



特別講演

ITとロボット技術を基盤とした国際救助隊サンダーバードの構築を目指して

京都大学工学研究科 教授 松野 文俊 (F56)

はじめに

ただいまご紹介いただきました、松野でございます。こういう席でお話をさせていただくことは、非常に光栄に思っております。これも戸荻先生始め、種村さん、いろんな方にご支持していただいたからだと思っております。どうもありがとうございます。

今日はこのタイトル、ちょっと長いですが「ITとロボット技術を基盤とした国際救助隊サンダーバードの構築を目指して」ということでお話をさせていただきますと思います。



(社)名古屋工業会総会特別講演

ITとロボット技術を基盤とした 国際救助隊サンダーバードの 構築を目指して

—速報:東日本大震災における被災地での
ロボットを用いた支援活動—

松野文俊

京都大学工学研究科 機械理工学専攻
国際レスキューシステム研究機構 (IRS)

平成23年5月21日

私、実は国際レスキューシステム研究機構というNPO法人にも所属しております。

私の研究室でやっているテーマは、ここに書いてあるのですが、そういうテーマを少しずつ紹介しながら、表題のお話をしたいと思っております。

京都大学工学研究科 機械理工学専攻
メカトロニクス研究室

- Rescue Robot System**
—国際救助隊『サンダーバード』の実現—
- Biologically Inspired Robots
and Swarm Intelligence**
—生物の運動知能の理解とロボットによる実現—
- Dynamics Based Control**
—物理法則に合った制御—
- Human-Centered Interface**
—人間中心型のロボット操縦インターフェース—

ロボットとは

ロボットという分野で私は仕事をさせていただいておりますが、私が小さい頃は、この『鉄腕アトム』という“夢”であったわけです。

考えてみますと、自分で考えて判断できて、心を持って、10万馬力という完全自律型だけがロボットかというと別にそうでもなくて、例えばこれはリモコンロボットですけれども、『鉄人28号』です。これもロボットではないかと思ひますし、『ガンダム』、これもロボットではないかと思うわけです。

では、ロボットという定義はなんでしょうかと問われますと、わからないですと答えるしかないのです。結局どのような形でもロボットになりえると思ひますし、極論すれば、炊飯ジャーだってマイコンが入ったロボットだと、動かないけどロボットだと言ってもいいかと思ひます。

では究極のロボットは何でしょうかと問われましたらば、私は『鉄人28号』だと思ひます、と答えます。なぜ鉄人かといひますと、正太郎君という少年が鉄人に「行け」といひ、この一言だけで、全ての意図を汲んでロボットが動いてくれます。これほど素晴らしいロボットはないと思ひます。

その意味で『鉄人』もロボットだと思ひていひますし、人間の知能のメカニズムはどんなものなのかといひことを知るために、人間と同じようなモノを作って機械で実現していくといひ、アプローチで『鉄腕アトム』を目指すといひのも、これも一つサイエンスとしてありえると思ひます。また、義手義足のよう、人間の足りないものを補ってくれるモノ、

と、ここに単にカラカラ回る受動の車輪をつけておきます。そうするとこれはロボットの体幹方向にはコロコロと転がりますけれども、横車を押すということで車軸方向にはなかなか滑らないので、体幹方向には摩擦が大きくてそれに垂直な方向には摩擦が小さいという、ヘビが持っている摩擦特性をモデル化することができます。

そのモデルを実現したメカがこれです。丸いのが受動の車輪、この軸がモーターのシャフトになっております。

これもモデルベース制御ですけれども、モデルを立てて、制御系を設計して、このロボットにこのターゲットまで行きなさいというように指示をします。

ロボット自身は「うねり推進をしろ」という指令は受けていないのですけれども、ある評価関数を最適化しますとこのように自然とうねり推進ができます。なぜヘビは推進できるのかというのは、実はある評価関数を最適化しているのではないかと、そんなことがわかったりしまして、これが面白いのです。

動いているターゲットにこのヘビ型ロボットは追従していきます。先頭の数リンクを持ち上げていますので、今の姿勢は非常に倒れやすいのですが、尾っぽの余ったたくさんの冗長な自由度を使って、全体の重心位置をコントロールすることによって、ボールを追いつながら自分には倒れないといった複合的な制御をすることも可能です。

ロボットが学習する!?

