

■RoboCup-98報告一 実機ロボット部門

鈴木昭二 大阪大学
秋田純一 金沢大学

ロボット部門があり、それぞれソフトウェアエージェントやロボットシステムの実装を通じてこの課題に取り組んでいる。特に、実機ロボット部門では、このほかに物体の認識、ロボットの位置同定、移動物体の追跡、移動機構、ボールの操作機構、ロボット間の意志伝達などのロボットの基礎的な機能の開発も欠かせない。また、シミュレーション上で完全には再現しきれない現実世界のさまざまな不確実性への対処も重要な課題である。

本稿では、この点を踏まえてRoboCup-98パリ大会を概説する。

●RoboCup-98実機ロボット部門の概要●

RoboCup-98パリ大会は、1998年7月2日から9日にかけてマルチエージェントに関する国際会議(ICMAS-98)に併せて開催された。今大会では、小型ロボット部門、中型ロボット部門と、新設の脚式ロボット部門の3つの実機ロボット部門が開催された。各部門の詳細については、RoboCupのホームページ(<http://www.robocup.org/>)に記されているので、ここでは概要のみを記す。各部門ともビジョンの使用が推奨されており、色によりゴールやボールが識別できるようにそれぞれ別々の色が割り当てられている。

小型ロボット部門は卓球台(1525mm×2740mm)を競技場として用い(図-1および図-2参照)、ゴルフボールを使用する。1チームは5台以内のロボットで構成され、ロボットの大きさは、直径150mmの円または100mm×180mmの長方形に収まる範囲と決められている。センサとしては競技場上方に設置したカメ

●はじめに●

RoboCupは、サッカーを通じ実世界で協調するエージェントを実現するための技術を明らかにしていくことを目的としている¹⁾。そのための情報交換や議論を行うために、競技会とともにワークショップ²⁾を学術会議に併せて開催している。RoboCupの第1回大会は、1997年名古屋において人工知能の国際会議(IJCAI-97)に併せて開催された³⁾。また、1998年4月にはジャパンオープン⁶⁾が、JSMEロボティクス・シンポジアと併せて開催されている。RoboCupに参加するチームは、自分たちがサッカーを通じて取り組んでいる課題を提起し積極的に議論することが求められる。

サッカーの実現には、協調すべき味方エージェントと競合する敵エージェントが存在する中で、常に変化する状況に対応しつつ所定の目的を達成するような行動計画が必要である¹⁾。RoboCupには、シミュレーション部門と実機ロ



図-1 小型競技場全景



図-2 小型部門試合風景

ラの画像を用いるグローバルビジョンが広く用いられている。これは、大きさの制約上ロボットにカメラを搭載することが難しいことにもよる。

中型ロボット部門の競技場の大きさは小型の9面分(4575mm×8220mm)(図-3参照)で、フットサルのボールを使用する。1チームは5台以内のロボットで構成され、ロボットの大きさは、直径500mmの円または450mm四方の正方形に収まる範囲と決められている。グローバルビジョンのかわりに、ロボット上のカメラを用いたローカルビジョンの使用が推奨されている。

脚式ロボット部門は、ソニーの開発した自立型の4脚ロボットをプラットフォームとして用いる。このロボットは全長110mm、全幅90mm、全高110mmで、各種センサ、制御用コンピュータ、バッテリーを搭載している⁴⁾、⁵⁾。可動部分は、各脚に3関節、首に2関節、尻尾に1関節の合計15関節あり、それぞれDCモータで駆動される。競技場の大きさは1800mm×2800mmで、この中で1チーム3台のロボットが競技を行う(図-4および図-5参照)。

●各部門の話題●

小型ロボット部門

小型ロボット部門では、昨年優勝のカーネギーメロン大学が昨年のチームをさらに改良を加え、さらにシステムの安定性を高めてきた。昨年、小型ロボット部門でローカルビジョンのみで準優勝と健闘した奈良先端科学技術大学院大学が不参加となったため、各チームがどこまでシステムの安定化、および戦略面で、昨年の覇者カーネギーメロン大学に追従できるかが注目される大会であった。

