

国土交通政策研究所 第190回政策課題勉強会 概要

日 時 : 平成28年9月14日(水)12時30分～14時00分

講 師 : 浅間 一 氏

テーマ : ロボットテクノロジーの現状と未来

- ・ 専門はサービスロボティクスで、人とインタラクティブなやりとりをするロボット技術が専門であり、ロボット技術を現場で活用できる様、研究に取り組んでいる。 本日は、日本のロボット技術、及び、3.11(東日本大震災)以来従事している廃炉や、災害対応関連の活動についても話したいと思う。
- ・ 日本はロボット大国と言われ、1980年頃から、製造台数、出荷台数、稼働台数は世界第一位、また研究開発、人材育成も活発で、研究者も多数存在している。しかし、最近状況が少しずつ変わりつつある。現在EUのロボット保有台数は日本より多く、中国、韓国においても保有台数は急成長している。

世界のロボットの研究開発の動向

- ・ EUの大型プロジェクトは次のとおり
 - FP7, Horizon2020 : 10年程度の長期的なプロジェクト、ロボットの技術開発も実施
 - EURON (EU Robot Network) : 研究者のファンドシステム
 - EUROP (European Robotics Platform) : ロボット関係のベンチャーへのファンドシステム
 - PPP (Public Private Partnership) : 官民協業してイノベーションを進めるシステム
 - Industry 4.0 : ドイツ中心にロボットをネットワークで結びながら生産性を飛躍的にあげるシステム
- ・ アメリカのロボットは、非常に軍事技術色が濃い。最近ではNational Robot Initiative という大きなプロジェクトが進んでいる (NSFやDoD等、軍関係がファンドしている)。コンセプトはCollaborative Robots、つまり自律して動くのではなく、人間のサポートをするようなロボット技術 : Co-Defender, Co-Inhabitant, Co-Explorer, Co-Workerといったコンセプトにより研究開発が行われている。 NSFは様々なロボット技術にファンドを与えており、DoDは軍事技術であるが、最近ではBasic Researchに対するファンドを実施している (*大学でもファンドが取りやすく、日本の大学でも米国の国防総省のファンドをもらっている例もある)。
- ・ アメリカのその他のプロジェクトは次のとおり
 - DARPA: 基本は防衛関係であるが、協議会形式のプロジェクト。
 - NIH : 健康、医療関係ロボットにファンドを実施。
 - Private sectors : 国だけでなく、民間企業もロボットの開発を実施 (Google, Amazon等)
- ・ 韓国は、Service Robotに注力しており、教育用ロボットを幼稚園等に配り、ベンチャー企業も立ち上がっているが、マーケットを作ることができず、あまり上手くいっていない。
- ・ 中国は、大がかりなファンドを実施しており、製造業に力をいれている。863Projects(現在見

直し中)は、国家プロジェクトであり、この中に様々なロボットプロジェクトを有する(プロジェクトの研究費は比較的めぐまれており、例えば知人の大学の研究室は、年間1,500万円程度を受け取っている)。

しかし、投資が行われている一方、中国の研究レベルは未だ低く発展途上で、論文が国際学会で通過しないというのが現状である。近年、海外(特にアメリカ)で博士号を取得した人々が中国に帰国し、今後の中国のロボット研究の中核になりつつある。

日本のロボットの研究開発の動向

- ・ 日本のロボットの市場は、現在7千億円から8千億円の小さい産業であり、そのほとんどが産業用ロボットであるが、今後サービス分野での需要が高まる中、2035年頃には10兆円程度の市場が予測される。サービス(サービスロボティクス)には大きく2つに分類すると、個人を対象にしたパーソナルサービス(介護、医療等)と、パブリックサービス(社会インフラ、建設、災害対応、農林水産等)に分かれる。

- ・ ロボットと、ロボット技術(RT)の言葉の違いは明確に区別する必要がある。ロボットの定義は、単なる動く機械全般であるが、RT(Robot Technology)の定義は、センサー、知能制御系、駆動系の3つの要素技術を保有する事である。ICT(Information&Communication Technology)という言葉がよく使われるが、これは情報世界における情報処理・通信技術を総称する。これに対して、RTは物理世界(実世界)における検知・計測、認識、制御、動作、作業などの技術を含めた総合技術を総称する。つまり広い意味ではICTもRTに包含される。

- ・ ミッションと環境が与えられ、ニーズに応えるシステムを設計する事がロボット技術の神髄といえる。その為には、ミッションに応じてシステムを構成するシステム化技術が重要である。ロボット技術は広範囲に及び、最近の産業機械や、自動車をはじめ生活の身の回りには様々なロボット技術が組み込まれている。従って、本当のロボット技術の経済的インパクトは数字で見ると極めて大きい。

