HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Study on Calculation Method of Computer-Generated Hologram for Volume Data [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	盧, 子祥
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(情報科学)
Dissertation Number	甲第13524号
Issue Date	2019-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/74266
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Zixiang_Lu_review.pdf, 審査の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

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　盧　子祥

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

学位論文題名

Study on Calculation Method of Computer-Generated Hologram for Volume Data
（ボリュームデータの計算機合成ホログラム計算法に関する研究）

現在、3 次元オブジェクトを表すボリュームデータは、生物医学科学および地質学などの多くの分野で広く使用されており、特に、磁気共鳴画像法、コンピュータ断層撮影法など医療分野で重要な 3 次元オブジェクトのデータ化法である。ボリュームデータを可視化する方法として、サーフェスレンダリング、最大強度投影 (Maximum Intensity Projection: 以下 MIP)、ボリュームレンダリングなど、多くの優れた視覚化技術がコンピュータグラフィックス分野で提案されている。視覚化された画像は非常に明瞭で理解しやすいものであるが、実際の 3 次元画像ではなく、2 次元平面における CG モデルの投影であったため、複雑な 3 次元構造を理解しにくい面があった。近年の 3 次元ディスプレイの発達により、この問題は解決しつつある。特に、ホログラフィは理想的な 3 次元表示技術と言われており、実物体と同様の光波を再現することで自然な 3 次元映像を可能とする。
本論文の研究対象である計算機合成ホログラム (Computer-Generated Hologram: 以下 CGH) とは、ホログラフィの記録過程における仮想物体からの光波の伝搬、干渉を計算機によってシミュレートすることで作成されるホログラムである。しかし CGH においてボリュームデータの表示技術が未確立であり、かつ、CGH 計算に膨大な時間を必要とする問題点があった。本研究では CGH におけるボリュームデータのレンダリング技術の確立を目的として、ポリゴンベース、MIP ベース、ボリュームレンダリングベースの 3 種類の CGH 計算法を提案している。また、これらレンダリング技術をフーリエ変換光学系を基としたホログラフィ表示システムへ適用し、ボリュームデータの CGH フルカラー表示を実現し、その有用性を示している。
本論文は以下に示す 9 つの章によって構成されている。
第 1 章では 3 次元ディスプレイ技術とそれを取り巻く状況、立体視要因、さらに本研究の研究背景と目的について述べている。
第 2 章ではボリュームデータにつて紹介し、またコンピュータグラフィックスなどでのボリュームデータの可視化技術について述べている。
第 3 章ではホログラフィによる 3 次元画像の記録・再生原理について、また CGH の計算原理について述べている。
第 4 章では再生装置の視野を広げるために、フーリエ変換光学系を用いた CGH 計算法について述べている。
第 5 章ではポリゴンベース CGH 計算法を提案している。提案のポリゴンベース CGH 計算法は、

ポリゴンによる表面抽出とポリゴンデータを用いた CGH 計算の 2 つの操作からなっている。ポリゴンベースの CGH 計算法では、光線追跡法によるレンダリング技術を基礎としており、鮮明な再生画像を得ている。
第 6 章では MIP ベース CGH 計算法について提案している。MIP ベースの CGH 計算法では、修正光線追跡法を使用して MIP モデルのホログラムを生成している。MIP ベース CGH 計算法では、汎用計算 GPU を用いた計算アルゴリズムを提案し、ホログラフィックアニメを生成することに成功している。
第 7 章ではボリュームレンダリングベース CGH 計算法について提案している。ボリュームレンダリングベース CGH 計算法では、ボリュームデータの表現に透明度の概念を適用し、透明オブジェクトおよび多層オブジェクトの表現を可能とした。しかし、ボリュームレンダリングベース CGH 計算法では、計算量が膨大となり、時間がかかるため、要素ホログラムを用いたボリュームレンダリングに基づく CGH 計算法を提案し、大幅な高速化に成功している。
第 8 章では本研究で提案した 3 つの CGH 計算法について、再生画像と計算時間を比較している。
第 9 章では本研究を通して得られた結果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、ボリュームデータをホログラフィによる 3 次元表示を行うための 3 種類の計算機合成ホログラム計算法、および表示システムへのインプリメンテーションを行い、ホログラフィによるボリュームデータの表示を実現している。これにより、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。