

人間とロボットのサッカーゲーム実現に向けた考察と開発環境の提案

A proposal new platform based on USARSim toward Realization of RoboCup Dream

和田 拓也[†], 高橋 友一[†], 清水 優[‡]

Takuya Wada[†], Tomoichi Takahashi[†], Masaru Shimizu[‡]

名城大学[†], 中京大学[‡]

Meijo University[†], Chukyo University[‡]

e0830115@ccalumni.meijo-u.ac.jp, ttaka@meijo-u.ac.jp, shimizu@sist.chukyo-u.ac.jp

Abstract

Since RoboCup began in 1997, the robots have been improving to achieve the dream: a team of fully autonomous humanoid robot soccer players will play soccer games with human players by 2050. In this study, we survey the features of RoboCup soccer leagues and show problems that we have to solve toward realizing human versus robot soccer games complying with the official FIFA rules. We propose a platform based on USARSim that are useful to check new rule setting and sensor algorithms necessary to achieve the dream.

1 はじめに

RoboCup はロボットと人間によるサッカーゲームの実現を夢として、関連の研究技術の進歩を目的にしている。その目的のために各種リーグが開催されている。例えば中型リーグでは 1997 年から比較するとコートが拡大される、コート横の壁がなくなる、自分の位置を計算するためのランドマークが取り外されるなど、確実にロボカップの夢に向けて進歩している (図 1)。一方で、人間とサッカーをする視点から見ると、FIFA のルールでサッカーをするためにはコートの大きさや人間型ロボットの開発に加え、ロボット同士では使用できるセンサーが使用できないなど課題は多い。

RoboCup Rescue で使用されている Urban Search And Rescue Simulation(USARSim) は、フィールドの

設定に加え、レンジセンサやカメラなどの各種センサモジュールをもったシミュレータである [1]。現在 Mixed Reality Simulation(MR) リーグや小型リーグでは、ロボットはフィールド全体を写すグローバルビジョンからすべてのロボットの位置情報を得る。フィールド内のロボットの位置情報を取得するグローバルビジョンシステムや、中型リーグで使用されている全方位カメラ¹も、人間とサッカーをするロボットのセンサとしては中間点であり、最終的にはロボットはそれぞれのロボット本体に装着されたカメラから得られる前方の画像を元に行動する必要がある。

今回我々は最終的な人間対ロボットのサッカーゲームを意識し、アルゴリズムの検討を行う環境として USARSim を利用したサッカーシミュレータを提案する。その特徴は、フィールドサイズはロボットの性能に応じ変化を付ける、実際のロボットに則したセンサーをロボットに搭載できるなど、FIFA のルールに則った人間とロボットのサッカーゲームを実現するにあたってのリーグのルール検討やセンサアルゴリズムの開発に使用できることにある。本報告では (1)USARSim の ImageServer を用いて、実機リーグのロボットと同様にそれぞれのロボットにつけられたカメラからの画像からロボットがまわりのロボットの位置情報を把握し行動するクライアントプログラムと、(2)MR リーグ相当のサッカーゲームを実現した。それにより、今後人間とロボットがサッカーゲームをするために必要とな

¹FIFA のルールに従えば、全方向の情報が得られるカメラは使用センサとして許可されない。

る実機リーグのルール設定やロボットアルゴリズムの開発環境の有効性を示した。

2 背景

RoboCup2007Atlanta 大会で、中型リーグのロボットと人間のサッカーゲームのデモンストレーションが実施された [2]。その内容は初期に提案された RoboChallenge の課題に対して、この 10 数年の進歩を示すものであった。一方で、2050 年までに FIFA ルールで人間とロボットでサッカーゲームをするという RoboCup の夢を実現するには多くの課題が残っていることを示した。

現在 Robocup サッカーリーグでは様々なリーグが開かれている。表 2 に人間のサッカーリーグ、実機リーグ、シミュレーションリーグの比較表を示す。 P_{number} はプレイヤー 1 名あたりのフィールドの広さ、 $P_{space1,2}$, P_{grid} はプレイヤーの体の大きさを 1 単位としたときのフィールドの縦横のサイズ、 P_{time} は人間の走力に対するフィールドの大きさの相対的な長さを表している。中型リーグと小学生のサッカーで、 P_{time} の値が同じである。Robocup の目標は、ロボットと人間の試合を実現することである。このような相対値は、ロボットのサッカーゲームと人間のゲームでは同じレベルが望ましい。

