

ワイヤレス充電技術の社会実装に向けた取り組み

— 一般環境下におけるモビリティ充電システム実証 —

Efforts Toward the Social Implementation of Wireless Charging Technology - Demonstration of Mobility Charging Systems in General Environment -

木下 岳^{*1}
Takashi Kinoshita

山崎 広行^{*1}
Hiroyuki Yamazaki

東 純史^{*2}
Yoshifumi Azuma

小原 大輝^{*1}
Daiki Obara

〈概要〉

2024年12月の省令改正に伴い、工場などの管理環境下で無人搬送車(Automated Guided Vehicle, AGV)、自律走行搬送ロボット(Autonomous Mobile Robot, AMR)などの産業用ロボットを対象に電界結合型ワイヤレス給電装置の設置申請が不要となり、ワイヤレス給電技術を用いる事業を拡大しやすい状況となってきた。また、2023年に施行された改正道路交通法により、歩道や公道のような周囲に人が存在する領域においても搬送用ロボットが活躍し始めている。今後は一般環境にもワイヤレス給電が拡張されることが期待されている。

当社は、モビリティ向け電界結合型ワイヤレス充電システムを開発し、一般環境である公園において実証実験を行っている。本報告では、最新の法規制動向の詳説や当社の一般環境へ適用するため、停車・人感検知、自動充電、ノイズ・人体防護の対策などを含めた充電インフラシステム開発と社会実装に向けた実証実験の取り組み成果に関して報告する。

1. はじめに

ワイヤレス給電(Wireless Power Transfer, WPT)技術は、機器同士をケーブルで接続する必要がないという利点から、電力供給の在り方そのものを変える基盤技術として注目を集めている。近年は、スマートデバイスや医療・介護領域での利用が広がるだけでなく、モビリティ分野においても電動化の加速とともに適用範囲が拡大している。とりわけ、充電作業の省力化やユーザビリティ向上を実現できる点から、交通インフラとしての活用に対する期待は大きい。

日本では2010年代初頭に電動車向けWPTの制度整備が世界に先駆けて進められたものの、当時はEV(Electric Vehicle)の普及が限定的であり、本格的な市場形成には至らなかった。その後、バッテリー性能の向上や価格低減、そして脱炭素化を掲げた政策的な後押しによりEVの導入が急速に進み、2020年代半ばにはWPTの社会実装に向けた議論が再活性化している。2024年には、産官学が連携して標準化や実証を推進する「EVワイヤレス給電協議会」が発足し、商用化に向けた取り組みが一段と加速している。

さらに、近年の環境政策では交通分野の電動化を重要施策として位置づけており、充電インフラの整備が体系的に進められている。具体的には、公共施設・商業施設への普通充電器の導

入支援、高速道路網における急速充電器の拡充、自治体によるインフラ設置補助金の強化が挙げられる。また、充電設備の利便性向上や運用効率化の観点から、自動充電や省スペース化・非接触化を可能にする新たな給電方式への期待も高まっている。このようなインフラ拡張と政策支援の動きは、乗用車だけでなく物流サービス・シェアリング分野の電動モビリティにも波及しており、ワイヤレス充電技術の適用価値が一層高まっている。

本稿では、これらの政策環境およびインフラ整備の進展を背景として、歩行空間や施設内で運用される小型電動モビリティを対象とした電界結合型ワイヤレス充電システムの開発と、社会実装に向けて実施した実証実験の成果について報告する。

2. WPTの制度化状況に関して

2.1 日本国内のWPT制度化状況¹⁾

日本では、10 kHz以上の高周波電流を扱う装置は電波法により「高周波利用設備」と位置づけられ、無線通信への妨害を防ぐため、原則として設置許可が必要となる。WPT装置もこの対象であり、特に伝送電力が50 Wを超える機器は装置ごとの許可申請が求められる。一方、50 W以下の装置や、予め型式指定を受けた機器については個別許可が免除される。

