

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 5月 18日現在

機関番号：13801

研究種目：基盤（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21500407

研究課題名（和文） 磁気併用3次元生体電気インピーダンス・トモグラフィ

研究課題名（英文） 3 dimensional electric impedance tomography using magnetic field

研究代表者

竹前 忠（TAKEMAE TADASHI）

静岡大学・工学部・教授

研究者番号：20115356

研究成果の概要(和文):磁気を併用した電気インピーダンスCTの3次元化の実現化について、検討した。モデルを使用した測定から、物体のエッジ情報の使用と、渦電の位相制御は2次元画像をより鮮明にすることが確認された。3次元画像においては、検出電極の外側に補助電極を設置することで、Z軸方向画像がより鮮明になることが確認された。測定体の片面からの測定で、すなわち、測定体の表面上に電磁石と検出電極を設定することで、深部側の抵抗率推定の可能性が明らかにされた。

研究成果の概要(英文): Three-dimensional impedance CT using magnetic field was studied. From measurements using model, it was confirmed that using edge information of the object and controlling the phase of the eddy current make the two dimensional image more clear. By setting two assistant electrodes at both outsides of detecting electrode, more clear imaging was obtained in the direction of z-axis of the three-dimensional image,. It was found that a measurement from one side of subject, namely electro-magnet and electrodes are setting on the surface of the subject, would be able to estimate resistivity of the deep part.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1700,000	510,000	2210,000
2010年度	700,000	210,000	910,000
2011年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	2900,000	870,000	3770,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：人間医工学・医用生体・生体材料学A

キーワード：magnetic field, three dimensional electrical impedance CT, eddy current

1. 研究開始当初の背景

基礎医学および臨床医学において、X線CT (Computed Tomography)、超音波CTは体内組織の形状の画像化を行うもので、疾患等による形状変化を検出できるため、診断・治療に大きく貢献している。これらのCTに対し、電気インピーダンスCTは

体内組織の電気抵抗の分布を画像化するものである。この画像から、各種疾患が亢進して形状変化を生じる前の質的変化の段階で発見できることから、疾患の早期発見、早期治療が期待されている。さらに、装置および計測コストが極めて安価であること、ベットサイドでの連続測定が可能なことな

どから、電気インピーダンスCTの実現が望まれている。なお、現在使用されているMRIは特殊な設備を必要とし非常に高価で、また連続測定に適していない。

2. 研究の目的

本研究は申請者が別途提案している磁気併用電気インピーダンス計測法を応用した3次元電気インピーダンスCTの実現化を目的としている。それに向けて行うべき研究内容は、(a)理論的な裏づけ、(b)電位差収集集データからの抵抗分布算出アルゴリズム、(c)画像の再構成のアルゴリズムの開発、(d)これらを基にした人体ファントムによるモデル実験、(e)実際の生体を対象にした測定である。これらの中で(a)～(c)については今までの研究で2次元の画像化において基本的にその妥当性を確認している。科学研究費の交付希望期間内に、今までの2次元の画像化の空間分解能の向上と3次元画像の実現化の確認を目的としている。具体的には、抵抗分布算出アルゴリズムにおいて、より鮮明な画像を得るための適切な繰り返し計算数を求める。測定部位をZ軸方向に移動させた時、X-Y平面方向の2次元画像の変化を調べ、2次元画像のZ軸方向における分解能をファントム実験により明らかにする。さらに、Z軸方向での重複する2次元画像から重複を分離し、Z軸方向の空間分解能を向上させる方法を開発する。

3. 研究の方法

- (1)今までに試作してきているインピーダンスCTシステムで電位差測定装置の改良。
- (2)抵抗分布算出のためのアルゴリズムの改良。
- (3)2次元画像の精度向上を行なう。具体的には、測定対象のエッジ情報を抵抗分布算出に使用する。また、今まで行なっている渦電流の強度制御の他に渦電流の位相の制御を行なう。
- (4)電位差検出電極対をZ軸方向に徐々に移動させて、それぞれで得られる2次元画像を実際のモデルとの比較を行い、Z軸方向の空間分解能を明らかにする。
- (5)Z軸方向の分解能向上のために、測定部位における電流成分をよりZ軸に平行に分布させるために、一对の検出電極の外側に補助電極を設置する。

4. 研究成果

- (1)2次元画像の精度向上について
より鮮明な3次元画像を構成するために、

それを構成する2次元画像の鮮明化について、対象物体のエッジ情報の利用と渦電流の位相制御の効果を図1と図2にそれぞれ示す。

測定物のエッジ情報を用いると、図1に示すように、使用しない場合では不鮮明な部分がより明らかになっている。また、図2に示すように、今まで行なってきた渦電流の強度制御に加え、位相も制御することで、画像がより鮮明になることが示された。

