

磁界共鳴型無線電力伝送における磁界分布の計測・解析

一谷 今日平 佐々木 謙太 佐々木 昌浩

芝浦工業大学工学部電子工学科 〒135-8548 東京都江東区豊洲 3-7-5

E-mail: {g09006, g09033, m-sasaki}@shibaura-it.ac.jp

あらまし 磁界共鳴型無線電力伝送システムにおいて、受電デバイスの共振器を送電デバイス周辺に配置した場合や送電コイルを複数設置した場合における送電装置周辺の磁束分布を測定し視覚化した。さらに、受電側消費電力や送受電コイル間の距離に対する電力伝送特性の変化をまとめた。

キーワード 無線電力伝送, 磁界共鳴, 磁界分布

Analysis of magnetic flux distribution generated by magnetic field resonant coupling WPT system.

Kyohei ICHITANI Kenta SASAKI Masahiro SASAKI

Shibaura Institute of Technology 3-7-5 Toyosu, Koto-ku, Tokyo, 135-8548 Japan

E-mail: {g09006, g09033, m-sasaki}@shibaura-it.ac.jp

Abstract We analyze magnetic flux distribution around the power transmission device of magnetic field resonant coupling WPT system in case of placing power receiving device and second power transmission coil. We also analyze characteristics of power transmission about transmission distance power consumption at power receiving device.

Keyword Wireless Power Transmission, Magnetic resonance, Magnetic field

1. まえがき

近年、無線電力伝送に関する技術研究や製品開発が盛んに行われており、携帯電話などの小型デバイスから、電気自動車や産業機械といった大電力を要する機械まで多くの用途において実用化が進められている。

無線電力伝送技術において、特に注目を浴びているのが磁界の共鳴現象を用いた磁界共鳴型無線電力伝送である。この方式は、電磁誘導方式と比較して送電コイルと受電コイルの位置関係の自由度が高いという特徴があり、給電可能な範囲が広いため移動体への電力供給という応用も検討されてきている。磁界共鳴型無線電力伝送を用いて、電源供給安定度の向上や高伝送効率を実現するために送電デバイスが発生させる磁束分布の確認が必要になってきている。

本論文では水平、垂直方向に受電コイルを移動させ、対象となる負荷の有無で計測を行い、様々な環境における磁束分布と効率の実態を明らかにすることで、安定的な無線電力伝送システムの構築および実用化につなげる。

2. 磁界共鳴型 WPT システムについて

本実験で使用した無線電力伝送システムの構成図を図1に示す。当システムは次の条件で動作させる。

- LC共振器ドライバに DC 6V 印加
- 送信コイル: 直径 30cm, インダクタンス 100 μ H
- 受信コイル: 直径 20cm, インダクタンス 80 μ H
- 動作周波数: 500kHz

受電側には電子負荷装置が接続されており、受電側の消費電力を制御することができる。

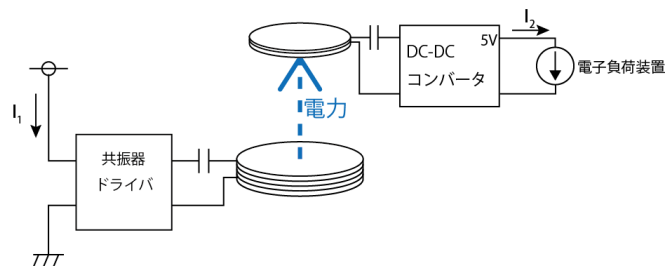


図1: 実験に用いたシステムの構成

3. 磁界分布の測定

3.1 測定手法(共通)

実験に用いた電力伝送システムの磁束分布を視覚化するため、LeCroy LC534A デジタルオシロスコープに、Beehive Electronics 100C 磁界プローブを接続して磁束密度を測定した。この時、磁界プローブの向きは送電コイルと並行としている(図2)。

測定した結果は磁束密度に換算し、磁界分布として示す。送電条件として、送電側コイルが1つ、および2つの場合において、また、それぞれ受電側が存在しない場合、受電側が存在する場合を測定した。

3.2 測定条件1(送電コイル1つ・受電側なし)

