

論文・解説

29

マイクロ波帯EMC設備の紹介

Introduction of EMC Equipment for Microwave Band

上垣内 良三*¹ 波津久 哲士*² 網本 徳茂*³
 Ryouso Kamigauchi Tetsushi Hazuku Norishige Amimoto
 八塚 誠司*⁴ 宮原 勝三*⁵ 清水 昌則*⁶
 Seiji Yatsuka Katsumi Miyahara Masanori Shimizu

要約

最近はマイクロ波を使う携帯電話や自動料金収集システムといった機器が著しく増加している。このために、マイクロ波帯のEMC (Electromagnetic Compatibility) 対策が強く求められてきている。また、関連規制法も検討されている。これらの動向を踏まえ、マイクロ波帯のEMC設備を導入した。

EMCテスト設備は、EMS (Electromagnetic Susceptibility)、EMI (Electromagnetic Interference) の評価用に分けられる。EMS評価は、外来ノイズに対する機器の耐ノイズ性を評価するものである。従来の変調方式に加え携帯電話等で使用されているデジタル変調にも対応している。EMI評価は、車載している電装品から発生するノイズの強度を評価するものであり、各種国際規格に対応できるものとなっている。

Summary

The number of equipment such as cellular phones or Electric Tool Collection system, which uses microwave, is now on the remarkable increase. For this reason, EMC (Electromagnetic Compatibility) measurements for microwave bands have been strongly requested. Moreover, the possibility of execution for the regulations system will be forecast in the near future. EMC equipment of the microwave band has been introduced so as to meet these trends.

The intended use of EMC test equipment are divided into evaluations of EMS (Electromagnetic Susceptibility) and EMI (Electromagnetic Interference). The EMS equipment evaluates the immunity of vehicle electronics systems from noises coming from an outside vehicle, which accommodates digital modulation used by the cellular phone in addition to conventional modulation methods. The EMI equipment evaluates the magnitude of the noise generated from the on-board vehicle electronics systems, and can meet various international standards.

1. はじめに

近年の自動車は、「走るコンピュータ」と呼ばれるように、数多くの電装品を搭載している。また、これら電装品は利便性のためだけでなく、「走る」「曲がる」「止まる」といった自動車の基本性能や「安全」に関係する重要なシステムにも採用されており、その信頼性確保はますます重要になっている。これらの電装品の信頼性に対しては、多くの厳しい評価項目がある。その中で電装品特有の信頼性評価項目として電磁気環境適合性 (Electromagnetic

Compatibility : 以下EMC) がある。なお、ここでいう電磁気とは、空中に存在する電磁波 (単に電波ともいう) と、電線等に流れる電流や電圧の総称である。

1.1 EMCとは

EMCとは、放送波等信号や不要な電磁気ノイズ (以下ノイズ) が混在する電磁気環境と電装品との関わり合いであり、以下の二つの性能を両立することである。

- ① EMS性能 : 外から来るノイズに対し影響を受けない性能 (Electromagnetic Susceptibility : 以下EMS, 単にImmunity「イミュニティ : 免疫性」と呼ぶこともある)

* 1 ~ 3 電子開発部
 Electrical & Electronics Development Dept.
 * 5 R & D業務効率化推進部
 R&D Administration Innovation Dept.

* 4 MNAO
 Mazda North American Operations
 * 6 プラント技術部
 Plant Engineering Dept.

で、例えば、放送局からの電磁波等により電装品が影響を受けない性能のことである。

- ② EMI性能：自ら発生するノイズが他の電装品やテレビ受信機等に影響を与えない性能（Electromagnetic Interference：以下EMI，単にEmission「エミッション：放出」と呼ぶこともある）で、一般的な例としてはラジオへのノイズやエンジンの点火系部品からのノイズによるテレビ映像の乱れがある。

つまり、電装品とノイズ（電磁気環境）の両方が存在しないと、EMCの問題は発生しないのである。

1.2 電装品とEMCの歴史

自動車創成期頃にはモータやランプなど単純な構造の電装品がほとんどで、EMCも問題となることはなかった。ところが、電装品よりも先に発達した一般家庭で使われる電化製品により、EMIが注目されるようになった。1950年代よりテレビが普及し、それに伴い自動車から発生するノイズの抑制が要求されるようになった。特にエンジンの点火系部品から発生するノイズが社会的に問題となり、1960年代よりアメリカ・カナダ、ヨーロッパでEMI規制が始まった。マツダでもEMI規制の対応として、三次試験場に専用の実験場を設けている。また、サプライヤと共同開発して非常に有効な対策技術を開発できた。この技術はEMI規制だけでなく車載ラジオへのノイズ混入抑制に貢献した。

1970年代から1980年代にかけて、マイクロコンピュータに代表される電子技術の発達によりエンジン制御やステアリング制御、ブレーキ制御、エアバック制御といった自動車の重要部品や安全装置に電装品が採用され始めた。しかしマイクロコンピュータ等の電子部品は比較的ノイズの影響を受けやすい弱点があり、放送波等の混入によるEMSが問題となった。マツダでは1981年にEMS性能評価には不可欠な電波暗室を導入した。この電波暗室とは電磁波的な無響室のことで、室内に電磁的に無限空間を再現するために、内外の電磁波を遮断し、かつ、壁面で電磁波を吸収させるという特殊な設備である。その当時EMS開発の中心設備として活躍した。

