

# ロボカップ@ホームによる人材育成

## —人間とロボットの共存を目指すためのロボット競技—

RoboCup@home: The robot contest for the "Zenjin" Education

岡田 浩之\*, 大部 恵子\*\*, 幸田 一隆\*\*

Hiroyuki Okada, Keiko Oobu, and Kazutaka Kouda

\*玉川大学工学部機械情報システム学科

\*\*玉川大学大学院電子情報工学専攻

194-8610 東京都町田市玉川学園 6-1-1

\*Department of Mechanical Systems, Tamagawa University

\*\*Graduate School of Engineering, Tamagawa University

6-1-1 Tamagawagakuen Machida-shi Tokyo 194-8610

### Abstract

Abstract: RoboCup@Home, the global domestic robot competition for autonomous service and assistive robots is part of the RoboCup competition. Several benchmark tests are used to evaluate the robots' abilities in a realistic home environment setting. In the RoboCup@Home, the focus is applied to the following things : Human-Robot-Interaction, navigation and mapping in dynamic environments, computer vision and object manipulation.

**Key words:** ロボットコンテスト, ロボカップ, PBL, 人材育成

## 1. はじめに

ロボットコンテストの始まりは 1970 年代に IEEE が提唱したマイクロマウス競技会だと言われている。以来, 40 年を経て様々な形態のコンテストが世界各国で盛んに催されており, その数を全て数え上げることはもはや不可能なほどの広がりである。

もちろん, それぞれのコンテストの目的は一つでなく主催者の方針や想定される参加者に応じて様々な形態を持っている。しかし, 筆者の見る所, ほとんどのロボットコンテストにおいて, 人材育成はその大きな柱の一つになっていることは疑いない。

玉川大学工学部機械情報システム学科では 2008 年度の改組を機会として, モノづくり教育の実践授業として PBL (Problem Based Learning) プロ

ジェクトを発足させた。PBL プロジェクトでは 1 年次よりロボット製作を通じて様々な技術や企画力, コミュニケーション能力を身につけることを目的とし, 初期段階から履修した学生は, 本稿で述べるロボカップ@ホームリーグで世界大会に出場し, 優勝したチームの有力なメンバーとして育っている。<sup>1</sup>

本稿では筆者ら, 玉川大学工学部および大学院工学研究科のメンバーが中心として参加しているロボカップ@ホームを例として, ロボットコンテストが技術的なモノづくり教育のみならず, 人材育成へ多大な貢献を果たしている現状を紹介する。

<sup>1</sup> PBL プロジェクトに関して本特集号の別論文に詳しい。

## 2. ロボカップ@ホームとは？

### 2.1 目的と意義

ロボカップはロボット工学と人工知能の融合、発展のために自律移動ロボットによるサッカーを題材として日本の研究者らによって 1992 年に提唱された。西暦 2050 年「サッカーの世界チャンピオンチームに勝てる、自律型ロボットのチームを作る」という夢に向かって人工知能やロボット工学などの研究を推進し、様々な分野の基礎技術として波及させることを目的としたランドマーク・プロジェクトであり、現在では、サッカーだけでなく、大規模災害へのロボットの応用としてレスキュー、次世代の技術の担い手を育てるジュニアなどが組織されている。

20 歳以下の学生・生徒が対象となる、ロボカップジュニアでは憲章において「ロボットの基礎基本を身につける協同学習の場を提供し、競争の先にある協調を目指す」と謳っており、その第一の目標が人材育成であると言ってよい。そのため、大会の運営には様々な方策が設けられている。例えば、コミュニケーション能力に関して、国内外から集まった初対面のチーム同士がペアになって新しくスーパーチームをつくり、言葉や文化の壁をのりこえる機会を与えたり、競技に使用するロボットは全て自分たちだけで作ることが義務付けられ、それを証明するための審査も設けられている。

ロボカップ@ホーム（以下@ホームリーグ）はロボカップのリーグの一つとして実施され、日常生活で人間を支援する自律ロボットによる競技を通じて、人とコミュニケーションしながら、より役に立つ仕事を行う実用的なロボットの実現を目指した競技である。

