

知の拠点あいち重点研究プロジェクトIV期

プロジェクト名	Core Industry : 世界を牽引して未来を創りつづける 愛知の基幹産業の更なる高度化
研究開発テーマ	C1: スマートファクトリーの完全ワイヤレス化に向けた 非接触電力伝送
研究リーダー	豊橋技術科学大学 教授 田村 昌也
事業化リーダー	近藤製作所 専務取締役 営業本部長 近藤 康正
参画機関名	株式会社 近藤製作所 株式会社 コンメックス 株式会社 ソーホーエード 株式会社 パワーウェーブ 株式会社 村田製作所

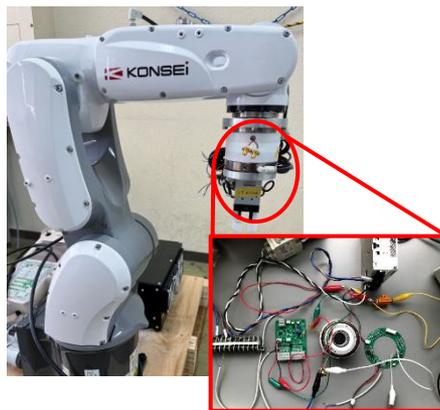
1. 研究テーマの概要

【背景】 人・機械・システムをIoTでつなぐスマートファクトリーが推進

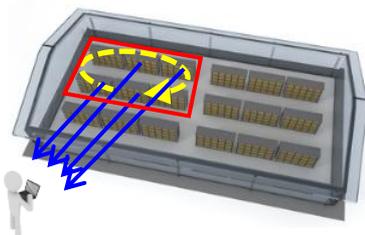
- 【課題】
- ・ 産業ロボットの連続駆動による断線
 - ・ 多数のセンサのバッテリー交換が人手

この問題を非接触電力伝送で解決

【開発ターゲット 1】
産業用ロボット向け
WPTシステム



【開発ターゲット 2】
工場内センサへの
WPTシステム



オフィスで
管理

防護柵で作業の安全を確保



配線なし・充電不要

- 【目的】
- ・ 作業効率向上・24時間連続稼働
 - ・ 作業者の安全・健康の確保

を両立

1. 研究テーマの概要

【最終目標】 工場内設備への自動給電システムの研究開発とデモ機実証

【開発ターゲット1】

産業用ロボット向けWPTシステム

2024年12月末時点

- ①高周波電源 アームチャック内 20 W出力
- ②送受電器 13.56MHz 効率 90%
- ③整流回路 アームチャック内 効率70%
- ④産業ロボットアームチャック内にすべて搭載

全体

13.56MHz・12W・24V給電で

ハンドチャック駆動

すべて達成

【開発ターゲット2】

工場内センサへのWPTシステム

2024年12月末時点

- ①インピーダンス制御・送受電器
400MHz帯, RF-DC効率15%達成する設計
- ②整流回路 受電部と一体化した設計
- ③ワイレスモジュール 受電部すべてを搭載

全体

400MHz帯 1W送電・4mAhバッテリー充電・

ワイレスモジュール駆動

すべて達成

システム統合と実証

システム統合と実証

ソーホーエード

モジュール化

近藤製作所
コンメックス

パワーウェーブ

回路設計

村田製作所

要求仕様

要求仕様

豊橋技術科学大学

電界結合方式WPT設計技術

キャビティ方式WPT設計技術

2. 年次ロードマップ

	研究開発項目	担当機関	2022(R4)年度	2023(R5)年度	2024(R6)年度				
			10-12月	1Q - 4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	
産業用ロボット	電界結合方式WPTの設計技術 ①高周波電源	豊橋技科大 近藤製作所 コンメックス	<ul style="list-style-type: none"> 電源回路構成を決定 回路設計条件の導出完了 	システム統合後 <ul style="list-style-type: none"> 出力20 W 効率90%を達成 	発熱制御	負荷変動	統合実験	まとめ	アームチャック内実装で 13.56MHz, 20W達成
	電界結合方式WPTの設計技術 ②送受電器	豊橋技科大 近藤製作所 コンメックス	<ul style="list-style-type: none"> 設計理論構築完了 高効率化構造の導出完了 	アームチャックに取付後 効率90%を達成	負荷変動	対策評価	統合実験	まとめ	アームチャック内で効率90%維持
	③整合回路 ・整流回路	パワーウェーブ ソーホーエード		<ul style="list-style-type: none"> 整合回路との一体化設計理論構築 効率70%達成 	理論構築	実証実験	統合実験	まとめ	アームチャック内で整流効率70%
	④産業ロボット 制御機器	近藤製作所 コンメックス		<ul style="list-style-type: none"> 浮遊容量を低減する構造の導出完了 	送電側搭載	受電側搭載	統合実験	まとめ	アームチャック内に実装
工場内センサ	キャビティ方式WPTの設計技術 ①インピーダンス制御	豊橋技科大 村田製作所	<ul style="list-style-type: none"> キャビティ作製完了 インピーダンスの基本制御理論構築完了 	<ul style="list-style-type: none"> 反射プローブの必要本数導出完了 	回路解析	実証実験	統合実験	まとめ	RF-DC効率15%を達成する設計手法構築
	キャビティ方式WPTの設計技術 ②送受電器	豊橋技科大 村田製作所	<ul style="list-style-type: none"> 送電器の設計方針構築完了 		整合回路設計	実証実験	統合実験	まとめ	
	③整合回路 ・整流回路	豊橋技科大 村田製作所 パワーウェーブ		<ul style="list-style-type: none"> 整合回路との一体化設計理論構築 	整合回路設計	実証実験	統合実験	まとめ	モジュールとの一体化設計理論構築
	④ワイヤレス モジュール	村田製作所		無線通信技術の決定	DC/DC設計	実証実験	統合実験	まとめ	受電回路搭載完了

