

2022 OEGセミナー

# 近接する無線機器からの電波による 電気製品への影響

～電波照射試験機を用いたEMC評価事例～

2022年11月11日

沖エンジニアリング株式会社

EMC事業部

佐藤 達郎

# 目次

1. 無線機器と電気製品
2. EMCとは
3. 車載電装品のEMC規格要求
4. ISO 11452 Part9 規格概要
  - 4.1 試験周波数範囲の変更
  - 4.2 試験変調 (CW、AM、PM、AWGN )
5. ISO 11452 Part9で使用する変調の出力値
  - 5.1 変調出力値の検証
  - 5.2 変調出力値の検証 結果
6. 電気製品での検証
  - 6.1 検証1 画像
  - 6.2 検証2 音声
  - 6.3 まとめ
7. おわりに

# 1. 無線機器と電気製品

本セミナーでは、無線機器が近づくことによる影響を最新の国際規格を適用した電波照射試験機を用いて画像と音に対して検証事例を紹介します。

私たちのライフワークでかかせない電気製品は、日常の使用環境下で、無線機器などから様々な電波を受けています。

電波を受けた影響により意図しない動作を引き起こす場合があります、その影響が懸念されます。

例) スマートフォン

- ・ プレイヤーで音楽を再生中に着信を受けた所、イヤホンに雑音加わる。
- ・ 自動車で走行中に電話をした所、モニタ画面の映像が乱れる。

⇒ プレイヤーやカーナビゲーションの近い位置で使用した事により、電波の影響で発生した事象と考えられる。

電気製品のノイズ評価として、EMC試験がある！

ノイズ：EMC分野では電磁的な雑音のことをいう



## 2. EMCとは

EMCは、EMIとEMSに分類され、それぞれに規格が存在する

**EMC** (Electromagnetic Compatibility) : 電磁的両立性  
ノイズを発生させず、他の電気製品から影響を受けないこと。



**EMI** (Electromagnetic Interference) : 電磁妨害または電磁障害  
⇒ 内部から発生したノイズが、他の機器に影響を与えること

**EMS** (Electromagnetic Susceptibility) : 電磁耐性または電磁感受性  
⇒ 外部から発生したノイズで、電気製品が影響を受けること



### 規格例

EMI規格 : CISPR 32 (マルチメディア機器), CISPR 25 (車載電装品)

EMS規格 : CISPR 35 (マルチメディア機器), ISO 11452s (車載電装品)

CISPR: Comité international spécial des perturbations radioélectriques  
国際無線障害特別委員会

ISO : International Organization for Standardization  
国際標準化機構

### 3. 車載電装品のEMC規格要求

EMC規格では、様々な試験方法が存在する

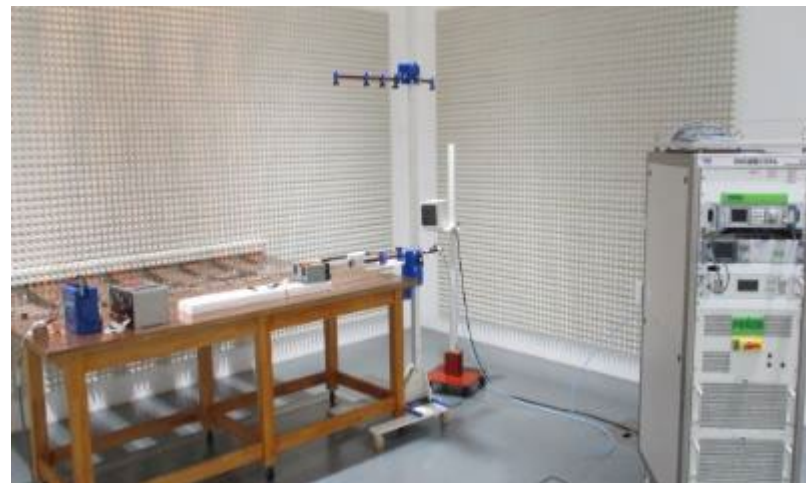
規格		タイトル
EMI	CISPR25	車両, 小型船舶及び内燃機関 -無線妨害特性- 搭載受信機の保護のための限度値及び測定方法
EMS	ISO 11452	路上走行車-狭帯域放射電磁エネルギーによる 電氣的妨害のコンポーネント試験方法
	Part 1	一般原則及び用語
	Part 2	吸収材に裏打ちされたシールドルーム
	Part 3	トランスバース電磁モード(TEM)セル
	Part 4	ハーネス励磁法
	Part 5	ストリップライン
	Part 7	無線周波(RF) 電源の直接注入
	Part 8	磁界に対するイミュニティ
	<b>Part 9</b>	<b>可搬型送信機</b>
	Part10	拡張オーディオ周波数範囲における伝導妨害へのイミュニティ
Part11	残響室	

