

自動運転に対応するためのEMC電磁環境試験の現状

総合製品安全部門 計画室

塚原 仁

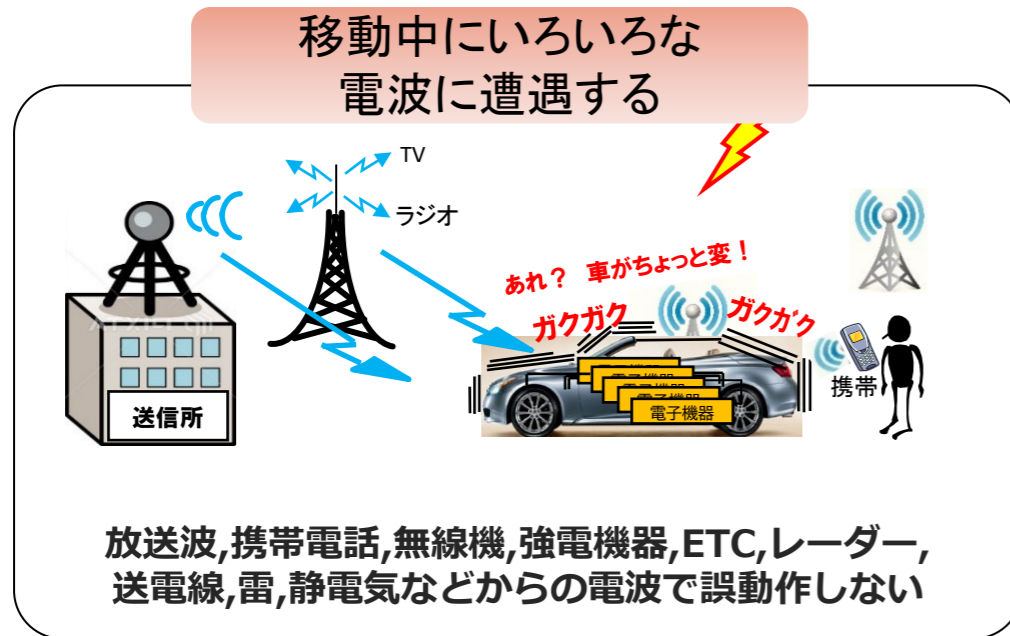
tsukahara-hitoshi@jqajp

本日の内容

1. 自動車の電磁環境
2. 最近の自動車の特徴
3. 車載機器の電磁波イミュニティ試験
4. リバブレーションチャンバー法

自動車のEMC

- 電波利用がますます促進される社会の中で、自動車は移動中にいろいろな電波に遭遇している
- 最近の自動車は、環境・安全・快適のより一層の実現のため、高度に電子化されてきている
例えば、エンジン制御、パワステ、ナビゲーションシステム、自動運転
- 自動車のEMCについては、法規制を満足することが求められています

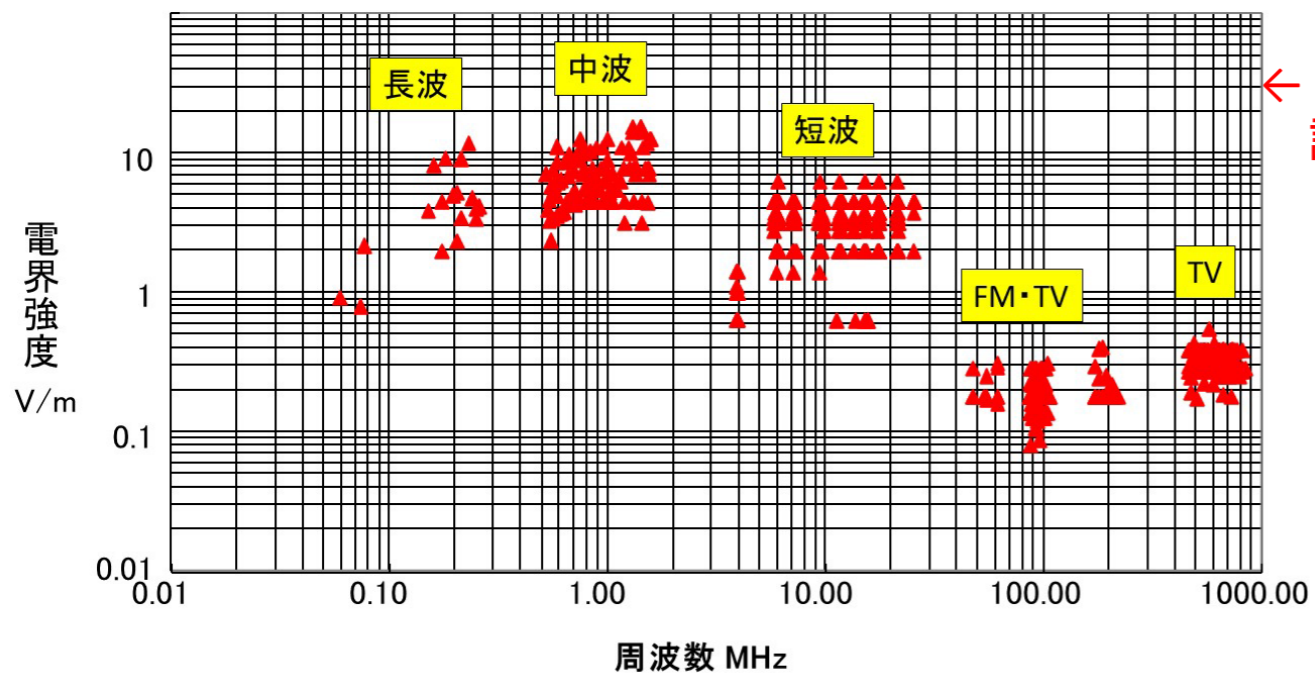
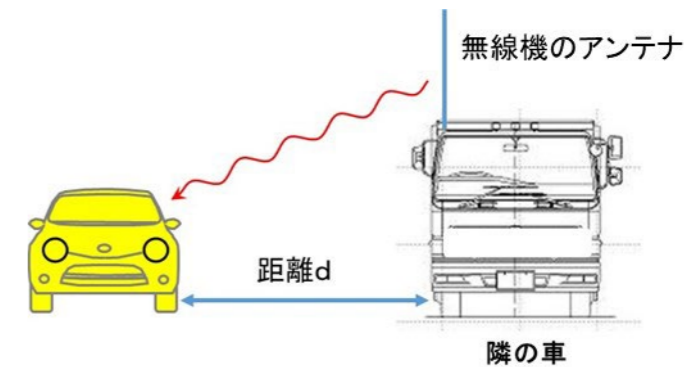
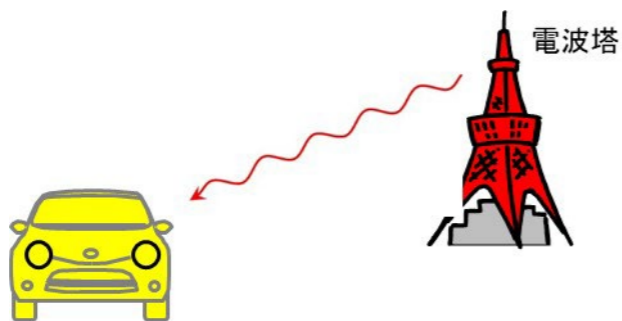


電磁環境下でも車載電子機器が正しく動作すること!!



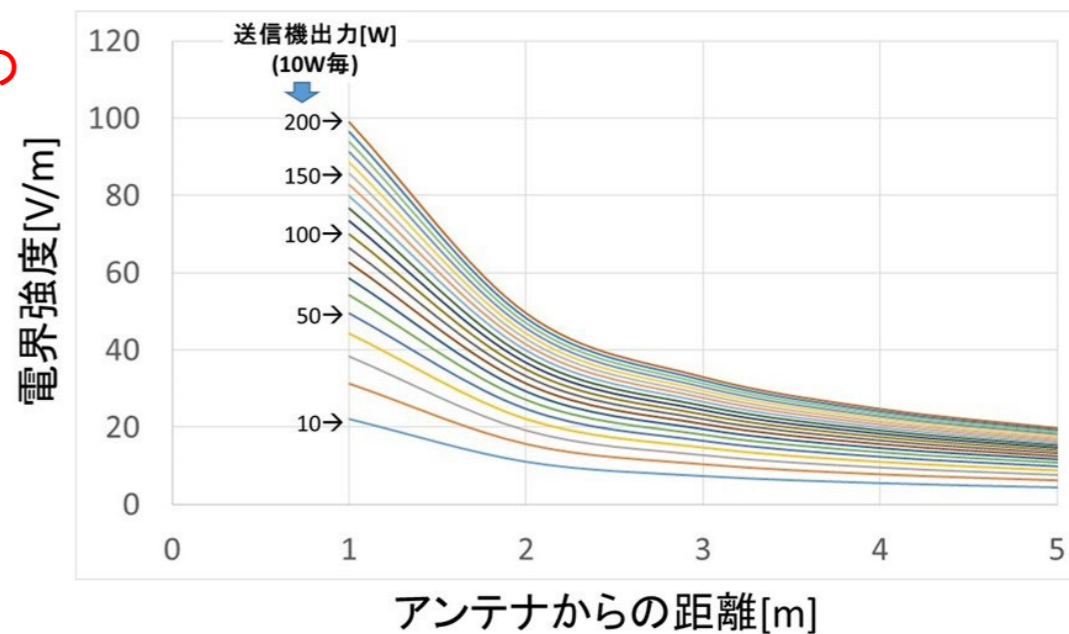
不要な電波を出して、近くの無線機に迷惑を掛けない!!

