

## USJI WEEK セミナー3: Technologies against Disaster

2011年9月12日 月曜日

午前10時～午後12時

於：エンバシー・ロウ・ホテル アンバサダー・ルーム

### モデレーターの挨拶と発表

橋本周司教授 (USJI副理事長 早稲田大学副総長 理工学術院教授)

セミナー3「**Technologies against Disaster**」の開催にあたり、モデレーターである橋本教授が、早稲田大学の著名なロボット・プログラムの背景、ならびに、本セミナーで回答が期待される主な質問について説明した。早稲田大学のロボット・プログラムは70年代初期に始まり、その中でも最も有名なのは1992年に開始されたヒューマノイド・ロボットの研究だ。本プログラムは、産業、農業、サービス業にて活用できるロボットを開発し、工業生産に留まらず、最新鋭のソフトウェア・シミュレーター、グラフィカルユーザーインターフェイス、マルチメディア等の分野にロボット工学を導入することに注力している。早稲田大学のグローバルCOEは、先進的な研究機関との連携を通し、1) ひとりの人間、医学、心理学 (personal、physical、psychological)、2) コミュニケーション、人間関係、共創 (communication、connective、creative)、3) 社会、安全、安心 (social、secure、safe) の各グループに焦点を当てたロボット技術の開発に従事している。特に、3番目の研究グループは、災害復興の取り組みにおいて最も重要となる。橋本教授は、**エンターテインメント用のロボット時代は終焉**を迎え、今やロボットは、実用的用途のために開発されていると説明した。つまり、ロボット研究の焦点が、電力や電池の寿命、ライセンス供与、天候の管理、ITとの融合などの重要な分野に注がれることとなるのだ。

その後、橋本教授は、東日本大震災とその影響について振り返った。3月11日以降の死者・行方不明者の総数は約2万人に上っている。この高い数値を念頭に同氏は、「『先進国』の意味とは何か？」を自問した。日本の高度な技術を駆使して、災害を回避または軽減するために何ができるのか？橋本教授は、私たちは夢の実現に向けて技術の開発を行っているのだ—人間の能力拡大を可能にする技術開発を通して、私たちの将来を形成することが可能なのだということを参加者に再認識させた。ロボット技術は、災害発生前には予測、予想、信号処理、災害発生中には、緊急機能や被害軽減、災害発生後には、復旧作業と将来に向けた準備に役立てることができる。

「二度と繰り返さない」ための科学と技術：科学と技術の将来を見据え、自然科学、工学、文化、社会科学、セキュリティ技術、戦略などの分野におけるロボット工学の導入が、頑強な社会に多大な恩恵をもたらすことは確実である。持続可能な幸福と安全の実現に向け、文明、産業化、文化の劇的な強化に貢献するのだ。

### パネリスト

#### ロボット: 災害対応における重要なツール

アイロボット社 マニピュレーション&モビリティ部門 研究責任者のマーティン・ビューラー氏が、実用的な同社製ロボットが人々の生活にどのような影響を与えているかを解説した。既に実用実績のある同社ロボットは、一般家庭、政府、企業向けに販売されており、その用途は清掃、軍事、災害の初期対応など様々。標準的なモジュール型のプラットフォームで、柔軟性が高く自由にカス

タマイズできる多くのペイロードを備えている。このモジュール構造のロボットは、同社ロボットに一貫して採用されるロボットソフトウェア「iRobot AWARE」によって有効化および強化されており、ロボットの迅速な初期設定およびニーズに合わせた調整が可能となる。災害内容を事前に想定できず、必要となるロボットの機能（又はロボットの種類やサイズ）が予測できない緊急および災害対応時において、こうした特徴は非常に重宝する。