## 4. ISO 11452 Part9 規格概要

可搬型送信機：電子機器に無線機器を近づけた際の耐性を評価する試験方法

### 主な特徴

- ・ 実車状況を模擬したセッティング
- ・ 各国の代表的な無線機器の周波数帯で評価
- ・ 無線機器を模擬した単一周波数アンテナと、広帯域アンテナを使用する
- ・ 無線機器のデータ通信(変調)を電波照射試験機を使用して実施



試験風景：第6車載暗室

### ◇2021年10月に改版された代表的な変更点

- ・ 新規広帯域照射アンテナの追加
- ・ 試験周波数範囲の変更
- ・ 変調方式の追加



単一周波数アンテナ：  
ヘリカルアンテナ



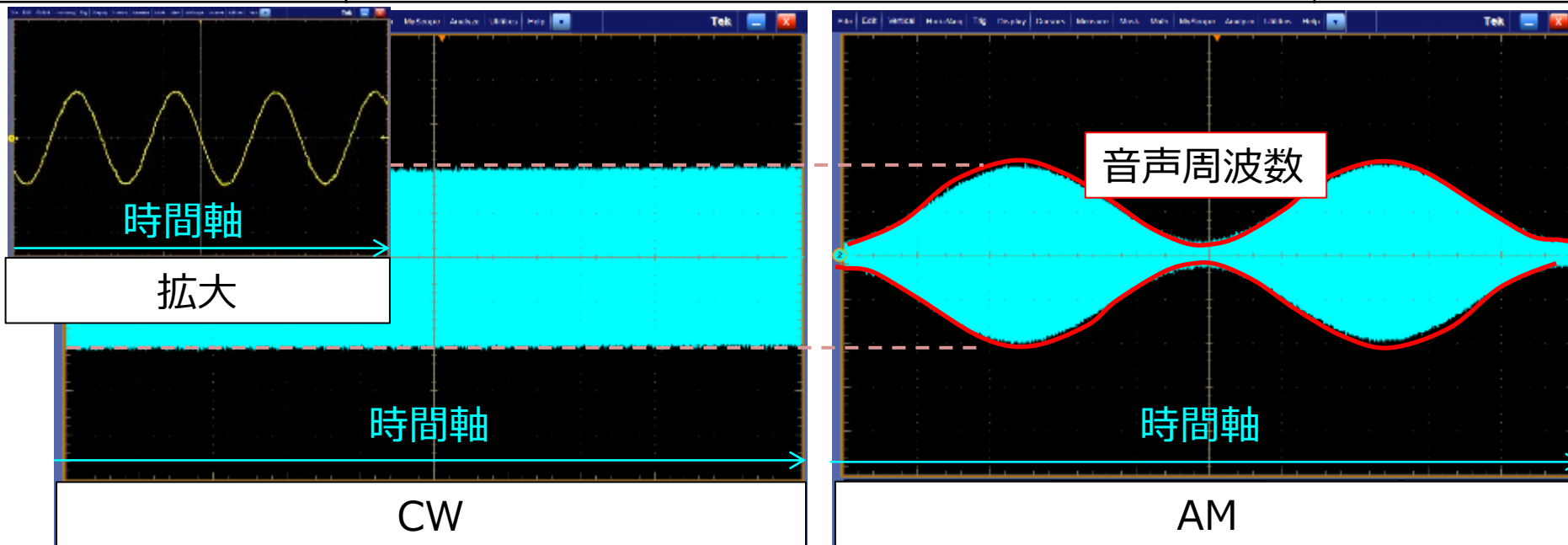
広帯域アンテナ：  
広帯域スリーブアンテナ

## 4.1 試験周波数範囲の変更

送信機の種類	2012年版	2021年版
2m/1.25m/70cm	26~30MHz	26~30MHz
	146~174MHz	144~148MHz
	-	220~225MHz
	410~470MHz	420~450MHz
LAND MOBILE	-	146~174, 216~223MHz
TETRA/TERAPOL	380~390, 410~420, 450~460, 806~825, 870~876MHz	380~390, 410~420, 450~460, 806~825, 870~876MHz
CDMA800	-	815~849MHz
GSM850/900	824~849, 876~915MHz	824~849, 876~915MHz
PDC	893~898, 925~958, 1429~1453MHz	-
GSN1800/1900	1710~1785, 1850~1910MHz	1710~1785, 1850~1910MHz
CDMA1900	-	1850~1910MHz
IMT-2000	1885~2025MHz	-
UMTS	-	824~849, 880~915, 1850~1980, 1885~2025, 1920~1980MHz
Bluetooth, WLAN	2400~2500MHz	2400~2500MHz
LTE	-	452~458, 698~803, 807~862, 880~915, 1427~ 1463, 1625~1661, 1710~1785, 1850~2025, 2300~2400, 2496~2690, 3400~3800MHz
IEEE 802.11a	5725~5850MHz	5150~5350, 5725~5850MHz

