

平成 12 年度

学士学位論文

# RoboCup シミュレーションにおける WorldModel の構築に関する研究

A Study on Construction of World Model  
in RoboCup

1010435 平山 純一郎

指導教員 Ruck Thawonmas

2001 年 2 月 5 日

高知工科大学 情報システム工学科

## 要 旨

# RoboCup シミュレーションにおける WorldModel の構築に関する研究

平山 純一郎

本論文では、RoboCup シミュレーションにおける World Model の構築に関するこことを述べる。World Model は、環境情報の収集及びその情報の加工、予測、補完を行う機能を有する物である。World Model を実装したクライアントプログラムの効果と操作性について評価した。評価するにあたり、RoboCup シミュレーションを使った授業を行う、本学の情報システム工学実験 4において多くの人に使用していただいた。

**キーワード** World Model, RoboCup, 予測, 補完

# **Abstract**

## A Study on Construction of World Model in RoboCup

Jun-ichirou Hirayama

This thesis describes construction of World Model in RoboCup simulation. World Model is a software component that has functions to perform collection of environment information and processing of the information, prediction and complementation. The World Model was evaluated by testing the effect and operation of a client program containing the World Model component. For this evaluation, I had a large number of third-year students use the client program in the Information Systems Engineering Experiment 4 of Kochi University of Technology that adopts RoboCup simulation in the class.

***key words***      World Model, RoboCup, Prediction, Complementation

# 目次

<b>第 1 章</b>	<b>はじめに</b>	<b>1</b>
<b>第 2 章</b>	<b>RoboCup について</b>	<b>2</b>
2.1	RoboCup の歴史と目的 . . . . .	2
2.2	RoboCup シミュレーションリーグについて . . . . .	3
2.2.1	RoboCup シミュレーションリーグ概要 . . . . .	3
2.2.2	サッカーサーバの仕組み . . . . .	4
2.2.3	プレイヤーの行動 . . . . .	4
2.2.4	センサ情報 . . . . .	5
<b>第 3 章</b>	<b>KUT RoboCup Project について</b>	<b>7</b>
<b>第 4 章</b>	<b>World Model の設計</b>	<b>9</b>
4.1	提供クライアントプログラムについて . . . . .	9
4.2	World Model の目的 . . . . .	10
4.3	World Model の設計 . . . . .	13
4.4	World Model で扱う情報 . . . . .	15
<b>第 5 章</b>	<b>実験</b>	<b>17</b>
5.1	授業内での課題による評価 . . . . .	17
5.1.1	課題 1 . . . . .	17
5.1.2	課題 2 . . . . .	18
5.1.3	課題 3 . . . . .	19
5.2	World Model に関するアンケート . . . . .	22
<b>第 6 章</b>	<b>結論</b>	<b>28</b>

目次

謝辞	29
参考文献	30

# 図目次

2.1 シミュレータの構成図 . . . . .	4
3.1 KUT RoboCup Project 概略図 . . . . .	7
4.1 クライアントプログラム構成図 . . . . .	9
4.2 絶対方向と絶対座標 . . . . .	11
4.3 World Model の補完 . . . . .	12
4.4 World Model 実行の流れ . . . . .	13
4.5 絶対座標の計算に必要な情報 . . . . .	14
4.6 オブジェクトの絶対座標計算に必要な情報 . . . . .	14
5.1 課題 1 得点分布 . . . . .	18
5.2 課題 2 解説図 . . . . .	18
5.3 課題 2 得点分布 . . . . .	19
5.4 回転キック . . . . .	20
5.5 設定条件 . . . . .	20
5.6 課題 3 達成状況 . . . . .	22
5.7 クライアントプログラムの使用方法理解度 . . . . .	23
5.8 クライアントプログラムの仕組み理解度 . . . . .	24
5.9 World Model の扱い易さについて . . . . .	25
5.10 World Model の情報の正確さについて . . . . .	25
5.11 World Model の情報量について . . . . .	26

# 第 1 章

## はじめに

高知工科大学情報システム工学科では、「RoboCup シミュレーションを通じてのソフトウェア工学及び人工知能の教育」として, RobCup シミュレーションリーグを使った授業, 情報システム工学実験 4 が行なわれている [1]. この RoboCup とは, 人工知能と知能ロボットに関する研究を促進するために始められた, サッカーを題材にした標準問題である. シミュレーションは, クライアント・サーバ型で構成されている. サーバはサッカーサーバと呼ばれるサッカーシミュレータを用いる. クライアント側は, ソフトウェアエージェントを使用し試合を行う.

授業では, クライアントプログラムの開発を Java によって行なうのだが, Java で書かれたサンプルクライアントプログラムが 1 つしか存在しない. このサンプルクライアントプログラムでは, 授業で使用するにはあまりにも使いにくく, 古いため改良を施した. この改良を施すにあたり, 周りの環境の情報収集及び各種予測・補完を行なう World Model の構築を行なった.

構築した World Model は, 平成 12 年度の情報システム工学実験 4 で実際に使用してもらい, 受講者に評価していただいた.

## 第 2 章

# RoboCup について

本章では、はじめに RoboCup 全体のことについて述べる。次に、本論文で扱う RoboCup シミュレーションリーグについて詳しく説明する。

### 2.1 RoboCup の歴史と目的

RoboCup は、人工知能と知的ロボットに関する研究を促進するためのものである。自律移動ロボットによるサッカーを題材として、日本の研究者たちによって 1995 年に提唱された。現在では、サッカーだけではなく、大規模災害シミュレーションや災害救助ロボットの研究・開発を行なう、RoboCup レスキューなどがある [2]。

RoboCup サッカーには、現在 4 つのリーグがある。

- シミュレーションリーグ

コンピュータ上の仮想フィールド上で、1 チーム 11 体のソフトウェアエージェント同士によって行なわれるリーグ。RoboCup サッカーの中では一番古くから存在するリーグで、一番洗練されたチームプレイをする。本論文ではこのリーグを扱う。

- 小型リーグ

卓球台とほぼ同じ大きさのフィールドで、直径 18cm 以内に入る小さなロボットが 5 台以内でチームを組み、オレンジ色のゴルフボールを使って対戦するリーグ。

- 中型リーグ

卓球台 9 枚分の大きさのフィールドで、直径 50cm 以内に入るロボット 4 台でチームを組み、オレンジ色のフットサルのボールを使って対戦するリーグ。

## 2.2 RoboCup シミュレーションリーグについて

- Sony 四脚ロボットリーグ

SONY のエンターテインメントロボットによる 3 対 3 で行うリーグ. このリーグは、選抜されたチームに貸与されたロボットで競技を行うため、一般参加は出来ない。

さらに、2002 年にはヒューマノイドリーグが加わる予定になっている。

毎年 RoboCup では、国内大会と世界大会が行なわれる。ここで、各チームの研究・開発されたロボット同士が勝負をしています。

RoboCup サッカーの最終目標は、ヒューマノイドリーグのチームが 2050 年に FIFA のワールドカップの優勝チームに勝つことである。

## 2.2 RoboCup シミュレーションリーグについて

### 2.2.1 RoboCup シミュレーションリーグ概要

RoboCup シミュレーションリーグは、RoboCup の中で一番古くからあるリーグである。そのシミュレーションの仕組みは、サーバ・クライアント方式を採用している。この方式を簡単にまとめた図を図 2.1 に示す。

サッカークライアントとサッカーサーバの間は、UDP/IP 通信によって通信が行なわれる。よって、サッカークライアントを作成する場合には、UDP/IP 通信をサポートするプログラム言語であれば何でも良い。本論文では、Java を使用している。