自動車遭遇する電磁環境



← 自動車法規R10の
試験レベル:
30V/m

ラジオやテレビの放送波



車載無線機

開発段階では、自動車は法規の約2倍、車載機器は約5倍の電界強度で試験を実施している場合が多い

本日の内容

1. 自動車の電磁環境
2. 最近の自動車の特徴
3. 車載機器の電磁波イミュニティ試験
4. リバブレーションチャンバー法

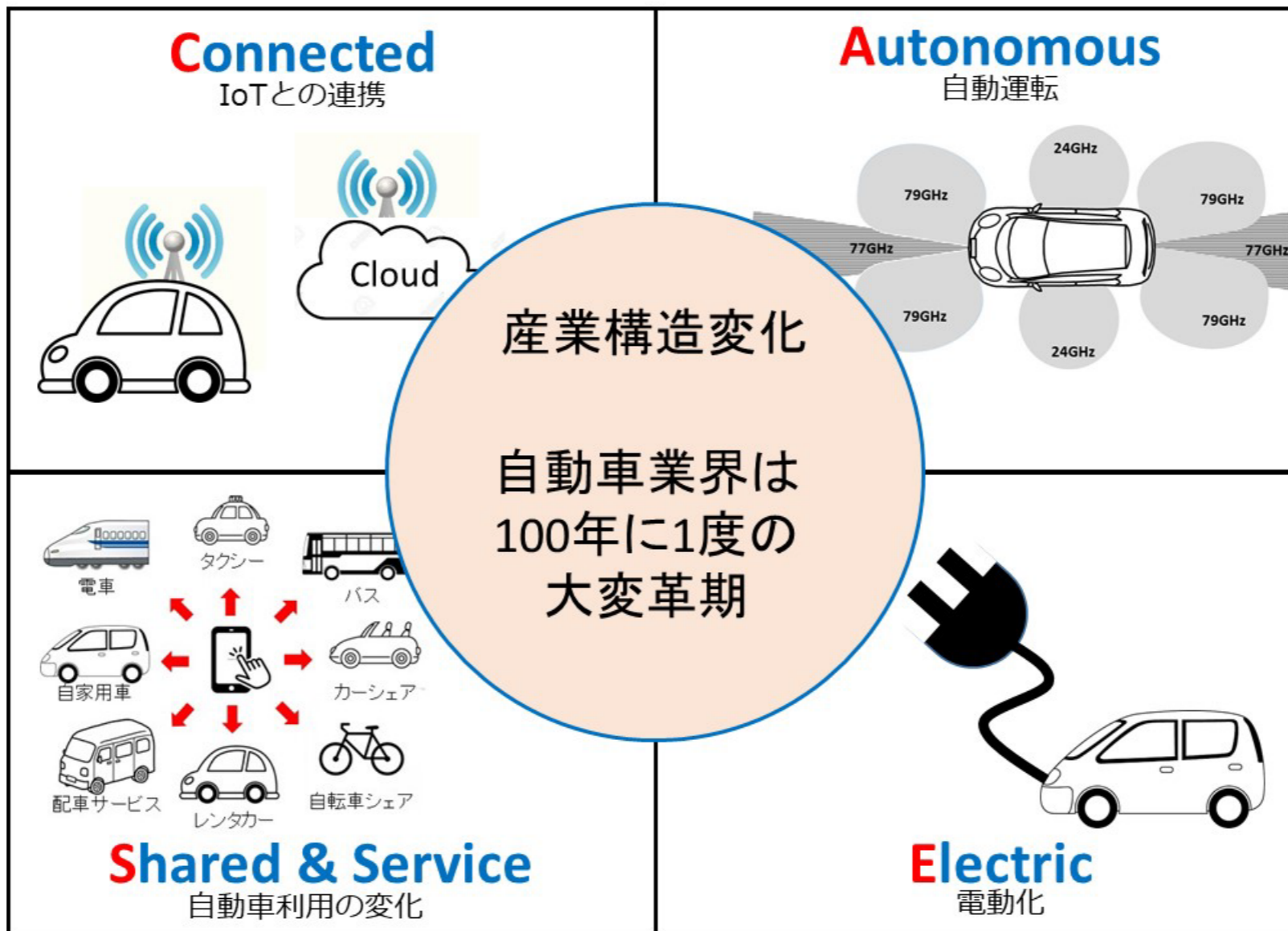
CASE 次世代の4つの車

車内でのパーソナルサービスの進化に加え、販売後のソフトウェアの更新で継続的な性能向上が行える

- 無線通信5G
- V2x、MIMO
- ソフト自動更新後のEMC性能確認

クルマは「所有」から「共有」へと変化。過疎地の交通インフラとしても期待。

- 統合化システムの高い信頼性



クルマの安全性・利便性の向上。無人モビリティサービスの基盤技術として業界を超えた開発競争が進む。

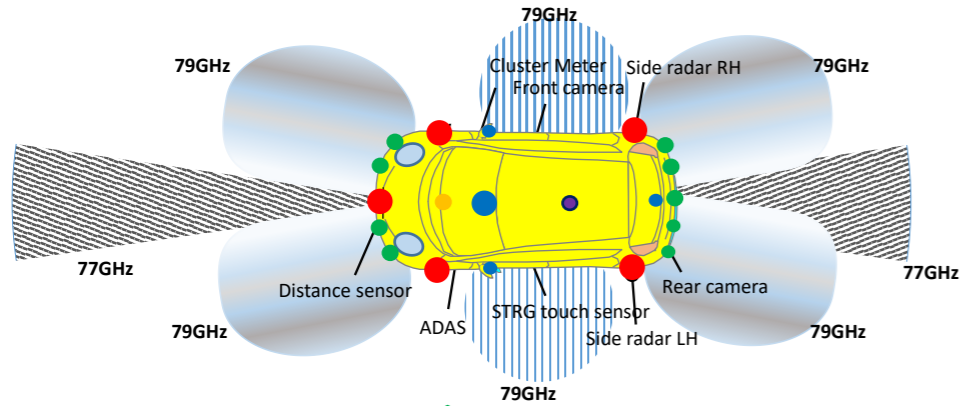
- 各種センサ
- Ethernet
- 人工知能
- 機能安全

現在第3次ブーム
環境対応のニーズの高まりにより、主要市場で競争が激化。

- パワエレ
- 大電力化
- ワイヤレス充電
- 人体ばく露

➡ EMCにおける新しい課題が山積している

次世代の自動車



■ インフラと無線通信でつながる

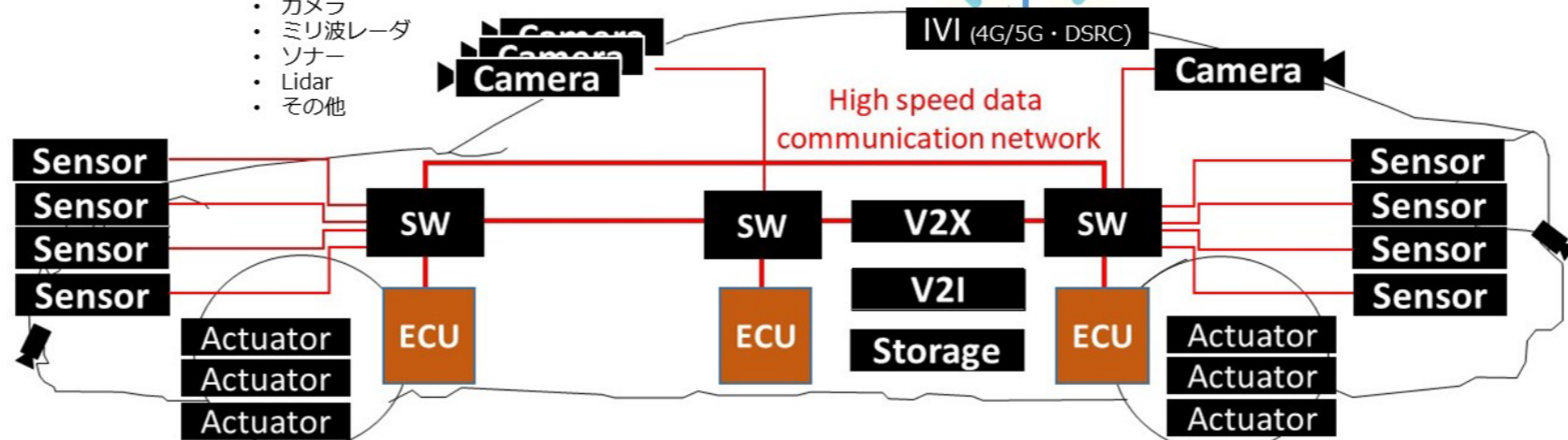


■ 車体周囲に取り付けられたセンサーで周囲360度を監視する

■ 自動車内では高速通信ネットワークが構築され大量のデータが処理される(画像や高精細地図など)

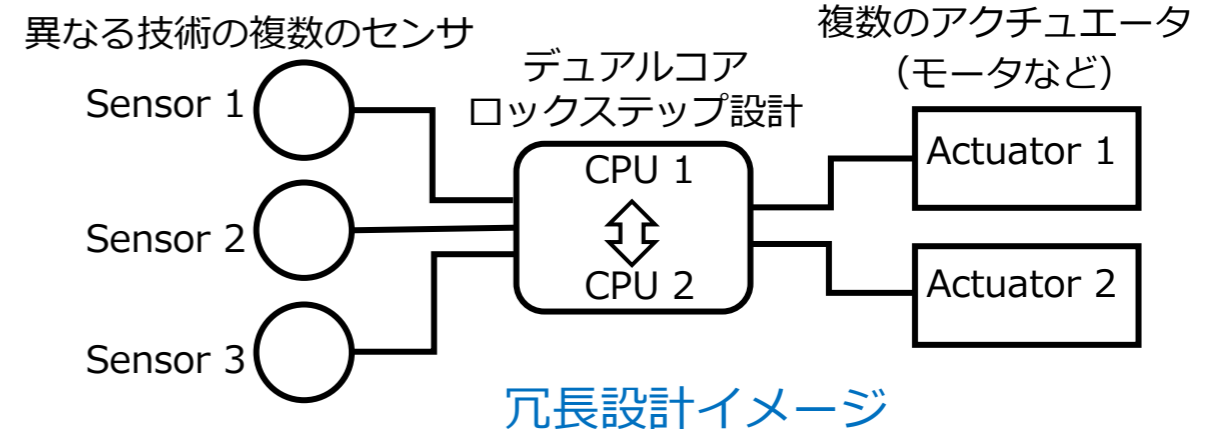


- センサ
- ・ カメラ
 - ・ ミリ波レーダ
 - ・ ソナー
 - ・ Lidar
 - ・ その他

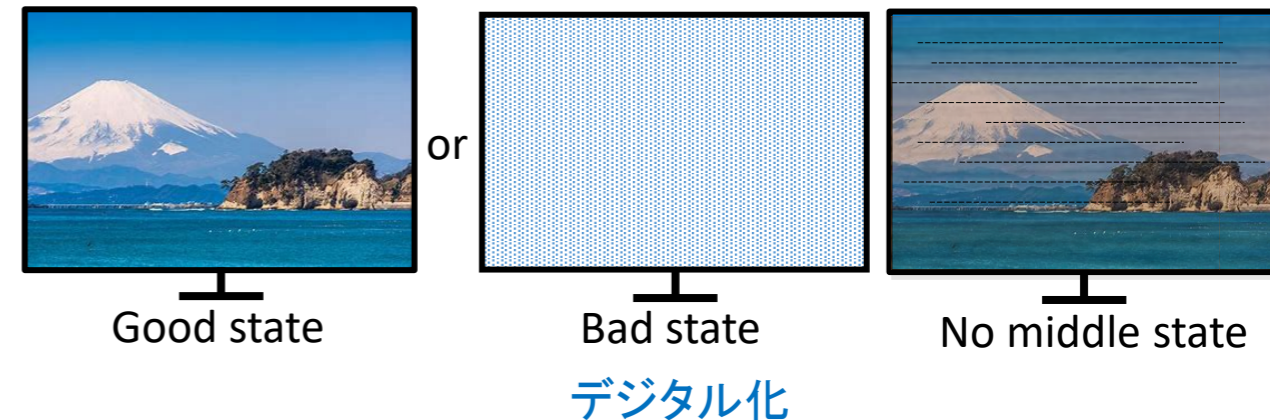


EMC視点での技術的関心事

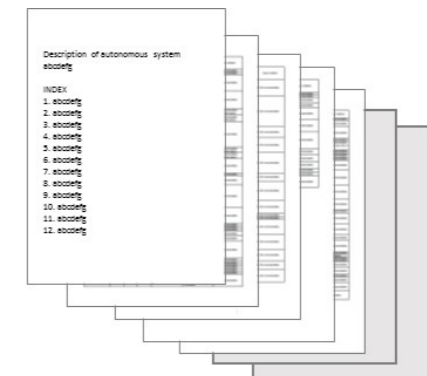
1. 機能安全の視点から冗長設計になっている
 - システムが2系統、3系統に設計される
 - フェイルセーフ機能もEMC試験確認項目の1つ



