

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 31 日現在

機関番号：32682
 研究種目：若手研究（B）
 研究期間：2010～2011
 課題番号：22700514
 研究課題名（和文）非侵襲ハイパーサーミア技術の確立を目的とした自動インピーダンス整合システムの構築
 研究課題名（英文）Development of automatic impedance matching system for hyperthermia treatment without contact
 研究代表者
 新藤 康弘（SHINDO YASUHIRO）
 明治大学・理工学部・助手
 研究者番号：00553017

研究成果の概要（和文）：

非侵襲的なハイパーサーミア（癌温熱療法）の確立を目的として、電磁波空洞共振器加温アプリケーションのための自動インピーダンス整合システムを構築した。さらに、開発したシステムを用いた、寒天ファントムの加温実験を行った。その結果から、本自動整合システムの有用性を示した。

研究成果の概要（英文）：

The Automatic impedance matching system for the resonant cavity applicator for the purpose of establishment of hyperthermia technology was developed. And we carried out heating experiments with an agar phantom using the developed system. From these results, the validity of the developed automatic impedance matching system was checked.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	2,700,000	810,000	3,510,000
2011 年度	500,000	150,000	650,000
総計	3,200,000	960,000	4,160,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：人間医工学・医用システム

キーワード：低侵襲治療システム、癌温熱療法(ハイパーサーミア)

1. 研究開始当初の背景

これまで、皮膚癌、乳癌等の浅部腫瘍に対しては、その効果的な治療法と温熱治療装置が開発されつつある。しかしながら、脳、肝臓、膵臓等の深部腫瘍に対しては、未だ効果的な加温装置は開発されていない。

本研究グループは、全く新しいハイパーサーミアシステムとして、深部癌の非侵襲、集中加温を目的としたリエントラント型空洞共振器加温方式（以下、本加温方式）を提案

するとともに、加温実験および、そのコンピュータ・シミュレーションの両面から本加温方式の有効性を報告してきた。

本加温方式の臨床応用を考えた場合、負荷となる生体は呼吸や発汗および体動があり、インピーダンスは常に変動するため自動整合システムの開発が不可欠である。

2. 研究の目的

本研究の目的は、電磁波空洞共振器加温

アプリケーションのための自動インピーダンス整合システムを構築することである。具体的には、コンピュータによる遠隔制御可能なインピーダンス整合器の設計・試作、反射波電力測定装置の設計・試作およびフィードバック制御方法の構築、試作システムを用いた加温実験を実施し、患者に負担をかけない非侵襲加温システムの確立を目的としている。

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加温システム概念図を示している。

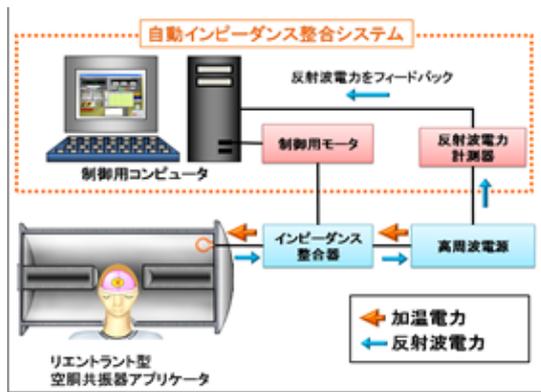


図1 自動整合システム概念図

(1) 平成22年度

自動整合システムを実現するために、コンピュータ制御により、整合器内部のコンデンサ容量を変化可能なシステムを試作する。さらに、非整合時に発生する反射波電力を逐次計測可能な反射波電力測定装置を試作する。

(2) 平成23年度

前年度までに開発・試作した機器による、筋肉等価寒天ファントムの加温実験を行い、本制御システムの有用性および本加温方式の臨床応用への可能性を明らかにする。

4. 研究成果

図2に本研究で開発した自動インピーダンス整合システムの構成図を示す。

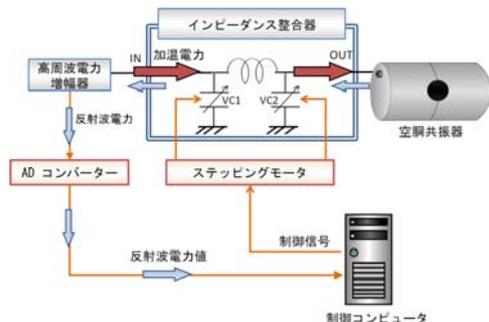


図2 システム構成

本加温システムは、空洞共振器アプリケーション、インピーダンス整合器および制御用ステップモータ、高周波電力増幅器、AD変換器、制御用コンピュータにより構成されている。本自動整合システムでは、不整合時に高周波電力増幅器に戻ってきた反射波電力をフィードバックさせ、インピーダンス整合器内部の可変コンデンサの容量を自動制御するシステムである。

