

3. EMC関連技術の実態調査

富田 一*

1. はじめに

不要な電磁波（電磁ノイズ）による電子機器の誤動作の問題は、産業用ロボットの使用が増大し始めた昭和50年代より顕在化した。それは産業用ロボットの制御回路に使用される半導体素子の電源電圧が10数Vと低く、流れる電流もmAオーダーと小さいため、それまで問題とならなかったような電磁ノイズ源が電子回路に電磁干渉して誤動作を引き起こすようになったことによる。このような電磁ノイズの問題は半導体素子を使用した電子機器に共通の問題であり、最近では医療電子機器への携帯電話による誤動作が問題となっている。対策にはノイズフィルタ、フェライト、ノイズ対策用トランスなどの電磁ノイズ対策部品や導電性フィルム、金属メッシュなどの電磁シールド材の使用が一般的に行われている。また、電子機器自体が動作のためのパルス信号などによって電磁ノイズ発生源となるため、発生する電磁ノイズの電磁界強度の規制や、電磁ノイズ源によって影響を受ける電子機器に対して、あらかじめ電磁ノイズ耐性のあることを検証するイミューニティ試験が行われている。今年度は「生産・施工システムの総合的安全制御技術の開発に関する研究」の一環として、電磁ノイズ関連の技術動向を調査したので、その概要を報告する。

2. 電磁ノイズと災害・障害

2.1 人工的な電磁ノイズ

電磁ノイズは、不要電波問題対策協議会の定義では「電子機器等から発生し、空間及び接続ケーブルを伝わる不要な電磁波」とされている。すなわち、電磁ノイズには、電磁波の発生を意図しない機器等から二次的に電磁波を発生するとき、送信機などから意図的に輻射された電磁波が受信機以外の機器に影響を及ぼすときがある。二次的に発生するものには、信号発生器、周波数カウンタのようにパルス、正弦波などを信

*物理工学安全研究部 Physical Engineering Safety Research Division

号として使用している機器、誘導加熱装置のように高周波電力を利用している機器、アーク溶接機のように放電を利用している機器、あるいはサイリスタ制御機器のように商用電源を利用しているものなどがある。

このような電磁ノイズ源のなかで、とくに影響の大きいものは、1988年にロボット工業会が実施したアンケート調査によると、産業現場では溶接機、電磁弁、インバータなどである（表1）。

2.2 電磁ノイズによる災害・障害の具体例

前節に挙げた電磁ノイズ源などによって発生したと推定される災害・障害には、次のような事例がある。

2.2.1 被爆線量計の誤動作

原子力発電所など放射能に被爆する可能性のあるところで使用される被爆線量計が携帯電話からの電磁波によって、表示数値の異常が発生した。これは携帯電話からの電磁波が、被爆線量計の検知回路に電磁干渉を起こし、誤った信号による表示の誤動作によるものであった。

2.2.2 医療機器の誤動作

1994年6月に、スウェーデンにおいて、重症患者らに抗ガン剤を投与するシリンジポンプが携帯電話で誤動作したと推定される障害が発生した。また、岡山県の病院でも同様の障害が発生し、メーカーの実験でも、携帯電話からの電磁波によって同医療機器のセンサー

表1 工場内の主な電磁ノイズ源

ノイズ発生源	経験率
溶接機	14.4%
電磁弁	8.2
インバータ	3.4
人の静電気	2.6
雷サージ	2.3
電気炉コンダクタ	2.3
モータ	2.3
電磁誘導	1.9
その他	18.2
不明	44.4

が動作し、ポンプの停止が発生することが確認された。さらに、人工呼吸器でも携帯電話に約 5 cm まで近づけると誤動作することが認められた。

これらの誤動作は電磁ノイズが空間を伝搬して、電子機器の一部が受信アンテナの機能を果たしたことによるものである。以下、電磁ノイズの及ぼす影響の基本的な現象を紹介する。

2.3 電磁ノイズの結合 (伝導, 容量結合, 誘導結合)

電磁ノイズは電源ライン, 信号線等を直接伝導する場合のほか, 容量結合, 誘導結合, あるいは電子機器の配線などの一部をアンテナとして放送電波のように電磁波が伝搬する場合がある。伝導による結合は, 誘導性負荷の遮断, リレーのバウンスイングなどによって発生した電磁ノイズが, 電源線, 信号線, 内部配線, 接地線を介して同一システム内のほかのシステムに影響を与えたり, 別のシステムに影響を与える。

2.3.1 容量結合

静電誘導とも呼ばれるもので, 線路間の浮遊容量によって結合する。例えば, 図 1 のように線路 1 に電源が接続され, C_{12} が線路 1 と線路 2 の間の浮遊容量であるとき, この容量 (コンデンサ) を介して線路 1 の電位変動が線路 2 に影響を及ぼす。線路 2 のインピーダンス Z_{02} を純抵抗 R_{02} としたときに流れる電流値は

$$I_2 = j\omega C_{12} V_1 / (2 + j\omega R_{02} (C_{12} + C_{22})) \quad (1)$$

ここで, V_1 : 線路 1 の送端電圧と表され, コンデンサのインピーダンスは周波数が高くなると低下するため, 周波数が高くなるとともに線路 2 に誘導する電流は大きくなるが, ある周波数以上では一定値となる。