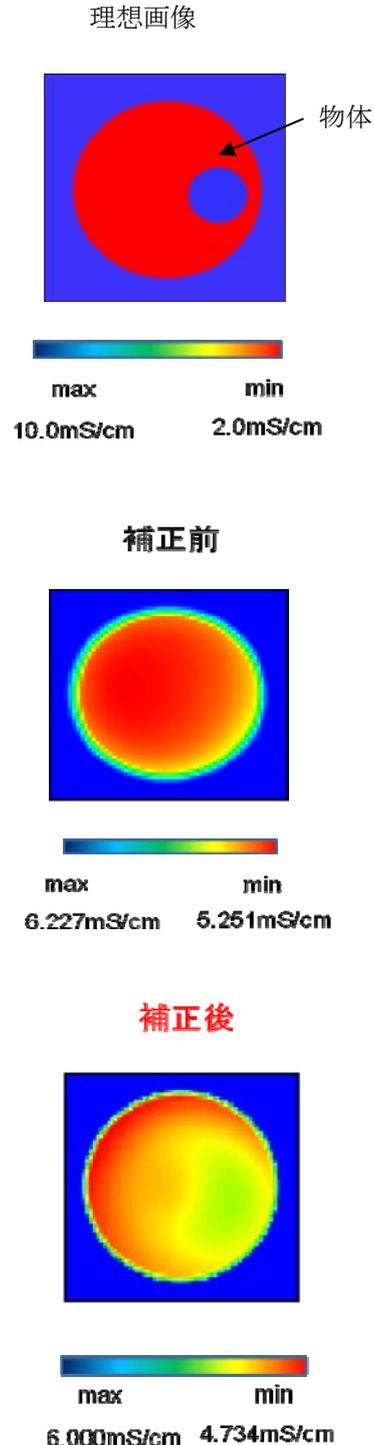


図1 測定物のエッジ情報の利用

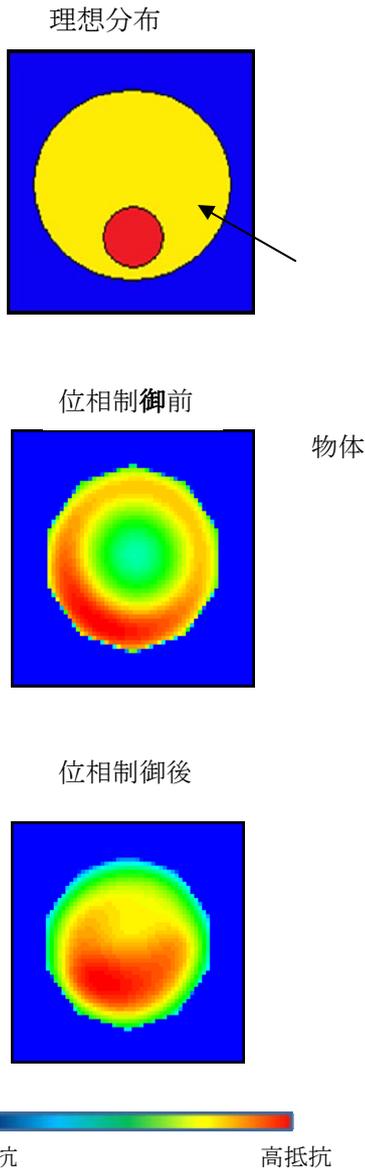


図2 渦電流の位相制御の効果

(2) 補助電極の効果

補助電極を図3に示すように、z軸方向の2つの検出電極の外側に設置し、それによる効果を調べた。

その結果図4に示すように、補助電極を用いることで、細い物体がより鮮明に画像化された。また、z軸方向の検出電圧は補助電極により、より理想に近い分布が確認された。このことは、補助電極の部分が等電位になるため、測定部位の電流がz軸とより平行に分布し、測定部位の抵抗分布がより正確に算出できると考えられる。

