

PRESS RELEASE (2024/04/15)

無線電力伝送システムの性能を AI で全面的に予測 伝送距離、周波数、効率を考慮し、AI による設計自動化の実現

ポイント

- ①従来の AI モデルでは、一定の伝送距離を考慮し、伝送効率のみが予測可能であった。
- ②本研究では、AI 翻訳の概念から、無線電力伝送システムの構造が『外国語』で表現され、周波数に依存する電気特性に『翻訳』されることに成功した。
- ③ 伝送距離、電気素子などによる結合 (Coupling: カップリング (※1)) を提案の AI で分析し、電気特性の「形」に解明する。
- ④ 提案の AI で予測した電気特性によって、無線電力伝送システムの伝送効率だけではなく、動作周波数などの電気特性も高精度で予測でき、設計自動化が実現可能となり、システム設計時間が大幅に短縮することに成功した。

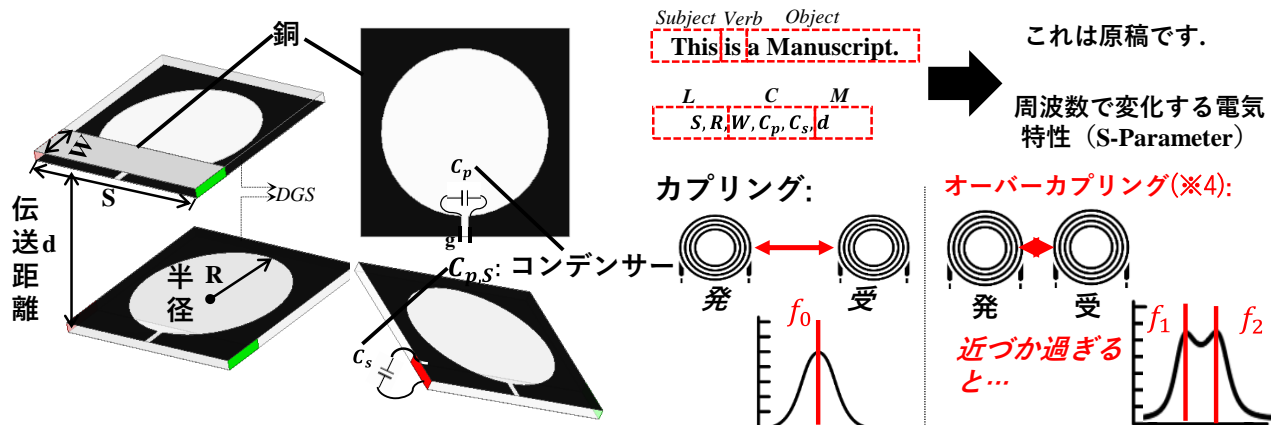
概要

近年、無線電力伝送(※2)システムは充電ケーブルが不要であり、特に電気自動車、スマートフォン、医療機器のワイヤレス充電等に広く普及している。九州大学大学院システム情報科研究院の Ramesh Pokharel (ポカレル ラメシュ) 教授、同研究院の Adel Barakat 助教と同大システム情報科学府の姜 欣(Jiang Xin)博士後期課程 (3年生) の研究チームは、無線電力伝送システムの周波数及び伝送距離に依存する電気特性を初めて人工知能 (AI) を活用して予測することに成功し、システムの設計時間を短縮することができた。

これまで、無線電力伝送システムに関連した発受信器の設計においては、AI による予測システムの提案があったが、従来の AI モデルは伝送効率の予測に限られており、システムの複数の電気特性 (動作周波数、結合など) を予測することが困難であった。

本研究では、AI 翻訳の概念から、発受信器のレイアウト、電気素子、伝送距離を周波数、および電気素子によって変化する電気特性 (S-パラメータ(※3)) の「形」に「翻訳」する。提案の AI モデルが従来のモデルよりも多くの電気特性を予測・応用できることになり、システムの設計自動化が可能となった。

本研究成果は米国の雑誌「IEEE Transactions on Antennas and Propagation」に 2024 年 3 月 7 日 (木) (日本時間) に掲載された。



【研究の背景と経緯】

近年、無線電力伝送システムは充電ケーブルが不要であり、特に電気自動車、スマートフォン、医療機器などに広く普及しています。これまで、効率的な設計自動化を実現するために、無線電力伝送システムに関連した発（受）信器の設計において、AIによる予測システムの提案が行われてきました。しかしながら、従来のAIモデルは伝送効率の予測に限定されており、システムの複数の電気特性（動作周波数、カップリングパフォーマンスなど）を予測することができませんでした。さらに、従来のモデルはシステムのサイズや伝送距離などが限定されており、適用できる場合が十分ではありませんでした。

