

心臓ペースメーカー電磁干渉防護服の開発

キーワード：心臓ペースメーカー、電磁干渉、電磁波シールド、電磁波防護服

概要

心筋梗塞などにより収縮信号がうまく伝わらなくなった患者には、植込み型心臓ペースメーカー(以下、PM)(図1)が処置されます。近年、デマンド型とよばれる心拍を検知して刺激パルスを制御するものが主流となっていますが、デマンド型は心筋が発する微弱な電気信号を検出しており、またプログラミングやテレメトリのための送受信コイルを内蔵していることもあり、外部からの電磁氣的要因で干渉を生じる場合があります。電磁干渉が生じると、患者は失神発作に陥ることもあります。PMは、このような干渉を遮断するための機能を有していますが、心拍周波数成分に近いノイズや、強度の大きいノイズに対しては防御機構の動作が不完全になります。

この対策として、外来ノイズを人体表面で遮断する方法が複数考案されていますが、遮断効果を客観的に評価する方法は知られていません。我々は、平成14年度に産学官共同研究グループを結成しこの課題に取り組みました。本稿では、研究グループが新たに開発したPM電磁干渉防護服とその性能評価法について、研究成果の一部を述べます。

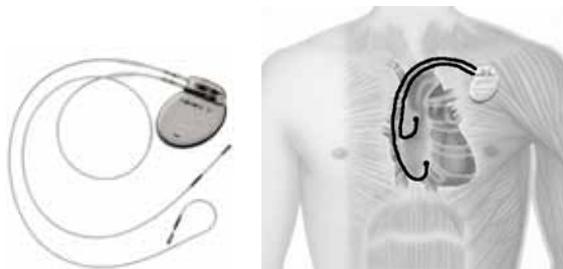


図1 心臓ペースメーカーと人体内植込み模式図
(出典：社会保険 小倉記念病院 循環器科 HP)

電磁干渉防護服の素材選定

PMに電磁干渉を及ぼす原因には、MRIなどから漏洩する静磁界、漏電している電気製品に接触したときに生じる体内電流、電磁調理器などから漏洩する低周波磁界、無線機などから発生する高周波無線電波などがあり

ますが、中でも無線電波を利用する機器は近年急増しており、PMの電磁干渉事例も少なくありません。そこで、防護服に用いる素材として無線電波を効果的に遮断できる材料を探索しました。無線電波が防護服に入射する現象は電磁気学的には遠方界¹で考察できるので、シート抵抗²が自由空間の波動インピーダンス³に対して十分に小さい材料が適しています。研究グループの(株)フリージア提供による試料(MGnet)は、PETと銀を主成分とする系のトリコット編地で、20g/m²と軽量で、伸縮させても網目面積が変化しない性質を持っています。

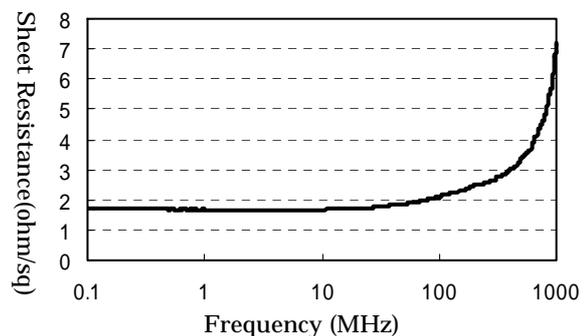


図2 MGnetのシート抵抗の周波数特性
(伝達インピーダンス法)

MGnetのシート抵抗を伝達インピーダンス法¹⁾により計測した結果(図2)を見ると、主な無線電波利用機器の周波数帯である0.1MHzから1000MHzにおいてシート抵抗が7.2 /sq以下であり、自由空間インピーダンスに対して十分に小さく、大きなシールド効果を有するものと推定されます。シールド効果は試料を重ねることでより大きくなるので、その効果も考慮して実際のシールド効果をKEC法²⁾により測定した結果を図3に示します。図3より、MGnetの近傍界における電界シールド効果は単層で約20dB、積層するごとに上昇し4層では50dB以上となります。実際に使用される遠方界条件では、これより小さくなることを考慮して、防護服