- ・ 経産省のロードマップに出てくるコンセプトには例えば以下のようなものがある。

- 生活支援ロボット環境： センサーやカメラが室内外の環境に組み込まれていてロボットの中で生活しているコンセプト

- 自立支援ロボット環境： 環境自身がインテリジェントになっていてネットワークで繋がる事により様々な介護支援を行うコンセプト

- ・ 国土交通省関連のプロジェクトに初めてかかわったのは、ロボット化施工プロジェクトで、いわゆる情報化施工技術に取り組んだ。計測したデータと、設計の3次元データを重畳表示しながら工事をするシステムや、更にそこに3Dレーザーセンサーを搭載し、センシングしながらの施工、無人化(遠隔操作)、自動化工事等を目的とするプロジェクトであった。

災害対応ロボットの研究開発

- ・ 災害対応ロボットは、阪神淡路大震災をきっかけとして研究開発が始まった。当時、震災においてロボット技術が全く使われなかった経験を踏まえて、文部科学省による大都市大震災軽

減化特別プロジェクト(大大特プロジェクト)が開始され、その中でレスキューロボットの開発が行われた。阪神淡路大震災では、死亡者の殆どが倒壊した建物の下敷きになって亡くなった事を踏まえて、早急に被災者を見つけるために、主に次の4つの開発が行われた。①上空からの情報収集 ②瓦礫内での情報収集 ③地下街や走行しづらい瓦礫上からの情報収集 ④被災者の情報収集インフラ機器

- ・ 大大特プロジェクトでは基礎的な開発しかできなかった為、実用化への取り組みとして、戦略的先端ロボット要素技術開発プロジェクトが設立され、緊急災害対応以外に特殊作業(建物を遠隔または自動で取り壊し、発生した瓦礫をコンクリート、鉄、アルミなどに自動で仕分ける作業等)が可能なロボット開発技術開発も実施した。そうした成果物の完成間近、2011年3月、東日本大震災が起こり、それらの技術が現場で使われた。

- ・ 災害対応ロボットの問題点は、災害による被害が多様な事である。関東大震災の際は、火災被害が大きく、消防機能が重要であった。また、阪神淡路大震災では、生き埋めになった人々の救出が重要になった。さらに、東日本大震災では、津波で流された人々が多かった。このように災害によって求められる技術が異なるため、多様なポートフォリオをロボットとして保有する事が求められる。

福島第一原子力発電所廃炉に向けた中長期ロードマップの概要

- ・ 短期のロードマップ(冷温停止状態達成、2011年末)の後、次の中長期ロードマップ(第一期～第三期)が展開されている。

- 第一期:2013年までに使用済燃料プール内の燃料取り出しを開始する事(達成済)
- 第二期:2021年までに燃料デブリの取り出しを開始
- 第三期:2041年～2051年までに廃炉措置完了

- ・ 具体的なロボットのタスクは、瓦礫除去、放射線測定、建屋内調査、計測器などの設置、サンプル採取、遮蔽、除染、機材の運搬、配管・機器の設置、などが該当する。

- ・ ロボット技術の投入により、冷却系の安定化、封じ込めが可能になった。その中でも、建設機械の遠隔操作により高線量瓦礫を撤去した事で、現場作業員の被曝の低減が達成された事は大きな意義があり、現在は簡易マスクで建屋近くまで行けるようになった(2013年、鹿島建設は高線量瓦礫の搬送作業を完全自動化した)。

- ・ 国土交通省が、1991年以降20年以上の間、雲仙普賢岳の工事に無人化施工技術を使い続けていたので、東日本大震災発生直後に技術を導入することが出来た。有事に対応するためには技術を使い続けることが重要であり、技術を使い続けることがまさに災害への備えといえる。

災害対応ロボット(東日本大震災)

- ・ 福島原発事故の緊急対応では、外国製ロボットも多く使われた(アメリカ製 Packbot, T-HAWK, BobCat, Talon等)、国産のロボットでは、無人化施工機械、Quince, 水中ロボット、水上ロボット、変形型のロボット等、約40種類余りのロボットが投入された。

