

**■S4 群(宇宙・環境・社会)-1 編(電波環境)****3 章 電波の機器に対する影響**

(執筆者：渡辺聡一) [2017年1月 受領]

**■概要■**

本章では、様々な電波環境において、電気・電子機器が正常・適切に利用できるように規定されている規制・規格・評価方法などについて述べる。

3-1 節においては、電気・電子機器の電磁耐性（イミュニティ）に関する試験レベルの考え方・試験方法の分類について概説する。特に、様々な電波環境や電磁妨害波の種類により、それぞれの場合について試験レベル及び試験方法が国際規格で規定されていることを説明する。

3-2 節においては、医療用電気・電子機器における電磁干渉について概説する。医療用電気・電子機器への電磁妨害波は生命にかかわる場合もあり、一般的な電気・電子機器とは異なる試験レベル・試験方法等が策定されている。また、病院等の医療施設内における電気・電子機器の利用に関するガイドラインなどに関する最近の動向についても説明する。

## ■S4 群- 1 編 - 3 章

### 3-1 イミュニティレベル及び試験法

(執筆者：石上 忍) [2010年10月 受領]

#### 3-1-1 妨害レベルとイミュニティレベル

まず妨害レベル (disturbance level) とは、*prIEC TR 61000-2-5<sup>1)</sup>* によると、『決められた方法で測定・評価された電磁妨害の大きさ』と定義されており、すなわち任意の場所における電磁雑音 (ノイズレベル) の大きさである。妨害レベルは、雑音の種類ごとに決められた測定法に基づいて測定され、それは時間と場所との関数となる。発生源が複数ある場合には、妨害レベルはそれぞれの発生源のエミッションレベルを総合した値となる。電気・電子機器のイミュニティレベル、すなわち電磁妨害に対する耐性のレベルは、常にこの妨害レベルを上回らねばならない。妨害レベルがイミュニティレベルを超えると、機器が誤動作を引き起こす、あるいは故障するといった不具合が発生する。このイミュニティレベルは、機器の種類によって異なる。厳密に言えば、同種の機器であっても個体差によってわずかに違う。現在 *IEC<sup>1)</sup>* や *CISPR<sup>2)</sup>* などの国際規格、または *JIS<sup>3)</sup>* (日本) や *EN<sup>4)</sup>* (欧州) 規格などの各国規格で規定されている、機器に対するイミュニティ (耐性) 試験は、個々の機器のイミュニティレベルを測定するのではなく、対象機器をその機能や性能によって各機器群に分類し、それぞれの機器群ごとにクリアすべき妨害度を定め、これに対し合格か不合格かを判定することをもって行われる。ここで妨害度 (disturbance degree) とは、任意の場所、種類の電磁雑音に対し、『妨害レベルを数値的に区分けし、程度として呼称するもの』<sup>1)</sup> と定義される。電磁環境は、その環境に存在する妨害 (電磁雑音) の種類とそれに対する妨害度の組合せによって分類される。

電磁雑音は、雷放電や静電気放電などの自然現象に基づくもの、また通信装置や電磁波を利用する機器などから放射される人工的な現象により発生するものの二種類に主に分類される。一般に、これらの電磁現象があらゆる『地域』ですべて起こることはなく、またそれらの現象が同一の妨害レベルで起こることもないので、電磁環境はすべての『地域』で同じではない。主な電磁現象は人工雑音によるもので、複数の電子機器 (電波送信機器を含む) が地域内及びその近傍で動作することによる。ここで言う『地域』は、以下で分類される 3 種類の地域及びその組合せとして表現される<sup>1)</sup>。

- ・住宅地域
- ・商業／公共地域
- ・工業地域

これらの地域にはそれぞれ特有の電磁雑音源があり、それゆえに妨害レベル、妨害度は地域によって異なる。一例を挙げると、住宅地域内の地域保健センターでは、ISM 機器の使用に関係する電磁現象が一般の住宅地域より多く、これによる妨害レベルが高いと考えられる。

<sup>1)</sup> International Electrotechnical Commission, 国際電気標準会議

<sup>2)</sup> Comité international spécial des perturbations radioélectriques, 国際無線障害特別委員会