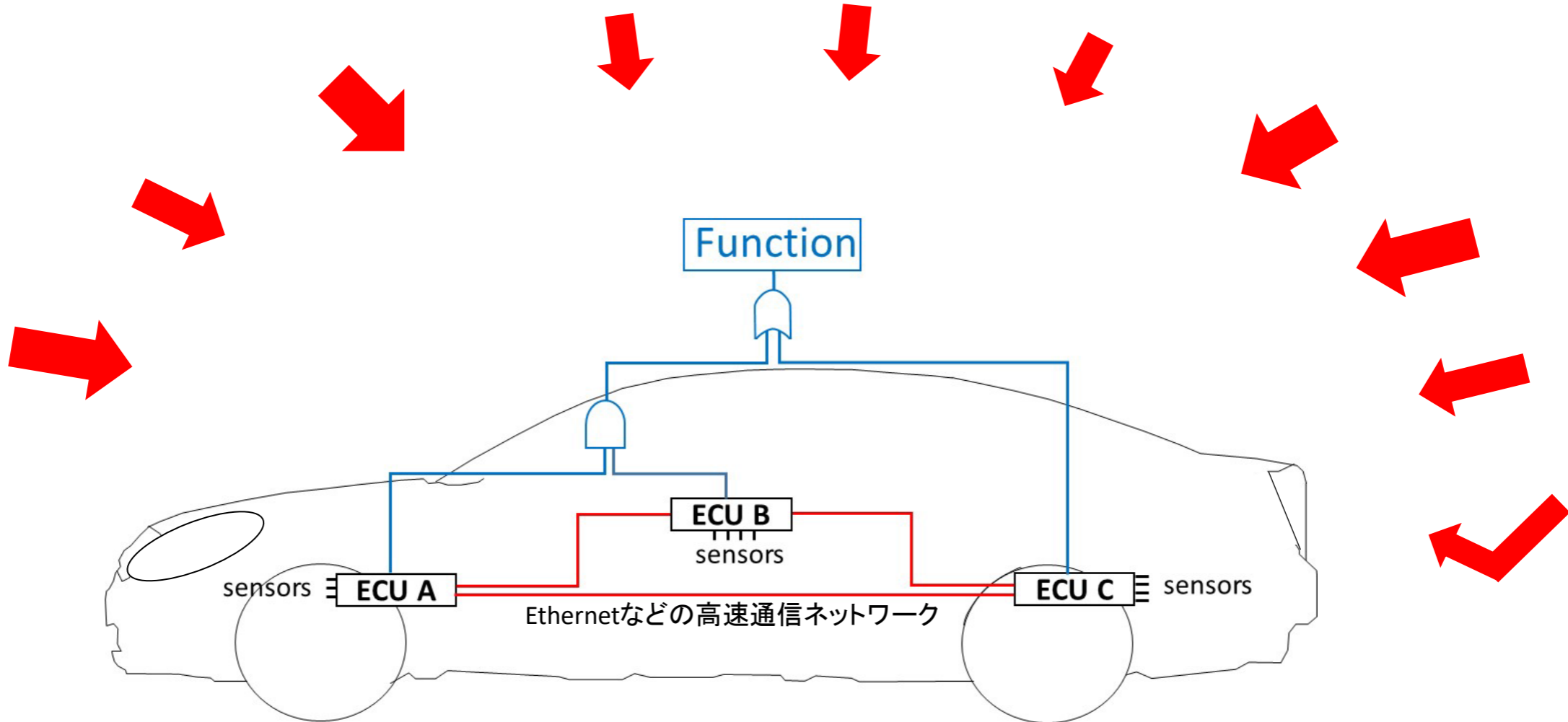
2. システムがデジタル化されている
 - 管理機能を利用した確認
 - ビットエラーの検出



3. 機能安全による設計監理が導入されている
 - リスクに見合った措置 (ASIL)
 - 故障解析(FMEA/FTA)
 - 診断の確実性の定量化
 - 第三者による安全設計の確認



自動運転の冗長設計に対応する試験法



- 自動運転車は冗長設計された高度な統合化システム。特に、通信ネットワークのEMC品質確認は重要項目の1つ
- 車両サイズに対してテストボリュームが十分大きく様々な角度から電磁波を照射できる試験法が求められる
- この要件を満たすリバブレーションチャンバーが今後、車両・車載機器とも使われる機会が増加していくものと考えられる

本日の内容

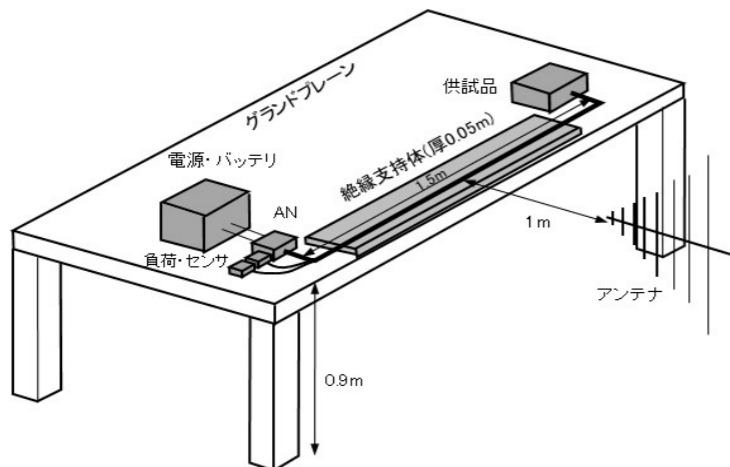
1. 自動車の電磁環境
2. 最近の自動車の特徴
3. 車載機器の電磁波イミュニティ試験
4. リバブレーションチャンバー法

自動車と自動車部品に関するEMC国際規格

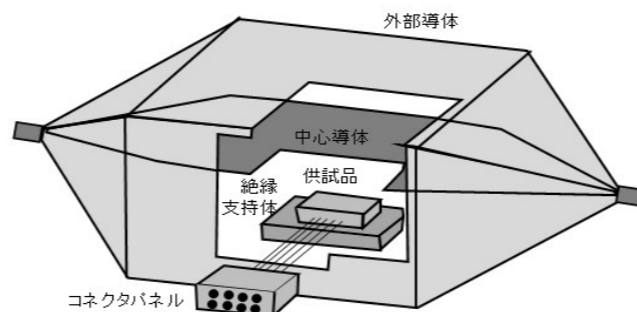
CISPRとISOの自動車EMC規格

		試験	国際規格	印加点/測定点	試験周波数
実車試験	EMI	広帯域雑音測定	CISPR12	10mか3mの距離で電界測定	30MHz~1GHz
		狭帯域雑音測定		10mか3mの距離で電界測定	30MHz~1GHz
		車載受信機保護	CISPR25	自車アンテナの電圧測定	150kHz~5.925GHz
		低周波放射妨害	CISPR36	3mの距離で磁界測定	150kHz~30MHz
	EMS	実車試験一般	ISO11451-1	—	—
		車外放射源法	ISO11451-2	車両に外部から印加	10kHz~18GHz
		可搬型送信機法	ISO11451-3	可搬型送信機により印加	1.8MHz~5.85GHz
		BCI法	ISO11451-4	ハーネスに印加	1MHz~400MHz
	静電気放電試験	ISO10605	人が接触可能部位に印加	—	
部品試験	EMI	車載受信機保護	CISPR25	1mの距離で電界測定 伝導エミッション測定	150kHz~5.925GHz
	EMS	部品試験一般	ISO11452-1	—	—
		無響室法(ALSE)	ISO11452-2	ハーネス/ECUに印加	80MHz~18GHz
		TEMセル法	ISO11452-3	ハーネス/ECUに印加	10kHz~200MHz
		BCI法/TWC法	ISO11452-4	ハーネスに印加	1MHz~3GHz
		ストリップライン法	ISO11452-5	ハーネス(とECU)に印加	10kHz~400MHz
		直接電力注入法(DPI)	ISO11452-7	コネクタピンに印加	250kHz~400MHz
		低周波磁界	ISO11452-8	ECUに印加	15Hz~150kHz
		可搬型送信機	ISO11452-9	ハーネス/ECUに印加	26MHz~5.85GHz
		低周波伝導	ISO11452-10	ハーネスに印加	0Hz、15Hz~150kHz
		リバブレーションチャンバー法	ISO11452-11	ハーネス/ECUに印加	LUF~18GHz
		静電気放電試験	ISO10605	ハーネス/ECUに印加	—
	過渡電圧	試験一般	ISO7637-1	—	—
		伝導	ISO7637-2	電源線にパルス印加/測定	—
		結合	ISO7637-3	電源線以外の線に印加	—
高電圧部品用		ISO/TS7637-4	高電圧線に印加	—	
試験器の検証法		ISO/TR7637-5	—	—	