また、1 つのクライアントは原則として、1 つのエージェントのみを制御しなければならない。1 つのクライアントが複数のエージェントの情報を得て、行動を集中制御することは許されていない。

そして、サッカーサーバによってシミュレートされた結果は、サッカーモニタと呼ばれる表示プログラムによって表示される。

現在のサッカーサーバの最新バージョンは 7.00(平成 13 年 2 月 5 日現在) である [3]。

## 2.2 RoboCup シミュレーションリーグについて

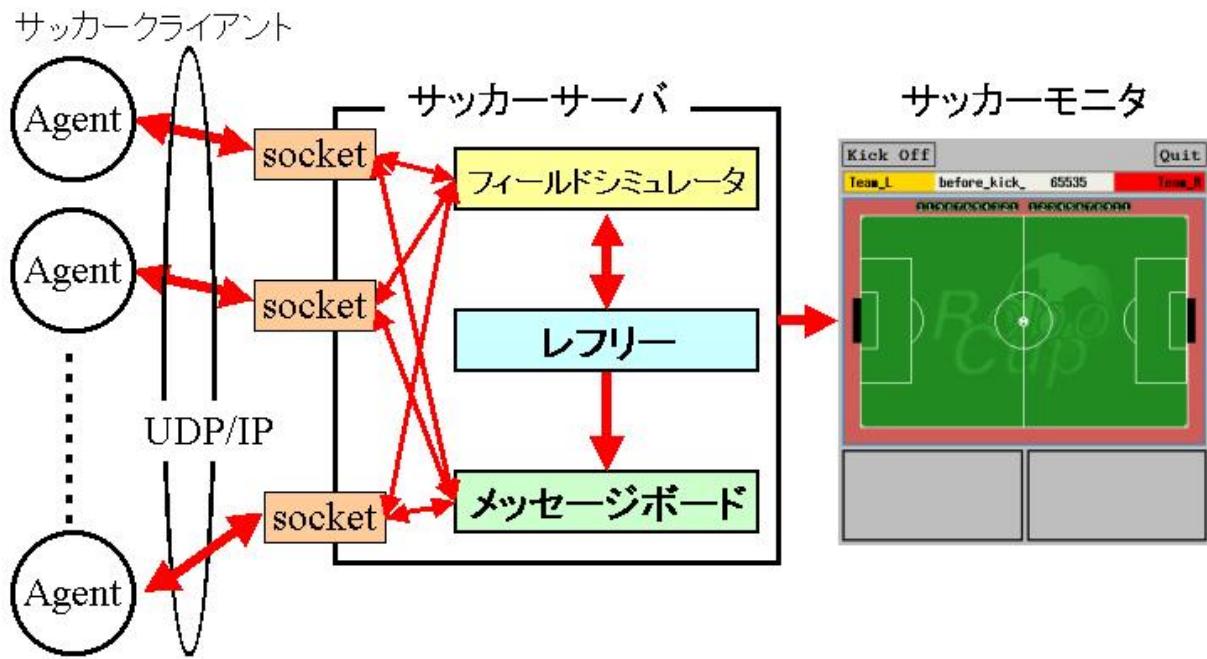


図 2.1 シミュレータの構成図

### 2.2.2 サッカーサーバの仕組み

サッカーサーバは、サッカーフィールド、ボール、審判、プレイヤーの位置などをシミュレートする。サッカーフィールドとフィールド上の物体は、平面で扱われ、高さの情報は持っていない。また、プレイヤーとボールは円として扱われる。動きの情報は、1 シミュレーションサイクル毎 (100 msec) に離散的に更新される。サイクルの終わりに、サッカーサーバは受信したすべての行動コマンドをフィールド上のすべての物体に適用して、次のサイクルの位置と速度を計算する。

シミュレーションには、現実世界に近づけるために予期せぬ動きをするように、ノイズと風が加えられる。

### 2.2.3 プレイヤーの行動

プレイヤーは次の行動をすることが出来る。

## 2.2 RoboCup シミュレーションリーグについて

- turn プレイヤーの向いている方向を体ごと変える.
- turn\_neck プレイヤーの向いている方向を頭だけ変える. 体の方向は変わらない.
- dash プレイヤーの体が向いている方向に加速をつける.
- kick ボールが蹴れる範囲内 (kickable\_area) にある場合に, 方向と強さを決めてボールを蹴る.
- move 得点が決まったとき等の初期フォーメーションに戻るために, ゴールキーパーが catch した時, ゴールキック位置に移動する時のみ使える行動
- catch ゴールキーパーがボールをキャッチする行動. ゴールキーパー以外やペナルティーエリア外では無効.
- say メッセージをすべてのプレイヤーに伝える.
- change\_view 視野角度と視覚情報の品質を変える. これを変えると視覚情報の送られてくる頻度が変わる.

サッカークライアントは, これらの行動を駆使して設計しなければならない. 原則として 1 サイクルの 1 つの行動しかできない. ただし, turn\_neck,say,change\_view は, ほかのコマンドと同時に 1 サイクルに送ることが出来る.

また, プレイヤーにはスタミナがある. スタミナは, 行動を起こすと減少する. 減少する割合は, 行動の度合い (全力で走る等) で変化する. スタミナが少ないと全力で走れないなど等の制限が加わる. 行動をしなければ, スタミナは少しづつ回復する.

### 2.2.4 センサ情報

サーバからセンサ情報としてクライアントに次のような情報が送られてくる.

- 視覚情報 クライアントの視野内に入ったオブジェクトの情報.
- 聴覚情報 審判からの判定メッセージと, クライアントプログラムが say コマンドで送ったメッセージ情報.
- 感覚情報 自プレイヤーのスタミナ, 視野モード, 速度, 頭の向き, kick, dash, turn,

## 2.2 RoboCup シミュレーションリーグについて

say, turn\_neck のコマンドを送った回数の情報.

センサ情報がサーバから送られてくる頻度は、それぞれ違う。

視覚情報は、初期状態で 150 msec 毎にクライアントに送られる。ただし、シミュレーションサイクルとは非同期である。

聴覚情報は、メッセージが発生したときにシミュレーションサイクルとは非同期に送られる。

感覚情報は、シミュレーションサイクル毎に必ず送られてくる。

## 第 3 章

# KUT RoboCup Project について

高知工科大学情報システム工学科では、「RoboCup シミュレーションを通じてのソフトウェア工学及び人工知能の教育」と題して、RoboCup を使った授業・研究を 1999 年度より行っている [1]。KUT RoboCup Project の概要図を図 3.1 に示す。

