

HERO Lab.  
Hyper-Environmental Robots Laboratory  
極限環境ロボット研究所

福島第一原子力発電所の廃炉作業は世界でも前例のない取り組みであり、東京電力 HD が示す廃炉工程表では 30~40 年後の廃炉を目指すとしています。この廃炉作業には、廃炉の各段階で必要な目的に合わせた最適な形態を有する特殊ロボットを作り上げ、現場投入しながらその機能性を改善していくという継続的で著しく創造的なロボット開発を持続できる組織が必要です。HERO 研は、東京電力グループに所属し、経営技術戦略研究所 (TRI) や東京パワーテクノロジー株式会社 (TPT) などとの緊密な協力のもとに、廃炉作業に関わるロボット技術開発の一角を担い、他分野にも波及させられる高度なロボット技術を開発することを目指しています。

**世界を驚かす独創的なロボット開発をしたい人は集まれ！**

ちょっと辛辣な言い方をすると、現代のいわゆる大企業での工業製品の開発とは、在来の自動車や家電製品などを調べてそれらを微妙に変えたものを新型モデルと称することであり、大企業のビジネスとは、そのような新型モデルを、飽食した人々の口をこじ開けるようにして食べさせることである、と私は考えています。そして、有名大学の工学部卒業生の大多数はそんな企業にこぞって就職します。もちろんこのようなビジネスも日本の発展のために著しく重要です。しかし、0 から 1 を作り出すような独創的な仕事をしたいと希望している創造性溢れる学生諸君は、少々物足りないのではないのでしょうか。大学を卒業した後も、大学の研究室のような先端的な研究開発をビジネスとして続けたいと希望している学生諸君、朗報です！極限環境ロボット (HERO) 研究所ではそれが出来ます。

HERO 研は、私が東京工業大学の旧機械物理学科の梅谷陽二研究室に所属していたころの友人であり最近東京電力のグループ企業となった白山工業の社長である吉田稔氏の協力で昨年創設したものです。HERO 研は、東電グループ企業として、福島第一原発の廃炉作業に必要な各種ロボットを継続的に開発しながら極限環境で働くロボットの開発技術を確立し、その過程で創造的なロボット研究開発が出来る人材を育成し、行く行くは世界の難問を解決できる高度エンジニア集団、いわば「サンダーバード部隊」の形成を目指した研究所です。

そして HERO 研は昨年出来たばかりで可塑性が高く、今入れば皆さんの創造性は存分に発揮できます。そして、東京電力グループのネットワークは、確実な事業拡大を図る上で

は大きなアドバンテージとなります。この点は、ベンチャー企業とは大きく異なります。エンジニアにとってこんな魅力的なチャンスはめったにないと思います。来て一緒に独創的なロボットを作りませんか。

参考までに HERO 研で現在取り組んでいる技術を以下に示しておきます。これらの個別の技術に興味のある人も是非直接連絡ください。

極限環境ロボット研究所 所長 広瀬茂男

## HERO 研究所で開発中の課題

### 1 遠距離に伸ばして数々の作業遂行できる長尺アーム

長尺アームとそれを用いた遠隔作業は、今後多様な廃炉作業の場面で必要となるものと考えています。そのため、我々は全く新しい原理の長尺アームを開発しています。私はこれまで、東工大で複数のワイヤけん引力の干渉の効果を積極的に利用した CT アームや、自重を機構的にバランスしてしまうフロートアームなどの長尺アームを開発しました。そして CT アームは福島第一原発の 1 号炉の調査用に使用されています。現在開発している長尺アームはこれらの考え方に、さらに新しいトラス構造の考え方を導入して極限的な軽量化と長尺化を実現したものです。自重 60 kg で通常は短く格納出来て縦横 400mm × 250mm のアームであり、先端に 10 kg を吊るしながら全長 15.5m まで伸展でき、さらに最大伸展時でも先端を自在に動かせます。

### 2 建屋地下階のスラッジ回収用水中ロボット

現在、福島第一原発の主要建屋地下階には炉心を冷却するために用いられた大量の水が水位 1～2 m 程度で溜められていますが、その水底には多くのスラッジが滞留し、高い線量率を示しています。それを遠隔作業で安全に回収し保管する作業が必要とされています。

資料 東京電力ホールディングス株式会社 建屋滞留水等の進捗状況について  
<https://www.nsr.go.jp/data/000340729.pdf>

我々は、水中のスラッジを容器に吸い上げ、建屋の上部階に置かれた回収装置で引き上げて、容器に格納できる水中作業ロボットの提案をしています。

### 3 極限環境下で作業するトラック、フォークリフトの遠隔操縦装置

例えば福島第一原発の敷地内では、多数の大型トラックやフォークリフトががれきの運搬などの作業を行っています。このような作業車両は、現場の作業員などが運転していません。これらの作業員の被ばく低減のためには、これらの車両の遠隔操作ができるロボットシステムの開発が必要です。現在、自動車産業全体として自動走行車両の研究が盛んにおこなわれていますが、原発の廃炉作業用では、自動走行である必要はなく、遠隔操縦ができれば十分です。しかしそれにしても、確実な遠隔操縦が可能な車両系の構成はどのようなものか、はまだ誰も知りません。この辺を我々は調査しつつ新しい機械系、通信系システムの開発を進めています。

