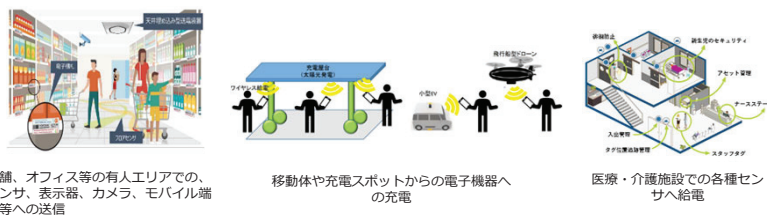


空間伝送型ワイヤレス電力伝送の干渉抑制・高度化技術に関する研究開発

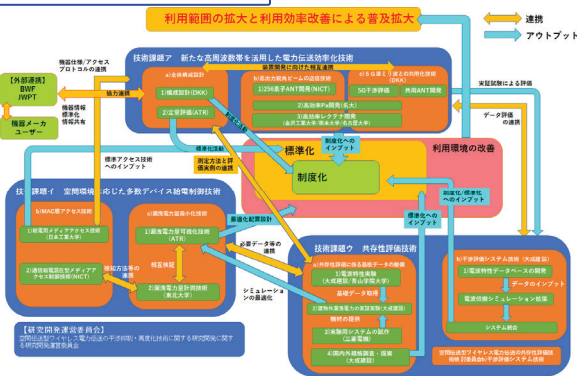
電気興業株式会社 株式会社国際電気通信基礎技術研究所 国立研究開発法人情報通信研究機構
東海国立大学機構 金沢工業大学 熊本大学 日本工業大学 東北大学
大成建設株式会社 青山学院大学 三菱電機株式会社

研究全体目標と本研究成果が目指すユースケース



課題アでWPTシステムの動作必要電力を2Wから7.5W程度にすることで動作必要電力を最大3.75倍
課題イで給電時間割合を現行の20%程度から80%まで向上することで最大4倍
これらを複数のユースケースに対し、それぞれ最適化し利用率1.0倍以上の改善を目指す

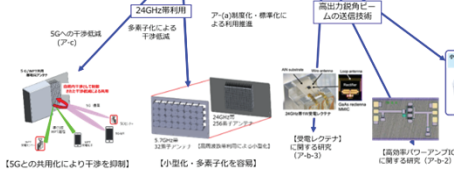
研究機関の連携体制



研究課題

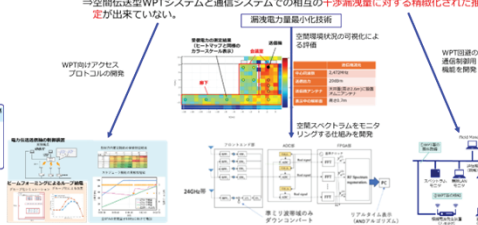
【研究課題ア】新たな高周波数帯を活用した電力伝送効率化技術

- 空間伝送型WPTシステムでの高周波数帯（帯域：24GHz）の活用により、高利得アンテナの多素子化による小型化、多素子化による狭ビームにより影響範囲が抑えられる。
- 空間損失が大きく遠方への干渉を抑えられる。
- 5Gとも周波数帯が近く、海外での利用環境もあり、国内市場が見込める。
- 一方、素子数の増加に伴う電力消費の増加に合わせた現状としては、**汎用部品などがない**。そのため、5Gなどの通信用途向けに利用しており、構成・特性・価格等で空間伝送型WPTシステムとしては不向き。



【研究課題イ】空間環境に応じた多数デバイス給電制御技術

- 空間伝送型WPTシステムの利用環境の現状としては⇒WPT給電時のアクセス制御のプラットフォームとなるプロトコルがない（アクセスする技術フォーマットが無い）
- ⇒空間伝送型WPTシステムに対する無線通信側の回避手段がない。
- ⇒空間伝送型WPTシステムと通信システムでの相互の干渉漏洩に対する精緻化された規定が出来ていない。



