

# 高 Q 値超伝導ソレノイダルコイルを用いた小型コイルへの高効率無線電力伝送

## Development of High Transfer Efficiency Wireless Power Transfer system using High Q Factor Superconducting Solenoidal Coil for small coil

山梨大,<sup>○</sup>(M1)海老原 魁, 内田 孝紀, 作間 啓太, 關谷 尚人

Yamanashi Univ.<sup>1</sup>

<sup>○</sup>Kai Ebihara, Takanori Uchida, Keita Sakuma, Naoto Sekiya

E-mail : nsekiya@yamanashi.ac.jp

### 1. はじめに

現在、カプセル内視鏡はボタン電池によって駆動しているため限られた機能しか利用できないが、ワイヤレス電力伝送 (Wireless Power Transfer: WPT) により体外から電力供給が可能になれば、自走機能や治療機能などの多機能化が期待できる。しかし、カプセル内視鏡内に搭載できる受電コイルは小さく、送電コイルとの結合が非常に小さくなる。そのため、高効率に WPT を行うためには、送電コイル (銅線) の導体損失を減らして高 Q 値コイルを実現しなければならないが、銅線の導体損失を大幅に改善することは困難である。これに対し、我々は、高周波で低損失を実現できる高周波用超伝導線材を開発した[1]。また、体内で移動するカプセル内視鏡に安定的に電力伝送を行うためには磁界分布が均一なソレノイダルコイルが適しているため、高周波用超伝導線材を使用して高 Q 値のソレノイダルコイルを設計した[2]。

本研究では、設計した超伝導ソレノイダルコイルを作製し、それを WPT の送電コイルに使用することで小型コイルとの WPT の高効率化を図る。

### 2. 実験方法

超伝導ソレノイダルコイルを実現するためにはコイルの形を維持する支持材が必要となる。支持材の影響を抑えるため、誘電体損失が小さいサファイアを支柱として使用し、これに高周波用超伝導線材を巻き付けてコイルを作製した。図 1(a)に作製したソレノイダルコイル、図 1(b)に小型コイルを示す。Q 値及び WPT の伝送効率はネットワークアナライザを使用して S パラメータの通過特性を測定し、算出した。

伝送効率は①小型コイルをソレノイダルコイルの中心に配置した場合、②中心から線材方向へ移動させた場合、③ソレノイダルコイルの中心軸方向に移動させた場合、④中心で小型コイルの軸を傾けた場合について伝送効率の変化を測定し、それぞれ銅コイルと超伝導コイルで比較した。

### 3. 測定結果

作製した超伝導ソレノイダルコイルの Q 値は 13,755 となった。同形状の銅コイルの Q 値は 1,037 であり、銅コイルの約 13 倍となる非常に高い Q 値を持つソレノイダルコイルを実現した。

伝送効率の測定結果はここでは④についてのみ記述し、その他の結果については当日述べる。図 2 に④の測定結果を示す。角度ずれ 80°における伝送効率が銅コイルは 6.6%だが超伝導コイルでは 24.8%まで改善することがわかった。また 0° に対する 80° の減少率は銅コイルで 78.4%、超伝導コイルで 52.3%であるため、結合

係数が小さくなった場合でも高 Q 値の超伝導コイルを使用すると伝送効率の低下が抑えられることがわかった。

### 4. まとめ

超伝導ソレノイダルコイルを作製し、Q 値の測定と小型コイルとの WPT を行った。Q 値は 13,755 と銅コイルの約 13 倍となる非常に高い Q 値を実現した。WPT は位置ずれや角度ずれに対する伝送効率を測定し、角度ずれについては最もコイル同士の結合が低い 80° では銅コイルと比較して超伝導コイルでは約 275%の改善が得られた。また、0° に対する 80° の減少率は超伝導コイルの方が小さくなり、高 Q 値の超伝導コイルを利用する利点が見られた。今後は人体の影響を考慮した形で検討を行う。

### 謝辞

本研究は令和 3 年度パワーアカデミー特別推進研究の補助を受けて実施した。

### 参考文献

- [1] N. Sekiya *et al.*, *IEEE Trans. Superconductivity.*, vol. 27, no. 4, 6602005, June 2017.
- [2] 内田 他, 応用物理学会春季学術講演会, 23a-D214-7, 2022

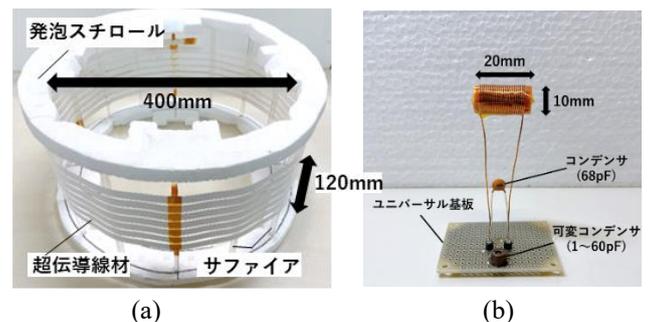


Fig1. Fabricated coils: (a)Superconducting Solenoidal coil, (b)Small coil

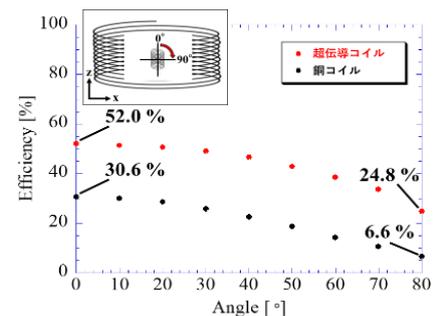


Fig2. Angular deviation versus measured efficiency