The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	Wavefront Control using Cholesteric Liquid Crystals
Author(s)	小橋, 淳二
Citation	大阪大学, 2017, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/61739
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　（　小橋　淳二　）	
論文題名	Wavefront Control using Cholesteric Liquid Crystals （コレステリック液晶を用いた波面制御に関する研究）

論文内容の要旨

コレステリック液晶は周期螺旋構造を自発的に形成し、円偏光を波長選択的に反射する液晶である。選択反射の性質を利用して、これまでに多岐にわたる応用が提案されてきた。しかしながら、その多くは反射係数の振幅成分である反射率を利用しており、位相成分の利用については検討されてこなかった。本博士論文では、コレステリック液晶を利用した反射波面制御の可能性について、理論的・実験的に検討した。以下に各章の要約を述べる。

第1章では、これまでの波面制御技術に対する本研究の位置づけを説明し、本研究の目的および本博士論文の概要を述べた。更に、コレステリック液晶の光学特性の基礎事項を述べた。

第2章では、新たにコレステリック液晶の螺旋位相の概念を提案し、螺旋位相を変化させた場合の光学特性の変化について、Berremanの4×4行列法やモード結合理論を利用して解析した。コレステリック液晶の反射波長帯において、反射光の位相が螺旋位相に比例して0から2πの間で連続的に変化することを明らかにした。同時に、円偏光選択性により、透過光には螺旋位相の効果が現れないことを示した。

第3章では、光配向法によりコレステリック液晶の螺旋位相の空間分布を制御することにより反射型の偏向素子や曲面鏡を作製し、第2章で得られた計算結果の妥当性を検証した。レーザー測定により素子特性（偏向角・焦点距離）を評価し、素子デザインから予想される設計値と良い一致を示すことを確認した。更に、光パターン配向を施した素子においても円偏光選択性が維持されている点や、コレステリック液晶の持つ温度や電界による反射バンドの制御が可能である点も示した。

第4章では、光パターン配向コレステリック液晶を利用して光渦生成器を作製し、第2章で得られた結果のうちの多色での動作に着目して評価した。コレステリック液晶の反射バンド内部の複数の波長において、反射光の波面が位相特異点を持ち光渦に変換されていることを確認した。また、斜入射において発現するコレステリック液晶の全反射バンドを利用することで、入射偏光状態に依らない光渦生成を実現した。更に、螺旋ピッチに分布がある場合にも螺旋位相の効果が現れることを示した。

第5章では、上下基板に異なる配向処理を施すことにより、入射面によって異なる再生像を示す非対称・半透明ホログラムを作製した。コレステリック液晶の持つ円偏光・波長選択性を応用して、光パターン配向コレステリック液晶層を積層することで、円偏光により多重化された疑似カラーホログラムを作製した。

第6章では、螺旋位相に依って制御できない、透過光の位相制御について検討した。螺旋ピッチの短いコレステリック液晶を利用することで可視域における液晶の異方性を小さくすることが可能である。通常のコレステリック液晶は電界を印加された際に螺旋構造が崩れ光を散乱する状態になる。数百nm程度の径を持つ高分子ネットワークにより螺旋構造を安定化することで、螺旋構造を維持した状態でのネットワーク内部の液晶の駆動を可能とし、螺旋構造の実効的な屈折率を変調することで入射光の偏光状態に影響を与えない高速位相変調を実現した。

第7章では、2章から6章で得られた知見を総括し、本博士論文における結論を述べた。

様式 7

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名　（　小橋　淳二　）			
論文審査担当者		（職）	氏　名
	主 査	教　授	尾﨑　雅則
	副 査	教　授	宮永　憲明
	副 査	教　授	斗内　政吉
	副 査	教　授	伊藤　利道
	副 査	教　授	森　勇介
	副 査	教　授	片山　光浩
	副 査	教　授	片山　竜二
	副 査	教　授	近藤　正彦
	副 査	教　授	森　伸也
	副 査	教　授	八木　哲也

論文審査の結果の要旨

本論文は、コレステリック液晶を利用した反射光波面制御の可能性について、理論・実験の両面から検討したものであり、以下の７章から構成される。

第1章では、これまでの波面制御技術における本研究の位置づけを明確にし、本研究の目的および本論文の概要を述べている。さらに、コレステリック液晶の光学特性の基礎事項を概説し、本論文での議論の基礎としている。

第2章では、コレステリック液晶の螺旋位相の概念を新たに提案し、螺旋位相を変化させた場合の光学特性の変化について、Berremanの4×4行列法およびモード結合理論を利用して解析している。コレステリック液晶の反射波長帯において、反射光の位相が螺旋位相に比例して0から2πの間で連続的に変化することを明らかにしている。同時に、円偏光選択性により、透過光においては螺旋位相の効果が現れないことを示している。

第3章では、光配向法をもちいて、コレステリック液晶の螺旋位相の空間分布を制御することにより反射型の偏向素子および曲面鏡を作製し、第2章で得られた計算結果の妥当性を検証している。レーザー測定により素子特性（偏向角ならびに焦点距離）を評価し、素子デザインから予測される設計値と良い一致を示すことを確認している。さらに、光パターン配向を施した素子においても円偏光選択性が維持されていることを確認するとともに、温度や電界などの外場による光学特性の制御性についても原理検証をおこなっている。

第4章では、光パターン配向コレステリック液晶を利用して光渦生成素子を作製し、第2章で得られた螺旋位相の効果が選択反射バンド内の幅広い波長範囲で有効であることに着目し、多色での光渦生成について検討している。その結果、コレステリック液晶の反射バンド内部の複数の波長において、反射光の波面が位相特異点を持ち光渦に変換されていることを確認している。また、斜入射において発現するコレステリック液晶の全反射バンドを利用することで、入射偏光状態に依らない光渦生成を実現している。さらに、螺旋軸方向にピッチに分布を持たせることにより、螺旋位相制御による波面制御の広帯域化が可能であることも示している。

第5章では、上下基板に異なる配向処理を施すことにより、入射面によって異なる再生像を示す非対称・半透明ホログラムを提案、作製している。コレステリック液晶の持つ円偏光・波長選択性を応用して、光パターン配向コレステリック液晶層を積層することで、円偏光により多重化された疑似カラーホログラムを実現している。

第6章では、螺旋位相によって制御できない透過光の位相制御について検討している。光重合性液晶と非重合性液晶の混合系からなるコレステリック液晶を紫外光照射で硬化させることにより、ナノサイズの液晶小滴が分散した螺旋構造フィルムを作製し、その透過光の位相制御特性の検討をおこなっている。ここで、液晶小滴がナノサイズであることから光散乱が存在せず、しかも、作製する螺旋構造のピッチを光の波長に比べて短くすることにより、入射光の偏光状態の影響を受けない偏光無依存位相変調素子が実現できることを示している。

第7章では、2章から6章で得られた知見を総括し、本博士論文における結論を述べている。

以上のように、本論文は、コレステリック液晶の螺旋周期構造に着目した新規な波面制御手法・素子の提案

ならびに実証を、理論および実験の両面からおこなっている。このことは、液晶を用いた新たな応用の可能性を示唆するものであり、電気電子情報工学に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。