

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	IoT向けLEDベースの高性能・自動化光無線給電の開発
Title(English)	LED based high-performance and automatic optical wireless power transmission for IoT
著者(和文)	ZHAOMINGZHI
Author(English)	Mingzhi Zhao
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京科学大学, 報告番号:甲第282号, 授与年月日:2025年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:宮本 智之,中村 健太郎,植之原 裕行,徳田 崇,宮島 晋介,丸山 武男
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Institute of Science Tokyo, Report number:甲第282号, Conferred date:2025/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

## 論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第 号		学位申請者氏名		趙 明智 (Zhao Mingzhi)	
論文審査 審査員		氏 名	職 名		氏 名	職 名
	主査	宮本 智之	准教授	審査員	宮島 晋介	准教授
	審査員	中村 健太郎	教授		丸山 武男 (学外審査員)	金沢大学 准教授
		植之原 裕行	教授			
		徳田 崇	教授			

## 論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、「LED-based high-performance and automatic optical wireless power transmission for IoT」(IoT 向け LED 方式の高性能・自動化光無線給電の開発)と題し、英文で6章より構成されている。

第1章“Introduction”(序論)では、IoTデバイスの急速な普及に伴い、デバイスへの電力供給の制約が課題として深刻化していることを指摘している。従来の有線給電やバッテリー駆動では、設置自由度の制限やメンテナンス負担の増大といった課題があるため、これを解決する手段として長距離対応の可能性と電磁干渉が無い光無線給電(OWPT)が有望であると述べている。特にOWPTの光源として安全性やコストの面でレーザより優れるLED光源の利用がIoT向け給電技術として有望であると主張し、本研究では、LED方式によるIoTデバイス向けの高性能・自動化光無線給電の構築を目的に研究を進めることを述べている。

第2章“LED-OWPT for high efficiency and power”(高効率・高出力のLED-OWPT)では、LED-OWPTシステムの高効率化・高出力化のためのレンズ系の光学設計を検討している。LEDの広い光広がり特性に対応するため、レンズによる光利用効率の増加と平行ビーム化の構成を適用することとし、レンズの焦点距離や開口サイズの光学設計を単一LEDおよびLEDアレイに対して実施し、特にLEDアレイについては高出力化と出力限界について詳細な解析と実験を行っている。実証として3×3LEDアレイを構築し、1mの距離で太陽電池出力0.8Wの高出力を達成し、レンズ系効率72%と既存の報告例と比較して高い効率を達成したことを述べている。

第3章“LED-OWPT for long transmission”(長距離伝送に向けたLED-OWPT)では、LEDの光源特性上、1mの距離向けの2層レンズ構成では、距離が長いと光の広がりにより光エネルギー密度が低下するという課題を指摘し、長距離伝送時のエネルギー減衰を抑えるための3層レンズ構成と、焦点距離可変可能な液体レンズを導入し、深度カメラの画像認識と組み合わせた自動合焦機能を開発している。提案構成の実験により伝送距離3mの出力が2層レンズ構成の8倍に向上し、長距離でも安定した給電が可能になることを実証している。

第4章“Auto-OWPT for mobile object”(移動体向けの自動光無線給電)では、移動する対象への給電を可能にする自動追尾システムの開発について述べている。IoTデバイスにはドローンやロボットなど移動体も含まれるため、動的な対象への給電技術が求められると主張している。そこで2軸可動反射ミラーを利用した光ビーム走査システムを独自に構築し、太陽電池セルの位置検出には可視と近赤外の3Dカメラ画像に対しOpenCVと深層学習を活用したビーム制御機構を構築している。移動予測制御にカルマンフィルターと予測アルゴリズムを適用し、高速移動する対象への安定したビーム走査を可能として、実験的に飛行するドローン上に搭載した太陽電池を対象とした給電に対して、安定した無線給電が行えることを実証している。

第5章“Auto-OWPT for multiple IoT”(複数IoTデバイス向けの自動光無線給電)では、複数のIoTデバイスに対して逐次給電を行う適応型OWPTシステムについて述べている。IoTデバイスは多様な環境に複数配置されるため、異なる距離や角度のデバイスに適切に給電することが求められる。特に環境光の影響を受けにくくするために、日中と夜間で対象の認識モードを自動切り替えるとともに、レトロリフレクターを活用して太陽電池の検出精度を向上させている。これに、焦点可変レンズによる異なる距離へのビームサイズ制御を加えることで、複数の異なるデバイスへ安定した逐次走査の給電が可能になることを実験的に明らかにしている。

第6章“Conclusion and prospect”(結論と展望)では、本研究で得られた成果を総括している。以上を要するに、本論文は、IoTデバイス向けのLEDベース光無線給電システムに関する新しい構成技術の提案とその実証実験を詳細に行うことで、光無線給電の実用化に向けた基盤を開拓したものであることから、工学上および工業上寄与するところが大きい。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認められる。