の素材として4層のMGnetを選定しました。

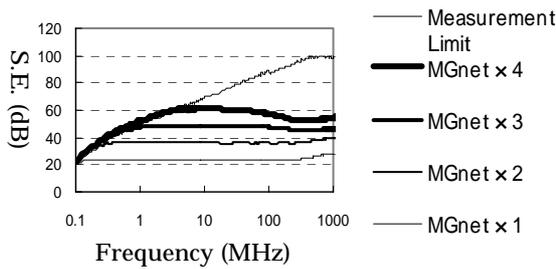


図3 MGnetの近傍電界シールド効果 (KEC法)

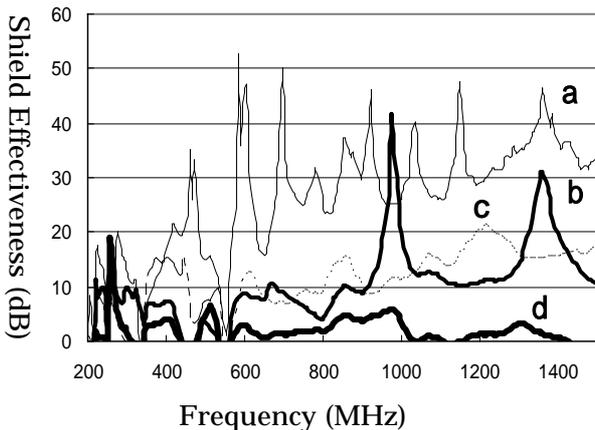
形状選定

PMへのノイズ侵入経路のうち主要なものはページングリード⁴を介するものです。そこで、PM本体だけでなくページングリードの部分も含み、さらに背部から侵入するノイズも考慮して、胸部全体を4層のMGnetで覆う形状を考案しました。また、首回り寸法・



図4 PM電磁干渉防護服

形状、袖の有無、開きの有無・形状等を、体内電磁界測定システム³⁾を用いて得られた遮蔽効果より詳細に検討し、図4の防護服形状を選定しました。測定結果の一例を図5に示します。図中、最も遮蔽効果の高いaが図4の形状です。



a: 袖付き開き無 b: 袖無前面ジッパー開き
c: 袖無両脇釦開き d: 袖無前面釦開き

図5 電磁干渉防護服の電磁シールド効果 (体内電磁界測定システム)

性能評価法

従来、外来ノイズがPMに及ぼす影響を客観的に評価するには、イルニツヒ考案による生体モデル⁴⁾を用いていましたが、この方法では高周波ノイズの体内共振現象を十分に再現できません。そこで、日本人の標準体型を基に作られた半身の中空人体模型内に電磁氣的に人体組織と等価であると考えられる0.18wt% NaCl水溶液を満たし、PM、PM動作モニタ、擬似心拍発生装置を配置した生体モデルを考案しました。この装置を用いて図4のPM電磁干渉防護服の性能評価を行った結果、波高値4kVのインパルス、および電界強度60V/mの60Hzパルス変調波(CW:800MHz)に対して、PMへの電磁干渉防止効果が確認できました。

まとめ

開発されたPM電磁干渉防護服は、高周波ノイズに対して大きな防護効果を期待できますが、電磁調理器などから漏洩し、PMに電磁干渉を及ぼす低周波磁界については、防護効果がありません。現在、低周波磁界を効果的に防護できる新たな防護服を開発中です。

- 1 遠方界：電磁波放射源から十分に離れた場所における電磁界。これより放射源に近い場所を近傍界という。
- 2 シート抵抗：正方形薄膜の一辺から対辺までの電気抵抗
- 3 自由空間の波動インピーダンス：電磁波が真空または空气中を伝わる時の電界強度と磁界強度の比であり、遠方界では一定値120となる。
- 4 ページングリード：心臓を拍動させるためのパルス信号を、PM本体から心臓周辺の筋肉まで伝送するリード線。

文献

- 1) 大阪府電磁波利用技術研究会,平成9年度第1回シンポジウム要旨集,27-28,1997
- 2) (社)関西電子工業振興センターHP, <http://www.kec.or.jp/>,測定法「KEC法」の紹介
- 3) 田中健一郎他,電磁波の暴露を受けた人体モデル内における電磁界強度の測定,平成16年度大阪府立産業技術総合研究所研究発表会要旨集,112-113,2004
- 4) Irnich, W.: Interference in Pacemakers, PACE,7(1),1028-1029,1984