

ノイズ低減接地

キーワード：ノイズ、接地、並行接地導体、接地構造体、環状接続導体

1. まえがき

接地と遮蔽を組み合わせることで雑音問題の大部分は解決できる。しかしながら、人が触れる恐れがある金属構造物は安全上の理由から大地に接続することを要求しており、信号配線での接地に要求されている信号の安定とノイズの抑制とは必ずしも合致していない。多くの場合、安全接地は信号接地としては不適当な場所で要求されており、このことが雑音問題を扱う上で問題を複雑にしている。

以下、電気設備（電気工事）の視点でノイズを低減するための接地について整理する。

2. 接地する

厳密に言うと、接地（する）とは地球の大地への接続のみを、特に雷防護システム（lightning protection system; LPS）の接地電極やAC電源配電変圧器のいずれかの主電源端子（通常は「中性線地」）に接続される接地電極をさすべきである。

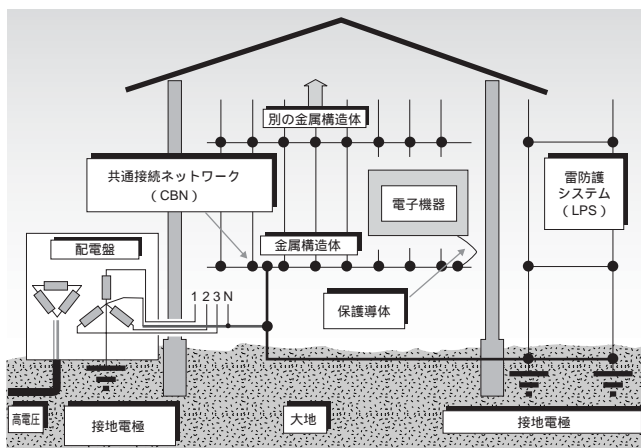


図1. 様々な接地、接地極

安全上の理由から現代的な配線規則は、施設中の保護導体や金属構造体、水道やガスの配管など相互に接続された集合である共通接続ネットワーク（common bonding network; CBN）を大地に接続することを要求している。主電源中性線はCBNでもあり、このため大地接地と様々な電磁的現象を相互に作用し合うこととなる。

3. 運用面からみた接地

1) 雑音対策と保安兼用接地（Hardware Ground / Frame Ground）

空中を伝搬する放射性ノイズ対策としては建物や電子機器の筐体及び遮蔽電線や電線管のグラウンドと、導体（電力線、信号線、接地線）のアンテナ効果を低減させるためのグラウンドがある。

2) ノイズ電流放出用接地（Noisy Ground）

シールドルーム、通信機フィルタの雑音エネルギーを大地に放流する接地。コンピュータと周辺機器の電源ユニットからは、数十ミリアンペアの雑音電流が放出されている。この雑音エネルギーを大地に放流するための接地。

3) 保安用接地（Protective Ground）

感電の防止、機器の絶縁強度の軽減、電力設備の保安（地絡保護）用接地、雷・ケージ対策・遮蔽用・雷害防止用接地等、電気設備技術基準及びその解釈で接地工事が規定されている。

本紙ではノイズに関係ある、人体が持っている静電気が電子機器に直接放電する直接放電雑音対策の視点から、静電気（障害）防止用接地を7項で取り上げている。

4) 信号用接地（Signal Ground, chassis Ground）/ 等電位用接地（equipotentiality Ground）

EMC（電磁環境両立性：electromagnetic compatibility）、計算機、信号機器の「電位の安定基準／基準点」を得る、グラウンドバス／システムグラウンドがこれで、本紙では電子機器の内部回路における接地は省略し、電気設備として複数の機器群を接続する場合の等電位用接地の面から次項で取り上げる。