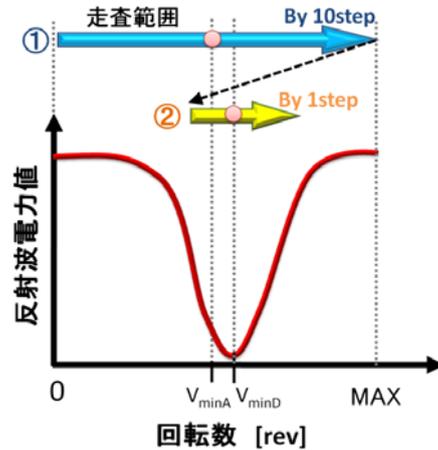


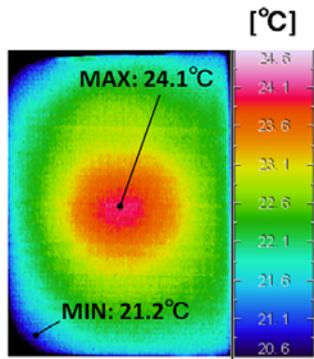
図3 制御プログラム概念図

図3に作製した制御プログラムの、制御概念図を示す。本制御システムでは、まず、コンデンサの可変容量域の全体に対して、大まかな反射波電力グラフを作成する。次に、より詳細に走査を行い、完全な整合点を発見する。



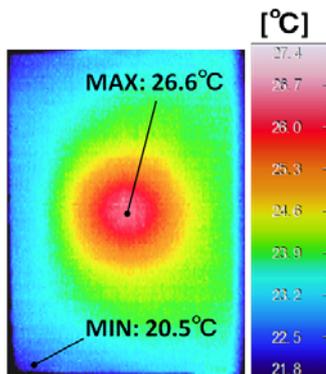
図4 試作加温装置写真

図4は、本制御システムを実際に試作した加温システム全体の写真である。なお、加温システムと制御コンピュータは分離して設置可能である。



共振周波数: 376.22 MHz
温度上昇: 2.9°C

(a) 手動整合結果



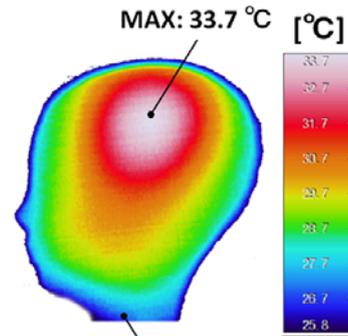
共振周波数: 376.35 MHz
温度上昇: 6.1°C

(b) 自動整合結果

図5 加温実験結果

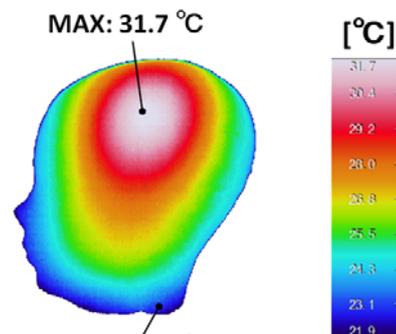
図5は、従来の手動整合および本研究で開発した自動整合システムを用いて、加温時間60分、加温電力30Wで加温実験を行った直後の寒天中央断面の赤外線サーモ画像を示している。なお、手動整合および自動整合による両加温実験での共振周波数は、それぞれ、376.22 MHz、376.35 MHzであった。図5から、両者ともに、ファントムの中央部が集中的に加温されており、提案している空洞共振器加温方式の特長が表れていることが分かる。しかし、その温度上昇に着目すると、これまでの手動整合による加温結果では、2.9°Cであるのに対して、開発した自動整合システムを用いた結果では、6.1°Cであり、約2倍の温度上昇を得ることができた。

次に、図6は同様の実験条件のもとで行った、人体頭部形状の寒天ファントムを用いた加温実験結果である。この実験からも、実際の人体頭部の形状のように、鼻、耳、あごなどが突起しており、円筒形状に比べて複雑な場合であっても、自動的にインピーダンス整合をとることができることを確認した。さらに、本実験結果においても、自動整合システムを用いた加温結果のほうが、手動整合に比



共振周波数: 144.00 MHz
温度上昇: 7.9°C

(a) 手動整合結果



共振周波数: 144.00 MHz
温度上昇: 9.8°C

(b) 自動整合結果

図6 加温実験結果

(頭部型寒天ファントム)

べて、高い温度上昇を得ることができた。

これらの加温実験結果から、ここで開発した自動インピーダンス整合システムの有用性が明確に確認できたと考えている。

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大きく寄与できたと考えており、感謝申し上げます。

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2件)

- (1) "Development of Automatic Impedance Matching System for Resonant Cavity Applicator", Y. Shindo, K. Kato, H. Takahashi, T. Uzuka, Y. Fujii, Thermal Medicine, Vol. 26 No. 2, pp. 63-74 (2010)
- (2) "脳腫瘍の温熱治療を目的とした自動インピーダンス整合機能を有する空洞共振器加温システムの設計・試作", 新藤康弘,

加藤和夫, 日本設計工学会誌 46 卷 10 号,
pp. 581-590 (2011)

[学会発表] (計 3 件)

- (1) “改良型大形空洞共振器アプリータの SAR 解析”, 新藤康弘, 井関祐也, 横山浩平 他, 日本ハイパーサーミア学会第 28 回大会(愛知), (2011.9)
- (2) ” Development of automatic impedance matching system with resonant cavity applicator for effective hyperthermia treatments” , Y. Shindo, S. Saito, N. Mimoto, M. Suzuki, S. Ono, H. Yamada, K. Kato, The 5th International Symposium on Mechanics, Aerospace and Informatics Engineering 2011(神奈川), (2011.2)
- (3) “Development of automatic impedance matching system for resonant cavity applicator” , Y. Shindo, K. Kato, H. Takahashi, T. Uzuka, Y. Fujii, The 5th ACHO and JCTM (福岡), (2010.9)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

新藤康弘 (SHINDO YASUHIRO)

明治大学・理工学部・助手

研究者番号 : 00553017