

技術紹介

3

無線給電コネクタの開発

Development of wireless power supply connector

野口 英之	Hideyuki Noguchi	コネクタ事業部 生産技術部 エグゼクティブマネージャー
米田 将允	Masayoshi Yoneda	コネクタ事業部 生産技術部
中村 悠利	Yuuri Nakamura	コネクタ事業部 生産技術部
飯島 孝博	Takahiro Iijima	コネクタ事業部 製品開発二部 主任
田中 博仁	Hiromasa Tanaka	コネクタ事業部 製品企画部 マネージャー

キーワード：無線給電、着脱型、WPT、AX01、磁界共鳴、ロボット

Keywords: Wireless power supply, Detachable, WPT, AX01, Magnetic resonance, Robot

要旨

近年、5G・Wi-Fi 6・LPWA等の無線通信技術が目覚ましく進化しているとともに、私たちの生活に欠かせないものとなっています。機器のデータ通信を有線から無線に替えることで、ケーブルやコネクタが不要になり、場所を固定する必要がなくなります。また、遠隔地の機器データの収集や操作等リモート管理の効率が高まります。

こうした利便性の高さから、電力伝送に関しても無線化が求められており、既にスマートフォンに使用する無線充電器が市場に溢れ、電気自動車用の無線給電技術の開発も進められています。

今回私たちは、産業機器用ロボットへの無線給電化・無線通信化を想定した製品として、無線給電コネクタを開発いたしましたので、その背景や開発品の詳細等を紹介します。

SUMMARY

In recent years, wireless communication technologies such as 5G, Wi-Fi 6, LPWA, etc. have evolved remarkably and have become indispensable to our lives. By changing the data transmission of the device from wired to wireless, cables and connectors are no longer required, and there is no need to fix the location. In addition, the efficiency of remote management such as collection and operation of device data in remote locations will increase.

Due to this high convenience, wireless power transmission is also required, and wireless chargers used for smart phones are already flooding the market, and wireless power supply technology for electric vehicles is being developed.

In this paper, we have developed a wireless power supply connector as a product that assumes wireless power supply and wireless communication for industrial robots, so we will introduce the background and details of the developed product.

1. はじめに

私たちの身の回りには電気機器(電池による駆動を除く)は基本的に電線により電力が供給されているため、設置場所を変更したり移動させたりすることに制限があります。時計や懐中電灯のように消費電力が小さかったり、使用頻度が少なかったりするものは別ですが、そうでないものに関しては給電や充電が必要になってきます。そこには、ケーブルやコネクタによる物理的な接続が必要であり折角データ通信を無線化できても、電力供給のためにこの部分が残ってしまうと言う事が良くあります。空間を通して電力を供給できるようになれば位置的な制約が緩和されるだけでなく、ケーブルやコネクタの故障や断線と言った心配もなくなります。

こうした要求からスマートフォン用無線充電器、Suica などの NFC(Near Field Communication)等無線により給電できる商品が市場に出ています。また、電気自動車に無線で給電できるようにする開発も進んでいます。これらの用途は主に電力供給元とケーブルやコネクタによる物理的な接続を無くすためのものですが、一方で空間的制約を緩和する効果も期待できます。例えば回転型の監視カメラやロボットアーム等では、給電ケーブルを無線給電化することで無限回転が可能となったり可動範囲が広がったりします。

これらの無線給電技術には様々な方式があり、図 1 はその方式の種類を分類したものです。タイプとして非放射型と放射型とに分類され、そのうち非放射型は磁界による結合技術を利用した電磁誘導、磁界共振、環状ソレノイドの 3 つの方式があり用途に応じて利用されています。1 つ目の電磁誘導方式は簡易的な電気回路と構造により低コストで作れるため携帯機器の充電器等に使われています。また、2 つ目の磁界共振方式では電気回路が少し複雑になりますが給電効率が高く、より広い給電距離を取ることができます。

今回私たちは産業機器向けロボット用途において、こうした無線給電技術を適用することで上記に述べた課題や問題に対応できないか検討しました。また、設置性や交換作業性、メンテナンスを考慮し脱着可能な実装形態を考えました。その結果、無線給電コネクタとして製品を企画し、ロボットの関節部分での無線給電化を実現いたしましたのでその内容について説明いたします。

