

3. 自動車のEMC（電磁的両立性）国際基準の国内導入検討状況と研究の現状について

自動車安全研究領域
（社）日本自動車工業会

※長谷川 智紀 伊藤 紳一郎 松村 英樹
野島 昭彦

1. はじめに

現在の自動車は、交通事故削減、環境問題等の点から、予防安全の充実や環境対策のため、電子技術を用いた高度化が進んでいる。特に、自動車の基本である「走る」「曲がる」「止まる」を制御する部分に、電子技術／機器が多く用いられるようになってきた。

一方、情報社会の現在では、日常的に電波を利用することが多くなり、自動車の周辺はもちろん、車内においても携帯電話に代表される電波を利用した電子機器が持ち込まれるようになってきた。

こういった環境下で生じる問題として、電磁的両立性(EMC:ElectroMagnetic Compatibility、以後 EMC という)の問題がある。EMC は、電磁妨害波(EMI:ElectroMagnetic Interference)と電磁耐性(Immunity)から構成される。

電磁妨害波は電子機器から発生し、通信や放送への混信、他の機器への障害を及ぼす可能性のある電磁エネルギーのことをいい、特に30MHz以上の高周波においては、波長が短くなることもあり、電子機器の回路や電源線がアンテナとして作用し、電磁エネルギーが電子機器から放射される放射妨害波(radiated emission)が主となる。

一方、電磁耐性は、通信や放送による電磁エネルギー、他の装置から放射される電磁エネルギー、自然現象による電磁エネルギーの影響に対する電子機器の耐性をいう。

EMC とは、電子機器より電磁妨害波を放出することも、周辺電磁波に影響を受けることもなく、その性能を十分に発揮できることである。

自動車における EMC の問題では、電磁妨害波として、従来、ガソリンエンジンの点火装置から生じる広帯域に発生する放射妨害波がほとんどであった。例え

ば、一昔前では二輪車が近くを通るとラジオにノイズが入るといった現象が生じていたが、これはエンジンからの放射妨害波によるものである。昨今では電気自動車やハイブリッド自動車で用いられるインバーター等からも放射妨害波の発生源である。また、自動車には、車両を制御するためにさまざま電子機器が搭載されており、それらのほとんどがデジタル信号を用いた制御となる。このデジタル信号からも少なからず広帯域の放射妨害波が生じる。

一方、自動車の電磁耐性では、前述のとおり、自動車の基本である「走る」「曲がる」「止まる」を制御する機能に電子機器が多く用いられ、これらの電磁耐性が低いと自動車制御における誤動作につながり、最悪の場合、事故に至る可能性がある。事故事例としては、海外では近接車の無線機の送信電波の影響やFM放送塔の影響により電子燃料噴射装置が誤動作を起こし、人身事故が起こっている。国内では、バスが違法無線の影響を受け、ABS（アンチロックブレーキシステム）装置が誤動作し追突事故を起こしている¹⁾²⁾。このように、電子機器の誤動作が事故につながる事例が少なからずあり、電磁波に起因する事故を未然に防ぐため、EMC 対策は安全上必要不可欠である。

本報告では、自動車における EMC の規制・規格の国際動向と国内基準への導入動向について解説し、当研究所において行っている EMC に関する研究について紹介する。

2. 自動車における EMC の国際基準の動向について

現在、自動車に関する規制については、各国個別に実施されている自動車に関する法規を世界的に調和する活動が国連に設置されている自動車基準調和世界フォーラム（UN/ECE/WP29）で行われている。

UN/ECE/WP29 では、基準作りの活動のため、各国のエキスパートが集まり議論を行っており、当研究所も日本の代表としてその一端を担っている。

法規の調和活動は、国際商品である自動車に関して、統一的な基準を制定することで、自動車及び関連商品の流通の活性化や安全及び環境性能の両立が目的である。この基準は、現在 No.1 から No.126 まであり、排ガス・ブレーキ・衝突安全などに関する様々な分野において、基準が制定されている。その中で EMC に関する基準として、「Regulation No.10;電磁的両立性にかかわる車両の認可に関する統一規定」(以後、ECE/R.10 という)がある。ECE/R.10 では、2 輪車、3 輪車、乗用車、バス、トラック、トレーラなどほとんどの自動車及びそれらに搭載される装置又は単体部品が適用範囲とされている。

