

マルチクライアント調査報告書

(抜粋編)

<調査標題>

CASE で変わる EMC・ノイズ対策関連部品のこれからを読む
-電磁波吸収・シールド材料市場の現状と将来展望 2019 年-

2020 年 1 月 23 日

(有)カワサキテクノリサーチ 調査プロジェクトチーム

調査報告書目次

第1章 EMC・ノイズ対策の現状と材料・構造展開	1
1-1 EMC・ノイズ対策の概要	1
(1) 電磁波ノイズとは	1
(2) ノイズの種類	3
・伝導ノイズと放射ノイズ	3
・ディファレンシャルモードとコモンモード	4
1-2 各種対策部材の現状	8
(1) 電磁波吸収材による対策	9
・伝導ノイズ対策	9
・遠方界放射ノイズ対策	15
(2) 電磁波遮へい材による対策	18
(3) まとめ	25
第2章 CASEの現状と関連 EMC 規格動向	26
2-1 CASEの進展	26
2-2 EMC 関連規格と今後の動向	34
(1) 車載 EMC 規格と注目動向	34
(2) その他周辺規格	46
・難燃規格	46
・ヘルスケア（人体）関連規格	47
第3章 CASE 関連電磁波吸収・シールド材料の用途別開発動向と技術課題	51
3-1 クルマ（車体）関連の電磁波吸収・シールド材料用途と技術課題	51
(1) モータ	51
(2) インバータ/コンバータ	56
(3) エンジン	62
(4) ECU	64
・ECUの概要	64
・日産リーフ分解による ECU 分析	69
a) Vehicle Control Unit	73
b) Telematics Control Unit	75
c) Battery Control Unit	79
d) Navigation	82
e) Keyless Entry	84

f) Front Sensing Camera	85
g) Side Obstacle Warning (準ミリ波レーダー)	87
・ ECU まとめ	89
(5) バッテリー	90
(6) 自動運転・ADAS 関連部品	96
・ ミリ波/準ミリ波レーダー	96
・ 車載カメラ	105
(7) コネクター関係	109
(8) インパネ周辺 (ディスプレイ等)	114
(9) 無線給電	117
(10) 車載部品と EMC・ノイズ対策周波数の関係	121
3-2 インフラ関連の電磁波吸収・シールド材料用途と技術課題	122
(1) ETC	122
(2) 道路および路側関連	127
(3) 急速充電	132
(4) 通信基地局	136
(5) 工場内設備等	141
3-3 ヘルスケア関連の電磁波吸収・シールド材料用途と技術課題	144
(1) 人に対する電磁界の影響	144
(2) 電動化に伴うクルマからの電磁波	151
(3) 電磁波の植込み型医療機器への影響	153
(4) 医療機器の EMC 対策	163
3-4 特許から見た新規技術・材料動向	169
(1) 電磁波吸収に関連する材料特許	169
(2) 電磁波シールド (遮へい) に関連する材料特許	178
3-5 電磁波吸収・シールド材料の市場推移	190
(1) EMC・ノイズ対策全部品の世界市場推移予測	190
・ 概要	190
・ 用途別内訳	191
(2) EMC・ノイズ対策製品別市場予測	192
・ ノイズフィルタ	192
・ コイル・インダクタ	194
・ フェライトコア	196
・ チップビーズ	198
・ ノイズ対策コンデンサ	200
・ ノイズ抑制シート	202

a) ソフトフェライトシート	203
b) 複合磁性シート	205
・電磁波シールドフィルム	207
3-6 まとめ	209
第4章 EMC・ノイズ対策における近未来展望	210
4-1 メタマテリアル（メタサーフェス）の応用展開	210
(1) メタマテリアルとは？	210
(2) メタサーフェスとは？	213
(3) 科研費からみた「メタマテリアル」の研究動向	215
(4) 特許から見た「メタマテリアル」の開発動向	218
(5) 「メタマテリアル」の応用事例	219
4-2 テラヘルツ波領域の用途開発	228
(1) テラヘルツ波とは	228
(2) 科研費からみた「テラヘルツ波」の研究動向	230
(3) 特許から見た「テラヘルツ波」の開発動向	235
(4) 「テラヘルツ波」の応用事例	237
・美術品等の計測・評価	237
・テラヘルツ波の無線通信分野への展開	240
・ヘルスケア・バイオ分野への展開	243
第5章 総括	245

第1章 EMC・ノイズ対策の現状と材料・構造展開

1-1 EMC・ノイズ対策の概要

(1) 電磁波ノイズとは

電磁波ノイズとは、電子/電気機器等で使われる電流/電圧信号のなかで、「要らない」信号であるといえる。さまざまな機器で使用される電(磁)波、そこで使用あるいは発生する電磁波は、さまざまな周波数の電磁波を含むこととなる。

