

# 論文審査の結果の要旨

氏名 岩崎 慶

本論文は、複雑な非線形現象として知られる水面波によって生じる、様々な光学的効果の高速計算法について提案している。本論文は5章から成り立っており、第1章は本論文のテーマである、水による光学的効果の研究に関する背景および目的について述べられている。第2章では、海面の色の高速計算法について述べられている。第3章では、水中の光学的効果を効率的に計算し、可視化する方法を提案している。第4章では、水面波によって生じる集光現象であるコースティクスの実時間表示手法および、水面における物体の映りこみ、屈折の実時間表示法について述べられている。最後に第5章において本研究のまとめと今後の課題について述べられている。以下で各章の内容について述べる。

コンピュータグラフィックスの分野において、自然現象の可視化は重要な課題の一つである。様々な自然現象の中でも、水面および水中景観の可視化は、景観シミュレーション、バーチャルリアリティー、映画等の様々な分野へ応用されており非常に有用な研究である。水面および水中を可視化するためには、光の散乱や屈折といった水による光学的効果を考慮して水面および水中の光の輝度分布を計算する必要がある。しかしながら輝度分布の計算は非常に複雑でありそれゆえ計算コストが高いことが知られている。一方近年、ディスプレイへの描画を専門に行うグラフィックスハードウェアの高性能化が急速に進んでいる。そこで、本論文ではグラフィックスハードウェアを上手に利用した水による光学的効果の高速計算手法を提案する。

第2章では、海面の色の高速計算法を述べている。海面から視点に到達する光として、太陽光および天空光の水面での反射光、水中での散乱光および水中に透過した光が水底で反射した光を考慮する。提案法では、散乱光について2次散乱光まで考慮し、視点に到達する水中の散乱光を計算するためには、視線に沿って水中の散乱光を積分する必要がある。従来法は視線ごとにサンプル点を設置してサンプル点に入射する散乱光の輝度を求め、累積することによって視点に到達する散乱光を計算していた。提案法では、水中に仮想的な平面(サンプル面)を設置し、サンプル面と視線との交点での散乱光の計算をし、サンプル面上の輝度分布を散乱マップと呼ばれる画像として計算した。これにより、グラフィックスハードウェアを利用して散乱光を高速に計算した。さらに海岸付近のような水深の違いによる海面の色の変化についても考慮し

ている。

第 3 章では、水中の光学的効果の効率的な計算法について述べている。水中の光学的効果として、水中の散乱光によって生じる光跡および集光現象であるコースティクスの可視化を行った。光跡を可視化するためには、視点に到達する散乱光を積分する必要があるが、水面波によって光が屈折しているため散乱光の輝度は一定でなく非常に複雑である。提案法では、水面を三角形メッシュで表現し、メッシュの各頂点における入射光の屈折ベクトルを掃引してできる illumination volume を作成し、illumination volume を利用して光跡とコースティクスの可視化を行った。光跡の輝度は、illumination volume を通過する散乱光の輝度の累積で計算され、この計算はハードウェアのブレンディング機能およびグローシェーディング機能を利用して高速に処理した。次に、コースティクスを可視化するためには、illumination volume と物体表面との交差部分を計算し、交差部分に到達する光の輝度を累積する必要がある。提案法では、illumination volume と物体表面との交差部分を、ハードウェアの標準機能である Z バッファとステンシルバッファを利用して高速に計算した。

第 4 章では、水面上から見たときの水中のコースティクスの実時間表示法について述べている。始点が水面上にある場合の屈折を考慮したコースティクスの表示は、物体表面の輝度分布の計算および水面での視線の屈折を考慮した可視化の 2 つのプロセスからなる。提案法では、物体表面の周囲に仮想的なサンプル面を設置し、サンプル面に挟まれる物体表面をサンプル面に投影してできる画像(sliced object image)として扱うことによって、輝度分布計算および水面での視線の屈折を考慮した可視化を高速に計算した。さらに、sliced object image を利用することで水面への映りこみも実時間で表示することが可能となった。

なお、本論文第 2 章、第 3 章、第 4 章は北海道大学の土橋宜典助教授および東京大学の西田友是教授との共同研究であるが、論文提出者が主体となって開発、分析、検証を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士(科学)の学位を授与できると認める。