日本では2016年の省令改正により、WPT装置の型式指定制度が整備され、高周波利用設備としての扱いが明確化された。

図1に示すように用途や周波数、伝送原理の違いでいくつかの

^{*1} 研究開発本部 エレクトロニクス研究所

^{*2} 古河AS株式会社

部署名は2026年3月時点の所属を記載しています。

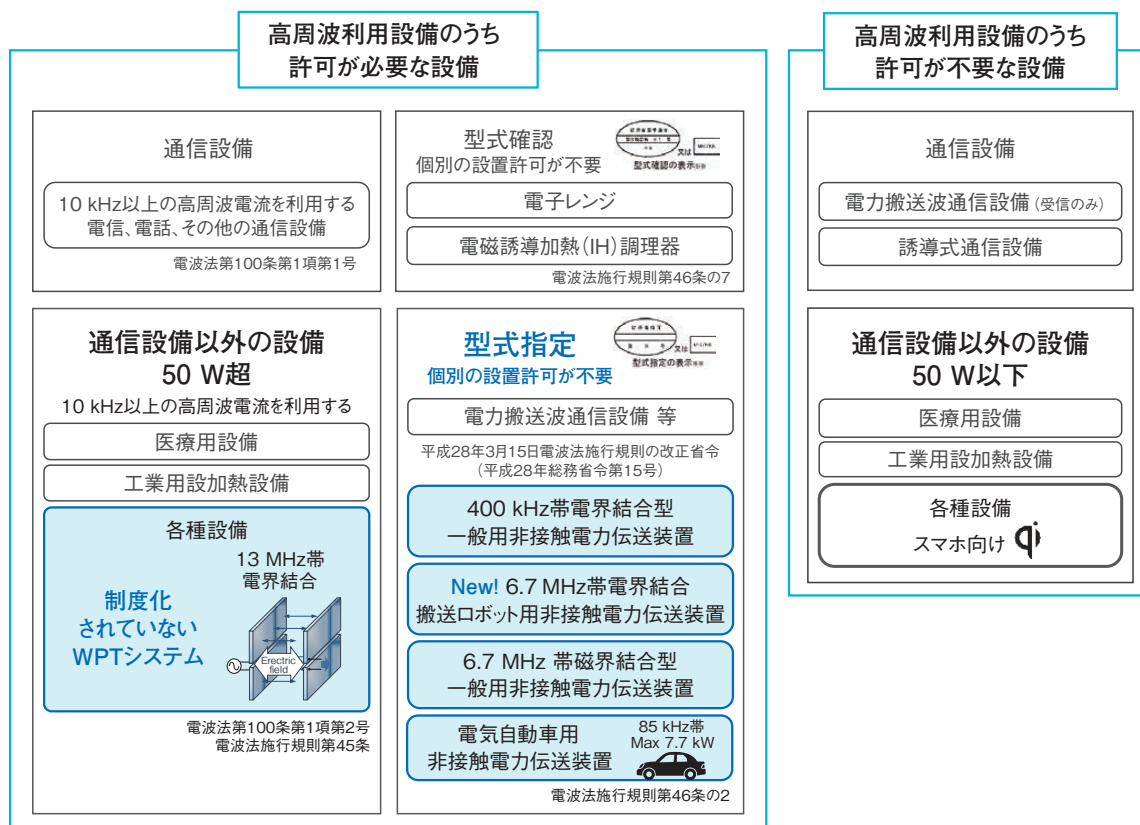


図1 近接型 WPT 装置の法的位置づけ
Regulatory position of near-field wireless power transfer.

