

令和 5 年 6 月 20 日現在

機関番号：11401

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2018～2022

課題番号：18H03545

研究課題名（和文）悪性腫瘍の低侵襲温熱療法のためのワイヤレス温度計測・加熱技術の研究

研究課題名（英文）Study on wireless temperature measurement and heating technology for low invasive hyperthermia for malignant tumors.

研究代表者

水戸部 一孝 (MITOBE, Kazutaka)

秋田大学・理工学研究科・教授

研究者番号：60282159

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では呼吸器系の末期ガン患者のQOL向上のための低侵襲温熱療法技術の構築を目指しており、本申請では腫瘍部に注射した「低キュリー点の感温磁性体微粒子（FILCT）」を温度計測用のプローブとした「ワイヤレス温度計測技術」を構築すると共に、体表面から高周波磁場でFILCTを誘導加熱することで腫瘍部のみを選択的に45℃の一定温度で加熱するハイパーサーミアのための「ワイヤレス温度計測・加熱装置」を構築した。さらに、印加磁場の周波数を倍増させて発熱効率を向上させ、磁場印加用コイルと検知用コイルを一体化した「磁束印加検知ユニット」を実装する等、各種要素技術を構築すると共に本手法の課題を顕在化させた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

従来のハイパーサーミアでは患部をピンポイントで加温するのが困難であり、治療時に温度センサを刺入しなければならない点が課題であった。本研究は、患部への1回の注射で半年以上の長期間安定して患部に留まり繰り返し発熱が期待できる粒径100μmのインプラントを用いており、且つ、非侵襲的に温度をモニタリングできるハイパーサーミア技術は国内外でも類を見ない。本申請では、磁場印加検知ユニットの最適化、印加磁場の高周波数化を図り、多点温度計測によりインプラント周辺の発熱特性を評価する等、要素技術を構築すると共に、体表面から30mmの深部までハイパーサーミア可能な「ワイヤレス温度計測・加熱装置」を実現した。

研究成果の概要（英文）：In this research, we aim to develop a minimally invasive thermal treatment technology to improve the quality of life (QOL) of patients with end-stage respiratory cancer. In this application, we have developed a 'wireless temperature measurement technology' that uses 'Low Curie Point Ferromagnetic Particles (FILCT)' injected into the tumor as a probe for temperature measurement, and a 'wireless temperature measurement and heating device' for hyperthermia that selectively heats only the tumor to a constant temperature of 45°C from the body surface with a high-frequency magnetic field. Furthermore, envisioning clinical application, we have improved the heating efficiency by doubling the frequency of the applied magnetic field, and implemented a 'magnetic flux application detection unit' that integrates the magnetic field application coil and the detection coil, among other things, we have developed various elemental technologies and made the challenges of this method evident.

研究分野：医用システム工学

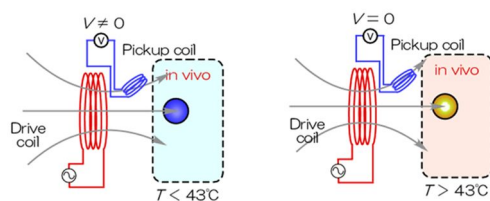
キーワード：ハイパーサーミア 誘導加熱 低侵襲治療 ワイヤレス温度計測 末期ガン QOL 感温磁性体微粒子

### 1. 研究開始当初の背景

我が国での主要死因の第一位は悪性新生物であり、毎年、37万人の尊い命が失われている。なかでも肺癌の罹患率は増加の一途をたどり、近年、肺癌が部位別の死因第一位になるなど、その治療技術の構築は焦眉の急である。手術が困難な末期の肺癌患者には、化学放射線治療および抗癌剤療法が施されるが、それには重篤な副作用を伴う。気管の悪性腫瘍は気道を塞ぎ呼吸困難を誘発するため、内視鏡によるレーザー照射により腫瘍を焼灼することで気道を確保するのだが、高度な治療技術・医療費負担に加え、正常組織も損傷し重度のやけどを伴うため長期入院治療を余儀なくされる。しかも、焼却治療による効果は一時的であり再狭窄が必発であるため、残された貴重な時間を入院して激痛を伴う治療を繰り返さなければならないのが現状である。そこで近年、年間78,000人を超える手術不能の肺癌の進行癌患者に対するQOL向上の手段として、温熱療法が再注目されている。温熱療法は正常細胞とは異なる癌細胞の熱感受性を利用した治療法で、放射線や化学療法に比べて副作用が少なく、QOLの高い余生を過ごすために有効な手段として期待されている。しかしながら、腫瘍部のみを繰り返し一定温度で加熱治療する技術は確立しておらず、通院治療が可能な低侵襲的な治療技術が必要とされている。

