

医療の現場における電磁環境

Electromagnetic Environment on the Clinical Scene

花田英輔 Eisuke Hanada

加納 隆 Takashi Kano

Today, many hospitals want to introduce wireless voice/data communication tools. Because much of cellular phones are bringing into hospitals, and staffs also have them. Some of large hospitals who have computer systems (HIS) want to install wireless LAN to share patient information among staffs and to improve labor efficiency. However, problems about electromagnetic interferences (EMI) with medical electronic devices has not solved yet. Therefore, we show some key-points to keep medical electronic devices safe from EMI. Also, we show some example hospitals which have installed some wireless voice/data communication system with safe.

Keywords : Electromagnetic Interference, Medical electric devices, Cellular phones, PHS, Wireless LAN

1. 電磁環境の影響対象について

医療現場においては、「電磁環境」を論ずる上で少なくとも2つの対象がある。ひとつは生物であり、もうひとつは医療機器である。生物に対する電磁環境とは「電磁波によってガンになる」などといった意見や噂に集約される、電磁波暴露に対する人体やマウス等への生物学的影響である。WHOもこの問題に取り組んでいる¹⁾が、生物的な影響は今回の対象とはしていない。ここでは医療現場で数多く用いられている医療機器に対して電磁波等がもたらす影響についての現状を紹介する。

2. 医療機器に対する電磁環境とは

近年の医療現場では検査にも治療にも多数の機器を用いる。また患者に植込むものから、移動不可能な大きな機器まで様々なものが存在する。これらのほとんどに共通することは、電気を駆動源とし、

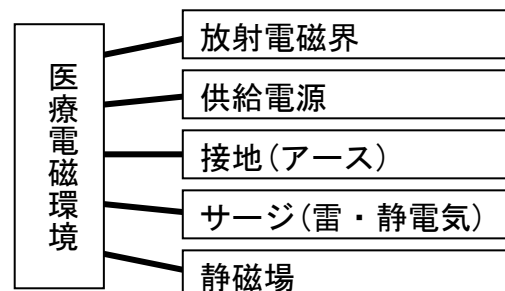


図1 医療現場での電磁環境の構成要素

電気回路や電子回路を持っていることである。なお、これらの機器はこれまで「医用機器」「医用電子機器」等様々な名称で呼ばれていたが、2005年の改正薬事法により「医療機器」に統一された。以下、この名称を用いる。

電気回路や電子回路は電磁的ノイズによって影響を受ける可能性がある。電磁的ノイズには電磁波がもたらす電界・磁界のみならず、静電気なども含まれる。電源の周波数や電圧の変動もまた医療機器

を停止させる原因となりえる。さらに接地(アース)の異常も正常動作を保証しない原因である。以上をまとめたものが図1である²⁾。

これら様々な電磁的影響から医療機器は守られなければならない。当然のことながら医療機器側もこれらの電磁的影響を排除し、両立性(電磁的両立性: Electromagnetic Compatibility, EMC)を保つ必要がある。最近の医療、特に高度先端医療においては医療機器が無ければ精密検査も手術もできない。したがって医療機器を正常に動かすための正しい電磁環境の創造と維持は非常に重要な事項となってきた。

3. 医療機関における電磁的ノイズの実例

(1) 無線通信の導入

電磁的ノイズの実例として一般に最もよく知られているのは携帯電話端末が発する電磁波と思われる。医療機関では「チーム医療」推進の名の元に医師・看護師・技師・薬剤師など多くの職種が協力して医療行為が進められる。また大学病院など重篤な患者を取り扱う医療機関では容態急変時など一刻を争う場面も多い。したがって特にコミュニケーションが重視され、ユビキタス環境が求められるようになった。このため携帯電話に限らず、即時通信と情報共有を可能とする無線通信(移動体通信)の需要が増している。

(2) 電源電圧の変動と電源ノイズ

古くて新しい問題として最近注目を集めつつある電磁的ノイズの例として電源がある。最近の医療機器は電子回路やセンサーを持つものが多く、また省電力化が進んでいることもあって電源電圧の変動(サージ・サグ)による機器の停止や破壊、電源に重畳するノイズによる測定値の変動といった事象も認められる³⁾。