<sup>3)</sup> Japanese Industrial Standards, 日本工業規格

<sup>4)</sup> European Norm, 欧州規格

### 3-1-2 電磁妨害におけるポートの概念

電気電子機器が外来の電磁雑音源より妨害を受ける場合、対象機器に電磁雑音が侵入する際の経路について、IEC 61000-2-5<sup>2)</sup>では、機器と電磁雑音エネルギーのインタフェースとして、『ポート』という概念が導入されている。ポートと機器との関係を模式的に表したものが、**図 3・1** である。同図よりポートは 6 種類に分類され、筐体 (enclosure) ポート以外の交流電源 (AC power) ポート、直流電源 (DC power) ポート、制御 (control) ポート、信号 (signal) ポート、及び接地 (earth) ポートにおいては、それぞれの外部接続線より電磁エネルギーが侵入する。筐体ポートは、一般に電磁波として伝搬している電磁エネルギーが筐体を通じて侵入すると考える。なお IEC 61000-4-1<sup>3)</sup>では、信号ポートと制御ポートは一つにまとめられている。前者の 5 ポートに対するイミュニティ試験を伝導イミュニティ試験、後者の筐体ポートに対するイミュニティ試験を放射イミュニティ試験という。ある電気電子機器に対して行われるイミュニティ試験は、機器の通常の使用時に想定しうる電磁妨害現象及び設置環境をすべて考慮すること、及び想定した電磁妨害現象と設置環境に対応したポートに対する試験がすべて選択されていることが必要である。ゆえに、一つの種類の電気電子機器に対して、一般には複数の種類の試験を行うことが求められる。

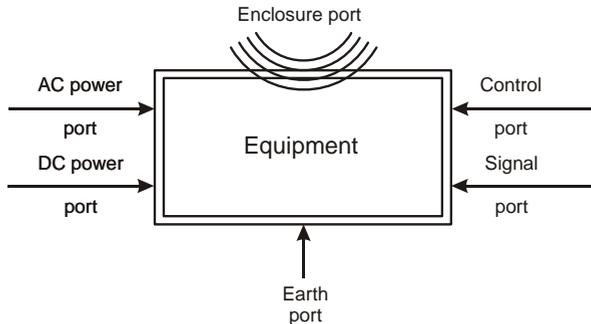


図 3・1 電気電子機器への電磁妨害におけるポート

### 3-1-3 イミュニティ試験国際規格の概要

イミュニティ試験国際規格は、IEC及びCISPRの元で作成されている。一般にエミッション試験及びイミュニティ試験の規格は、基本規格、共通規格、製品群・製品規格の 3 種類に分類される。基本規格は、前節で述べたポートや電磁雑音の性質、周波数それぞれに対応した試験方法などを定めた規格である。共通規格は、試験する機器は限定せず、使用環境 (地域) 別に試験レベルなどを定めた規格、製品群・製品規格は、共通の特徴をもつ製品別に試験レベルなどを定めた規格である。**表 3・1** は、イミュニティ規格について、種類ごとに異なる所掌する組織を示したものである<sup>4)</sup>。同表で、低周波における製品群・製品規格がないが、同規格群は、基本規格において製品 (機器) が特定されるので、改めて規格をつくる必要がないためである。製品群・製品規格以外は基本的には IEC TC<sup>5</sup>77 及びその小委員会 (SC:

<sup>5</sup> Technical Committee, 技術委員会

Sub-committee) の下で作成される。また製品群・製品規格では、試験法に関しては基本規格を参照している。

**表 3・1 イミュニティ規格の所掌組織と主な規格番号**

規格の種類	電磁現象	所掌組織と主な規格番号
基本規格	低周波 (9kHz 以下)	<b>SC77A</b>
		IEC 61000-4-11 (電圧ディップ) IEC 61000-4-13 (電源高調波)
	高周波 (9kHz 超)	<b>SC77B</b>
		IEC 61000-4-2 (静電気放電) IEC 61000-4-3 (高周波電磁界)
共通規格	全周波数	<b>TC77</b>
		IEC 61000-6-1 (住宅・商業等) IEC 61000-6-2 (工業)
製品群・製品規格	低周波 (9kHz 以下)	—
		—
	高周波 (9kHz 超)	<b>CISPR/SC-F, I</b>
		SC-F: CISPR 14-2 (家電製品) SC-I: CISPR 20 (放送受信機) SC-I: CISPR 24 (情報技術装置)
		<b>製品委員会 (TC17, TC18, TC22, TC62, TC65 等)</b> ※エミッションの規定も含む
全周波数	SC17B: IEC 60947-2 (低圧開閉装置及び制御装置) TC18: IEC 60533 (船用電気設備及び電子機器) SC22H: IEC 62040-2 (無停電電源装置) SC62A: IEC 60601-1-2 (医用電気機器) SC65A: IEC 61326-1 (工業用プロセス計測制御)	

### 3-1-4 低周波イミュニティ試験基本規格

イミュニティ試験の試験法・測定法を示している基本規格は、IEC 規格では 61000-4 シリーズの中に分類される、このうち SC77A が所掌する低周波イミュニティ試験規格を表 3・2 に示す。このうち、4-9, 4-10 は発電所の電力装置に関する規格、4-16 は工業プラント内の特殊な装置に対する規格である。またその他は、主に配電系統に関する規格となっている。試験における関連するポートは、4-8 は筐体のみ、4-11 は交流電源ポートのみ、4-17 は直流ポートのみ適用可となっている。一方、4-13 は交流及び信号/データポート、4-14 は交流電源ポートのみ、4-16 は交流、直流、信号/データ各ポートについて、特殊な場合のみ適用可となっている。

