

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	正射影光線-波面変換を用いた大規模ホログラフィック・ディスプレイの計算法に関する研究
Title(English)	
著者(和文)	五十嵐俊亮
Author(English)	Shunsuke Igarashi
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11434号, 授与年月日:2020年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:山口 雅浩,渡辺 義浩,中村 健太郎,金子 寛彦,小尾 高史
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11434号, Conferred date:2020/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

## 論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	五十嵐 俊亮		
論文審査 審査員		氏名	職名		氏名	職名
	主査	山口 雅浩	教授		小尾 高史	准教授
	審査員	渡辺 義浩	准教授	審査員		
		中村 健太郎	教授			
		金子 寛彦	教授			

### 論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「正射影光線-波面変換を用いた大規模ホログラフィック・ディスプレイの計算法に関する研究」と題し、8章から構成されている。

第1章「序論」では、まず電子ホログラフィによる立体像表示に関わる表示デバイスやシステムと、ホログラムを計算機により生成する計算機合成ホログラフィ (CGH) に関する研究動向を概観している。そして CGH 計算法において高い写実性と深い奥行きを保ちつつ、 $10^{10}$  画素を超える大規模なホログラムを計算する技術が未確立であると述べ、それを達成する計算法の提案が本論文の目的であると述べている。

第2章「光線サンプリング面を用いたホログラムの計算法」では、はじめに CGH において重要な役割を果たす光波伝搬の数値計算法と、CGH 計算法に関する先行研究について述べている。特に本論文のベースとなる光線サンプリング (RS) 面を用いた CGH 計算法について、光線情報の波面への変換により高い写実性と深い奥行きを同時に達成する手法であるとし、その原理と計算法を示している。一方でこの手法を用いた大規模 CGH の計算においては課題が存在することを、主に計算量的な観点から指摘している。

第3章「正射影光線-波面変換に基づく CGH 計算法」では、本研究で提案する基本技術となる正射影光線を用いた CGH 計算法について論じている。従来の RS 面を用いた CGH 計算理論を変形して、正射影光線と呼ばれる平行光線の集合を考え、そのフーリエ変換から周波数空間での物体波面の一領域を計算可能であることを導出している。そして、この正射影光線から波面への変換を用いることで、従来の RS 面を用いた計算法に含まれる余剰な伝搬計算を除去可能とする手法を提案している。これにより、従来法と比較して再生像の劣化なしに計算量を大きく削減可能であることを、計算量の理論的な見積もりと計算時間の比較から示している。また提案した計算法によりホログラムを生成可能であることをシミュレーション及び光学実験から確認している。

第4章「大規模 CGH の分割計算法」では、前章にて提案した正射影光線-波面変換法を用いることで、大規模 CGH の効率的な分割計算を可能とする手法を提案している。従来、大規模 CGH を計算する場合にはメモリの制限から物体面・ホログラム面ともに矩形領域にタイリング分割する手法が取られるが、この分割数が増加するほど計算量が增大する。この問題に対して、前章の計算法を用いることにより分割数に関わらず一定の計算量で CGH を計算する手法を提案している。そして本手法の優位性について計算量・計算時間の観点から実証を行っている。また  $128K \times 128K$  画素の CGH を提案手法により計算し、レーザーリソグラフィ装置により出力することで、写実的な立体像の光学再生を実証している。

第5章「相互オクルージョン処理を用いた広深度 CGH 計算法」では、より幅広い深度をもつ立体像を効率的に計算する手法について述べている。幅広い深度の立体像を計算するためには、複数の RS 面を設け、これらの複数面間での相互オクルージョン処理を行う必要があるが、大規模分割計算の際には、複数面全タイル間の組み合わせで膨大な伝搬計算が必要になる。本研究では正射影光線-波面変換を用いた相互オクルージョン処理を導入することで、余剰な伝搬計算の除去を可能とし、広深度 CGH の効率的な計算を実現している。従来法に対して計算量の点で優位であることを示し、

光学実験により広い深度の CGH が生成可能であることを確認している。

第 6 章「深度可変正射影光線-波面変換法」では、RS 面を細かく分割して物体表面近くに配置することで、より広い深度の立体像計算を可能とする手法を提案している。そして本章にて提案する手法により大規模 CGH を生成し、光学再生により提案手法の妥当性を実証している。

第 7 章「波面の分割伝搬計算におけるアーティファクト除去法」では、波面の分割伝搬計算を正確かつ高速に計算する手法を提案している。従来提案された伝搬計算法においては、タイリング分割の際にタイル境界にアーティファクトノイズが生じることを述べ、それを除去する手法を提案している。また提案手法の効果をシミュレーションにより確認している。本手法については正射影光線-波面変換に限らず平面間の伝搬計算であれば利用可能で汎用性のある方法であるとしている。

第 8 章「結論」では本論文で得られた成果と今後の課題について総括している。

以上を要するに、本論文は将来の立体映像表示技術として期待される電子ホログラフィの実現に向け、正射影光線-波面変換を用いた CGH 計算法を提案し、それによって光波面伝搬の効率的な大規模計算を可能とするとともに、高い写実性と幅広い奥行きを持ち  $10^{10}$  画素を超える大規模ホログラフィック・ディスプレイの計算技術を理論的・実験的に確立したものであり、工学上、並びに工業上寄与するところが大きい。よって本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認められる。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。