(3) 磁場

電源を多く用いる医療機関では高压電線を引き込んで100Vや200V、400Vに変圧する設備(通常「電

気室」と呼ばれる設備)を持つところが増えている。特別高压受電設備をもつ医療機関もある。竣工後20~30年を経た医療機関建物では電力容量を次々に増加させる場合も多い。これらの結果、電気室周辺で商用周波数の交流磁場が発生する例が報告されている⁴⁾。また、新築の中規模以上の医療機関では鉄骨構造を用いた建築となることも多く、その場合溶接による静磁場の残留も観測されている⁵⁾。

4. 無線通信の積極的な導入と安全性の確保

先に述べたように医療機関における無線通信は音声通信、データ通信を問わず需要が増しつつある。

例えば携帯電話の爆発的普及により患者や家族、医師自身も携帯電話を持ち、医療機関内であっても通話したいという要望が増えている。また、ナースコールに代表される患者と医療従事者間や医療従事者同士での通信においても、その利便性と合理化の目的からPHSの導入が進んでいる。大規模医療機関では医療情報システム(Hospital Information System: HIS)と呼ばれるコンピュータシステムの導入が進んでいるが、端末数の抑制と情報漏えい防止などの観点から無線LANを導入する医療機関が今後増えるものと考えられる。

その一方で影響を受ける側である医療機器の対電磁波耐性(Electromagnetic Immunity)は、国際規格(IEC 60601-1-2)が定められ、JIS規格(T 0601-1-2)にもなった。しかし、電磁波による誤表示、誤動作や停止といった影響(電磁波障害: Electromagnetic Interference, EMI)を受ける可能性は残っている。即ち、この可能性を知りつつ共存を図ることが大きな問題となる。

これまでの様々な実験等により、医療機器が放射電磁波の影響を受ける度合いは電界強度と密接な関係にあることがわかっている^{6,7)}。現状において医療機関で使用される可能性がある移動体通信端末が発する電波出力は表1の通りである。第二世代携帯電話の発する電波出力が他に比べ特に高いことがわかるが、携帯電話を使用したいという需要は高い。

表 1 移動体通信端末の出力と周波数帯

システム名	出力*(W)	周波数
第二世代携帯電話(PDC)	0.8	800MHz 帯
第三世代携帯電話(FOMA)	0.25	2.0GHz 帯
PHS	0.08	1.9GHz 帯
無線 LAN (IEEE802.11b)	日本** : 0.15 欧州 : 0.1 米国 : 1	2.4GHz 帯

*最大出力 **日本は 10mW/MHz の合計値

過去の実験が示すとおり、少なくとも遠方界であれば、電界強度を弱める努力(出力を下げるか、発信源を遠ざける)を行うことで医療機器が影響を受ける可能性を小さくすることが可能である。不要電波問題対策協議会(不要協、現 電波環境協議会)が 1997 年に発表した医療機関内での携帯電話の使用に関するガイドライン⁶⁾でも、実験結果を示した上で発信源を遠ざけるか電波の発信を止める対策を求めている。

不要協のガイドラインは政府が関与した国内唯一のガイドラインであり、その有効性は総務省の実験によって継続している⁸⁾。しかしガイドラインは安全サイドに偏りがちであり、手術室やICUの区域全体のみならず、その周辺及び上下階でも携帯電話端末の電源を切ることを求めている。これに対し、日本生体医工学会の専門別研究会である医療電磁環境研究会では、独自に手引書を作成し、医療機関内での携帯電話の安全な使用方法と対策をまとめている⁹⁾。手引書では、医療機関における携帯電話使用による問題点を表 2 にまとめた 4 つの問題に分けた上で、前述の手術室やICUなど医療機器を多用し、かつ重篤な患者が多い区域では使用を禁止すべきであり、誤使用対策をとることを薦めているが、それ以外の場所では電磁遮蔽などの対策をとることで安全に使用可能であるとしている。通話ではなくマナーモードの使用やメールのみの許可といった使用許可の範囲例も挙げている。患者や訪問者などへのサービス向上を目的として、この手引書を元に、携帯電話の使用を一部区域で許可している医療機関は増えつつある。

