

ノートパソコンのためのワイヤレス給電

ーコイル間の位置ずれにおける効率および生体影響の解析ー

Wireless Electric Power Transmission for Notebook Computer

- Analysis of Efficiency and Biological Effect when the position of the coil changes -

○ 鈴木雄也 (東京理科大学) 柴建次 (東京理科大学)

Yuya SUZUKI, Tokyo University of Science

Kenji SHIBA, Tokyo University of Science

Abstract: Wireless electric power transmission systems do not require a cord and AC adapter to supply electric power. This paper presents an energy transmission system over a long distance for a wireless notebook computer. The transmitting coil is implanted in the floor, and the receiving coil is implanted in the notebook computer; consequently, the battery of the notebook computer can be charged anywhere around the room. The energy transmission efficiency and the biological effects of the electromagnetic field were analyzed using an electromagnetic simulator when the position of the coil and the human body changes. The specific absorption rate is below the basic restrictions of the International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. At the same time, energy of 50 W, which is the necessary maximum energy for a notebook computer, can be safely transmitted.

Key Words: Wireless Electric Power Transmission, SAR, Notebook computer

1. 緒言

近年、非接触による電力伝送が注目されており、様々な電子機器への給電に応用しようと盛んに研究が行われている^{(1),(2)}。その中で、伝送効率が高効率であるものが多数報告されている^{(3),(4)}が、送受電コイル間距離が0.5 mm~15 mmと密接である。そこで、本研究では床から電子機器の1つであるノートパソコンへの非接触電力伝送を想定し(送受電コイル間距離800 mm)、送電コイルが埋め込まれている室内であればいずれの場所でもノートパソコンへの電力供給可能にすること目標とした研究を行っている。本稿では、床からの給電を想定して、ノートパソコン最大必要電力である50 Wを伝送し、その際のコイル間の位置ずれによる電力伝送効率や放射される電磁界による生体影響の変動を電磁界解析により確認した。

2. 解析モデル

本研究における想定図を Fig. 1, 電磁界解析モデルを Fig. 2 に示す。直径96 cmの送電コイルと、ノートパソコンを想定した負荷抵抗9.5 Ω (5.3 Vのとき、ノートパソコン必要電力50 Wを得られる抵抗)を接続した直径7.9 cmの受電コイルの距離 l は80 cmと100 cmの場合で検討した。(Fig. 2 (a)) 送電コイルの厚さ h_1 は、7.5 cmとし、受電コイル厚さ h_2 はノートパソコンに内蔵する想定なので1 cmとした。送受電コイル共に、共振をとるためのコンデンサを直列に接続させており、共振周波数を400 kHzとした。また、それぞれのコイルの巻き数は、送電コイルが30回巻き、受電コイルが90回巻きとした。このモデルは、既に著者らにより、400 kHzにおける最大効率($l=80$ cmで約40%, $l=100$ cmで約28%)を得ることを、電磁界解析により確認したモデル⁽⁵⁾である。

コイル間の位置ずれにおける、電力伝送時に放射される

電磁界による生体影響を確認するために、簡易人体を作成した。受信コイルと手の距離 h_3 を3 cmと固定した。送電コイルと胴体の距離 h_4 は、コイル間距離 $l=80$ cmのとき5 cm、コイル間距離 $l=100$ cmのとき25 cmとした。ここで、 $l=80$ cmで $h_4=5$ cmのモデルを Model 1, $l=100$ cmで $h_4=25$ cmのモデルを Model 2 とする(Fig. 2 (b))。また、受電コイルの真上に片手が位置するようにモデリングした。この簡易人体の生体組織は筋のみとし、筋の各周波数における導電率および比誘電率は、IFACが提起する値⁽⁶⁾を使用した。(400 kHz 時の筋: 導電率 $\sigma=0.428$ [S/m], 比誘電率 $\epsilon_r=4339.3$)電磁界による生体影響の指針は SAR (Specific Absorption Rate)を使用し、国際非電離放射線防護委員会による基本制限値(公衆の暴露: 全体平均 SAR 0.08 [W/kg], 最大局所 SAR (10 g 平均) 2 [W/kg])⁽⁷⁾との比較により評価した。SARとは、単位質量の組織に単位時間に吸収されるエネルギー量であり、電磁界の発生による熱作用を数値に表した指針である。1~4 [W/kg]で1 °C上昇するとされている。

なお、コイルの解析にはモーメント法、簡易人体の解析には有限要素法を用いた。(使用ソフト: FEKO)

