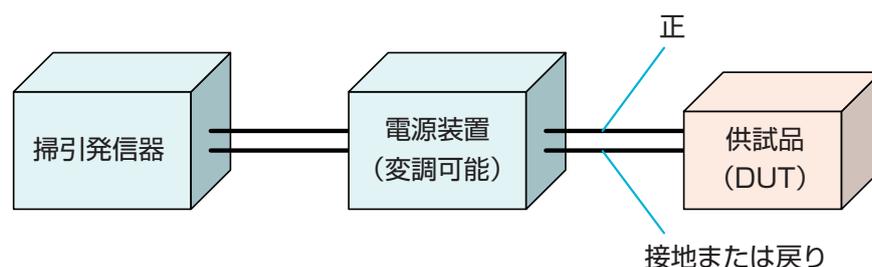
《要求》DUT の各機能は ISO16750-1 記載のクラス C であること。(より厳しい要求事項が必要な場合はクラス A)

③ 重畳交流電圧

《目的》直流電源の残留交流の影響を確認

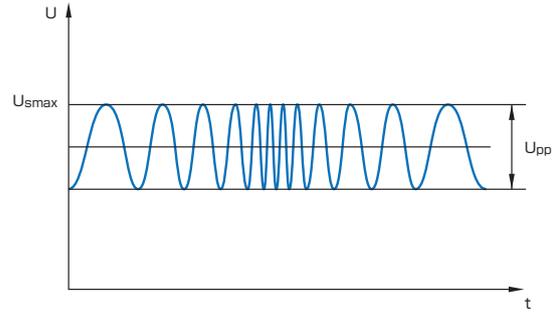
《試験》DUT の、該当する全ての入力部に対して、下記の試験を実施します。

《試験配置》

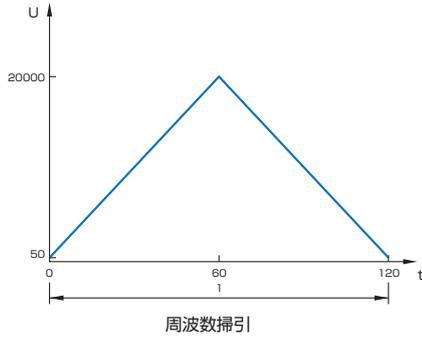


《試験レベル》

		12V系	24V系
試験電圧 $U_s \text{ max}$ (図1参照)		16V	32V
交流電圧(正弦) U_{pp}	厳しさレベル1	1V	
	厳しさレベル2	4V	
	厳しさレベル3	—	10V
	厳しさレベル4	2V	—
電源内部の抵抗	50 ~ 100m Ω		
周波数範囲(図2参照)	50Hz ~ 25kHz		
周波数掃引タイプ(図2参照)	三角・対数		
掃引時間	120秒		
掃引回数	5回(連続)		



正弦波交流電圧を重畳させた試験電圧



《要求》 DUTの各機能はISO16750-1記載のクラスAであること

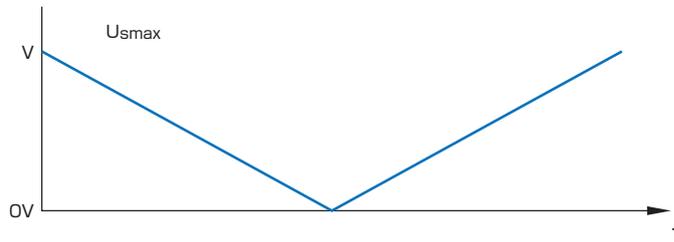
④ 電源電圧の緩速増減

《目的》 バッテリの緩やかな放電及び再充電時の影響を確認

《試験》 DUTの該当する全ての入力部に対して下記の試験を実施します。

電源電圧 U_{smin} から0Vへ減少し、その後0Vから U_{smin} まで上昇させます。

変化のスピードは、0.5V ($\pm 0.1V$) /分とするか、又は25mV以下の等ステップです。



《要求》 DUTの各機能はISO16750-1記載のクラスDであること(より厳しい要求事項が必要な場合はクラスC)

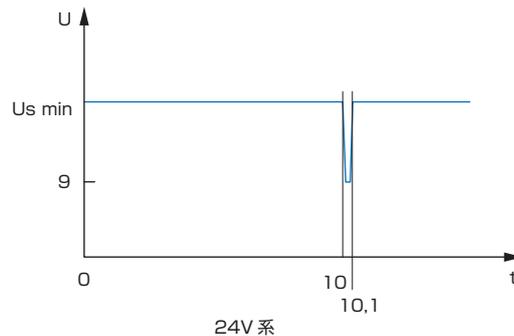
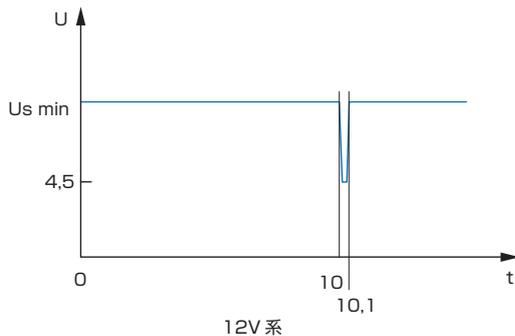
⑤ 電源電圧の不連続性

⑤-1 瞬時低下

《目的》 ヒューズが別回路内で溶融した際の影響を確認

《試験》 DUTの該当する全ての入力部に対して下記の試験を同時に印加します。

立上り/立下り時間は10ms以下です。



《要求》 DUTの各機能はISO16750-1記載のクラスBであること。仕向け先との合意によりリセットしてもよい。

⑤-2 リセット挙動

《目的》 電圧低下時のリセット挙動による DUT の影響を確認

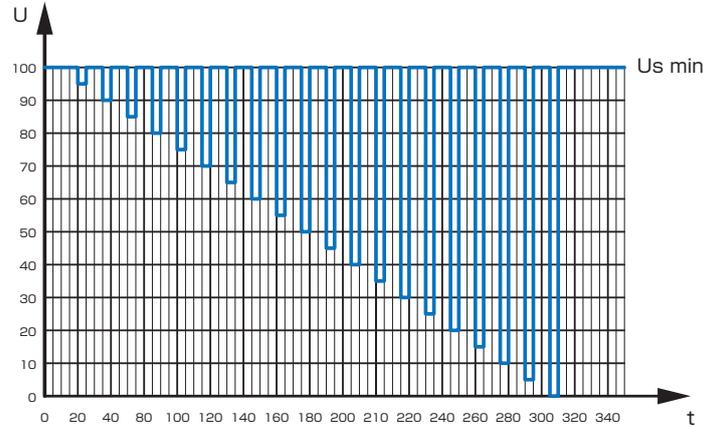
《試験》 DUT の該当する全ての入力部に対して下記の試験を実施する。

電源電圧を、最低電源電圧 U_{smin} から $0.95U_{smin}$ まで 5% ずつ引き下げる。

この電圧を 5 秒間維持した後に U_{smin} まで引き上げ 10 秒以上維持する。

次に $0.9U_{smin}$ まで引き下げ、この電圧を 5 秒間維持した後に U_{smin} まで引き上げる。

これらを下図のように下方値が 0V になるまで U_{smin} を 5% ずつ段階的に引き下げた後に再度、 U_{smin} まで引き上げる。



《要求》 DUT の各機能は ISO16750-1 記載のクラス C であること

⑤-3 起動プロフィール

《目的》 クランキング中およびその後の DUT の影響を確認

《試験》 DUT の、該当する全ての入力部に対して、下記の図および表の試験を実施します。

起動サイクルとサイクルの間の休止時間は 1~2 秒を推奨しています。

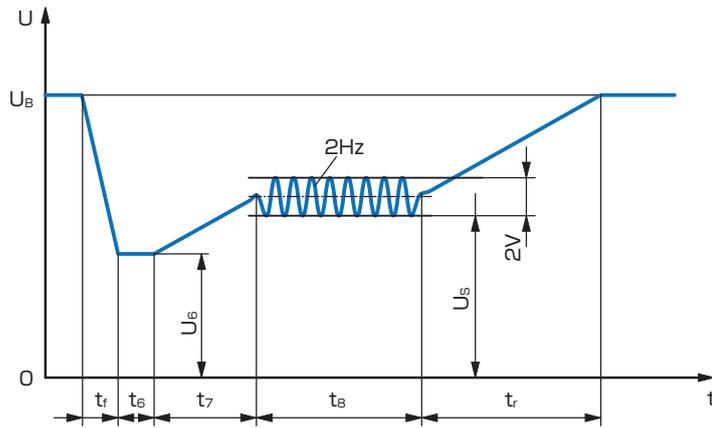
公称電圧が 12V のシステムの起動プロフィールの値 (U_N)

パラメータ		レベル			
		I	II	III	IV
電圧 V	U_{s6}	8 (-0.2)	4.5 (-0.2)	3 (-0.2)	6 (-0.2)
	U_s	9.5 (-0.2)	6.5 (-0.2)	5 (-0.2)	6.5 (-0.2)
接続時間 ms	t_f	5 (± 0.5)	5 (± 0.5)	5 (± 0.5)	5 (± 0.5)
	t_6	15 (± 1.5)	15 (± 1.5)	15 (± 1.5)	15 (± 1.5)
	t_7	50 (± 5)	50 (± 5)	50 (± 5)	50 (± 5)
	t_8	1000 (± 100)	10000 (± 1000)	1000 (± 100)	10000 (± 1000)
	t_r	40 (± 4)	100 (± 10)	100 (± 10)	100 (± 10)
最低の機能状態		A a	B a	B a	A a
		A b	B b	C b	B b
		B c	C c	C c	C c
		B d	C d	C d	C d

a $U_{smin} = 6V$; $U_{smax} = 16V$
 b $U_{smin} = 8V$; $U_{smax} = 16V$
 c $U_{smin} = 9V$; $U_{smax} = 16V$
 d $U_{smin} = 10.5V$; $U_{smax} = 16V$

公称電圧が 24V のシステムの値 (U_N)

パラメータ		レベル		
		I	II	III
電圧 V	U_{s6}	10 (-0.2)	8 (-0.2)	6 (-0.2)
	U_s	20 (-0.2)	15 (-0.2)	10 (-0.2)
接続時間 ms	t_f	10 (± 1)	10 (± 1)	10 (± 1)
	t_6	50 (± 5)	50 (± 5)	50 (± 5)
	t_7	50 (± 5)	50 (± 5)	50 (± 5)
	t_8	1000 (± 100)	10000 (± 1000)	1000 (± 100)
	t_r	40 (± 4)	100 (± 10)	40 (± 10)
最低の機能状態		A a	B a	B a
		A b	B b	C b
		B c	C c	C c
		B d	C d	C d



t 時間
 U 試験電圧
 t_r 立ち下がり勾配
 t_r 立ち上がり勾配
 t₆, t₇, t₈ 持続パラメータ (前項表参照)
 U_B 作動中でないジェネレータ電源
 U_S 電源電圧
 U_{S6} t₆における電源電圧

《要求》 クランピング中の車両機能に関する機器はクラス A、その他は前項表に従います。

⑤-4 負荷遮断 (ロードダンプ)

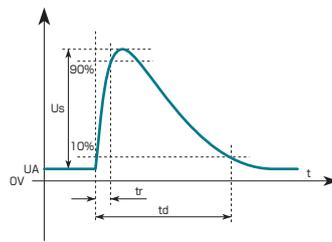
《目的》 オルタネータ回路上に残留しているその他の負荷を伴ってオルタネータが充電電流を生成した時、放電バッテリーの接続が遮断される場合に発生するロードダンプ過渡による影響を確認

《試験》 試験パルスジェネレータは、集中ロードダンプ抑制を伴わない試験と伴う試験に従ったロードダンプ試験パルスを生成する能力がなければなりません。

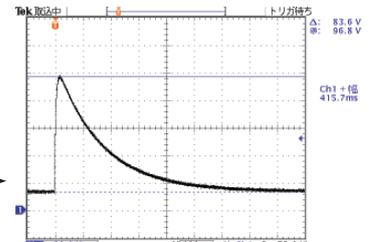
集中ロードダンプ抑制を伴わない試験Aのパルス

パラメータ	システムのタイプ		最低限の試験要求事項
	U _N =12V	U _N =24V	
U _S ^a	79 ~ 101V	151 ~ 202V	1分間隔で 10パルス
R _i ^a	0.5 ~ 4 Ω	1 ~ 8 Ω	
t _d	40 ~ 400ms	100 ~ 350ms	
t _r	10ms +0/- 5ms		

a 特に合意のない限り、内部抵抗の高い値には高い電圧レベルを使用するか、又は内部抵抗の低い値には低い電圧レベルを使用する。



※ 1ms ~ 500ms (1ms ステップ)
 出力波形

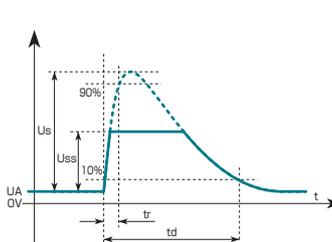


実際の波形

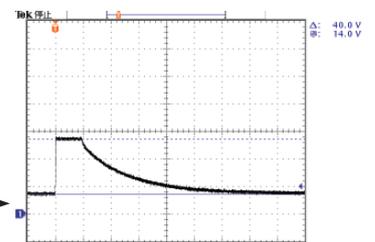
集中ロードダンプ抑制を伴う試験Bのパルス

パラメータ	システムのタイプ		最低限の試験要求事項
	U _N =12V	U _N =24V	
U _S ^a	79 ~ 101V	151 ~ 202V	1分間隔で 5パルス
U _S [*]	35	顧客の指定による (一般値は 58)	
R _i ^a	0.5 ~ 4 Ω	1 ~ 8 Ω	
t _d	40 ~ 400ms	100 ~ 350ms	
t ₃	10ms +0/- 5ms		

a 特に合意のない限り、内部抵抗の高い値には高い電圧レベルを使用するか、又は内部抵抗の低い値には低い電圧レベルを使用する。



出力波形



実際の波形

《要求》 機能状態は、ISO 16750-1 に定義するとおり最低限クラス C であること。

⑥ 逆電圧

《目的》 補助起動装置使用時のバッテリー逆接続による影響を確認

※適用除外・・・ジェネレータ、外部逆極性保護装置のないクランピングダイオードつきリレー

《試験》 実車と同様に DUT と接続し、ヒューズをつけます。極性を逆転させた電源端子に下記のケースから選択した試験電圧を同時に印加します。

- ・ケース 1 オルタネータ回路にヒューズがない車両かつ整流器ダイオードが逆電圧に 60 秒耐えられる車両で DUT を使用する場合、DUT の入力端子部に対して逆性を接続し、4V の試験電圧を 60 秒 ± 10% 同時に印加します。(24V 系は適用外)
- ・ケース 2 DUT の入力端子部に対して逆性を接続し、12V 系は 14V、24V 計は 28V の試験電圧を 60 秒 ± 10% 同時に印加します。

試験電圧

公称電圧、U _N	試験電圧、U _A
12V	14V
24V	28V

《要求》 溶断したすべてのヒューズを交換した後、DUT の各機能は ISO16750-1 記載のクラス A であること

⑦ 基準グラウンド及び電源オフセット

《目的》2 つ以上の電源バスを有する場合のコンポーネント評価

《試験》車両構成を模擬するために、全ての入出力部を代表的な負荷または回路網に接続し、Ua を印加して通常動作を確認します。
(オフセット電圧は 1.0V)

《要求》すべての機能グループにおいて DUT の各機能はクラス A: 動作不良またはラッチアップがあってはなりません。

⑧ 開路試験

⑧-1 単線遮断

《目的》開接点条件の影響を確認（※コネクタに関する試験ではありません。）

《試験》DUT を意図されたように接続し、システムの回路を一つ OPEN にし、さらに接続しなおします。
OPEN 状態と再接続状態での DUT の動作を確認します。

遮断時間- 10 秒 ± 10% 開路抵抗 ≥ 10M Ω

《要求》DUT の各機能は ISO16750-1 記載のクラス C であること

⑧-2 複線遮断

《目的》DUT を急速に複線遮断した際の影響を確認（※コネクタに関する試験ではありません。）

《試験》DUT を切り離し、再度、接続しなおします。切断状態と再接続状態での DUT の動作を確認します。

遮断時間- 10 秒 ± 10% 開路抵抗 ≥ 10M Ω

《要求》DUT の各機能は ISO16750-1 記載のクラス C であること

その他の試験としては、以下があります。

⑨ 短絡保護

⑨-1 信号回路

《目的》装置の入出力部での短絡時の影響を確認

⑨-2 負荷回路 《目的》装置の入出力部での短絡時の影響を確認

⑩ 耐電圧

《目的》電氣的に絶縁された回路において電圧の影響を確認

⑪ 絶縁抵抗

《目的》電氣的に絶縁された誘導負荷をもつ回路が発生する電圧に対する耐電圧を確認する。

注意: この試験概要は、ISO16750-2 Ed.4 2012 規格を元に記載しております。

詳細な試験方法等や試験のクラス分類につきましては規格書の原文をご確認ください。

【 IEC 61000-4-4 Ed.3 2012 の試験概要 】

※ 本規格概要は自動車・車載機器向けの内容となっております。

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。

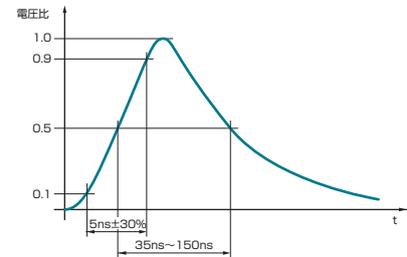
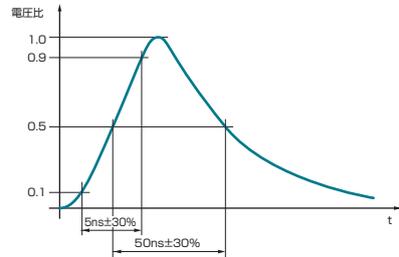
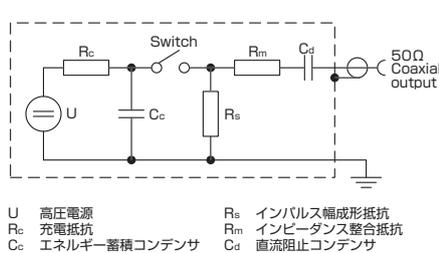
2. 試験目的と方法および試験レベル

開回路出力試験電圧及びインパルスの繰返し周波数

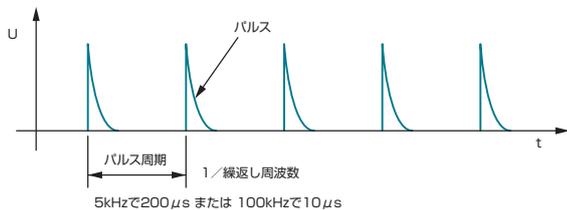
レベル	電源ポート、保護接地に対して		I/O (入出力) 信号データ及び制御ポートに対して	
	電圧ピーク (kV)	繰返し周波数 (kHz)	電圧ピーク (kV)	繰返し周波数 (kHz)
1	0.5	5 又は 100	0.25	5 又は 100
2	1	5 又は 100	0.5	5 又は 100
3	2	5 又は 100	1	5 又は 100
4	4	5 又は 100	2	5 又は 100
X ^a	special	special	special	special

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. 試験用発生器および波形の検証

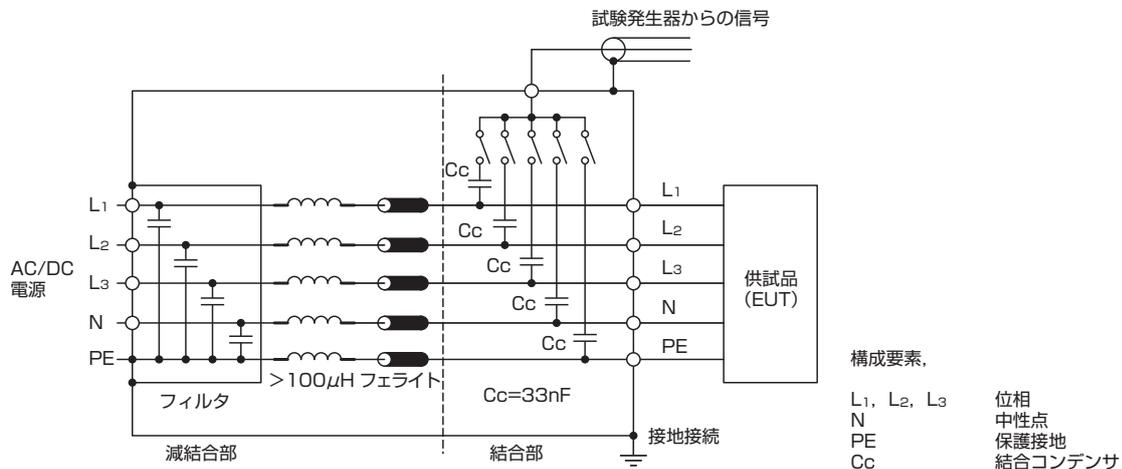


ファストトランジェント/バースト発生器簡略ダイアグラム



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

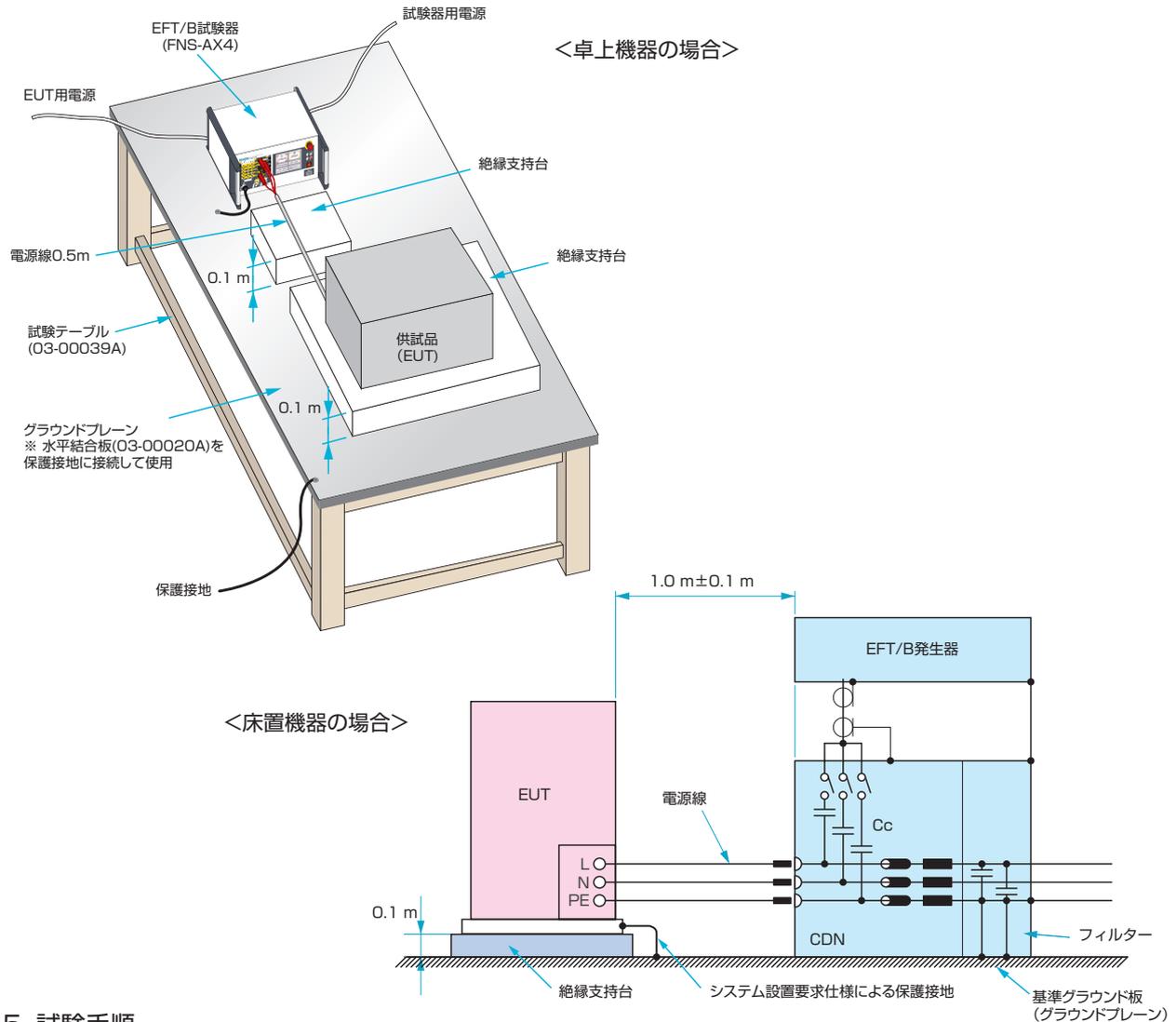
■ AC/DC 電源供給ポート CDN 回路図



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標準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プレーンを接続します。
- ② 標準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。
(標準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。



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 | ・試験電圧の印加回数 |
| ・試験レベル | ・EUT の試験ポート |
| ・試験電圧の極性 (両極性必要) | ・EUT の代表的な動作条件 |
| ・内部あるいは外部の発生器 | ・EUT の試験ポートへの印加順序 |
| ・試験時間 (1 分以上) | ・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 】

※ 本規格概要は自動車・車載機器向けの内容となっております。

1. 一般的事項

この規格は、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一方のサージに対し、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 μs の電圧波形－ 8/20 μs 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 μs 電圧波形－ 5/320 μs 電流波形）の 2 種類の波形が規定されていますが、自動車の場合コンビネーションウェーブ（10/700 μs 電圧波形－ 5/320 μs 電流波形）の適用はありません。

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。

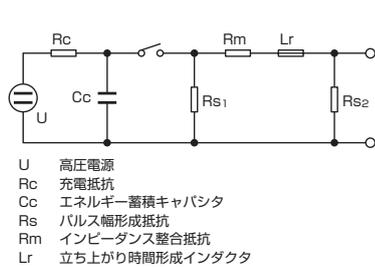
2. 試験目的と方法および要求レベル

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

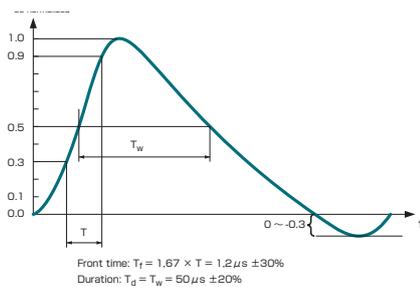
x はオープンクラスで製造者とユーザーとの合意により設定

3. 試験用発生器および波形の検証

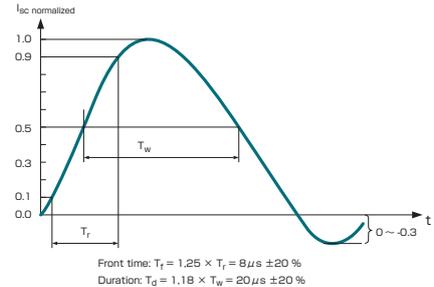
■ 1.2/50 μs コンビネーション波形（1.2/50 μs・8/20 μs）発生回路と電圧・電流波形



発生回路



電圧波形



電流波形

■ 1.2/50 μs コンビネーション波形規定

	フロント時間 Tf μs	半値までの時間 Td μs
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 μs コンビネーション波形規定（開放電圧）

開回路状態のサージ電圧 ※	カップリングインピーダンス	
	18 μF (ノーマルモード)	9 μF + 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 μs ± 30 %	1.2 μs ± 30 %
半値までの時間		
Current rating ≤ 16 A	50 μs + 10 μs/ -10 μs	50 μs + 10 μs/ -25 μs
16 A < current rating ≤ 32 A	50 μs + 10 μs/ -15 μs	50 μs + 10 μs/ -30 μs
32 A < current rating ≤ 63 A	50 μs + 10 μs/ -20 μs	50 μs + 10 μs/ -35 μs
63 A < current rating ≤ 125 A	50 μs + 10 μs/ -25 μs	50 μs + 10 μs/ -40 μs
125 A < current rating ≤ 200 A	50 μs + 10 μs/ -30 μs	50 μs + 10 μs/ -45 μs

※ 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

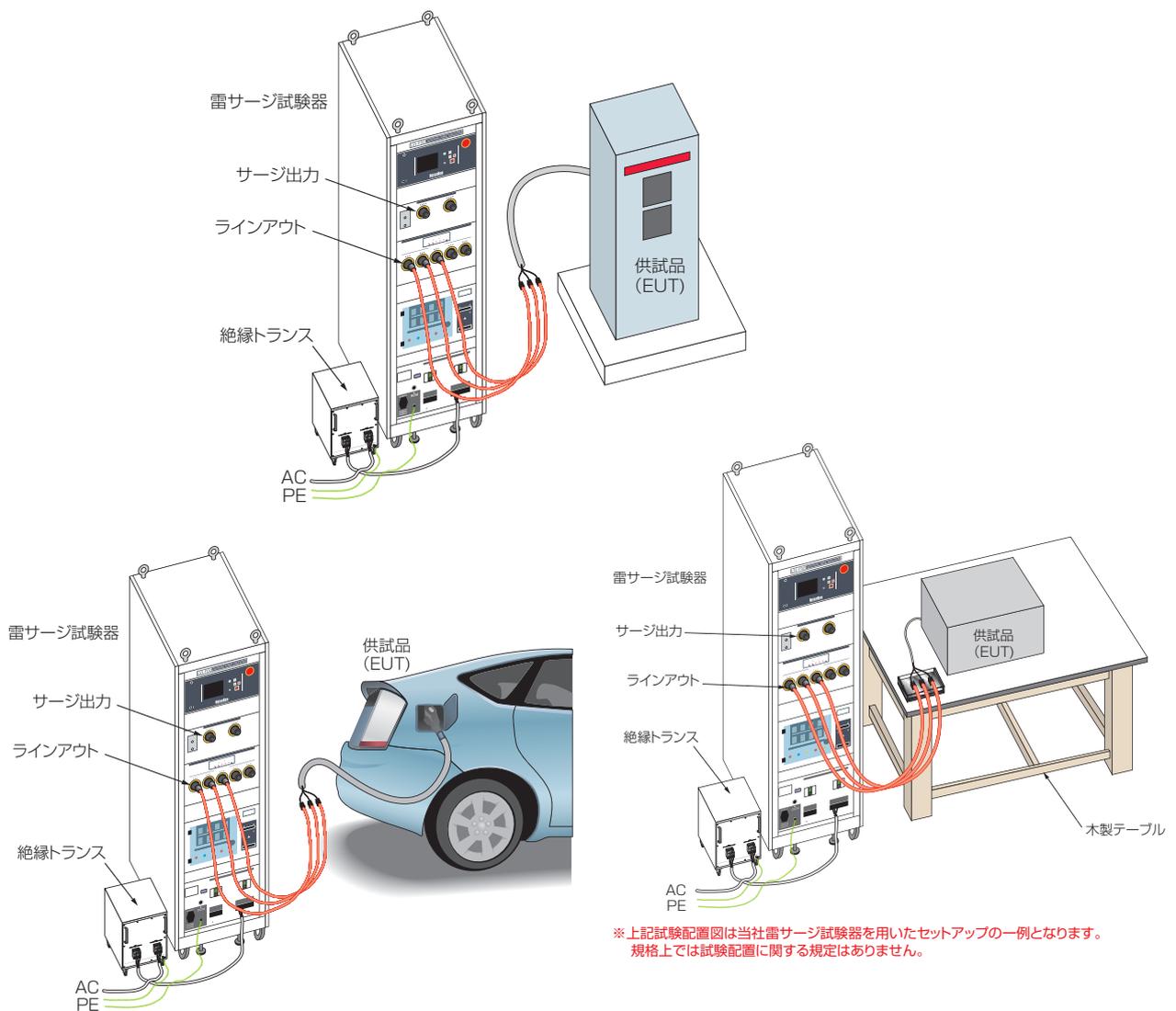
電源線CDNのEUT側での 開回路ピーク電圧 $\pm 10 \%$	電源線CDNのEUT側での 短絡電流 $\pm 10 \%$ (18 μ F)	電源線CDNのEUT側での 短絡電流 $\pm 10 \%$ (9 μ F + 10 Ω)
0.5 kV	0.25 kA	41.7 A
1.0 kV	0.5 kA	83.3 A
2.0 kV	1.0 kA	166.7 A
4.0 kV	2.0 kA	333.3 A

