

平成 27 年 3 月 31 日

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 26 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

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

全研究期間を通して次の3つの研究項目に取り組む。

- 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，飛行体にそれぞれ搭載したカメラを対象に，ロバストな多視点3次元復元（SfM/Visual SLAM）の方法
- 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

26年度においては，特に他研究チームと協同での研究開発が急がれる項目(1)を中心に，各項目における課題の洗い出しを行った。なお次年度（27年度）には，この結果に基づき，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う予定である。

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

上述の課題(1)「極限環境を対象とするSfM技術」について，理論的検討および予備実験実施を実施した。その結果，極限環境（すなわち，TRCが対象とするロボットプラットフォーム搭載カメラが対峙する環境）を対象に，SfMおよびVisual SLAMを実行する上での課題は2つに集約されると結論した。一つは，多視点画像間のマッチング（対応付け）の高精度化，すなわち既存手法を上回るような新たな技術の必要性である。もう一つは，極限環境ゆえに生じるモーションブラーやローリングシャッター等の障害を克服し，同じ理由で避けられない画像間誤対応を取り除くことのできる全体最適化計算，いわゆるバンドル調整の高度化である。これにはモーションブラーやローリングシャッターの物理モデルの構築と数値計算への適用を含む。

課題(2)「柔軟な画像認識技術」に関しては，物体検出技術の研究を開始している。具体的には，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できる技術であって，TRCで早晚必要になると予想している。本年度は，ディープニューラルネットワークの訓練方法について，様々な新しい方法論を検討した。

課題(3)「時間変化の検出・認識技術」に関しては，すでに研究開発責任者がこれまでに得ている研究成果を，TRC向けに一層発展させる方向で検討を進めた。解くべき典型的な問題は，異なる時刻に同一シーンを撮影した2枚の画像を比較し，シーンのどこがどのように変化したかを推定することである。困難なのは，2枚の画像間で外乱となる違い，例えば照明変化や，全く同じ視点からシーンを撮影できないことによる見えの変動などと，本当に検出すべきシーンの変化を見極めなければならないことである。この困難さを，ディープニューラルネットワークを用いて，シーンの本質的意味を表現した画像特徴を取り出し，これを異なる時刻の画像間で比較すれば，検出すべきシーンの変化のみを取り出せることが分かりつつある。

2-2 成果

課題(1)については、ローリングシャッターのモデルを組み込んだSfMの方法を構築し、性能評価実験をひと通り行った。

図に実験結果の一例を示す。ローリングシャッターの存在下で、それを無視した3次元復元を行うと、図のように本来綺麗な円弧を描くはずのカメラ軌跡に、明らかな誤差が生じる。われわれのローリングシャッターのモデルおよびそれを組み込んだ全体最適化方法を利用することで、図のようにカメラ軌跡が本来の円弧に近いものとなる。

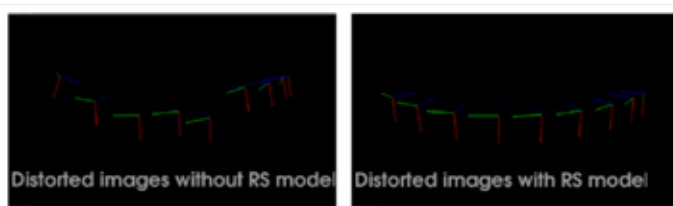


図1.ローリングシャッターのモデルを取り込んだSfMによるカメラの移動軌跡。左：従来手法。右：提案手法

図のようにカメラ軌跡が本来の円弧に近いものとなる。定量的な評価実験を現在（27年度初頭）も続けているが、近々成果の公表（と特許申請）を予定している。

課題(2)については、目立った成果はまだ得られていない。

課題(3)については、市街地を撮影した全方位画像を対象に、その変化を検出する方法を構築し、多量データを用いた評価実験を行い、現在もこれを継続している。

近々成果公表を予定している。



図2.画像上で検出した市街地の時間変化。

2-3 新たな課題など

当該年度に行った検討の結果、上でも述べたが、TRCの先端的ロボットプラットフォームを対象としたSfMの実現のためには、何より多視点画像間のマッチングの精度を、従来の一般的な方法よりも、飛躍的に向上させる必要があるとわかった。マッチングの現在の標準的方法は、(i)位置決めに適した顕著な画像の点（いわゆるコーナー点など）を選択し、(ii)この点まわりの局所特徴量（SIFTなど）を用いて、多視点画像間で仮対応を求め、(iii)そこに含まれる誤り対応を、同画像間で成り立つ大域的な幾何学的制約を当てはめることで除去する。この標準的方法が極限環境下で失敗する場合を仔細に検討した結果、いくつかの原因を特定できた。一つは、標準的方法では(i)のステップで、シーンの同じ点がいつも抽出できる必要があるが、そうならない場合の多いこと。もう一つは、(iii)のステップで、撮像の諸条件が悪いため、大域的な幾何学的制約が正しく利用できない場合が多いことである。

これら課題の解決が、次年度の喫緊の課題となる。（最新の計算機の計算能力を背景に）計算量を犠牲にして、伝統的なコーナー検出器やプロップ検出器の位置決め精度を極限まで向上させることや、ディープニューラルネットワークを用いた、被写体の意味をも利用した大域的なマッチング技術を追求することにしている。

3. アウトリーチ活動報告

該当なし。