

令和 2 年 6 月 6 日現在

機関番号：32660

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K06312

研究課題名(和文) 磁界放射を抑えた体内埋込機器用2相経皮電力伝送と容量結合型経皮情報伝送の同時動作

研究課題名(英文) Simultaneous operation of two-phase transcutaneous power transmission for implantable devices and capacitive coupling transcutaneous information transmission with suppressed magnetic field emission

研究代表者

柴 建次 (Shiba, Kenji)

東京理科大学・基礎工学部電子応用工学科・准教授

研究者番号：10343112

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、経皮トランスを2個用いた場合の体内埋込医療機器を対象とした人体内への無線電力・情報伝送システムを開発した。はじめに、1MHzまでの寄生成分も含めた経皮トランスの等価回路(生体組織や防水パッケージも含む)を試作し、伝送効率や高周波漏れ電流の正確な解析・実測を行った。次に、伝送効率を向上させた経皮トランスを作り、放射磁界(ノイズ)の測定を行った。さらに、無線電力伝送用経皮トランスと容量結合型無線情報伝送用電極を一体化させたシステムを試作し、体外からの無線電力伝送と体内からの無線情報伝送の同時動作実験を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

助人工心臓などの体内埋め込み医療機器などに利用される経皮電力伝送システムが開発されているが実用化されていない。放射磁界が大きく、CISPR11の規制値を超えるためである。本研究は、この放射磁界を抑制させるため2相経皮電力伝送システム(W-TETS)を試作する。また体内埋め込み医療機器は、体内に埋め込まれると情報を取り出せなくなるため、ワイヤレス情報伝送システムも必要になる。本研究では、容量結合型情報伝送システムとW-TETSの一体化も試みる。本試作装置が実現すれば、経皮電力・情報伝送システムが医療機器として認められるようになり、体内埋め込み医療機器をより安全に利用できるようになる。

研究成果の概要(英文)：In this research, we developed a wireless power and information transmission system for the human body implantable medical device using two transcutaneous transformers. First, an equivalent circuit of a transcutaneous transformer including parasitic components up to 1MHz was prototyped, and accurate analysis and measurement of transmission efficiency and high frequency leakage current were performed. Next, we made a transcutaneous transformer with improved transmission efficiency and measured the radiated magnetic field (noise). In addition, we made a prototype of a system that integrates a transcutaneous transformer for wireless power transmission and a capacitive coupling type wireless information transmission system. Simultaneous operation experiments of wireless power transmission from outside the body and wireless information transmission from inside the body were also performed.

研究分野：電気機器工学

キーワード：経皮トランス 容量結合 人工心臓 放射磁界 体内埋込機器 寄生容量 CISPR 11 経皮電力伝送

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年、体内に完全に埋め込むタイプの様々な医療機器が開発されている。それらの中には、補助人工心臓等、体内に長期間埋め込むものもあり、体外から無線(電磁誘導)で電力を供給したり、体内の情報を無線で体外に伝送する方法が求められている。しかしながら、一般的に工業用で用いられている無線電力伝送と異なり、生体組織中に受電コイルが埋め込まれることから電力伝送性能維持のために様々な問題(正確な等価回路がないこと、伝送効率を正しく測定する測定方法がないこと)が生じていた。また、大きな磁界エネルギーを用いるため、放射磁界ノイズが大きく、EMCの規格値を超えてしまうことも問題となっていた。さらには、この磁界ノイズのため、体内・体外間の無線通信ができなくなることも問題となっていた。

2. 研究の目的

本研究では、はじめに、生体組織中に埋めた経皮トランスの等価回路が不明なためこれを明らかにし、生体組織中の正確な電力伝送効率を解析できるようにする。また、高周波を用いるために効率測定時には、測定機器を介したコモンモード電流が流れるが、これが伝送効率を正確に測定することを困難にしている。このコモンモード電流を抑制しながら、正確に伝送効率を測定する方法も検討する。また、放射磁界ノイズに対しては、2個の経皮トランスを用い、1個の位相を逆相にすることで、放射磁界を低減させることを試みる(2相経皮トランス)。さらに、体内・体外用の通信システムとして、2組の電極を用いて、2~4MHzの微小電流で通信する容量結合型情報伝送を導入し、経皮電力伝送との同時動作が可能か確かめる。