【研究課題ウ】共存性評価技術

- 大成建設** (a) 共存性評価に係る基準データ整備 (b) 干渉評価システム
- 青山学院大学** (a) 共存性評価に係る基準データ整備 (b) 干渉評価システム
- 三菱電機** (a) 共存性評価に係る基準データ整備 (b) 干渉評価システム
- 大成建設** (a) 共存性評価に係る基準データ整備 (b) 干渉評価システム



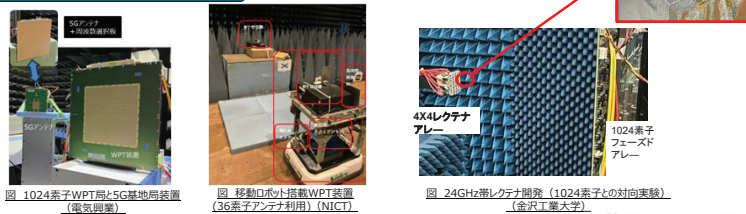
研究機関ア [代表機関：電気興業(DKK)]

制度化・標準化

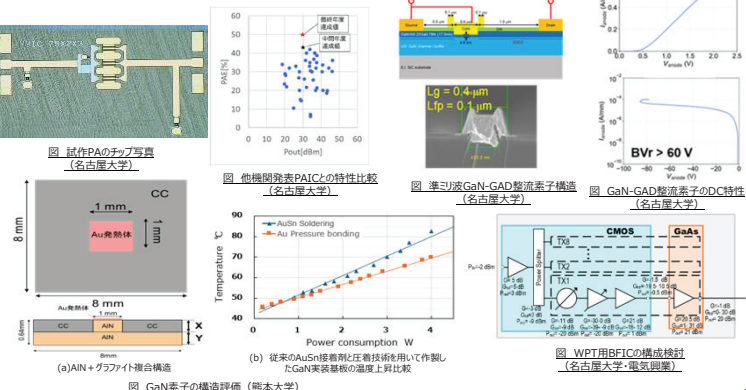
- 本研究成果などを公開、特性パラメータや測定評価プラットフォームなど実証試験を含む影響評価を実施により制度化・標準化に貢献 (電気興業・ATR)
- 制度化⇒BWFを通じてWPTの規制緩和を実施。920MHz帯は制度化改正の(プロモ)が完了。5.7GHz帯は2026年度での改正に向けて、協賛中。24GHz帯は2027年度での制度化に向けて協議中。
- 国際標準化への貢献 ITU-R SG17 研究会、AWG、CIKなどへ参加・寄与。国内標準化への貢献 920MHz帯のARIB-STDAへの推進
- JWPT (ワイヤレス電力伝送運用調整協議会) と連携したWPT局の定量的な影響評価システムの構築と評価 (ATR)



24GHz帯WPT装置の開発



半導体要素技術の開発

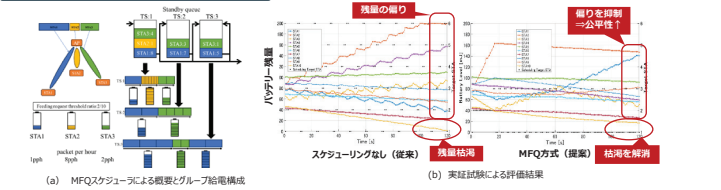


研究機関イ [代表機関：国際電気通信基礎技術研究所(ATR)]

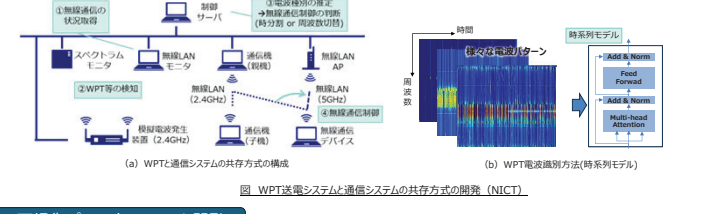
全体構成設計

- 課題目標達成に向けた給電環境シナリオと給電エリアモデルを策定
- ① 実証データを基に構内無線局境界で-43dBmを下回る環境ではキャリアセンスを不要とできる。
- ② WPT送信機のメインロープから15度以上の範囲において、人体が露の指針値 (1 mW/cm²) を下回ることが実測により確認された。これを受け、漏洩電力量可視化技術を用いて算出された給電エリア内に人が立ち入った場合のみ、給電を停止する運用を行う。
- ③ 無線通信制御サーバーによる、自設備WLAN/WPTの制御による通信の確保
- ④ WPT運用区画内のグループ化などの時分割多重等での制御による効率給電化