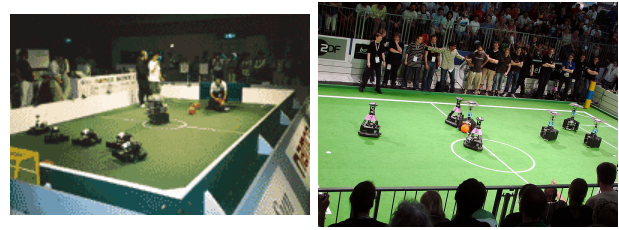
現在のサッカー実機リーグにおいて、この値を人間リーグと同じにしようとするには問題がある。ロボットを大きくするにもフィールドを広くするにも多くのコストがかかる。実現するにも、大学などの施設内で準備できる範囲を越えている。一方、シミュレーションならば人間と同じサイズのフィールドとロボットを用意し、動きを検証することができる。

ロボカップにおいても、シミュレーションリーグを始め、多くのシミュレーション環境がある。そこではセンサ環境やロボットの動きはモデル化され、実機とは隔たりがある。

3 提案するプラットフォーム

3.1 USARSim と ImageServer

図 2 に提案する開発環境を示す。下段が USARSim 環境、上段が Mixed Reality リーグの環境である。ま



(a)1997 年

(b)2011 年

図 1: 中型リーグの試合

た、図 3 に提案する環境に対応する実際の MR リーグのシステム構成図を示す。図 2 の左の Client (ロボット)、Soccer Server からみると両システム同じインタフェースである。

MR リーグ、または USARSim を利用した Mixed Reality Simulator では、上に設置したカメラからフィールド全体を撮影していた。このグローバルビジョンでロボットの位置を取得し、それを各ロボットのクライアントプログラムに送っていた。USARSim では、カメラをシミュレーション環境の任意の位置、又可動ロボットに取り付けることができる。そのカメラ画像は ImageServer を介して各クライアントに送信する。ImageServer とは USARSim の中に設定されたカメラからの画像をキャプチャすることのできるアプリケーションである。我々は ImageServer を使って、ロボットが得た画像をそれぞれのクライアントが取得できる環境を実装した。

3.2 MR リーグとの比較

MR リーグで使用されているロボット、CITIZEN EcoBe を使い、11 対 11 のサッカーゲーム環境を構築した。表 2 に MR リーグとの比較を示す。提案するプラットフォームで MR リーグと変更した点を以下に示す。

- フィールドサイズを大きくすることで、プレイヤー数とフィールドサイズの比率を合わせた。
- 実機では実装されていないレンジセンサとカメラを前面に装備し、ローカルなレンジデータとカメラ画像をロボットが取得できるようにした²。

²両センサとも、大きさ、重さも 0 の仮想的なセンサーとして装着した。

表 1: 人間のサッカーリーグと RoboCup リーグの比較

$$Pnumber = \frac{\text{Field Area}}{\text{Player Area}}, Pspace1 = \frac{\text{Long Side of Field}}{\text{Player Width}}, Pspace2 = \frac{\text{Short side of Field}}{\text{Player Depth}}, Pgrid = \frac{Pspace1 \times Pspace2}{\text{Players}}, Ptime = \frac{\text{Field long side}}{\text{Player Speed}}$$

Leagues	Field Size (m*m)	Players	Metrics							
			Player Size (W*D(*H) cm)	Speed (m/s)	Pnumber	Pspace1	Pspace2	Pgrid	Ptime (s)	
Human League	TopLeague	105*68	11 vs. 11	50*30*180	9.09	325	210	227	2164	12
	JuniorHighSchool	70*50	11 vs. 11	30*20*130	6.25	159	233	250	2652	11
	ElementarySchool	68*50 (halfsize)	8 vs. 8	30*20*100	6.25	213	227	250	3542	6
Real Robot League	Middle (2010)	18*12	5 vs. 5	(30-50)*(40-80)	3.00	22	36	30	108	6
	Middle (2003)	10*5			3.00	5	20	13	25	6
	F180 (2010)	6.05*4.05	5 vs. 5	18*14	3.00	2.5	34	23	76	2
	F180 (2003)	2.8*2.3			1.00	0.6	16	13	20	6
	SPL/Humanoid	6*4	3 vs. 3	10*5*58	0.10	4.0	60	80	800	60
	MR	0.928*0.523 (42inch)	5 vs. 5	2.5*2.7*2.8	0.04	0.05	37	19	72	23
Simulation League	2D	105*68	11 vs. 11		1.20	325				88
	3D	105*68	11 vs. 11			325				
	USARSimMR	0.928*0.523 (42inch)	5 vs. 5	2.5*2.7*2.8	0.04	0.05	37	19	72	23