3. 研究の方法

3.1 生体組織中に埋めた経皮トランスの等価回路の作成

コイルの表面には絶縁フィルムがあるが、経皮トランス周辺に生体組織があると、渦電流が流れ効率が低下する。さらに、絶縁フィルムを介した容量的な結合が生じる。このため、これらの損失や容量を含めた等価回路の作成が必要になる。ネットワークアナライザ E5063A を用いて、周波数 400kHz を中心とした等価回路を作成する。

3.2 伝送効率を正確に測定する方法の解明

オシロスコープを用いた方法は、申請者らが開発した絶縁したオシロスコープを2台用いる方法である。コモンモードフィルタ、差動プローブ、バッテリーを併せて用いることで、極めて高い CMRR で効率を測定できる方法である。本年はさらに、市販のネットワークアナライザを用いた方法を加えて比較検討を行った。2種類の方法(オシロスコープを用いた方法、ネットワークアナライザを用いた方法)を用いて、NaCl 水溶液につけた経皮トランスの伝送効率を測定した。伝送周波数については、350 kHz、800 kHz について測定した。ネットワークアナライザには E5063A を用いた。

3.3 2相経皮トランスの磁界解析および磁界測定

送電コイル間の距離を変化させたときの、経皮トランスから 3 m 位置の磁界強度と伝送効率を電磁界解析および実測した。

3.4 容量結合型情報伝送と経皮エネルギー伝送の同時動作

電磁界解析ソフトを用い、情報伝送が磁界の干渉を受けず、かつ、電力伝送効率を低下させない無線電力伝送用コイルと容量結合型無線情報伝送用電極の最適配置を検討した。電力伝送の周波数は 400kHz に、通信の周波数は 2.4MHz に固定した。

次に、受電コイルと送電電極を一体化したものを試作し、これを液体模擬生体中に浸し、送電コイルと受信電極を一体化したものを模擬生体の表面に置いて、電力伝送と情報伝送の同時動作実験を行った。受信回路内で磁界ノイズカット用のフィルタの追加も行った。

4. 研究成果

4.1 生体中に埋めた経皮トランスの等価回路の作成

図1に提案回路を示す。通常の等価回路は、 C_3 、 C_b 、 r_b は挿入されていない。1次側に、 C_3 、 C_b 、 r_b からなる回路を挿入し、模擬生体に漬けた経皮トランスを模擬できるようにした。ネットワークアナライザによる効率の実測値と、等価回路から計算した理論推定値を比較した結果を図2に示す。350kHzにおいて、誤差 2.3%の範囲で理論値と一致することを確認した¹⁾。

