

解説

座談会「ロボカップレスキュー：緊急大規模災害救助への挑戦」

RoboCup-Rescue: Challenge to Rescue in Large-Scale Disasters

田所 諭 Satoshi Tadokoro	神戸大学工学部 tadokoro@cs.kobe-u.ac.jp
天野 久徳 Hisanori Amano	消防庁消防研究所 amano@fri.go.jp
桑田 喜隆 Yoshitaka Kuwata	NTT データ情報科学研究所 kuwata@rd.nttdata.co.jp
北野 宏明 Hiroaki Kitano	The RoboCup Federation / ソニー CSL kitano@symbio.jst.go.jp, kitano@csl.sony.co.jp
竹内 郁雄 Ikuo Takeuchi	電気通信大学 The University of Electro-Communications. nue@nue.org
高橋 友一 Tomoichi Takahashi	中部大学経営情報学部 ttaka@isc.chubu.ac.jp

司会 (高橋)： それでは、「ロボカップレスキュー：緊急大規模災害救助への挑戦」をテーマに電子メーリングリストを利用した座談会を開催させていただきます。

今年で、阪神・淡路大震災から5年が経過します。いろいろな点で、震災から一区切りを迎えようとしている時に、レスキュー活動に関する座談会を企画して下さった編集委員会の方に感謝します。座談会のメンバーには、ロボカップレスキューに参加されている方の中から、異なる組織の方にお願ひしました。また、メーリングリストに参加されている方からの意見もお願ひします。

最初に、自己紹介を兼ねてどんなお立場からレスキューに参加しているかと、そこでの研究課題などについてお話を願ひします。まず、この7月にロボカップレスキュー関連の活動で人工知能学会研究奨励賞を受賞された田所先生にお願ひします。

田所： 神戸大学の田所と申します。

ロボカップレスキューをやるうと言ひ出した言ひ出しっぺの一人で、今とりまとめ調整役をやっています。専門分野は知能ロボットやニューアクチュエータです。まず私の方からロボカップレスキューのプロジェクトが立ち上がった経緯をご説明したいと思います。

私が災害時の緊急対応問題に興味を持ったきっかけは、5年前の阪神・淡路大震災です。私がそのときに愕然としたことは、ロボティクスがこういった大災害において全く役に立っていないということでした。私たちが子供の

頃にテレビなどで見たロボットは正義の味方、ヒーローでした。おそらく、大学に入って研究室や講義でロボット工学を学ぶまではほとんどすべての人はロボットに対して、そのようなマンガやSFのイメージを抱いていたのではないのでしょうか。

ところが、つい最近までロボット工学というのは、実は産業用の搬送・加工装置を取り扱う学問であって、本来あるべき「正義の味方」の研究は全くなされてこなかったのです。震災を経験して、きっとそのようなロボットを研究している人がいるに違いないと思い、文献調査を試みたのですが、その結果わかったことは、世界中にレスキューロボットの研究をしている人はほとんどいない、ということだったのです。

これではいけないということで、機械学会を中心に、研究会などを立ち上げ、震災における救命救助の実態、レスキューロボットに求められる要求仕様の調査、実際の機械としてのロボットやレスキュー機器の試作研究の音頭をとってきた次第です。

ロボカップの一つのプロジェクトとしてレスキュー問題をやるうと言ひ出したきっかけは、1998年の春にベルギーで開催されたIEEE Robotics & Automationの国際会議(ICRA)のロボットコンテストのワークショップで、ソニー CSLの北野さんがロボカップの一つの展開としてレスキューロボットという言葉を出されたことに始まります。その後、秋ごろに興味のあるメンバーで会

合を持ち、今のシミュレーションのプロジェクトが立ち上がりました。

司会： ありがとうございます。天野さん、お願いします。

天野： 消防研究所の天野です。消防研究所といってもご存じ無い方が多いと思われしますので、組織上の概略を紹介させていただきます。自治省の外局として消防庁が設置されております。消防業務は消防法によって市町村の責任において実施されるものと規定されておりますので、自治省の外局となっております。消防庁の業務のうち、消防関連技術水準の向上を目的として消防研究所が設けられています。

私自身は主に消防用ロボットの研究開発を行っておりますが、研究者の方々と消防行政との橋渡しができればと思いついて参加させていただきました。よろしくお願ひいたします。