2.3.2 誘導結合

回路 1 に時間変動する電流が流れて磁界が発生し, その磁界が回路 2 と鎖交することによって生じる結合である。回路 2 に誘起される電圧は, 回路 2 に鎖交する磁束の時間変化に比例し,

$$v = -d\Phi/dt = -d \{ \int B \cos(\theta) dS \} / dt \quad (2)$$

Φ : 鎖交磁束

と表される。例えば, 図 2 のように平行線路があると, 線路間の相互誘導によって線路 1 の電流変化に伴って, 線路 2 には

$$V = -j\omega M I_1 \quad (3)$$

I_1 : 回路 1 を流れる電流, $M = \Phi / I_1$: 相互インダクタンス
の電圧が誘起される。

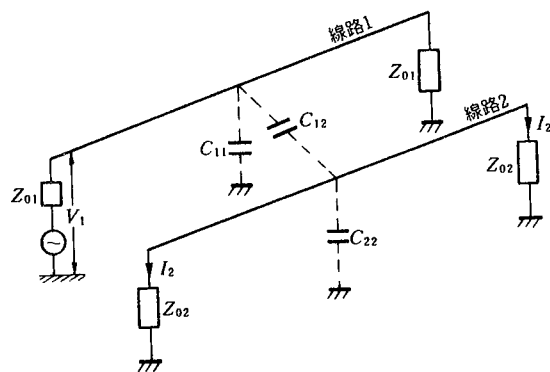


図 1 容量結合

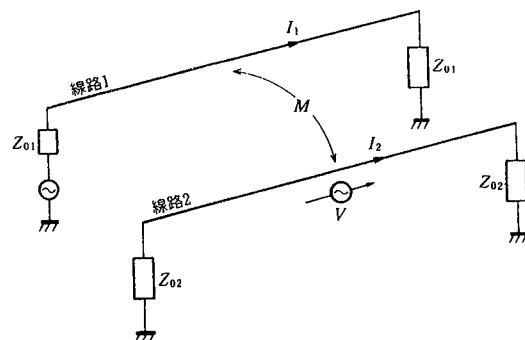


図 2 誘導結合

3. 電磁ノイズ対策

3.1 対策の基本

電磁ノイズ対策の基本は, 影響を受ける機器への伝搬を抑制することである。伝導ノイズであれば, 電源線, 信号線, 接地線を介して伝搬する電磁ノイズが機器に伝搬することを防止するために, 例えばバイパスコンデンサ, ノイズフィルタ, フェライトビーズ, サージアブソーバ, チョークコイル, ノイズ対策用トランス等を使用する。空間を伝搬する放射ノイズに対しては, 電子機器内への電磁ノイズの伝搬を抑制するために金属メッシュ, 導電性フィルムなどの電磁シールド材を使用する。以下, 対策法, 対策部品を紹介する。

3.1.1 共通インピーダンスの低減

複数の回路が共通のインピーダンスをもつと, ある回路の電流によって別の回路が電圧変動を受ける。影響の度合いは共通インピーダンスの大きさに依存するため, これを低減することが対策となる。具体的には, 各回路の接地を並列に 1 点でとり, 基準の電位となる接地線と, 電流を流す接地側電線とを別々にする, また, 高周波での接地インピーダンスを低減するために, 多点アースとするなどがある。

3.1.2 バイパスコンデンサ

コンデンサは周波数が高くなるとインピーダンスが低下して電流が流れやすくなるので、コンデンサを信号線に付加すると、一般に信号に比較して周波数の高い電磁ノイズ成分はコンデンサに流れ、信号線への伝搬を抑制できる。例えば、図3のように、信号線にバイパスコンデンサを付加すると、ノイズ成分はバイパスコンデンサを主に流れ、信号線への伝搬を抑制できる。コンデンサの特性は、使用される誘電体の種類、構造、電極構造などに依存する。

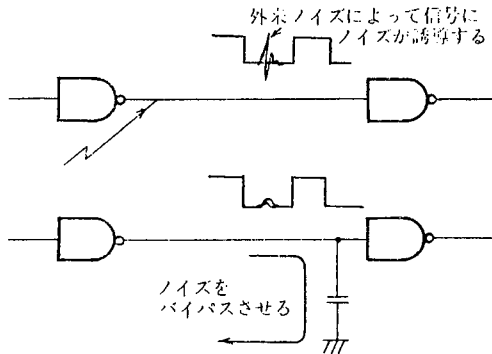


図3 バイパスコンデンサの動作原理

3.1.3 インダクタ

電磁ノイズのモードに応じて、コモンモード用とノーマルモード用のチョークコイルがある。コモンモードとは、大地と線路との間に流れる電磁ノイズであり、ノーマルモードとは、通常の信号のようにライン間を流れる電磁ノイズである。

インダクタには、本来の信号に影響を及ぼさないように巻線間の直流抵抗が小さいことや電磁ノイズの幅広い周波数帯域で、電磁ノイズを減衰させるために大きなインピーダンスを持つことが求められる。また、本来の信号電流で飽和しないことも必要である。