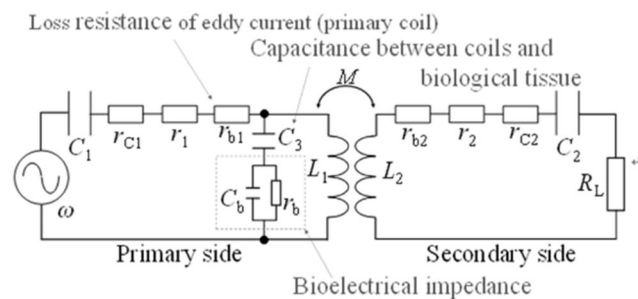


図1 本研究で提案した経皮トランスの等価回路¹⁾

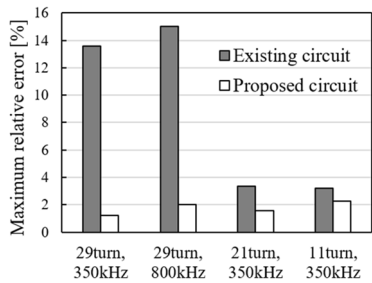


図2 提案回路と従来回路の効率の誤差¹⁾

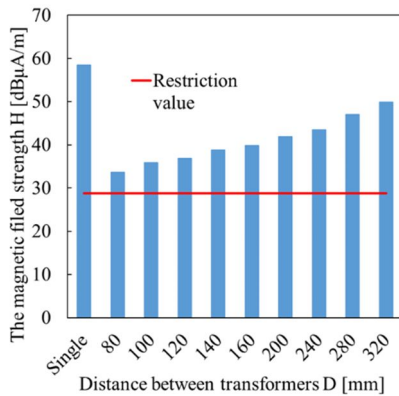


図3 2つの経皮トランス間の距離と放射磁界強度の解析結果

4.2 伝送効率を正確に測定する方法の測定結果

ネットワークアナライザ法は、マイナス極（グラウンド）が一次側と二次側で結合しているという欠点を持つが、理論推定計算値と誤差 10%以内で一致した。オシロスコープを用いた方法においては、理論推定計算値と誤差 5%以内で一致した。1MHz までの測定においては、オシロスコープ法の方が正確に測定できる可能性があることがわかった。ただし、ネットワークアナライザ法は、測定が数秒で終わるため、大変便利であった。時間的に値が変わらないものであればオシロスコープ法の方が精度高く測定できることがわかった。

4.3 2相経皮トランスの磁界解析および磁界測定

経皮トランスから 3m 離れた場所の磁界強度を解析により求めた結果を図 3 に示す。経皮トランス 1 個で 15W 伝送した場合は、58 dB μ A/m と CISPR 11 の制限値を遙かに超えていることがわかる。一方、2 個の経皮トランス間の距離 $D = 80\text{mm}$ では、磁界強度を 33 dB μ A/m まで低下させることがわかった。しかしながら、2 個の経皮トランス間の距離が $D = 300\text{mm}$ 程度と大きくなると、磁界抑制効果は小さくなった。

また、2 組の経皮トランス間距離 $D = 100\text{mm}$ の場合において、放射磁界の実測も行った。1 組の経皮トランスを用いた場合は 59.0 dB μ A/m であったのに対し、45.2 dB μ A/m まで低下した。2 相経皮トランスにすることにより、放射磁界を低減できることが確認できた。しかしながら、CISPR

11 Group2 ClassB の規制値を超過していた。

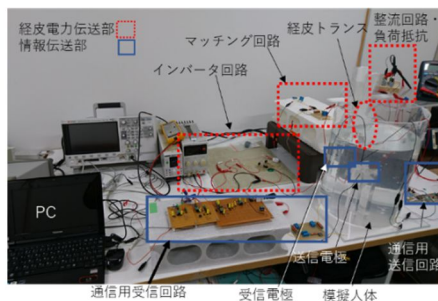


図4 経皮電力伝送と容量結合通信の同時動作

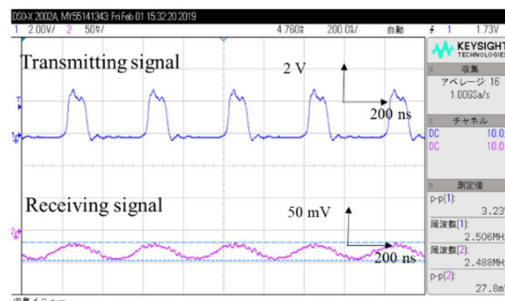


図5 通信用送信波形とBPF後の受信波形

4.3 容量結合型情報伝送と経皮エネルギー伝送の同時動作（解析と実測）

a. 電磁界解析ソフトを用いた SN 比の解析

電磁界解析ソフトを用い、1 組の無線電力伝送用コイルと容量結合型無線情報伝送用電極の距離を離していったときの SN 比を解析した。その結果、通信電圧の SN 比は 15 dB であり大きなノイズが混入することがわかった。通信周波数である 2.4MHz だけを通過させるフィルタを通信用受電回路前段に挿入することで SN 比はさらに大きく改善できることを確認した。

b. 経皮電力伝送と容量結合型情報伝送の同時動作実験²⁻³⁾

容量結合型情報伝送において、経皮電力伝送の電磁ノイズを遮断するために、減衰率 70dB、中心周波数 2.5MHz、帯域幅 1MHz のバンドパスフィルタ (BPF) を作成した後、実際に経皮電力伝送と同時に動作可能なシステムを作成し同時動作実験を行った。図 4 に実験の様子を示す。経皮電力伝送は可能であったが、通信はできなかった。図 5 に BPF を入れた場合の受信波形を示す。BPF の帯域幅が狭すぎたため、受信信号の高周波成分が消えてしまい、波形が鈍っていることがわかる。これが通信信号の質を低下させてしまい通信ができなかったと考えられる。これらを解決すれば、同時動作も可能と予想される。

