



ロボカップこれまでとこれから

清水 優・高橋 友一

ロボカップは、1997年に「2050年に人間とロボットがサッカーする」という夢を実現するために始まった。この10数年の間にプロジェクトの進化、そこから実用化に結びついた技術、さらに多くの人はいかにしてこのプロジェクトに参加したのかを紹介する。そして、これからその夢を実現する為に、技術だけでなく社会との関わりにおいても新しい段階に入ってきている事を、他のプロジェクトの例とともに触れる。
キーワード：サッカーロボット、レスキューロボット、社会ロボット、実用技術

1. はじめに

ロボカップは、「2050年までロボットサッカーチームが人間のワールドカップ優勝チームとサッカーをする」という夢を実現する為に人工知能やロボット工学の研究を促進、関連の分野へ波及を目的としたランドマーク・プロジェクトである。第一回大会は、1997年に名古屋で開催された人工知能の国際会議の併設イベントとして開催され、それから毎年世界大会が開催されている。

その後、サッカーリーグの他に、災害現場をテーマにしたレスキュー、日常生活での生活支援を題材にする@Home、科学技術の啓蒙と異文化との交流を目的とし次世代を対象としたジュニアを加えた4リーグから構成されている。2013年の大会はオランダ アイントホーフェンで開催され、30カ国、410チーム、3,000名強が参加した。ロボカップの大会、各リーグの概要について、多くの紹介記事がある¹⁾。RoboCupをキー

ワードにWebで動画検索すると、参加チームがYouTubeに投稿した動画が得られ、ロボットの動きをみる事ができる²⁾。本稿では、この10数年で人間とロボットがサッカーをする夢にどれだけ近づいたかを紹介し、今後の夢を実現するための課題について述べる。

2. これまでロボカップが成し得た事

(1) 夢にどれだけ近づいているか？

子供とプロのサッカーでは、個人の能力、チームプレーなど歴然とした差がある。ロボットチームがワールドカップ優勝チームと試合をするには、プレーヤの動き、チーム戦略等における差を定量的、定性的に一つ一つ埋めていく必要がある。運動能力の差を示すために、人間のサッカーとロボカップで開催されているサッカーの代表的なリーグのフィールドの大きさ、プレーヤの体格・運動能力と、それらの相対的な数値を

表ー1 人間サッカーとロボカップサッカーとの比較

リーグ	フィールドサイズ (m×m)	プレイヤー数	プレイヤーサイズ (W×D×(H))cm	走力 (m/s)	プレイヤー あたりの面積	プレイヤー サイズグリッド	縦方向の移動時間 (s)
人間サッカー							
トップリーグ	105 × 68	11 対 11	40 × 30 × 180	9.1	59.0	59,500	11.5
中学生	70 × 50	11 対 11	30 × 20 × 130	6.3	28.9	58,333	11.1
小学生	68 × 50	8 対 8	30 × 20 × 100	4.5	53.1	56,667	15.1
ロボカップ実機リーグ							
中型リーグ	2010 18 × 12	5 対 5	30 × 40 から 50 × 80	3.0	8.6	900	6.0
	2003 10 × 5			3.0	2.0	208	3.3
小型リーグ	2010 6.05 × 4.05	5 対 5	18 × 14	3.0	1.3	12,938	2.0
	2003 2.8 × 2.3			1.0	0.3	256	9.3
標準プラットフォーム	6 × 4	3 対 3	27 × 30 × 58	0.1	3.6	395	60.0

表—1に示す。ロボカップサッカーの代表例として、3つのリーグを取り上げた。中型、小型リーグはロボカップ開始時からのリーグで、今までにフィールドのサイズ変更、キック機構の導入など、節々で何度も大きなルールの変更があった。始まってから6,7年経った2003年、その7年後の2010年の値を表にあげた。

中型リーグ:完全自律型のロボットが、ドリブル、キックをし、複数のロボット間でパスをする事を目指す。1997年当時は、フィールドを壁で囲んでボールがコート外に出ないようにし、ロボコンカーにパソコンとカメラを載せてボールを押し込むスタイルから始まった。その後、制御やコンピュータビジョンの課題—壁なしでもボールを外に出ないようにする、自己位置認識用の人工的なマークがなくてもライン情報から自分の位置を認識するなど—を解決し、現在に至っている。

小型リーグ:フィールド上の天井に設置されたカメラを用い、10台のロボットとボールの動きを画像処理する。その処理結果をもとに、各チームは1台のパソコンで5台のロボットの動きを無線で制御する。集中制御方式の特徴を活かし、早い段階からパスなど複数のロボットによる協調動作を実現した。現在は、車輪型ロボットから人型ロボットを使用する種目を導入し、スローイン動作などにも取り組んでいる。

