



標準プラットフォームリーグ

第4回

- 大森康朝 (東海大学教育支援センター)
- 中川友紀子 ((株)アールティ)
- 野田五十樹 (産業技術総合研究所)

標準プラットフォームリーグについて

ロボカップサッカー標準プラットフォームリーグ (Standard Platform League, SPL) は、1998年パリで開催された第2回ロボカップでエキシビションが行われ、翌年の第3回大会より正式なリーグとなったRoboCup SONY legged robot league (4足リーグ)から始まった競技である。当初は名前の通り、SONYの4足歩行ロボットAIBOを用いたリーグであったが、AIBOの生産終了を受けて2008年の第12回大会からは、Standard Platform Leagueと名称を変更し、共通ハードウェアによりサッカー競技を行うリーグとして再構成された。名前の通り、すべての競技チームが指定された標準プラットフォームを用い、ハードウェアに手を加えることなく、ソフトウェアの優劣を競うことが特徴である。標準プラットフォームを用いるためハードウェア作成の技術や知識を多く必要とはせず、人工知能やソフトウェアなど情報科学・工学分野の研究者の参加が容易なリーグの1つとなっている。全方位カメラ・ステレオカメラやレーザスキャナなどのハードの追加が認められていないため、限られたセンサから情報取得をソフトウェアでカバーする手法や、より精度の高い自己位置同定のための戦略などについて多く研究されてきている。

標準プラットフォームとしては、もともと使われてきたSONY AIBOに加え、2008年に2足歩行ロボットNAOが後継として選定され、徐々に徐々にNAOへの移行が進められてきた。本稿では、これまで長年行われてきたAIBOによる4足競技と、新標準プラットフォームであるNAOによる2足競技について、各々紹介していく。

AIBOによる4足競技

筆者の1人は2005年ロボカップ4足リーグ競技北九州大会より、東海大学ロボカップサッカープロジェクトのメンバとしてリーグに参加、2010年ジャパンオープンまで連続出場し、2008年からジャ

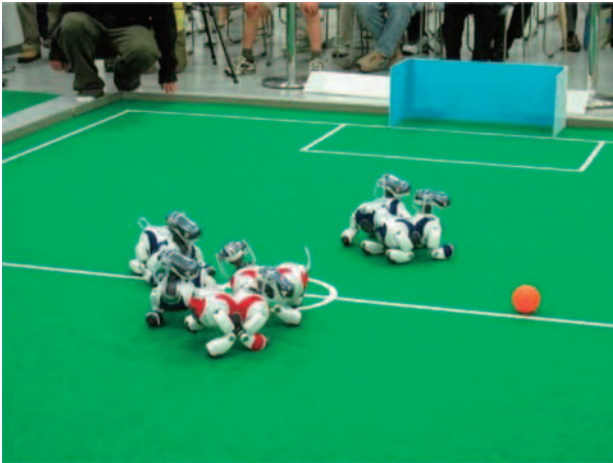


図-1 4足リーグ競技(2005年)の様子

パンオープン4足(標準プラットフォーム)リーグ実行委員として活動、第9～11回の世界大会に出場した。東海大学ロボカップサッカープロジェクトは、ドイツブレーメンで開催された第10回大会出場を目指し、理学部情報数理工学科の教職員、学生によって構成され、筆者は技術職員としてチームの技術的サポートを行った。研究者ではなく競技者の立場から筆者の携わった4足リーグの最後の6年間を紹介する。

レギュレーションと主な対応策

この競技の最も重要なレギュレーションは、AIBOという標準プラットフォームを用いるということである(図-1)。試合は5対5で行われるが、ハードが共通であり、またソフトウェアの基本的な開発環境も提供されているため、完全にアルゴリズムの戦いとなるのがこのリーグの特徴である。

AIBOの視覚システムは、体の前方に搭載され視野角が狭く、多くの情報を得るために首を大きく振りながら競技を行わなければならない。ほとんどのチームは、前足を深く曲げ、“ほふく前進”のような4足歩行をすることで対応した。前足を深く曲げることで歩行時のカメラの上下動を減らし、安定した認識・行動が実現できている。