【研究の内容と成果】

本研究では、異なる伝送距離での発受信器の磁界結合を分析し、四つのカップリングパフォーマンスを解明します。また、AI翻訳の概念から、発受信器のレイアウト、電子素子、伝送距離を周波数に依存する電気特性（S-パラメータ）の「形」に「翻訳」します。

具体的には、図1(a)に示すオーバーカップリングを予測する場合、従来の手法に比べて、本研究のモデルがより正確に予測できました。また、図1(b)、(c)に示すように、伝送距離が変化した場合、提案のモデルがシステムの伝送効率や周波数特性を正確に予測することに成功しました。

【今後の展開】

効率的な設計自動化が可能になることで、必要な電気パラメータを入力するだけで、それに基づいてシステムのレイアウトが自動的に生成されます。具体的には、無線電力伝送システムの場合、特定の伝送距離や動作周波数が与えられると、AIシステムがこれらのパラメータを考慮して最適なレイアウトを生成されます。これにより、設計作業の手間と時間を大幅に短縮し、設計プロセスの効率化が図れます。

【参考図】

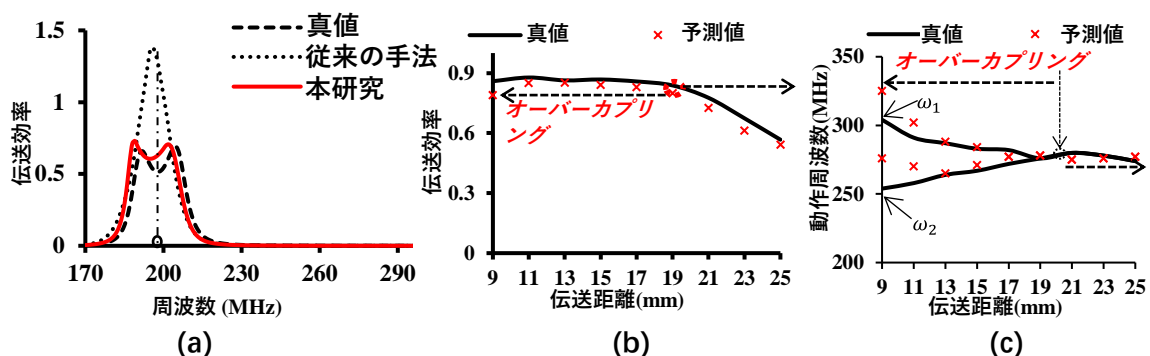


図1：(a) オーバーカップリングの場合予測結果、伝送距離によって (b) 伝送効率、(c) 動作周波数の予測結果。

【用語解説】

(※1) カップリングパフォーマンス：送信側と受信側との間の電磁結合による電気特性。

(※2) 無線電力伝送：電力を物理的な接触なしで伝送する技術。

- (※3) Sパラメータ：S-parameter は、高周波電子回路や高周波電子部品の特性を表すために使用される回路網パラメータのひとつ。散乱行列（S行列）または散乱パラメータとも呼ばれる。回路網の通過・反射電力特性を表現する。
- (※4) オーバークップリング：発信器と受信器が近づき過ぎるために生じる現象で、動作周波数が一つから二つに分かれることを指す。これは、無線電力伝送の性能に明らかな影響を与える可能性がある。

【謝辞】

本研究は、戦略的情報通信研究開発推進事業（MIC/SCOPE、JP215010003）の助成、日本学術振興会 科学研究費補助金（21K04178 および 22K14260）の助成、JST 次世代研究者挑戦的研究プログラム JPMJSP2136 の助成、東京大学 VDEC 及び Keysight Technologies Japan, Ltd.との助成を一部受けて行ったものです。

【論文情報】

掲載誌：IEEE Transactions on Antennas and Propagation

タイトル：An Efficient Inverse Modeling Method Using Translator-inspired Neural Network and Dual-annealing for a Compact WPT System

著者名：Xin Jiang, Ramesh K. Pokharel, and Adel Barakat (姜 欣、ポカレル ラメシュ、アディル バラカット)

D O I : 10.1109/TAP.2024.3372149

【お問合せ先】

<研究に関すること>

九州大学 システム情報科学研究所 教授 Ramesh Pokharel (ポカレル ラメシュ)

TEL : 092-802-3749 FAX : 092-802-3749

Mail : pokharel@ed.kyushu-u.ac.jp

<報道に関すること>

九州大学 広報課

TEL : 092-802-2130 FAX : 092-802-2139

Mail : koho@jimu.kyushu-u.ac.jp