

# 調査点検ロボット用マニピュレータの開発

[研究代表者] 奥川雅之 (工学部機械学科)

[共同研究者] 古金谷友彦, 加古和広 (株式会社フカデン)

## 研究成果の概要

高度経済成長期に建設された国内の社会インフラ構造物は耐用年数を迎えるものが多く存在し、東京オリンピックを控えているという背景も相まって、社会インフラ整備および点検を行うロボットの需要が高まることが予想されている。そこで我々は、遠隔操作ロボットによる調査を目的とし、サブクローラを有するクローラロボット (受動適応クローラロボット **Scott I** (スコット)) の研究開発を進めてきた。Scott の基盤技術の社会実装を目指した実用的な製品開発を行うこととなった。安価で、実用的な製品化が実現できれば、これまで点検、調査が行われていなかった分野に対する調査ロボットの普及促進が期待される。

社会インフラやプラント設備に対する点検・調査、さらには、災害発生時の人命探査や被災状況調査には、カメラや各種センサなどの装備が必要となる。さらに、それらをマニピュレータ先端部に搭載することで、調査点検対象に応じて、それらデバイスを適切な位置に移動させることができる。そこで、それらの装備を遠隔操縦型移動ロボット (Scott, スコット) に搭載するマニピュレータに関して、これまでに研究代表者が試作したマニピュレータの知見をもとに、屋外のフィールドでも使用できるよう防塵防水対応、電装系の見直し、メンテナンス性の向上、操作方法などを考慮したプロダクト試作を行った。

**研究分野：** ロボット工学

**キーワード：** クローラロボット, マニピュレータ, 社会インフラ, プラント, 点検調査, 防塵防水

## 1. 研究開始当初の背景

現在、社会インフラの多くは老朽化が問題となっている。特に、市町村管轄の中小規模の橋梁やトンネルでは、点検や調査の作業が、ほとんど行われていないのが現状である。ロボット技術の導入により、安全かつ効率良く調査点検作業が実施できるようになれば、その実施回数が増えるだけでなく、点検を頻繁に行うことにより、事故の要因を早期発見し、かつ事故の危険性を低減することに貢献するものと考えている。

一方で、製油/製鉄など各種プラントでは、老朽化や経年劣化により、事故が発生するケースが多くなってきた。これらの点検作業では、危険を伴う場所があり、災害予防の観点から、人のアクセスが困難な箇所での調査点検作業に対するロボット技術の活用は有効である。

これら社会インフラやプラントの点検調査に求められるロボットの能力は、かなり共通なものが多く、災害対応ロボットとして転用が可能であると考えられる。特に、

狭隘閉所空間に対する遠隔操縦型調査ロボットによるモニタリング技術は、社会インフラやプラントにおける狭隘・閉所箇所の点検・メンテナンス、危険箇所の内部調査に要求されるものであり、それらは、災害時の崩落箇所や可燃性/有毒ガス雰囲気中等の調査への転用が期待される。そこで、各種点検や調査を可能とする遠隔操縦型クローラロボットの開発を産学共同で行うことで、社会インフラ、製油/製鉄プラントにおいて、作業者の危険性の高い場所や到達が困難な場所の調査点検だけでなく、事故や災害発生時における調査に対するロボット技術の社会実装が見込まれる。以上のような背景のもと、本研究では、企業とのコンソーシアムにより、トンネル災害対応、高速道路付帯設備の点検や亜炭廃坑内部空間調査<sup>(1)</sup>、豊田市消防との合同訓練<sup>(2)</sup>など、フィールド実験を繰り返し、実用的なロボットシステムの開発に取り組んでいる。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、社会インフラ維持管理、プラント日常点検作業及び災害現場調査などを行う遠隔操縦型クローラロボットの实用化に向けた準備として、本研究室で試作したマニピュレータをもとに、機構や電装系の見直しと操作方法の検討を行い、実用的なマニピュレータ開発の基盤を確立するものである。

## 3. 研究の方法

### (1) 新マニピュレータの試作

従来のマニピュレータは、配線がむき出しであるとともに、機構部も暴露していた。屋外での利用を想定すると、防塵防水対策は必須である。また、連続稼働による故障が多発していたため、各機構部の堅牢化も要求される。そこで、機構部の堅牢化と防塵防水対策を検討することとした。

#### ① 機構部の堅牢化

樹脂パーツを廃止し、各部の強度をアップした。強度アップに伴い機構部重量が増加したため、アームにカーボン素材を採用することとなった。

#### ② 防塵防水対策

機構部の駆動軸貫通部に対して、Oリング採用と機構部の密閉構造により、モータへの水や塵の侵入防止を図った。また、マニピュレータ回転軸を中空とし、搭載ロボットへの配線を通すこととして、ロボット全体の防塵防水に配慮した構造にすることとなった。図1に新たに試作したマニピュレータの外観を示す。



図1 試作したマニピュレータの外観

### (2) マニピュレータ操作インターフェースの検討

これまで、マニピュレータの操作は、ゲームパッドを用いて行っていた。ゲームパッドは、ロボットの移動を制御する際には有効であるが、自由度の高いマニピュレータの制御には不向きである。特に、マニピュレータ先端を検査対象に近づける際、各関節に対して独立に指令値を送ることになるために、操作時間がかかっていた。そこで、マニピュレータと同じ構造を持つコントローラーを製作し、マスタースレーブ方式の制御方法を採用した。その結果、直感的な操作により、およそ半分の時間で検査対象の位置にマニピュレータ先端を移動させることが可能となった。



図2 マスタースレーブ操作システムを使った圧力ゲージの目盛り読み取り操作風景

## 4. 研究成果

今年度は、従来のマニピュレータの問題点を整理し、それらに対する対策を検討し、改良版の試作を行った。また、2リンクのマニピュレータ操作方法として、マスタースレーブ方式を採用し、操作時間の短縮を実現した。今回、社会インフラやプラントの日常点検や調査を想定した遠隔操縦型クローラロボットについて述べたが、得られた成果や要素技術は、災害対応ロボットへの応用が期待される。

## 5. 本研究に関する発表

(1) 三浦洋靖, 渡邊彩夏, 奥川雅之, 倉橋奨, 栗栖正充, ロボット調査システムによる亜炭廃坑調査の検証実験報告, 第35回日本ロボット学会学術講演会 (RSJ2017) 講演概要集, K3-01, 2017.

(3) 渡邊彩夏, 三浦洋靖, 奥川雅之, 畑中錦也, 災害対応ロボットの活用を目指した豊田消防との連携訓練, 第35回日本ロボット学会学術講演会 (RSJ2017) 講演概要集, 1K3-02, 2017.