4. 試験のセットアップ

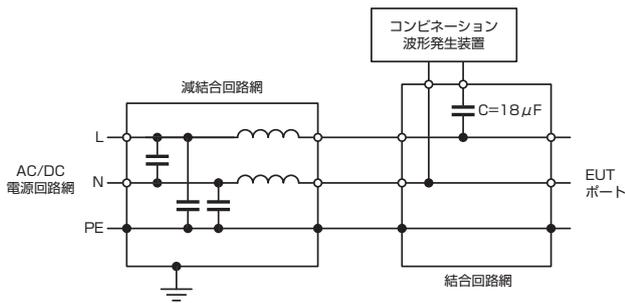
■ 電源線への印加接続例

IEC 61000-4-5 に記載される 1.2/50 μ s コンビネーションウェーブを LSS-F03 の重畳ユニットから供試品の駆動用電源に印加しています。

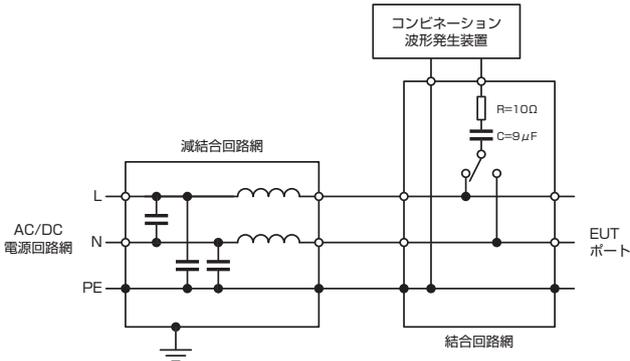
規格によりフローティング回路を採用しています。



● 電源ラインへのノーマルモード印加例



● 電源ラインへの共通モード印加例



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

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を印加します。

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。

【 IEC 61000-4-11 Ed.3 2020 の試験概要 】

※ 本規格概要は自動車・車載機器向けの内容となっております。

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。

自動車の場合3相に関する適用はありません。

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。

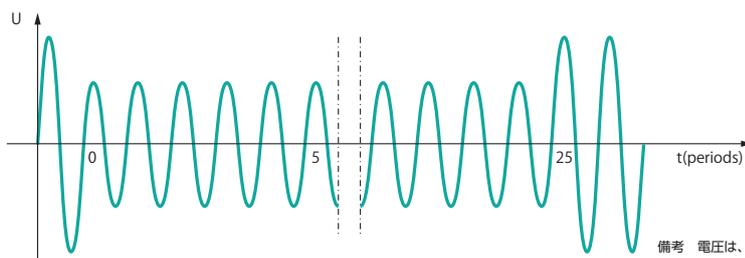
表 2- 停電に対する試験レベル及び継続時間 (50Hz/60Hz)

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個別に設定
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。

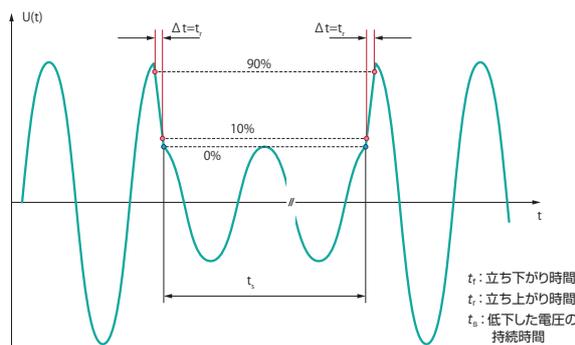
b クラス X は、オープンクラスで製造者とユーザーとの合意により設定。

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。

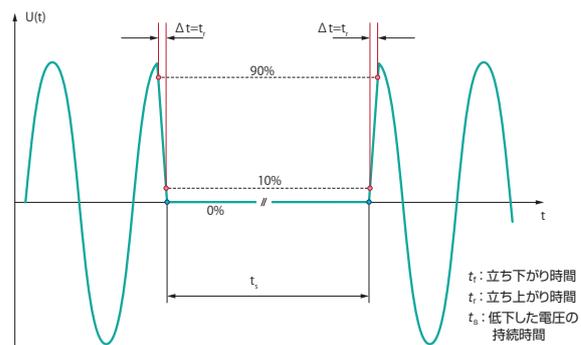


備考 電圧は、25周期間に70%に低下する。ゼロクロスで遷移。

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

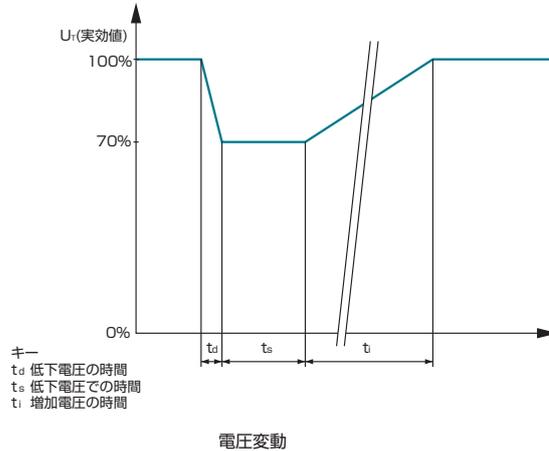
2-2. 電圧変動 (オプション)

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 (t _d)	低下電圧における時間 (t _s)	電圧上昇に要する時間 (t _i) (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

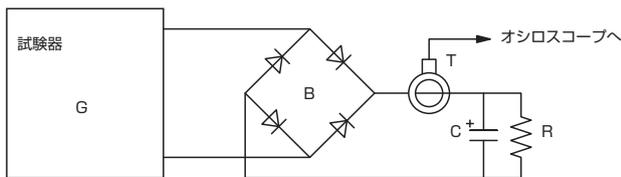
b "25/30 サイクル" は、"50Hz 試験に対して 25 サイクル" 及び "60Hz 試験に対して 30 サイクル" を意味する。



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
出力電流容量	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 を流すことが出来なければならない (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 100 Ω 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 100 Ω 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 t _r (及び t _f)、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 ~ 5 μs
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
試験器のゼロクロス	± 10°

■ ピーク電流の検証



- G 試験器
- 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
- R 10000 Ω以下又は 100 Ω以上のプリアダー抵抗器
- C 1700 μF ± 20%の電解コンデンサ

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

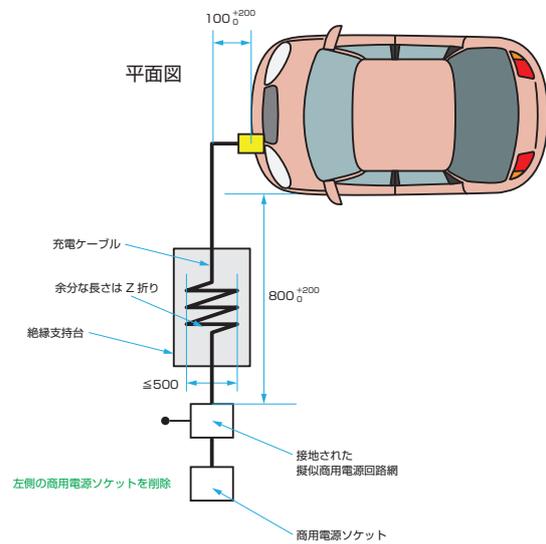
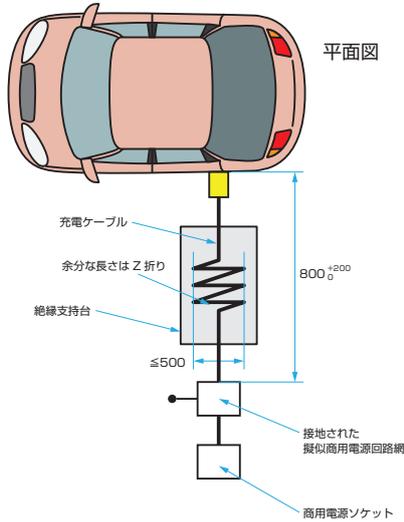
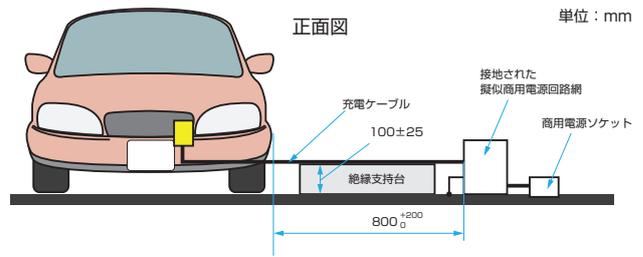
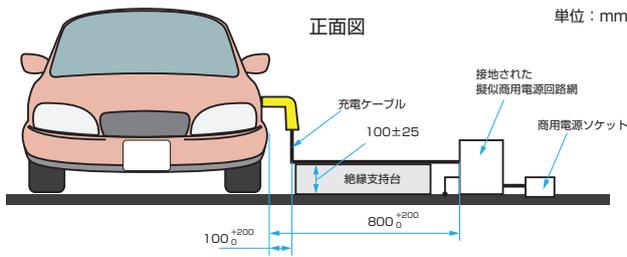
試験結果は EUT の仕様及び動作条件によって以下の分類を行います。

- 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。

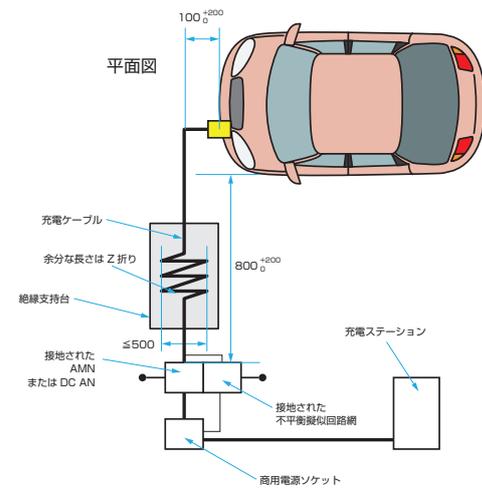
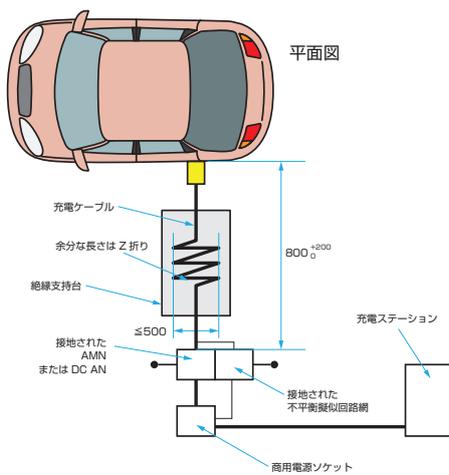
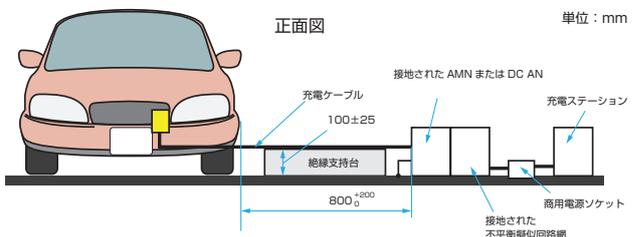
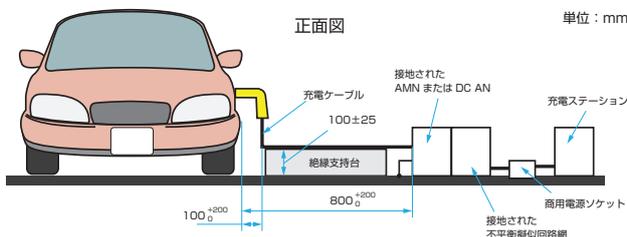
試験報告は、試験条件及び試験結果を含む必要があります。

**注意：この試験方法は IEC61000-4-11 Ed3 2020 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。**



プラグが車両の側面にある車両の試験設定例
(充電モード 1 またはモード 2 (AC 電源、通信なし))

プラグが車両の全面/後面にある車両の試験設定例
(充電モード 1 またはモード 2 (AC 電源、通信なし))



プラグが車両の側面にある車両の試験設定例
(充電モード 3 (AC 充電、通信あり) またはモード 4 (DC 充電、通信あり))

プラグが車両の全面/後面にある車両の試験設定例
(充電モード 3 (AC 充電、通信あり) またはモード 4 (DC 充電、通信あり))

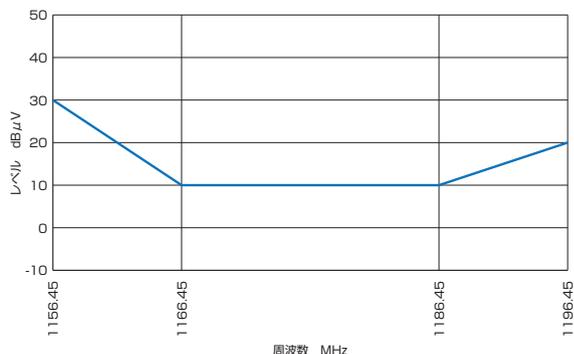
[限度値 (例)]

妨害波限度値の例 完成車両 一般

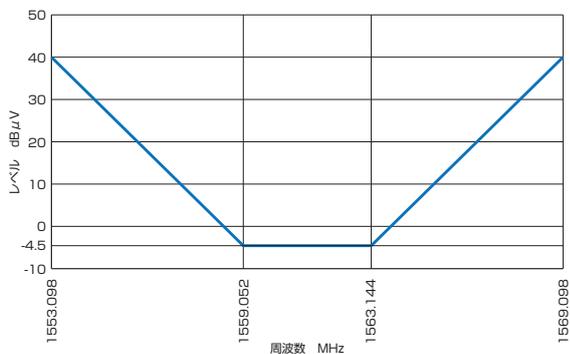
サービス・帯域	周波数 (MHz)	受信機のアンテナ端子妨害電圧値 (dB μ V)		
		尖頭値	準尖頭値	平均値
アナログ放送				
LW	0.15 ~ 0.30	26	13	6
MW	0.53 ~ 1.8	20	7	0
SW	5.9 ~ 6.2	20	7	0
FM	76 ~ 108	26	13	0
TV 帯 I	41 ~ 88	16	-	6
TV 帯 III	174 ~ 230	16	-	6
TV 帯 IV	470 ~ 944	16	-	6
デジタル放送				
DAB III	171 ~ 245	26	-	16
TV 帯 III	174 ~ 230	26	-	16
DTTV	470 ~ 770	32	-	22
DAB L 帯	1447 ~ 1494	32	-	22
SDARS	2320 ~ 2345	32	-	22
モバイル				
CB	26 ~ 28	20	7	0
VHF	30 ~ 54	20	7	0
VHF	68 ~ 87	20	7	0
VHF	142 ~ 175	20	7	0
アナログ UHF	380 ~ 512	20	7	0
RKE & TPMS 1	300 ~ 330	20	-	6
RKE & TPMS 2	420 ~ 450	20	-	6
アナログ UHF	820 ~ 960	20	7	0
GPS L5	1156.45 ~ 1196.45	-	-	10
BDS B1I	1553.098 ~ 1569.098	-	-	-4.5
GPS L1	1567.42 ~ 1583.42	-	-	0
GLONASS L1	1590.781 ~ 1616.594	-	-	0
Wi-Fi / Bluetooth	2402 ~ 2494	26	-	6
Wi-Fi	5150 ~ 5350	26	-	6
Wi-Fi	5470 ~ 5725	26	-	6
V2X (Wi-Fi)	5880 ~ 5925	50	-	30

※放送および無線サービスの記載は下記の内容を指します。

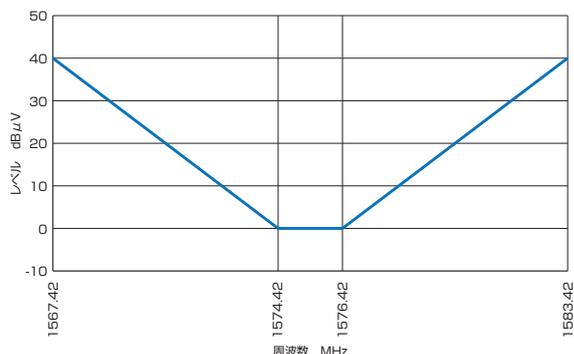
- LW : 長波放送
- MW : 中波放送
- SW : 短波放送
- FM : FM 放送
- TV : テレビ放送
- DAB : デジタル放送
- DTTV : デジタル地上波 TV 放送
- VHF : 超短波周波数帯
- UHF : 極超短波周波数帯
- RKE : リモートキーレス
- GPS : Global Positioning System
- GSM : Global System Mobile
- BDS : BeiDou 衛星測位システム
- GLONASS : グローバル衛星測位システム



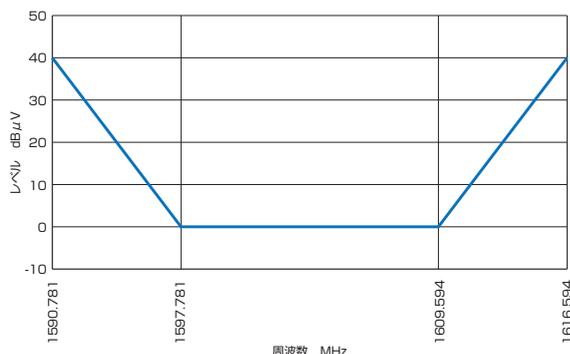
GPS 帯 L5 の平均値限度値の例



BDS B1I 帯の平均値限度値の例



GPS 帯 L1 の平均値限度値の例



GLONASS 帯 L1 の平均値限度値の例

[限度値 (例)]

妨害波限度値の例 完成車両 デジタル携帯電話 1/2

サービス・帯域	周波数 (MHz)	受信機のアンテナ端子妨害 電圧値 (dB μ V)	
		尖頭値	平均値
デジタル携帯電話			
4G	460 ~ 467.5	32	12
5G n71(617MHz ~ 652MHz) 4G (617MHz ~ 652MHz)	617 ~ 652	32	12
5G n12(729MHz ~ 746MHz) 5G n14(758MHz ~ 768MHz) 5G n28(758MHz ~ 803MHz) 5G n29(717MHz ~ 728MHz) 4G (703MHz ~ 803MHz)	703 ~ 803	32	12
3G (729MHz ~ 756MHz) 3G (758MHz ~ 768MHz)		26	6
5G n20(791MHz ~ 821MHz) 3G (791MHz ~ 821MHz)	791 ~ 821	32	12
5G n5(869MHz ~ 894MHz) 5G n18(860MHz ~ 875MHz) 5G n26(859MHz ~ 894MHz) 4G (852MHz ~ 894MHz)	852 ~ 894	32	12
3G (859MHz ~ 894MHz) 2G (869MHz ~ 894MHz)		26	6
5G n8(925MHz ~ 960MHz) 4G (925MHz ~ 960MHz) 3G (925MHz ~ 960MHz) 2G (925MHz ~ 960MHz)	925 ~ 960	32	12
5G n50(1432MHz ~ 1517MHz) 5G n51(1427MHz ~ 1432MHz) 5G n74(1475MHz ~ 1518MHz) 5G n75(1432MHz ~ 1517MHz) 5G n76(1427MHz ~ 1432MHz) 5G n91(1427MHz ~ 1432MHz) 5G n92(1432MHz ~ 1517MHz) 5G n93(1427MHz ~ 1432MHz) 5G n94(1432MHz ~ 1517MHz) 4G (1427MHz ~ 1518MHz)	1427 ~ 1518	32	12
3G (1452MHz ~ 1496MHz) 4G		26	6
4G	1525 ~ 1559	32	12
5G n3(1805MHz ~ 1880MHz) 4G (1805MHz ~ 1880MHz) 3G (1805MHz ~ 1880MHz) 2G (1805MHz ~ 1880MHz)	1805 ~ 1880	32	12
		26	6
		26	6

[限度値 (例)]

妨害波限度値の例 完成車両 デジタル携帯電話 2/2

サービス・帯域	周波数 (MHz)	受信機のアンテナ端子妨害 電圧値 (dB μ V)	
		尖頭値	平均値
デジタル携帯電話			
5G n2(1930MHz ~ 1990MHz) 5G n25(1930MHz ~ 1995MHz) 5G n34(2010MHz ~ 2025MHz) 5G n39(1880MHz ~ 1920MHz) 5G n70(1995MHz ~ 2020MHz) 4G (1850MHz ~ 2025MHz)	1850 ~ 2025	32	12
3G (1850MHz ~ 1995MHz) 3G (2010MHz ~ 2025MHz) 2G (1930MHz ~ 1990MHz)		26	6
5G n1(2110MHz ~ 2170MHz) 5G n65(2110MHz ~ 2200MHz) 5G n66(2110MHz ~ 2200MHz) 4G (2110MHz ~ 2200MHz) 3G (2110MHz ~ 2170MHz)	2110 ~ 2200	32	12
5G n30(2350MHz ~ 2360MHz) 5G n40(2300MHz ~ 2400MHz) 4G (2300MHz ~ 2400MHz) 3G (2300MHz ~ 2400MHz)	2300 ~ 2400	32	12
5G n53(2483.5MHz ~ 2495MHz)	2483.5 ~ 2495	32	12
5G n7(2620MHz ~ 2690MHz) 5G n38(2570MHz ~ 2620MHz) V2X 5G n41(2496MHz ~ 2690MHz) 5G n90(2496MHz ~ 2690MHz) 4G (2496MHz ~ 2690MHz)	2496 ~ 2690	32	12
3G (2570MHz ~ 2690MHz)		26	6
5G n48(3550MHz ~ 3700MHz) 5G n77(3300MHz ~ 4200MHz) 5G n78(3300MHz ~ 3800MHz) 4G (3300MHz ~ 3800MHz) 3G (3510MHz ~ 3590MHz)	3300 ~ 4200	32	12
5G n79(4400MHz ~ 5000MHz) 4G	4400 ~ 5000	32	12
5G n47(5855MHz ~ 5925MHz) V2X V2X(4G)	5150 ~ 5925	32	12
	5855 ~ 5925	32	12

3. 部品・モジュールの測定

1) 伝導妨害波 ー電圧法

[一般事項]

この測定方法は、単線のみの測定に限ります。

[試験配置 (LV 線の場合)]

○ DUT (供試品)

- ・グラウンドプレーン上で 50mm ± 5mm の高さに設置します。
※非導電性かつ比誘電率の低い材料 ($\epsilon_r \leq 1.4$) の上に設置します。
- ・全ての側面は、グラウンドプレーンの端から最少 100mm 離します。

○ ハーネス

- ・疑似電源回路網と DUT は各コネクタ間における電源線の長さを 200mm (+200mm/0mm) にします。
※電源線の長さが確保できない場合は必要最小限の長さを試験計画書に記載。
- ・グラウンドプレーン上で 50mm ± 5mm の高さに設置します。
※非導電性かつ比誘電率の低い材料 ($\epsilon_r \leq 1.4$) の上に設置します。
- ・グラウンドプレーンの端から最少 100mm 離します。
※電源線以外のハーネスは、全長 2 m を超えないようにします。

○ 補助機器

- ・基本的には、直接グラウンドプレーンに設置します。

[試験手順]

以下に、DUT やハーネスの接続などの標準的な配置および測定条件を記します。

DUT は、妨害波が最大になるよう動作させてください。

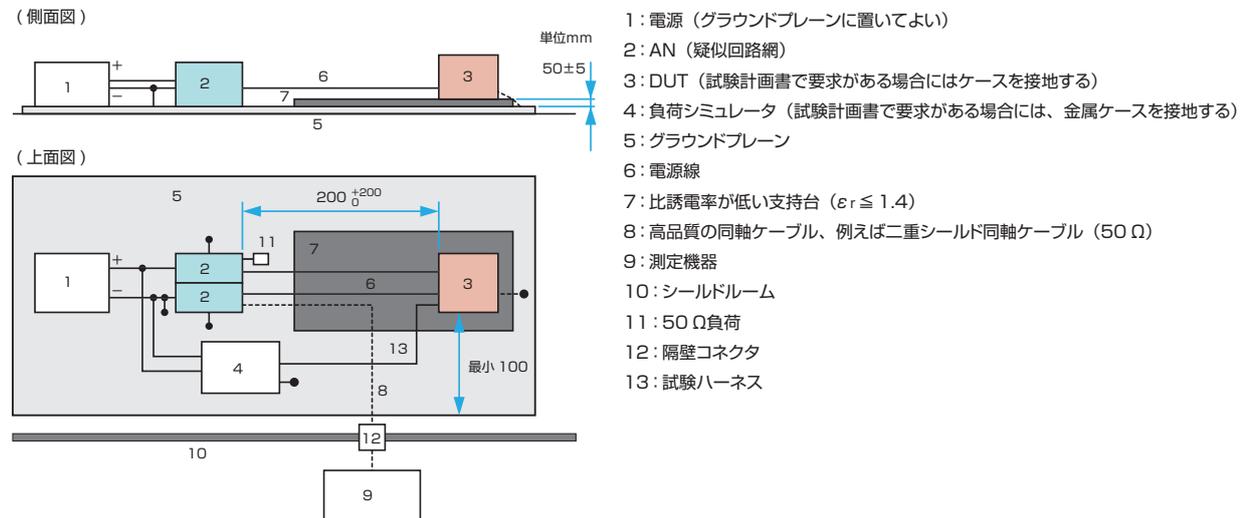
※製造者および仕向け先が同じ試験を実施できるよう、動作条件を試験計画書に明記します。

車両搭載時のグラウンド線が 200mm より長い場合：グラウンドプレーンに対して電源の各線の電圧を測定します。

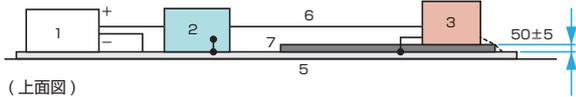
車両搭載時のグラウンド線が 200mm より短い場合：グラウンドプレーンに対して電源のプラス側導線の電圧を測定します。

オルタネータなど：バッテリーと並列抵抗器の組合せで負荷をあたえ、疑似電源回路網に接続し測定します。

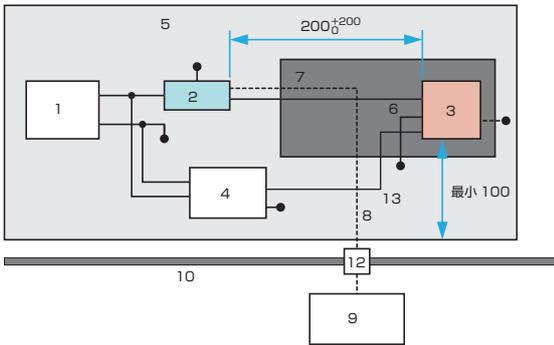
各々の電源線の伝導妨害測定は、電源を接続した疑似電源回路網の測定端子に測定器を接続し、測定対象以外の電源線を接続した測定端子は、50 Ω で終端します。



(側面図)



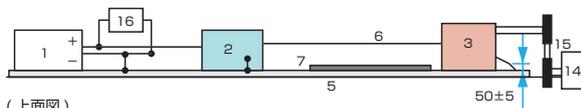
(上面図)



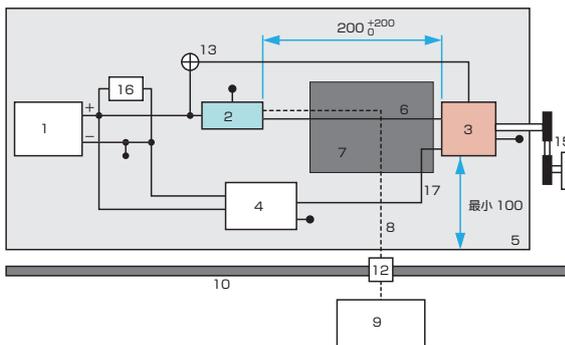
- 1: 電源 (グラウンドプレーンに置いてよい)
- 2: AN (疑似回路網)
- 3: DUT (試験計画書で要求がある場合にはケースを接地する)
- 4: 負荷シミュレータ (試験計画書で要求がある場合には、金属ケースを接地する)
- 5: グラウンドプレーン
- 6: 電源線
- 7: 比誘電率が低い支持台 ($\epsilon_r \leq 1.4$)
- 8: 高品質の同軸ケーブル、例えば二重シールド同軸ケーブル (50 Ω)
- 9: 測定機器
- 10: シールドルーム
- 12: 隔壁コネクタ
- 13: 試験ハーネス

伝導妨害波 近接接地した電流帰還線のある DUT

(側面図)



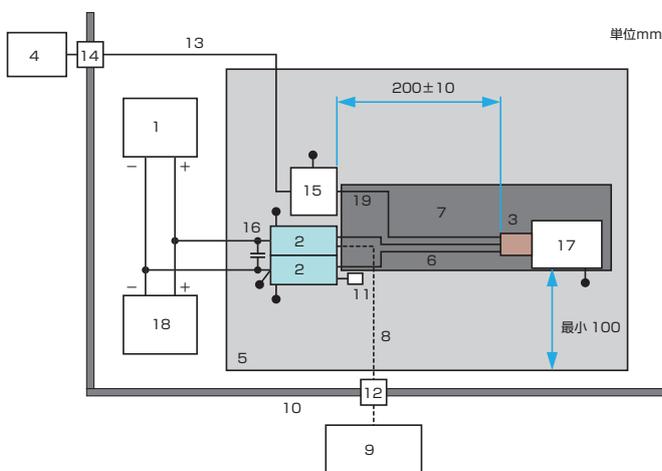
(上面図)



- 1: 電源 (グラウンドプレーンに置いてよい)
- 2: AN (疑似回路網)
- 3: DUT (試験計画書で要求がある場合にはケースを接地する)
- 4: 負荷シミュレータ (試験計画書で要求がある場合には、金属ケースを接地する)
- 5: グラウンドプレーン
- 6: 電源線
- 7: 比誘電率が低い支持台 ($\epsilon_r \leq 1.4$) (一般には用いない)
- 8: 高品質の同軸ケーブル、例えば二重シールド同軸ケーブル (50 Ω)
- 9: 測定機器
- 10: シールドルーム
- 12: 隔壁コネクタ
- 13: 表示器灯・制御抵抗 (適用の場合)
- 14: モーター [エア駆動 (低妨害波レベル)]
- 15: 非導電ベルト結合
- 16: 負荷抵抗
- 17: 試験ハーネス

伝導妨害波 オルタネータ・ジェネレータの試験配置

(上面図)



- 1: 電源 (グラウンドプレーンに置いてよい)
- 2: AN (疑似回路網)
- 3: DUT (ペンシルコイル、イグニッションコイル)
- 4: ECU シミュレータ
- 5: グラウンドプレーン
- 6: 電源線
- 7: 比誘電率が低い支持台 ($\epsilon_r \leq 1.4$)
- 8: 高品質の同軸ケーブル、例えば二重シールド同軸ケーブル (50 Ω)
- 9: 測定機器
- 10: シールドルーム
- 11: 50 Ω 負荷
- 12: 隔壁コネクタ
- 13: 光ファイバー
- 14: 光ファイバーフィードスルー
- 15: 光ファイバー変換機
- 16: 1000 μF コンデンサ
- 17: エンジンシミュレータ
- (試験計画書で要求がある場合には、金属ケースを接地する)
- 18: バッテリ
- 19: 信号線

伝導妨害波 点火システム部品の試験配置

[試験配置 (HV 線の場合)]