従来、温熱療法時に深部温度を計測するためには侵襲的に太い温度プローブを測定部位に刺す必要があった。しかしながら、患者に多大な苦痛を強いることに加え、感染症のリスクの高さが課題であった。そこで近年、感温性磁性体の"種"を患部に埋め込み、体外から高周波磁場を印加することで腫瘍部だけを加熱するソフトヒーティング法[1]が再注目されている。

本研究では、事前に患部に「キュリー点を43℃に設定した感温性磁性体 (Ferromagnetic Implant with Low Curie Temperature: FILCT) 微粒子」を侵襲的に注射する必要があるが、患部が目標温度に到達したか否かを磁束の変化を手掛かりとして非侵襲的に(患者に痛みを与えることなく)繰り返し検査できる「ワイヤレス温度計測法」を実装した温熱療法システムの実現をめざしている。ワイヤレス温度計測法の原理図を図1に示す。生体内のFILCTがキュリー点以下では、FILCTの高い透磁率により周囲の磁束を引き付けるが、キュリー点を超えると磁性を失うため周囲の磁束が変化する。この磁場の変化を体外からpickup coilで検知することで、悪性腫瘍部が目標温度に到達したか否かを非侵襲的に知ることができる。



(a)キュリー点以下 (b)キュリー点以上  
図1 ワイヤレス温度計測法の原理図

### 2. 研究の目的

本研究の最終的な目標は、「一般病院で導入可能な設備で、非侵襲的に悪性腫瘍部位を繰り返し一定温度に加熱する温熱療法技術の構築」である。

本申請における具体的な到達目標を以下に列記する。

- ・ワイヤレス温度計測・誘導加熱技術の構築
  - 磁束印加検知ユニットの試作
  - 計測系の広帯域化と印加磁場の周波数向上
  - 物理実験による妥当性の評価とシステムの改良
- ・新たな要素技術の構築
  - 体動ノイズ低減のための回転走査法の理論構築と実装
  - インプラントの発熱効率の改善手法の検討
- ・生体適合性および治療可能期間の検討

### 3. 研究の方法

注射するFILCTの質量とpickup coilからの距離にも依存するが、キュリー点前後における磁束ベクトルの変化量は印加磁場の1/200000程度と極めて微弱なため、磁場印加用のdrive coilと磁束ベクトル検知用のpickup coilを一体化させた磁場印加検知ユニットを製作し、ロックインアンプを用いて同期検波することで磁束ベクトルの変化量を計測する。なお、本研究では「高効率で誘導加熱できる発熱材料」をFILCTと一緒に注射することで、体外から非侵襲的に患部を誘導加熱すると同時に目標温度に到達したか否かを検知するハイパーサーミアの要素技術を構築する。また、治療対象を拡張するには発熱効率の向上が不可欠であり、そのために高周波磁場印加システムを新たに構築すると共に、新規に導入する広帯域ロックインアンプでワイヤレス温度計測系を再構築し、妥当性を物理実験により検証する。さらに、治療可能距離の延伸に有用な新たな発熱体を検討すると共に、磁場印加検知ユニットを回転走査することで体動による計測誤差を低減する回転走査法を構築し、物理実験により妥当性を検証する。