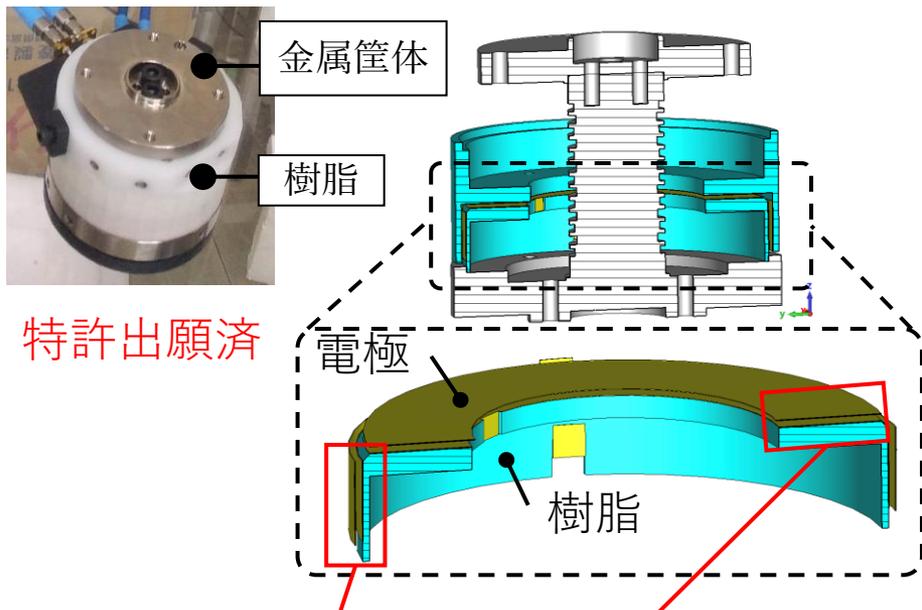
3. 研究開発の実施状況

【開発ターゲット1】産業用ロボット向けWPTシステム

✓ (2022年度) 高周波電源、送受電器の個別設計条件の導出

□ 高効率送受電器を発明

□ 高周波電源の設計条件を導出

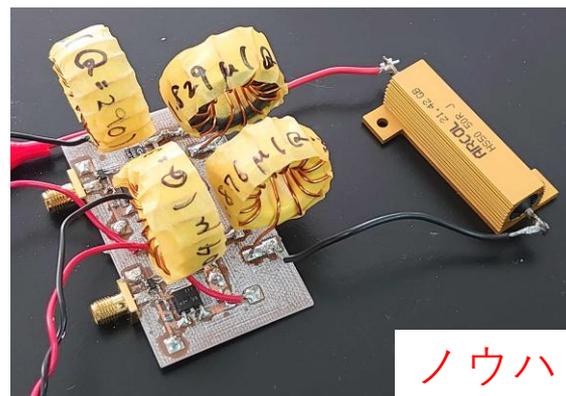


特許出願済

立体構造を駆使して結合容量増大

- RF-RF伝送効率 90.8%

	豊橋技科大	近藤製作所
担当内容	設計理論 試作・評価	試作・評価



ノウハウ化

- 送電周波数 13.56 MHz
- DC-RF変換効率 85.1%
- 出力電力 18.8 W

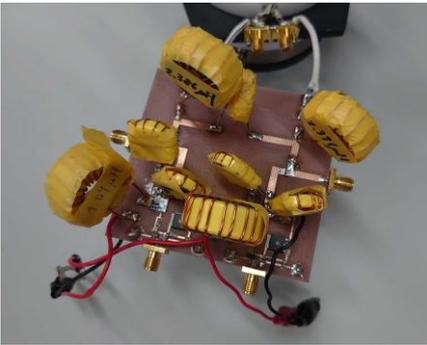
	豊橋技科大 パワーエレクトロニクス	近藤製作所 ソーホーエト
担当内容	設計理論 評価	試作・評価