筆者のチームが初めて参加した2005年、大幅なフィールドレギュレーション変更があった。フィールドレギュレーション変更の内容は以下である。



図-2 4足リーグ競技(2010年)の様子

- フィールドの周りに設置されていたバンクの撤去、ゴールライン、サイドラインを導入
- フィールドサイズを4.6m × 3.1mから6.0m × 4.0mへ拡大

それまでフィールドの周りにはバンクが設けてあり、どの方向に放たれたボールもフィールドの中央付近に戻り、ゴールへの到達が容易であったが、バンクが撤去されラインを越えたボールは、ラストタッチのチームが不利な位置へレフリーによって移動されるようになり、ボールコントロールの向上が求められた。この頃から、ボールを顎の下・両前足で挟み込む形で狙いを定め、頭部を利用しボールをコントロールするチームが多くなった(図-2)。ただし、このプレイを継続した場合、ボール奪取が困難なため、移動距離制限、時間制限などのルールが設けられている。

2007年、新たに以下のフィールドレギュレーションの変更があった。

- 位置情報を提供するビーコンの数を4つから2つへ削減
- 箱型のゴールから棒だけのゴールへ形状変更

この変更により白線やゴールの幾何的形状を利用した自己位置同定法など、より高度な自己位置同定法による対応が求められた。世界大会で最後となった2009年、さらにフィールドレギュレーションを含めたルールの変更があったが、筆者は出場していないため紹介は省略する。



図-3 11対11ドイツvs日本

世界大会

世界大会は、各地のロボカップオープン（ジャパンオープンやジャーマンオープン）や前年の世界大会の結果・技術内容などによって選抜が行われ、参加希望チームの中から24チームに出場権が与えられる。共通のプラットフォームを利用することから、複数の研究機関が共同でチームを運営することや技術の連携が容易で、連合チームとして参加するチームも多い。例年ドイツ、オーストラリア、アメリカのチームが強豪として勝ち残り、これらの中で上位が争われることが多い。日本からの参加チームも比較的多く、最大で5チームが出場した。ただ日本チームの上位入賞は難しく、ベスト8が最高位である。日本の苦戦の理由として照明環境の違いが考えられる。日本では室内照明として、白色蛍光灯が多く用

いられ直接照明である。これに対して多くの海外の地域では黄色照明が用いられ暗い。現地では環境対応に多く時間を割くが、対応は容易ではなく予選でボールを追えないチームもある。世界大会に出場するどのチームも、戦略的なチーム力に差はそれほどない。しかし、環境適応力はチームメンバーの経験や知識に左右され、勝敗に差が出てしまう。そのためチームメンバーが介入することなく、環境適応に関する自律制御を研究課題として取り組むチームも多い。

このリーグは共通プラットフォームにより合同チームを容易に編成できることから、ワールドカップイヤーである2006年にドイツブレーメンで開催された第10回ロボカップでは、中型ロボットリーグのフィールドを使用し、11対11のエキシビジョンを行った（図-3）。出場チーム数の多いドイツ、オランダ、日本の3カ国で代表選手による国別対抗戦である。4足ロボットがプレイするには中型ロボットリーグのフィールドは広すぎたため、いずれの試合もスコアレスドローのまま終わりを迎えたが、現地、国内でもライバルとして戦うチーム同士が協力して、ワールドカップ開催国で試合を行ったという経験は非常に思い出深く心に残っている。本当のワールドカップへと日本代表選手を送り出した選手の関係者の気持ちを体験したかのようなようだった。

プラットフォーム変更に伴い参加チーム減少の中、2009年をもって世界大会での4足リーグは終了した。

国内競技会

最も大きな国内競技会はジャパンオープンであり、参加チーム数は、多いときで12チームほどあった。九州、西日本のチームが強豪として知られている。4足リーグに参加するチームは東日本に多く、東日本のチームを中心とした春季競技会が開催されていた。国内の競技会は出場に関する審査などは特になく、共通のプラットフォームを利用すること、世界大会出場チームのソースプログラムがチームによって公開され、オープンソースとして利用が可能であることから、新規参加のチームが上位に入賞するこ



図-4 フィールド内外を彩るロボット

ともあった。

4足リーグは最も人気のリーグであると言える。その理由として、4足リーグで用いる標準プラットフォームが一般家庭で入手可能なロボットであることが挙げられる。愛くるしいその姿には、子どもから大人まで年代を問わず人気がある。特に日本国内では、ロボットオーナーは非常に多く、大会期間中に、競技で使用されるロボットの数より、サポーターとして会場に訪れるロボットの方がむしろ多いくらいである。競技で使用しているロボットと、まったく同じロボットがサポーターとして応援にくる唯一のリーグである。

世界大会ではすでに終了となっていたが、多くのサポーターからのリーグ存続の声を受け、国内競技会はロボカップジャパンオープン 2010 大阪まで続けられた。そして、この最後の競技会に、リーグ実行委員会、研究機関の参加チームの協力のもと、一般家庭のロボットオーナーの有志によるチームが参加

