

プログラム名：タフ・ロボティクス・チャレンジ

PM名：田所諭

プロジェクト名：ロボットインテリジェンス

委 託 研 究 開 発

実 施 状 況 報 告 書 (成 果)

平 成 2 8 年 度

研究開発課題名：

極限環境を対象とした頑健なロボット視覚の実現

研究開発機関名：

東北大学

研究開発責任者

岡谷貴之

## I 当該年度における計画と成果

### 1. 当該年度の担当研究開発課題の目標と計画

当該研究開発課題では、全研究期間を通して、次の3つの研究項目に取り組んでいる。

- 1) 極限環境を対象とするSfM(Structure-from-Motion)・視覚SLAM技術
- 2) 多様な状況を対象とできる柔軟な画像認識技術
- 3) 時間変化の検出・認識技術

当該年度においては各項目次のような目標と計画で研究を進めた。

項目(1)については、TRCにて研究開発されている各ロボットプラットフォーム、特にASC(索状ロボット)、サイバー救助犬、脚ロボの3つを対象に、従来法では対処が困難な画像列を取り扱えることを目標に、高速カメラおよび全方位カメラを用いる方法の研究開発を行った。

項目(2)については、例えば災害現場に存在する色々な物体(人、犬や建機、他のロボットなど)を、画像上でその位置や大きさを高精度に検出するための物体検出技術の実現を目標に、ディープニューラルネットのより良い学習方法を研究した。

項目(3)については、市街地の時空間変化を高精度にモデリング可能な方法の実現を目指し、車載カメラで撮影した通りの画像集合および、市街地の2次元地図を入力とする方法を研究した。

### 2. 当該年度の担当研究開発課題の進捗状況と成果

#### 2-1 進捗状況

28年度においては各項目について以下のような進捗を見た。

項目(1)については、前年度までの検討と研究開発状況を踏まえ、高速カメラによるフレームレートの高い動画像系列を用いることで、従来方法では対処不可能だった困難な画像列に対しても、3次元復元を行い得る方法を実現した。

項目(2)については、前年度に引き続いてディープニューラルネットの学習方法を検討し、成果を発展させることができた。特に、画像認識を中心に様々なタスクの問題解決に幅広く利用されている畳み込みニューラルネットワークを対象に、内部のフィルタカーネルに、行列多様体拘束を課しつつ最適化を行う方法を研究し、結果として、各タスクでより高い性能を挙げることを可能にした。

項目(3)については、前年度の研究成果を発展させ、市街地の車載カメラ映像と市街地の2次元地図を統合し、市街地の時間変化を高精度に検出する方法を実現した。

#### 2-2 成果

課題(1)については、様々なロボットプラットフォームへの搭載の第一段階として、ASC(索状ロボット)搭載カメラを対象に、激しい動きを伴う動作の元で撮影された動画像からSfMを実行することが行えるようになった。高いフレームレートで撮影された

画像に対し、これを取捨選択して SfM の処理パイプラインに入力することで、実時間処理と頑健性の向上を両立できる方法である。TRC で行われた 11 月のフィールド評価会でデモを実施することができた。また、ローリングシャッター歪を、カメラの自己校正理論を応用して解決する方法について、前年度に引き続き改良を重ね、実験評価を実施した。成果はトップレベル国際会議 Computer Vision and Pattern Recognition 2017 にて採択された。

課題 (2) については、前年度の研究成果を発展させ、単一の多様体拘束を課しつつ、収束性を担保する学習方法（最適化方法）を実現し、さらに、複数の多様体拘束を同時に取り込むことも可能な学習方法の理論的な枠組みを完成させた。一連の研究成果は、現在、複数の国際会議に投稿中あるいは準備中である。

課題 (3) については、前年度の研究成果を発展させ、通りを車載カメラで自動車を走行させながら撮影した映像と 2 次元地図を組み合わせて、市街地の時空間変化をモデリングする方法を完成させた。この方法の理論的枠組みを示すとともに東日本大震災被災地を対象に評価実験を行った論文は、トップレベル国際ジャーナル Computer Vision and Image Understanding に採択された。

### 2-3 新たな課題など

上述の通り当該年度においては、高速カメラを利用し適応的にフレームを取捨選択し SfM を実行する方法に目処を付けることが出来た。その一方で分野の研究状況を見渡すと、ごく最近 SfM/MVS (Multi-View Stereo) に対する全く新しいアプローチが登場した。深層学習に基づく方法で、幾何学原理を陽には用いないで教師データを用いた end-to-end の学習により、問題の計算を行うディープニューラルネットを構築するというものである。画像 2 枚のみを入力とできるだけと制約された方法ではあるが、研究室内で性能を評価したところ、この方法は精度で従来法を凌ぐばかりか、本研究計画がターゲットとするような難しいシーケンスでも、安定してロバストに一定の計算を行えることを確かめつつある。したがって今後は、深層学習に基づくこの方法を何らかの形で取り込んでいくことになる。次年度において、項目 (2) のわれわれの研究を項目 (1) に統合し、より高精度かつ頑健な SfM の方法を研究することとした。

### 3. アウトリーチ活動報告

該当なし。