1) コモンモードチョーク

コアに電源線等の2線を巻き付けたもので、信号に対しては何らの作用をしない一方で、2線へのコモンモードノイズに対してはインダクタンスとして作用して、電磁ノイズを抑制する。図4はコモンモードチョークを用いた回路であり、信号に対してはコアに発生する磁束 (ϕ_1) が打ち消しあっている。一方、コモンモードノイズ (E_n) はコア内に同じ方向に磁束 (ϕ_{1n} , ϕ_{2n}) を発生させて、インダクタンスとして作用している。以下、式を用いて説明する。

いま信号 E_s が図4 (a) のように印加されている場合、信号による回路方程式は

$$E_{ab} = -j\omega M_{12} \cdot I_1 + j\omega L_1 I_1 + Z_L \cdot I_1 + j\omega L_2 \cdot I_1 - j\omega M_{12} \cdot I_1 \quad (4)$$

となる。ここで、自己インダクタンスと相互インダクタンスが等しいとすると、式(4)は

$$E_{ab} = Z_L \cdot I_1 \quad (5)$$

となる。すなわち、信号からみたインピーダンスは負荷のインピーダンスとなり、コモンモードチョークコイルは何らの作用をしない。一方、図4 (b) のように、コモンモードノイズに対する回路方程式は

$$E_{ac} = j\omega M_{12} \cdot I_{1n} + j\omega L_1 \cdot I_{1n} \quad (6)$$

$$E_{bd} = j\omega M_{12} \cdot I_{2n} + j\omega L_1 \cdot I_{2n} \quad (7)$$

となる。このとき自己インダクタンスと相互インダクタンスが同一であると、自己インダクタンス L_1 の2倍のインダクタンスが接続された状態となる。すなわちコモンモードノイズに対してはインピーダンスとして作用して、流れる電流を抑制する作用を持つ。

2) ノーマルモードチョーク

線路に直列に接続して使用される。信号による電流によって磁気飽和しないように飽和磁束密度の大きいものが良く、コアとしては粉末化した鉄系金属を固形化して、渦電流損を小さくしたものが使用される。インダクタンスとしては数十 μH のものが多く用いられる。実使用上は電流重畳特性を配慮する必要性があり、信号による磁気飽和を念頭に、直流を重畳して試験されるのが一般的である。試験例を図5に示す。直流電流の増大とともに、インダクタンス値が低下している。

チョークコイルのインピーダンスは

$$Z = j\omega L_0 = (\mu'' + j\mu') \omega L_0 \quad (8)$$

L_0 : 空芯のコイルのインダクタンス

と表されるため、コアには、複素透磁率が大きいこと、実装した回路での共振を抑制するために、 $\tan\delta$ が大きいこと、飽和磁束密度が大きいこと、透磁率、磁束密度の温度係数が小さいことが求められる。

3) フェライトビーズ

環状となったフェライトに信号線等を貫通させて使用される。フェライトは高周波成分に対しては抵抗として作用して高周波ノイズを熱に変換するため、透磁率の大きなものより、損失の大きな材料が用いられる。図6に特性の一例を示す。

3.1.4 ノイズフィルタ

ノイズフィルタは電源線、信号線を介して伝搬する

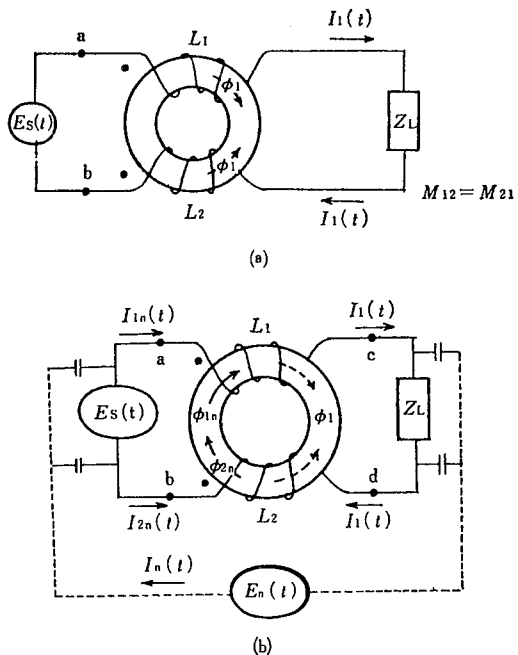


図4 コモンモードチョークコイルの動作原理

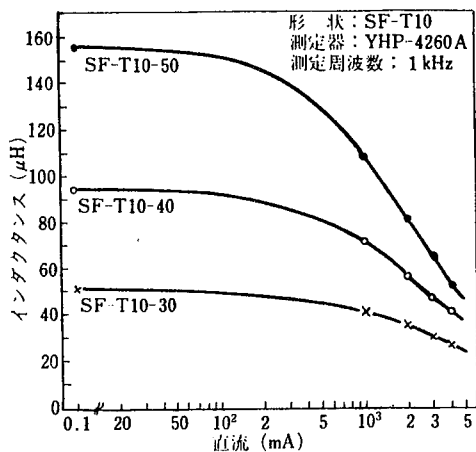


図5 金属圧粉コアのインダクタンスの直流電流依存性の例

電磁ノイズ対策に使用される。フィルタを用いた回路を図7に示す。フィルタの入力側回路からみた入力側回路の起電力を E 、インピーダンスを Z_s 、出力端子からみた出力回路のインピーダンスを Z_R とすると、出力端子電圧 V_2 ($= -I_2 * Z_R$) と E の比は次式となる。

$$V_2/E = Z_{12}Z_R / \{ (Z_s + Z_{11}) (Z_R + Z_{22}) - Z_{12}^2 \} \quad (9)$$

ただし、 Z_{11} 、 Z_{12} ：図7 (b)において、出力端子を開放 ($I_2=0$) としたときの入力端子の駆動点インピーダンス $Z_{11} = V_1/I_1$ 、及び伝達インピーダンス $Z_{12} = V_2/I_1$