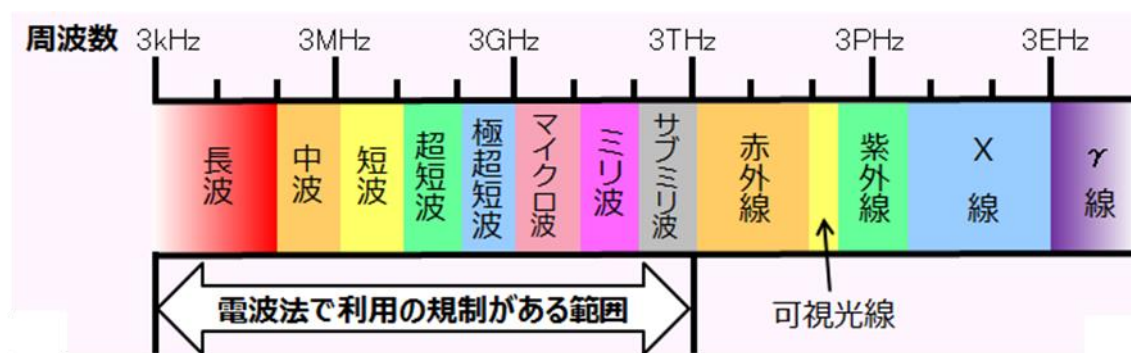
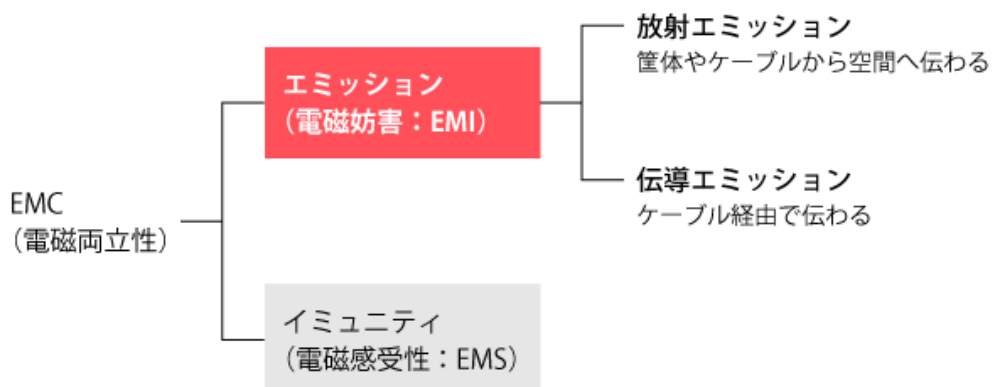


図 1-1-1 電磁波とは (出典：図研テック HP)

この「要らない」信号である電磁波ノイズをうまく制御しながら環境を整えていくというのが、EMC (Electromagnetic Compatibility)である。EMCには大別して、ノイズにより周辺の部材を誤動作させる影響度合い；エミッション (EMI: Electromagnetic Interference) と、逆に外部ノイズに対する耐性；イミュニティ (EMS: Electromagnetic Susceptibility) とに分けてしばしば考えられる。



(1) 電磁波遮へい材による対策

放射ノイズの対策として主に用いられるのが、電磁波シールド（遮へい）材料である。空間を伝わる電磁波である放射ノイズは、そのノイズ源と測定場所との距離により、考え方が異なる。

すなわち、波源からの距離と電磁波の波長； λ の関係性で、測定点が、 $r = \lambda / 2\pi$ より近い位置にあると「近傍界」、測定点が、 r より離れると「遠方界」となる。

