

機関番号：32682

研究種目：基盤研究 (C)

研究期間：2008～2010

課題番号：20591485

研究課題名 (和文) 非侵襲癌温熱治療技術の確立を目的とした治療支援システムの構築

研究課題名 (英文) Development of support system for heating tumors without contact

研究代表者

加藤 和夫 (KATO KAZUO)

明治大学・理工学部・教授

研究者番号：80115104

研究成果の概要 (和文)：癌の温熱治療の確立を目的として、2次元医用画像から3次元温度分布を推定するための人体モデルを構築した。次にFEMによる温度分布計算シミュレータシステムを開発した。実際の2次元MRI画像から3次元人体モデルを構築し、その温度分布を解析した。その結果から、本支援システムの有効性を確認した。

研究成果の概要 (英文)：The human body model for estimating 3-D temperature distribution from a 2-D medical images for the purpose of establishment of hyperthermia technology was developed. Next, the simulator system for calculating temperature distribution by FEM was developed. Temperature distributions were actually analyzed using 3-D human models constructed from MR images. From these results, the validity of the developed support system was checked.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	2,900,000	870,000	3,770,000
2009年度	400,000	120,000	520,000
2010年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,800,000	1,140,000	4,940,000

研究分野：医用工学

科研費の分科・細目：内科系臨床医学・放射線科学

キーワード：癌温熱治療、3次元温度分布計算、有限要素法、3次元人体モデル

1. 研究開始当初の背景

これまでに様々な癌治療法が研究され、臨床に応用されている。この中でも癌の温熱治療法 (ハイパーサーミア) は、低侵襲的な治療法として注目されているが、現状では、治療を担当する医師の経験に頼るところが大きい。これを補うために、腫瘍を含めた体内組織の3次元的な把握、加温治療時の患者体内の3次元的な温度分布を予測、さらにこれらの情報を治療計画の立案にフィードバックするための治療支援システムの構築が望まれていた。

2. 研究の目的

本研究の目的は、ハイパーサーミアの支援システムを構築することである。具体的には、2次元の医用画像から3次元生体組織モデルを作成し、有限要素法 (FEM) による温度分布推定計算のための3次元モデルの作成およびこれを元にした解析結果の立体表示を仮想空間上 (モニター上) で実施し、治療効果の向上に役立てることにある。

3. 研究の方法

年度別に以下のような研究の方法を計画

的に分けて実施した。図1は、本研究で構築を目指している概念図である。

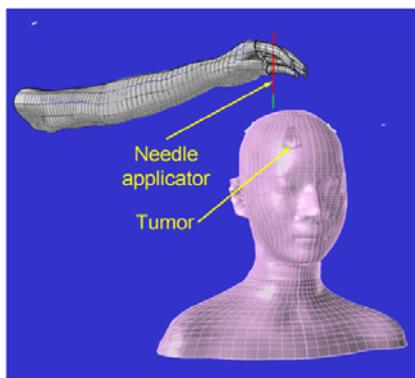


図1 本研究の概念図

(1) 2008年度

2次元医用画像から3次元人体組織モデルを構築し、立体的に把握する。さらにFEM計算のための非線形立体モデルを仮想空間上(モニター上)に構築する。

(2) 2009年度

前年度までに構築した手法により、加温時の温度分布を推定するためのシミュレータを開発する。解析用3次元人体モデルおよび温度分布結果を3次元表示し、治療計画に役立てる。