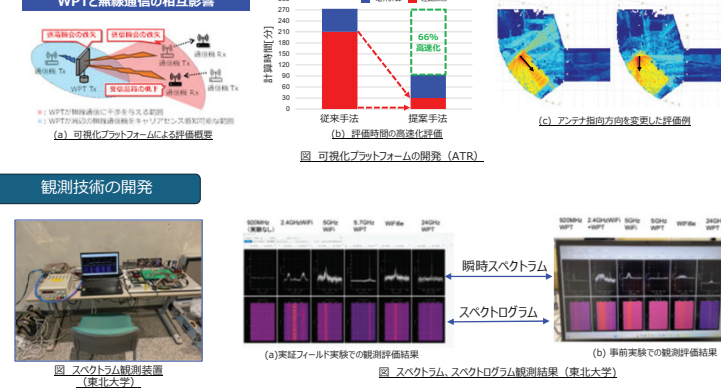
メディアアクセス制御技術の開発



可視化プラットフォーム開発



観測技術の開発



空間伝送型ワイヤレス電力伝送の干渉抑制・高度化技術に関する研究開発

研究機関ウ [代表機関：大成建設]

基礎データのデータベース化

● 実施工状態を模した建材の透過・反射特性の測定 (青山学院大学)

表 評価した建材リスト(全23種)

内装壁	8種
外壁	4種
床天井スラブ	1種
外壁・床天井スラブ	1種
窓	6種
設備開口	1種
扉	2種

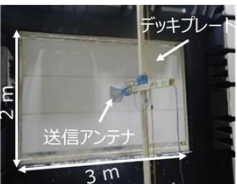


図 電波室内に構築した実験の測定(送信側)

● 高精度化に向けた送電アンテナのモデリング (青山学院大学)

- 屋内用乾式最近傍に設置された送電アンテナの放射特性
⇒ 2.4GHz以下: LGS間距離の約1/4の位置にアンテナを配置することで交差偏波抑制可能
⇒ 5.7GHz以上: LGS間中央にアンテナを配置することで交差偏波レベル抑制可能
- LGSによるN x N素子アンテナの交差偏波レベル低減条件
2.4 GHz: N ≥ 12
5.7 GHz: N ≥ 10
24 GHz: N ≥ 8

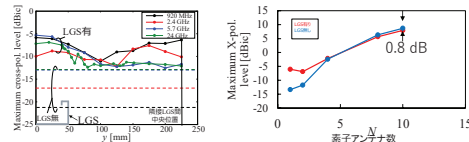
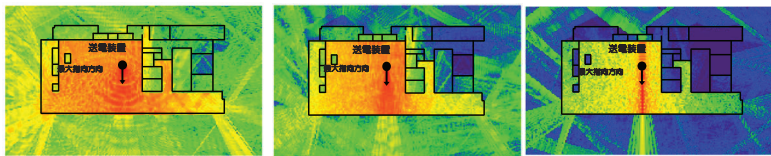


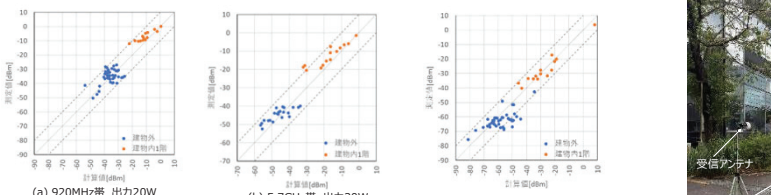
図 パラメータを水平方向に配置位置による最大交差偏波抑制レベルの影響 (11素子・24GHz)
図 LGSのN x N素子アンテナの最大交差偏波レベルの影響 (24GHz)

電波伝搬シミュレーションの構築と実証評価

- 電波特性データベースを用いて4周波数帯の建物内外の漏洩電力をシミュレーションを構築し、測定値との比較を実施
⇒ 920M, 2.4G, 5.7GHz帯では概ね±10dB以内に取り非常に高い精度でシミュレーションできることを確認



