

レスキューロボットコンテスト

技術を学び 人と語らい 災害につよい世の中をつくる

土井 智晴・奥川 雅之・横小路 泰義

本報告では、2000年から始まったレスキューロボットコンテスト誕生の経緯とレスコンの競技、ロボット、評価の概要を前半で述べる。後半は、それらロボットに用いられる遠隔操縦技術について述べる。そして、その技術と建設物の遠隔点検や遠隔施工との関連やレスコンを毎年開催する意義について述べる。
キーワード：災害、レスキューロボット、遠隔操縦

1. コンテストの成り立ち

1995年1月17日におきた阪神・淡路大震災を機に日本ではレスキューロボットの研究開発が本格的に始まった。当時は、レスキューロボットという研究分野が一般的でないため、それが防災や災害に対応する新しい技術であることを広く啓発する必要があった。そのため災害救助を題材としたロボットコンテストとして「レスキューロボットコンテスト」(略称「レスコン」)と銘打ちスタートした。このレスコンは一般の方々の啓発のみならず、レスキューロボットの研究開発活動を推進してくれる学生を惹きつけ、その活動に参画してほしいという願いもある。そのためレスキューロボットの研究開発を進める研究者が中心となり、レスキューロボットコンテスト実行委員会(以下、実行委員会)を組織して毎年夏にコンテストを開催している。

このようにレスコンのアイデアは、1995年の阪神・淡路大震災を契機とするレスキューロボットの研究の中から生まれた。図-1に構想図として描かれたイメージ図を示す。その後、このイメージが具体化し、

1999年に「レスキューロボットコンテスト」という名前で提案され、2000年のプレ大会以降、毎年筆者らが正副実行委員長を務める実行委員会の主催により実施している^{1)~5)}。

第3回まで、このコンテストは大阪で行われていたが、第4回からは神戸へ移り、阪神・淡路大震災の10年目にあたる第5回(神戸国際展示場で開催)と第14回(デザイン・クリエイティブセンター神戸で開催)以外は、すべて神戸サンボーホールで開催されており、次回の2015年8月8~9日に開催される第15回も同ホールで開催予定である。

実行委員会では、第5回でそれまで行われてきたコンテストの形態に一つの区切りを付け、第6回と第7回で規定や計算機システムを新しくした。第8回ではさらに競技の難度を高めた。第9回では技術課題として「ダミヤン個体識別」を導入し、第10回以降ではその定着に努めている。第12回ではダミヤンの形状をより人間の比率に近づけた新型ダミヤンを開発した。また、第11回開催の年には東日本大震災が発災し、震災復興応援特別企画を第11回から第13回まで継続して行った。また第13回からは、関東方面からも多くのチームが参加できるように東京都内で予選を開催している。

2. レスコンの概要

(1) 競技の概要

レスコンの概要を簡単に紹介する。競技を行う場は、実験フィールドと呼ぶ約9m×9mの区域であり、地震で被災した市街地を1/6で模した模型である(写真-1)。この中に要救助者を模擬したダミー(愛

