

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 7 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

本課題では、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技術:特にTRCで計画されている各ロボットプラットフォーム、すなわち索状体、動物サイボーグ、飛行ロボ、脚ロボを対象にした、ロバストな多視点3次元復元 (SfM/Visual SLAM) の方法の実現
- 2) 多様な状況を対象とできる柔軟な画像認識技術の実現
- 3) 時間変化の検出・認識技術の実現

27年度においては、基盤となる基本技術の開発を実施し、また、プロトタイプシステムの実装と実験評価を行った。

### 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

課題(1)については、次年度に様々な新技术を搭載し、試験が出来るような、Visual SLAM のプロトタイプシステムを開発した。Visual SLAM は長年の研究によって研究レベルでは完成したとも言われるが、実世界、特に TRC が対象とする極限環境での利用は未だに難しい。特に、テクスチャが少ないシーンやカメラに近接したシーンへの適用、およびモーションブラーやローリングシャッター歪などの撮影条件の悪さの克服に課題を残す。これら困難さを克服あるいは低減するための諸技術の研究に取り組み、後述するように、いくつかの課題について成果を得た。

課題(2)「柔軟な画像認識技術」に関しては、特に、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、当該年度は、ディープニューラルネットワークの学習方法を検討し、後述するような重要な成果を得た。

課題(3)「時間変化の検出・認識技術」に関しては、同じストリートを異なる時刻に撮影した2枚の画像を元に、変化を高速に検出する方法の開発に取り組み、後述するような成果を得た。

#### 2-2 成果

課題(1)については、第一に、通常カメラによる適用が困難なシーンへの Visual SLAM の適用を可能にするため、全方位カメラを用いる方法を検討し、プロトタイプシステムを完成させた。全方位カメラからのビデオ画像出力を、GPU を用いてリアルタイムに幾何学変形し、仮想的な複数の透視カメラの映像に変換した上で、Visual SLAM を実行するというシステムで、ほぼリアルタイムでの動作が可能である。第二に、カメラのローリングシャッター歪がその精度を著しく損なう問題に取り組み、これを解決する新しい方法を開発した(図1左)。この方法は、カメラの自己校正 (autocalibration) 理論を応用した従来ないもので、研究成果は現在、関連国際会議に投稿中である。

課題(2)については、ディープニューラルネットの新たな学習方法の枠組みを構築した。これは、冗長な重みに制約を加えることで、収束性や学習の効率を向上しようとするものである。最近盛んに提案されている、ディープニューラルネットの学習のための様々な改良策を、群論や微分幾何学にもとづいて統一的に扱うことができ、主に理論的な貢献が主であるが、一方で、今までにない収束性や学習効率の達成も望めるため、課題(2)の達成に近づくものである。成果は今後、国際ジャーナルに複数の論文を投稿する予定である。

課題(3)については、同一ストリートを撮影した2枚の画像から、そのストリートの時間変化を取り出す方法を実現し(図1右)、査読付き国際会議で発表した(Sakurada, Okatani, Change Detection from a Street Image Pair using CNN Features and Superpixel Segmentation, BMVC2015)。多層畳み込みニューラルネットワーク(以下DCNN)をシーンのカテゴリ認識ができるように訓練した後、その中間特徴を、シーンの時間変化の検出に流用するという方法である。画像上のわずかな位置変化や見る角度の変化や、照明条件の変化などに影響されにくい、見ているものの本質を表現するような画像特徴を抽出することができるDCNNの長所を、うまく利用している。また、データセット(Change Detection Dataset)を構築し、今後の類似研究でのベンチマークとすべく、全世界の研究者へ向けてウェブ上で公開した。

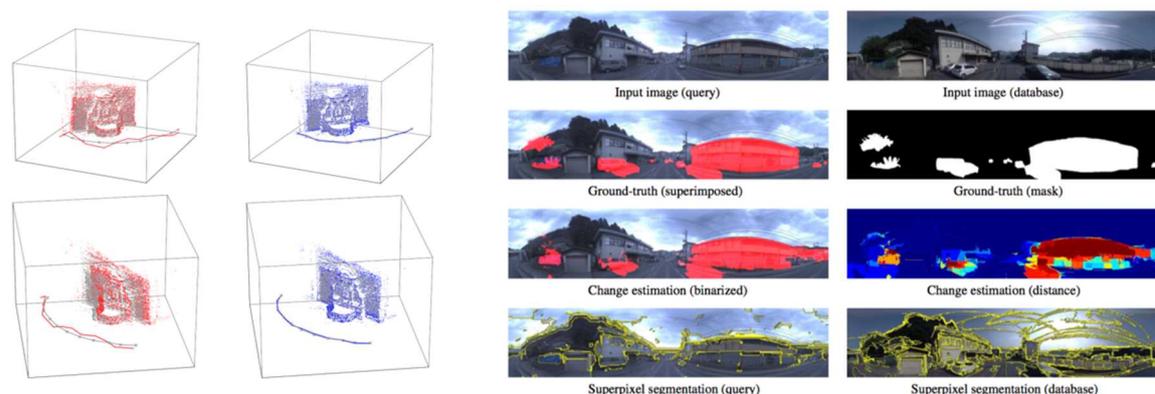


図1. 右: ローリングシャッター歪を補正する Visual SLAM/SfM の方法(3次元復元)の結果の一例。補正なし(左), 補正あり(右)。左: 開発した方法による2枚の画像からの時間変化の自動検出例。

### 2-3 新たな課題など

本課題で開発する Visual SLAM システムは、様々なロボットプラットフォームへの搭載を最終目標としており、そのために TRC の他の研究グループとの共同研究を実施している。その過程で、これらロボットプラットフォーム側からの要求が予想よりも厳しく、具体的には上述の Visual SLAM/SfM を困難にさせる要素が想定以上に多く、かつその程度も高いことがわかってきた。これらを克服するための方法の研究が喫緊の課題であり、28年度は集中的にこれに取り組む。

### 3. アウトリーチ活動報告

該当なし。