今までご紹介したのは力学モデルを作って、そして制御系を設計していくというオーソドックスな方法なのですが、もう一つの方法として学習という方法があります。何らこちらからモデルを与えることなく、赤ちゃんはハイハイをして、まり立ちをして、よちよち歩きからかけっこもできるようになっていきます。このようにどんどんと学習をしていくアプローチを、工学的に実現した強化学習という手法があります。

ある行動をしてその行動が成功すれば報酬をもらえる、失敗すればペナルティを受ける。報酬系を設けてやることによって、何回も試行を繰り返して報酬をもらったり、ペナルティを受けたりすることによって、報酬がたくさんもらえる行動をどんどんと強化していく、というのが強化学習なのです。

簡単にご説明いたしますと、表の縦に状態 $S_1, S_2, \dots$ を並べておきます。例えばロボットでいいますと、様々な姿勢、これが状態です。そのと

きに、右足を上げるとか左手を下げるとか、そういった行動を表の横に $A_1, A_2, \dots$ と並べておきます。そうすると、状態と行動の表ができます。その要素が (S_i, A_j) となります。

その表の全ての要素に最初「ゼロ」を入れておきます。そして学習を始めます。例えば、適当に S_1 という状態からサイコロを振りまして、たまたま A_1 という行動が選ばれて、実際にやってみたら全く良くなく、失敗なのでマイナス10点。この点数が表の(1,1)要素に加えられます。また、 S_3 という状態でサイコロ振ったら A_2 が出て、やってみたらあまり良くなく、少し失敗なのでマイナス5点が表の(3,2)要素に足されます。また、 S_1 という状態で、サイコロを振ったら A_3 が出て、実行したら10点もらえた。これは報酬がもらえたということです。

このように、どんどんと練習をして、いろんな状態のときにいろんな行動をやっていきますと、数値がつまった表ができます。 S_1 という状態の行を横に見ていきますと、この A_3 の行動に対応する「90」というのが一番高い得点ですので、今までの期待値から考えて、 S_1 という状態のときに A_3 という行動をするのが一番良からうということがわかります。

これが強化学習の一番簡単な説明なのですが、実はこれは行動をランダムに選んでいますので、確率の理論から、学習を繰り返していくと最適解が得られることもわかっております。このようにロボットも強化学習をしていくことができます。

例えば、12本の足を持ったロボットについて考えます。ロボット自身は、こちらから目標などは何も与えないのですが、タスクとして、「まっすぐ進む」ことを考え、ロボットにはまっすぐ歩いた距離に応じて報酬を与えます。転倒には大きなペナルティを課します。学習の最初の段階では片側の6本の足を全て同時に上げてしまうようなことをして転倒してしまいます。ですけれども、だんだんとそれではいけないということが学習によって獲得されていって、徐々に賢くなっていくのです。

少し学習すると一応倒れはしませんが、あまりうまく歩けていません。それを12本の足をいかにコーディネートして、どういうリズムで統合化して、足の接地と非接地を選択していくと良いか、ということをもロボット自身が学んでいきます。十分に学習すると、このように最適な歩行を身に付けます。

さらに50本の足をもったロボットでも、強化学習で最適に歩行するような行動を獲得することができます。

この強化学習を先ほどのアクロバットロボットにやらせてみました。鉄棒にぶら下がっているロボットは蹴上がりをするすると鉄棒に上がった状態になります。

人間の鉄棒の選手がする蹴上りを思い浮かべていただくといいのですが、どんどん学習をしていった最後のところだけお見せします。このロボットは、こんな行動を獲得しました。

まず一回前に体を振っておいて、次にヒュッと上がる。普通の鉄棒選手は一発でボンと上がるのですが、どうしてこのような行動を獲得したのか、これは、私にはわかりません。このロボット自身が自分で編み出した技ですので、彼に聞いてみないとわからないのです。

ただ、推測はできます。ロボットのモーターは全部ボディの中央にありまして、ワイヤーとプーリーで動力伝達して駆動していますので、ロスも少なくありません。また、宙返り下りを実現するためにロボット全体を軽くしたいということもあって、モーターがあまりパワフルなものではないので、多分非力だと思われます。

非力をどうやってカバーするか、彼が考えたのだと思いますが、一回体を振っておいて、そのエネルギーも使って上がるというのを、彼自身が獲得したというように私は理解しております。

合体ロボ登場

さて、足が二本の人間的なロボットと足がないヘビ型ロボットのお話をしたのですが、生物を見ますと、足が2本、4本、6本、8本、10本偶数が多いのですが、どうも奇数はない。どうして奇数がないのかと思って奇数のものを作ってみました。モジュラーロボットといいますのは、1個のロボットはそうしたい能力がないのですが、それがガチャガチャと組み合わせざったら凄いロボットになるという、いわゆる“合体ロボ”のイメージです。