さて、前置きが長くなりましたが、“救助”という“消防”とイメージされる方も多いと思います。しかし、大規模災害発生時に救助活動を行うことが法律上定められている公共の組織は、消防だけでなく自衛隊、海上保安庁、警察があります。さらには、他の公共組織やボランティアの方々と協調連携して救助活動を行うことになります。

それでは、大規模災害時に消防が行う救助はどのようになっているかと申しますと...、平成 7 年には緊急消防援助隊が発足しました。各消防本部において大規模災害発生時に、応援可能な部隊をあらかじめ登録し、要請に対して迅速に援助隊を組織できるよう制度設計がなされています。基本的には、各市町村からの要請に応じて援助隊が出動することになりますが、阪神・淡路大震災時の教訓を生かし、被災市町村からの要請がなくても消防庁長官の判断により援助隊を派遣することができます。

救助要請に対し出場する救助車両には、主に II 型と III 型があります。このうち II 型が広域緊急援助隊で使用することを前提に、4WD の走行系、クレーン、ウインチ等を採用した規格です。III 型は車両が大型化し、8 トントラック程度の大きさ重量になっています。自衛隊の輸送機、あるいは民間の貨物航空機に積載できる小型車両に救助機器を積載した救助車両もあります。多くの救助機器を小型車両に積載しているので、二台一組の構成となっています。このタイプは IV 型と呼ばれ、東京、名古屋、大阪、広島 の 4 消防本部が配備しています。

以上概略ですが、大規模災害時における消防組織の救助について概略を紹介させていただきました。

司会： ありがとうございます。桑田さん、お願いします。

桑田： NTT データの桑田と申します。技術開発本部情報科学研究所というところで、知識処理システムの研究開発をしております。特に、ここ数年は防災情報システムの中での意思決定支援の仕組みを考えています。

さて、阪神・淡路大震災を契機に、防災情報の活用の重要性が認識されるようになってきました。これは、現在の防災システムが電話による市民通報をもとに災害を確認する仕組みになっているため、震災時初期には電話が繋がらず、被害のひどい場所が分からなかったためです。能動的に情報を収集して、意思決定に役立てる仕組みが必要という認識から、今後ますます情報系のシステムが防災システムの中で重要になってくると考えています。

また、現在の防災システムは主に市や県といった行政機関単位で作成され、相互接続性に弱い部分があります。大規模な災害に対応するためには、市や県の中で閉じた防災システムではなく、広域連携を行えるシステムを整備する必要があります。このためには、システムを接続し相互に情報を交換する必要があります。これを実現するためには、情報システム間のインタフェースを標準化する必要があります。更に進めて単純に情報が交換できるだけではなく、災害への対応手順（ワークフロー）に関しても予め標準を定めておく必要があります。

この考え方に立って、一昨年あたりから、次世代の防災情報システムをワークフローの観点から提案してきています。これは、ヘリコプタや高所カメラなどを駆使して災害情報を能動的に収集し、画像解析技術を使って災害の状況を正確に把握し、視覚化技術およびシミュレーション技術を使い災害対策本部での意思決定を支援し、更に指令管制システムでその結果を現場活動に反映するというものです。

ロボカップレスキュープロジェクトには、標準化を推進するという意味と、シミュレータを使い防災対応のフローを検証することができるのではないかと期待しています。特に前者に対しては、NPO という中立的な立場と、オープンソースの開発手法を取ることで、日本発のデファクト標準を確立することができるのではないかと思います。また、プロジェクトの途中で生み出された技術は、防災システムばかりでなく次世代の情報システムのアーキテクチャの革新に貢献することと思います。

司会： ありがとうございます。北野さん、お願いします。

北野： ソニー CSL の北野です。ロボカップ国際委員会委員長として発言させていただきます。ロボカップレスキューというと、RoboCup のサッカーのイメージだけを持っている人からは、「何でレスキューですか？」と聞かれるのですが、これは最初からの計画なのです。そもそも、ロボカップは、次世代の基盤技術や社会的な大きな問題に応用できるグランドチャレンジを考えようという 1992 年に行ったワークショップから始まっています。この時の議論は、共立出版から「グランド・チャレンジ」というタイトルで、出版されました。ここでは、直接サッカーや災害救助は、取りあげてはいないのですが、そのワークショップの結果などから、いろいろ考えて、災害