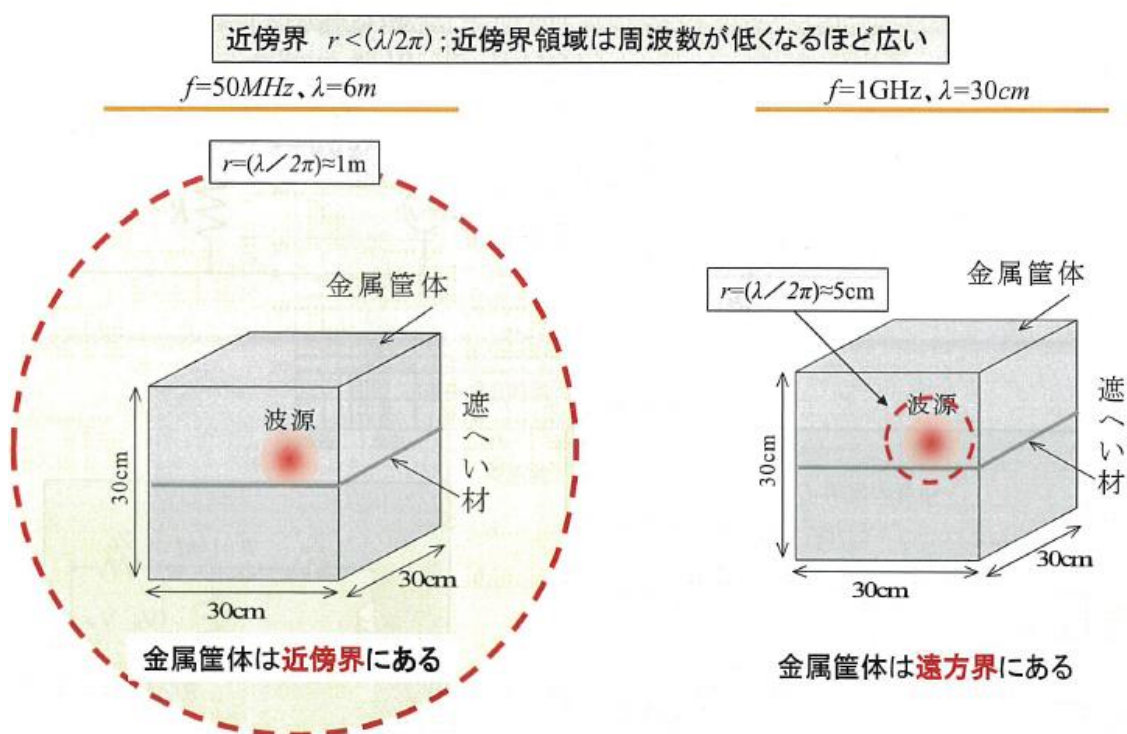


図 1-2-10 近傍界/遠方界と周波数の関係

(出典：S&T 出版セミナー2017，兵庫県立大学畠山氏発表資料)

では、上記の「 r 」の閾値により何が違うかということになる。近傍界においては、電波インピーダンスの電界成分と磁界成分が乖離しており、それぞれ異なった振る舞いをする。他方、「遠方界」においては、前述のとおり、電波インピーダンスが、 377Ω の一定値となり、電磁波として同一に扱うことになる。

第2章 CASEの現状と関連 EMC 規格動向

2-1 CASEの進展

自動車業界は100年に1度の大変革期と言われている。その状況を端的に示すのが「CASE」と呼ばれる社会変化・技術変化の動きである。CASEはそれぞれ4つの用語の頭文字をあわせたもので、Connected（コネクテッド）、Autonomous（自動運転）、Shared（シェアリング）、Electric（電動化）の頭文字となる。

以下、それぞれの概要と EMC・ノイズ対策との関連について述べる。

「Connected」「Autonomous」「Shared」「Electric」（CASE）の進展により、商品構造、バリューチェーン、ビジネスモデルが非連続的に変化し、脅威と機会を生む

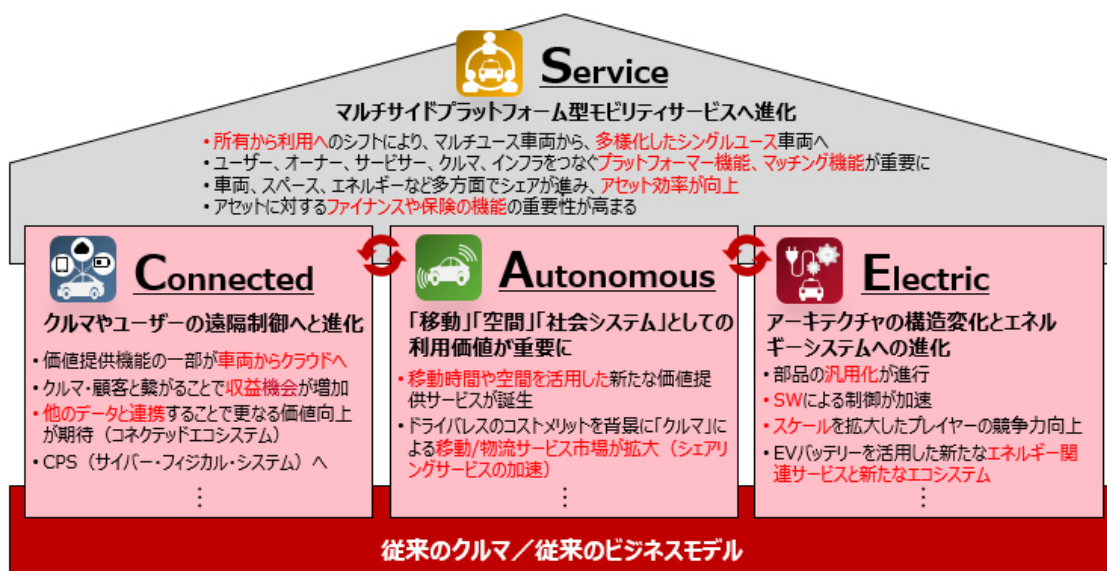


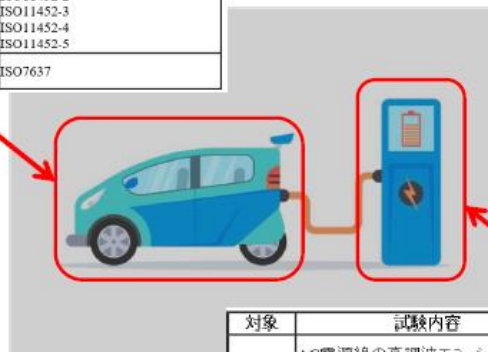
図 2-1-1 “CASE”がすべてを変える （出典：アクセンチュア）

「コネクティッド」は、クルマが常時インターネット（クラウド）に繋がることを意味している。例えば、緊急時の迅速かつ正確な情報伝達を可能にするシステムとして、通報システムが国内行政府を中心に考えられている。

