

ウェアラブルシステムのための衣服間無線電力供給手法の提案

宮村 騎久也[†] 宮路 祐一[‡] 大村 廉[†][†]豊橋技術科学大学情報・知能工学系[‡]豊橋技術科学大学電気・電子情報工学系

1. はじめに

近年、多くのウェアラブルデバイスが開発され、一般化してきた。ウェアラブルデバイスにおいて、電源供給の問題は稼働時間だけでなく、その大きさやデザインを決定し、利便性や装着性などにも影響する重要な事項である。特に、複数のウェアラブルデバイスを装着する場合は電源が分散し、その管理は困難となる。例えば、電池残量の把握や充電管理などの手間がユーザの負担となる。

そこで本研究では、ウェアラブルデバイスの電源を一元化することを目的とし、衣服間で無線電力伝送手法を行なうことを提案する。単一の衣類であれば導電性繊維などを用いて電力搬送が可能である。しかし、例えば、ズボンと上着の間で電源を統一しようとした場合、これらの中でケーブルレスに電力を搬送する必要がある。

本研究では、その手始めとして、下半身に取付けた電源の電力を上半身のデバイスへと無線で供給する方法の検討を行う。

Zhuらは布地上に実装したコイルで電磁誘導方式による無線電力伝送システムを開発したが、コイル間ギャップがほとんど無いことを仮定した実験しか行っていない[1]。ウェアラブルデバイスでの実用性を考えるとコイル間のギャップ・位置ずれ共に強いことが求められる。

本研究では送受信機間の位置ずれ・ギャップに強いとされる磁界共鳴方式を採用する[2]。磁界共鳴方式は送受信機であるLC共振器同士の磁界での結合を利用した無線電力伝送方式である。この方式における送受信コイルを3パターン設計し、布地表面に実装し、人の胴体を想定した円柱モデルに装着した。そしてそれぞれの位置ずれ・ギャップに対する電力伝送効率の変化を測定し評価を行なった。

2. 共振器の設計・実装

図1に本研究で評価した3パターンのコイルを示す。人の胴体を円柱に単純化し、直径200mm高さ400mmの円柱型発泡スチロール上に送受信機を装着したモデル上で位置ずれやギャップによる電力伝送効率変化の測定を行う。図1下側の送信機がズボン側のコイル、上側の受信機がシャツ側のコイルという想定である。送受信コイルは共に厚さ3mmほどのフェルト生地上に導電性銅箔テープを張り付けて実装した。

各モデルの送受信コイルの線径、線間ピッチは2mmで巻き数は6で統一している。単一モデルの送信コイル、受信コイルは角型スパイラルコイルであり、外径はそれぞれ100mm, 180mmである。アレーモデルの送信コイルは単一モデルと同型で、受信コイルは送信コイルと同型のコイルを2mm間隔で横方向に3つ並べてアレー化している。ヘリカルモデルは送受信コイルともに円柱と同じ直径200mmのヘリカルアンテナ型コイルである。各モデルのコイルには可変コンデンサを直列に取り付け、送受信コイルの共振周波数を一致させている。単一モデル、アレーモデルの共振周波数は13.56MHzとし、ヘリカルモデルは調整が困難であったため10MHzとした。



(a) 単一モデル (b) アレーモデル (c) ヘリカルモデル

図1. 実験モデル

3. 評価実験

図2に図1のモデル上で評価するギャップ・位置ずれの方向を示す。受信コイルを円柱の軸方向にずらすことを「縦ずれ」、回転方向にずらすことを「横ずれ」とする。ギャップについては、図2右のような木製の治具を円柱型発泡スチロールに被せることで表現した。

円柱型発泡スチロールに装着した送信コイルに受信コイルを被せ、正対させた状態を基準点

Proposal of Wireless Power Transfer for Wearable Devices

Kikuya Miyamura[†], Yuichi Miyaji[‡], Ren Ohmura[†]

[†]Department of Computer Science and Engineering, Toyohashi University of Technology

[‡]Department of Electrical and Electronic Information Engineering, Toyohashi University of Technology

