

対象物の差異による電気メスから発生する放射雑音の変動の検討

○石田 開^{1,2)}, 有江 授^{1,2)}, 後藤 薫¹⁾, 廣瀬 稔²⁾

1) 情報通信研究機構 電磁波研究所 電磁環境研究室

2) 北里大学大学院 医療系研究科 医療安全工学

1. はじめに

電気メスは現代の外科手術において、もはや欠かすことのできない医療機器と言える。しかし、高周波電流を用いると言う原理上、放射雑音の発生は避けることのできない永遠の課題でもある。電気メスは一般に手術室をはじめとした密閉空間で使用されるため、高強度の放射雑音が室内を伝搬する。放射雑音はモニター心電図への雑音混入、植込み型ペースメーカの誤作動などの電磁干渉を引き起こす可能性ことが知られている[1]。また、近年では医療機器以外にも様々な電子機器が医療現場に用いられており、映像機器や通信機器に対しても電気メスの放射雑音が影響を与えることが報告されている[2]。これらの多くは、当該機器が使用する周波数への雑音重畳が原因と考えられている。

電気メスの放射雑音による電磁干渉については古くから多くの研究がおこなわれている。近年ではコンピュータ性能も上したことから、雑音の伝搬シミュレーションもおこなわれている[3]。一方で、電気メスの放射雑音の質そのものを評価した研究は少ない。電気メスは本体より発生した高周波電流がアクティブ電極（メス先）から対象物、対極板を介して再び本体に戻る回路を構成する。故に、切開や凝固の対象の違いにより、回路に流れる電流量が変化し、放射雑音そのも

のも変動することが予想される。本研究では、電気メスから発生する放射雑音の強度と周波数分布について、様々な条件下で検討をおこなうことを目的とした。

2. 方法

実験室内において、電気メスから放射される雑音強度と周波数分布を測定した。電気メスはERBE社製VIO100Cを使用し、アクティブ電極はモノポーラとした。対象物は500Ωの無誘導抵抗、鶏肉および0.18 wt%の食塩水を含んだ寒天を用いた。電気メスのモードは、切開モード（Auto CutおよびDry Cut、共に40 W）と凝固モード（Soft CoagulationおよびForced Coagulation、共に30 W）とした。木製の机に設置したスタンドに、アクティブ電極を机と垂直に配置した。その直線状に近傍界プローブ（ETS-Lindgren Model 7405）を設置し、スペクトラムアナライザ（MS2721B/Anritsu）にて電界および磁界強度を測定した。アクティブ電極⇄プローブ間の距離は50 cmおよび150 cmとして測定をおこなった。測定周波数は、100 kHz～5 MHz（RBW:30 kHz、VBW:10 kHz）および100 kHz～100 MHz（RBW:300 kHz、VBW:100 kHz）とし、30秒間のMax Hold機能による掃引後の最大値を採用した。

3. 結果

電界および磁界強度ともに、寒天、鶏肉、無誘導抵抗の順で高くなった。電界強度は Soft Coagulation を除き、他の 3 つのモードでは、20 MHz 付近で無誘導抵抗に比べて、寒天や鶏肉では最大 40 dB 大きくなった (図 1 および 2)。また、アクティブ電極と対象物の接触程度を変化させ、火花やスパークの有無による違いを検討した結果、スパークが生じた際にはより大きな電界強度が確認された (図 3)。

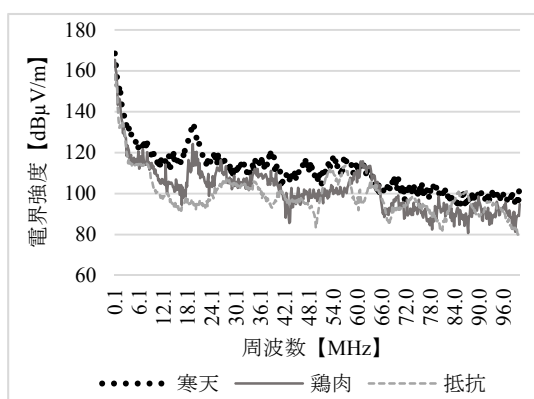


図 1 電界強度 (Dry Cut / 40 W / 50 cm)

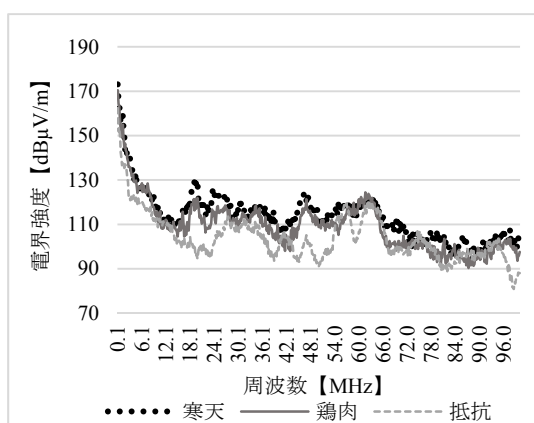


図 2 電界強度

(Forced Coagulation / 30 W / 50 cm)