2022年度の目標達成

3. 研究開発の実施状況

【開発ターゲット1】産業用ロボット向けWPTシステム

- ✓ (2023年度) システム統合後も個別性能維持 (統合効率: 56%以上)
- 高周波電源・送受電器・整流回路の個別設計の完了と統合

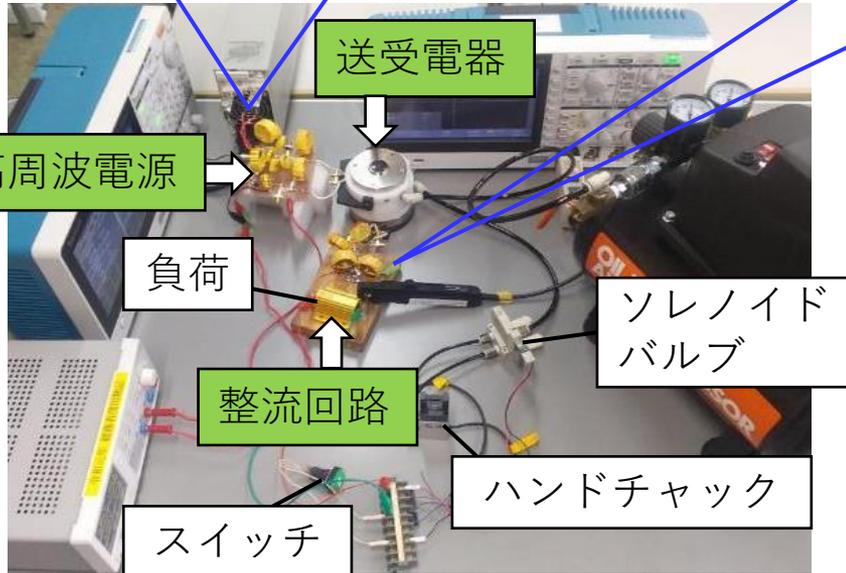


DC-RF変換効率90.1%を達成



ノウハウ化

整合回路レスシステムを構築
90%のRF-DC変換効率を達成



- ・システム総合効率 73%達成 (各コンポーネントの目標性能維持)