した。本来、機体レギュレーションでは、カラーはホワイトに限ることが定められているが、今回は特別にブラック、ブラウンの参加を認めた。例年は、サポーターとしてフィールドの外から応援していた一般家庭のロボットたちがフィールドに立ち、“我が子”の活躍をオーナーたちが見守る中、さまざまなカラーの機体による試合は、大変盛り上がりリーグ終了に華を添えた(図-4)。

FC Twaves について

筆者が所属する東海大学ロボカップサッカープロジェクトのチーム FC Twaves を紹介する。2005 年からロボカップ 4 足リーグに参加し、世界大会出場チームのオープンソースプログラムは利用せず、オリジナルソースプログラムで挑戦した。初の公式戦、2005 年ロボカップ 4 足リーグ競技北九州大会では、勝利することはできなかったものの、チャレンジ競技での成績を認められ、第 9 回世界大会にリザーブエントリーで出場したが、一次予選で敗退した。翌年、国内外のチームと技術交流の結果、大幅なプログラムの変更をした。画像処理の高速化を行い、顎の下、両前足で挟み込むボールコントロールを採用した。その年の国内競技会で上位入賞を果たし、世界大会でも一次予選を突破しベスト 16 へと進んだ。2008 年にはプラットフォーム変更に伴い、世界大会への出場は見合わせた。国内競技会ロボカップジャパンオープン沼津大会で準優勝した。また、この沼津大会のプレイイベントとして開催された WAZA フェスタ 2007 やマジックショーに参加。通常、ジャパンオープンではできないロボットの遠隔操作の体験や、ダンスパフォーマンス、サインパフォーマンスなどでロボットを身近で体験する機会を提供し、ロボカップジャパンオープン開催をアピールした(図-5)。続く 2009 年も準優勝し、最後となった 2010 年は念願の優勝を果たした。参加チーム減少の中、最も長い歴史を持つチームの 1 つであり 2009 年優勝の Baby Tigers DASH (龍谷大学、大阪市立大学) を決勝で破っての優勝は、4 足リーグ



図-5 ジャパンオープンを盛り上げるパフォーマンス

最後の大会としてふさわしい結末になったと筆者は考える。

NAO による 2 足競技

2 足競技は、Aldebaran Robotics 社製小型人型ロボット NAO RoboCup Edition を標準ロボットとして使用しているサッカー競技である。この競技では 1 チームは 3 台構成であり、濃い赤に近いオレンジ色のボールを用いている (図-6)。フィールドは 7.4 × 5.4m の緑色のパンチカーペットである (図-7)。また、各ゴールの大きさは 2m 幅で構成しており、フィールド上の白線や、両サイドにあるゴールの黄色と青のゴールポストも位置測定に用いることができる。各チームのロボットはレフェリーボックスと呼ばれる無線 LAN システムによって、送信される試合の開始・中断などの指令を受け取り、画像認識による自己位置同定や戦略を駆使した自律ロボットによるサッカー競技となっている。また、会場では



図-6 NAO RoboCup Edition とボール

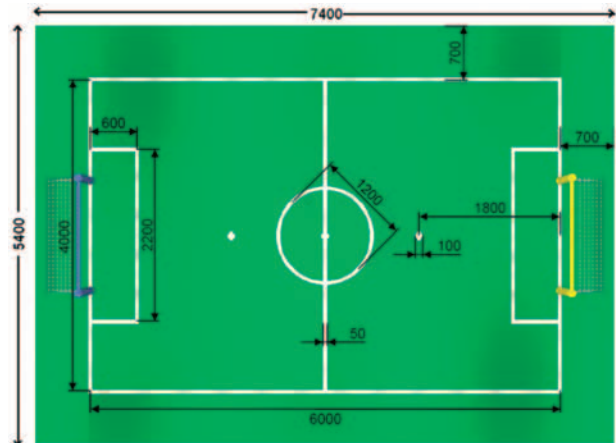


図-7 SPL のフィールドサイズ

フィールドの周りには観客を隔てる柵があるがチーム側のほうはない (図-8)。

本章では、2 足競技に使用されているロボット、および競技内容や世界大会の様子について説明し、次章において RoboCup を通じて取り組まれている 2 足競技での研究テーマについても紹介する。

