

## 東京理科大学基礎工学部電子応用工学科柴研究室

東京理科大学基礎工学部電子応用工学科

柴 建次

Kenji SHIBA



### 1. 経皮エネルギー伝送

柴研究室は、東京理科大学葛飾キャンパス内にあり、体内埋込型医療機器と体外間のワイヤレス電力伝送およびワイヤレス情報伝送を中心に研究を行っている、電気系の研究室である。今までに、完全置換型人工心臓、補助人工心臓、カプセル内視鏡、ペースメーカーなどを対象としたワイヤレス電力伝送・情報伝送システムの研究・開発を行っている。工業界では、ワイヤレス電力伝送(wireless power transfer)のことをWPTと略すことも多く、本年には電気自動車充電用のWPTシステムが始まると言われている。工業用WPT研究の発展に伴い、今まで研究者間のノウハウだけで行われてきたWPTが理論的に明らかになり、遠距離を伝送する新しい技術も登場している。前述したようにWPTという言葉は工業用の用語であるが、皮膚や生体組織を介して電力伝送を行う体外から体内へのWPTは、古くから「経皮エネルギー伝送」と呼ばれている。柴研究室においては、工業用WPT技術を利用して経皮エネルギー伝送の研究を進めている。

### 2. テーマと設備

経皮エネルギー伝送を実現するには、大きく分けて図1に示すような5つのテーマがあると考えている。

経皮トランスは、体内側に埋め込むコイルと皮膚に貼り付けて用いるコイルからなる。この設計は、システム全体の伝送効率を大きく左右させるため、最も重要な部分である。温度上昇を抑えるためにも、伝送効率の高いトランス

を作る技術が必要となる。柴研究室では、経皮トランス試作用の特殊銅線や磁性体を保有し、また、設計した経皮トランスの正確な効率を測定するために、Sパラメータが測定できるネットワークアナライザや、正確に効率を測定する様々な測定システム<sup>1)</sup>を保有している。現在は大学院生が生体組織を含めた場合の等価回路の作成などを行っている<sup>2)</sup>。

電気回路とは、インバータ回路や整流回路、通信回路などのことである。インバータ回路や整流回路は、それぞれ直流を100 kHz～2 MHzの高周波に変換したり、逆に直流に戻したりする回路であるが、いずれも自ら回路設計を行い、プリント基板を試作している。同じ電気回路でも、プリント基板の部品配置により寄生成分が変化し、波形が変わってしまうため高度な技術が必要になる。回路の設計・評価の一部は、学生の研究テーマにもなっている。図2に試作したインバータ回路(A)と空芯扁平型経皮トランス(B)を用いた電力伝送実験の様子を示す。

電磁ノイズ評価は、経皮トランスや電気回路から発生する磁界強度や電界強度を測定し、医療機器の電磁ノイズの国際規格に準じた測定を行うことである。残念ながら柴研究室内は電波暗室を保有していないが、校舎建設時からA種接地ラインを研究室内に引き込んでおり、放射性妨害波と伝導性妨害波の簡易測定を行っている。

生体電磁安全評価は、電界、磁界が生体に及ぼす影響の評価であるが、正確に行うことは大変難しく、最終的には動物実験や臨床試験を行い評価するしかない。しかしながら、ある程度、危険閾値がわかっているので、その値と比較するために3D電磁界解析を行い、閾値などと比較している。経皮トランスと人体モデルを含めて、3D電磁界解析を行うと、大きな計算メモリと計算時間が必要になるため、高機能なワークステーションを保有している。

#### ■ 著者連絡先

東京理科大学基礎工学部電子応用工学科

(〒125-8585 東京都葛飾区新宿6-3-1 研究棟10F 柴研究室)

