

電動ベッドシステムの放射ノイズ対策

遠山 栄一※1
Eiichi Tohyama
里 成典※1
Shigenori Sato

Counter-measure Against Radiation Noise for Electric Reclining Bed

1 まえがき

当社はパラマウントベッド(株)が製造する病院・施設向け電動ベッドの電装品の開発および製作を担当している。

電動ベッドは利用者の快適性を提供する製品である一方で、EMCに関して十分注意を払わなければならない製品でもある。

このEMC (Electro-Magnetic Compatibility) とは、電磁環境両立性のことで、他の機器に妨害を与えない性能 (EMI) と他の機器から妨害を受けない性能 (EMS ; イミュニティ) とを両立させる性能のことである (表1)。

電動ベッドのEMC性能は、電装品で決まるため、当社は従来より、EMC性能向上に取り組んできた。

また、社会的にも、EMCの法的安全基準も整備されてきており、それらの規格への適合も必要となってきた。

本稿では、これらのEMC性能向上のうち、特に試験評価の難しいEMIの放射ノイズについて、当社の取り組みを紹介する。

2 放射ノイズ対策の必要性

2.1 電動ベッドの適合規格

医療電気機器のEMCに関する適合規格はJIS T 0601-1-2 : 2002「医用電気機器 第一部：安全に関する一般的要求事項 第2節：副通則 電磁両立性」である。薬事法が医療電気機器に対して、2003年10月から、このJIS規格に強制適合するように求めている。電動ベッドは大分類上、医療電気機器分類であるが、細目上は対象外となっている。

しかし、EMC性能向上は必須事項であるため、その規格をクリアする性能は当然のこととして求められている。

表1 EMC

EMC—電磁環境両立性	
EMI (電磁干渉) Electro - Magnetic Interference	EMS (電磁感受性) Electro - Magnetic Susceptibility (Immunity : ノイズ耐性)
・放射ノイズ ・雑音端子電圧	・静電気 ・雷サージ ・バースト ・放射電磁界

※1 機器事業部 設計1G

2.2 放射ノイズの規格

EMIのうちの放射ノイズに関しては、国際規格 (IEC) の国際無線障害特別委員会 (CISPR) が勧告を出しており、前述のJIS T 0601-1-2もCISPR 11「工業・化学・医療用高周波利用設備の妨害特性の許容値および測定法」の許容値に準拠するように要求している。この規格では放射ノイズに対する許容値は、当該機器から発生する電磁波の、10m離れた点での電界強度で規定されている。また、測定は準尖頭値測定用受信機を使用することと規定されている。その許容値を図1に示す。

3 電動ベッド電装品とノイズ源

3.1 電動ベッドの電装品

当社が担当している電装品は、ベッドの可動部を電氣的に動かす装置であり、主に病院や施設用の電動ベッドに装備される。この電装品は下記の3つの部分を組み合わせてシステム化される。電動ベッドの外観を図2に示す。

(1) アクチュエータ

電動ベッドの背もたれ、膝高さ、ベッド高さを動かすための機械力駆動装置である。DCモータの回転運動をギヤで直線運動に変えてベッドのそれぞれの可動部を動かす (図3(a))。

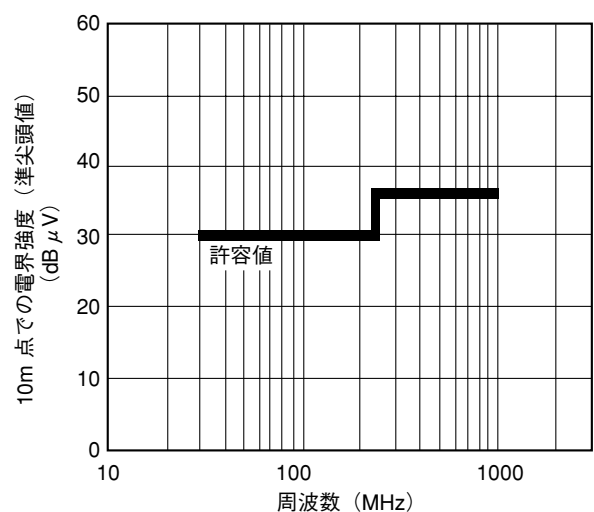


図1 放射ノイズ電界強度許容値 (CISPR11)