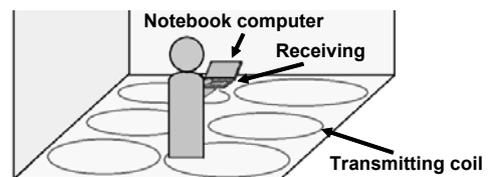
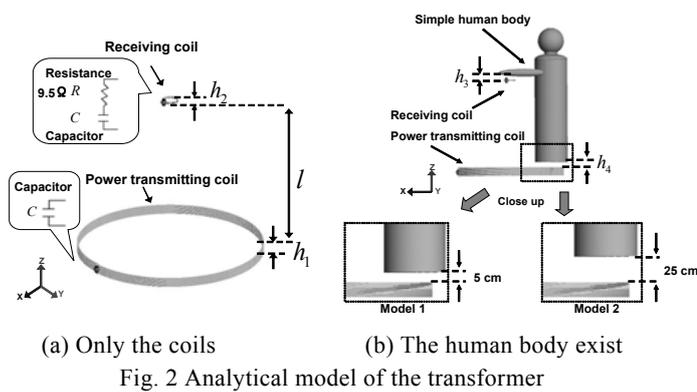
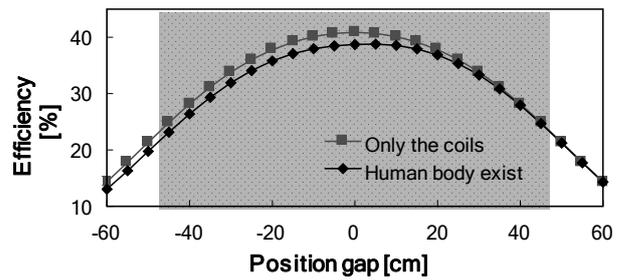


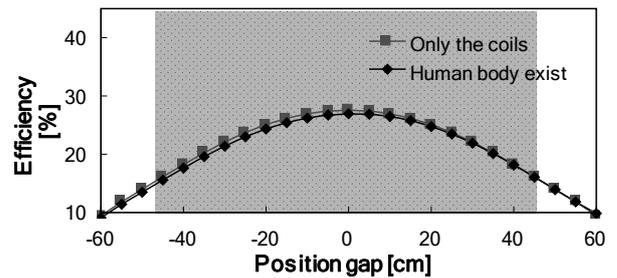
Fig. 1 Assumption of electric power transmission system



向になると、簡易人体が送電コイルの中央に近づくためである。そのため、送電コイル側のインピーダンスが増加し、共振周波数がずれたためであると考えられる。



(a) Model 1



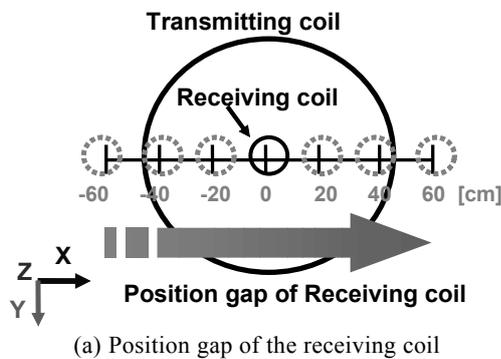
(b) Model 2

Fig. 4 Relationship between the coil position gap and the efficiency

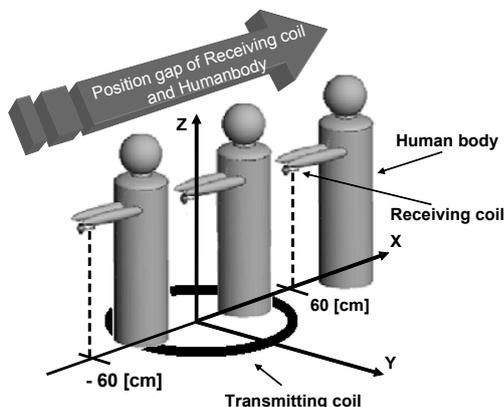
3. 結果及び考察

3-1 コイル間の位置ずれによる効率変動

Model 1, 2 におけるコイル間の位置ずれによる電力伝送効率の解析を行った。以下の Fig. 3(a) のように、送受電コイルの中心が同軸上にあるときを 0 cm とし、受電コイルと簡易人体共に(Fig. 3(b)) X 軸方向に 5 cm ごとに -60 cm から 60 cm の範囲でずらした。



