

## ロボカップレスキューロボットリーグ

田 所 論

ロボカップレスキューロボットリーグは、実物大の模擬災害フィールドにおいて、要救助者を捜索し、その場所や状態をマッピングすることを目的としたレスキューロボットの競技会である。米国 NIST が DHS から委託事業で行っているレスキューロボット性能評価の標準化のテストベッドとして活用され、実用的な技術開発への著しい貢献が見られる。日本からも毎年数チームが参加し、世界優勝など好成績を収めてきている。

キーワード：レスキューロボット、災害救助、災害情報収集

### 1. はじめに

ロボコンという言葉からは、子供たちの教育用の発表会を連想させられる。これに対して、ロボカップレスキューは、都市型災害捜索救助 (Urban Search and Rescue; USAR) に実際に役立つ技術を創ることを目的とし、研究開発を中心課題に据えているところが他のコンテストとは一線を画している点である<sup>1,2)</sup>。

ロボカップレスキューは、競技のメカニズムを活用することによって、多くの研究者が自主的に災害救助の問題の求解に参加し、緩やかな競争と協調を通じてレスキューロボットの技術を相互に高め合うことを目指している。この分野は、日本ではマーケットが小さく、企業の積極的な技術開発投資は困難であり、経済原理だけでは技術の高度化を図ることが難しいため、この方法論は研究開発の奨励に高い効果を有している。

ロボカップレスキューロボットリーグは、実物大の災害地を模擬した競技フィールドの中で、要救助者の発見、周囲の状況の報告、周辺のマップの作成、危険物体のマニピュレーションなどを競う、遠隔操縦及び自律ロボットによる競技である。

ロボカップレスキューには、その他に計算機シミュレータによるシミュレーションリーグがある。サイバースペースの中に設けられた数 km 四方の都市空間の中で、消火、救助、交通啓開などの災害対応部隊の自律エージェントの活動戦略を競うのがエージェント競技である<sup>3,4)</sup>。USARSim と呼ばれるゲームエンジンを使った計算機シミュレータの中に設けられた数

百 m 四方の街区で、自律ロボットが要救助者の発見と状況報告などを競うのがロボット競技である (図-1)。

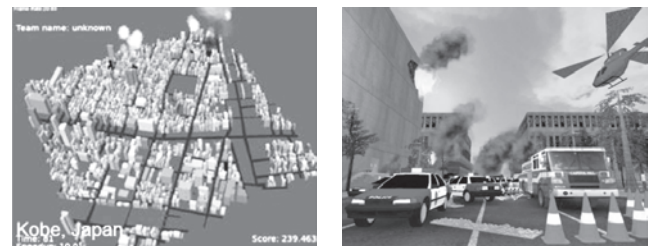


図-1 ロボカップレスキューシミュレーションリーグ (左：エージェント競技, 右：ロボット競技)

### 2. レスキューロボットリーグの競技設定

実際の災害現場ではロボットの移動は困難であり、要救助者の発見は困難を極める。競技会としては、要素技術の発展を奨励し、一歩ずつ現実問題に適用可能なレベルに近づけていくことが重要なため、難易度をレベル分けしたカテゴリを設けている (図-2)<sup>5,6)</sup>。

#### 1) Yellow Arena

壁で囲まれ、床が 15 度程度の傾斜をもつ迷路の中に、要救助者が隠されている。要救助者のほとんどはふたの開いたボックスの中などに設置され、発見は容易である。完全自律ロボットによる要救助者捜索をテーマとした競技フィールドである。

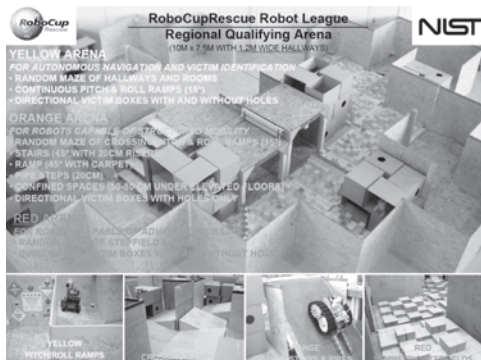
#### 2) Orange Arena

45 度の階段や坂道が設けられた 2 階建てのフィールドであり、床は段差や傾斜のある不整地で構成され

ている。段差には非常に滑りやすい場所も設けられ、高さ 50～80 cm の穴をくぐる場所もある。要救助者は、穴の開いた箱の奥など、発見がやや困難な場所に設置されている。階段昇降などが可能なロボットを対象とした要救助者搜索の競技フィールドである。

