

# 「ロボカップジュニアジャパンの活動」

第9回

■ 金田忠裕（大阪府立大学工業高等専門学校）

## ロボカップジュニアとは

ロボカップは、ロボット工学と人工知能の融合、発展のために自律型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によって提唱された。ロボット技術・ロボット産業を継続・発展させていくためには、ロボカップのような、将来ロボット研究者・技術者になりたいと思う子供たちだけではなく、できるだけ多くの子供たちにロボット技術に関心を持ってもらい、市民の教養としてロボットについて学んでももらえる場所を提供することが必要となる。

ロボカップジュニアは、「ロボットと人間が共生する未来を創造する市民を育成する取り組み」として専門的な技術の向上を目指すだけでなく、啓蒙・啓発普及の側面もある。

本稿では、これまで行ってきた日本国内におけるロボカップジュニアの活動とサッカー、レスキュー、ダンスリーグの概要を解説する。

## ロボカップジュニアジャパンの活動<sup>1)</sup>

### 国内大会と国際大会

ロボカップジュニアの始まりは、2000年のメルボルン大会であった。表-1にこれまで行われてきたロボカップジュニアの世界大会、また表-2に日本大会（ジャパンオープン）の推移を示す。日本の正式な参加は2002年の福岡・釜山の国際大会からである。

7月1日時点で19歳以下の子供たちが参加できる。日本では、国際大会に出場するための予選大会として国内大会を位置づけ、シニアの競技と同時開催であるジャパンオープンにおいて実施してきた。なお、2005年の大阪国際大会のときはジャパンオープンを開催しなかったために、ジュニアのみの選抜大会として東京で開催した。

### 国内の活動

ロボカップジュニアへの参加はノード大会より始まる。ノード大会-ブロック大会-ジャパンオープ



| 年度   | 開催地           | 参加国数 | チーム数 |
|------|---------------|------|------|
| 2000 | Melbourne     | 3    | 25   |
| 2001 | Seattle       | 4    | 25   |
| 2002 | Fukuoka/Busan | 15   | 59   |
| 2003 | Padua         | 13   | 65   |
| 2004 | Lisbon        | 17   | 176  |
| 2005 | Osaka         | 18   | 152  |
| 2006 | Bremen        | 25   | 239  |
| 2007 | Atlanta       | 25   | 124  |
| 2008 | Suzhou        | 25   | 187  |
| 2009 | Graz          | 25   | 186  |
| 2010 | Singapore     | 27   | 289  |
| 2011 | Istanbul      | 29   | 250  |

表-1 ロボカップジュニアの世界大会の推移

| 年度   | 開催場所 | サッカー | レスキュー | ダンス |
|------|------|------|-------|-----|
| 2003 | 新潟   | 50   |       | 10  |
| 2004 | 大阪   | 50   | 24    | 10  |
| 2005 | (東京) | 41   | 18    | 28  |
| 2006 | 北九州  | 50   | 26    | 23  |
| 2007 | 大阪   | 58   | 32    | 23  |
| 2008 | 沼津   | 65   | 32    | 24  |
| 2009 | 大阪   | 85   | 48    | 23  |
| 2010 | 大阪   | 81   | 48    | 21  |
| 2011 | 大阪   | 90   | 46    | 22  |

表-2 日本大会の参加チームの推移

ンという3つのレベルで構成されており、ジャパンオープンの上位入賞チームに世界大会に出場する資格が与えられる。2002年の開始当初は、関東、東海、九州のみであったが、参加地域が新潟、大阪とジャパンオープンを重ねるごとに増加してきたために、2006年にジュニアジャパンの組織化を行った。国内・国際・渉外担当の運営委員を置き、ジュニア理事とともに運営に携わることになった。また、いくつかのノードを束ねるブロックにもそれぞれ、ノード長、ブロック長を配置してもらい、各ブロック長と運営委員でジュニアのジャパンオープン実行委員会を設置することになった。各リーグ(サッカー、レスキュー、ダンス)には技術委員会を設置し、技術委員長のもと、ルール検討やジャパンオープンでの実際の競技進行を行うことになった。