・参加チームと試合結果

小型ロボット部門では12チームのエントリーがあったが、オーストラリアからの1チームが器材が到着しなかったため競技会に参加できず、11チームで競技が行われた。参加チームは、アメリカは昨年度優勝のカーネギーメロン大学が、昨年のチームCMUnited97と、それに改良を加えたCMUnited98の2チーム。日本からは4月のジャパンオープン優勝のJ-STAR98と準優勝の東京大学・宇都宮大学合同チームISpaceに加え、J-STAR98からスピンアウトしたメンバによるiXsの3チーム。また地元フランスからはパリ第6大

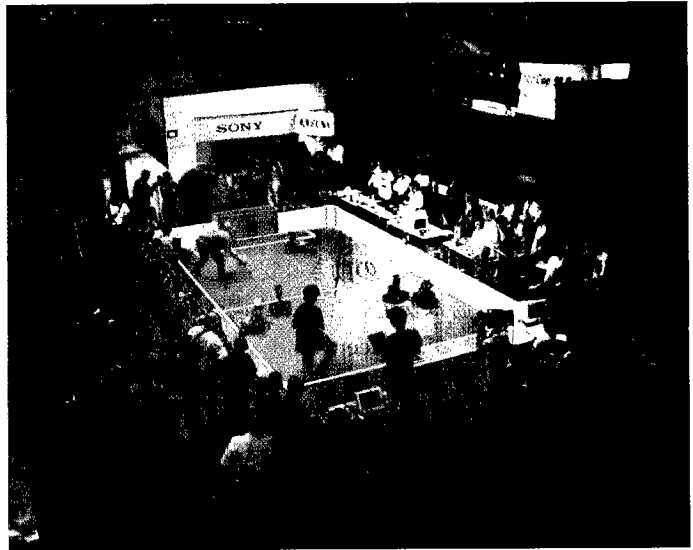


図-3 中型競技場全景および試合風景

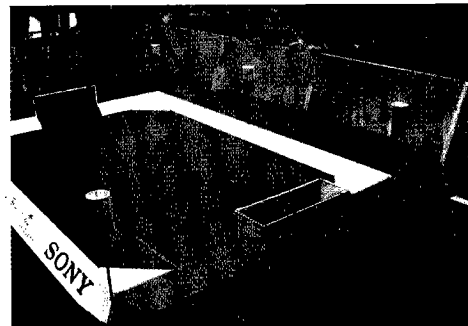


図-4 脚式ロボットと競技場

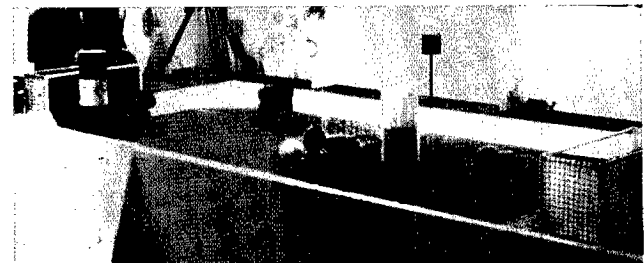


図-5 脚式部門試合風景

学と第8大学の2チーム、ほかに英Cambridge大学、ベルギーのVrije大学、ポルトガルのPorto大学、オーストラリアのQueensland大学の参加があった。

競技はまず3チームずつ4グループに分けての総当たりの予選で各グループ上位2チームを選出し、計8チームでのトーナメント戦を行った。予選では動作が安定しないチームがいくつかあり、動作が安定しているチームが相手の場合は大差がつく試合もあった。準決勝に進んだCMUnited98, Porto大学, Cambridge大学, Queensland大学の各チームはいずれもビジョンシステムが安定しており、またロボットの動きも比較的スムーズで、準決勝はいずれもサッカーらし

い接戦となった。決勝に進んだのはCMU-United98とQueensland大学の2チームであったが、準決勝で敗れた2チームとの動きの差がそれほどないという印象を受けるほど、これら4チームのロボットの動きは安定していた。

決勝は安定した動きの両チームによる接戦となったが、Queensland大学の際を、要所要所で見逃さなかったCMU-United98が、安定したロボットの動きで優勝した。3位はポルトガルPorto大学、4位は英Cambridge大学で、日本勢の戦績は、残念ながらJ-STAR98がベスト8、ISpaceとiXsは予選落ちであった。