救助などの大きな問題をグランドチャレンジとして取りあげようと思いました。

ただ、最初から災害救助ですと、国や地域ごとにニーズが違うことや、普遍性のある技術より、最初からドメイン固有かつ短期的な技術の開発が主流になってしまうおそれがあったので、最初は、それらの問題解決に必要な技術基盤を含み、現実問題から少し離れたテーマにしようと考えたのです。それで、サッカーにしたわけです。構想としては、サッカーが立ち上がったら、第二のテーマとして、災害救助をとりあげ、サッカーと有機的に連動させてプロジェクトにしようと考えていました。ここでは、大きく分けて、シミュレーションと実際のロボットやインフラを研究する二つのプロジェクトがあります。いま、シミュレータが、アルファリリースまでこぎ着けました。国際的にも、急速に認知されつつあり、イタリア、ドイツ、ポルトガルで、ロボカップレスキューを中心としたプロジェクトが始まりつつあります。

このような、展開を反映して、ロボカップでは、現在、RoboCup-Soccer, RoboCup-Rescue, 小中学生への教育活動のRoboCupJrの三つの活動が柱となっています。

司会： 討論者から自己紹介を含めて、ロボット、行政における防災、ロボカップと話題を提供して頂きました。もう少し話を具体的にするために、北野さんの話の中にあつた、6月にはこだて未来大学で開催されたロボカップジャパンオープン2000で公開されたシミュレータについて話して頂けますか？

田所： 1年弱の開発期間を経て、ようやくロボカップレスキューのシミュレータのプロトタイプが公開できる段階に至りました。これは相当に大規模な分散システムで、それにもかかわらずこの短期間でここまでこぎ着けたのは、メンバーの優秀さと、相当な努力のたまものです。

今、これらのシミュレータを動かすために、原宿の北野共生システムプロジェクトの研究所に場所をお借りして、PC7台くらいのクラスタを作っています。そこでこの1月頃から月2回くらいのペースで接続試験会を行ってきています。

桑田： 今回シミュレーションの対象としては神戸市長田区の1.6km四方を取り上げています。この範囲には約1万軒の家屋があり、人口数にすると、その数倍になります。市民をエージェントとして扱うとすると、その数は数万になります。実用性を考えて、例えば長田区全体を対象とした場合、エージェント数は更に増加して十万以上になると思います。

天野： 現在は、阪神・淡路大震災における神戸市長田地区についてシミュレータを動かされているようですが、適用する地域を広げ、被害データを推測するためには、その地方のGISデータが必要になります。実在する広い地域を対象にすると、データの量が膨大になるなどの技術的な問題もありますが、一方では、GISデータに関するセキュリティを考えていく必要があるのではないでしょ

うか？

田所： データ量に比べて、災害は時々刻々と状況が変化していくものですから、時間情報を取り扱えることは非常に重要なことです。

GISデータとして、東工大松野研究室の畑山さんが学位論文でのテーマで研究されていたものを使用できたこともキーポイントでした。現在は、空間情報システムとしてDiMSISという時空間管理に特徴を持つGISと結合されています。

桑田： 畑山さんは阪神・淡路大震災の時、現地で情報を収集しています。ただし、収集した生データはセキュリティやプライバシーの問題がありそのまま全て使うことはできません。シミュレーションとはいえ、誰だって自分の家が被害に遭っている様子を見ることには抵抗があります。今回は実現性も考慮して、DiMSIS上のデータを一次加工し必要なデータを抽出し、シミュレーション時にGISモジュールから読み込む方式にしています。

司会： 現在は、GISのデータは実際に近いデータですけど、その地域に生活している市民エージェント数は、1,000程度ですね。

北野： ロボカップレスキューが、今までの人工知能の研究と際違って違う点は、エージェントの数とその多様性でしょうね。数十から数万のオーダーのエージェントを扱うわけで、さらに、避難民、消防隊、自動車、ロボット、ヘリコプタなど、ありとあらゆる種類のエージェントが登場する。このような状況で、何らかの機能を発揮できるマルチエージェントシステムは、極めて大きなチャレンジです。マルチエージェントの研究を見ていると、タイトルワールドや追跡ゲームなどの課題が中心課題になっていた時期がありましたが、早くより現実的な問題に向かわないと研究のための研究になってしまうと考えていました。ロボカップサッカーで、少しダイナミックな問題を提示できたわけですが、今回のロボカップレスキューで、さらに現実問題に近づいた研究ができる環境が整ってきたと思います。