- 1) 砂田将平, 柴建次, 生体埋込時を想定した空心偏平型経皮トランス — 等価回路の提案・評価と経皮トランスの設計 —, AEM, Vol.27, No.3, pp.315-321, 2019.
- 2) 新郷航希, 柴建次, 原一裕, 坪木光男, 伊藤雅一, 体内深部-体外間容量結合型無線情報伝送システム — インピーダンスマッチング回路挿入時の通信特性評価 —, AEM, Vol.27, No.3, pp.341-347, 2019 .
- 3) 新郷航希, 東京理科大学基礎工学部 修士論文, 2019

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計13件（うち査読付論文 9件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 9件）

1. 著者名 新郷 航希, 柴 建次, 原 一裕, 坪木 光男, 伊藤 雅一	4. 巻 26
2. 論文標題 体内深部-体外間の容量結合型無線情報伝送システム - 電磁ノイズ環境下における通信特性の測定 -	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本AEM学会誌	6. 最初と最後の頁 152-159
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 勝山晃吉, 加我正, 柴建次	4. 巻 26
2. 論文標題 体内留置逆流性食道炎モニタリング装置への無線電力伝送 - 解析による最適巻数と周波数の検討 -	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本AEM学会誌	6. 最初と最後の頁 145-151
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 砂田将平, 柴建次	4. 巻 27
2. 論文標題 生体埋込時を想定した空心偏平型経皮トランス 等価回路の提案・評価と経皮トランスの設計	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本AEM学会誌	6. 最初と最後の頁 315-321
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 高橋俊介, 柴建次	4. 巻 27
2. 論文標題 補助人工心臓用空心型経皮エネルギー伝送システムにおける人体中に流れる高周波漏れ電流の測定 -3種類の高周波絶縁トランスの試作・選定-	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本AEM学会誌	6. 最初と最後の頁 322-328
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 川口大輔, 柴建次	4. 巻 なし
2. 論文標題 補助人工心臓を対象としたウェストリング型経皮電力伝送受電コイルの小型化 -200 kHz ~ 1 MHzの周波数帯における伝送効率の測定と電磁生体影響の解析-	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 第27回 MAGDAコンファレンスin Katsushika (MAGDA2018) 講演論文集	6. 最初と最後の頁 98-101
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 無
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 Tadashi Kaga, Kenji Shiba	4. 巻 -
2. 論文標題 Measurement of Energy Transmission Efficiency of Air-Core Transcutaneous Energy Transformer in NaCl Solution for Ventricular Assist Devices by Reducing Common-Mode Current in the Range of 200-1500 kHz	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proceedings of the IEEE Biocas conference 2017	6. 最初と最後の頁 604-607
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 柴建次	4. 巻 25
2. 論文標題 補助人工心臓用体外結合型経皮エネルギー伝送システム -漏れインダクタンスとコンデンサの共振による放射妨害波低減-	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 日本AEM学会会誌	6. 最初と最後の頁 395-402
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.14243/jsaem.25.395	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 新郷 航希, 柴 建次, 原 一裕, 坪木 光男, 伊藤 雅一	4. 巻 27
2. 論文標題 体内深部-体外間容量結合型無線情報伝送システム - インピーダンスマッチング回路挿入時の通信特性評価 -	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本AEM学会会誌	6. 最初と最後の頁 341-347
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Takahashi Shunsuke, Shiba Kenji	4. 巻 -
2. 論文標題 Evaluation of High-Frequency Leakage Current from Air-Core Transcutaneous Energy Transmission System by Comparison of Circuit Measurements and Simulations	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the IEEE Asia Pacific Conference on Circuits and Systems(APCCAS)	6. 最初と最後の頁 117-120
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/APCCAS47518.2019.8953159	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 -

[学会発表] 計31件(うち招待講演 0件/うち国際学会 3件)