(a) 920MHz帯_出力20W (b) 5.7GHz帯_出力20W (c) 24GHz帯_出力40W



(a) 920MHz帯_出力20W (b) 5.7GHz帯_出力20W (c) 24GHz帯_出力40W

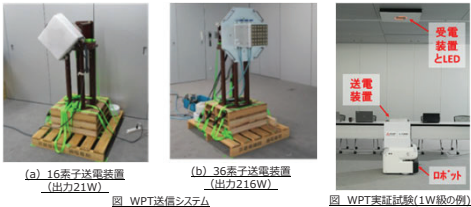
図 シミュレーション値と実証試験による測定値の比較



図 駅事務所における電力分布の測定

実証試験用WPT装置の開発

● 実験用5.75GHz帯 WPT送信システムの試作 (三菱電機)



(a) 16素子送信装置 (出力21W) (b) 36素子送信装置 (出力216W) 図 WPT送信システム 図 WPT実証試験(1W級例) 図 WPT実証試験(1W級例)

評価方法の標準化

● 国内外規格の調査、提案書作成 (大成建設)

- 2025年4月、建築学会内に設立した小委員会において「空間伝送型ワイヤレス給電システムを使用する建築部材の電磁波特性評価ガイドライン」の策定を開始し、2026年3月、WD (Working Draft)の策定が完了
- 今後、企画刊行運営委員会内小委員会におけるCD (Committee Draft)およびDS (Draft Standard)策定を経て2027年、FDS (Final Draft Standard)の策定予定

研究課題成果

研究課題A「新たな高周波数帯を活用した電力伝送効率化技術」/DKK

研究成果

- 課題目標
 - 無線システムへの干渉や人体曝露低減のための低サイドローブ化や干渉先をなす5Gシステムを共存することにより、送電効率の向上を実現する。
 - 有人環境および屋外利用などの利用範囲の拡大に向け、WPTシステムの構成設計や定量的な評価を行い、評価する基準値とその評価プラットフォームの整理を行い、制度、標準に向けた調査とその結果についての評価を実施する。
 - 新たな高周波数帯である24GHz帯に対して、動作必要電力2Wから7.5W程度のUSB Type-Cと同等の給電能力を目指す。
- 課題成果
 - 無線システムへの干渉、人体曝露の実影響の実験を用いた影響試験により、**具体的な評価値**を行い、**規制緩和への合意を得て、送電効率の向上**に貢献した。
 - WPTシステム全体の定量的な評価、920MHz帯の屋外利用化、特定小電力型のARIB-STDは着目中、国際標準への導入を進める。(WPTシステム構成設計と全体最適化)
 - 固定型WPT装置: EIRP820MHz (空中線電力40W)、可搬型WPT装置: EIRP740MHz (74dBm)を実現。(高出力指向性ビームの送信技術、5GHzミリ波との共有化技術)
 - 固定型WPT装置と受信評価値、4x4MIMOに合わせた1024素子構造 (EIRP820MHz)の半導体チップを形成して、**7.5Wの給電**を実現。
 - レジナ単体評価での入射RF電力15.9Wに対し**安定化出力9.6W**を確認 (大電力高効率受電レクテナに関する研究、5GHzミリ波との共有化技術)
 - 可搬型WPT装置 (EIRP740MHz)にて0.5mのシミュレーション結果、入射RF電力10.5W、加工工場の整流効率の引用にて、**7.35Wの給電**を得る事が可能とした。(高出力指向性ビームの送信技術)
 - 本研究成果のGAN HEMTプロセス1W出力カパと新たな実装方法である熱圧着方式に置き換えることで、**熱分布/AT: 27.1℃**、小型化が可能となることを確認した。(高効率/PA/ATに関する研究開発)
 - 本研究成果の10W受電GaIn-GAD多素子チップの使用により整流効率を向上させたビーム高効率化は、**パルスモード**での動作を要すること、WPT送電でも利用可能な56素子と同等**高効率**を実現
 - **素子受電での7.5W出力**も可能。(大電力受電素子の開発)
- 社会実装に向けた今後の課題
 - 24GHz帯を含む研究成果を盛り込んだ第2ステップとした空間伝送WPTシステムの制度化の推進。
 - 24GHz帯送電装置の空冷を含む第3ステップに向けた継続的な研究開発の実施。制度化後の第3ステップに向けた実証技術も確立
 - 受電素子などの半導体部品の社会実装に向けた標準化