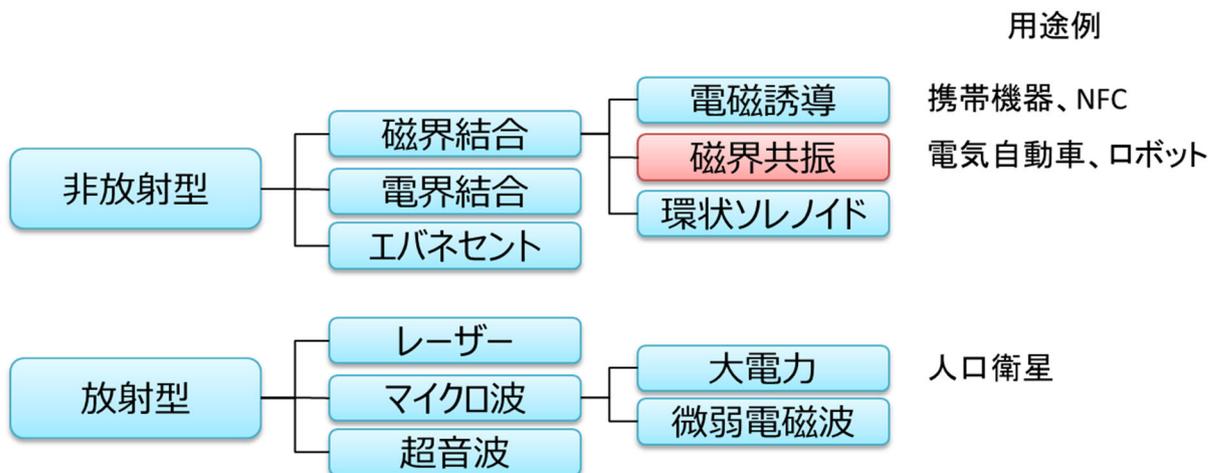


図 1. 無線給電方式の種類

2. 無線化の市場とメリット

私たちは新しい技術領域や市場を探索していく中で、物理的な金属接点を持つ一般的なコネクタとの対極として非接触技術に焦点を充てて活動を始めました。表1は無線化の利用が想定される市場分野を示したものです。携帯機器への充電や NFC に搭載されている IC の電源として、ロボットの関節や監視カメラ等の可動部分間での電力・データ通信として、また電気自動車や AGV(Automatic Guided Vehicle) への充電としての要求があります。私たちはこの中で特に赤枠で囲ったロボット関連の無線化について検討を行っています。

表 1. 無線化の利用が想定される市場分野

分野	イメージ	送電能力	送電距離	方式	市場動向
携帯機器		数十W	数mm	電磁誘導	<ul style="list-style-type: none"> ・スマートフォン等に採用 ・国際規格 Qi が普及している ・電磁誘導方式のため、伝送距離は数mm以下 ・送電距離を伸ばした規格(Pi)も
ロボット/カメラ		数百W	数十mm	磁界共振	<ul style="list-style-type: none"> ・磁界共振により送電能力/距離が稼げる ・可動部分に使われるのが特徴 ・需要はあるものの、実用的なものが出ていない
自動車/AGV		数kW	数百mm	磁界共振	<ul style="list-style-type: none"> ・電気自動車の普及とともに開発も加速、実証実験多数 ・WiTricityがQualcomm Haloを買収 ・電波法等の法整備も必要

無線化の要求の背景には無線特有のメリットがあるためと考えており、表2はその無線化のメリットを表したものです。例えば工業用のロボットではアーム間をケーブルで電氣的に接続しますが、繰り返しアームを動かしているうちにケーブルが金属疲労を起こし断線してしまうことがあります。また、ケーブルによりアームの回転や動作範囲に制限が生じてしまうことがあります。無線化することでこうした問題を解決することができるとともに、空間を伝搬させる仕組み上、水や埃、異物等の影響に対しても改善効果を見込むことができます。

表 2. 無線化のメリット

部位	現状接続	現在(有線)の課題	無線化メリット
ロボット 関節制御	 ケーブル配線	<ul style="list-style-type: none"> ・高圧大電流ケーブル配線 ・可動部での断線、ねじれ (高価な断線対策ケーブルを使用) 	<ul style="list-style-type: none"> ・ケーブルレス化 ・配線工数削減 ・断線リスクフリー ・耐振動性向上 ・可動範囲の拡張 ・軽量化
カメラ	 スリップリング ケーブル配線	<ul style="list-style-type: none"> ・可動部での断線、ねじれ ・スリップリングの磨耗 ・機器可動部搭載時に、ハーネスが高速で動くことによる伝送特性低下(画像の乱れ) 	<ul style="list-style-type: none"> ・回転動作時の安定化 ・メンテナンスフリー ・可動部搭載時にも安定した画像伝送
防水/防塵	 ケーブル配線	<ul style="list-style-type: none"> ・防水/防塵用に特別に配慮した設計(コスト高) ・高電流容量に対応した太いCu線(コスト高) ・重量大による機器搬送性 	<ul style="list-style-type: none"> ・防水/防塵劣化リスクフリー ・配線工数削減 ・軽量化 ・耐振動性向上