Z_{22} ：入力端子を開放 ($I_1=0$) としたときの出力駆動

点インピーダンス $Z_{22} = V_2/I_2$

式(9)より減衰特性はフィルタの固有インピーダンス (Z_{11} 、 Z_{12} 、 Z_{21} 、 Z_{22})と Z_s 、 Z_R にも依存しており、機器ごとに Z_s 、 Z_R が異なるため、フィルタの特性試験

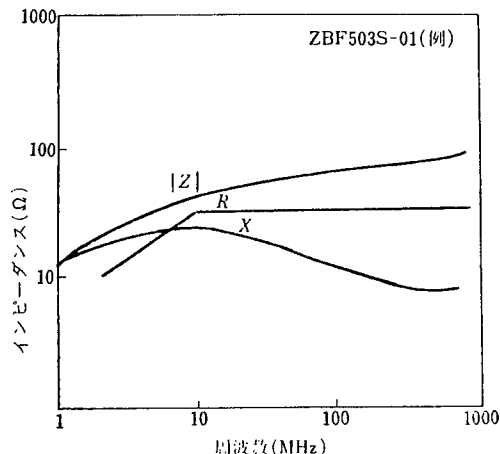


図6 フェライトビーズのインピーダンスと周波数特性の例

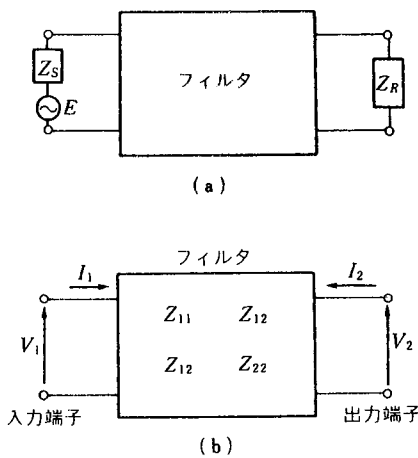


図7 フィルタの基本回路

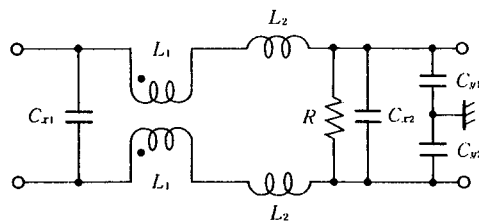


図8 ローパスフィルタの例

表2 ノイズ対策用トランスの種類と特性

3種類の基本形	作用の違い	性能の違い						要約
		コモンモード			ノーマルモード			
		高調波	低帯域ノイズ	高帯域ノイズ	高調波	低帯域ノイズ	高帯域ノイズ	
1. 絶縁トランス	1次-2次間の伝導がない	○ 防止する	△ わずかに防止する	× 伝達する	× 伝達する	× 伝達する	× 伝達する	低周波のコモンモードを防止する
2. シールドトランス	1次-2次間の伝導がない 1次-2次間の静電結合がない	○ 防止する	○ 防止する	△ わずかに防止する	× 伝達する	× 伝達する	× 伝達する	低周波と低帯域の高周波のコモンモードを防止する
3. ノイズカットトランス	1次-2次間の伝導がない 1次-2次間の静電結合がない 1次-2次間の高周波の電磁誘導がない	○ 防止する	○ 防止する	○ 防止する	× 伝達する	○ 防止する	○ 防止する	低周波から高周波まで、すべてのコモンモードを防止する 高調波以外の、すべての高周波のノーマルモードを防止する

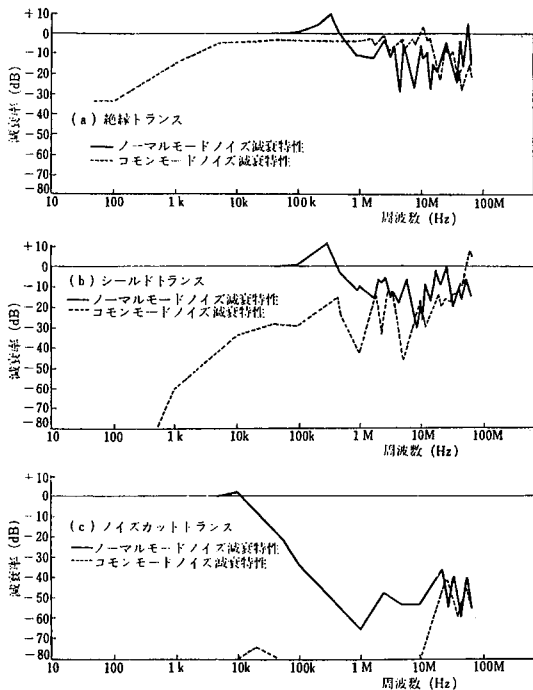


図9 ノイズ対策用トランスの特性例

は、共振周波数の把握が主な目的となる。ノイズフィルタの一例として、コンデンサ、インダクタンスを組み合わせた電源線用のローパスフィルタを図8に紹介する。コンデンサ(C_{x1} , C_{x2})によってノーマルモードの高周波ノイズをバイパスさせ、インダクタンス(L_2)によってノーマルモードノイズの伝搬を抑制している。インダクタンス(L_1)、コンデンサ(C_{y1} , C_{y2})はコモンモード抑制を目的としている。