#### 4. 研究成果

##### 4-1 ワイヤレス温度計測・誘導加熱技術の構築

##### 4-1-1 磁束印加検知ユニットの試作

磁束印加検知ユニットを構成する検知コイルを設計・製造すると共に、物理実験により最適形状を検討した。

ワイヤレス温度計測では高周波の強磁場下で特定の磁束密度ベクトルを高感度に計測することが重要となる。従来の検知コイルは単純なループコイルだったが、磁場勾配を高感度に検出できる「8の字型コイル」と「同相型コイル」を考案すると共に、ループの経および中心間距離を変えて3Dプリンタで造形・製作すると共に、物理実験により最適なコイル形状を検討した(図2)。その結果、Pickup coilをDrive coil側に設置する場合は(Drive coil形状により最適値は異なるが)、2個のPickup coilの中心間距離を20mmとして連結した同相型コイルをDrive coil中心軸上から30mmの高さに設置することで、高いS/N比が得られることが明らかになった(図3)。一方、計測対象を間に挟んでDrive coilと対向させてPickup coilを配置する条件では、Drive coilから10cm以上離れた感温磁性体でも8の字型コイルまでの距離が2cm以下であれば検知できることを明らかにした。この知見は、患部付近の皮膚に8の字型コイルのシールを貼り、それに対向する方向から磁束を印加することでワイヤレス温度計測できるとする臨床上有用な知見が得られた。

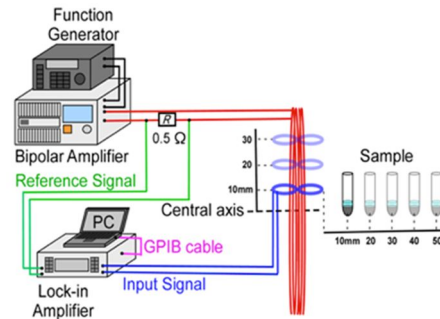


図2 磁気印加検知ユニットにおける Pickup-coil 配置の評価実験

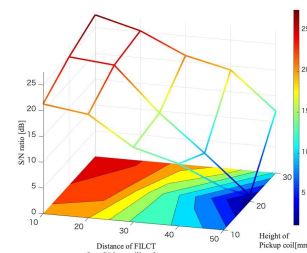


図3 同相型 Pickup coil における Drive coil 中心軸からの高さ、インプラントまでの距離と S/N 比の関係

##### 4-1-2 計測系の広帯域化と印加磁場の周波数向上

治療対象を拡張するためには発熱効率の向上が不可欠である。そこで、既存の誘導加熱電源を改良することで129kHzから390kHzに周波数を向上させた誘導加熱装置を製作すると共に、新たに導入した高周波電圧を計測可能な広帯域ロックインアンプを GPIB 経由で PC に接続し、LabVIEW でプログラミングすることで図4に示すワイヤレス温度検知加熱システムを再構築した。

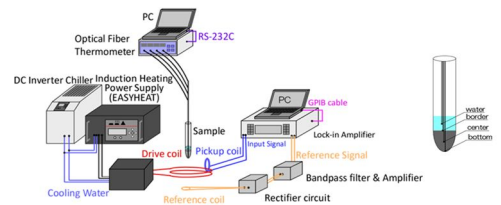
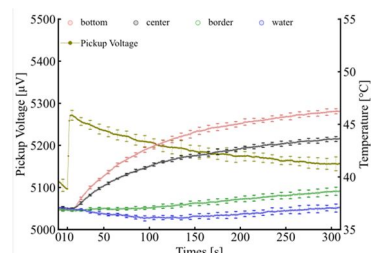


図4 390kHz 磁場印加装置を用いた ワイヤレス温度検知加熱システムの構成図

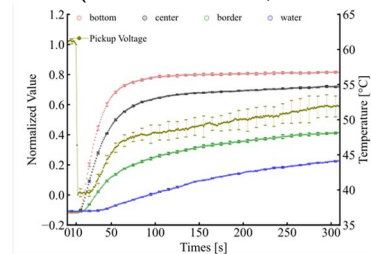
##### 4-1-3 物理実験による妥当性の評価とシステムの改良

高周波磁場により、感温磁性体の発熱効率が向上すると共に、インプラント周辺の温度変化を Pickup 電圧の変化として検出できることを物理実験で実証し(図5)、本申請の到達目標をクリアした。同時に、新たに導入した多チャンネル光ファイバー温度計により温度分布を計測することで、インプラントの温度ムラがピックアップ電圧に及ぼす影響を明らかにし、温度ムラがピックアップ電圧の時間微分値を低下させる要因であることを明らかにした。