また、1980年代後半より電装品のコンピュータ化が普及し、更に、電磁波利用が身近なものになりつつあった。このような背景から、今までのEMI規制と併せてEMSを規制するEMC規制が1997年ヨーロッパで始まり、その後日本を含め各国で規制化となった。1981年に導入した電波暗室は小型であり、またその関連設備では発生電界強度が小さいことなど規制に対応できなかった。そこで1993年に導入したのが中型電波暗室等のEMCテスト設備である⁽¹⁾。

1.3 マイクロ波帯への移行

EMC規制を検討していた当時には、ラジオやテレビの地上放送局、800MHz帯の携帯電話を含む一般的な無線機を主な対象としていたため、規制の上限周波数は1GHzまでとなっていた。ところがここ最近では、利用周波数帯の逼

迫や電子技術の発達により、マイクロ波帯への移行が進んできている。代表的なものとして、デジタル携帯電話（1.5GHz、2GHz）やITS（Intelligent Transport Systems）に含まれる自動料金収集（Electric Toll Collection）システム（5.8GHz）などである。このマイクロ波とは波長がセンチメートル（1～100cm）の範囲にある周波数の総称であり、一般的には300MHz～30GHzの電磁波である。このような背景から、規制の上限周波数見直しが検討されている。

マツダでは実機や実機を模擬した物で評価・開発していた。しかし、これらでは規制の設備要求を満足しないため、規制化に対応し、マイクロ波帯の評価を可能とするよう、2000年にEMSテスト設備、2003年にEMIテスト設備の能力を18GHzまで拡張した。以下にこれら設備の紹介をする。

2. EMSテスト設備

EMSテスト設備は、信号発生器・高周波アンプ・電力計・アンテナ・電界センサ・ケーブル・コントローラから構成される（Fig.1）。この設備は、マイクロ波特有の問題である伝送損失を極力抑えるため、信号発生器からアンプまでを一体化しテスト室内に設置することで、放射アンテナと最短で接続できる構成としている。このため、放射した電磁波で自らが影響を受けないよう、各部にシールドを施すとともに、計測室にあるコントローラとは50mに及ぶ光ファイバーで接続し、システム全体を制御している。

以下に、今回導入した1G～18GHzの周波数帯の電磁波発生装置について紹介する。この設備は、ISO11451-

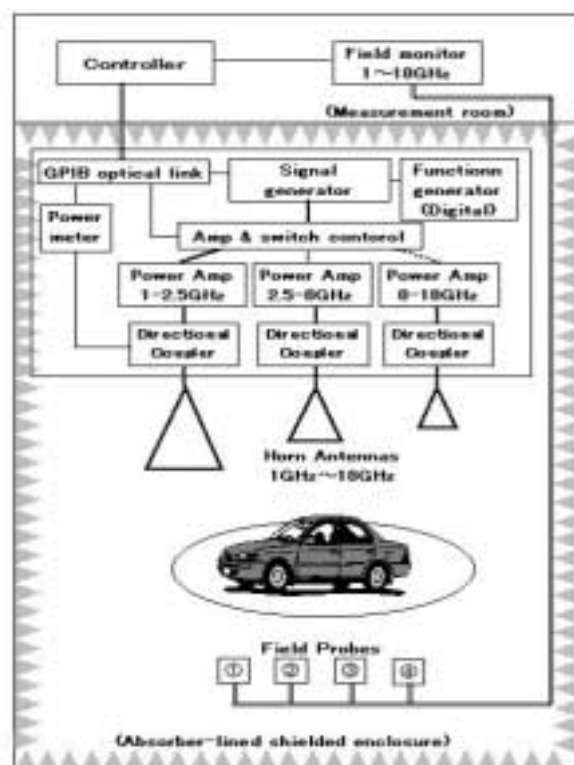


Fig.1 EMS Test Equipment System

2:Road vehicles-Vehicle test methods for electrical disturbances from narrowband radiated electromagnetic energy-Part 2 : Off-vehicle radiation sources に準拠した設備である。

2.1 信号発生器

携帯電話等で使用されている主要な周波数，変調方式に対応できるものとなっている。

2.2 高周波アンプ

信号発生器からの電磁波を，所要の強さまで増幅するものである。広帯域かつ大出力が必要であり，帯域を3分割して3台のTWT（進行波管）による真空管アンプで構成している。

2.3 電力計

アンプからの電力を測定するため，方向性結合器を用いて進行電力・反射電力の測定を行っている。アンテナ系の不具合で反射電力が一定レベルを超えると，電波の発射を停止させる保護機能も持たせている。

2.4 アンテナ

電波の出口であるアンテナは，高周波アンプと同じ周波数帯の3種類のを導入した。また，少ない電力でも強い電界の電磁波が発生できるように，非常に効率の良いものとなっている。

