

## 接地の品質不良がもたらす医療機器使用時のリスクと 接地の品質点検方法の検討

○花田英輔、工藤孝人\*

島根大学医学部附属病院 医療情報部

\*大分大学工学部 電気電子工学科

### 1. はじめに

医療現場では、病室内のテレビや医療機器など、極めて多くの電気製品が使用される。電気製品は接地（アース）をとって使用されるべきであるが、日本ではコンセント自体（差込側）に接地ピンが無いもの（以下、2P プラグ）があるだけでなく、医療機器であってもアダプタなどを使用して接地を取らずに使用されている例を見受ける[1]。接地が不良（抵抗値が高い場合及び断線）の場合、電気製品に供給され消費しきれないエネルギーは製品の内部や筐体に溜まるが、許容量を超えた場合は周囲に放出し始める。即ち電気製品の周囲に放射電磁界を生じる。そこで複数の医療機器やブラウン管テレビを用いて、接地が不良の場合にどの程度の電界を生じるかを測定すると共に、電界中に金属体を置いた場合にどの程度の対地起電力が生じるかを測定し、接地品質判定への電磁界測定の可能性を検討した。

### 2. 測定

#### (1) 電界測定

まず測定用に C 種接地(本来の抵抗値  $4.21\Omega$ )[2]を作成した。その上で、安定化電源を用い、作成した接地に 10 段階に設定可能な抵抗を挿入した電源回路(図 1)を作成した。この電源回路から 8 台のポンプ類に電源を供給し、電源投入時で筐体正面(表示板等が有る面)の表面から 10

表 1 測定対象ポンプ諸元

ポンプ	ポンプ種別	測定面寸法 (mm×mm)	製造もしくは購入年
A	輸液ポンプ	170x210	2002 年製造
B	輸液ポンプ	85x225	2004 年製造
C	経腸栄養用ポンプ	110x145	2005 年製造
D	輸液ポンプ	130x135	2003 年購入
E	輸液ポンプ	100x200	1989 年製造
F	輸血ポンプ	130x200	1988 年購入
G	シリンジポンプ	125x325	1996 年購入
H	シリンジポンプ	125x325	2005 年購入

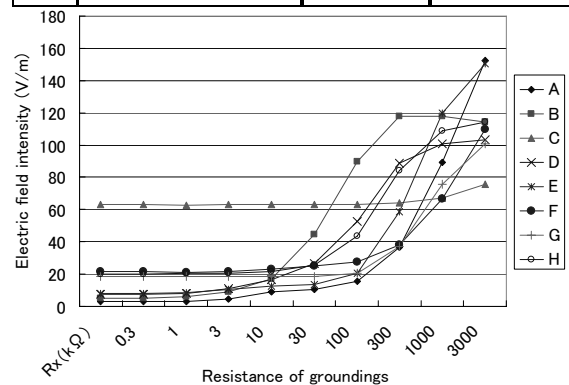


図 2 接地抵抗と観測された電界

cm における電磁界を測定した。対象としたポンプの諸元を表 1 に示す。なお、ここで測定される電磁界は商用周波数であるが、一旦磁界を測定した後、電界を算出する方法で数値を示している。

測定結果を図 2 に示す。多くのポンプでは接地抵抗値が大きくなるとより強い電界が観測された。電界の上昇開始点及び低い抵抗値における電界強度はポンプにより異なった。ポンプ C は抵抗値によらず強い電界を観測した。

#### (2) 対地起電力測定

対地起電力測定では、いずれも 2P プラグ

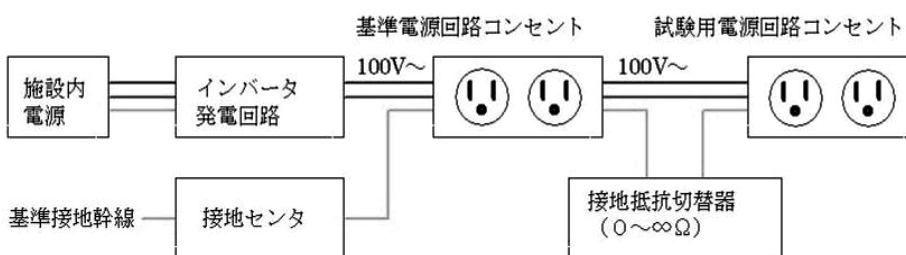


図 1 実験回路構成図

を持つ 2 台の市販ブラウン管テレビ(アナログ用 14 インチおよび 30 インチ)と 2 mm 厚の 18-8 ステンレス製トレイを用い、トレイを特定の電界強度となる位置に置いた場合にトレイに発生する電位(対地起電力)を測定した。トレイの底面寸法は 170 mm×横 210 cm である。測定時はテレビを待機状態とした。測定は、特定の電磁界の強さとなる位置を予め計測により定め、その位置にトレイを置いて電圧を測定する形で行った。実験配置を図 3 に示す。

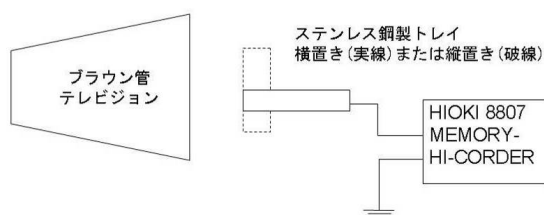


図 3 対地起電力測定実験構成図

今回使用した 14 インチテレビの場合、それぞれブラウン管表面から 72.0cm の位置で 10V/m、47.5cm で 20V/m、24.5cm で 50V/m、12.5cm で 100V/m であった。