技術方式が型式指定されている。型式指定を取得した装置は不要発射・妨害波電圧などの技術基準に適合していることが担保されるため、個別の設置許可が不要となり、市場展開が容易になる。この基準には、総務省告示に定められた測定方法や安全要件が含まれており、WPTの普及に向けた重要な枠組みとなっている。

2.2 6.7 MHz帯電界結合方式のWPT装置の制度化の概要²⁾

産業分野では、工場や物流倉庫ではAGV/AMRといった搬送ロボットの利用が拡大し、バッテリー交換の省力化や連続運用を実現する手段としてWPTへの関心が高まっている。特に、電界結合方式は薄型で設置自由度が高く、搬送ロボットの自動充電インフラとして適した特徴を持つため、産業分野での期待が高まっている。こうした産業ニーズを背景に、2024年12月の省令改正では、工場などの管理環境を対象に6.7 MHz帯電界結合方式のWPT装置が型式指定の対象となった。表1に主な仕様を示す。

表1 6.7 MHz帯電界結合方式WPT装置の主な仕様
Specifications of the 6.7 MHz band electric-field coupling wireless power transfer system.

項目	仕様
充電対象機器	搬送用、仕分け用、建設用等の各種ロボット
使用環境	工場、物流拠点、建設現場等(管理環境下のみ)
送電方法	走行中、停車中
動作周波数	6.765 ~ 6.795 MHz
送電電力	最大4 kW
電力伝送距離	30 mm 以内
送電範囲	最大5 mの電極上

従来の制度化との大きな変化点として、最大5 mの区間で走行中給電が可能となっている点である。また、後述するように給電装置を複数台設置することも考慮に入れられた制度化となっており、広い工場などにも適用可能である。

制度化にあたっては、工場や倉庫では多数の給電装置が同一空間に設置されることから、複数装置の同時稼働に伴う電界強度の加算、いわゆる「アグリゲーション」が懸念された。このため総務省の電波利用環境委員会などで技術的条件の審議が行われ、装置間距離や設置密度、動作条件に応じて電界レベルが上昇した際の無線システムへの影響が検討された。結果として、電界結合方式特有の電界漏洩を抑制するため、不要発射や妨害波電圧の上限値を明確化するとともに、複数台設置時を想定した評価点や測定方法が整理されている。また、作業者の安全確保を目的とした電界強度基準も整備され、1台あたりの上限値を厳密に定め、たうえで「管理環境」での使用を前提とした制度が構築された。これにより、基準に適合した機器は型式指定により個別の設置許可が不要となり、産業施設への導入が容易になった。

今回の制度化の具体的な内容は総務省告示第473号、474号、475号に示されている。第473号では、高周波利用設備の型式指定申請に関わる書式や添付書類が見直され、申請手続きがより分かりやすく整理された。第474号では、一般用およびEV向けWPT装置について、高周波出力や妨害波電圧、発射・不要発射の測定方法が改正され、複数台が同時に稼働する産業現場における電磁環境を適切に評価できる基準が整備された。さらに第475号では、装置から発生する電界・磁界に対する安全施設の基準が改定され、遮蔽や安全距離の確保など、実際の運

用環境を踏まえた安全対策が体系的に示された。これら一連の改正によって、電界結合方式のWPTを産業現場に導入するための電磁環境評価手法や安全基準が整備され、搬送ロボット向け自動充電インフラとして実運用する際のハードルは大きく下がった。

将来に向けては、これまで工場や倉庫といった管理環境に限定されていたWPT設備の適用範囲を、一般環境へ拡張することが期待されている。電波防護指針では、電磁環境が把握・管理されている「管理環境」と、不特定多数の利用を前提とし電磁環境の不確実性が大きい「一般環境」に区分されており、一般環境ではより厳しい安全基準が設定されている。たとえば全身平均SAR(比吸収率)では、一般環境の基準値は管理環境の約1/5とされており、より高い安全性が求められる。このような基準の違いを踏まえつつ制度整備が進むことで、産業用途に留まらず公共設備や一般利用者向けの分野においても、WPTの活用領域がさらに広がっていくことが見込まれる。

3. 一般環境向けワイヤレス充電システムの開発

近年、シェアサービスやイベント会場での巡回、公共設備の管理などさまざまな場面で多様な電動モビリティが活用されている。一方でバッテリーの充電作業やメンテナンス作業には人手が必要で、運用コストが課題となっている。解決手段の一つとしてワイヤレス充電技術があり、工場など管理環境に限らない一般環境への適用が期待されている。以下では、一般環境向けに構築したマイクロモビリティ用ワイヤレス充電システムとその制御を中心に報告する。