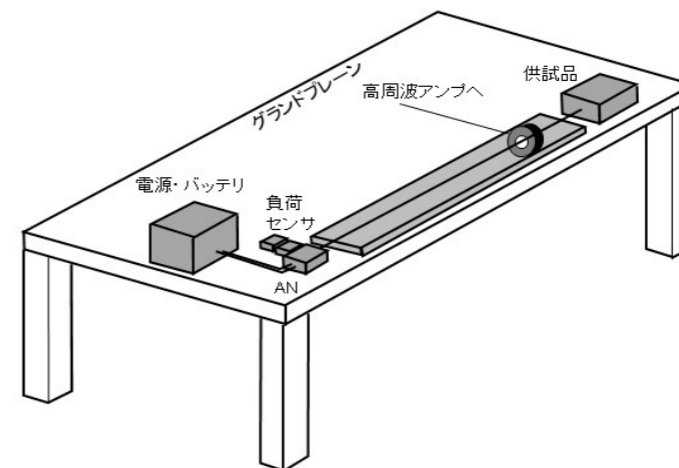
ISO11452 車載機器のRFイミュニティ試験



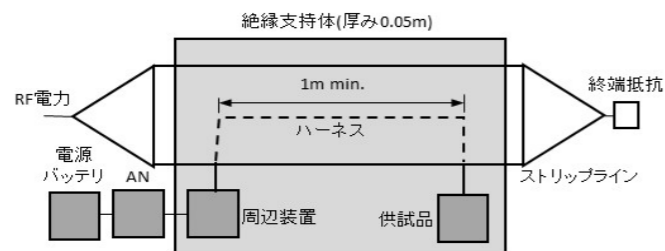
ISO11452-2 ALSE法



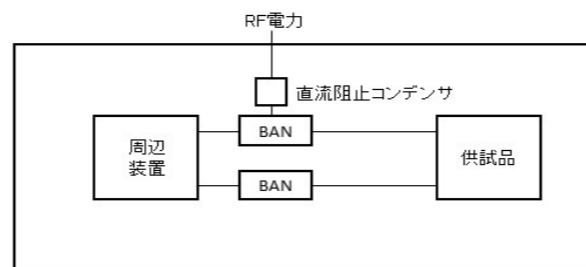
ISO11452-3 TEMセル法



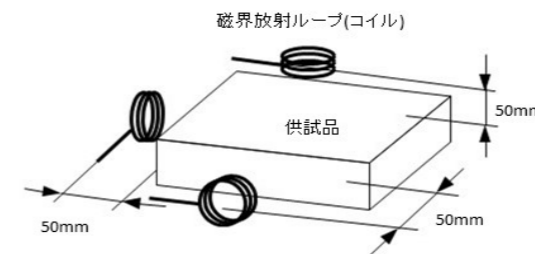
ISO11452-4 BCI法 + TWC法



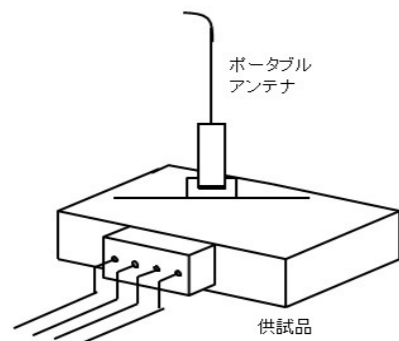
ISO11452-5 ストリップライン法



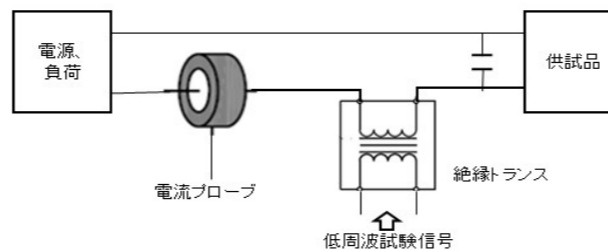
ISO11452-7 BAN法



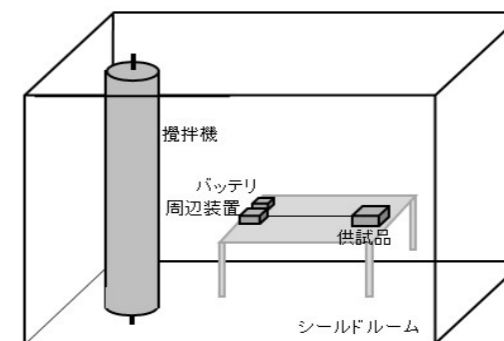
ISO11452-8 低周波磁界試験法



ISO11452-9 可搬型送信機法



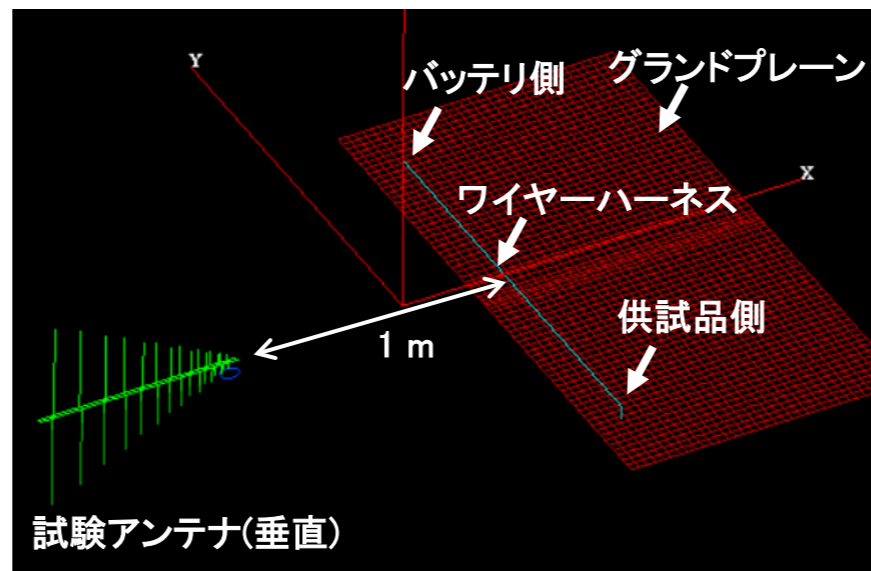
ISO11452-10 伝導電流試験法



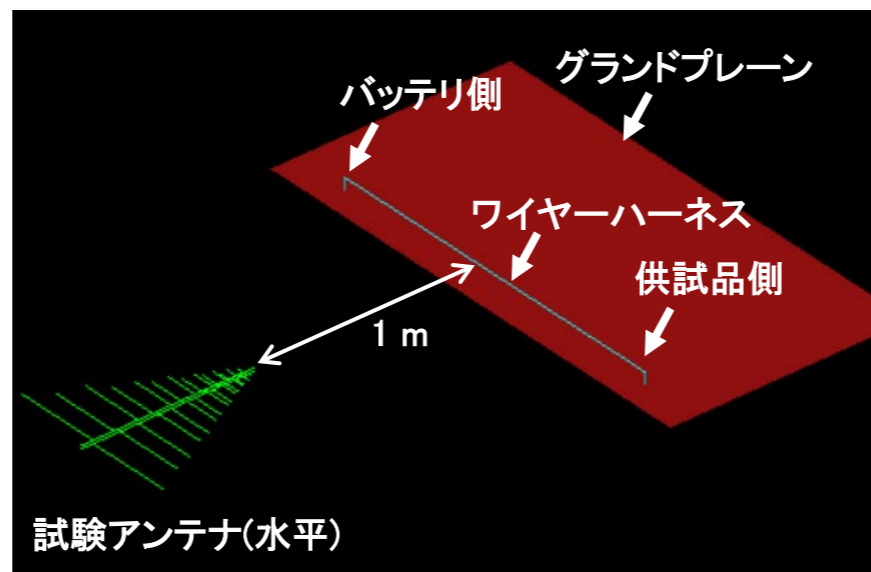
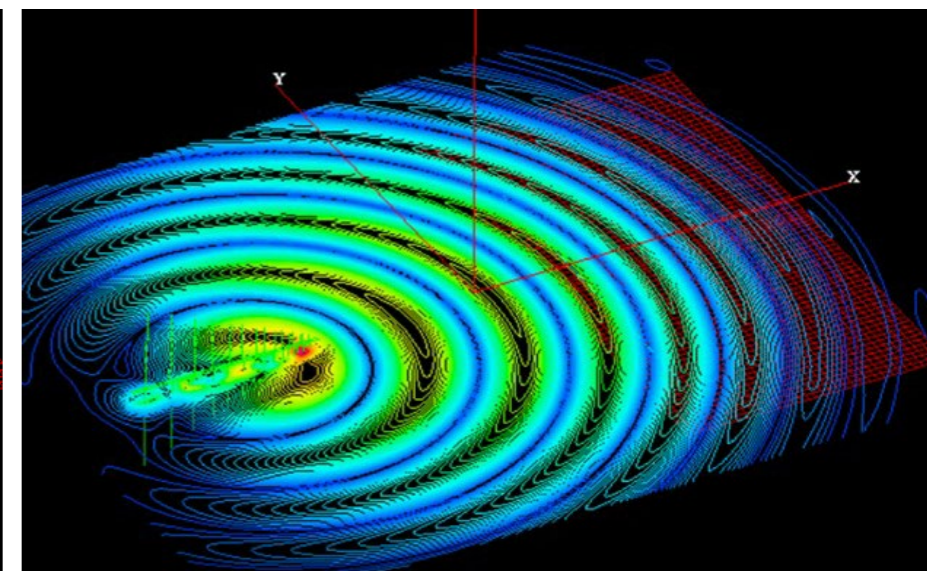
ISO11452-11 リバレーションチャンバー法