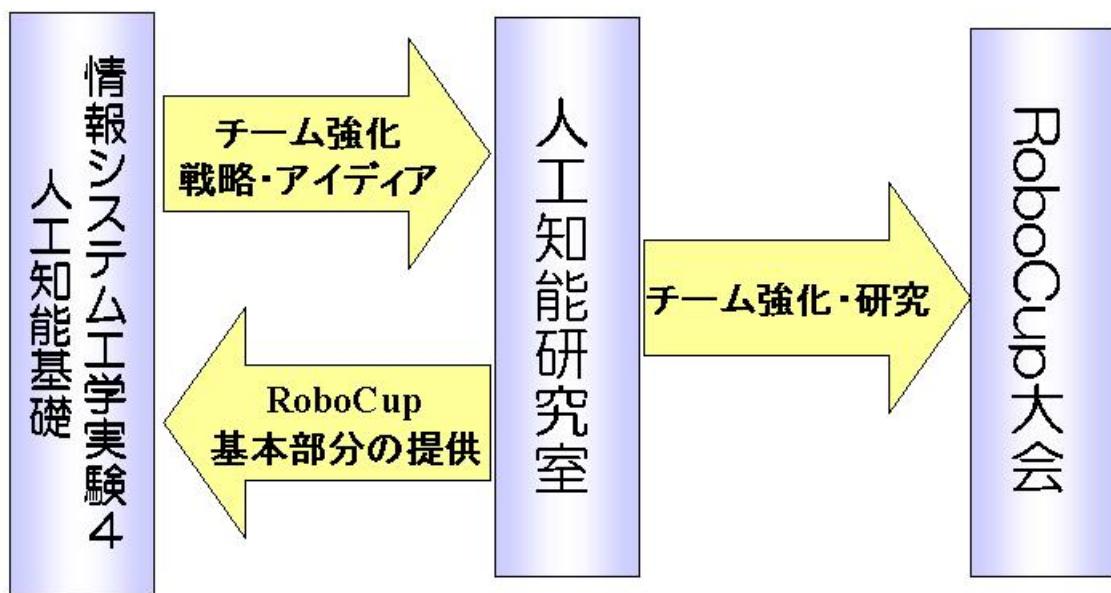


図 3.1 KUT RoboCup Project 概略図

図 3.1 で示したように、人工知能研究室と授業（情報システム工学実験 4（以下、実験

4)・人工知能基礎とともに 3 年次) で相互協力し, 年 1 回の RoboCup 大会に代表チームを送り込むことが目的である. 実験 4 では, 実際にクライアントを作ってもらう. 最終的には大会を行い, 戰術や機能のアイディアを出し実装してもらう. また, 人工知能研究室の役割としては, 次の 3 つがある. 1 つは, 実験 4 で使用するクライアントプログラムの基本部分を開発・提供を行う. 2 つ目は, 実験 4 で出されたアイディアや, 戰術, 機能, などを統合し, 代表チームの強化に利用する. 3 つ目は, 人工知能に関する研究の成果を代表チームに追加する.

Project 初年度の 1999 年度の実験 4 のチームは, 人工知能研究室で強化され, 2000 の RoboCup Japan Open に出場した. 結果は, 初出場ながら予選リーグを突破し決勝トーナメントに出場することが出来た. 今後, この Project によって強化されたチームで上位入賞を目指す.

## 第 4 章

# World Model の設計

この章では、はじめに前章で説明した授業で提供されるプログラムの構成について説明する。つぎに、提供プログラムの一部である WorldModel の設計の詳細に述べていく。

### 4.1 提供クライアントプログラムについて

授業で提供されるクライアントプログラムは、現在公開されているサンプルプログラムである Krislet[4] を基本に改良したものである。現在の提供クライアントプログラムの構成は図 4.1 のようになっている。

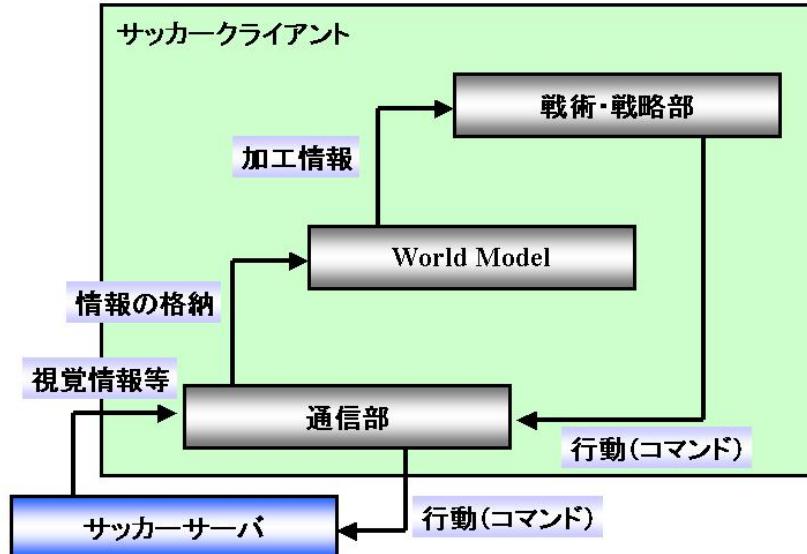


図 4.1 クライアントプログラム構成図

## 4.2 World Model の目的

図からわかるように、このプログラムは大きく分けて 3 つの機能に分けられる。

1. 通信部
2. World Model
3. 戰略・戦術部

1. の通信部は、サッカーサーバとの送受信を受け持つ。受信部分では、サーバから送られてくる各種情報（視覚情報・感覚情報・聴覚情報など）を、クライアントプログラム内で使えるようとする。また、送信部分は戦略・戦術部において決定された行動等をサッカーサーバに送る役目をしている。

2. の World Model は、本論文の中心となる部分で通信部から受けた情報を、加工して情報を使いやすいようにする。詳細は次節で詳しく述べる。

3. の戦略・戦術部は、World Model から得られた情報を元に、行動を決定する。この部分は、KUT RoboCup Project の実験 4 で出されたアイディアなどを取り入れ、人工知能研究室で強化していく部分である。

これら、3 つの機能によりこのクライアントプログラムは、サッカーサーバ上で動かすことが出来る。

## 4.2 World Model の目的

つぎに、World Model の目的について説明する。

World Model の大きな目的は、戦略・戦術部の行動を決定する際に必要な情報を多く提供することである。これは、サッカーサーバから送られてくる情報が少ないことがある。これを、補うことによってより正確かつ高度な戦略や戦術を行うことが出来る。

World Model は、目的を果たすために次のような機能を設計した。

1. 絶対座標、絶対方向の計算
2. ポール、プレイヤーの補完

## 4.2 World Model の目的

### 3. ボール, プレイヤーの予測

1. の絶対座標, 絶対方向の計算は, サーバーから送られてくるボールや他のプレイヤー等の情報には, プレイヤーの向いてる方向や位置からの相対的な情報しか得られない. さらに自分の絶対座標の情報は得られない. このため, 自分がフィールド全体でどの辺にいるのかわかりにくい. さらに, 絶対座標や絶対方向がわかることによって, ポジショニングがしやすくなる. 絶対方向と絶対座標は図のように定義した.

