

インピーダンス展開法  
 —モーメント法に基づく無線電力伝送システムの回路モデリング手法—  
**Impedance Expansion Method**  
 —Circuit Modeling Method for Wireless Power Transmission System Based on  
 Method of Moments—

羽賀 望<sup>†</sup>

Nozomi HAGA<sup>†</sup>

<sup>†</sup>豊橋技術科学大学

## 概要

インピーダンス展開法 (impedance expansion method、IEM) は、筆者が提案している無線電力伝送 (wireless power transfer、WPT) システムの回路モデリング手法であり、モーメント法におけるインピーダンス行列を複素角周波数  $s = j\omega$  に関してローラン級数展開することに基づき置く。例えば、展開されたインピーダンス成分のうち、 $s^{-1}$  及び  $s$  に比例する成分は、それぞれキャパシタとインダクタに相当する。また、 $s^2$  及び  $s^4$  に比例する成分は、それぞれ微小ダイポールアンテナと微小ループアンテナの放射抵抗に相当する。このインピーダンス展開法は、フィッティングを用いる方法とは異なり、事前の数値データなしに回路モデルの素子定数を特定できる。また、古典的なノイマンの公式とは異なり、図 1 のような自己共振コイルを用いた WPT システムにも適用でき、図 2 のような回路モデルが得られる。当初、IEM は周囲に何もない自由空間中の WPT システムを対象にしていたが、コイルの近傍に導体、誘電体、磁性体があるシステムも扱えるよう拡張されてきた。これにより、自動車の車体、樹脂、フェライトなど多様な媒質を含むシステムの回路モデリングが可能となった。

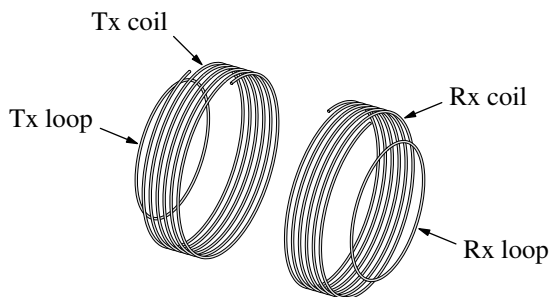


図 1 WPT システム

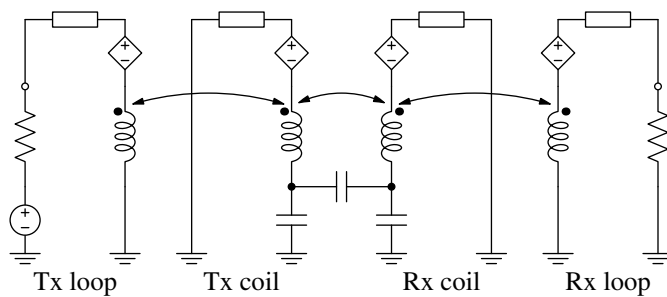


図 2 WPT システムの回路モデル

## Abstract

The impedance expansion method (IEM) is a circuit modeling technique for wireless power transfer (WPT) systems proposed by the author, which is based on the Laurent series expansion of the impedance matrix in the method of moments with respect to the complex angular frequency  $s = j\omega$ . For example, the components proportional to  $s^{-1}$  and  $s$  in the expanded impedance components correspond to capacitors and inductors, respectively. Additionally, the components proportional to  $s^2$  and  $s^4$  correspond to the radiation resistances of infinitesimal dipole and loop antennas, respectively. Unlike methods based on fitting, the IEM can identify the circuit parameters without numerical data in advance. Also, unlike the classical Neumann's formula, it can be applied to WPT systems using self-resonant coils, as shown in Fig. 1, resulting in a circuit model as shown in Fig. 2. Although the IEM was initially intended for WPT systems in free space with nothing around, it has been extended to handle systems with conductors, dielectrics, and magnetics in the vicinity of the coils. This has enabled circuit modeling of systems involving a wide variety of media, such as vehicle bodies, resins, ferrites, and so on.