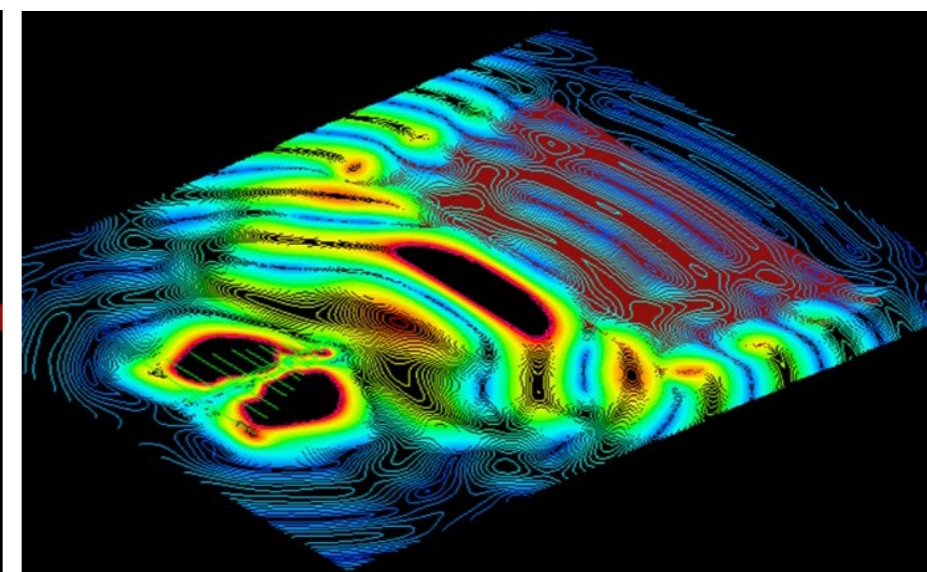
ISO11452-2 ALSE (電波暗室)法



垂直偏波を照射



水平偏波を照射

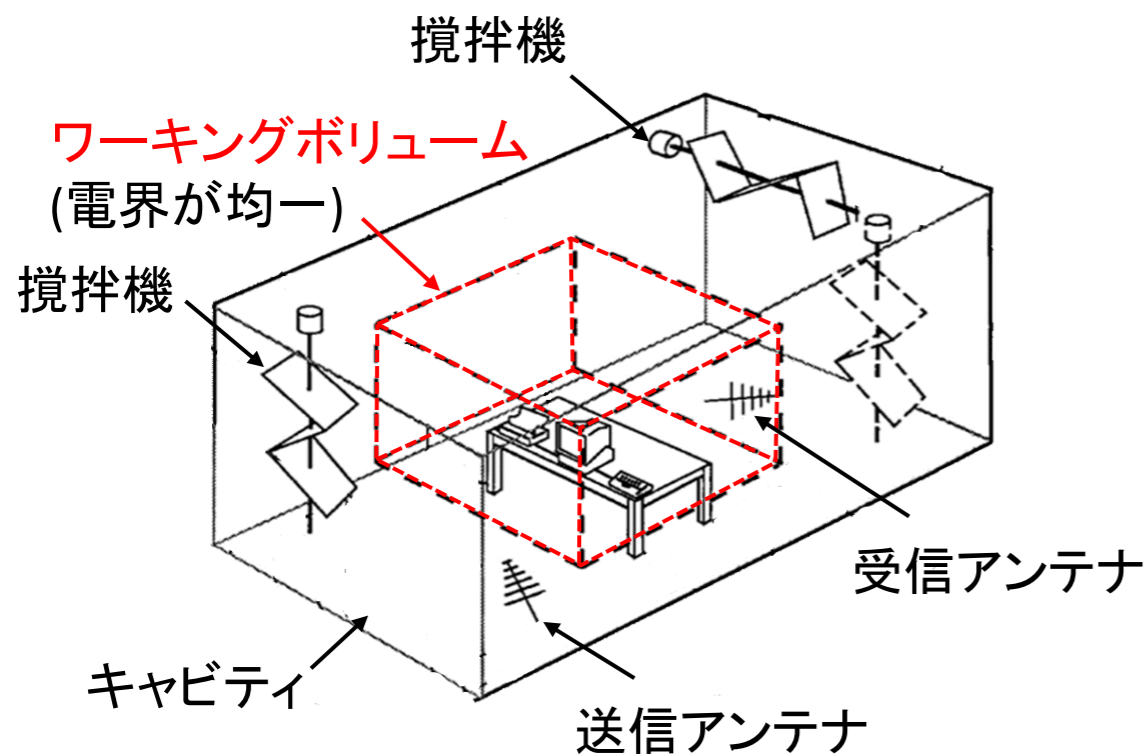


本日の内容

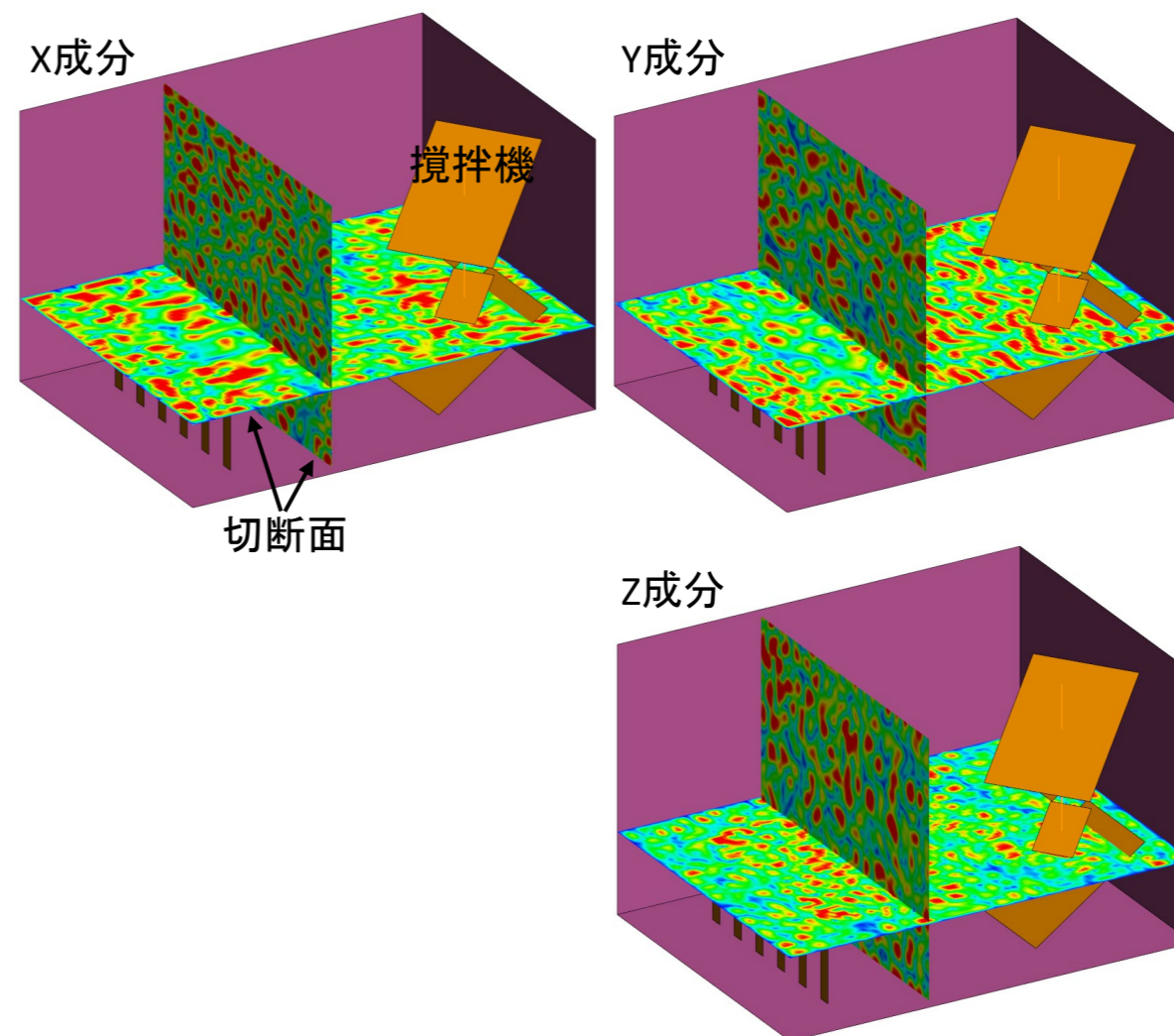
1. 自動車の電磁環境
2. 最近の自動車の特徴
3. 車載機器の電磁波イミュニティ試験
4. リバブレーションチャンバー法

リバブレーションチャンバーとは

- シールドルームと攪拌機から構成される(電波吸収体、ターンテーブルが不要)
- シールドルームの空洞共振を利用して強い電磁界を発生させる
- 攪拌機の回転・移動によりランダムな電磁界分布を生成できる(統計的に均一)

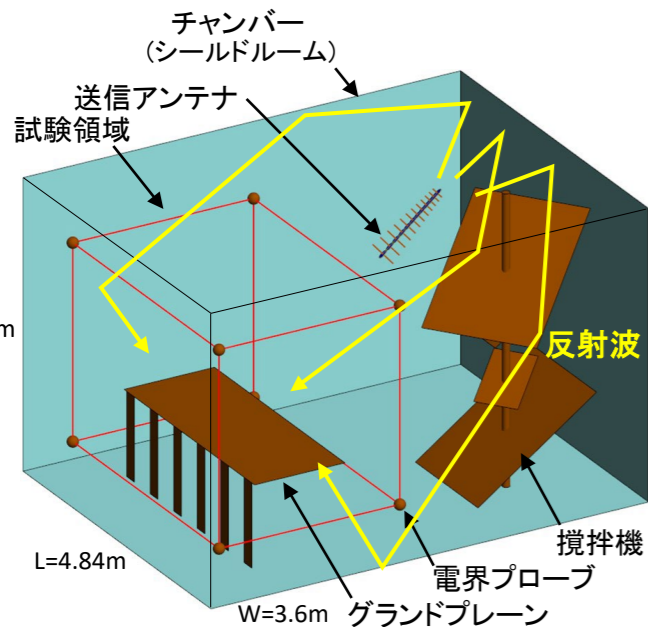


リバブレーションチャンバーの構造の例
(IEC61000-4-21)



リバブレーションチャンバー内の電界の様子 @ 1GHz

リバブレーションチャンバーの動作原理と特性



- チャンバーは波長に比べて大きいサイズであるためマルチモードの空洞共振器となる

チャンバーが空のときの共振周波数 F_{mnp}

$$F_{mnp} = \frac{C_0}{2} \sqrt{\left(\frac{m}{L}\right)^2 + \left(\frac{n}{W}\right)^2 + \left(\frac{p}{H}\right)^2}$$

L, W, H : RVCのサイズ
 m, n, p : モード次
 C_0 : 光速 2.998×10^8 m/s



共振モード構成

- チャンバー内では非常に多くの多重反射波(マルチパス波)が発生する
- 攪拌機により電界分布がランダムに変化する
- 統計的に均一な電磁界分布となる

$$E = E_x + E_y + E_z$$

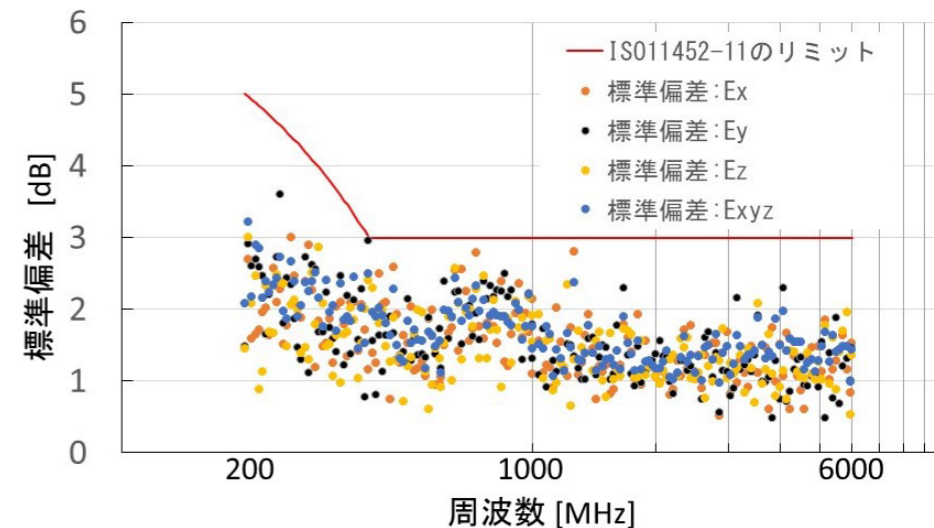
- $E_x = \text{Re}(E_x) + i \text{Im}(E_x)$
- $E_y = \text{Re}(E_y) + i \text{Im}(E_y)$
- $E_z = \text{Re}(E_z) + i \text{Im}(E_z)$