これに加え、当初の計画では想定していない研究成果となるが、研究を進める過程で顕在化した「励磁コイル用電流の低周波振動現象」および「Au と Resovist の磁気シールド」という課題に対し、発想を転換することで、本来ノイズである低周波振動をリファレンスとしてロックインアンプで同期検波することで発熱効率を向上させながら FLICT の透磁率をワイヤレスで検知する手法を新たに考案し、「高周波磁場で誘導加熱しながら、磁気シールドの影響を低減可能なワイヤレス温度計測技術」を構築し、その妥当性を物理実験により実証した。本発明は、生体内部の物性値を非侵襲的に探る新たな技術として期待できる。



(a)  $f=129\text{kHz}$ (bottom 4.08mT, border 2.90mT)



(b)  $f=390\text{kHz}$ (bottom 4.09mT, border 2.81mT)

図5 Reso-FILCT の発熱特性と Pickup 電圧成分の経時変化

図5 Reso-FILCT の発熱特性と Pickup 電圧成分の経時変化



## 4-2 新たな要素技術の構築

### 4-2-1 体動ノイズ低減のための回転走査法の理論構築と実装

図 6(a)に磁場印加ユニットをロボットアームに装着したワイヤレス温度検知・加熱システムを示す。磁場印加検知ユニットを多軸ロボットアームに固定し、三次元空間に任意の軌道を生成することで、生体内部の感温磁性体を drive coil の中心軸上に自動的に位置合わせする仕組みを実装すると共に、磁場印加検知ユニットを体動と異なる周波数で回転走査させることで、体動に伴う FILCT の変位成分を低減させ目標温度に到達したか否かを検知出来ることを明らかにした(図 6(b))。

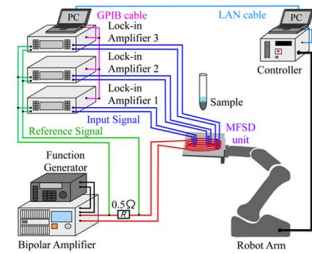
### 4-2-2 インプラントの発熱効率の改善手法の検討

発熱効率の向上の為、新たなインプラントとして FILCT 表面を金(Au)でコーティングした Au-FILCT に加え、磁性ナノ微粒子である Resovist と FILCT の混合物である Reso-FILCT を考案し、物理実験により高周波数領域で発熱効率が向上する一方、磁気シールド効果が存在することを明らかにした。

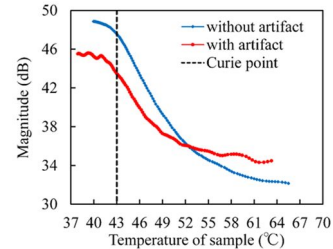
## 4-3 生体適合性および治療可能期間の検討

過去に実施したハイパーサーミアの動物実験におけるコントロールデータおよび関連論文を調査し、本研究で利用した FILCT が 2 ヶ月間のマウスの生存率には影響しないことを確認した。しかしながら、より詳細なバイタルデータの計測と半年以上の長期にわたる安全性評価が必要と考える。

本研究で構築したワイヤレス温度計測技術は、高周波電流やマイクロ波を熱源とする他の温熱療法で利用することも可能であり、温熱療法の中核技術としても有用と期待される。同時に、正確な温度制御が可能になることで、薬剤を併用したときの温熱療法の相乗効果といった学術的に重要な知見を収集できる。一方、異なるキュリー点の感温性磁性体を組み合わせることで連続的な温度計測も可能になると期待でき、本技術は医療分野のみならず密閉容器内部の温度計測等、工業分野においても利用可能であり、学術的な波及効果は著しく広い。



(a) ブロック図



(b) 体動除去効果

図 6 磁場印加検知ユニットを回転走査可能なロボットアームに実装したワイヤレス温度検知・加熱システム

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計14件（うち査読付論文 12件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 7件）