センターサークルの中心が原点

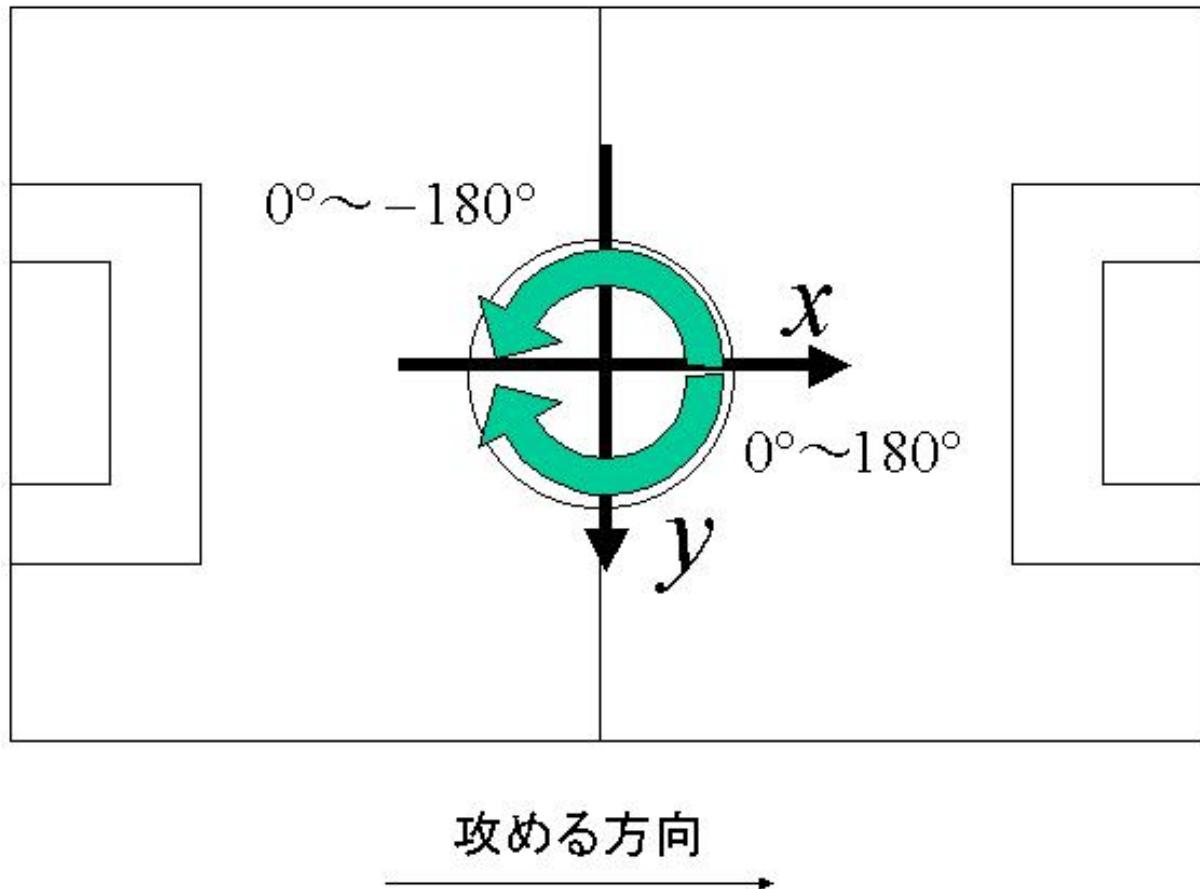


図 4.2 絶対方向と絶対座標

センターサークルの中心を原点とし, x 軸は敵陣が正, 自陣が負とした. y 軸は, 敵ゴールに向かって右側を正, 左側を負とした. また, 絶対方向は, 敵ゴールに向かって時計回りを正, 反時計回りを負とした. 範囲はそれぞれ,  $0^\circ \sim \pm 180^\circ$  とした.

## 4.2 World Model の目的

2. のボール、プレイヤーの補完とは、サッカーサーバから送られてこなかった視覚情報を補うことである。サッカーサーバ上では、シミュレーションサイクル(100msec)毎に、プレイヤーは1つ行動することが出来る。また、シミュレーションサイクルとは非同期に視覚情報が、150msec毎に情報が送られてくる。これらのこと、図4.3に示す。

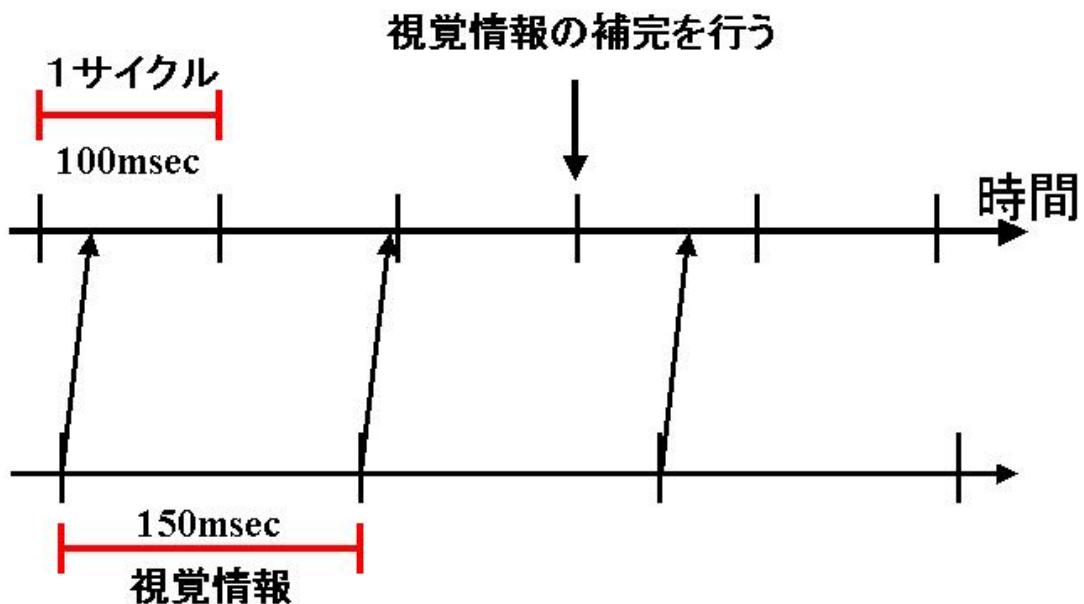


図4.3 World Model の補完

上段がシミュレータサイクル、下段の視覚情報の送信タイミングを表している。図からわかるように、3サイクルに1回直前の視覚情報が得られない。ここで、視覚情報を補完する。このことにより、行動できる機会を無駄にすることなく行動できる。

3. のボール、プレイヤーの予測は補完の応用で、次のサイクルの状況を予測する。これにより行動決定の際、次のサイクルのことを視野に入れて行動できるため、より高度な戦術が可能になる。