その合体ロボの1個のモジュールは何足がいいかなと思ったときに、3足というのを選択してみました。3足でも這うように移動することができますし、安定して立てます。2足だとちゃんとコントロールしてやらないと立てません。1足だと完全に不安定です。この3足モジュールは、ちょっとした段差も上ることができますし、結合すればそれなりに足がたくさんになって、いろんなモビリティが出ます。

これは2モジュールが結合した場合で、後ろのモジュールの3本足のうち一本が前のモジュールとの結合に使われています。これは4個のモジュールを直列に結合した場合で、このようにして多足のロ

ボットができあがっていきます。

こういうモジュラーロボットというのは非常に面白いと思っています。三角形に3つのモジュールを並べますと、こんな形でたくさん足がありますので、方向を変えるときに自分の姿勢を変えることなく横にすると移動できます。足がたくさんあるっていうのも悪くはないのです。

これは4つのモジュールの結合ですが、外の3つのモジュールが真ん中の1個のモジュールを持ち上げている形になっていまして、真ん中のモジュールの3つの足はフリーになっていますから、これは手のように使うことができます。足という役割だけでなく、このように物をピックアップしたりすることもできます。

実は結合するだけではなくて、1個1個のモジュールが独立していても、2体がこのように協調することによって、1体ではできないことがいくつかのロボットが協力すればできるようになります。

下のロボットが上のロボットをお神輿のように持ち上げてやることによって、1体のロボットでは上れないような段差を上ることができます。1体のロボットはたいしたことはないのですが、それが寄り集まると何か素晴らしいことができます。

アリに学ぶ群知能

これも実は、生物では「群知能」とか「群行動」と呼ばれていまして、アリなどは正にそうです。



1匹 1匹はたいしたことはないのですが、それがフェロモンの道を伝って、大きな餌の周りに集まってきて協調的に運搬したり、自分たちが犠牲になって橋を作って他のアリを渡す、こういったところに「群れとしての知能」を感じることができます。

そういう生物は非常に面白いなということで、アリの群行動を、ロボットで実現してみようということを考えました。

普通のロボットというのは、無線通信で情報伝達をやっていますが、アリを真似て化学物質でコミュニケーションを実現します。コミュニケーションの媒体としてはフェロモンの代わりにアルコールを用いました。

まず、アリによる群行動の一つとして採餌を考えてみます。まず、一体のアリが探索していてエサをみつけます。そうするとこのアリは、このエサを運べるかどうかをまず確かめます。一匹だと運べないとわかると仲間を呼ぶためにフェロモンを敷きます。フェロモンを伝えて仲間がどんどん寄ってきて、この仲間全体で巣までエサを運搬することができます。こういった化学物質によるコミュニケーションが面白いところでして、フェロモンコミュニケーションによる協調運搬をやってみようということでこんなロボットを作りました。

実験の動画をご紹介します。ここが巣です。これがエサで、これらがロボットです。最初はエサがどこにあるかわかりませんので、ロボットはランダムに探索しています。そのうちにエサをみつけるロボットが現れます。みつけて押そうとしますがエサは動きません。押せないかわかると、フェロモンを敷きますが、一回だけだとフェロモンの道はまだちょっと薄いようです。

もう一台、フェロモンを敷きましたので、フェロモンの道が濃くなっているのが見えると思います。そのフェロモンを伝えてどんどんとエサの周りに仲間が寄ってきます。

一台一台のロボットには本当にプリミティブな知能しか持たせていませんので、協調で運搬するという高度な動作をするようなことは全く組み込まれていないのですが、簡単なアルゴリズムだけでこういった協調運搬ができて、あたかも協力しているかのように、エサを巣まで運んでいきます。

このような知能のメカニズム、群知能のメカニズムを知りたいというのもあって、このようなアリ型ロボットも作って、いろいろなアルゴリズムを研究しています。

さて、これまで我々の研究室で作ってきたいろいろなロボットをご紹介したのですが、日本ではとにかくヒューマノイドが花盛りで、世界でも確固たる地位を築いていますし、産業ロボットも世界一であるわけです。しかしながら、私はもっと他に、ロボットで人間を支援することはできないだろうか、考えております。