なお、大地を回路の一部に組み入れるための電気防食用電極やラジオアンテナ用接地、電気鉄道などは本紙では省略した。

4. 周波数と接地システム

雑音という見地からすると、最も望ましからざる接地システムが図2に示す共通接地システムであり、各回路の接地は全て直列に接続されている。簡便さゆえに最も広く用いられている。

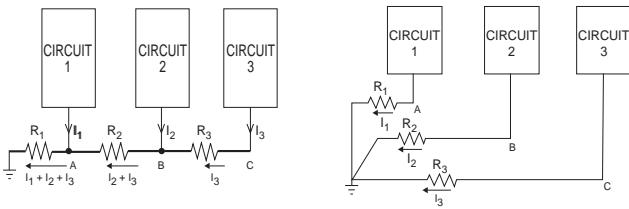


図2．直列接地システム

図3．一点接地システム

低周波では、図3に示す分離、並列接続の一点接地システムが望ましい。ここでは、各回路からの接地電流の間には相互結合がなく、回路の接地電位はその回路の接地電流と接地インピーダンスのみの関数となる。しかし、莫大なる量の配線が必要となる点が難点である。

図4に示すように、ほとんどのシステムは少なくとも三つの個別の接地線（Signal / Noisy / Frame - Ground）を必要とする。

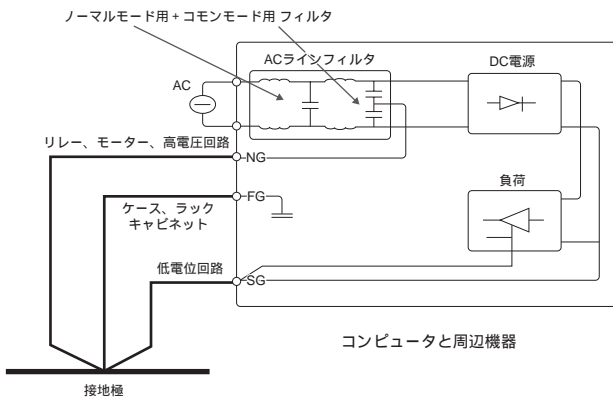


図4．三つの個別接地線（SG, FG, NG）

10MHz以上の高周波では、図5に示す多点接地システムが望ましい。ここでは、接地導体のインダクタンスが接地インピーダンスを増大せしめると共に接地線間の誘導結合がおこることがある。また接地線間の浮遊容量によっても接地線間の結合が起こる。

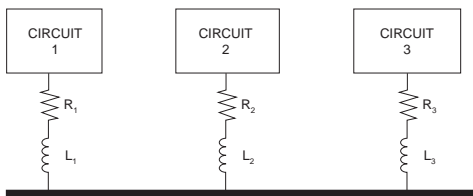


図5．多点接地システム

全ての導体は、その長さが波長（ λ ）の1/4の奇数倍になるところでそのインピーダンスが非常に高く（共振アンテナとなる）。

一般的にケーブル長が関係する周波数の波長の1/10を越えるとRFアンテナとして働くことになり雑音を輻射することにもなるから、インピーダンス（ R_n , L_n ）を低く保ち（通

常はシャーシ表面を銀メッキしたアース銅板等）且つ輻射を防ぐために、接地線の長さを波長の1/20以下に保つ（図6参照）ことが必要となる。多数の並行接続経路を与えることによって局所基準電位の改善を助けることができる。