### 4.3 World Model の設計

前節の目的を果たすように World Model 設計を行った。

はじめに、設計した World Model 全体の実行の流れを示した図を図 4.4 に示す。

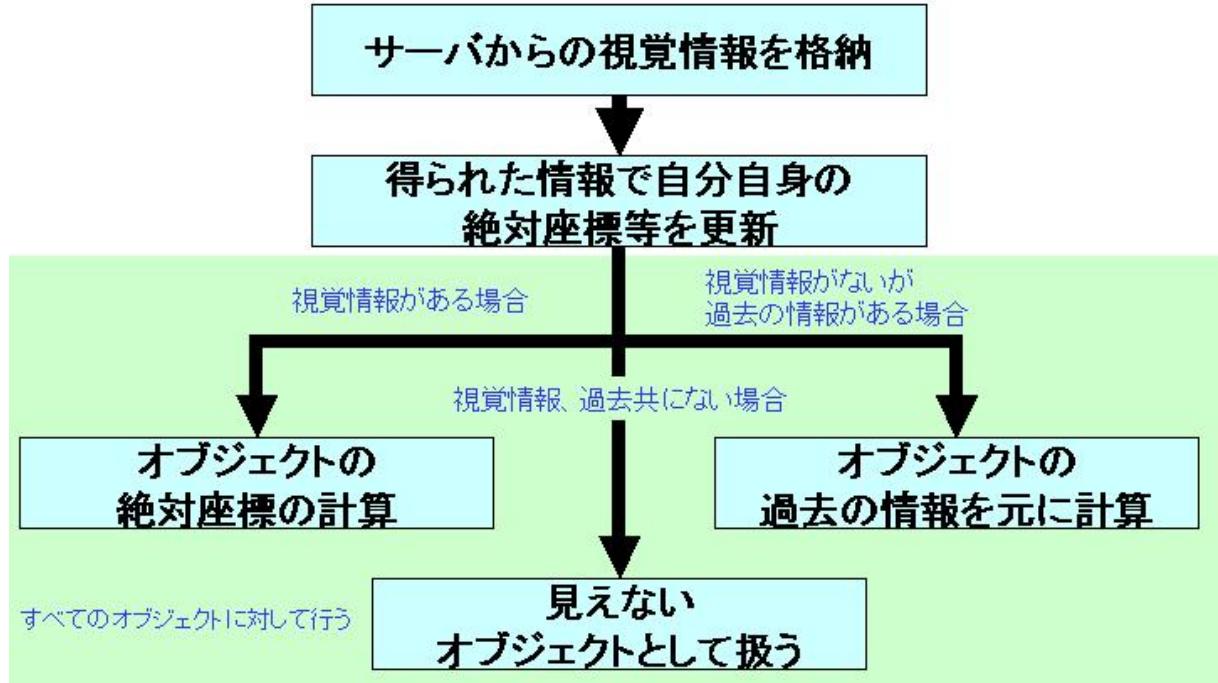


図 4.4 World Model 実行の流れ

図の様に視覚情報が送られてきたら、所定の場所に情報を格納する。この格納する場所には、フラグ、ボール、プレイヤーなどサッカーサーバで扱われるすべてのオブジェクトの情報を個別に格納する。情報は、過去 5 サイクルの情報を保持しておくように設計した。これは、補完や予測に使用するためである。

格納が終わったら、得られた視覚情報のフラグとラインの情報から自分の絶対座標を計算する。計算方法は、図 4.5 の情報を元に計算される。図 4.5 でサッカーサーバからの視覚情報により得られる情報は、*Flag.dir**Flag.distLine.dir* である。静止しているオブジェクトであるフラグの絶対座標 *Flag(fx, fy)* は、あらかじめ定義してあるものとする。この場合の計算は 次式のようになる。

$$a = \text{Flag.dir} + (180 - 90 - \text{Line.dir}) \quad (4.1)$$

### 4.3 World Model の設計

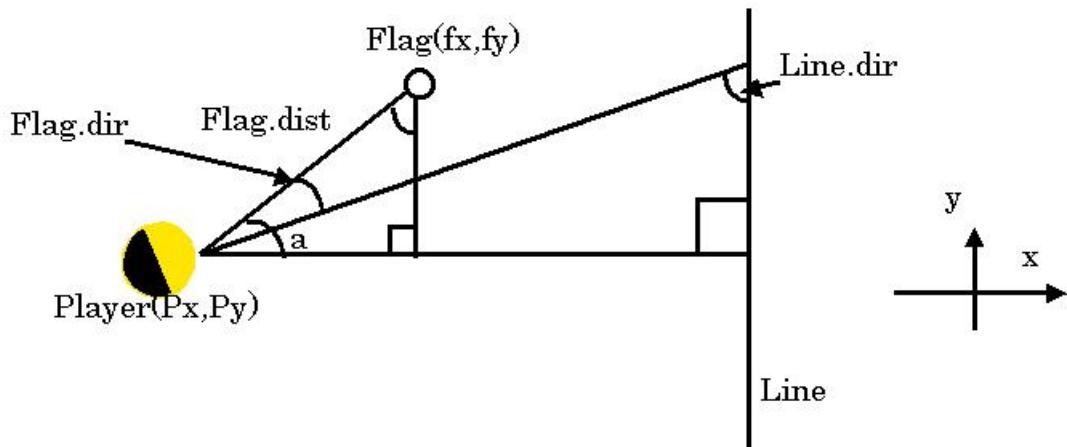


図 4.5 絶対座標の計算に必要な情報

$$Px = fx - \cos(a/180 * \pi) * Flag.dist \quad (4.2)$$

$$Py = fy - \sin(a/180 * \pi) * Flag.dist \quad (4.3)$$

ただし、プレイヤーとのフラグの相対位置や、*Line.dir* の角度によって場合分けが必要である。

次に、最新の視覚情報が得られたオブジェクトについて、それぞれの絶対座標を求める。

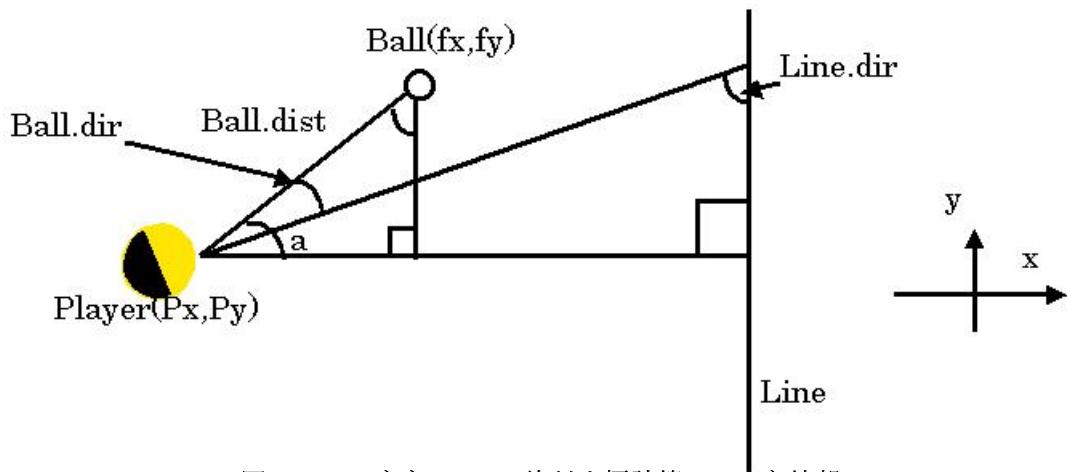


図 4.6 オブジェクトの絶対座標計算に必要な情報

$$a = Flag.dir + (180 - 90 - Line.dir) \quad (4.4)$$

$$bx = Px + \cos(a/180 * \pi) * Ball.dist \quad (4.5)$$

#### 4.4 World Model で扱う情報

$$by = Py + \sin(a/180 * \pi) * Ball.dist \quad (4.6)$$

図 4.6 は、ポールの例だが、他のプレイヤーでも同様の計算で出来る。ただし、自分の絶対座標同様に場合分けが必要。

次に、サッカーサーバから視覚情報がないサイクルあるいは、視覚情報はあるがその中に含まれていないオブジェクトの情報について計算する。過去 2 サイクル以上の情報がある場合は、位置情報から速度を計算し、現在の位置を予測し補完する。そのときの計算式を 4.7, 4.8 に示す。

$$Ox_t = (Ox_{t-2} - Ox_{t-1}) * decay \quad (4.7)$$

$$Oy_t = (Oy_{t-2} - Oy_{t-1}) * decay \quad (4.8)$$

*decay* は、オブジェクトのスピード減衰率。*Ox, Oy* は、オブジェクトの絶対座標。*t* はサイクル。また、過去 1 サイクルの情報しか無い場合は、止まっているオブジェクトとして扱う。

最後に、サッカーサーバからの視覚情報と過去の情報が 3 サイクル以上無い場合、近くに無いと判断し情報の補完をしない。

## 4.4 World Model で扱う情報

World Model が提供する情報は、サッカーサーバから送られてくる視覚情報と、それを元に計算して加工した情報を提供する。提供する情報は、各オブジェクト毎に分けられて保管する。保管するオブジェクトの種類は次の通りである。

