

氏名(本籍)	藤 <sup>ふじ</sup> 木 <sup>き</sup> 淳 <sup>じゅん</sup> (東京都)		
学位の種類	博士(工学)		
学位記番号	博甲第5328号		
学位授与年月日	平成22年3月25日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当		
審査研究科	システム情報工学研究科		
学位論文題目	幾何学的拘束を用いた画像列からの三次元復元の数理に関する研究		
主査	筑波大学教授(連携大学院)	博士(工学)	栗田多喜夫
副査	筑波大学教授(連携大学院)	工学博士	大津展之
副査	千葉大学教授	工学博士	井宮淳
副査	筑波大学准教授	博士(工学)	福井和広
副査	筑波大学准教授	博士(工学)	亀田能成

### 論文の内容の要旨

複数の画像が与えられたとき、カメラ運動と対象物体の形状の両方を復元する問題は、structure from motion (SFM) と呼ばれ、コンピュータービジョンにおいて基本的かつ重要な問題である。本論文では、対応点が求められた複数の画像の間に成立する幾何学的拘束をデータの作る空間の部分空間として捉え、データの作る空間の次元を削減する部分空間を推定することでカメラ運動と形状復元の幾何学を推定する研究を行った。これまでアフィン近似射影カメラとして提案されている射影が計量アフィン射影という枠組みで統一的に議論できることを示し、アフィン射影画像が与える幾何学的拘束条件について数理的に研究し、幾何学的距離に基づく誤差関数の最小化による復元という理論的な手法等を提案した。実際の応用場面ではカメラ運動と対象物体の形状を実時間で復元しなければならない場面も多い。そこで画像が観測される毎にカメラ運動と形状を更新する逐次型推定手法についても考察した。ここでも、部分空間のあてはめによる情報の圧縮を用いて累積誤差が少なく安定な手法を提案した。現状の画像中の特徴点の自動検出手法では、対象物体上でない特徴点が誤って検出されてしまう等の例外値が含まれてしまう。また、画像系列中での特徴点の追跡に失敗するなどデータが欠損してしまうことがある。これらの問題に対応するため3層線型パーセプトロンを用いて幾何学的拘束を表現する部分空間を自己組織化させる手法についても研究した。近年、広い視野をもつカメラとして全方位カメラが用いられるようになってきた。本論文では、カメラ中心をもつ全方位カメラモデルに対して成立する幾何学から導かれる拘束に基づいてカメラ運動と形状復元を行う手法についても検討し、球面エピポーラ方程式の推定の際に最小化する誤差として、球面上の距離に基づく新しい再投影誤差を提案した。

### 審査の結果の要旨

本論文は、複数の画像からカメラ運動と対象物体の形状の両方を復元する structure from motion (SFM) と呼ばれるコンピュータービジョンにおいて、最も基本的かつ重要な問題に対して、統一的で数理的に明快な新たな解釈を与えている。また、実時間でのカメラ運動と形状の復元を実現するための逐次型推定手法や

特徴点検出や追跡で生じる例外値や欠損に対応する手法等の実応用を意識した手法の提案も行われている。さらには、近年利用が拡大している広い視野を持つ全方位カメラに対する手法の検討等も行われている。これらの成果は、独自の視点と数理的に深く緻密な洞察に基づくものであり、博士論文として十分な内容である。

よって、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。