レスキュー工学へのプロローグ

表題の方に入っていきますけれども、これが実は

20世紀に発生した大地震の被害のワースト10です。ここが亡くなった方の数です。中国、日本、イタリア、ペルー、パキスタン、イラン、トルコと全世界に渡って大きな地震災害があったというのが見てとれると思います。

日本でも1995年の1月17日に阪神淡路大震災がありました。そのときに色々な問題が表面化しました。死者が6400人以上、10万棟以上が全壊、被害総額は10兆円とされています。

こういう大きな災害だったわけです。これが2階建ての木造のアパートが潰れた現場です。1階部分が完全に無くなってズドンと2階部分が落ちてきている。そういうような形で倒壊したわけです。

これが2階部分から1階部分を見たところですが、1階部分に人がいるとするとこの瓦礫の中を探さなければなりません。これは直下型の地震で、発災が朝ということもありそういうシチュエーションだったわけです。

災害というのを考えてみますと大きな地震が全世界で起こっています。

そういった自然災害だけではなく人為的災害もあります。実は阪神淡路の年に地下鉄のサリン事件がありました。2001年には9.11ニューヨークの世界貿易センタービルをハイジャックした旅客機でアタックしたテロ事件もありました。

そのときの写真ですが、たくさんのレスキュー隊の方々がおられて、彼らは果敢にも半倒壊のビルの中に入っていった人命救助をしていたわけですが、そのうち半倒壊のビルが全壊しまして、たくさんの方が亡くなりました。そういう危険なところに入っていくというのは、やはり人間がするのはリスクが高いので、そこを何とかできないだろうかという思いがありました。

これは2002年のデータですが、南海、東南海、それから宮城沖の地震がここ30年以内に発生する確率というのが公表されていました。宮城沖はマグニチュード7.5以上のものが98%起こると言われていました。

今年実際に起こってしまったわけですが、マグニチュードもこんな程度ではなかったわけです。南海、東南海も、40%、50%とこのときには言われていますが、これは修正されるのではないかと思います。南海、東南海が連動して起こるということは、歴史が物語ってしまっていて、連動したらもっと凄いことになるということが予想されています。今、南海、東南海が起こるとすると、このオレンジのところが震度が6強以上です。黄色が6弱ということで非常に広い範囲に大きな揺れが予

想されていますし、当然、津波というのとも考えなければいけないということになります。

これが阪神淡路のときのデータですが、横軸が時間で縦軸がサバイバルレート、救助された人が生きている生存確率です。

日を追うごとに、生存確率がガクッガクッと落ちていきます。3日を過ぎますと、もう5%以下になってしまいます。レスキューの人達は黄金の72時間と呼んでいまして、この72時間の間にサーチ&レスキュー、要救助者を見つけ出して救助しなければなりません。

災害時には、いろんな意味でリソースが不足します。電力がない、人のパワーもない、機械もない、情報もない、経験もない、何もないというようなときに、ではどうするか。いろんな物が足りないところは、工学の技術でそれを補うようなことができないだろうか。ということで、災害対応というのを工学の視点で考えています。

レスキューロボット開発始動

我々の活動のモチベーションを政府のインターネットテレビでご紹介します。これは、日本政府が海外向けに…

(英語の解説、政府インターネットテレビの番組が流れる)

……私は、研究者あるいはエンジニアとしてそのとき何もできなかった、人間としても何もできなかったという思いがあって、自分の立場を活かして何か災害の被害を最小限にすることに貢献することはできないだろうかと思いました。自分の“ロボット”という、あるいは“情報”といった観点で、災害対応に貢献する、そういった思いがレスキューロボットを始めたきっかけです。

(英語の解説、番組が流れている)

……日本はロボットとかメカトロとか情報は、世界の最先端に行く技術を持っていると思います。そういう技術で世界貢献ができる、どこかで災害が起こった時には、日本から国際援助隊のような部隊が出動できて、ロボットあるいは情報の技術を使った人命救助を支援する。そのようなことができれば、日本にとっても大きな世界貢献になるのではないかなと思っています。

(英語の解説、番組が終わる)

というのが私のレスキューロボットの研究開発を始めるモチベーションになっていたわけです。2002年から大都市大震災軽減化特別プロジェクトという、文科省の5年間の大きなプロジェクトがありまして、それで先程のようなロボットを開発してまい

りました。

レスキューロボットに何が必要かという、走破性、遠隔操作の操作性、ロバストなネットワーク、それから集めたデータの集約と管理、利活用のためのGIS(地理情報システム)、こういったものが基盤技術になると思っています。