(2) コントローラ (制御部)

アクチュエータを動かすための各種制御を行う。制御部と電源部より構成されており、制御はマイコンにより行われる。電源部はアクチュエータ駆動電源と制御電源があり、ともにスイッチング電源を採用している。コントローラはベッドの下部に収納され、各アクチュエータと直接接続される。またAC電源コードや操作スイッチコードも接続される。コントローラの外観を図3 (b) に示す。

(3) 操作スイッチ

使用者がベッドを手元で動かすためのリモコンスイッチである。コントローラにカールコードで接続される。



図2 ベッド外観 (パラマウントベッド製)

3.2 放射ノイズの発生源

電動ベッドから放射されるノイズの発生源は、基本的には電装品ではあるが、金属で作られたベッド本体からも放射される。これはノイズの発生源と伝送系 (アンテナ) の関係となり、細分類すると下記となる。

(1) 発生源

電装品の中でノイズの発生源となる部分である。

- ・ スwitchング電源回路 (プリント基板)
- ・ マイコン回路 (プリント基板)
- ・ DCブラシモータ (アクチュエータ)

(2) 伝送系 (アンテナ)

a) コントローラからのケーブル

電源ケーブル、アクチュエータケーブル、操作スイッチコードがアンテナとなる。

b) 操作スイッチ

操作スイッチは固定されていないので、コードを含めて置き場所によりアンテナの効果が変化する。

c) ベッドフレーム

金属部分がアンテナとなる。ベッドの姿勢によりアンテナの効果が変化する。

4 放射ノイズ評価方法

4.1 評価と対策手順

電動ベッドから発生する放射ノイズは、ベッドの形状やケーブル配置などにより変化するため、従来、電動ベッドとして完成してから、外部認証サイトでの測定を中心に評価を行ってきた。しかし開発の後工程での放射ノイズ対策は対症療法的対策となるため、しばしば電装品の作り直しを必要とし、開発期間の延長を招いていた。

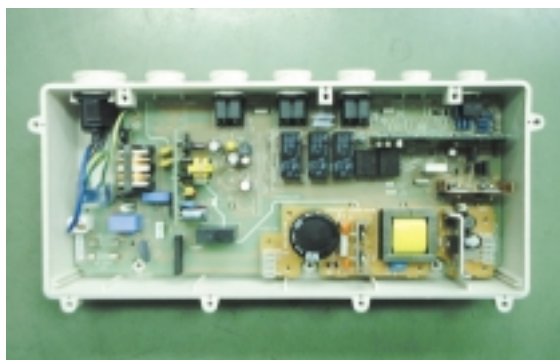
このためノイズ発生源である電装品の設計段階からの評価をして、効率の良い製品開発ができるよう評価方法を改めた。当社で行っている、放射ノイズの評価と対策の流れを図4に示す。

4.2 設計段階の評価

放射ノイズの評価で最初に行うことは、電装品の基板設計 (実装設計) が低放射ノイズ性能を考慮して行われているかどうか評価することであり、基板の製作前に行う。評価で問題が出れば対策を行い、設計変更を行う。部品実装図やパターン図を参考に、例えば下記のような評価基準に従って確認する。



(a) アクチュエータ



(b) コントローラ

図3 電装品

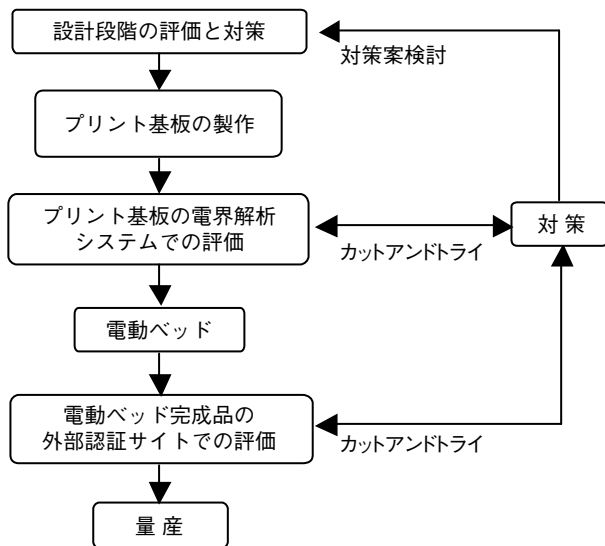


図4 放射ノイズ評価と対策の流れ

- ・ 電源用グラウンド（ダートイグラウンド）と制御用グラウンド（クリーニンググラウンド）は分離されているか。接続点は適切か。
- ・ グラウンドはベタアースか。
- ・ スイッチング電源回路はコンパクトに引き回されているか。またパターン幅は適切か。
- ・ マイコン用のパスコンは最短距離で接続されているか。
- ・ スナバ回路やノイズフィルタが適切な位置に入っているか。