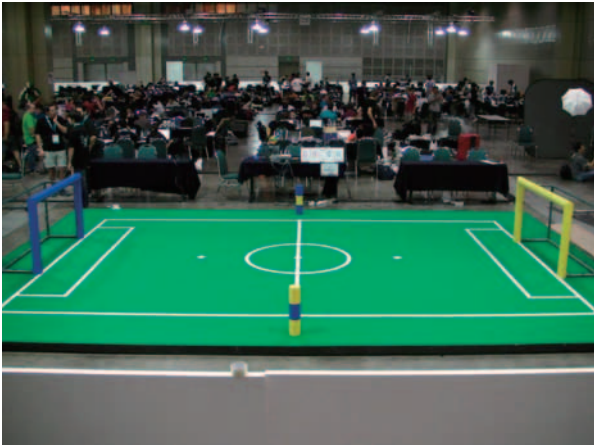


図-8 SPL フィールド

標準機 NAO について

2 足競技で使われている小型 2 足歩行ロボットは、Aldebaran Robotics 社製 (仏)^{☆1} の 2 足 2 腕の小型人型ロボット NAO である。NAO は、RoboCup Edition と Academic Edition を含めた販売台数が世界 27 カ国、1000 台以上 (2010 年 4 月時点) となっており、世界的な研究用 2 足歩行ロボットの標準機としても採用され始めた人型ロボットである。

NAO は、GEODE500MHz の CPU ボードを搭載し、自律で動作が可能であり、無線 LAN を搭載しているため、リモートブレインはもちろん、複数台の連携も可能となっている。RoboCup では自律動作、および連携を前提としたサッカー競技でのチャレンジがなされている。特に、搭載された 2 つのカメラで画像処理を行ってフィールド上の自己位置の同定をオンボードでするなど、多彩な機能を駆使したプレイが大会では披露されている。NAO RoboCup Edition の仕様を表-1 にまとめたので参照されたい。

2 足競技のルール

2 足競技には、チャレンジと称する規定された技術的な取り組みとサッカーの試合で構成される。サッカーの試合は前後半戦各 10 分、ハーフタイム 10 分となっている (図-9)。世界大会では、予選では各グループでの総当たり、本戦で勝ち抜き戦のトー

サイズ	58cm 足裏長 18cm
重量	4.8kg
カメラ	上下 2 方向
自由度	25
CPU	GEODE 500MHz 無線 LAN 搭載
開発言語	Python, C++
センサ	各軸磁気式エンコーダ内蔵 CMOS カメラ 2 台搭載 マイクロフォン 2 個 傾きセンサ 2 軸ジャイロ, 3 軸加速度センサ FSR (Force Sensing Register) × 4 (片足)

表-1 NAO RoboCup Edition 主な仕様

ナメントとなる。今年は、4 グループによる予選が行われ、各グループでの上位が本戦に進出する形でトーナメント出場チームが決められた。

ルールの詳細については下記に掲載されている (英文のみ)。

<http://www.tzi.de/spl/bin/view/Website/Downloads>

また、競技内容の詳細については下記の URL を参照されたい。

<http://www.tzi.de/spl/bin/view/Website/WebHome>

2 足競技の出場と試合結果

ルールにも記載されているように、NAO RoboCup Edition (1 チーム 3 台セット) が必須となっている。RoboCup ジャパンオープンでは参加チームが少ないため、NAO Academic Edition の参加も特例で認められているが、世界大会では RoboCup Edition のみが参加可能となっている。

世界大会への参加は、技術研究をアピールするチームディスクリプションの提出、ビデオ審査などがあり、これらの審査とこれまでの戦績により選抜が行われ 24 チームが出場資格を得る。RoboCup2010 での優勝チームは圧倒的な実力差を見せた B-Human, 準優勝は rUNSWift であった。日本からの世界大会への参加チームはまだなく、今後、国内参加チームの増加と強化が望まれる。

^{☆1} 日本総代理店は (株)アールティ。

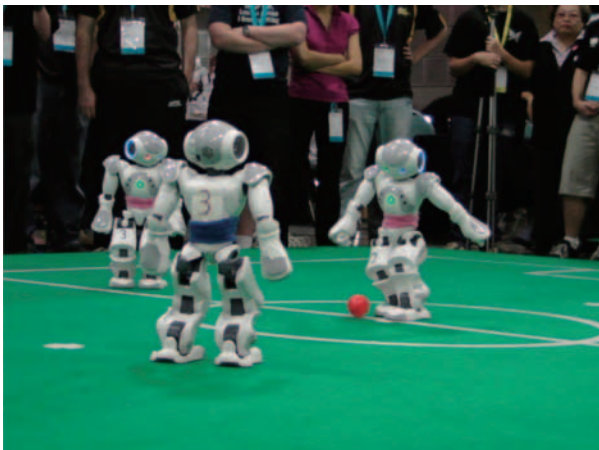


図-9 試合の様子

2 足競技における研究テーマ

2足競技では、RoboCupへ参加することだけではなく、研究テーマとしても各チームがさまざまな技術研究課題に取り組んでいる。RoboCupへ出場することは、研究テーマの検証のためでもある。RoboCup2010でアンケートをとった研究内容結果の概要を紹介する(アンケート配布数20, 有効回答12)。

