

# MCA 無線機が医療機器に及ぼす影響調査

埼玉医科大学 保健医療学部 医用生体工学科  
高橋 咲菜

## 要旨

医療施設において災害時の施設間の連絡手段として MCA (Multi Channel Access) 無線機が導入されている。MCA 無線機の電波の出力は最大 2W であり、携帯電話と比較して医療機器への影響リスクが高いと考えられる。本研究では 49 機種の医療機器に対して MCA 無線機の影響を調査し、約半数の医療機器が影響を受ける結果となった。この結果より医療機関における MCA 無線機の安全使用のためのルールを提案した。

## 1. 背景

MCA 無線機は 930~940MHz および 845~850MHz の周波数帯域の電波を利用した無線通信システムで、非常電源を有する中継局を中心に半径 30~40km の通信範囲を有する。災害時に強く、東日本大震災の際にもその有用性が確認されていることから医療施設への導入が進んでいる<sup>1)2)</sup>。一方で、MCA 無線機は長距離無線通信を行うため、送信出力は最大 2W と携帯電話の 10 倍であり、医療施設における使用においては医療機器への影響リスクが高いと考えられる。また、携帯電話は基地局からの電波が強い場合には端末からの出力は弱くなる送信出力制御を持つが、MCA 無線機はこのような機能はなく、常に一定の電波が出力されることも医療機器に影響を与えるリスクとなりうる。しかしながら、MCA 無線機が医療機器に及ぼす影響は調査、ならびに医療機関内において安全使用に関するルールを定めた文献は見当たらない。

## 2. 目的

MCA 無線機を医療機関内で安全に使用するには使用者が電波による医療機器への影響を認知し、医療機器に対する影響を考慮した上で運用する必要がある。本研究では、「MCA 無線機が医療機器に与える影響」および「医療機器への影響が生じる最大の距離（最大干渉距離）」の調査を行い、その結果をもとに医療機関における MCA 無線機の使用ルールを提案することを目的とした。

## 3. 方法

MCA 無線機は送信出力が約 2W のパナソニック社 EK-6175A を使用した。調査対象とした医療機器は、人工呼吸器、輸液ポンプ、血液浄化装置及び輸液ポンプなどの高度管理医療機器 34 機種、生体情報モニタ及び超音波エコー装置などの管理医療機器 14 機種、血液ガス分析装置の一般医療機器 1 機種の合計 49 機種とした。調査方法の手順は動作させた医療機器の各面に対して MCA 無線機を発信させた状態で近づけ影響を調査し、影響が生じた場合はその箇所から MCA 無線機を徐々に離して影響が生じる最大距離（最大干渉距離）の調査をした。影響度は総務省より平成 26 年度に公表された「医療機関における携帯電話等の使用に関する報告書」に示される影響度のカテゴリーに沿って分類した（表 1）<sup>3)</sup>。

表 1. 影響度のカテゴリー分類 (文献3より転載)

本研究において MCA 無線機の電波が医療機器に及ぼした影響度の分類に用いた。

カテゴリー	医療機器の不具合の状態	カテゴリー	医療機器の不具合の状態
10	医用機器の障害が不可逆的で、修理が必要となり機器を交換しないと破局的状態となる障害。	5	医用機器の障害が不可逆的で、機器を操作しないと病態悪化状態となる障害、または修理が必要となり機器を交換しないと誤診状態となる障害。
9	医用機器の障害が不可逆的で、機器を操作しないと破局的状態となる障害。	4	医用機器の障害が可逆的で、病態悪化状態となる障害、または医用機器の障害が不可逆的で、機器を操作しないと誤診状態となる障害、もしくは修理が必要となり機器を交換しないと診察擾乱状態となる障害。
8	医用機器の障害が可逆的で、破局的状態に陥る可能性がある障害。または医用機器の障害が不可逆的で、修理が必要となり機器を交換しないと致命的状態となる障害。	3	医用機器の障害が可逆的で、誤診状態となる障害、または医用機器の障害が不可逆的で、診察擾乱状態となる障害。
7	医用機器の障害が不可逆的で、機器を操作しないと致命的状態となる障害。	2	医用機器の障害が可逆的で、診察擾乱状態となる障害。
6	医用機器の障害が可逆的で、致命的状態に陥る可能性がある障害。または医用機器の障害が不可逆的で、修理が必要となり機器を交換しないと病態悪化状態となる障害。	1	携帯電話機等が何らの障害も医用機器に与えない状態。

