

### 1.3. 緊急地震速報情報を利用した災害救助活動支援ロボット制御システムの構築

奥川雅之

#### 1. はじめに

近年、東海地方において東南海および東海沖地震の発生が予測されている中、防災対策および災害対策について各方面で検討されている。1995年に発生した阪神淡路大震災や2004年に発生した新潟中越地震では、多くの死傷者が出た。特に阪神淡路大震災の教訓として、災害発生後48時間以内に救助活動を行うことが生存率を高めると言われている。これらの震災では救助隊や生存者による手作業を中心とした救助活動が行われた。そのため、長時間の救助活動での疲労による救助効率の低下や災害現場における二次災害の危険性などが問題となった。そこで、ロボット工学分野の研究者を中心に、ロボット技術の導入による効率的な救助活動支援の必要性が議論されるようになった。ロボットを利用した災害救助活動として、NY World Trade CenterにおけるNY同時多発テロ事件発生後の被災者捜索活動が挙げられる。「CRASAR」と呼ばれるNGO団体が持ち込んだレスキューロボットによって約10名の遺体が発見した。このことにより、レスキューロボットの有効性が確認された[1]。

阪神淡路大震災以降、国内では、多くのレスキューロボットが研究・開発されてきた。特に大都市大災害軽減化プロジェクト（以下、大大特）の一環で多くのレスキューロボットが開発された。大大特の「被災者救助等の災害対応戦略の最適化『災害対応戦略研究』」において、大震災における緊急災害対応（人命救助など）のための人体検索、情報種集、配信等を支援することを目的としたロボット、インテリジェントセンサ、携帯端末、ヒューマンインターフェイス等の研究開発が行われている[2]。

現在、研究開発の進められているレスキューロボットの多くは、災害発生後、レスキュー隊等により災害現場に持ち込まれ、被災者の捜索および現場の状況把握などを行うという仕様で設計されている。しかし、実際の救助活動を考えた場合、倒壊した未知の建家に対して、間取り等の情報を収集しながら被災者を探索することは効率化に限界がある。こうした課題に対して、災害時の救助活動の迅速化を図るため、被災者の捜索および現場の状況把握能力を有したロボットを各家庭に常設することが解決策の一つとして期待されている。

本研究で検討しているレスキューロボットは、機能を簡素化しているために、要救助者を捜索する機能は、搭載されていない。そこで、RFIDタグ（ICタグ）を利用し、居住者の生活パターンをデータベース化し、それらの情報をもとにロボットへ移動先を指示することのできる災害救助支援システムを提案している。その際、緊急地震速報情報データの受信と連動し、データベース情報から生成される指令をロボットに転送し、移動を開始するものである。そこで、本年度は、緊急地震速報情報を利用したロボット制御システム実験環境の構築を行うこととした。

## 2. 災害救助支援ロボット（レスキューロボット）とは

### 2.1 レスキューロボットの現状

災害時の救助活動を支援するロボットを災害救助支援ロボット（レスキューロボット）と呼ぶ。国内の主なレスキューロボットの研究開発プロジェクトおよび機関として、文部科学省大都市大震災軽減化特別プロジェクト（大大特）と国際レスキューシステム研究機構（IRS）が挙げられる。また、海外では、NY米国World Trade CenterにおけるNY同時多発テロ事件では「CRASAR」と呼ばれるNGO団体が持ち込んだレスキューロボットによって10名の遺体を発見し注目を集めた。現在、研究開発が進められているレスキューロボットの目的は、倒壊家屋やビル内などのガレキ下や地下街などの閉鎖および狭隘空間等における被災者の探索、災害現場の調査、ガレキ除去などである。いずれも自律制御ではなく、遠隔操縦型の移動ロボットである。災害現場は家屋の倒壊による瓦礫の散乱や地面の液状化現象などにより、路面は不整地となっているため、高い不整地（悪路）走破性