前記状況を鑑み、現状において自動車および車載機器、また、EV化によって新たに加わった急速充電装置に関連する EMC 規格をまとめると次のようになる。

自動車EMC基準

対象	試験内容	国際規格試験
車両	広帯域放射エミッション	CISPR12
	狭帯域放射エミッション	CISPR12
	アンテナ照射イミュニティ	ISO11451-2
	BCIイミュニティ	ISO11451-4
部品	広帯域放射エミッション	CISPR25
	狭帯域放射エミッション	CISPR25
	アンテナ照射イミュニティ	ISO11452-2
	TEMCELLイミュニティ	ISO11452-3
	BCIイミュニティ	ISO11452-4
	ストリップラインイミュニティ	ISO11452-5
	伝導過渡エミッション	ISO7637
伝導過渡イミュニティ	ISO7637	



一般EMC基準

対象	試験内容	国際規格試験
車両	AC電源線の高調波エミッション	IEC61000-3-2 IEC61000-3-12
	AC電源線の電圧変化、電圧変動、フリッカエミッション	IEC61000-3-3 IEC61000-3-4
	AC/DC電源線のRF伝導エミッション	CISPR16-2-1 CISPR16-1-2
	信号線のRFエミッション	CISPR22
	AC/DC電源線へのEFT/Bイミュニティ	IEC61000-4-4
	AC/DC電源線への雷サージイミュニティ	IEC61000-4-5

図 2-2-2 EV・PHEV 車に於ける EMC 試験要求 (出典：黒田電気資料)

自動車および車載部品については、エミッションとイミュニティそれぞれに係わる規格試験にパスすることが必要となる。

また、急速充電器については、その規格は産業機械としての規格にパスすることが求められることとなる。尚、急速充電器については、人に与える影響に関連して、第3章において詳細に検討したい。

モータから発生するノイズとしては、1kHz 以下の数 10～数 100Hz の磁界波がメインに
でているようである。

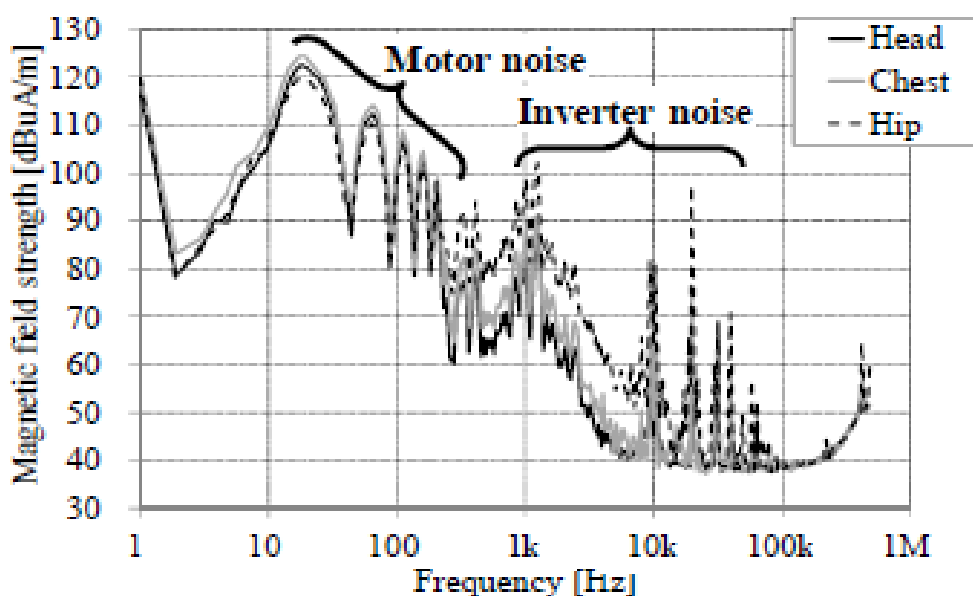


図 3-1-1 EV 車における出力される磁場強度の周波数依存性
(出典：A. Mori, et. Al. No.287, JSAE Congress Oct. 2017)

更に、自動車の EMC 対策周波数として、公に謳っているのは、100kHz～6GHz である。この周波数自体は、パソコン含め他一般 OA 機器での周波数；30MHz～1GHz と比較しても広い帯域をカバーしている。