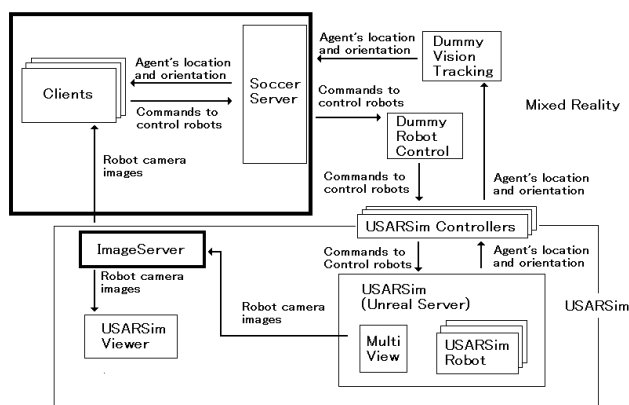


図 2: 提案するサッカーロボット開発環境

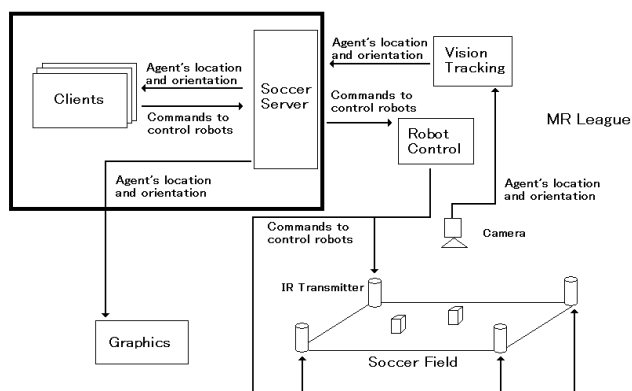


図 3: Mixed Reality リーグ構成図

表 2: MR リーグとの比較

	MR リーグ	提案プラットフォーム
ロボット数	5vs5	11vs11
Field の大きさ [m×m]	0.934×0.525	1.868×1.050
センサ	無	レンジセンサ カメラ

4 実現システムと考察

4.1 MR リーグベースの実験

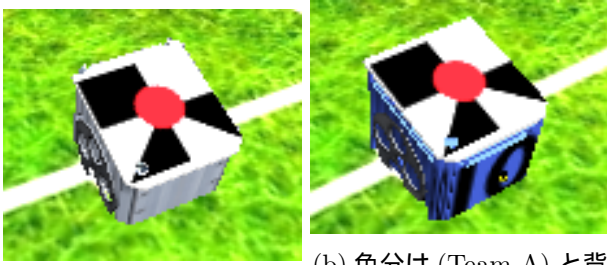
MR リーグではロボットの位置、チームを識別するために、ロボット上面に個体識別と向きを検出可能なマークを貼っている (図 4)。提案するシステムでは、ロボットに人間プレイヤーと同じ背番号とし、本体の色 (青と黄色) を用いて識別する。

ローカルビジョンを用いたロボットの画像処理の内容を以下に示す。

1. 青黄チームを画素の RGB 情報から識別する。
 - 各画素の Red, Green, Blue の値を比べる。
 - RGB 値の入力
 - ラベリングによる領域抽出
2. ラベリングされた塊の画素数が 500³ 以上のものをロボットであると判断する。

³カメラサイズは 320*240 であり、フィールドの中央から端にいるロボットを写すと 25*25 程度で写るため、数字の部分を検討し閾値を 500 とした。

図 5 に黄色チームの一台のロボットのカメラの入力画像と、それを画像処理した結果を示す。処理前の画像から、向こう側に相手チームの左から 7,11,3 番のプレイヤーと味方チームの 2,6 番のプレイヤーがいることがわかる。処理後の画像では左側に敵が、右側に味方がいることがわかるが、敵の 3 番と 11 番の領域が繋がってしまい、敵の数が 2 体になっている。



