

ワイヤレスエネルギー伝送用励振コイルとして楕円形コイルと円形コイルアレーを用いた場合の磁界分布の検討

○堀米 滉平[†]

越地 福朗^{†,*}

越地 耕二^{‡,*}

[†]国士舘大学大学院 工学研究科 電気工学専攻

[‡]東京理科大学 理工学部 電気電子情報工学科

*東京理科大学 総合研究機構

〒154-8515 東京都世田谷区世田谷 4-28-1

E-mail : s3me101o@kokushikan.ac.jp

1. はじめに

電磁界共振結合によるワイヤレスエネルギー伝送における、さらなる伝送距離の延長方法として、エネルギー伝送用の無給電中継コイルを同一平面にアレー状に配置する方法が提案されている[1]. これらの中継コイルを平面に配置する場合、励振コイルと中継用無給電コイルに誘導される電磁界の位相などが異なることにより、受信コイルへの伝送特性が影響を受ける. 本研究では、1つの励振円形コイルと2つの無給電円形コイルを用いた円形コイルアレーによるエネルギー伝送と、円形コイルアレーと同一面積で構成される単一の楕円形コイルによるエネルギー伝送について、受信コイルの位置に対する伝送特性および磁界分布について検討を行う.

2. 電磁界解析モデル

図1に本稿でワイヤレスエネルギー伝送を検討する電磁界解析モデルを示す. 図1(a)は、円形コイルアレーによるエネルギー伝送モデルであり、1つの励振円形コイルと2つの無給電円形コイルがxy面に配置された構成である. また、z軸方向に距離 d 離れた位置に円形受信コイルが配置されている. 図1(b)は、同図(a)に示す円形コイルアレーと同一面積で構成される単一の励振楕円形コイルを用いるエネルギー伝送モデルであり、励振楕円形コイルは、xy面に配置されている. また、同図(a)と同様に、z軸方向に距離 d 離れた位置に円形受信コイルが配置されている. 図1(a), (b)のモデルともに、励振コイルには内部抵抗が $50\ \Omega$ の励振源が接続されている. 受信コイルには受信抵抗として $50\ \Omega$ が挿入されている. なお、同図(a)における無給電コイルには、抵抗やインダクタンス、キャパシタンスなどの負荷は接続されていない. コイルの寸法は、図1に示すとおりであり、このとき、円形コイル、楕円形コイルともに共振周波数は、 $67\ \text{MHz}$ となるように設計している.

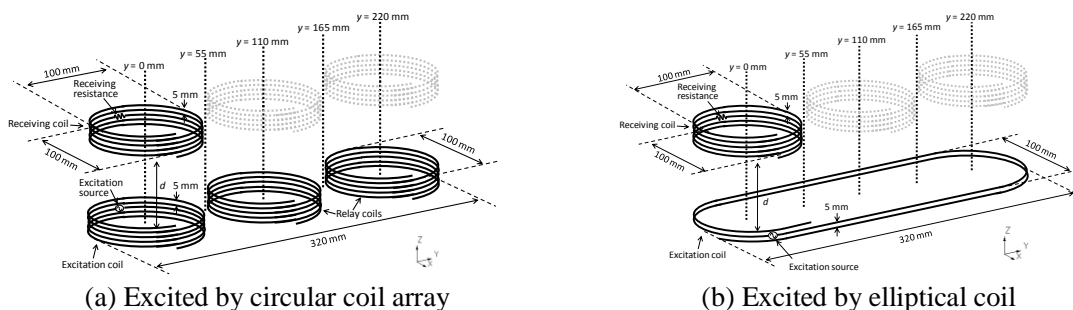


Fig. 1 Configuration of simulation models for power transfer

3. 伝送特性

図2は、送信コイルと受信コイルとの間の距離を $d = 50\ \text{mm}$ に固定し、受信コイルを $y = 0\ \text{mm}, 55\ \text{mm}, 110\ \text{mm}, 165\ \text{mm}, 220\ \text{mm}$ と変化させたときの伝送特性 $|S_{21}|$ である. 図2(a), (b)は、それぞれ、図1(a)円形コイル、(b)楕円形コイルを励振コイルとするモデルにおける伝送特性 $|S_{21}|$ を示している.

