コラム

東日本大震災および福島第一原子力発電所事故におけるロボット技術の導入とその課題（その1）

Utilization of Robot Technology for the Great Eastern Japan Earthquake and the Accident of Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant and Its Future Issues (1)

浅 間

一* *東京大学

Hajime Asama* *The University of Tokyo

1. は じ め に

2011年3月11日に東日本大震災と巨大津波が発生し、またそれに伴って福島第一原子力発電所の事故が発生した。この災害および事故の様々な場面において、ロボット技術の活用が求められ、その状況は現在でも続いている。被災地や福島での惨状が報道され、原子力発電所の事故の収束が見えない状況で、ロボットに対する期待が高まるなか、3月下旬まで一向にロボットが投入されたという報道もなく、マスコミの論調は、ロボット技術大国であるはずの日本において、あるいは、これまで多くの技術開発に国が資金を投入したにもかかわらず、なぜ日本のロボットが利用されないのか、ロボットの科学者は何をやっているのか、といった批判的なものであった。事実、多くの国民がそう思ったに違いない。

2. ロボット研究者が行った行動

果たして、田所諭教授（東北大学）、小柳栄次教授（千葉工業大学）、松野文俊教授（京都大学）らの研究者は、震災発生直後から、特定非営利活動法人国際レスキュー研究機構（IRS）のメンバーとして、被災地にこれまで開発してきた様々なレスキューロボットを持ち込むなどして、災害対応の活動支援を行っていた。また、建設機械を無線によって遠隔から操作しながら施工を行う、無人化施工機械の投入の準備が着々と進められていた。事実、無人化施工機械は、4月6日から、他の外国製のロボットに先立ち、福島第一原子力発電所の事故現場に投入され、津波や爆発で生じた、建屋外部の放射線レベルの高い瓦礫の除去を行った。すなわち、あまり報道はされなかったものの、多くのロボット技術に関連する科学者や技術者は、何らかの行動を起こし、災害や事故への対応に貢献すべく必死に努力していたのである。

このような状況のなか、中村仁彦教授（東大）の呼びかけのもと、関連するロボット研究者が集結し、対災害ロボ

ティクスタスクフォース（ROBOTAD）が3月31日に立ち上がった[1]。

3. 対災害ロボティクスタスクフォース

ROBOTADは、日本ロボット学会、日本機械学会ロボティクスメカトロニクス部門、計測自動制御学会システムインテグレーション部門、IEEE Robotics and Automation Society Japan Chapter、IFTOMM Japan Councilなどの学術団体と連携し、4月4日には、日本ロボット技術関連学術団体共同声明「東日本大震災およびそれに伴う福島原子力災害に対する日本のロボット技術の適用に関する声明」[2]を出し、動作環境やミッションに応じた最適なロボット技術・ソリューションの提供、現場での補強、改造も含めた導入・運用における実働支援、そのための技術情報の発信などの活動を行った。特に、ロボットを原子力プラントの建屋内に投入する際の耐放射線性や無線到達性、瓦礫や階段に対する走破性などの具体的技術的検討は、実際にロボット技術を投入する上で極めて役立った。

また、福島第一発電所の事故対応・復旧のために国と東京電力が設置したリモート・コントロール化特別プロジェクトチーム（PT）では、現場での様々なミッションや作業要求に対し、遠隔操作可能な機器をいかに活用するかの議論を行っているが、ROBOTADは、このPTに対しても積極的な支援を行ってきた。このPTの短期のミッションとしては、人が進入することが困難な環境での情報収集や調査、冷却系の安定化のための遠隔操作機器の導入が中心的な課題であるが、中長期のミッションとしては、原子炉建屋のカバーの設置を含む封じ込め、燃料の取り出し、廃炉・解体に至る多くの課題が残されている。そして何よりもプラントで作業を行っている現場作業員の被曝の低減が重要である。

4. 福島第一原子力発電所における遠隔操作機器の導入

これまでの遠隔操作機器の導入については、東京電力のホームページ[3]で公開されているように、無人化施工機械による屋外の瓦礫（ガラ）処理、コンクリートポンプ車による燃料貯蔵プールへの注水の遠隔操作化、米国Honeywell社製小型無人ヘリコプターT-Hawkによる建屋の近距離からの空撮、米国iRobot社製のPackbotによる原子炉建屋

原稿受付 2011年7月11日

キーワード: Robot Technology, Remote Controlled Machines, Disaster Response and Recovery, Accident of Nuclear Facilities, the Great Eastern Japan Earthquake

*〒113-8656 文京区本郷 7-3-1

*Bunkyo-ku, Tokyo

内の放射線量・雰囲気温度・雰囲気湿度・酸素濃度の測定、日本原子力研究機構のロボット操作車（TEAM NIPPON）の投入、米国 QinetiQ 社製 Talon による原子炉建屋内調査、スウェーデン Brokk 社製 Brokk90 などによる建屋内瓦礫除去、iRobot 社製 Warrior による福島第一原子力発電所 3 号機原子炉建屋の清掃作業、さらには千葉工大、東北大、IRS などによって開発された Quince による水位計の設置と汚染水のサンプル採取、2 号機原子炉建屋内調査、などの実績を上げてきたが、まだまだ検討すべき事項は目白押しである。