しかし、上記の結果は、現状の規制周波数帯域では、不十分である可能性を示唆していると言える。

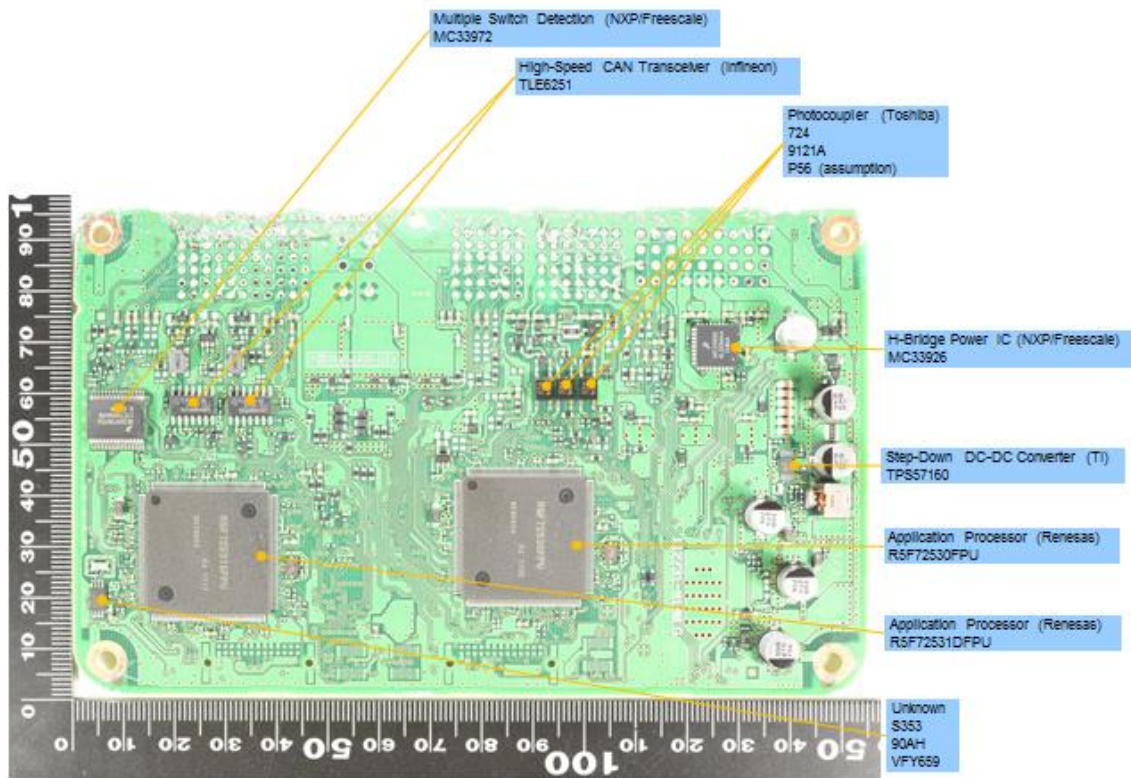


図 3-1-11 日産リーフの VCU 内 PCB の主要部品 (出典：表 3-1-5 に同じ)

EMC・ノイズ対策としては、アルミダイキャスト筐体によって、低周波磁界は別として、イミュニティ耐性は高いといえる。

Base	
Size (mm)	208 x 135 x 34
Weight (g)	231
Material	Al
Finish	unknown

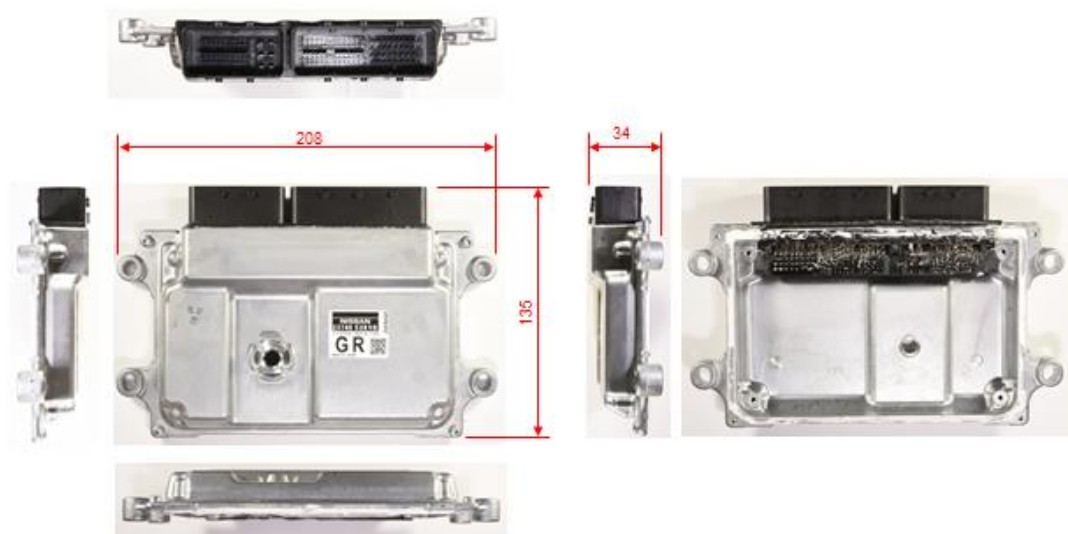


図 3-1-12 日産リーフの VCU 筐体 (出典：表 3-1-5 に同じ)

ミリ波レーダーにおいては、上記のように小型化が切望されるセンサー本体内にミリ波（77GHz帯の場合、 $\lambda=4\text{mm}$ ）の入力、および出力信号が飛び交うことになる。したがって、その信号処理をできれば完全に隔離し互いのノイズにならない様にすることが肝要である。

例えば、ミリ波レーダー筐体内の MMIC(Monolithic Microwave Integrated Circuit)やトランジスタで増幅された入力および出力信号が、筐体内で結合してしまうことが危惧される。マイクロストリップラインを流れる信号には、スプリアス（不要輻射）が生じる。この電磁波がノイズとしてセンサに影響を与える、所謂自家中毒に陥る。