を有する移動機構を必要とすることから、研究課題としては、移動機構に関するテーマが多い。また、災害現場をモニタリングしながら救助活動を行う必要があることから、操縦インターフェースに関する研究テーマも多く見られる。

## 2.1 現場投入型レスキューロボットによる救助活動の流れと問題点

現在研究開発されているレスキューロボットの多くは消防や警察署などに配備され、災害時には現場へ持ち込み、救助隊の活動を支援する現場投入型ロボットとして検討されている。したがって、多くの場合、レスキューロボットによる救助活動は、災害発生後、レスキュー隊は被害状況の把握から始める。航空機やヘリコプタといった上空からの調査が中心であり、その被害情報をもとに救助活動の作戦を立て救助活動を開始する。最も被害が大きい地域から救助活動が始められていく。しかし、実際の救助活動を考えた場合、レスキューロボットの台数には制限があるため、被害の小さい地域は後回しとなる。その後、現場に到着した救助隊は倒壊した家屋へレスキューロボットを投入し、要救助者の探索を開始する。救助隊はこの時初めてレスキューロボットを通して家屋の間取りや状況を知ることができる。探索初動時は、間取りが分かっていない倒壊家屋にロボットを投入し、存在の有無が明確でない被災者を探索することになる。未知の場所で、未知の被災者を探索することになるため、探索活動は、周辺地域の地図情報精度や救助隊の経験に依存することになる。しかし、倒壊家屋において要救助者の存在の有無を確認するのは困難であり、要救助者が意識を失っていた場合、発見できない可能性も高い。また、災害現場に投入されたレスキューロボットは、有線または無線による遠隔操縦によって救助活動を行うものがほとんどである。

## 2.2 共生型レスキューロボットとは

レスキューロボットの家庭内への導入を想定した場合、災害時の機能だけでは不十分であり、その実現は困難である。そこで、日常生活の中で役に立つ機能を有することが重要であると考え。本研究では、「平常時は家庭内で人間と共生し、災害発生時は家族とその住宅を対象に救助支援活動を行う」ことが可能な共生型レスキューロボットを提案している。共生型レスキューロボットは、所有者である家族の居場所のみを探索対象とすれば良いため、救助活動の迅速化が期待できる。これまでに、家庭内通信端末であるインターフォンとレスキューロボットを融合したホビット (HoVIT: Home, Variable mode, Interphone type search and rescue roboT) の試作を行った [3]。



図 1 共生型レスキューロボット「HoVIT」

## 3. 家庭内災害救助支援システム

### 3.1 被災者探索活動の初動時間短縮の必要性

阪神大震災では、震災により生き埋めになった人の 24 時間以内における生存率は 75%であったが、48 時間後には、20%台まで急激に落ち、72 時間後には 15%にまで低下した。したがって、より効率が高く、救助支援活動（特に被災者の探索）の初動時間が早い方策が期待されている。本研究では、日常的に使用されている家電製品などに対して救助活動支援機能を付加することにより、救助支援活動の初動時間短縮を目指すものである。一般的に、災害現場のような不整地環境における自律移動は困難とされているが、日常的に取得する住居社の生

活パターン情報や住居の間取り、家具等の配置情報を利用することにより、倒壊家屋内の自律的な移動を可能とするものである。

### 3.2 家庭内災害救助支援システムによる救助活動の流れ

ロボット技術の導入により家庭内の災害発生時の状況を短時間で把握できれば救助支援活動の効率向上につながる。そこで、家庭内にホームネットワークを導入し、家庭用災害救助支援システムを構築することにより、災害発生時の状況をロボットが認知することが可能となる。通常時にも家庭内に設置した各種センサにより家族の生活パターン情報や間取り情報等のデータベース化を行う。これにより、災害発生時にその情報をもとに家族の居場所を搜索可能になるため、救助活動の迅速化が期待される。

