

採 択 番 号 07001

研究開発課題名 通信・電力を無線化し連携協調動作するワイヤフリーロボットの研究開発

(1) 研究開発の目的

本研究開発の目的は、ワイヤレスハーネス技術の確立である。まず、配線が無くなることで、可動域が広がり設計の自由度が増加する。また、配線に使っていた空間を削減でき、コネクタなどの実装面積も小さくできる。線材やコネクタなどを低減でき、機器内部の換気の効率も改善する。さらに廃棄における分別も容易になる。配線ミス、組立工数が低減でき、断線の心配もなくなる。組立・分解が容易にできることで、移設もしやすくなる。このように、様々な利点を挙げることができる。これらのメリットは、ユーザーよりも製造者にとって大きいものであるが、省スペースや低コストは、やがてユーザーにも利点となってくるはずである。

さらに、これらの実現はSDGsの目標である「9 産業と技術確立に基礎を作ろう」「7 エネルギーをみんなにそしてクリーンに」「8 働きがいも経済成長も」に合致する。

(2) 研究開発期間

令和 4 年度から令和 7 年度 (4 年間)

(3) 受託者

株式会社国際電気通信基礎技術研究所<代表研究者>

国立大学法人室蘭工業大学

国立大学法人千葉大学

学校法人五島育英会東京都市大学

(4) 研究開発予算 (契約額)

令和 4 年度 80 百万円

(5) 研究開発項目と担当

研究開発項目 1 ワイヤレスロボティクスにおける協調型制御技術

研究開発項目 1-a) 低遅延ミリ波通信と複数ロボット・基地局の連携協調動作に関する研究開発 (株式会社国際電気通信基礎技術研究所)

研究開発項目 1-b) ロボットアーム要求を考慮したワイヤレス給電負荷低減のモータ協調制御に関する研究開発 (国立大学法人室蘭工業大学)

研究開発項目 2 ワイヤレス電力伝送とそれを実現する構造設計

研究開発項目 2-a) ロボットアーム向け多段直並列多出力ワイヤレス給電システムの研究開発 (国立大学法人千葉大学)

研究開発項目 2-b) 堅牢かつ脱着容易なロボット関節を実現するワイヤレス給電用ドッキング機構に関する研究開発 (学校法人五島育英会 東京都市大学)

(6) 特許出願、外部発表等

		累計 (件)	当該年度 (件)
特許出願	国内出願	0	0
	外国出願	0	0
外部発表等	研究論文	0	0
	その他研究発表	2	2
	標準化提案・採択	0	0
	プレスリリース・報道	0	0
	展示会	0	0
	受賞・表彰	0	0

(7) 具体的な実施内容と成果

研究開発項目 1：ワイヤレスロボティクスにおける協調型制御技術

研究開発項目 1-a) 低遅延ミリ波通信と複数ロボット・基地局の連携協調動作に関する研究開発

無線システムの検討を行い、システム要件である伝送速度 10Mbps、遅延 0.1ms の性能を 60GHz 帯で実現するための全体構成と回線設計を実施した。送受アンテナが 6dBi のゲインでも、ロボットアームが動作する 2m 以内の範囲であれば、10dB 以上のマージンが確保できることが分かった。RF で使用するデバイスやベースバンドで使用する FPGA の構成なども調査し、ハードウェアで処理時間の測定なども実施した。ただし、昨今の半導体不足の影響が現在も残っているため、設計と平行して部品の確保を実施することが必要である。

このシステムではアンライセンバンドを使用するため、近隣に他のシステムが共存する可能性がある。そこで、アンテナ・伝搬の検討では隣接する周波数を使うシステムの影響を低減するため、特定の周波数の信号のみ通過させる周波数選択板の活用について基本的な検討を実施した。

測定系の検討としては、ワイヤレス給電などが発生させる雑音の測定や、統合評価で想定される複数ロボットが存在する場合の電波暗室内でのレイアウトや測定方法の検討を進めた。

さらにプロジェクト全体の課題を整理し、過去の関連プロジェクトから得た知見を元に、解決案や設計方針などを整理した。

研究開発項目 1-b) ロボットアーム要求を考慮したワイヤレス給電負荷低減のモータ協調制御に関する研究開発

初期位置・姿勢から目標位置・姿勢、目標達成時間をエネルギー最小で行う手法の調査を行い、これをベースにピーク電力を上限値内に収めるためのアルゴリズムを考案し、その解法ならびに問題点を明確化した。この結果、瞬間的な電力を上限に抑えることによる、ある時間における目標軌道のずれを許容しつつ、その後に発生する負荷の相違を考慮して、最終的には目標位置・姿勢を達成するためには、次の非リアルタイム方式の 2 つの手法を検討とすることとした。1) エネルギー最小問題ではなく、非リアルタイム方式であるアーム先端の初期位置から目標位置までの物理的制約を考慮しながら、最速で横断する探索法において、速度を調整する方法。2) エネルギー最小問題をベースとして、上限値に到達し、上限値以下に戻った時点で 2 点境界値問題を解く手法。