それぞれいろいろ開発してきたのですが、2008年からNEDOの戦略的先端ロボット要素プロジェクトでこういうロボットを作ってきました。

このプロジェクトで与えられた課題は、地震災害等で全く情報インフラが使えなくなった被災地において、どのように無線でレスキューロボットを動かすか、ということです。



そのためには、無線の環境を構築しないといけません。大型のロボットにアクセスポイントを積みまして、それをどんどん置いていきます。情報環境が整った中を、走破性があり、あるいは高速で動けるロボットたちが、情報収集して、被災者、あるいは被害の状況を把握します。そのようなシステムを開発してきました。

操作性をいかに向上させるか

あと、ロボットを遠隔で操作しますので、インターフェイスは重要です。例えばこれはロボットからの映像ですが、ロボットが荒地を動きますと、当然カメラが動きますので画面が振れます。

この画面をじっと見ながら遠隔で操作するのは非常に難しいことになります。したがって、こういった揺れの“制御”というのが必要になります。

こちらが原画像でこちらが画像の揺れを抑制した安定化画像です。我々が開発したシステムを用いれば、画像データだけからオプティカルフローを使って揺れを検出し、その揺れを補正することができ、安定化画像をリアルタイムで得ることができます。

さて、これは第3者がこちらからカメラで撮った

画像です。ここにロボットがいて、ここに人が倒れていてというのが手にとるようにわかります。これは、客観的な視点なわけですが、ロボットから得られる映像は先程ご覧いただいたように、この一人称視点です。

こちらはレーシングカーゲームのインターフェイスで、これは自分がハンドルを握っている場合の映像です。これは自分が操作している車の少し斜め後ろから見た映像です。どちらが操作をしやすいか、これは明らかに斜め後ろの方です。では、車載に搭載のカメラから、こういう俯瞰映像を創れないかということになります。

アイデアは簡単です。現在ロボットはここにいてカメラでこういう画像が撮れています。この画像と位置が一つのデータセットです。

それに過去に撮った映像があります。昔ここにいて、現在ここにいるので、今この画像が撮れているわけです。では、過去の画像と現在の位置の情報を使って、過去の画像の中に、自分のモデルをポンとほうりこんでやったら、俯瞰画像ができるんじゃないかと、それがアイデアです。

これがその簡単なイメージ説明です。これは実画像で、ロボットに搭載されたカメラから得られた映像ですので、自分が映っていません。ですから、自分がどちらを向いているか、今旋回していますが、自分がどれだけ旋回したのか、全く理解が難しいわけです。それに対して我々が提案した方法というのは、1枚の静止画のところにポンとロボットのワイヤーフレームのモデルを入れてやることによって、俯瞰映像を提示することができます。これにより格段に操作性は上がります。

それを実際にレスキューロボットに適用したのがこの実験映像です。これは車載に搭載のカメラの実映像で、これが我々が提案しているインターフェイスのバーチャルな俯瞰映像です。

これは外部のモニター用のカメラです。実際はこのようなカメラはないのですが、もし外部にカメラがあるとこんな映像が撮れますという参考映像です。外部カメラ映像とバーチャルな俯瞰映像を見てくださいと、我々の提案システムはあたかも後ろからカメラがついてきているような映像をバーチャルに提示することができていることがわかります。

実際に、俯瞰映像を提示することができれば、格段に操作性を上げることができます。

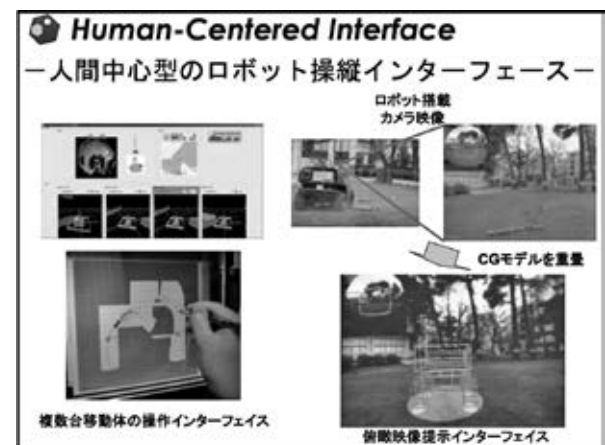
実画像にはリアルタイムにノイズが入ってきますが、我々の提案システムは過去の映像を使っていますからリアルタイムのノイズに対してもロバストで