また日本全国にロボカップジュニアを広めるための普及活動は渉外担当運営委員が主となり、各地をまわりながら、協力してもらえる方を募っていった。この各地での普及活動の開催の成果として、2011年には19ブロック(北海道、東北、北信越、関東、那須・郡山、静岡、東海、石川、京滋奈、関西、兵



図-1 サッカーフィールド(グレースケール)

庫、中丹南丹、四国、岡山、広島、鳥取、島根、九州、沖縄)にまで広がった。

## 各リーグの概要

以下、ロボカップジュニアを構成する各リーグの概要について説明する。

### サッカー

サッカー競技はロボカップ・メジャーリーグ<sup>☆1</sup>でも行われているために、参加者も想像がしやすい。しかしながら、高校生以下の参加者が自律型ロボットでサッカー競技を行うためにはさまざまな工夫が必要であった。ルールは、大きく、競技フィールド、ボール、ロボットのサイズ・重量、その他に分かれる。

当初はロボットが1台である1対1とロボットが2台である2対2と呼ばれる2種類の競技が存在していたが、日本では1人で参加させることは教育的効果が少ないと考え、2対2のみを行っていた。

競技フィールドは、日本が参加した2003年からは、グレースケール(図-1)と呼ばれる黒から白へと段階的に色の濃さが変わる床を用いており、床方向の明るさを読む赤外線センサで判断し、ロボットの方向を決めていた。2009年からは、競技フィールドのサイズが異なる2種類のリーグ(フィール

<sup>☆1</sup> ロボカップでは、ジュニア競技と対比するため、研究者および大学生が参加する、研究目的の種目を「メジャー」と呼んでいる。



図-2 サッカーフィールド(グリーンカーペット)

ド A とフィールド B) が発足された。グレースケールを有効的に利用しているチームが少ないことから、グレースケールの代わりに、小型リーグで用いられるグリーンカーペット (図-2) を用いることになった。ゴールも黄色と青色に塗り分けられ、色で判断できる形となった。このころから、コンパスセンサ (図-3) と呼ばれる地磁気を計測するセンサや色を判別できるカラーセンサの利用が増えてきている。

ボールは、自律型ロボットが認識しやすいように、当初から赤外線発光をする赤外線ボールを利用している。ボールは常時連続発光するため、ロボットがボールを認識することが必要になる。しかし、外部の照明が障害になるために、チームは赤外線フィルタを取り付けるなどさまざまな工夫をしている。2010 年よりフィールド B において、常時発光ではなく、パルス発光を行うボールが導入された。2011 年にはフィールド A でもこのボールが使用されるようになった。この導入により、チームは外部の影響を除いて、ボールだけの信号を認識するセンサ回路の工夫が必要になった。

ロボットは、直径 22cm、高さ 22cm の円筒に収まる大きさが規定になっている。重量は 2005 年までは制限がなかったが、2006 年より重量制限が加わった。単純にモーターのパワーをあげたり、ロボットの重量そのものを重くすれば、当たり負けをしないというロボットが増えてきたため、センシングやプログラムに力を注いでほしいという理由でのルール改正であった。2010 年からはフィールド A を、

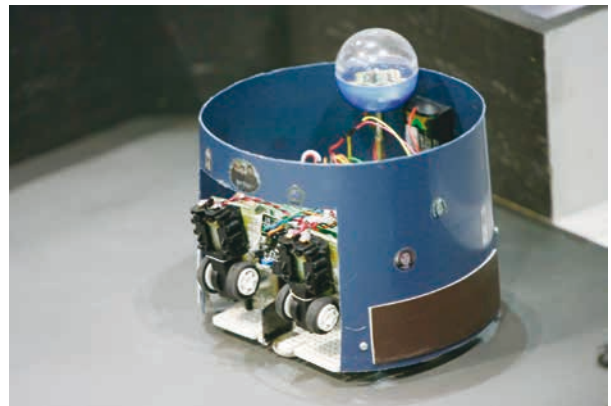


図-3 コンパスセンサを搭載したロボット

| 年      | 重量制限                                                                          |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------|
| 2006 ~ | セカンダリ 2on2 : 2.5kg 以下<br>セカンダリ 1on1 : 2.0kg 以下<br>プライマリ 2on2, 1on1 : 1.5kg 以下 |
| 2009 ~ | A : 2.5kg 以下<br>B : 制限なし                                                      |
| 2010 ~ | A オープン : 1.5kg 以上 2.5kg 以下<br>A ライトウエイト : 1.5kg 以下<br>B : 制限なし                |