アイロボット社のロボットは、優秀なロボット研究開発スタッフの研究および専門知識に支えられている。研究者とエンジニアは、より高度な知識を持った自律性のロボット、ならびに、他のロボットと相互作用するロボットの開発など、ロボット工学の最前線を推し進めるために多大な努力を続けている。こうしたロボットは、ユーザーフレンドリーで、操作者数と訓練時間の削減にも貢献する。これらの非常に高度なロボットには優れたプラットフォームが装備されているため、日本の研究者が既存の技術や知識を収集し、自らのニーズに合わせてカスタマイズを施すことができる。

ビューラー氏に続き、**同社軍事部門のジェラルド・ロンド氏**が、福島県の震災救援活動における同社技術の貢献、ならびに、今回の救援活動が示す災害対応ロボットの重要性について焦点を当てながら発表を行った。ロンド氏は、同社のロボットが災害対応の実績を有しており、福島原発災害も例外でなかったと説明。アイロボット社は、今回の震災において、付属品、ツール、ハードウェアを装備したロボット4台を提供し、最大限に活用できるよう操作者の訓練に5人の優秀なエンジニアを派遣した。これらロボットを福島原子力発電所で使用したのは東京電力（TEPCO）の職員だが、作業期間中、アイロボット社は継続的な支援を提供した。

東京電力の優先課題は、被害の調査、瓦礫の撤去、施設の復旧作業のモニタリングであったが、こうした多種多様な作業過程にて、ロボットの柔軟性と耐久性が十分に発揮された。致命的な放射能に被ばくしながらも、ロボットは順調に放射能の測定および分布マップ作成を行い、再稼働の調査およびモニタリングを行った。ロボットは放射能対応で設計されていなかったが、性能を落とすことなく5カ月間、原子炉建屋の高度な放射線被ばく環境下にて円滑に作業を遂行した。

ロボットがこうした活動を成功裏に遂行する上で最も重要なのは、**多様な作業への対応能力**である。ロボットの操作方法は**修得しやすく**、**全プラットフォーム共通のソフトウェアはメニュー操作**が可能となっている。**耐久性の高い設計**、**多重センサー**、**通信オプション**といった機能も、原子炉建屋の過酷な環境における作業を支えた。

アイロボット社のエンジニアは、ロボットを無事に東京電力に提供したが、これには困難もあった。被災地での迅速な対応作業には、現地に直接出向くことができず、具体的な活動目的は不明瞭という非常に困難な要件を伴ったのだ。それでも、同社ロボットの柔軟性の高いアプリケーション部品のおかげで、東京電力の操作者は必要となるツールの大半を用意することができた。さらに、アイロボット社のエンジニアは、正式な合意が締結していないにも関わらず、ロボット提供から1ヵ月間、毎日、日本と電話で打ち合わせを行い、東京電力が現地またはその近辺で部品を確保できるよう徹底するなど継続的な支援を提供した。

#### 災害ロボットの要件:

多種多様な活動実績に基づき、ロンド氏は効果的な災害対応ロボットの必須条件を特定した。ロボットに搭載すべき性能は下記の通り。

- 柔軟性が高く、変更が簡単で、ダイナミックな状況に適応可能。
- 継続的な性能強化と新しいペイロードに対応可能なオープン・ソフトウェア・アーキテクチャを採用。
- ユーザーフレンドリー。メニュー操作で、操作者による修得および使用が簡単。

- 物流面および操作面のサポートを包括する。スペア部品、メンテナンス、現地サービスの迅速な提供が可能。
- 組織間の共有を促す構造、または、広範囲な知識ベース及びローカルアプリケーション・ペイロードの展開。
- 実地での実績を有する。
- 信頼性の高い通信機能、充電可能な電力源、遠隔監視で作業員を保護し、現地に必要な操作者の数を制限する。
- 将来的なテロリズムや自然又は人的な外からの脅威に対する備えに貢献する。