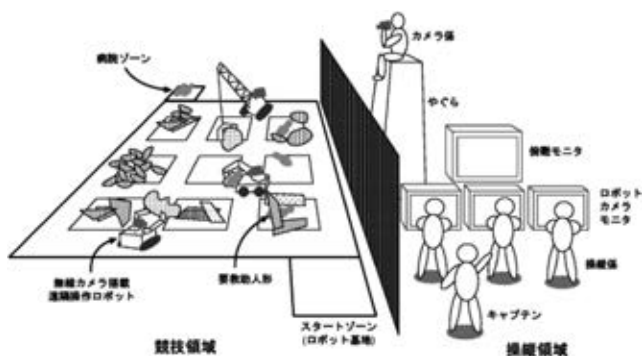


図-1 レスコンの構想図



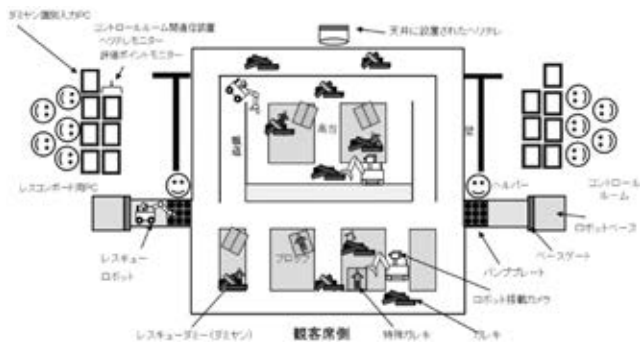
写真一 実験フィールド

称「ダミヤン」。3章(1)節で概要を述べる)が配置されている。

各チームは自ら製作したロボット(遠隔操縦型ロボットが多いが自律型ロボットを開発するチームもある)によりフィールド内のダミヤンを救出する。このフィールド内で2チームが同時に競技を行うが、他の多くのロボットコンテストのように、この2チームが勝敗を競うのではなく、あくまで参加チーム全体の中でいかに高い競技ポイントを獲得するかで競い合う。参加チームのメンバーは、高さ2mの壁でフィールドと隔てられたコントロールルーム(写真一2)と呼ばれるエリアからロボットを遠隔操縦しなければならない。フィールドやロボットを直接目視してはいけない。また、フィールドを上空から撮影するカメラが用意されている(「ヘリテレ」と呼ぶ)が、チームはこのヘリテレの向きなどは操作できない。なお、同時に競技している他のチームと、情報交換や相談をするた



写真一2 コントロールルーム



図一 競技中の実験フィールドの様子

めに、コントロールルーム間での通信装置を用意している。これら競技の様子をまとめたイラストを図一2に示す。

チームを評価する競技ポイントは、ダミヤンの体力を表すフィジカルポイントとミッションの達成度を評価するミッションポイントの合計である。フィジカルポイントは、時間の経過と共に値が徐々に減っていきダミヤンが過大な力や衝撃を受けると値がさらに減ってしまう。また、ミッションポイントは、「救出完了」、「搬送完了」の各段階に応じたポイントと「個体識別」の正しさに応じたポイントによって与えられる。詳細についてはレスコンのウェブページ⁶⁾を参照されたい。またレスコンで使用されている計算機システムの技術的内容については文献3)、4)を、ダミヤンの技術的内容については文献2)および3章を参照されたい。

(2) ロボットの概要

チームが製作したロボットの一例を写真一3に示す。



写真一3 1号機 探査丸 (Fukaken 製作)

このロボットのおよその大きさは幅400mm、奥行き600mm、高さ500mmである。ロボットの大きさはチームにより異なるが、3章(2)節で述べる無線LANによる遠隔操縦システムを搭載する必要があり、かつ、ロボットベース(1.2m×1.2m)内に製作するロボット全てを収めなければならない。ロボットベース出口に設けられているベースゲート(開口部の700mm×高さ600mm)を通過して実験フィールドに出動する必要があるため、多くのロボットは写真一3のようなサイズのロボットが主となり、1チームあたり3~4機のロボットを製作することになる。

チームは製作するロボットについて、参加募集時に提出する参加申込用紙(以下、書類)にロボット毎の「ロボット名」、「ロボットの構成」、「ロボットの重要

な機能(2つ)、「ロボットの概要」を記載しなければならない。また、競技に参加できるロボットの台数および質量に対する制限はない。提出された書類は、次節で述べる「レスキュー工学大賞」の審査対象であり、チームは書類に記載された概要に合致するロボットを製作する義務があり、書類と異なるコンセプトのロボットは競技に参加することができない。

(3) 競技結果に対する評価

1章でも述べたようにレスコンは、レスキューやロボットに関する研究開発に携わる学生の裾野を広げること狙い開催している。そのため、競技結果に対しては様々な視点から評価し、多くの賞を用意し表彰している。ここでは、最も権威のある「レスキュー工学大賞(以下、大賞)」について紹介する。図-3にチーム募集と同時に公表されている大賞を決定するまでのプロセスを示す。