ECE/R.10 は、1969 年に制定されて以来、3 度の大幅な改訂が行われており、最新版(03 シリーズ)は 2008 年に改訂が行われた³⁾。

ECE/R.10 の 02 シリーズから 03 シリーズへの主な変更点としては、以下の項目が挙げられる。

- ・ 電気/電子式サブアセンブリ(ESA)の過渡電圧試験の追加
- ・ 対象車両の変更(エンジン点火系を有する車両→電気自動車等を含む全ての車両)
- ・ 車両に対するイミュニティ試験の周波数範囲の拡大(20MHz~1GHz→20MHz~2GHz)
- ・ 試験条件と不合格基準の明確化
- ・ CISPR、ISO 等の任意規格の引用

CISPR:国際無線障害特別委員会、国際電気標準会議(IEC)の特別委員会
ISO:国際標準化機構

ECE/R.10 の国内導入については、これまで ECE/R.10 の試験法において、FM 周波数帯が国内の周波数範囲に対応していないこと等の課題があったが、最新版ではそれらの課題が解決したため、現在、国内導入に向けて詳細な検討が行われている。

国内導入の検討にあたっては、自動車基準認証国際化研究センター(JASIC)において、国土交通省、自動車メーカー等の業界団体や、当研究所などで構成される検討会において議論を行っている。

検討内容のうち、審査方法では、電波暗室において電磁妨害波及び電磁耐性の試験を行うことを基本として検討を進めているが、トラックやトレーラなどの大型車はその寸法が大きいため、電波暗室内での

審査ができない場合もあるため、審査方法として各製品の集合として認証を取ることも検討されている。

また、ECE/R.10 では、前述のように CISPR、ISO 等の規格が引用されている。これは、ECE/R.10 が EU の基準である EU 指令をその原型としており、更に EU 指令が CISPR および ISO を参考に制定されたことが背景にある。そのため、ECE/R.10 は CISPR および ISO の改訂の影響を受けることから、ECE/R.10 の改訂には、引用元である CISPR および ISO へ働きかけることも重要である。

3. EMC 測定サイトの相関性の検証に関する研究

EMC の測定は、屋外サイトで行うことを基本としているが、昨今の電波の利用状況から、電磁妨害波試験ができるような電波的に静かな場所で、かつ、電磁耐性試験を実施することにより周辺で行われている通信への影響を与えないような場所はない。

そのため、周囲の電波からの影響を受けない/受けさせない電波暗室における測定が行われるようになった。電波暗室において EMC 測定を行うにあたっては、測定結果の再現性を確保するために、屋外サイトと同等の特性を持っていることが条件とされている。

しかし、ECE/R.10 および CISPR12⁴⁾では屋外サイトの規定がないため、屋外サイトとの同等性確認は試験機関の裁量に委ねられているのが現状である。そこで、審査の観点からも屋外サイトを定義する必要がある。

屋外サイトを定義するにあたっては、自動車が走行する路面と同じサイト特性(サイトアッテネーション)において自動車の EMC 測定を行うことが重要である。

そこで、当研究所では、自動車が走行する路面と同じ特性をもつ「大地等価床」の基準となるサイトアッテネーションを検討するとともに、その評価方法を検討し、ECE/R.10 に反映させるため、この結果を CISPR へ提案することとした。

3. 1. 大地等価床の基準となるサイト特性について

大地等価床は JASO (日本自動車規格)⁵⁾で示している比誘電率 $\epsilon_r=4$ 、導電率 $\sigma=0.001[\text{S/m}]$ のサイトアッテネーションを基準としているが、この値は乾燥した土の電気定数となっている。一方 EMC の試験は、自動車が主に走行する環境と同じ環境で行うことが

理想である。そこで、我々は自動車が走行する路面の代表である、アスファルト、コンクリート、土の3種類の路面の電気定数をサイトアッテネーションの測定結果から推定することとした⁶⁾。

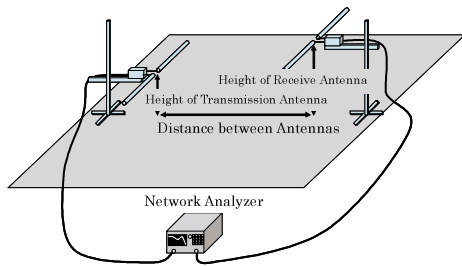


図1 サイトアッテネーション測定構成

推定方法は、被測定路面上において、図1に示す送受信アンテナの配置でサイトアッテネーションを測定する。一方、電磁界計算の一種であるモーメント法を用い、図1と同等の配置で地面の電気定数を変化させた場合のサイトアッテネーションを計算する。実測値と計算値の相関をとり、相関関係が一番高いものを、被測定路面の電気定数とすることとした。

