

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 29 年度

研究開発課題名：

配管をタフに走破して作業もするへび型ロボットの開発

研究開発機関名：

国立大学法人 岡山大学

研究開発責任者

亀川 哲志

# 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

大規模プラントの保守管理における配管検査や、大規模災害の発生時に被災した建築物の内部の探索活動を行うことのできるロボットとして、径が比較的大きな索状のロボット（いわゆるヘビ型ロボット）の研究開発を行う。当該年度においては、下記の3つの実施課題を挙げていた。

### A) 高い走破性をもつタフな索状ロボットの構築の実施

当該年度においては、これまでの開発を進めてきたセンサ統合型ヘビ型ロボットに改良を加える。まず環境との接触力を測定するためのセンサが前年度までは1つおきのリンクにしか搭載されていなかったものを、すべてのリンクに搭載することにより、配管内で接触しているすべての部分の圧力を測定できるようにする。また、ロボット本体のみならず、オペレータの操作卓の周辺機器についても改良を加え、可搬しやすい操作パッケージを設計製作する。

### B) 実環境を想定したロボットの運動生成の実施

当該年度においては、曲管を含む配管をヘビ型ロボットが走破する際のアルゴリズムを改良し、簡単な操作でこれを実現することのできるアルゴリズムを実装することで、配管内部に適切につばって曲管部を走破するヘビ型ロボットを実現する。さらに、螺旋縦波方式と呼ぶアルゴリズムを実装することで、ケーブルの取り回しに関する問題の解消と、配管が分岐している部分におけるロボットの走破に関しての研究開発を行う。同時に、ロボットに搭載した圧力センサの情報を基に3次元的な反射行動を行うことで適切な体幹形状を生成するアルゴリズムの研究開発を行う。

### C) 防塵防水仕様のヘビ型ロボットの設計開発と掃除作業の実現

平成29年度からの新たな実施項目として、防塵防水仕様のロボットの実機モデルを設計製作して実環境での実験を進めていくことを掲げている。当該年度においては、ヘビ型ロボットをチューブ状の物体の内部に挿入することで、ロボット全体を防塵防水仕様にするための基本設計を行い、いくつかの試作・実験を行うこととする。また、ヘビ型ロボットが螺旋捻転運動で配管内を移動する際には、配管内部とロボットとの接触面で相互作用があることから、配管内部を掃除できる可能性が高い。これまでの研究では掃除作業については可能性を指摘するだけで、その実証や掃除能力の最適化などはされていなかった。そこで、防塵仕様にしたヘビ型ロボットを用いて基本的な清掃機能に関する検証実験も行う予定である。

## 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

概ね計画どおりに研究開発が進捗している。

課題A) センサ統合型ハイパワータイプのヘビ型ロボットの改良を行い、すべてのリンクにおいて圧力が測定できるようになったほか、オペレータの操作卓の周辺機器についても改良を加え、可搬しやすい操作パッケージを構築した。

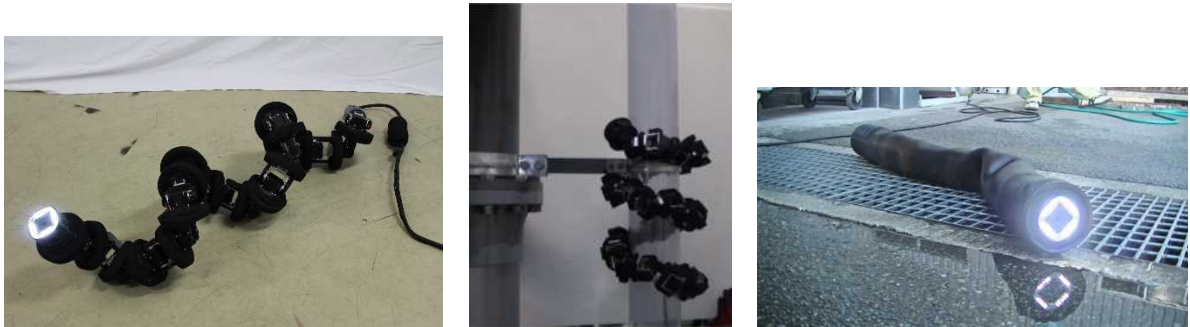
課題B) ヘビ型ロボットの関節のサーボ剛性を適切に設定することで、螺旋捻転運動により曲管を含む配管の内部を簡単な操作で走破できることを実証した。さらに断面形状が四角であるダクト内部においても、ダクトのサイズがヘビ型ロボットのサイズと合えば、同様の制御方式を使ってヘビ型ロボット

がこれを走破できることを実証した。圧力センサの活用については、今後も引き続き研究を行う。配管の外周に巻き付いて移動するヘビ型ロボットの動作計画に関しては、螺旋縦波方式を新たに提案し、これをロボットに実装することで分岐部分をすり抜けることができることを実証した。

課題C)特注のスポンジゴムチューブをかぶせたヘビ型ロボットの試作機を構築し、これにより配管内の移動ができることを確認した。また配管内部に大量の錆が存在する環境での移動実験や、ロボットの動作中に水をかける実験を行って、ある程度の防塵防水性能があることを示した。また、アクリルパイプ内に小麦粉を塗布した環境においてヘビ型ロボットを移動させ、その軌跡を観察することにより、配管清掃の可能性を検証する実験も実施した。

## 2-2 成果

当該年度において実施した成果を下図に示す。研究計画に挙げたとおりに、センサ統合型ハイパワータイプの改良、螺旋縦波方式による配管分岐のすり抜け、防塵防水ヘビ試作バージョンの製作などを実現した。



左図：改良版センサ統合機，中図：螺旋縦波による分岐のすり抜け，右図：防塵防水ヘビ型ロボット

## 2-3 新たな課題など

ロボットの操作に関しては、曲管部分は簡単な操作でこれを走破することが可能になっているものの、現状では一本道の配管のみに対応しているため、今後さらに配管の分岐部分においてロボットの進行方向を選択できるような機能を追加する。

## 3. アウトリーチ活動報告

研究成果を公開するものとして、2017年8月にセンサ統合型ハイパワーヘビ型ロボットのプレスリリースを行った。また最新の成果報告として、2017年6月に実施された第4回 ImPACT TRC のフィールド評価会と2017年11月に実施された第5回 ImPACT TRC のフィールド評価会に参加し、ロボットのデモンストレーションを行った。

また、企業との連携の活動の一環として、2017年11月に某企業の試験配管を使ったヘビ型ロボットの走行性能評価実験を実施、2018年1月にオフィスビルの実ダクト内でヘビ型ロボットを移動させる実験を実施、2018年3月には福島で廃炉を請け負っている企業でヘビ型ロボットのデモンストレーションを実施するなどして、社会実装に向けた取り組みも行っている。