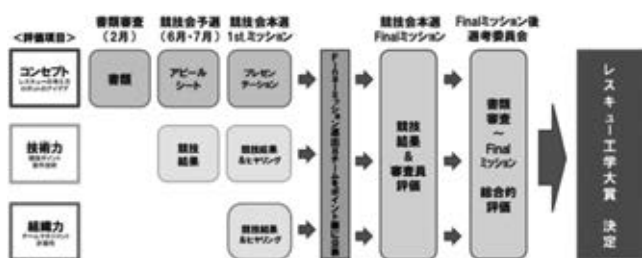


図-3 レスキュー工学大賞決定のプロセス

まずレスキュー工学大賞の選考は、出場申込みの書類審査から始まっており、ここでは主に「コンセプト」を評価し、次に予選前に提出されるアピールシートで「コンセプト」を、予選競技の結果から「技術力」を評価する。予選を通過し本選に参加したチームに対して、本選1日目の競技結果とプレゼンテーション内容から「コンセプト」、「技術力」、「組織力」を総合的に評価し、その競技後に技術評価委員によるヒヤリング調査に基づき競技だけは評価できないチームマネジメント力やロボット製作技術力といった視点での「組織力」、「技術力」を評価する。上記の評価は全てポイント化して順位づけされ、本選2日目午後の競技に出場する8チームをレスキュー工学大賞候補チームとして、ポイントの合計の上位順にチーム名を公表する。そして、最終競技後に審査員ポイントを加味した総合ポイントを参考にしながら、書類提出から本選1日目の競技終了までの評価ポイントをベースに総合的に判断して大賞受賞チームを選考する。

レスコンには、この大賞を含み10種の賞があり、活躍したチームやロボットが表彰され、参加するチー

ムの励みになっている。これら表彰の結果については、レスコンのホームページおよび毎年12月に開催される計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会で公表している^{6), 7)}ので、是非参照されたい。

3. レスコンで使用されている技術

(1) ダミー人形：ダミヤン

レスコンでは、レスキューロボットの救助対象として、実寸の1/6のテレメトリックレスキューダミー(前述したダミヤンのこと)を用い、参加チームのロボットや救助コンセプト等のアイデア、技術力、チームワークを総合的に評価している。現在のダミヤンは、ウレタンとシリコンの体に鉛の骨格、外殻に重りを入れた頭部で構成され、第9回以降は、ダミヤンに個々の特徴(識別情報)を付与し、それらをロボットにより識別するといった課題を設けている。この課題は、実際のレスキュー現場における要救助者の状態確認およびトリアージ(人材・資源の制約の著しい災害医療において、最善の救命効果を得るために、多数の負傷者を重症度と緊急度によって分別し、治療や搬送の優先度を決定すること)を想定して導入した。ダミヤン頸部と胴体それぞれにかかる外力はウレタン内の圧力変化、衝撃的な力は小型加速度センサの変化を内部テレメトリ回路により測定しており、その値をBluetooth[®]による無線送信で計算機システムに取り込み、救助のやさしさを評価している。図-4にダミヤンの外観を示す。

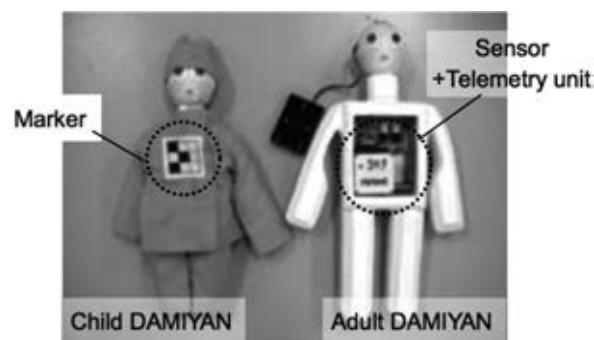
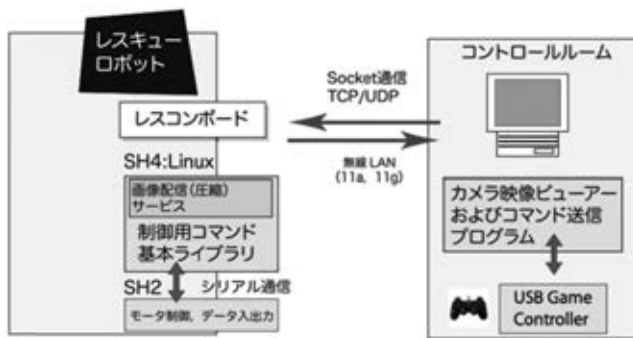