表 3・2 低周波イミュニティ試験基本規格

規格番号	規格名称
IEC 61000-4-8	電源周波数磁界イミュニティ試験
IEC 61000-4-11	電圧ディップ、短時間停電等のイミュニティ試験
IEC 61000-4-13	電源線信号を含む高調波及び中間高調波の低周波イミュニティ試験
IEC 61000-4-14	16A/相以下の入力電流をもつ機器の電圧変動イミュニティ試験
IEC 61000-4-16	0 Hz～150 kHz の周波数範囲の伝導、コモンモード妨害のイミュニティ試験
IEC 61000-4-17	直流入力ポートのリブルイミュニティ試験

### 3-1-5 高周波イミュニティ試験規格

前節と同様、SC77B が所掌する高周波イミュニティ試験規格を表 3・3 に示す。このうち、IEC 61000-4-20 及び 4-21 は、放射、無線周波数、電磁界イミュニティ試験を 4-3 のように電波暗室内で行うのではなく、それぞれ TEM 導波管 (TEM セル, GTEM セルなど) 及び反射箱にて行うための試験方法を記述しており、これらの規格は放射妨害波試験や HEMP の試験方法などについても規定されている。また 4-9, 4-10, 4-12, 及び 4-18 は、主に発電所の装置に対する規格である。通常の電気電子機器に対しては、4-2～4-6 のイミュニティ試験が適用となる。

表 3.3 高周波イミュニティ試験基本規格

規格番号	規格名称
IEC 61000-4-2	静電気放電イミュニティ試験
IEC 61000-4-3	放射無線周波(RF)電磁界イミュニティ試験
IEC 61000-4-4	電気的高速過渡現象/バースト(EFT/B)イミュニティ試験
IEC 61000-4-5	サージイミュニティ試験
IEC 61000-4-6	無線周波数電磁界で誘導された伝導妨害に対するイミュニティ
IEC 61000-4-9	パルス磁界イミュニティ試験
IEC 61000-4-10	減衰振動磁界イミュニティ試験
IEC 61000-4-12	振動波イミュニティ試験
IEC 61000-4-18	減衰振動波イミュニティ試験
IEC 61000-4-20	TEM 導波管によるエミッション及びイミュニティ試験
IEC 61000-4-21	反射箱による試験

#### (1) 静電気放電イミュニティ試験

同試験を規定している規格は、表 3・3 より IEC 61000-4-2 であり、現在同規格は第 2.0 版 (2008 年) に改訂されている。IEC 61000-4-1 によれば、設置場所 (環境) に対する本試験の適用については、住宅・商業・軽工業地域、工業地域、特別地域 (発電所など) のそれぞれに対して、特例以外は適用となっており、また供試機器のポートに基づいた本試験の適用については、基本的には筐体ポートのみ適用となっている。すなわち、本規格は電気電子機器を取り扱う人の人体帯電と機器筐体との間に起こる静電気放電によって発生する電流及び

電磁界に対する機器の耐性を試験することが目的である。試験は、基本的には ESD 試験器と呼ばれる装置で、供試機器の筐体に直接放電または垂直／水平グラウンドプレーンへの間接放電によってイミュニティ試験が実施される。

## (2) 放射無線周波 (RF) 電磁界イミュニティ試験

対応する規格は IEC 61000-4-3 であり、同規格の最新版は第 3.2 版 (2010 年) である。設置場所 (環境) に対する本試験の適用については、住宅・商業・軽工業地域、工業地域、特別地域 (発電所など) のそれぞれに対して、特例以外は適用となっており、また供試機器のポートに基づいた本試験の適用については、筐体ポートについては『特例以外は適用』、そのほかのポートについては『特例以外は適用不可』となっている。すなわち、本規格は電気電子機器の筐体を通じて印加される放射電磁エネルギーに対する機器の耐性を試験することが目的である。試験は図 3・2 のように電波無響室内で行われる。まず供試機器を設置する場所の電界均一性を校正するために、無変調の正弦波 (CW) を用いて、規格で指定された校正面と校正点において電界強度が 6 dB の範囲に収まることを確認する。次に、電界均一性校正時と同一の CW 電力に対し 1 kHz、80% 変調度の振幅変調信号を発生させ、供試機器に電界を印加する。