- 自プレイヤー
- 他のプレイヤー
- ポール
- ゴール、フラグ、ライン

それぞれのオブジェクトには、詳細な情報がオブジェクト一つ一つに保管される。保管される情報には次のものがある。

#### 4.4 World Model で扱う情報

- 情報を得た時間 (サイクル)
- 絶対座標
- 相対距離 (自プレイヤーを除く)
- 距離の変化量 (自プレイヤーを除く)
- 相対角度 (自プレイヤーを除く)
- 角度の変化量 (自プレイヤーを除く)
- 自分に対しての体の角度 (自プレイヤーを除く)
- 自分に対しての頭の角度 (自プレイヤーを除く)
- X 方向のスピード (自プレイヤー, 静止オブジェクトを除く)
- Y 方向のスピード (自プレイヤー, 静止オブジェクトを除く)
- チーム名 (他のプレイヤーのみ)
- 背番号 (他のプレイヤーのみ)
- フラグの種類 (フラグのみ)
- 絶対方向 (自プレイヤーのみ)

以上のような動作をする World Model を Java によって、クライアントプログラムに実装した。

# 第 5 章

## 実験

この章では、設計した World Model を実装したクライアントプログラムを、情報システム工学実験 4 の中で実際に使用し有効性及び操作性等の評価をした。

### 5.1 授業内での課題による評価

授業内で World Model を実装したクライアントプログラムを提供し、それを元に 3 つの課題を出した。3 つの課題は、それぞれ合格基準を設け評価した。

#### 5.1.1 課題 1

課題 1 は、RoboCup シミュレーションリーグとクライアントプログラムの使い方を理解することを目的とする課題を出した。課題は、センターサークルよりドリブルをしてゴールキーパーのいるゴールにシュートを決める。制限時間内に、基準点(3 点)以上得点をするとが出来ければ合格とした。

ここで要求される技術は、World Model から得られる環境情報を利用して、RoboCup シミュレーションでの基本行動(kick,dash,turn)を使いゴールに向かうことと、ゴールキーパーをかわすこと、ゴールに向かってシュートを打つことである。

図 5.1 は受講者の課題 1 の得点分布である。ほとんどの受講者が、この課題の合格基準(3 点)を達成する事が出来た。この課題に関しては、このクライアントプログラムは有効であった。

## 5.1 授業内での課題による評価

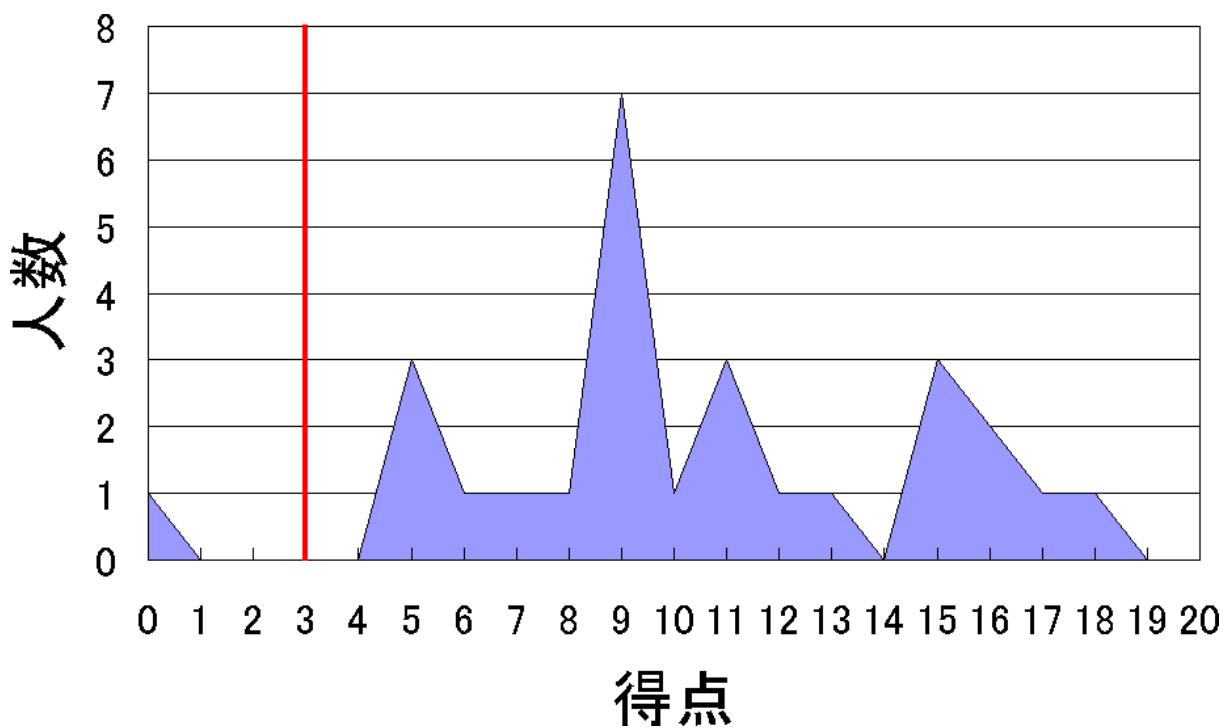


図 5.1 課題 1 得点分布

### 5.1.2 課題 2

2 つ目に出した課題は、障害物スラロームでよけ、1 体の敵ディフェンダーをかわす。そして、ゴールキーパーのいるゴールにシュートを打つことである。制限時間内に、基準点(3 点)以上得点すれば合格とした。この課題をまとめた図を図 5.2 に示す。