@ホームリーグはいくつかの共通のタスクとそれぞれのチームが独自に設定するオープンチャレンジ、デモチャレンジ、ファイナル競技から構成される。

共通タスクはテクニカルコミッティーが主導し、メーリングリストなどで協議を重ねた上で毎年、様々な視点で難度の高いタスクに変更される。こ

れは、技術の進歩とタスクの難易度を適切に制御するためである。

また、競技会において勝敗は単純に課題の成功・失敗だけで決まるのではなく、以下に挙げるような様々視点から採点されることになっており、純粋にロボット技術を競うのではなく、現実の家庭で使うという実用性を重視した競技であることがわかる。また、動作の信頼性・安全性もまた評価の対象となるため競技は基本的に一発勝負であり、再試行は減点の対象となる。

- ロボットと人の自然なコミュニケーション
- アプリケーション志向であるか
- 技術的に新しい事に挑戦しているか
- セットアップに時間をかけていないか
- 観客が見ていて楽しいか
- 実用的な時間で動作するか

これらの評価基準を満たしつつ、ルール上のタスクを一発勝負で確実に実行できるロボットは、現時点で開発されている家庭用ロボットとしてはレベルが高いところにあると考えられ、この競技で優秀な成績をおさめることのできるロボットは、社会のニーズに対する一つの答えとなる可能性もあるという意味で、@ホームリーグは人工知能の重要なテーマの一つを体現していると言える。

### 1.2 共通課題

2010 年度世界大会版のルールブックによると、競技は 7 つの共通タスクと 2 つのチャレンジ種目および決勝のファイナル競技からなる。ここでは、タスクの中からいくつかを紹介する。他のタスクの詳細はルールブックを参照されたい。

#### 1.2.1 Robot Inspection and Poster Session (RIPS)

RIPS はすべての競技の初めに行われるタスクであり、ロボットとチームのメンバーを他のチームに紹介する目的で行う。同時に、ロボットがルールの基準に適合した安全性を持っているかを審判団に示す。制限時間は 7 分間で、初めの 2 分でロボットは自らが自己紹介を行い、緊急停止ボタンが有効であることを示す。

引き続き、チームリーダーがチームの紹介をプレゼンテーションし、他のチームリーダー達からの質問に答える QA の時間が 5 分間ある。プレゼンテーションや質問に対する応対も採点の対象になり、他のチームのリーダーによる投票で得点が決まる。RIPS は競技としては簡単なタスクだが、ロボットの安全性を疑われた場合、以降の競技には参加できないことになるので重要なタスクである。Fig. 1 に 2010 年世界大会(シンガポール)での RIPS タスクの様子を示す。



Fig. 1: Robot Inspection and Poster Session

### 1.2.2 Follow Me

Follow Me ではロボットが動的環境の中、知らない人の後を安全についていくことを競う。このタスクは競技場の外、例えばスーパーマーケットのような場所で実施され、2 チームで同時に行われる。タスクの前に、オペレータ（追跡される人。審判団から選ばれるチームにとっては未知の人物）がロボットから 3m 離れた位置に立つ。合図とともに、ロボットはオペレータの特徴を記憶し、以降の追跡に備える。オペレータの音声やジェスチャーの開始指示により、ロボットはオペレータの後を追いつき残りの時間で予め定められたコースに沿ってオペレータについていき、いくつかのテストをクリアし、ゴールラインを目指す。オペレータはロボットに背を向けて通常のゆっくりした速度で歩き、ロボットが遅すぎる場合は立ち止り待つ。ロボットはオペレータがロボットに向かって歩み寄る時以外は、オペレータから最低 1m の距離を置いてついていかなければならない。

コースには 4 つの定められたチェックポイント

があり、それぞれのチェックポイントで特別なアクションを実行する。例えば、チェックポイントでロボットが停止している間に 3m 以上離れてしまったオペレータを再び発見して追跡するなど、チェックポイントをクリア出来なければ、その時点でタスクは終了する。