(a) Position gap of the receiving coil



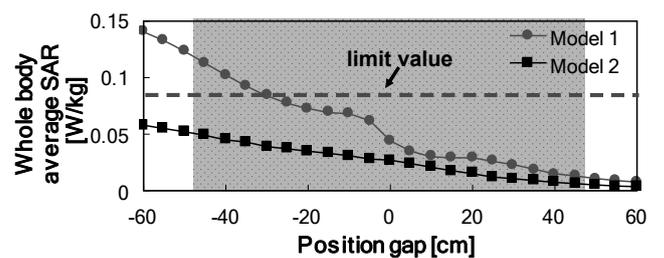
(b) Position gap of the receiving coil and the human body

Fig. 3 Schematic of the coil and the human body position gap

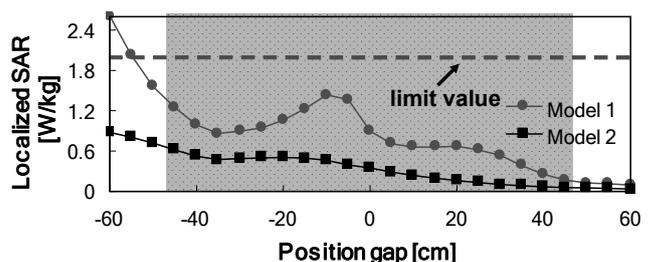
効率変動の結果を以下の Fig. 4 に示す。図中の灰色領域は、送電コイルの領域を表す。Model 1 は Model 2 に比べ送受電コイル間の距離が短いため、電力伝送効率が高くなっている。しかし、送電コイルと簡易人体の距離が近い Model 1 の方が、簡易人体による効率の減衰が大きいたことが分かる。これは、Model 2 に比べ送電コイルと簡易人体の距離が短く、より多くの電力が吸収されたと考えられる。また、Model 1 と Model 2 共に、ポジションギャップが正方向よりも負方向にずれた方が大きく伝送効率が減衰していることが見てとれる。これは、ポジションギャップが負方

3-2 コイル間の位置ずれによる SAR の変化

3-1 と同様に、Fig. 3 のようにコイル間の位置がずれる際の SAR の解析を行った。ノートパソコン必要電力である 50 W を伝送した際の、最大局所 SAR の変化を Fig. 5 に示す。また、図中の灰色領域は送電コイルの領域を、破線は基本制限値を表している。



(a) Whole body average SAR

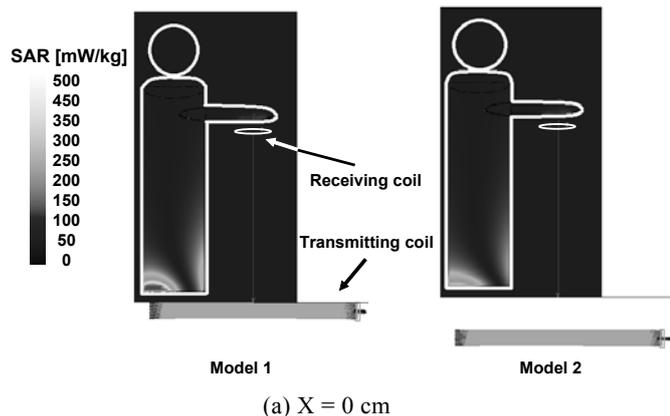


(b) Localized SAR

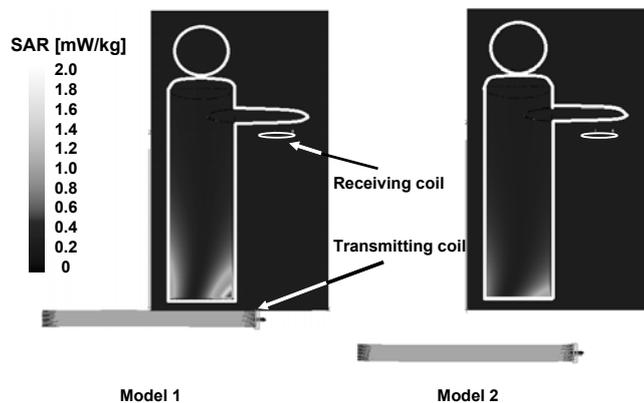
Fig. 5 Relationship between the coil position gap and SAR

Fig. 5 より, Model 1 において全身平均 SAR と最大局所 SAR とともに, 基本制限値を上回っていることが分かる. さらに, Model 2 は Model 1 に比べ, 各 SAR とともに小さい値であり, 変化が少ないことが見て取れる.