天野： 特にその話は、地下街や原子力施設等における消火・救助活動時の、消防隊員と現場指揮本部とのコミュニケーションに関係します。現場指揮本部では状況把握が難しいので、消防研では現場の状況を把握するために消防隊員一人一人に携帯端末をもたせ、コミュニケーションをとる方法を検討しています。消防隊も異なるエージェントとして活動していることのシミュレーションですね。

北野： また、従来の防災シミュレーションでは、火事、家屋倒壊、道路寸断などが別々に作られ、統合されていなかったという問題がありました。今回のシミュレータでは、全ての現象が統合されたわけで、防災の分野へも大きな貢献ができるのではないかと考えています。

田所： そして、各防災シミュレーションとのインタフェースがオープンになっていて、プラグイン形式で用途に合わせて自由に置き換えることができる、というところが

これまでの災害シミュレーションとは一線を画しているところですが。

桑田： 現在整備が進められている衛星画像やヘリコプタからの空撮画像を使うと、広域にわたる被害の様子がつぶさに把握できます。火災延焼や倒壊等の被害予測とあわせて、現場の携帯端末に情報を送ることができると災害救助に役立つと思います。この際、現場で使う端末の性能や通信チャネルの太さに応じて情報を加工し、現場で役に立つ形で情報を提供することが必須です。このためには、同報通信を含めた通信制御技術と現場端末での視覚化技術が重要な役割を果たします。現在のシミュレータの2Dviewerや3Dviewerに、現場からの情報が表示できるようになれば、いいですね。

天野： 現場状況の把握の点では、先ほどもふれましたように、消防研では現場の状況を把握する、より効果的な消防活動を行うために、各消防隊員に携帯端末をもたせたコミュニケーション方法を検討しています。これは、火災現場で、各隊員が所持する端末をノードとする無線LANを簡易的に設置しようというものです。映像と音声によるコミュニケーションを想定していますが、消防隊員が装備を付けた状態、また、火災現場における操作性を考慮しつつ検討を行っています。

木造家屋の場合は通信にほとんど問題がないと思われませんが、地下街やビル内の火災などでは指揮本部との通信が難しいので中継器等を使用してシステム化を図っています。さらには、消防本部と指揮本部との通信経路に組み入れる計画をしています。

桑田： シミュレータがデータ交換だけでいろいろな地域の災害に適用できるようになると、行政とのかかわりができます。その上で、その利用方法は大きくわけて二つ考えられます。第一に、防災対応計画の策定に利用できます。災害対応時の行動計画の検証に役立つばかりでなく、公共投資の効果に関して評価できます。例えば、同じ経費を延焼遮断帯や避難路の整備に利用した場合と、通信インフラの整備に利用した場合どちらが有効であるか、といった議論に役立ちます。シミュレーションによって、定量的な評価尺度が得られるわけです。第二の利用方法としては、対応の結果が視覚的にわかりますので、災害に対する市民啓蒙にも大いに役立つと思います。

司会： 防災計画の策定にあたっては、その評価が必要になります。災害救助活動に対する評価は如何でしょうか？

田所： 防災計画全体としては、災害による損失を最小化するということが求められるわけですが、具体的には人命や家などの財産を評価することになります。

ところが、現実の問題はそんなに簡単ではないのです。目の前のがれきに埋もれている人を助けるべきか、それとも迫っている火を消すべきかという、ぎりぎりの選択を迫られます。そしてそれは全体計画として決断されるものではなくて、災害現場にいる個人個人がその場で即座に判断することが求められるのです。医療におけるト

リアージの問題などがマスコミでも取り上げられましたが、それと同じ問題がそこにいるすべての人に求められることになるのです。

防災計画を行う側としては、そのような分散的な人間の知能行動が、総体として災害被害を最小化することに寄与してくれることが望ましいわけです。そういう意味では、マルチエージェントというパラダイムはこの問題にぴったりだと言えらると思います。

