

IEC 60204-1が要求するEMC (電磁両立性)

■ IEC 60204-1 (Edition 6): 2016 *JIS B 9960-1:2019

機械類の安全性 — 機械の電気装置 — 第1部: 一般要求事項

Safety of machinery – Electrical equipment of machines – Part 1: General requirements

(1) 適用範囲

稼働中に人の手で運搬、作業ができないような機械に使用され、電気・電子・プログラマブル電子の装置、及びシステムに適用される。また、連携して稼働する統合された機械、システム装置にも適用される。

(2) 電磁両立性(EMC)に対する要求事項

EMC要求は、前版(2005年)から変更され、実装されている電気装置は、その意図する運転環境において適正とされるレベルを超える電磁妨害を発生しないこと、また十分なイミュニティ(電磁耐性)をもたなければならないことが要求されている。

<規格書の4.4.2 電磁両立性(EMC)の要求>

下記の全ての条件が満たされていない場合、電気装置にはエミッション(EMI)、及びイミュニティ(EMS)試験を行う。

— 組み込まれた機器・構成部品は、関連する製品規格(又は基本規格)に規定されている意図するEMC環境におけるEMC要求事項を満たすこと。

— 電気設備の配線は、相互作用(配線、遮蔽、接地など)について、機器・構成部品に関する供給者の指示に従うこと。尚、製造元から得られない場合は、参考用の附属書H に従う。

※EMC規格(基本規格: Generic standards)

・住宅、商業及び軽工業環境

IEC 61000-6-1 : Part 6-1 Immunity standard for residential, commercial and light-industrial environments

IEC 61000-6-3 : Part 6-3 Emission standard for residential, commercial and light-industrial environments

・工業環境

IEC 61000-6-2 : Part 6-2 Immunity standard for industrial environments

IEC 61000-6-4 : Part 6-4 Emission standard for industrial environments

(3) 電磁的影響を低減方策(附属書H)

電界放射・伝導放射(EMI)を低減する方策として下記の方法が参考記載されている。(要点)

- 1) サージ保護部品(機器)、又はノイズフィルタを使用する。
- 2) ケーブルの導電シース(外装、スクリーンなど)を保護ボンディング回路に接続する。
- 3) 磁気誘導ループが電気回路上に出来ることを避ける(電源の配線分離、及びデータの回路配線に共通の経路を選択)
- 4) 電源ケーブルは、信号、又はデータケーブルから分離して配線する。
- 5) 電源ケーブルと信号ケーブルとを交差させる必要がある場合は、直角に交差させる。
- 6) 保護導体に誘発される電流を低減するために同芯導体があるケーブルを使用する。
- 7) モーターとコンバータとの間の電氣的接続は、対称多芯ケーブルを使用する(例: 個別保護導体をもつ遮蔽ケーブル)
- 8) EMCの要求事項に従った信号及びデータケーブルを使用する。(メーカーの取扱説明書に従う)
- 9) 機械の導電性構成部品に対して適切な等電位ボンディングを行う。(バイパス導体の設置も考慮)
- 10) 等電位ボンディングの接続は、可能な限り短くすること(インピーダンスの低減、高周波数伝導の編組線の使用を考慮)
- 11) 高周波数機器は、その基準電圧が機能接地導体から供給される接地電位となるように接続は出来るだけ短くする。

H.4 ケーブルの分離及び間隔

同じ経路を共有する電源ケーブルとデータケーブルの分離、及び間隔などについて、具体的に図示して説明している。

※詳細は、規格書参照

1. 金属製収納容器を用いた最小分離距離表 (表H.1—図H.2)
2. 分離、及び隔離の例 (図H.2 及び図H.3)
 - 対象箇所: ・電源ケーブル ・信号ケーブル ・補助回路 ・高感度回路(計測回路)
3. 金属製ケーブルトレイ内のケーブル配線 (図H.4)
4. 金属製のケーブルトレイ又はケーブルトラッキングシステム間の接続 (図H.5)
5. 防火障壁部分における金属製ケーブルトレイの中断 (図H.6)

H.5 機械の並列電源 JIS C 60364-1 参照

H.6 駆動システム(PDS)を用いる場合の電源インピーダンス

(4) EMC対策の種類

1) 対策は、大きく分けて、基板レベル、筐体シールド、ケーブル配線の3種類が考えられる。

1. 基板レベル

基板のアートワーク段階でグラウンドパターン、クロックノイズ発生の抑制、及びEMI対策としてEMIフィルタを使用する。

2. 筐体シールド

基準となるGNDを決め、ループとならないように、なるべく低インピーダンスとなるように接地(GND)する。

3. ケーブル配線

入出力の分離、不要輻射の影響があるケーブルの単独、又は分離した引き回しにする。
(伝導放射ノイズなどは、フィルタの通過前と通過後の分離に注意が必要)