3.1.5 ノイズ対策用トランス

トランスをノイズ対策の観点より分類すると、絶縁トランス、シールドトランス、ノイズカットトランスの3種類に大別できる。これらの構造及び作用の違いを表2に示す。ノイズカットトランスは、絶縁トランスを基本構造として、一次二次の巻線間の容量結合を防止するために多重の静電シールドが施されるとともに、高周波ノイズによる磁束が鎖交しないようにコアの形状に工夫を施しており、コモンモードノイズ及び高調波を除くノーマルモードノイズの伝搬を防止可能である。図9はノイズカットトランスの周波数特性の一例であるが、ノーマルモード、コモンモードのいずれのノイズ成分も除去していることがわかる。主な特徴には、①グランドレベルの異なるとき、あるいは接地ができないときにも使用可能である、②ノーマルモードノイズをコア内で減衰させるため、負荷、電源とのインピーダンスの整合を図る必要がない、などが挙げられる。

3.1.6 サージ対策部品

サージ対策部品には、電磁ノイズ発生源に使用されるノイズアブソーバと、電磁ノイズの影響を受ける電子機器側に使用されるサージアブソーバに大別できる。ノイズアブソーバには、接点の保護を目的としてC-R直列回路、サイリスタ、ドライアックなどが使用され、例えば蛍光灯起動用のグロススイッチにはサージ対策用の小型コンデンサの使用が電気設備技術基準で義務づけられている。最近の接点には、小型のリードリレー、マイクロスイッチなどが多用されているため、ノイズアブソーバは注目されている。

一方、サージアブソーバは、落雷による誘導やスイッチのバウンスイグによって過渡的に線路に発生するサージを抑制するために使用される。バイパスコンデンサ、ノイズフィルタに比較して、高エネルギーに対しても破壊されることがない。サージ吸収には、ある一定の電圧印加によって発生する放電現象を利用するものと、半導体や金属酸化物の電圧-電流の非線形特性を用いるものに大別できる。

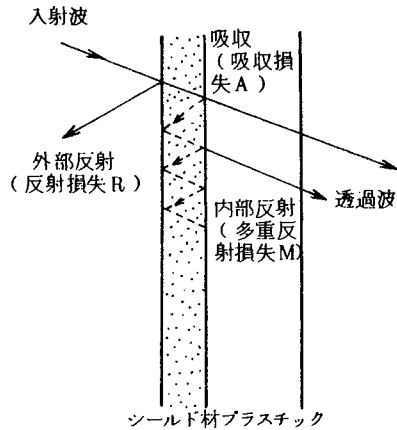


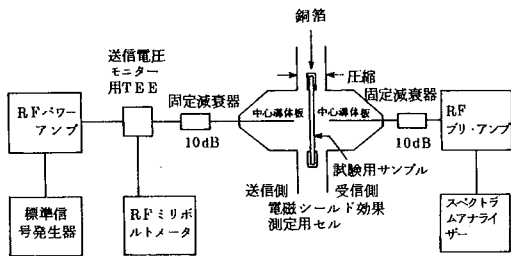
図10 電磁シールドの原理

3.2 電磁シールド

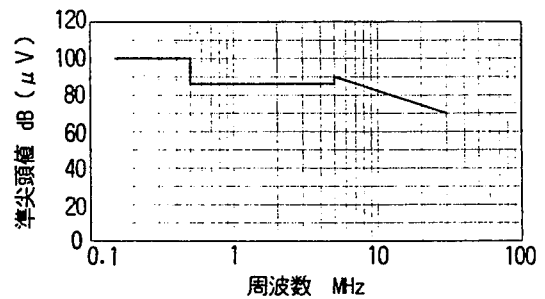
空間を伝搬して機器に侵入する電磁ノイズ対策として、電磁シールドがある。電磁シールドの基本的な考え方は次の通りである。電磁ノイズが、図10に示すように、電磁シールド材に到達すると、一部は反射され、一部は材料の中で減衰される。その結果、電磁シールド材を透過する電磁ノイズは減衰される。

具体的な電磁シールド特性の測定は、送受信アンテナの間に試料を挿入して、試料の有無による受信電磁界の差から求める。具体的な測定法は、メーカー、試験機関で種々の方法が開発されている。一例として、関西電子工業振興センターで行っている方法を紹介する。電界シールド効果については、TEMセルの寸法比を基本とした装置が用いられ(図11(a)参照)、被測定電磁シールド材を挿入するために、2つに分割可能となっている。