天野： “トリアージ”は怪我の程度によって負傷者を選別し、生命の危機に瀕している患者を最優先に取り扱う方法です。たとえば、隊員が救助された被災者に死亡、重傷、中傷、軽傷等の傷害に応じてラベルをはります。以降、そのラベルに応じて医療活動を行います。日本では、平成8年の通達で消防で使用するトリアージ識別票は、厚生省で使用されていたもの-0(黒):死亡または不処置, 1(赤):最優先治療, 2(黄):非緊急治療, 3(緑):軽処置-に統一されています。作成した救急あるいは救助エージェントの優劣をきめるには、社会的に認められるような救助活動の評価尺度を議論していく必要があります。当面は、限られた人員、資機材という条件で、決められた時間内に最大多数の傷病者の人命を救助するトリアージの考えに従った救助シミュレーションの評価方法が一つのアプローチでしょうか。

司会： プロトタイプ作成で、AI・ロボット・情報工学関連の研究テーマがかなり含まれていることがわかりました。ロボカップレスキューの今後の進め方については如何でしょうか？

田所： 現在開発中のものはプロトタイプとして位置づけられていて、ここでさまざまな問題点を洗い出し、それを研究のネタにして次の本格的なバージョンに発展させていこうと考えています。分散システム一般にそうだと思うのですが、データや処理を如何に分散させるか、粒度やタイムスケールの異なるシミュレータ間でどのように時間保証するか、などが現在問題になっています。

今のところ、そのような情報処理の問題だけでなく、防災の観点からの問題点やヒューマンインタフェースの問題など、様々な問題が明らかになってきています。

竹内： NTTデータの桑田さんの発言にあった防災情報システムと行政のかかわりに関しては、2通りの考え方がありますね。現状のお役所組織を是認して、それとあわせるアプローチ、もう一つは、テクノロジーの前では組織も見直し論です。

IT革命は後者のスタイルなのだけれど、人命を預ってきた組織の強さも相当なものがあります。ロボカップレスキューはどちらも視野に入れるべきですが、どう進めるかにはかなりpoliticalな点がありますね。

天野： さらに、震源位置と地震規模から各地域の震度を予測するためには地盤データが必要になります。多くの研究者によって震度予測モデルが提案されているので、モデルに応じたデータが必要になります。また、関係研

究者との協力が必要でしょう。

竹内： 現場の消防隊員の携帯端末システムを含め、情報システム間のインタフェースの標準化や災害への対応手順（ワークフロー）に関しても、行政との関連は大です。冒険するとすれば、先にマスメディア（ヘリコプタなんかバシバシ飛ばすよねえ、連中は）と協調して、被災者には申し訳ないのですが、近い将来の大災害に対して、同時並行で rescue-simulation をやってしまうことでしょうか。もの凄く冒険だけれどもインパクトは大きい。なんらかの形で、一点突破ができれば、あとは速い。

司会： 国際的な動きなどについては如何でしょうか？

北野： ロボカップ国際委員会では、ロボカップレスキューを重点プロジェクトとして位置づけて、国際的な委員会を組織しました。また、先ほどもちょっとふれたように、ポルトガル、ドイツ、イタリアでは、ロボカップレスキューを中心テーマとしたプロジェクトが始まりつつあります。アメリカでは、南カルフォルニア大学、カーネギーメロン大学が、シミュレーション部門で、南フロリダ大学などが実機部門に参加します。

また、米人工知能学会（AAAI）及び、国立標準局（NIST）とも協力関係に合意しました。例えば、AAAIで行う、AAAI ロボットコンペティションには、今年から、レスキュー部門が新設され、この災害地セットアップは、RoboCup と AA AI で、共同で決定する等です。また、7月にボストンで開かれた、マルチエージェントに関する国際会議 ICMAS-2000 では、RoboCup-Rescue ワークショップが併設され、私が、招待講演で、この話をしました。防災関係では、4月にトルコのアンカラで開かれた地球災害ネットワーク会議（GDIN）への参加を要請されました。これは、アメリカのゴア副大統領の呼びかけで始まった会議で、災害救助・防災へのIT技術の応用などを議論する場のようなのです。私と田所先生は、この時に、サンフランシスコで、ICRA に出席していたので、講演のビデオを送り、インターネットチャットで、質問に答えました。今回は、10月にハワイで行われる予定ですので、ここでは、シミュレータのデモを行おうと計画しています。8月のRoboCup-2000で、正式デビューですから、今年の後半から、爆発的に研究者が増えるのではないかと考えています。