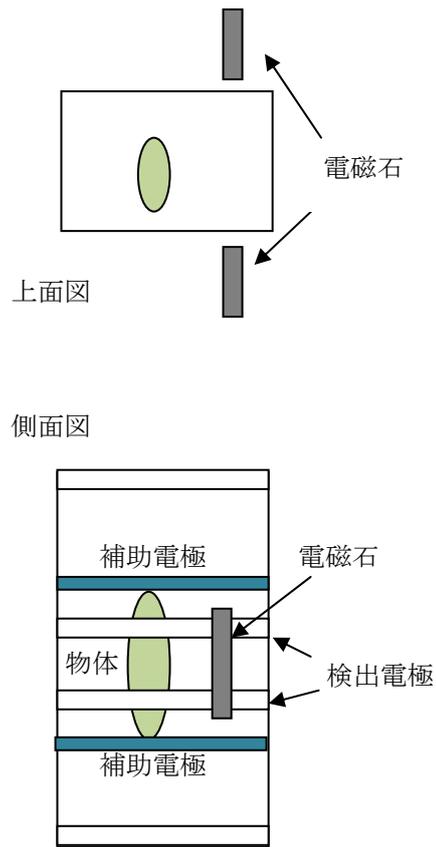


図3 補助電極の使用

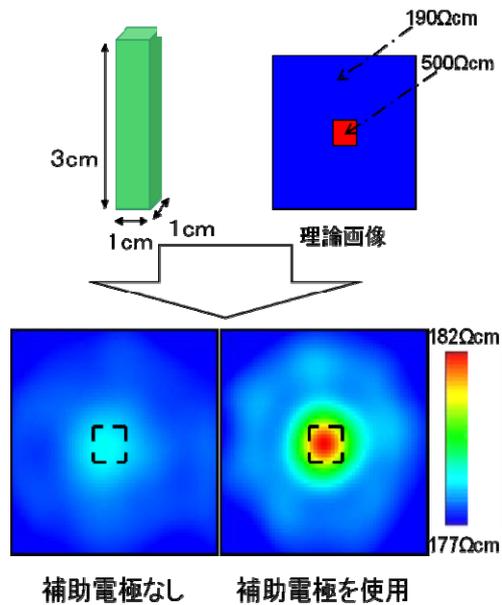


図4 補助電極の効果

(3) 3次元画像

図5に示すモデルに対して3次元の画像化を行なった。z軸方向の測定部位は、図4に示すように、A,B,Cとした。その結果得られた3次元インピーダンスを図6に示す。

測定部位Aの画像は円形に近く、部位Cでは三角形に近い画像が得られ、それぞれモデルに対応していると考えられる。なお、部位Bでの画像はどちらとも言えず、A,Cの各部位の混合した画像と思われる。

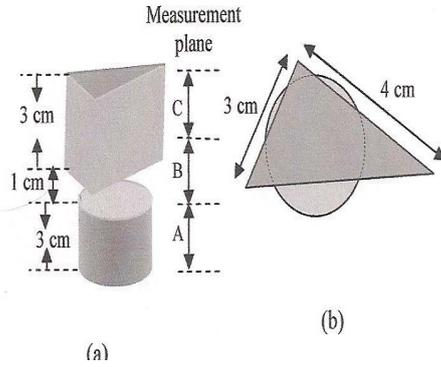


図5 補助電極の効果

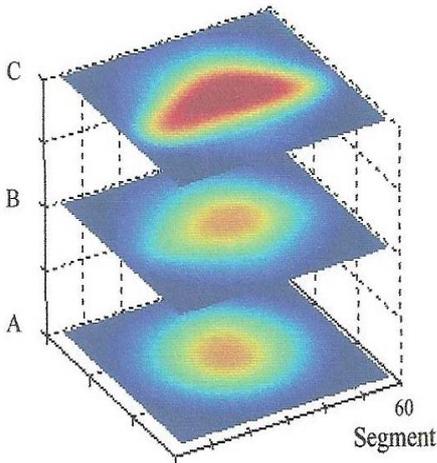
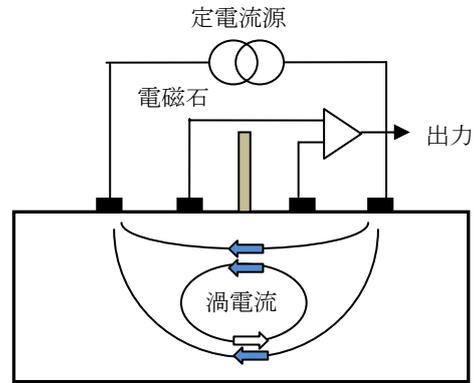


図6 図5に示すモデルの3次元インピーダンス画像

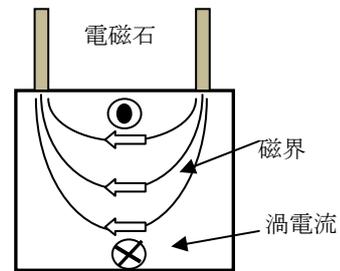
(4) 片側体表面からの測定

磁気を併用した電気インピーダンス法の応用を広げるため、測定部位を挟んで磁界を印加する方法以外に、図7に示すように、体表面の片側だけに電磁石および測定電極を設置して、深部のインピーダンス計測の可能性を調べた。具体的方法は、図7に示すように、定電流成分と渦電流成分を体表面に集め、すなわち深部ではそれぞれ打ち消し合うようにすることで、表面部分のインピーダンスを求める。この求められた値を、通常の四電極法で測定される深部と表面の並列のインピーダンスから、差し引くことで、深部のインピーダンスを算出する。