人物追跡の基本的な機能に加え、障害物や一般の観客などの外乱の多い実環境での確実な動作が要求されるタスクである。

### 1.2.3 Who is who?

リビングの中にいる人を見分けるタスクである。リビングには既知の人物<sup>2</sup>が 1 名と他のチームや観客から選ばれた未知の人物 2 名が審判の指示に従った場所に立っている。ロボットはそれらの人々を見つけ、予め顔と名前を覚えている既知の人物であれば、「誰々さん、こんにちは」と挨拶をし、初対面の人物だと思えば名前を尋ねて名前と顔を記憶する。リビング内にいるすべての人物を見つけたら、ロボットは自ら出口に移動し、一人一人退場する人の顔を見て、「誰々さん、さようなら」と見送りの挨拶をする。すべての人物の見送りが終わったら、ロボットは自ら出口より退場する。このタスクではリビングルームを隈なく探すナビゲーション機能、ビジョンを主にした人物発見と顔認証、さらには対話により名前を聞き出して覚えるといった技術を要求される。Fig. 2 は発見した人物の顔を記憶している様子である。



Fig. 2: Who is who?

<sup>2</sup>例えば、チームメンバーから選ばれる。

### 1.2.4 Shopping Mall

実際の店舗を利用し、はじめてそこに行った状況で店内と商品配置の地図を作り、音声で指定された商品を取って来るタスクである。2010年の世界大会では会場の近くにあるトイズラスが使用された。第1段階で、ロボットは人について店内を移動して地図を作り、次にその人物から音声でそこにある商品を指定される。商品は名前だけで指定され、その正確な場所は指定されない。第2段階では、店の入り口で商品を2個指定され、ロボットは完全自律で取りに行く。その際、一般のお客さんに相当するマスコミの人々やチームメンバーが店内におり、移動コースの探索や移動そのものもその場の環境に合わせて行なう必要がある。また、指定された商品の周囲には多くの玩具が置いてあり、その中から対象物を探し出すことも必要である。



Fig. 3: Shopping Mall

### 1.2.5 チャレンジおよびファイナルタスク

オープンチャレンジとデモチャレンジ、ファイナルタスクは、それぞれのチームが与えられた時間の中で自由に設定した課題を見せ、審判団が採点する。いずれのタスクでもチームは制限時間をプレゼンテーション、デモンストレーションおよび質疑応答に自由に割り振り、自分たちの技術を審判団にアピールする。

予選第一ラウンドの最後に行われるオープンチャレンジは研究的要素が重視され、ロボットの機構の斬新さや制御アルゴリズムの新規性などが問われる。他チームのリーダーが採点に参加し、より専門的な視点からタスク遂行の優劣が判定され

る。

予選第二ラウンドの最終種目であるデモチャレンジは、大会ごとに設定されるテーマに従ったデモンストレーションを行ない、観客が見て楽しい内容かが評価される。2010年の世界大会では "In the restaurant" というテーマが設定され、各チームが様々な趣向を凝らしたデモンストレーションを行った。Fig.4 は我々のチーム様子である。レストランでの接客を想定し、1台のロボットがウェイトレス役で客役の審判と対話や質問への応答をしている間に、もう一台が実際に綿菓子を作って審判にふるまった。このタスクで我々は、多様な会話場面の設定や綿菓子を作って相手に渡すマニピュレーション技術をアピールした。



Fig. 4 : デモチャレンジ. 客の注文を受けるロボット (左側) と離れた場所で綿菓子を作るロボット

## 2. ロボカップ@ホームの技術的な課題

### 2.1 ビジョンシステム

@ホームリーグでは、人とロボットが共存する現実の家庭環境を前提としている。そのため、会場の照明が足りなくても、取材カメラの影響でスポットライトが当たっても、特に配慮されず、安定して動作するビジョンシステムが特に必要とされる。

2008年の世界大会では、ほとんどのチームがステレオカメラで3次元計測や対象物の探索、識別を行っていた。しかし、照明が不安定で時には外光が射すような環境では、高精度の認識は難しかった。しかし2010年の世界大会では我々のチームを含め多くのチームがTOF方式3次元距離カメ

ラ SwissRanger を使用していた。SwissRanger は 50fps で距離画像を得られ、照明の影響もほとんど無いため、オブジェクト把持や人物追跡に有効なことが大会でも示された。ただし 176 ドット（水平 43.6 度）×144 ドット（垂直 34.6 度）と画角が狭く、赤外発光方式のため他チームのカメラの影響で画像を全く取得できなくなる状況も見られた。現実環境でも安定した画像認識のできるハードとソフトの改良は今後も課題であり続ける。2010 年後半に発売が始まった Microsoft の三次元モーションセンサ Kinect は従来の同じような製品比べ圧倒的に低価格であり、今後の可能性が楽しみなセンサである。

