

結合共振型無線電力伝送における ノーマルモード・コモンモード 放射低減技術の研究開発

研究代表者 名古屋工業大学 平山裕

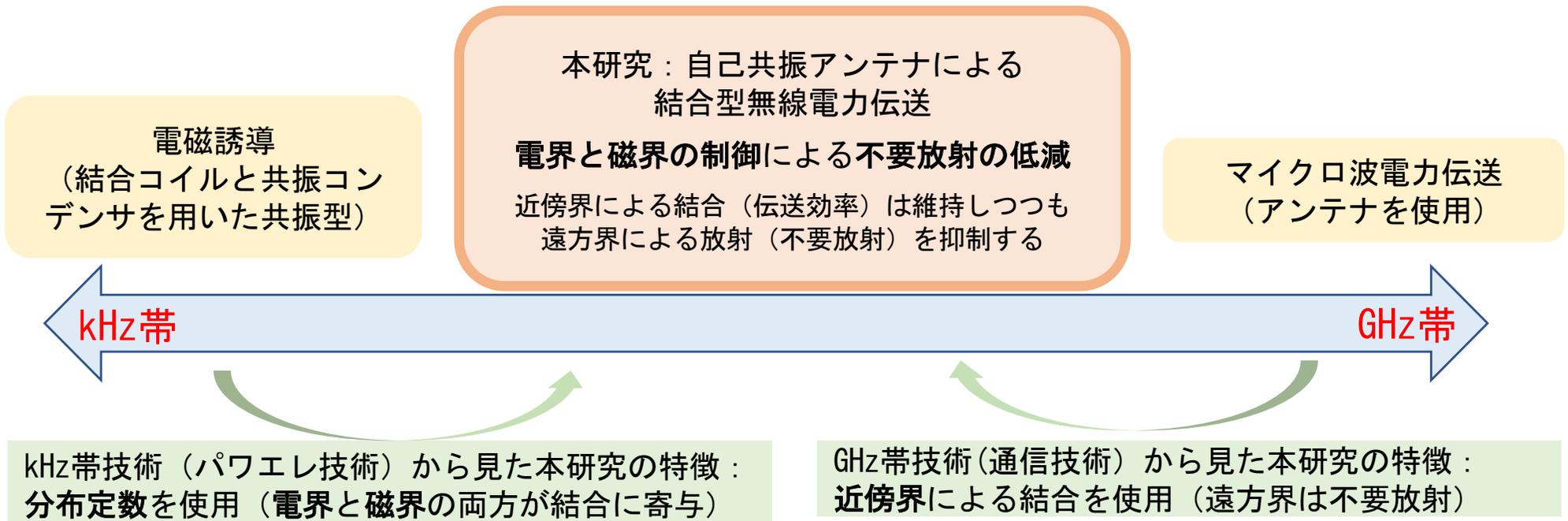
研究開発の概要

研究の目的

実用化が期待される結合型無線電力伝送
→不要放射低減のためのアンテナ構造の開発

研究の目的と位置づけ

無線電力伝送の周波数と適用技術

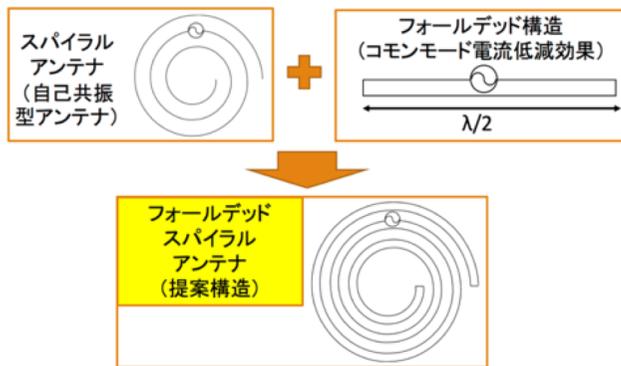


研究開発の内容 (1)

フォールデッドスパイラルアンテナによる不要放射の低減

フェーズ1

フォールデッドスパイラルアンテナ (FSA) によるノーマルモード放射の低減



提案法の原理：自己平衡作用があるフォールデッドダイポールアンテナの構造を、近傍界結合用のスパイラルアンテナに適用。コモンモード放射の抑制を図る。

	CMSR [dB]	P_R [dB]
スパイラル	-6.24	-12.62
フォールデッドスパイラル	-36.48 \downarrow -30.24 dB	-45.58 \downarrow -32.96 dB

フォールデッド構造にすることによりコモンモード放射が抑えられた。

CMSR (コモンモード抑圧比)

Common Mode Suppression Rate=CMSR
ノーマルモード電流に対するコモンモード電流の大きさ
 $CMSR=20\log_{10} \frac{\text{コモンモード電流 } I_C}{\text{ノーマルモード電流 } I_N}$