2) 具体的な対策

1. 回路での対策

- ・ループを作らない
- ・低周波回路では1点アース、高周波回路では多点アースにする。
- ・アナロググラウンドとデジタルグラウンドを分離する。
- ・回路の基板パターンは出来るだけ太く短くする。
- ・電源ラインとグラウンドラインは平行にする。
- ・電源グラウンド間に高周波コンデンサを入れる。(ICなどの電流ループを小さくする)
- ・使用しない入力ポートは、グラウンドへプルダウンするか、電源でプルアップする。
- ・多層基板で電源パターン層、グラウンドパターン層をつくりノイズを低減する。
- ・高感度の素子は、信号源から話して実装する。
- ・能動素子(トランジスタやIC)は、電源線とアース線との間に配置しない。

2. 部品での対策

- ・リレーやモーターなどのインダクタンス負荷に対してサージ回路を入れる。
- ・フィルタや電源トランスの一次側と二次側のリード線は出来るだけ離す。
- ・コモンモードチョークを使用する。(同相成分とアース電圧分の阻止)

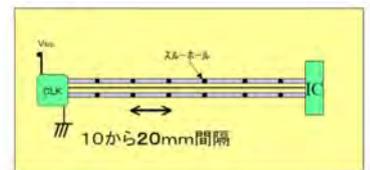
3. シールドングでの対策

- ・磁界シールドは、誘電率の高い材料で遮蔽する。
- ・高周波磁界の場合、誘電率の高い材料で遮蔽する。
- ・シールド材は、アースの連続性を考慮して必ず接地する。
- ・エンクロージャの開口部は、出来るだけ小さくする。

4. 配線での対策

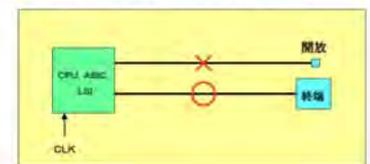
- ・パターンやリード線のインダクタンス、キャパシタに注意する。
- ・フラットケーブルでクロック線を出す場合は、グラウンド線を隣接して配線する。
- ・伝送線は、入出力のインピーダンスを整合させる。
- ・電源線と信号線は出来るだけ離す。
- ・ツイストペア、又はシールド線、同軸ケーブルを使う。
- ・配線は、出来るだけ短くする。
- ・コネクタの入出力端子は、高レベル信号端子と微弱信号端子を離す。

●ガードパターンは10~20mm間隔で内層GNDに接続する。



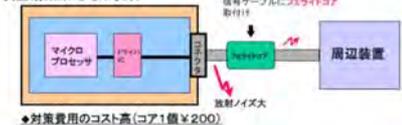
カードパターン

●基板上で先端がオープンとなるようなパターンは引かない



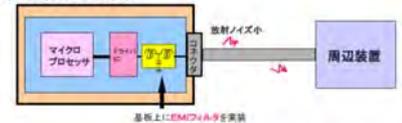
オープンなパターンがアンテナになってからクロックの高調波が放射されるので必ず終端すること

■ 対症療法的な対策



◆対策費用のコスト高(コア1個 ¥200)

■ 設計段階での対策



※基板上にEMC対策を実装

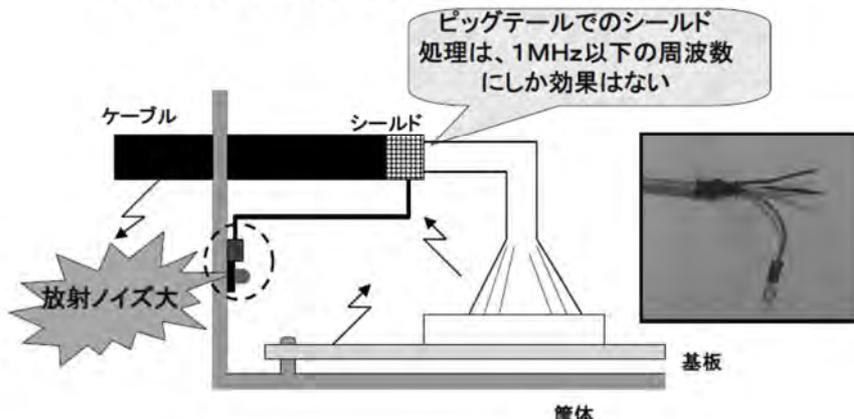
出典: 三菱電機エンジニアリング(株)