提案した方法を図8に示すモデルを用いて調べた。このモデルには中央部の深部に高抵抗の物体がある。測定結果を図9に示す。同図(a)は通常の四電極法による測定で、中央部に高抵抗の物体があることが分かる。同図(b)は、渦電流を併用し、表面に電流分布を集めたときの測定結果である。表面付近では中央部に高抵抗物体の存在は示していない。これらのことから、高抵抗物体は中央深部にあると推定できる。したがって、片側体表面測定から、深部のインピーダンスが推定されることが示唆された。



(a) 正面図



(b) 側面図

図7 片側体表面からの測定

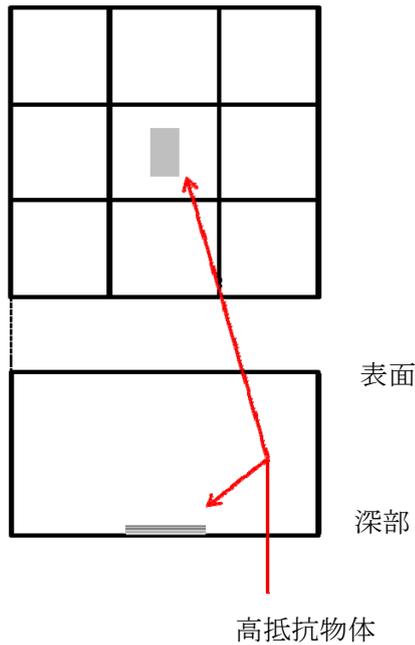
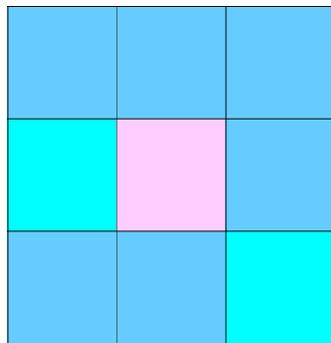


図8 片側体表面からの測定用モデル

(a) 定電流のみによる測定



(b) 渦電流を併用（表面に電流を集中）

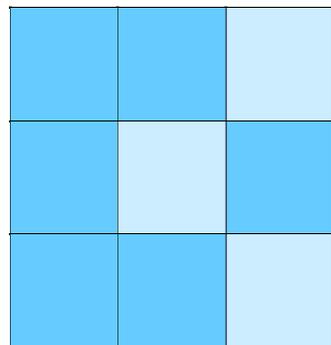


図9 図8に示すモデルの測定結果

5. 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1件)

1, Ahsan-UL-Ambia, S. Toda, T. Takemae, Y. Kosugi, M. Hongo "A New Method for Electrical Impedance Imaging Using an Eddy Current With a Tetrapolar Circuit" IEEE Trans. On Biomedical Engineering, Vol. 56, No. 2, 2009

〔学会発表〕(計10件)

(1) 小杉、竹前、竹島、工藤、小島 "三相電磁インピーダンスセンサによる生体異方性計測" 第1回国際産学連携低侵襲医学シンポジウム, 2011年11月26日、東京

(2) 石川、竹前、小杉、本郷 "磁気併用EITにおける測定対象のエッジ情報の利用" 日本生体医工学東海支部大会、2011年10月15日、名古屋

(3) 久保田、竹島、野中、竹前、小杉、工藤 "三相交流を用いた生体異方性計測" 日本生体医工学東海支部大会、2011年10月15日、名古屋

(4) 金原、河合、松尾、竹前、小杉、工藤 "磁気併用インピーダンス法による生体深部の測定" 日本生体医工学東海支部大会、2011年10月15日、名古屋

(5) 竹前、小杉、工藤 "異方性生体組織の電気インピーダンス測定" 第3回医歯工イノベーション・シンポジウム、2011年3月19日、東京

(6) 廣長、竹前、小杉、工藤 "渦電流による生体電気インピーダンス計測" 日本生体医工学東海支部大会、2010年10月16日、名古屋

(7) 魚住、竹前、小杉、本郷 "スプリングコイルを用いた呼吸と脈波の同時測定" 日本生体医工学東海支部大会、2010年10月16日、名古屋

(8) 増田、A. U. アンビア、竹前、小杉、本郷 "磁気併用電気インピーダンス法の検出精度の向上" 日本生体医工学東海支部大会、2009年10月17日、名古屋

(9) 夏目、A. U. アンビア、竹前、小杉、本郷 "スプリングコイルを使用した呼吸モニタリングについて" 日本生体医工学東海支部大会、2009年10月17日、名古屋

(10) 竹中、竹前、本郷、山崎、湯本 "発刊によるシーツの湿潤モニタリング" 日本生体医工学東海支部大会、2009年10月17日、名古屋

6. 研究組織

(1) 研究代表者

竹前 忠 (TAKEMAE TADASHI)

静岡大学・工学部・教授
研究者番号：20115356

(2) 研究分担者 ()

研究者番号：

(3) 連携研究者 ()

研究者番号：