(3) 2010年度

本研究で開発した温度分布シミュレータを用いて、臨床例による基礎実験を実施し、本システムの有効性と今後のさらなる改善点を検討する。

4. 研究成果

図1に、本研究で開発した3次元人体組織モデルの作成方法を示す。

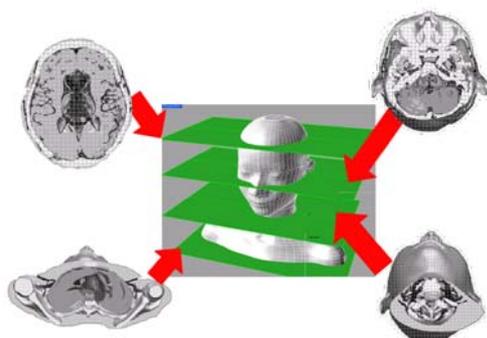


図1 3次元人体組織モデルの作成方法

図1に示すように、適当な間隔で撮像した人体の2次元医用画像を連続的に重ね合わせていくことで、離散的な立体モデルを作成することとする。

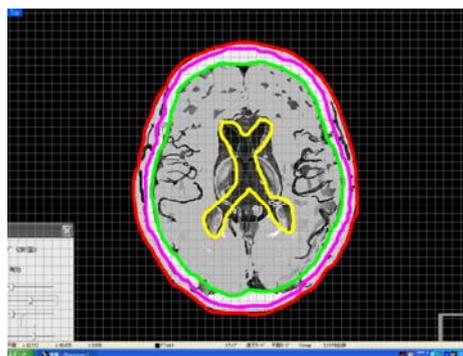


図2 2次元医用画像の輪郭抽出

まず図2に示すように、2次元医用画像上のそれぞれの生体組織組織の輪郭を抽出する。それ以降の手順について、頭蓋骨を例として、説明する。

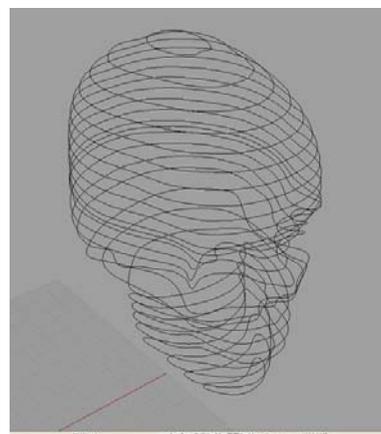


図3 頭蓋骨の輪郭線

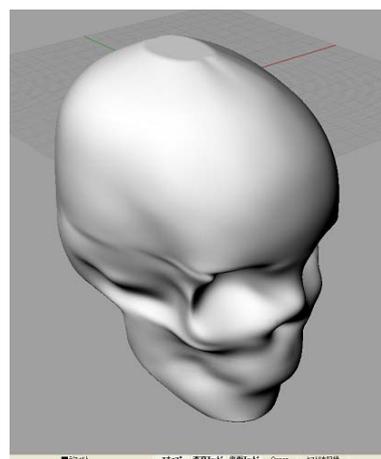


図4 頭蓋骨のソリッドモデル

図3は、抽出した頭蓋骨の輪郭線である。この1枚ずつの輪郭線の隙間を補間し、肉づけしたものが図4に示すソリッドモデルである。

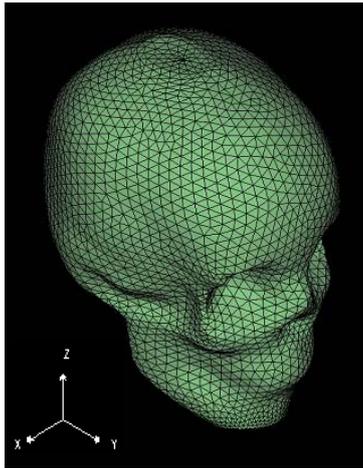


図5 頭蓋骨の有限要素分割モデル

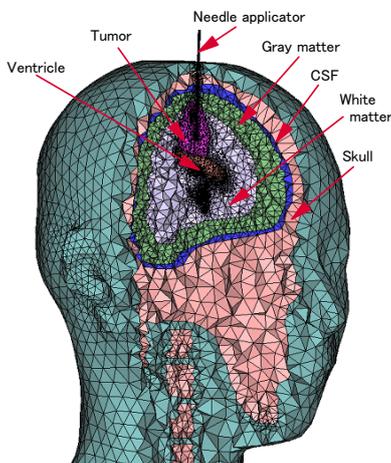


図6 針電極を刺入した FEM 温度分布解析モデル

さらに図5は、有限要素法（FEM）解析のための要素分割例である。

このような手順を、その他の生体組織についても同様に実施し、作成した全体モデルを図6に示す。

表1 FEM 計算に用いた生体の物性値

Tissue	σ [S/m]	ϵ	ρ [kg/m ³]
Skull	0.012905	16.058	1,810
Tumor(muscle)	0.62818	138.44	1,040
Ventricle(CSF)	2.0041	108.26	1,010
Brain White Matter	0.17563	153.12	1,030(Brain ave)
Brain Grey Matter	0.32737	263.38	1,030(Brain ave)
Cerebro Spinal Fluid(CSF)	2.0041	108.26	1,010
Bone Marrow	0.012905	16.058	1,810
Eye ball	0.63	138	1,040
Fat	0.030354	11.827	920
Muscle	0.62818	138.44	1,040
Heart	0.52617	239.13	1,040(Muscle)
Needle electrode	13×10^6	-	6,942