表 2 医療機関内での携帯電話使用による問題点⁹⁾

- ① 携帯電話を使用できない場所では、必ず電源を切る。電源がオンになっていると通話しなくても電波が出ることがある。
- ② 病院内は患者の安静ならびに静穏な環境が大切なので、携帯電話は原則としてマナーモードにしておく。
- ③ 歩行中に携帯電話を使用すると、周囲に対する注意力を欠き、衝突などの事故を引き起こす可能性があるため、必ず立ち止まって使用する。
- ④ 携帯電話の写真撮影機能によるプライバシーの侵害に留意する。

5. 医療機関における無線通信の導入例

大規模医療機関における具体的な導入例をいくつか紹介する。

(1) 携帯電話使用の一部解禁

三井記念病院(東京都千代田区、482 床)は、総務省(旧郵政省)が 1997 年と 2002 年に行った移動体通信端末による医療機器への影響調査の対象病院の一つである。1997 年の調査では、院内で使用されている医療機器の中で携帯電話による影響が見られたのは、すべて 10cm 以内の至近距離からの発信であった。このことから、この最大干渉距離 10cm に安全係数 10 を掛けた 1m を使用安全距離として、病院スタッフに対する院内広報を行った。1997 年の時点では患者・家族に対する積極的な広報は行っていないが、入院患者からの要望があった場合は、例えば整形外科病棟など医療機器が使用されていない病室での携帯電話の使用を許可していた。その後の 2002 年の調査でも、体外式ペースメーカ 1 機種以外は、影響が出ても 10cm 以内の至近距離からの発信であることが判明したので、2002 年から現在まで、入院患者・家族に対しては、個室病室での使用ならびに各病棟ロビーでの使用を許可している。また、外来者に対しては、正面玄関近くのロビーに携帯電話コーナーを設けて、ここでの使用を許可している。多人数病室での使用は原則禁止しているが、これはマナーつまり他の同室者への配慮からである。今後、多人数病室などマナーだけが問題になる場所に関してはマナーモードやメールを許可することも検

討したいと考えている。尚、ロビーといえども、輸液ポンプ使用中の患者が来ることも考えられるが、現在、三井記念病院で使用している機種は携帯電話による影響を全く受けないことが判明しているもので問題はない。また、唯一影響が大きく出た体外式ペースメーカに関しては、シールドポーチ(携帯用の電磁波遮蔽袋)による個別の対策を行っている。

このシールドポーチは銀メッキナイロン繊維製シールド布を用いて袋状に作られている。この中に体外式ペースメーカを入れることによるシールド効果に関して、使用周波数の異なる3機種の携帯電話と3機種のアマチュア無線機で、実験的に検討を行ったが、その結果、少なくとも携帯電話については、シールドポーチで体外式ペースメーカ本体だけをシールドして、ポーチから出ている延長ケーブル、電極リード、人体等をシールドしなくても、体外式心臓ペースメーカへの影響は観察されず、十分な有効性を確認できた¹⁰⁾。通常、体外式ペースメーカは携帯用に布製のポーチに入れて使用することが多いが、これをシールド布製のシールドポーチにすれば、その臨床的安全性・有用性は非常に高くなると考えられ、実際、製品化も行われた。現在、三井記念病院では、一般病棟で体外式ペースメーカを使用する場合は、必ずこのシールドポーチに入れるようにしている。

(2) 職員による PHS を用いた即時通信網の確立

島根大学医学部附属病院(島根県出雲市、616 床)では、固定電話のみならず公衆用 PHS を職員間の音声通信に採用している。既に PHS を用いたナースコールを安全に使用していたが、内線専用であり、医師は持っていなかった。

島根大学病院では 2004 年 11 月から医師および特定の看護師長(感染管理、専任リスクマネージャなど)に、公衆用 PHS 端末(WILLCOM)を持たせることとした。構内 PHS の導入も検討したが、導入費用のみならず、本院の医師が県内外の医療機関に数多く応援に出ているなどの要因もあり、公衆用とした。