E-mail. shiba@te.noda.tus.ac.jp

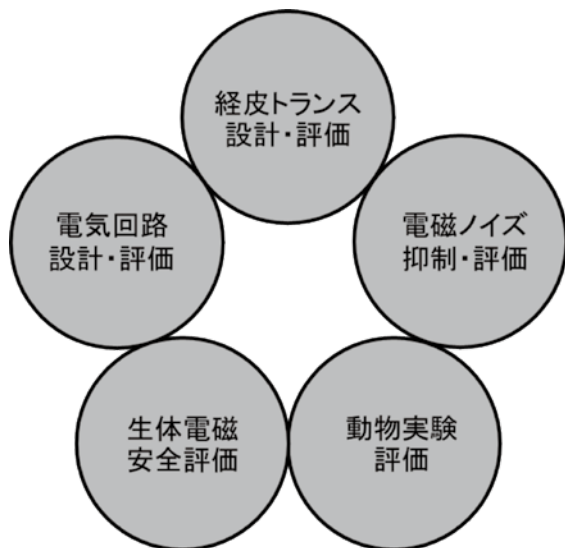


図1 経皮エネルギー伝送研究のテーマ

動物実験では、体内に数年間埋め込んでも、電気的性能の経年変化が少なく、かつ、浸水も断線もせず、生体を傷つけないやわらかさのコイルを作る技術が求められる。コイル自体は銅線で、銅は当然屈曲に弱い材料なので、これに何らかのコーティングを施すことで、屈曲にも強くする必要があるのである。そのため、柴研究室ではコイルに、樹脂などのコーティング材をしみこませる真空脱泡用ポンプなどを保有している。さらには、経皮エネルギー伝送装置を付けた患者がお風呂にはいった場合にどうなるのかなど、様々な状況を想定した実験<sup>3)</sup>も行っている。

### 3. 広領域分野の中での専門研究

経皮エネルギー伝送を実用化するためには、様々な方面の研究者や企業とつながりを持たなければならない。医療認可を受ける上では病院、医師、厚生労働省、医療機器メーカーの関係者とのつながりが必要であるし、電磁放射については、電磁界や電波を管轄する総務省ともつながっている必要がある。また、電磁波が生体に及ぼす影響については、最新の動向を把握しておく必要があり、電気学会の専門委

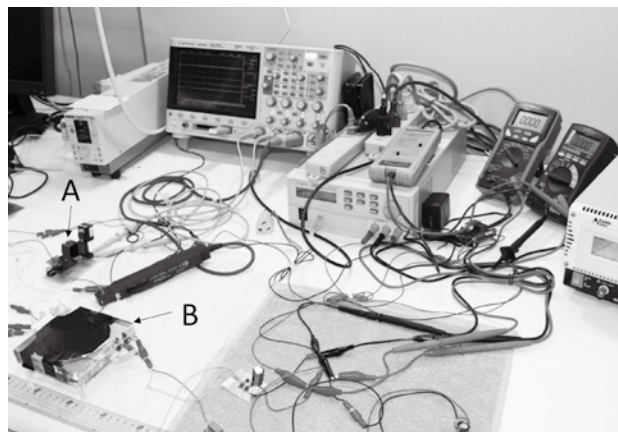


図2 試作したインバータ回路と空芯偏平型経皮トランスを用いた電力伝送実験の様子

員会にも参加している。さらに、メディカル・パッケージングなどの分野では、化学系の企業にも協力を頂く必要がある。当然、専門の高周波電気回路やWPT分野においても、最新の情報を集め、実践しノウハウを蓄積しておく必要がある。そのため実用化を意識し、様々な分野の専門家とつながりを持ちながら研究活動を行っている。

本稿の著者には規定されたCOIはない。

### 文 献

- 1) Kaga T, Shiba K: Measurement of energy transmission efficiency of transcutaneous energy transformer in NaCl solution for ventricular assist devices by reducing common-mode current in the range of 200-1500 kHz. Proc IEEE BioCAS Conference, p. 604-7, 2017
- 2) 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 一等価回路の提案・評価と経皮トランスの設計一. MAGDAコンファレンス講演論文集 (MAGDA2018): 296-303, 2018
- 3) 柴 建次, 吉川秀一, 小谷野純一: 体内埋込型人工心臓用経皮エネルギー伝送システム 一液体浸漬時における伝送効率と温度上昇の実測一. 日本AEM学会誌 **23**: 179-86, 2015