基本的な試験配置は LV 線の試験配置と同様となるが、以下異なる点を挙げる。

○ ハーネス

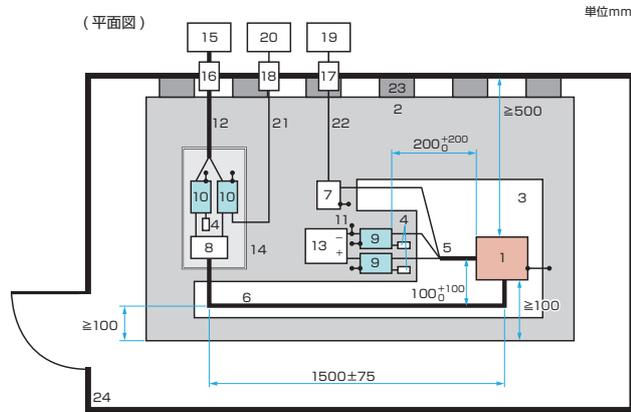
- ・HV 線の場合、ハーネスの長さは 1700mm (+300mm/0mm) で、グラウンドプレーン前面に平行な長さ 1500 ± 75mm で配置する。
- ・DUT と電気モーター間が三相線の場合、1000mm 未満とする。
- ・HV 線は、グラウンドプレーン端から最低でも 100mm の距離に置く。
- ・ハーネスは全て接地面から 50 ± 5mm 上の、非導電性かつ比誘電率の低い材料 ($\epsilon r \leq 1.4$) の上に置く。
- ・正の HV DC 端子線 (HV+)、負の HV DC 端子線 (HV-) および三相 HV AC 線の遮蔽電源線は、使用するコネクタに応じて、別の同軸ケーブルやシールドケーブルでも良い。

○ DUT (供試品)

- ・DUT ケースは、グラウンドプレーンに接続する。

○ 負荷機械エミュレーション

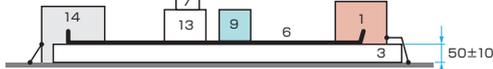
- ・試験計画書には DUT と負荷機械エミュレーション間の接続条件、および接地条件も規定する。
- ・負荷機械エミュレーションは、"電気モーター" や "機械的接続"、"フィルタを介した機械的ベアリング"、"ブレーキ"、"推進モーター" を置き換える。
- ・電源線は電源線フィルタを介して供給する



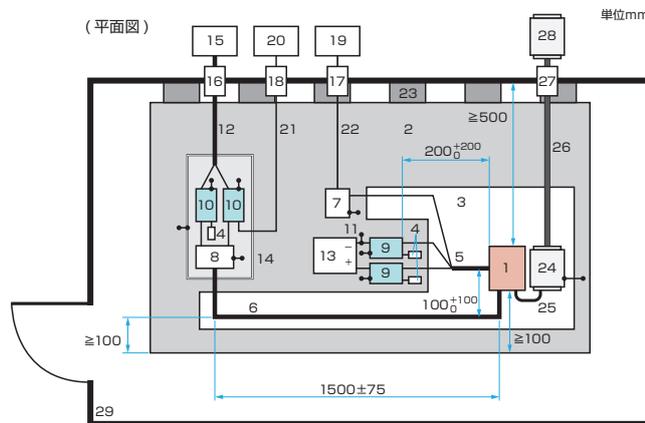
単位mm

- | | |
|---|----------------------|
| 1 : DUT | 16 : 電力線フィルタ |
| 2 : グラウンドプレーン | 17 : 光ファイバーフィードスルー |
| 3 : 比誘電率が低い支持台 ($\epsilon r \leq 1.4$)
厚さ 50mm | 18 : パルクヘッドコネクタ |
| 4 : 50 Ω 負荷 | 19 : 模擬およびモニタリングシステム |
| 5 : LV ハーネス | 20 : 計器 |
| 6 : HV 線 (HV+, HV -) | 21 : 高品質同軸ケーブル |
| 7 : LV 負荷シミュレータ | 22 : 光ファイバー |
| 8 : インピーダンス整合回路網 (オプション) | 23 : 接地ストラップ |
| 9 : LV AN | 24 : 遮蔽エンクロージャ |
| 10 : HV AN | |
| 11 : LV 電源線 | |
| 12 : HV 電源線 | |
| 13 : LV 電源 12V/24V/48V (グラウンドプレーン上に置く事が望ましい) | |
| 14 : 付加的な遮蔽ボックス | |
| 15 : HV 電源 (シールドルーム内に置く際には遮蔽する) | |

(側面図)



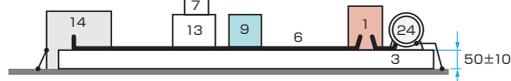
伝導エミッション 遮蔽電源システムを備えた EUT の EV 線の試験設定例



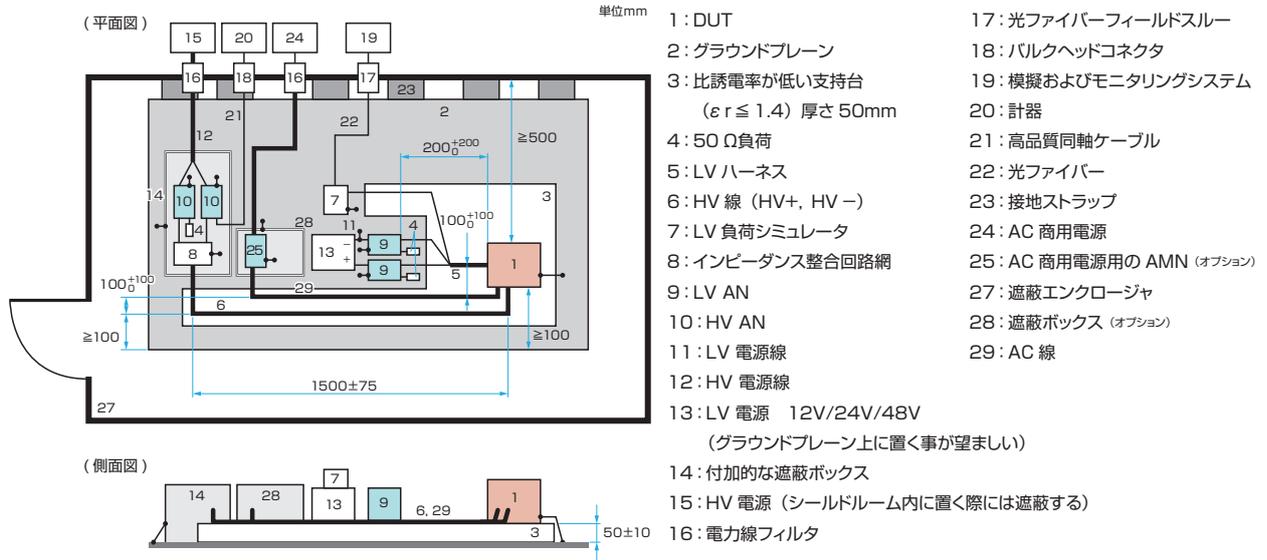
単位mm

- | | |
|--|----------------------------|
| 1 : DUT | 16 : 電力線フィルタ |
| 2 : グラウンドプレーン | 17 : 光ファイバーフィードスルー |
| 3 : 比誘電率が低い支持台
($\epsilon r \leq 1.4$) 厚さ 50mm
(非導電性支持台を電気モーター
に使うことができる) | 18 : パルクヘッドコネクタ |
| 4 : 50 Ω 負荷 | 19 : 模擬およびモニタリングシステム |
| 5 : LV ハーネス | 20 : 計器 |
| 6 : HV 線 (HV+, HV -) | 21 : 高品質同軸ケーブル |
| 7 : LV 負荷シミュレータ | 22 : 光ファイバー |
| 8 : インピーダンス整合回路網 (オプション) | 23 : 接地ストラップ |
| 9 : LV AN | 24 : 電気モーター |
| 10 : HV AN | 25 : 三相モーター電源線 |
| 11 : LV 電源線 | 26 : 機械的接続 |
| 12 : HV 電源線 | 27 : フィルタを通された
機械的ベアリング |
| 13 : LV 電源 12V/24V/48V
(グラウンドプレーン上に置く事が望ましい) | 28 : ブレーキまたは推進モーター |
| 14 : 付加的な遮蔽ボックス | 29 : 遮蔽エンクロージャ |
| 15 : HV 電源 (シールドルーム内に置く際には遮蔽する) | |

(側面図)



伝導エミッション 電気モーターを試験台に取り付けた、遮蔽電源システムを備えた EUT の EV 線の試験設定例



伝導エミッション 遮蔽電源システムおよびインバーター／充電装置を備えた EUT の EV 線の試験設定例

[限度値 (LV 線の場合) (例)]

サービス・帯域	周波数 (MHz)	レベル (dB μV)														
		クラス 5			クラス 4			クラス 3			クラス 2			クラス 1		
		尖頭値	準尖頭値	平均値	尖頭値	準尖頭値	平均値	尖頭値	準尖頭値	平均値	尖頭値	準尖頭値	平均値	尖頭値	準尖頭値	平均値
アナログ放送																
LW	0.15 ~ 0.30	70	57	50	80	67	60	90	77	70	100	87	80	110	97	90
MW	0.53 ~ 1.8	54	41	34	62	49	42	70	57	50	78	65	58	86	73	66
SW	5.9 ~ 6.2	53	40	33	59	46	39	65	52	45	71	58	51	77	64	57
FM	76 ~ 108	38	25	18	44	31	24	50	37	30	56	43	36	62	49	42
TV 帯 I	41 ~ 88	34	-	24	40	-	30	46	-	36	52	-	42	58	-	48
モバイル																
CB	26 ~ 28	44	31	24	50	37	30	56	43	36	62	49	42	68	55	48
VHF	30 ~ 54	44	31	24	50	37	30	56	43	36	62	49	42	68	55	48
VHF	68 ~ 87	38	25	18	44	31	24	50	37	30	56	43	36	62	49	42

[限度値 (HV 線の場合) (例)]

サービス・帯域	周波数 (MHz)	レベル (dB μV)														
		クラス 5(A1)			クラス 4(A1)			クラス 3(A1)			クラス 2(A1)			クラス 1(A1)		
		尖頭値	準尖頭値	平均値	尖頭値	準尖頭値	平均値	尖頭値	準尖頭値	平均値	尖頭値	準尖頭値	平均値	尖頭値	準尖頭値	平均値
アナログ放送																
LW	0.15 ~ 0.30	107	94	87	117	104	97	127	114	107	137	124	117	147	134	127
MW	0.53 ~ 1.8	84	71	64	92	79	72	100	87	80	108	95	88	116	103	96
SW	5.9 ~ 6.2	77	64	57	83	70	63	89	76	69	95	82	75	101	88	81
FM	76 ~ 108	50	37	30	56	43	36	62	49	42	68	55	48	74	61	54
TV 帯 I	41 ~ 88	47	-	37	53	-	43	59	-	49	65	-	55	71	-	61
モバイル																
CB	26 ~ 28	61	48	41	67	54	47	73	60	53	79	66	59	85	72	65
VHF	30 ~ 54	59	46	39	65	52	45	71	58	51	77	64	57	83	70	63
VHF	68 ~ 87	51	38	31	57	44	37	63	50	43	69	56	49	75	62	55

2) 伝導妨害波—電流プローブ法

[一般事項]

制御／信号導線を単一ケーブルとしてまたはサブグループとして、電流プローブの物理的な大きさと両立するように行なう。

[試験配置]

○ DUT (供試品)

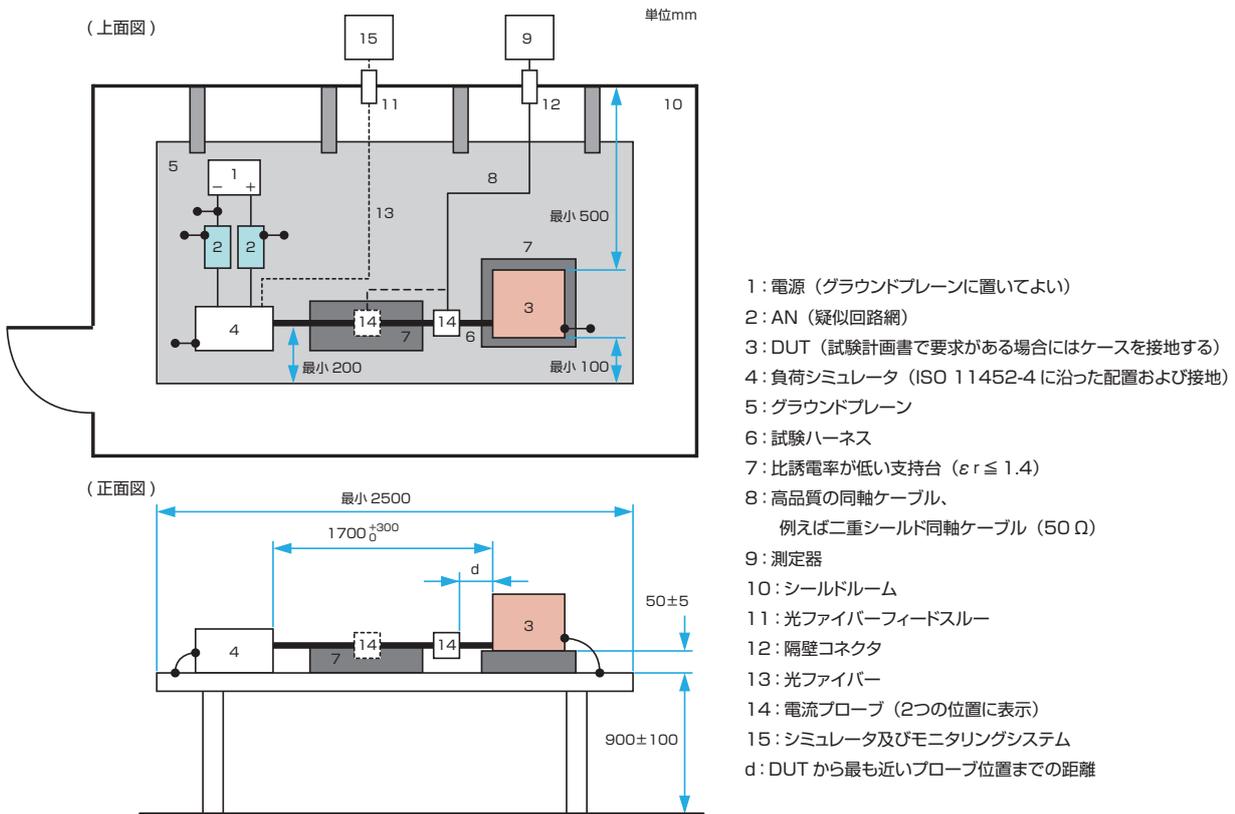
- ・ グラウンドプレーン上で 50mm ± 5mm の高さに設置する。
 ※非導電性かつ比誘電率の低い材料 ($\epsilon_r \leq 1.4$) の上に設置する。
 ※実車での模擬を想定しない場合、DUT ケースは、グラウンドプレーンに接地しません。
- ・ DUT のすべての側面はグラウンドプレーンの端から最少 100mm 離す。
 ※実車の条件に応じ、接地の方法やスペーサー利用の有無、DUT ケースの接続などを記載する。

○ ハーネス

- ・ 1700mm (+300mm/0mm) にし、グラウンドプレーン前面に対してほぼ平行に配置する。
- ・ グラウンドプレーン上で 50mm ± 5mm の高さに設置する。
 ※非導電性かつ比誘電率の低い材料 ($\epsilon_r \leq 1.4$) の上に設置する。

[試験手順]

電流プローブをハーネスの束、またはすべてのワイヤを含んだハーネスの周囲につける。
 電流プローブ自体は、DUT (供試品) から 50mm および 750mm 離して設置し、電流を測定する。
 ※ DUT やその他の部品は、グラウンドプレーンの端から最少 100mm 離す。



- 1: 電源 (グラウンドプレーンに置いてよい)
- 2: AN (疑似回路網)
- 3: DUT (試験計画書で要求がある場合にはケースを接地する)
- 4: 負荷シミュレータ (ISO 11452-4 に沿った配置および接地)
- 5: グラウンドプレーン
- 6: 試験ハーネス
- 7: 比誘電率が低い支持台 ($\epsilon_r \leq 1.4$)
- 8: 高品質の同軸ケーブル、
 例えば二重シールド同軸ケーブル (50 Ω)
- 9: 測定器
- 10: シールドルーム
- 11: 光ファイバーフィードスルー
- 12: 隔壁コネクタ
- 13: 光ファイバー
- 14: 電流プローブ (2つの位置に表示)
- 15: シミュレータ及びモニタリングシステム
- d: DUT から最も近いプローブ位置までの距離

[試験配置 (HV 線の場合)]

HV+ および HV- 電源線、電気モーターの三相線 (該当する場合) で別々に、また一緒に実施する。
EUT から $d=50\text{mm}$ および $d=750\text{mm}$ (ハーネス長さに依存) の位置でプローブを使用して測定する。
基本的な試験配置は LV 線の試験配置と同様となるが、以下異なる点を挙げる。

○ ハーネス

・HV 線の場合、ハーネスの長さは $1700\text{mm} (+300\text{mm}/0\text{mm})$ で、グラウンドプレーン前面に平行な長さ $1500\text{mm} \pm 75\text{mm}$ 配置する。

- ・DUT と電気モーター間が三相線の場合、 1000mm 未満とする。
- ・ハーネスは全て接地面から $50 \pm 5\text{mm}$ 上の、非導電性かつ比誘電率の低い材料 ($\epsilon r \leq 1.4$) の上に置く。
- ・LV 線はグラウンドプレーンの端から最低 200mm の距離に置く。

・LV 線と HV 線間の距離は $100\text{mm} (+100\text{mm}/0\text{mm})$ とする。

・正の HV DC 端子線 (HV+)、負の HV DC 端子線 (HV-) および三相 HV AC 線の遮蔽電源線は、使用するコネクタに応じて、別の同軸ケーブルやシールドケーブルでも良い。

○ DUT (供試品)

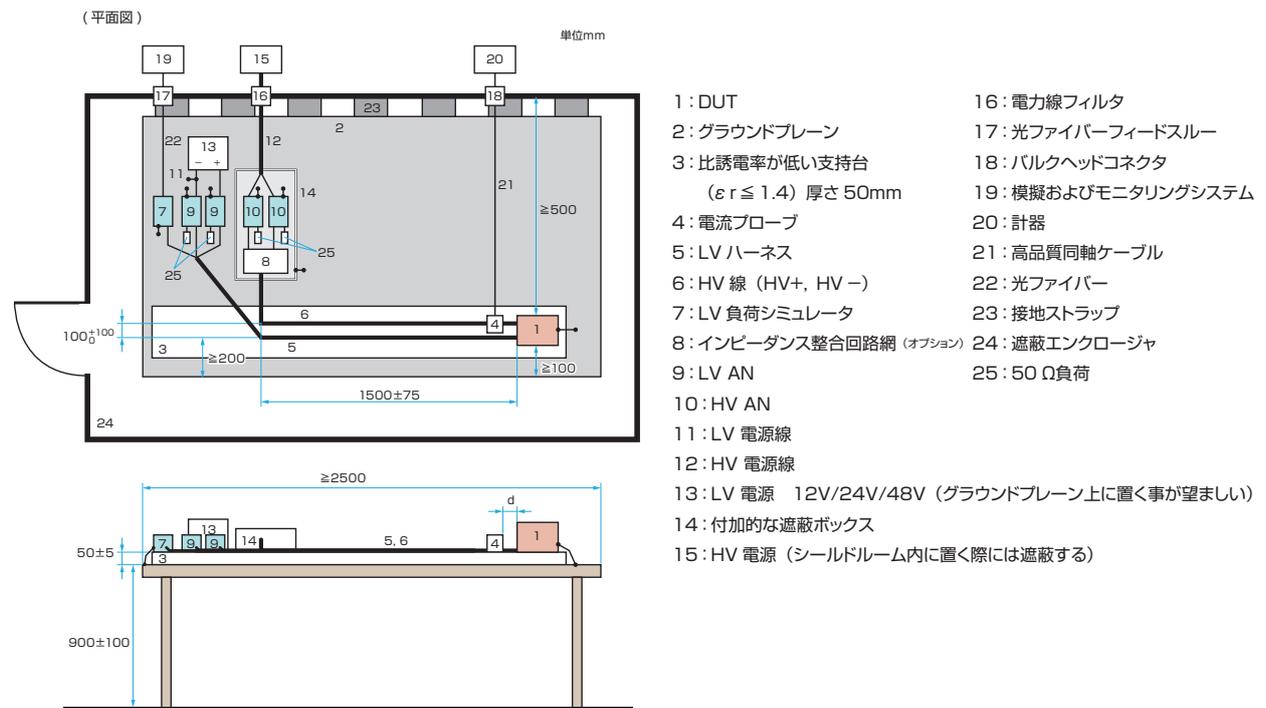
・DUT ケースは、グラウンドプレーンに接続する。

○ 負荷機械エミュレーション

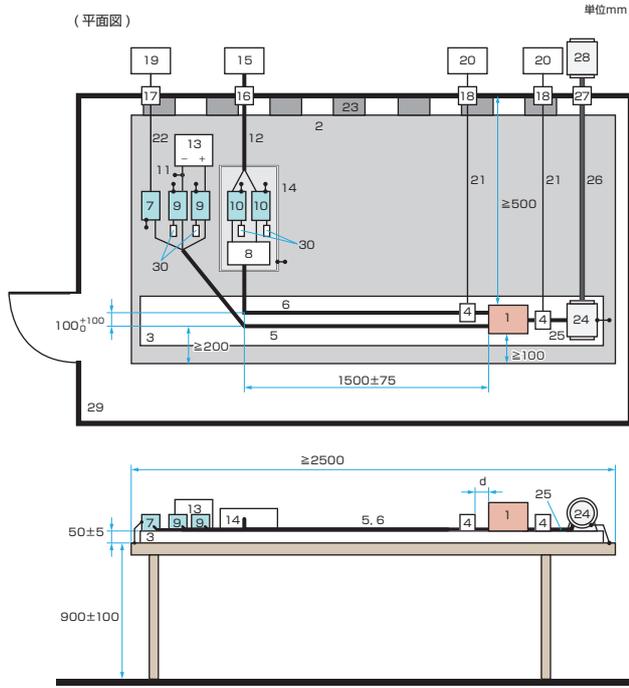
・試験計画書には DUT と負荷機械エミュレーション間の接続条件、および接地条件も規定する。

・負荷機械エミュレーションは、"電気モーター" や "機械的接続"、"フィルタを介した機械的ベアリング"、"ブレーキ"、"推進モーター" を置き換える。

・電源線は電源線フィルタを介して供給する

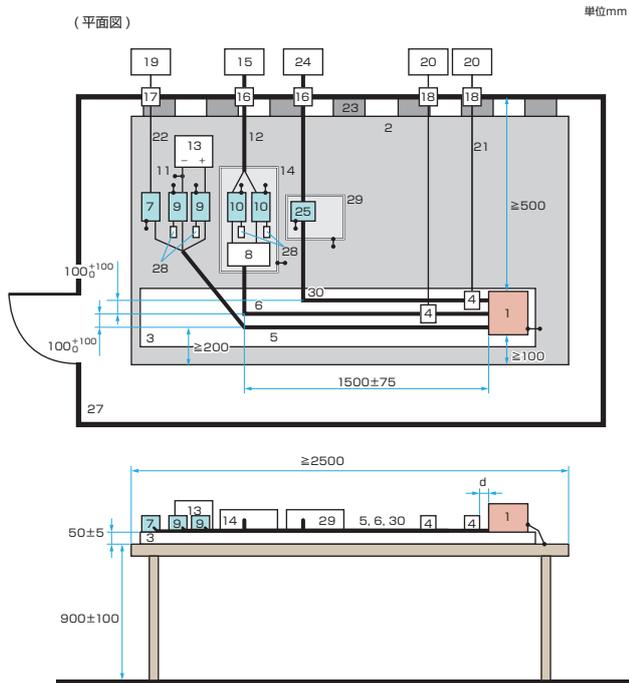


伝導エミッション 遮蔽電源システムを備えた EUT の HV 線の電流プローブ測定の試験設定例



- 1: DUT
- 2: グラウンドプレーン
- 3: 比誘電率が低い支持台 (ε_r ≤ 1.4) 厚さ 50mm
- 4: 電流プローブ
- 5: LV ハーネス
- 6: HV 線 (HV+, HV-)
- 7: LV 負荷シミュレータ
- 8: インピーダンス整合回路網 (オプション)
- 9: LV AN
- 10: HV AN
- 11: LV 電源線
- 12: HV 電源線
- 13: LV 電源 12V/24V/48V (グラウンドプレーン上に置く事が望ましい)
- 14: 付加的な遮蔽ボックス
- 15: HV 電源 (シールドルーム内に置く際には遮蔽する)
- 16: 電力線フィルタ
- 17: 光ファイバーフィードスルー
- 18: バルクヘッドコネクタ
- 19: 模擬およびモニタリングシステム
- 20: 計器
- 21: 高品質同軸ケーブル
- 22: 光ファイバー
- 23: 接地ストラップ
- 24: 電気モーター
- 25: 三相モーター電源線
- 26: 機械的接続
- 27: フィルタを通された機械的ペアリング
- 28: ブレーキまたは推進モーター
- 29: 遮蔽エンクロージャ
- 30: 50 Ω負荷

伝導エミッション 電気モーターを試験台に取り付けた、遮蔽電源システムを備えた EUT の HV 線の電流プローブ測定の試験設定例



- 1: DUT
- 2: グラウンドプレーン
- 3: 比誘電率が低い支持台 (ε_r ≤ 1.4) 厚さ 50mm
- 4: 電流プローブ
- 5: LV ハーネス
- 6: HV 線 (HV+, HV-)
- 7: LV 負荷シミュレータ
- 8: インピーダンス整合回路網 (オプション)
- 9: LV AN
- 10: HV AN
- 11: LV 電源線
- 12: HV 電源線
- 13: LV 電源 12V/24V/48V (グラウンドプレーン上に置く事が望ましい)
- 14: 付加的な遮蔽ボックス
- 15: HV 電源 (シールドルーム内に置く際には遮蔽する)
- 16: 電力線フィルタ
- 17: 光ファイバーフィードスルー
- 18: バルクヘッドコネクタ
- 19: 模擬およびモニタリングシステム
- 20: 計器
- 21: 高品質同軸ケーブル
- 22: 光ファイバー
- 23: 接地ストラップ
- 24: AC 商用電源
- 25: AC 商用電源用の AMN
- 27: 遮蔽エンクロージャ
- 28: 50 Ω負荷
- 29: 遮蔽ボックス
- 30: AC 線

伝導エミッション 遮蔽電源システムおよびインバータ/充電装置を備えた EUT の HV 線の電流プローブ測定の試験設定例

[限度値 (LV・HV 線共通) (例)]

サービス・帯域	周波数 (MHz)	レベル (dB μ A)														
		クラス5			クラス4			クラス3			クラス2			クラス1		
		尖頭値	準尖頭値	平均値	尖頭値	準尖頭値	平均値	尖頭値	準尖頭値	平均値	尖頭値	準尖頭値	平均値	尖頭値	準尖頭値	平均値
アナログ放送																
LW	0.15 ~ 0.30	50	37	30	60	47	40	70	57	50	80	67	60	90	77	70
MW	0.53 ~ 1.8	26	13	6	34	21	14	42	29	22	50	37	30	58	45	38
SW	5.9 ~ 6.2	19	6	-1	25	12	5	31	18	11	37	24	17	43	30	23
FM	76 ~ 108	4	-9	-16	10	-3	-10	16	3	-4	22	9	2	28	15	8
TV帯 I	41 ~ 88	0	-	-10	6	-	-4	12	-	2	18	-	8	24	-	14
デジタル放送																
DAB III	171 ~ 245	4	-	-6	10	-	0	16	-	6	22	-	12	28	-	18
TV帯 III	174 ~ 230	4	-	-6	10	-	0	16	-	6	22	-	12	28	-	18
モバイル																
CB	26 ~ 28	10	-3	-10	16	3	-4	22	9	2	28	15	8	34	21	14
VHF	30 ~ 54	10	-3	-10	16	3	-4	22	9	2	28	15	8	34	21	14
VHF	68 ~ 87	4	-9	-16	10	-3	-10	16	3	-4	22	9	2	28	15	8
VHF	142 ~ 175	4	-9	-16	10	-3	-10	16	3	-4	22	9	2	28	15	8

3) 放射妨害波—ALSE法（放射エミッション法）

[一般事項]

放射電磁界強度測定は、電波暗室内で実施します。

[試験配置]

○ DUT（供試品）

- ・グラウンドプレーン上で 50mm ± 5mm の高さに設置します。
 ※非導電性かつ比誘電率の低い材料 ($\epsilon_r \leq 1.4$) の上に設置します。
 ※実車での模擬を想定しない場合、DUT ケースは、グラウンドプレーンに接地しません。
- ・アンテナの端に近い DUT の側面は、グラウンドプレーンのアンテナ側から 200mm ± 10mm に配置します。

○ ハーネス

- ・DUT と補助機器間のハーネスの長さは、2000mm を超えてはいけません。
- ・グラウンドプレーン上で 50mm ± 5mm の高さに設置します。
 ※非導電性かつ比誘電率の低い材料 ($\epsilon_r \leq 1.4$) の上に設置します。
- ・グラウンドプレーンの前面に平行に設置するハーネスは、1500mm ± 75mm の長さにします。
- ・DUT と補助機器間の配線は、下図に記載されるよう角度を守ります。



○ 補助機器

- ・基本的には、直接グラウンドプレーンに設置してください。

○ アンテナの配置

- ・試験ハーネスの長さ 1500 mm の水平部分とアンテナ基準点との距離を 1000mm ± 10 mm にします。
 - － ロッドアンテナの基準点：垂直モノポールエレメント
 - － バイコニカルアンテナの基準点：位相中心（中点）
 - － ログペリオディックアンテナの基準点：アンテナの先端
 - － ホーンアンテナの基準点：前開口面
- ・アンテナの高さは
 - － バイコニカル / ログペリオディック / ホーンアンテナ
 測定用アンテナの中心（位相中心）は、グラウンドプレーン上で高さ 100mm ± 10mm に設置します。
 - － ロッドアンテナ
 カウンタポイズの高さは、グラウンドプレーンの高さに対し +10/-20mm かつグラウンドプレーンに接地します。

○ その他

- ・DUT（供試品）や測定用のアンテナを、電波暗室内の壁面や天井より 1m 以上離します。
- ・アンテナエレメントは床面より 250mm 以上離します。
- ・負荷シミュレータは可能な場合にはグラウンドプレーン上に直接設置する。また、金属ケースを備えていればグラウンドプレーンに結合します。

[試験手順]