	豊橋技科大 パワーウェブ	近藤製作所 ソーホーエド
担当内容	設計理論 評価	試作・評価

2023年度の目標達成

3. 研究開発の実施状況

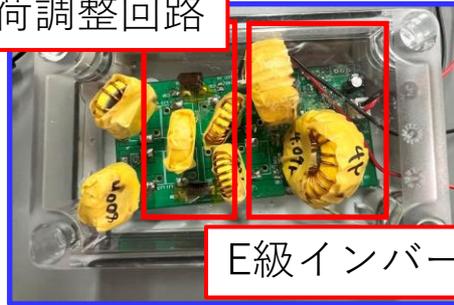
【開発ターゲット1】産業用ロボット向けWPTシステム

- ✓ (2024年度) アームチャック内に実装:13.56MHz・12W・24V給電
- ハンド開閉によるインピーダンス変化への対策

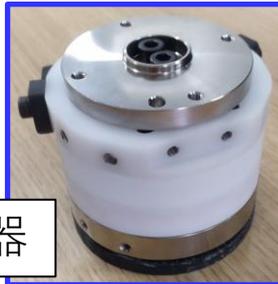
送電回路

負荷調整回路でハンドの開閉動作による効率変動を低減
調整回路の設計をノウハウ化

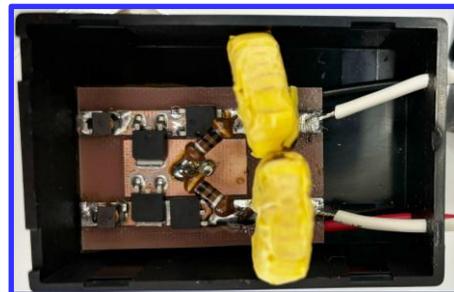
負荷調整回路



E級インバータ

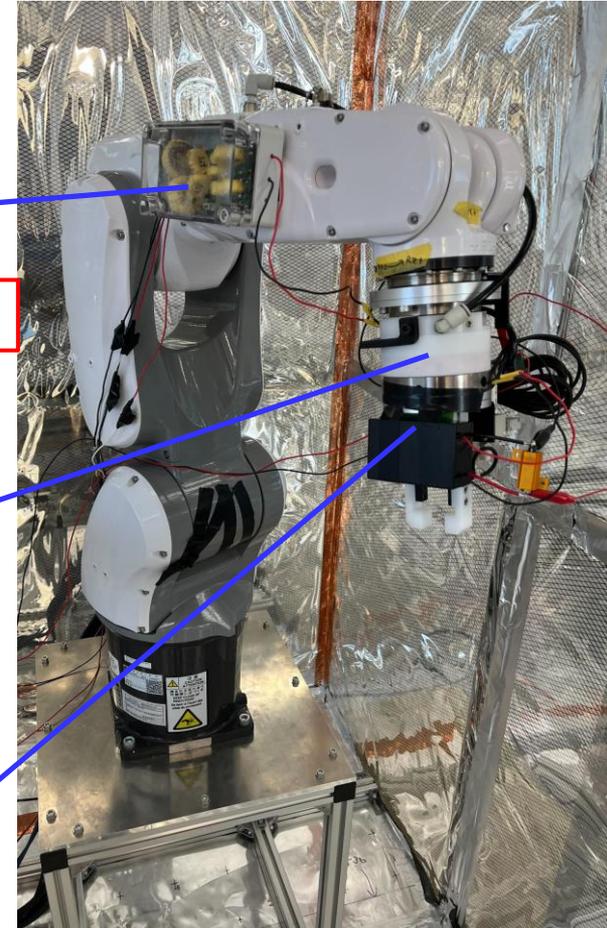


送受電器



受電回路

電磁界解析で配線を完全模擬
高周波の飛越結合を低減
(ノウハウ技術化)
これらの方法でハンドの開閉動作による効率変動を低減



3. 研究開発の実施状況

【開発ターゲット1】産業用ロボット向けWPTシステム

✓ (2024年度) アームチャック内に実装:13.56MHz・12W・24V給電

□ ロボットアームへの搭載と駆動実験

ケースに収めた送受電回路を
アームチャックに実装&駆動実験

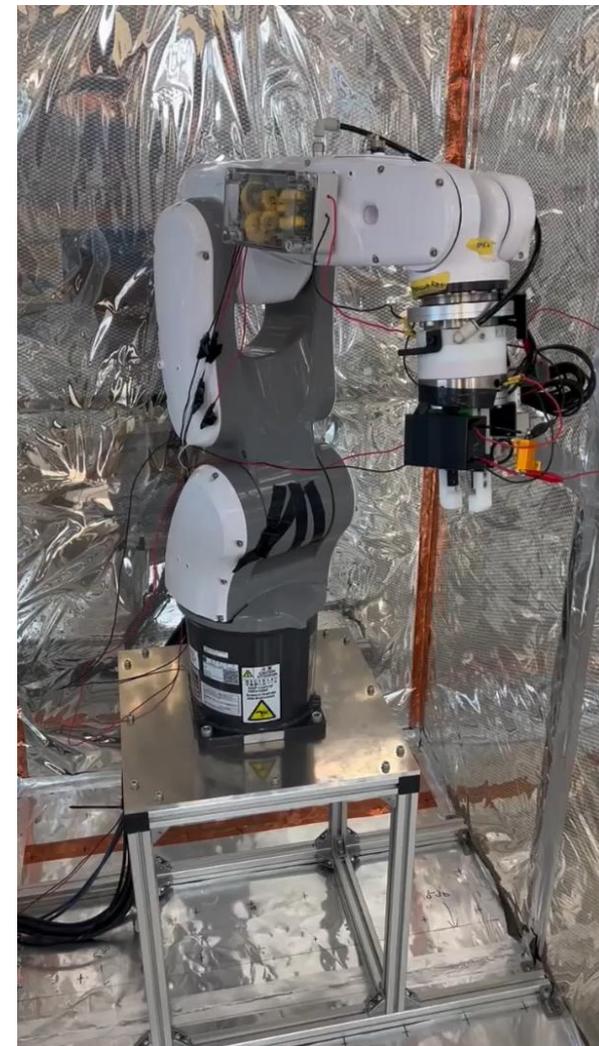
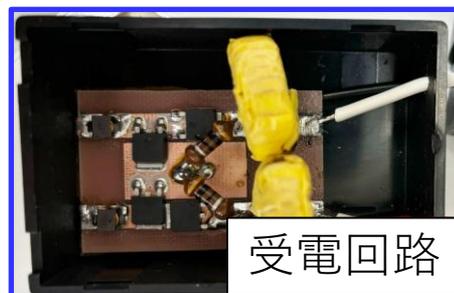
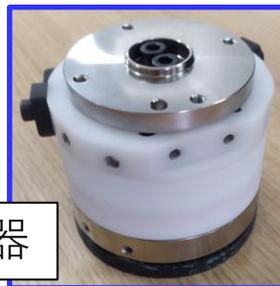
高周波電源回路：出力20Wを維持
(FETの温度を50°C以下)

送受電器：R-RF効率90%を維持

整流回路：RF-DC効率70%を維持
(整合回路と同一基板上)

