

多視点および多方向照明画像解析に基づく 織物の異方性反射モデリングに関する研究

武田 祐樹

コンピュータグラフィクス(CG)・コンピュータビジョン(CV)研究による3次元視覚情報処理技術の進展により、貴重な文化財や文化遺産のデジタル記録・保存、デジタルアーカイブ化・コンテンツ化の研究が精力的に進められている。博物館等の所蔵する資料や文化財には、能装束や衣装等の様な織物が存在し、これらの織物の表面は、多様な色や素材の糸が複雑に交差し、微細な3次元幾何構造を持つ。そのため、照明方向や視方向の違いによって、その光沢や質感が大きく変化する。このような織物の微細な3次元幾何構造や、複雑で微妙な色、光沢や質感を、観測画像データから抽出し高精度にモデリングすることや、それらを実世界に忠実に再現しフォトリアリスティックなレンダリングを実現することは、依然として、CVおよびCG研究分野における重要な課題である。

本論文では、光沢のある織物を対象とし、多視点からあるいは多方向からの照明下において観察した多視点および多方向照明画像を、光線と反射面の幾何関係を用いる幾何光学モデルに基づいて解析し、織物表面の反射特性を表現する双方向反射率分布関数(BRDF: Bidirectional Reflectance Distribution Function)および双方向テクスチャ関数(BTF: Bidirectional Texture Function)を自動生成する方法を提案する。さらに、その結果を用いて、織物や照明の色の変化による光沢や質感の変化を実世界に忠実にシミュレーションし、フォトリアリスティックな異方性反射レンダリングを実現する方法を提案する。

まず、光沢のある織物を対象とし、繊維の断面形状と織構造の違いにより織物の光沢感に相違が現れることに着目した、少数視点画像の反射光解析に基づく効率的なBRDFの自動生成法を述べる。生成されたBRDFを用いて、同素材の任意に彩色されたドレス着装シミュレーションにより、フォトリアリスティックな異方性反射レンダリングを実現する方法を述べる。

次に、少数視点画像の反射光解析に基づき、Cook-Torrance反射モデルに織物表面の影・遮蔽モデルを考慮し、織物の糸の3次元凹凸形状と、たて糸とよこ糸の交差の比率や深さを表す織物表面の微視的3次元幾何構造を復元する方法を述べる。

さらに、金欄とよばれる、地色を表す絹糸と金箔が貼られた平金糸のそれぞれ反射特性の異なる糸を織り込んだ伝統織物を対象とし、露光時間を変化させて獲得した多方向照明HDR(High Dynamic Range)画像の反射光解析により、多重解像度異方性BTFを自動生成する方法を述べる。その結果を用いて、フォトリアリスティックな質感を再現しかつ視距離の変化に対してエイリアシングの発生を最小限にとどめる、多重解像度BTFレンダリングを実現する方法を述べる。

能装束などの実織物を観測した多視点および多方向照明画像を用いた実験結果から、提案した異方性反射モデリングとレンダリング手法の有効性を示す。