



Title	不偏性を有する写実的表現と絵画的な陰影表現に関する研究
Author(s)	北岡, 伸也
Citation	大阪大学, 2010, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/57631
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed 大阪大学の博士論文について

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

【19】

氏 名	北岡伸也
博士の専攻分野の名称	博士 (情報科学)
学 位 記 番 号	第 23923 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 22 年 3 月 23 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当 情報科学研究科マルチメディア工学専攻
学 位 論 文 名	不偏性を有する写実的表現と絵画的な陰影表現に関する研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 岸野 文郎 (副査) 教 授 藤原 融 教 授 竹村 治雄 教 授 西尾章治郎 教 授 薦田 憲久 准教授 北村 喜文 教 授 西田 友是 (東京大学)

論文内容の要旨

本論文では、筆者が 2005 年から現在までに、大阪大学大学院情報工学研究科博士課程前期課程ならびに博士後期課程在学中に行った、コンピュータ・グラフィックスにおいて絵画的な陰影表現を実現するための研究と、写実的画像生成のための統計的偏りがないレンダリング手法に関する研究をまとめたものである。

コンピュータ・グラフィックスは、映画などの娯楽をはじめ、建築、広告、教育、医療など、様々な分野で利用されている。コンピュータ・グラフィックスを用いた映像の制作には、モデリングとレンダリングの工程があるが、本研究では特にレンダリング技術に注目する。レンダリング技術は、その表現の方向性から大きく 2 種類に分類される。一つは、フォトリアリスティック・レンダリングで、もう一つは、ノンフォトリアリスティック・レンダリングである。

フォトリアリスティック・レンダリングは、写実的な画像を生成するための技術である。これは、光の振る舞いを物理的にシミュレーションすることで実現される。そのた

め、レンダリング・アルゴリズムには、必ず正しい結果を得るための計算の正確性と、どんなシーンでも扱える計算のロバスト性が求められる。本研究では、従来のレンダリング手法に存在する不偏性の破綻による計算の不正確性の問題を明らかにし、その問題を解決する手法を提案する。また、そこで新しく提案した手法に、レプリカ交換モンテカルロ法を応用することで、従来ではレンダリングが難しかったシーンを頑健に扱うことを可能にする手法も提案する。そして、それぞれの手法において、従来手法と比較し正確性とロバスト性において優れていることを示す。

ノンフォトリアリスティック・レンダリングは、フォトリアリスティック・レンダリングとは逆に、非写実的な表現を実現するための手法である。本研究では、特に、絵画的な表現の実現に注目する。絵画的な表現の研究では、水彩画調や水墨画調、鉛筆画調、セル画調などの様々な既存の絵画表現を絵筆のストロークやタッチを再現することで実現しようとする手法が多いが、陰影付けの効果を再現しようとしているものは少ない。また、実際の絵画に描かれている物体の陰影付けの情報を利用しようとしているものはない。これが可能になれば、ノンフォトリアリスティック・レンダリングにおける表現の幅を広げることができるので、これを実現することを目的とする。これを達成するために、問題を定式化した後、解決する手法を提案する。

本論文は、全5章で構成されている。第1章にて序論を述べる。次に、第2章と第3章では、写実的な画像生成手法に注目する。第2章では、従来手法に存在する統計的な偏り(不偏性の破綻)の問題を解決する手法を提案する。まず、光輸送問題を定式化した後、この基礎的な解法について述べる。次に、従来手法に存在する計算の正確性に関する問題を明らかにする。そして、これを解決する手法を提案し、従来手法の結果と比較検討する。第3章では、従来の不偏性を持つレンダリング・アルゴリズムでは扱うことが難しいシーンを、効率よくレンダリングする手法を提案する。まず、従来手法では扱うことが難しいシーンについて、何故それが難しい問題であるかを明らかにする。そして、その問題を解決するための解法として、拡張アンサンブル法の一種であるレプリカ交換モンテカルロ法を利用する手法を提案する。第4章では、絵画的な陰影表現をコンピュータ・グラフィックスで実現する手法を提案する。写実的画像生成技術の考え方を応用することで問題を定式化し、絵画的な陰影情報を反射率分布として獲得・利用する。最後に、第5章では、本研究で得られた成果を結論として要約する。

論文審査の結果の要旨

近年、パソコン・コンピュータの性能向上に伴い、モデリングやレンダリングのための各種ツールが安価に入手できるようになってきたことや、通信速度の向上により、動画投稿・共有サイトが登場したこと、非専門家のユーザであっても、趣味で3次元コンピュータ・グラフィックスによる映像作品を制作・発表する機会が増加している。しかし、コンピュータ・グラフィックスにおいて必須の過程であるレンダリング工程は、それ自体に対する専門的な知識が必要であったり、使用するアルゴリズムについて深く習熟する必要があつたりと、ユーザが所望の結果を得るための敷居は依然高いままである。特に、写実的な表現を目指すと、任意のシーンを扱えるためのアルゴリズムの正確性や頑健性が問題になってくる。また、非写実的な表現を目指すにしても、可能な表現が限られてしまうという問題がある。

本論文は、これらの問題を解決するために、写実的表現においては、計算の正確性と頑健性を改善する手法を提案し、非写実的表現においては、新しい表現形式として絵画的な陰影効果を描き出すための手法を提案している。そして、これらの手法について検討した研究成果をまとめたものである。その主要な成果は次の通りである。

- (1) 写実的表現において、第1次標本空間上で定義された従来のメトロポリス光輸送法では、アルゴリズムで使用する推定量に含まれる誤差を定式化時点で考慮していないため、最終的な結果に偏りが生じてしま

い、不正確な結果しか得られないことを明らかにした。そして、誤差を考慮して推定量の定義することで、この問題を解決する修正第一次標本空間メトロポリス光輸送法を提案した。

- (2) 写実的表現において、メトロポリス光輸送法では扱うことが難しいシーンがあることを示し、レプリカ交換モンテカルロ法をレンダリング・アルゴリズムに応用することで、この問題を改善できることを実験によって示した。
- (3) 非写実的表現において、絵画に描かれている物体から、その反射率分布を獲得し、3次元モデルのレンダリングに利用する手法を提案している。これにより、絵画の技術に詳しくなくとも、元画像における陰影の付け方を、コンピュータ・グラフィックスにおいて、ある程度再現することを可能にした。

以上のように、本論文は、コンピュータ・グラフィックスの中核を担っているレンダリング技術の発展において重要な成果を上げた研究として、情報科学に寄与するところが大きい。よって本論文は博士(情報科学)の学位論文として価値あるものと認める。