



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	A Study on Efficient Rendering of Reflections on Complex Surfaces [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	Podee, Namo
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(情報科学)
Dissertation Number	甲第14626号
Issue Date	2021-06-30
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/82358
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Podee_Namo_review.pdf, 審査の要旨



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 Poddee Namon

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

学位論文題名

A Study on Efficient Rendering of Reflections on Complex Surfaces

(複雑な表面における反射の効率的なレンダリングに関する研究)

コンピュータグラフィックス (CG) は、ビデオゲームやバーチャルリアリティ、製品設計、建築デザインなど、様々な分野で広く利用されている。CG における重要な目的の一つはリアルな映像の効率的な生成である。CG 画像のリアリティや画質を向上させる重要な要素の一つとして、複雑な表面での反射が挙げられる。例えば、ラメ加工を施した素材の表面反射 (グリッター) や複雑な海面に映り込んだ太陽や月の反射光などである。このような反射により、観察者は表面の詳細形状や素材を認識することができる。しかし、これらの反射を正確かつ効率的にレンダリングすることは容易ではない。第 1 章では、CG における複雑な表面の扱いに概説し、複雑な表面のレンダリングの目的と課題について議論し、本研究のアプローチと貢献について述べている。また、本論文の構成についてと各章の概要をまとめている。

第 2 章では、本研究を理解する上で必要となる基礎知識について述べている。本研究は多くのレンダリング手法と計算アーキテクチャの上に成り立っている。具体的には、インタラクティブなレンダリングを可能とするラスタライゼーションに基づくレンダリング手法、超並列計算を可能とする多目的 GPU アーキテクチャ、そして、物体表面での光学的インタラクションを記述するイルミネーションモデルである。本章では、これらについて詳しくまとめている。

第 3 章では、CG の歴史を概観し、本研究に関係する既存手法について議論している。複雑な反射のない滑らかな表面による反射、グリッターやコースティックスのレンダリング、エリアシング除去に関する既存研究について詳しくまとめている。それらの貢献と問題点について議論し、本研究の位置づけを明らかにしている。

第 4 章では、グリッター表面からの反射をリアルタイムにレンダリングする手法を提案している。この手法では、ラメ加工を施した表面による複雑な反射を効率的に再現することに焦点を当てている。各ピクセル内の反射は非常に複雑で滑らかな関数によって近似することができない点が課題となる。この問題を解決するため、ビット単位での記録方法を採用することで、単一の変数に複数の法線ベクトルをコンパクトに記憶する方法を提案している。提案手法は、さまざまな表面加工を施したモデルやさまざまな光源の種類を扱うことができる。提案手法を用いた計算例を示し、その有効性を明らかにしている。

第 5 章は複雑かつ動的な変化を伴う水面での反射の表現について述べている。水面に映り込む太陽や月の反射の効率的な表現に焦点を当てている。水面の形状は動的に変化するため、その反射も

複雑に変化し、その数値計算も不安定となる点に課題がある。提案手法では、前後のフレーム間での反射光の効率的な時間積分法を開発し、安定的な反射の表現を実現している。また、表示不可能な複雑さを持つ領域については、その反射分布をガウス分布を用いて近似することで、さらなる画質の向上を図っている。これらの手法を改善する補助的な二つの手法についても提案している。適応的スーパーサンプリングとマイクロリフレクションレンダリングである。適応的スーパーサンプリングは、ガウス関数によって失われる詳細な幾何形状を復元する。マイクロリフレクションレンダリングは、ピクセル内での最適なサンプル位置を解析的に決定し、反射光の計算精度を向上する。既存手法との比較とともに、提案手法の性能評価を行い、その有効性を明らかにしている。

以上を要するに、本研究では、CG 画像におけるリアリズムを向上する複雑な表面における反射光の高速レンダリングを目的とし、グリッター表面および動的な水面での反射の高速レンダリング法を提案している。既存の反射表示手法との比較実験を行い、高画質の映像生成において、10 倍の高速化が実現され、提案手法の有効性が示されている。提案手法を用いることにより、複雑な表面の反射を含むリアリズムの高い CG 映像を高速に生成することが可能となり、エンターテインメント産業を中心とする多方面での活用が期待される。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。