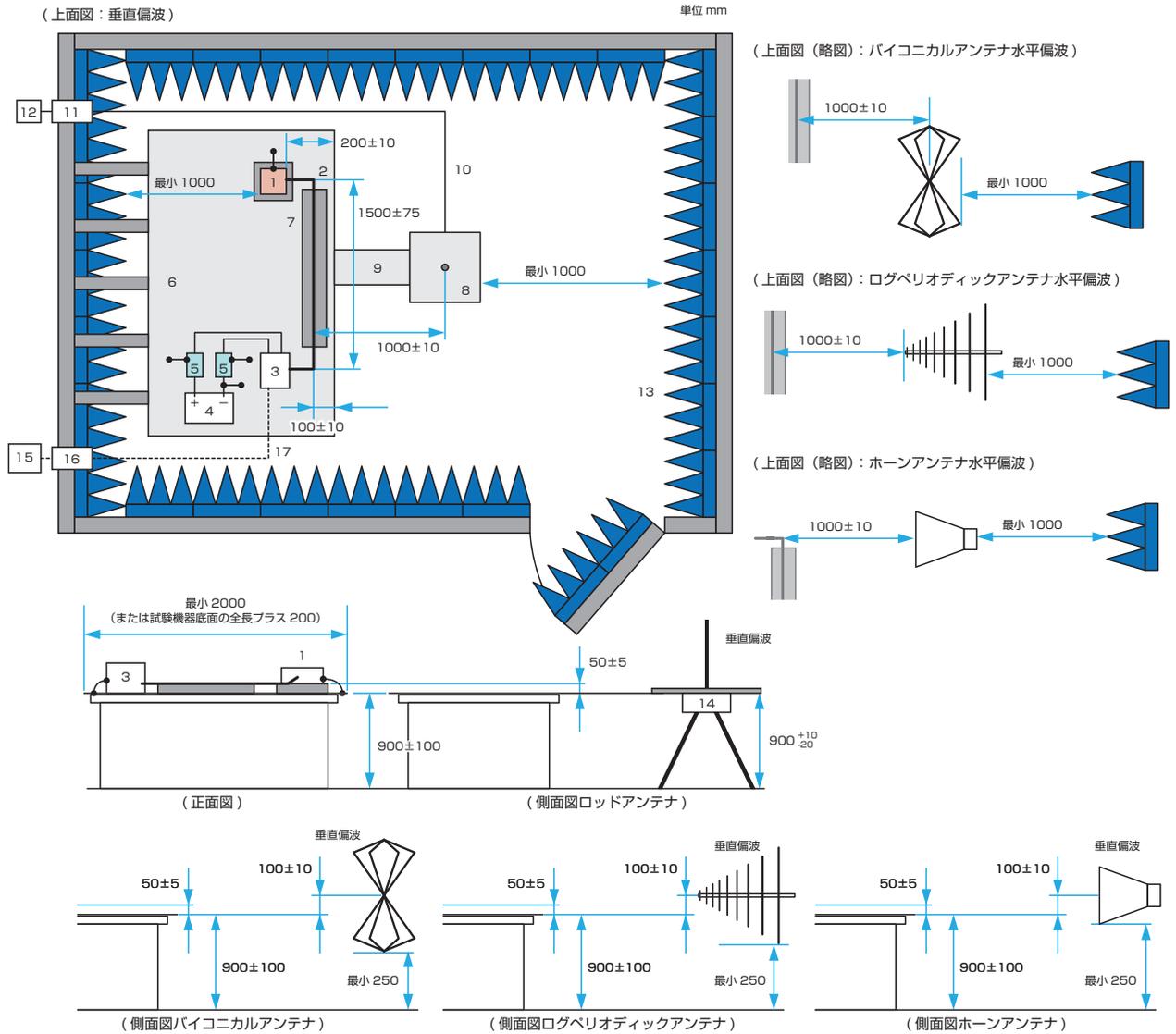
以下に、DUT やハーネスの接続などの標準的な配置および測定条件を記します。

DUT は、妨害波の放射状態が最大になるよう、動作させます。

※製造者および仕向け先が同じ試験を実施できるよう動作条件を試験計画書に明記します。

150kHz ~ 30MHz：垂直偏波のみで測定

30MHz ~ 5925MHz：垂直および水平偏波で測定



- 1: DUT (試験計画書に要求がある場合には、近傍接地を行う。)
- 2: 試験ハーネス
- 3: 負荷シミュレータ ([試験配置]参照)
- 4: 電源 (配置位置は任意)
- 5: AN (疑似回路網)
- 6: グラウンドプレーン (シールドルーム壁面に結合)
- 7: 比誘電率の低い支持台 ($\epsilon_r \leq 1.4$)
- 8: カウンタボイス付きのロッドアンテナ (寸法: 代表例 600 mm × 600 mm)、 $h = (900 \pm 100)$ mm、 $h_{cp} = (h + 10 / - 20)$ mm
または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
- 9: 接地 (グラウンドプレーンとカウンタボイスとの間ですべての幅を結合)
- 10: 高品質の同軸ケーブル、例えば二重シールド同軸ケーブル (50 Ω)
- 11: 隔壁コネクタ
- 12: 計測装置
- 13: 電波吸収体
- 14: アンテナ整合器 (カウンタボイスの下推奨。カウンタボイスの上に設置する場合はアンテナロッドの基準はグラウンドプレーンの高さにする。)
- 15: シミュレータ及びモニタリングシステム
- 16: 光ファイバーフィードスルー
- 17: 光ファイバー

[試験配置 (HV 線の場合)]

基本的な試験配置は LV 線の試験配置と同様となるが、以下異なる点を挙げる。

○ ハーネス

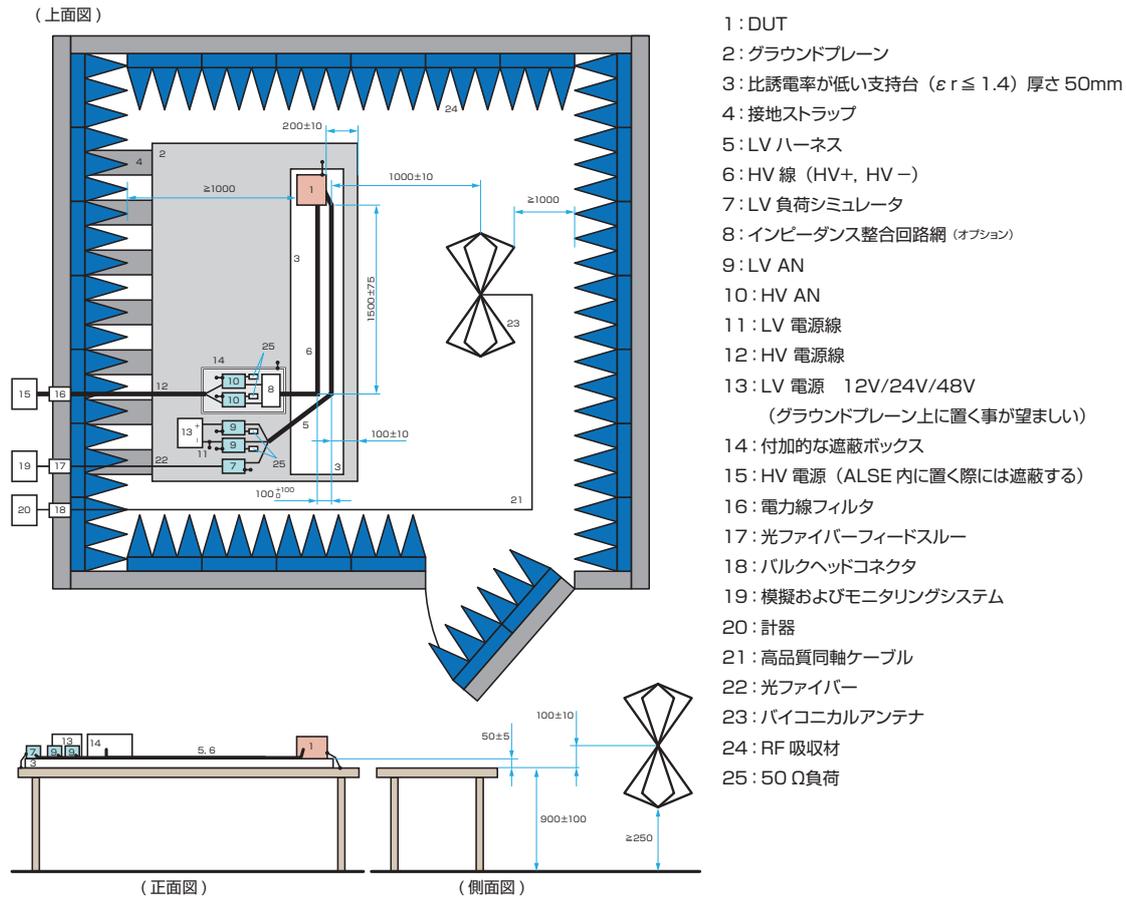
- ・HV 線の場合、ハーネスの長さは 1700mm (+300mm/0mm) で、グラウンドプレーン前面に平行な長さ 1500 ± 75mm で配置する。
- ・DUT と電気モーター間が三相線の場合、1000mm 未満とする。
- ・HV 線は、グラウンドプレーン端から最低でも 100mm の距離に置く。
- ・ハーネスは全て接地面から 50 ± 5mm 上の、非導電性かつ比誘電率の低い材料 ($\epsilon_r \leq 1.4$) の上に置く。
- ・LV 線の長い部分はアンテナに面したグラウンドプレーンの端に対して水平に、端から 100mm ± 10mm の距離に置く。
- ・LV 線と HV 線間の距離は 100mm (+ 100mm/0mm) とする。
- ・正の HV DC 端子線 (HV+)、負の HV DC 端子線 (HV-) および三相 HV AC 線の遮蔽電源線は、使用するコネクタに応じて、別の同軸ケーブルやシールドケーブルでも良い。
- ・試験計画書に規定がない場合は、HV 線の長い部分を端から 100 ± 10mm に、LV 線試験ハーネスを HV 線試験ハーネスから 100mm (+ 100mm/0mm) に位置させた構成でも試験を行う。

○ DUT (供試品)

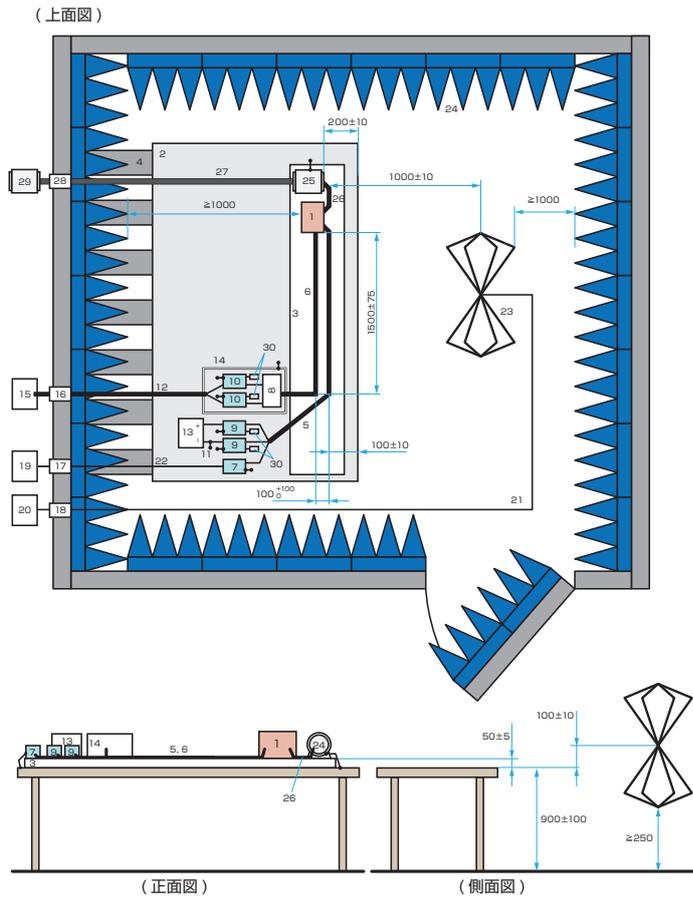
- ・DUT ケースは、グラウンドプレーンに接続します。

○ 負荷機械エミュレーション

- ・試験計画書には DUT と負荷機械エミュレーション間の接続条件、および接地条件も規定する。
- ・負荷機械エミュレーションは、"電気モーター"や"機械的接続"、"フィルタを介した機械的ベアリング"、"ブレーキ"、"推進モーター"を置き換える。
- ・電源線は電源線フィルタを介して供給する

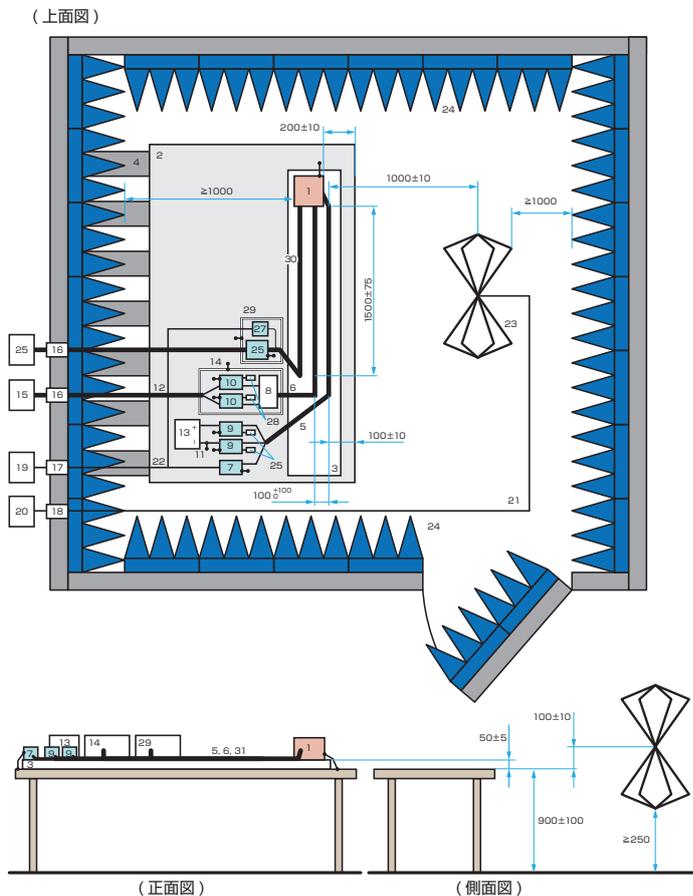


放射エミッション 遮蔽電源システムを備えた EUT のバイコニカルアンテナを用いた試験設定例



- 1: DUT
- 2: グラウンドプレーン
- 3: 比誘電率が低い支持台
($\epsilon_r \leq 1.4$)
厚さ 50mm
- 4: 接地ストラップ
- 5: LV ハーネス
- 6: HV 線 (HV+, HV -)
- 7: LV 負荷シミュレータ
- 8: インピーダンス整合回路網 (オプション)
- 9: LV AN
- 10: HV AN
- 11: LV 電源線
- 12: HV 電源線
- 13: LV 電源 12V/24V/48V
(グラウンドプレーン上に置く事が望ましい)
- 14: 付加的な遮蔽ボックス
- 15: HV 電源 (ALSE 内に置く際には遮蔽する)
- 16: 電力線フィルタ
- 17: 光ファイバーフィードスルー
- 18: バルクヘッドコネクタ
- 19: 模擬およびモニタリングシステム
- 20: 計器
- 21: 高品質同軸ケーブル
- 22: 光ファイバー
- 23: バイコニカルアンテナ
- 24: RF 吸収材
- 25: 電気モーター
- 26: 三相モーター電源線
- 27: 機械的接続
- 28: フィルタを通された
機械的ベアリング
- 29: プレーキまたは推進モーター
- 30: 50 Ω 負荷

放射エミッション 電気モーターを試験台に取り付けた、遮蔽電源システムを備えた EUT のバイコニカルアンテナを用いた試験設定例

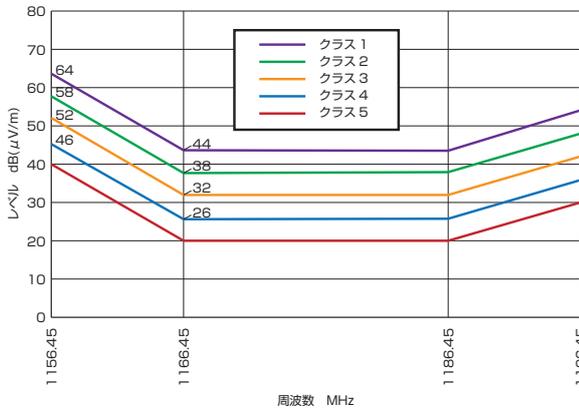


- 1: DUT
- 2: グラウンドプレーン
- 3: 比誘電率が低い支持台
($\epsilon_r \leq 1.4$)
厚さ 50mm
- 4: 接地ストラップ
- 5: LV ハーネス
- 6: HV 線 (HV+, HV -)
- 7: LV 負荷シミュレータ
- 8: インピーダンス整合回路網 (オプション)
- 9: LV AN
- 10: HV AN
- 11: LV 電源線
- 12: HV 電源線
- 13: LV 電源 12V/24V/48V
(グラウンドプレーン上に置く事が望ましい)
- 14: 付加的な遮蔽ボックス
- 15: HV 電源
(ALSE 内に置く際には遮蔽する)
- 16: 電力線フィルタ
- 17: 光ファイバーフィードスルー
- 18: バルクヘッドコネクタ
- 19: 模擬およびモニタリングシステム
- 20: 計器
- 21: 高品質同軸ケーブル
- 22: 光ファイバー
- 23: バイコニカルアンテナ
- 24: RF 吸収材
- 25: AC 商用電源
- 26: AC 商用電源用の AMN
- 27: AC 充電負荷シミュレータ
- 28: 50 Ω 負荷
- 29: 遮蔽ボックス
- 30: AC 線

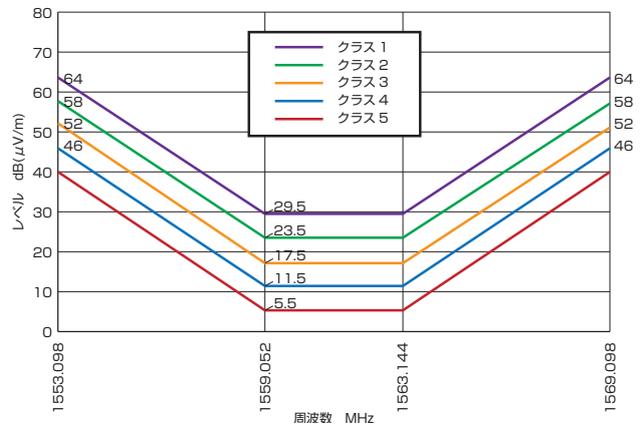
放射エミッション 遮蔽電源システムおよびインバータ/充電装置を備えた EUT のバイコニカルアンテナを用いた試験設定例

[限度値 (LV・HV 線共通) (例)]

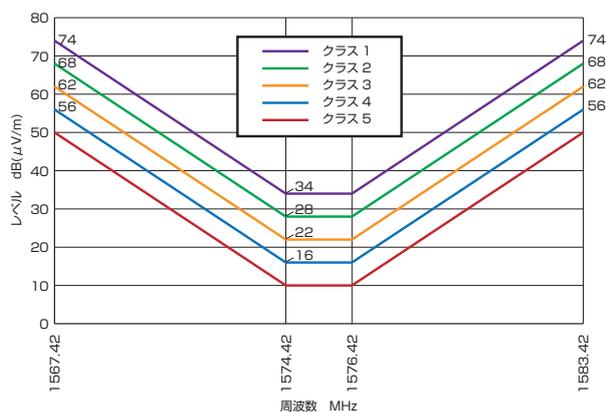
サービス・帯域	周波数 (MHz)	レベル (dB μ V/m)														
		クラス 5			クラス 4			クラス 3			クラス 2			クラス 1		
		尖頭値	準尖頭値	平均値	尖頭値	準尖頭値	平均値	尖頭値	準尖頭値	平均値	尖頭値	準尖頭値	平均値	尖頭値	準尖頭値	平均値
アナログ放送																
LW	0.15 ~ 0.30	46	33	26	56	43	36	66	53	46	76	63	56	86	73	66
MW	0.53 ~ 1.8	40	27	20	48	35	28	56	43	36	64	51	44	72	59	52
SW	5.9 ~ 6.2	40	27	20	46	33	26	52	39	32	58	45	38	64	51	44
FM	76 ~ 108	38	25	18	44	31	24	50	37	30	56	43	36	62	49	42
TV 帯 I	41 ~ 88	28	-	18	34	-	24	40	-	30	46	-	36	52	-	42
TV 帯 III	174 ~ 230	20	-	10	26	-	16	32	-	22	38	-	28	44	-	34
TV 帯 IV	470 ~ 944	41	-	31	47	-	37	53	-	43	59	-	49	65	-	55
デジタル放送																
DAB III	171 ~ 245	30	-	20	36	-	26	42	-	32	48	-	38	54	-	44
TV 帯 III	174 ~ 230	30	-	20	36	-	26	42	-	32	48	-	38	54	-	44
DTTV	470 ~ 770	46	-	36	52	-	42	58	-	48	64	-	54	70	-	60
DABL 帯	1447 ~ 1494	54	-	44	60	-	50	66	-	56	72	-	62	78	-	68
SDARS	2320 ~ 2345	58	-	48	64	-	54	70	-	60	76	-	66	82	-	72
モバイル																
CB	26 ~ 28	40	27	20	46	33	26	52	39	32	58	45	38	64	51	44
VHF	30 ~ 54	40	27	20	46	33	26	52	39	32	58	45	38	64	51	44
VHF	68 ~ 87	35	22	15	41	28	21	47	34	27	53	40	33	59	46	39
VHF	142 ~ 175	35	22	15	41	28	21	47	34	27	53	40	33	59	46	39
アナログ UHF	380 ~ 512	38	25	18	44	31	24	50	37	30	56	43	36	62	49	42
RKE & TPMS 1	300 ~ 330	32	-	18	38	-	24	44	-	30	50	-	36	56	-	42
RKE & TPMS 2	420 ~ 450	32	-	18	38	-	24	44	-	30	50	-	36	56	-	42
アナログ UHF	820 ~ 960	44	31	24	50	37	30	56	43	36	62	49	42	68	55	48
GPS L5	1156.45 ~ 1196.45	-	-	20	-	-	26	-	-	32	-	-	38	-	-	44
BDS B1I	1553.098 ~ 1569.098	-	-	5.5	-	-	11.5	-	-	17.5	-	-	23.5	-	-	29.5
GPS L1	1567.42 ~ 1583.42	-	-	10	-	-	16	-	-	22	-	-	28	-	-	34
GLONASS L1	1590.781 ~ 1616.594	-	-	10	-	-	16	-	-	22	-	-	28	-	-	34
Wi-Fi / Bluetooth	2402 ~ 2494	52	-	32	58	-	38	64	-	44	70	-	50	76	-	56
Wi-Fi	5150 ~ 5350	59	-	39	65	-	45	71	-	51	77	-	57	83	-	63
Wi-Fi	5470 ~ 5725	59	-	39	65	-	45	71	-	51	77	-	57	83	-	63
V2X (Wi-Fi)	5850 ~ 5925	84	-	64	90	-	70	96	-	76	102	-	82	108	-	88



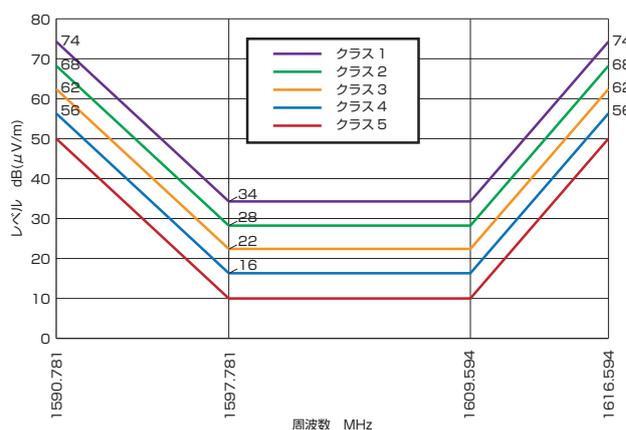
GPS 帯域 1156.45MHz ~ 1196.45MHz における部品からの放射妨害での平均値限度値の例



BDS B1I 帯域 1553.098MHz ~ 1569.098MHz における部品からの放射妨害での平均値限度値の例



GPS 帯域 1567.42MHz ~ 1583.42MHz における
部品からの放射妨害での平均値限度値の例



GLONASS 帯域 1597.781MHz ~ 1616.594MHz における
部品からの放射妨害での平均値限度値の例

[限度値 (LV・HV 線共通) (例)]

サービス・帯域	周波数 (MHz)	レベル (dB μV/m)														
		クラス 5			クラス 4			クラス 3			クラス 2			クラス 1		
		尖頭値	準尖頭値	平均値	尖頭値	準尖頭値	平均値	尖頭値	準尖頭値	平均値	尖頭値	準尖頭値	平均値	尖頭値	準尖頭値	平均値
デジタル携帯電話																
4G	460 ~ 467.5	44	-	24	50	-	30	56	-	36	62	-	42	88	-	48
5G n71(617MHz ~ 652MHz) 4G (617MHz ~ 652MHz)	617 ~ 652	46	-	26	52	-	32	58	-	38	64	-	44	70	-	50
5G n12(729MHz ~ 746MHz) 5G n14(758MHz ~ 768MHz) 5G n28(758MHz ~ 803MHz) 5G n29(717MHz ~ 728MHz) 4G (703MHz ~ 803MHz)	703 ~ 803	47	-	27	53	-	33	59	-	39	65	-	45	71	-	51
3G (729MHz ~ 756MHz) 3G (758MHz ~ 768MHz)		41	-	21	57	-	27	53	-	33	59	-	39	65	-	45
5G n20(791MHz ~ 821MHz) 3G (791MHz ~ 821MHz)	791 ~ 821	48	-	28	54	-	34	60	-	40	66	-	46	72	-	52
5G n5(869MHz ~ 894MHz) 5G n18(860MHz ~ 875MHz) 5G n26(859MHz ~ 894MHz) 4G (852MHz ~ 894MHz)	852 ~ 894	49	-	29	55	-	35	61	-	41	67	-	47	73	-	53
3G (859MHz ~ 894MHz)		43	-	23	49	-	29	55	-	35	61	-	41	67	-	47
2G (869MHz ~ 894MHz)		43	-	23	49	-	29	55	-	35	61	-	41	67	-	47
5G n8(925MHz ~ 960MHz) 4G (925MHz ~ 960MHz)	925 ~ 960	50	-	30	56	-	36	62	-	42	68	-	48	74	-	54
3G (925MHz ~ 960MHz)		44	-	24	50	-	30	56	-	36	62	-	42	68	-	48
2G (925MHz ~ 960MHz)		44	-	24	50	-	30	56	-	36	62	-	42	68	-	48
5G n50(1432MHz ~ 1517MHz) 5G n51(1427MHz ~ 1432MHz) 5G n74(1475MHz ~ 1518MHz) 5G n75(1432MHz ~ 1517MHz) 5G n76(1427MHz ~ 1432MHz) 5G n91(1427MHz ~ 1432MHz) 5G n92(1432MHz ~ 1517MHz) 5G n93(1427MHz ~ 1432MHz) 5G n94(1432MHz ~ 1517MHz) 4G (1427MHz ~ 1518MHz)	1427 ~ 1518	53	-	33	59	-	39	65	-	45	71	-	51	77	-	57
3G (1452MHz ~ 1496MHz)		47	-	27	53	-	33	59	-	39	65	-	45	71	-	51
4G	1525 ~ 1559	54	-	34	60	-	40	66	-	46	72	-	52	78	-	58
5G n3(1805MHz ~ 1880MHz) 4G (1805MHz ~ 1880MHz)	1805 ~ 1880	55	-	35	61	-	41	67	-	47	73	-	53	79	-	59
3G (1805MHz ~ 1880MHz)		49	-	29	55	-	35	61	-	41	67	-	47	73	-	53
2G (1805MHz ~ 1880MHz)		49	-	29	55	-	35	61	-	41	67	-	47	73	-	53

[限度値 (LV・HV 線共通) (例)]

サービス・帯域	周波数 (MHz)	レベル (dB μ V/m)														
		クラス5			クラス4			クラス3			クラス2			クラス1		
		尖頭値	準尖頭値	平均値	尖頭値	準尖頭値	平均値	尖頭値	準尖頭値	平均値	尖頭値	準尖頭値	平均値	尖頭値	準尖頭値	平均値
デジタル携帯電話																
5G n2(1930MHz ~ 1990MHz) 5G n25(1930MHz ~ 1995MHz) 5G n34(2010MHz ~ 2025MHz) 5G n39(1880MHz ~ 1920MHz) 5G n70(1995MHz ~ 2020MHz) 4G (1850MHz ~ 2025MHz)	1850 ~ 2025	56	-	36	62	-	42	68	-	48	74	-	54	80	-	60
3G (1850MHz ~ 1995MHz) 3G (2010MHz ~ 2025MHz)		50	-	30	56	-	36	62	-	42	68	-	48	74	-	54
2G (1930MHz ~ 1990MHz)		50	-	30	56	-	36	62	-	42	68	-	48	74	-	54
5G n1(2110MHz ~ 2170MHz) 5G n65(2110MHz ~ 2200MHz) 5G n66(2110MHz ~ 2200MHz) 4G (2110MHz ~ 2200MHz)	2110 ~ 2200	57	-	37	63	-	43	69	-	49	75	-	55	81	-	61
3G (2110MHz ~ 2170MHz)		51	-	31	57	-	37	63	-	43	69	-	49	75	-	55
5G n30(2350MHz ~ 2360MHz) 5G n40(2300MHz ~ 2400MHz) 4G (2300MHz ~ 2400MHz)	2300 ~ 2400	58	-	38	64	-	44	70	-	50	76	-	56	82	-	92
3G (2300MHz ~ 2400MHz)		52	-	32	58	-	38	64	-	44	70	-	50	76	-	56
5G n53(2483.5MHz ~ 2495MHz)	2483.5 ~ 2495	58	-	36	64	-	44	70	-	50	76	-	56	82	-	62
5G n7(2620MHz ~ 2690MHz) 5G n38(2570MHz ~ 2620MHz) V2X 5G n41(2496MHz ~ 2690MHz) 5G n90(2496MHz ~ 2690MHz) 4G (2496MHz ~ 2690MHz)	2496 ~ 2690	58	-	38	64	-	44	70	-	50	76	-	56	82	-	62
3G (2570MHz ~ 2690MHz)		52	-	32	58	-	38	64	-	44	70	-	50	76	-	56
5G n48(3550MHz ~ 3700MHz) 5G n77(3300MHz ~ 4200MHz) 5G n78(3300MHz ~ 3800MHz) 4G (3300MHz ~ 3800MHz)	3300 ~ 4200	61	-	41	67	-	47	73	-	53	79	-	59	85	-	65
3G (3510MHz ~ 3590MHz)		55	-	35	61	-	41	67	-	47	73	-	53	79	-	59
5G n79(4400MHz ~ 5000MHz)	4400 ~ 5000	63	-	43	69	-	49	75	-	55	81	-	61	87	-	67
4G	5150 ~ 5925	65	-	45	71	-	51	77	-	57	83	-	63	89	-	69
5G n47(5855MHz ~ 5925MHz) V2X V2X(4G)	5855 ~ 5925	66	-	46	72	-	52	78	-	58	84	-	64	90	-	70

4) HV と LV システム間の結合

[一般事項]

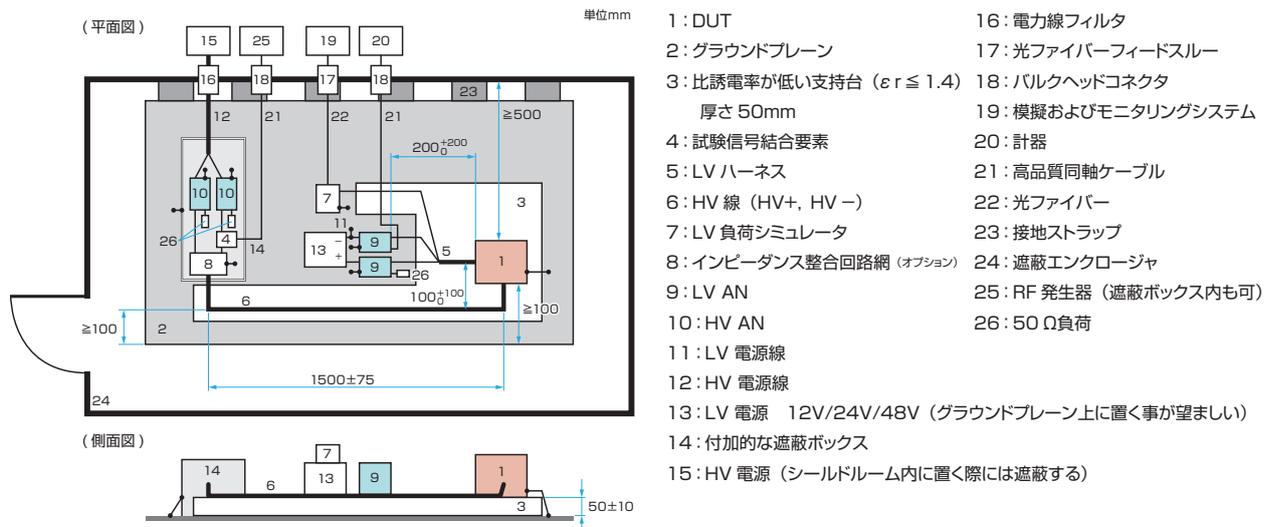
HV 側から LV 側への妨害の影響を判断する試験方法です。測定は試験設定に基づいた電圧法、電流プローブ法、ALSE 法（放射エミッション法）による測定と、ネットワークアナライザを用いた直接測定フルポート（本書では省略）がある。