研究課題B「空間環境に応じた多数デバイス給電制御技術」/ATR

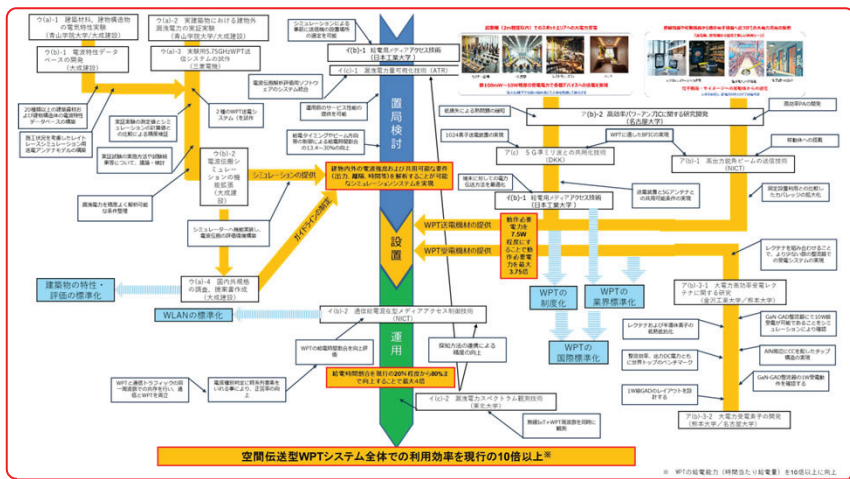
研究成果

- 課題目標
 - WPT利用に活用されている周波数帯 (920MHz帯、2.4GHz帯、5.7GHz帯) および技術課題Aで開発するミリ波帯を対象として、多様なモバイル機器や多数のIoTセンサー等の給電タイミングやビーム方向を適切に制御することで、給電時間割合を向上させ、給電の大容量化・多数化に対する送信出力の増大を抑制するとともに漏洩電力の最小化を実現する。空間伝送型WPTシステムおよび、同一環境内の通信システムとの給電と通信を両立させ、空間伝送型WPTシステムの給電時間割合を、**現行の20%程度から80%まで向上**させる。
- 課題成果
 - MAC層的アクセス制御技術および漏洩電力最小化技術を活用し、以下のシナリオで適用することで目標を達成。
 - 研究成果として技術評価を導入する:
 - ① 実証データに基づき無線環境で430dBmを下回る環境ではキャリアセンスを不要とできる (WPTシステム全体の定量的評価、共存性評価技術)
 - ② WPT運用区画から、WPT送信機から現実的な「給電エリア」から15度程度 (指向性より個別に買出し) 以外は、実測より全体暴露の指針値 (電力密度: 1mW/cm²) を超えないことから、エリア内に人が居ない間のみ給電を停止する。(WPTシステム全体の定量的評価、漏洩電力最小化技術)
 - ③ 無線通信制御「サブ」による、自給電WLAN/WPTの制御により通信の確保 (送信給電選定用メデアアクセス制御技術)
 - ④ WPT運用区画の「ロープ」化などの時分多帯帯域を制御する制御 (MAC層的アクセス技術)
 - これらを組合せ、WPT運用区画のより限られたエリア内に入居する時間を約5時間以内とすることで、**給電時間割合を80%まで向上**。また、漏洩電力をパルスモードで制御することにより、**実証データ**による評価値を整備した。
- 社会実装に向けた今後の課題
 - 空間伝送型ワイヤレス電力伝送装置のシミュレーションを通じた最適運用の設計手法の標準化
 - 効率的な給電プロトコル、制御技術の組み込みに向けた標準化。
 - ビームフォーミング、ビーム収束等の指向性制御技術を使用した機器の安全性評価方法の見直し。