3.1 システム構成と開発コンセプト

当社は、ワイヤレス充電システムに関して商用電源からバッテリーの充電まで行うトータルソリューション開発を行っている。今回開発したシステムは図2に示すように、高周波電源、充電ポート、受電ユニットで構成される。高周波電源にはRF

帯の交流電力を発生するE級インバータと制御回路が組み込まれる。充電ポートは、送電カプラ(結合器)が組み込まれ、受電ユニットとの間での電磁的結合を利用して無線で電力を送ることができる。また、埋設工事不要で現状復帰がしやすい機構となっている。受電ユニットは受電カプラ、整流回路、充電回路で構成され、バッテリーと一体化して車体から着脱できる機構となっている。

これらを一般人が利用する公園に設置して実運用試験を行うため、各装置のデザインは公園の景観および車体と統一感のある色調とした。

3.2 開発内容

WPT方式として電界結合型を採用した。この方式は対向する送電電極と受電電極の間の容量結合により高周波帯(主にMHz帯)を利用して電力伝送を行う。さらに、共振現象を利用することにより設計した伝送距離で高い伝送効率を得ることができる。主として電界を媒体とするため、磁界結合方式と比べて周囲の金属物体を誘導加熱しにくい特徴がある。また、電極形状の自由度が高く、送受電の位置ずれに強い設計が可能である。今回開発したカプラは、対象車体の形状に合わせて車体側面部で電力伝送を行えるよう形状と配置を設計した。また、カプラを搭載した受電ユニットは図3に示すように、バッテリーと一体化することで、ユーザーの操作負荷を増やすことなくワイヤレス化することができる。

このように車体側面部で電力伝送を行う場合、車体底面での電力伝送に比べて、電波の放射範囲が広がってしまう。そこで、充電ポートから周囲1 m範囲内に人体が近づいたことを検知するセンサを組み込み、人体が放射電波に長時間さらされることを回避する制御を組み込んだ。また、車体の停車・離脱は、充電ポートに組み込んだ光電センサによって検知し、自動で充電開始・停止を行うことができる。各種センサを含めた制御フローを図4にまとめた。これらのシステム制御により、一般環境下でも安全にワイヤレス充電システムを運用することができる。