(5) EMI対策の事例

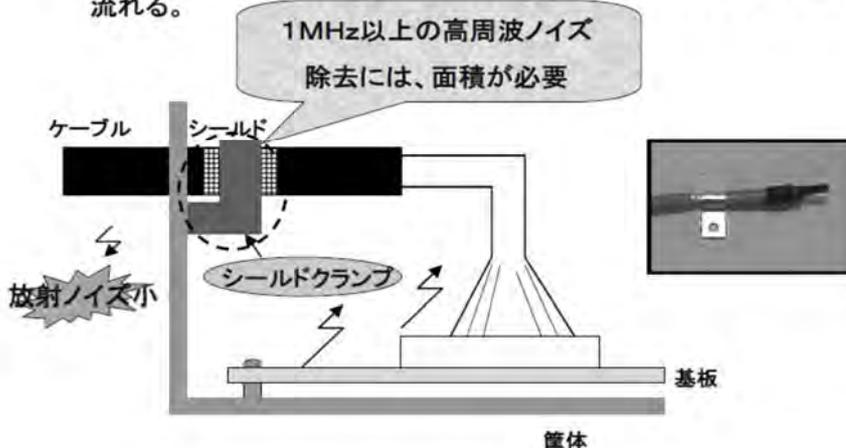
ケーブルからの放射が高いシールド処理例

シールドケーブルのシールドが細いケーブルでしかFGに接続されないため、装置内部でシールドにカップリングされた高周波ノイズがFGに流れにくくなりシールドを介して外部に放射されている。



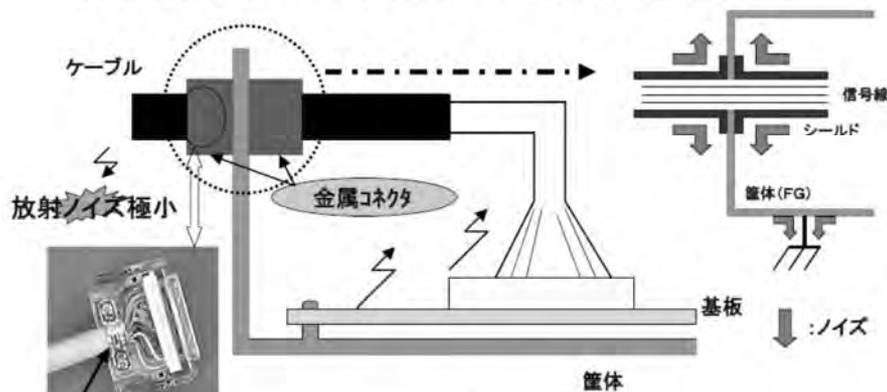
ケーブルからの放射が低いシールド処理例

ケーブルの被覆を筐体に近い所で剥ぎシールド部をシールドクランプで筐体で接触させる。筐体内部でカップリングした高周波ノイズはシールドクランプで筐体に流れる。



理想的なケーブルシールド処理例

筐体(板金)を挟んで外部ケーブルと内部ケーブルにコネクタ分割する。筐体内部でカップリングした高周波ノイズはシールドコネクタで筐体に流れる。また、外部シールドで受けたノイズも筐体内部に入らない。

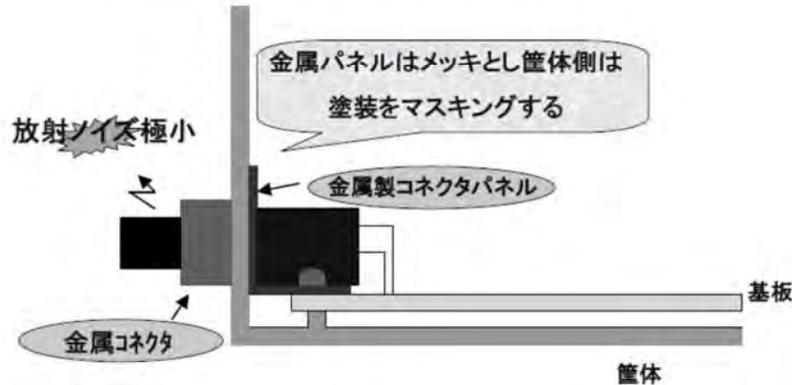


シールド全周をコネクタシェルに接触させる

出典: 三菱電機エンジニアリング(株)

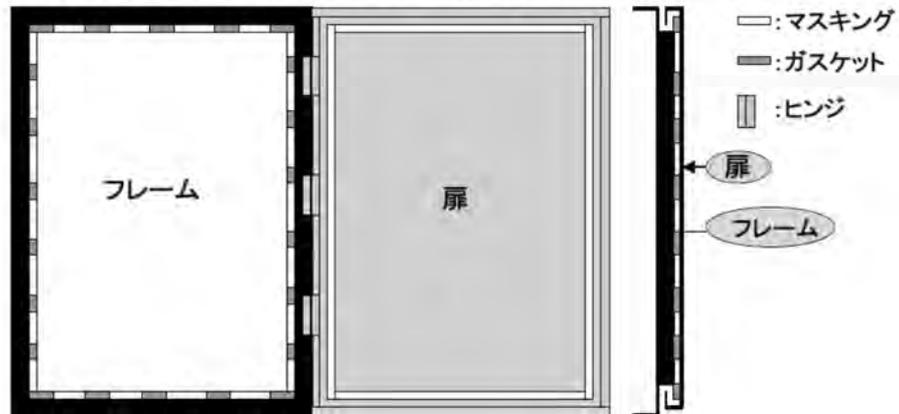
パソコンのケーブルシールド処理例

内部ケーブルへのカップリングさせない方法として基板コネクタを直に筐体へ取付ける。基板のGNDもコネクタパネル経由で多点で筐体に接続される。PCのように高周波を使用する機器は、この方法にしないと300MHz以上のノイズが放射される。