4.3 プリント基板での評価と対策

低放射ノイズ性能を考慮して製作した基板に対し、電界解析システム（ノイズ研究所：EPS-M1）を使った社内評価を行う。この解析システムは電界プローブ、スペクトラムアナライザおよびパソコンなどから構成され、基板上の電界強度分布を周波数毎に表示することができる（図5）。そのためノイズ発生箇所およびノイズ周波数の特定は容易である。

同解析システムによって測定された電界強度は、電動ベッドの放射ノイズと同じでないが、基板上で抑えなければならない電界強度（評価基準）の評価ができる。この評価基準をもとにノイズ対策を行う。ただし下記の場合は、電界強度が評価基準以下であったとしても実際の放射ノイズが大きくなるので、対策が必要となる。

- ・ 電界強度の高い部分が、ノイズ発生箇所周辺のみでなく、基板全体に拡がっている場合。
- ・ 基板に接続されるケーブルとノイズが共振する恐れがある場合。
- ・ 短時間のみ発生する放射ノイズがある場合（解析システムでは平均値となりレベルが下がってしまう）。

適当なノイズ対策を施した後、電界強度の再測定を行い、対策が有効かどうかの判断をして、十分でなければ再対策を行う。

4.4 ベッド完成品の評価方法

最後はベッド完成品の測定であり、外部認証サイトで、放射ノイズがCISPR 11の許容値以下であるかどうかの最終確認を行う。

規格との適合は電界強度の準尖頭値で行われるが、発生傾向を知るためスペクトラムアナライザによる測定も行っている。

測定結果による最終的な良否判定は、測定施設による測定誤差や試験品のばらつきを考慮し、規格の許容値に対して最低3dBのマージンをとって行っている。

測定条件は、再現性および信頼性確保のため明確にしておく必要がある。特に電動ベッドは姿勢が変化し、また操作スイッチ、電源ケーブルの位置は固定されていないため、放射ノイズにとって最も厳しい条件を探る必要がある。

また人体は電波を吸収するため、測定中に人が操作スイッチによりベッドの姿勢を変えることはできない。測定中は、自動運転にて姿勢変更ができるようにしておく。

ベッド完成品の外部認証サイトでの測定風景の一例を図6に示す。

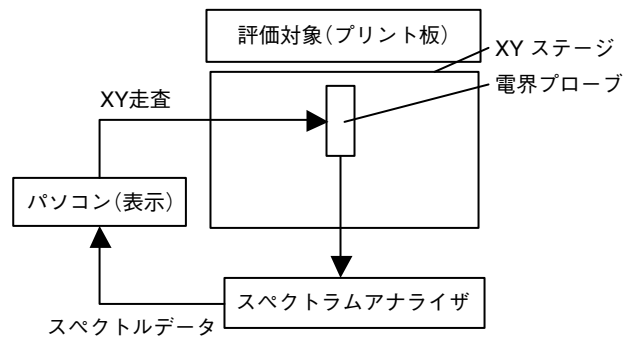


図5 電界解析システム



図6 ベッド完成品の評価

5 放射ノイズの評価・対策事例

新規開発した電装品の評価および対策事例を紹介する。低放射ノイズ性能を考慮し設計試作を行ったが、プリント基板、ベッド完成品での評価の結果、ともに放射ノイズが大きかったため、対策を行うこととなった。

5.1 プリント基板の評価・対策事例

(1) 測定結果および考察

プリント基板の電界解析システムによる測定結果を図7に示す。これは最も電界強度の高かった周波数32MHzの表示例で、赤い部分が最も電界強度が高いことを示している。

プリント基板の部品配置を示す機能ブロック図を図8に示す。ノイズ発生箇所は図7と図8により、アクチュエータ用のスイッチング電源Aおよび制御用のスイッチング電源Bであることが分かる。