[試験配置（電圧法、電流プローブ法、ALSE 法（放射エミッション法）による測定）]

基本的な試験配置は“1）～3）”で規定をした試験配置と同様であり LV 側の変更は無いが、HV 側で変更がある。

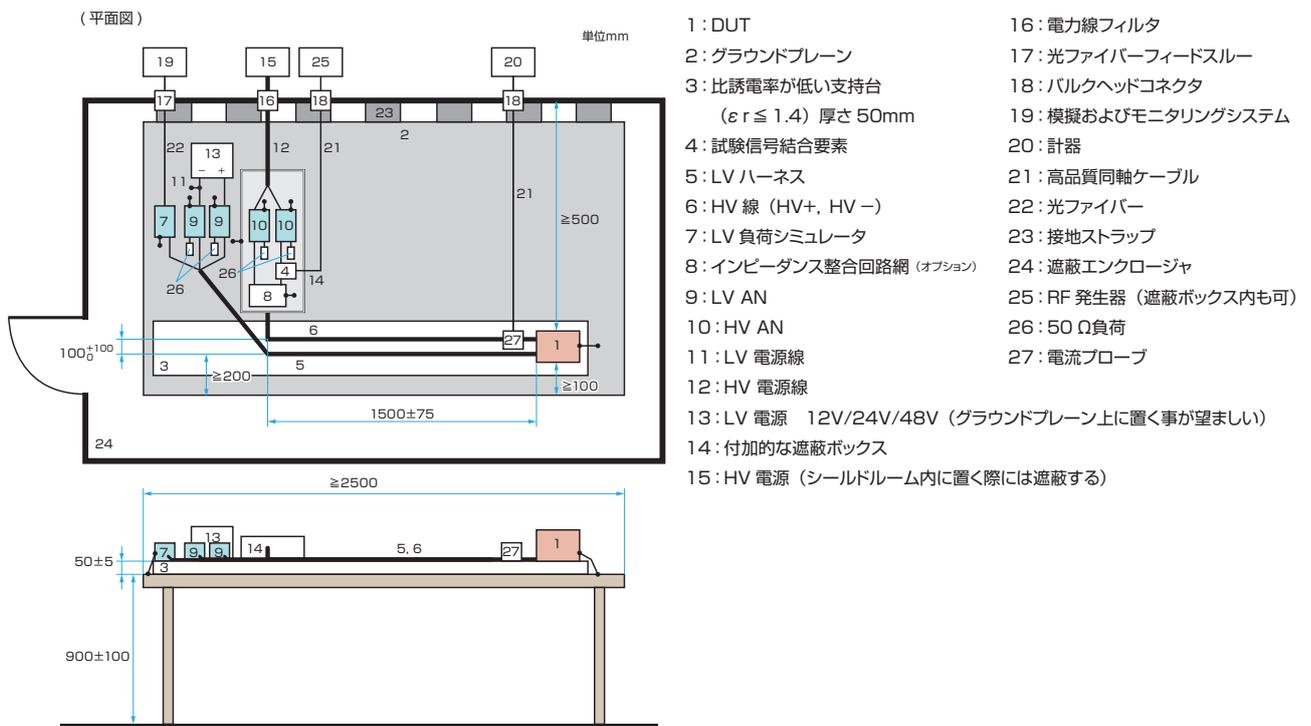
○ 試験信号の注入

- ・試験信号は HV+ および HV - ポートに連続で注入をする。
- ・試験信号は、電流プローブ (ISO 11452-4 に規定) または容量結合 (ISO 7637-3 DCC 結合法で規定) を用いる。
- ・注入をする信号は“1) 伝導妨害波 - 電圧法 [限度値 (HV 線の場合) (例)]”の平均値に適合するように設定する。
- ・信号の校正・モニタリングは必須。



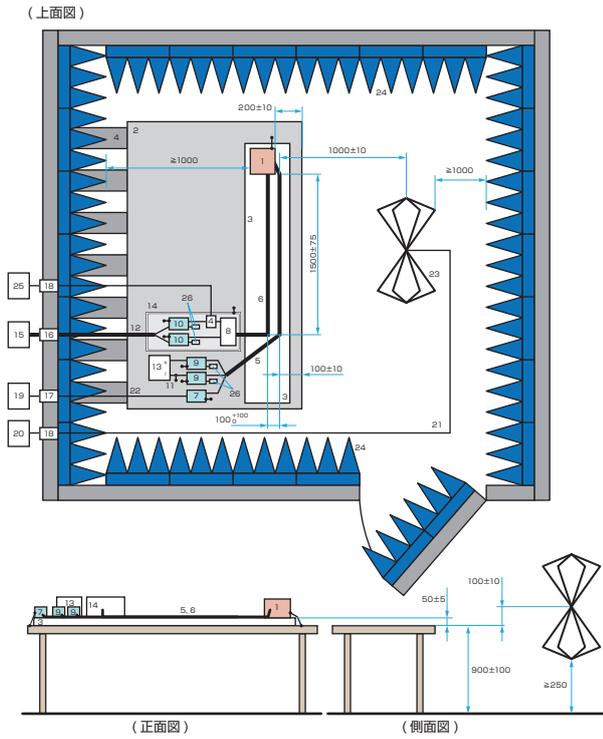
伝導エミッション（電圧法）

HV 電源ポートで注入を行った LV ポートでの測定



伝導エミッション（電流プローブ法）

HV 電源ポートで注入を行った LV ポートでの測定



- 1: DUT
- 2: グラウンドプレーン
- 3: 比誘電率が低い支持台 ($\epsilon r \leq 1.4$) 厚さ 50mm
- 4: 試験信号結合要素
- 5: LV ハーネス
- 6: HV 線 (HV+, HV-)
- 7: LV 負荷シミュレータ
- 8: インピーダンス整合回路網 (オプション)
- 9: LV AN
- 10: HV AN
- 11: LV 電源線
- 12: HV 電源線
- 13: LV 電源 12V/24V/48V (グラウンドプレーン上に置く事が望ましい)
- 14: 付加的な遮蔽ボックス
- 15: HV 電源 (ALSE 内に置く際には遮蔽する)
- 16: 電力線フィルタ
- 17: 光ファイバーフィードスルー
- 18: バルクヘッドコネクタ
- 19: 模擬およびモニタリングシステム
- 20: 計器
- 21: 高品質同軸ケーブル
- 22: 光ファイバー
- 23: 接地ストラップ
- 24: RF 吸収材
- 25: RF 発生器 (遮蔽ボックス内も可)
- 26: 50 Ω 負荷
- 27: バイコニカルアンテナ

伝導エミッション (ALSE 法)

HV 電源ポートで注入を行ったバイコニカルアンテナでの測定

[限度値]

それぞれの測定方法において LV エミッション限度値 (平均値) に規定をする値を超えてはならない。

測定方法	参考
伝導エミッション (電圧法)	P41 [限度値 (LV 線の場合) (例)] [限度値 (HV 線の場合) (例)] 平均値
伝導エミッション (電流プローブ法)	P45 [限度値 (LV・HV 線共通) (例)] 平均値
伝導エミッション (ALSE 法)	P50 [限度値 (LV・HV 線共通) (例)] 平均値

注意: この試験方法は CISPR25 Ed.5 2021 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。

【 ISO 11452-2 Ed.3 2019 の試験概要 】

1. 一般的事項

この規格は搭載電子機器と接続されたハーネスが強い電磁界に曝された際の耐性を評価する試験です。試験は電波暗室内で行い、アンテナより電磁界（80MHz～18GHz）を照射させます。

2. 試験レベル

【推奨される試験の厳しさレベル】

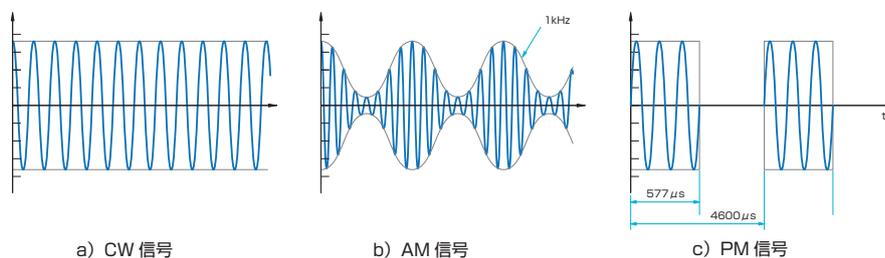
レベル	電界 (V/m)
I	25
II	50
III	75
IV	100
V	当事者間による

【周波数帯域】

周波数帯域	周波数範囲 (MHz)
F1	80～400
F2	400～1000
F3	1000～10000
F4	10000～18000

○ 変調

- a) 無変調正弦波 (CW)
- b) 80%(変調指数 $m=0.8$) で 1kHz の正弦波による振幅変調 (AM)
- c) $t_{on}=577\mu s$ 、時間 $4600\mu s$ としたパルス変調 (PM,GSM に類似)



次の変調を行うことが望ましい。

変調方式	周波数範囲
CW	0.01MHz～18GHz
AM	0.01MHz～800MHz
PM	800MHz～18GHz

3. 試験の配置 (非シールド電力システム)

○ グラウンドプレーン:

- ・厚さ 0.5mm min / 幅 1000mm min / 長さ 2000mm min、銅、真鍮または亜鉛メッキ鋼
- ・高さは床の上から 900mm ± 100 mm
- ・直流抵抗 2.5mΩ以下でシールドルームに接合します。(接地ストラップの取り付け間隔は 300mm 以下。接地ストラップの長さとの比率は 7:1)

○ 電源及び疑似電源回路網 (AN):

- ・ $5\mu H/50\Omega$ (遠隔で接地された DUT の場合、プラスとマイナスで2個の AN を使用。)
- ・AN の測定ポートは 50Ω 終端。
- ・電源リターンはグラウンドプレーンと接続します。

○ 供試品 (DUT):

- ・グラウンドプレーンから 50mm ± 5mm の絶縁物 ($\epsilon r \leq 1.4$) の上に配置します
- ・グラウンドプレーンの先端から 200mm ± 10mm に配置します。
- ・シールドルームなどの壁面から最小 1000mm 離します。

○ 試験ハーネス:

- ・ワイヤーハーネス長:全長 1700 +300 -0 mm 以内で、試験ハーネスとして、DUT から 1500mm ± 75mm 以上、グラウンドプレーンの端と平行させます。
- ・試験ハーネス高さ: 50mm ± 5mm の絶縁物 ($\epsilon r \leq 1.4$) の上に配置します。
- ・グラウンドプレーンの端から 100mm ± 10mm の距離に置きます。

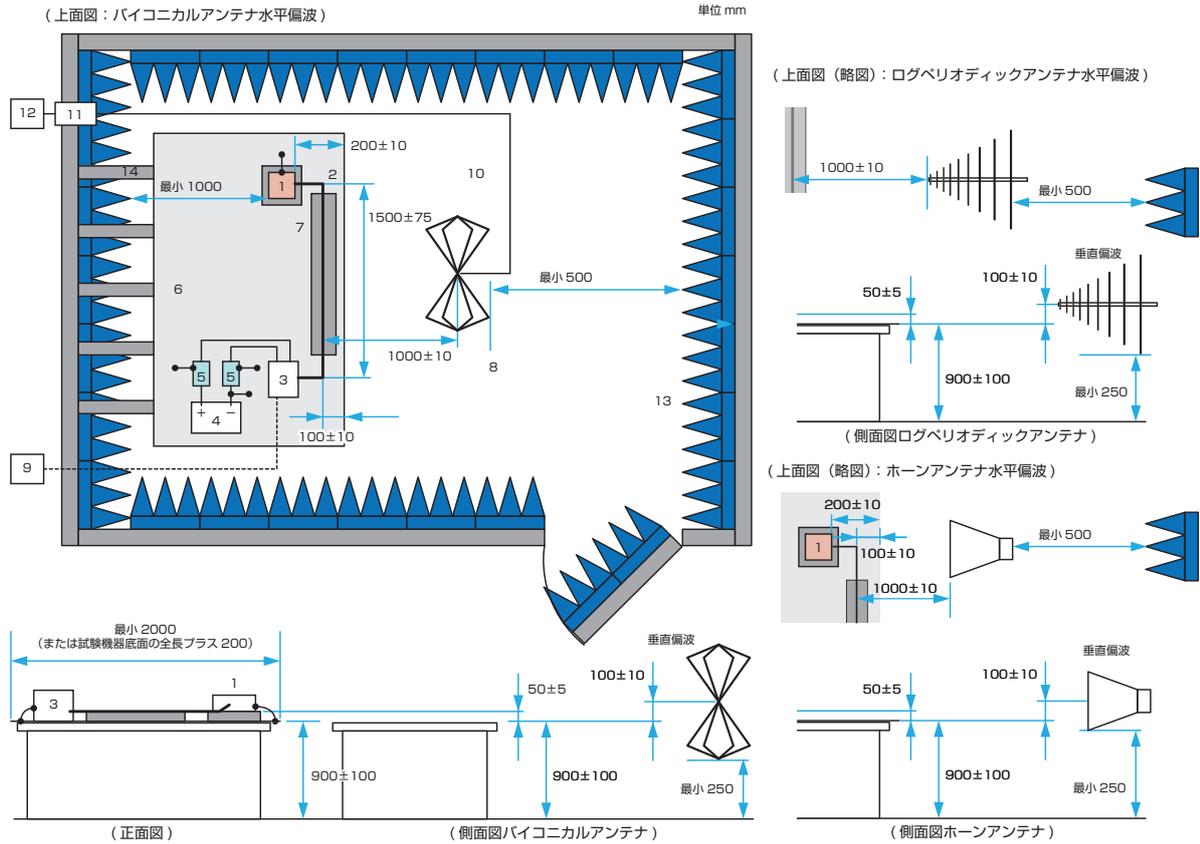
○ 負荷シミュレータ:

- ・グラウンドプレーンに直接配置するのが望ましいです。(負荷シミュレータが金属製の場合はケースをグラウンドプレーンに接続します。)

○ アンテナ:

- ・アンテナ中心の高さはグラウンドプレーンの上 100mm ± 10mm にします。
- ・アンテナ放射素子は床から 250mm 以上離し、あらゆる吸収材から 500mm 以上離します。
- ・ワイヤーハーネスとアンテナ基準点との距離を 1000mm ± 10mm にします。
 - －バイコニカルアンテナの基準点: 中間位置
 - －ログペリオディックアンテナの基準点: アンテナの先端
 - －ホーンアンテナの基準点: 開口面 試験周波数 1000MHz 以上では、アンテナを DUT の正面に配置します。

【非シールド電源システムでの DUT への試験】

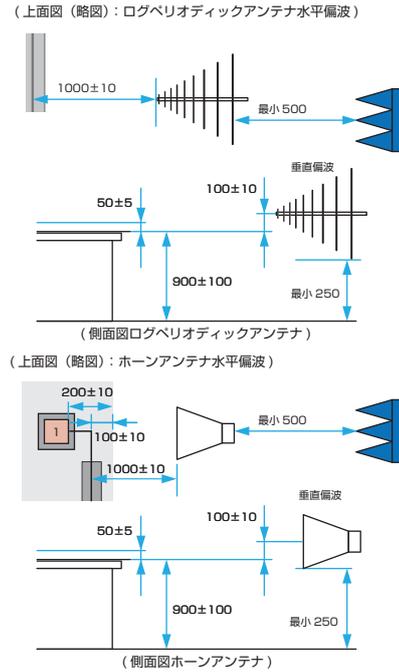
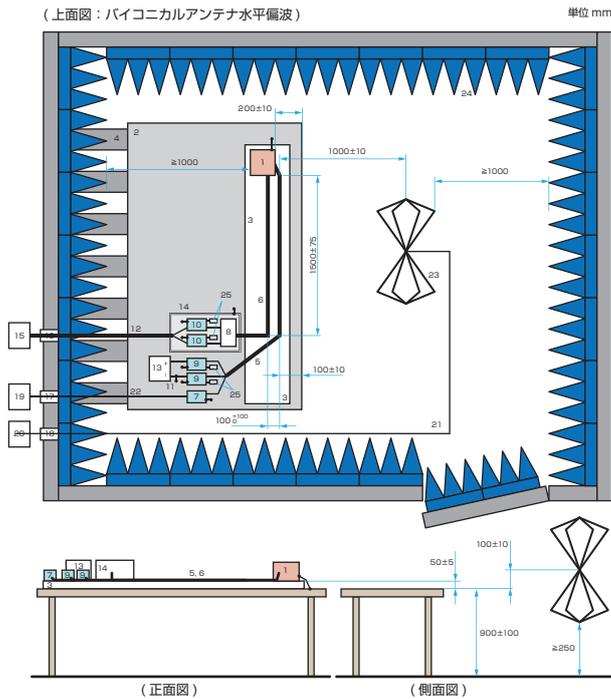


- | | |
|---|------------------------------|
| 1 : DUT (試験計画において必要とされる場合は近くに接地) | 8 : アンテナ |
| 2 : 試験ハーネス | 9 : 負荷用モニタ |
| 3 : 負荷シミュレータ | 10 : 高品質な二重シールド同軸ケーブル (50 Ω) |
| 4 : 電源 (任意の位置) | 11 : 隔壁コネクタ |
| 5 : AN (擬似回路網) | 12 : RF シグナルジェネレータ及び増幅器 |
| 6 : グラウンドプレーン (シールドルームと接続) | 13 : 電波吸収体 |
| 7 : 低比誘電率サポート ($\epsilon_r \leq 1.4$) | 14 : 接地ストラップ |

4. 試験の配置 (シールド電力システム)

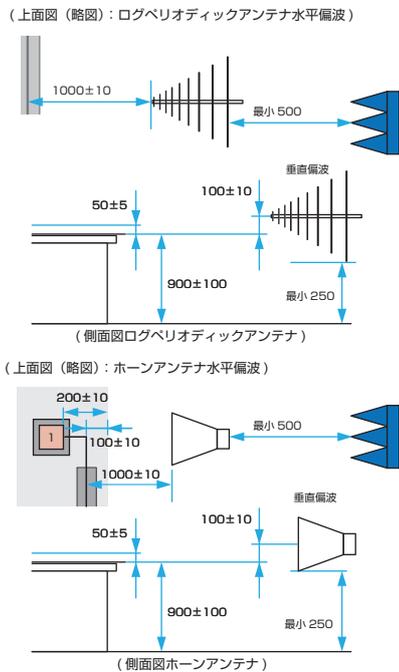
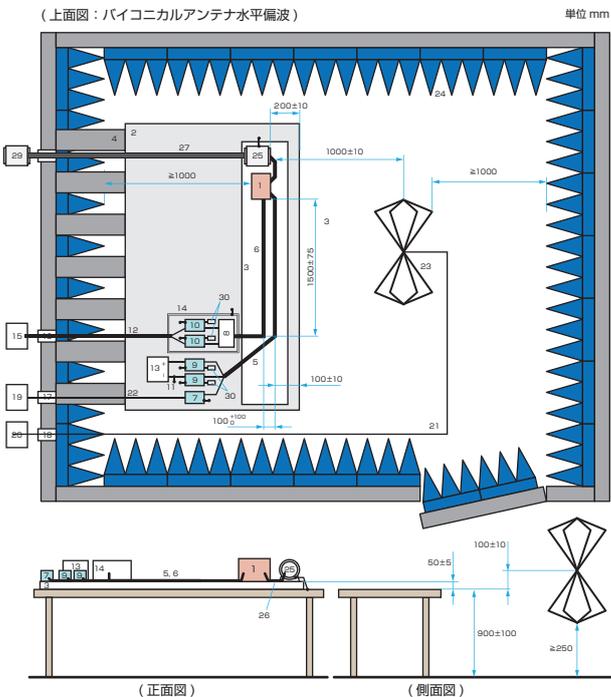
- グラウンドプレーン：非シールドと同じなため省略
- 電源及び疑似電源回路網：
 - ・ 5 μ H/50 Ω AN (DC HV は HV-AN、AC 電源は AMN)
 - ・ 電源導線は HV-AN または AMN を介して電源 (DCHV 電源 / AC 電源) に接続
 - ・ HV-AN はグラウンドプレーン上にボンディングして直接取り付ける。
 - ・ HV-AN、AMN の測定ポートは 50 Ω 終端。
 - ・ 車両用 HV バッテリーを使用することが望ましい
- 供試品 (DUT)：
 - ・ グラウンドプレーンの先端から 200mm \pm 10mm に配置します。
 - ・ DUT は規定のインピーダンス、またはケースをグラウンドプレーン上にボンディングして直接取り付ける。
 - ・ 充電器の場合、バッテリー充電器のケースはグラウンドプレーン上にボンディングして直接取り付ける。
- 試験ハーネス：
 - ・ LV 線の場合 1700 +300/-0 mm、HV 線の場合 1700 +300/-0 mm で、グラウンドプレーンの前面に平行な HV 試験ハーネスの長さは 1500 \pm 75mm
 - ・ ハーネス高さ：50mm \pm 5mm の絶縁物の上に配置します。
 - ・ LV 線はグラウンドプレーンの端から 100mm \pm 10mm の距離に置きます。
 - ・ HV 線は LV 線の試験ハーネスより 100mm +100/-0mm の距離に置きます。
 - ・ DUT と電動モータ間が三相線の場合は 1000 mm 未満。
 - ・ インバータ / 充電器装置はアンテナから最も遠いところに配置
- 負荷シミュレータ：グラウンドプレーンに直接配置するのが望ましい。
- アンテナ：非シールドと同じなため省略

【シールド電源システムを備えた DUT への試験】



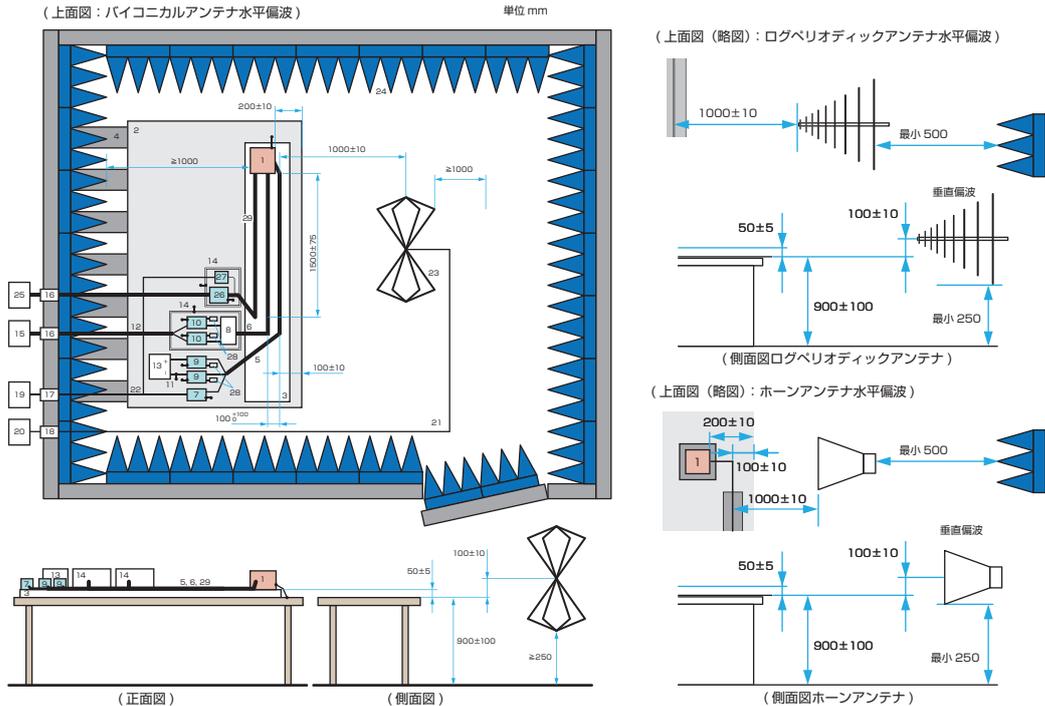
- | | | | | |
|-----------------------|-----------------|-----------------------|----------------|-------------|
| 1: DUT | 7: LV 負荷シミュレータ | 13: LV 電源 12V/24V/48V | 17: 貫通管 | 22: 光ファイバー |
| 2: グラウンドプレーン | 8: インピーダンス整合回路網 | (グラウンドプレーン上に置く) | 18: パルクヘッドコネクタ | 23: アンテナ |
| 3: 比誘電率が低い支持台 厚さ 50mm | 9: LV AN | 14: シールドボックス (必要な場合) | 19: モニタリングシステム | 24: RF 吸収材 |
| 4: 接地ストラップ | 10: HV AN | 15: HV 電源 | 20: 計器 | 25: 50 Ω 負荷 |
| 5: LV ハーネス | 11: LV 電源線 | (ALSE 内に置く際にはシールド) | 21: 同軸ケーブル | |
| 6: HV 線 (HV+, HV -) | 12: HV 電源線 | 16: 電力線フィルタ | | |

【電動モーターを台に取り付けたシールド電源システムを備えた DUT への試験】



- | | | | | |
|---------------------|----------------------|------------------|---------------|---------------|
| 1: DUT | 8: インピーダンス整合回路網 | 15: HV 電源 | 21: 同軸ケーブル | 28: フィルタを通された |
| 2: グラウンドプレーン | 9: LV AN | (ALSE 内に置く際には遮蔽) | 22: 光ファイバー | 機械的ペアリング |
| 3: 比誘電率が低い支持台 | 10: HV AN | 16: 電力線フィルタ | 23: アンテナ | 29: プレーキまたは推進 |
| 4: 接地ストラップ | 11: LV 電源線 | 17: 貫通管 | 24: RF 吸収材 | モーター |
| 5: LV ハーネス | 12: HV 電源線 | 18: パルクヘッドコネクタ | 25: 電気モーター | 30: 50 Ω 負荷 |
| 6: HV 線 (HV+, HV -) | 13: LV 電源 | 19: モニタリングシステム | 26: 三相モーター電源線 | |
| 7: LV 負荷シミュレータ | 14: シールドボックス (必要な場合) | 20: 計器 | 27: 機械的接続 | |

【シールドされた電源システムおよびインバーター／充電器デバイスを備えた DUT への試験】



- | | | |
|--------------------|-----------------------|-------------------|
| 1: DUT | 12: HV 電源線 | 23: アンテナ |
| 2: グラウンドプレーン | 13: LV 電源 12V/24V/48V | 24: RF 吸収材 |
| 3: 比誘電率が低い支持台 | 14: シールドボックス (必要な場合) | 25: AC 商用電源 |
| 4: 接地ストラップ | 15: HV 電源 | 26: AC 商用電源用の AMN |
| 5: LV ハーネス | 16: 電力線フィルタ | 27: AC 充電負荷シミュレータ |
| 6: HV 線 (HV+, HV-) | 17: 貫通管 | 28: 50 Ω 負荷 |
| 7: LV 負荷シミュレータ | 18: バルクヘッドコネクタ | 29: AC 線 |
| 8: インピーダンス整合回路網 | 19: モニタリングシステム | |
| 9: LV AN | 20: 計器 | |
| 10: HV AN | 21: 同軸ケーブル | |
| 11: LV 電源線 | 22: 光ファイバー | |

5. 試験の手順

試験は電界校正を行った後、そこで得られたパラメータを元に進行波電力を基準として用いた代替法にて実施します。

- ① 電界校正
 - ・ DUT、ワイヤハーネスおよび周辺装置がついていない状態にします。
 - ・ フィールドプローブはグラウンドプレーンの上 (150mm ± 10mm)、接地面の前端から (100mm ± 10mm) 離れた位置に配置します。
 - ・ 80MHz ~ 1000MHz の周波数では電界プローブの中心は、ワイヤハーネス位置の縦方向部分 (1500mm) の中心と一直線にします。
 - ・ 1000MHz 以上の周波数では、電界プローブの中心は DUT 位置と一直線にします。
- ② ワイヤハーネスおよび全ての周辺装置を接続して DUT を試験信号に曝させます。
 - ・ 電界校正時に取得した進行波電力をアンテナへフィードバックして妨害波を照射します。
 - ・ 試験は水平偏波および垂直偏波で、適切な周波数範囲で実施します。

6. 試験の報告書

報告書は、試験計画で要求のある設備、補助機器、試験範囲、DUT、周波数、電力レベルなど試験に関連する事項を記載してください。
※ 計画外の事項があれば併せて記載します。

注意: この試験の概要につきましては、ISO 11452-2 Ed.3 2019 を抜粋したものです。
詳細な測定方法などにつきましては、規格書の原文をご確認ください。

【 ISO 11452-3 Ed.3 2016 の試験概要 】

1. 一般的事項

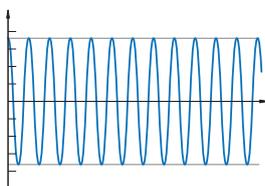
この規格は、ワイヤハーネスとの電界結合を有する車両システム、またはワイヤハーネスが僅かにしか曝されない車両システムが、強い電磁界曝された際の耐性を評価する試験です。

試験は TEM セルを用いて行い、TEM セル内にて発生する電磁界を試験品に曝させます。(0.01MHz ~ 200MHz)

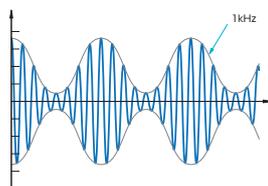
2. 試験レベル

【推奨される試験の厳しさレベル】

周波数範囲 (MHz)	Test level I (V/m)	Test level II	Test level III	Test level IV	Test level V
0.01 ~ 10	50	80	150	200	当事者間による
10 ~ 30	50	80	150	180	
30 ~ 80	60	100	120	180	
80 ~ 200	60	100	120	200	



a) CW 信号



b) AM 信号

○ 変調

a) 無変調正弦波 (CW)

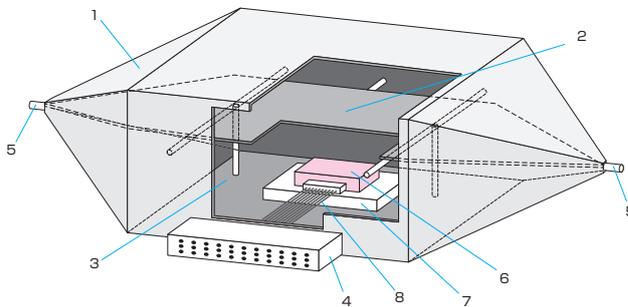
b) 80% (変調指数 $m=0.8$) で 1kHz の正弦波による振幅変調 (AM) 次の変調を行うことが望ましい。