標準プラットフォームリーグ:各チームが同じロボットを使用し、ロボット歩行などの制御アルゴリズム、ロボット間の協調プレーなど要素技術を競う。1999年からソニーのアイボを用い、アイボの製造中止からアルデバランのヒューマノイドロボットNAOを用い競技をする。

中型リーグのロボットは、2007年大会で初めて人間と5対5のサッカーゲームのエキジビションマッチを行った。その後、毎年、人間と中型リーグのロボットの間でゲームを行っている³⁾。写真—1に、2013

大会での人間とロボットの試合の様子を示す。ロボカップ関係者のひいき目で見て、中型リーグのロボットと人間との試合は、小学生レベルの試合内容になっている。

表—1からわかるように、人の成長にあわせて、サッカーフィールドのサイズが広がっている。一人あたりの体格を1単位とした時のフィールドの大きさは小中学生からトップリーグまで58,000前後、縦方向の移動時間は中学生とトップリーグが11秒と相対的には同じ値である事は、サッカーは年齢相応の運動能力にあったゲームになっているとも言える。

2003年から2010年を比較すると、サッカーロボットの能力向上にあわせ、フィールドは大きくなり、確実に人間のサッカーに近づいている。一方で、各指標でまだ数桁見劣りし、さらに能力改良が必要である。

(2) ロボカップを飛び出した技術

レスキューロボット:

東日本大震災での東京電力・福島第一原子力発電所の事故現場で、人間の立ち入りが許されない、作業時間は大幅に制限される環境で、多くのロボットが使用されている。階段の昇降やガレキ上を走行、建物内の探索、放射線濃度の測定作業において、レスキューリーグで活躍したロボットがその高い運動性能から使用され、その目的を達成した⁴⁾。

倉庫自動物流システム(キバ・システムズ):

1999年から2003年の間に4回小型リーグで優勝したコーネル大学のチームを指導したアンドレアは、その経験から多数のロボットと可動式の棚を一つの制御対象と考え、棚の下に入り込み、棚を持ち上げ、移動させるキバのシステムは、従来にない方法を提案した⁵⁾。彼が創業者の一人になっているキバ・システムズは、1,000台を超える無人ロボットによる倉庫内の物量システムを発表し、2013年時点でアマゾンに買収され、アマゾンは自社の倉庫で1,400台のロボットを使用している。

(3) なぜ、これまで続いたのか?

ロボカップに多くの人が参加し、ボランティアベースで運営し、サッカー以外の応用面を広げている。10数年もの間、このプロジェクトが続いている理由に、以下があげられる。

- 1) 今、人工知能とプロ棋士との試合が話題になっている^{6), 7)}(脚注1)。チェス、将棋や碁をするプログラムは、コンピュータ誕生の時から、多くの人



写真—1 2013大会での人間と中型リーグのロボットとの試合

を惹き付けてきたように、自律ロボットによるサッカーは誰もが理解でき、興味をもつテーマで趣旨に賛同（夢をかなえようと）する人が多数いる。

- 2) 技術はオープンで、競技で優勝したチームは、その技術を公開する事が求められている。その公開情報やプログラムを参考にする事で、初心者にも参加しやすい形態をとっている。更に、シンポジウムを競技会と併設開催し、ロボットサッカーなどを題材にしながら、それらを支えるアイデア、アルゴリズムを学術的に評価する場を提供しているので、大学から教育・研究の両面で参加し易い。
- 3) 複数のリーグで、実機リーグとシミュレーションリーグは対をなしている。ロボカップの夢の実現のためには、実機開発は不可欠であるが、技術的、時間的、経済的コストの負担が大きい。パソコンさえあれば開発を始められるシミュレーションリーグは、実機がなくてもロボットの行動計画や画像処理など重要なアルゴリズムの開発や検証を可能にしている。

