

# 静電界結合によるワイヤレス電力伝送方式 に関する伝送実験

Transmission experiments of Wireless Power Transmission Technique using Capacitive coupling

常川 光一

Koichi TSUNEKAWA

**あらまし** ワイヤレス電力伝送の実現可能性を探るため、コンデンサを挿入した平衡二線伝送路により空間で電力を伝送する方式を提案した。これは局所的な2点に静電結合で電位差を発生させるものである。そこで本方式の実現性を確かめるため、イメージ法を利用した実験系を構築して伝送特性を検討した。この結果、伝送効率とは従来の共鳴方式と同等であることを実測で明らかにした。さらに本方式がダイポール構成であることを利用し、電力送信方向の制御が可能であることをシミュレーションにより示した。

## 1. まえがき

家庭やオフィスの電化製品などの電源コードを無くすワイヤレス電源供給の研究開発が2015年の実用化を目指して進められている<sup>(1)</sup>。特に電磁場共鳴技術による実装置が発表<sup>(2)</sup>されて以来、高い関心を集めて活発な研究が進められている<sup>(3)</sup>。我々も金属板同士の静電結合(コンデンサ)を用いて電力を伝送するワイヤレス伝送方式を提案した<sup>(4)</sup>。本方式は独立な2つの経路を用いて電位差(ポテンシャル)を伝送するものである。そこで本研究では本方式の実現可能性を探るため実験を行い、伝送特性を把握した。

## 2. 実験モデル

本方式の電力送受部はアンテナという概念ではなく「2つの電極を静電結合させる装置」という意味合いを持つ。そこで図1(a)に示すように平板金属電極を2枚ずつ対抗するように配置し、その片側の2枚に電力給電を行う構成になる。ただし、送信電力は高周波であるためインピーダンス整合を取る必要がある。そこで給電部からテーパ型線路で2枚の電極に接続する。しかし、このテーパ型線路は平衡系であるため、不平衡(同軸)ケーブルで出力する高周波電源装置に直接接続することは出来ない。それは不要放射を起こすため効率が劣化するのみならず、正確な測定ができないからである。そこで、グランドプレーンを用いたイメージ法による実験系を構築した。具体的な電極の構造を図1(b)に示した。本図からわかるように、大型金属板(グランドプレーン)の上に片方のみの電極を構成している。また装置の出力インピーダンスが $50\ \Omega$ であるのに対し、本電極は高インピーダンスでありかつ電極同士が静電結合するため、インダクタを直列に挿入することでインピーダンス整合を取っている。

本電極を2組製作し、金属版の上で伝送特性を測定した。測定状況を図2に示す。ネットワークアナライザを用いて測定線路の損失/位相を校正して、伝送

損失(結合係数)の周波数特性を測定した。電力伝送効率は最少伝送損失の値とし、その周波数も記録した。

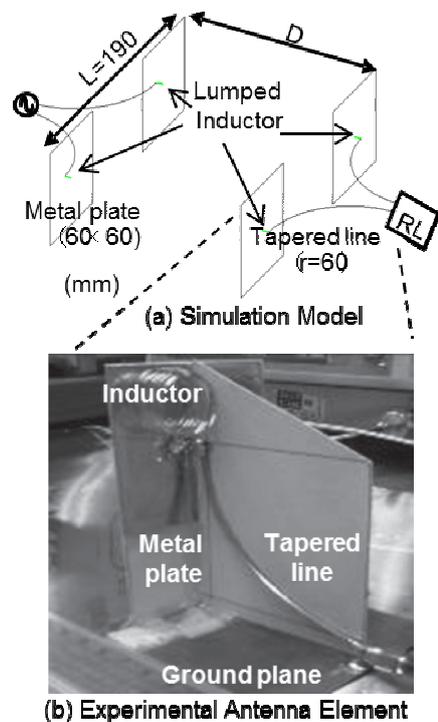


図1 電極(アンテナ)モデルと実験電極

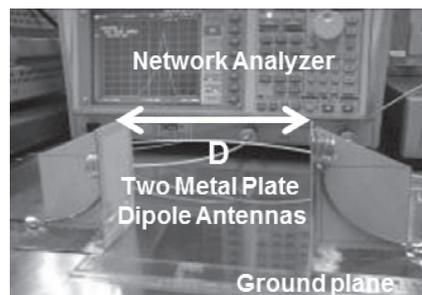


図2 伝送効率の測定環境

### 3. 実験結果

結合（伝送効率）と最大効率を得られた周波数について、実験結果をシミュレーションとの比較で図3に示した。実験では約10cmの間隔で伝送効率が-2dB(63%)となった。この値は従来の共鳴方式と同等の性能である。送受信間距離と効率特性（結合）は実験とシミュレーションでほぼ同じ値と傾向を示すが、最大効率周波数は約24Hz程度差があることがわかる。この差は、シミュレーションでは考慮されていないケーブル線路部の導体損失の影響であると考えられる。