表1は、FEM 計算に用いた生体組織の物性値である。

次に解析結果を示す。

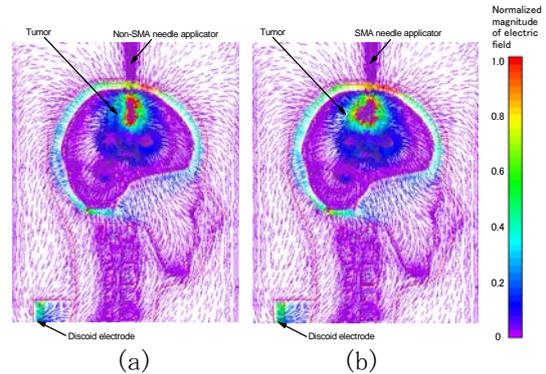


図7 SAR 解析結果

図7 (a)は、従来の1本の針電極を使用した場合の結果である。一方、図7 (b)は、形状記憶合金製の針電極を用いた場合であり、図(a)に比べて、加温領域が腫瘍内に広がっていることが分かる。すなわち、この加温治療には、図(b)に示す針電極を使用すれば有効な治療結果の得られる可能性が確認できる。

5. 結語

本科学研究費補助金により、ハイパーサーミア技術の確立に寄与できたと考えており、感謝申し上げます。

6. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計4件)

- Mimoto Naoki, Nakane Kazuya, Mitsunori Kubo, Shindo Yasuhiro, Tsuchiya Kazuo, Kato Kazuo, Development of a Support System for Effective Hyperthermia Treatment with a Needle Applicator in Virtual Reality, Japan Society for Design Engineering, 査読有, Selected Articles of ICDES2010, February, 2011, 7-12.
- Ono Shintaro, Masataka Suzuki, Morita Emi, Shindo Yasuhiro, Kubo Mitsunori, Kato Kazuo, A New Hyperthermia System for Deep Tumors in the Abdominal Region without Contact, Japan Society for Design Engineering, 査読有, Selected Articles of ICDES2010, February, 2011, 43-48.
- 藪原忠雄, 加藤和夫, 脳腫瘍の温熱治療を目的とした電磁波共振モードによる非接触型空洞共振器アプリケーションの設計・試作, 日本設計工学会誌, 査読有, Vol. 44, No. 4, 2009, 48-57

- ④ Yabuhara Tadao, Shindo Yasuhiro, Kato Kazuo, Takahashi Hideaki, Uzuka Takeo, Fujii Yukihiro, Heating Properties of a Resonant Cavity Applicator for Brain Tumor Hyperthermia: TM-like Modes Permit Heating Production without Physical Contact, Thermal Medicine, 査読有, Vol.24, No.4, 2008, 141-153.

明治大学・理工学部・教授
研究者番号：80115104

- (2)研究分担者
土屋 一雄 (TSUCHIYA KAZUO)
明治大学・理工学部・教授
研究者番号：00090100

[学会発表] (計8件)

- ① 鈴木政隆、井関祐也、宮田 瞬、久保充則、新藤康弘、加藤和夫、3次元頭部モデルによる空洞共振器アプリータの加温特性解析、日本機械学会熱工学コンファレンス、査読無、2010年10月31日、長岡
- ② 五十嵐 航、小野慎太郎、新藤康弘、加藤和夫、大型空洞共振器アプリータのFEM解析、日本設計工学会、査読無、2010年5月23日、東京

[その他] (計4件)

国際会議論文

- ① Mimoto Naoki, Kato Kazuo, Kanazawa Yoshihiro, Shindo Yasuhiro, Tsuchiya Kazuo, Kubo Mitsunori, Uzuka Takeo, Takahashi Hideaki, Fujii Yukihiro, Heating properties of the needle applicator made of shape memory alloy by 3-D anatomical human head model, IEEE EMBS, 査読有, 2009年9月, 米国ミネアポリス.
- ② Shindo Yasuhiro, Kato Kazuo, Tsuchiya Kazuo, Hirashima Taku, Suzuki Masataka, Improvement of the matching speed of AIMS for development of an automatic totally tuning system for hyperthermia treatment using a resonant cavity applicator, IEEE EMBS, 査読有, 2009年9月, 米国ミネアポリス.
- ③ Morita Emi, Kato Kazuo, Ono Shintaro, Shindo Yasuhiro, Tsuchiya Kazuo, Kubo Mitsunori, Heating properties of non-invasive hyperthermia treatment for abdominal deep tumors by 3-D FEM, 査読有, 2009年9月, 米国ミネアポリス.
- ④ Yabuhara Tadao, Kato Kazuo, Kanazawa Yoshihiro, Kubo Mitsunori, Takahashi Hideaki, Uzuka Takeo, Fujii Yukihiro, Finite element analysis of the needle type applicator made of shape memory alloy, IEEE EMBS, 査読有, 2008年8月, カナダバンクーバー.

7. 研究組織

(1)研究代表者

加藤 和夫 (KATO KAZUO)