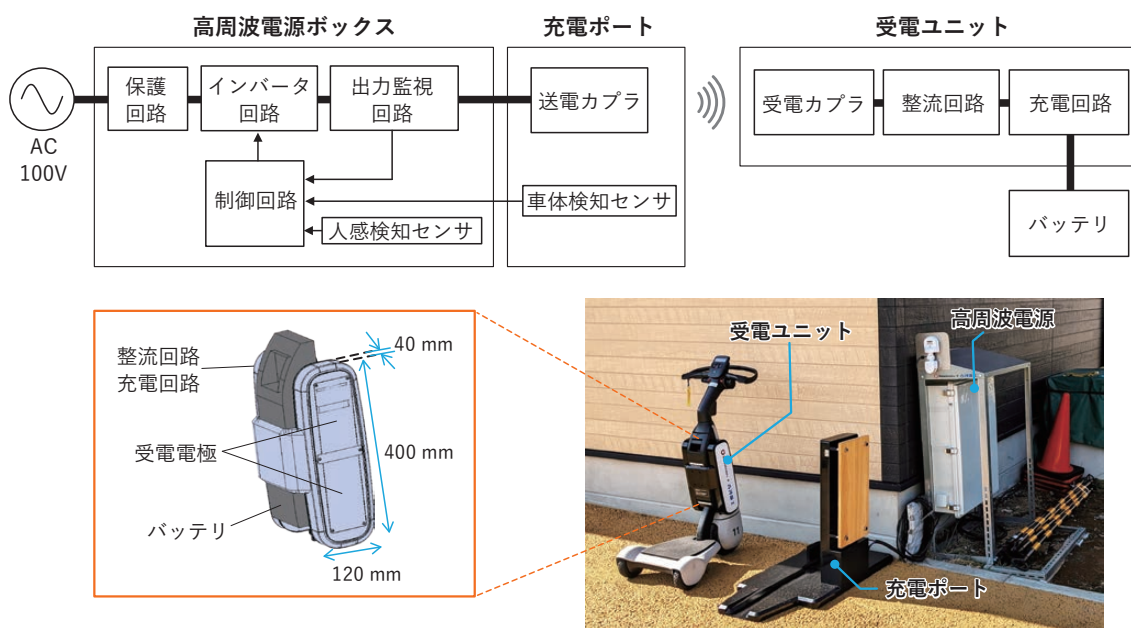


図2 ワイヤレス充電システムの構成
Wireless charging system configuration.



図3 バッテリー一体型受電ユニットと電力伝送性能
Battery-embedded receiver unit and power transfer performance.

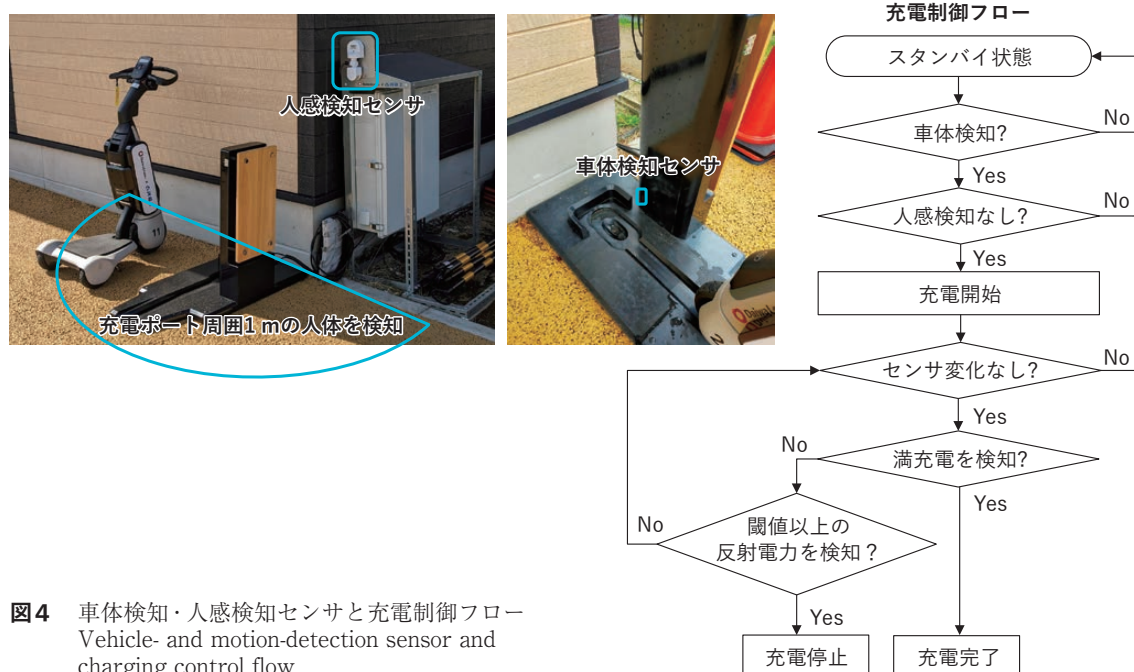


図4 車体検知・人感検知センサと充電制御フロー
Vehicle- and motion-detection sensor and charging control flow.

4. 公園でのワイヤレス充電システムの実証実験

4.1 実証実験の概要

マイクロモビリティの貸出しサービスが行われている公園において、ワイヤレス充電システムの実運用実証を行った。開発したワイヤレス充電ポートを公園内サービスセンター入口横に設置し、対象とする車体は公園の巡視などを行う管理者用車体に限定した。実証実験の概要を表2に示す。

対象車体のバッテリー容量は0.27 kWh、連続走行距離は約14 kmである。車体には0～4のバッテリー残量表示(1:10%～25%, 2:25～50%, 3:50～75%, 4:75～100%)があり、約35分の走行で1つ減少する。30 Wで充電する場合、バッテリーが空の状態から満充電までは約8.4時間である。1時間走行(6 km)したとすると、必要な充電時間は3.6時間となる。

表2 実証実験の概要
Overview of the demonstration experiment.

