

審査の結果の要旨

氏名 パトハック サーサク

パトハック サーサク氏の博士論文は、「Motion Estimation of Spherical Cameras and 3D Reconstruction Based on Sparse and Dense Pixel Flows (スパース・デンスピクセルフローに基づく全天球カメラの運動推定と3次元復元)」と題し、全8章より構成される。本論文では、360度すべての方向に視野を有する全天球カメラに注目し、全天球カメラの運動推定アルゴリズム、全天球カメラを用いた3次元復元アルゴリズム、全天球カメラ映像の安定化アルゴリズムの構築を行っている。

第1章では、本論文の背景であるカメラを用いたセンシングの重要性について述べられている。全天球カメラで撮影した画像の特徴が説明され、通常視野のカメラに対する全天球カメラの優位性について議論がなされた上で、全天球カメラを用いる際の問題点・チャレンジングポイントが抽出され、本論文のアプローチが説明されている。具体的には、スパースピクセルフローとデンスピクセルフローを用いることで全天球カメラの運動推定と環境の3次元復元を行う手法を構築することが述べられている。

第2章では、2台の魚眼カメラから構成される全天球カメラの仕組みについて説明され、全天球カメラを用いた撮像の幾何学な定式化が行われている。全天球カメラで撮影された1枚の球状の画像を平面状の画像に投影する方式についての定式化がなされるとともに、異なる位置姿勢で撮影された2枚の全天球画像の関係についての定式化がなされている。また、2枚の画像間で対応する場所を求める方法として、疎な対応点探索を目的としたスパースオプティカルフローと、密な対応点探索を目的としたデンスオプティカルフローについての分類と説明がなされている。

第3章では、関連する研究が調査され、全天球カメラを用いる本論文との関係がまとめられている。疎な対応点探索手法、密な対応点探索手法、幾何学的

な制約条件を用いた対応点探索手法についての関連研究の概要や特徴が説明された上で、全天球画像におけるチャレンジングポイントと本論文のアプローチが述べられている。

第 4 章では、スパースピクセルフローを用いた全天球カメラの運動推定手法と環境の 3 次元復元手法について述べられている。まず、既存の複数の対応点検出手法の性能比較がなされ、**A-KAZE** と呼ばれる手法が全天球カメラで得られた画像間の対応点検出に適していることが示されている。続いて、2 視点で撮影された全天球画像の幾何学的関係の説明と定式化、および、2 視点で撮影された全天球画像を用いた三角測量の説明と定式化がなされている。最後に、多視点で撮影された全天球画像を用いた全天球カメラの運動推定手法と環境の 3 次元復元手法が提案されている。提案手法の検証実験では、橋梁点検を目的として、ドローンに全天球カメラを搭載し、橋脚に沿ってドローンが移動した際の運動推定結果と 3 次元復元結果が示されており、提案手法の有効性が確認されている。

第 5 章では、デンスピクセルフローを用いた、2 視点での全天球カメラの運動推定手法と環境の 3 次元復元手法について述べられている。2 視点での計測の精度向上を図るため、デンスピクセルフローを用いて、2 視点で撮影された球状の画像を平面状の画像に投影する新たな変換手法が提案されている。実画像を用いた実験結果により、提案手法の有効性が確認されている。

第 6 章では、デンスピクセルフローを用いた、多視点での全天球カメラの運動推定手法と環境の 3 次元復元手法について述べられている。多視点での計測の精度向上を図るため、仮想画像生成を利用した最適化手法が提案されている。ここでは、第 4 章で提案した手法を用いて得られた運動推定・3 次元復元結果を初期値とし、デンスピクセルフローを用いて最適化を行うことによって、多視点計測の精度を向上させる手法が構築されている。実験結果より多視点での精度向上が確認され、提案手法の有効性が示されている。

第 7 章では、デンスピクセルフローを用いた、全天球カメラの回転推定手法と映像安定化手法について述べられている。画像処理によってカメラの回転運動をキャンセルしたような映像を生成するための、カメラの運動推定手法が構築されている。具体的には、全天球カメラで撮影した映像の特徴である対称性を利用することで、カメラの回転運動を高精度に推定可能な手法が提案されている。また、カメラの回転運動推定結果を用いた映像安定化手法が提案されて

いる。ドローンに搭載した全天球カメラを用いて取得した映像による実験を行った結果、高精度な映像安定化が実現されていることが示され、提案手法の有効性が確認されている。

第 8 章では、本論文の成果が総括されている。今後の研究の方向性として、カメラの運動推定の高精度化や 3 次元復元の高精度化などについて述べられている。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。