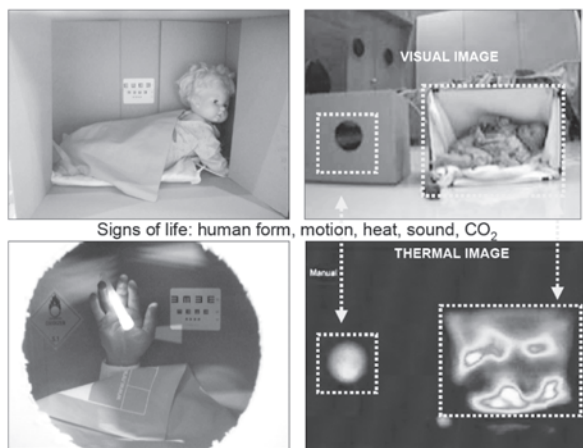
### 3) Red Arena

厳しい段差や傾きのある不整地で構成され、要救助者は、のぞき込むことが容易でないように設置された箱の中に置かれている。運動性能を重視したロボットを対象とした要救助者搜索の競技フィールドである。



図一2 レスキューロボットリーグの競技フィールド

要救助者は、図一3のようなさまざまな生体信号を発生する人形である。生体信号としては、人体の一部の形状、動き、体温、音声、二酸化炭素、などが採用されている。要救助者を発見した際には、オペレータは審判に対してそれぞれの信号の説明（計測した体温、音声の内容、要救助者に付けられた視力検査表の文字など）を行い、確実に認識できていることを示さねばならない。容易に発見できない場所に隠されているものもあり、たとえばアーム先端のカメラを箱の中に入れて搜索するなどが必要である。



図一3 要救助者（左上：体温を発生する赤ん坊，左下：動きのある手，右上：隠されたボックス，右下：サーモグラフィーによる温度計測結果）

## 3. 競技ルール

レスキューロボットの目的は、要救助者を発見し、その状態や周囲の地図などを人間の救助隊に提供し、救助活動を支援することにある。ロボットには運動能力、センシング機能、自律機能、マニピュレーション機能、ヒューマンインタフェース、通信機能、など、様々な能力が求められる。

### (1) 総合競技（図一4）

ロボットの総合力を試すための競技である。1名の操縦者がロボットやフィールドが見えない場所で遠隔操縦を行い、発見した要救助者、周囲の状況、作成した地図などを審判に報告する。自律ロボットの場合は、スタート後は操縦装置に触れることはできない。

ロボットの遠隔操縦の困難さは、操縦者の状況認識が困難なこと、ロボットに適切な運動指令を与えられないこと、通信の遅れや中断、ロボットの能力不足、操縦者の能力オーバー、ロボットの（半）自律性能の不足、などが原因である。これらの問題を競技得点に反映し、かつ、ロボットの遠隔操縦や自律能力の研究を奨励するために、次の項目により総合得点を決めるルールとしている。

- 1) 発見した要救助者の数
- 2) 報告された要救助者の状況に関する情報のクオリティ（完全瓦礫内、一部が見える、他）
- 3) 要救助者の状態（意識無し、声が出せる、他）
- 4) 映像情報のクオリティ（字が読める程度か、など）
- 5) 報告されたマップのクオリティ
- 6) 要救助者の位置推定精度
- 7) ロボットが要救助者や周囲に与えたダメージ



図一4 総合競技の様子（RoboCup 2009 Graz）

### (2) 運動性能競技（図一5）

遠隔操縦による運動性能を競う競技。難易度の高い Red Arenaにおいて、決められた時間内に多くの加地点を通過し、得点を競う競技。機械性能だけでな

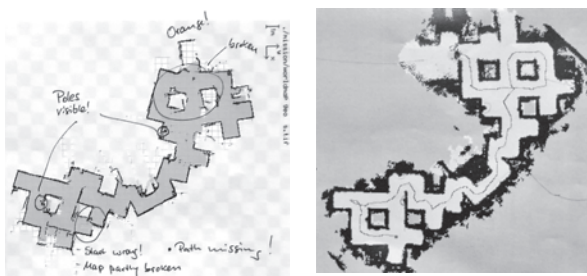
く、ヒューマンインタフェースなどを含め、総合的に優れたシステムでなければ勝てない。



図一5 運動性能競技の様子 (RoboCup 2009 Graz)

(3) 自律性能競技 (図一6)

完全自律制御によるマップ生成を競う競技。Yellow/ Orange Arenaにおいて作成した地図の精度を競う。センシングや地図構築のみならず、不整地でのナビゲーションなど、さまざまな技術要素が必要である。



図一6 自律ロボットが作成した2次元マップ (RoboCup 2009 Graz)

4. NIST/ASTM レスキューロボット評価国際標準化

米国標準技術研究所 (NIST) は米国ホームランドセキュリティ省 (DHS) からレスキューロボットの評価を標準化するプロジェクトを受託しており、米国材料試験協会 (ASTM) の E54.08 Homeland Security Applications, Operational Equipment による国際標準の策定を行っている<sup>7,8)</sup>。これは将来におけるレスキューロボットの調達基準を策定することを意味し、米国連邦緊急事態管理局 (FEMA) の全米最大の USAR トレーニング施設である Disaster City (テキサス州) 他を活用し、全米の FEMA TF の隊員の協力を得て、様々なロボットを試験することによって、評価法の検討を進めてきている (図一7)。