#### 4. 結果

影響が生じた医療機器は 49 機種中 26 機種 (53.1%) であった (表 2)。カテゴリー 2 の影響が生じたのは 9 機種で、液晶ディスプレイに表示される文字の乱れ、スピーカからの不快感、生体情報波形のわずかな乱れ等の影響が生じた。その中でもスピーカからの不快感が生じた機器の最大干渉距離は 270cm と全 49 機種の機器のうちで最も大きかった。カテゴリー 3 の影響が生じたのは 9 機種で、無視できないほどの生体情報波形の乱れによるアラームの発生、動作停止等の影響が生じた。カテゴリー 3 では分娩監視装置の最大干渉距離が 215cm と最も大きかった。カテゴリー 4 の影響が生じたのは 5 機種で、体外式ペースメーカの誤センシング、ポンプ類の閉塞アラーム発生による動作停止、滴下センサの滴の誤検出による流量異常、モータ回転異常等の影響が生じた。カテゴリー 4 では体外式ペースメーカの最大干渉距離が 25cm と最も大きかった。カテゴリー 6 の影響が生じたのは新生児・小児用人工呼吸器と搬送用人工呼吸器の 2 機種で、最大干渉距離 30cm で高頻度振動換気用ピストンの異常振動による気道内圧の低下、最大干渉距離 3cm で機器のバッテリーが内蔵される部分へ MCA 無線機を近づけたときに電源停止する (MCA 無線機を遠ざけると 10 秒程度で再起動し換気が再開される可逆的影響) 影響が生じた。カテゴリー 7 の影響が生じたのは新生児・小児用人工呼吸器の 1 機種で、最大干渉距離 1cm 未満でタッチパネル式カラー液晶ディスプレイ付近に MCA 無線機を近づけたときに電源停止する影響が生じた。人工呼吸器から MCA 無線機を遠ざけると 20 秒程度で再起動するが医療スタッフが操作しなければ換気が再開されない不可逆的な影響であった。

#### 5. 考察

MCA 無線機の電波は本研究で対象とした医療機器のおおよそ半数に影響を与えた。一方で、電波環境協議会の報告によると携帯電話端末実機から出力される電波の医療機器への影響は対象機器の 52% (25 台中 13 台) という結果であった。本研究で対象とした医療機器の機種とは異なると思われるが、影響が生じた医療機器の割合のみに着目すると MCA 無線と携帯電話端末で同程度であった。最大干渉距離では最大出力 250mW の携帯電話端末では 1cm 未満から十数 cm と報告されているが、送信出力が約 2W の MCA 無線機では 1cm 未満から数 m の距離であった。当然であるが無線通信機器の送信出力が高くなれば最大干渉距離も大きくなる傾向を示した。医療機関内で MCA 無線機を使用する場合の分離距離について考察すると、カテゴリー 2 は患者への影響は小さいと考えられるため、

表 2. MCA 無線機が医療機器に及ぼす影響の調査結果  
送信出力 2W の MCA 無線機が医療機器に及ぼした影響と最大干渉距離

カテゴリ-1 (影響無し)				[医療機器名:機種数]			
挿入型ペースメーカ:4,挿入型除細動器:1,人工呼吸器:5,流量制御型輸液ポンプ:1 シリンジポンプ:2,血液浄化装置:1,除細動器:1,閉鎖型保育器:1,IABP:1 生体情報モニタ:1,パルスオキシメータ:1,超音波エコー装置:2,開放型保育器:1 セントラルモニタ:1							