アンケートと各チームに話を聞いた結果、基本的にロボットはコンピュータに手足が生えたものという感覚での研究対象として見ており、コンピュータで言えばワークステーションのような利用のされかたをしている。約80%の研究室が画像処理をメインの研究テーマにあげており、残りの20%が動作生成や行動計画をメインの研究テーマとしている。これは、NAOが独自開発が必要な部分以外は、基本APIとして歩行や画像処理などを備えているため、研究テーマに特化した開発が可能であり、短期間での開発によりロボットでの実験を可能にし、SPLへの参加を容易にしていると考えられる。ただし、優勝チームなどは、動作生成をNAOのAPIに頼らず、すべての制御を自前のソフトウェアでまかなっているところもある。いずれも、卒論や修論などの研究テーマを応用し、実世界で実用化できるかどうかをテストするためにSPLを利用している。

下記のURLにRoboCup2010のチームディスクリプションが集められており、各チームの技術内容の詳細が書かれているので、参照されたい。

<http://www.tzi.de/spl/bin/view/Website/Teams2010>

SPLの1チームにおける平均メンバー数は約8.4人、20人近いメンバーを持つチームもあった。また、問題点としてあげたのは価格とメンテナンス性であり、ほぼすべての研究室が80%以上の年間研究費をNAOの購入とメンテナンス費に費やしている。また、ロボットは修理に出す頻度が高く、耐久性の向上が期待されている。

また、RoboCupの試合以外では、RoboCupチャレンジなどがあり、NAOによる3台のパスの受け渡しなどが披露され、すべてのチームではないが、見事なパスをするチームもあり、年を追うごとに動作のレベルが上がっている。そのほか、試合終了後、各チームの研究を紹介する時間が設けられており、画像処理、距離計算、色抽出などさまざまな研究についての紹介も行われ、活発にディスカッションが行われていた。

最後に

本稿では標準プラットフォームリーグの4足および2足競技の取り組みについて紹介した。このリーグはシミュレーションリーグと同じくソフトウェアを主体とした競技となっており、ハードの実装に煩わされることなく参加できる競技になっている。

AIBOを用いる4足競技は、競技の縮小・終了を余儀なくされたが、研究プラットフォームとしての評価はいまだに高く、AIBOの生産終了が惜しまれる。また、2足競技で用いられるNAOについてはRoboCupに競技として参加するだけでなく人型の標準プラットフォームとしても活用されていることを紹介した。さらに、NAOは、SPLのみならずロボカップ@ホームのリーグでも利用されている。特に人工知能分野では、メンテナンス性がよく、開

発環境が整ったプラットフォームとして世界中の研究者から歓迎されていることから考えても、今後のソフトウェア開発動向が気になるところである。

2010年は、ジャパンオープンでは3チームあったものの、世界大会へは残念ながら日本からの参加チームは0であった。2011年のイスタンブール大会、2012年のメキシコ大会に向けて、ぜひ国内からも幅広く参加していただきたい。

(平成23年2月9日受付)

■大森康朝 oomori@tokai-u.jp

2001年東海大学理学部情報数理学科卒業、同研究推進部（現教育支援センター）に技術職員として入職。ロボカップ4足リーグ競技2005北九州大会より、チームとして参加。2008年よりロボカップジャパンオープン4足（現標準プラットフォーム）リーグ実行委員として活動。

■中川友紀子 nakagawa@rt-net.jp

1995年法政大学工学研究科システム工学修士課程修了、同年東京工業大学助手、科学技術振興事業団ERATO北野共生システムプロジェクト研究員、日本科学未来館等を経て（株）アールティ代表取締役（現職）。1998年より小型リーグに参加（現在は小型リーグ実行委員として参加）、2009年よりAldebaran Roboticsの日本総代理店。

■野田五十樹（正会員） i.noda@aist.go.jp

1992年京都大学大学院工学研究科修了、電子技術総合研究所に入所後、改組を経て、現在、（独）産業技術総合研究所情報技術研究部門主任研究員。筑波大学および東京工業大学の連携講座教授を兼務。博士（工学）。マルチエージェント社会シミュレーション、災害情報システム、機械学習の研究に従事。人工知能学会、RoboCup Federationa、ロボカップ日本委員会、防災推進機構理事。