

Title	レーザー光の時空間位相・偏光制御とその応用に関する研究
Author(s)	宮地, 悟代
Citation	大阪大学, 2004, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/45056">https://hdl.handle.net/11094/45056</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a>〉</a> をご参照ください。

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

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

Osaka University

氏 名 宮 地 悟 代

博士の専攻分野の名称 博士(工学)

学位記番号 第 18804 号

学位授与年月日 平成 16 年 3 月 25 日

学位授与の要件 学位規則第 4 条第 1 項該当

基礎工学研究科物理系専攻

学位論文名 レーザー光の時空間位相・偏光制御とその応用に関する研究

論文審査委員 (主査)

教授 西原 功修

(副査)

教授 小林 哲郎 教授 岡村 康行

工学研究科教授 宮永 憲明

## 論文内容の要旨

本論文は、時空間位相・偏光制御されたレーザー光の発生手法の開発と、その応用としての物質の光応答制御に関する研究成果をまとめたものである。

レーザー光の電磁場は、時空間的な振幅、位相の変化を伴ったベクトルによって表されるが、その制御が困難なことから一般にレーザー応用で用いられるのは直線偏光（もしくは円偏光）であり、これは必ずしも物質の全ての光応答に対して最適であるとは言えない。そこで著者は、時空間的な位相・偏光制御されたレーザー光によって物質の光応答を必要に応じて抽出・顕在化することを目標とし、近年応用分野が広いと注目される代表的な 4 つのレーザー光を発生させ、その応用に取り組んだ。

空間的な位相アンラップを制御したラゲール・ガウシアンビームは、角運動モーメントを有することから光の渦と呼ばれ、近年微小粒子のレーザーによる非接触操作に代表されるように粒子に回転運動を与える応用が注目されている。高効率でエルミート・ガウスモードをラゲール・ガウスモードへと変換できる位相素子を開発し、それを用いて発生させた超短パルス光の渦が、電子加速に有効であることを明らかにした。

擬似非回折波として知られているベッセルビームが、超短パルスレーザーの群速度分散を回折光学素子が与える群速度分散で補償できることに着目し、そのための液晶光学素子を開発してその有用性を示した。

空間的に偏光を制御した軸対称偏光ベクトルビームの集光部では光軸に平行な成分（縦電場もしくは縦磁場）を発生するという特徴的な性質を示す。著者は、これまでにない高いモード変換効率を持つ液晶偏光分布制御素子を開発し、これにより初めて超短パルス軸対称偏光レーザー光を発生させた。焦点付近に存在する縦電場は光軸方向に伝搬しない局在電場であるため観測が困難とされてきたが、光カー効果を用いた観測手法により 2 次元分布を実験的に明らかにすると共に、この縦電場の電子加速に対する有効性を示した。

時空間的に位相を制御した時空間スペクトル分散レーザー光を、分布型位相板により波面分割を行った後レンズで集光すると、その低コヒーレンス性から均一な照明が実現できる。著者は、高変調度位相変調器を用いて発生させ、核融合用高出力ガラスレーザーシステムに世界で初めて導入した。その均一性を評価し、世界最高であることを明らかにした。

## 論文審査の結果の要旨

レーザー光の位相と偏光を空間的に制御することによって可換な多様な伝搬モードを実現できるが、しかしその実現は容易ではない。いろいろな伝播モード、例えば、縦電場、あるいは角運動モーメントを有する光の実現など、レーザー光の伝搬特性を自在に操り物質との相互作用を制御することは、レーザー応用の発展にとって非常に重要となっている。本論文は、レーザーの伝搬モードを変換する種々の素子の開発とその応用に関する研究結果をまとめたものであり、以下の結果を得ている。

レーザー光の空間的な位相制御としては、角運動量を有するラゲール・ガウシアンビーム（光の渦）と非回折性ベッセルビームが取り上げ、各々螺旋位相板と光書き込み型の液晶回折光学素子という簡便で高効率なモード変換素子を開発するとともに、それらの性能を評価している。また、空間的な偏光制御としては、液晶の旋光性を空間的に変化させることによって、軸対称偏光を発生させるための簡便な手法を開発し、それを用いて横波であるレーザー光から高効率で縦電場を発生させるとともに、縦電場の2次元的な定量的画像観測に初めて成功している。さらに、軸対称偏光とベッセルビームを組み合わせ、誘電体媒質中での群速度分散を回折光学素子の分散で補償することによって、光軸付近に局在した超短縦電場パルスの長距離伝搬を視野に入れた先駆的な研究を行っている。ラゲール・ガウシアンビームと軸対称偏光ビーム応用では、超短パルス Ti サファイアレーザーを用いた電子加速を試みている。

レーザー光の時間・空間同時制御に関しては、光ファイバー中での非線形光学効果、すなわち誘導ブリュアン散乱と相互位相変調を利用した位相変調器、周期分極反転位相変調器、および回折格子を組み合わせ、3段位相変調・3方向スペクトル分散レーザー光発生システムを構築し、核融合用レーザーシステムに初めて導入している。得られた時空間位相変調レーザー光により世界最高の照射一様性が実現し、レーザー核融合の実験研究に大きく寄与している。

以上のように、本論文はレーザー光の時間的、空間的な位相と偏光の制御に関して広範囲の新しい研究成果を述べており、開発された光学素子技術やレーザーシステム技術はレーザーと物質相互作用の研究や産業応用に新しいツールを提供するものである。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値のあるものと認める。