計測する座標は送電コイルの平面に水平な軸をX軸、送電コイル中心に垂直な軸をY軸とし、X,Y軸によって構成される平面上に設定した(図2)。XY平面において、コイルの中心からの距離を5cm間隔で0cmから40cmまで変化させて測定した。結果を図3に示す。

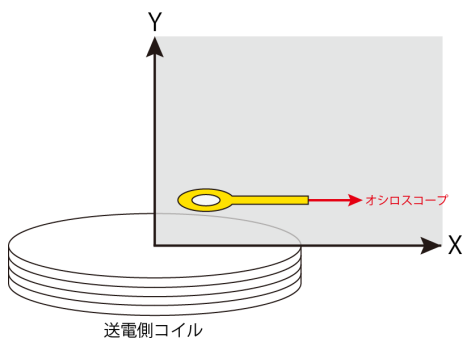


図2：測定範囲(送電コイル1つ・受電側なし)

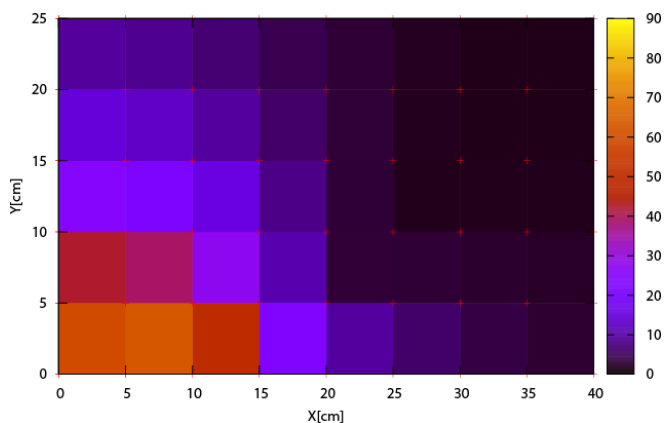


図3：磁束分布(受電側なし) [磁束密度単位 μT]

3.3 測定条件2(送電コイル1つ・受電側あり)

受電側の消費電力を100mW固定とし、送受電コイル間の距離を0cm, 10cm, 20cmに変化させたときの各点での磁束密度を測定した(図4)。

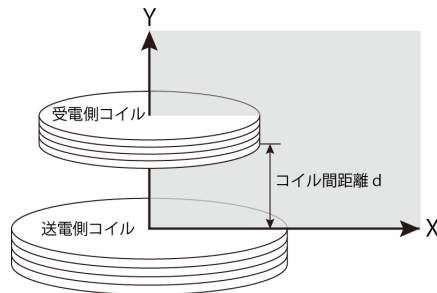


図4：測定範囲(送電コイル1つ・受電側あり)

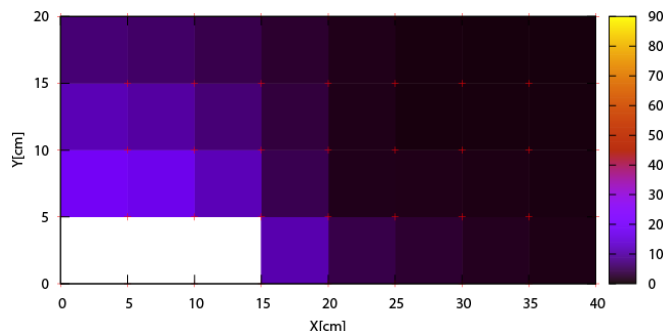


図5：磁束分布(d=0cm) [磁束密度単位 μT]

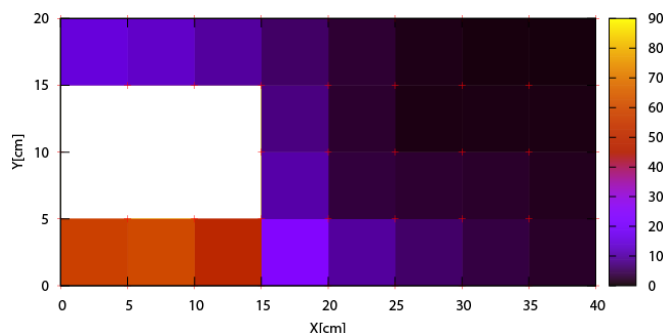


図6：磁束分布(d=10cm) [磁束密度単位 μT]