1. 著者名 Saito Masachika, Kikuchi Yukiko, Kudo Yukiko, Sasaki Makiko, Mitobe Kazutaka	4. 巻 17
2. 論文標題 Development of a Learning Support System for Blood Sampling Techniques Using a Magnetic Motion Capture System	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering	6. 最初と最後の頁 757 ~ 759
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/tee.23564	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 遠藤 綾人、加藤 裕太、水戸部 一孝	4. 巻 Annual59
2. 論文標題 水冷条件下の金コート感温磁性体を対象とした磁気ハイパーサーミア用自動定温加熱システムの検証	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 生体医工学	6. 最初と最後の頁 527 ~ 527
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11239/jsmbe.Annual59.527	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 加藤 裕太、遠藤 綾人、山本 裕和、水戸部 一孝	4. 巻 Annual59
2. 論文標題 磁気ハイパーサーミアのための誘導加熱用周波数の違いによる昇温特性および温度分布の検討	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 生体医工学	6. 最初と最後の頁 526 ~ 526
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11239/jsmbe.Annual59.526	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Tonthat Loi, Mitobe Kazutaka, Yabukami Shin	4. 巻 57
2. 論文標題 Development of an Automatic Localization System of Magnetic Particles for Hyperthermia Therapy	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Magnetics	6. 最初と最後の頁 1 ~ 5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TMAG.2020.3008490	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Tonthat Loi, Yamamoto Yoshiyuki, Mitobe Kazutaka, Yabukami Shin	4. 巻 10
2. 論文標題 Effect of applied magnetic field on permeability and heating efficiency of multifunctional micro/nano-magnetic particles for hyperthermia therapy	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 AIP Advances	6. 最初と最後の頁 125324 ~ 125324
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/9.0000123	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Fujiwara Katsuya, Oikawa Tomoya, Ishikawa Yoshinori, Mitobe Kazutaka	4. 巻 15
2. 論文標題 Development of a VR Simulator for Training of Posterior Cervical Spine Fusion Surgery	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering	6. 最初と最後の頁 1242 ~ 1243
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/tee.23188	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Loi Tonthat, Fumitaka Aki, Kazutaka Mitobe, Shin Yabukami, Yoshiyuki Yamamoto	4. 巻 1
2. 論文標題 Development of elemental technologies for magnetic hyperthermia in cancer treatment	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of the 11th Asian Pacific Conference on Medical and Biological Engineering (APCMBE 2020)	6. 最初と最後の頁 272 ~ 277
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Aki Fumitaka, Loi Tonthat, Saito Hajime, Yoshimura Noboru, Mitobe Kazutaka	4. 巻 139
2. 論文標題 Study on Wireless Temperature Measurement Induction Heating System using Magnetic Properties of Mixture of Resovist <sup>®</sup> and Ferromagnetic Implant with Low Curie Temperature	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Fundamentals and Materials	6. 最初と最後の頁 38 ~ 44
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejfms.139.38	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Fujiwara Katsuya, Graduate School of Engineering Science, Akita University 1-1 Tegata-gakuen-machi, Akita, Akita 010-8502, Japan, Kano Hidenori, Mitobe Kazutaka	4. 巻 23
2. 論文標題 Feature Extraction of Mild Cognitive Impairment Using a Dual-Task of Drawing and Counting Test	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics	6. 最初と最後の頁 874 ~ 882
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20965/jaciii.2019.p0874	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kotani Suguru, Endo Masaya, Kabir Mahmudul, Mitobe Kazutaka	4. 巻 140
2. 論文標題 Verification of Protein Extraction Method by Magneto-Ferrite Treatment with EDS Analysis	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Industry Applications	6. 最初と最後の頁 128 ~ 129
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejias.140.128	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Tonthat Loi, Yamamoto Yoshiyuki, Aki Fumitaka, Saito Hajime, Mitobe Kazutaka	4. 巻 54
2. 論文標題 Thermosensitive Ferromagnetic Implant for Hyperthermia Using a Mixture of Magnetic Micro-/Nanoparticles	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Magnetics	6. 最初と最後の頁 1 ~ 6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TMAG.2018.2820061	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Aki Fumitaka, Loi Tonthat, Saito Hajime, Yoshimura Noboru, Mitobe Kazutaka	4. 巻 101
2. 論文標題 Study of wireless temperature measurement induction heating system using magnetic properties of au-coated ferromagnetic implant with low Curie temperature	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Electronics and Communications in Japan	6. 最初と最後の頁 58 ~ 66
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ecj.12075	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Aki Fumitaka, Loi Tonthat, Saito Hajime, Mitobe Kazutaka	4. 巻 54
2. 論文標題 Examination of the Influence on Precision of the Wireless Temperature Measurement Induction Heating System by 37 °C Constant Temperature Environment	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Magnetics	6. 最初と最後の頁 1~3
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TMAG.2018.2815028	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Tonthat Loi, Yamamoto Yoshiyuki, Aki Fumitaka, Saito Hajime, Mitobe Kazutaka	4. 巻 54
2. 論文標題 Thermosensitive Implant for Magnetic Hyperthermia by Mixing Micro-Magnetic and Nano-Magnetic Particles	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Magnetics	6. 最初と最後の頁 1~4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TMAG.2018.2821271	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計12件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件)