表-3 サッカーリーグの重量制限の推移

さらに A オープンリーグと A ライトウエイトリーグと分けて、各サブリーグに重量制限を設けるようになった (表-3)。

そのほか、ゴールキーパーロボットの動き方、ボールを捕捉するエリア、キッカー、ドリブラーなどへの細かなルール改正が毎年行われている。

サッカー競技は、得点が入るか入らないかという単純な競技のため、ジュニアでも競技人口が一番多い。ただし、自分のロボットだけではなく、対戦相手のロボットから学ぶことも多く、参加チームは翌年のために他のチームのロボットから学んでいく機会が多いといえよう。

## レスキュー<sup>2)</sup> ~4)

レスキュー競技は、サッカーやダンス競技と比べて、基本的な考え方が定まるまでに 2 度大きな見直しがされている。

2000 年メルボルン世界大会では「SUMOU (相撲)」というライントレースを主とした競技で、自律型ロボットの基本技術をセンサ活用でのプログラミングから学習するものであった。対戦競技の中でパ

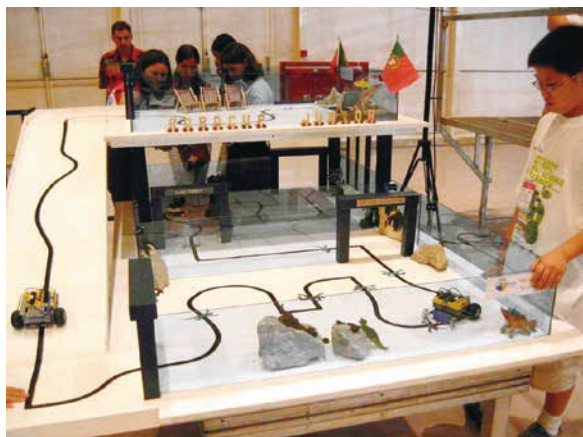


図-4 レスキュー競技場

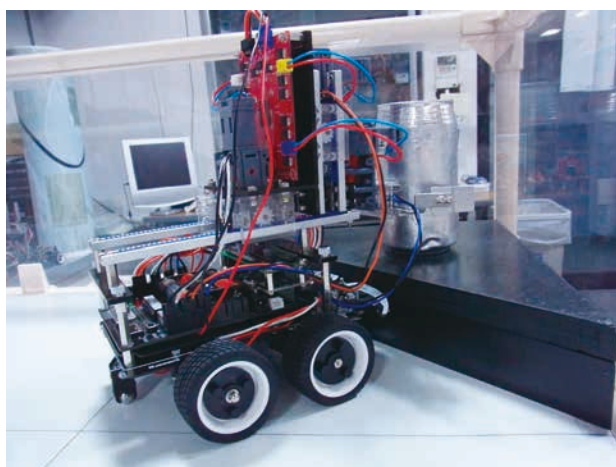


図-6 ゴールエリアと要救助者(缶)

ワートスピードのトレードオフを体験させられるように構成されていた。

2001年シアトル世界大会では、ロボカップの精神である「人間と共生する」ロボットを目指すことから人命救助をテーマとしたレスキュー競技がSUMOUの代わりに考案された。SUMOUと同じロボット1機での競技で、火災が発生した建物の屋上に取り残された人を救出しに行くというストーリーであった。

2003年バドゥヴァ世界大会では、ロボカップレスキューにおいて、米国NISTによって定められた性能試験のための標準アリーナが使われるようになり、それに合わせてジュニアのレスキュー競技も見直されるようになり、現在に繋がる基本的なアリーナが設計された。基本構成として、ライントレースコース(白地の床に黒線)と、スロープ(傾斜度25