す。今、その場で旋回していますが、実画像だと全くどのように動いているかわかりません。これに対して、我々の提案システムですとよくその状態がよくわかります。

ネットワークをどうするか

このように色々な技術を使って遠隔操作を支援する必要があると思っていますし、1台だけではなく複数台のロボットを操作する必要があると思っています。

これもNEDOのプロジェクトで実施しましたので、少しデモンストレーションをご覧いただきたいと思います。



本デモンストレーションは、いくつかのロボットが安全なオペレータステーションに配置されており、ある程度アクセスポイントが敷設されたという前提でやっています。これが大型ロボットで、多数のアクセスポイントを積んでいます。今の想定としては、情報インフラが全く使えない状態になってしまって、何か毒ガスのようなものが充満しているような状況です。そのときに情報インフラを自分たちで作り自分のテリトリーを広げていながら、ロボットで情報を収集するというシナリオです。

これがロボット群の操作インターフェイスです。複数台のロボットを一つのPCで操作できるようになっています。

このようにアクセスポイントを設置して情報環境を構築していくことで、どんどん自分のテリトリーを広げていくことができます。

これは先程のKOHGA3というロボットで、実際にこのような映像を見ながら操作をすることができます。もちろん何種類かカメラを搭載していますので、それを選択することもできます。インフラが整ったあとにはこういった小型のロボットが入っていろいろな情報を収集する、あるいは要救助者をみつけたらその情報をオペレータステーション

に送ることができます。

ここにフルカラーのLEDが見えます。これはロボットにも搭載してありますが、環境に敷設されたアクセスポイントにも搭載してあります。

今ネットワークの環境が良いから青色なのですが、悪くなってきたら赤になる、というように設定してあります。環境に設置したアクセスポイントもLEDを持っています。例えばその色が赤になればそこは危ない場所を意味します。アクセスポイントにwebカメラのほかにガスセンサーをつけておいて、CO₂がそこに充満しているとすればマーカーを赤に変える。そうすることで後に入ってきたレスキュー隊員の人たちが、ここは人間が入っては危ないんだということを容易に理解できます。

災害現場とオペレーターステーションとの双方向の情報のやりとりができるようになれば、迅速な災害対応に貢献できるということで、そのようなシステム開発を行ってきました。

阪神淡路から東日本へ

阪神淡路のときに私自身何も役に立たなかったと思って、レスキューロボットを研究・開発してきたわけですが、今回、東日本大震災が起こって、結局また何もできなかったという思いが非常にしています。

それを少し我々の活動を振り返ってご紹介したいと思います。

実は今回2回に渡ってロボットを持って被災地に行ってきました。

私のところで学位をとった佐藤君が、この4月から名古屋工大の方に助教として森田先生のところにお世話になっております。彼も一緒に行ってくれて、調査してきました。

地震発生直前ですが、我々はアメリカのテキサス州にあるDisaster Cityにおりました。そこに我々のロボットを持ち込んでこのような様々な瓦礫

フィールドでロボットの性能チェックをして、レスキューの人達といろいろディスカッションをして技術課題を洗いだす実証実験をやっておりました。そのときの映像をご覧くださいますと、これが我々が持っていった「KOHGA3」というロボットです。クローラと呼ばれるもので、荒地も登ることができます。これは2006年に、ロボカップというロボットの研究者の集うロボットの競技会で世界チャンピオンになったロボットです。

ロボットはこのような荒地を走行できるような走破性を持っていますし、こういったトンネルのような環境でも遠隔操作で入って行って、中の情報を収集するということもできるわけです。

このロボットには熱センサー、CO₂センサーなど様々なセンサーが搭載されていますので、被災者の状況も観測することができます。

こういう実証実験をアメリカでやっているその最中に地震が起こりまして、これは急遽帰らなければということで帰国しました。

今回、東日本大震災は、地震に止まらず津波と原発事故という未だ経験をしたことのない広域複合災害です。我々は調査活動として青森県、岩手県、宮城県に行ってまいりました。

とにかく被災地へ!!