システム統合効率：40%を達成

13.56MHz・12.4W・24V給電で
ハンドの駆動を確認



	豊橋技科大 パワーウェーブ	近藤製作所 ソーホーエト
担当 内容	設計理論 評価	試作・評価

2024年度の目標達成

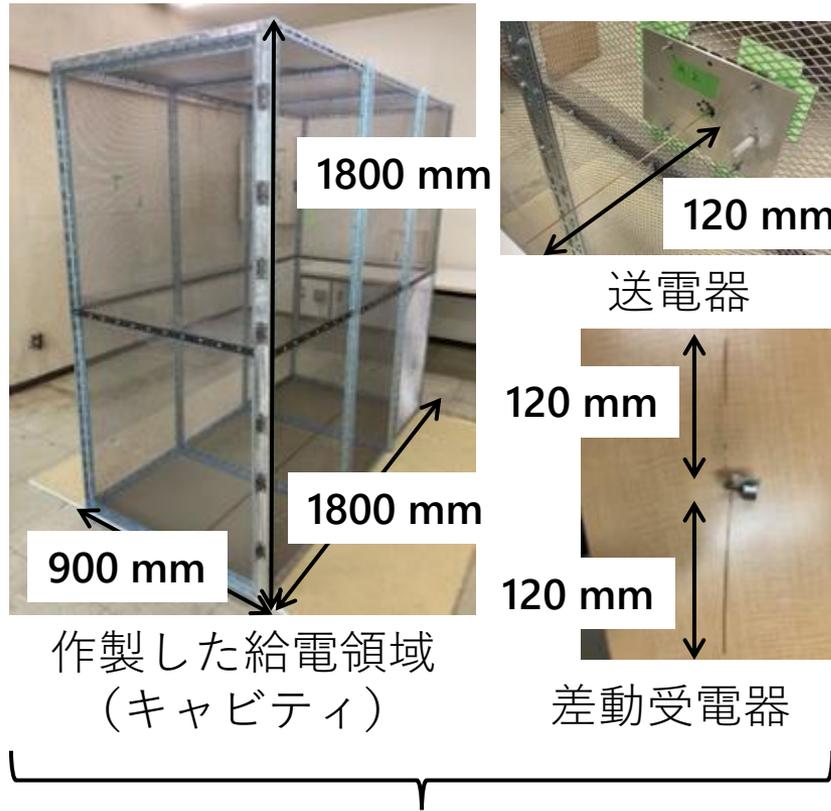
3. 研究開発の実施状況

【開発ターゲット2】工場内センサへのWPTシステム

✓ (2022年度) 送受電器の個別設計条件、インピーダンス制御理論の導出

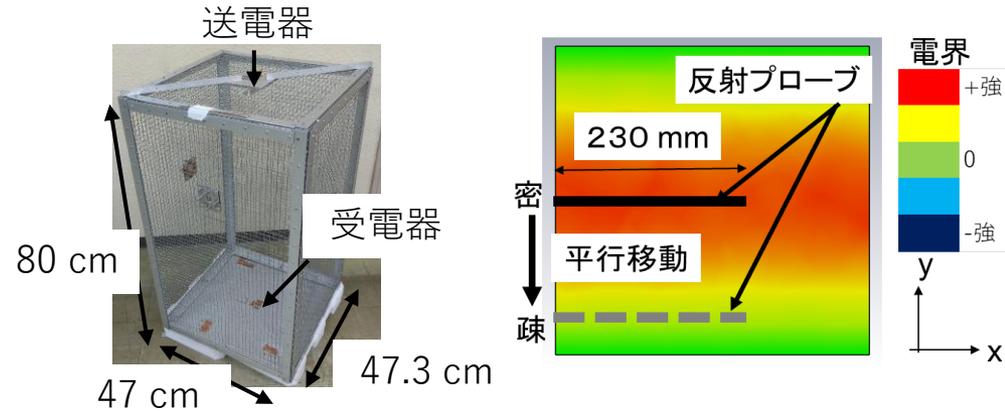
□ 安全防護柵で囲った給電領域作製

□ 小型モデルで検討



解析モデルの作成

⇒ 送受電器の設計条件を導出



・プローブに沿う電界成分を電力の次元に変換

$$\text{受電量 } P_r = \left(\int_0^l \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} \right)^2 [\text{W}]$$