# 4.2 ISO 11452 Part9 での試験変調① (CW、AM)

種類	説明	送信機の種類
CW (Continuous Wave) 無変調	情報はなく、 <b>時間で変化しない一定値で伝達</b> する ・連続波 ・規格改版(AWGN変調の追加)に伴い、 トラック無線の帯域評価でのみ使用となる。	2m/1.25m/ 70cm (トランシーバーなど)
AM (Amplitude Modulation) 振幅変調	情報を <b>搬送波の振幅に乗せて伝達</b> する以下のような特性を持つ ・同周波数に混信した場合、混ざるのではなく両方とも確認できる ・音声周波数1kHz/変調度80%の代表値で実施する ・変調度で1.8倍されるPK値がCW値と同等となるように -5.1dB出力を下げる※ISO 11452限定	10m (トラック無線など)

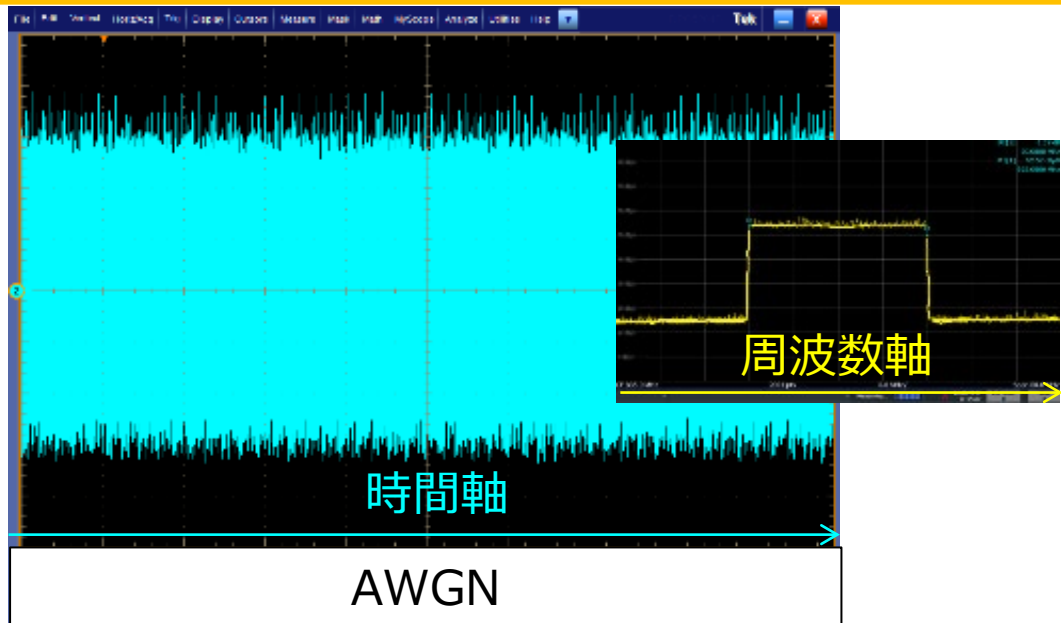
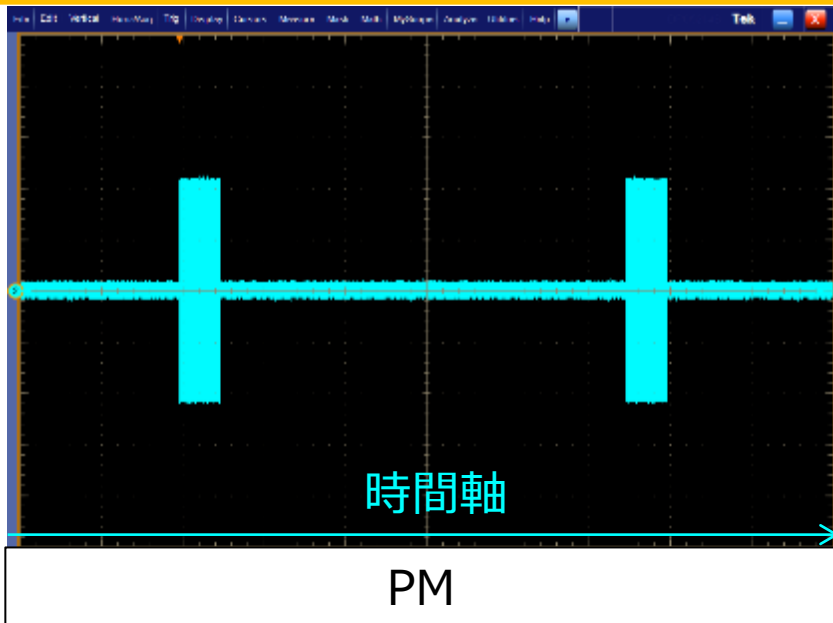




