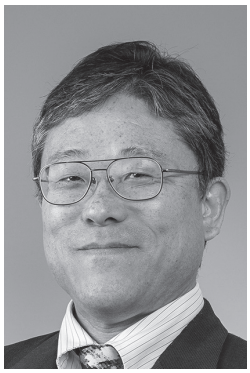
特別講演Ⅱ　第51回　日本赤十字社医学会総会

# 「災害ロボットの現状と将来」



東北大学大学院情報科学研究科　教授
IEEE Robotics and Automation Society President
田所（たどころ）　諭（さとし）

## １　はじめに

ロボットは50年の研究開発の歴史を経て、災害の予防減災、緊急対応、復旧に役立つツールとなってきつつある。たとえば、無人飛行ロボットは広範囲にわたる被災エリアを迅速に調査し、遠隔操作水中ロボットは海底の採油プラントの油漏れを修理し、無人地上走行ロボットは事故を起こした原子力発電所の汚染エリアで人間に代わって作業を行った。

本論文では、災害ロボットの現状を述べるとともに、現在存在するギャップを埋め、社会実装を進めようとする試みについて紹介する。

## ２　災害ロボティクスの貢献

災害の様相は時間によって変化し、発災前の予防減災のフェーズから、発災直後の緊急対応のフェーズ、それに引き続く復旧・復興のフェーズをたどり、平常時のフェーズに戻る。図１に示すように、ロボットはそれぞれのフェーズにおいて様々な形で役立つことが期待されており、求められる機能や性能はそれぞれがもつニーズに応じて異なっている。予防減災としては老朽化したインフラや石油化学プラントを遠隔的に点検することなどが求められ、緊急対応としては人命救助や応急修理が重要であり、災害復旧では遠隔工事や工事の情報化などが求められる利用形態である。

防災においてロボットが行える貢献は、下記のように整理することができる。

１）情報収集や作業等において、人間や従来法では不可能だったことを遂行する。たとえば、非常に狭く奥深い場所の調査など。

２）情報収集や作業において、作業者のリスクを低減させる。たとえば、爆発の危険があったり、有害物質や放射線がある場所の調査など。

３）情報収集や作業において、プロセスを迅速化させたり、コストを低減させる。たとえば、被害を受けた建物や産業設備の高い場所を調べることを可能にしたり、足場建設を省略して作業ができるようにするなど。

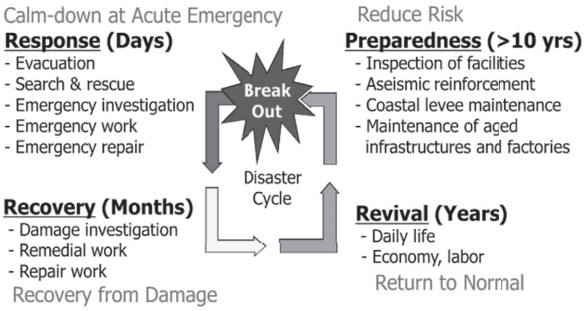



図１　災害のサイクルと求められるロボット作業

最近のロボティクスや関連要素技術の発展によって、ロボットの能力やできることが飛躍的に拡大してきている。20年前の遠隔飛行ロボットシステムは、上空から火山の被害情報を撮影することができるに過ぎなかった。現在の飛行ロボットはそれに加えて、被害が予想される構造物の至近に寄って詳細な視認検査を行ったり、建物の開口部から内部に入って取り残されている要救助者を発見したりすることが可能になってきつつある。ロボットの自律機能や人工知能は、単純作業や連続作業を代替することによって災害対応を行う人たちの負担を軽減することが可能であり、たとえば、収集した災害情報を計測した３次元地図上に自動的にマッピングし、災害対応のための意志決定を支援することができるようになってきている。以上のことから、10年後にはロボットは情報通信技術と融合して、災害予防・対応・復旧にとって欠くことのできないツールになると考えられている。

## 3　災害ロボットの代表例

図２に示す「クインス」は、2011年に発生した福島第一原子力発電所事故において、原子炉建屋の中で国産ロボット第１号として使われた。クインスは、作業員に代わって建屋の２～５階に上り、遠隔操作でカメラ映像の撮影、放射線量・温度・湿度の計測、および、放射能を帯びたダストのサンプリングを行った。その成果は、当時極めて重要だった冷温停止状態の実現と廃炉措置の推進に対して、大きく貢献することができた。

図３に示す能動スコープカメラは、内視鏡をロボット化したヘビ型ロボットであり、地震や爆発で生じた瓦礫の中に侵入して内部を調査することができる。2008年に米国ジャクソンビルで発生した建設現場倒壊事故においては、人間や従来型機器が不可能だった瓦礫内８ｍ奥深くに進入し、ビデオ画像を撮影することに成功し、事故の原因調査のために重要なデータを提供することができた。

図４は、ジンバル機構によって自由自在に回転できる球殻をもつ飛行ロボットである。このロボットは複雑な形状をした橋梁下部の構造の中に入り込み、転がりながら近接撮影を行うことができる。従来は橋梁点検のためにいちいち足場を組む必要があり、コストと時間を要していた。このロボットの実用化によって、短時間で広範囲を点検することが可能になり、全国にある老朽化した橋梁の安全確保につながると期待されている。