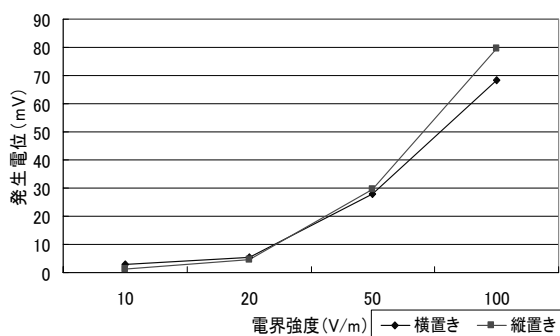


図 4a 電界強度と観測起電力の関係 (14 インチテレビ)

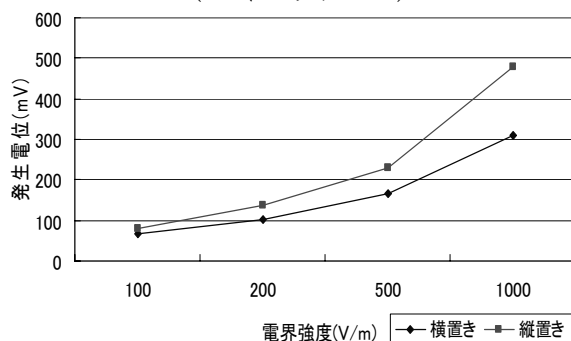


図 4b 電界強度と観測起電力の関係 (30 インチテレビ)

観測された電位を図 4 に示す。なお 30

インチテレビ上部にトレイを置いた場合の電位は 661.1 mV、ブラウン管表面にトレイを接した場合は 2962.2 mV であった。

### 3. 考察

#### (1) 接地不良によるショックの可能性

測定の結果、接地がない状態で輸液ポンプを稼働させた場合に筐体表面から 10cm の位置で 100~150V/m の電磁界を測定した。なお、ポンプ C はほぼ一定の電界を観測したことから、元々接地不良、即ち IEC60601-1-2 規格を満たさない可能性がある製品と考えられる。これを除外して考えると、接地の不良状態を示す抵抗値が大きくなると測定される電界も大きくなることがわかった。

また、14 インチのブラウン管テレビを用いた測定では待機状態で画面から 12.5cm の位置で 80mV の対地起電力を測定した。この値は、JIS T1022 解説書に記載された人体の抵抗値を用いると、80 $\mu$ A の電流が人体を流れる可能性を示している。より大きなブラウン管テレビを用いた場合はさらに大きな値となる。また、今回のポンプを対象とした観測値を用いた場合は 150 $\mu$ A の電流が人体を流れる恐れを示していることになる。この値はマイクロショックを起こす可能性を持つ。つまり、医療機器使用時に接地（アース）不良が発生した場合にも、同様のリスクがある。

#### (2) 電磁界測定による接地不良発見の可能性

今回の実験で、接地が良好の場合にもある程度の放射電磁界が測定されるが、接地状態が悪化すると、その度合いによって放射電磁界も高くなることが示された。したがって、電磁界の強弱が判断可能な簡易な電界強度測定器により接地の良悪を判断可能と考えられる。

この測定器では高い測定精度は不要と考えられるが、周波数特性として商用周波数を含み、かつ指向性が明示されていることが必要である。

市販の電磁界測定機器も存在するが、

周波数特性、指向性、そして測定者による機器の保持部分の絶縁に関して疑問があるものが多い。

また一定の閾値を判断する回路と組み合わせることによって、精密な測定や動作を要求される電気駆動の医療機器の動作環境としての接地の状況を通知する機器を作ることも可能である。

#### 4. まとめ

今回の実験により接地が不良な電気製品により人体にショックをもたらす可能性があることが確認された。接地状態の悪化と放射電磁界の強さが比例の関係にあることが示されたことから、簡易な電界強度測定器により接地の良悪を判断可能と考えられる。

様々な医療機器の中で、精密な測定や精密な動作を要求されるものは数多い。これらの動作環境として、供給電源と共によりよい接地環境を提供することが、今後の高度医療を安心安全に遂行するために必須になると考える。接地は数十年前から医療の安全に関わることとして、その重要性が指摘されている[3]が、近年は手術室など[4]を除き重要視されない傾向がある。病院設置は JIS にも定められている[5]ことから、改めて正しい接地による医療の安全性向上を望む。

謝辞：この研究の一部は日本科学振興会科研費(基盤研究(B),No.20390151)の補助を受けた

#### 参考文献

- [1] 花田英輔、工藤孝人、加納 隆 現代医療における電源の用途と要求される設備・品質 医療情報学誌 27(2), 169-177, 2007
- [2] 経済産業省原子力安全・保安院 電気設備技術基準の解釈 第 19 条、第 20 条
- [3] Starmer, CF., Whalen, RE., McIntosh, HD. Hazards of electric shock in cardiology. The American Journal of Cardiology, 1964; 14(4) 537-46.

[4] Graham S. Electrical safety in the operating theatre. Current Anaesthesia & Critical Care 2004; 15, 350-54

[5] 日本規格協会 JIS T 1022<sup>(2006)</sup> 病院電気設備の安全基準