また, 簡易人体における SAR 分布図を以下の Fig. 6 に示す. Fig. 6 (a) では, ポジションギャップが 0 cm (Fig. 3 (b) X = 0 cm) の SAR 分布図, Fig. 6 (b) では, 全身平均 SAR と最大局所 SAR が最大となった, ポジションギャップが -60 cm (Fig. 3 (b) X = -60 cm) の SAR 分布になっている. 各モデルにおいて同じスケールとしている. この結果より, 送電コイル上の胴体に最大の SAR が確認でき, 受電コイル上の手の SAR はあまり大きくないことが分かる.



(a) X = 0 cm



(b) X = -60 cm

Fig. 6 Result of SAR distribution

次に, 全身平均 SAR と最大局所 SAR が最大となった, ポジションギャップが -60 cm (Fig. 3(b) X = -60 cm) の電界分布を, Fig. 7 に示す. Model 1 の図中の X 点の電界が 157 [kV/m], Y 点の電界が 6.5 [kV/m] となり, X 点は Y 点の約 24 倍の電界値をとることが確認できた. また, Model 2 の図中の X 点の電界が 2.5 [kV/m], Y 点の電界が 1.1 [kV/m] となり, X 点は Y 点の約 2.3 倍の電界値をとることが確認できた. このことより, Model 2 は Model 1 に比べ簡易人体にさらされる電界が, 均一になっていることがわかる. Fig. 5 で, Model 2 は Model 1 に比べ, 全身平均 SAR と最大局所 SAR とともに位置ずれによる変化が少ないことが見て取れたが, この結果により裏付けられる.

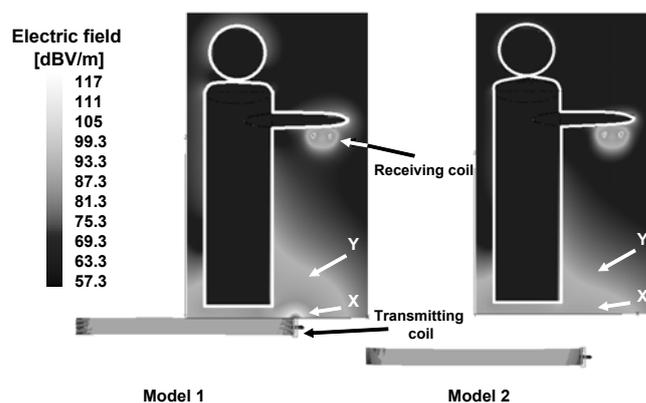


Fig. 7 Result of electric field distribution

4. 結語

本稿では, 床からノートパソコンへの給電を想定し, コイル間の位置ずれを検討した. その結果, 送電コイルと簡易人体の距離を大きくすることにより, 伝送効率の減衰や SAR の変動を軽減できることを確認した. しかし, コイル間距離を大きくすることにより伝送効率が低くなってしまいうので, 今後さらに最適な条件を検討する必要がある. また, 高効率かつ簡易人体にさらされる電界が均一になるような, 送電コイルを検討していく必要がある.

参考文献

- (1) R. Bhutkar, S. Sapre: Wireless Energy Transfer Using Magnetic Resonance, IEEE Second International Conference on Computer and Electrical Engineering, no.11072893, pp.512-516, Dec. 2009.
- (2) K. Hatanaka, F. Sato, H. Matsu, S. Kikuchi, J. Murakami, M. Kawase and T. Satoh, ExcitedComposition of Primary Side in a Position-Free Contactless Power Station System, The Magnetics Society of Japan, vol.26, no.4, pp.580-584, Jan. 2002.
- (3) P. Meyer, P. Germano, Y. Perriard: Modelling and design of a contactless energy transfer system for a notebook battery charger, XIX International Conference on Electrical Machines, no.11614895, pp.1-6, Sept. 2010.
- (4) 島中紘一ら, 位置決め不要な非接触電力伝送システムの送電側励磁構成に関する検討. 日本応用磁気学会誌 vol.26, pp.580-584, 2002.
- (5) 鈴木雄也, 柴建次: ワイヤレス電力伝送によるノートパソコンへの給電, 第 20 回ライフサポート学会フロンティア講演会予稿集 pp.63, 2011.
- (6) An Internet resource for the calculation of the dielectric Properties of the Body tissues in the frequency range 10Hz-100GHz, [Online]: Institute for Applied Physics, Available: <http://niremf.ifac.cnr.it/tissprop/>
- (7) Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300GHz) and (1Hz to 100kHz): International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, Health Phys, vol.5, no.4, pp.494-522, 1988.