

論文内容の要旨

博士論文題目 A model-based tracking framework for non-textured 3D rigid curved objects using sparse polygonal meshes (粗なポリゴンメッシュを用いたテクスチャの無い3次元曲面物体のモデルベーストラッキングフレームワーク)

氏名 MARINA ATSUMI OIKAWA

論文内容の要旨

Tracking the 3D pose of a known object is a common task in computer vision and approaches aiming to achieve real-time tracking are in constant development to attend different applications and scenarios. Augmented reality, robotic manipulation and gesture recognition are just some examples where accurate and robust tracking in real time is essential for a successful application.

The main issue addressed in this thesis is the problem of determining the pose of non-textured 3D rigid curved objects. A common approach uses an edge-based method combined with a wireframe model representing the object shape. However, this method cannot be directly applied to curved objects because their edges change according to the viewpoint. Furthermore, in order to accurately recover their shape, high quality meshes are required, creating a trade-off between computational efficiency and tracking accuracy. Previous works usually imposes some restriction, either in the object shape or motion. Motivated by these issues, a novel model-based framework for tracking curved objects using sparse polygonal meshes is proposed, mainly targeting the following points: a model representation that can avoid the trade-off previously mentioned and which is able to deal with both simple and complex shapes; the necessary modifications to allow the use of the apparent contour in model-based tracking; how to deal with changes in the observable DoF of the target object, and the applicability of the proposed framework.

The effectiveness of the proposed framework is proved through quantitative and qualitative experiments, comparing our approach and the traditional method using sparse and dense meshes. Results are presented using both synthetic and real video image data. For further evaluation, an augmented reality application for rapid prototyping was developed and evaluated through a user study, also achieving positive results.

(論文審査結果の要旨)

平成 24 年 12 月 20 日に開催した公聴会の結果を参考に平成 25 年 2 月 20 日に本博士論文の審査を行った。以下の通り、本博士論文は、提案者が独立した研究者として、研究活動を続けていくための十分な素養を備えていることを示すものと認める。

Oikawa, Marina Atsumi は、本博士論文において、テクスチャーのない曲面物体の位置と姿勢を単眼のカメラ映像を用いてリアルタイムにトラッキングする新たなアルゴリズムを提案し、その有効性を示した。本論文の具体的な貢献を以下に示す。

1. テクスチャーのない曲面物体のトラッキングにおいては、その 3 次元形状モデルを用いる手法が一般的に使われるが、モデルの詳細さに応じて、位置姿勢推定の精度と計算速度にトレードオフが生じる。そこで、モデルを平面パッチで表現するのではなく、2 次曲面パッチで表現することで、高速かつ高精度に対象物の位置姿勢推定を行う方法を提案した。
2. トラッキング対象物が他の物体によって部分的に隠されたり、カメラのフレームから外れると、対象物の位置姿勢を表現するのに必要な 6 自由度のパラメータをすべて推定するために十分な情報が得られなくなる場合もある。そのような場合、従来手法ではトラッキングに失敗するという結果になっていたが、推定困難な自由度を解析し、推定可能な自由度のトラッキングのみを継続、さらには、失った自由度が 1 自由度の場合に、再度完全な 6 自由度のトラッキングに復帰させるためのアルゴリズムを提案した。
3. この技術を拡張現実感と組み合わせることで、ラピッドプロトタイピングにおいて利用可能な仮想テクスチャー評価システムを開発し、それが有効であることを実験によって示した。

このように、曲面物体の位置姿勢推定問題において、新たなすぐれた技術を提案した本論文は、画像計測技術の分野に大きく貢献したものと評価できる。

よって、本論文は、博士（工学）の学位論文として十分な価値があるものと認める。