

34 癌温熱療法用リエントラント型空洞共振器の電磁界解析

塚本 敏男* 金井 靖* 柏 達也** 齊藤 義明* 宮川 道夫*
 *新潟大学工学部 **北海道大学工学部

1 はじめに

リエントラント型空洞共振器アプリケーションは生体深部の癌組織に対し局所加温を行なうことを目的として考案された[1]。直径300mm、厚さ200mmの円柱型ファントム(TX150)を用いた実験により柱状の加温パターンが得られ、その有効性が確認されている。しかし、これまでの数値シミュレーションでは体系的な考察が不十分なため、さまざまな実験結果に対してアプリケーション内部で生じる現象を解明することが出来なかった。

ここでは差分時間領域法(FD-TD法)[2][3]によりアプリケーションの共振周波数及び加温パターンを求めた。また、実験結果との比較を行ない差分時間領域法の妥当性を確認したので報告する。

2 数値解析モデル

図1にリエントラント型空洞共振器アプリケーションの実験及び数値解析モデルを示す。また、解析を行なった座標系(直角座標系、軸対称座標系)についても併せて記す。上下リエントラント間に加温対象であるファントムを配した。実験ではアプリケーション内部に設置したコイルから発生する磁界を入力し、共振状態で加温を行なう。数値解析では、最適入力周波数を得るために共振周波数を算出した。さらに、最低の共振周波数(1次共振周波数)付近の正弦波を入力して解析を行なった。

加温量に相当する電磁エネルギーは

$$\frac{1}{2} \sigma \int |E|^2 dt \quad (1)$$

により求め、相対値として評価した。

3 比較及び検討

図1に示したモデルに対し、計算及び実験により得られた共振周波数を表1に示す。同表から分かるように計算によって得られた共振周波数と実測値は良く一致していることが分かる。次に、1次の共振周波数付近の正弦波を加えた際のファントム内部の電磁エネルギー分布及び実測温度分布を図2及び図3に示す。

以上から分かるように解析によって得られた電磁エネルギー分布と実験により得られた温度分布は定性的に一致し差分時間領域法による電磁界解析の妥当性が示された。

4 まとめ

差分時間領域法を用いてリエントラント型空洞共振器アプリケーションの電磁界解析を行なった。実験と計算の比較を行ない、数値計算結果と実測温度分布は定性的に良く一致し、差分時間領域法を用いた電磁界解析の妥当性が示された。これより本手法はアプリケーションの最適設計にも使用可能であることが分かる。

本研究に御協力いただいた(株)オムロン ライフサイエンス研究所 鹿妻洋之、新潟大学大学院工学研究科 上田工の両氏に感謝致します。

本研究の一部は文部省科学研究費補助金(試験研究(B)(2))04557048によって行なったことを付記する。

参考文献

1. 齊藤義明:「深部集中加温を目的としたリエントラント型癌温熱治療装置の試作研究」,平成5年度科学研究費補助金研究成果報告書(課題番号04557048)(平成6年3月)
2. K.S.Kunz and R.Luebbers, "The Finite Difference Time Domain Method For Electromagnetics," CRC Press, (1993)
3. 金井, 柏, 齊藤, 宮川:「差分時間領域法による癌温熱療法のためのリエントラント型空洞共振器アプリケーションの3次元電磁界解析」,電気学会東京支部新潟支所予稿集D-18(平成5年1月)

