

手首装着型ウェアラブルデバイス向け無線電力伝送用コイルの評価

奥田 崇礼†

大村 廉‡

豊橋技術科学大学†

豊橋技術科学大学‡

1.はじめに

近年、様々なウェアラブルデバイスが開発され、様々な場面で使用されている。複数のウェアラブルデバイスを同時に使用するような場合も多くなってきており、そのような場合、各デバイスのバッテリー管理の手間が増大する。これを解決する方法として、バッテリーを一元化し、各ウェアラブルデバイスに電力を分配することが考えられる。しかし、バッテリーからデバイスまでをケーブルで繋ぐ場合、ケーブルがユーザの動きを阻害してしまう可能性がある。この問題は、特に、シャツとズボンなどの別々の衣類間や衣類とデバイス間で電力を送る必要がある場合、大きな問題となる。そこで、本研究では無線電力伝送技術を使い、衣類を介しバッテリーからデバイスへ無線で電力を供給することを考える。対象とするデバイスは、一般に広く普及しているスマートウォッチとし、シャツの袖と無線電力伝送を行う場面を想定する。この時、スマートウォッチとシャツの袖にコイルを取り付けると位置ズレが発生する。そこで、コイル間に位置ズレが発生した際の電力伝送効率を、シミュレーションにより評価し、適切なコイル形状について明らかにする。なお、無線電力伝送を行うにあたり、本研究では位置ズレに強い磁界共鳴方式を採用する。

Neilらは、導電性インクなどを用い衣類上に直接、無線電力伝送用のコイルを作成し、衣類間での無線電力伝送を行った[1]。しかし、これらの研究ではコイル間の距離のみ変更し、伝送効率を測定している。スマートウォッチと衣類間で無線電力伝送を行う際には、コイル間が離れるのみだけでなく、横ズレが発生する。そのため、横ズレが発生した場合、どのように伝送効率が変わるのか評価する必要がある。本研究では、衣類とデバイス間を対象とした効率的かつ、ズレに対してロバストな電力伝送を行うためのコイル形状を明らかにする。

適切なコイル形状を検討するにあたり、デバ

イス側に取り付けるコイルサイズは一般に流通しているスマートウォッチのサイズを参考に、3cm×3cm以内に収まるように設計する。また、衣類側のコイルは手首にそって曲がることが予想されるため、曲げを発生させる。これらの条件のもとでコイルを設計し、シミュレーションを行う。

2.評価実験

2.1 コイルの組み合わせによる評価

衣類側とデバイス側それぞれについて、無線電力伝送でよく用いられる正方形、円形のそれぞれの組み合わせを用いた場合の合計4パターンについてシミュレーションを行った。コイルはそれぞれ、3cm×3cmの正方形、直径3cmの円形とした。なお、それぞれのコイルは巻き数3、線幅0.2cm、線の間0.1cm、厚さ0.035cmとした。衣類とデバイスのコイル間は布の厚さを考慮し0.04cmとした。衣類側を一次側(送信コイル)とし、コイルは手首にそった場合を想定して曲げ半径4cmの曲げを発生させた。一方、デバイス側を二次側(受電コイル)とし、コイルは曲げ無しとした。コイルの共振周波数は曲げ無しの状態でISMバンドである13.56MHzとなるようにした。図1にシミュレーションで用いたコイルのモデルを示す。シミュレーションには電磁界シミュレータANSYS HFSSを使用した。コイル間に発生するズレによる影響を計測するために、図1に示すように腕の軸方向と横方向に-8cm~8cm、高さ方向に0~8cmの範囲でデバイス側コイルの位置を変更した。なお、すべての条件において0.1cm刻みで移動させた。

図2にシミュレーション結果を示す。なお、シミュレーション結果にシミュレータの不具合が原因と考えられる値が入った。そのため、これ以降全てのシミュレーション結果はその値を除去した結果を示す。図2より、ズレがない場合において衣類側とデバイス側ともに正方形コイルを用いると最大効率が最も高くなり、その時の効率は56%であった。衣類側とデバイス側ともに正方形コイルを用いた場合、ズレが発生した場合であってもほぼ全域において、効率が最も高くなった。よって、衣類とデバイス間で無線電力伝送を行う場合、正方形コイルを用いる

