



Title	A Study on High-Speed Calculation using the Characteristics of Human Eyes in Computer-Generated Hologram [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	章, 靈傑
Citation	北海道大学. 博士(情報科学) 甲第14284号
Issue Date	2020-09-25
Doc URL	<a href="http://hdl.handle.net/2115/79569">http://hdl.handle.net/2115/79569</a>
Rights(URL)	<a href="https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/">https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/</a>
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	Lingjie_Wei_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 章 霊傑

審査担当者 主査教授 坂本 雄児  
副査教授 荒木 健治  
副査教授 長谷山 美紀  
副査准教授 土橋 宜典

### 学位論文題名

A Study on High-Speed Calculation using the Characteristics of Human Eyes in Computer-Generated Hologram

(計算機合成ホログラムにおける人間の目の特性を利用した高速計算に関する研究)

3D 映像は 3D 映画や 3D ゲーム機など、多くの分野で普及しつつある。これらの実用化されている装置は、視差と呼ばれる人間の視覚特性を用いている。視差とは人間が物体を見る時、左目と右目では異なる画像を見る現象で、逆に視差のある画像を左右の目に提示することによって、人間は立体感を得ることができる。しかし、人間の目が 3 次元物体を知覚する場合、視差の他に運動視差、焦点調節と輻輳調節なども用いられているため、現在の 3D 映像装置では不十分であり、3D 疲労と呼ばれる眼精疲労や酔いなどの不快感が発生する。

ホログラフィー技術では、光の干渉と回折の原理を利用して、人間の全ての立体知覚の生理的な要因を満たし、記録された物体を忠実に再現する技術であり、理想的な立体表示技術と言われている。このホログラフィーの記録の段階をコンピュータで計算し、物体の全ての光波情報をデジタルデータとして記録する技術が計算機合成ホログラム (Computer-generated Hologram :CGH) であり、これにより従来の複雑な光学システムを必要とせず、アニメーションやゲームなどの生成ができる。しかし、CGH ではまだ多くの欠点があり、その 1 つは膨大な計算量である。従って、この論文は、CGH の大量の計算と長い計算時間の短所に焦点を当て、これらの解決のために視覚特性を用いたいくつかの解決策を提案している。

本論文は以下の 8 章で以下の構成されている。

第 1 章では、立体表示技術の現在、将来と本論文の研究背景と研究目的について説明している。

第 2 章では、ホログラフィ技術と CGH 技術について紹介している。

第 3 章では、本論文に使用されているホログラフィを用いた光学システムについての説明をしている。

第 4 章では、提案手法に使用されている Foveated Rendering 技術について以下の通り説明している。

人間は通常、水平方向に約 160 度、垂直方向に約 135 度の視野を見ることができるが、視野の中心で 5 度の範囲内でのみ、物体の詳細を見ることができる。この小さな領域は中心窩と呼ばれる。人間の目の分解能がこの小さな領域を超えた周辺では、角距離が増加するにつれて、急速に悪くなる。VR の分野では、人間の目のこの特性を利用して、5 度の中心視野以外の解像度を下げることによって、Foveated Rendering と呼ばれる技術を用いて、HMD(ヘッドマウントディスプレイ) の計算速

度の高速化を実現している。

第 5 章では、Foveated Rendering を用いた CGH の高速計算を以下の通り提案している。

Foveated Rendering と同様に周辺領域 (5 度の範囲外の領域) の再生像の解像度を低下させ、CGH の計算量を減らす。ただし、CGH の場合では、CG 画像のように画像のピクセル数を減らして解像度を下げることができず、再生像の点光源間の隙間を埋める方法を見つける必要がある。このために、CGH の点光源が生成するゾンプレート半径を小さくすることで、再生される点光源の解像度を下げ、再生像の点光源間の隙間を埋める方法を提案している。また、光線数の減少とゾンプレートの半径の減少により CGH の計算量はさらに削減でき、高速計算の目的を達成している。

第 6 章では、提案手法に使用されているサッケードについて以下の通り説明している。

書籍を読んだり、部屋の中を見たり、動いている電車の窓から外を見たりすると、目は常に動いている。この素早い目の動きはサッケードと呼ばれる。サッケードは、人間の目の最大の振幅と最速の動きの一種であり、人間の目が凝視しようとするときに発生する不随意の目の動きである。人間は通常、このサッケードの発生を認識していない。近年、視覚生理学の分野では、サッケード、視覚知覚、視覚認知の相互作用が注目を集めている。

第 7 章では、提案手法の CGH でサッケード抑制を用いて、高速計算法を提案するとともに、実験でその有効性を示している。

サッケードは人間の目の最速の眼球運動である (一秒 1000 度に達する可能性がある)。サッケードは、人間の無意識状態で一秒毎に 2 ~ 8 回程度発生している。サッケードが発生した前後は、人間の目はしばらくの間視覚情報を抑制する。つまり、各サッケードの後、人間は外界からの視覚情報に感受性が低く、この現象はサッケード抑制と呼ばれている。筆者は人間の目のこの特性に基づいて、アイトラッキング装置を使用して、人間の目にサッケードが発生したかどうかを検出し、サッケードが発生した直後、CGH の解像度を大幅に削減することによって、CGH の計算量を大幅に減少させ、計算速度を大幅に向上させる計算法方法を提案している。さらに、これを実験で確かめ、その有効性を示している。

最後に第 8 章では、本論文で述べた提案手法とそれによって得られた実験結果についてのまとめと今後の展望を記載している。

これを要するに、著者は計算機合成ホログラムの分野へ Foveated Rendering とサッケード抑制の視覚特性を導入し、これを用いた CGH データの計算アルゴリズムを提案し、高速な計算法を実現したものである。将来的に、理想的な立体映像技術と言われる CGH に大きな影響を与えるものであり、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。