



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	電子ホログラフィを用いた接眼型立体表示装置および再生用光源の開発 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	米山, 拓応
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(情報科学)
Dissertation Number	甲第15664号
Issue Date	2023-09-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/90748
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Takuo_Yoneyama_review.pdf, 審査の要旨



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 米山 拓応

審査担当者 主 査 特任教授 坂本 雄児
 副 査 特任教授 荒木 健治
 副 査 教 授 長谷山 美紀
 副 査 教 授 土橋 宜典

学位論文題名

電子ホログラフィを用いた接眼型立体表示装置および再生用光源の開発
(Development of Eyepiece-type Three-dimensional Display and Light Source for
Electro-holography)

近年, 立体像表示技術は映画やゲームなどのエンターテインメントや, 遠隔医療や内視鏡手術など, 医療機器への広がりも見せている。このような立体像表示装置に用いられるステレオグラムでは, 左右の視点に視差を持つ平面画像を提示することで立体を錯覚させるため, 焦点調節と輻輳の間に生じる矛盾により眼精疲労や 3D 酔いを誘発することが知られている。そこで, ヒトが立体を認識する際の生理的要因すべてを満たし, 理想的な立体像表示技術として知られる電子ホログラフィの実用化が期待されている。

しかし, 電子ホログラフィには (1) 大規模かつ複雑な装置を伴わなければ広い両眼視野を得られないといった再生装置に関する問題や, (2) 背反関係にある再生像解像感とスペckルノイズについて, これらに寄与する光源コヒーレンスの最適値が明らかになっていないといった光源に関する問題が残されており, 未だ実用化には至っていない。本論文はこれらの問題に着目し, 解決可能な再生装置および光源装置の開発を目的に行われた。

再生装置に関する問題である視野の狭さは, ホログラムを表示する空間光変調機 (spatial light modulator :SLM) の空間分解能に起因する。ホログラムに適した高い空間分解能をもつ SLM 用の表示デバイスは一般には入手できない。そこで本論文ではフーリエ変換光学系を利用した広視野再生装置を両眼の直後に 1 台ずつ配置することで, 装置としては小型のまま両眼視可能な接眼型広視野再生装置を提案している。本論文では再生装置として 3 種類の装置を報告している。

光源に関する問題であるスペckルノイズは, コヒーレンスの高さに起因するものである。ホログラフィは原理上コヒーレンスの高さに応じて再生像の解像感が高くなるが, それに伴いスペckルも強く発現するため, 両者のバランスを取るためにコヒーレンス値を変更できる光源が望まれる。本論文では高出力な広帯域光源としてプロジェクタの黄色蛍光体光を使用し, 角度調整機構を備えたダイクロイック LPF(long pass filter) および SPF(short pass filter) によって透過帯域幅可変な BPF(band pass filter) を構成し, 黄色蛍光体光透過させることで時間的コヒーレンスと無段階で制御可能な光源装置を提案している。

本論文は以下に示す 7 章により構成される。

第 1 章では, 代表的な立体表示技術としてステレオグラム方式を例に立体視要因を踏まえてホログラフィの優位性と実用上の問題点を説明し, 本論文の背景と目的について述べている。

第2章では電子ホログラフィの電子データ取得法として仮想物体からの計算の原理について述べている。

第3章では電子ホログラフィにおいて SLM の性能による視域と視野の制約について説明し、フーリエ変換光学系を用いた視野の拡大法、およびそれに伴う再生像表示空間の拡大法、共役像除去法について説明している。また、これまで報告されてきた電子ホログラフィ再生装置について、その用途や構成とともに特徴を述べている。

第4章ではこれまで段階的に開発した提案装置 I—III について、その原理、構成にあわせて、フーリエ変換光学系における物体座標計算法、時分割カラー化法および表示奥行き誤差補正法、光源と再生像の解像感の関係について、それぞれ述べている。いずれの装置も従来型の再生装置と比較して視野が大きく拡大され、客観評価および主観評価を通して正しい奥行きに再生像を表示可能であることを明らかにした。また、提案装置 III では利用シーン拡大を狙い、光学系をヘルメットに固定することで HMD(head mounted display) 化に成功している。

第5章では、光源コヒーレンスとスペックルの関係について説明し、時間的コヒーレンスを制御するための帯域幅調整機構、および明るさ向上のために利用するプロジェクタ用高出力蛍光体光源について述べ、それらを踏まえて提案光源装置の構造を提案している。実験では帯域幅が 6nm~60nm の範囲で調整可能であり、発光面積あたりの明るさは高輝度 LED と同等以上であることを示している。また、電子ホログラフィの電子データよりの再生実験では光源帯域幅に応じて再生像の解像感とスペックルノイズが変化することを明らかにした。第6章では第4章から第5章で述べた提案装置について俯瞰視点で考察を加え、最後に第7章で本論文のまとめと今後の展望について述べている。

これを要するに、著者は通常の電子ホログラフィ表示装置より大きな視野角を持つ HMD 型電子ホログラフィ表示装置を提案し、実機を開発、さらに、コヒーレンスを制御可能なスペックルノイズ低減手法を提案し、その有効性を実験によって示した。本手法は電子ホログラフィ表示装置の実用化へ向けての有効な手法であり、3D 映像呈示技術および情報メディア学の発展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。