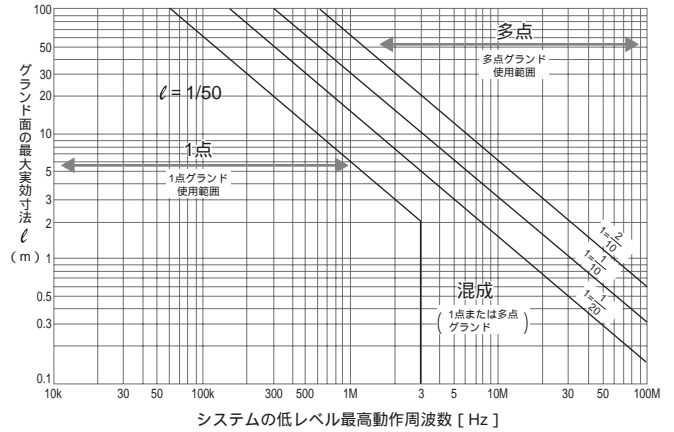


図6．1点グランドと多点グランドの境界領域

5．接地と隔離距離

5.1 並行接地導体（PEC：Parallel Earth Conductor）

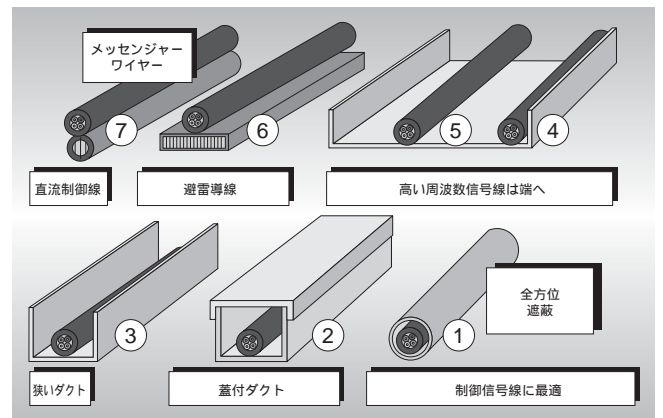


図7．いくつかの種類のPEC

信号ケーブルは電位の基準面を確保する意味から並行接地導体（PEC）に沿わせて走らせるべきであり、いくつかの種類のPECを図7（コンジット、ダクト、～トレイ、帯金、太いワイヤ）に示す。

PEC内側隅の布線は低いインダクタンスを持ち、高周波EMCの制御のためにも良いので、特に敏感な、あるいはノイズなケーブルのために確保（図8参照）しておくべきである。

ケーブルの保護外装（シールド材）は原則としてPECとして取り扱い、両端でグランドに接続すべきである。機能的に片端接地しか認められない場合は、二重シールドか配管内に収めて、ここで両端接地とすることが望ましい。

この際、図9のケーブル・クラス毎に最小離隔を確保した

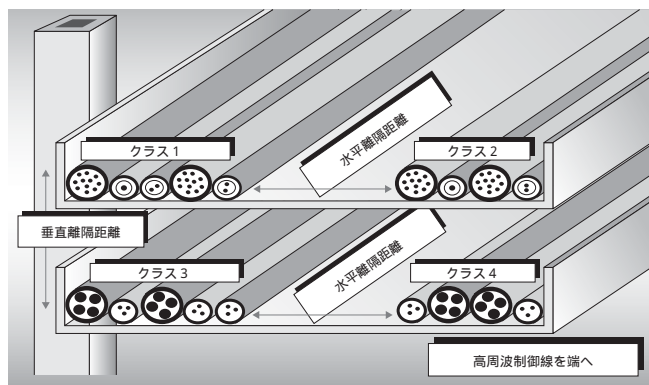


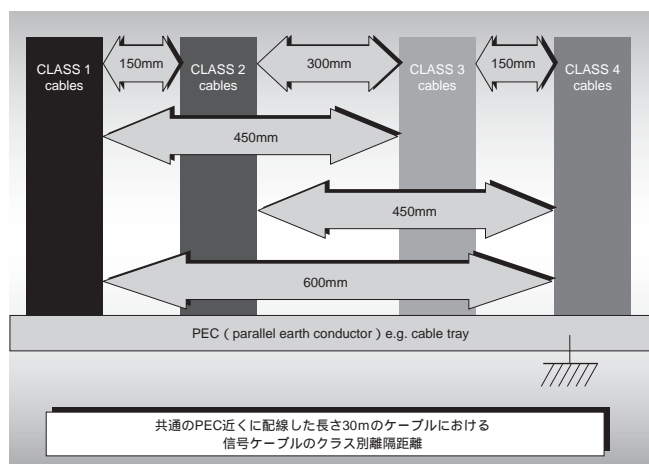
図8．トレーにおけるケーブルのクラス別分離

PECを用い、同時に安全上の理由から、PECに流れる可能性がある最大の故障電流（含・雷撃電流）を取り扱える能力をもつべきで、三次元網状接地構造体の一部として構築することが望ましい。