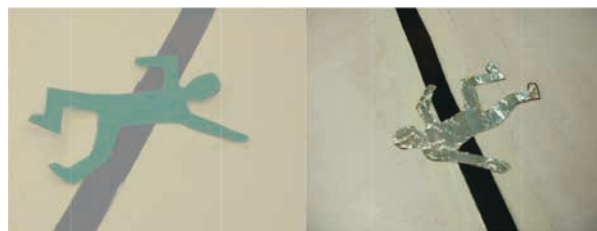


図-5 被災者を模擬した人型

度以内)による起伏が用意されている(図-4)。また、レスキューロボットの役割として、要救助者の探索活動を模擬化した緑色と銀色の人型(図-5)を黒線上に貼り付け、センサを用いて識別できることを要求していた。その後、障害物や黒線の欠落など細部の改良が続けられている。

2010年シンガポール世界大会より、2つの方向性が提案された。1つは、現状の競技場の単純化と客観的な設置である。そしてもう1つはより実際のレスキューに近い競技場にしていくことである。まず、現状の競技場の単純化は、レスキューAという形で提案された。特徴を整理すると

- ①黒線をパターン化したタイルで構成する
- ②レッドゾーン(アリーナの2階部分)にのみ350mlの缶にアルミ箔を撒き、おもりをの中に入れた立体的な要救助者を置く
- ③レッドゾーンに黒線はない
- ④レッドゾーン内にゴールエリアを設け、要救助者をプライマリはフィールドと同じ高さのゴールエリア、セカンダリは高さ6cmの段差のあるゴールエリアに救出することで競技が終了するようにした(図-6)。したがって、セカンダリのレスキューロボットでは、要救助者を持ち上げる機能が必要となり、ロボットの機構として工夫すべき点が増えたことになる。

これに対して、より実際に近いレスキューを目指したレスキューB(図-7)では、競技場は迷路型となり、要救助者も熱源を発するものになった。これにより、探索と行ったアルゴリズムの実装や、多様なセンサの扱いなど、ソフトウェアでの工夫がより



図-7 レスキューB競技場

要求されるようになってきている。

## ダンス

ダンスリーグは、各チームが選定した音楽の演奏に合わせて、2分間のロボットによるパフォーマンスを行うものである。ロボカップの精神では「人間と共生する」ことを目指しているの、ダンスでも人間と一緒にパフォーマンスすることを奨励している。ロボットのプログラム・パフォーマンスの構成・衣装・振り付け・独創性・創造性・エンタテインメント性・マナーを評価対象としている。近年は各チームの持ち時間を5分とし、準備、後片付けも時間内に収めることになっている。ロボットのサイズにも機数にも制限はないが、6×4mの演技エリア内を出ると減点の対象となる。

2010年より「ダンス」「シアター」の2つのカテゴリを評価の中で区別するようになった。

「ダンス」は音楽との競演を重視する演技であり、ロボットは使用される音楽の拍子やリズムに合わせて動くことが要求される。ダンス評価は、音楽のリズムやビートに合ったロボットの振り付けと動きに、特に焦点が置かれる。「シアター」は、音楽は演技の一部ではあるがダンスほどリズムに合っているかは重視されない。むしろパフォーマンスにストーリー性があるか、伝えたいテーマがしっかりと表現されているかに重点が置かれている。つまりシアター評



図-8 ダンスリーグの様子

価では総合的には劇場的な見せ方に焦点が当てられる。つまり、芝居のアイテムとして、ロボットがどれくらい効果的に使われているかである。これ以外に各カテゴリの審査(プログラミング、構造・構成、センサの有効な使い方、振り付け、衣装、エンタテインメント性)も行われる(図-8)。

## 科学的なコミュニケーション力の育成のために

### ポスター発表

ジュニアの参加者には、ロボット製作だけではなく、ポスター作成によるプレゼンテーションを義務付けている(図-9)。

ポスターでの着眼点は、①説明が明白か、②視覚的にアピールしているか、③焦点が定まっているか、を各5点満点で、複数名の審査員が審査を行い、その合計得点で、各カテゴリ別に一番優秀なポスターを選んでいる。