\mathbf{E} : 電界ベクトル

l : 反射プローブの方向ベクトル

インピーダンス制御の基礎理論を構築

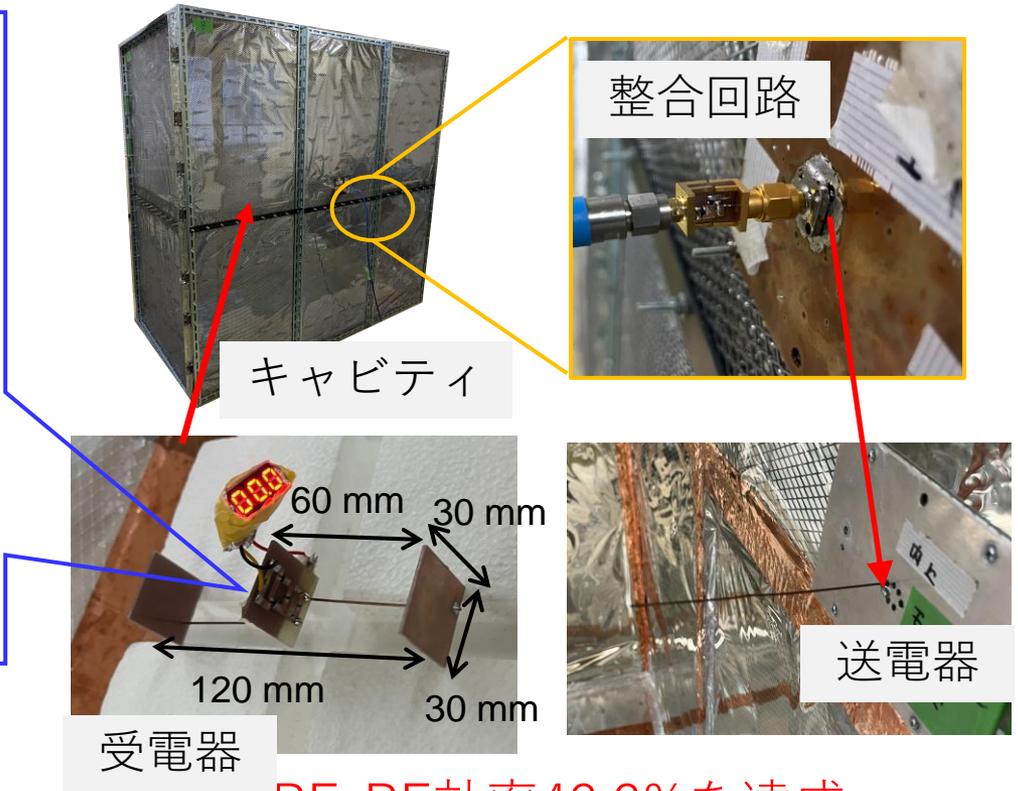
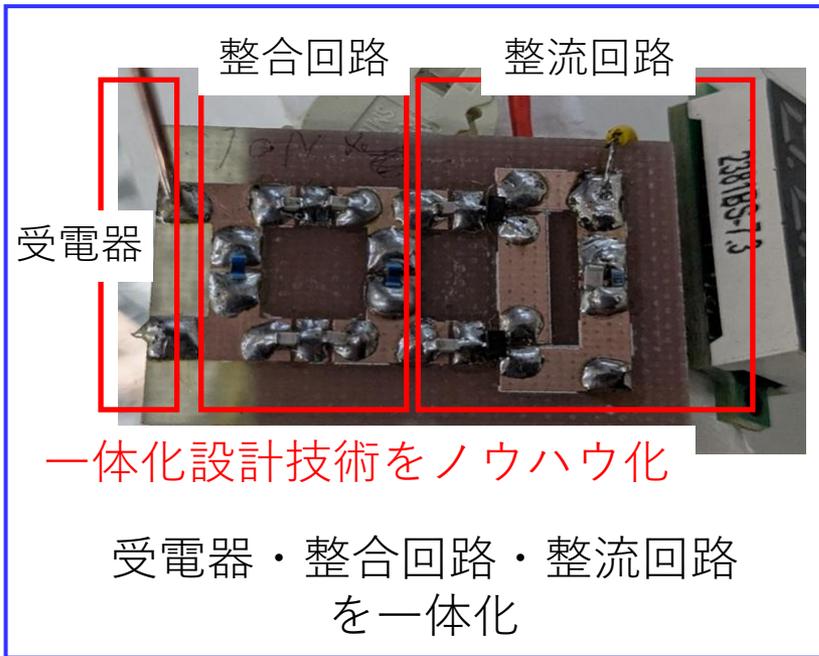
	豊橋技科大	村田製作所
担当内容	設計理論 解析・試作	試作・評価

2022年度の目標達成

3. 研究開発の実施状況

【開発ターゲット2】工場内センサへのWPTシステム

- ✓ (2023年度) システム統合後もRF-RF効率30%を維持
- 送受電器・整流回路の個別設計の完了と統合



RF-RF効率43.3%を達成

	豊橋技科大 パワーウェーブ	村田製作所
担当内容	設計理論 解析・試作	試作・評価

2023年度の目標達成

3. 研究開発の実施状況

【開発ターゲット2】工場内センサへのWPTシステム

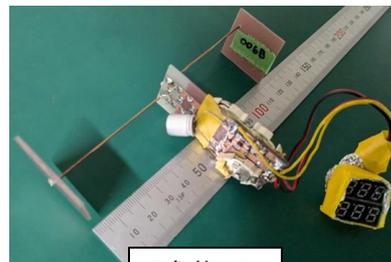
- ✓ (2024年度) 400MHz 1W送電・4mAhバッテリー充電
- ・ワイヤレスセンサモジュール駆動

□ ワイヤレスセンサモジュールの搭載と駆動用バッテリーの充電実証

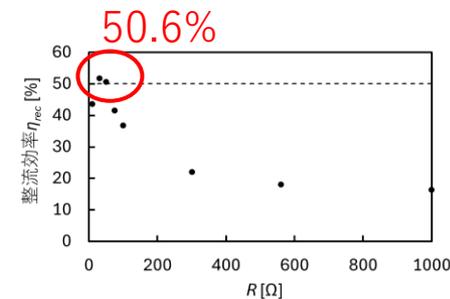
センサ搭載受電回路

- ・モジュールの起動電流に合わせた整流回路へ設計変更
- ・電磁界解析で配線を完全模擬
- ・回路内の電磁界飛越結合を低減

以上より整流 (RF-DC) 効率50%以上達成



試作品



整流効率測定

インピーダンス制御回路完成

- ・回路解析・電磁界解析で得た設計値をもとに回路を作製
- ・RF-RF効率30%以上、システム統合効率15.3%達成
- ・4mAhバッテリーを12分で満充電達成