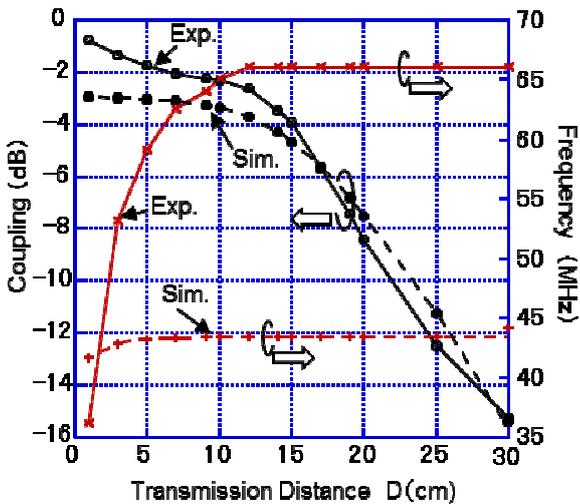


図3 伝送効率と周波数

この結果から、本方法により従来の共鳴方式と同等の伝送効率が得られることがわかった。

### 4. 送信電力制御法

実験で電界結合方式の実現性が明らかになったので、本方式の利点である送信方向制御法を検討した。

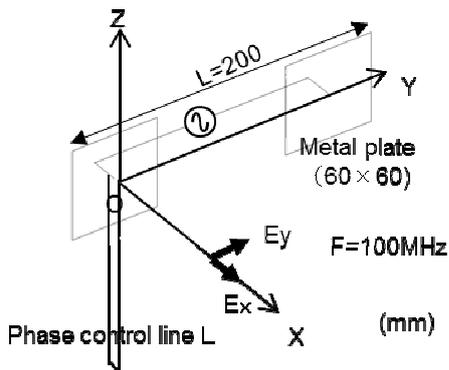


図4 送信方向の制御機構

図4に送信方向制御の方法を示す。本図のように片方の電極に遅延（位相制御）線路を接続し、各電極間の振動線電界の位相差を変化させるものである。本方式がダイポール構成であることを利用して電界の放射方向を制御できる。

図5にシミュレーションによる電極周辺の電界分布を示した。明らかに遅延線路の調整により周囲の電界

分布が制御できることがわかる。すなわち送受信電極の位置が正面で対抗していない場合でも、受信電極方向に最大効率となるように制御が可能であることを示している。ただし遅延線路の代わりに電子的位相制御機構が必要になるため、この損失による伝送効率の劣化が懸念される。

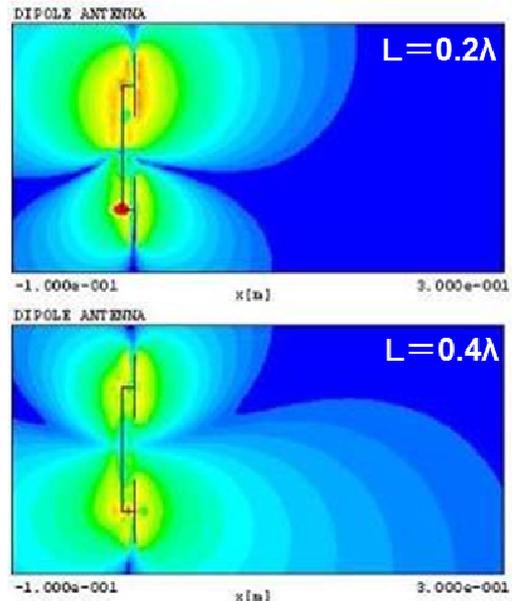


図5 位相線路による電界分布制御

### 5. まとめ

独立な2つの経路を用いて電位差（ポテンシャル）を伝送する静電結合形の無線電力伝送方式について、実験により特性を確認した。この結果、本方法は従来の共鳴方式と同等の伝送効率が得られることが明らかになった。さらに本方式の利点として、任意方向の受信器に対して、その方向に最大効率で伝送を行う「送信方向制御」が可能であることをシミュレーションにより示した。

### ・文献

- [1] 電波新産業創出戦略資料など、総務省、2009 [http://www.soumu.go.jp/main\\_content/000030537.pdf](http://www.soumu.go.jp/main_content/000030537.pdf)
- [2] A.Kurs,A.Karalis,R.Moffatt,J.D.Joannopoulos,P.Fisher,M.Soljadic, "Wireless Power Transfer via Strongly Coupled Magnetic Resonance", Scienc Express,Vol.317,No.5834,pp.83-86,2007
- [3] 居村岳広, 堀洋一“電磁界共振結合による伝送技術,” 電気学会誌, 129巻7号, pp.414-417, 2009
- [4] Koichi Tsunekawa," A Feasibility Study of Wireless Power Transmission System by using Two Independent Coupled Electric Fields ", IEEE MTT-S International Microwave Workshop Series (IMWS) on IWPT, IWPT 7-2,Proc.pp141-144,2011