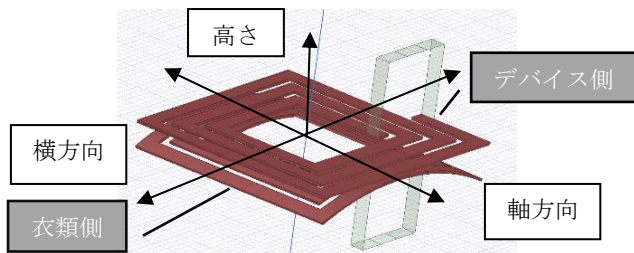


図 1 シミュレーションで用いた 3D モデルの内の一種と、ズレを発生させた方向

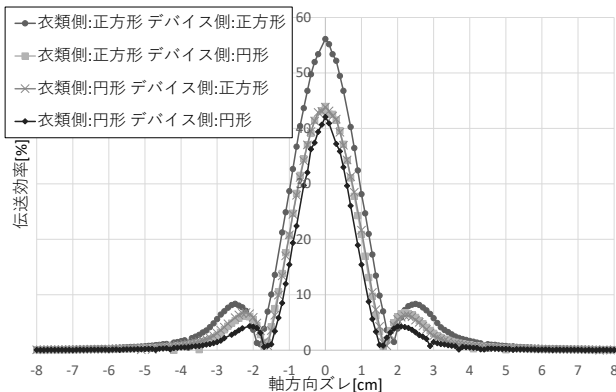


図 2 腕の軸方向にズレを発生させた場合のシミュレーション

組み合わせが最もよいと言える。しかし、図 2 より、ズレが発生した場合に、伝送効率が急激に落ち込むことが分かる。

2.2 ズレに対する強さを向上させる方法

次に、ズレに対する効率の低下を軽減させる方法の検討のため、衣類側のコイルを大型化し、長方形にした。そして、2.1 章でのシミュレーションと同様にズレを発生させ、伝送効率の評価を行った。コイルは横方向 (図 1 参照) に拡大し、3cm×10cm の長方形とした。図 3 に軸方向へのズレをコイルに発生させた場合の結果を示す。図 3 より、腕の軸方向にズレを発生させると、±2 cm の範囲では正方形同士の組み合わせに比べて全体的に効率が低下するのが分かる。図 4 に横方向へのズレをコイルに発生させた場合の結果を示す。図 4 より、ズレが無い場合の効率は、正方形同士の場合は 56%、衣類側を長方形コイルとした場合は 48% となり低下することが分かる。一方、横方向のズレが±0.5cm 以上になると、コイルを大型化した方が効率は高くなるのが分かる。従って、横方向に±0.5cm 以上のズレが衣類とデバイス間に発生する場合、衣類側のコイルは長方形にした方が効率よく電力伝送できるが、軸方向にズレが発生すると効率は下がると思われる。

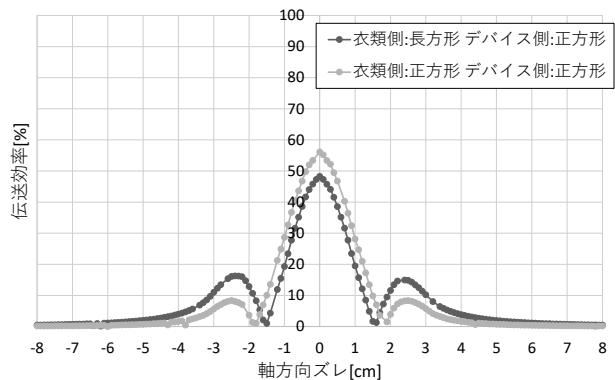


図 3 軸方向のズレを発生させた場合のシミュレーション結果

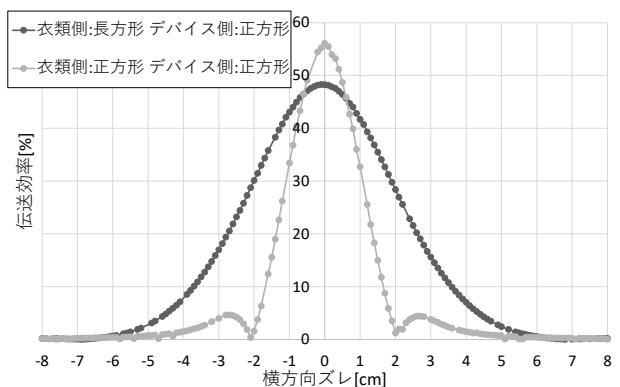


図 4 横方向のズレを発生させた場合のシミュレーション結果

3. 結論

本研究では、腕に装着するデバイスと衣類間での無線電力伝送における適切なコイル形状をシミュレーションにより調査した。シミュレーションの結果、衣類側とデバイス側ともに正方形コイルを用いた場合に最大効率が得られることがわかった。しかし、1cm 以上のズレが発生すると効率は半分以下となることがわかった。次に、衣類側のコイルを長方形とした場合、最大効率は低下するものの、ズレに対して効率の低下を抑えることができることがわかった。しかし、長方形の短辺方向のズレに対しては、より効率が下がることがわかった。

参考文献

- [1] Neil J. Grabham, Yi Li, Lindsay R. Clare, Bernard H. Stark, and Stephen P. Beeby, "Fabrication Techniques for Manufacturing Flexible Coils on Textiles for Inductive Power Transfer," IEEE SENSORS JOURNAL, VOL. 18, NO. 6, Pages 2599-2606, 2018.