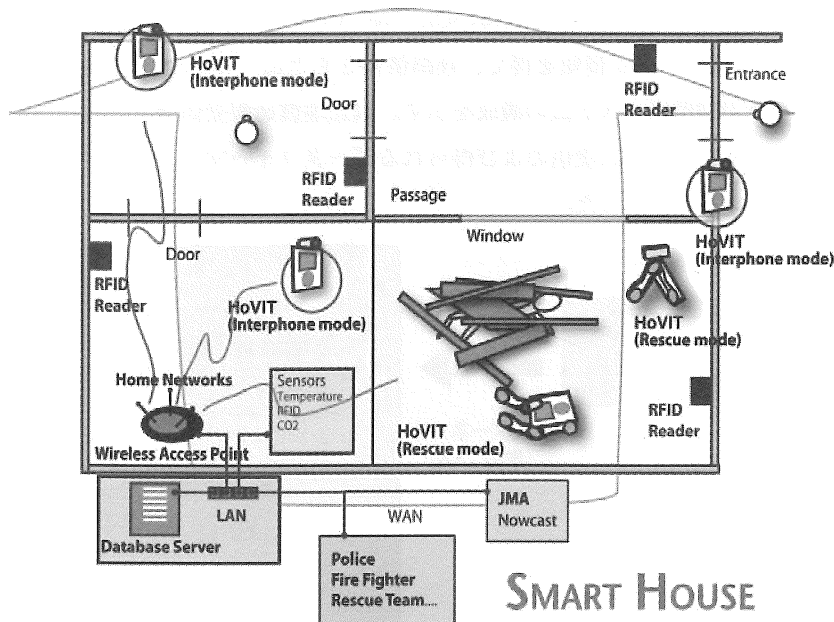


図 2 家庭内災害救助支援システム

先にも述べたようにレスキュー隊が所有するロボットには台数に限りがあるだけでなく、被災地の状況、要救助者の存在の有無といった情報の把握にも時間がかかり、効率的な救助活動には限界がある。しかし、レスキューロボットが常に家庭内に常備され、家屋のモニタリングが可能ならば、災害発生時の家庭内の状況をロボットが認知することができる。また、通常時にも家庭内に設置した各種センサにより家族の生活パターン情報や間取り情報等をデータベース化することにより、災害発生時にはその情報をもとに家族の居場所を予想し、搜索可能になるため救助の迅速化が期待できる。このように、家庭内にレスキューロボットを常備した家庭内災害救助支援システムを提案する。家庭内災害救助支援システムは、共生型レスキューロボットとホームネットワーク、データベースシステムおよび RFID タグリーダなどの各種センサによって構成されている。図 3 に提案する家庭内災害救助支援システムのイメージを示す。これらは住宅設備の自律システム化を目指したスマートハウスの考えを参考にしている [4]。

### 3.3. レスキューロボットと緊急地震速報との連動

提案する家庭内災害救助支援システムの課題の一つとして、ロボットが平常時と災害時の判断を行う方法の検討が挙げられる。そこで、家庭内に配備されたレスキューロボットが、インターネット経由で気象庁が提供する緊急地震速報と連動し、地震情報（予測震度、地震波到達猶予時間）を得ることで、災害発生と同時に探索活動を開始することができるものと考えた。

## 4. 実験環境システム構築

これまでに開発した生活パターン情報データベース（CR2H データベースと呼ぶ）の再構築を行い、緊急地震速報情報データを受信するために必要な環境整備を行なった。

本研究課題では、該当住居までの地震到達時間と震度情報を必要とする。そこで、本研究課題で使用する端末(デ

データベースおよびロボット管理サーバ：192.168.44.97) に地震データ (予測震度、地震波到達猶予時間) を送信する方法を検討した。その際、緊急地震速報情報をどの端末で解析するかということが問題となった。今年度は、防災センターから緊急地震速報解析プログラムを実装した受信端末 (192.168.44.96) を借用し、本サーバに地震データを UDP 送信 (ポート番号：60100) することとした。データベースサーバの OS は、Ubuntu9.10 とし、データベースサービスには、MySQL (Ver.5.10) を採用している。地震データ受信後、ロボット管理サーバは、DB から生活パターン情報を得て、経路情報をもとに、ロボットの移動経路情報をロボットに送信する。図 4 に構築した実験環境システムの構成を示す。緊急地震速報受信端末から地震データのダミー信号をロボット管理サーバに送信し、その受信および得られるデータフォーマットの内容を確認し、ロボットへのコマンド送信プログラムとの融合を図った。