# 4.2 ISO 11452 Part9 での試験変調② (PM、AWGN)

種類	説明	送信機の種類
PM (Pulse Modulation) パルス変調	情報を <b>一定間隔の周期に乗せて伝達</b> し以下のような特性を持つ <ul style="list-style-type: none"> <li>平均電力に対してPK電力が非常に大きい</li> <li>立上りと立下りの時間変化が非常に早く、高い周波数成分を含む</li> <li>デジタル変調や位相変調の代替アナログ変調で使用される</li> </ul>	TETRA/TERAPOL/CDMA/GSM/UMTS/IMT2000/WLAN/Bluetooth/LTE/IEEE 802.11a (スマートフォン etc.)
AWGN (Additive white Gaussian Noise) 加法性白色ガウス雑音	情報を <b>広帯域に等しい振幅雑音を伝達</b> 以下特性を持つ <ul style="list-style-type: none"> <li>広帯域に一度に出力</li> <li>広帯域で均一に出力されることで波長色が白色と言われる</li> <li>PMと選択式であり、納入先と合意で決まる</li> </ul>	Bluetooth/WLAN/LTE/IEEE 802.11a (スマートフォンetc.)

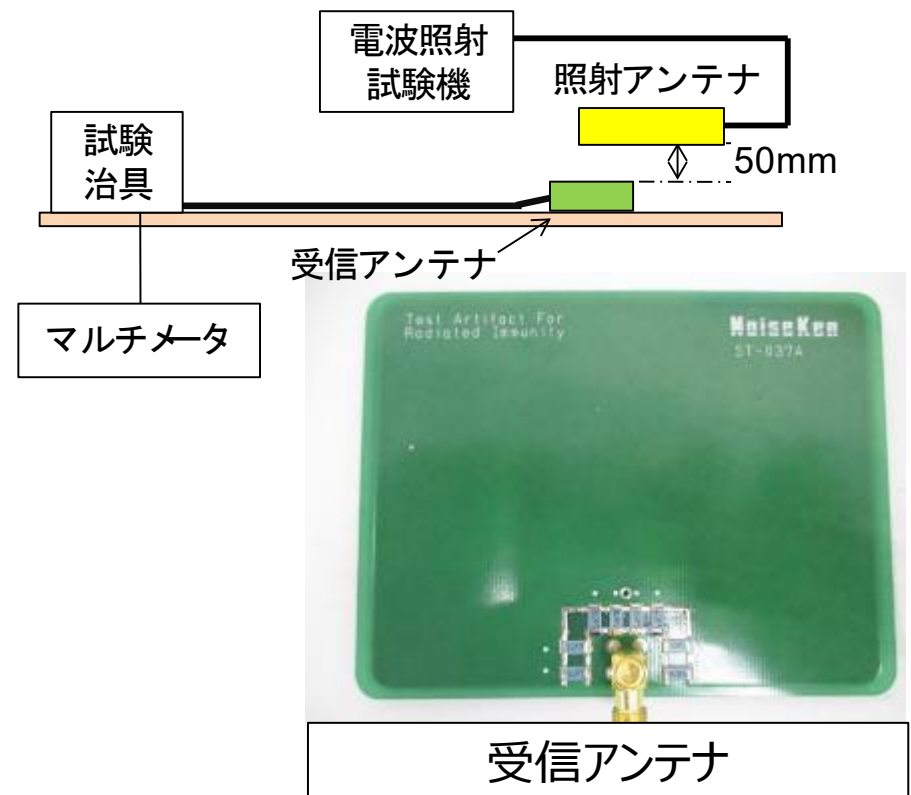
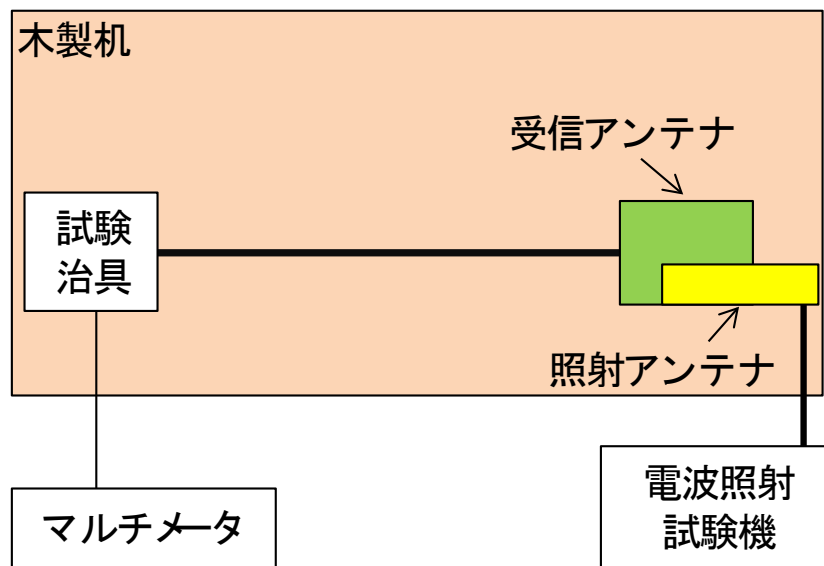
2021年版で追加



