

ミヤン サバ バトゥール

氏 名 MIYAN SABA BATOOL

学位の種類 博士 (工学)

学位記番号 博第1011号

学位授与の日付 平成27年9月2日

学位授与の条件 学位規則第4条第1項該当 課程博士

学位論文題目 Reconstruction of Texture Objects without knowing Image Correspondences
(対応点探索を必要としないテクスチャ物体の復元)

論文審査委員 主査 教授 佐藤 淳
教授 北村 正
教授 本谷 秀堅

論文内容の要旨

This research considers the reconstruction of texture objects using multi view tensors. Using tensors has following benefits. It allows simultaneous reconstruction of multiple features of object and it requires no prior camera calibration.

Texture objects are defined as a combination of geometric and photometric features. The two kinds of textures are studied, grayscale and colored textures. Each kind of texture has two sub-categories 1D sequential patterns (sequential patterns) and 2D sequential patterns (texture patterns).

Classical multiple view constraints are described in spatial domain and reconstruct 3D shape only. Also, these constraints require a no. of exact image correspondences for estimation of tensors and reconstruction. Therefore, in this research we solve the correspondence problem and reconstruct geometric and photometric features i.e. texture objects.

We use higher dimensional space to reconstruct shape and color information of texture objects. Since the features of object and images have been altered, traditional cameras can no longer be applied.

A new affine camera is structured to capture geometric and photometric information of a texture object. It is assumed that the cameras observe the same spatial domain. Furthermore, we consider multi view relations in frequency space to relax the correspondence requirement. The images contain the same set of correspondences but individual correspondences are not known.

In Chapter 2, classical MVG is reviewed. Affine cameras are a useful approximation of general projective cameras. Using affine cameras we derive multi view relations in spatial domain.

In Chapter 3, MVG for gray scale texture objects is studied using affine projection from 4D world to 3D image space. Correspondence free multi view relations are derived in frequency space. Dimension of Fourier transform depends on the type of texture object considered. One dimensional discrete Fourier transform (1D-DFT) is used for sequential patterns and 2 dimensional discrete Fourier transform (2D-DFT) is used for texture patterns. Reconstruction method is shown with synthetic and real image experiments. Method to establish correspondences across images is also discussed. Evaluation of new multi view tensor is shown using stability criteria.

In Chapter 4, MVG for color sequences and textures is theorized. Considering affine projection from 6D world to 5D image space multi view tensors are computed in frequency space. Reconstruction results are illustrated for synthetic and real images. Stability of tensor is also explained.

In Chapter 5, conclusion is stated. Appendices contain material that might be helpful.

論文審査結果の要旨

本論文は、繰り返し模様などのテクスチャパターンを持つ物体の3次元形状を復元する方法に関するものである。

一般に、複数のカメラを用いた3次元形状復元法においては、同一の輝度パターンを持つ画像点同士を対応点と考え、これらの対応点の座標をもとに3次元点の奥行き推定を行う。しかしテクスチャ物体の場合には、似通った輝度パターンを持つ点が画像中に多数存在するため、複数の画像間において正しい対応関係を見つけることが難しい。このため、誤った対応点を用いて3次元復元を行い形状復元に失敗する問題が頻繁に発生する。これは3次元復元における誤対応問題と呼ばれ、3次元復元技術が成熟した今日においても未解決の大きな問題となっている。本論文では、この誤対応問題を解決するため、対応関係を必要としない新たな3次元復元法を提案している。

第2章では、従来の3次元復元技術と多視点幾何についてまとめている。多視点幾何とは、複数のカメラが存在する場合において、それらのカメラ画像間において成り立つカメラ画像特有の幾何である。多視点幾何では、複数のカメラ画像中の対応点座標間において多重線形拘束が成り立つことが知られており、この性質を用いることにより、対応点座標からカメラ間の位置や姿勢の校正を行うことができ、この結果3次元復元を実現することができる。本章では、この従来の多視点幾何と3次元復元技術について述べると共に、正しい対応関係が得られない場合には、これらの従来法では正しい3次元復元が行えない問題について述べている。

第3章では、第2章で述べた従来法の対応問題を解決するため、新たなカメラ投影モデルを構築し、このカメラモデルをベースに対応点を必要としない多視点幾何の計算法と3次元復元法を提案している。まず、従来の幾何情報に基づくカメラ投影モデルに対して1次元の輝度情報を新たに加えた拡張カメラモデルを構築している。このカメラモデルでは、XYZの3次元に1次元の輝度を加えた4次元空間から、画像のxy座標に1次元の輝度を加えた3次元空間への投影を表している。さらに、この拡張カメラモデルをフーリエ変換することにより、現実空間における投影を周波数空間において表現した新たな投影モデルを構築している。この周波数空間における投影モデルでは、点の対応ずれが位相項として座標の外に括り出せるため、現実空間においては存在しない対応関係が周波数空間においては存在するという大きな特徴を持つ。本章では、この周波数空間における性質を用いることにより、対応ずれのある複数画像において成り立つ新たな多視点幾何拘束を導出し、これを基にカメラを校正して3次元復元を行う方法を提案している。また、シミュレーション実験と実画像実験により、対応ずれのある画像データから正しい3次元復元が行えることを示している。

第4章では、第3章で述べた対応点を必要としない復元法をカラー画像に拡張している。ここではXYZの3次元座標に加えてRGBの3次元輝度を新たに加えた6次元空間を考え、カメラはこの6次元空間から5次元空間への投影装置であると考えて周波数空間における投影モデルを構築している。さらに、この投影モデルをもとに対応を必要としない多視点幾何の計算法と3次元復元法を提案し、その効果をシミュレーション実験と実画像実験により示している。

以上の通り、本稿で述べられている周波数空間における多視点幾何計算法と3次元復元法は、これまで避けることのできなかつた誤対応問題を解決し、対応探索を必要としない3次元復元を実現するものであり、学術的にも実応用においても本分野において大きく貢献するものであると認められる。以上より、本稿は博士論文として適格であると判断する。