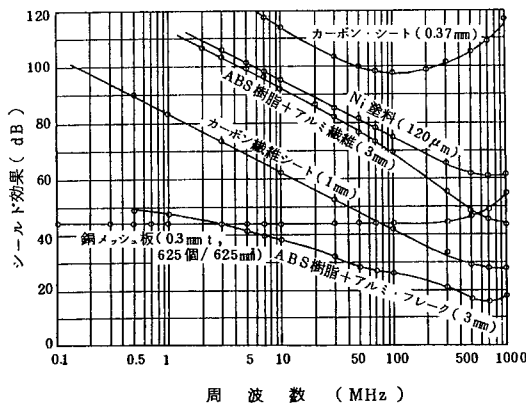
この装置は1GHz以下では共振(空洞共振あるいはアンテナの共振)せず、また、伝送モードはTE波に近く、100MHzと1GHzの測定結果に大きな相違は無い。電界シールド効果の測定結果の一例を図11(b)に示す。シールド効果の目安は60dB程度あれば普通程度のシールドである。



(a) 測定装置

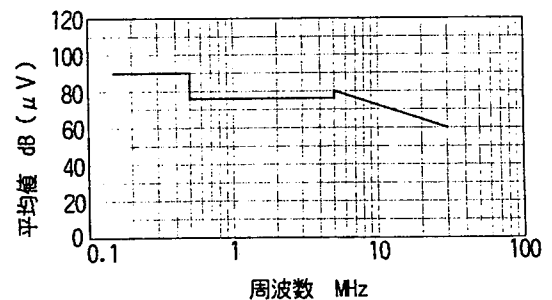


(a) 準尖頭値



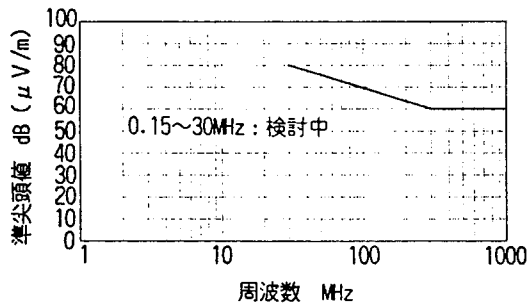
(b) 測定例

図11 電界シールド効果の測定装置と測定例

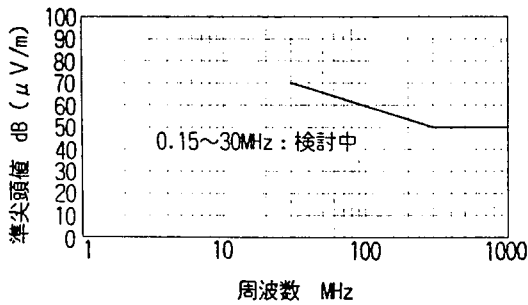


(b) 平均値

図12 電源端子妨害電圧の規制値



(a) 準尖頭値 (距離10m)



(b) 準尖頭値 (距離30m)

図13 妨害波電界強度の規制値

4. 電磁ノイズ規制

電磁ノイズ源には放送受信機、情報技術装置、家庭用電気機器、携帯型電動工具、工業産業医療 (ISM) 機器、蛍光灯照明機器などがあり、これらの機器から発生する電磁ノイズに対して各国で規制がなされ、我が国では電波法、電気用品取締法などでの規制、あるいは情報処理装置等電波障害自主規制協議会 (VCCI) による自主規制が行われている (表3)。例えば、ISM装置の一つであるアーク溶接機については、我が国では特に規制がないものの、EUではEN50199によって規制されている。規制は電源線等を伝搬する伝導性ノイズと空間を伝搬する放射性ノイズに分けられる。伝導性ノイズの規制値は電源端子妨害電圧と呼ばれ、準尖頭値と平均値の上限が定められている (図12)。測定時には実際にアーク溶接をせず、IEC974-1で規定する抵抗負荷を用い、溶接法ごとに測定条件が定められている。ただし、TIG溶接、スタッド溶接は検討中である。一方、放射性ノイズについては測定距離が10mおよび30mでの上限値が、準尖頭値として規定されている (図13)。規制はいずれかの距離で上限値以下であればよい。ただし、TIGスタート用の高周波ノイズとスタッド溶接は現在検討中である。

5. イミュニティ

国際電気標準会議 (IEC)、国際無線障害特別委員会 (CISPR) 等では、機器が電磁ノイズに対して耐性のあることを試験するためのイミュニティ試験法が規格化されている。既にEUでは、EMC指令 (89/336/EEC) が1996年1月より発効され、域内で新たに導入される対象機器については、EMC指令を満足することが求められている。この規格は表4のように4つに分けられている。たとえば共通規格であるEN50082-2は、産業環境に適用される。試験は静電気放電、放射無線周波電磁界、電氣的ファースト・トランジェント/バースト、サージ、伝導性無線周波電磁界、電源周波数磁界である (表5)。以下、参考のために、その概要を紹介する。

5.1 静電気放電

帯電した人体からの放電による影響を試験するものである。放電回路は人体の静電容量、抵抗をそれぞれ150pF、330Ωとし、試験レベル、放電電流波形が規定されている。放電は金属製の放電電極を対向電極に接触させる接触放電と、帯電した放電電極を対向電極に近づけながら放電させる気中放電とに分けられる。放電箇所は人体が接触しうる箇所であり、試験レベルは気中放電は±8kV、接触放電は±4kVで実施する。このとき放電によって試験信号の印加中は機能の劣化が起こっても、それは製造者が意図したレベル内であり、試験後は正常に運転する事が求められる。