対策として、この周波数に効果がある電磁波吸収シートである。

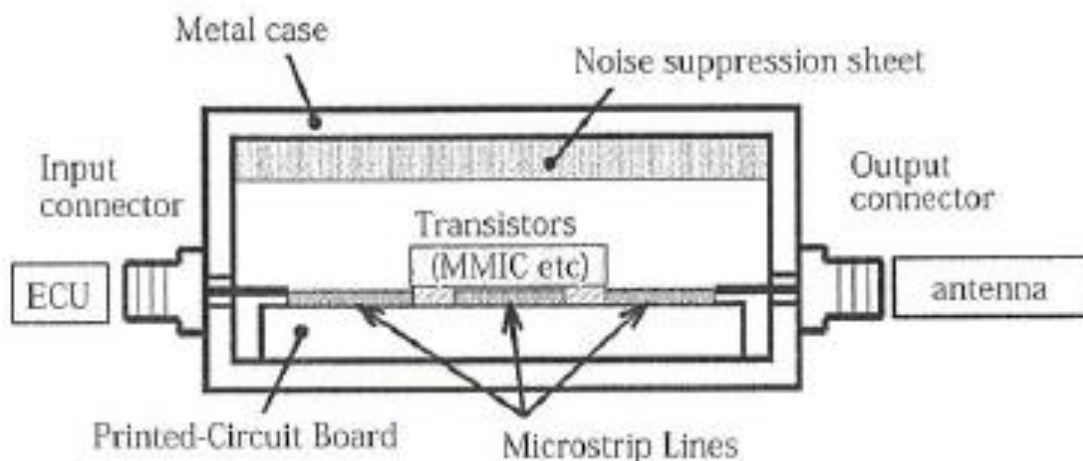


図 3-1-37 ミリ波/準ミリ波レーダーの増幅筐体内の構造
(出典：斎藤章彦ら、MATERIAL STAGE Vol.16 No.10 p27, 2017)

実際の電波反射対策としては、第1章で紹介した遠方界電磁波吸収体を用いて、上方構造物に対策が行われている。



図 3-2-2 大屋根からの電波反射防止のために電波吸収体施工例
(出典：新日本電波吸収体 HP)

更に、隣接レーンへ電波が漏洩する場合もある。その影響で隣接レーンを走行する車両に通信異常が発生することとなった。

対策) 隣接する道路への電波漏洩を防止するため、電波吸収体の隔壁を設置する。

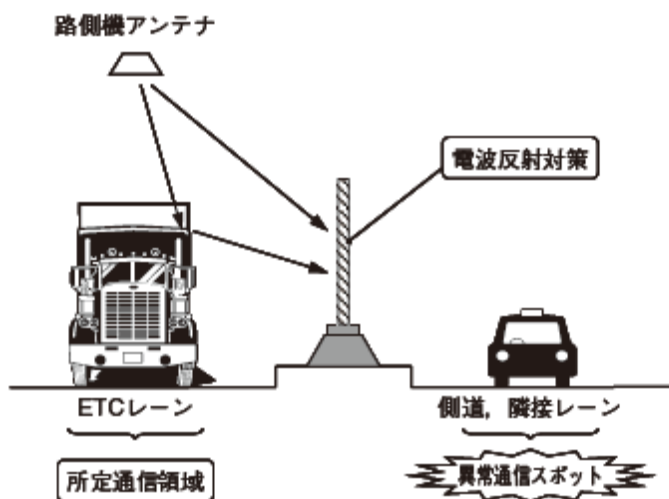


図 3-2-3 側壁に対する電磁波反射対策 (出典：三菱電線工業時報 Vol.106 2009/10)

3-3 ヘルスケア関連の電磁波吸収・シールド材料用途と技術課題

電磁波の発生源と人体影響については世界的な関心事である。本項では、電磁波の人体影響について概要を述べ、電動化の進むクルマ環境についても取り上げる。また、健康な人への影響に加えて、生命維持のために何等かの医療機器を利用している人への影響について述べ、特に電磁波により影響を受ける可能性の高い植込み型医療機器を取り上げる。

各省庁の主な公開情報や調査資料は以下のものを参照した。

- ・環境省：「身のまわりの電磁界について」（H29.4）、「WHO 環境保健クライテリア 238 超低周波電磁界（環境省版 2007年）」
- ・経産省：「送電線等の電力設備のまわりに発生する電磁界と健康」（H29）
- ・総務省：「知っていますか？「植込み型医療機器」をより安心して使用するためにできること」（H28.11）

(1) 人に対する電磁界の影響

人に対する電磁界の暴露制限ガイドラインは、国際非電離放射線防護委員会（ICNIRP）が1998年に制定している。このガイドラインは、査読のある信頼がおける学術誌に掲載された膨大な数の科学論文が根拠とされており、ICNIRPはWHOが正式に認めた非政府機関である。

WHOは、2007年に100kHzまでの超低周波及び中間周波電磁界（家電製品、送電線など）の健康影響に関する専門家によるレビュー結果を「環境保健クライテリア No. 238」としてまとめ、WHOファクトシート No. 322を発行している。https://www.who.int/peh-emf/publications/facts/fs322 ELF_fields_jp_final.pdf

要点は、100kHzまでの電磁界の急性影響は実証されている（表3-3-1）ので、暴露制限が必要となり、国際ガイドラインに従い防護策が必要である。慢性影響については、小児白血病のリスクを高める証拠もあるが、確証に至っていない。また、小児及び成人のがん、うつ病、自殺、生殖機能障害、発育異常、免疫学的変異及び神経学的疾患への影響を示す科学的証拠は十分ではないので、今後も研究プログラムを推進すべきである。

