

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 尾関 俊長

本論文は、体内埋込型人工心臓におけるエネルギー供給方法の一つである経皮エネルギー伝送システムに関する総括的な内容である。より多機能で信頼性のある経皮エネルギー伝送システムを紹介し、そのデバイスを作成することにより、それらの有用性を示し、そこで得た知見から新たなエネルギー伝送方法を提唱するものである。全体の構成は全6章から成っている。

第一章は序章であり、そこでは本研究で提案されるシステムの適用の対象となる人工心臓について紹介されている。心臓移植手術におけるドナー不足、死亡判定や脳死判定をめぐる社会的倫理的問題点を取り上げ、人工心臓の必要性や人工心臓の誕生の経緯を示し、その分類と種類、現在抱えている問題点を述べている。

第二章においては、人工心臓への駆動エネルギー伝送方法が紹介されている。有線でエネルギーを伝送する方法が最も確実に電気エネルギーを伝送する方法ではあるが、感染症や患者の自由度を考慮に入れると、体内と体外が完全に隔離された状態を保つことができる経皮エネルギー伝送システムが優位であることが示されている。さらに、様々なタイプの経皮エネルギー伝送システムが過去の研究で報告されているので、それらの特徴が示されている。

第三章では、経皮エネルギー伝送システムに必要な体内と体外二次電池について述べられている。一次電池として核エネルギーを用いた研究が過去に行われたが、社会的な評価が厳しく、事故や取り扱い不注意により放射能汚染の危険も伴うので、現状では二次電池を用いることが一般的とされており、その紹介がされている。携帯電話やノートパソコンに用いられているリチウムイオン電池が現状では最もエネルギー密度が高いので、軽量でコンパクトな二次電池を作ることができるのだが、しかし、人工心臓を十分な時間駆動するためには、体の弱った患者にとって、十分に小さく軽いとは言い切れないと説明されている。

第四章は第三章で述べられた二次電池について、特に体外二次電池は代用が可能であることが提案されている。第四章の前半では送信アンテナと受信アンテナを用いて、電気エネルギーを伝送する方法が紹介されている。種々のアンテナを用いてそのシステムの実現性について検討されており、結果的には空間伝送と経皮伝送部分の周波数を変更することによって、効率を改善すれば、実現の可能性が十分であると述べられている。また、第四章の後半では別の方法が紹介されている。床面にコイルを敷き詰め、靴底に設置されているコイルとの電磁カップリングによって、電気エネルギーを伝送する方法である。この方法では、コイルの敷き詰められた床ではすべての場所で電力供給が可能であると示されている。

第五章では、経皮エネルギー伝送システムが持っている問題点の一つである位置ズレに

ついて検討されている。コアがない経皮エネルギー伝送システムでは体内コイルと体外コイルの相対的位置ズレの許容範囲はそれほど広くはなく、その許容範囲を越えてずれてしまうと人工心臓の必要とする電気エネルギーを供給することができなくなり、患者の生命の危険すら与えてしまうこととなる。そこで、体外コイルと体内コイルの相対的位置がずれた場合には、体外回路において、共振点を調節して、位置ズレが起きた場合においても人工心臓が必要とする電気エネルギーを効率よく供給できるシステムが紹介されている。第五章の前半では、体外コイルと直列にコンデンサーを挿入することによって、共振点を調節している。この方法により、ズレの許容範囲が体積で比較して7倍大きくなっていることが実験によって示されている。また、第五章の後半において、体外コイルに印加する周波数を変更することによって、共振点を変化させている。この方法では体外コイルに直列にコンデンサーを挿入する方法と比べて、回路作成時の容易さ、頻繁な共振点の変更が可能であること、共振点の調節が容易であることなどから、有利であることが述べられている。このシステムを応用することにより、体外コイルにフレキシビリティを持たせることが可能であり、さらには、体外コイルを肌に取り付けるのではなく、衣服に取り付けることにより電気エネルギーを供給するシステムの可能性が述べられている。

第六章は総括である。本研究を各章ごとに要約するとともに、この研究で提案したシステムが実際臨床に応用された場合の展望が述べられている。

以上、本論文は、その検討の必要性にも関わらず未踏の領域であったが、この研究で得られた知見は今後の経皮エネルギー伝送システムの改良や改善に必ず必要とされるものであると言えるだろう。また、経皮エネルギー伝送システムの実用上の問題を解決するにあたり、極めて有用な概念の一部になり、今後の発展に寄与する可能性は大いにあると言えることができる。

よって、本論文は博士（学術）の学位請求論文として合格と認められる。