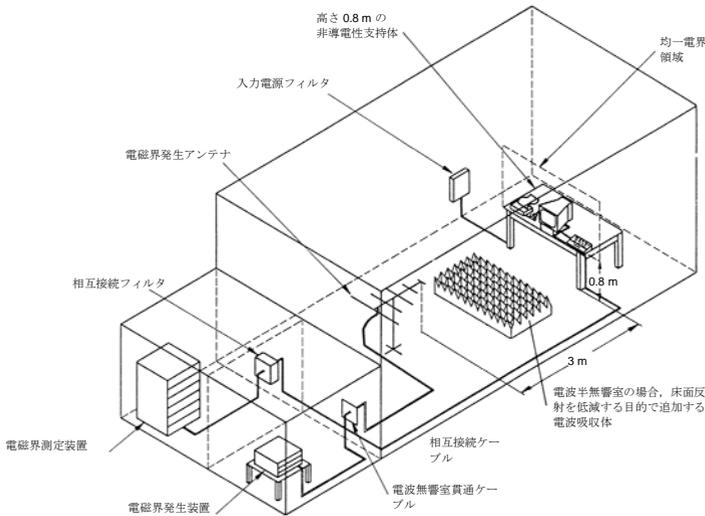


図 3・2 放射イミュニティ試験の概略<sup>5)</sup>

## (3) 電気的高速過渡現象／バースト (EFT/B) イミュニティ試験

対応する規格は IEC 61000-4-4 であり、同規格の最新版は第 2.0 版 修正表 1 付 (2010 年) である。設置場所 (環境) に対する本試験の適用については、住宅・商業・軽工業地域、工業地域、特別地域 (発電所など) のそれぞれに対して、特例以外は適用となっており、また供試機器のポートに基づいた本試験の適用については、筐体ポート以外のすべてのポートで

『特例以外は適用』となっている。本規格は、電源線、信号／制御線及び接地線に対し、誘導負荷の断続、リレー接点のチャタリングなどによって発生する、繰返しの高速過渡雑音（バースト）が印加されたときの機器の耐性を試験することが目的である。同試験では、EFT/B発生器と呼ばれる試験装置を用いて、供試機器の各ポートに試験信号を印加する。原則的には、電源ポートに対しては、結合/減結合回路（CDN）<sup>6</sup>を使用して印加する。入出力・通信ポートの場合は、容量製結合クランプを使用する。筐体接地ポートの場合は、保護接地導体の端子に印加を行う。

#### (4) サージイミュニティ試験

対応する規格は IEC 61000-4-5 であり、同規格の最新版は第 2.0 版 正誤表 1 付（2009 年）である。設置場所（環境）に対する本試験の適用については、住宅・商業・軽工業地域、工業地域、特別地域（発電所等）のそれぞれに対して、特例以外は適用となっており、また供試機器のポートに基づいた本試験の適用については、AC 電源ポートで『特例以外は適用』となっており、その他のポートについては、DC 電源、信号、接地の各ポートについて『特定状況下において適用』、筐体ポートは非適用となっている。本規格は、主に AC 電源系に対し、スイッチング及び雷の過渡現象による過電圧によって発生する一方向性のサージに対する機器の耐性を試験することが目的である。本試験では、コンビネーション波形発生器を試験用サージ発生器として用いる。この発生器は、負荷の状況に応じて、電圧サージ波形（1.2/50 $\mu$ s：開回路条件）と電流サージ波形（8/20  $\mu$ s：開回路条件）の双方を発生できる。

#### (5) 無線周波数電磁界で誘導された伝導妨害に対するイミュニティ試験

対応する規格は IEC 61000-4-6 であり、同規格の最新版は第 3.0 版（2008 年）である。設置場所（環境）に対する本試験の適用については、住宅・商業・軽工業地域、工業地域、特別地域（発電所など）のそれぞれに対して、特例以外は適用となっており、また供試機器のポートに基づいた本試験の適用については、EFT/B試験と同様、筐体ポート以外のすべてのポートで『特例以外は適用』となっている。本規格は、周波数範囲 9 kHzから 80 MHzまでの意図的に電磁波を放射する RF送信機によって AC、DC、通信／制御、接地の各線に誘導される伝導性妨害に対する電子機器の耐性（伝導性イミュニティ）を試験することが目的である。ゆえに、これらの線の一つもたない機器は試験対象から除外される。供試機器への試験信号印加方法は、補助装置（AE）<sup>7</sup>の有無やその性能によって、CDN注入、直接注入、EMクランプ／電流クランプ注入のいずれかを選択する。

#### ■参考文献

- 1) 77/382/CD, pr IEC TR 61000-2-5, Ed.2.0, 2010.
- 2) IEC 61000-2-5, Ed.1.0:1995.
- 3) IEC 61000-4-1, Ed.3.0, 2006.
- 4) 佐藤利三郎監修, “EMC 電磁環境学ハンドブック資料編,” 2009.
- 5) IEC 61000-4-3, Ed.3.2, 2010.

<sup>6</sup> Coupling/Decoupling Network.