現場では、一刻も早くプラントを安定化し、封じ込めを行うことが最優先事項であり、利用できる機器は、外国製・国産を問わず、適材適所で随時調達・活用される。先に述べたように、現場に真っ先に投入された技術は日本の技術であったが、建屋内の調査には最初に Packbot が使用されたことが大きく報じられ、国産ロボットが活用されなかったことに注目が集まった。

日本には災害／事故対応のロボット技術が十分に準備されていたか、災害／事故発生時にスムーズに投入できたか、と問われれば、必ずしもうまく対応できたとは言えない状況が確かに存在した。これまでの原子力関連のプロジェクトの成果がなぜ活用できなかったのだろうか。

5. 原子力用ロボット開発の歴史

事実、1980 年代から、原子力プラントの点検、メンテナンスのためのロボット技術開発のプロジェクトが通商産業省において実施されていた。その開発の主役はプラントメーカーであり、モノレール式点検ロボット、水中点検ロボットなどの専用ロボットについては、実用化されたものも多い。その一方で、格納容器内点検用ロボットなどの汎用ロボットの開発も多く行われた。その典型例が極限作業用ロボット（1983～1990）である [4]。当時は、ロボット技術を結集すれば、認識、移動、マニピュレーションなどのすべての機能が備わっている高度なロボットシステムを開発することが可能であることを初めて世に示すことができた点で、画期的なプロジェクトであり、世界的にも高い評価を得た。一方、科学技術庁も、原子力プラントの健全性を維持するための、原子力基盤技術開発（1988～1998）の開発に力を入れ、原子力用人工知能（含ロボット技術）の開発が行われた。これには、多くの研究機関が参画し、新規な診断技術、ヒューマン・インタフェース技術、点検・メンテナンス技術の開発・基盤技術開発が熱心に行われた。

しかしながら、これらの研究開発では、様々な高度な技術開発が行われたものの、基本的にシーズ主導型のプロジェクトであり、その成果はプロトタイプ開発や基盤技術開発に留まった。それには様々な理由がある。ミッションや行うべき作業、環境などが多様であり、実際の環境で作業を行わせるための汎用機としての課題の解決は技術的に容易ではなかった。しかし、その一方で、バブル崩壊による国の資金不足、プロジェクト設置における過去のプロジェクト

に対する差別化の要求などが、苦勞して構築したシーズを継続して実用化までつなげることを妨げた。もう一つの重要なポイントは、上記の研究開発はすべて、健全性を維持するための技術として開発され、事故対応という観点を除外していたことである。原子力プラントの事故は想定の外に置かれたために、プラントがほぼ正常な状態・形状を保っている状態で動作する技術の開発しか行われてこなかった。

6. 原子力における事故対策

1999 年に発生した東海村 JCO 臨界事故の際に、初めて事故対応のロボット技術の必要性が認識され、その直後に、通商産業省や科学技術庁が、補正予算によって、原子力防災支援システムや情報遠隔収集ロボットの開発を実施し、プラントメーカーや日本原子力研究所がその開発に携わった [5]～[7]。しかしこれらの開発においても、実用を目指し、汎用的機能を有する様々な用途のロボットの開発が行われたものの、維持・運用するための費用が出なかったために、プロトタイプ開発までで止まってしまった。ここでも、最後には原子力プラントでは事故は発生しないとの神話が支配的であり、国、自治体、電力会社のいずれもが、原子力の事故対応ロボットの必要性を認めなかった。さすがの大企業でも、需要がなく、資金も打ち切られれば、それを自社費用で維持することはできない。

なぜ今回のような事態が生じたのか、その原因を突き詰めていくと、実は、上記のような原子力特有の事情があったとはいうものの、それ以外にも日本のロボット開発における様々な問題点の存在が見えてくる。（次回に続く）

参 考 文 献

- [1] <http://roboticstaskforce.wordpress.com/>
- [2] http://roboticstaskforce.files.wordpress.com/2011/04/robotic-stf_1r3.pdf
- [3] <http://www.tepco.co.jp/tepconews/pressroom/110311/index-j.html>
- [4] 平井成興：“「極限作業ロボットプロジェクト」特集について”，日本ロボット学会誌，vol.9，no.5，p.601，1991。
- [5] 間野隆久，濱田彰一：“原子力防災支援システムの開発”，日本ロボット学会誌，vol.19，no.6，pp.714-721，2001。
- [6] 小林忠義，宮島和俊，柳原敏：“原研における事故対応ロボットの開発（その1）情報遠隔収集ロボットの開発”，日本ロボット学会誌，vol.19，no.6，pp.706-709，2001。
- [7] 柴沼清：“原研における事故対応ロボットの開発（その2）耐環境型ロボットの開発”，日本ロボット学会誌，vol.19，no.6，pp.710-713，2001。

浅間 一 (Hajime Asama)

東京大学大学院工学系研究科 (The University of Tokyo, School of Engineering) 教授 (Professor)。1984 年 3 月東京大学大学院工学系研究科修士課程修了。1986 年 9 月理化学研究所化学工学研究室研究員補。同研究所研究員，副主任研究員を経て，2002 年 11 月東京大学人工物工学研究センター教授。2009 年 11 月同大学院工学系研究科教授。日本ロボット学会フェロー。日本機械学会フェロー。工学博士（東京大学）。（日本ロボット学会正会員）