この方法を用い、アスファルト、コンクリート、土の電気定数は、表1に示す比誘電率と導電率となった。

表1 各種路面の電気定数推定結果

路面	アスファルト	コンクリート	土
導電率 (S/m)	6×10^{-3}	1×10^{-2}	2×10^{-2}
被誘電率	2.2	2.1	3.5

次に、得られた路面の電気定数を用い大地等価床の基準となるサイトアッテネーション⁷⁾を求める。一般的なEMC試験では、放射妨害波がどの程度放射されているかを測定するが、床面での反射があるため受信アンテナの高さによって直接波と反射波が強めあう高さや弱めあう高さが生じる。そのため、受信アンテナを1~4m掃引し、最大強度の放射妨害波を持って規定値との比較を行うこととなっている。

しかし、自動車のEMC試験では測定の簡素化により、受信アンテナの高さを固定して測定することとなっている。

サイトアッテネーションの測定は、EMC試験の再現性を確保することを目的として、被測定物である自動車の代わりに送信アンテナを配置し、サイトの評価を行うものである。

そのため、自動車のEMC試験を行うサイトの評価を行うためには、自動車のEMC試験と同条件でサイトアッテネーションの測定を行う必要があり、以下に

示す条件でサイトアッテネーションを求めることとした。

- 送信アンテナ高を1mとし、受信アンテナ高を送受信アンテナ間距離3m(3m法)であっては1.8m、送受信アンテナ間距離10m(10m法)であっては3mとする。
- 周波数は、30~1000MHzとする。
- アンテナは、半波長ダイポールアンテナとし、垂直偏波の80MHz以下については、80MHz半波長ダイポールを用いることとする。

上記条件から得られるサイトアッテネーションから、アンテナにおける電圧・電界変換係数であるアンテナ係数分を差し引いた正規化サイトアッテネーションをサイトの評価の指標とすることとした。表1に示した各路面の電気定数を用いた正規化サイトアッテネーションの計算結果として10m法の水平偏波を図2に示す。

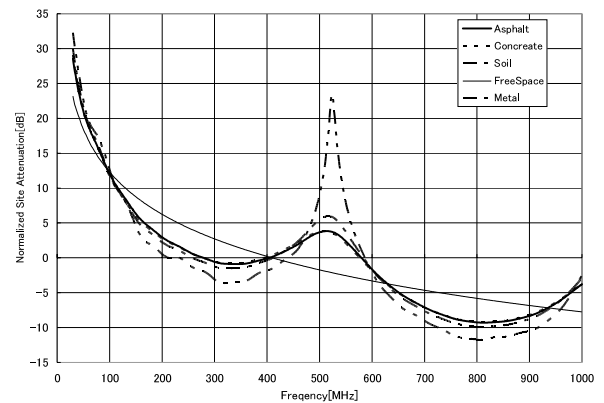


図2 推定した電気定数を用いた正規化サイトアッテネーションの計算結果(10m法、水平偏波)

以上の結果から、大地等価床の基準となる正規化サイトアッテネーションは、アスファルト・コンクリート・土の各正規化サイトアッテネーションの各周波数における値に対し平均した値とした。

一般に走行すると考えられる代表的な路面に対して、走行する確率による重み付けをすることも考えられるが、各国で重み付けの比率に違いが出る可能性があり、EMC試験結果に影響を与える可能性があるため、単純平均により基準となる正規化サイトアッテネーションを求めることとした。

以上の条件で得られる基準となる正規化サイトアッテネーションの値として10m法の水平偏波を図3に示す。

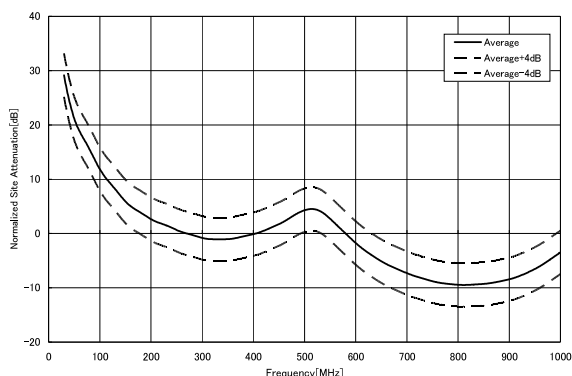


図3 大地等価床の基準となる正規化サイトアッテネーション (10m 法、水平偏波)