<sup>7</sup> Auxiliary Equipment, 供試機器の正常動作に必要な信号を供給し、供試機器の性能を検証に必要な装置

## ■S4 群-1 編-3 章

### 3-2 医療機器に対する影響

(執筆著者：花田英輔) [2016年12月 受領]

#### 3-2-1 医療機器とは

医療機器とは、医療目的で使用する機器全般を指す。その目的は用途によって大きくは検査、治療、観察に分けられる。二つ以上の用途を兼ねる機器もある。

検査はその対象によって検体検査と生理機能検査に分けられる。検体検査は血液、尿、便、組織（細胞）などを採取しての検査を指す。生理機能検査の例としては、心電図測定や糖負荷検査、骨密度測定といったものがある。放射線撮影装置や胃カメラ（上部内視鏡）なども検査機器である。

治療を目的とした医療機器には維持を目的としたものも含み、点滴の速度を調整するポンプ（輸液ポンプ、シリンジポンプ）や人工呼吸器、心臓手術の際に用いる補助循環装置（人工心肺）などを指し、心臓ペースメカなども含まれる。

観察を目的とするものには、医用テレメータなどがある。医用テレメータは患者に装着したセンサの出力を継続的に収集、提示あるいは保存する機器であり、多くの場合は患者に取り付けたセンサの情報を病棟のスタッフステーションなどに置かれたモニタ（セントラルモニタ）に表示するかたちとなっている。センサとモニタの間の通信は無線と有線を組み合わせたものとなっていることが多い。

なお、医療機器のうち電気で駆動するものを「医用電気機器」として区別することがある。また病院などにおいて用いられる機器は「医薬品、医療機器等の品質、有効性及び安全性の確保等に関する法律」（薬機法、旧「薬事法」）に基づく承認（通称「薬事承認」）を得なければ医療目的での使用ができない。

#### 3-2-2 病院内の電磁環境

病院内では様々な医療機器が用いられている。その一部は電波の影響を受ける。影響を与える電波の発生源は実に様々であり、病院内に存在あるいは持ち込まれる機器のみならず、医療機器自身や病院の設備の場合もある。また、屋外の発生源が発した電波が病院内に侵入することもある。

電波と医療機器の関係を考えるとき、電波による医療機器への影響（誤動作あるいは停止）を考えることが多いが、実際にはそれ以外に医療機器が発する電磁波があり、それによって無線通信が干渉を受けることもあり得ることを忘れてはならない。

医療機器自身が意図して電波を出す例として、放射線撮影装置のうち患者のベッドサイドに移動しての撮影が可能なタイプ（通称「ポータブル撮影装置」）がある。この装置の中に、撮影指示を病院情報システム（Hospital Information System, HIS）から無線 LAN 経由で受け取るとともに、撮影した放射線画像を無線 LAN 経由で画像データベース（Picture Archive and Communication System, PACS）に送信する機能をもつものがある。今後は患者の負担を減らす目的でこういった通信機能をもつ移動可能な医療機器が増えることが予想される。これとは別に、治療目的で電波を発する医療機器（高周波治療器や電気メス、ラジオ波砕石装置など）もある。

さらに、意図せずに電波が装置から漏れる機器(電気メスや移動機器などのモータを持つ機器、病棟で用いられる電子レンジや掃除機等)もある。

近年は、患者や来訪者が持ち込む機器の中に、Wi-Fi ルータやネットワーク接続型ゲーム機など、意図して電波を発するものがある。蛍光灯やLEDなどの照明器具、液晶パネルなども、その構造から意図せずに電波(「電磁ノイズ」)を発することがあり、封じ込めの対策が十分でない場合には機器周辺に漏れる。

近年は家庭内における無線LANの導入やコンビニやバス停、バスの中での無料Wi-Fi利用環境の提供が進んでいる。また近隣に携帯電話の基地局や放送電波を出すアンテナが有る場合、その電波は病院内に入り込んでくる。病院内においても多くの場所で携帯電話での通話は可能であり、ラジオを聴くことができる。これは病院建物の外壁や窓が電波を通す(「透過する」)ことを意味する。同様に、無線LANはアンテナを各病室に設置しなくても通信が可能なが多い。これは病室や廊下の壁の多くが電波を通すことを意味する。一方で、例えば放射線部門など、厚い壁に囲まれた区域では電波は通りにくい。これは電波が跳ね返され(「反射され」)たり、吸収されたりするためである。金属製パーティションは金属の板であり、電波を反射する。近年は病室と廊下を仕切るドアの材質として軽金属を用いることが増え、また床に波板鋼板を用いる建物が増えつつある。電波の届き方はこれらの影響を受ける。

以上から、病院内において医療機器への電波の影響を論じる際には、病院自体の壁や床の材質、キャビネットなどの金属製什器による影響を考慮する必要がある。医療機器への電波による影響を調査する際には、これらの影響も忘れてはならない。

どれほどの強さの電波が空間に存在しているかの測定を詳細に行うことは難しい。これは電波の伝わり方が壁や床の材質や金属什器の影響のみならず天候や湿度の影響をも受けるだけに加え、電波を発する機器の多くが移動可能になったことも要因である。しかし我々は多くの電波が空間を飛び交っていることを知っておくべきである。

