T2R2 東京科学大学 リサーチリポジトリ
Science Tokyo Research Repository

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)	論文要旨
Type(English)	Summary

Powered by T2R2 (Science Tokyo Research Repository)

（博士課程）
Doctoral Program

論 文 要 旨

THESIS SUMMARY

系・コース： Department of, Graduate major in	情報通信 情報通信	系 コース	
学生氏名： Student's Name	五十嵐 俊亮		

申請学位（専攻分野）： Academic Degree Requested	博士 Doctor of	（ 工学 ）
指導教員（主）： Academic Supervisor(main)	山口 雅浩	
指導教員（副）： Academic Supervisor(sub)	渡辺 義浩	

要旨（和文 2000 字程度）
Thesis Summary（approx.2000 Japanese Characters ）

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する。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は未確立であり、それを達成する計算法の提案が本論文の目的である。

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、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る。中でも光線サンプリング（RS）面を用いた CGH 計算法は、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。一方この手法を用いた大規模 CGH の計算においては計算量的な観点から課題が存在する。

第 3 章「正射影光線-波面変換に基づく CGH 計算法」では、本研究の基本技術となる正射影光線を用いた CGH 計算法を提案する。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する。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の除去が可能となる。これにより、従来法と比較し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す。また提案手法により CGH 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た。

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する。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増大する。この問題に対し、前章の計算方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する。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う。また 128K×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た。

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。本章では正射影光線-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、広深度 CGH の効率的な計算を実現する。従来法に対する計算量的な優位性を示し、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た。

第 6 章「深度可変正射影光線-波面変換法」では、RS 面を細分化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する。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た。

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する。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示し、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た。

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する。

（博士課程）
Doctoral Program

論 文 要 旨

THESIS SUMMARY

系・コース： Department of, Graduate major in	情報通信 系 情報通信 コース	申請学位（専攻分野）： Academic Degree Requested	博士 （ 工学 ） Doctor of
学生氏名： Student's Name	五十嵐 俊亮	指導教員（主）： Academic Supervisor(main)	山口 雅浩
		指導教員（副）： Academic Supervisor(sub)	渡辺 義浩

要旨（英文 300 語程度）
Thesis Summary（approx.300 English Words ）

Holographic 3D displays satisfy all depth cues in human perception by reconstructing wavefronts from objects. Displaying realistic 3D images at a wide range of depths and high resolution is a significant point of the holographic display technique. There have been some attempts to synthesize holograms computationally (known as computer-generated holography, CGH) for electronic display. However, computing high-quality and large-scale holograms with over 10^{10} of pixels remains a major challenge because simulating the diffraction of the light-waves of such holograms requires a heavy computational load.

In this thesis, an efficient calculation method called orthographic-ray-wavefront conversion is proposed to compute large-scale holograms. This method also achieves realistic material reproduction and resolution at a great range of depths. In the proposed method, angular spectra of the object are obtained via orthographic-ray sampling and Fourier transformation, and only components of the wavefront incident on the hologram plane are numerically propagated. The proposed method also enables an efficient parallel calculation of large-scale and realistic CGHs by dividing holograms into small tiles and input rays required to compute each tile. The mutual occlusion process in the orthographic-ray-wavefront conversion is also proposed to reconstruct 3D images at a wide range of depths. The efficiency of the proposed method was confirmed by estimation of computational complexity and measurement of computational time.

In experiments, high-resolution holograms were calculated and fabricated. Realistic 3D images were observed over a wide viewing angle and range of depth. Optical reconstructions demonstrated that the effects of occlusions, transmission, refraction, and reflection were faithfully reproduced.

備考 ： 論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。
Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(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。
Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).