3-4 特許から見た新規技術・材料動向

以下、特許から見た EMC・ノイズ対策に関連する材料特許を調査し、概要をまとめた。

(1) 電磁波吸収に関連する材料特許

以下の Key word で、電波吸収体、電波吸収材、電波吸収シートに適用される樹脂、樹脂組成物について、公開特許状況について調査した。

Key word ; <要約/抄録>「電波吸収 and (樹脂 or 組成物)」ヒット件数 467 件

---- 上記の特許リストから、注目すべきと考えられる特許 24 件を選択し、添付の表 1, 2, 3 にまとめた。

以下に 実施例/技術のポイント について記す。

(1) 三和加工 特開 2003-298282 --- 低密度ポリエチレン/エチレン酢酸ビニル共重合体/導電性カーボンブラック = 10~40/90~60/7~15 wt に、発泡剤、発泡助剤、架橋剤を添加混練後、密閉系金型に充填、加圧下に 120~160℃、20~70分 で架橋し、発泡倍率 1~3 倍の組成物を得、型内で、145~200℃、20~200分加熱し導電性架橋ポリエチレン系発泡体を得た。 -- 柔軟性に優れ、凹凸壁面にも貼着でき、分散性良好で抵抗値も均一で優れた電波吸収特性を示した。

(2) 横浜ゴム 特開 2004-278226 特許 4145174 --- 基材 (エポキシ樹脂) /導電性酸化チタン//ケッチェンブラック = 100/8.6/1.1 wt の組成物からなる誘電体層の厚さは、1.2 (mm) 、光反射層 (反射シート) の厚さは、0.3 mm の積層体を形成した。 -- 入射角度 4°、TE 波 (偏波) で 50~110GHz に対応の道路標識等に好適な電波吸収体を得た。

(3) 油化電子 特開 2005-150461 --- ホリカーボネート樹脂/微細炭素繊維 (ハイパロン社製、カーボンナチューブ) = 98.5/1.5 wt からなる組成物は、射出成形 (330℃、型温 : 90℃) 性良好で、成形品 (厚さ : 2.25mm) の体積抵抗率 : 2.8E+0.2 Ω・cm、反射損失量 : -14.0 dB, ピーク周波数 : 19.1GHz で良好な電波吸収特性を有していた。

(4) 三菱電線工業・日本ラインツ 特開 2005-217384 特許 4354837 --- EVA樹脂

第4章 EMC・ノイズ対策における近未来展望

本章では、EMC・ノイズ対策として期待されているメタマテリアル（メタサーフェス）の研究開発動向及び利用され始めた電磁波領域であるテラヘルツ波について取り上げる。特に、科学研究費助成事業テーマやニュースリリースから近未来を展望予想する。

4-1 メタマテリアル（メタサーフェス）の応用展開

(1) メタマテリアルとは？

「メタマテリアル」とは、通常の複合材料を超えた物性や機能を持つように作製された複合物質を指す造語であり、負の屈折率を持つ物質も含まれる。

物質の屈折率 n は、比誘電率 ϵ_r と比透磁率 μ_r という 2 つの物理量の平方根の積：(1) 式で定義される。

$$n = \sqrt{\epsilon_r} \times \sqrt{\mu_r} \quad (1)$$

ここで、光に対する物質の比透磁率 μ_r は、ほとんどの物質において 1 となる（図 4-1-1）。このことは、物質が光の磁場成分と相互作用しないことを意味している。

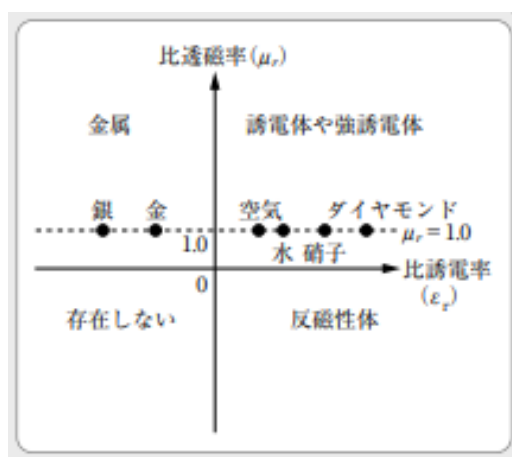


図 4-1-1 物質の電磁気学的特性

(出典：映像情報メディア学会誌 Vol. 65, No. 10, pp. 1395～1397 (2011))

4-2 テラヘルツ波領域の用途開発

(1) テラヘルツ波とは

テラヘルツ波とは周波数が 0.1~10THz の電磁波のことである。一般に、電磁波は中波、短波、VHF、UHF というように周波数によって呼び方を分類しているが、周波数が高くなるとマイクロ波（センチ波）、ミリ波というように波長によって呼び方を分類している。

テラヘルツ波の波長範囲は 30 μ m~3mm 程度の電磁波であって、その周波数の下限はミリ波領域と、上限は遠赤外線領域と重なっている。したがって、テラヘルツ波は電波と光の間に位置する電磁波といえる（図 4-2-1）。