端末には「安心だフォン」サービスを適用した。

このサービスを適用した端末は、着信は自由だが、発信先は購入時に指定する 3 箇所までと制限される。島根大学病院では基本使用料(1 台あたり月額 820 円程度)を病院が支払い、端末から発信した場合の通話料は端末を所持する職員が負担させることとした(「分計課金」により可能)。これは PHS 導入が公衆用ポケットベルサービス終了(2007 年 3 月末)対策としたための措置である。端末を持つ対象となる職員(基本的には医師)は、採用時等に届け出て端末を受け取り、退職時は返却するようにし、施設管理部門が端末の使用状況を管理している。また医師及び緊急連絡が必要と考えられる職員に配布した PHS について番号簿を作成し、院内でのみ閲覧可能な Web ページに掲載している。なお病院内で使用するため、院内に利用開始を通知する掲示を行うと共に、区別を容易にするため端末に「医療用」と書かれた赤いストラップを取り付けた。

公衆用 PHS を導入したことで、構内交換器の増設等は不要となり、導入コストを非常に小さくでき、280 台の PHS 端末導入に 50 万円程度の事務手数料のみで済んだ。構内交換機の増設や更新が必要であれば 1,000 万円以上が必要とされたと考えられる。

導入した PHS の有効性を調べるために、固定電話で受けた通話数を PHS 導入の前後に 1 週間ずつ計測した。結果を表 3 に示す¹¹⁾。表に示すように、PHS 導入により病棟で受けた通話数は半分未満に減少した。一方で主に手術部門での呼出し数が増加した。これは、電磁波を放射するため PHS の手術部門への持込みを禁止したことによると考えられる。

医師および一部の看護師による 2 年間の使用の後、PHS 端末は全看護師長にも付与された。これは、看護師長が多くの会議等に参加するため他の看護師

表 3 : 固定電話の着呼数
(導入前後の平日5日間の合計)

着信場所	導入前の 呼出し数	導入後の 呼出し数
病棟	1216	588
外来	458	356
他の区域	116	212
合計	1790	1126

からの連絡を受けることができない場合が多いためである。

また、どこへでも発信可能な PHS を薬剤部(2台)とすべての病棟(各1台)に支給した。この PHS は、薬剤部においては疑義照会(処方内容に疑問が生じた際の問合せ)に、病棟においては、入院患者が重篤な状況に陥った場合など、医師への直接かつ迅速な通信を可能とし、直ちに応急処置を開始可能とするために使用されている。なおこれらの端末は月額固定料金制であり、PHS 間の通話には別の通話料金は生じない。2006 年末現在で合計約 400 台の PHS が使用されている。

(3) 無線 LAN によるユビキタス環境の創造

島根大学病院では ICU と NICU を除く全病棟(12 病棟)に無線 LAN を導入している。これは電子カルテ化が進んだ医療情報システムをベッドサイドで利用可能にするためであり、合計 72 台が無線 LAN 端末として活用されている。無線 LAN 端末は職員のみが使用できる。アクセスポイント(AP)は当初 1 フロアあたり 11 台を設置した。AP には AP-5100(ICOM)を採用した。

無線 LAN を導入するに当たり、端末の持ち出し防止や不正使用や情報漏えい防止に向け、様々なセキュリティ対策を施している。

無線 LAN 規格は IEEE802.11a とした。これは、病棟内にはヒータや電子レンジなど 2.45GHz 帯の電磁波を発する機器がしばしば置かれていることや、データ転送速度が IEEE802.11b および 11g に比べ高いことなどが要因である。

接続に関するセキュリティ強化策として、SSID をフロアごとに変更するとともに”any”での接続は拒否する設定とした。暗号化方式は、AP-5100 が持つ、高速な暗号化/復号が可能な OCB AES (128 ビット)を採用した。さらに、接続を許可する端末の MAC アドレスを各 AP へ登録した。従って接続を許可された端末以外は院内 LAN に接続することができない。さらに、HIS へのログインは ID とパスワードにより認証し、通信はすべて記録(ロギング)している。ま

た、持ち出し防止の観点から、無線 LAN 端末は看護部の管理とした。

島根大学病院では無線 LAN 端末を用いてベッドサイドでの患者情報の参照や各種のオーダー、カルテ記載の入力、バーコードを用いた患者照合、点滴や輸血の実施情報の入力等を行っている。端末の管理は看護部に依頼したが、回診時には医師も無線 LAN 端末を使用する。

無線 LAN の活用による効果を聞き取ったところ、以下のような意見を得た。

- 入力のためにナースステーションの固定端末まで移動する必要がなくなり、入力の漏れや失敗、誤りは少なくなった
- これまでは指示等が紙に書かれていたため、個人情報が多くの人々に見られる可能性もあったが、無線 LAN 導入によりシステムの使用を通じた指示が可能となって改善された