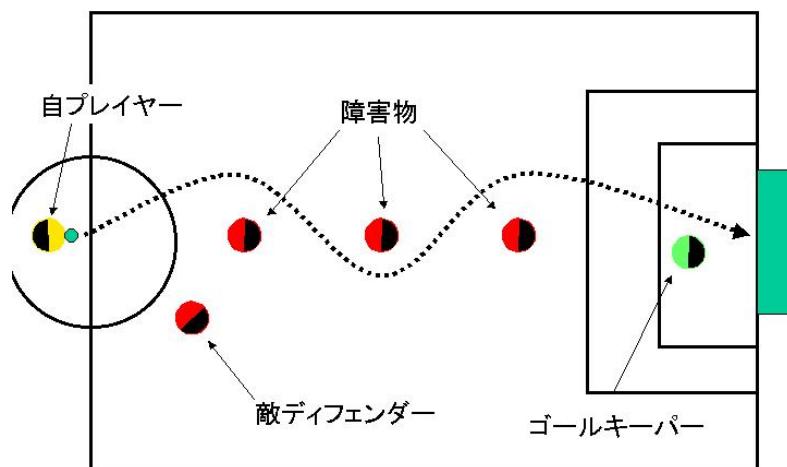


図 5.2 課題 2 解説図

## 5.1 授業内での課題による評価

この課題では、自分の位置及び敵の位置の把握が必要である。また、World Model から得る情報の増加する。情報をうまく活用することが求められる。

この課題の得点分布を図 5.3 に示す。

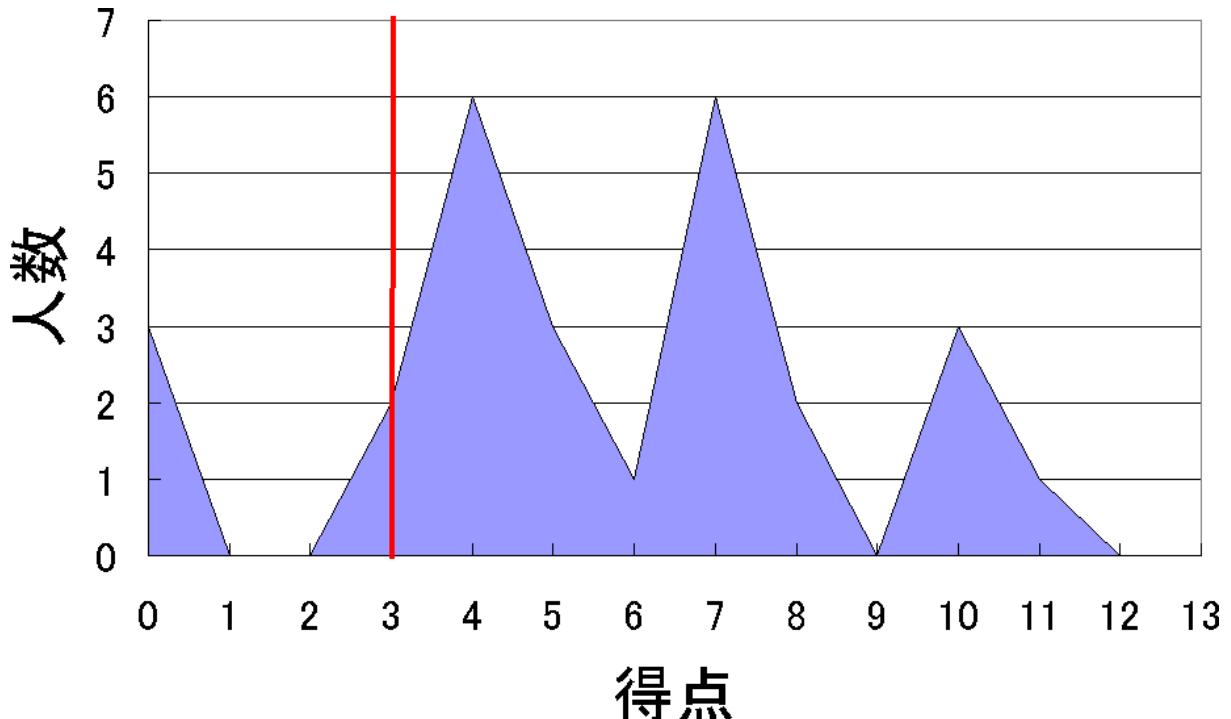


図 5.3 課題 2 得点分布

この課題も、課題 1 同様ほとんどの受講者が基準点(3 点)を達成する事が出来た。

### 5.1.3 課題 3

3 つめの課題は、回転キックの実装である。回転キックとは、ボールを自分の周りでボールを回転させて勢いをつけ遠くに蹴る、RoboCup 特有のものである [5]。この回転キックは、RoboCup Japan Open などの大会において、上位チームは必ず取り入れている技術である。回転キックの動作を表した図を図 5.4 に示す。

## 5.1 授業内での課題による評価

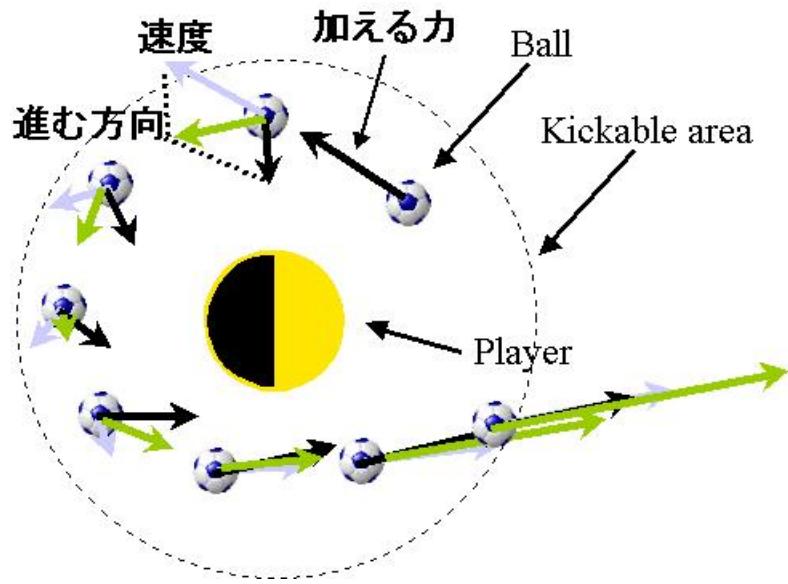


図 5.4 回転キック

ボールが自分の蹴ることの出来る範囲 (Kickable area) 内にあった場合に、ボールを蹴ることが出来る。回転キックは図 5.4 の様にボールを Kickable area 内で回し勢いをつける。ボールを Kickable area 内で蹴るためには、1 サイクル後の位置を指定して蹴る方向や強さを調節しなければならない。これを計算する方法を説明する。条件として、図 5.5 とする。

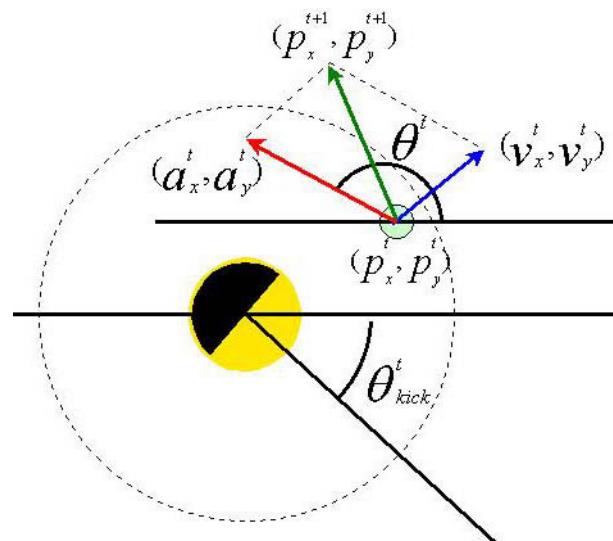


図 5.5 設定条件

$(p_x^t, p_y^t)$  から  $(p_x^{t+1}, p_y^{t+1})$  に、現在のボールの速度が  $(v_x^t, v_y^t)$  のボールを 1 サイクル

## 5.1 授業内での課題による評価

後に移動させるために必要な蹴る強さ (*Power*) と方向 (*Direction*) を求める。ここで、 $(a_x^t, a_y^t)$  はボールに加える加速度,  $\theta_t$  はボールに加える加速度の絶対方向。 $\theta_{t\_kicker}$  は *Kicker* の絶対方向をあらわしている。SoccerServer の物体の計算式から式をたてる [6].

$$(u_x^t, u_y^t) = (v_x^t, v_y^t) + (a_x^t, a_y^t) \quad (5.1)$$

$$(p_x^{t+1}, p_y^{t+1}) = (p_x^t, p_y^t) + (u_x^t, u_y^t) \quad (5.2)$$

上式から  $(a_x^t, a_y^t)$  を求める。

$$(a_x^t, a_y^t) = (p_x^{t+1}, p_y^{t+1}) - (p_x^t, p_y^t) - (v_x^t, v_y^t) \quad (5.3)$$

これにより、ボールに加えたい加速度が求まった。次に、絶対方向  $\theta_t$  を求める。

$$\theta_t = \arctan(a_y^t / a_x^t) \quad (5.4)$$

今度は、kick コマンドによって加わる加速度の計算式で求めた加速度  $(a_x^t, a_y^t)$  をあらわすと

$$a_x^t = Power * Power\_rate * \cos(\theta_t) \quad (5.5)$$

$$a_y^t = Power * Power\_rate * \sin(\theta_t) \quad (5.6)$$

式 (5.5), (5.6) のあと *Power\_rate* さえ求めれば *Power* を求めることが出来る。*Power\_rate* は、Soccerserver Manual[6] で定義されている式と定数を使い計算する。