とする．そこから受信コイルのギャップ・位置ずれを発生させそのときの伝送効率をベクトル・ネットワーク・アナライザで測定した．

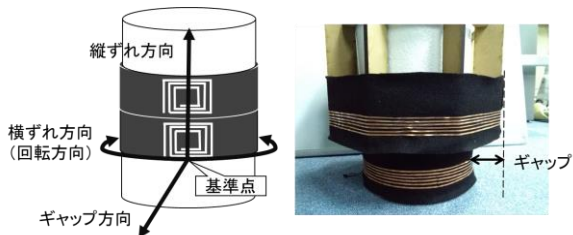


図 2. ギャップ・位置ずれの方向

図 3, 4, 5 に各実験モデルのギャップが 5cm のときの位置ずれに対する伝送効率を示す．

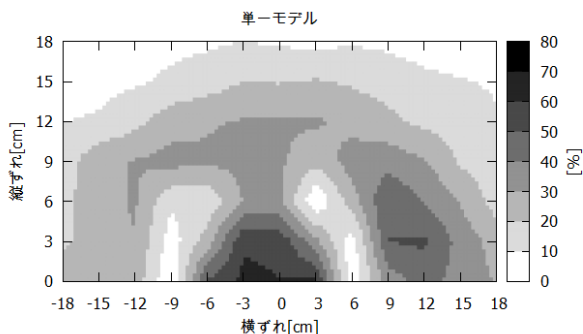


図 3. 単一モデルの伝送効率

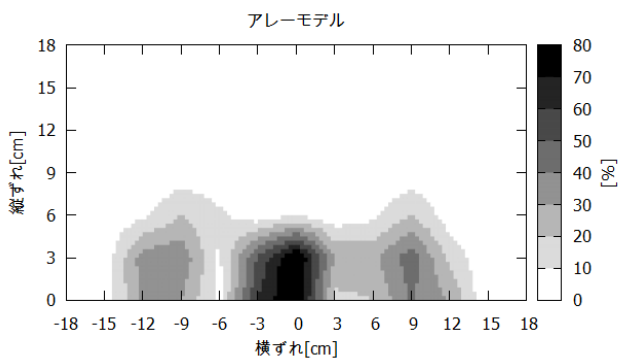


図 4. アレーモデルの伝送効率

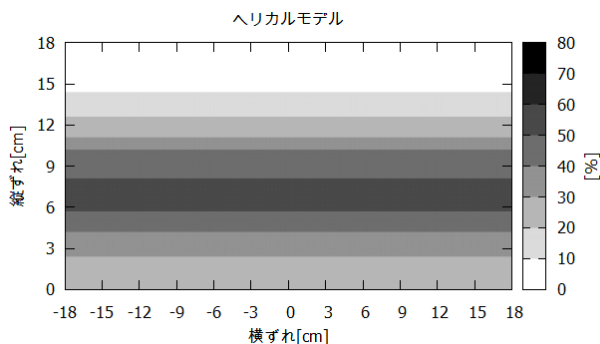


図 5. ヘリカルモデルの伝送効率

図 3 から、単一モデルでは受信コイル径を大きくしたことにより送信コイル径以上の範囲でも伝送が可能であることがわかる．しかし磁束漏れも多く、伝送効率は平均して低くなっている．

図 4 から、アレーモデルでは受信コイルの中心付近では 80% 近くの高い効率で伝送可能であり、アレー化により横方向への伝送範囲が広がっていることがわかる．しかし、中心コイル以外の範囲では伝送効率が低いため、コイルのスイッチングなど改善の余地がある．

図 5 から、ヘリカルモデルは横ずれによってコイルの位置関係が変化しないため安定した伝送効率が得られているということがわかる．また、縦ずれが小さすぎても伝送効率が低く、適した縦ずれの位置があるということも確認できる．これはコイル同士が近すぎると共振周波数が二つに分かれ、ある距離で共振周波数が一致するという磁界共鳴方式の特性である．

実験結果から、本研究で想定したズボンとシャツ間での電力伝送に適したコイル形状はヘリカルアンテナであると考えられる．また、単一モデルやアレーモデルはパッチ状に取り付けるなど配置の自由度が高いという利点があるため、部分的な電力伝送に適していると考えられる．

4. まとめ

布地上に構成した基本的なパターンのコイル同士の電力伝送効率を円柱モデル上で測定した．結果から、布地という形状が安定しない素材に実装したコイルであっても磁界共鳴方式を利用した電力伝送が可能であることを確認した．また、シャツとズボン間での電力伝送を行うことを想定するとコイル形状はヘリカルアンテナが適していると考えられる．今後はこの結果をベースラインとして実際のアプリケーションでの実用性を考慮したシステム構成を検討していく．

参考文献

- [1] D Zhu, Neil Graham, Lindsay Clare, Bernard Stark, Steve Beeby, "Inductive Power transfer in E-Textile Applications: Reducing the Effects of Coil Misalignment" WPTC 2015: Proceedings of a meeting held 13-15 May 2015, Boulder, Colorado, USA. IEEE, 2015.
- [2] André Kurs, Aristeidis Karalis, Robert Moffatt, J. D. Joannopoulos, Peter Fisher, Marin Soljačić, "Wireless Power Transfer via Strongly Coupled Magnetic Resonances," in Science Express on 7 June 2007, Vol.317. no. 5834, pp. 83 - 86.