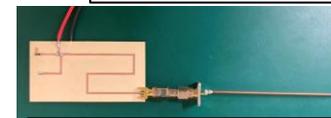


チップ素子

短絡プラグ



素子値固定回路



素子値可変回路



効率測定

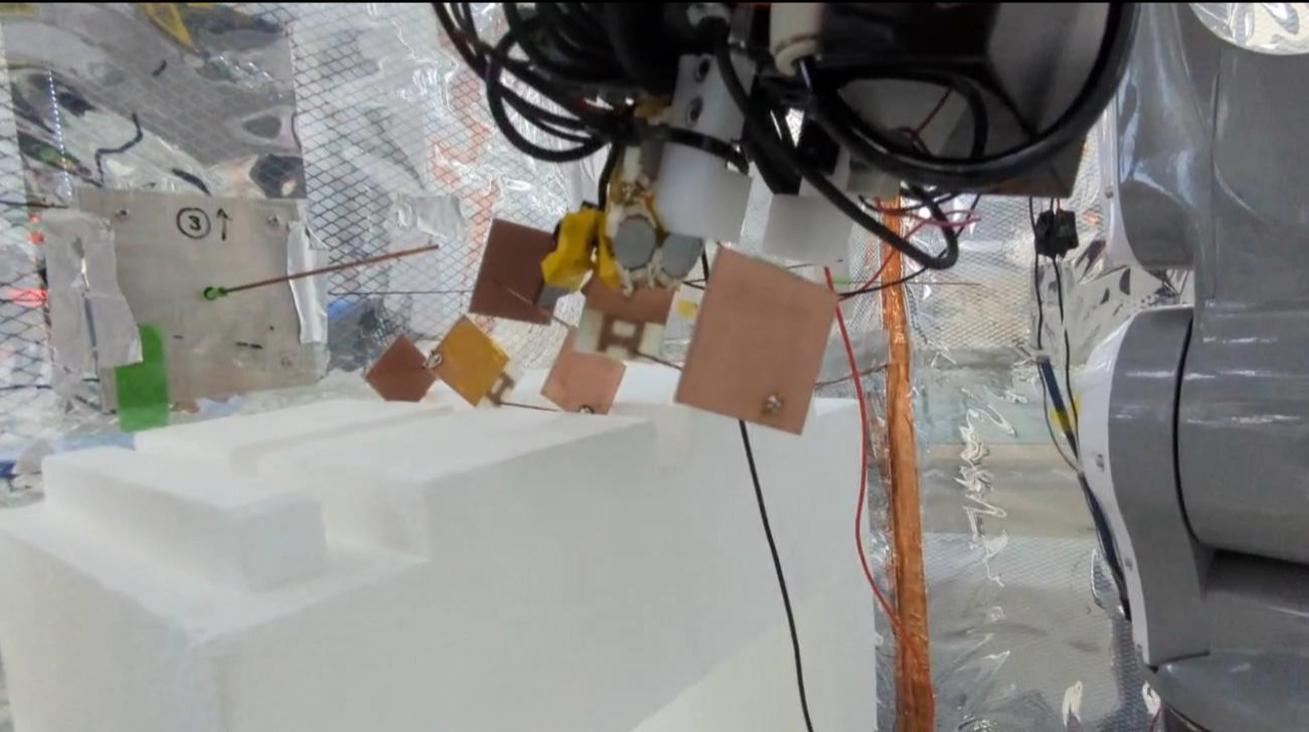
	豊橋技科大・パワーウェブ	村田製作所
担当内容	設計理論, 解析・試作	試作・評価

2024年度の目標達成

3. 研究開発の実施状況

簡易版スマートファクトリ

✓ 全システムの統合実験



4. 研究業績

プロジェクトの達成目標

	2024年12月時点	2025年3月時点（最終評価）
特許出願件数	2件	2件（累計） ※ノウハウ技術はブラックボックス化
プレス発表件数	1件	2件（累計）

ここまでの実績（R6年12月末現在）

		実績
特許出願		2
外部発表 小計		42
内訳	書籍	0
	雑誌掲載	1
	論文投稿	16
	学会発表	23
	報道発表 （新聞掲載）	2

		実績
情報発信 小計		9
内訳	展示会出展	7
	セミナー開催	2
	その他（ラジオ）	1
会議の開催件数	全体	9
	テーマ毎	各10

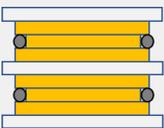
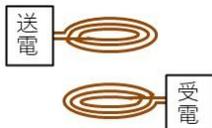
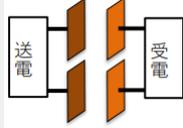
5. 事業化の見通し