### 4 耐放射性・耐水耐塵性の高い汎用的な遠隔廃炉作業用ロボットアーム

廃炉には数多くのハンドリング作業が必要となり、その遠隔操作を行うためには、廃炉作業特有の耐放射性、耐塵耐水性、遠隔操作をし易くするための視覚、触覚センサシステムなどについて革新的な技術の導入が必要と考えています。

現在我々は、可搬重量 150 kg の重作業用の Varm と可搬重量 5 kg の軽作業用のロボットアーム VLarm の 2 種類のロボットアームを開発しています。重作業用ロボットアーム Varm は、廃炉作業で嫌われる油の散逸リスク低減の観点から油圧駆動系を避けて、電動式でこれだけの重量物を扱えるようにしているのが特徴です。両者とも手首とグリップの駆動系も含めてすべて基台部に納め、高い耐塵耐水性と、塵にまみれる作業をしても手先に働く力情報を使って作業できる構成となっています。

現在開発中のこれらの遠隔操作用ロボットアームは、在来の産業用ロボットにはないフィールド作業に有利な特性があるので、廃炉作業以外の土木、建設など多くの分野に波及的に使用されるようになることを期待しています。

### 5 高い放射性環境下にある大規模建屋の健全性点検補修ロボット

大規模空間の壁面や天井などの健全性の点検と補修作業は、高所作業車や専用足場などを使用して作業者が行うのが一般的です。しかし、高い放射性環境下にある大規模建屋の場合では、例えば地震などが起きても問題なく遂行できる高い信頼性を保持し、しかも無人で実施できる機能性が必要です。現在は、このような点検補修ロボットとして、建屋内のマーカを用いたナビゲーション機能を有する移動機構、特殊な姿勢保持装置を有するテレスコロッドで構成される高所に伸展可能なアーム機構、そしてカメラ系と遠隔操作型補修装置で構成される高所作業機構、などで構成される新しいロボットを開発中です。

## 6 医療従事者や廃炉作業者の呼吸を助けるインナーマスク

廃炉作業現場には、数多くの作業者が作業していますが、コロナ防止のためにマスクを掛けて作業しており大変です。このような作業者を助けるマスク補助装置の開発もしています。この開発のきっかけは、私（広瀬）がマスクして自転車を漕いでいると息苦しいので何とかならないかと考えたことでした。いろいろなタイプのモデルをHERO研に来てくれている東工大のアルバイトの学生諸君に3Dプリンタで試作してもらうことを100回ぐらい繰り返して、写真のHERO インナーマスクというものが出来ています。すでに2つの特許を出願し、現在金型で量産する準備を進めています。ポイントは、マスクの中の空間を



HERO インナーマスク

鼻の下と上とに分離して、空気の流れを整流することです。HERO インナーマスクは、現在緊急の課題である医療従事者の作業者に提供することを第一と考え、その後福島第一原発で作業している作業員に配布し、その後世界中のマスクで苦勞している人たちに支給できるようにしたいと考えています。

このような、一見ロボットと関係ないと思われるような開発事項も、それが人々のために役立つものであれば柔軟に開発課題に取り入れていく、というのがHERO研の方向性です。

## 7 装着型重作業補助ロボット

今後の原子炉建屋内等での廃炉作業において、作業員の被ばく低減を一層進めていく観点からは、現在作業員が行っている作業を完全にロボットに置き換えられるのはもちろん理想ですが、残念ながら今の技術はそこまで成熟していません。であるとすると、そのような作業者の作業を補助するような機器の開発が重要となります。

その方法にはいろいろな手段が考えられます。実際の作業をじっくり観察し、必要最小限の機能性を満足しながら、人手では無理な付加的な機能性を有する装置を開発すべきです。サイバーダイナミクス社のHALもそのような装置ですが、シンプルで多様な機能性を発揮できる実用的な装置を開発すべきであると考え、検討を始めています。こんな機器の開発に興味のある人も是非開発に参加ください。

## 8 その他

他にも開発案件はいろいろあります。また、今ははっきりしないけど今後 30-40 年続く廃炉作業の進展に従って、次々と新たな課題が出てくるでしょう。HERO 研究所ではそのような課題を取り上げ、それを解決するロボットを次々に開発してゆきます。そのような未知の問題にチャレンジするような仕事をしたい人は是非参加してください。真に創造的で有能な人材を募集しています。