1. 発表者名 佐久間聡, 水戸部一孝
2. 発表標題 磁気ハイパーサーミアにおけるワイヤレス温度計測のための最適な検知コイル設置位置の検証
3. 学会等名 生体医工学シンポジウム2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 加藤 裕太, 遠藤 綾人, 山本 裕和, 水戸部 一孝
2. 発表標題 磁気ハイパーサーミアのための誘導加熱用周波数の違いによる昇温特性および温度分布の検討
3. 学会等名 第60回日本生体医工学会大会
4. 発表年 2021年



1. 発表者名 遠藤 綾人, 加藤 裕太, 水戸部 一孝
2. 発表標題 水冷条件下の金コート感温磁性体を対象とした磁気ハイパーサーミア用自動定温加熱システムの検証
3. 学会等名 第60回日本生体医工学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 加藤裕太, 山本裕和, 遠藤綾人, 安藝史崇, 水戸部一孝
2. 発表標題 磁気ハイパーサーミアにおける発熱体の昇温分布特性の検討
3. 学会等名 日本生体医工学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 遠藤 綾人, 山本 裕和, 加藤 裕太, 安藝 史崇, 水戸部 一孝
2. 発表標題 磁気ハイパーサーミア用自動定温加熱システムのためのHigh/Low制御の検討
3. 学会等名 日本生体医工学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 鍵谷 慧, 水戸部 一孝
2. 発表標題 電気泳動後のタンパク質を対象としたテラヘルツ透過画像の特徴抽出
3. 学会等名 日本生体医工学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Loi Tonthat, Fumitaka Aki, Kazutaka Mitobe, Shin Yabukami, Yoshiyuki Yamamoto
2. 発表標題 Development of elemental technologies for magnetic hyperthermia in cancer treatment
3. 学会等名 11th Asian Pacific Conference on Medical and Biological Engineering (APCMBE 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山本 裕和, TON THAT LOI, 安藝 史崇, 水戸部 一孝
2. 発表標題 ハイパーサーミア用ワイヤレス温度検知技術のための磁場印加検知ユニットの検討
3. 学会等名 生体医工学
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 TON THAT LOI, 安藝 史崇, 山本 良之, 齊藤 元, 藪上 信, 水戸部 一孝
2. 発表標題 磁気ハイパーサーミアのための感温磁性微粒子の位置・温度情報のワイヤレス検知技術に関する研究開発
3. 学会等名 生体医工学
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 安藝 史崇, Ton That Loi, 齊藤 元, 山崎 清之, 水戸部 一孝
2. 発表標題 金コート感温磁性体を利用したハイパーサーミアのためのワイヤレス温度計測・自動定温加熱システムの構築
3. 学会等名 生体医工学
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 トシタツト ロイ, 高野 渚, 安藝 史崇, 齊藤 元, 水戸部 一孝
2. 発表標題 ハイパーサーミア用感温性磁性体の検知可能距離延伸のための磁場印加検知ユニットの検討
3. 学会等名 生体医工学
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 河端 航大, 水戸部 一孝, 羽淵 友則
2. 発表標題 電気泳動後のタンパク質のテラヘルツ透過画像の特著抽出法について
3. 学会等名 生体医工学
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	齊藤 元  (SAITO Hajime)  (20323149)	岩手医科大学・医学部・教授    (31201)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------