HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	軸対称偏光素子を利用した光渦及び光格子の生成に関する研究［論文内容及び審査の要旨］
Author(s)	坂本, 盛嗣
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第11875号
Issue Date	2015-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/58691
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Moritsugu_Sakamoto_review.pdf, 審査の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称　博士 (工学)　　氏名　坂本 盛嗣

審査担当者　主　査　准教授　岡 和彦
副　査　教　授　森田 隆二
副　査　教　授　足立 智
副　査　特任教授　馬場 直志
副　査　教　授　戸田 泰則

学位論文題名

軸対称偏光素子を利用した光渦及び光格子の生成に関する研究
(A study on generation of optical vortices and optical lattices by use of axially symmetric polarization elements)

光渦は螺旋状の等位相面を有する光束であり、断面強度分布の中心に暗点が存在することや光束自体が軌道角運動量を持つことなど様々な特異な性質を持っている。このため近年、光渦に関する研究が世界中で勢力的に行われている。これらの研究において光渦を発生する方法がこれまでに幾つか提案されているが、その一つに軸対称な偏光主軸分布を持つ光学素子 (軸対称偏光素子) を利用するものがある。この方法は幾何学的位相を利用して光の波面を螺旋状に変調するため、他の代表的な光渦発生法である空間光変調器 (SLM) や螺旋型位相板 (SPP) 等を用いる方法に比べて、空間分散やトポロジカルチャージ (TC) 分散が極めて小さいという利点を持つ。本論文の著者は、この軸対称偏光素子がもつ興味深い様々な性質に着目し、その詳細な解析と光渦生成原理の拡張を行った。この論文ではその成果が述べられている。

本論文の第 1 章では、研究の背景と目的について述べられている。続く第 2 章では、本研究の鍵となる軸対称偏光素子の性質について述べられている。特に、軸対称半波長板 (AHP) と軸対称偏光子 (ASP) の波面変換機能について詳しく論じられている。

第 3 章では、高次の白色光渦を高純度で生成するための新たな波長分散低減法について述べられている。AHP を用いた幾何学的位相に基づく光渦発生法は、SLM や SPP などを用いる方法より波長分散が小さいが、それでも AHP や波長板の不完全さによって無視できない TC 分散が生じうる。特にこの影響は、AHP を複数段組み合わせる高次の光渦生成システムでは深刻な問題となる。本論文では、まず、この TC 分散の原因が波長板のリタデーション誤差によって生じる不要な円偏光成分にあることを明らかにしている。さらにこの不要な円偏光成分を、円偏光フィルタを適切に配置することによって除去できることを示している。理論と実験により、波長板にリタデーション誤差が存在しても、高い純度で偶数次の高次白色光渦を生成可能であることが検証されている。

第 4 章では、ASP から生成される光渦と径偏光それぞれの回折特性について論じている。主な成果は、第 1 に円偏光照明下で ASP から生成された径偏光のフレネル回折に現れる偏光状態のアノマリーを実験で精査したこと、第 2 にこの現象が発生する原因を、ASP 射出光を左右円偏光成分に分解しそれぞれの回折を考えることで説明したことである。

第 5 章では、筆者が発明したリング状光格子の新たな発生法について述べられている。従来リン

グ状光格子を生成する際には SLM が主に用いられてきたが、筆者は SLM ではなく軸対称偏光素子を用いる全く新しい生成原理を発明した。この新原理により筆者は、従来法では難しかったリング状光格子の「高速制御」と「安定性」の両立に成功した。また、軸対称偏光素子の配列を理論的に検討し、偶数次の光渦の干渉により得られるリング状光格子を全て生成可能な光学システムも見出した。

さらに筆者は本章で、チャープパルスの周波数特性を利用した、リング状光格子の新たな制御法も述べている。本手法では、ピコ秒からフェムト秒の時間領域でリング状光格子を高速回転できるという、従来法では実現不可能であった特徴を持つ。なお実証実験で、数ピコ秒で回転するリング状光格子の発生に成功している。加えて、軸対称偏光素子を用いて生成されるリング状光格子の位相・強度分布・エネルギー流・極小集光場における振る舞いについても数値計算を使って論じている。

第 6 章では、放射状の偏光分布と螺旋状の位相シフトを併せ持つベクトルビームについて述べられている。一般に互いに異なる螺旋次数を有する左円偏光と右円偏光のビームを同軸で重ねると、ベクトルビームが形成されることが知られている。この論文では、軸対称偏光素子の偏光依存型の波面変換機能を利用して、様々な TC を持つ左右円偏光の重ね合わせ状態を作る光学系の構成が新たに提案されている。さらに、互いに異なる螺旋位相分布を有するベクトルビームの重ね合わせ状態を作る方法についても述べられている。

第 7 章は、本研究の結論である。

これを要するに、筆者は、軸対称偏光素子による波面変換機能とその特性を理論的に明らかにした。さらに、その理論に基づき、「高純度な高次白色光渦」、「高速回転が可能なリング状光格子」、「様々な偏光パターンと螺旋位相シフトを有するベクトルビーム」などの新奇かつ特異な性質を持つ様々な光波を生成することに成功した。本研究によって得られた知見は、光物理学ならびに応用物理学の発展に寄与するところ大なるものがある。よって筆者は、北海道大学博士 (工学) の学位を授与される資格あるものと認める。