図-4 ダミヤンの外観

(2) 無線LANによる遠隔操縦システム

レスコンに参加するロボットは、多くが前述のような遠隔操縦型ロボットとなる。そのため、遠隔操縦システム⁸⁾を実行委員会から貸与し、競技会では、ダミヤンデータの無線伝送および操縦のための無線LANの電波を管理している。したがって、レスコン

に参加するロボットの操縦系は、この遠隔操縦システムで標準化されているといえる。このように標準化している理由は、画像および制御信号を無線でかつリアルタイムに伝送することが不可欠であり、その技術開発を高校生が含まれる年代に課すことは、レスコンへの参加の非常に大きな障害になると考えているためである。このレスコンに使われる名刺大サイズの遠隔操縦システムを用いれば、容易に4台のカメラを接続でき、切り替え信号を送ることで、その1台のカメラの映像を100ms以内の遅延でPCモニター上に取得でき、14チャンネルのデジタル信号と4チャンネルのアナログ信号を扱えるゲームコントローラの入力信号をロボットに与えることができ、それらを簡単にカスタマイズできる操縦アプリケーションも公開されている。なお、このシステムについて文献8)のサイトにある情報で、さらに学習を深めればロボットが取得した音声データやアナログ量およびカウンタ情報も取得することが可能である。図一5にそのシステムの構成概念図を示す。



図一5 無線LANによる遠隔操縦システム

4. 建設機械施工とレスコン

ここまで、レスコンの概要とそれに使われる技術について述べた。ここでは、本誌本号「災害対応、災害復旧、復興」特集の中にレスコンについての記事を掲載いただけたことを受け、ここでは本誌で扱われる建設機械施工との関連について述べたい。なお、著者は機械分野の研究者であり建設分野については稚拙な理解となる部分も多々あり、さらに、4.(3)に至ってはかなり随筆的な記述になっているが、事前にご容赦願いたい。

(1) 遠隔操縦技術

ロボットは機械技術と電気・電子技術が融合したメカトロニクス技術の成果物である。機械技術がロボットの骨格であるとすれば、電気技術は筋肉、電子(制

御)技術は脳神経といえ、その技術で主要なハードウェアが構成されている。しかしそれらは、外界の対象物の大きさにより、設計思想や構造設計が大きく異なる。さらに、その機械が建設機械のようなサイズとなると電動式アクチュエータによる守備範囲は広くなり、エンジンを動力源とした油圧アクチュエータが主になると考えられる。

しかしながら、操縦者とロボットを繋ぐ制御技術である遠隔操縦技術はハードウェアサイズの影響は、前者と比べると小さく、レスコンが求めるリアルタイムの画像および制御信号の伝送装置およびそのソフトウェア部分は、建設機械施工分野でも有意義な技術といえる。

(2) 災害と防災の法的位置づけ

災害という言葉は、台風や地震などの激しい自然現象が人や財産に害を及ぼすものだと一般的に理解され、災害対策基本法(昭和36年11月15日法律第223号。昭和34年の伊勢湾台風を契機に制定された)にある法的な定義とほぼ一致している。一般的に知られていない部分は、「大規模な火災もしくは爆発その他その及ぼす被害においてこれらに類する法令で定める原因により生ずる被害」という部分であり、法的には甚大な事故も含まれていることであろう。さらに、昨日常的に使われるようになった「防災」についても法的には、「災害を未然に防止し、災害が発生した場合における被害の拡大を防ぎ、及び災害の復旧を図る」と定義され、一般に言われる「災害を未然に防ぐこと」よりも、はるかに広い時間的な範囲をもつことはあまり知られていないように思われる。