6個の項は互いに独立

→ 実数項と虚数項の平均値はゼロ

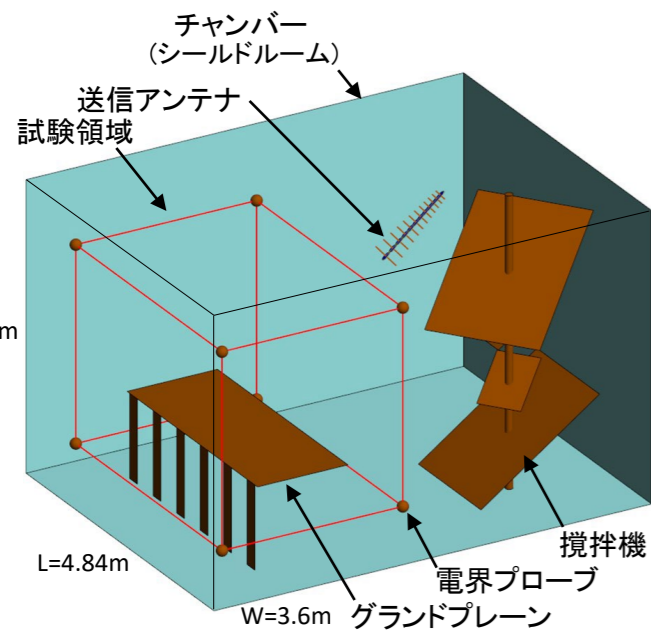
→ 分散は $|E_{x,y,z}|^2/6$

- どの点でも振幅が一樣
- 全ての方向から到来
- ランダムな偏波特性



電界分布の標準偏差

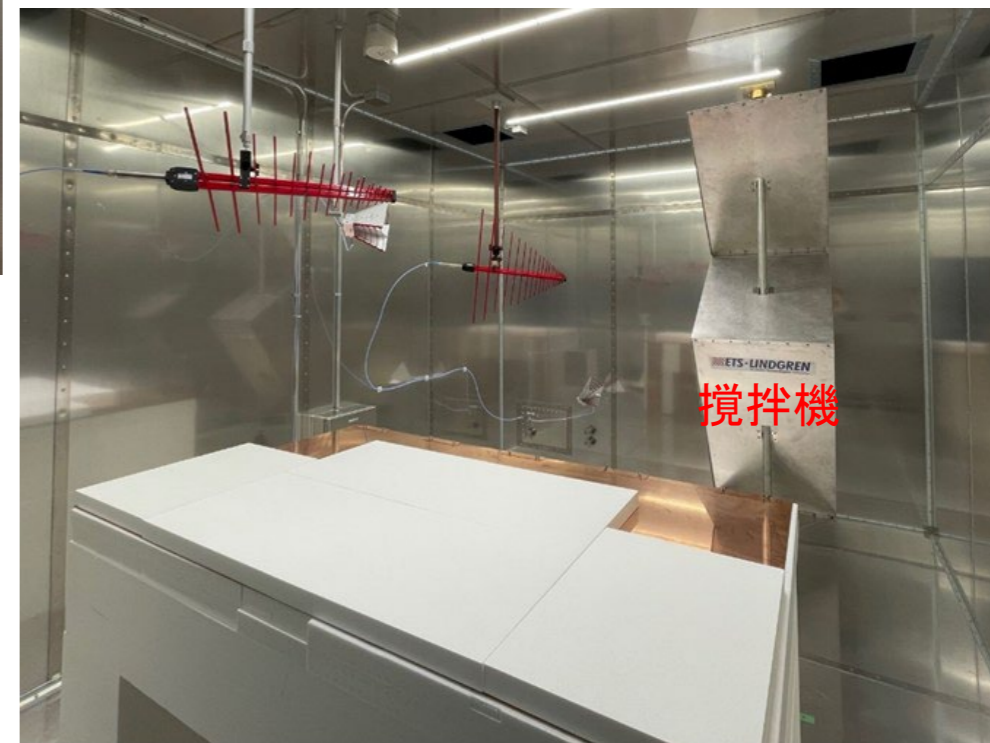
リバブレーションチャンバーの実例



JQA安全電磁センター(東京都八王子市)の
リバブレーションチャンバー

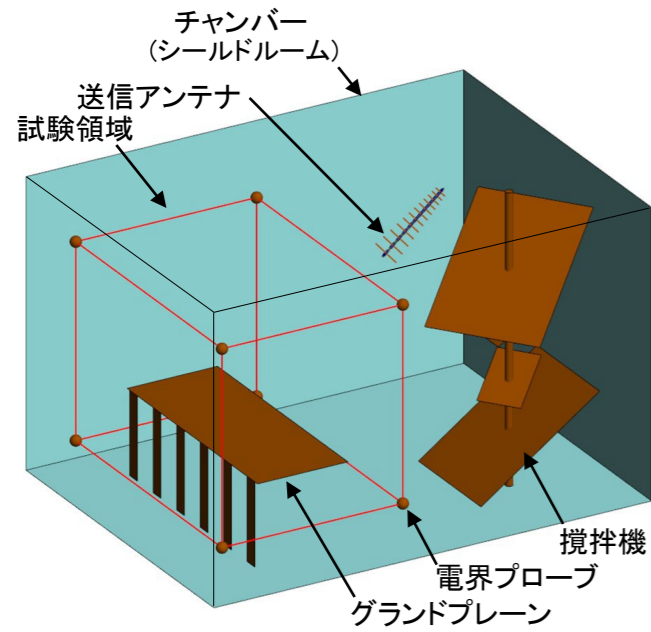
<仕様>

- 適合規格: ISO11452-11及びIEC61000-4-21に準拠
- 周波数範囲: 200MHz~6GHz

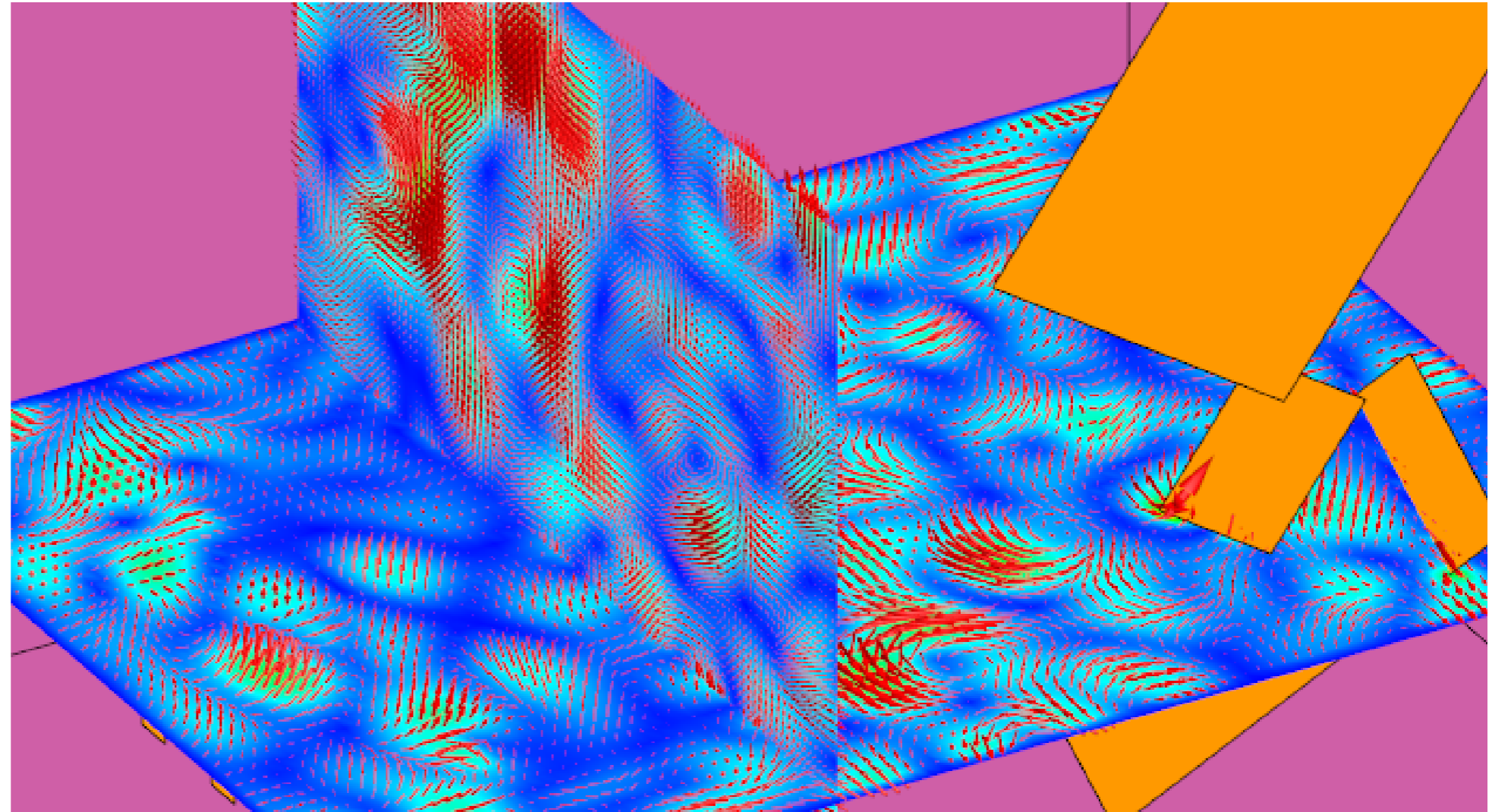


