



Title	複素振幅制御を用いた仮想位相共役技術による光情報処理に関する研究 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	後藤, 優太
Citation	北海道大学. 博士(情報科学) 甲第13082号
Issue Date	2018-03-22
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/70522
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/
Type	theses (doctoral - abstract and summary of review)
Additional Information	There are other files related to this item in HUSCAP. Check the above URL.
File Information	Goto_Yuta_review.pdf (審査の要旨)



[Instructions for use](#)

学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士 (情報科学) 氏名 後藤 優太

審査担当者 主査 教授 富田 章久
副査 教授 末岡 和久
副査 准教授 池辺 将之

学位論文題名

複素振幅制御を用いた仮想位相共役技術による光情報処理に関する研究
(Study on Optical Information Processing by Virtual Phase Conjugation Technique using Complex Amplitude Control)

位相共役光の動的な位相補正効果は、光ファイバ中を伝搬する画像の画質回復、生体計測、適応光学、レーザ共振器、光通信における波形補償など様々な分野に応用されてきた。位相共役光は LiNbO_3 や BaTiO_3 などの非線形光学媒質を用いた縮退 4 光波混合によって発生させることができる。しかし、縮退 4 光波混合は光学アライメントの難しさ、結晶中で生じる不要な回折光による忠実度の劣化など、幾つかの問題点が存在する。これらの問題点を解決し得る技術として、デジタル位相共役 (DPC: Digital Phase Conjugation) が 2010 年に M. Cui らによって提案されている。DPC は 2 次元イメージセンサと空間光変調器 (SLM: Spatial Light Modulator) の電子的制御によって位相共役光を生成するため、上記した問題点は原理上生じず、高い光学的自由度が得られる。特に、最近では、DPC を生体計測に応用した研究が多数報告されている。

DPC を発展された技術として、位相共役光の生成とその後の伝搬過程を全て計算機上で行う手法も幾つか報告されている。このような仮想的な光学処理では、実際の光学系上に存在する様々な誤差要因 (例えば、大気揺らぎや SLM の非線形特性) を完全に排することができる。しかしながら、仮想的な光学処理に基づく位相共役光生成を実際の光情報処理システムに応用した例はまだ報告されていない。

このような状況に際し、本論文は、仮想的な光学処理に基づく位相共役光生成を仮想位相共役技術として体系づけ、高安定・高精度・小型かつ自由度の高い新たな光情報処理を創出することを目的としている。

第 1 章では、当該研究の背景及び意義・目的について述べている。

第 2 章では、まず、仮想位相共役を実現する要素技術である光複素振幅制御技術の概要について述べている。加えて、従来研究である位相共役光の光学的な生成方法、及び、デジタル位相共役について説明している。

第 3 章では、仮想位相共役を実現するための要素技術の一つとして、反復計測による参照光不要型ホログラフィックダイバーシティ干渉法を提案し、その基本動作や特長を述べている。また、実験により従来法との計測精度の比較を行い、画像 SNR が 8.77dB 向上したことを示している。さらに、内部参照光のパワー効率が、本手法によって従来法の約 10 倍改善することを明らかにしている。

第 4 章では、仮想位相共役の有する機能の一つとして、光学ノイズ除去効果を検討している。レンズで構成される結像系を用いた基礎実験を行い、本ノイズ除去手法を実行した場合に信号成分だけ

が精度よく取り出せることを明らかにしている。

第 5 章では、仮想 4f 光学系の位相共役伝搬を用いたデジタル共焦点顕微鏡を提案し、その基本動作や特長を説明している。本手法が従来のデジタル共焦点顕微鏡では原理上困難とされた、スキヤニングが不要な深さ方向の計測が可能であることを実験的に明らかにしている。

第 6 章では、仮想位相共役技術を用いた光断層撮影技術を提案し、その基本動作や特長を述べている。また、カバーガラスおよびカエル血球が封入されたプレパラート試料の計測実験を行い、本手法が従来の光断層撮影技術では困難であった、どの方向にもスキヤニングが不要な 3 次元断層撮像が可能であることを実験的に示している。

第 7 章では、仮想位相共役技術を用いたデジタル画像の多重分離手法を提案し、その基本動作や特長を述べている。2 枚のデジタル画像を多重する場合の数値解析により、従来のホログラフィックメモリの多重方式と比べ媒質ダイナミックレンジの消費を約 1/2 に低減でき、記録密度を約 2 倍向上できることを示している。

第 8 章では、本論文の総括と今後の課題について述べている。

これを要するに、著者は、仮想位相共役技術を実現するための複素振幅検出技術、及び、具体的なアプリケーションであるデジタル共焦点顕微鏡、光断層撮影、ホログラフィックメモリの信号多重に関する研究を行うことで、光情報処理システムにおける多くの有益な知見を得ており、光エレクトロニクスの分野に貢献するところ大なるものがある。よって著者は、北海道大学博士 (情報科学) の学位を授与される資格あるものと認める。