### 3-2-3 医療機器に対する電波の影響

一部の医療機器が電波(電磁界)によって影響を受けることは、現場の臨床検査技師には知られていることである。特に生理機能検査機器に分類される脳波計や筋電計など、ごく微弱な生体信号(数 $\mu\text{V}$ ~数十 $\mu\text{V}$ )をとらえる機器は体表面に取り付ける電極を電磁遮へいすることができないため、電磁エネルギーがノイズとして混入しやすい<sup>1)</sup>。そこで影響を取り除くべく、これらの機器を用いた測定は電磁シールド室で行うことが常識となっている。なお心電計は対象となる信号が先の二つに比べて強い(数 mV)ので、環境に注意は必要であるが電磁シールド室での測定は要しない。

これ以外の医療機器でも電波(あるいは磁場)によって誤動作する例が報告されている。この要因としては、筐体の電磁遮へい能力が高くないか、体内植込み機器のように遮へいできない場合に、電波エネルギーが医療機器内部の基板回路にノイズとして乗ったり、センサ回路の誤信号としてとらえられたりすること等が考えられる。

医療機器側の電磁波に対する防御能力はどうか。実はJIS T0601-1-2に「医療機器の電磁両立性」が規定されており、薬事承認を得るための要件としてJIS T0601-1-2の準拠が含まれている。

このJIS T0601-1-2に関連する規定のうち放射電磁界についての測定方法を定義したJIS

C61000-4-3 によると、一般医療機器は 3 V/m、生命維持装置は 10 V/m という強さの電界の中にあっても正常動作しなければならない。このうち生命維持装置とは人工呼吸器や心臓ペースメーカのみならず、急性期病院で数多く用いられる輸液ポンプやシリンジポンプなど点滴を制御する機器も含まれる。なおこの JIS は対象周波数を定めており、携帯電話及び現在の無線 LAN が使用する周波数帯はカバーできているが、商用周波数などを含む 80 MHz 未満の電磁波に対する規格は別の JIS (JIS C61000-4-6 及び JIS C61000-4-8) が規定している。

電波によって医療機器が受ける影響として広く知られているものに、携帯電話使用による医療機器の誤動作がある。これは 1990 年代前半に大きく取り上げられ、心臓ペースメーカに対する影響が取りざたされた。心臓ペースメーカは患者の心臓の動きが弱い場合に患者の体内に植え込み、心臓に取り付けたセンサが心臓の筋肉を動作させるパルスを受信して、これと同期したパルスを発することで筋肉の動きを強め、血液の循環を促進する<sup>2)</sup>。また植込み型機器として、常に心電波形を解析し、心房細動を自動的に感知して電気ショックを与える機能(除細動機能)をもつもの(植込み型除細動器, Implantable Cardioverter Defibrillator, ICD)もある。心臓ペースメーカと ICD を兼ねた機器もある。

当時、日本では郵政省(現 総務省)や厚生省(現 厚生労働省)などが中心となって携帯電話端末が発する電波を医療機器に照射して、誤動作の有無を調べる実験が行われた。その結果をもとにして、当時の「不要電波問題協議会」(現 電波環境協議会)が 1997 年に指針を発表し、携帯電話端末を心臓ペースメーカから 22 cm 話すことが求められ、ほとんどの病院で携帯電話の使用が禁止されることとなった。

当時は第二世代またはそれ以前の携帯電話システムが用いられており、第二世代携帯電話の端末が発する電波の最大出力は 800 mW であった。しかし、2012 年夏に第二世代携帯電話のサービスが終了し、現在は第三世代以降のシステムのみが運用されている。第三世代以降の携帯電話の端末が発する電波の出力は最大で 250 mW であるので、第二世代携帯電話端末と比べ最大出力が 1/3 程度にまで下がったことになる(表 3・4 参照)。

表 3・4 世代ごとの携帯電話端末から発せられる電波

アクセス方式	使用する無線電波の周波数帯	最大送信電力
自動車電話/シヨルダホン	800MHz	2W
第 1 世代 (アナログ)	800MHz	600mW
第 2 世代 (PDC)	800MHz/1.5GHz/2GHz	800mW
第 3 世代 (W-CDMA)	800MHz/900MHz/1.5GHz/1.7GHz/2GHz	250mW
第 3 世代 (CDMA2000)	800MHz/2GHz	250mW
第 3.9 世代 (LTE)	700MHz/800MHz/900MHz/1.5GHz/1.7GHz/2G	200mW
第 4 世代 (LTE-Advanced)	Hz	

第二世代携帯電話のサービス終了を受けて、2014 年 8 月に新しく「医療機関における携帯電話等の使用に関する指針」<sup>3)</sup>が電波環境協議会から発せられ、1997 年の指針は廃止された。新しい指針が発表されたことにより、例えば列車内での携帯電話使用の呼びかけは従前の「優先席付近では電源 OFF」から「優先席付近では『混雑時』は電源 OFF」へと変わった。これ