5.2 放射無線周波電磁界

無線機などからの電磁波による影響を試験するもので、試験信号は音声による変調を念頭に周波数1kHz、80%のAM変調信号を使用する。周波数帯域は80~1000MHz、印加する電界強度は10V/mであり、周波数は 1.5×10^{-3} s/decadeで掃引する。電磁波を発生する試験のため、試験は電波暗室内で行われる。この試験中も仕様限度内での正常動作が求められる。

5.3 電氣的ファースト・トランジェント/バースト

スイッチングのバウンスイングなどによって過渡的に発生する振動的な高電圧による影響を試験するものである。試験信号は立ち上がり時間が5nsでインパルス幅 (50%幅) が50nsである。試験信号は電源ラインあるいはプロテクティブアースと基準接地面に容量結合によって印加する場合と、信号ラインなどには専用の容量結合板によって印加する場合がある。開回路出力試験電圧は±2kVであり、試験信号の印加中は機能の

表3 電磁ノイズに関する規格・規制

機 器 装 置	国 別	国際規格	日 本	韓 国	アメリカ	カナダ	EU
テ レ ビ ラ ジ オ オ ー デ ィ オ		CISPR Pub.13	電気用品取締法		FCC Part15 Subpart B Subpart C	GRR Part 2	EN55013
V T R		CISPR Pub.13	電気用品取締法	第4193号 第 825号 第 100号	FCC Part15 Subpart B		EN55013
情報技術装置 〔プリンタ,パソコン〕 〔ワープロ,ディスプレイ等〕 複 写 機		CISPR Pub.22	電気用品取締法 VCCI	第4193号 第 825号 第 34号 第 100号	FCC Part15 Subpart B	CSA C108.8	EN55022
電 話 ファックス		CISPR Pub.22 CCITT	電気用品取締法 VCCI	第4293号第825号 第 100号第117号	FCC Part15 FCC Part68	CS-03	EN55022
無 線 通 信 機		CCIR	電波法 VCCI		FCC Part15 FCC Part68	CS-03 RSP-100	
家庭用電気機器 ポータブル型電動工 具		CISPR Pub.14	電気用品取締法	第4193号 第 825号 第 100号		C108.5	EN55014
I S M 機 器 工業用計測制御装置 電 子 レ ン ジ		CISPR Pub.11 CISPR Pub.19	電波法 電気用品取締法		FCC Part18	RIR-1 CSA C108.6	EN55011
け い 光 灯 器 調 光		CISPR Pub.15	電気用品取締法				EN55015
点 火 装 置 (自動車, モーター ボート等)		CISPR Pub.12	自動車規格 (JASO)		SAE	SOR/75-629 CSA C108.4	EN55012

表4 EN規格の種類

規 格 名	内 容	例
基本規格 Basic Standard	用語, 試験レベルの選定方法, 試験方法などを定めた規格。他の規格から引用されることが多いが, 製品の適合性宣言に使える規格ではない。	IEC61000-4-1, EN61000-4-1 イミュニティ規格一般共通事項
共通規格 Generic Standard	対象製品の製品群別規格や製品別規格が存在しないときに共通的に使用できる規格。試験方法は基本規格を引用していることが多い。	EN50082-1 住宅・商業・軽工業地域 共通イミュニティ規格
製品群規格 Product Family Standard	ITE (情報技術装置), 家庭用機器など特定の製品群に対する規格。対象品の製品別規格が無いときに適用。試験方法は基本規格を引用していることが多い。	prEN50024 情報技術装置イミュニティ規格
製品別規格 Product Standard	個々の製品を対象にしている。最優先規格であるため, これが出るとその製品に対しては製品群規格や共通規格は適用できなくなる。	

表5 IEC/EN共通規格

	住宅・商業・軽工業地域		工業地域
規格番号	EN55082-1/1992	prEN55082-1/Draft (EN規格原案)	EN55082-2/1995
一般共通事項	IEC61000-4-1	IEC61000-4-1 EN61000-4-1	IEC61000-4-1 EN61000-4-1
静電気放電	IEC61000-4-2	IEC61000-4-2	EN61000-4-2
電圧	気中放電 ± 8 kV	気中放電 ± 8 kV 接触放電 ± 4 kV	気中放電 ± 8 kV 接触放電 ± 4 kV
判定	B	B	B
放射無線 周波電磁界	IEC61000-4-3	ENV50140	ENV50140 ENV50204
レベル	3 V/m	3 V/m	10V/m
周波数	27-500MHz	80-1000MHz 900± 5 MHz	80-1000MHz 900± 5 MHz
変調	無変調	AM80% 1 kHz PM50% 200Hz	AM80% 1 kHz PM50% 200Hz
判定	A	A	A
電氣的ファースト・ トランジェント/ バースト	IEC61000-4-4	IEC61000-4-4	EN61000-4-4
交流入力	交流ラインFG± 1 kV	交流ラインFG間± 1 kV	± 2 kV
直流入力	直流-FG± 0.5kV	直流-FG間± 0.5kV	± 2 kV
周波数	5 kHz繰り返し	5 kHz繰り返し	5 kHz繰り返し
判定	B	B	B
サージ	試験なし	ENV50142	試験なし
電圧		交流ライン-ライン± 0.5kV 交流ライン-FG± 1 kV	
判定		B	
伝導性無線 周波電磁界	試験なし	ENV50141	ENV50141
電圧		3 V	10V
変調		AM80% 1 kHz	AM80% 1 kHz
周波数		0.15-80MHz	0.15-80MHz
判定		A	A
電源周波数 磁界	試験なし	EN61000-4-8	EN61000-4-8
磁界		3 A/m	30A/m
周波数		50/60Hz	50/60Hz
判定		A	A
電圧ディップ	試験なし	EN61000-4-11	試験なし
レベル		30%/10ms 60%100ms	
判定		B C	
瞬停 規格		ディップと同じ	
レベル		>95% 5000ms	
判定		C	