### 建造物の破損を軽減して人命を守る

米国地震被害軽減プログラム (NEHERP) 副事務長で、米国立標準技術研究所 工学研究室に勤めるスティーブン・マカベ氏が、地震被害の軽減に関する専門知識を参加者と共有した。同氏は、被害削減の取り組みにおける課題として、震源地や地動について解明されていない点、建造物と地盤の相互作用（異なる土壌など）、想定される被害および対応の不明瞭さ、これらの要因を新しい建造物の設計手法に組み入れる方法、巨額な費用、災害教育、経済的トレードオフなどの社会的な問題、現在とは異なる基準に沿って設計された古い建造物の修復における障害などを列挙した。

### 地震への対応設計

マカベ氏は、これらの課題へのソリューションとして、政府と学術研究者、研究社と産業間の知識共有、官民のパートナーシップ、災害対応における新しい素材や手法および新しい実験手法および計算機能の普及、新しい建造物（可能であれば、古い建造物も）の建築基準および規格の改善が挙げられると述べた。

NEHERP は、地震および津波災害の研究および対応に関わる主な4機関（FEMA、NIST、NSF、USGS）で構成されている。地震、ならびに、地震がもたらす地域社会、構造物、建物、ライフライン、国家設計（既存の建物に対する地震の経済的な影響）への影響に関する学際的な研究を通して、問題の特定やソリューションの発見に有益な貢献を果たしている。NEHERPは、地震のダイナミクスをより良く解明するために国際的な活動を続けているが、現在、システム問題（地盤、構造的および非構造的な相互関係）および既存の建物（残っている設計図が少ない、内部アクセスの制限、法的責任および財務面の懸念）という二つの大きな課題に直面していると、マカベ博士が説明した。

しかし、これら課題が存在するにも関わらず、地震が誘発する津波の予測モデルと警告システムの信頼性は向上している。さらに、改善された避難および分析モデルを使用することで、津波の影響を予測し、これに準じた避難が可能となる。これらのモデルが都市・地域計画に組み込まれることで、災害時の人命を守ることに貢献している。

NEHERPが実施する研究では、センサー、アクティブ制震、実験施設が使用される。センサーは、被害を探知し、実時間でデータ収集を行う。その次段階のアクティブ制震は、振動に対する建物の応答を制御するため建物内部の機構の向上を図るものだが、これには電力を要することが多い。最後に、現在と将来の研究開発に向けた実験データおよび計算結果の収集および保存のため、地震をシミュレーションする大規模な実験が実施される。NEHERPはこれらの手法を通して、建築環境の強化に向けた新しい建築規則の助言を行っている。現在、新しい建造物の基盤にはアイソレータを使用し、古い建造物にはダンパーや外部から補強部材を追加で設置できる。これらの措置には高い費用が付きものだが、人命を守るという非常に重要な理由があるからこそ、建築規則に遵守しなければならないのだとマカベ氏は強調した。

## 主な質疑応答

主な質疑と専門家による回答の内容は以下の通り。

質問: ロボットの自律機能と無線方式での通信機能の関係性は? 操作者からの通信なしの状態、ロボットをどの位の時間放置できるのか。

回答: ロボットは800メートル以内で受信可能な2つの周波数に対応する。さらに、経路追跡機能もあり、通信が断絶してから回復するまで元の位置で待機させることができる。

質問: ロボットの外見はどのように決定されるのか。日本のロボットは人間の形をしたものが多いが、米国のロボットはそうでないのは何故か。

回答: 当初、アイロボット社のロボットは爆弾処理に使用されていたため、外見は重要ではなかった。橋本教授が、ロボットの主要用途は多岐にわたり、米国ではロボットはツールとして扱われるが、日本では家事を手伝う友達のような感覚だと付言した。

質問: NEHERP は、同機関の勧告を实践するよう、どのようにエンドユーザーに働きかけているのか。

回答: NEHERP は、ベストプラクティスを確立できるが、その実践については基本的に州や市に任されている。地震の多いカリフォルニアでは、定期的に耐震設計およびツールが活用されているが、同州と比較して別の州の関心は低い。しかし、災害復興の取り組みの一端を担う連邦政府は、これらの予防措置を採用するよう奨励策を用意している。

以上