ロボカップレスキューはそのためのテストベッドとして活用され、これまでにさまざまな標準提案の評価法のプレテストが行われてきた。そのため、この競技

で採用された評価法は現実のレスキューロボットのニーズに即したものとなっている。また、米国で試験が可能なありとあらゆるロボットがこの基準でテストされるため、世界レベルから見たロボットの正当な性能評価が可能であることは興味深い。



図一7 Response Robot Exercise (Disaster City)

5. おわりに

2001 年から開催されている世界大会には、日本からも毎年数チームが参加し好成績を挙げている。RoboCup 2009 Graz の成績を表一に示す。国内大会であるロボカップジャパンオープンでも同競技が行われ、全国の大学等からの参加がある。

表一 1 RoboCup 2009 Graz Rescue Robot League の成績

カテゴリ	チーム名 (国)
総合	世界優勝 iRAP_Pro (タイ)
	世界2位 Pelican United (日本)
	世界3位 MRL (イラン)
運動	世界優勝 Pelican United (日本)
	世界2位 Team CASualty (オーストラリア)
	世界3位 Shinobi (日本)
自律	世界優勝 Team CASualty (オーストラリア)
	世界2位 Pelican United (日本)
	世界3位 RRT Uppsala (スウェーデン)

ロボカップレスキューロボットリーグは、特に下記の点において新しい技術的貢献があったと考えている。

- 1) 要救助者の搜索技術とそのためのシステムインテグレーション
- 2) 不整地における運動性能
- 3) 不整地や2階を含むリアルタイム地図生成
- 4) 入り組んだ場所における遠隔操縦
- 5) 不整地における自律移動

実物大の模擬災害フィールドを使い、要救助者の発見などの現実的な問題を取り上げたことの意義は大きい。本物の災害現場で研究開発を進めることが、レスキューロボットの発展には望ましいが、予算や場所の面で困難である。解くべき課題の本質を切り取ったベンチマーク問題を適切に設け、それに対する解決を研究することが、ここで採られた方法論である。競技会形式を採用することにより、緩やかな競争原理に加えて、他のロボットが動く様子を見ながら他人のアプローチを学ぶという緩やかな協調が、研究推進に貢献していると考えられる。

また、多くの学生や若手研究者が、競技会にて説明力や交渉力を鍛え、友人を増やし、国際的に活躍するための基礎力を身につけていることも、大きな収穫で

ある。

ロボカップレスキューが、レスキューロボット実用化のための大きな技術基盤を形成することを願っている。

JCMMA

《参考文献》

- 1) <http://www.robocup.org/>
- 2) <http://www.robocup.or.jp/>
- 3) 田所, 北野, ロボカップレスキュー, 共立出版, 2000.
- 4) H. Kitano, S. Tadokoro et al., RoboCupRescue: search and rescue in large-scale disasters as a domain for autonomous agents research, Proc. IEEE SMC, pp. 739-743, 1999.
- 5) A. Jacoff et al., Test arenas and performance metrics for urban search and rescue robots, Proc. IROS, pp. 3396-3403, 2003.
- 6) <http://www.isd.mel.nist.gov/projects/USAR/>
- 7) [http://www.isd.mel.nist.gov/US&R\\_Robot\\_Standards/](http://www.isd.mel.nist.gov/US&R_Robot_Standards/)
- 8) <http://www.astm.org/>

【筆者紹介】



田所 諭 (たどころ さとし)  
ロボカップ日本委員会理事  
The RoboCup Federation 理事  
国際レスキューシステム研究機構会長  
東北大学大学院情報科学研究科教授

## 平成 21 年度版 建設機械等損料表

### ■内 容

- ・国土交通省制定「建設機械等損料算定表」に基づいて編集
- ・損料積算例や損料表の構成等をわかりやすく解説
- ・機械経費・機械損料に関係する通達類を掲載
- ・各機械の燃料（電力）消費量を掲載
- ・主な機械の概要と特徴を写真・図入りで解説
- ・主な機械には「日本建設機械要覧（当協会発行）」の関連ページを掲載

■ B5判 約 730 ページ

■ 一般価格  
7,700 円（本体 7,334 円）

■ 会員価格（官公庁・学校関係含）  
6,600 円（本体 6,286 円）

■ 送料 沖縄県以外 600 円  
沖縄県 450 円（但し県内に限る）  
（複数お申込みの場合の送料は別途考慮）

### 社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8（機械振興会館）

Tel. 03 (3433) 1501 Fax. 03 (3432) 0289 <http://www.jcmanet.or.jp>