場所	公園(一般環境)
期間	2024/5～2024/8
対象	公園管理者 (公園の一般利用者ではなく管理者用車体に適用)
目的	一般環境下での実運用を通じたワイヤレス化による利便性向上の実証
方法	・公園管理者が公園内の巡視等のためワイヤレス化した車体を利用 ・車体を使用した公園管理者が運用状況をチェックシートに記載 ・高周波電源でチャージログとイベントログを記録

4.2 実証実験結果

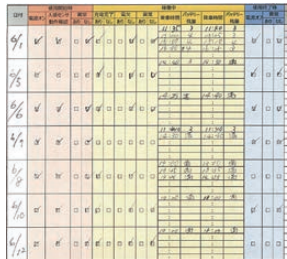
ワイヤレス化した管理者用車体の運用状況をモニタするため、(1)チェックシート、(2)チャージログ、(3)イベントログにより運用状況を記録した。その一部を表3に示す。

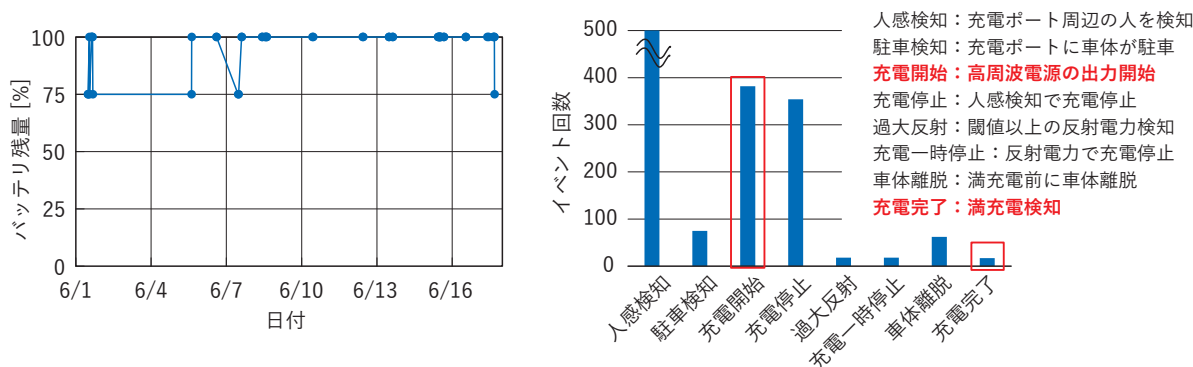
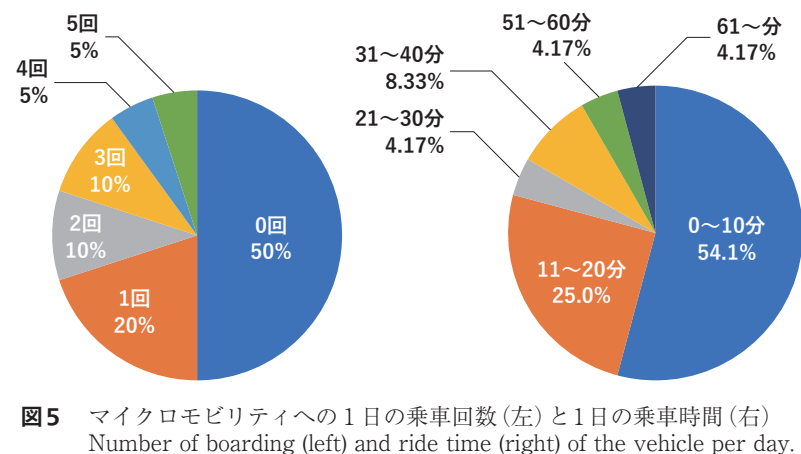
取得したこれらのデータからワイヤレス化した車体の乗車回数と乗車時間を整理した結果を図5に示す。乗車回数は1日0～5回であった。乗車時間は20分以下が多いが、中には60分以上乗車されるケースも見られた。