## 2.2 音声対話

課題の第一は騒音対策である。ロボカップ会場では、場内アナウンスなど様々の雑音源がある。そのような雑音環境で安定した音声認識や言語理解を行うには、ハードとソフトの両面でのさらなる工夫が必要である。

ハード面では、超高指向性ガンマイクが有効である。ロボットとの対話ではユーザはロボットの顔を見て話しかけてくれる場合が多いので、顔の部分にガンマイクを装着しておけば比較的容易に騒音を低減した音声を得られる。しかし今後も複雑・高度化していくであろう課題に対しては、マイクロフォンアレイ等の利用も必要かもしれない。

ソフト面では外国語への対応が課題である。世界大会はロボットの対話も英語が標準であるが、我々の日本語訛りの英語、アメリカ人の標準的英語、ドイツ訛りの英語など、バラエティに富んだ不特定話者の英語認識が必要である。いずれ観客との対話を想定する可能性もあり、その場合は現地語や大きく訛った英語への対応が必要となる。

## 2.3 マニピュレーション

他の課題に比べ、物体把持を必要とするタスクの成功率は相対的に低い。2010 年度の世界大会では 1 チームのみが冷蔵庫のドアを開けることに成功した。その一因に、@ホームリーグで使われる

ような小型移動ロボットに搭載可能なロボットアームが少ないことがある。市販品では、スイス Neuronics AG 社の Katana を使うチームが多いが、最大把持重量が 450g と小さい。小型サーボモータを組み合わせた自作アームも見られるが、位置決め精度や把持可能重量などに多くの改良が必要である。

## 2.3 ロボットプラットフォーム

家庭と同じ程度の広さのリビングやキッチンでの走行するため出来るだけ小型で小回りが利く躯体が必要な一方、アームやステレオカメラ、LRF などかなりの重量を積載する、小型かつ可搬重量の大きいロボットが必要とされるが、市販ロボットはどれも一長一短である。

ロボカップ@ホームへの新規参入は、ロボット製作の他、地図作成や経路探索、ビジョン、音声対話などすべてを実装する必要があり、大変な労力が必要となる。そのため、市販ロボットにフリーソフトを組み合わせた標準ロボットプラットフォームを用意して、参入障壁を低くする必要性が指摘されている。

そこで、我々はロボットシステムの開発を共通化し効率化を実現する手段として、RT (Robot Technology) ミドルウェア (以下、RT ミドルウェアと記す) に注目している。RT ミドルウェアはロボット機能のソフトウェア要素をモジュール化された部品とし、これらの部品を通信を介して組み合わせることによってシステムを構築できるようにするもので、@ホームリーグのように多様なタスクを要求されるロボットシステムに適していると考える。現在、RT ミドルウェアの実装の一つである、OpenRTM-aist を用いて、画像処理やセンサ処理などの要素機能をモジュール化された RT コンポーネントとして実装したり、RT コンポーネント間の通信を管理したりする機能を作成中である。

## 3. まとめ

本稿では、ロボカップ@ホームを例として、ロ

ロボットコンテストが技術的なモノづくり教育のみならず、人材育成へ多大な貢献を果たしている現状に関して述べた。

最近、「理科離れ」という言葉をよく耳にする。玉川学園では日頃から、「物づくり」教育の重要性を様々な場面でうたっている。さらに、創立者小原國芳の教育理念である“若者に夢を”を実現すべく、ロボット製作を通じて学生達が物作りの大切さを知ることや、世界的な大会に参加して世界の一流技術を知ることが、技術立国日本の次世代を担う若者を育てる教育として効果的だと筆者は考える。