5.2 ケーブル間の離隔距離

日本の電気設備技術基準・第189条の中では、低圧屋内配線と弱電流電線等との離隔距離は、10cmと規定されている。ただし、ここでいう離隔距離は、ノイズよりも安全対策（地絡、短絡事故時）上のものと理解される。

信号ケーブルのクラス別離隔距離を、図9に示す。



- クラス1 : 非常に敏感な信号用
 - 1A : 低レベルのアナログ信号 (1A以下)
 - 1B : 高速デジタル通信 (Ethernetなど)
- クラス2 : 計装信号用
 - 4~20mA, 0~10V信号, RS422など
- クラス3 : 低電圧配電 (1KV未満, DC48V)
- クラス4 : 強度の干渉を生じる信号ケーブル
 - 電気溶接機, RF送信アンテナ他

図9．ケーブルのクラス別離隔距離

ノイズ対策で考えた場合、米国のEIA（電子工業会）規格の中に表1のような記述があり、この値を推奨する。

尚、表1は電圧480ボルト以下の場合に対するガイドラインである。

表1．電力ケーブルと信号ケーブルの分離（ノイズ対策）

分類	最小離隔距離		
	2kVA以下	2~5kVA	5kVAを超える
非シールドの電力線又は電気装置との離隔	127mm (5インチ)	305mm (12インチ)	610mm (24インチ)
非シールドの電力線又は電気装置で、ケーブルが接地した金属管内に布設されている場合の離隔	64mm (2.5インチ)	152mm (6インチ)	305mm (12インチ)
接地された金属管内（又は同等のシールド）に布設されている電力線で、ケーブルが個別に接地した金属管内に布設されている場合の離隔	38mm (1.5インチ)	76mm (3インチ)	152mm (6インチ)

6. 接地構造体（CBN）

一般に「接地構造体」と呼ばれる共通接続ネットワーク（CBN：common bonding network）は、図10に示す、3次元のメッシュ接地構造体を意味し50Hzから高周波までで（平均メッシュ寸法に依存する）低インピーダンスを達成しており、コンピュータやテレコムなどを含むハイテクノロジー機器を収容する現代的な施設のための重要な要素である。

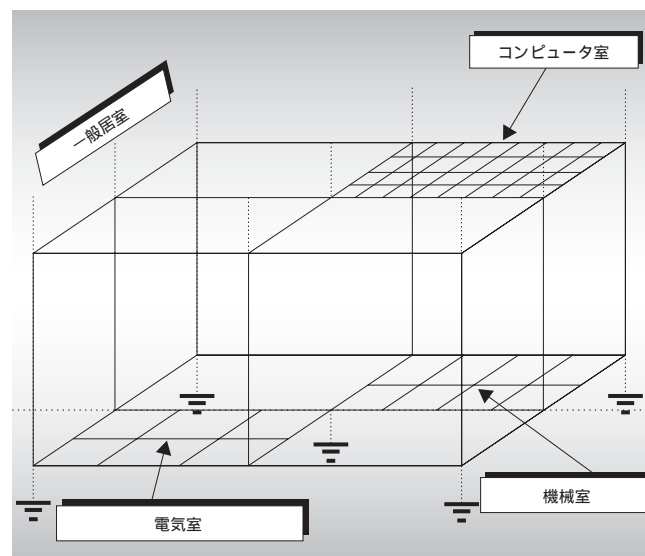


図10．メッシュ接地構造体

高周波機器（コンピュータ他）は、インダクタンスによる電位上昇を防止するためにMESH-CBNと呼ばれる、小さいメッシュ寸法をもつ3次元接地構造体を必要とする。敏感な計装機器も、広範囲の周波数にわたるCBNの電位差の影響を受けやすいために、しばしば小さいメッシュ寸法を必要とする。