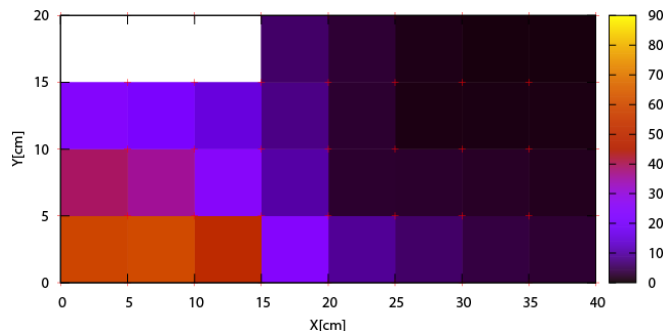


図7：磁束分布(d=20cm) [磁束密度単位 μT]

3.4 測定条件3(送電コイル2つ・受電側なし)

送電コイル2つを使用したときの磁束分布を測定する。測定する座標は2つの送電コイル円の中心を通る軸をX軸、コイルの垂直方向をY軸と設定し、X,Y軸で構成される平面上に設定した(図8)。

尚、今回の実験では試験評価されることが少ない 2 つのコイル間の電圧と電流の位相を 90° ずらした状態での実験を行った。測定結果を図 9 に示す。

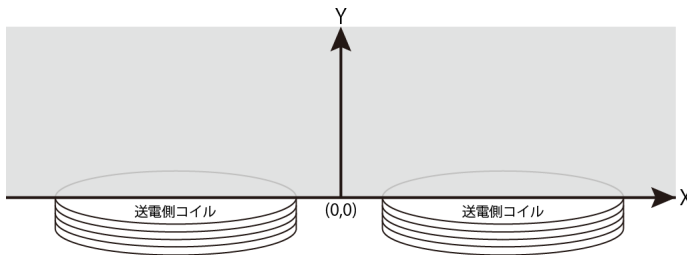


図 8：測定範囲(送電コイル 2 つ・受電側なし)

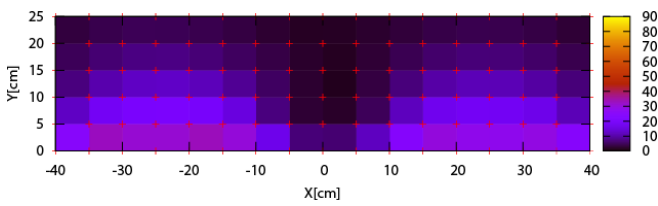


図 9：磁束分布(受電側なし) [磁束密度単位 μT]

3.5 測定条件 4 (送電コイル 2 つ・受電側あり)

2 つの送電コイルの中心を通る線を X 軸とし、Y 軸上の 2 コイルの中心軸から等距離の点を (0,0) とする。片方の送信側コイルの中心軸を通るように受信側コイルを配置した時(図 10)と、その点から (0,0) 方向に 12.5cm ずらした点に配置した時(図 14)の 2 通りでそれぞれ高さを変化させて周辺の磁束分布を測定した。受電側消費電力は送電コイル 1 つの時と同様に 100mW 一定とした。図 10 での測定結果を図 11~13、図 14 での測定結果を図 15~図 17 に示す。

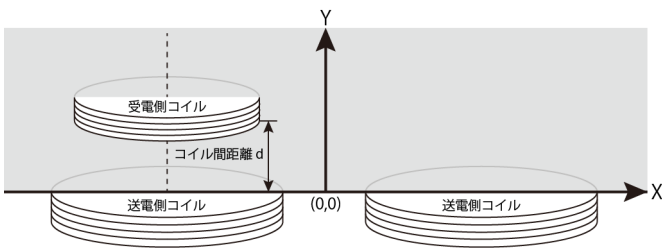


図 10：測定範囲(送電コイル 2 つ・送電コイル軸上)

