

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 29 年度

研究開発課題名：

災害対応ロボットの操作性と頑健性の向上に関する研究

研究開発機関名：

東京大学

研究開発責任者

浅間 一

# 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

2018年現在、様々な環境で人の代わりにロボットが活躍する場面が増加している。その中でも、災害現場はロボットの導入が期待される場面の一つである。しかし、災害現場においてロボットの性能を十分発揮させるためには、ロボット本体の性能のみを向上させるだけでは不十分である。なぜなら、災害現場では乱雑に存在するがれきや煙、障害物等による遠隔操作時の操作性の低下や故障の発生が考えられるため、災害用ロボットはそれらの問題に対応する必要がある。

そこで、本研究課題では、災害現場においてロボットを遠隔操作することを想定し、その操作性と耐故障性を向上させるための新規技術を開発する。

操作性を向上させるためには、オペレータに提示する操作画面の空間認知性の向上が必要である。

また、耐故障性を向上させるためには、システムの異常を自己診断する機能、故障時にパフォーマンスを維持する機能の実現が必要である。

具体的な計画の目的として、下記の2項目について研究を実施する。

- (1) 遠隔操作提示画像の空間認知性向上に関する研究開発
- (2) ロボットシステムの耐故障性向上に関する研究開発

それぞれの研究開発に対するアプローチを下記に詳述する。

研究計画(1)に関して、複数のカメラから得られた画像を合成し、オペレータにとって空間認知性の高い映像を生成し提示する画像処理技術を開発する。平成29年度には、俯瞰画像の生成手法や隠れに対応する画像合成手法などについて検討する。

研究計画(2)に関して、ロボットの故障発生時に、内部状態を検出し同定する自己診断機能、さらに残存機能によってパフォーマンスを維持できる機能縮退手法を開発する。平成29年度には、このうち自己診断機能について検討する。

## 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

研究計画(1)に関して、移動ロボットの遠隔操作時の操作性を向上させるために、平成28年度はロボット本体に複数搭載したカメラの画像を合成し、俯瞰画像を生成する手法を提案した。平成29年度はそれに加えてロボットから得られた複数腕の角度および上体の方向を俯瞰画像上のモデルへ反映させる手法を提案した。これによりオペレータはロボットの状態を確認できるため、操作性がより向上する。

また、移動ロボットの操作性の向上のためには、操作する手元の視認性の高さが重要となる。通常、ロボットの腕を操作し作業を行う場合、オペレータはロボットの手先に取り付けられたカメラもしくは外部のカメラからの映像を見ながら操作する。しかし、手元に取り付けられたカメラはロボットの腕が作業対象物体を覆い隠してしまうことも多い。そこで、複数のRGBセンサおよび距離センサを用いて遠隔操作時のカメラの隠れに対応するための半隠消画像のオンライン生成手法を構築した。平成28年度の研究では屋外環境における障害物の透視が問題となっていた。そこで、平成29年度は距離センサとして3D測距センサを使用し、屋外環境でも使用できる半隠消画像のオンライン生成手法を提案した。

研究計画(2)に関して、ロボット故障時に機能縮退手法を適用するためには、その故障箇所を特定することが必要である。そこで、複数の異なるセンサ（カメラやエンコーダなど）を用いて、与えた指令値とそれらのセンサの出力の差から故障箇所を特定する手法を提案した。

## 2-2 成果

研究計画(1)に関して、平成 28 年度に使用したロボットとは別に新たに複腕搭載ロボットへ同システムを導入したにも関わらず、前年同様に複数搭載したカメラの画像を合成し任意視点の俯瞰画像を生成することで、操作性の高い操作画面を表示することが可能であると確認した（図 1）。

作業時のロボット腕による作業対象物体の隠れに対応するために、2 台の RGB センサと 3D 測距センサを用いた半隠消画像を生成し、障害物を透視可能であることを確認した。そのうえ、平成 28 年度のシステムでは困難であった屋外の障害物の透視を、3 次元情報を用いることで解決した（図 2）。

研究計画(2)に関して、平成 28 年度ではロボット故障時に、残存機能を用いてパフォーマンスを維持するための強化学習による機能縮退手法を提案し、シミュレーション上で動作を確認した。しかし、この機能縮退手法は、事前に故障個所の情報を与える必要があるが、将来的なシステムの実環境への導入を考えたとき、故障の発生と部位はロボットが感知する必要がある。そこで、指令値と各センサの出力結果を比較し、故障個所を特定する手法を提案した（図 3）。



図 1 俯瞰画像（左：ロボットに搭載したカメラの配置，右：任意視点俯瞰画像）



図 2 半隠消画像（左：システムの全体像，右：半隠消画像）

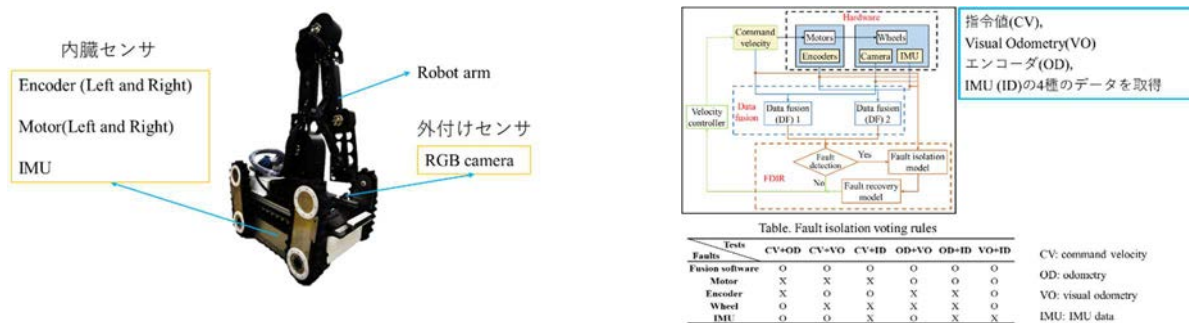


図3 故障発見 (左: 使用したロボットとセンサ, 右: 指令値と各センサの出力結果の比較による故障発見)

### 2-3 新たな課題など

研究計画(1)に関して、俯瞰画像生成や半隠消画像生成手法に関しては、移動ロボットに実装することができた。操作性の向上のためには、ロボットの向きや傾きも画像内に反映する必要がある。そこで、ただ俯瞰画像を生成するだけでなく、ロボットの向きや傾きを反映できるように改良が必要である。また、研究計画(2)に関して、故障発見手法を提案した。この故障発見手法および平成28年度に提案した機能縮退手法を実環境にて適用できようにより各種要素技術の改良が必要である。

### 3. アウトリーチ活動報告

東北大学 青葉山キャンパスにて開催された、ImPACT 第4回フィールド評価会、第5回フィールド評価会に参加し、成果に関するデモンストレーションおよび発表を行った。それぞれの評価会では一般公開が行われた。我々は俯瞰画像生成システムについて、実際に建設ロボットに搭載し活動内容を紹介した。また、半隠消画像生成、機能縮退機能についてはポスターを用いて発表した。

平成30年度は第6回フィールド評価会、第7回フィールド評価会へ参加する予定である。