変調方式	周波数範囲
CW	0.01MHz ~ 200MHz
AM	0.01MHz ~ 200MHz

3. 試験装置について

○ TEM セル

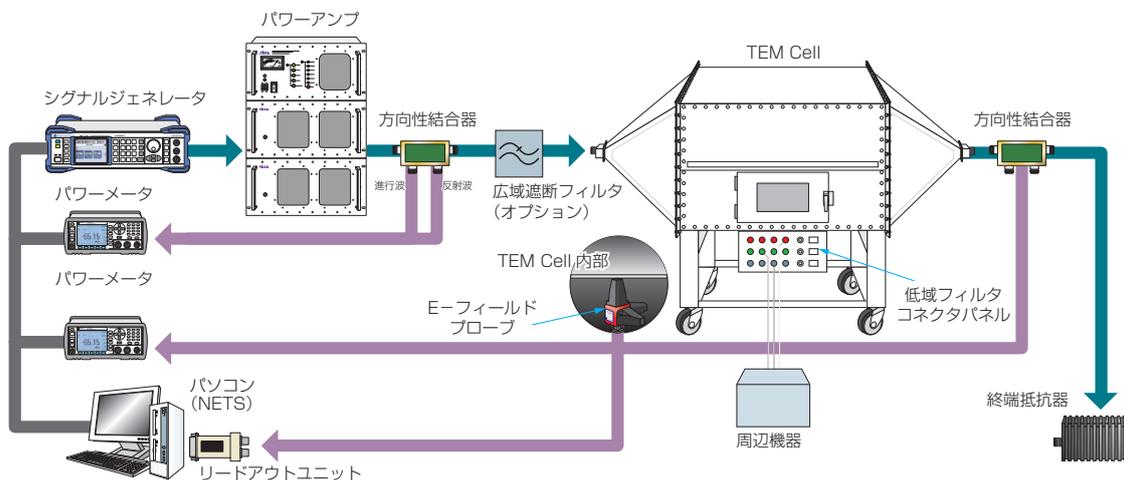
- ・50 Ωのインピーダンス特性を持つ、平角同軸線で、装置内に均一な TEM 電界を発生させ供試品に暴露させます。
- ・セルの大きさにより上限周波数が異なり、0.01 ~ 200MHz の TEM セルを使用するのが望ましい。(外側導体間距離 600mm)



- 1 : 外側導体
- 2 : 内部導体
- 3 : アクセドア
- 4 : コネクタパネル
- 5 : 同軸コネクタ
- 6 : 供試装置 (DUT)
- 7 : 低比誘電率サポート (比誘電率 $\epsilon_r \leq 1.4$)
- 8 : 入出力リード線

○ 試験装置

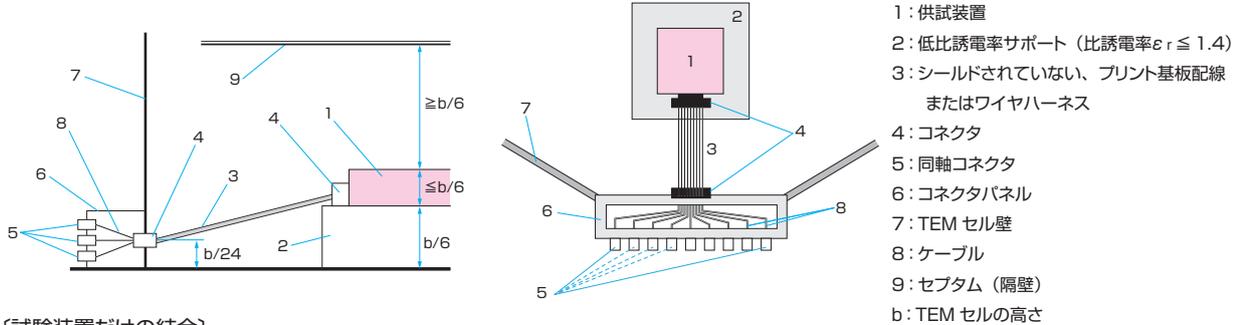
- ・TEM セル試験装置の一例を下記に記します。
- ・TEM セルの遮断周波数の 1.5 倍を超える周波数で最低 60dB の減衰を持つ広域遮断フィルタを取り付けるのが望ましい (例えば 200MHz 対応の TEM セルの場合は、300MHz を超える周波数特性を持つ最低 60dB の低域フィルタを取り付ける)
- ※ ISO 11452-1 で規定する特性のアンプを使用すれば低域フィルタの必要はありません。



4. 試験の配置

〔試験装置およびワイヤーハーネスへの結合〕

- ・低比誘電率サポートの高さは、TEMセルの高さの6分の1。(下図参照)
- ・供試装置をそのワイヤーハーネスまたはプリント配線基板は試験倍にTEMセル内の同じ位置に配置します。
- ・TEMセルにはコネクタパネルを取り付け、できるだけプリントリード線系統の近くに配置する。
- ・TEMセル壁面のコネクタからの電源線および信号線は供試装置をTEMセル許容動作範囲内に配置するのに適切な長さのプリント配線基板または、堅固な支持体に固定するためのリード線セットを用いて供試装置に直結する。(試験結果の再現性向上のため)



〔試験装置だけの結合〕

- ・低比誘電率サポートの高さは、TEMセルの高さの6分の1。(下図参照)
- ・供試装置はTEMセル内の同じ位置に配置します。(試験結果の再現性向上のため)
- ・電源線および信号線はTEMセルの床の固定し、TEMセル壁のコネクタから供試装置の間でシールドします。(導電性金属テープなどで、TEMセル床に配したケーブルをシールドします。)



※ 上記、2種類の試験において配線ハーネスの数が膨大でローパスフィルタを使用できない場合は、TEMセルを貫通させて試験を行うことができます。ただし、その場合は遮蔽されたシールドルームなどで試験を実施する必要があります。(詳細は省略。)

5. 試験の手順

試験は正味または出力電力を測定し、下記の式を使って電界を計算して試験を実施します。(実測法)

$$E = \frac{\sqrt{Z * P_{net}}}{d}$$

- E : 電界の値 [V/m (ボルト/メートル)]
 Z : TEMセルの特性インピーダンス (通常 50Ω)
 P_{net} : 正味の入力電力 ($P = P_{forward} - P_{reflected}$) (ワット)
 d : 床からTEMセル内のセプタムまでの距離 (上図の場合、TEMセル床と9(セプタム)の距離)

または、TEMセル内に電界強度計を設置して、均一電界領域内の電界を測定し、その電力値を元にした置換法の試験にて行います。

- ・プリント配線基板の導体は、負荷電流を処理するように設計します。
- ・試験中はTEMセルのドアは閉じておきます。
- ・未使用のコネクタはシールドし外部に電磁波が漏れないようにします。
- ・可能な場合は、実際の車両負荷やセンサ、アクチュエーターを使用します。
- ・供試装置はTEMセル床に接地してはなりません。(実際の車両構成をシミュレートする場合は除く)

6. 試験の報告書

報告書は、試験の計画で要求のある試験の設備、補助機器、試験の範囲、DUT、周波数、電力レベルなど試験に関連する事項を記載してください。

※計画外の事項があれば併せて記載します。

注意: この試験の概要につきましては、ISO 11452-3 Ed.3 2016を抜粋したものです。

詳細な測定方法などにつきましては、規格書の原文をご確認ください。

【 ISO 11452-4 Ed.5 2020 の試験概要 】

1. 一般的事項

この規格は、車両搭載電子機器に接続されたハーネスに強い磁界ノイズが誘起した際の耐性を評価する試験で、BCI 法（置換法と閉ループ法 1MHz～400MHz）と TWC 法（400MHz～3GHz）があります。

2. 試験レベル

〔BCI 法のレベル（例）〕

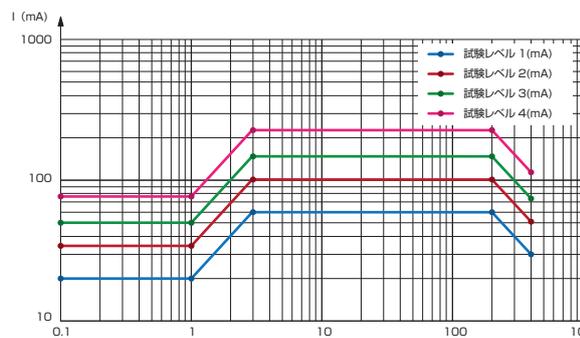
周波数帯域 (MHz)	レベル I (mA)	レベル II (mA)	レベル III (mA)	レベル IV (mA)	レベル V (mA)
1～3	$60 \times F/3$	$100 \times F/3$	$150 \times F/3$	$200 \times F/3$	当事者間による
3～200	60	100	150	200	
200～400	$60 \times 200/F$	$100 \times 200/F$	$150 \times 200/F$	$200 \times 200/F$	

※F=周波数 MHz

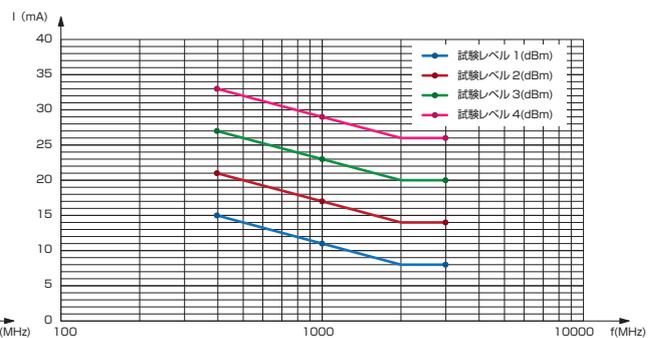
〔TWC 法のレベル（例）〕

周波数帯域 (MHz)	レベル I (dBm)	レベル II (dBm)	レベル III (dBm)	レベル IV (dBm)	レベル V (dBm)
400～1000	$15 - [10.05 \times \lg(f/400)]$	$21 - [10.05 \times \lg(f/400)]$	$27 - [10.05 \times \lg(f/400)]$	$33 - [10.05 \times \lg(f/400)]$	当事者間による
1000～2000	$11 - [9.97 \times \lg(f/1000)]$	$17 - [9.97 \times \lg(f/1000)]$	$23 - [9.97 \times \lg(f/1000)]$	$29 - [9.97 \times \lg(f/1000)]$	
2000～3000	8	14	20	26	

※ f = 周波数 MHz lg = 10 の対数



BCI 法のレベル（例）



TWC 法のレベル（例）

〔厳しさレベル（例）〕

厳しさレベル	カテゴリ 1	カテゴリ 2	カテゴリ 3	カテゴリ 4
L4	レベル IV	—	—	—
L3	レベル II	レベル IV	—	—
L2	レベル I	レベル III	レベル IV	—
L1	レベル I	レベル II	レベル III	レベル IV

※ BCI 試験と TWC 試験では異なる場合があります。

○ 変調：ISO11452-1 参照

3. 試験の配置（非シールド電力システム）

〔共通項目〕

○ グラウンドプレーン：

- ・厚さ 0.5mm min / 幅 1000mm min / 長さ 2000mm min（閉ループ法の場合、長さ 1500mm）、銅、真鍮または亜鉛メッキ鋼
- ・高さは床の上で 900mm ± 100 mm
- ・直流抵抗 2.5m Ω 以下でシールドルームに接合します。（300mm 以下。最長対幅の比は 7:1）

○ 電源及び疑似電源回路網（AN）：

- ・5 μH/50 Ω（遠隔で設置された DUT の場合、プラスとマイナスで 2 個の AN を使用。）
- ・AN の測定ポートは 50 Ω 終端。
- ・電源リターンはグラウンドプレーンと接続します。

- 供試品 (DUT) :
 - ・グラウンドプレーンから 50mm ± 5mm の絶縁物 ($\epsilon r \leq 1.4$) の上に配置します
 - ・グラウンドプレーンの先端から 100mm に配置します。
 - ・シールドルームなどの壁面から最小 500mm 離します。
- 試験ハーネス :
 - ・試験ハーネス長 : 全長 1700mm(+300/-0 mm) 以内 (閉ループ法の場合、1000mm(+200/-0mm))
 - ・試験ハーネス高さ : 50mm ± 5mm の絶縁物 ($\epsilon r \leq 1.4$) の上に配置します。
 - ・グラウンドプレーンの端から 200mm に平行に配置します。
 - ・他とは 100 mm 離す。
- 負荷シミュレータ :
 - ・グラウンドプレーンに直接配置するのが望ましいです。(負荷シミュレータが金属製の場合はグラウンドプレーン上に直接配置します。)

〔置換法〕

- インジェクションプローブ : DUT コネクタから 150mm ± 50mm または 450mm ± 50mm、750mm ± 50mm に設置します。
※電流測定プローブを使用する場合、DUT コネクタから 50mm ± 10mm に設置します。

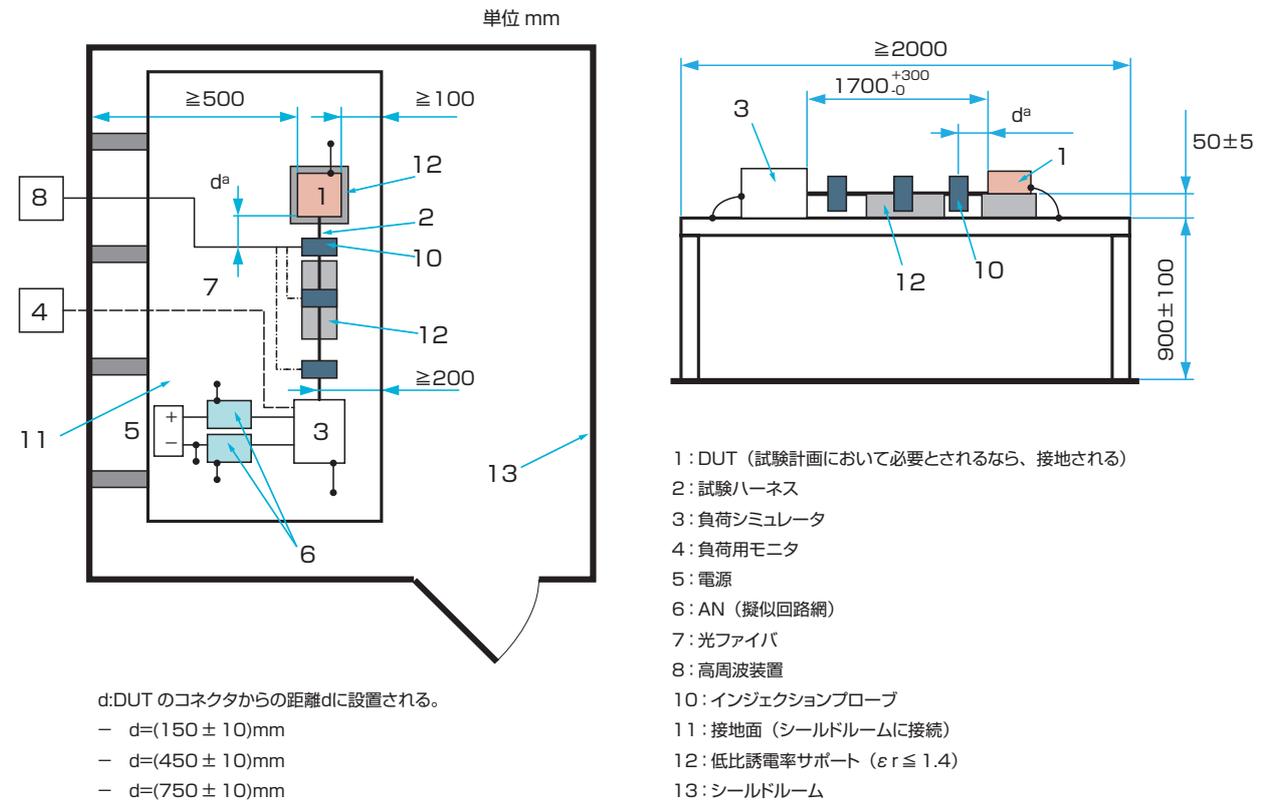
〔閉ループ法〕

- インジェクションプローブ : DUT コネクタから 900mm ± 10mm に設置します。
※電流測定プローブは、供試品 (DUT) コネクタから 50mm ± 10mm に設置します。

〔TWC 法〕

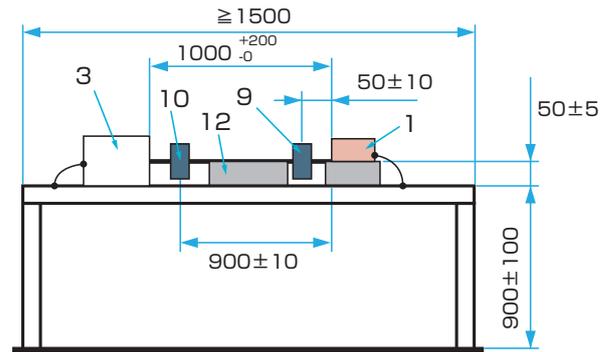
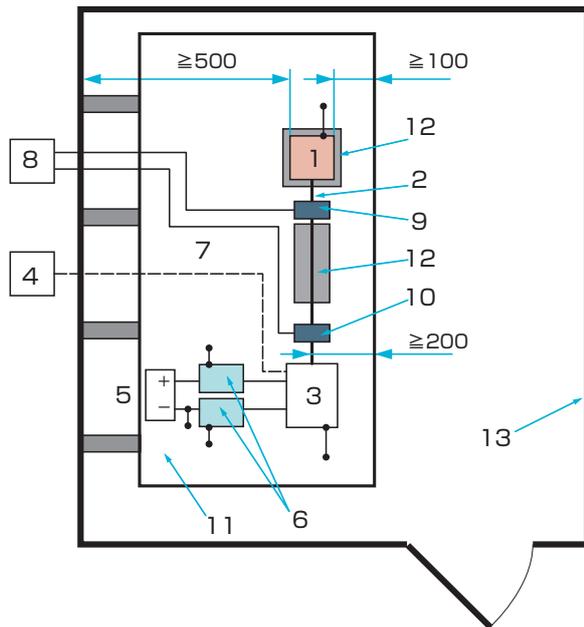
- 管状波結合器 : DUT から 100mm ± 10mm に設置かつグラウンドプレーンの先端から離します。
- 50 Ω 負荷抵抗器 : グラウンドプレーンから絶縁し、ワイヤーハーネスから 200mm 以上離して設置します。

〔BCI 法 - 置換法 -〕



【BCI法 - 閉ループ法 -】

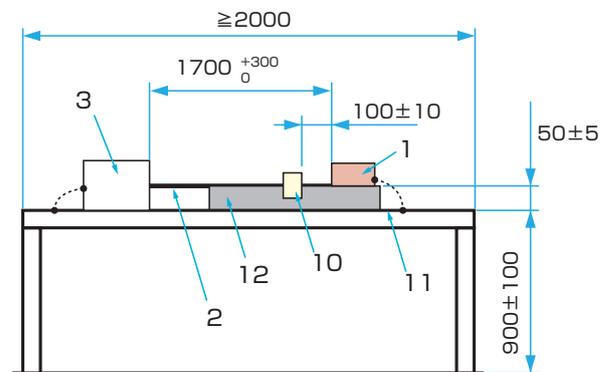
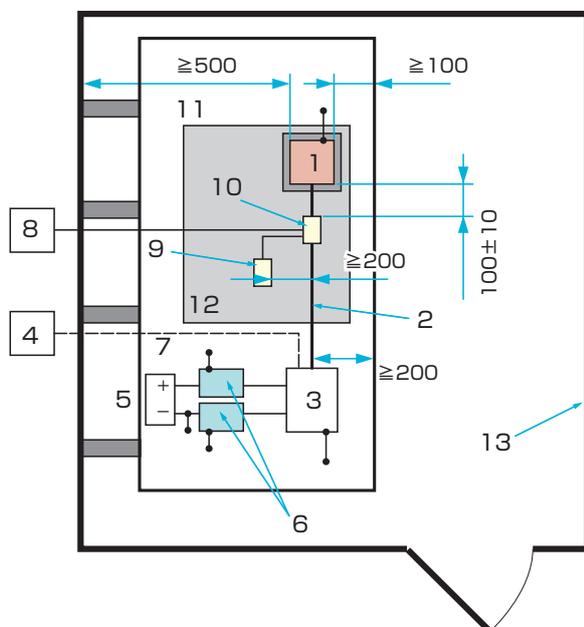
単位 mm



- 1: DUT (試験計画において必要とされるなら、接地される)
- 2: 試験ハーネス
- 3: 負荷シミュレータ
- 4: 負荷用モニタ
- 5: 電源
- 6: AN (擬似回路網)
- 7: 光ファイバ
- 8: 高周波装置
- 9: モニタプローブ
- 10: インジェクションプローブ
- 11: 接地面 (シールドルームに接続)
- 12: 低比誘電率サポート ($\epsilon_r \leq 1.4$)
- 13: シールドルーム

【TWC法】

単位 mm



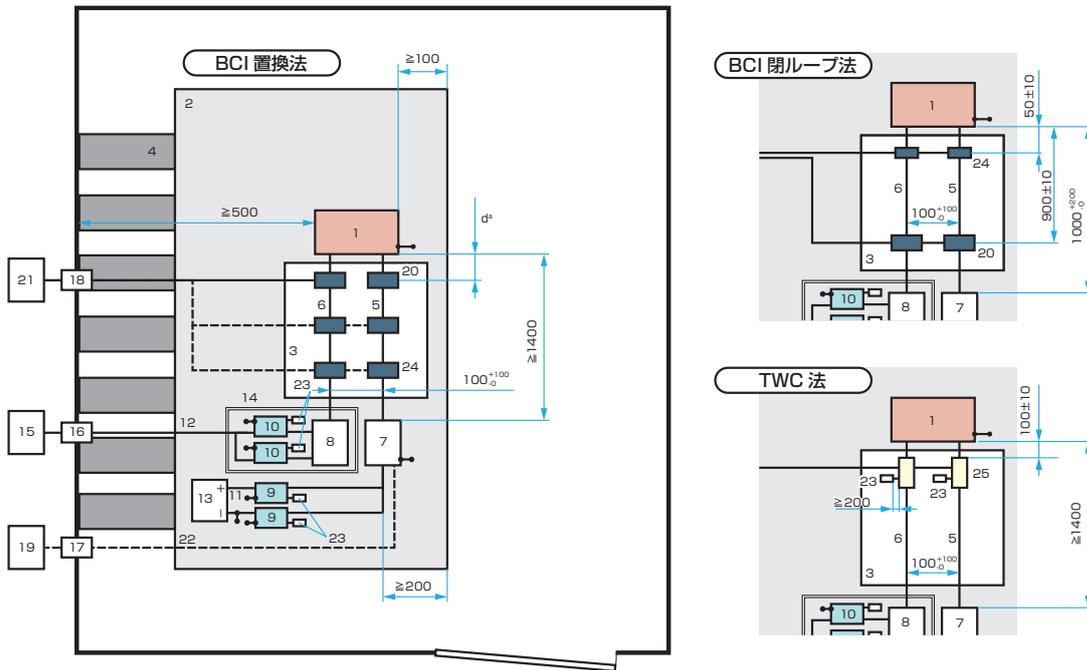
- 1: DUT (試験計画で規定されていれば、接地する)
- 2: ワイヤハーネス
- 3: 負荷シミュレータ
- 4: 負荷用モニタ
- 5: 電源
- 6: AN (擬似回路網)
- 7: 光ファイバ
- 8: 高周波装置
- 9: 50Ω終端
- 10: 管状波結合器
- 11: 接地面 (シールドルームに接続)
- 12: 低比誘電率サポート ($\epsilon_r \leq 1.4$)
- 13: シールドルーム

4. 試験の配置 (シールド電力システム)

- グラウンドプレーン：非シールドと同じなため省略
- 電源及び疑似電源回路網：
 - ・ $5 \mu\text{H}/50 \Omega$ AN (DC HV は HV-AN、AC 電源は AMN)
 - ・ 電源導線は HV-AN または AMN を介して電源 (DCHV 電源 / AC 電源) に接続
 - ・ HV-AN はグラウンドプレーン上にボンディングして直接取り付け。
 - ・ HV-AN、AMN の測定ポートは 50Ω 終端。
 - ・ 車両用 HV バッテリを使用することが望ましい
- 供試品 (DUT)：
 - ・ グラウンドプレーンの先端から 100mm に配置します。
 - ・ シールドルームなどの壁面から最小 500mm 離します。
 - ・ DUT は規定のインピーダンス、またはケースをグラウンドプレーン上にボンディングして直接取り付け。
 - ・ 充電器の場合、バッテリー充電器のケースはグラウンドプレーン上にボンディングして直接取り付け。
- 試験ハーネス：
 - ・ LV 線の場合 1700mm (+300/-0 mm) (閉ループ法の場合、1000mm(+200/-0mm))、HV 線の場合 1700mm (+300/-0 mm) (閉ループ法の場合、1000mm(+200/-0mm))
 - ・ ワイヤハーネスは DUT から最小 1400mm 離してできるだけ真っ直ぐにする (閉ループ法の場合、1000mm(+200/-0mm))
 - ・ ハーネス高さ：50mm \pm 5mm の絶縁物の上に配置します。
 - ・ LV 線はグラウンドプレーンの端から 100mm \pm 10mm の距離に置きます。
 - ・ HV 線は LV 線の試験ハーネスより 100mm +100/-0mm の距離に置きます。
 - ・ DUT と電動モータ間が三相線の場合は 1000 mm 未満。
- 負荷シミュレータ：
 - ・ グラウンドプレーンに直接配置するのが望ましいです。(負荷シミュレータが金属製の場合はグラウンドプレーン上に直接配置します。)

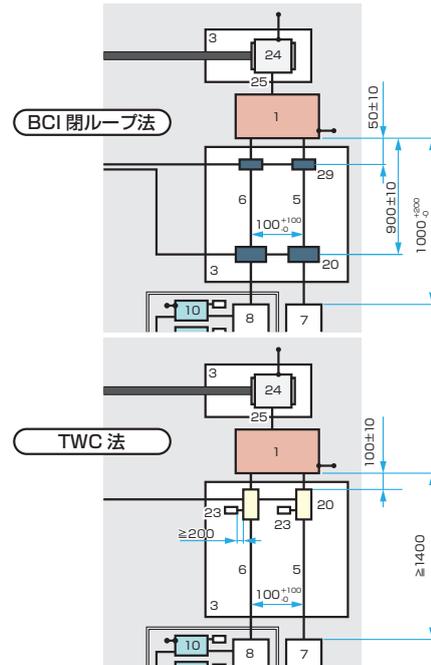
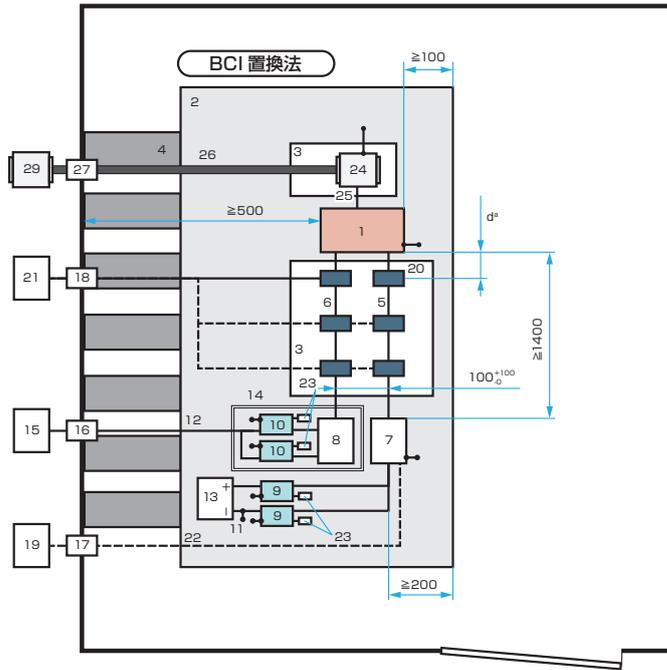
〔置換法〕〔閉ループ法〕〔TWC 法〕：非シールドの試験配置と同じのため省略

【シールドされた電源システムを備えた DUT のラインへの注入】



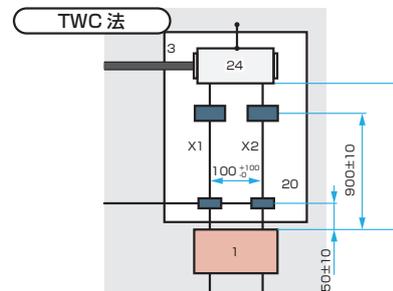
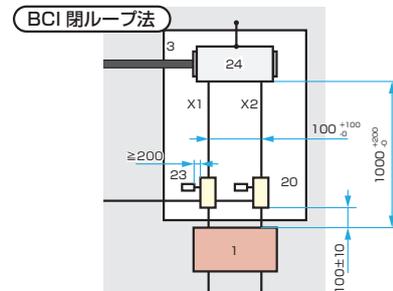
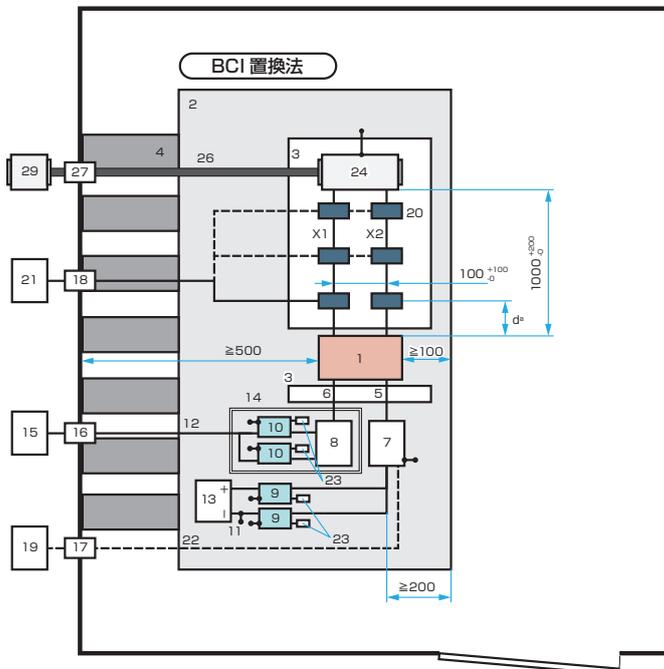
- | | | | |
|----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|
| 1: DUT | 7: 低電圧負荷シミュレータ | 13: 低電圧電源 12V/24V/48V | 19: モニタリングシステム |
| 2: グラウンドプレーン | 8: インピーダンス整合網 | 14: シールドボックス (必要な場合) | 20: インジェクションプローブ |
| 3: 低比誘電率サポート | 9: AN (疑似回路網) | 15: 高電圧電源 | 21: 高周波装置 |
| 4: グラウンドストラップ | 10: HV-AN (高電圧疑似回路網) | 16: 電源ラインフィルタ | 22: 光ファイバ |
| 5: 低電圧ハーネス | 11: 低電圧電源ライン | 17: 貫通管 | 23: 50Ω 終端抵抗 |
| 6: 高電圧ライン (HV+, HV-) | 12: 高電圧電源ライン | 18: 隔壁コネクタ | 24: モニタープローブ |
| | | | 25: 管状波結合器 |