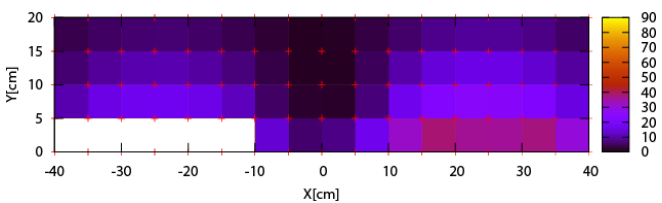


図 11：磁束分布($d=0\text{cm}$) [磁束密度単位 μT]

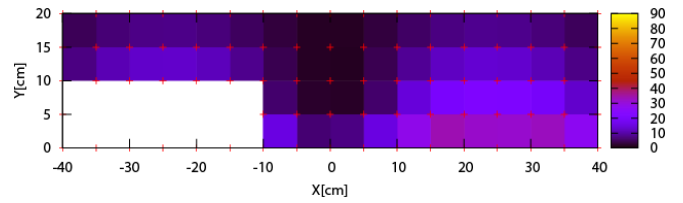


図 12：磁束分布($d=5\text{cm}$) [磁束密度単位 μT]

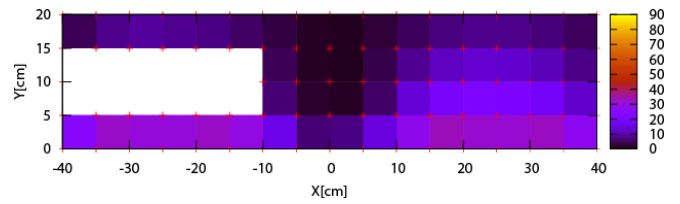


図 13：磁束分布($d=10\text{cm}$) [磁束密度単位 μT]

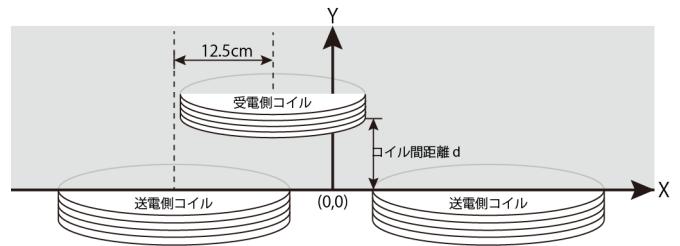


図 14：測定範囲(送電コイル 2 つ・受電コイルずれ)

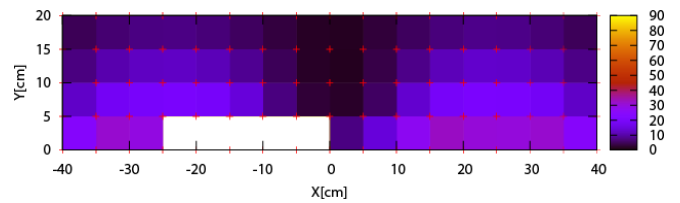


図 15：磁束分布(配置ずれ $d=0\text{cm}$) [磁束密度単位 μT]

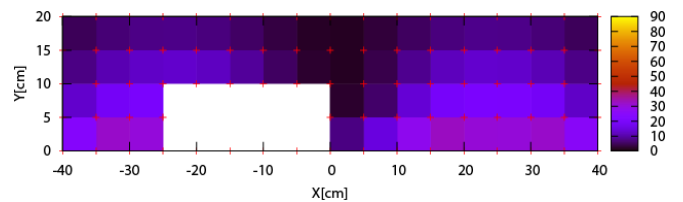


図 16：磁束分布(配置ずれ $d=5\text{cm}$) [磁束密度単位 μT]

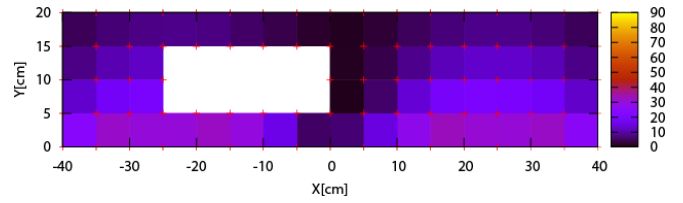


図 17：磁束分布(配置ずれ $d=10\text{cm}$) [磁束密度単位 μT]

3.6 結果について

送電コイルの周辺に受電コイルを配置して送電を行った場合、結合した受電側コイルからも磁界が発生すると考えていた。しかし、実測した結果は受電コイルからは磁束が発生しておらず、予想との相違が見られた。