【開発ターゲット1】 産業用ロボット向けWPTシステム

市場性

産業機器、機械メーカーなど既存の接触式を使用しているユーザー様にPR、評価を依頼

従来型（国内外）との比較

	従来	他社開発	本プロジェクト
方式	接触式 (スリップリング)	非接触式 (磁界結合)	非接触式 (電界結合)
概要図			
大きさ	△ (電極点数に依存)	× (漏洩対策必要)	○
重量	△ (電極点数に依存)	×	○
耐久性	× (電極摩耗あり)	△ (フェライト破損あり)	○
コスト	○	×	○

プロジェクト終了後のプラン

- ・海外展開を検討(各国法令の調査中)
- ・他製品にも横展／ラインナップの拡充
- ・ロボット以外の機械設備にも応用

事業化につながる体制づくり

- ・先行開発の磁界方式の商品化
→2024年9月販売開始(近藤製作所)
- ・量産化に向けた基板設計
(ソーホーエード、パワーウェーブ)
- ・EMC試験等の各種試験、実施
(コンメックス)

残された課題

- ・信号回路を送受電回路に搭載
- ・基板小型化

先行開発の磁界方式で市場を開拓し、電界方式で市場拡大を狙う

5. 事業化の見通し

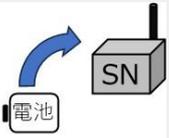
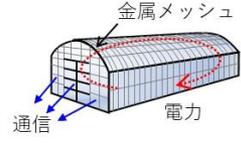
【開発ターゲット2】工場内センサへのWPTシステム

市場性

IoT機器を利用する工場やIoT機器メーカーへ紹介
→ 電池交換不要な高効率・低コストWPTシステムが求められている

本プロジェクト中／終了後も顧客からの情報を収集し、市場の見極めを実施

従来型（国内外）との比較

	従来	他社開発	本プロジェクト
方式	電池交換式	ワイヤレス給電式 (空間伝送)	ワイヤレス給電式 (キャビティ)
概要図			
効率	—	見通し内 約 10% 見通し外 0.1%以下	見通し内 約 30% 見通し外 約 10%
電池交換	必要	不要	不要
コスト	×	○	○

プロジェクト終了後のプラン

- ・ 大型モデルでの実証に着手
- ・ デモ機の作製／展示を検討

事業化につながる体制づくり

- ・ 展示会への出展
- ・ ウェブ上での技術プロモーション
- ・ ユーザーとの連携
- ・ 知財戦略
- ・ 法令クリアランス

残された課題

- ・ 送受電器の信頼性
- ・ コストダウン戦略
- ・ ユーザーモジュールへの影響評価

今回作製したデモ機を含めたPR効果を利用して市場見極めを行う。

6. 県産業への貢献度、人材育成等

【産業への貢献】

豊橋技術科学大学が近距離 & 遠距離への給電技術を主導

WPTの研究開発拠点 = 愛知県 を目指す

- ・ 製品開発の加速 (産業ロボット用WPTシステム)
- ・ 新技術の確立 (工場内センサへのWPTシステム)

開発ターゲット	企業名	2026.3時点	2028.3時点	2030.3時点
産業ロボット用 WPTシステム (電界方式)	近藤製作所 コンメックス	デモ機を展示 <small>連携</small>	製品サンプルを提供 <small>連携</small>	国内外工場へ展開 (市場の創出)
	パワーウェーブ	整流回路の デモ機を展示 <small>連携</small>	回路サンプルを 提供 <small>連携</small>	国内外市場の創出
	ソーホーエード	モジュールの デモ機を展示	モジュールサンプルを 提供	国内外市場の創出
工場内センサへの WPTシステム (キャビティ方式)	村田製作所	大型モデルでの実証	デモ機を展示 <small>連携</small>	市場投入判断
	パワーウェーブ	整流回路を改良	整流回路のデモ機を 展示	市場投入判断

6. 県産業への貢献度、人材育成等

【人材育成】

学生：

初年度より研究開発参画者として学生が参加

- ・ 博士前期課程の学生 13名 （様々な学会でAward受賞）
- ・ 博士後期課程の学生 1名

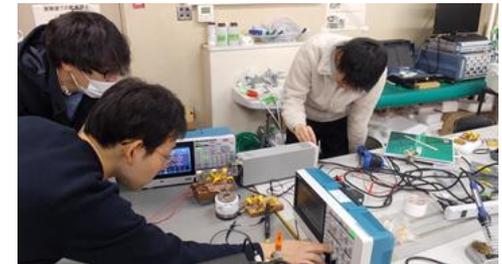
WPTをコア技術とし、自ら課題発見・解決を実践できる技術者の育成に貢献
(I型人材の育成)

若手技術者：

技術のすそ野を広げるため、参画企業の若手技術者へ
WPT技術を指導して育成に貢献 (I型からT型へ)

研究員：

シニア世代の研究員を雇用し、自身の成長とともに
これまでの経験を学生や若手技術者へ伝授 (温故知新)



WPTの研究開発拠点 = 愛知県 を実現する人材を育成