  

カテゴリ-2			
医療機器名	機種数	影 響	最大干渉距離 (cm)
人工呼吸器	3	ディスプレイの乱れ、呼吸波形のわずかな乱れ	0,0,15
血液浄化装置	2	スピーカからの不快音の発生	0,270
除細動器	1	心電図波形へのわずかな雑音混入	1cm未満
ペースメーカプログラム	1	テレメトリ障害	1cm未満
生体情報モニタ	1	生体情報波形へのわずかな雑音混入	10
血液ガス分析装置	1	ディスプレイの乱れ	40

  

カテゴリ-3			
医療機器名	機種数	影 響	最大干渉距離 (cm)
除細動器	2	心電図波形への雑音混入	10,20
テレメータ送信機	3	生体情報波形への雑音混入	20,25,60
生体情報モニタ	1	生体情報波形への雑音混入	90
パルスオキシメータ	1	生体情報波形への雑音混入	7
分娩監視装置	1	胎児心拍の増加	215
超音波エコー装置 (*)	1	動作停止	1cm未満

  

カテゴリ-4			
医療機器名	機種数	影 響	最大干渉距離 (cm)
体外式ペースメーカ	2	センシング異常	5,25
輸液ポンプ (*)	2	アラーム発生による停止	5,15
シリンジポンプ (*)	1	アラーム発生による停止	1cm未満

  

カテゴリ-6			
医療機器名	機種数	影 響	最大干渉距離 (cm)
人工呼吸器	2	電源OFF、異常動作	3,30

  

カテゴリ-7			
医療機器名	機種数	影 響	最大干渉距離 (cm)
人工呼吸器	1	電源OFF	1cm未満

(\*) 不可逆的な影響が発生した医療機器

直接的に影響を及ぼす可能性があるのカテゴリ-3 以上の高度管理医療機器の分離距離について最も考慮しなければならない。この条件に該当する最大干渉距離が最も大きい機器はカテゴリ-6 の人工呼吸器（最大干渉距離 30cm）である。したがって、少なくとも機器の周囲 30cm 以内で無線機を使用しないことを推奨する。ただし、管理医療機器に該当する生体情報モニタへの雑音混入によって誤診療が生じないよう電波の影響に関する医療スタッフへの周知も必要であると考えられる。

JIS T 0601-1-2:2012 医用電気機器「安全に関する一般的要求事項-電磁両立性-要求事項及び試験」<sup>4)</sup> によると、生命維持機器は放射電磁界 が 80MHz~2.5GHz の場合、電界強度 10V/m の試験レベルに耐える性能を持つことが要求される。この電界強度から要求される医療機器と電波放射源との推奨分離距離  $d$  m は、イミュニティレベル  $E=10V/m$ 、MCA 無線機の送信出力を  $P=2W$  とすると  $d = [23/E] \sqrt{P}$  という式から約 3.25m となる。調査した最大干渉距離が算出した推奨分離距離を大幅に下回った要因について考察する。生命維持機器に対する推奨分離距離を算出する式の係数 23 は、より高い安全性を求めめるため、非生命維持機器に対する式の係数 7 に 10/3 (約 3.3 倍) を乗じている。したがって、非生命維持機器に対する推奨分離距離の算出式  $d = [7/E] \sqrt{P}$  を適用した場合、推奨分離距離  $d$  は約 1m となる。また、算出に用いたイミュニティレベル 10V/m は医療機器が持つべき最低限のレベルであり、実際の医療機器はこれよりも高いイミュニティを持つ。このような要因によって、調査した最大干渉距離が算出した推奨分離距離を大幅に下回ったと考えられる。医療機器の電磁妨害に対する基本性能については、JIS T0601-1-2:2018 医用電気機器「基礎安全及び基本性能に関する一般要求事項-電磁妨害-要求事項及び試験」<sup>5)</sup> が最新である。2018 年の改定では、医療機器の使用環境に応じてイミュニティ試験レベルを決定する。例えば、送信出力 2W の MCA 無線機が医療機器に 0.3m まで近づくリスクがある場合、試験レベルは 28V/m となる。機器の使用環境によるが、最新の要求事項では 2012 年の規格と比較してより高いイミュニティが求められていると考えられる。