運用開始当初、セッションの切断が頻繁に生じるという問題が生じた。これは、多くの看護師が、点滴実施などの際に無線 LAN 端末をサーバと接続したまま病棟内を移動していたため、業務の支障となった。調査の結果、ローミング機能の不具合が原因であり、PC 側のデバイスドライバの更新により解決された。また、フロア全体でよりよい接続環境を利用可能にするために、使用開始から 1 年半後に AP を増設し、1 フロアあたり 13 台とした。

6. 医療機関の電源と接地に関する現状と研究

医療機関における電源に関する研究はごく最近になって新たな題目として挙げられている。従来から医療機関での電源と接地について JIS 規格(T1022)があり、2006 年にも改訂されたが、実際には建築後年数が経過した医療機関ほど規格に従っていない状況が見受けられる¹²⁾。

JIS 規格は医療機器の使用環境を中心にまとめられている。しかし、大規模医療機関においては医療機器のみならずコンピュータシステム(HIS)が導入され、診察室や病棟でもパソコンが使用されることから、システム抜きでは日常の診療業務にも支障す

る状況にある。また入院患者が入院生活において使用する電気製品への供給電源も必要である。したがって今後医療機関における電源供給を論じる際には、少なくとも医療機器向けの電源と HIS 向けの電源、一般商用電源を分けて考える必要がある。

また JIS 規格に挙げられている通り、電源と並んで重要なものに接地があるが、前述の通り医療機器だけでも大電力を必要とするものから微弱信号を捉えるためのものまでであることから、単純な接地とすることはできない。

これまでに電源供給に関しては、電圧変動の現状調査¹³⁾や瞬間的な停電に対する医療機器の耐性調査¹⁴⁾、3Pコンセントの設置状況調査¹⁵⁾といった事例はあるが、提言等をまとめるには至っていない。

7. 医療現場で電磁環境を守る体制

医療機関は、法的には入院設備の有無で「診療所」と「病院」に分けられる。さらに、「病院」は数十床の小規模なものから千床を超える大規模病院まで2～3段階に分けられることが多い。このほかに大学病院などは「特定機能病院」として、一般病院と区別される。医療機関で取り扱う患者は「病院」では「救急」や「急性期」といった命に関わる重篤な患者もいれば、退院直前の患者もいる。正常分娩が予定される妊婦や健康に生まれた新生児は「患者」とは言えないが入院している。医療機関を訪ねてくる訪問者には、患者関係者や取引業者、救急隊員や保健所職員などもいる。大規模医療機関では職員数が千人を超える場合もある。このように極めて多くの人々が入り出りする場所で電磁環境を維持管理するためには、総務部門、施設部門、患者サービス部門、医療情報処理部門、医療機器管理部門などが分担あるいは協力して携帯電話の使用や移動体通信の導入について検討する必要がある。

しかし、残念ながら医療機関内で指導者的立場にある医師は、その養成課程で電磁環境について学んでこない。看護師もまた同じである。臨床工学技士もしくは施設担当者がようやく知識を持っている程度である。しかも臨床工学技士は絶対的人数が不

足している。したがって、遮蔽による電磁環境の制御など、これから求められるであろう技術に関する知識はほとんど無いと言ってもよい。当分の間は建築学的側面からの助言が頼りとなる。

8. 今後の問題：医療機関外での医療と電磁環境

厚生労働省は2006年度以降、介護型の療養期病床を40%まで削減すると発表し実施しつつある。また、これまで同様、医療費抑制のために患者の在院日数の短縮を強力に推し進めている。いずれも診療報酬制度を改定することで政策推進を図っている。これは即ち、完治していない患者が自宅に戻ったり介護施設に入所しなければならないことを意味する。既に「介護難民」「リハビリ難民」という言葉が新聞紙上ににぎわせるほどに半ば強制的な退院や、通院リハビリテーションの(制度上の日数制限による)中途での終了が始まっている。

一方で、医学の進歩により植込み型医療機器が多数開発された。心臓ペースメーカーがその代表であるが、持続的に薬や酵素などを送り込むマイクロポンプ、聴力回復をもたらす人工内耳等も植込み型の医療機器である。これらを植込まれた患者はほぼ健常者に近い形で社会生活を送っている。