【電気モーターをテストベンチに取り付けた、シールドされた電源システムを備えた DUT のラインへの注入】



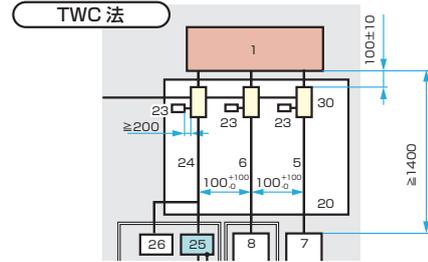
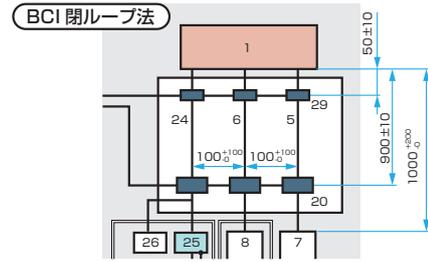
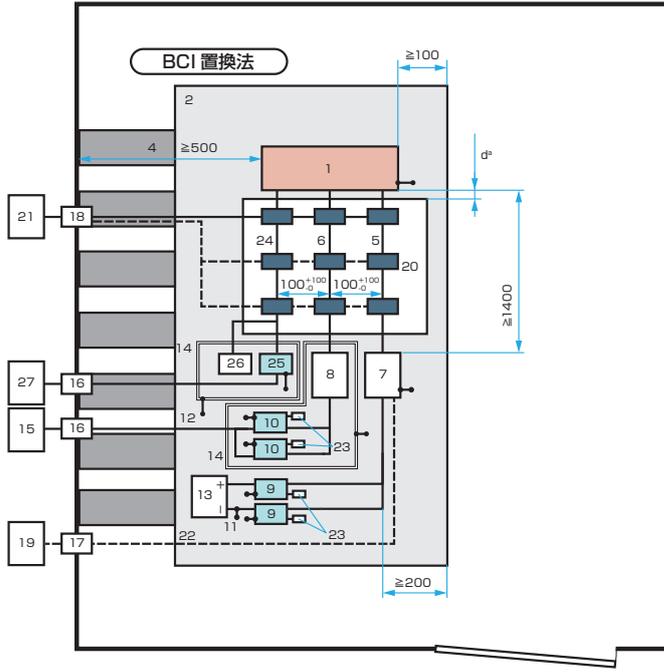
- | | | | | |
|---|-----------------------|----------------------|------------------|------------------|
| 1: DUT | 7: 低電圧負荷シミュレータ | 14: シールドボックス (必要な場合) | 20: インジェクションプローブ | 26: 機械的接続 |
| 2: グラウンドプレーン | 8: インピーダンス整合網 | 15: 高電圧電源 | 21: 高周波装置 | 27: フィルタ処理済み |
| 3: 低比誘電率サポート
($\epsilon_r \leq 1.4$) 厚さ 50mm | 9: AN (擬似回路網) | 16: 電源ラインフィルタ | 22: 光ファイバ | 機械的ベアリング |
| 4: グラウンドストラップ | 10: HV-AN (高電圧擬似回路網) | 17: 貫通管 | 23: 50 Ω 終端抵抗 | 28: ブレーキまたは推進モータ |
| 5: 低電圧ハーネス | 11: 低電圧電源ライン | 18: 隔壁コネクタ | 24: 電気モータ | 29: モニタープローブ |
| 6: 高電圧ライン (HV+, HV-) | 12: 高電圧電源ライン | 19: モニタリングシステム | 25: 三層モータ電源ライン | 30: 管状波結合器 |
| | 13: 低電圧電源 12V/24V/48V | | | |

【電気モーターをテストベンチに取り付けた、シールドされた電源システムを備えた DUT のモータラインへの注入】



- | | | | | |
|----------------------|-----------------------|------------------|----------------|-----------------|
| 1: DUT | 8: インピーダンス整合網 | 15: 高電圧電源 | 21: 高周波装置 | 27: フィルタ処理済み |
| 2: グラウンドプレーン | 9: AN (擬似回路網) | 16: 電源ラインフィルタ | 22: 光ファイバ | 機械的ベアリング |
| 3: 低比誘電率サポート | 10: HV-AN (高電圧擬似回路網) | 17: 貫通管 | 23: 50 Ω 終端抵抗 | 28: ブレーキ又は推進モータ |
| 4: グラウンドストラップ | 11: 低電圧電源ライン | 18: 隔壁コネクタ | 24: 電気モータ | 29: モニタープローブ |
| 5: 低電圧ハーネス | 12: 高電圧電源ライン | 19: モニタリングシステム | 25: 三層モータ電源ライン | 30: 管状波結合器 |
| 6: 高電圧ライン (HV+, HV-) | 13: 低電圧電源 12V/24V/48V | 20: インジェクションプローブ | 26: 機械的接続 | |
| 7: 低電圧負荷シミュレータ | 14: シールドボックス (必要な場合) | | | |

【シールドされた電源システムおよびインバーター／充電器デバイスを備えた DUT のラインへの注入】



- | | | | | |
|-----------------------|------------------------|-------------------|----------------------|---------------|
| 1 : DUT | 8 : インピーダンス整合網 | 15 : 高電圧電源 | 22 : 光ファイバ | 29 : モニタープローブ |
| 2 : グラウンドプレーン | 9 : AN (擬似回路網) | 16 : 電源ラインフィルタ | 23 : 50 Ω 終端抵抗 | 30 : 管状波結合器 |
| 3 : 低比誘電率サポート | 10 : HV-AN (高電圧擬似回路網) | 17 : 貫通管 | 24 : 交流ライン | |
| 4 : グラウンドストラップ | 11 : 低電圧電源ライン | 18 : 隔壁コネクタ | 25 : AMN (交流用擬似回路網) | |
| 5 : 低電圧ハーネス | 12 : 高電圧電源ライン | 19 : モニタリングシステム | 26 : 負荷シミュレーター (交流用) | |
| 6 : 高電圧ライン (HV+, HV-) | 13 : 低電圧電源 12V/24V/48V | 20 : インジェクションプローブ | 27 : 交流電源 | |
| 7 : 低電圧負荷シミュレーター | 14 : シールドボックス (必要な場合) | 21 : 高周波装置 | | |

5. 試験の手順

各試験法は、電流の校正を行った後に DUT の試験を実施します。

〔BCI-置換法-〕

- ① 非シールド／シールドの其々に対応した試験配置図を参考に DUT、ハーネスおよびその他の付属品を設置します。
 - ② 試験の計画に沿ったレベルの信号を DUT に注入します。
 - ③ 複数のハーネスがある場合は、そのハーネスごとに試験します。
- ※電流測定プローブの使用は任意です。

〔BCI-閉ループ法-〕

- ① 非シールド／シールドの其々に対応した試験配置図を参考に DUT、ハーネスおよびその他の付属品を設置します。
- ② 各周波数で用いられる手順は下記のとおりです。
 次の条件のいずれかに達するまで、電流インジェクションプローブに注入される電力を増幅させ、注入した電流値を測定します。
 - a. 測定した電流が、試験レベルに達する。
 - b. 試験レベル校正時の進行波電力が4倍に達する。

〔TWC 法〕

- ① 非シールド／シールドの其々に対応した試験配置図を参考に DUT、ハーネスおよびその他の付属品を設置します。
- ② 試験の計画に沿ったレベルの信号を DUT に注入します。

6. 試験の報告書

報告書は、試験の計画で要求のある設備、補助機器、試験範囲、DUT、周波数、電力レベルなど試験に関連する事項を記載してください。
 ※計画外の事項があれば併せて記載します。

注意：この試験の概要につきましては、ISO 11452-4 Ed.5 2020 を抜粋したものです。
 詳細な測定方法などにつきましては、規格書の原文をご確認ください。

【 ISO 11452-5 Ed.2 2002 の試験概要 】

※ストリップラインは 50 Ω および 90 Ω の規定がありますが、90 Ω ストリップラインは省略しています。

1. 一般的事項

この規格は、供試装置がワイヤハーネスからの強い電磁界に曝された際の耐性を評価する試験です。
 この試験はストリップライン高の三分の一以下（50mm）の最大直径をもつ機器ハーネスだけに限定されます。
 本試験では、ストリップラインより周囲に電磁界が輻射されるため、電波暗室またはシールドルーム内にて試験を実施する必要があります。
 また、ストリップラインの仕様により有効周波数範囲は 0.01MHz ~ 400MHz となります。

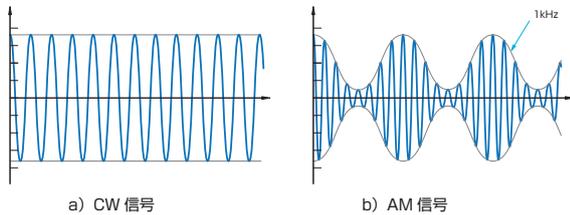
2. 試験レベル

推奨される試験の厳しさレベル

レベル	電界 (V/m)
I	50
II	100
III	150
IV	200
V	当事者間による

〔周波数帯域〕

周波数帯域	周波数範囲 (MHz)
F1	0.01 ~ 10
F2	10 ~ 30
F3	30 ~ 80
F4	80 ~ 200
F5	200 ~ 400

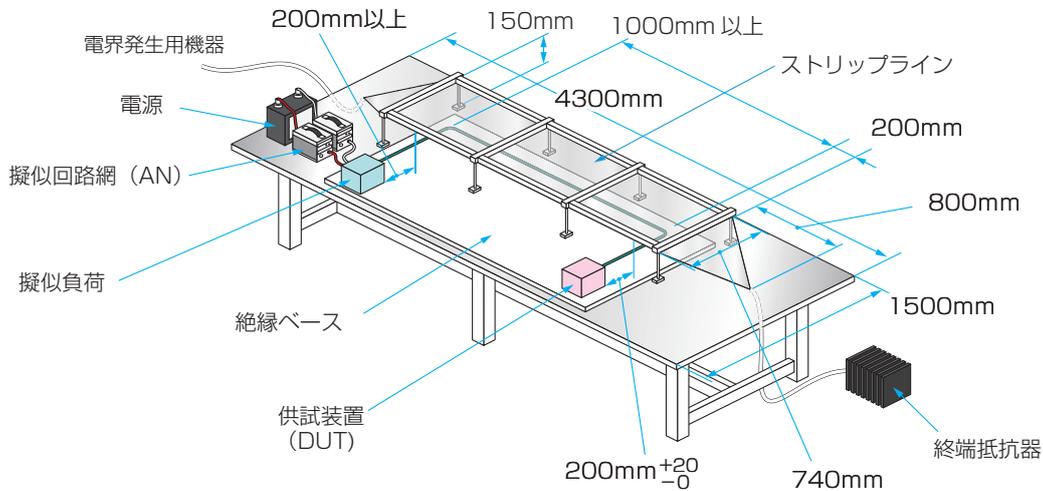


- 変調
 - a) 無変調正弦波 (CW)
 - b) 80% (変調指数 $m=0.8$) で 1kHz の正弦波による振幅変調 (AM)
- 次の変調を行うことが望ましい。

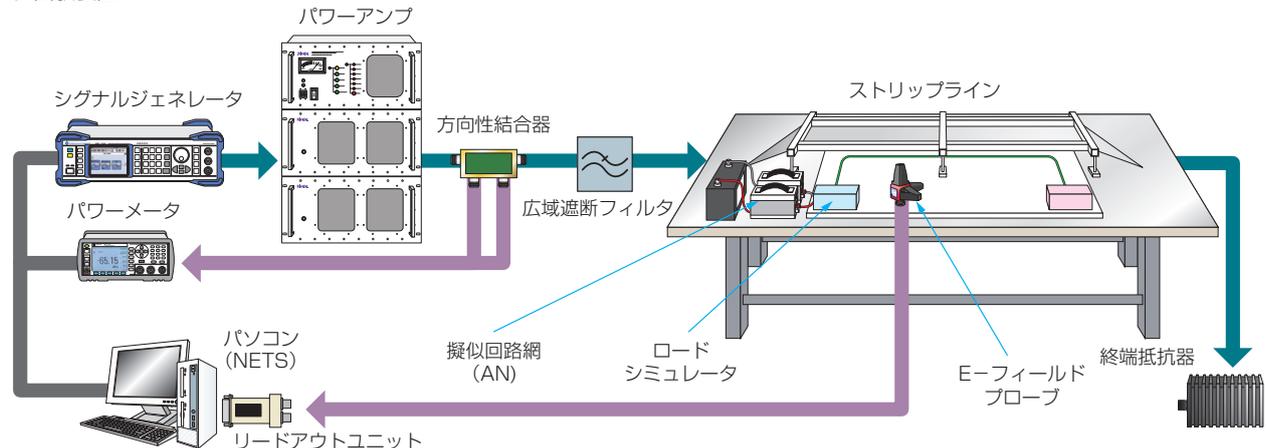
変調方式	周波数範囲
CW	0.01MHz ~ 200MHz
AM	0.01MHz ~ 200MHz

3. 試験装置

○ ストリップライン



○ 試験装置



4. 試験の配置

- ・ 供試装置とストリップラインの端部が平行になるように置きます。
- ・ ストリップライン端部と供試装置の距離は 200 +20/-0mm とします。
- ・ 周辺装置とストリップライン端部との距離は 200mm 以上とします。
- ・ TEM セルの遮断周波数の 1.5 倍を超える周波数で最低 60dB の減衰を持つ広域遮断フィルタを取り付ける
(例えば 200MHz 対応の TEM セルの場合は、300MHz を超える周波数特性を持つ最低 60dB の低域フィルタを取り付ける)
- ・ 試験装置の配線ハーネスを、ストリップラインの中心にある非導電性の取付具の主軸に対して平行に置き、グラウンド面から 50mm のところで固定する。
- ・ ストリップライン導体下のハーネスの縦断面の長さは少なくとも 1000mm とする。
- ・ 供試装置または周辺装置へのハーネス分岐は、ストリップライン軸と直交し、グラウンド面に対して平行になるように置く。
- ・ ハーネス内のすべてのワイヤは、車両の用途にあわせて終端するか開放にする。
- ・ 可能なら実際の負荷およびアクチュエーターを使用する。
- ・ 供試装置および周辺装置は車両内での電気的な取付と同じようにグラウンドプレーンに接続する。
(車両に直接接続する機器は低インピーダンスでグラウンドプレーンに接続。直接接続する意図が無い機器は絶縁支持体の上に置く)
- ・ 絶縁支持体は、配線ハーネスが取り付けられている絶縁支持体と同じ高さにする。
- ・ 供試装置への電力は 5 μ H / 50 Ω の疑似回路網 (AN) を介して供給する。
- ・ 供試装置を遠く離して接地する場合 (戻り線が 200mm 以上) は、電力戻り線用の疑似回路網も使用する (計2台)
- ・ 電源および周辺装置は、シールドルームの外側に配置します。シールドルーム内で使用する場合はシールドおよびフィルタをして配置します。(受動専用の装置 (抵抗器、コンデンサ、コイル、フェライト、機械式のスイッチなど)、および放射電磁界に耐性のある装置は、シールドルーム内でシールドをしなくても使用できます。)

〔配線ハーネスだけの暴露〕

- ・ 試験装置の配線ハーネスを、ストリップラインのアクティブ導体下に対して平行に 1m 以上ひき、グラウンド面から 50mm のところで固定する。
- ・ 供試装置はストリップライン端部より外側に 200 +20/-0mm の距離に置きます。

〔試験装置だけの暴露〕

- ・ 試験装置を、ストリップラインのアクティブ導体下に置きます。ただし、試験装置の高さはストリップラインのアクティブ導体下の高さの三分の一以下。
- ・ 配線ハーネスへの誘導を最小限にするため、ストリップライン主軸に対して 90° の角度で出るようにします。

〔試験装置および配線ハーネスへの暴露〕

- ・ 試験装置の配線ハーネスおよび試験装置、ストリップラインのアクティブ導体下に置きます。ただし、試験装置の高さはストリップラインのアクティブ導体下の高さの三分の一以下。
- ・ 試験装置の配線ハーネスを、ストリップラインのアクティブ導体下に対して平行に 1m 以上ひきます。

5. 試験の手順

試験は正味または出力電力を測定し、下記の式を使って電界を計算して試験を実施します。(実測法)

$$|E| = \frac{\sqrt{Z \times P}}{h}$$

- |E| : 電界の値 [V/m (ボルト/メートル)]
- Z : TEM セルの特性インピーダンス (通常 50 Ω)
- P : 正味の入力電力 (P=P_{forward} - P_{reflected}) (ワット)
- h : ストリップラインの活性導体とグラウンドプレーン間の高さ (メートル)

または、ストリップライン内に電界強度計を設置して電界を測定し、その電力値を元にした置換法の試験にて行います。

- ・ 試験中は電磁波に暴露しないよう、シールドルームまたは電波暗室のドアは閉じ、人体に暴露されないようにします。
- ・ 試験品は少なくとも待機状態およびすべてのアクチュエーターを励起できる状態にします。

6. 試験の報告書

報告書は、試験の計画で要求のある試験の設備、補助機器、試験の範囲、DUT、周波数、電力レベルなど試験に関連する事項を記載してください。

※計画外の事項があれば併せて記載します。

注意：この試験の概要につきましては、ISO 11452-5 Ed.2 2002 を抜粋したものです。

詳細な測定方法などにつきましては、規格書の原文をご確認ください。

【 ISO 11452-8 Ed.2 2015 の試験概要 】

1. 一般的事項

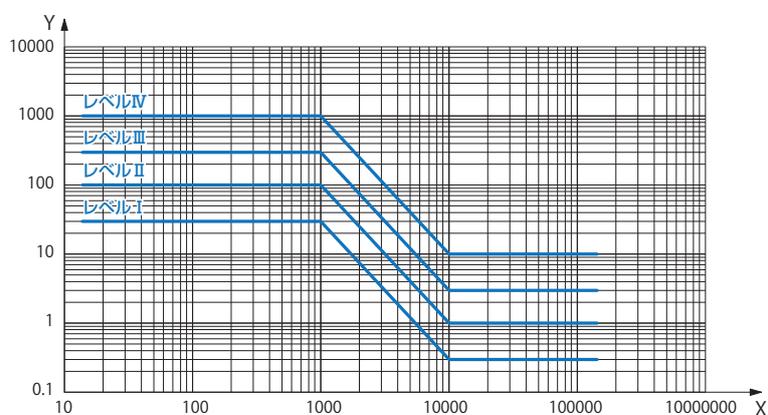
この規格は、車両システムの磁界イミュニティ試験についての規格です。車両搭載電子機器が磁界ノイズに曝された際の耐性を評価する試験です。磁界発生源が車両内部の機器等で発生する内部磁界と、送電線・発電所及び発電機といった外部磁界を想定した評価があります。

2. 試験レベル

■ 周波数：DC および 15Hz ~ 150kHz

■ 試験レベル（内部磁界）

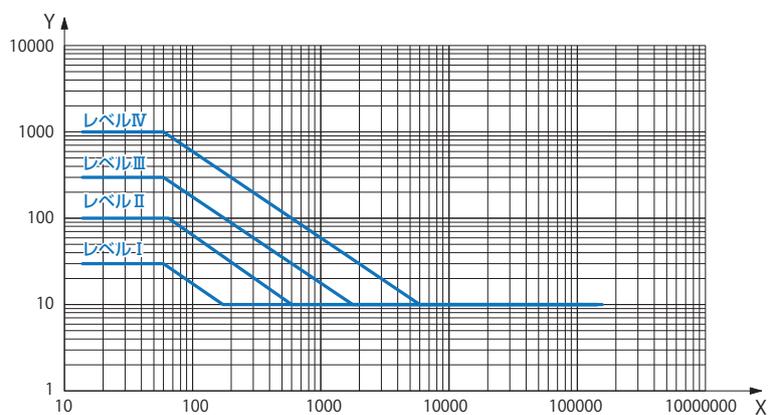
周波数帯域 Hz	試験レベル I A/m	試験レベル II A/m	試験レベル III A/m	試験レベル IV A/m	試験レベル V A/m
0(DC)	90	300	900	3000	当事者間で合意した値
15 ~ 1000	30	100	300	1000	
1000 ~ 10000	$30/(f/1000)^2$	$100/(f/1000)^2$	$300/(f/1000)^2$	$1000/(f/1000)^2$	
10000 ~ 150000	0.3	1	3	10	



試験の厳しさレベルと周波数帯域（内部磁界）

■ 試験レベル（外部磁界）

周波数帯域 Hz	試験レベル I A/m	試験レベル II A/m	試験レベル III A/m	試験レベル IV A/m	試験レベル V A/m
0(DC)	90	300	900	3000	当事者間で合意した値
15 ~ 60	30	100	300	1000	
60 ~ 180	$30/(f/60)$	$100/(f/60)$	$300/(f/60)$	$1000/(f/60)$	
180 ~ 600	10				
600 ~ 1800					
1800 ~ 6000					
6000 ~ 150000	10	10	10	10	



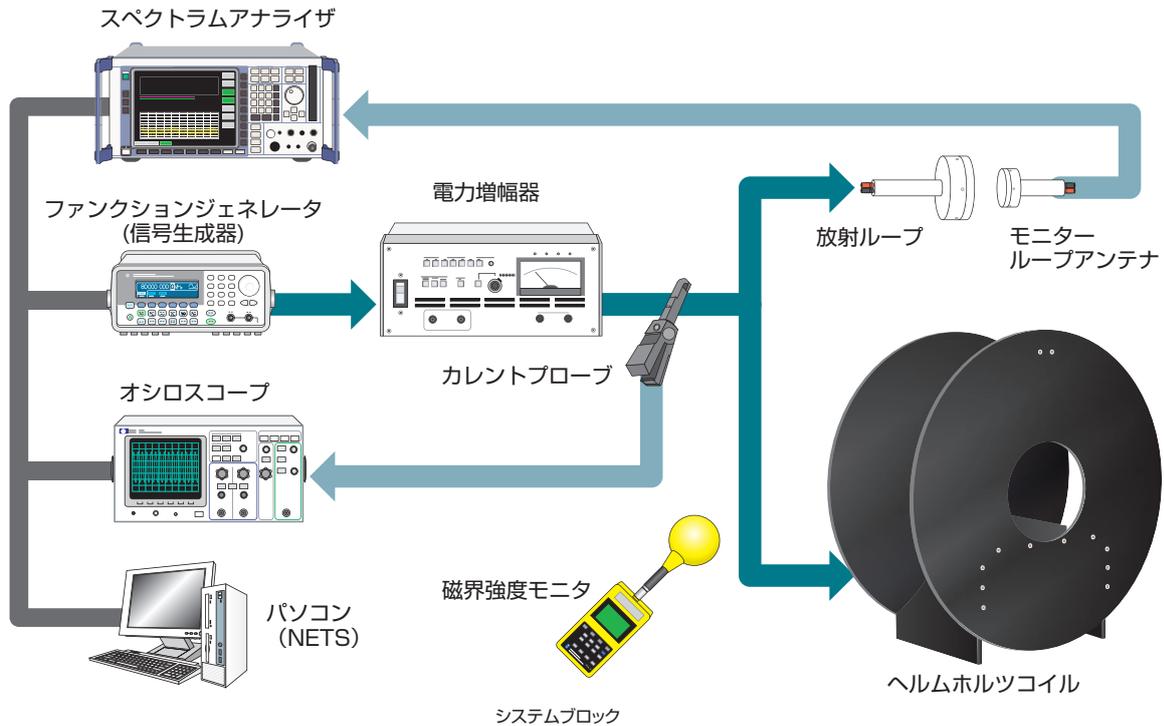
試験の厳しさレベルと周波数帯域（外部磁界）

3. 試験装置の記述及び仕様

■ 試験装置について

試験装置は次のもので構成する必要があります。

- ・放射ループ又はヘルムホルツコイル
- ・磁界強度モニタ
- ・ファンクションジェネレータ（信号生成器）
- ・電力増幅器（誘導性負荷の駆動が可能なもの）
- ・スペクトラムアナライザ, マルチメータ等の電圧モニター
- ・カレントプローブ等の電流モニター
- ・擬似電源回路網



■ 試験装置の詳細について

仕様が規格で謳われている放射ループ又はヘルムホルツコイル／磁界強度モニタおよび電圧モニターの注意点について記載します。

○放射ループについて

ISO11452-8 で推奨している MIL STD 461F 規格での放射ループは、次のような特性をもっています。

- ・直径：120 mm
- ・巻き数：20 ターン
- ・電線：約 2.0 mm

放射ループによる磁界強度の算出方法は、ループ面から 50mm 離れたところの磁界は式 (1) によって求めることができます。

$$H = \frac{nIa^2}{2\sqrt{(a^2+z^2)^3}} \dots \dots \dots \text{式 (1)}$$

(a: 60mm z: 50mm 巻き数 n: 20)

式 (1) を展開すると式 (2) となります。

$$H = 75.6I \dots \dots \dots \text{式 (2)}$$

式 (2) をもとに、行いたい試験レベルから電力増幅器の選定を行います。

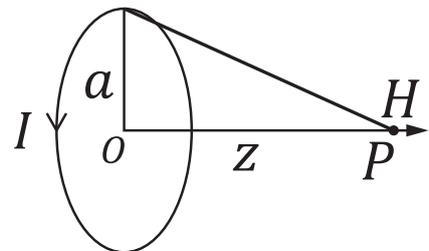
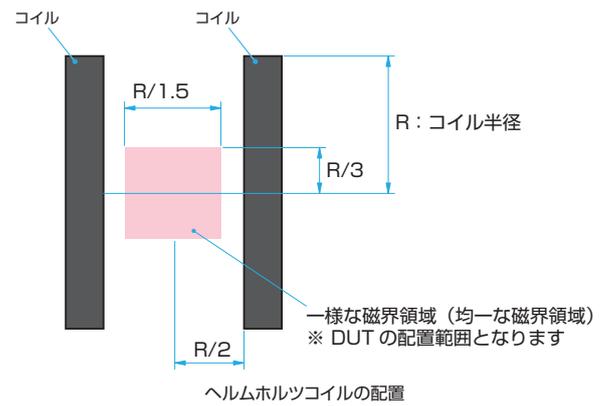


図4 放射ループ

○ヘルムホルツコイルについて
 ISO11452-8では放射ループの代替法としてヘルムホルツコイルの使用が可能です。
 ヘルムホルツコイルは同心円の2つのコイルで構成されており、より広い範囲において均一な磁場、磁界を発生させることができます。
 コイルとDUT（供試品）との配置関係は規格では図2のように推奨しています。



○放射ループとヘルムホルツコイルの特徴について
 ISO11452-8では放射ループの代替法としてヘルムホルツコイルの使用が可能です。
 ヘルムホルツコイルは同心円の2つのコイルで構成されており、より広い範囲において均一な磁場、磁界を発生させることができます。
 コイルとDUTとの配置関係は規格では図2のように推奨しています。

	メリット	デメリット
放射ループ	コイルが低インピーダンスの為、電源の小型化が可能 システム構築内容がDUTのサイズに影響されない。	コイルが低インピーダンスの為試験時間が長くなる。 (DUTの各面を100mm*100mm以下に区切り、各々の区域にて試験を実施)
ヘルムホルツコイル	均一空間が広い為、試験時間の短縮が可能。 (配置方向はX、Y又はZ軸の3方向にて試験を実施)	コイルのインピーダンスが高い為、電源が大型化する。 コイルが大きくコイルの巻線間のC容量により、試験周波数帯で共振点が生じる可能性がある。

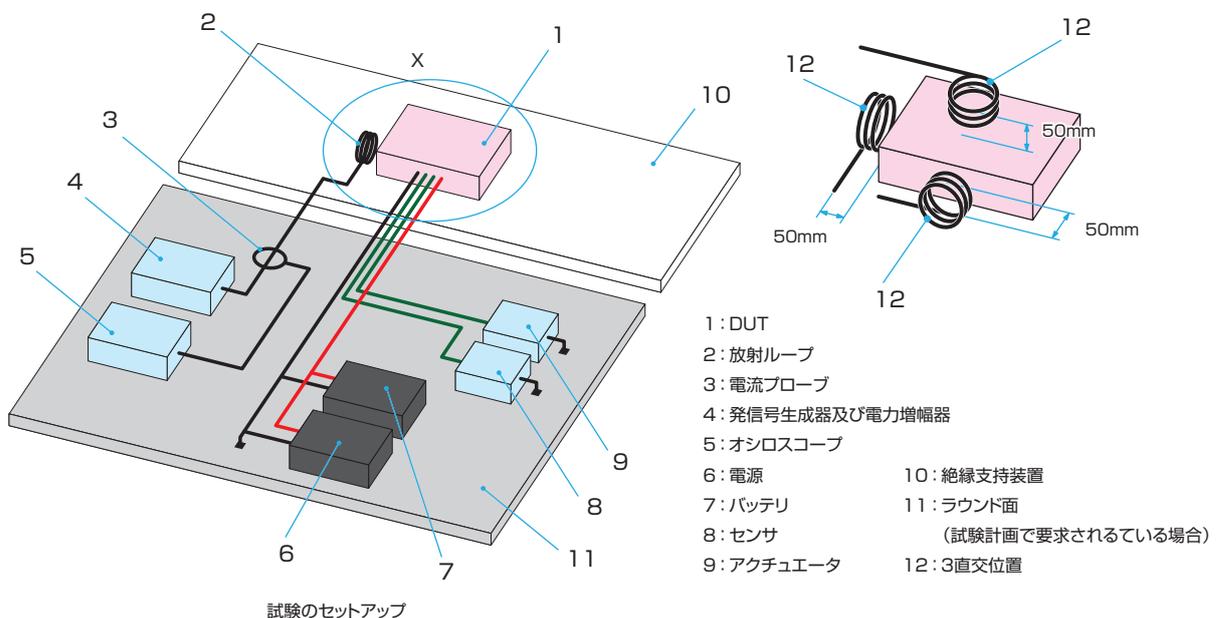
○磁界強度モニタについて
 放射ループを用いて試験をする際は、下記のように仕様が規格で決められています。

- ・直径：40mm
- ・巻き数：51ターン
- ・電線：約0.071mm
- ・遮蔽：電界

磁界強度モニタは、周波数範囲が15Hz～150kHzで最低1000A/mの磁界強度を測定できるものが望ましいとされており、またDCに関しては、ガウスメータなどのホールセンサに基づいた計測器を使用します。

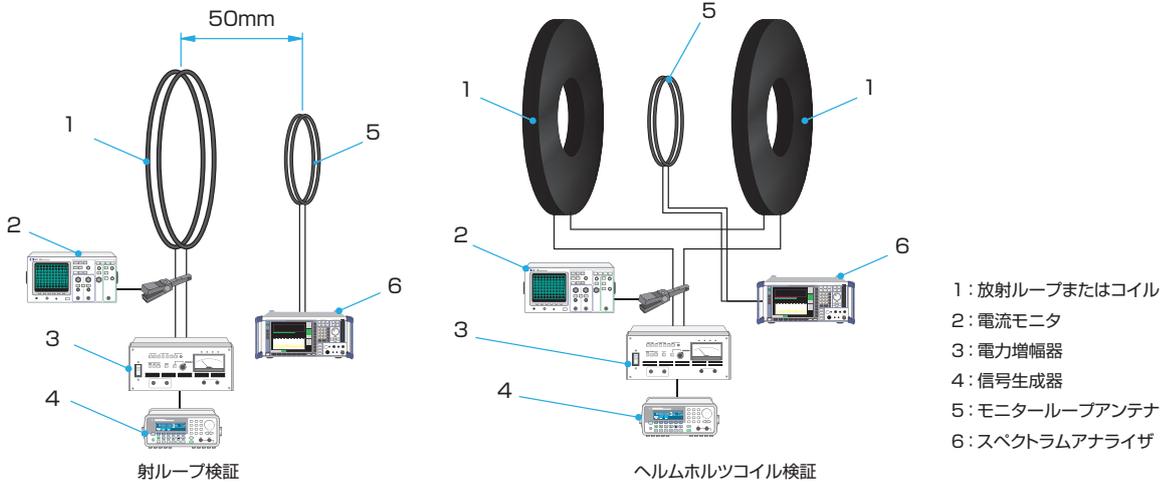
○電圧モニタ器について
 磁界強度モニタにより得られた出力値を測定する為に使用します。測定には一般的にマルチメータやスペクトラムアナライザを使用します。ただし、本規格は試験レベルのダイナミックレンジが広く、マルチメータなどリア系の測定器を使用する際は一般的に周波数やモニタ値により測定精度が異なる為、注意が必要です。またスペクトラムアナライザの多くは測定周波数の下限が9kHzからとなる場合が多い為、置換法で行う場合は10Hzからモニタ可能なスペクトラムアナライザを使用する必要があります。

4. 試験のセットアップ



5. 試験手順

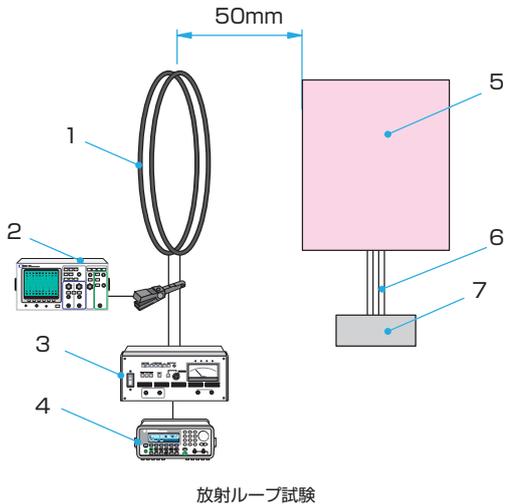
目的の磁界を発生させるために必要となるコイル電流値を決定する必要があります。
放射ループ試験法では式 (2) から計算値を用いて実測法により電流値を決定します。
ただし、DC 及び 1Point (例：10kHz) の周波数で事前に [放射ループ検証] の通りコイル電流値を検証する必要があります。
ヘルムホルツコイル法では置換法によりコイル電流値を決定します。
その為、事前に [ヘルムホルツ検証] の通り各試験周波数でコイル電流値を検証する必要があります。