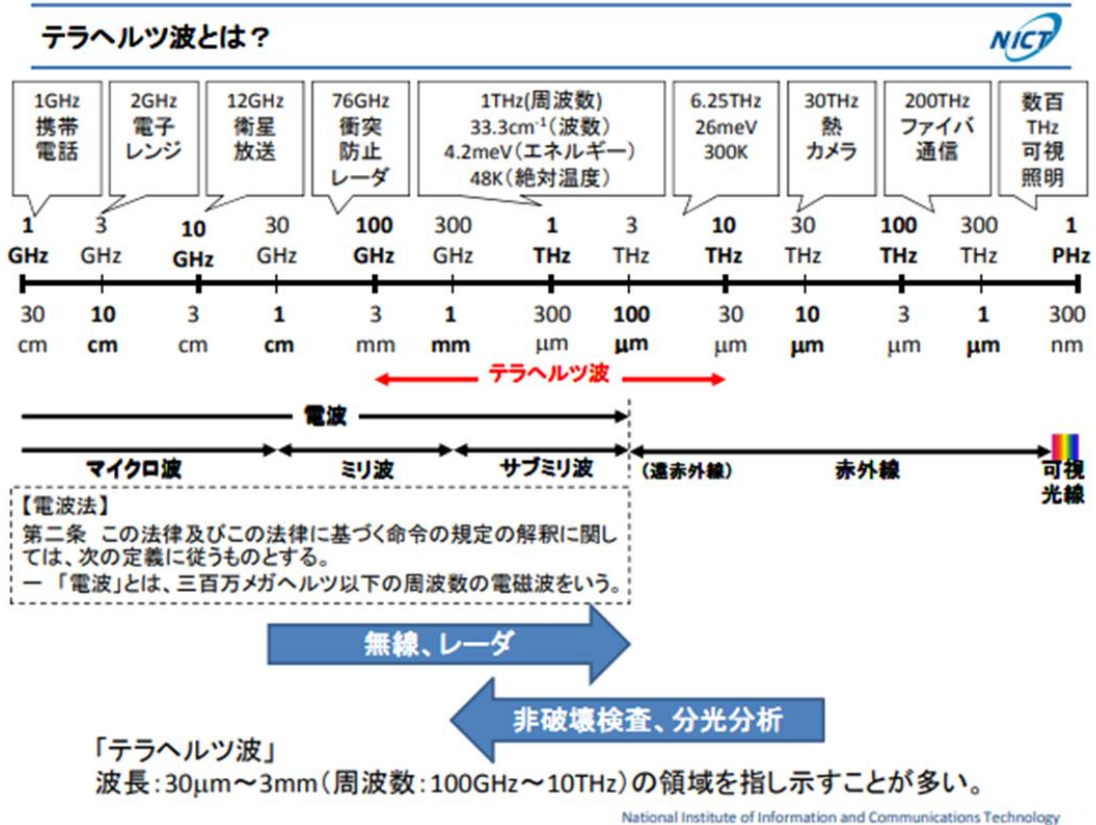


図 4-2-1 テラヘルツ波

(出典：寶迫巖「第 201 回 AC・Net 例会資料」、2013.7.5)

第5章 総括

EMC ノイズ対策市場は、電子/電気部品が登場して以来長らく展開されてきた市場である。そして、部品の小型化/低背化の流れの中で、部品間の干渉を含めて対象が複雑化する中、全体市場が大きくなってきた背景がある。

今回の CASE に関連する動きの中では、対象とするノイズ周波数の拡がり大きなトピックであったと言える。低周波の（磁界）ノイズは、モータがあるところでは昔からあったはずであるが、クルマという電装部品の塊の中に乗せてしまったが為に、課題として噴出したとの認識である。

また、ミリ波レーダーを中心とした自動運転に関わる高い周波数（GHz～）は、新たに登場したノイズ対策市場であり、そこには新たな材料系の展開が今後も予測される。

そこに共通する安全性・信頼性の担保という大きな命題は、1) 部品の誤動作を防ぎ安全に走行させるという間接的な側面と、2) 電磁界そのものへの影響をなくす、という直接的な側面がある。

いずれにおいても、関連する法令/規格やガイドライン等で定められた内容に沿って評価をし、それを基準として、合格レベルのものを世の中に送り出しているというのが現実である。

但し、今回の調査の中で見え隠れするのは、技術開発の進歩に追いつけない上記の法令やガイドラインという様相である。OEM メーカーは、製造者責任の下に自主規制によって、ハードルの高い信頼性評価を行っている。がそれで十分であるかどうかは判断が難しい。

EMC・ノイズはその性質上、完全になくすことは難しい対象である。今後、更に高周波数帯（テラヘルツ）での技術が想定される中、信頼性を担保する“最後の切り札”となる電磁波吸収・シールド材料が益々重要になると考える。

以上。

〔調査企画担当〕

2019年6月14日発行(初版)

KTR コンサル会員価格 税別 460,000 円

非会員価格 税別 500,000 円

(有)カワサキテクノリサーチ コンサルテーション・サービス事業部
マルチクライアント企画調査係
調査企画プロジェクトチーム 代表 川崎 徹
主担当 福島功太郎 丸山幸治

〔連絡先〕

〒541-0047

大阪府中央区淡路町 4-3-8 TAIRIN ビル 6F

TEL 06-6232-1055 FAX 06-6232-1056

Email : ktr@kawasaki-tr.com

<http://www.kawasaki-tr.com>

<無断での複写複製を禁ず>