次に、MCA 無線機が医療機器に影響を及ぼした原因について考察する。医療機器には様々な電子部品が使用されている。電子部品への電磁ノイズの影響を調べた研究では、オペアンプで直流出力電圧の発生や MOSFET におけるドレイン電流の増加等が認められたとの報告がされている<sup>6) 7)</sup>。機器

に機械スイッチより電子スイッチが採用されること、電子制御されている機構が多いこと、また生体やセンサからの微弱な信号を増幅し計測することなどが電波の影響を受ける原因と考えられる。

本研究で得られた結果より医療機関内でのMCA無線機の使用ルールを提案する。

- MCA無線機は医療機器から半径30cm以内では使用しない。(この距離は安全係数を乗じていない。生命維持機器の推奨分離距離に乗じられる3.3を安全係数とすると、おおよそ半径1mとなる。なお、本ルールは本研究で対象とした医療機器49機種の場合に限るため、各施設により調査を行うことが望まれる)
- MCA無線機を医療機器に密着して使用した場合には大きな影響が発生するおそれがあるため、医療機器の上に無線機を置いてはならない。
- 医療スタッフはMCA無線機が医療機器に与える影響を認知し、災害時に安全に使用できるように日頃から訓練を行っておくこと。

なお、医療機関には衛星携帯電話や防災行政無線、簡易無線機なども導入もされている。各無線機により送信出力や周波数が異なることから取扱説明又は通信機器に貼付の技適証明番号より機器の仕様を確認し、ルールを定めたくうえで安全に使用することが重要である。

## 6. 結語

MCA無線機を保有する医療機関のスタッフは無線機が医療機器に影響を及ぼす可能性が高いことを認知し、自施設で保有する医療機器の電磁耐性と影響リスクを踏まえた上で、災害時に安全に使用できるようにルールを定めておくことが必要である。

## 文献

- 1) 大庭正俊：東日本大震災における宮城県災害対策本部の医療活動—MCA無線による通信手段の確保、災害医療コーディネーターの役割何ができて何ができなかったか、日本集団災害医学会誌 17 (1) : 130-139, 2012
- 2) 黒岩大輔：横浜市の災害医療の取り組みについて、第68回国立病院総合医学会 69 (11) : 490-492, 2015
- 3) 電波環境協議会：医療機関における携帯電話等の使用に関する報告書、平成26年8月
- 4) 日本産業規格：JIS T 0601-1-2 : 2012 医用電気機器 第1-2部 安全に関する一般的要求事項：電磁両立性要求事項及び試験、日本産業標準調査会、2002年7月制定、2012年3月改定
- 5) 日本産業規格：JIS T 0601-1-2 : 2018 医用電気機器 第1-2部 基礎安全及び基本性能に関する一般要求事項：電磁妨害要求事項及び試験、日本産業標準調査会、2002年7月制定、2018年3月改定
- 6) 服部 佳晋, 只野 博, 長瀬 宏 ほか：オペアンプのRFノイズ耐性の検討、電子情報通信学会論文誌 B83 (7) : 1034-1042, 2000
- 7) 服部 佳晋, 只野 博, 長瀬 宏：大振幅RF注入によるMOSFETのDC特性変動の検討、電子情報通信学会論文誌 B82 (12) : 2375-2383, 1999

## 指導教員

埼玉医科大学保健医療学部臨床工学科

川邊 学