■放射ループ法

1. 放射ループを DUT 上のテストポイントから 50mm 離して配置します。
2. 実測法により目的の磁界レベルを照射します。(最低 1 秒間照射)
3. 周波数を変更し、試験の最高周波数まで手順 2 を繰り返します。
4. DUT をモニタして、誤動作が発生した場合はその磁界強度と周波数を記録します。
5. 上記のステップを、DUT の別のテストポイントについても繰り返し行います。

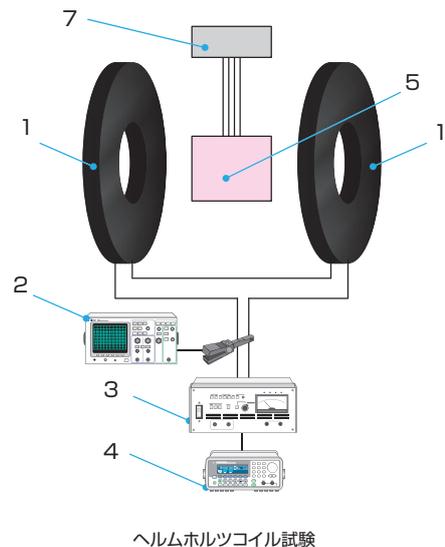
- 1: 放射ループ
2: 電流モニタ
3: 電力増幅器
4: 信号生成器
5: DUT
6: 配線用ハーネス
7: 周辺機器



■ヘルムホルツコイル法

1. ヘルムホルツコイルの様な磁界領域 (均一な磁界領域) に DUT を配置します。
2. 置換法により目的の磁界レベルを照射します。(最低 1 秒間照射)
3. 周波数を変更し、試験の最高周波数まで手順 2 を繰り返します。
4. DUT をモニタして、誤動作が発生した場合は、磁界強度と周波数を記録します。
5. 上記のステップを、別の配置方向 (X、Y 又は Z 軸) についても繰り返し行います。

- 1: コイル
2: 電流モニタ
3: 電力増幅器
4: 信号生成器
5: DUT
6: 配線用ハーネス
7: 周辺機器



注意：この試験の概要につきましては、ISO 11452-8 Ed.2 2015 を抜粋したものです。
詳細な測定方法などにつきましては、規格書の原文をご確認ください。

【 ISO 11452-9 Ed.2 2021 の試験概要 】

※広帯域スリーブアンテナを使用した場合のみ記載しています。

1. 一般的事項

この規格は自動車に搭載される電子機器と接続されたハーネスのポータブル無線機からの強い電磁界に対する耐性を評価する試験です。試験は電波暗室内にて行い、ポータブル無線機を模擬したアンテナにて電磁界を照射（142MHz～6GHz）させます。

2. 周波数帯域と試験レベル

次表の周波数帯域と電力、変調、アンテナ特性を考慮して試験レベルを規定します。これは代表的な例で周波数は地域により異なり、電力は大きくなることもあります。

ポータブル無線機の代表的な特性（例）

送信機の指示	周波数帯域 MHz	電力 W	標準の送信機変調	試験変調
10 m	26～30	10 (RMS)	Telegraphy, AM, SSB, FM	AM 1kHz, 80%
2m	144～174	10 (RMS)	Telegraphy, AM, SSB, FM	CW
1.25m	220～225	10 (RMS)	Telegraphy, AM, SSB, FM	CW
70cm	420～470	10 (RMS)	Telegraphy, AM, SSB, FM	CW
LAND MOBILE	146～174 216～223	10 (ピーク)	FM, FSK	CW
TETRA/ TETRAPOL	380～390 410～420 450～460 806～825 870～876	10 (ピーク)	$\pi/4$ DQPSK	PM 18Hz 50% デューティサイクル
CDMA 800 (cellular)	815～849	0.25 (ピーク)	GMSK	PM 1600Hz 50% デューティサイクル
GSM850 (mobile) GSM900 (mobile)	824～849 876～915	2 (ピーク)	GMSK	PM 217Hz 50% デューティサイクル
GSM 1800/1900 (mobile phone)	1710～1785 1850～1910	1 (ピーク)	GMSK	PM 217Hz 50% デューティサイクル
CDMA 1900 (PCS)	1850～1910	0.25 (ピーク)	QPSK	PM 1600Hz 50% デューティサイクル
UMTS (mobile phone WCDMA & TD/CDMA)	824～849 880～915 1850～1980 1885～2025 1920～1980	0.25 (ピーク)	HPSK QAM	PM 1600Hz 50% デューティサイクル
Bluetooth/WLAN (data) WIFI	2400～2500	0.5 (ピーク)	QPSK	PM 1600Hz 50% デューティサイクル または 20MHz ブロードバンドノイズ (AWG)
LTE (mobile phone OFDMA & SC-FDMA)	452～458 698～803 / 807 ～862 / 880～915 / 1427～1463 1625～1661 / 1710～1785 1850～2025 / 2300～2400 2496～2690 3400～3800	0.25 (ピーク)	OFDM - PSK	PM 1000Hz 10% デューティサイクル または 20MHz ブロードバンドノイズ (AWG)
IEEE 802.11a	5150～5350 5725～5850	0.5 (ピーク)	QPSK	PM 1600Hz 50% デューティサイクル または 20MHz ブロードバンドノイズ (AWG)

略語

変調/アクセスシステム	内容	使用例
AM	振幅変調	放送
BT	ブルートゥース	—
CDMA	符号分割多元接続	—
DQPSK	差動四相位相偏移変調	イリジウム衛星電話
FDMA	周波数分割多元接続	—
FM	周波数変調	放送
GMSK	ガウス最少偏移変調	GSM
GSM 850	携帯電話のグローバル・システム 850MHz 帯	—
GSM 900	携帯電話のグローバル・システム 900MHz 帯	—
GSM 1800/1900	携帯電話のグローバル・システム 1800/1900MHz 帯	—
HPSK	—	—
IEEE 802.11a	IEEE により策定された、一連の無線 LAN 関連規格	WLAN
IMT-2000	国際移動体通信 2000	UMTS
LTE	ロング・ターム・エボリューション	—
OFDM	直交周波数分割多重方式	LTE
OFDMA	直交周波数分割多元接続	—
PCS	パーソナル通信サービス	—

PM	パルス変調	GSM
PSK	位相偏移変調	CDMA
QAM	直角位相振幅変調	WCDMA
QPSK	四位相偏移変調	UMTS, W-LAN
SC-FDMA	Single carrier-frequency division multiple access	
SSB	単側波帯変調	軍、アマチュア無線
Telegraphy	モールス電信暗号化作業	-
TDMA	時分割多元接続	Tetra 25, DECT, GSM
TETRA	公共保安用デジタル移動通信システム	-
TETRAPOL	警察用デジタル移動通信システム	-
UMTS	ユニバーサル移動体通信システム	
WCDMA	Wideband code division multiplex access	
WIFI	Wireless fidelity	
WLAN	無線 LAN	-
10m/2m/70cm	アマチュア無線の波長帯域	-

3. 試験の配置

○ グラウンドプレーン

- ・厚さ 0.5mm 最小 / 幅最小 1000mm / 長さ最小 2000mm、銅、真鍮または亜鉛メッキ銅
- ・高さは床から 900 ± 100mm (テストベンチの上)
- ・直流抵抗 2.5mΩ 以下で暗室内シールドに接続します。接続する配線の間隔は 300mm 以下

○ LV 電源及び擬似電源回路網

- ・各 DUT 電源リード線は、5 μH/50 Ω の擬似電源回路網 (AN) を通して供給します。
- ・電源リターン長が 200mm を超えるリモート接地の DUT に対しては、正極用に 1 台、電源リターン用に 1 台を使用します。
- ・電源リターン長が 200mm 以下のローカル接地の DUT に対しては、正極用に 1 台を使用します。
- ・電源のリターンは電源と擬似電源回路網間のグラウンドプレーンに接続します。
- ・擬似電源回路網はグラウンドプレーンに直接接地し、電源リターンはグラウンドプレーンに接続します。
- ・擬似電源回路網の測定ポートは 50 Ω で終端します。

○ HV 電源及び擬似電源回路網

- ・各 DUT 電源リード線は、高圧用疑似回路網 (HV AN) および AC 用疑似回路網 (AMN) を介して電源に接続します。
- ・車両の HV バッテリーを使用します。
- ・シールドされた供給ラインは、使用するコネクタの仕様に依りて、別々の同軸ケーブルまたは共通のシールドを使用します。
- ・シールドハーネスは代表するものを使用します。
- ・充電器の場合、バッテリー充電器のケースはグラウンドプレーン上にボンディングして直接取り付けます。
- ・AMN のケースはグラウンドプレーン上にボンディングして直接取り付けます。
- ・充電器の PE (保護接地) ラインは、グラウンドプレーンと AMN の PE 接続に接続します。
- ・各 AN / HVAN / AMN の測定ポートは、50 Ω の負荷で終端します。

○ DUT (供試品)

- ・グラウンドプレーンから高さ最小 50mm になるように低い比誘電率の絶縁物の上に配置します。
- ・実際の車両構成を模擬する場合以外は、供試品のケースはグラウンドプレーンに接地しません。
- ・グラウンドプレーンのエッジから最小 100mm に配置します。
- ・高さは、アンテナなどの部分もグラウンドプレーンから 50mm より近くなりません。
- ・DUT のケースは、実際の車両をシミュレートする場合を除き、グラウンドプレーンには接地してはいけません。
- ・HV 電源システムの場合、DUT はグラウンドプレーンに直接配置し、DUT のケースはグラウンドプレーン上にボンディングして直接取り付けます。
- ・DUT は、グラウンドプレーンの端から少なくとも 100mm の位置に配置する必要があります。

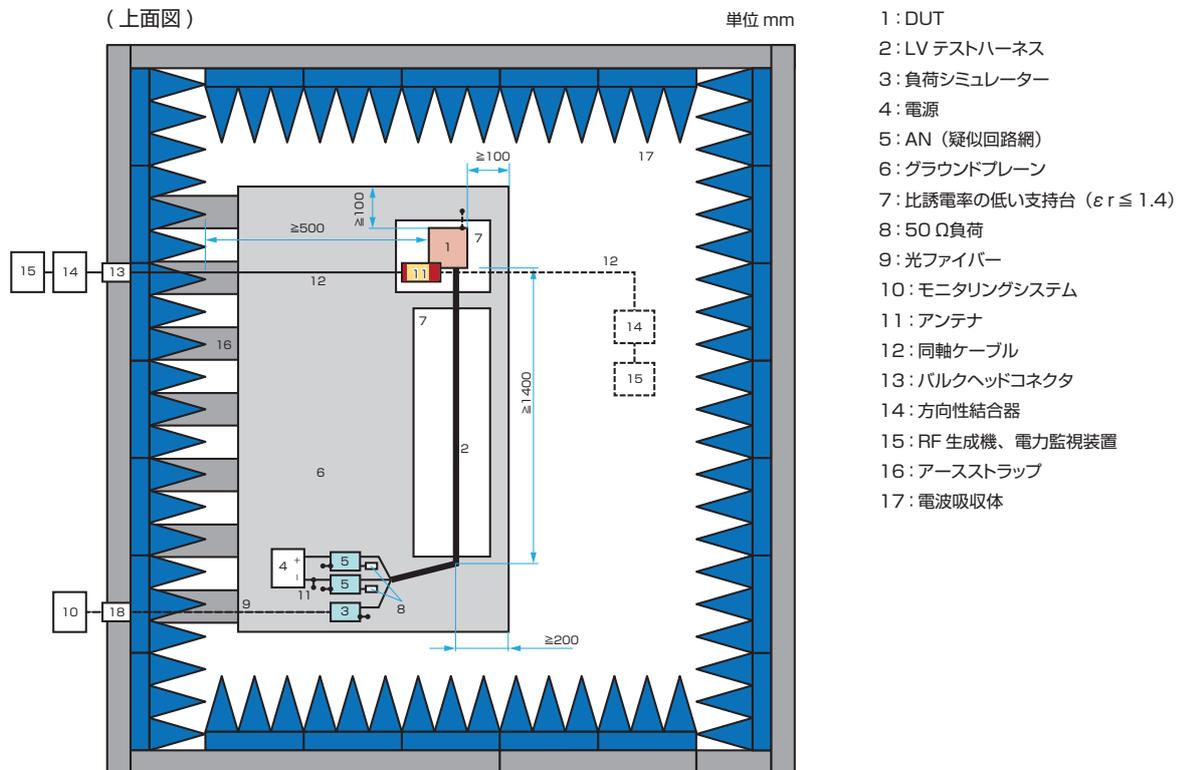
○ 試験ハーネス

- ・LV 電源システムの場合、試験ハーネスは 1700mm (+300mm/0mm)
- ・グラウンドプレーンの前端に平行な試験ハーネスの部分は最小 1400mm
- ・HV 電源システムの場合、ハーネスの全長は次のようになります。
 - LV ライン: 1700mm、グラウンドプレーンの前面に平行な LV 試験ハーネスは最小 1400mm
 - HV ライン: 1700mm、グラウンドプレーンの前面に平行な HV 試験ハーネスは最小 1400mm
 - AC ライン: 1700mm、グラウンドプレーンの前面に平行な AC 試験ハーネスは最小 1400mm
 - DUT と電気モーター間の三相線: 1000mm 未満
- ・配線タイプ (単線、撚り線のペアなど) は、実際のシステムの仕様に依りて決定
- ・試験ハーネスは、グラウンドプレーンから高さ 50 ± 5mm になるように低い比誘電率の絶縁物の上に配置します。
- ・LV 試験ハーネスは、グラウンドプレーンのエッジから最小 200mm に配置します。
- ・シールドされた HV パワーハーネスと LV ハーネスの間の距離は 100mm (+100mm/0mm)
- ・AC 電力線と最も近いハーネス (LV または HV) の間の距離は 100mm (+100mm/0mm)

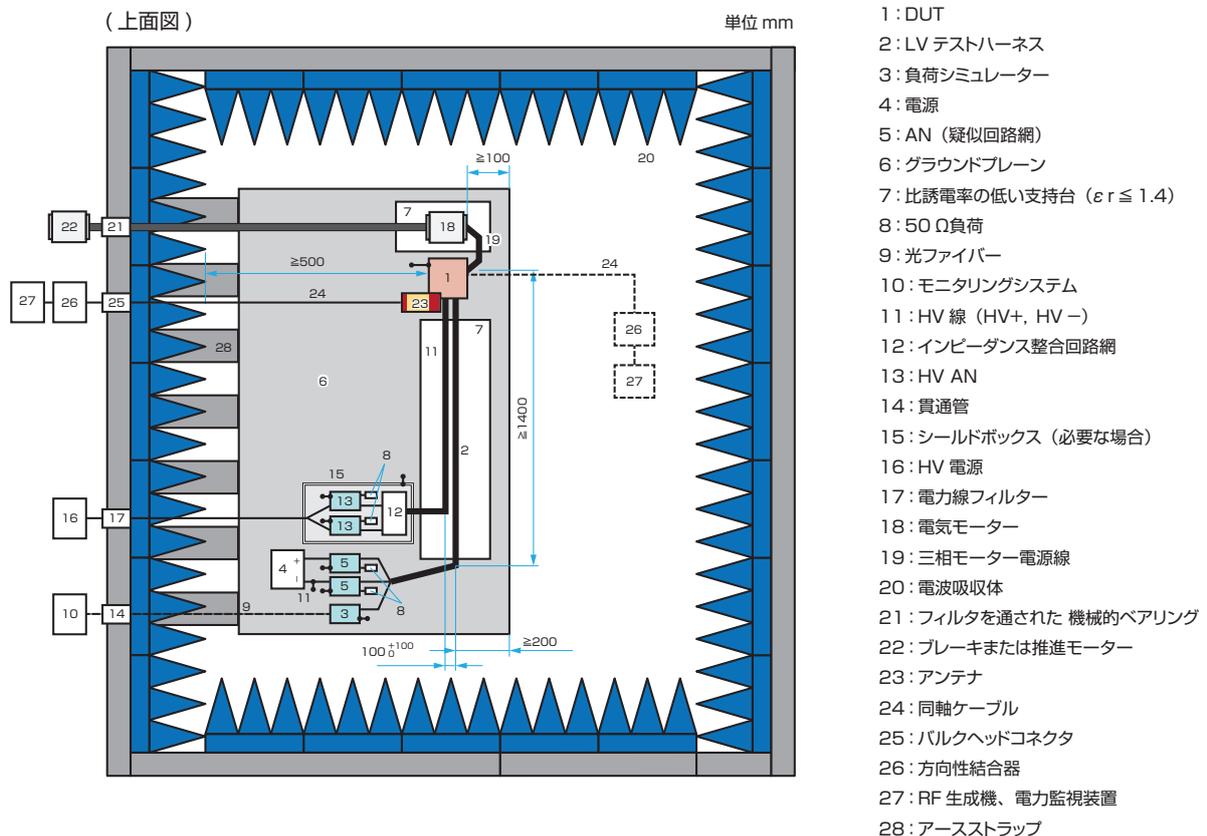
○ 負荷シミュレータ

- ・ グラウンドプレーンに直接配置します。金属筐体の場合はグラウンドプレーンに接合します。
- ・ 負荷シミュレータがグラウンドプレーンに接地している場合は、擬似電源回路網を通して電源供給します。

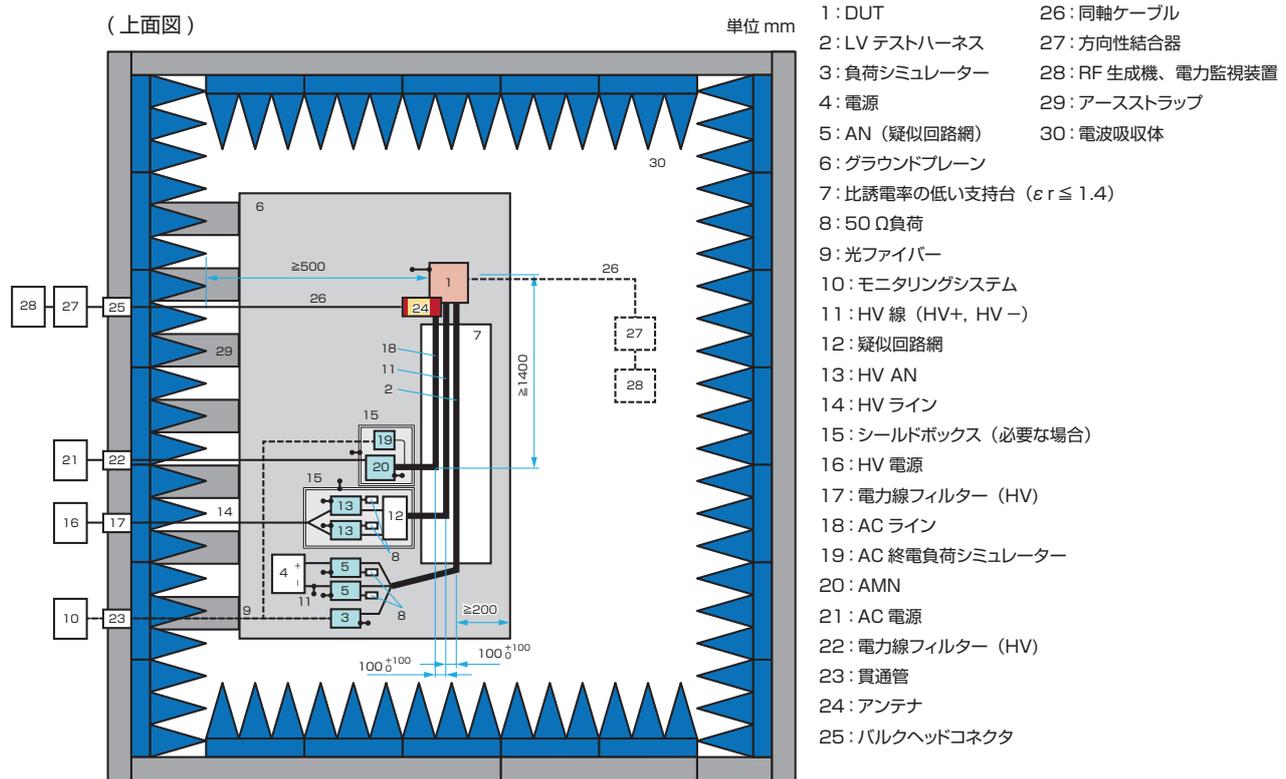
【LV 電源システムでのテストセットアップの例】



【テストベンチにモーターが取り付けられた DUT の HV 電源システムのテストアップ例】



【テストベンチにモーターが取り付けられた DUT の HV 電源システムのテストアップ例】



4. 試験の手順

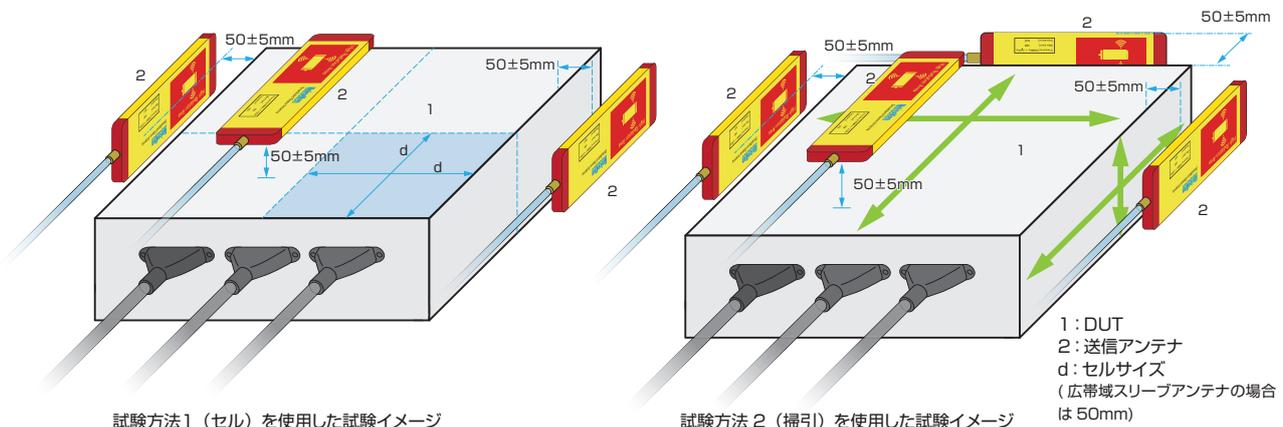
試験は DUT やコネクタおよびハーネスに結合させるために、様々な位置で実施します。
 試験は試験レベル設定中に記録された順方向電力レベルから (0 / + 0.5) dB 以内の順方向電力で実施します。
 アンテナの位置決めは、ハンドリングサポートを使用して手動で行うか、アンテナマストなどのシステムを使用して自動的に行います。
 試験アンテナの仕様に応じた帯域内の周波数で、少なくとも中間周波数の下限と上限の帯域幅でテストを実行します。
 試験計画で決めたすべての周波数帯域、変調、偏波、および試験アンテナの掃引 (場所や位置) が完了するまで試験を続けます。
 試験は次の2つの方法のいずれかにて実施します。

4.1 試験方法1 (セル)

コネクタを含む DUT の表面を正方形のセル (広帯域スリーブアンテナの場合: セルサイズは 50mm) に分割し、それぞれのセルに対して 50mm の距離にて電磁界を照射します。
 試験アンテナのいずれの場所もグラウンドプレーンより少なくとも 50mm の距離を離します。

4.2 試験方法2 (掃引)

コネクタを含む DUT の表面から 50 mm 離れた状態で、DUT の機能を監視しながら、DUT の表面全体でアンテナをゆっくりと掃引します。
 掃引するスピードは試験計画にて定義します。
 試験アンテナのいずれの場所もグラウンドプレーンより少なくとも 50mm の距離を離します。



試験方法1 (セル) を使用した試験イメージ

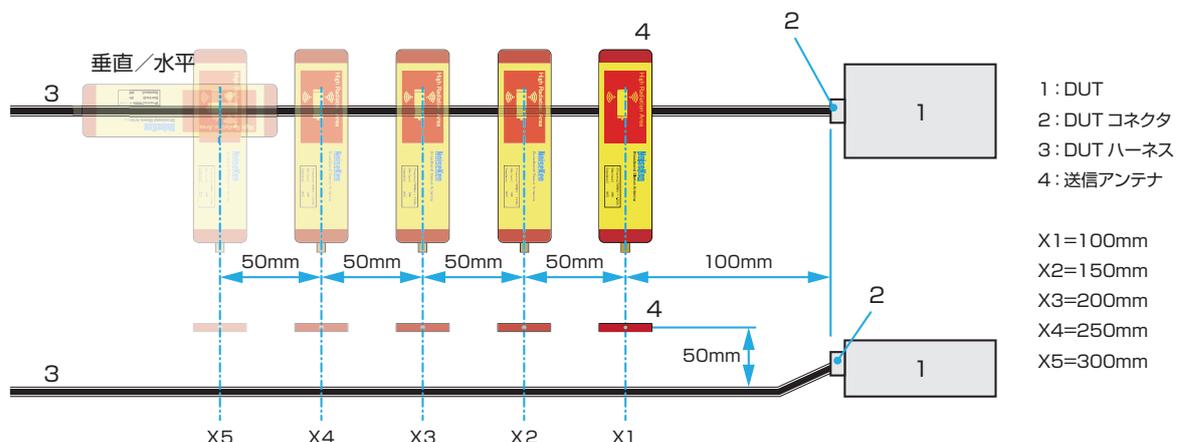
試験方法2 (掃引) を使用した試験イメージ

4.3 ハーネスに対しての試験方法

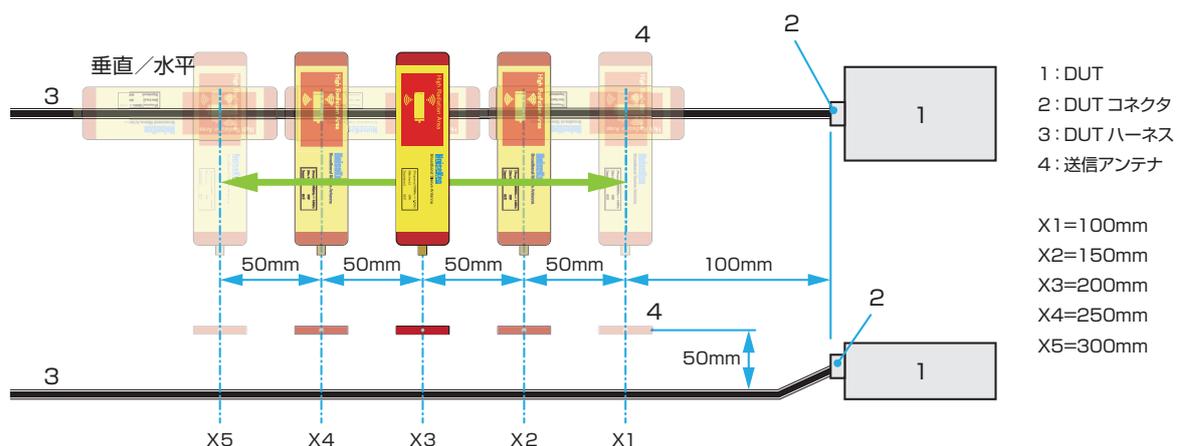
送信アンテナの配置については、下記図を参照してください。

- アンテナを DUT コネクタから 100 mm の距離（位置 X1）に配置し、ハーネスと平行にします。アンテナを基準点とともにハーネスから 50mm の距離に配置します。
- 試験方法 1（セル）の手順を参照して試験を実施します。
- 位置 X2、X3、X4、および X5 で手順 b）を繰り返します。
- DUT コネクタごとに手順 a）から c）を繰り返します。

あるいは、の各 DUT コネクタの位置 X1 と X5 の間を掃引する、試験方法 2（掃引）にて試験を実施します。



試験方法 1 を使用したハーネスの試験イメージ



試験方法 2 を使用したハーネスの試験イメージ

5. 試験の報告書

報告書は試験計画書に従って、試験装置、試験領域、試験したシステム、周波数、変調、電力レベル、試験方法（セル or 掃引）、試験手順、使用した機器やアンテナ、VSWR 値など試験に関する情報を記載します。

注意：この試験の概要につきましては、ISO 11452-9 Ed.2 2021 を抜粋したものです。
詳細な測定方法などにつきましては、規格書の原文をご確認ください。

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

「電氣的なノイズの再現に挑戦しつづけ、 お客様の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。

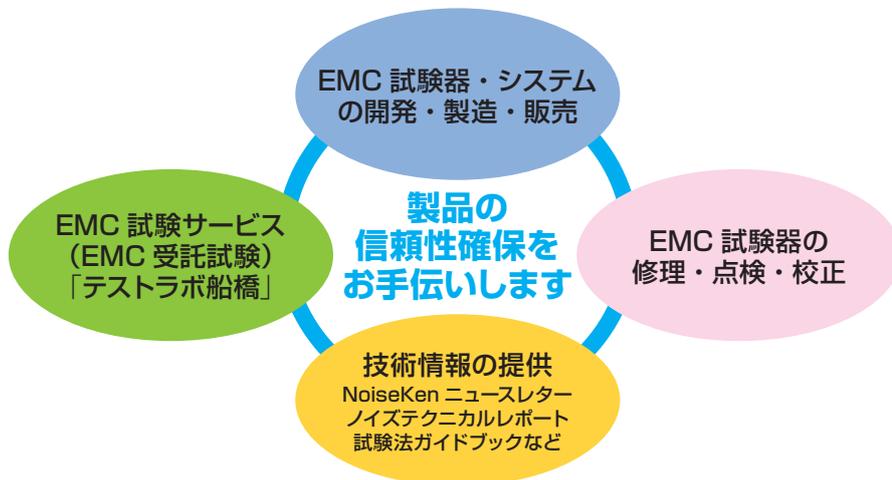
以来、お客様が造る製品の品質に寄与するため、静電気の放電現象、落雷時の高電流現象、自動車内における過渡的な現象や電磁界の可視化など電氣的なノイズを再現(出力する/測る)する製品、EMC試験の受託サービス(受託試験サイト「テストラボ船橋」)、「NoiseKen News(旧テクニカルレポート)」や「試験法ガイドブック」等のサービスや技術的な情報を提供し、世界数十国5,000社を超えるお客様に当社ブランド“NoiseKen”を採用頂くに至っております。

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“電氣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、“お客様の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。

さまざまな電氣的なノイズと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設立 本社：東京都三鷹市
- 1976 社名を株式会社ノイズ研究所へ変更
- 1990 本社：神奈川県川崎市麻生区上麻生へ移転
- 1995 受託試験サービス事業を開始（テストラボ船橋）
- 1996 栃木県工業試験場との産学連携により「電磁波妨害源探査装置（ESVシステム）」商品化
- 1997 テストラボ船橋に電波暗室開設
- 2000 本社：神奈川県相模原市中央区千代田へ移転
- 2004 ISO/IEC17025認定を取得
- 2011 中国サポートセンター設立（中国上海市）
- 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シリーズ）」商品化
- 2015 トヨタ自動車（株）と共同で「薄型プレート広帯域アンテナ（NKU）」商品化
- 2016 薄型プレート広帯域アンテナが第32回神奈川工業技術開発大賞【奨励賞】を受賞
- 2018 国際電気標準化会議 「IEC1906賞」を受賞
- 2019 電子情報通信学会“環境電磁工学研究会”「Excellent paper award」を受賞
- 2020 情報通信研究機構（NICT）との産学連携により「TEMホーンアンテナ」商品化
業務拡張により新社屋（事務棟）竣工

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場合があります。●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、お気づ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>