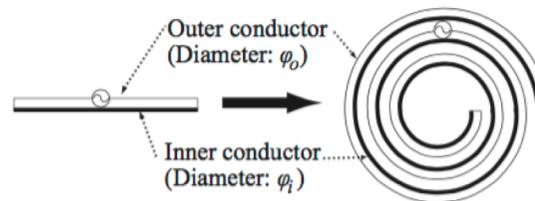
P_R (相対放射電力)

Port1への入射電力に対する放射電力の割合
 $P_R=10\log_{10} \frac{\text{放射電力 } P_r}{\text{入射電力 } P_{inc}}$

シミュレーションによる評価。スパイラルアンテナに比べて、コモンモード電流抑圧比を30.24dB, 不要放射電力を32.96dB低減できることを確認した。

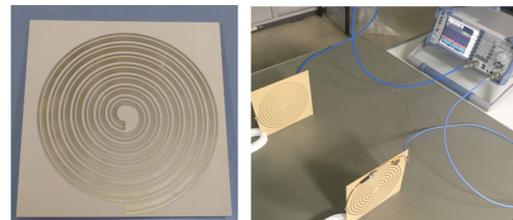
フェーズ2

異径フォールデッドスパイラルアンテナ (FSA) によるノーマルモード放射の低減

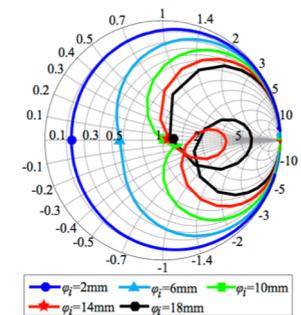


提案法の原理：フォールデッドスパイラルアンテナの二本の導体の大きさを変えることにより、アンテナにインピーダンス変換作用を持たせ、伝送効率の向上によるノーマルモード放射の低減を図る。

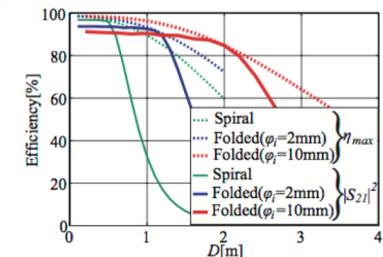
片側の導体の大きさにより、インピーダンス整合がとれることを確認した (右上図)。この結果、整合回路を用いずに理論上の最大効率である η_{max} を実現でき、伝送効率60%を維持する伝送距離をスパイラルアンテナに比べて3倍に延長することを確認した (右中図) 伝送効率を向上させることで、不要放射電力を12.5dB低減することを確認した (右下図)。このアンテナを試作し (下図)、伝送特性・コモンモード抑圧特性を測定した。正確な測定は現在実施中である。



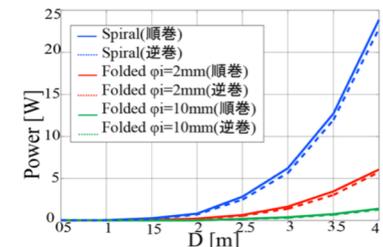
試作した F S A と伝送特性の測定



異径 FSA の入力インピーダンス (外導体半径を変化させた場合)



異径 FSA の伝送距離に対する伝送効率



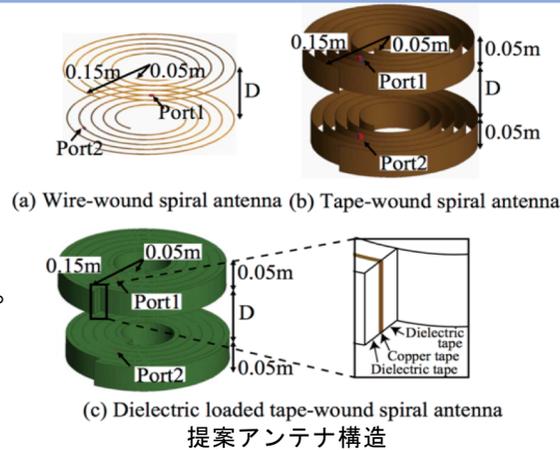
異径 FSA の 1W 受電時の総放射電力。横軸 D は伝送距離

研究開発の内容 (2)