• 今大会の話題と課題

小型ロボット部門では、競技場全体を上から見下ろすグローバルビジョンの使用が認められている。今回の参加11チームのうち、ロボット搭載カメラによるローカルビジョンを使用しているチームはISpaceのみで、他のチームはすべてグローバルビジョンのみを使用していた（ISpaceはローカルビジョンとグローバルビジョンの併用）。競技場の照明用ライトの個数が事前にアナウンスされていた数よりも少なく、各チームともビジョンシステムの調整には苦労していたようであった。また各試合の競技場の分配がしっかり決まっておらず、カメラの位置調整でも比較的時間がとられていたようであった。

ロボットの機構で特に目立った点としては、キッキングデバイスを持つロボットがいくつかあった。シュートの場面などでそれを使用し、観衆の歓声をあげていたが、それほど有効に機能はしていないような印象を受けた。また無線通信機に、同一メーカー製の無線モジュールを用いているチームが多く、周波数が2種類しか変えられないため、隣接する競技場で同時に試合や練習をできないという問題点があった。

中型ロボット部門

• 参加チームと試合結果

中型ロボット部門のエントリは18チームあったが、Deakin大学（オーストラリア）がロボットの故障のために、Sharif工科大学（イラン）は査証の関係で競技には間に合わなかった。結局、競技は、日本からの大阪大学、奈良先端科学技術大学院大学、UTTORI United（宇都宮大学、東洋大学、理研合同チーム）、昨年の参加チームであるオーストラリアのメルボルン工科大学、米国の南カリフォルニア大学とUllanta Performance Roboticsに加えて、米国のYale大学、ド

イツのUlm大学、CS Freiburg、ミュンヘン工科大学、Tuebingen大学、GMD、そのほかにポルトガルのリスボン大学、イタリア代表チーム、地元フランスのパリ第6大学、REAL MAGICOL（コロンビア、フランス合同チーム）の計16チームにより行われた。

競技は、まず4チームずつ4グループに分けての総当たりの予選で各グループ上位2チームを選出し、計8チームでトーナメント戦を行った。予選では、前回優勝の南カリフォルニア大学が敗退するという波乱があった。準決勝2試合は図らずも日独対決となり共にドイツのチームが制し、優勝はドイツのCS Freiburg、準優勝がドイツのTuebingen大学、3位が大阪大学、4位がUTTORI Unitedとなった。奈良先端科学技術大学院大学はトーナメント戦の第1試合で大阪大学に敗れてしまった。

また、トーナメント戦とは別に試合の終了したチームと遅れて到着したSharif工科大学による親善試合がいくつか行われた。こちらは、競技会とは対照的になごやかな雰囲気で行われていた。

• 今大会の話題と課題

予選ではまともにロボットの動かないチームも見受けられたが、トーナメント戦からはサッカーらしい試合が見られるようになった。結果的には、安定して動くプラットフォームを持ちこれに独自の技術を盛り込んだチームが活躍していたようである。優勝したCS Freiburgのロボットは小型のレーザーレンジファインダを搭載し、ロボット同士の情報を統合することにより競技場内の物体の認識と追跡を正確に行っていた。ただし、ロボット間の情報の統合はグローバルビジョンを用いることと等価ではないかという指摘もあった。大阪大学は強化学習によりシミュレーション上で獲得したシュート行動を実機に移植していた。UTTORI Unitedは無線LANを利用した協調行動の実現を目指した。奈良先端科学技術大学院大学と南カリフォルニア大学はラジコン自動車をベースに開発した自立型のプラットフォームを披露した。

今大会の特徴の1つとして、パイオニア社がRoboCup向けに安価で販売しているロボットをプラットフォームとして用いるチームが多かった点あげられる。しかしながら、これらのロボットの大きさは中型部門の規定ぎりぎりであるために、これにボール操作機構をつけたチームはい

ずれも規定サイズを超えていた。今回に限っては例外的に参加が認められたが、サイズに関するルールの取り扱いは今後問題である。ちなみに、今回の優勝と準優勝のドイツチームはいずれも規格外サイズのロボットで参加していた。

脚式ロボット部門

ソニーが開発中の脚式ロボットをプラットフォームに用いたソニー主催の部門である。この部門では、共通のプラットフォームで開発されたソフトウェア資産の共有を目指している。