したがって、今後は医療機器に対する電磁環境として一般社会における電磁環境をも対象とする必要が生じる¹⁶⁾。医療機関はJIS規格等で守られているが、一歩外に出ると、医療機器そのものに関する規格以外で機器の正常動作を守るガイドラインはないことになる。今後、国民生活を安全にする上で重要な研究課題となると考える。

9. まとめ

医療における電磁環境の現状と問題点についてまとめた。医療機関における先端医療だけでなく、在宅での医療も進められつつある今日、医療機器を正しく動作させるための環境づくりと移動体通信の利便性、そして増え続ける家庭電気製品をそれぞれ両立させた安全・安心な生活を作り出すための医療電磁環境研究は今後も重要な課題であると考え

る。医療関係者だけでなく、様々な学問の成果を活かしていくことが必要であろう。

謝辞: 本稿をまとめるに当たり、一部は日本学術振興会の科学研究費助成(基盤研究(B)、No. 17390152)の補助を受けた。

参考文献

- 1) 大久保千代次:WHOの取り組みについて -国際電磁界プロジェクト-, 生体電磁環境国際シンポジウム, pp. 43-48, 2006
- 2) 花田英輔、高野香子、工藤孝人:安全な医療を支える総合的電磁環境, 第43回生体医工学会大会, PJ1-9-13, p. 350, 2005
- 3) 高野香子、花田英輔、宮原 博、岩下 誠:電源異常による医用電子機器の誤動作, 第24回医療情報学連合大会, 1-E-3-5, 2004
- 4) 花田英輔、高野香子、星野 康、工藤孝人、津本周作:医療機関内で発生する低周波交流磁場による電磁波障害と対策, 第23回医療情報学連合大会, 2-E-1-6, 2003
- 5) Hanada E., Takano K., Mishima H., Kodama K., Antoku Y., Watanabe Y., Nose Y.: Possibility of electromagnetic interference with electronic medical equipment by residual magnetization in a building with a steel structure, IEEE EMC Society Newsletter, Issue No. 189, pp.15-19, Spring 2001
- 6) 不要電波問題対策協議会:携帯電話端末等の使用に関する調査報告書, 電波産業会, 東京, 1997
- 7) Hanada E., Kudou T.: Observation of Electromagnetic Interference with Medical Devices by Radiated Radio Waves, ISMICT2006 (2006 International Symposium on Medical Information and Communications Technology), B1-4, p. 15, 2006
- 8) 総務省: 電波の医用機器等への影響に関する調査報告, 総務省ホームページ, (http://www.soumu.go.jp/s-news/2002/020702_3_1.html), 2002. 7
- 9) 日本生体医工学会電磁環境研究会(編):携帯電話の院内使用に関する手引書, CE ネットワークジャパン, 東京, 2006
- 10) 加納 隆、杉山賢司、小野哲章:シールド布による体外式ペースメーカーの電磁波障害対策, 不整脈, 16(5), pp. 552-556, 2000
- 11) Hanada E., Fujiki T., Nakakuni H., Sullivan C.V.: The effectiveness of the installation of a mobile voice communication system in a university hospital, Journal of Medical Systems, Vol. 30 (2) pp.101-106, 2006
- 12) 花田英輔、糸賀修也、岩下 誠、工藤孝人:電圧ディップに対する医用電子機器の耐性調査実験, 第45回生体医工学会大会, P5-33-2, 2006
- 13) Hanada E., Takano K., Kodama K. : Electromagnetic noise superimposed on the electric power supply to electronic medical equipment, Journal of Medical Systems, Vol. 27 (4) pp. 381-392, 2003
- 14) 花田英輔、糸賀修也、工藤孝人:医療機関の電力品質と医用電子機器の電圧ディップ耐性調査, 第35回日本医療福祉設備学会, 27, 2006
- 15) 高野香子、花田英輔:電圧ディップによる医療機器への影響, 日本生体医工学会平成18年度第1回医療電磁環境研究会, 2006
- 16) 花田英輔:在宅での医療・介護と遠隔医療における電磁環境(特集 高齢化社会における建物と電磁環境), 月刊 EMC Vol. 19(3), pp. 27-35, 2006