田所： 今、北野さんが言われたように、どんどんと国際的に盛り上がってきているのは喜ばしいことです。日本国内においても、リアルタイム防災の専門家を中心に、ロボカップレスキューの方法論に注目する動きが広がってきています。このままいくと将来は緊急対応のありかたを根本的に変えて、この運動が次世代システムの標準を作るようなことになっていくのではないかと想像している次第です。

司会： そうなると、シミュレータのアーキテクチャ、開発方法のオープン性などもろもろに対処していく必要がでてきますね。

桑田： レスキューシミュレーションの基礎データの多くはGISデータであることから、何らかの形で標準的な地理データを取り込める仕組みを用意しておくことが必要です。GISのフォーマットに関しての標準化動向にも注目しておく必要があります。例えば、地図データの標準としてはISO TC211という規格が制定されています。また、米国のOpen GIS Consortiumでは、空間データの流通に着目してOpen GIS Specificationを策定中です。**竹内：** 空間データといえば、大きな建物の扱いが課題になりますね。高層ビルやデパートは、昼間には万単位の人がありますから、それ自身もレスキューの大きな対象になります。ところが、これはまだGISで表現されていません。また、そのようなビルからは街に人々が逃げ出しますし、レスキュー要員もビルに入ります。だから、街とビル内の問題を独立に解く訳にはいきません。

つまり、地理的な平面データと高さのある建物のデータというヘテロなデータ構造をどのような分散処理戦略で統合して、現実性のあるレスキューシミュレーションにするかは、非常に興味深い問題だと思います。

田所： そうですね。分散シミュレーションの方式としては、米国の軍事シミュレーションで使われているHLAが有効であるという報告が今度のICMASのWSでドイツの研究者からありました。そのように、AIやロボティクスの視点だけでなく、計算機アーキテクチャやシステムソフトウェアからの観点も重要になってきます。

北野： 今後いろいろな技術的課題が、出てくるでしょうし、いろいろなプロトコルを定義する必要があります。これらは、ロボカップの国際的なネットワークで議論することで決まってくるでしょう。

田所： そのほかにも、たとえばエージェント間の会話一つをとってみても有効な方法を考える必要があります。エージェント通信言語としてはご存じのようにFIPA ACLが国際標準の有望株として考えられます。ロボカップレスキューでも、できるだけそれに準拠した形で一般市民や防災エージェントの間の情報交換を成立させたいと考えています。実はこのことは、実際に活動している消防などの通信において、有効なプロトコルは何であるかを考えることと一致しているのです。これは標準化がなされると、国際的な広域救助活動の協力体制を作るために役立つことになりますね。

司会： このあたりで電気通信大学の竹内郁雄先生のフロアからの発言をまじえ盛り上がった座談会を終了したいと思います。ロボカップレスキューを、人形劇「サンダーバード」にあったような国際的な広域救助チームの実現に向かったのグランドチャレンジと捉えることができると思います。そこには、AI、ロボット工学、情報工学、都市工学、救助活動の評価など社会科学の話が含まれています。

この座談会の読者がレスキューシステムに興味をもた

れ、公開されたプロトタイプ*1をご自分の研究に使用されるようになれば幸いです。

後記： この座談会は、平成12年1月から6月の間の電子メールや打ち合せの席で行われた討論を編集したものです。企画・実行にあたって松原仁編集委員にお世話になりました。ここに、お礼を申し上げます。

2000年7月3日 受理

著者紹介

田所 諭(正会員)は、前掲(Vol.15, No.5, p.806)参照。



天野 久徳(正会員)

自治省消防庁消防研究所，1988年大阪府立大学工学部機械工学科卒業。同年，自治省消防庁入庁。消防用機械システムの振動制御および消防用ロボットの開発研究に従事。1990～91年東京消防庁予防課，1995～96年千葉大学機械工学科客員研究員，1998～99年米国ワシントン大学システム科学数学科客員研究員，現在，第三研究部主任研究官。

桑田 喜隆(正会員)は、前掲(Vol.15, No.5, p.806)参照。

北野 宏明(正会員)は、前掲(Vol.15, No.5, p.806)参照。

竹内 郁雄(正会員)は、前掲(Vol.15, No.5, p.806)参照。

高橋 友一(正会員)は、前掲(Vol.15, No.5, p.806)参照。

*1 <http://robomec.cs.kobe-u.ac.jp/robocup-rescue>