・参加チームと試合結果

脚式ロボット部門には、パリ第6大学、大阪大学、カーネギーメロン大学の3チームが参加した。総当たり戦で試合が行われ、優勝がカーネギーメロン大学、2位がパリ第6大学、3位が大阪大学となった。

各チームの用いるロボットはいずれもソニーから貸与されたものであり、会場にはソニーのスタッフが常駐し各チームのサポートをしていた。

・今大会の話題と課題

ソニーはロボット本体とともに、歩行ライブラリ、色認識ライブラリなどの基本的なソフトウェアも提供しているが、これらの利用戦略はチームごとに異っていた。パリ第6大学は、独自に歩行ライブラリを開発し、より安定した歩行の実現を目指した。カーネギーメロン大学は色識別関数を工夫し、ランドマークを観測することによる自己位置の同定を試みた。大阪大学は実機ロボットによる学習のとりかかりとして教師の教示した行動のロボットによる再現を試みた。

課題としては、ロボットの移動に伴う身体の揺れにより引き起こされるさまざまな問題が観察された。特に、安定した歩行、画像の入力、ボール操作などが解決すべき課題として明らかになった。また、本部門はプラットフォームが準備されているが、参加チームを増やすためにはより多くのプラットフォームの供給と継続的なサポートが必要である。

●まとめ●

実機ロボット各部門に共通する技術的な課題としては、まず照明条件の変化に強い視覚システムの開発があげられる。各部門とも色によりボールやゴールの識別を行っているが、照明の

当たり方によっては色が正しく認識できない。そのため各チームとも色識別のためのビジョンシステムの調整に手間どっていた。また、サッカーはボールをとりあうために本質的にプレイヤー同士の接触が避けられない競技であるが、これまでのロボットシステムの設計思想では接触は避けるべきものとして扱われてきた。現状ではこれに対する解決法は示されていないが、今後は接触を意識したロボットの設計開発も必要となるであろう。

今大会の大きな問題点としては、競技会とワークショップが同時に開催されることの意義が参加チームに必ずしも徹底されていなかった点がある。参加チームの技術解説が提出されなかったり、競技準備に集中するあまりワークショップへの参加がおろそかになっていた。そのため、各チームの技術的な特色が分からず、情報交換や議論も十分に行えなかった。また、試合の勝敗にこだわるあまりルールの解釈をめぐる議論が長引くこともあった。今回の競技偏重の風潮はRoboCupの意義を重んじる参加者や研究者にとっては好ましくないものであった。

次回、1999年の大会はストックホルムにおいて人工知能の国際会議 (IJCAI-99) に併せて開催されるが、改めてRoboCupの意義の徹底が図られることであろう。また、ある程度ロボットが安定して動くことが、技術を比較し議論を深める上でも、また、試合を面白くする上でも必要である。そのために、いかに基本性能の高いロボットの参加を増やすかが次回の課題である。

謝辞 写真および情報を提供してくれた東京工業大学助手 中川友紀子氏、大阪大学大学院 知能・機能創成工学専攻 博士課程 光永法明氏および修士課程 三島千寿子氏に感謝する。

参考文献

- 1) 北野宏明, 大沢英一, 松原 仁: なぜ今, RoboCupなのか?, bit, 1996年5月号, pp.22-27, 共立出版 (1996).
- 2) Kitano, H. (Eds.): RoboCup-97 Robot Soccer World Cup I, Lecture Notes in Artificial Intelligence 1395, Springer (1998).
- 3) 松原 仁, 北野宏明, 浅田 稔, 野田五十樹, 鈴木昭二: RoboCup-97報告, 情報処理, Vol.38, No.12, pp.1077-1082 (Dec. 1997).
- 4) Fujita, M., Kitano, H. and Kageyama, K.: Legged Robot for RoboCup based on "OPENR", Proc. of The First International Workshop on RoboCup, IJCAI-97, pp.69-74 (1997).
- 5) Fujita, M. and Kageyama, K.: An Open Architecture for Robot Entertainment, In Proc. of The First International Conference on Autonomous Agents 97, pp.435-442 (1997).
- 6) <http://www.er.ams.eng.osaka-u.ac.jp/robocup/jnc/>
(平成10年8月13日受付)