次に、バッテリー残量の推移とイベントログ解析結果を図6に示す。バッテリー残量は常に3以上であり、高い推移を保っていることが分かる。これはバッテリーが空になる前にこまめな充電が行われたことを示しており、乗車後に毎回充電ポートに返却

するだけで自動充電が行われるワイヤレス充電システムの特徴が表れていると考えられる。一方、イベントログを見ると充電開始に対して充電完了が少なく、(バッテリー残量表示は4であるが)満充電に至っていないことが多いことが分かった。このなかには満充電になる前に乗車するケースやセンサなどが作動して途中で充電が停止するケースが含まれる。特に充電ポート近辺に人が集まったことで人感検知により充電停止するイベントが見られ、検知範囲の最適化などの課題は残るものの、今回組み込んだ人感検知システムの有用性を確認できた。ユーザビリティの観点では、充電ポートから人が離れて充電可能な状態に戻ると自動的に充電が再開される仕組みとなっているため、利用上の不便は少ないと考えられる。

表3 ワイヤレス充電システム運用状況の記録方法
Method for recording the operation status of the wireless charging system.

(1) チェックシート	(2) チャージログ	(3) イベントログ
使用日時、バッテリー残量、異常を記録 管理者に記録を依頼	出力電力、反射電力、充電電力を記録 高周波電源に自動で記録	充電の開始と停止、センサ状態を記録 高周波電源に自動で記録
	*****充電履歴***** File Name: ChargeLog2.txt 充電電力設定値[w]=50 ***** 2024_05/09_05:11:31 : F:50[W]:R:2[W]:L:47[W]:Rev4.0[%] 2024_05/09_05:11:32 : F:50[W]:R:2[W]:L:47[W]:Rev4.0[%] 2024_05/09_05:11:41 : F:50[W]:R:0[W]:L:47[W]:Rev4.0[%] 2024_05/09_05:11:47 : F:50[W]:R:2[W]:L:47[W]:Rev4.0[%] 2024_05/09_05:11:48 : F:50[W]:R:2[W]:L:47[W]:Rev4.0[%] 2024_05/09_05:11:56 : F:50[W]:R:2[W]:L:47[W]:Rev4.0[%] 2024_05/09_05:11:58 : F:50[W]:R:2[W]:L:47[W]:Rev4.0[%] 2024_05/09_05:12:03 : F:50[W]:R:2[W]:L:47[W]:Rev4.0[%] 2024_05/09_05:12:04 : F:50[W]:R:3[W]:L:47[W]:Rev4.0[%] 2024_05/09_05:12:09 : F:50[W]:R:2[W]:L:47[W]:Rev4.0[%] 2024_05/09_05:12:10 : F:50[W]:R:2[W]:L:47[W]:Rev4.0[%] 2024_05/09_05:12:35 : F:50[W]:R:2[W]:L:27[W]:Rev4.0[%] 2024_05/09_05:12:36 : F:50[W]:R:2[W]:L:27[W]:Rev4.0[%]	2024_05/09_04:39:33 : 充電開始 🔴🔴🔴 2024_05/09_04:39:34 : 充電開始 🔴🔴🔴 2024_05/09_05:12:13 : 人感検知 🔴 2024_05/09_05:12:13 : 充電停止 🔴 2024_05/09_05:12:14 : 人感検知 🔴 2024_05/09_05:12:14 : 充電停止 🔴 2024_05/09_05:12:17 : 人感検知 🔴 2024_05/09_05:12:18 : 人感検知 🔴 2024_05/09_05:12:22 : 充電開始 🔴🔴🔴 2024_05/09_05:12:23 : 充電開始 🔴🔴🔴 2024_05/09_05:12:39 : 充電停止 🔴 2024_05/09_05:12:39 : 充電完了 🟢 2024_05/09_05:12:40 : 充電停止 🔴 2024_05/09_05:12:40 : 充電完了 🟢 2024_05/09_05:16:02 : 人感検知 🔴 2024_05/09_05:16:03 : 人感検知 🔴 2024_05/09_05:43:59 : 人感検知 🔴 2024_05/09_05:44:00 : 人感検知 🔴