3. プロトタイプの試作と無線給電ロボット

3.1 プロトタイプの試作

最初の試作(図 2)では 50 W の無線給電と 6.1 Gbps のデータ通信が可能な同軸型で回転が可能な無線コネクタを試作しました。また、この同軸型の試作品にワンタッチロック機構を取り入れたコネクタの試作を行いました(図 3)。これらの構造は回転型の監視カメラのような用途には適しますが、機構が単純なため複雑な動きには対応できていませんでした。次に回転機構に加えて屈曲機構も備わった無線給電構造を検討しました。回転機構のみを持つ構造と異なり屈曲位置により送受電コイルの位置関係が変化し給電効率が落ちてしまいますが、独自の構造(図 4)によりどのような回転・屈曲位置にあっても給電効率が落ちないような構造を採用しています。(特許出願中)

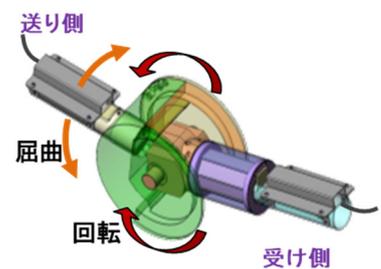
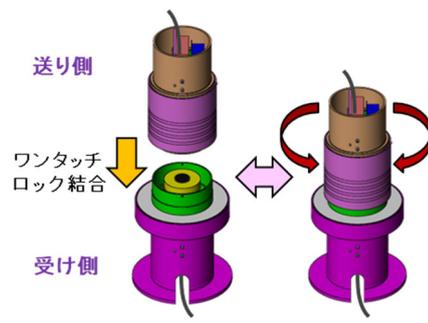
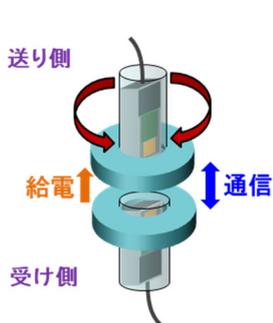


図 2. 無線コネクタ(Prototype-1) 図 3. 無線コネクタ(Prototype-2)

図 4. 無線コネクタ(Prototype-3)

3.2 無線給電ロボット

前項プロトタイプ試作の技術と経験を活かし、実際にロボット動作するモデルへの無線給電技術の適用を考えました。具体的には無線モジュールをユニット化し、これをダイジーチェーンで無線給電接続することで、ロボットのベース部分から先端のエンドツールまで電力を伝送出来るようにしました。図5に試作した無線給電ロボットの外観と無線給電ユニットの透視図を示します。各無線ユニット間では電源ケーブルが無い空間部分が存在するため、360°の回転動作や電源ケーブルに拘束されない動作が可能になっています。