この電界強度は評価基準を大きく上回るものではなかったが、電界強度の高い部分がスイッチング電源A、B以外にまで広がっている。そこで放射ノイズ対策を検討した。

ここで発生するノイズのパワーが大きいのはアクチュエータ用のスイッチング電源Aであり、この回路のアース(グラウンド)はダーティグラウンドである。初回品のグラ

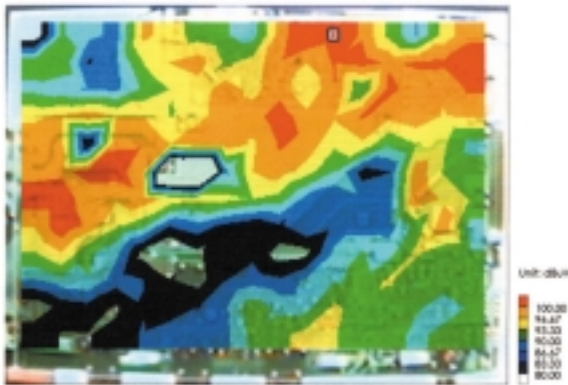


図7 プリント基板のノイズ分布 (初回品)

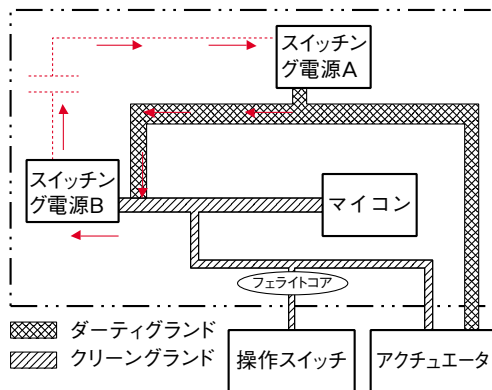


図8 基板の機能ブロック図 (初回品)

ドパターンではこのダーティグラウンドが制御用のクリーングラウンドまで大きく伸びており、ノイズループができていたことが判った (図8の矢印のループ)。

またダーティグラウンドとクリーングラウンドが直接接続されているため、クリーングラウンドに接続された操作スイッチのケーブルからノイズが放射されることが予想される。

特に操作スイッチケーブルはその長さが2.5mであり、32MHzの1/4波長である2.3mと非常に近い値であることから、共振する可能性があり、対策が必要である。

(2) 実施したノイズ対策

ノイズ対策は、問題となったダーティとクリーンの両グラウンドの接続位置を変更するとともに、ノイズ周波数帯域での両グラウンドを絶縁するためにフェライトビーズを挿入した (図10)。

この対策により、電界強度の高い部分はスイッチング電源A部のみとなり、全体でもノイズレベルが低くなった。対策後の測定結果を図9に示す。

5.2 ベッド完成品の評価事例

プリント基板での対策の有効性を確認するために、初回品のプリント基板を組込んだベッド完成品と、対策後の完成品とを、それぞれ外部認証サイトで測定、評価した。

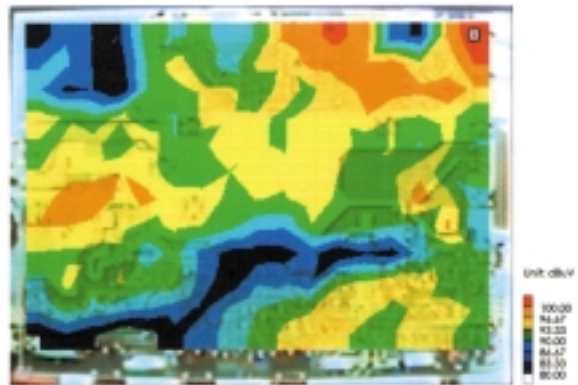


図9 プリント基板のノイズ分布 (対策品)

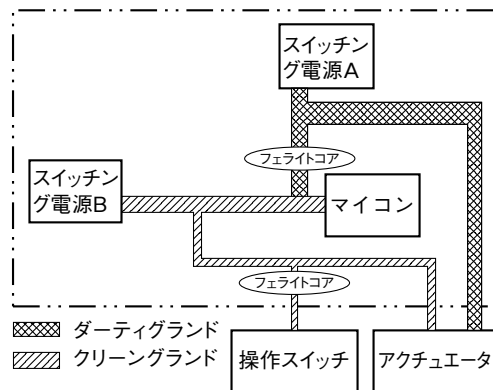


図10 基板の機能ブロック図 (対策品)