1. 発表者名 柴建次
2. 発表標題 補助人工心臓用経皮電力伝送用インバータ回路の高周波化
3. 学会等名 第56回日本人工臓器学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 内野健汰, 柴建次
2. 発表標題 補助人工心臓への容量結合を用いた経皮ワイヤレス電力伝送 - 電磁界解析によるインピーダンスマッチング回路の妥当性の評価 -
3. 学会等名 第28回ライフサポート学会フロンティア講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐々木竣也, 柴建次
2. 発表標題 補助人工心臓への容量結合を用いた経皮ワイヤレス電力伝送 - 負荷整合による電力伝送効率の向上 -
3. 学会等名 第28回ライフサポート学会フロンティア講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 川嶋渉太, 砂田将平, 柴建次
2. 発表標題 逆流性食道炎体内留置モニタリング装置のための多層配線基板技術による薄型受電コイルの設計
3. 学会等名 第28回ライフサポート学会フロンティア講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 公塚景, 高橋俊介, 柴建次
2. 発表標題 2組の経皮トランスを用いた補助人工心臓用経皮電力伝送システムの構築 - 電力伝送効率の測定 -
3. 学会等名 第28回ライフサポート学会フロンティア講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 明嵐太郎, 川口大輔, 柴建次
2. 発表標題 長距離を伝送する補助人工心臓用経皮型エネルギー伝送システムの設計 - 伝送周波数6.78 MHzを用いた場合の伝送効率の簡易解析 -
3. 学会等名 第28回ライフサポート学会フロンティア講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 三浦大樹, 高橋俊介, 柴建次
2. 発表標題 伝送距離を2 cmとした補助人工心臓用経皮電力伝送システム - 入力インピーダンス変化時の効率評価 -
3. 学会等名 第28回ライフサポート学会フロンティア講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 本井陽輝, 新郷航希, 柴建次
2. 発表標題 容量結合型情報伝送システムの雑音評価 - 情報伝送と電力伝送を同時に行った際のSN比の解析 -
3. 学会等名 第28回ライフサポート学会フロンティア講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Akiyoshi Katsuyama, Tadashi Kaga, Kenji Shiba
2. 発表標題 Wireless Power Transmission to Implantable Monitoring Devices for Gastroesophageal Reflux Disease: Measurement of Transmission Efficiency in a Conducting Liquid
3. 学会等名 Proceedings of 39th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kouki Shingo, Kenji Shiba, Kazuhiro Hara, Mitsuo Tsuboki, Masakazu Itoh
2. 発表標題 Wireless Information Transmission using Capacitive Coupling while Transmitting Data from the Inside to the Outside of the Human Body: Optimization of Cutoff Frequency in the Receiving Filter Circuit
3. 学会等名 Proceedings of 39th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Saori Kometani, Kenji Shiba
2. 発表標題 Transcutaneous Energy Transmission using Capacitive Coupling for Cardiac Pacemaker: Calculation of AC-AC Energy Transmission Efficiency
3. 学会等名 ESA0 and 7th IFA0-Congress (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 加我 正, 柴建次
2. 発表標題 コモンモード電流を考慮した液体模擬生体浸漬中の空心偏平型経皮電力伝送トランスの正確な効率測定
3. 学会等名 LIFE2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 柴建次
2. 発表標題 経皮電力伝送時における経皮トランスから人体への高周波漏れ電流の測定
3. 学会等名 第26回MAGDAカンファレンスin金沢
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 高橋 俊介, 加藤 茜, 柴 建次
2. 発表標題 補助人工心臓用空心型経皮エネルギー伝送システムにおける人体中に流れる高周波漏れ電流 の測定 - 絶縁トランスの試作・検討 -
3. 学会等名 第46回人工心臓と補助循環懇話会学術集会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 加我正, 柴建次
2. 発表標題 空心偏平型経皮電力伝送トランスの正確な効率測定 測定法による比較
3. 学会等名 第27回ライフサポート学会フロンティア講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 林聖人, 新郷航希, 柴建次
