

## 日本のロボット技術が更に輝くために

—ロボット技術の第一人者 東京大学大学院工学系研究科 教授 浅間 一氏にお聞きしました—



あさま はじめ  
浅間 一氏

東京大学大学院工学系研究科教授 工学博士  
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  
2002年11月東京大学人工物工学研究センター教授  
2009年東京大学工学系大学院精密工学専攻教授  
自律分散ロボットシステム、サービス工学、移動知の研究などに従事。

表紙に掲載している写真は、過去に発生した災害においてロボット技術の一つである無人化施工<sup>1)</sup>を導入した現場である。また老朽化が加速する多数の社会資本ストックの点検・維持管理に対応していくには、ロボット技術の開発・導入が今後重要な鍵となる。

今号では、2011年に発生した東日本大震災に伴う福島原子力発電所水素爆発事故において、ロボット技術の導入に貢献し、産業界、大学、独立行政法人研究所の有志を中心とした産業競争力懇談会(COCON)の中で、プロジェクトリーダーとして「災害対応ロボットセンター設立構想」の提言をまとめた東京大学の浅間 一教授に、ロボット技術に関する現状と今後の展望についてお聞きした。

(※1:ラジコン装置等を取り付けた建設機械を、オペレーターが遠隔地より無線で操作することで安全性を確保する施工方法)

### 活躍する日本のロボット技術

まず、日本のロボット技術は、世界的にはどのような位置づけでしょうか？

ロボット技術は日本のお家芸だと思っています。産業用ロボットに関しては日本がNO.1ですが、それ以外の分野における研究開発でもトップクラスで、国際的な会議やジャーナルにて、日本のロボット技術に関する論文がたくさん発表されています。

東日本大震災に伴う福島の原子力発電所水素爆発事故では、その直後はなかなか日本のロボットを導入で

きなかったのですが、いまや30種類以上の日本のロボットが、福島の原子力発電所の中で大きな貢献を果たしています。それを見ても、日本のロボット技術は大変高度なものであることが証明できたと思います。



写真-2)福島で活躍するロボット：クインス  
このクインスを遠隔操作し原子力発電所内部の映像を取得、さらに線量計をロボットに搭載して放射線量を測定し放射線マップを作成した。(千葉工大吉田智章氏提供写真)

事故直後、なかなか日本のロボットを導入できなかった要因は？

3点ほど考えられます。災害発生現場のあらゆる環境に対応するためにはどうしても不足している機能があり、そこには基盤技術開発や基礎研究が必要な部分もまだ多く残っていたというのが1つ目の要因です。

また2つ目の要因として、今まで各種の研究開発プロジェクトが実施されましたが、そのほとんどがプロタイプ止まりであり、実用化に至っていないという問題がありました。これに関しては実用化のための研究や試験が必要ですが、災害対応技術ゆえに実証試験をする実際のフィールドが少ないということも問題です。

3つ目はビジネスモデルの問題です。災害対応ロボットというのは大きなマーケットがあるわけではないので、開発側としては売れないものは作れないという現実的な問題があります。それが、実用化が進まない要因となっています。

### DISASTER CITY

その課題が産業競争力懇談会における提言につながっていくわけですね。

産業競争力懇談会の中で「災害対応ロボットセンター設立構想」を提言させていただきました。そのモデルとしたのが、テキサス州にあるDISASTER CITYです。このDISASTER CITYは、非常に広大な敷地の中に各種の災害現場を再現しています。例えばビルの倒壊現場や化学プラントの火災現場等ですが、世界各地からレスキュー隊員や災害対応に関わる人達が集まり、そこで訓練をしています。その内容はレスキュー隊員の育成や、災害対応のトレーニング等々ですが、その中にロボットテストというものがあります。

アメリカでは、軍事予算を使って災害対応や偵察、爆弾処理等の様々なロボットを開発しています。そして開発したロボットは、このDISASTER CITYに持ち込んでテストを受けるわけです。さらに、アメリカにはNIST(アメリカ国立標準技術研究所)という組織がありまして、そこが各種ロボットに関する評価方法の標準化を行っています。



