

## 医療用 X 線 CT 装置近傍の電磁場強度測定

○出路 静彦<sup>1)</sup>, 王 建青<sup>2)</sup>, 宇田 達彦<sup>3)</sup>, 西澤 邦秀<sup>4)</sup>

<sup>1)</sup> 岐阜医療科学大学 保健科学部 放射線技術学科

<sup>2)</sup> 名古屋工業大学大学院 工学研究科

<sup>3)</sup> 核融合科学研究所 名誉教授

<sup>4)</sup> 名古屋大学 名誉教授

### 1. はじめに

植込み型心臓ペースメーカを装着した患者を医療用 X 線 CT 装置で撮影した際、ペースメーカ本体に X 線が照射されることによって機種によっては誤動作を起こすため、厚生労働省は X 線束を 5 秒以上照射しないように注意することと、医療関係機関に通知している[1]。これは X 線が原因でオーバーセンシングすることであるが、X 線 CT 装置が発する電磁場がペースメーカに及ぼす影響については不明である。また診療の現場では、小児や高齢者、救急患者に対しては放射線診療従事者が撮影室内の装置近傍で介助しながら CT 撮影を行うことが少なくなく、長期的な職業人への電磁場ばく露に対する人体影響も明確ではない。電磁場の人体防護に関しては、国際非電離放射線防護委員会(ICNIRP)からばく露を制限するためのガイドライン 2010[2]及び 1998[3]が示され、総務省からは電波防護指針[4]が示されている。

本研究は、医療用 X 線 CT 装置が発する装置近傍の電磁場がペースメーカ及び人体に及ぼす影響を調査することである。本報告では、研究内容及び問題点について述べる。

### 2. 材料および方法

測定対象とした装置は、岐阜医療科学大学に設置された医療用の X 線 CT 装置(SOMATOM EMOTION 6, SIEMENS)である。図 1 に示すように、ガントリー開口部の中心、上下、左右の 5 点を電磁場強度の測定点とした。

低周波帯域の電磁場強度の測定には、EM Field Analyzer (EFA-3, Wandel & Goltermann)、3 軸等方性の電場及び磁場プローブ(Wandel & Goltermann, 感度帯域: 5 Hz~30 kHz)を用いた。高周波帯域の測定には、EM RADIATION METER (EMR-300, Wandel & Goltermann)、3 軸等方性の電場プローブ(E-Field Type 8.3, Wandel & Goltermann, 感度帯域: 100 kHz~3 GHz)及び磁場プローブ(H-Field Type 12.1, Wandel & Goltermann, 感度帯域: 300 kHz~30 MHz)を用いた。

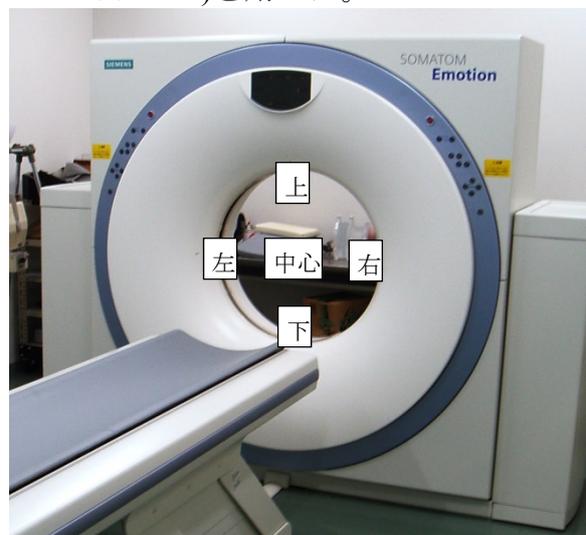


図 1. 電磁場強度の測定点

撮影室内の照明及び空調電源のみを入れた状態をバックグラウンドとし、電磁場強度は X 線照射を行いながら 1 分間測定した。測定平均値からバックグラウンドの平均値を減算し、電磁場強度とした。金属物質による電磁場の反射の影響を避けるために、段ボール箱、木材、アクリル板等を用いて測定器を配置し、撮影室外に置いたデータ収集遠隔操作作用パソコン