2.5 電界センサ

アンテナから放射した電磁波の強度を測定するためのマイクロ波専用の電界センサであり，同時に4カ所の電界計測が可能となっている。

2.6 コントローラ

各種規制のテストモードを自動的に行うため，パーソナルコンピュータによるシステムを構築している。これによりEMS計測の効率化を図っている。

3 . EMIテスト設備

CISPR12 : Vehicles , motorboats , and spark-ignited engine-driven devices-Radio disturbance characteristics-Limits and methods of measurement (CISPRとは国際無線障害特別委員会のことであり ， フランス語のComite International Special des Perturbations Radioelectriquesの略語) ， および ， CISPR25 : Radio disturbance characteristics for the protection of receivers used on board vehicles , boats , and on devices-Limits and methods of measurement に対応したEMI設備として，150k ~ 18GHzの電磁波計測システムの紹介を以下にする。

このシステムの基本構成は，レシーバ，アンテナ，プリアンプ，コントローラから成る (Fig.2)。

3.1 レシーバ

レシーバは，電装品から放出するノイズの強度を測定する広帯域受信機である。

電装品から放出されるノイズは，広帯域ノイズと狭帯域ノイズに分類される。広帯域ノイズは，点火系やモータのブラシから出る，広い帯域の周波数成分を持つ電磁波である。狭帯域ノイズは，主にコンピュータから出る，特定の周波数のみの電磁波である。CISPR12やCISPR25では，狭帯域と広帯域ノイズに対しそれぞれ異なる許容値を規定している。

今回導入したレシーバは，尖頭値（ピーク）検波，準尖頭値検波，平均値検波でノイズ強度の測定を行うことにより広帯域 / 狭帯域ノイズを判別することができる。測定範囲は，20Hz ~ 26GHzである。

3.2 アンテナ

150k ~ 18GHzの電界を測定するため，三つの帯域に分けたアンテナを使用する。150 k ~ 30MHzではモノポールアンテナ，30 M ~ 1GHzではトリログアンテナ，1G ~ 18GHzではホーンアンテナを使う。また遠隔で，水平，垂直の偏波，アンテナ高さを調節できる。

3.3 プリアンプ

プリアンプは，レシーバの直前（アンテナの直下）に取り付け，微弱なノイズの増幅を行うものである。これは電装品から発生するノイズが低レベルのため，レシーバの感度やアンテナの効率を良くしてもこの許容値までの測定ができない場合がある。このために高利得で低雑音のプリアンプを選定することで，微弱なノイズの測定を可能とした。

3.4 コントローラ

パーソナルコンピュータに自動測定システムを導入して，レシーバやアンテナの制御を行うことでEMI自動測定を実現している。

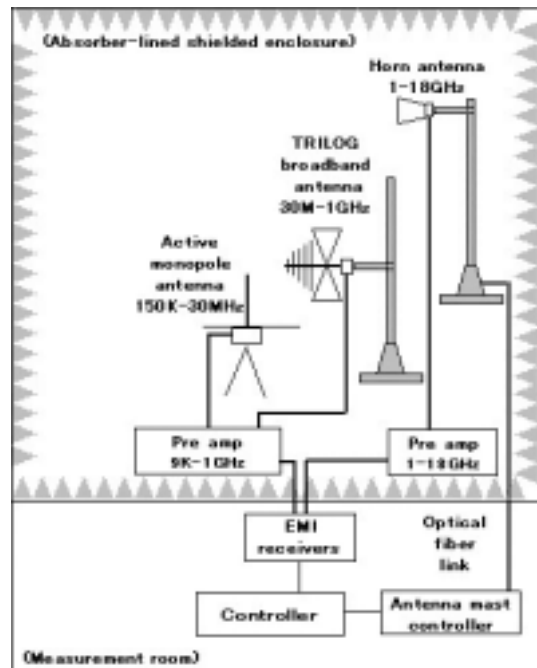


Fig.2 EMI Test Equipment System

4. おわりに

今後の動向としてマイクロ波を超えミリ波領域(30G~300GHz)の利用が活発になって来ている。例としては、車間レーダ(76GHz帯)がある。今後この設備を有効に活用し、マイクロ波領域のEMCを確保して、規制に対応するという社会的責任を果たすことはもちろんのこと、今以上のマツダ車の信頼性向上に役立て、そしてミリ波まで見据えた技術開発が急がれる。また、従来の内燃機関に代わって電気をエネルギー源とした自動車が実用段階にきており、電装品の信頼性確保のためEMC技術の向上は最重点課題といえよう。更には、新しい評価技術・シミュレーションを利用したVirtual Testingにより、安全で環境にやさしい新しい自動車の発展への貢献も推進して行く必要がある。

参考文献

- (1) 上村 他：EMC設備の紹介，マツダ技報No.12，
P.187-191 (1994)

著 者



上垣内良三



波津久哲士



網本徳茂



八塚誠司



宮原勝三



清水昌則