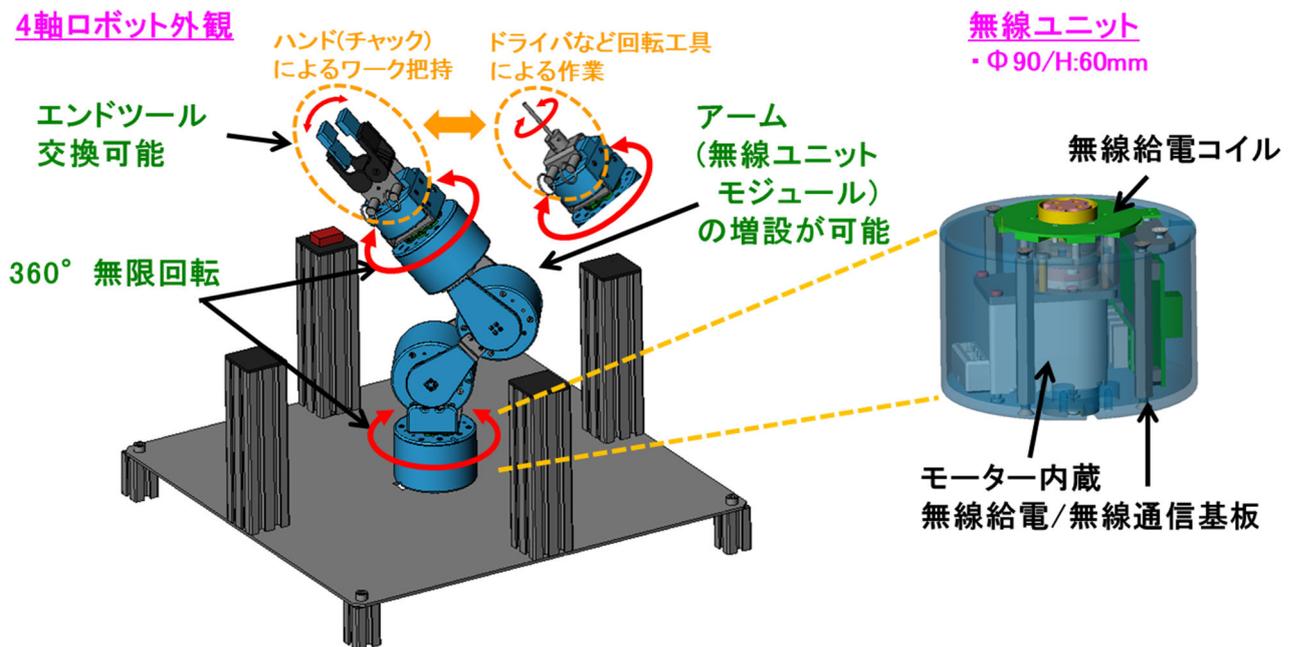


図5. 無線給電ロボットの外観と無線ユニット

4. 無線給電コネクタ

前項の無線給電ロボットに搭載している無線部分は機構として最初からロボットに組み込まれており、ロボットの設計当初から無線化を考慮して設計しなければなりません。また、特定のロボットにカスタマイズした無線ユニットのため汎用性に欠けると言った欠点がありました。そこで、無線ロボットの無線部分のみを切り取り、着脱可能型の部品としての無線給電コネクタを発案しました。図6,7に、試作した無線給電コネクタとその使用例を示します。

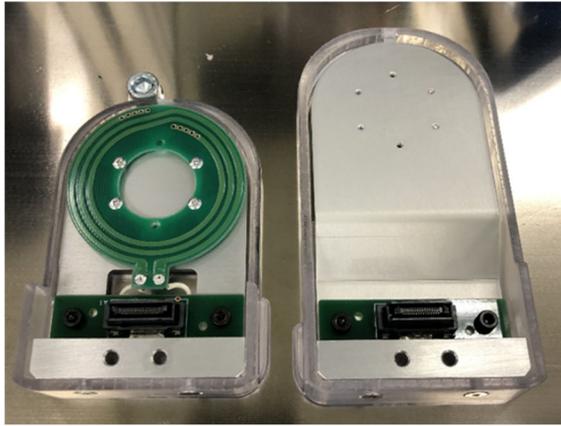


図 6. 無線給電コネクタ



図 7. 無線給電コネクタ使用例

無線給電コネクタには、以下の特長があります。(特許出願中)

特長 1 無線化への変更が容易

- ・一般的な電気コネクタに本機を付けるだけで無線化が可能
- ・必要な給電能力に見合ったサイズの最適化

特長 2 無線給電コネクタの着脱部分に基板対基板コネクタ(AX01)を採用

- ・高周波給電電流を扱える良好な周波数特性
- ・接点部分の接続安定性を図ったフローティング構造

特長 3 メンテナンス性・環境性能が改善

- ・無線部分の高い耐水、耐塵能力
- ・万が一の故障時にも交換することで修理が簡単

今回、無線給電制御回路部分は無線給電コネクタに搭載されていませんが、将来的にはこの部分も取り込み、ロボット側に一般的なコネクタを設けるだけで無線化できるよう設計を始めています。また、電気コネクタ部分に防水コネクタを適用し耐水性能を高めたものや、ロボットアームの制御信号としてのデータ通信機能も盛り込んだ無線給電コネクタに関しても検討を進めています。

5. まとめ

今回、これまでに蓄積した無線技術を元に産業機器向けロボットの無線化に適した無線給電コネクタを開発しました。ケーブルを無くすことによりロボットの性能や耐久性を向上させるだけでなく、これまで出来なかった用途への応用も期待できます。また、この無線給電コネクタの特長を生かして産業ロボット分野以外への適用も重ねて検討を進めていきます。

私たちはこれからも新しい技術分野へのチャレンジや将来に向けた製品の探求を進め、より豊かな社会へ貢献していきたいと考えています。