ンと光ファイバーケーブルで接続した。

図 2 は、Irnich's Human body model を示している。ペースメーカーへの影響については、図中のペースメーカーに電磁誘導で生じる誘導起電力の実効値 $|e|$ を式(1)より磁場強度から算出し、peak to peak 値 $2\sqrt{2}|e|$ を求めて欧州規格[5]が示すペースメーカーに対する許容値と比較した。

$$|e| = \omega BS \quad (1)$$

ただし、 $e$  は誘導起電力(V)、 $\omega$  は角周波数(rad/s)、 $B$  は磁束密度(T)、 $S$  は網掛部の面積(m<sup>2</sup>)である。

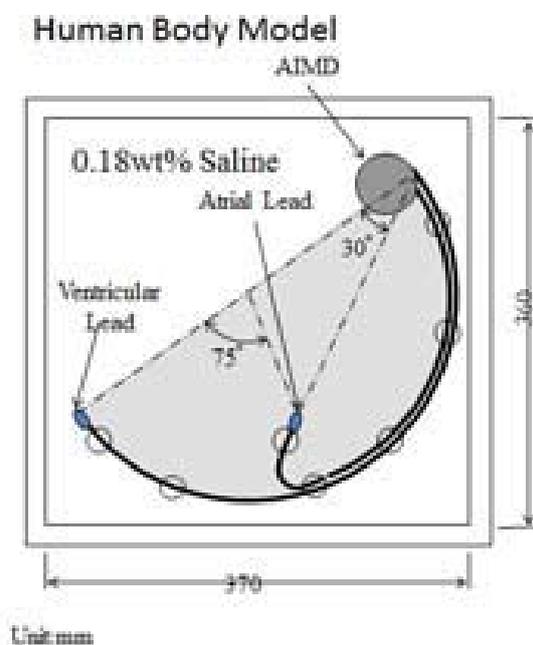


図 2. Irnich's Human body model (EMC'14/Tokyo 14P2-H1 から抜粋)

人体への影響については、低周波帯域においては電場及び磁場強度を ICNIRP(2010)と比較し、高周波帯域においては ICNIRP(1998)及び総務省の電波防護指針と比較した。

### 3. 結果および考察

(1) 低周波帯域におけるペースメーカー及び人体への影響

電場強度の平均値は 0.1~4.5 V/m の間

にあり、測定点下において最大  $4.5 \pm 0.2$  V/m (最大値 4.8 V/m)、周波数  $8.6 \pm 1.5$  kHz を示した。磁場強度は  $2.5 \sim 6.3 \mu\text{T}$  の間にあり、測定点上において最大  $6.3 \pm 0.8 \mu\text{T}$  (最大値  $7.6 \mu\text{T}$ )、周波数  $85 \pm 10$  Hz を示した。

磁場強度の最大値  $7.6 \mu\text{T}$  からペースメーカーに生じる誘導起電力の peak to peak 値は、0.6 mV と算出された。欧州規格が示す許容値 2 mV と比較すると 1/3 以下の値であるため、ペースメーカーへの影響はないと考えられる。

図 3 は、ICNIRP(2010)のガイドラインと電場及び磁場強度の最大平均値との比較を示している。電場の周波数  $8.6 \pm 1.5$  kHz 及び磁場の周波数  $85 \pm 10$  Hz から求めた ICNIRP(2010)が示す職業及び公衆ばく露に関する指針値は、電場強度が 170 V/m 及び 83 V/m、磁場強度が  $1,000 \mu\text{T}$  及び  $200 \mu\text{T}$  である。電場強度は職業ばく露の指針値の 1/40、公衆ばく露の指針値の 1/20 の値であった。磁場強度は職業ばく露の 1/160、公衆ばく露の 1/30 以下の値であった。このことから、ガントリー近傍における短期ばく露による人体への影響はないと考えられる。

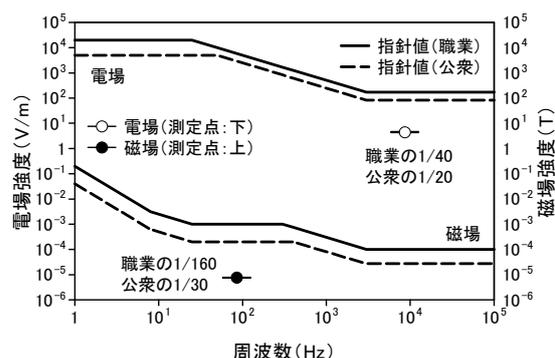


図 3. ICNIRP(2010)ガイドラインと電場及び磁場強度の最大平均値との比較

(2) 高周波帯域におけるペースメーカー及び人体への影響

電場強度の平均値は 0.1~0.5 V/m の間にあり、測定点下において最大  $0.5 \pm 0.2$  V/m (最大値 : 0.7 V/m)を示した。磁場強