3. これからの課題

写真一2に、2013年世界大会でのサッカー標準プラットフォームリーグ、サッカー実機リーグ、@Homeリーグの状況を示す。



写真一2 2013 アイントホーフェン大会（左からサッカー標準プラットフォームリーグ、サッカー実機リーグ、@Homeリーグ）

(1) 実験室レベルから実用レベルへ

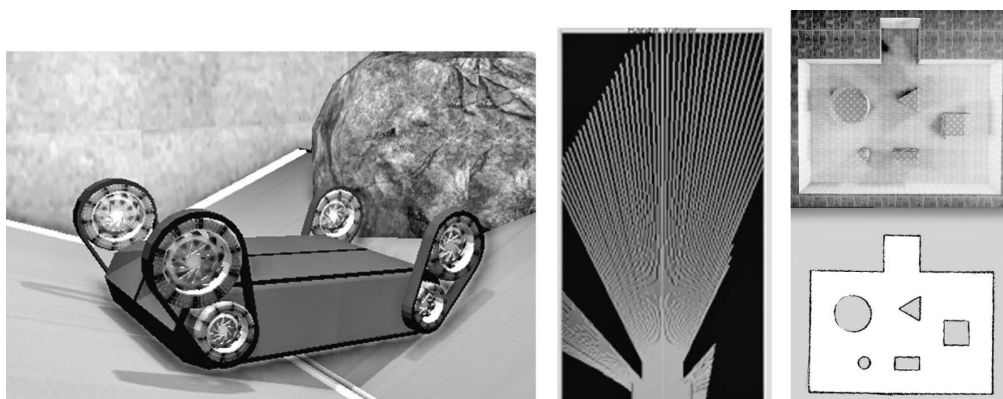
夢を実現するためには、複数のロボットを実サイズのサッカーフィールドで動かす事が必要になる。物理的なロボットの開発・維持管理などの点で今までより大掛かりになってきている。

レスキューロボットリーグ、@Homeリーグでは、作業環境やタスク内容を標準化し、実用化への道のりを明確にしている。レスキュー分野においては、米国テキサス大学のDisaster Cityのような実際の状況を模擬した実証フィールドが整備されている⁸⁾。

施設・費用面で、今後、施設の共有とタスクの標準化が求められている。

(2) シミュレーション環境とその基盤開発

シミュレーション環境としてROS (Robot Operating System) を利用するチームが増加してきている⁹⁾。シミュレーションリーグでも、オープンソフトウェアの環境を利用し、リーグの競技環境もオープンソフトで提供している。写真一3に、レスキューシミュレーションリーグでのロボットと搭載したレンジセンサーからのデータ表示画面とセンサーデータから自動生成した地図をしめす。このようにサッカー、レスキュー、@Homeリーグでは開発されたソフト環境基盤、その成果物と実社会での利用とどう結びつけていくかを検討する必要がある。



写真一3 レスキューロボットシミュレーション（左からレスキューロボットKenaf、クローラを上げている時のレンジセンサーデータ、SLAMによる地図生成）

(3) 社会でのロボット活動

工場のように作業し易いように整備された環境で動く産業ロボットに対する安全基準は確立している。レスキュー活動のように限定された人間しかいない環境で動作するレスキューロボットでも、要救助者の探索中に人と接触し怪我をさせる可能性がある。接触ゲームであるサッカーや家庭での支援作業がテーマの @Home リーグでは、ロボットが人に怪我を負わせない安全に対する技術的な配慮が必要になるし、社会的な整理も必要になっている。RoboCup によって明らかになった問題点と解決策から将来の標準化仕様が策定される可能性は高い。

4. おわりに

RoboCup では、夢の実現に向けて、初期の段階から実用化も視野にいたった次の段階へ進んでいる。その中には、若い世代への教育を担うジュニアの活動、エージェントシステムを用いた建物などからの避難シミュレーション、センサーネットなどがある。

アメリカの DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) は、1960 年代にインターネットの元になった ARPANET をはじめに、多くの革新的プロジェクトを支援してきた。最近では自動運転で有名な Google カーの開発のベースになった Urban Challenge を、現在では、福島第一原発をモデルにした Robotics Challenge を支援している¹⁰⁾。Robotics Challenge と同様に、ロボカップの夢を実現するには、実証フィー

ルドを皆様はじめ社会の方から提供して頂き、技術を高めていく必要がある。2050 年の夢を実現する上で、皆様のご理解、ご支援をお願いします。

脚注 1: ロボカップが始まった 1997 年は、IBM が開発したコンピュータ「ディープブルー」が、当時のチェス世界王者カスパロフ氏に勝利した年である

J C M A

《参考文献》

- 1) ロボカップみちしるべ: シリーズ, 情報処理, 51 (9), 1195-1200 (2010-09-15) -52 (4), から 53 (9), 955-961 (2012-08-15)
- 2) 例えば, <http://www.youtube.com/user/RoboCup2013>
- 3) <http://www.youtube.com/watch?v=ApspTluZO4Y>
- 4) <http://monoist.atmarkit.co.jp/mn/articles/1109/01/news004.html>
- 5) <http://www.kivasystems.com/>
- 6) <http://ex.nicovideo.jp/denou/igo/>
- 7) http://www.ai-gakkai.or.jp/my-bookmark_voll4-no3/
- 8) <http://www.teex.com/teex.cfm?pageid=ESTIprog&area=ESTI&templateid=1944>
- 9) <http://www.ros.org/>
- 10) <http://www.theroboticschallenge.org/>

【筆者紹介】



清水 優 (しみず まさる)
中京大学
工学部
准教授



高橋 友一 (たかはし ともいち)
名城大学
理工学部
教授