4. 効率測定

4.1 測定手法

電子負荷装置によって、受電側消費電力を変化させ、受電側の消費電力に対する送電側電力、電流を測定した。送電コイル中心からのY軸方向の距離を変化させ、送受電コイル間の距離を、0cm から 20cm まで 5cm 間隔として測定を行った。送電コイルの数は1つのみとした。結果は受電側電流－送電側電流のグラフ、受電側消費電力－送電効率のグラフで示す。

4.2 測定結果

受電側電流－送電側電流を図 18 に、受電側消費電力－効率を図 19 にそれぞれ示す。各コイル間距離のデータで電流が大きい側の線が切れているのは、送電できる最大の電流に達したからであり、その先は測定値が安定せず測定することができなかった。

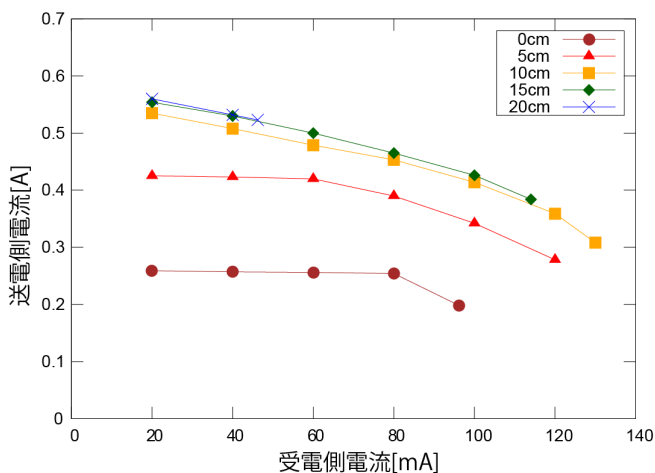


図 18：受電側電流－送電側電流

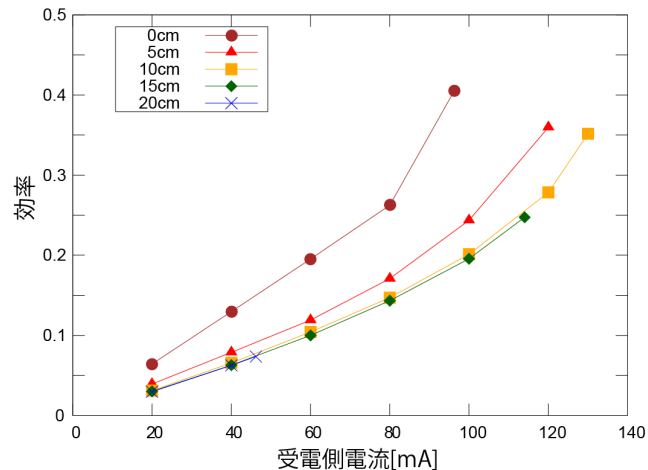


図 19：受電側消費電力－効率

4.3 実験結果について

図 18 において遠距離になるほど送電側への影響が少なくなる傾向が見られた。これは送電側と受電側の結合による共振器インピーダンスのずれが原因だと考えられる。

また、図 19 の測定結果より、送電側コイルと受電側コイルの距離が離れると 2 次側に伝送できる最大電力は小さくなるが、効率は 1 つの曲線に収束していく傾向が見られた。

5. 結び

今回の計測では、受電側コイルを配置した条件での磁束密度の計測において、予想結果との相違点が見られた。この相違点については今後、さらに細かい条件設定を行った上で実測を重ね、真偽について検討していく必要がある。

また、今回の計測では 2 つの送電コイルの電流・電圧位相を同相としたとき、逆位相としたときの磁束分布を測定することができなかった。この条件については速やかに測定を行う予定である。

最後に、当研究を行うに当たって技術のご支援をいただきました株式会社アドバンテスト様には深く御礼申し上げます。

文 献

- [1] 日経エレクトロニクス編，ワイヤレス給電のすべて，日経 BP 社，2011
- [2] トランジスタ技術 SPECIAL 編集部，グリーン・エレクトロニクス No.6 ワイヤレス給電の技術と実際，CQ 出版社，2011