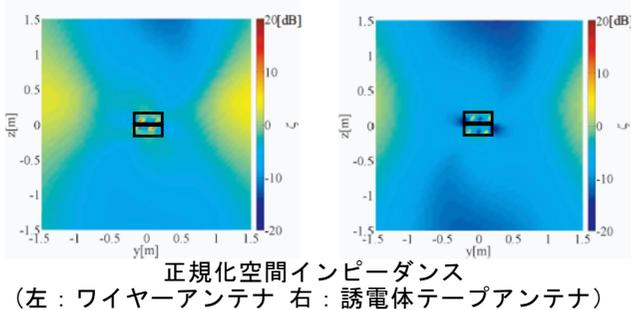
誘電体テープ巻アンテナ・開放型二層スパイラルアンテナによる不要放射の低減

誘電体テープ巻きアンテナによる不要放射の低減

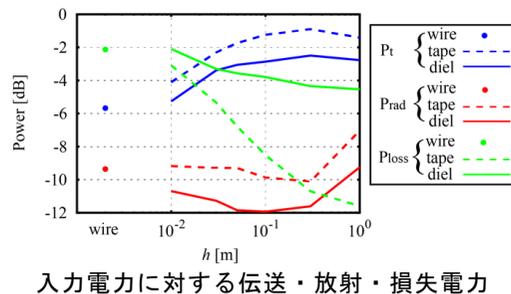
基本原理：ワイヤーアンテナ (a) に対し、テープ状の導体を巻く (b) ことにより、線間容量を増加させ、電界をアンテナ内に閉じ込めることにより空間インピーダンスを自由空間の 377Ω から離し、放射を抑制する。さらに、誘電体を装荷することにより効果を高める。



電界閉じ込め効果の確認。正規化空間インピーダンスは、各点における電界強度と磁界強度の比を 377Ω で正規化したもので、正の値は電界が支配的、負の値は磁界が支配的であることを示す。提案構造により、電界を抑制できることが確認できた。

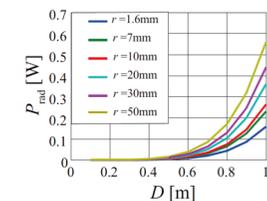
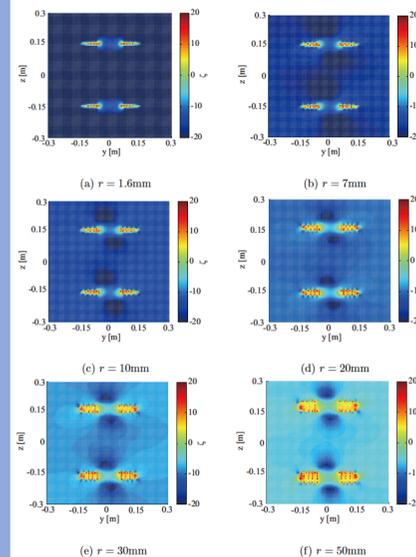
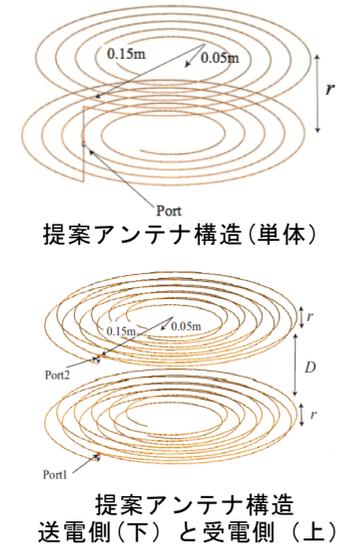


伝送電力 P_t 、放射電力 P_{rad} 、損失電力（オーム損、誘電体損） P_{loss} の解析結果。ワイヤーアンテナに対し、誘電体テープ巻きアンテナの不要放射が2.6dB低減できた。



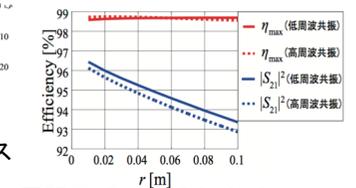
開放型二層スパイラルアンテナによる不要放射の低減

基本原理：スパイラルアンテナを二層に配置し、この間に電界を閉じ込め、放射を抑制する。誘電体テープ巻きアンテナは電界を横方向に閉じ込めるのに対し、開放型二層スパイラルアンテナは、電界を縦方向に閉じ込める。



層間距離による放射電力の変化

層間距離による空間インピーダンスの変化



今後の研究開発成果の展開および波及効果創出への取り組み

取り組み 1

- 研究期間終了後も、引き続き正確な測定による実証を実施中。
学会発表・論文投稿による成果の展開に取り組む。

取り組み 2

- 本研究により開発された異径FSAの特徴：アンテナ単体で任意の複素インピーダンスに対して整合可能
 - 50Ωではなく、整流ダイオードのインピーダンスに整合可能
- このアンテナをレクテナに適用することにより、レクテナの小型・軽量化が可能。
- 異径FSAによるレクテナの実証を、他機関との共同研究により計画中。