JQA中部試験センター(愛知県北名古屋市)の
リバブレーションチャンバー

リバブレーションチャンバー内の電界分布の変化



攪拌機 345度

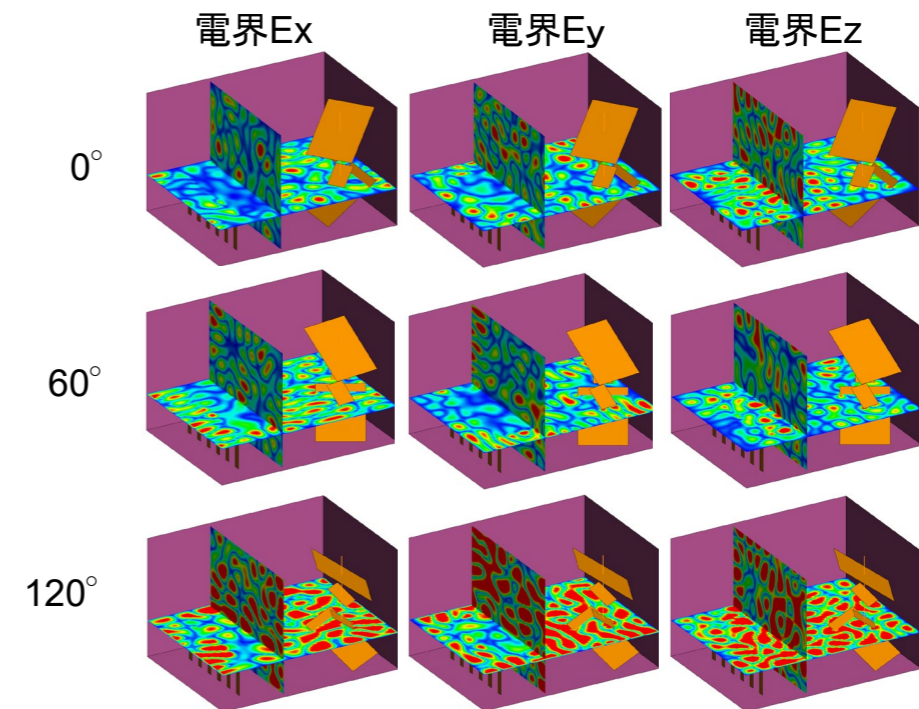
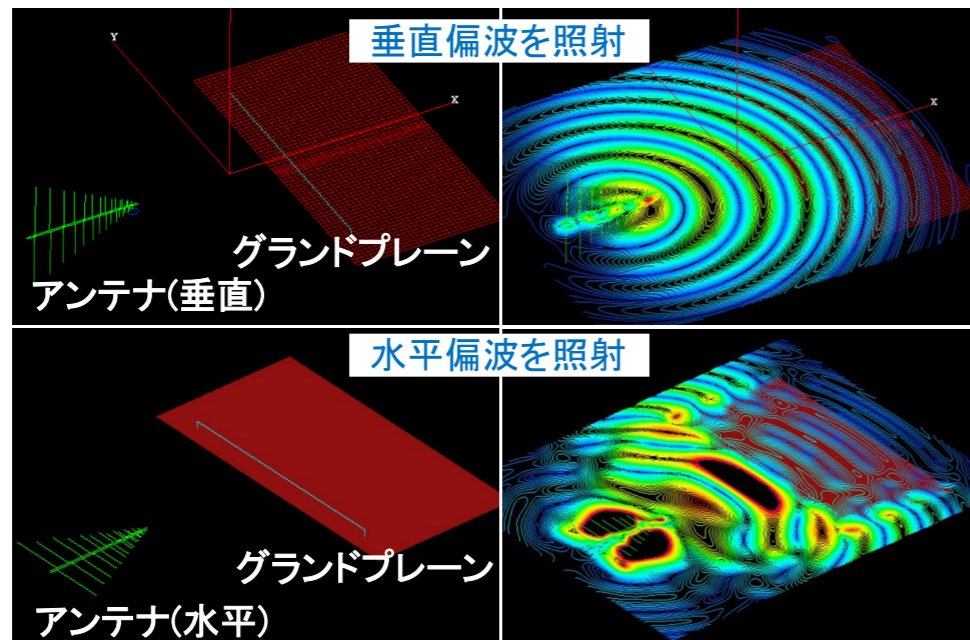
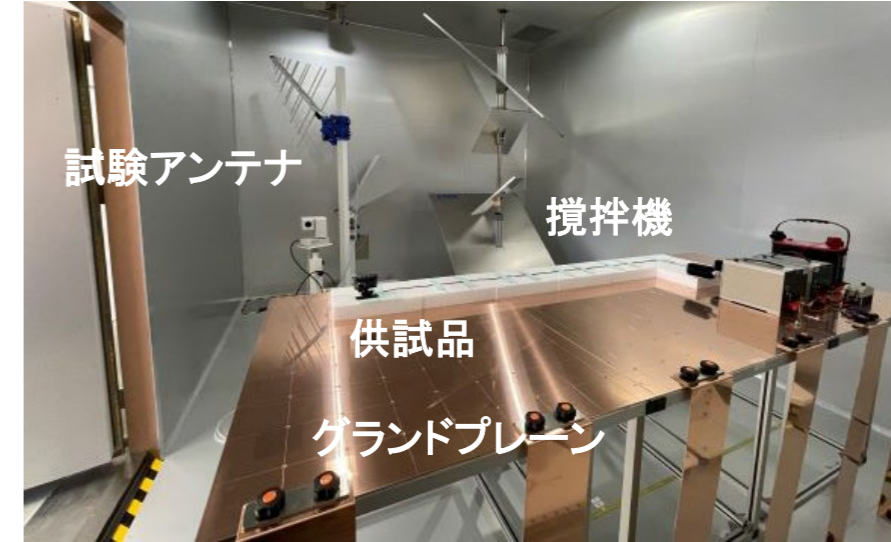


リバブレーションチャンバー内の電界の変化@ 500MHz

従来タイプの実績のある電波暗室



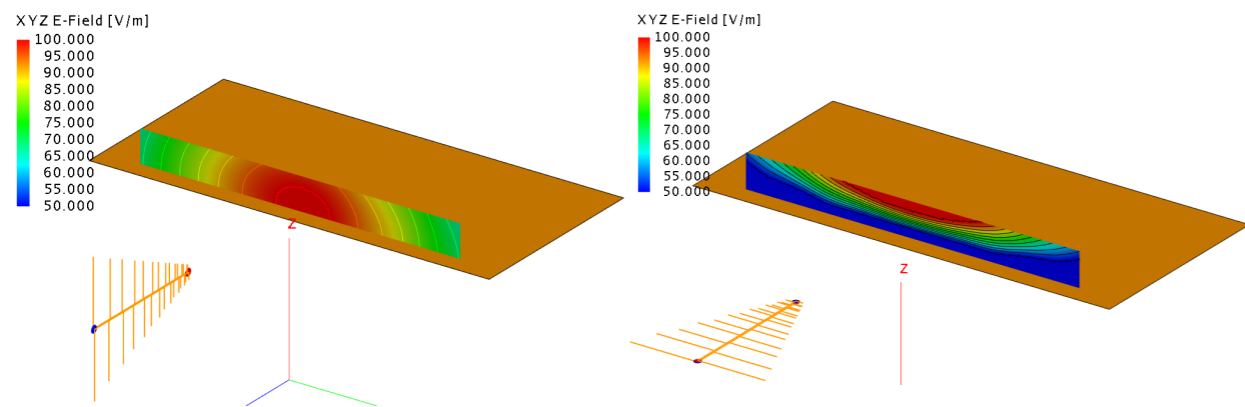
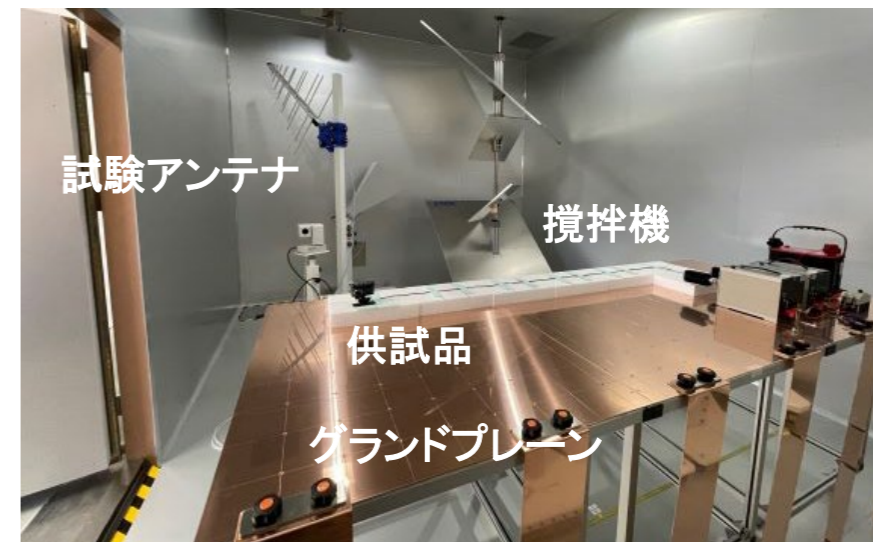
期待が高まっているリバブレーションチャンバー