レスコンは、この災害に対応するロボット技術を学ぶ人々の競技会として、また、一般の人々の防災啓発活動として毎年開催している。この防災啓発という中に、災害復旧・復興のための遠隔施工のみでなく、インフラの老朽化対策としての遠隔点検やメンテナンスのための遠隔施工の重要性を共に啓発すれば共通の話題といえよう。

(3) 「やさしさ」のころ

レスコンを主催する実行委員会は「技術を学び 災害に強い 世の中をつくる」という理念のもと活動を続けている。また、レスコンは技術力を競う他のロボットコンテストとは異なり、「やさしさ」を大切にしている。レスコンに参加するレスキューロボットが扱う対象はダミヤンであり、チームには人そのものに見えている。そのため、ダミヤンを扱う姿勢の根底には「や

さしさ」が内在することを実行委員会は望み、第10回には「やさしさが育む科学技術の裾野」という提言も発信している。

最後に恐縮であるが、建設という文字は「建て、設(しつら)える」と読むことができ、他の科学技術分野より人間味を感じることから、「やさしさ」や「災害に強い世の中をつくる」というハートウェア(こころの技)の部分でも共感できるものと信じている。

5. おわりに

本稿ではレスコン発祥の経緯とその概要を述べ、建設機械施工との共通点を論じた。ここまでお付き合い頂いた読者には是非競技会にお越しいただき、熱くロボットをつくる若い技術者のたまご達を間近で応援いただきたい。

謝辞

レスコンの運営にご助力および技術支援を頂いておりますレスキューロボットコンテスト実行委員会、東京エレクトロンデバイス(株)、サンリツオートメイション(株)および関係各位に厚く感謝の意を表します。

JCMA

《参考文献》

- 1) 升谷：“レスコンの歴史”，日本知能情報ファジィ学会誌，Vol.18，No.1，pp.5-8，2006年2月
- 2) 沖，藤岡，森，大西，升谷，小島，山内：“全身の押し付け力を検出できるロボット競技評価用の小型レスキューダミーの開発”，計測自動制御学会論文集，Vol.44，No.12，pp.979-985，2008年12月

- 3) 小島，小枝，山内：“レスキューロボットコンテストのための競技運営支援システムの開発と評価”，電子情報通信学会論文誌，Vol. J93-D，No.10，pp.2317-2325，2010年10月
- 4) 山内，小島，小枝：“レスキューロボットコンテスト競技運営支援システムのデータベース設計と実装”，計測自動制御学会論文集，Vol.47，No.2，pp.134-139，2011年2月
- 5) 奥川，土井：“レスキューロボットコンテストと遠隔操縦システム”，計測と制御，Vol.52，No.6，pp.503-508，2013年6月
- 6) レスキューロボットコンテストホームページ：<http://www.rescue-robot-contest.org/>，2015年1月
- 7) 横小路，奥川，宗澤，山内，土井，レスキューロボットコンテスト実行委員会：“第14回レスキューロボットコンテストの総括”，計測自動制御学会第15回システムインテグレーション部門講演会講演論文集，pp.1082-1085，2014年12月
- 8) TPIP ユーザーコミュニティ公式 HP，<http://www.tpip-dev.org/>，2015年1月

【筆者紹介】



土井 智晴(とゐ ともはる)
大阪府立大学工業高等専門学校 総合工学システム学科・准教授
(特非) 国際レスキューシステム研究機構・理事
(一社) アール・アンド・アールコミュニティ・理事
博士(工学)，防災士



奥川 雅之(おくがわ まさゆき)
愛知工業大学 工学部 機械学科・准教授
(一社) アール・アンド・アールコミュニティ・理事
博士(工学)



横小路 泰義(よここうじ やすよし)
神戸大学 大学院工学研究科 機械工学専攻・教授
(特非) 国際レスキューシステム研究機構・理事
(一社) アール・アンド・アールコミュニティ・代表理事
博士(工学)