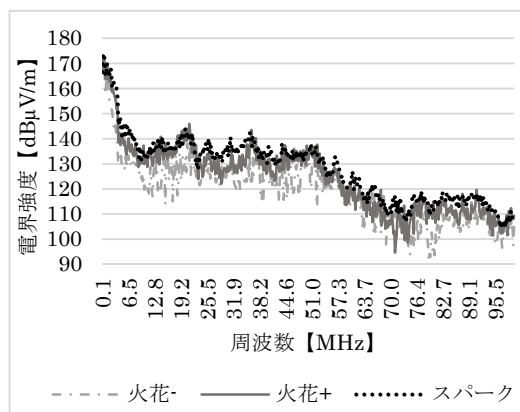


図 3 電界強度

(Dry Cut / 40 W / 50 cm / Chicken)

4. 考察

切開 (または凝固) の対象物による放射雑音の強度および周波数分布の差異は、対象物のインピーダンス成分の違いによる、電気の流れ易さの違いであると考えられる。今回対象とした無誘導抵抗、寒天、鶏肉のインピーダンス成分を LCR メータ (HIOKI 3532-50) にて測定した (表 1 および 2)。

表 1 測定対象の総インピーダンス (Ω)

周波数 [MHz]	寒天	鶏肉	無誘導抵抗
0.5	96.7	105.5	620.7
0.75	93.4	109.9	733.7
1	96.1	97.2	869.5
1.5	96.0	93.7	1188.9
2	95.9	91.4	1555.3
5	107.9	101.5	5516.5

表 2 測定対象の静電容量成分 (pF)

周波数 [MHz]	寒天	鶏肉	無誘導 抵抗
0.5	70.1	270.5	281.6
0.75	85.4	190.4	202.1
1	75.7	75.8	144.5
1.5	82.5	3.0	78.7
2	84.9	46.4	47.4
5	81.4	110.4	5.7

寒天と鶏肉の総インピーダンスは無誘導抵抗よりも低く、また静電容量成分を多く持つことが分かる。今回使用した電気メスは、電圧を一定に保ちながら出力をおこなう機種である。故に、オームの法則より、インピーダンスの大きい無誘導抵抗では、回路に流れる電流値は小さくなり、反対に寒天と鶏肉では大きくなったものと考えられる。さらに、アンペールの法則より、回路に流れる電流が大きくなると、周囲に発生する磁界も大きくなるため、寒天と鶏肉の電界および磁界強度は、無誘導抵抗よりも大きくなったと推察される。

また、電気メスの原理となるジュール熱は、電流密度の二乗に比例する。従って、アクティブ電極と対象物の接触面積が小さい程、熱の発生は大きくなる。この状況において、ジュール熱が細胞内液を沸騰させ、組織は脱水を引き起こす。脱水が起こると抵抗値は上昇し、電流は流れにくくなる。反対に、接触面積が大きいと組織蒸散は起こりにくく、電流が流れ易いことから、結果的に放射雑音強度が大きくなったと考えられる。

近年、手術室環境においては医療安全

の観点から電子タグ (RFID) による薬剤や鋼製器具の認証がおこなわれている [4]。また、内視鏡をはじめとした映像の信号も同環境に介在する。電気メスの放射雑音がこれらに影響を及ぼすことは知られているが、今後は発生する周波数の分布を考慮した検証も必要と推察する。実際の臨床現場においては、生体組織を切開・凝固するため、放射雑音の評価の際にはそれらを模擬した(より現実的な)検証が望ましい。なかでも寒天は作成が容易でかつ再現性が高く、また安価であることから検証には有用である。但し、放射電磁界が大きくなることは即ち、回路に大電流が流れることを意味する。従って、漏れ電流の観点では対極板の厳密な接地が重要であり、加えて過電流による電気メスの内部回路破壊などにも注意する必要がある。

4. 結語

対象物の違いにより、電気メスの放射雑音の強度および周波数分布が異なることを実験的に示した。

参考文献

- [1] 戸畑裕志：医用電気機器に対する電磁障害とその対策 電磁波障害の実際 電気メス. 医科器械学. 1999, Vol.69, No.2, p. 91-94.
- [2] 田中健二：電気メスから映像機器への影響と対策、あらたな問題. 平成27年度第2回医療電磁環境研究会, 2016.
- [3] 中島章夫, 水島岩徳, 鈴木哲治, 萬 智子：手術室環境下における電気メス放射電磁波の影響に関する検討. 病院設備. 2013, Vol.55, No.6, p.112.

[4] 久保田英雄, 田中直文: 鋼製器具単品識別
によるトレーサビリティシステムの運用評価.
医療機器学. 2013. Vol.83, No.1, p.2-12.