3. 2. 測定サイトの評価方法

前節では、大地等価床をもつ電波暗室の評価を行うために用いる基準となる正規化サイトアッテネーションを示した。本節では、この基準となる正規化サイトアッテネーションを用い、評価するサイトの評価方法について示す。

前節で示した通り、正規化サイトアッテネーションは自動車の EMC 試験と同条件で導出を行った。この結果、受信アンテナの高さが固定となったことから、図3のように特定の周波数で、直接波と反射波が弱めあう周波数が生じる。例えば 10m 法の水平偏波では正規化サイトアッテネーションが 515MHz 付近で大きくなる (伝播特性が悪くなる)。こういった周波数では、受信電圧が小さくなるため安定した測定が難しくなる。

そこで、大地等価床におけるサイトの評価方法としては、まず、一般的なサイト評価で用いる評価方法の、基準となる正規化サイトアッテネーションに対する偏差 $\pm 4\text{dB}$ に収まっていることの確認を行う。ただし、特定の周波数においては、上記の状況から偏差 $\pm 4\text{dB}$ に収まらないことが考えられることから、特定の周波数 $\pm 25\text{MHz}$ の周波数において偏差 $\pm 4\text{dB}$ に収まっていることを確認することとした。

これは、当該周波数から $\pm 25\text{MHz}$ はずれることにより、安定した測定が可能になると考えたからである。

この方法を用い、国内の大地等価床の電波暗室の所有者の協力のもと、サイトの評価を行った。その結果を図4に示す。ほとんどのサイトが、基準となる正規化サイトアッテネーションに沿った結果となった。また、今回緩和条件を示した周波数においては、一部のサイトで $\pm 4\text{dB}$ には収まっていないことがわかる。こ

れらのサイトにおいては、緩和条件を示した周波数の $\pm 25\text{MHz}$ における測定をし、 $\pm 4\text{dB}$ の偏差内に収まっているかどうかの確認や、測定方法等の再検討を行う予定である。

4. まとめ

今回、ECE/R.10 の国内導入にむけ、国内の大地等価床を持つ電波暗室の評価を行うために用いる基準となる正規化サイトアッテネーションの提案と、大地等価床の電波暗室の評価方法の提案を示した。

この方法を用いることにより、より実際に近い環境である大地等価床の電波暗室において、EMC 試験を行うことができるため、EMC 基準値に対し、より厳密な試験を行うことができると考えている。

現在、CISPR に対して、本手法を、大地等価床を持つ電波暗室の相関性の評価方法として提案しているところである。

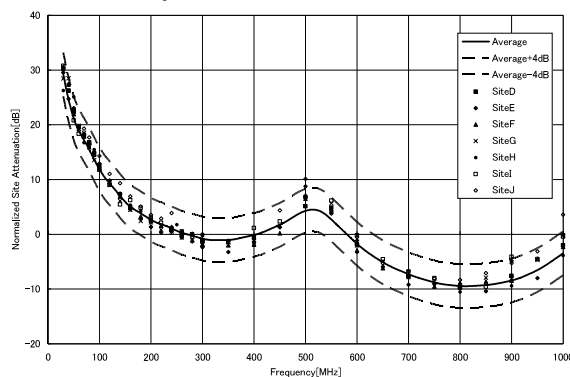


図4 基準となる正規化サイトアッテネーションと国内の大地等価床を持つ電波暗室の相関性 (10m 法、水平偏波)

参考文献

1. 国土交通省「改善対策の届出について」平成 15 年 12 月 15 日
2. 日経 BP「違法電波の人身事故「クルマの電子化」に警鐘～三菱ふそうが ABS 装置で改善対策」日経エレクトロニクス 2004 年 1 月 19 日号, p. 33, 2004
3. ECE Regulation No.10 Rev.3, 2008
4. CISPR 12 Sixth edition, 2007
5. JASO D002-1:2004 付属書 1
6. 伊藤ほか「EMC 測定サイトの相関性の検証に関する研究 (第 1 報)」2008 年自動車技術会秋季学術講演会, 20085601, 2008
7. 長谷川ほか「EMC 測定サイトの相関性の検証に関する研究 (第 2 報)」2009 年自動車技術会秋季学術講演会, 20095676, 2009