(a) オリジナル

(b) 色分け (Team A) と背番号

図 4: システムに使うロボット : EcoBe



(a) ImageServer からの画像

(b) ローカルでの画像処理

図 5: 敵 (7,11,3 番) と味方 (2,6 番) のラベリング

4.2 実験内容と考察

2 種類のチームを用いてサッカーゲームを行った。両チームとも FW3 体, MF3 体, DF4 体, KP1 体で構成される。チームの味方位置の取得方法の違いを表 3 示す。Team A は味方の位置情報をグローバルビジョンで得るのに対し、Team B はローカルビジョンから味方の位置情報を得る。両チームとも、自分のフィールドに対する位置はグローバルビジョンから得る。また、Soccer Server から自分とボールの位置関係が送られる。以下に例として FW クライアントのアルゴリズムを示す。



図 6: USARSim 上で動作した 11vs11

```

senser() //位置情報を得る
if ボールを持っていない
    if ボールが自陣にある
        if ボールとの距離がコート全体のサイズの 1/6 よりも近い
            Go to ball.
        else
            Back to home position.
    else
        Go to ball.
else
    if 自分の蹴る範囲にゴールが無い
        if 自分よりも前にフリーの味方がいる
            Pass for teammate.
        else
            Dribble.
    else
        Shoot.

```

表 4 に、グローバルビジョンの方が強いという結果が見える。表 5 に 1 ループあたりにかかる時間を示す。ローカルビジョンはグローバルビジョンと比較して 2.9 秒と 5 倍弱処理時間がかかる。一方、Soccer Server がロボットに命令を送る 1 ループは 66 ミリ秒で、現在のところ、クライアントからロボットに対する命令が送られてくるまでは、最後に送られてきた命令を繰り返しロボットに送る。senser() によって位置情報を得たときと命令を送ったときでは表 5 に示す時間分ラグが生じる。このことより、Team A と Team B の対戦結果は命令送信サイクルの差から当然である。

このシミュレーションでは 2.9 秒間にロボットが 10cm 以上進んでしまう。ロボットのサイズが 2.5cm*2.7cm なので、誤差をロボット 1 台分まで減らすことを目標とすると、1 ループを 0.7 秒以下に収める必要がある。

表 3: 2 チームの比較

	Team A	Team B	
自分以外の位置 を得る Vision	Global	Global	自分の position
		Local	まわりの position

表 4: 試合結果

試合内容	結果
Team A vs Team A	1-0
Team A vs Team B	6-0

表 5: プログラムの 1 ループあたりの時間

	プログラム	平均時間
クライアントプログラムが サーバに命令を送信する	Team A	0.602[s]
	Team B	2.881[s]
サーバがロボットに 命令を送信する	Soccer Server	0.066[s]

グローバルビジョンとローカルビジョンにおいては `senser()` 関数で得られる情報が全体と部分という相違がある。小型リーグにおいて、当初はローカルビジョンのチームがあったが、現在グローバルビジョンのチームだけであるように、特に小型のロボット対ロボットのサッカーゲームでは現在使用されていない [5]。しかし、人間対ロボットのサッカーゲームを、ローカルビジョンを用いたプラットフォームを小型ロボットに対しても提供できる。

5 まとめ

人間とロボットがサッカーゲームをするという夢を実現するにあたり、実機を用いては検証が困難なテーマが多々ある。同じロボット同士のサッカーゲームであれば、ゲームをスムーズにするためにセンサに工夫することは当然である。一方で人間とロボットが FIFA のルールの下でサッカーゲームをするとなれば、人間と同じ条件をルール上に明記する必要がある。本論文ではその中でも特に自分以外のロボットを認識するにあたって、特殊なマークやシステムを使用しない状況を実現するために USARSim プラットフォームを提案した。

そして、試作したプラットフォームを用いた 11 対 11 のゲームを用い、ロボットに搭載したローカルビジョンによるゲーム結果を示した。このプラットフォームにより、人間とのサッカーゲームで必要となる色やパ

ターンによるチーム識別、番号 (顔や体型) によるプレイヤー識別の研究を、MR リーグに限らず、中型、小型リーグにおける次の段階のルールにあわせ、検討できる可能性を示した。

参考文献

- [1] <http://sourceforge.net/projects/usarsim/>
- [2] <http://www.robocup-us.org/Old/robocup-2007/index.html>
- [3] 'RoboCup' Soccer Match Is a Challenge for Silicon Rookies
<http://www.sciencemag.org/content/277/5334/1933.full>
2012/4/9
- [4] RoboCup Middle Size League - Wikipedia, the free encyclopedia
http://en.wikipedia.org/wiki/RoboCup_Middle_Size_League
2012/4/9
- [5] 高橋友一, 秋田純一, 渡辺正人. 小型ロボットの基礎技術と製作 -RoboCup 小型リーグへの挑戦 共立出版, 2003.