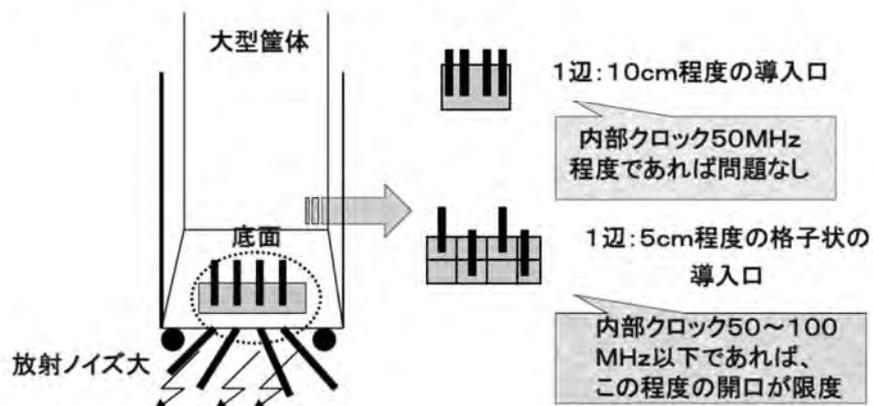
扉・側板の多点接触

高周波のシールドはより広い面接触が要求される。側板のように固定されているものは接合面の塗装面をマスキングし、約10cm間隔でネジ、もしくはガスケットで接触すればよいが、ヒンジで開閉するような扉でも10cm間隔でガスケットで接触できるようにする。ガスケットを全周に貼る必要なし。3cm程度のものを10cm間隔でOK



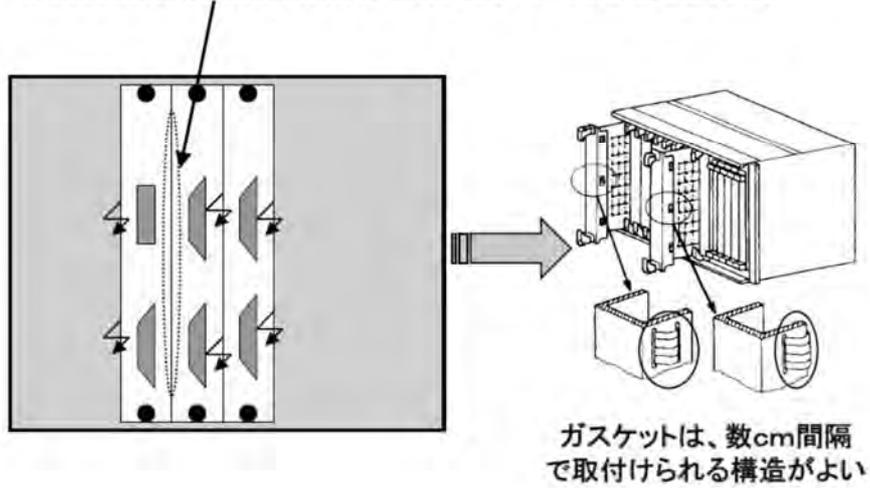
ケーブル導入口のEMI対策

扉、側板のシールド対策はしっかりできているが、ケーブル導入口が大きな開口部となっているケースが多く、床面のケーブル導入口から高周波ノイズがケーブルを介して放射される。



VMEラックフロントカードパネル間の隙間対策

隣どうしのカードパネル間の隙間より高い周波数のノイズが放射される。
パネル間の高周波的な接触が弱くスリットアンテナとなっている。



出典: 三菱電機エンジニアリング(株)

(6) EMC関連情報 *下記URL参照

- 1) CEマーキングと EMC指令
<https://fujisafety.jp/files/aboutus/c1-29.pdf>
- 2) EMC指令の整合 規格と試験法
<https://fujisafety.jp/files/aboutus/c1-30.pdf>
- 3) 業務計画書 製品安全・EMC (CEマーキング)
<https://fujisafety.jp/files/aboutus/c1-2.pdf>
- 4) CEマーキング技術文書
<https://fujisafety.jp/files/aboutus/c1-10.pdf>
- 5) 外部EMC試験施設の上手な活用法
<https://fujisafety.jp/files/aboutus/c1-4.pdf>