

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：ロボットプラットフォーム

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：

索状ロボット（細径）の研究開発

研究開発機関名：

東北大学大学院情報科学研究科

研究開発責任者

田所 諭

# 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

年度当初の計画と目標 (Minimum Success) は下記の通り.

### 1) 災害現場からの救助や被害軽減のための索状ロボットの開発

横方向から瓦礫の5cmの隙間に50m奥深く進入できる索状ロボットの第2次試作を行い、瓦礫試験フィールドでの試験を行う。他の研究者の研究成果（視覚、聴覚、遠隔操作）との統合により、瓦礫内での情報収集能力を確認する。

浮上して推進できる索状ロボットの第1次試作を行い、屋外での試験を行うことによって、災害被害軽減に関する実用化の可能性を示す。

### 2) 産業設備の点検と災害予防のための索状ロボットの開発

30Aの細管で5カ所以上のエルボーを持つ配管について、内部の視認検査を従来法の3倍以上の速度で可能にする能動索状ロボットの試作を行う。配管試験フィールドでの試験を行う。

### 3) ロボットの有線ケーブルの能動化

ロボットの運動性能を高めることによって、建物内の探索において、可能範囲を大幅に拡大（面積2倍）できることを示す。

### 4) 他の研究者へのプラットフォームの提供

他の研究者の研究開発成果と併せて、プラットフォームロボットによって瓦礫内でのマッピングが可能であることを示す。

## 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

#### 1) 災害現場からの救助や被害軽減のための索状ロボットの開発

横方向から瓦礫の10cmの隙間に長距離進入できる長さ10mの索状ロボット（能動スコープカメラ）を製作し、それに視覚・聴覚・触覚機能を統合することによって、瓦礫内での遠隔操作と情報収集能力の飛躍的向上を実現した。原理的には50m以上の長さにすることに問題がないため、実験では10mの長さにとどめることとした。

空気を噴射することによって先端を浮上させることができる索状ロボットを開発し、垂直方向の浮上安定化制御、水平方向の方向制御を実現した。

水を噴射することによって浮上する索状ロボットについて、安定化と推力向上のための制御と構造に関する検討を進め、試作を行った。

#### 2) 産業設備の点検と災害予防のための索状ロボットの開発

高速化に必要な走行モデルを作成し、それに基づいた制御法と構造の改良を行った。

#### 3) ロボットの有線ケーブルの能動化

ケーブルハンドリングロボットの運動性能を飛躍的に高めるとともに、瓦礫で必要な耐久性を確保できるため、駆動方式と機構の改良と試作を行った。

#### 4) 他の研究者へのプラットフォームの提供

関係する各研究者に対して、プラットフォームロボットを提供できるよう、企業への技術移転を行った。そ

れによる成果に基づいて統合機を試作した。

## 2-2 成果

### 1) 災害現場からの救助や被害軽減のための索状ロボットの開発

フィールド評価試験で用意した瓦礫の上部から索状ロボットを挿入し、長さいっぱいまでは侵入できることを確認した。また、視覚によって遺留品を発見できること、聴覚によって自己姿勢を推定できること、雑音を押さえて瓦礫内に取り残された要救助者の声を聞くことが出来ること、触覚によって周囲環境との接触を視認しながら操作が可能であることを示し、見て・聞いて・触れる索状ロボットを実現した。清水建設との共同で福島第一原発の内部調査用の索状ロボットを投入し、2016年4月に機能試験を、2016年11月～2017年2月に実際の内部調査ミッションを行った。その結果、原子炉格納容器上部の構造体の破壊を内部まで調査することに成功した。

空気噴射浮上索状ロボットについて、実験室内で30cmの高さの木材ブロックの山を越えて推進できることを、フィールド評価会でランダムステップフィールド上を推進できることを示した。また、フィールド評価会で用意した瓦礫の上と内部を、浮上しながら推進し、これまでの能動スコープカメラと比較して飛躍的に運動性能が向上することを実証した。

水噴射浮上索状ロボットについて、水を噴射して先端を浮上させることが出来ることを示した。また、制御や構造に関する問題点を明らかにして、改良のための対策の検討を行った。

### 2) 産業設備の点検と災害予防のための索状ロボットの開発

実験室にて、50Aの曲管・水平管を、従来比で3倍以上の速度で走行できることを示した。フィールド評価会にて、50Aの曲管・垂直管の走行、水・錆・油で汚れた水平・垂直管での走行を実証した。高速化の基礎となる新しい方式による空気圧モータを開発した。

### 3) ロボットの有線ケーブルの能動化

障害物や垂直壁において、自動的および指令により、地面との摩擦による駆動と、ケーブルの牽引による駆動の運動モードを切り替える走行を実現した。フィールド評価会や建物内の試験によって、瓦礫がある程度散乱した現場で、机の脚、木材瓦礫、階段などを走破することができることを示した。その結果、同現場でケーブルハンドリングロボットが進入することによって、先頭の探査ロボットのケーブルの絡まりが解消され、運動できる距離が飛躍的に向上することを示した。

### 4) 他の研究者へのプラットフォームの提供

試作した統合機により、1)で述べたように、見て・聞いて・触れる索状ロボットを実現した。

## 2-3 新たな課題など

### 1) ロボットの有線ケーブルの能動化

実現できる性能を飛躍的に向上させることが困難であり、他のテーマに注力する必要があることから、今年度で研究開発を打ち切ることとした。

## 3. アウトリーチ活動報告

フィールド評価会、学会、展示会、オープンキャンパス等でデモンストレーションを行い、多くの方々に研究成果を見ていただいた。講演会等で成果について説明を行った。