注1. ほかに下記の規格がある。これらは主に高中圧電力施設内に設置される装置にのみ適用される。

- (1) パルス性磁界イミュニティ IEC61000-4-9
- (2) 減衰振動性磁界イミュニティ IEC61000-4-10
- (3) 振動波イミュニティ IEC61000-4-12

注2. 現在、審議中のprEN50082-1/Draftが発行されると、住宅・商業・軽工業地域の共通イミュニティ試験として4項目が追加になる。

表6 ロボット工業界ガイドラインの概要

No.	試験項目/試験方式			試験限度値	試験ポート	
1	静電気放電	直接放電試験	接触放電	2,4および6kV	制御装置の筐体ポート (運転中にオペレータが接触する部分)	
			気中放電	2,4および8kV		
		間接放電試験	結合板への接触放電	2,4および6kV		
2	放射無線周波電磁界	主: アンテナ法		10V/m	制御装置とマニピュレータの筐体ポート (接続ケーブルを含む)	
		従: トランシーバ法				
3	伝導性	主: 電 気 的 ファースト・ト ランジェント/ バースト	電源線	コモン モード	1kV*	AC電源線
			制御線		1kV*	I/O線, 信号線, 通信線
			接地線		1kV	保護接地
		従: 方形波 インパルス	電源線	コモン モード	1kV	AC電源線
			制御線		0.5kV	I/O線, 信号線, 通信線
			接地線		0.5kV	保護接地
4	サージ	インピーダンスにより, 開 回路電圧または短絡回路電 流を印加		2kV (開回路)	電源線, 制御線	
5	伝導性無線周波電磁界		クランプ注入, コネクタ直接注入	140dB μ V 10V	電源ポート, 信号ポート 制御ポート, 接地ポート	
6	電源電圧変動	電圧変動		+10~-15%, 2秒		
		瞬停		0.5サイクル		

*EU向けのときは2kVでも試験することを推奨する。このときの判定基準はB項を参照のこと。

劣化が起こっても、それは製造者が意図したレベル内であり、試験後は正常に運転する事が求められる。

5.4 伝導性無線周波電磁界

無線機などからの電磁波が電源線に電磁結合することによる影響を試験するものであり、基本的な信号の波形、掃引の仕方は放射性無線周波電磁界と同一である。周波数帯域は150kHz~80MHz, 電圧レベルは10Vである。試験信号の印加には容量結合のための結合回路,あるいは電磁結合のためのEMクランプ, 電流クランプが用いられる。試験信号の印加中も仕様限度内の正常動作が求められる。

5.5 電源周波数磁界

電源周波数の磁界による影響を試験するもので、周波数は50あるいは60Hzである。磁界は水平, 垂直など3軸に対して発生させるもので、印加する磁界強度は30A/mであり、ヘルムホルツコイルなどに電源周波数の電流を流して磁界を発生させる。この磁界による試験中も仕様限度内の正常動作が求められる。

我が国ではイミュニティに対する法規制等は行われていないが、各団体では自主的なイミュニティ試験法の検討を進めている。例えばロボット工業会ではガイドラインを発行し、EUのEMC指令にも対応可能な内

容となっている(表6)。すなわち、試験項目として、静電気, 放射無線周波電磁界, 電氣的ファースト・トランジェント・バースト, サージ, 伝導性無線周波電磁界, 電源変動のイミュニティ試験を求めており、試験項目の種類と試験方法は現時点で考えられる要求としては高いものである。

6. まとめ

機器の電子化が一般的に図られている今日、産業機器も例外とならず増々電子化の潮流が加速される状況にある。そのような中で電磁ノイズに対する影響を考慮した機器の製造は必須の状況である。したがって、基本的な電磁ノイズ対策はもとより、機器が電磁ノイズに対して耐性のあることをあらかじめ確認するイミュニティ試験が今後、不可欠となりつつある。それ故、本研究で開発する安全制御機器にも基本的な電磁ノイズ耐性を有することが要求される。

参考文献

- 1) 赤尾保男, 環境電磁工学の基礎, 電子情報通信学会 (1991)
- 2) ノイズ対策最新技術, 総合技術出版 (1986)
- 3) 電磁波の吸収と遮蔽, 日経技術図書株式会社 (1989)
- 4) 産業ロボットとEMC(9), 電磁環境工学情報 EMC, No.

- 111 (1997)
- 5) 産業ロボットとEMC(1), 電磁環境工学情報 EMC, No. 99 (1996)
- 6) EMC・ノイズ対策技術ガイド, 日本能率協会 (1997)
- 7) アーク溶接機のノイズとEMC対策の現状, 電磁環境工学情報 EMC, No.112 (1997)
- (平成10年9月21日受理)