## 5. ISO 11452 Part9 で使用する変調出力値の確認

紹介した4種類の特徴ある変調が照射された際に、電気製品にどのような影響を与えるかを数値にして確認する。

照射アンテナからの電波出力に対して、受信アンテナに伝わる値を数値化する。  
CWを基準として各変調での出力値を取得した。



## 5.1 変調出力値の検証

- 受信アンテナ : 01-T1880 (ノイズ研究所製)  
照射アンテナ :  $\lambda/2$ スリーブアンテナ  
周波数 : 835MHz, 2450MHz  
試験台 : 木製机  
照射位置 : 一番出力が大きく確認できた箇所  
変調方式 : CW (トランシーバ等), AM(トラック無線等),  
PM1(消防無線等), PM2(3G スマートフォン等),  
PM3(4G スマートフォン), AWGN(4G スマートフォン等)  
照射アンテナとの距離 : 50mm  
出力の表示器 : マルチメータ



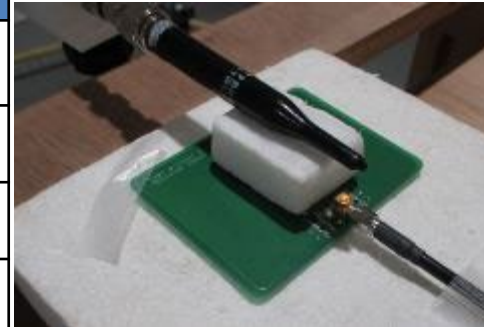
試験風景1



試験風景2

## 5.2 変調出力値の検証 結果

変調方式		835MHz[mV]	2450MHz[mV]
CW	-	1000	100.0
AM	1kHz 80%	882	88.2
PM1	18Hz Duty50%	535	52.3
PM2	217Hz Duty50%	524	57.7
PM3	1600Hz Duty50%	515	57.2
AWGN	20MHz帯域	363	35.2



受信アンテナへの電波照射

- AM** : 変調度を使用した実効値の計算(画面右下数式)結果に近い値となった。
- PM** : 時間軸で確認した場合、全体50%(Duty50%)出力であり、CW値に対して半分の結果となった。
- AWGN** : データ出力を広帯域でカバーしたためレベルが低くなった。

出力された電波は、各変調の時間軸に関して、電気製品が受ける影響は変わる

$$U_{rms,b} = U_{rms,a} \times \sqrt{1 + \frac{\left(\frac{m}{100}\right)^2}{2}}$$

AM変調実効値の計算式

U<sub>rms,a</sub>: CWでの実効値  
 U<sub>rms,b</sub>: AMでの実効値  
 m: 変調度[%]

## 6. 電気製品での検証

電波を照射し、変調の種類による誤動作の変動はどのようなものかを、画像（液晶テレビ）と音（カーナビゲーション）で検証する。

検証1



画像

検証2



音声

## 6.1 検証1画像

液晶テレビ付近で無線機器が使用されると模擬し、  
背面の映像出力部付近に電波を照射し画像の変化を検証する。

- ・ 試験品 : 液晶テレビ
- ・ 照射アンテナ : 広帯域スリーブアンテナ
- ・ 周波数 : 835MHz
- ・ 試験台 : 木製机
- ・ 変調方式 : CW (トランシーバ等), AM(トラック無線等),  
PM1(消防無線等), PM2(3G スマートフォン等),  
PM3(4G スマートフォン等), AWGN(4G スマートフォン等)
- ・ 照射アンテナとの距離 : 接触
- ・ 動作状態 : SDカードの静止画を表示

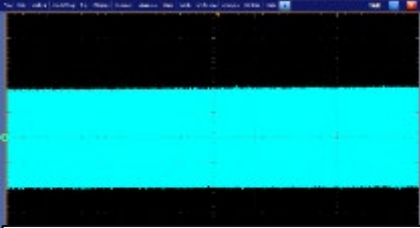




試験風景：液晶テレビ 正面




試験風景：液晶テレビ 背面

# 6.1.1 検証1 画像 結果 CW

変調方式		症状 (電波照射中)
CW	<p>-</p>  <p>CW 波形</p>	<p>画面全体が明るくなる</p>
	 <p>照射前</p>	 <p>照射中 (動画)</p>