まず最初、アメリカから帰ってきて、我々のロボットについての説明をいろんな自治体、消防署にしました。日頃からそれら機関とは連携をとっているのですが、とてもそれどころではないということでした。津波で孤立したところの人を助けに行くことが最優先で、なかなか我々への出動要請がありませんでした。

待っていてもしょうがないと思いまして、1週間後にとにかく青森から被災地に入れば入れると思い、青森県三沢市から被災地に入ることになりました。

一速報:東日本大震災における被災地でのロボットを用いた支援活動一

・3月17日～21日

京大調査団:松野文俊、佐藤徳孝(現名工大)、五十嵐広希、根和幸
現地支援:大黒正敏、藤澤隆介(八戸工大)

・4月19日～23日

Robin Murphy, CRASAR, Texas A&M University
木村哲也、長岡技術科学大学、IRS
真壁賢一、現職レスキュー隊員、IRS-U
松野文俊、京都大学、IRS
田所諭、東北大学、IRS

調査活動場所



青森県自身も被災していましたので、まずは所有者の了解を得て、3月18日に青森市の天井の一部が崩落した体育館の中で建物検査作業をしました。これはIEEEの「spectrum」にも2回に分けて報道されていまして、こういった映像も載っておりますのでご興味があればご覧いただければと思います。

外から見るとたいしたことはなさそうですが、実はこの体育館は屋根が崩落しています。天井の状況、あるいはこの辺の瓦礫の状況はどうなっているのかわかっていないということで、ロボットをその崩落現場の真下まで移動させて、天井の状況を調査することが一つのミッションでした。実はこのオペレーターをやっているのは、今、名工大でお世話になっております佐藤助教です。

これはメインのカメラの映像でこんな形で状況がわかります。

これがオペレーターが見ているインターフェイスでして、いろんなセンサー情報がここに集約されています。

ロボットのメインのカメラは、ここに付いてますが、これで周りの状況を見ることができますし、この様に崩落した天井の方に向けて、天井にフォーカスすると、このような映像が得られます。このカメラを使って、天井を検査したり、あるいは瓦礫の状況がどうなっているかを調査しました。画面のこの辺がガスセンサーのデータです。これで数種類のガスの状況がわかります。

この体育館は2つ部屋があって、1つは少しドアが開いた状態になっていました。ロボットが入るには少し小さい隙間でしたので、このロボットアームを使ってこの隙間にアーム先端のカメラを入れて、そのカメラの映像で中をチェックすることができました。

そのカメラ映像が、これです。カメラを中に入れて、カメラヘッドを振ります。そうすると中の様子

がわかります。カメラだけではなく、他にもいろんなセンサーが先端には載っています。このカメラの映像を見ていただくと、鉄の棒が少し倒れていますが、中はそんなにたいした被害ではないのがわかります。こういうような調査を実施してきました。

ニーズを求めて現場へ

その翌日、岩手県久慈市の国家石油備蓄基地に行きました。



プラントはこの写真のように壊滅状態です。石油は漏れてないようでしたが、プラント自身はひどい状態で、これは傍にある造船所です。レスキューの方々はこういうように外から中を見て、状況を確認している、という様子でした。

なぜ中に入らないのか、危ないからだと思ったので、我々は現場の隊長さんに、我々のロボットで中を検索できるので、やらせてもらえないかという話をしました。しかし、この建物の所有者の了解がないと中に入れない、と言われました。津波でほとんど流されてしまっていましたし、発災後1週間ぐらい経っていますので、生存者が建物の中にいる確率は非常に低いと考えられます。緊急性が少なくない場合の建物内部の探査には所有者の了解がいるということで、断念をせざるを得なかつ



たのです。

そこで、もっと被害がひどい所で、まだ生存者がいる確率が高く、ロボット投入の可能性があるということで、岩手県の野田村というところに、消防の先導で入ることができました。

現地の災害対策本部長の方と指揮隊長さんと建屋の上に上がって、全体を見渡して、どこにロボットを投入しようかというお話をしました。

これが、佐藤君で、こちら指揮隊長です。

それで、二つぐらい候補の建物を決めまして、ロボットを入れようということになりました。

指揮隊長が最終的に、村の方に了承をとりたいとおっしゃって、村の方のところに行きました。やはり、所有者の問題が出て、結局ロボットは投入できませんでした。



陸ではなかなかロボットの出番がなかったので、海でもロボットを必要とするだろうと思って、海の方に行きました。

これが八戸港の様子です。青森はまだ被害が少ない方でしたが、このように港は壊滅状態です。船も陸に打ち上げられてしまって、非常に悲惨な状態でした。

皆さんご覧になったと思いますが、これは気仙沼の津波の状態です。こうやって近くを見ているとそんなに流れは速くないように見えるのですが、怒涛のように向うから波が押し寄せてきて街を完全に破壊しています。こういう物凄いパワーでいろんなところが壊滅状態になったわけです。