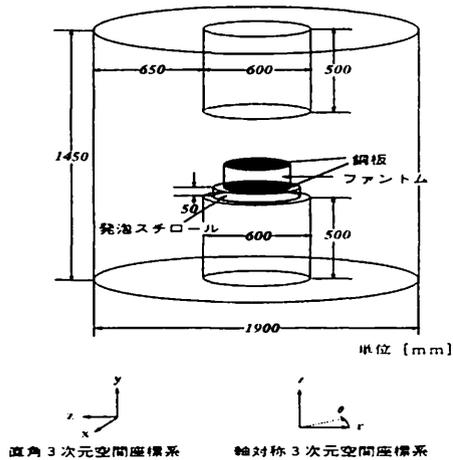
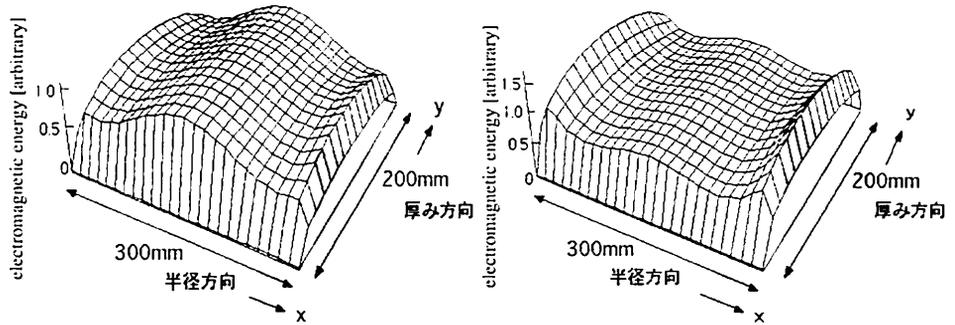


図1 リエントラント型空洞共振器モデル

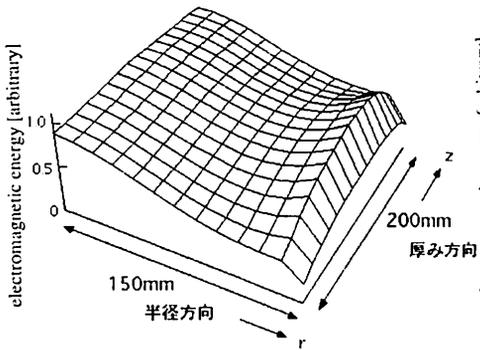
表1 アプリケーションの共振周波数の比較

	3次元解析	軸対称3次元解析	実測値
1次共振周波数	64.1MHz	66.9MHz	68.6MHz
2次共振周波数	103.1MHz	111.0MHz	109.5MHz

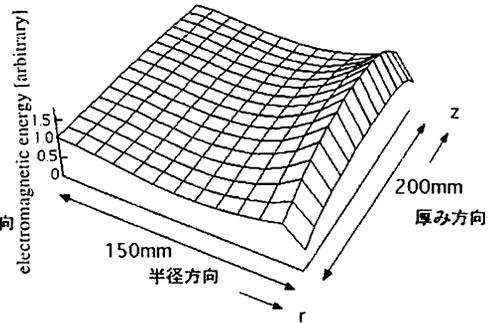


(a) 電磁エネルギー分布 (3次元解析)

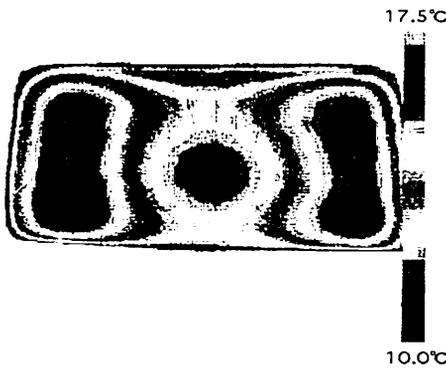
(a) 電磁エネルギー分布 (3次元解析)



(b) 電磁エネルギー分布 (軸対称3次元解析)

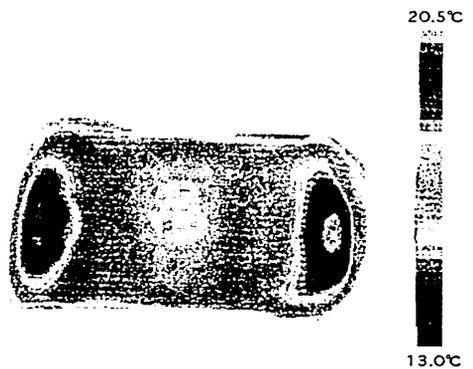


(b) 電磁エネルギー分布 (軸対称3次元解析)



(c) 実測温度分布

図2 計算及び実験結果
(比誘電率 73, 導電率 0.51[S/m])



(c) 実測温度分布

図3 計算及び実験結果
(比誘電率 73, 導電率 0.75[S/m])