また、ロボットアームシステムに先行して同アームに使用可能なドライバー内蔵のステップモーターを選定・購入を行い、実際に駆動することにより、駆動方法及び課題を明確にした。同時にロボットアームのシミュレーション環境及びモータ駆動のための開発環境も整備した。さらに市販ロボットアームモデルを購入、動作させ、これを基にロボットアームとしての一般的な軸数を検討し、6 軸とした。

研究開発項目2：ワイヤレス電力伝送とそれを実現する構造設計

研究開発項目2-a) ロボットアーム向け多段直並列多出力ワイヤレス給電システムの研究開発

ワイヤレス給電の方式、システムトポロジ、設計仕様について検討した。ワイヤレス給電動作周波数は85 kHz (EV給電向けに用いられることが多い)、500 kHz、3.39 MHz、6.78 MHzのいずれかとし、いずれの周波数にも対応できる一般性をもったワイヤレス給電システムの設計技術を確立することとした。我々が有する負荷非依存技術を適用することで制御を不要とし、システムの簡素化を目指す。また、負荷は6出力を考え、1出力最大200W、瞬間の最大電力1kWに対応できるワイヤレス給電システムを設計することとした。

本研究では脱着式のロボットアームを検討する。このとき、出力電圧を1. コイルの巻き数比で調整、2. コイルの巻き数は同一とし、フィルタ設計により出力電圧を調整する2通りのトポロジを検討することとした。本年度は2について検討し、具体的なLCCフィルタの設計理論を構築した。さらに、最大電力1kWに対応する送電回路として、フィルタ設計による出力電圧調整、プッシュプルトポロジによるキロワット動作を検討し、実験によりその可能性が示された。

研究開発項目2-b) 堅牢かつ脱着容易なロボット関節を実現するワイヤレス給電用ドッキング機構に関する研究開発

ワイヤレスロボット実現のため、ドッキング機構における開発目標および設計方針について検討を実施した。その結果、ワイヤレス電力伝送で重要なカギとなる送受信コイルによる電磁誘導を妨げない材料選定や構造考案を実施し、脱着機構ではロボット規模や動作に応じた十分な剛性や強度を有する。その技術によってロボットアームを取り換え容易にしてロボット活用の領域を広げ、ロボットの利便性を拡大させつつ経済性も高める。設計方針では、ユーザーが取り扱い易い脱着法でロボットの規模に関わらず同じ脱着機構とする。そのため、技術的な課題を抽出して今後の開発項目を明確化した。

(8) 今後の研究開発計画

今後の研究開発の計画概要を図1に示す。2023年度は単体評価を実施したうえでフレームロボットに実装し、各種試験を実施する。2024年度は、最終形態に近いワイヤフリーロボットを試作し、機能・性能を評価する。さらに、2025年度は、前年度までの課題を解消して改良試作を行い、最終目標達成を目指す。

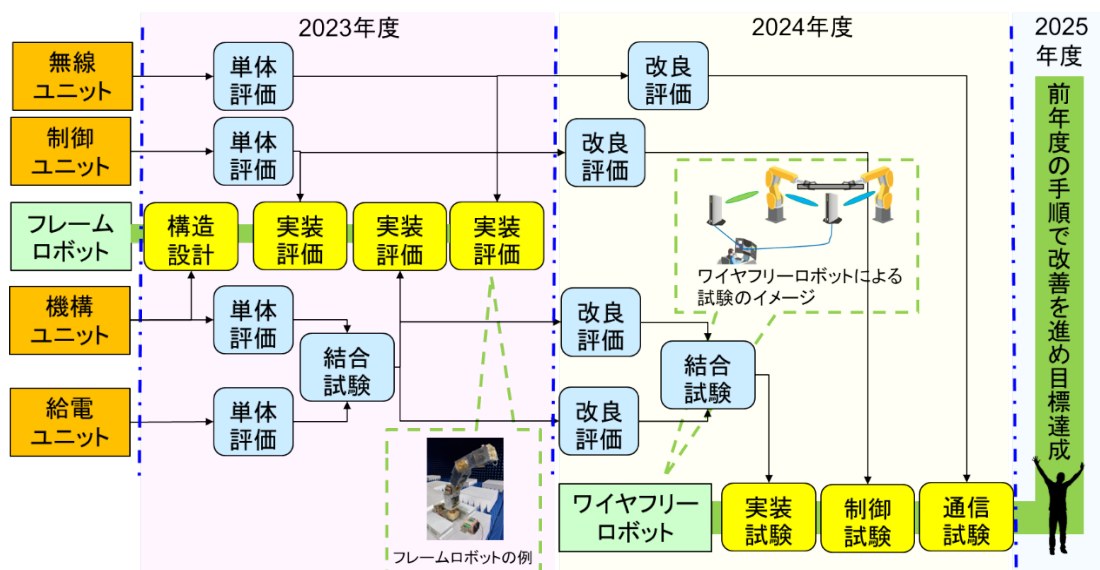


図1 今後の研究開発計画概要