時間軸に対して搬送波に変動がないため、映像出力部に電波が加わり明るくなる。

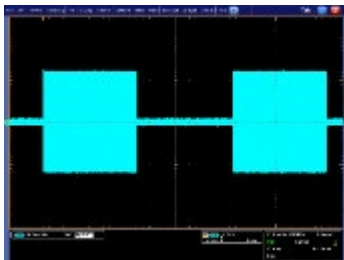

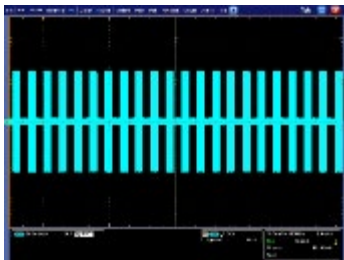

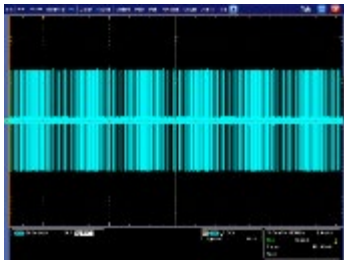

# 6.1.2 検証1 画像 結果 AM

変調方式		症状 (電波照射中)
AM	1kHz 80%  AM 波形	細かい縞ノイズが発生する
	 照射前	 照射中 (動画)

