

## 論文内容の要旨

博士論文題目 Applications of Light Transport in Direct and Scattered Components  
(光の直接成分および散乱成分における光輸送の応用)

氏名 辻 茉佑香

(論文内容の要旨)

コンピュータビジョンの分野では、シーンを理解するために画像そのものを対象として複雑な情報処理を施すことが一般的である。しかし、現実世界には光の屈折、減衰、相互反射などの様々な光学現象が存在する。カメラはこれらの情報を2次元の画像に投影するため、3次元のシーンにおける光学現象の情報の多くは、この投影の過程で失われてしまう。したがって、画像そのものだけでなく、画像生成過程における光学現象にも注目することが重要である。物理ベースビジョンと呼ばれるこのアプローチは、光源から物体への光の伝播とカメラによる記録という概念を中心としている。

本論文では、3次元のシーンにおける光の伝播を画像処理ワークフローに統合する新しいアプリケーションを開発した。具体的には、2つのアプリケーションを開拓した。1つ目は、視差に基づく光の遮蔽に焦点を当てたもので、直接光反射の幾何学的な特性を利用して、特定領域の物体からの光のみを計測し、これをタッチセンシングのための効率的な画像処理に応用した。2つ目は、光の減衰と散乱を定式化した Kubelka-Munk モデルに焦点を当て、既を取得された分光画像からの物理モデルの逆問題を解決し、減衰・散乱する光伝播の経路長を推定する。この解析手法を古墳壁画の顔料分析に応用した。これらのアプリケーションは、光伝播を画像処理に統合し、コンピュータビジョンの応用範囲を広げ、本分野の新たな可能性を示している。

(論文審査結果の要旨)

本論文では、カメラで撮影された視覚情報からシーンを理解するコンピュータビジョンにおいて、画像そのものを対象とした画像処理ではなく、光の伝播に焦点を当てた解析手法を提案している。現実世界には光の屈折、減衰、相互反射などの様々な光学現象が存在する。カメラはこれらの情報を2次元の画像に投影するため、3次元のシーンにおける光学現象の情報の多くは、この投影の過程で失われてしまう。したがって、画像そのものだけでなく、画像生成過程における光学現象にも注目することが重要である。物理ベースビジョンと呼ばれるこのアプローチは、光源から物体への光の伝播とカメラによる記録という概念を中心としている。

本論文では、3次元のシーンにおける光の伝播を画像処理ワークフローに統合する新しいアプリケーションを開発している。具体的には、2つのアプリケーションを開拓した。1つ目は、視差に基づく光の遮蔽に焦点を当てたもので、直接光反射の幾何学的な特性を利用して、特定領域の物体からの光のみを計測し、これをタッチセンシングのための効率的な画像処理に応用した。画像処理技術だけで本機能を実現するためには複雑な処理が必要となるが、プロジェクタとカメラの走査の仕組みをうまく利用することで解決した。2つ目は、光の減衰と散乱を定式化した Kubelka-Munk モデルに焦点を当て、既に取得された分光画像からの物理モデルの逆問題を解決し、減衰・散乱する光伝播の経路長を推定する。この解析手法を古墳壁画の顔料分析に応用した。

以上のように、本論文では、2つのアプリケーション開発を通して、光伝播を画像処理に統合する考え方を提案し、コンピュータビジョンの応用範囲を広げ、本分野の新たな可能性を示している。本研究は、コンピュータビジョン分野において、学術面での貢献を認めることができる。本論文の主要部分に相当する内容に関しては、学術論文誌に論文が掲載されるとともに、国際会議等においても公表されている。

よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値ある物と認める。