2. 発表標題 逆流性食道炎モニタリング装置のためのワイヤレス電力情報伝送 受信電極サイズ変化時の電力伝送効率と通信精度
3. 学会等名 第27回ライフサポート学会フロンティア講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 門脇康平, 新郷航希, 柴建次
2. 発表標題 体内埋込型医療機器のための容量結合型無線情報伝送 分割型受信電極の提案
3. 学会等名 第27回ライフサポート学会フロンティア講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 山田聡真, 勝山晃吉, 柴建次
2. 発表標題 体内留置型逆流性食道炎モニタリング装置への無線電力伝送 体内電界とSARの解析
3. 学会等名 第27回ライフサポート学会フロンティア講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 砂田将平, 加我正, 柴建次
2. 発表標題 生体埋込時を想定した空心偏平型経皮トランスの等価回路の作成 コイル間インピーダンスを1次側に置いた等価回路の提案
3. 学会等名 第27回ライフサポート学会フロンティア講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 加藤茜, 高橋俊介, 柴建次
2. 発表標題 補助人工心臓用空心型経皮エネルギー伝送システムの効率測定 インバータ回路, 整流回路, 絶縁トランスを含めた検討
3. 学会等名 第27回ライフサポート学会フロンティア講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 鳥飼陽平, 加我正, 柴建次
2. 発表標題 補助人工心臓用空心偏平型経皮電力伝送システム 送受電コイルの小型化と二層化
3. 学会等名 第27回ライフサポート学会フロンティア講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 小野寺望, 三浦大樹, 柴建次
2. 発表標題 補助人工心臓用経皮電力伝送 システムにおける異常検出方法の検討 -体内コイル短絡と入力電流の関係の解析
3. 学会等名 日本生体医工学会関東支部若手研究者発表会2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 川田岳, 公塚景, 植原啓, 勝村司, 柴建次
2. 発表標題 磁性めっきリッツ銅線を用いた補助人工心臓用空心偏平型経皮電力伝送システム - 電力伝送効率の評価 -
3. 学会等名 日本生体医工学会関東支部若手研究者発表会2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 渡邊快 三浦大樹 柴建次
2. 発表標題 補助人工心臓用経皮電力伝送システムにおける異常検知回路の作成 - 入力電流検出用RMS/DCコンバータの検討 -
3. 学会等名 日本生体医工学会関東支部若手研究者発表会2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 木田継之助, 川口大輔, 川嶋渉太, 柴建次
2. 発表標題 有限積分法による経皮電力伝送時の電磁生体影響評価 - モーメント法で求めた体内電界分布との比較 -
3. 学会等名 日本生体医工学会関東支部若手研究者発表会2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 公塚 景, 柴 建次
2. 発表標題 2組の空心偏平型経皮トランスを用いた補助人工心臓用経皮電力伝送 - 経皮トランス間距離変化時の放射性妨害波の測定 -
3. 学会等名 MAGDA2019in 大分講演論文集, 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 三浦 大樹, 柴 建次
2. 発表標題 伝送距離を2 cmとした補助人工心臓用経皮電力伝送システム - 入力インピーダンス変換器と送電コイルによる高効率化の検討 -
3. 学会等名 MAGDA2019in 大分講演論文集, 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高橋 俊介, 柴建次
2. 発表標題 高周波絶縁トランスを用いた空心型経皮エネルギー伝送システム-送受電コイルの絶縁用布厚さの検討-
3. 学会等名 LIFE 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 柴建次
2. 発表標題 電磁界が医療機器に及ぼす影響
3. 学会等名 第48回人工心臓と補助循環懇話会学術集会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 柴 建次	4. 発行年 2019年
2. 出版社 日本人工臓器学会	5. 総ページ数 2
3. 書名 研究室めぐり 東京理科大学基礎工学部電子応用工学科柴研究室	

〔出願〕 計3件

産業財産権の名称 皮下埋込型通電ポータ	発明者 西村隆, 柴建次, 増澤徹, 巽英介, 岸上兆一, 柳園宣紀, 香	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、2018-31660	出願年 2018年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 電気装置	発明者 柴建次	権利者 東京理科大学
産業財産権の種類、番号 特許、2017-145694	出願年 2017年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔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
--	---------------------------	-----------------------	----