(1) 初回品測定結果

初回品（未対策品）のプリント基板を用いたベッド完成品の放射ノイズ測定結果を図11に示す。グラフはスペクトラムアナライザによる電界強度のピーク値の測定画面であり、書き込まれている数字が準尖頭値である。プリント基板の測定結果と同様、32MHzのノイズが高く、32MHzで41dB μ Vとなり、許容値の30dB μ Vを超えた。

(2) 対策品の測定結果

プリント基板単体で効果のあった対策品を組込んだベッド完成品の放射ノイズ測定結果を図12に示す。問題となっていた32MHzのノイズは41dB μ Vから24dB μ Vに減少し、プリント基板での対策の有効性が確認できた。

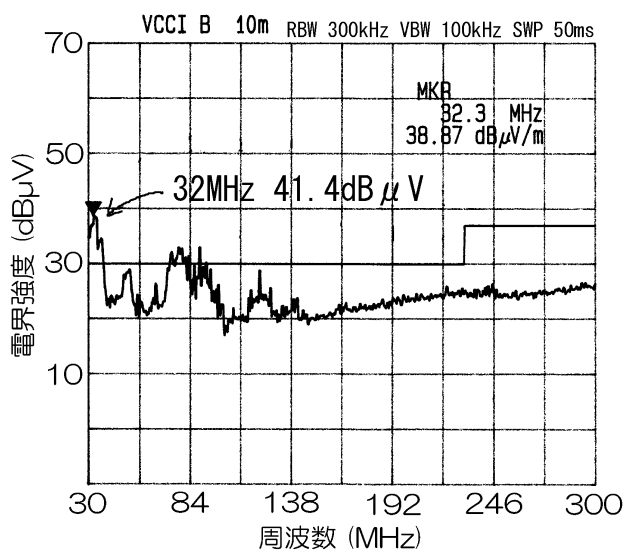


図11 初回品の測定結果

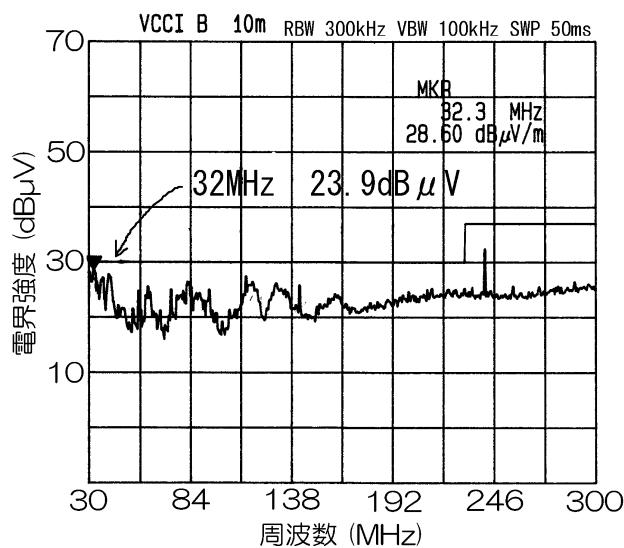


図12 対策品の測定結果

6 あとがき

近年、EMI関連の測定器が各メーカーより提供され、放射ノイズの測定結果の可視化技術が進んできている。これらの機器は放射ノイズの発生源と伝播モードの理論的な考察を補完する上で役に立ち、対症療法的なノイズ対策より一歩進んだノイズ対策を実現するツールとして有効である。しかし、10m離れた点における放射ノイズレベルを、これらのツールからは完全に予測することは難しく、認証サイトでは許容値を超え、対策に苦慮することも多い。放射ノイズの数値的な予想まで含めた社内検討が今後の課題である。

IEC60601-1-2が2002年に改訂され、JIS T 0601-1-2もIECに合わせて1、2年後に改訂予定である。この改訂では医療機器にリスクマネジメントを要求し、EMCの内容も拡充することが決まっている。厳しい要求の中で短期間、低コストに貢献できるノイズ対策手法を確立していきたい。