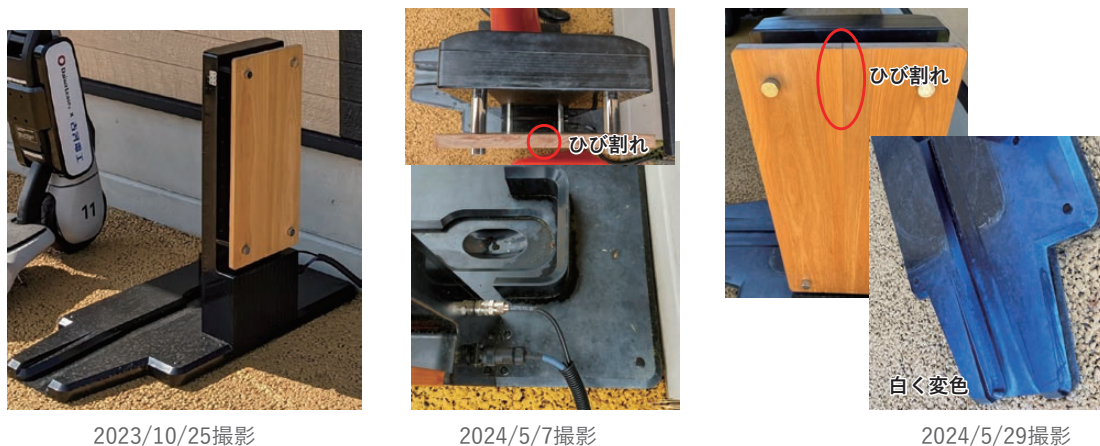


図7 充電ポートの劣化の様子
Deterioration of the charging port.

実証実験の運用を通して、充電ポートの経時劣化が見られた。図7にその様子を示す。特に、木目のひび割れやプラスチックの変色などが見られ、充電ポートを常時屋外設置することによる耐候性の課題を認識した。

今回の実証実験では、公園管理者にワイヤレス充電ポート管理のご協力を頂いた。実際に利用した公園管理者からは、充電ポートのユーザビリティに関して以下のような改善コメントが得られた。

- ・ワイヤレス充電ポートへの駐車は、通常よりも気を遣う。
- ・輪留め機構がタイヤと干渉して、駐車時に力が必要。
- ・日差しが強いとランプが見づらく、充電状態の確認が困難。
- ・外に設置する場合、盗難が心配。

上述の課題が抽出された一方、ワイヤレス充電によってバッテリー交換作業の手間がなくなることについて多くの好意的なコメントを頂き、今後の改善に向けた有益な知見が得られた。

5. おわりに

一般環境向けに構築したワイヤレス充電システムの技術開発と、公園での実運用実証実験の成果を報告した。マイクロモビリティの車体側面部に搭載した電界結合型カプラにより、伝送距離45 mmで30 Wの充電を達成した。また、車体検知や人感検知などを含めた自動充電システムの構築に成功した。実証実験を通して、車体の管理・運用者に対するワイヤレス充電システムの有用性を示した。今回抽出した課題の対策を含め、今後さらに安全性と利便性を高いレベルで両立していくことで、ワイヤレス充電システムの一般環境適用と普及が進むと考えられる。

参考文献

- 1) 唐川祐一郎，他：ワイヤレス充電システムの高周波電源開発と社会実装に向けた取り組み，古河電工時報，144（2025），56-63.
- 2) ブロードバンドワイヤレスフォーラム：公式Webサイト
<https://yrprd.or.jp/bwf/>（参照日 2025年12月5日）.