写真-3)テキサス州にあるDISASTER CITY  
写真は、列車の脱線事故を再現している現場である。(インターネットより引用)

DISASTER CITYでのロボットテストは、このNISTにより標準化された評価基準に従ってテストが実施されます。例えば移動体に関しては、砂地や砂利道、傾いた床面等、多様な環境を用意して、このコースの走破に何秒かかるかテストをして、NISTの定めた基準に基づき点数をつけていきます。他にも、どれだけ細かい字を遠隔から視認できるか、投げて壊れないか、現場に運搬してシステムを立ち上げてオペレーション可能となるまで何分かかかるか等、多くのテストの項目がNISTにより標準化されており、これに基づきロボットの成績表をつけるわけです。

面白いのは実際のユーザーである消防関係、警察関係、軍関係の担当者も、直接そのロボットを操作して成績表を作成している点です。ここが結構重要で、開発者が成績表を受け取ることで、自社技術の不十分な部分を把握できるのはもちろんのこと、ユーザー側も実際に技術を使って評価していると、もう少し機体を小さくして欲しい、この機能は必要ない、といった具体的な要求が出せるようになります。ニーズというのはユーザーに聞けば出てくると思



ば大間違いで、実はユーザー自身が今ある技術を使って初めて、これができるならあれもしてほしい、といった具体的なニーズを言えるようになります。ユーザー側が具体的なニーズを示せば、開発側もロボットを買ってもらうために必要な機能が明確になるため、このテストに積極的に参加するようになります。

ロボットをテストする場を設けること、評価方法を標準化すること、この2つが重要であり、まさにこのDISASTER CITYのような場と体制が必要ということで、それも今回「災害対応ロボットセンター設立構想」<sup>※2</sup>の中で提言しました。

(※2:「災害対応ロボットセンター設立構想」の詳細はP.13参照。)

### 災害対応ロボットセンター設立構想

今回提言された災害対応ロボットセンターにはどのような機能、役割を期待しますか？

大きく分けて2つの機能が必要と考えていて、1つ目は司令塔機能と呼ぶものです。

今は、いろんなロボットや遠隔操作機器を各省庁がそれぞれ個別に保有していて、災害が発生したときには別々に運用しています。それを、災害対応ロボットセンターに国としての司令塔機能をもたせて、うまく各省庁を連携させてロボット技術を活用する、あるいは各省庁共通のロボット技術もありますので、長期的な戦略を立てながら、省庁連携を図りつつ、効率的にロボット技術を開発・運用できるシステムに変えていくことが重要だと考えています。

2つ目は平時利用の機能であり、災害対応ロボットセンターと呼ぶものです。この災害対応ロボットセンターは、開発したものを実証試験し、機能評価をする、またオペレーターの訓練をする、こういう平時利用の機能を担う組織です。プロトタイプ技術というのは、まだ現場で使えるものに仕上がっていないので、確実に現場を提供しながら、実際に使えるように改良するとともに、その技術を維持・向上していくことが重要になります。