以上の例が示すように、ロボット技術の発展によりさまざまな作業が可能になってきている。

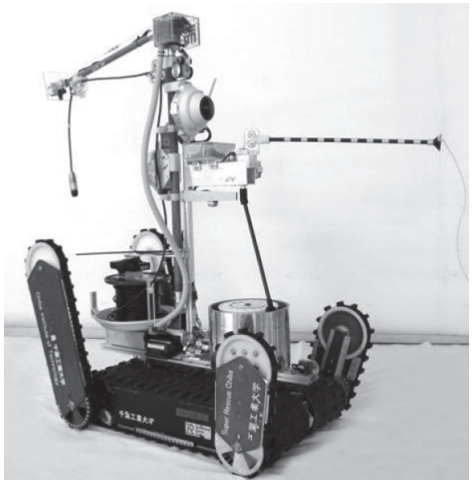


図２　福島第一原発事故で使われた
地上走行ロボット「クインス」



図３　瓦礫内を調査するヘビ型ロボット
「能動スコープカメラ」

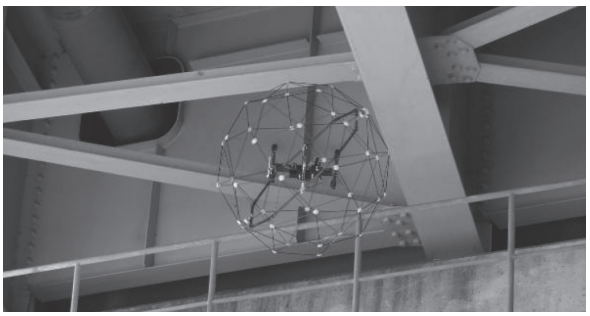


図４　橋梁点検を行う飛行ロボット「球殻ヘリ」

## 4　社会実装のためのギャップ

前項で述べたように科学技術は実用的なレベルに達しつつあるが、防災に対しての社会実装は遅々として進んでいない。それは、ロボットを使用するには様々な条件整備が必要であるからである。それらの条件を整理すると下記のようになる。

１）科学技術の必要条件
- 災害ロボットの技術が実用のために十分な性能と信頼性を実現していること。
- 研究者や技術者が隠されたユーザのニーズと制約条件を十分に知っていること。
- ロボット技術が経済的に十分にユーザのニーズを満たし、ユーザにとってのトータルコストを下げられること。
- ロボット技術がユーザにとって便利な存在であり、高い障壁を感じることなく容易に使用でき、また、ユーザに愛されること。

２）ユーザの必要条件
- ユーザがロボティクスの能力と限界とをよく認識していること。
- ロボットやロボット技術がユーザ組織に配備さ

れていること。
- ロボットが常に使用され、試験され、災害現場や模擬環境で訓練されていること。
- 法律、制度、社会システム、保険制度などが整っていること。
- ユーザコミュニティが相互協力してロボットに関する情報流通に努めていること。

3）産業界の必要条件
- ロボットビジネス投資が、メーカー、販売業者、レンタル業者、サービスプロバイダーにとって成功していること。
- 販売、メンテナンス、ユーザ教育などのシステムが整備されていること。
- 研究者、技術者、販売者、マネジメントなどの人材が豊富であること。
- 国際市場がオープンであり、大量生産によって安価に製品が供給されること。
- 国が変わっても使えるように国際標準が確立していること。

これはあたかも、臨床においてロボットの導入が進む以前の状況のようではないか、と考えられる。

## 5　災害リスク低減のための国連仙台枠組に対する自主的な取組

第３回国連世界防災会議（WCDRR）が、2015年３月14〜18日に仙台で開催され、災害リスク低減のための仙台枠組（SFDRR）2015-2030が採択された[1)]。第２回会議で採択された兵庫行動枠組（HFA）2005-2015と同様、これは今後15年間にわたって各国の防災政策に対して大きな影響を与えると考えられている。そこでは７つの世界的目標が定められたが、災害による死者・被害者数、直接的経済被害、重要インフラと基本的サービスの災害被害の大幅な低減が盛り込まれ、同時に、様々なハザードに対する早期警戒システムや災害リスク情報とそのアセスメントが重要であるとされた。これらはいずれも、ロボティクスの貢献が望まれる分野である。

IEEE Robotics and Automation Society（IEEE RAS；米国電気電子協会ロボット自動化学会）は東北大学災害科学国際研究所、国際レスキューシステム研究機構、内閣府ImPACTタフ・ロボティクス・チャレンジプロジェクトとの協力で、国連世界防災会議でパブリックフォーラムを開催し、その議論に基づいて主会議のワーキングセッションで下記の自主取り組みを宣言した。

科学技術の速い発展に同期して、ロボティクスと情報通信の防災マネジメント計画や法令に対する迅速な社会実装を達成するために、議論を行うための国際委員会を組織する。

IEEE RASは、人道技術に関する委員会の中に災害リスク低減のためのロボティクスに関する国際委員会を設立し、2016年から活動を開始した。

## 6　おわりに

科学技術の発展の速度は、社会実装の速度と比べると極めて速い。人の心や行動が変化するには時間がかかるからである。災害ロボティクスを社会実装するためには、技術的な問題を解決するだけでなく、社会的・産業的な問題を解いていかねばならない。その試みはまだ端緒についたばかりであるが、将来における安全と安心のために、多くのステークホルダーと協力しながら着実な歩みを重ねていく必要があると考えている。

## 参考文献

1）Sendai Framework for Disaster Risk Reduction, The United Nations Office for Disaster Risk Reduction, 2015.