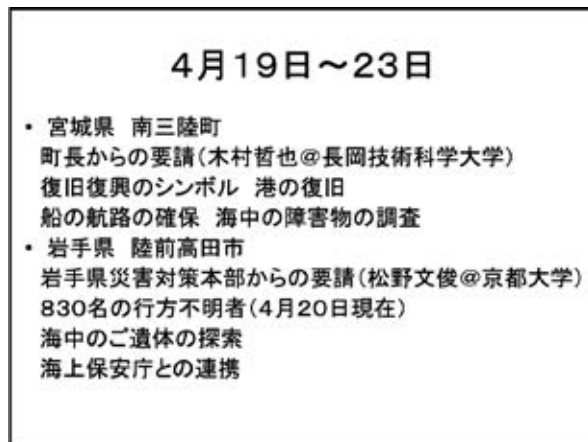
やはり八戸港も凄い状態になっていました。我々が八戸港に行ったときに、青森県の方に即座にその場で港の調査をしてほしいと言われました。

港の復旧支援

我々はその時に水中ロボットを持っていませんでしたので、水中ロボットの準備をして4月19日から23日に2ヶ所に行ってきました。一つは宮城県の

南三陸町で、もう一つは岩手県の陸前高田市です。

陸前高田市は2万5千ぐらいの人口ですが、4月20日の段階で、830人の方が行方不明という状況でした。



我々は日米の合同チームを作りました。これがアメリカチーム、こちらは日本チームです。



現役のレスキュー隊員もボランティアで参加していただきまして、救助支援活動を実施してきました。アメリカ側の代表はテキサスA&M大学のCenter for Robot-Assited Search and RescueのディレクターであるRobin Murphy教授です。この写真に示す3種類4台の水中ロボットを持って行ってきま



した。

これが南三陸町です。やはり壊滅状態、これは病院ですけども悲惨な状態で、海側はとにかく建物の上の部分が全部流され、コンクリートの基礎だけが残っているといった状態でした。



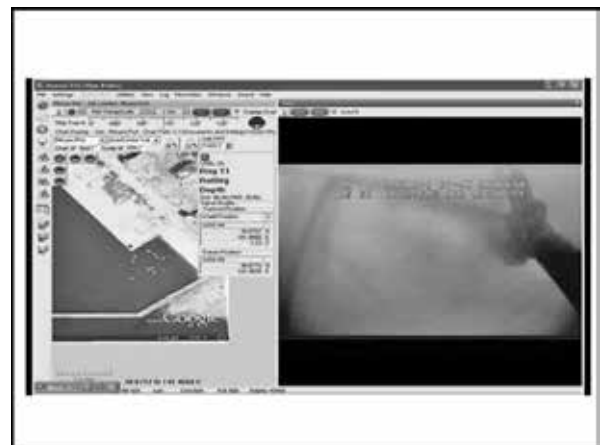
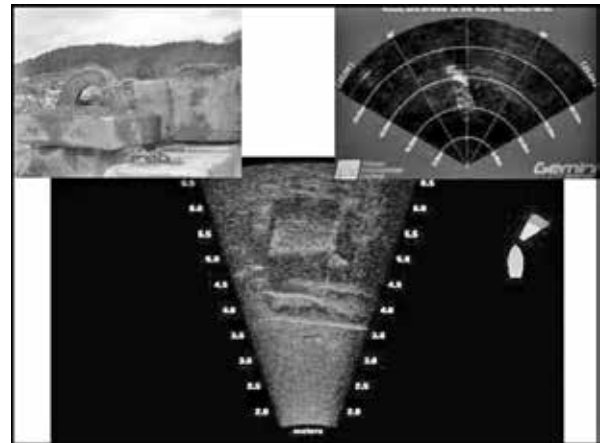
港の方に行ってみますと、このような状況でした。これが古い港でこちらが新しい港です。古い方は壊滅状態でこれは復旧復興まで相当時間がかかると想像できます。



町長さんは、この新しい港を復旧復興のシンボルとして早期に復旧させたいとおっしゃいました。我々のミッションは、この港にどんな物が沈んでい



るか、沈んでいけば引き上げて船が通るようにしないといけない、ということで海中の調査を依頼されて、水中ロボットを使って調査を実施してきました。



非常に透明度が悪くて、30センチから50センチ、その程度しか見えませんでしたので、ビジョンだけでは駄目で、音波を使ったソナーで見て、何かありそうならロボットを近づけてカメラで見るといような調査をやってまいりました。

海上保安庁との合同探索

それから陸前高田市の方へ行ってきました。こ

