The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	機械学習を用いた波面計測・波面制御の高度化
Author(s)	西﨑, 陽平
Citation	大阪大学, 2020, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/76643
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

様式3

論　文　内　容　の　要　旨

氏　名　（　　西﨑　陽平　　）	
論文題名	機械学習を用いた波面計測・波面制御の高度化

論文内容の要旨

補償光学は波面計測、波面制御の要素技術から構成され、波面ゆらぎの影響を受ける光学システムの結像精度を高める上で重要な技術である。 その歴史は長く、生体イメージングや天体観測において様々な手法が提案されている。 一般的に波面計測、波面制御はハードウェアの複雑化、複数枚撮影や反復演算が必要である。 一方、近年の情報科学技術の急速な進歩により、深層学習等の機械学習が注目されている。 光計測、光制御においても機械学習の積極導入が進み、光学分野の発展に寄与している。

本論文では、波面計測・波面制御技術に対し機械学習を導入し、設計自由度を拡張させたシングルショット一般化波面計測、ロバスト位相回復および高精度波面制御手法について実証する。 波面計測に対して機械学習を導入することにより、波面センサの設計自由度を大幅に拡大させた。 点光源あるいは2次元拡張光源を用いた簡易な光学変調による波面計測により単一強度画像からシングルショット波面計測を実現させた。 また、位相回復手法における反復型手法と機械学習による非反復型手法について再構成精度、推定速度およびロバスト性の点で数値実験に基づいた比較を行った。 その結果、機械学習による非反復型手法の優位性を示すことができた。 最後に、条件の異なる複数のホログラムを用いて再生波面の精度向上を図った。 単一の可変型ホログラムに比べ、コントラストの向上やアーティファクトの低減の点で再生品質が向上することを数値実験によって明らかにした。 これら成果は、機械学習が波面計測、波面制御に及ぼす効果を数値実験、光学実験を通じて示しており、本研究が既存の光学システムにおける課題を解消する可能性を実証している。

様式 7

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名　（　西　崎　陽　平　）			
論文審査担当者		（職）	氏　名
	主 査	教授	谷田　純
	副 査	教授	藤崎　泰正
	副 査	教授	沼尾　正行
	副 査	准教授	小倉　裕介

論文審査の結果の要旨

光波の波面計測と波面制御は、目的に沿った光学設計を行い、物理学に基づいて実装されてきた。しかし、この手法は、ハードウェアやソフトウェアにおいて、測定ダイナミックレンジや精度、演算速度、コスト、ノイズなどの制約を受ける。一方、近年では機械学習の発展が目覚ましく、従来型設計手法では到達できなかった性能を実現する複合技術の開発をめざした研究が進められている。本論文は、波面計測あるいは波面制御の高度化をめざして、機械学習を融合させた新たな光学技術を提案し、その有効性を明らかにしている。

補償光学は、波面計測と波面制御の各要素技術から構成され、大気のゆらぎや生体由来の散乱による波面ゆらぎの影響を受ける光学システムにおいて、結像精度の向上に重要な役割を果たしている。その歴史は長く、天体観測や生体イメージングの分野で様々な手法が提案されている。波面計測と波面制御は、透明試料の定量計測やビーム成形に利用され、光学分野を中心に広く利用されている。一般的に、これらの技術にはハードウェアの複雑化が伴い、複数枚の撮影や反復演算が必要になる。一方、近年の情報科学における顕著な成果として、深層学習に代表される機械学習の利用による既存技術の性能向上が注目されている。光計測や光制御においても機械学習の積極的な導入が進んでおり、光学分野のさらなる発展に寄与している。

本論文では、機械学習を用いた波面計測・波面制御の高度化手法を検討した研究成果がまとめられている。第一章では、補償光学とその要素技術である波面計測・波面制御、ならびに、光学技術と機械学習を融合した既存研究が整理されており、本研究の位置付けが明らかにされている。第二章では、波面計測において機械学習を導入することにより、従来手法の設計自由度を大幅に向上させる非反復型波面センサについて提案している。旧来の点光源を利用した計測手法のみならず、より一般化された二次元光源を利用した計測手法についても実験実証を行い、その有用性が示されている。第三章では、機械学習を利用する位相回復におけるノイズ耐性の向上手法を考案し、数値解析によりその特性を示している。第四章では、波面制御に機械学習を導入し、可変型ホログラムと固定型ホログラムの組み合わせによる効率的な波面生成手法を考案し、数値解析によってその有効性を示している。

本研究の成果は、高速、高精度、ロバストな波面計測・波面制御を実現させる新たな基盤技術を提示しており、大気揺らぎや生体由来散乱など悪条件下における光計測・光制御技術として光技術の発展に貢献するものである。よって、博士（情報科学）の学位論文として価値のあるものと認める。