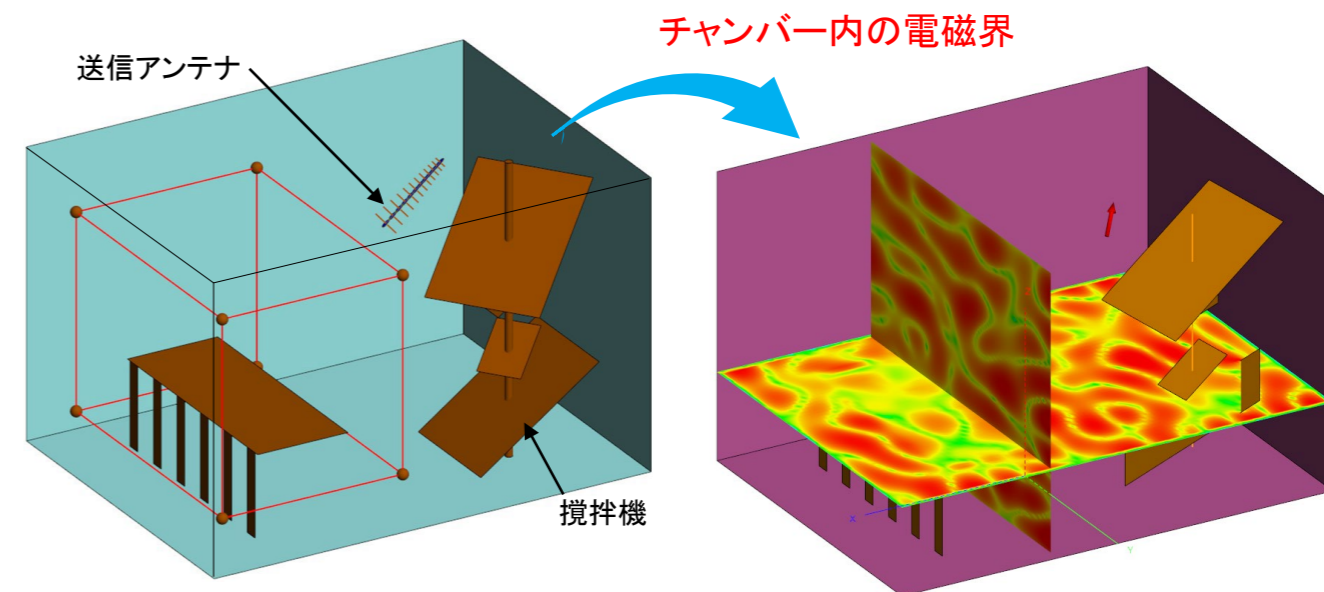
従来タイプの実績のある電波暗室



期待が高まっているリバブレーションチャンバー



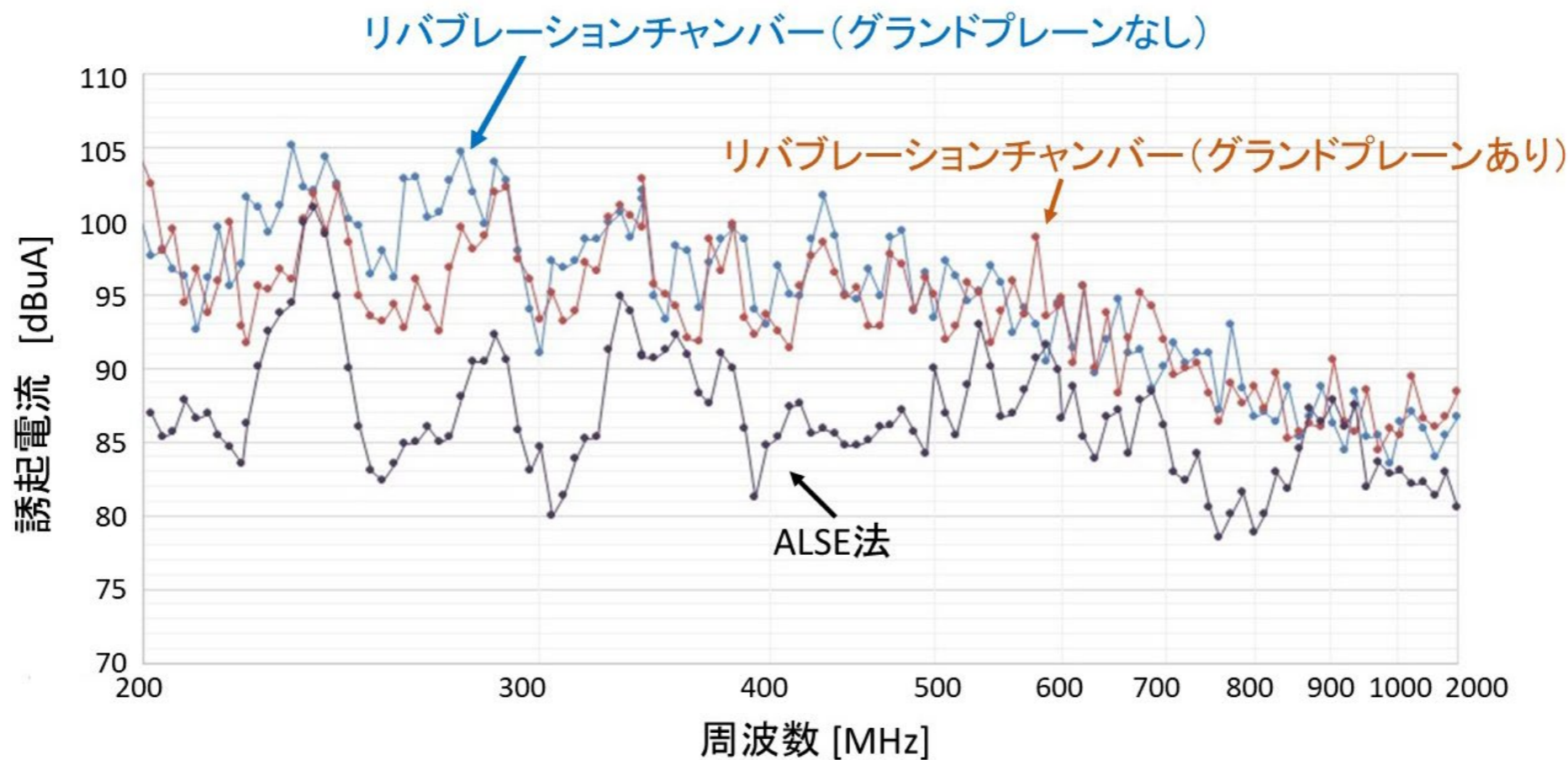
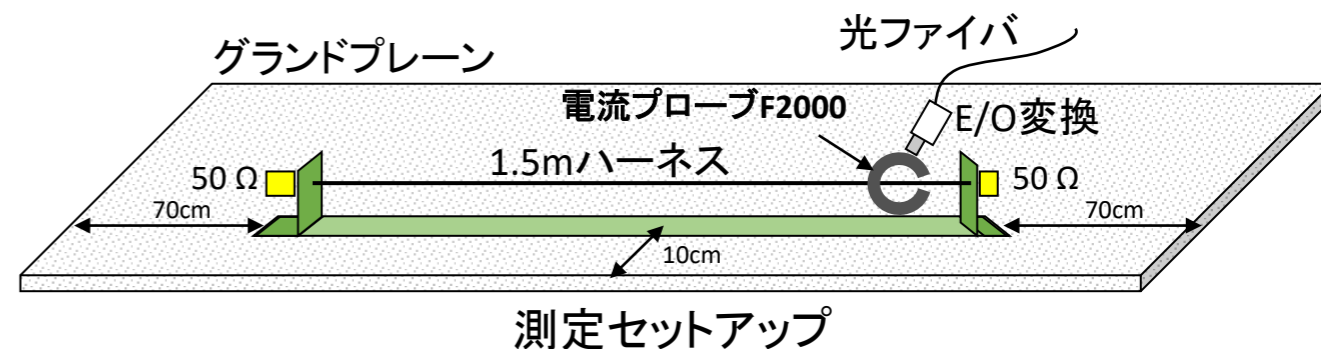
電界校正が面



電界校正が立体

リバブレーションチャンバー法とALSE法との比較結果の例

- リバブレーションチャンバー法: ISO11452-11
- ALSE法: ISO11452-2
- 印加電界強度;ともに100V/m



リバブレーションチャンバー法のまとめ

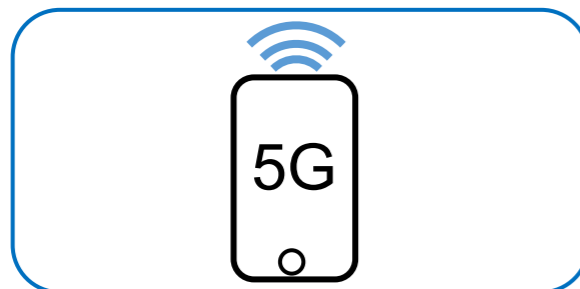
■ リバブレーションチャンバーの特徴は？

- シールドルームと攪拌機から構成される(電波吸収体、ターンテーブルが不要)
- シールドルームの空洞共振を利用して小さな電力で強い電磁界を発生させる
- 攪拌機の回転・移動によりランダムな電磁界分布を生成できる(統計的に均一)
- 従来型電波暗室に比べると、小さなパワーアンプで試験電界を発生できる

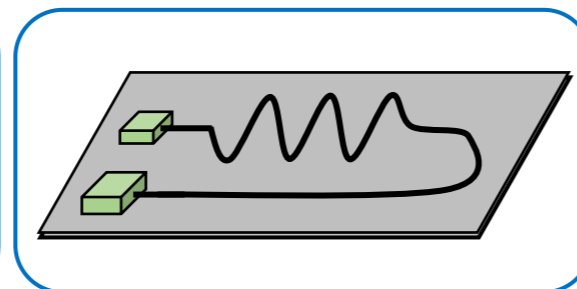


■ 試験方法としてのアドバンテージは？

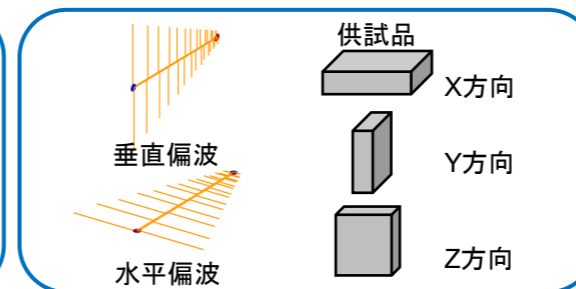
- GHz帯の高周波まで安定した試験が行える
- 試験ボリュームが大きいいため長いハーネスにも品質の高い試験が行える
- 時間短縮、手間が省ける (アンテナ位置、偏波、供試品の向き を変える必要がない)
- 複数個のサンプルを同時に試験できる (N増し確認試験やシステムレベルでの評価が行える)



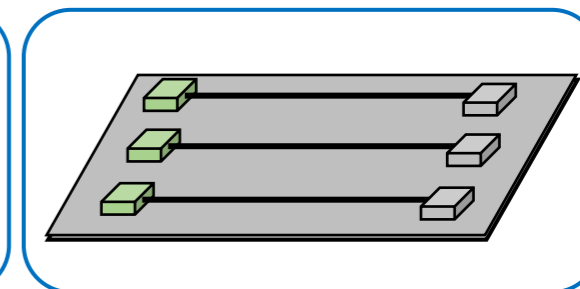
高い周波数まで試験できる



長いケーブルも試験できる



手間いらずに試験できる



複数個同時に試験できる

ご清聴ありがとうございました

安全電磁センター営業課

〒192-0364 東京都八王子南大沢4-4-4

TEL 042-679-0246 / FAX 042-679-0170

E-mail jtp-automotive@jqa.jp

中部試験センター営業課

〒481-0043 愛知県北名古屋市沖村五反22

TEL:0568-24-5111 / FAX:0568-24-5122

E-mail chubu-automotive@jqa.jp

北関西試験センター営業課

〒562-0027 大阪府箕面市石丸1-7-7

TEL 072-729-2244 / FAX 072-728-6848

E-mail kita-automotive@jqa.jp