

誘電加温中の血流定数の温度依存性を考慮した体内温度分布解析

C-2 Calculation of temperature distributions inside patient body considering temperature dependent blood flow rate during capacitive heating

塚本 典弘[†] 齊藤 一幸^{††}Norihiro TSUKAMOTO[†] Kazuyuki SAITO^{††}[†] 千葉大学工学部 ^{††} 千葉大学フロンティア医工学センター[†] Faculty of Engineering, Chiba University ^{††} Center for Frontier Medical Engineering, Chiba University

1. はじめに

近年、電磁波は無線通信・放送だけでなく生体に及ぼす熱的作用を使用したがんの温熱治療（ハイパーサーミア）にも使用されている。ハイパーサーミアは、がん細胞が正常細胞に比べて熱感受性が高い特性を利用して 42~45 °C で腫瘍を加熱することで、がん細胞を選択的に死滅させる治療法である。

しかしながら、治療時の温度モニタリング技術は確立されていない。そこで、本研究では治療時の患者さんの体内の温度分布を数値シミュレーションによって算出する。

本稿では、腫瘍・筋肉・脂肪の血流定数の温度依存性を考慮した解析を行った。

2. 解析モデル・方法

図 1 に解析モデルの側面図を示す。誘電加温装置は、直径 210 mm の電極とポーラス、オーバーレイポーラス[1]より構成された。ポーラスとオーバーレイポーラスに冷却水を循環させて、皮膚を過加熱から保護する役割がある。本研究では 10 °C 一定とした。肝臓の右葉に球状の腫瘍が存在し、直径 30 mm と 60 mm とした。使用周波数は 8 MHz, 人体モデルの血液温度は 37 °C, 入力電力 500 W, 加温時間 30 分に設定した。腫瘍・筋肉・脂肪の血流定数はそれぞれ[2]を参考にし、これらの温度と血流の関係を図 2 に示す。

3. 解析結果

図 3 は、腫瘍の中心を通る温度分布の算出結果である。図 4 は、30 分の加温治療後の腫瘍と観測面の最高温度を示している。上下の電極付近の筋肉と脂肪は、温度依存性を考慮した温度分布の方が、温度上昇値が若干低下した。これは、血流量上昇により温度の上昇が抑えられ、血流が冷却機能の役目をしているためであると考えられる。さらに、腫瘍は十分な大きさであれば、血流量低下により最高温度が上昇することを確認した。本計算の入力電力が小さいため、小さい腫瘍の温度変化が見られなかったと考えられる。

4. まとめ

本研究では、誘電加温中の体内温度分布計算を、より現実に近いモデルで行った。その結果、血流定数の温度依存性の有無による違いが確認できた。今後は、腫瘍の位置・サイズを変えたモデルを解析する予定である。

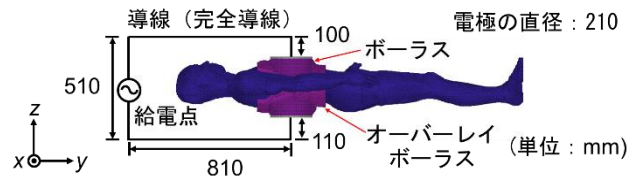


図 1 解析モデル

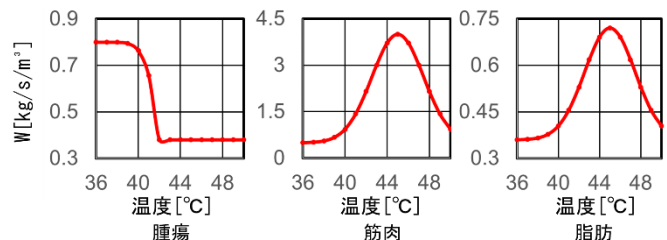


図 2 血流定数

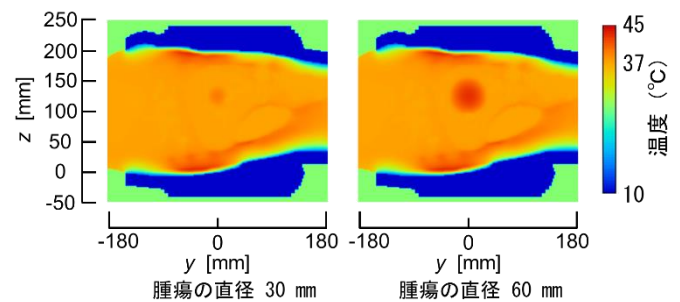


図 3 温度分布図

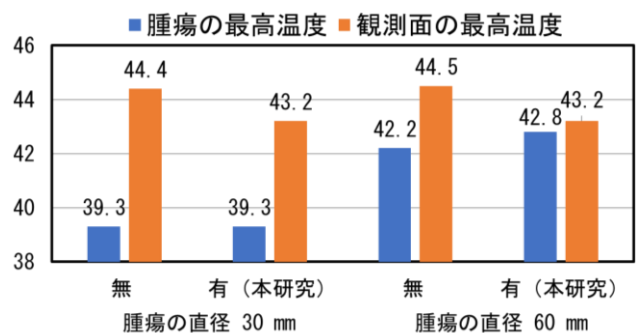


図 4 血流定数変化の有無による腫瘍と観測面の最高温度

参考文献

- [1] 柳河繁雄, 他 “RF 電界型加温装置による深部加温装置の改良— オーバーレイポーラス “による edge 効果の改善とその臨床的有用性について—,” 日本ハイパーサーミア誌, 第 1 巻, pp.187-191, 1985.
- [2] Valentina D’Ambrosio, et al. “Numerical model for RF capacitive regional deep hyperthermia in pelvic tumors,” Med Bio Eng Comput, vol. 45, pp.459-466, 2007.