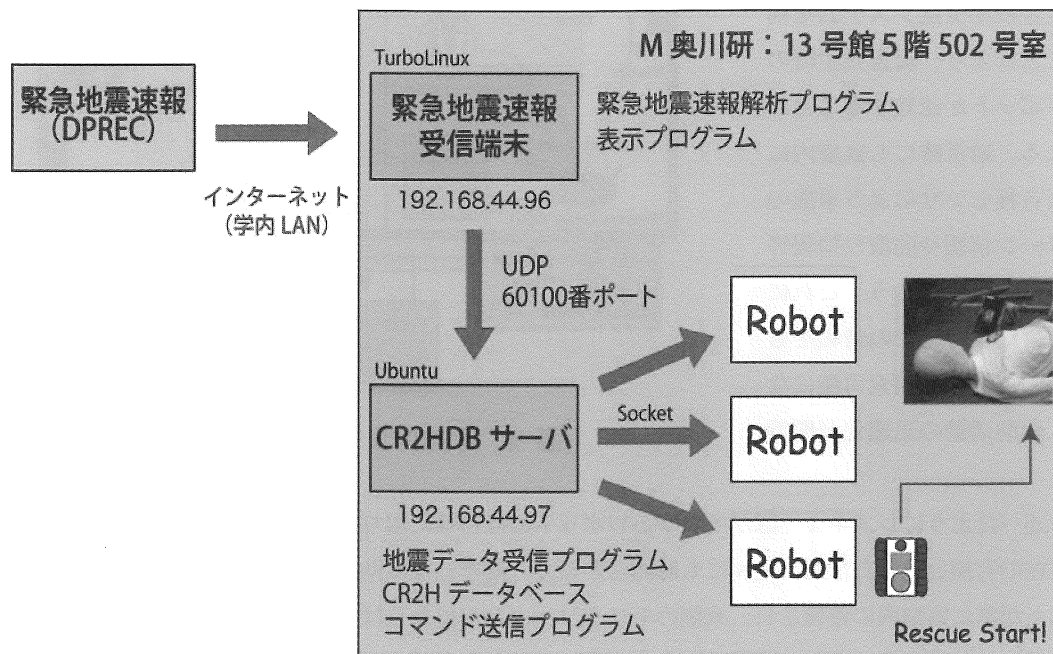


図 3 実験環境システムの構成

## 5. まとめ

本研究課題で使用する緊急地震速報情報は、該当住居までの地震到達時間と震度情報を必要とする。今年度は、緊急地震速報解析プログラムを実装した受信端末を経由し、本サーバに地震データを送信する通信環境を整備し、速報データの受信を試行した。今後は、得られる地震データを利用し、ロボットの行動制御コマンド生成やロボット移動経路生成プログラムなどを開発し、緊急地震速報サービスとロボットとの連動を図る。

## 参考文献

- [1] Robine R.Murphy, 牧田忍, ニューヨーク世界貿易センター (WTC) でのレスキューロボット, 日本機械学会誌, 106(1019), 794/802, 2003.
- [2] 田所論, 大都市大震災軽減化特別プロジェクト, 日本機械学会誌, 106(1019), 803/806, 2003.
- [3] 藤村甫, 奥川雅之, 橋本周司, 小笠原伸, インターフォン型レスキューロボット CR2H の基本コンセプト, 第 5 回計測自動制御学会 SI2004 講演論文集 CD-ROM, 2B4-1, 464/465, 2004.
- [4] 橋本周司, スマートハウス — 情報技術とメカトロ技術がつくる新しい住環境, システム制御情報学会誌, 47(3), 108/112, 2003.