時間軸に対して音声周波数の振幅があるため、画面が揺らぐように見える。

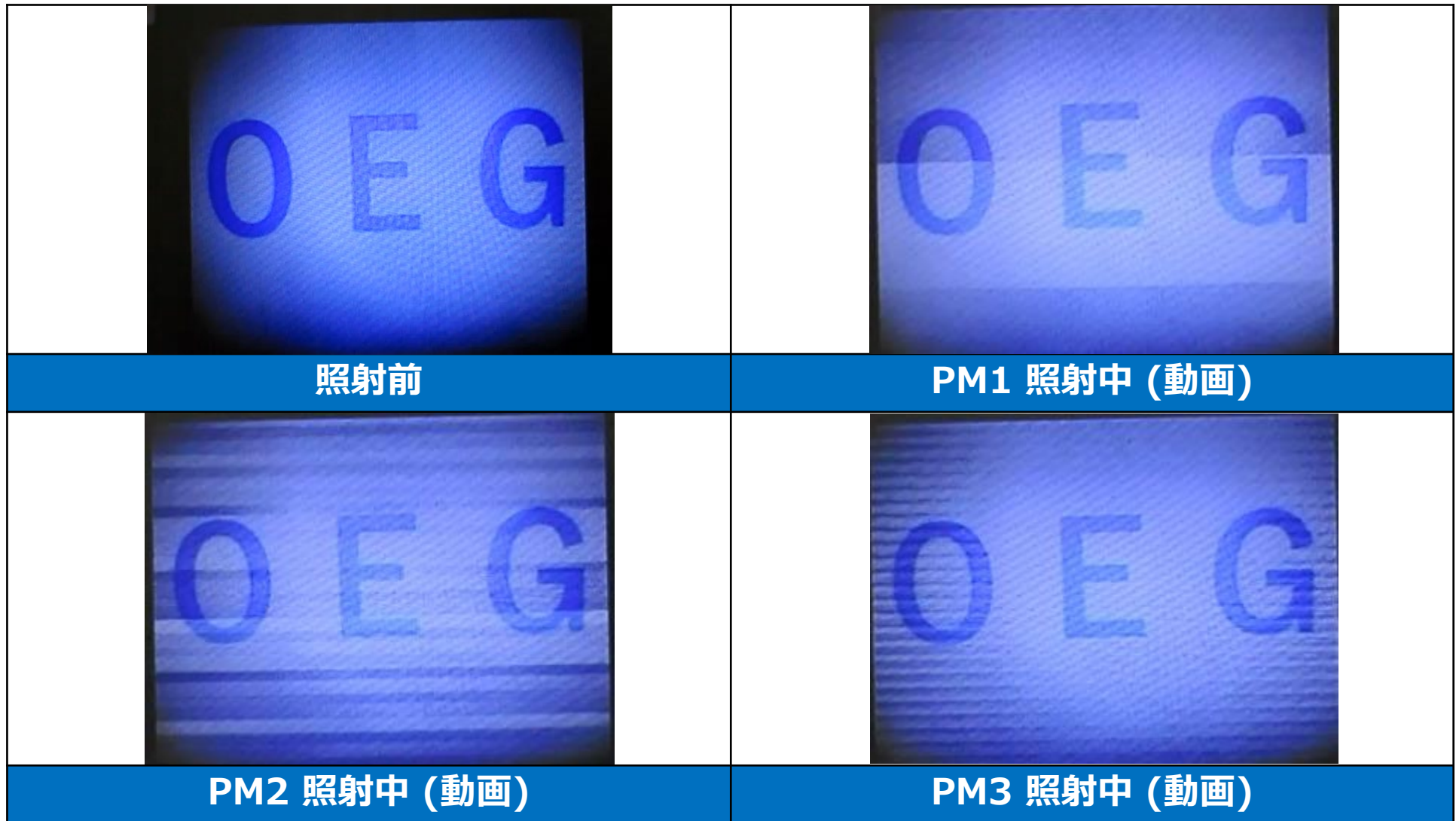


# 6.1.3 検証1 画像 結果 PM

変調方式		症状 (電波照射中)	
PM1 消防無線等	18Hz Duty50% 	大きい縞ノイズ が発生する	
PM2 3G スマートフォン	217Hz Duty50% 	縞ノイズが 発生する	
PM3 4G スマートフォン	1600Hz Duty50% 	細かい縞ノイズ が発生する	



## 6.1.4 検証1 画像結果 PM (動画)



時間軸に対して一定間隔の周期に乗せており、CWの症状の明るくなるが時間変化に対してON⇔OFFしているため、縞ノイズに見えた。

# 6.1.5 検証1 画像 結果 AWGN

変調方式		症状 (電波照射中)	
AWGN	20MHz Band  AWGN 波形	細かい縞ノイズが発生する 画面全体が白くなる	
	 照射前	 照射中 (動画)	

時間軸に対して、広帯域に等しい振幅の雑音であり、可視光域の波長におきかわり白色に見えた。

## 6.2.1 検証2 音

カーナビゲーション付近で無線機器が使用されると模擬し、背面の音声出力部付近に電波を照射し音の変化を確認する。

- 試験品** : カーナビゲーション  
**照射アンテナ** : 広帯域スリーブアンテナ  
**周波数** : 835MHz  
**試験台** : 木製机  
**変調方式** : CW (トランシーバ等), AM(トラック無線等),  
PM1(消防無線等), PM2(3G スマートフォン等),  
PM3(4G スマートフォン等), AWGN(4Gスマートフォン等)  
**照射アンテナとの距離** : 接触  
**動作状態** : CD再生



試験風景：カーナビゲーション 正面



試験風景：カーナビゲーション 背面

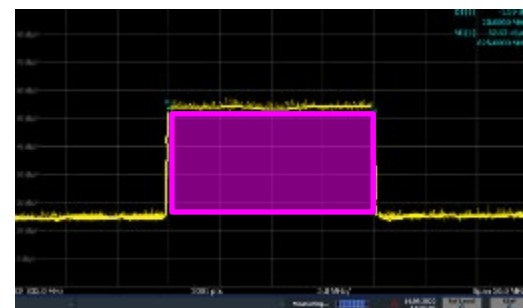
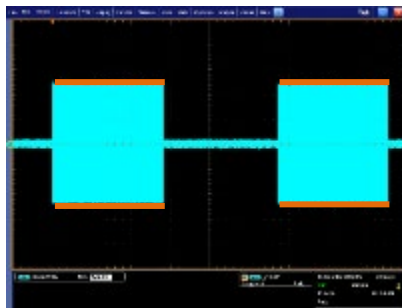
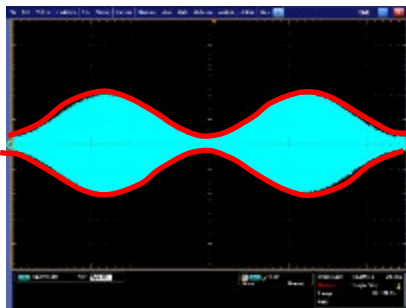
## 6.2.2 検証2 音 結果

変調方式		症状 (電波照射中)	
CW	-	音に変化なし	
AM	1kHz80%	<b>1kHzの音</b> が鳴る	
PM1	18Hz Duty50%	<b>低音</b> が鳴る	
PM2	217Hz Duty50%	<b>中音</b> が鳴る	
PM3	1600Hz Duty50%	<b>高音</b> が鳴る	
AWGN	20MHz Band	<b>高音</b> が鳴る	

スピーカより変調周波数が音として鳴る。

## 6.3 まとめ

変調方式	発生した症状		原因
	画像	音	
CW	明るくなる	影響なし	照射レベルの影響
AM	乱れ	変調周波数音	振幅の影響
PM	乱れ	変調周波数音	時間変化の影響
AWGN	乱れ	変調周波数音	広帯域ノイズの影響