それから性能を評価・認証するのはとても重要なことです。例えば、新潟のとあるトンネルで爆発事

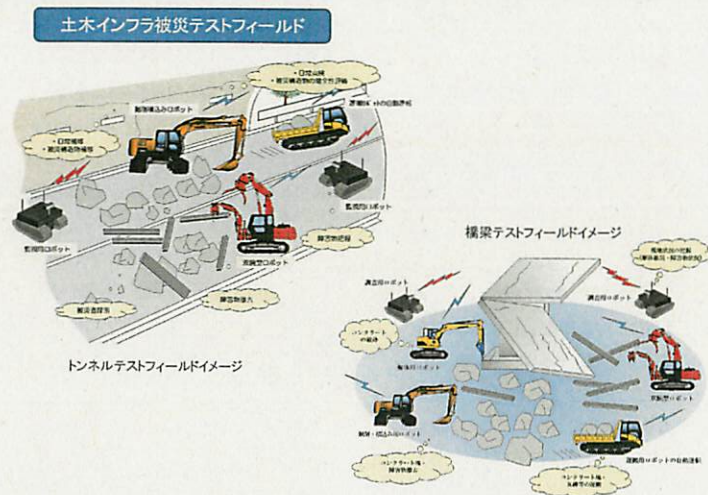


図-1)テストフィールドのイメージ

故があり、消防の方がその対応のためにロボットを持って行きました。しかし、そのロボットの防爆性が保証されていないため、走行中に発生する火花などに引火して二次災害が起こる可能性があるという理由で、結局使われなかったことがあります。この防爆性も含め、災害時に求められる性能の評価・認証を、このロボットセンターで実施すべきだと思っています。

性能だけでなく、ロボットの有する機能も現場で使うために評価しておくことが必要で、その評価に耐えられたものには認証を与え、保証することがこれから重要になってくると思います。

加えて災害対応ロボットセンターの重要な要素として技術データベースがあります。

福島原子力発電所水素爆発事故発生時の話ですが、ロボットが必要だが、どこにどんなロボットがあるのかよくわからない、その把握が非常に困難だったという状況がありました。この経験から、何かあったときにもすぐアクセスできるロボットのデータベースを整備し、一元管理により運用することが必要だと感じました。

このデータベースに関しては、先端建設技術センターの方が幹事となっているワーキンググループを中心に、国土交通省が運用するNETIS新技術情報データベースを参考にさせていただきながら、収集掲載する情報・項目を検討しました。ただし、今回NETISと若干異なるのは、技術だけではなく、ニーズに関してもデータベース化しようという点です。

福島原子力発電所ではいろんなロボットを導入して大きな貢献を果たしていますが、実は失敗例も少なくありません。最近もオペレーションに失敗して置き去りになってしまったロボットがあります。今までに5台くらい置き去りになっていますし、逆に掃選しましたが、うまくミッションを達成できなかったというケースもあります。ただ一旦失敗してもその経験を活かして、次の試行では成功するということも多く、失敗経験が重要であることがよくわかりました。

ですので、現場でどういうニーズがあったのか、そのニーズに対してどういうロボット技術を導入したのか、その結果どうだったのか、失敗したのであれば原因は何だったのか、成功したけどこういう点でまだまだ限界があったとか、そういったデータをアーカイブ化しながら活用できるようにしておく、そのようなデータベースが重要であると今回提言させていただきました。

## 構想の実現化

提言の内容がすでに一部実現されつつあると聞いています。

福島の原子力発電所を廃炉にするためには、徐々に内部の状況を調べ、除染や遮蔽によって環境線量を低下させるとともに、汚染水の漏洩を止めて、中に水を満たしながら遮蔽をして、燃料デブリ(溶けた燃料)の状況を調べつつ、それを全部取り出して最後解体するという非常に長く困難なミッションがあります。それに関しては資源エネルギー庁がいろんなロボットの研

究開発を推進するとともに、モックアップ施設を構築し、そこでテストをしながら現場に導入しようという動きがあります。

ここでのロボットはかなり特殊なものもありますが、もちろんその経験が次に原子力災害や自然災害が起こったときに役に立つはずですし、災害対応ロボットの技術としても高度化が進んでいくと思います。

その他に、経済産業省と国土交通省が連携して立ち上げた「次世代社会インフラ用ロボット開発・導入プロジェクト」<sup>(※3)</sup>があります。災害対応のほか、トンネルや橋梁等の様々な社会インフラの老朽化が問題になっており、それらの点検・維持管理が重要視されていることがこの背景となっています。

(※3:「次世代社会インフラ用ロボット開発・導入プロジェクト」の詳細はP.9参照。)