図2(a)に示すように、円形コイルアレーを励振コイルとして用いた場合には、伝送特性が良好となる周

波数帯が、64~71.5 MHz と帯域に幅があり、伝送特性の変化も大きいことがわかる。特に、中心周波数である 67 MHz に着目すると、受信コイルの位置が $y = 0$ mm の場合には、 $|S_{21}| = 0.9$ が得られるが、 $y = 110$ mm の場合には、 $|S_{21}| = 0.1$ 程度と大きく悪化している。一方、同図(b)に示すように、楕円形コイルを励振コイルとして用いた場合には、伝送特性が最も良好となる周波数は 67 MHz 一定であり、 $y = 0 \sim 220$ mm の範囲では、位置によらず、伝送特性も、 $|S_{21}| = 0.88 \sim 0.91$ と安定している。

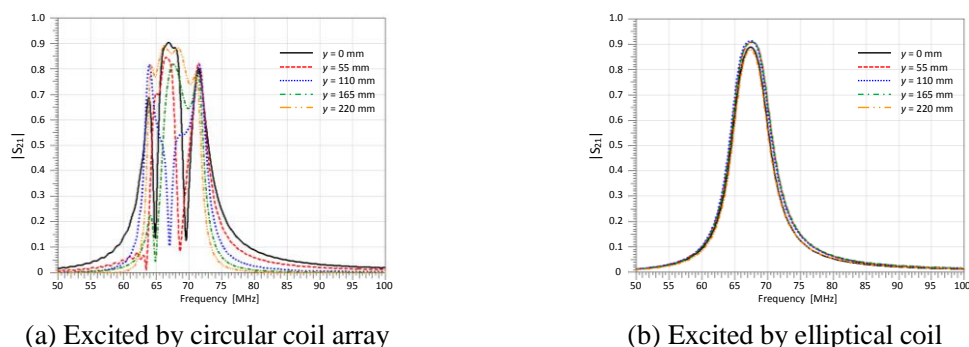


Fig. 2 Transmission characteristics

4. 磁界分布

図 3(a), (b), (c)は、円形コイルアレーを励振コイルとしたときの、64 MHz, 67 MHz, 71.5 MHz における磁界分布をそれぞれベクトル表示したものである。また、図 4 は、楕円形コイルを励振コイルとしたときの磁界ベクトルを表示したものである。図 3, 4 ともに、受信コイルの位置は $y = 0$ mm の場合である。図 3 からわかるとおり、円形コイルアレーに励振される磁界ベクトルの位相（モード）が周波数毎に異なることに起因して、受信コイルの位置、および、周波数に依存して、伝送特性が大きく変動することがわかる。図 4 に示すとおり、楕円形コイルのどの位置でも、磁界ベクトルは z 軸の負側から正側の同じ向き（同相）となっており、受信コイルが $y = 0 \sim 220$ mm のどの位置にあっても磁界ベクトルは良好に鎖交することがわかる。

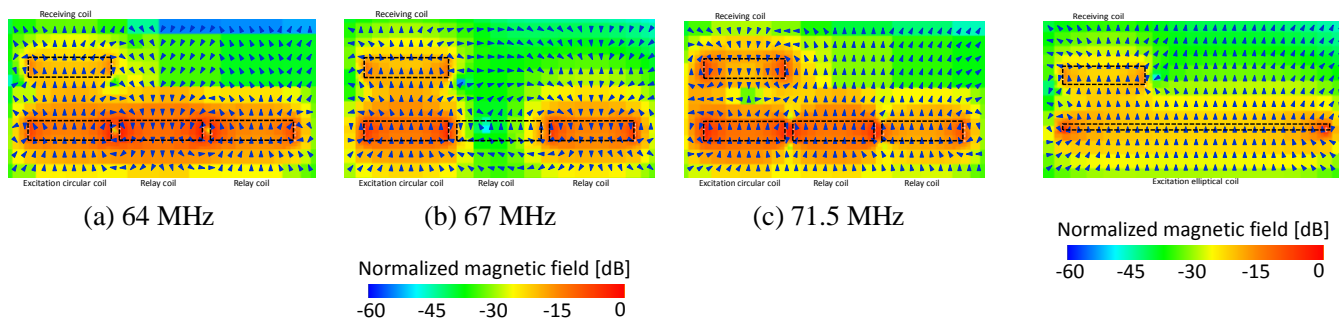


Fig. 3 Magnetic field distributions excited by circular coil array

Fig. 4 Magnetic field distribution at 67 MHz, excited by elliptical coil

5. まとめ

結果、円形コイルアレーを励振コイルとして用いた場合、受信コイルの位置、および、周波数によって、伝送特性が大きく変動することがわかった。これは、円形コイルアレーに励振される磁界ベクトルの位相が周波数毎に異なることに起因していることを確認した。また、楕円形コイルを励振コイルとして用いた場合、伝送特性が最も良好となる周波数は 67 MHz 一定であり、受信コイルの位置によらず安定したエネルギー伝送が可能であることがわかった。これは、楕円形コイルのどの位置でも磁界ベクトルが同相であり、受信コイルの位置に依存せず、良好に磁界ベクトルが鎖交するためであることを確認した。

参考文献

- [1] 西村太, 安倍秀明, “磁気共鳴型ワイヤレス電力伝送コイルのアレー化に関する一検討”, 2010 年電子情報通信学会ソサイエティ大会, B-1-5, Osaka, Japan, September 2010.