PBL(Problem Based Learning)プロジェクトでは、上級生から下級生までのグループによって、ロボット製作を通じて様々なことを学ぶ。プロジェクトの計画立案から製作、発表まで自分たちで行い、その問題を解決する過程を通して、問題解決力、チームワーク、リーダーシップ、プレゼンテーション力、コミュニケーション力など、社会に出て必要とされる技術者としての人間力を育てる。今回、述べたロボカップ@ホーム競技において、我々玉川大学チーム(eR@sers<sup>3</sup>)は2008年度の大会からロボカップ@ホームリーグに参加している。ジャパンオープンでは2008年沼津大会から3連覇を達成し、世界大会においても2008年中国大会で優勝、2009年オーストリア大会準優勝、2010年シンガポール大会優勝と常に上位の成績を収めている。現在、このチームの中心となっているのはPBLプロジェクトに一年次から参加している学生たちであり、彼らがロボットコンテストを通じて、ロボット製作やプログラミングに関する知識だけでなく、チームワークやコミュニケーションといった様々なことを学んでいることは疑いない事実である。

最後に、本稿では主に大学生が中心のロボット競技を人材育成の観点から考察した。もちろん、ロボットは幼稚園児から大学院生まで誰もが興味を持ち、触れてみたい対象であり、それぞれの現場で最大の教育効果を持つロボット教育があり得る。

<sup>3</sup> イレイサーズと読む。

玉川学園では2011年度より、全学的なロボットプロジェクトとしてTRCP(Tamagawa Robot Challenge Project)を発足させる。TRCPでは本稿で述べたロボカップのような世界的な大会で優勝を目指す、世界一のロボット技術の開発から、幼稚園児でも触れ合えるようなロボットの開発まで幅広い活動を行う。子供たちの持つロボットに関わりたいという気持ちを育て、さらにその関わりをただ見る・遊ぶ・動かすから作る・理解する・設計するというように段階的に深め、結果として将来の日本の科学技術を担う人材を育成するための教育システムとして玉川独自のロボット教育を確立し、推進して行きたい。

## 謝辞

チーム eR@sers のメンバーの日頃からの精力的な活動に対して感謝の意を表す。

本研究の一部は、科学研究費補助金(基盤研究 C 課題番号 20500186 研究課題名「生活支援ロボットの対話と行動のユーザー適応化技術の研究」および基盤研究 C 課題番号 20500239 研究課題名「語意獲得における推論の対称性に関する研究」)により実施した。本研究は文部科学省グローバル COE プログラム(社会に生きる心の創成—知情意の科学の再構築—:玉川大学)の支援を受けた。

## 参考文献

- (1)Attamimi,M.;Mizutani,A.;Nakamura,T.;Sugiura,K.;Nagai, T.;Iwahashi, N.;Okada, H.;Omori, T.;Learning novel objects using out-of-vocabulary word segmentation and object extraction for home assistant robots, 2010 IEEE International Conference on Robotics and Automation, 745/750(2010)
- (2) 岡田浩之, 大森隆司: ロボカップ@ホーム-人とロボットの共存を目指して-, 人工知能学会論文誌, 25 巻, 2 号, 229/236(2010)
- (3) 杉浦孔明, 水谷了, 中村友昭, 長井隆行, 岩橋直人, 岡田浩之, 大森隆司: 音声からの未登録語

切り出しと画像からの物体抽出の統合による新規物体の学習,第26回日本ロボット学会学術講演会論文集,1N1-05(2008).

(4) 岡田浩之, 大森隆司, 岩橋直人, 長井隆行, 杉浦孔明: ロボカップ@ホームにおける音声対話技術, 第22回人工知能学会全国大会講演論文集,3E3-02(2008).

(5) 大部恵子, 柴一樹, 岡田浩之, 長井隆行: 自律移動ロボットによるロボカップ@ホームへの参加, 第26回日本ロボット学会学術講演会論文集,3A1-07(2008).

(6) Toda, T. et al.: One-to-Many and Many-to-One Voice Conversion Based on Eigenvoices, Proc. of ICASSP 2007, pp.1249--1252 (2007).

(7) R. T. Vaughan and B. P. Gerkey: Reusable robot code and the Player/Stage Project, in Software Engineering for Experimental Robotics, ser. Springer Tracts on Advanced Robotics, D. Brugali, Ed. Springer, pp. 267--289(2007).

(8) Tijn van der Zant and Thomas Wisspeintner: RoboCup X: A Proposal for a New League Where RoboCup Goes Real World, Conference of Robocup ZantW05, pp.166--172(2005).