災害現場や社会インフラの維持管理には、人間が近づけない場所、あるいは人間が調査・点検しようとする危険な環境もあり、そこをロボットで調査、点検、さらには補修・応急復旧をするということが考えられます。また、ロボットを導入することにはもう一つの意義があります。人間による作業を前提にするに近づけるための足場等が必要となりますし、人間の安全を確保するための仮設工事や安全対策が別に必要です。しかし、ロボット技術を社会インフラの点検・補修に導入すれば、それらの工事が不要となり、工期短縮やコスト削減につながります。

この両省庁連携による新たな取組みは、経済産業省が、社会インフラの維持管理、さらには災害現場で必要とされるロボット技術の開発費を助成し、国土交通省が開発された技術の実証現場を用意して、そこで実用性を評価するというものです。

**浅間先生は次世代社会インフラ用ロボット開発・導入プロジェクトにおいても、現場検証委員会<sup>(※4)</sup>の委員として参画されています。この経済産業省と国土交通省の取組みに期待するところは？**

(※4:公募したロボット技術を実際に現場検証し、評価を行う国土交通省が立ち上げている委員会)

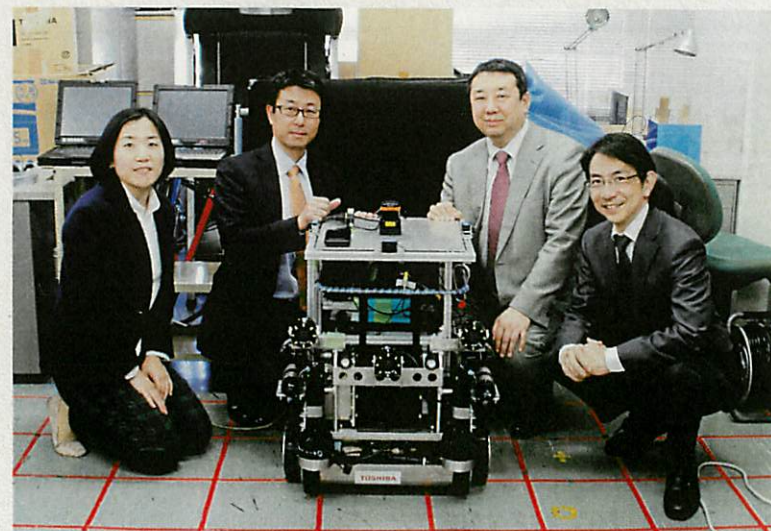
この取組みは非常に画期的だと思っております。今まで各省庁が個別にプロジェクトを立ち上げていたため、その間にギャップがあり、ニーズとシーズが繋がらないという問題がありました。これが今回連携することにより、開発から現場導入まで一貫してつながるといふ点に大きな期待を寄せています。

ただ、現場で評価したものの、それで終わりということにならないか、という懸念があります。また、現場では失敗がつきもので、うまくいかなかった、歯が立たなかったというケースがたくさん起こるはずですよ。

そこで私が期待したいのは継続性です。このプロジェクトは3年で予定されていますが、是非とも3年で終わりにしないで、実証試験において抽出された様々

な問題を継続的に解決すべく、国として引き続き支援をしながら、現場で使えるようにするところまで牽引していただきたいと思っています。

国土交通省の新技術活用システムでは、NETIS登録技術の採用検討を義務付ける等、登録技術の活用を促すインセンティブが工事の流れの中にうまく埋め込まれています。この新技術活用システムを参考にしながら、今後発生する可能性がある事故や災害に備えるべく、災害対応ロボットが事前に各所へ配備されたり、普段からオペレーターの訓練がされるなどの状況が構築できるような制度検討と、それに対する長期的支援を国が行えるようになることを切に願っています。



写真(5)福島原子力発電所に導入するために開発された水陸両用移動装置とともに記念撮影  
聞き手：(一財)先端建設技術センター

技術調査部 部長 森下 博之  
技術調査部 NETISプラス編集長 石丸 慶三  
NETISプラス編集班 主事 吉井 久美子(写真撮影)