国際大会のときには、日本語ではなく、英語あるいは複数言語で表現するチームもある。また、工夫した点が図解入りであることは、参加者自身が非常に勉強になることが多く、こまめにポスターだけをカメラで記録しているチームも見受けられる。

### 口頭発表

ポスター発表だけではなく、近年は電子プレゼンテーションに加えて、ダンスステージ上で口頭発表をする機会を設けている。最終日の時間が空いたところを使用しているために、チーム数が限られる。しかしながら、大勢の人前でプレゼンテーションをする機会は参加者にとって、非常に貴重な体験になると思われる。



図-9 ポスターの一例

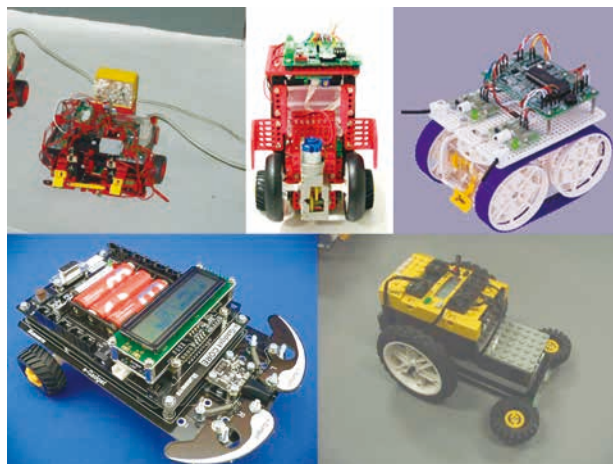


図-10 ロボットキットの一例

## インタビュー

ジュニアは19歳以下の参加者が自分たちでロボットを製作することが必須であるが、どのようにして作成したか、材料調達や工夫、大人の関与などをチームごとにインタビューしていくことが世界大会では義務付けられている。日本においてもダンスリーグは当初より実施してきたが、サッカーやレスキューは競技時間やスタッフの人数の関係上、実施することは難しかった。2011年のジャパンオープンより、スタッフの人数や競技時間の調整を行い、すべてのリーグにおいて、インタビューを実施した。

チームはロボットだけではなく、製作日記のようなログノートを持参する必要があるが、彼ら自身のより自立した活動を意識している。

また、世界大会に出場するためには英語でのインタビューを実施する必要があるが、これも試験的に実施しているところもあり、ロボット製作だけではなく、今後は科学的なコミュニケーションの育成にも力を注ぎたいと考えている。

## ロボットキット

ロボカップジュニアで使用されるロボットは、指定のものがあるわけではなく、レゴ MindStorms や市販されているロボットキットを用いたり、自作したりと、参加者の自由になっている。ただし、市販

のロボットキットのまま、何も改良も行わずに出場することのないようにインタビューや車検時にログノートなどの提出を求めている場合もある。

市販されているロボットキット(図-10)は子供たちが使いやすいように工夫されている。半田付けが必要なものもあるが、プラモデルを作成する感覚でネジ止めだけで組み立てるキットもある。またロボットの組み立てと同時にプログラミングをする必要があるために、市販されているロボットキットはそれぞれ独自のプログラミング作成ソフトウェア(図-11)を搭載している。タイルやブロック形式のソフトウェアは子供たちに視覚的に分かりやすく、なかには、C言語等の高級言語へとステップアップできるように工夫されているものもある。実際、ジュニアの年齢層が高いセカンダリ部門になると自作ロボットでC言語や機械語でプログラミングする子供たちも出てきている。

おりしも中学校の学習指導要領の改訂に伴い、技術科において、「計測と制御」が必須となった。教科書にもロボットキットが掲載されるようになり、このようなロボットキットを授業で使用する学校も増えてきている。

ロボットというと工業高校などの専門的な学校しか参加できないと思われているが、レゴ MindStorms の登場により、そのハードルはかなり下がり、情報・プログラミングの学習を対象として