また、大電流機器は、漏洩電流や故障電流に際しての過大な電位差を防止するために近接したメッシュを必要とする。

局所基準電位を改善する有効な手段であるボンディング・マット（システム基準電位プレーン）とよばれるものの一般

的構造を図11に示す。

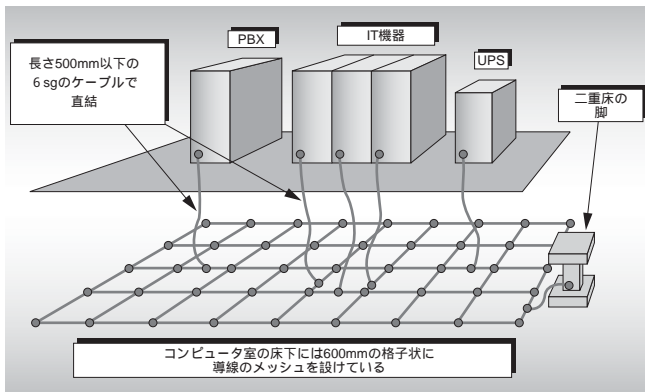


図11. ボンディング・マット

通常は、銅線や銀箔テープの600mmピッチの格子状メッシュを、コンピュータの床下に設置し、機器のキャビネット・フレームに500mm未満の6mm²の断面積のケーブルで接続する。二重床の場合は、フリーアクセスフロアの床支持材や、金属で覆われたコンピュータ床タイルを使用するが多い。このボンディング・マットのピッチ寸法は、コンピュータ設備全体で許容する接地電位差の大きさと異なり、最近の通信周波数が30MHz（100MbitやGigabit Ethernetに相当）で、許容接地電位を15mVとする場合はメッシュの寸法をかなり小さく（300～500mmピッチ、金属板が最良）する必要がある。

一般的に、約20dBのシールド効果を得るためには、メッシュの格子寸法は、最大使用周波数の波長の1/20以下とすればよいことが判っている。ちなみに、約40dBのシールド効果（ほぼ完璧な遮蔽）を得るメッシュの格子寸法は波長の1/200以下とする必要がある。

なお、それぞれのボンディング・マットの周囲には、最大の故障電流を扱える、大電流の表皮効果を見込んだ充分な断面積の環状接続導体（図12参照）を持つことが必要である。

参考までに、雷サージのエネルギーの大半は10kHz以下の周波数範囲にあることから抵抗性として電流分割に配慮す

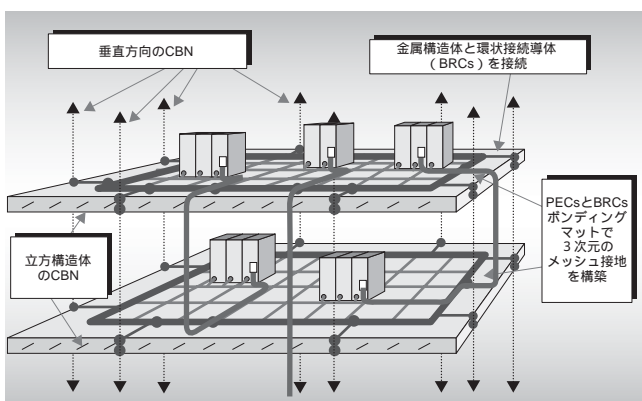


図12. 3次元のメッシュ接地構造体

ばよいが、電磁シールドの観点からは雷サージの高周波成分（1～3 MHz）に配慮した3～5mのメッシュCBNを配慮することが大切である。

7. 静電気の接地

直接放電雑音として電子機器に悪影響を及ぼす人体の帯電は、ガス蒸気および粉塵の着火源、または電撃を伴う火花放電を発生させる危険性がある。

人体の静電容量は一般的には100pF相当で、人体の帯電電位が約3kV以上になると放電による電撃を受ける。なお、椅子に腰掛けていたり、薄い靴底の履物を着用しているときは、100pFより大きくなり、3kVより低い帯電電位でも電撃を受ける。