- ・ 最近では配管の穴から蛇の様に圧力容器内に入り、中でコの字型のクローラに変形するロボットの開発が進んでいる。
- ・ 東京電力が開発した「スマホロボット」は3Dプリンタで作成した本体にスマホを搭載したもので、安価ながら狭い場所の内部確認で役立った(製造費50万円程度)。
- ・ 東日本大震災では原発関連以外でも様々な用途で次の様なロボットが導入された。
 - Kohga3(体育館の天井崩落調査) -Anchor DiverⅢ(水中探索)
 - 遠隔操縦機ROV(水中探索) -マッピング計測車・全方位カメラ(被災地のマッピング)
 - Hexa-rotor MAV(上空からの調査) -あざらし型Paro(避難所でのメンタルケア)、
 - スマートスーツ・ライト(着るタイプ、復旧作業補助) 等。

課題

- ・ 現在、福島原発事故については、調査・計測、瓦礫除去は達成できたが、除染についてはまだ限定的である。
- ・ 回収不能になったロボットも多い。失敗から学ぶことも沢山あり、通信、空間認知性の向上、放射線による機能不良など、今後対策が求められる。また、移動プラットフォーム等は専用機でなく共通基盤化するべきだと言われている。他に、除染の高速化、信頼性・安定性・頑健性の向上も挙げられる。
- ・ 機器としては、自律的なロボット、内視鏡的なロボット、加工能力のあるロボット(燃料デブリを切断して取り出す能力)、水環境で対応可能なロボットなどの技術開発が求められる。
- ・ 日本は災害の多い国なので、自然災害や社会インフラ・設備事故への備えが必要だが、災害や事故の脅威が増大する中、人間では危険で不可能な作業が多々あり、その為にロボットが益々必要になる。
- ・ 事故当時、マスコミからは「肝心な時に頼りにならない、ロボット技術はなぜ使われないのか」と、批判された。実際に現場で使えるようなロボット技術開発を進めるにはどうしたらよいかを考える必要がある。
- ・ ロボットのユーザーは、官庁が中心であるが、災害は頻度が少ないため需要も少なく、多額の投資は出来ない。しかも、研究開発には予算がつくが、実用化・事業化への国の支援が限定されており、企業に一任される事になる。マーケットがない状態では企業も継続する事は困難である。(上手くいった例は、アメリカで軍が主導になって研究開発と調達をした例と、日本では国交省の無人化施工の二つが挙げられる)。

社会実装に向けた取組

- ・ 一般社団法人 産業競争力懇談会(経団連から独立した民間団体)は、日本の産業競争力の強化に関心を持つ産業界の有志により、国の産業競争力を高めるため、国へ提言し実現を図る活動を行うことを目的として2006年に発足した。この中に2011年震災の直後、「災害対応ロボットと運用システムのあり方プロジェクト」(平成23年～平成24年)が立ち上げられた。
- ・ 災害対応には、インフラ点検等の予防等も含め、あらゆるフェーズ(陸、海、空、人命救助、

応急復旧、復興)で異なるロボット技術が必要になる。プロジェクトで提言した無人化施工のショベル系建設機械の空間認知機能向上、水中運搬車両、インフラ点検、等は、SIPや国交省の技術開発で具体化され開発が進行中である。当研究室でも、ロボットの空間認知機能を上げて操作し易くする為の、任意の視点からの俯瞰画像を生成できる後付けのカメラシステムを開発している。

- ・ 一方、次世代社会インフラ用ロボット開発・導入については、研究開発は経産省、現場での実証等(災害対応)は国交省が中心となって連携し、ロボットの開発～検証～評価まで一貫して推進している。

- ・ 提言を受け、研究開発拠点の設置の為の「H25災害対応ロボットセンター設立構想プロジェクト」が立ち上げられた。実証試験・オペレーター訓練、機能評価(ロボットの防爆性の評価等)、ロボット技術情報の集積、一元管理・提供、そして緊急時対応への取り組みが提言された。これは、様々な災害現場を再現した試験・訓練施設(例:Disaster City (米))を日本にも作りたいという趣旨である。現在、福島イノベーション・コースト構想の一部としてロボットテストフィールド整備事業等が進んでいる。

- ・ 防爆性の評価は大変重要。引火性の液体・ガスが漏れている現場で、持ち込んだロボットが使用出来なかった事例がある。

- ・ 備えのためには平時利用(実証試験、日頃の訓練で利用、現場導入)が大切。実用化に向けて研究開発だけでなく実証実験や完成品の調達についても国の支援が必要になる(実証試験をする場がないと、研究開発で終わってしまう)。

- ・ 続く「H26災害対応ロボットの社会実装プロジェクト」では、最終報告として、戦略設計、標準化活動(性能評価等)、制度設計(規制緩和・強化、税制、環境整備)への対応も提言された。