研究課題ウ「共存性評価技術」/大成建設

研究成果

- 課題目標
 - 「(a) 共存性評価に係る基礎データ整備」、「(b) 干渉評価システム技術」を確立し、**シミュレーションにより共用可能要件 (出力、離隔、時間等) の精緻化**を実現する
 - 「ア. 新たな高周波数帯を活用した電力伝送効率化技術」、「イ. 空間環境に応じた多数デバイス給電制御技術」を取り込み共用可能要件の緩和について**実証を交えて検証**を行う。
- 課題成果
 - シミュレーション評価、共存制御技術での利用を想定し、24種類の建材の電波透過・反射特性に関するデータや建物・構造物特性に関する基礎データを測定した。収集したデータは、国内外の学会で報告発表を通じて広く公開。
 - 建材の電波透過・反射特性をデータベースとして活用し、屋外等のエリア外の電波強度を予測し、他の無線システムと共用可能な要件 (出力、離隔、時間等) を解析することが可能な**システムを開発し実証試験**により検証。
 - 技術課題A、技術課題Bと連携して、「特定空間への漏洩電力の影響を最小化するための技術」の評価技術として、上記の実証実験での検証により、**電波伝搬シミュレーションシステムの精緻化したシミュレーション活用を可能とした**。
- 社会実装に向けた今後の課題
 - 内装材や建築材料の損失測定・評価手法の標準化の推進。
 - 建築資材の利用状況についての判定・判断方法の標準化の実施。
 - 簡易なシミュレーションによる精緻化した評価方法の社会実装に向けた標準化



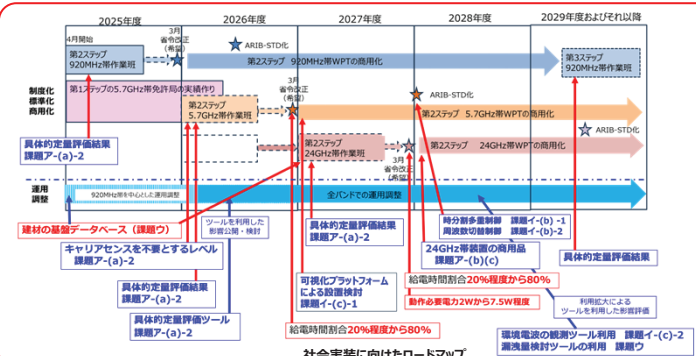
空間伝送型WPTシステム全体の利用率を現行の10倍以上*

研究成果と社会実装に向けたロードマップ

研究課題の成果

- 課題目標
 - 共存性評価および、共存検討を行うための基礎データの精緻化などの整備を実施する。
 - 課題全体の達成を行うことで、空間伝送型WPTシステム全体の利用率を現行の10倍以上*を目指し実施する。
 - ※現行のWPTと比較したときに、他の無線システムとの共用条件を悪化したときに、WPTの給電能力 (時間当たり給電量) を10倍以上向上させる。
- 課題成果
 - 研究課題Aにおいて、1対1の環境下において、動作必要電力2Wから**8.2W程度 (平均約) と4.1倍**の給電能力を可能とした。
 - 研究課題Bにおいて、給電時間割合を、現行の**20%程度から58%と4倍**まで向上させることを可能とした。
 - **建材の電波透過・反射特性となる基礎データベース**を構築し、屋外等のエリア外の電波強度を予測し、他の無線システムと共用可能な要件 (出力、離隔、時間等) を、電波伝搬シミュレーションシステムの**精緻化したシミュレーション**活用を可能とした。
- 今後のWPTと比較したときに、**WPTの給電能力 (時間当たり給電量) を16.4倍 (4.1倍x4倍) と当初想定よりも大幅に高い能力**を実現。
- 精緻化したシミュレーションによる共存検討可能な、**建材の基礎データベース**を整備を完了した。
- 24GHz帯では、制度化後の次のステップに向けての基礎技術 (半導体技術) を確立した。

本研究成果を活かし、制度化・標準化を推進することで社会実装に繋げていく。



社会実装に向けたロードマップ