度は 0.002~0.006 A/m の間にあり、電場同様に測定点下において最大  $0.006 \pm 0.001$  A/m (最大値: 0.008 A/m) を示した。

磁場強度の最大値 0.008 A/m からペースメーカーに生じる誘導起電力の peak to peak 値を算出すると、0.3 V であった。ただし、周波数は測定していないので誘導起電力が周波数に比例して増大することを考慮して、磁場プローブの感度帯域最大の 30 MHz に 0.008 A/m の強度を示した仮定して算出した。欧州規格が示す許容値 10 V と比較すると 1/30 の値であるため、ペースメーカーに及ぼす影響はないと考えられる。

図 4 は、ICNIRP(1998)のガイドラインと電場及び磁場強度の最大平均値との比較を示している。プローブの感度帯域内で最も低い ICNIRP(1998)が示す職業及び公衆ばく露に関する指針値は、電場強度が 61 V/m 及び 27.5 V/m、磁場強度が 0.16 A/m 及び 0.073 A/m である。電場強度は職業ばく露の 1/120、公衆ばく露の 1/60 の値であった。磁場強度は職業ばく露の 1/20、公衆ばく露の 1/10 の値であった。電場及び磁場強度は、総務省が示す電波防護指針の指針値との比較においても同等であった。低周波帯域での結果と同様に、短期ばく露による人体への影響はないと考えられる。

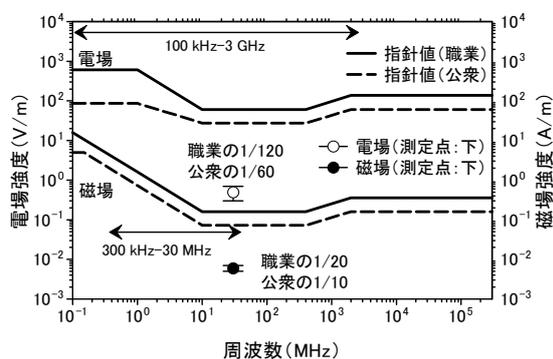


図 4. ICNIRP(1998)ガイドラインと電場及び磁場強度の最大平均値との比較

今回はガントリー部について調査を行ったが、医療用 X 線装置の高電圧発生

装置では、X 線管近傍よりも高い磁場強度を発する[6]ことから、今後は X 線 CT 装置の高電圧発生装置についても調査を行う必要がある。

#### 4. まとめ

医療用 X 線 CT 装置のガントリー開口部において装置近傍の電磁場強度を測定し、植込み型心臓ペースメーカー及び人体に及ぼす影響を調査した。磁場強度から算出したペースメーカーに生じる誘導起電力は、欧州規格が示す許容値以下であり、ペースメーカーへの影響はないと考えられる。電磁場強度は人体ばく露制限ガイドラインが示す指針値以下であり、短期ばく露による人体への影響はないと考えられる。今後は、X 線 CT 装置の高電圧発生装置について調査を行う必要がある。

#### 参考文献

- [1] 厚生労働省: X 線 CT 装置等と植込み型心臓ペースメーカー等の相互作用に係る「使用上の注意」の改定指示等について, 医政総発第 1125001 号, 2005.
- [2] International Commission on Non-ionizing Radiation Protection: ICNIRP Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric and Magnetic Fields (1 Hz- 100 kHz), Health Physics 99(6): pp.818-836; 2010.
- [3] International Commission on Non-ionizing Radiation Protection: ICNIRP Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic and Electromagnetic Fields (Up to 300 GHz), Health Physics 74(4): pp.494-522; 1998.
- [4] 総務省: 電波防護指針, 諮問第 38 号「電波利用における人体の防護指針」, 1990.
- [5] EN 45502-2-1:2004: Active implantable medical devices - Part 2-1: Particular requirements for active implantable medical devices intended to treat bradyarrhythmia (cardiac pacemakers).
- [6] 出路静彦, 青木翔平, 太田一輝, 宇田達彦: 医用 X 線撮影装置近傍の電磁界強度測定, 岐阜医療科学大学紀要, 第 6 号, pp.129-131, 2012.