- ・ 性能評価は、開発者と利用者を繋ぐことで、開発者に課題をフィードバックする効果がある。

- ・ 現在、「H26災害対応ロボットの社会実装プロジェクト」は終了し、社会実装サポートを目的としたロボット推進連絡会(企業中心)が開催されている。

- ・ ソフト面の検討は、首相が設置した「ロボット革命実現会議」を受けた「ロボット革命イニシアティブ協議会」で議論が進められている。総務省とかけあつて、ロボット用周波数帯の設置が実現する等の成果が出ている。

今後の予定

- ・ 「ロボット革命実現会議」のアクションプランとして、国際標準化への取り組み、実証実験フィールド整備、ロボットオリンピック開催、及びロボット関連規制改革(電波法、医薬品医療機器法、道路交通法、道路運送車両法、航空法、公共インフラの維持、保守関係法令)の実行、等が挙げられている。

- ・ アクションプランの分野別事項は次の3点が挙げられる。①ものづくりサービス ②医療・介護 ③インフラ・災害対応・建設(2020年までに、国内の重要・老朽化インフラの20%はセンサー、ロボット、非破壊検査技術等の活用により、点検・補修を高効率化するとしている)。

- ・ 現在動いているロボットのプロジェクトは4種類あり、①科学技術基本計画に基づいているも

の ②次世代インフラ維持管理への取り組み ③福島第一原発の廃炉 ④福島復旧復興の為にロボット実証試験フィールドの設置、4つのプロジェクトが並行して進められている。

震災後の活動総括

- ・ 私は常に産業界を中心に考えており、学界は産業界をサポートする立場。
- ・ 「廃炉」は東京電力が問題を抱えており、国が支援して廃炉を進めている。資金は資源エネルギー庁から出し、ロボット開発は企業が行い、開発されたロボットは東京電力が使う仕組みだが、得られる成果が廃炉にしか役に立たない為、今後の災害対応として一般化する必要がある。
- ・ そこで、「国土強靱化」への取組として、経産省、文科省が研究開発を行い、国交省、防衛省、消防庁がロボット技術を活用し、結果として、国民の安全・安心を図るという仕組みが考えられている。
- ・ 「福島の復旧復興」は、自治体が問題を抱えており、復興庁が支援している。出口は、福島の復旧・復興、経済・産業創出である。その為に福島に災害対応ロボットの研究・実証試験の拠点をつくり、実用化を進めて今後の災害対応に活用する(そこに地場企業が参画できる様にする)。
- ・ 産業競争力懇談会としては、こうした3つの枠組でロボットの社会実装を進めていこうと考えている。それが国土強靱化(災害に強い日本)を果たし、ロボット技術が日本の産業競争力に繋がり、成長戦略に繋がると考える。

その他

国際自動制御連盟(IFAC)総会を2023年に日本に誘致するにあたり、観光庁から多くの支援を頂いた。(コンセプトは、「和」)

Q&A

Q1:ロボットと雇用の関係について、労働力を補うという一面もある一方で、非熟練労働をロボットが人から奪うという面もあると思う。労働需要に関してロボットは平時においてどのような影響があるだろうか。

A1:個人的な考えだが、ロボットやAIを導入される程、人の仕事は増加すると思う。ロボットを開発し、活用し、維持するためには人材が必要である。労働の質自体は明らかに変わらと思うが、労働自体が減少することは考えにくい。ただし、労働力減少を補う事もロボットに求められているので最低限の事は実行する必要があると思う。そもそも人がやりたい仕事をロボットが取り上げる事はロボット導入の目的に矛盾している。まず人に不可能な事をロボットが可能にする、というコンセプトで社会実装を進めていく必要がある。

Q2:建機の遠隔操作について、今後ドライバーからオペレーターへ作業が変化していく中でも完全自動化は不可能だと思う。メンテナンス等、人が介入する事は不可欠ではないだろうか。

A2: 現在、重機の遠隔操作は全て建機のドライバーが行っているため、労働自体は置き換わっていない。おそらくこれからも、労働が全く別の労働に置き換わる事はないだろう。ただし大幅に危険が軽減され、業務環境も向上している。つまり明らかに労働の質が改善されている。

Q3: ドローン等の国際規格の策定状況と日本の関係についても教えて欲しい。

A3: 国際規格については環境が少しずつ整い始めている。議論はアメリカが先行しているが、日本がICAOの規格に取り残されないような標準化の活動が始まっており、官民協議会も出来て、アメリカのやり方と連動した標準を議論できる枠組みを作りつつある。