変調の特徴からの影響を画像と音それぞれに確認することができ、規格で謳われた妨害波の種類と発生する症状の基礎データが取れた。

## 7. おわりに

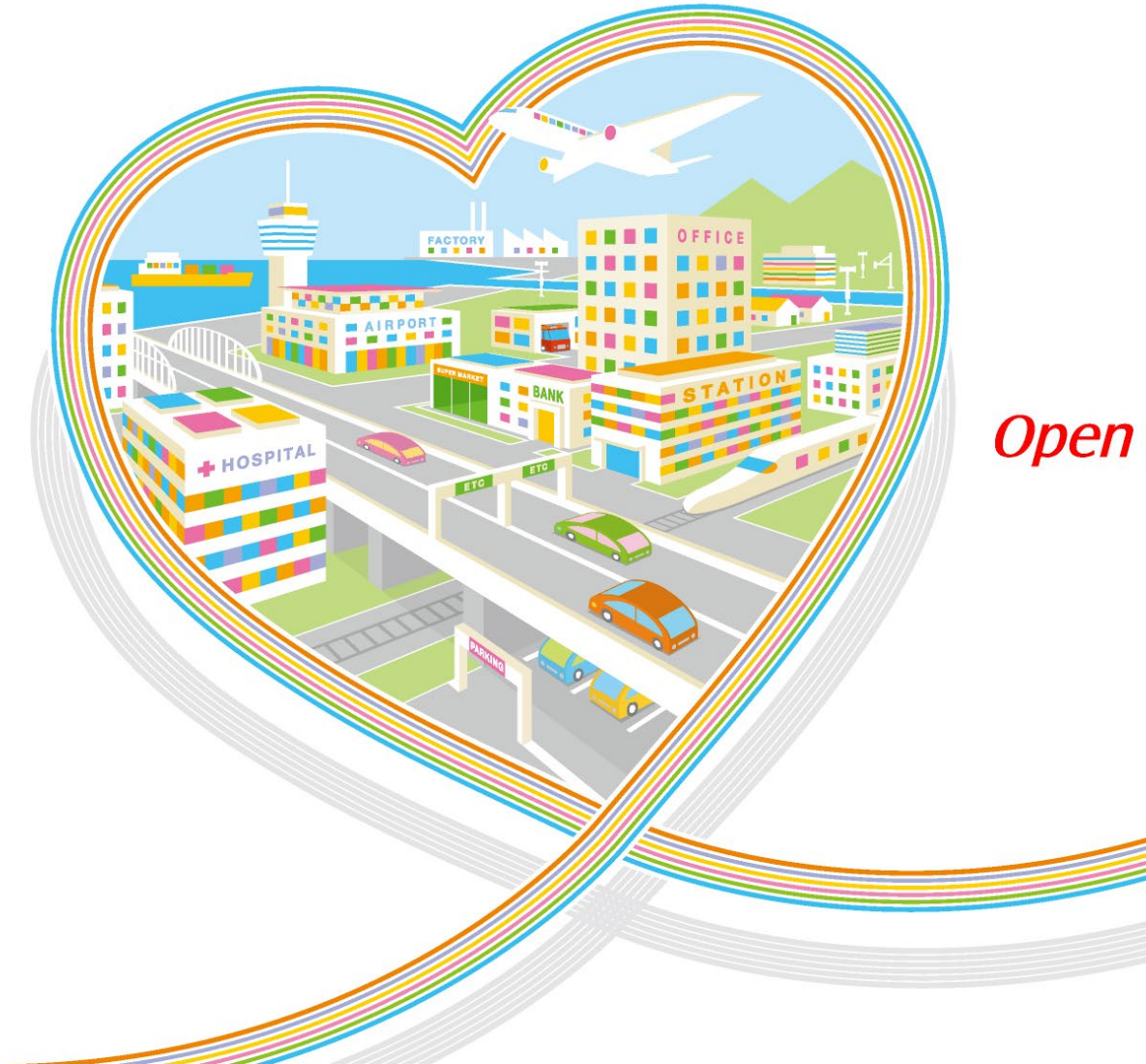
本セミナーでは、電気製品に無線機器が近づくことによる影響を最新の車載EMCの国際規格 (ISO 11452 Part9)を適用して電気製品の画像や音への影響を検証した事例を紹介した。

多様な無線機器が増加している中で、電気製品は様々な場所で使われており、ノイズ耐性が十分でない製品は、予期せぬ事象により、リコールによる損失やブランド力の失墜、また大きなケガや財産の損失につながることも考えられる。

ISO 11452 Part9を参考にして、電気製品の品質向上を図ってはいかがでしょうか？

OKIエンジニアリングでは、最新規格の設備を揃えており、経験豊富な技術者がお客様のニーズに応じてまいります。是非ご相談下さい。

ご清聴いただき、ありがとうございました



*Open up your dreams*

**沖エンジニアリング株式会社**

- EMC事業部 車載グループ
- 担当 : 佐藤 達郎
- TEL : 0495-22-8412
- E-mail : oeg-emc-div-car@oki.com
- URL : <https://www.oeg.co.jp/>