は、総務省の調査の結果、心臓ペースメーカーとの間で確保されるべき距離（「離隔距離」）が 22 cm から 15 cm へと短くなったことによる<sup>4)</sup>。

また、低い周波数の電波（または磁場）による医療機器への影響もまた知られているところである。その代表例に、電子式商品監視システム（Electronic Article Surveillance, EAS）による医療機器への影響がある。EAS としてよく見かける例は CD ショップや書店の出入り口などにあるゲート型のアンテナと電子タグを用いたシステムであり、「万引き防止システム」とも呼ばれている。EAS には複数の方式があるが、そのうち磁場を用いたタグ読み取り装置において心臓ペースメーカーに影響する可能性が示されている<sup>2,5)</sup>。

これらの植込み型機器が強い磁場の中に置かれると、センサでのパルス受信がうまくいかなくなる可能性がある。この場合、心臓ペースメーカーはパルス受信の間隔とは無関係に一定間隔でパルスを送るモード（EMC モード）で動作を続ける。そこで、業界団体は EAS の存在を示すステッカを作成するとともに、患者団体を通して EAS の近傍で立ち止まらないよう注意を促している<sup>6)</sup>。

RFID による装置（タグリーダ／ライタ）は磁場を用いる EAS と比べて医療機器に与える影響は小さいとされるが、出力が強い機器の場合は影響を与える可能性がある。そこで業界団体は同じようにステッカを作成して注意を呼び掛けている<sup>6,7)</sup>。そのうち「高出力据え置き型タグリーダ」と呼ばれるタグリーダでは、植込み型医療機器の装着患者は 1m 以上離れることを推奨している。

一方、すべての医療機器への無線 LAN が用いる電波による影響はほとんどないという認識が広がっている。無線 LAN が用いる電波の周波数は、現時点では 2.4 GHz 帯と 5 GHz 帯となっており、携帯電話が用いる電波に比べ周波数は高い。また無線 LAN 機器の出力は、日本では電波法に定める特定小電力（個別に免許を取得しなくても使用できる電波出力）に収まるよう 10 mW/MHz となっている。なおアメリカでは 1 W まで許容されている。5 GHz の電波が 2.4 GHz 帯や携帯電話が用いる周波数（800 MHz 帯、1.5 GHz 帯、2 GHz 帯など）と性質が異なるという意見もある。実際、同じ出力での到達距離が短い、遮へい物の影響を受けやすい、といった相違点はあるが、5 GHz の電波でも、強い出力で近くから照射することで医療機器が誤動作を起こす可能性があることは実験によって示されている<sup>8)</sup>。

### 3-2-4 医療機器や病院設備がもたらす影響

電波による医療機器への影響とは逆に、医療機器が発するか、漏えいする電波によって通信が干渉を受けることもあり、いくつかの例が報告されている。

2.4 GHz 帯は ISM (Industrial-Scientific-Medical) バンドと呼ばれ、様々な用途での利用が認められているだけでなく、電子レンジやヒータなどの加熱・保温の目的でも使われている。電子レンジは数百 W の電波を内部で使用しており、筐体の構造によっては周辺に電波（電磁波）を漏らしている。また医療機器として承認され、JIS の規定<sup>9)</sup>もある高周波治療器（マイクロ波治療器）は 2.4 GHz 帯の電波を空間を通して体表面に照射し、局所的に温度を上昇させて血流を促進するなどの効果をもっている。同様に、患者や来訪者が持ち込むネットワーク接続型ゲーム機の一部もまた 2.4 GHz 帯の電波を用いて複数のゲーム機間で通信を行うことがある。ゲーム機の通信機能は、使い方によっては比較的強い電波を出すことがわかっている<sup>10)</sup>。これらが発する電波は、いずれも 2.4 GHz の電波を用いる IEEE802.11 シリーズの一

部や Bluetooth, ZigBee といった通信に影響を与え、通信速度の低下や通信の途絶をもたらす可能性がある。通信が途絶した場合、医師の指示が正しく届かない恐れがあるため、注意が必要である。

上に述べた高周波治療器は特に医療機器に対する影響源として問題になる可能性もある。2015年に JIS C61000-2-3 が改定され、医療用の高周波治療器の最大出力は 500 W まで許されることになった。最大出力で動作させた場合、理論的には約 52 m の範囲内で電界は 3 V/m を超え、約 15.6 m 以内では 10 V/m を超えることになり、これらの範囲内にある医療機器の正常動作は保証されないことになる。JIS によれば高周波治療器は植込み型医療機器装着者に使用してはいけないこと（禁忌）になっているが、植込み型医療機器を装着した患者が動作中の装置近傍にいただけでも機器が誤動作する可能性は否定できないので注意が必要である。