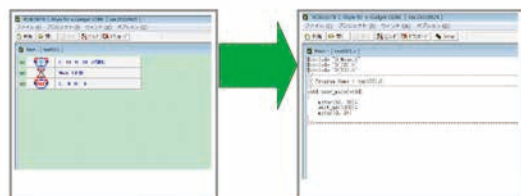
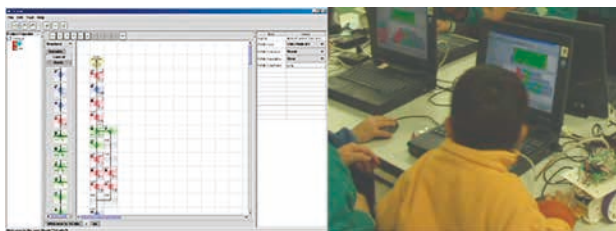


図-11 プログラミング作成ソフトウェア

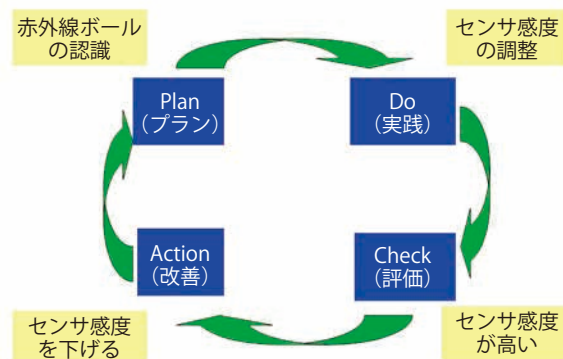


図-12 学習サイクル

ロボット学習に取り組む普通科や理数科の学校も増えた。このような学校からの競技会への参加も年々増えてきている。

## 活動の先にあるもの

ロボカップジュニアに参加する子供たちはロボットの製作、公式な競技会への参加や各地で行われている合宿や学習会などを通して自学自習するスタイル(図-12)を身につけることになる。

サッカーではサッカー A からサッカー B へ、レスキューでもレスキュー A からレスキュー B へと難易度が上がるために、年齢やレベルに応じてステップアップできるように指導をしている。また近年、ジュニアを開始した当初の参加者がジュニアを卒業するようになり、競技会におけるスタッフや審判、各地の活動などで指導者としての役割を果たすようになってきている。私たちの活動は次世代を育成する活動であり、私たちの意志を次世代へと伝えてくれる指導者の育成も必須である。

## 人材育成として

本稿では、2002 年より実施してきたロボカップジュニア日本の活動について紹介した。

人は人によってのみ磨かれ成長する。科学技術の

知識を単に吸収するだけではなく、その使い方を誤らないように学習していくことは非常に大切である。それは人とのコミュニケーションによって磨かれると信じている。次世代を担う子供たちの成長を見守る活動として、混迷を続ける日本社会の一筋の灯りとして、この活動を大切にしていきたいと考えている。

最後に本活動は、北海道から九州・沖縄までのロボカップジュニアの活動に賛同していただける方のご協力があって実施できているものである。この場を借りて関係者各位にお礼を述べたい。

### 参考文献

- 1) 金田忠裕：ロボカップジュニアを通じた地域貢献，平成 19 年度工学工業教育研究講演会講演論文集，pp.394-395 (2007)。
- 2) 金田，野村：ロボカップジュニアレスキューの動向，SI2008，pp.901-902 (2008)。
- 3) 野村，水野，金田：ロボカップジュニアレスキューに見る自律型レスキューロボットの教育的意義，SI2009，pp.666-669 (2009)。
- 4) 野村，水野，金田：ロボカップジュニアレスキューにおける要救助者の探索・救助方法の改善，SI2010，pp.797-800 (2010)。  
(2012 年 4 月 3 日受付)

■金田忠裕 tkameda@osaka-pct.ac.jp

2003 年信州大学工学系研究科博士後期課程修了。博士 (工学)。現在大阪府立大学高専総合工学システム学科メカトロニクスコース准教授。工学教育・ロボット教材などの研究に従事。2007 年よりロボカップジュニア日本国内担当運営委員。2011 年よりロボカップ日本委員会ジュニア担当理事。