作業環境対策例

- リストストラップ
- 導電シート
- 導電靴
- 導電床または導電シート
- イオナイザー
- アース



図13. 作業環境対策例

1) 静電気帯電防止を目的とした接地は保安用接地と異なり、1M 程度の接地間抵抗をもたせて接地する。したがって大部分の場合保安用接地と兼用できる。

2) 床および机への導電シートの敷設（図13参照）

歩行による人体帯電や台車で移動時の帯電を防ぐために、床に誘電シート（接地間漏洩抵抗が1M～1000M 程度）または導電床（作業者は導電靴を着用）を敷設する。また、金属製の机は急激な静電気放電を防ぐため、やはり導電シートの敷設が必要である。

3) リストストラップの着用

人体に帯電した静電気を逃すためには、図13に示すリストストラップの着用が効果的である。このリストストラップは作業者の感電防止のため1M の抵抗を内蔵したもので、注意事項としては、リストバンドの部分を素肌に密着させる事（衣服の上から着用しない）で、コードの断線がないか最低1日1回は導通チェックをする事が大切である。

8. おわりに

ノイズ対策としては、雑音源との離隔と平行敷設長の最小

化が最重要であり、等電位材としての並行接地導体（PEC）を3次元のメッシュ状に組んだ接地構造体が電磁遮蔽として有効であること、アンテナ効果と遮蔽効果の両面から、最大使用周波数に応じて1点・混成・多点接地を使い分ける必要があること、導体の帯電を防止する接地（漏洩抵抗）がいること、これらに共通した最大故障（含む、雷の放電）電流を扱う表皮効果を配慮した安全用接地について紹介した。電気設備（工事）に従事する皆様の入門書として役立つことを祈る。

参考文献

- (1) Henry, W. Ott著、松井訳、実践ノイズ遮減技法、昭和53年6月15日
- (2) 編集委員会編、ノイズ対策最新技術、総合技術出版
- (3) 伊藤健一著、アース回路「こうすれば電子回路は正しく働く」日刊工業新聞社、昭和49年1月30日
- (4) 北大路剛著、電子回路のための雑音対策百科、オーム社、昭和50年8月20日
- (5) 宮崎誠一 連載web講座 良く分かる 実用ノイズ対策技術
- (6) システムと施設のEMC、Keith Armstrong著、翻訳：T. Sato、“EMC for Systems and Installations”
- (7) EMCのための設計テクニック、Keith Armstrong著、翻訳：T. Sato、“Design Techniques for EMC”
- (8) 荒木庸夫著、電磁妨害と防止対策、東京電機大学、東京電機大学出版局、1999年12月20日
- (9) NECエレクトロニクスデバイス、半導体デバイス実装マニュアル
- (10) 船舶電気装備技術基準、日本船舶電装協会、日本財団事業成果ライブラリ
- (11) 産業安全研究所技術指針、静電気安全指針、1998.03.改定、労働産業安全研究所、



藤田 嘉美 Yoshimi Fujita

1969年入社、1986年技術士（電気・電子部門）登録。主として電気・計装、広域情報通信設備、中央監視制御、セキュリティ設備に関する計画、研究、設計、施工管理、同指導に従事。現在、技術本部技術部長。システム制御情報学会事業委員。センシング技術応用研究会幹事。電気設備学会正会員。電気学会正会員。OBN協議会員。