一方、病院設備の中にも電波を発するものがある。特に最近導入が進む LED やナースコールの表示灯などの機器は 400 MHz 帯の電波（漏えい電磁波）を出していることがある。この周波数帯には医用テレメータの無線通信のチャンネルが割り当てられており、周波数が重なった場合は医用テレメータの通信が干渉を受け、患者の情報がスタッフステーションや主治医に届かないといった事態も起こり得る<sup>11)</sup>。なお医用テレメータが使用する周波数の一部は各種のリモコン（テレコン）が用いる周波数とも重なっており、例えば建築用のリモコンや一部の離床センサ等が使用している<sup>12)</sup>。

### 3-2-5 医療機器と電波が共存するために

これまで述べたような、電磁波を通して干渉源と干渉を受ける立場にある無線通信と医療機器が共に正常動作する状態で両立できるか否かという状況を「電磁両立性」(Electromagnetic Compatibility, EMC) という。EMC は回路基板と電磁ノイズの間の状況においても用いられる用語である。

近年、無線通信は多くの病院内で導入されている。そして通信の内容は患者に対する医療行為の指示やこれまでの診療記録など、高い重要性をもつものがほとんどである。そのため医療機器側に電波に対する耐性 (immunity) を高めることを求める意見も多い。しかし筐体を金属にするなどしなければ、高い耐性は得られない。かといって筐体を金属製にすれば、小型機器でも機器の重量が増し、現場で使用しにくくなる。先に述べたように、構造上電磁遮へいが難しい医療機器もある。電波のエネルギーは発信源からの距離と反比例するかたちで弱くなるため、医療機器を電波発信源から遠ざけることも対策となる。またこれまでの実験成果から、出力が弱い通信機器を用いればより安全になることもわかっている。しかし出力が弱ければ通信可能な距離が小さくなり、設備面のコストが上昇する。現時点ではこれらのバランスを取って通信システムを選択することが望まれる。

医療機器の正常動作環境を保つためには、意図しない電波を出す機器の発見と対策、意図して電波を出す機器についてはその出力と周波数、配置の管理、さらに壁や床の材質を活用して電磁遮へいなどの対策を総合的に行うことが必要である。これらを目的に、電波環境協議会が「医療機関において安心・安全に電波を利用するための手引き」<sup>12)</sup>を 2016 年 4 月に発行した。この手引きは、主に医用テレメータ、無線 LAN、携帯電話について医療機器との間の EMC を保ちつつ安心して利用するための方策を提示しているので参考にされたい。

## ■参考文献

- 1) Hanada E., Sumi T., Ishitobi F., Kudou T., “Improving the clinical physiological examination environment - Avoiding EMD on medical equipment used for detecting biological signals -”, PRZEGLAD ELEKTROTECHNICZNY (Electrical Review) Issue 06/2012, pp.64-66, 2012.
- 2) 国立循環器病センター循環器病情報サービス [47] ペースメーカーと植え込み型除細動器 同センターホームページ (<http://www.ncvc.go.jp/cvdinfo/pamphlet/heart/pamph47.html#anchor-7>)
- 3) 電波環境協議会 (EMCC), “医療機関における携帯電話等の使用に関する指針,” 2014年8月.
- 4) 総務省, “各種電波利用機器の電波が植込み型医療機器等へ及ぼす影響を防止するための指針,” 2015年8月.
- 5) 総務省, “電波の医用機器等への影響に関する調査研究報告書,” 2004年3月.
- 6) 総務省, “電波が植込み型医療機器におよぼす影響電波と安心な暮らし [電子商品監視 (EAS) 機器・電子タグ (RFID) 機器] 編,” 総務省ホームページ. (<http://www.soumu.go.jp/soutsu/hokuriku/img/denpa/kanshi/pamphlet1-04.pdf>)
- 7) 総務省, “「電波の医療機器等への影響に関する調査」報告書,” 同省ホームページ, 2016年3月. (<http://www.tele.soumu.go.jp/resource/j/ele/medical/h27.pdf>)
- 8) Hanada E., Hoshino Y., Kudou T., “Safe introduction of in-hospital wireless LAN.,” Medinfo 2004, pp.1426-1429, 2004.
- 9) 日本規格協会, “JIST0601-2-3:2015 医用電気機器—第 2-3 部: 超短波療法機器の基礎安全及び基本性能に関する個別要求事項,” 2015年4月.
- 10) 村木能也, “医用テレメータの概要と受信障害対策,” 第36回医療情報学連合大会 2-G-1-3, 2016年11月.
- 11) 小田直之, “『医療機関における安全・安心に電波を利用するための手引き』と無線通信導入—無線LANに関する内容と対策—,” 第36回医療情報学連合大会 2-G-1-4, 2016年11月.
- 12) 電波環境協議会, “医療機関において安心・安全に電波を利用するための手引き,” 2016年4月.