最後に、*Direction* を求める。サッカーサーバでボールに与える加速度の計算式は式 (5.7) の様になっている。

$$\theta_t = \theta_{t\_kicker} + Direction \quad (5.7)$$

この式から *Direction* が求まる。

1 サイクル後の位置を指定して蹴ることが出来るようになれば、ボールの勢いが付くようにボールを蹴ればよい。

課題 3 は、この回転キックを上記の方法を実装してもらうことが目的である。課題の合格基準として、センターサークルの中心からペナルティエリア内にボールが届かすことが出来れば良いとした。この課題の受講者の達成状況を図 5.6 に示す。

## 5.2 World Model に関するアンケート

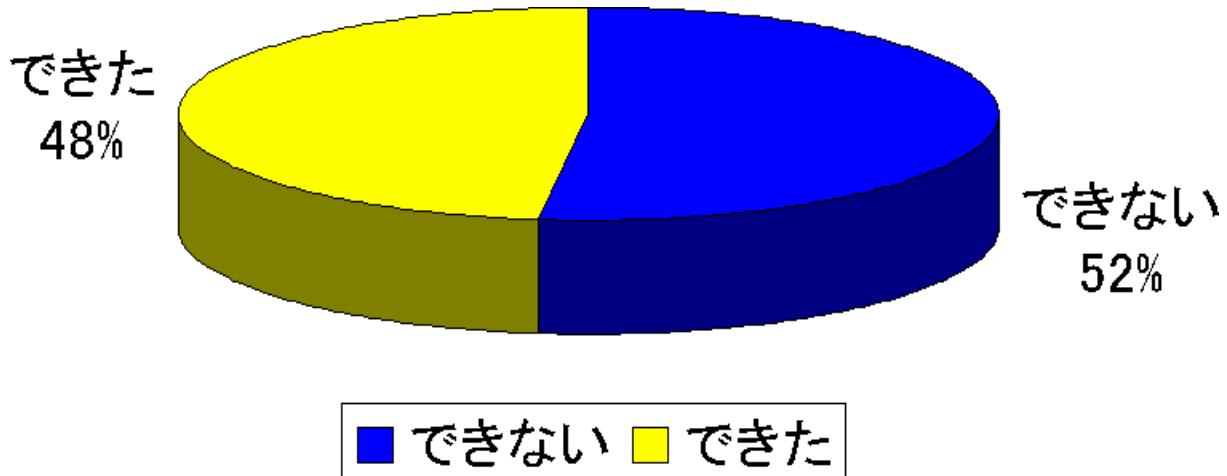


図 5.6 課題 3 達成状況

約 50% の受講者がこの課題 3 を成功させた。以前使用していたクライアントプログラムでは、実装することすら出来なかった。

## 5.2 World Model に関するアンケート

実験 4 の授業内で使用した、World Model 実装のクライアントプログラムについてアンケートを採った。アンケートは無記名で、5 段階評価及び自由回答形式で行った。質問数は、全部で 7 問。受講生は 27 人。

Q1. クライアントプログラムの使用方法ははかりましたか。

来年度の授業で使用方法の改良が必要かどうか調べるために、今回提供したクライアントプログラムの使用方法が、どの程度理解できたかどうかを調べた。結果を 5.7 に示す。

評価は 5 段階で、理解できた 4,5 と評価した受講生は 60%，さらに、理解できたわけでは無いが、理解できていない訳でもないという評価 3 を含めると 80% の受講者がだいたい理解できたと考えられる。しかし、理解できていない 2,1 の評価の受講生も 20% いることから、来年度以降さらなる説明の方法及び、クライアントプログラムの改良が必要である。

## 5.2 World Model に関するアンケート

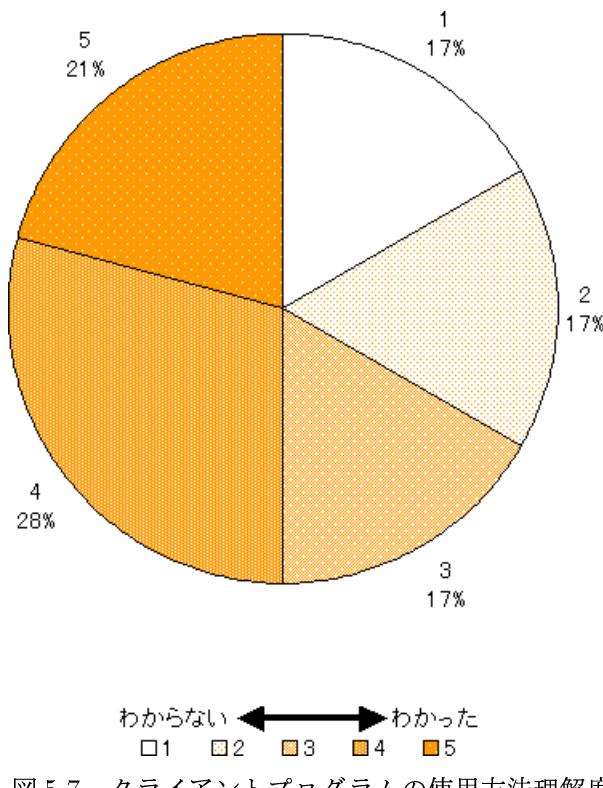


図 5.7 クライアントプログラムの使用方法理解度

Q2. クライアントプログラムの仕組み（構成）はわかりましたか。

クライアントプログラムが大きく分けて 3 つの機能で構成され、データの流れ等を理解出来ているか訪ねるものです。この質問の回答結果を図 5.8 に示す。

約 30% の受講生が理解できたと評価している。どちら付かずが 30%，理解できないが約 30% となっている。これは、授業内においてあまり詳しく説明をしなかった事が、大きく影響している。

Q3. World Model から得られる情報について。

Q3-1. World Model から得る情報の扱い易さについて。

Q3-2. World Model から得る情報の正確さについて。

Q3-3. World Model から得る情報の扱い易さについて。

World Model に関する質問を 3 つ出した。

## 5.2 World Model に関するアンケート

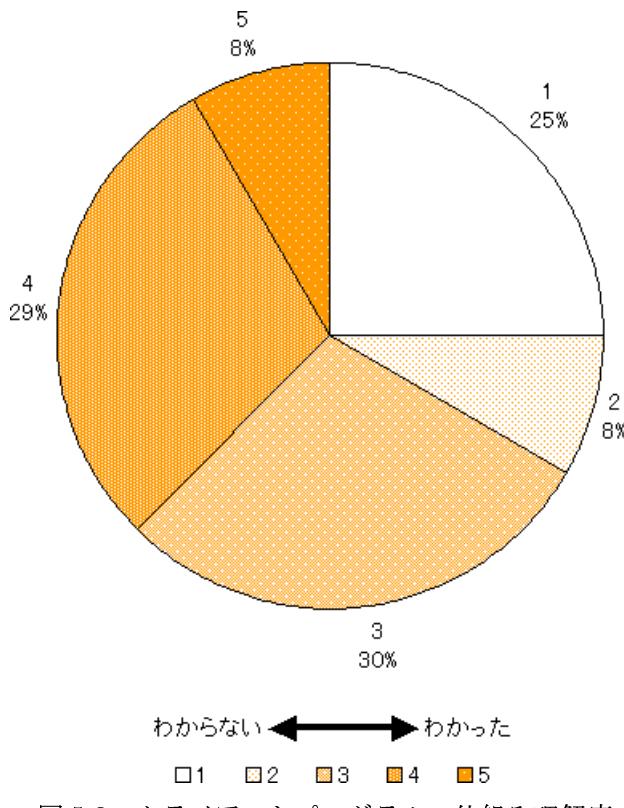


図 5.8 クライアントプログラムの仕組み理解度

Q3-1 は、実装した World Model から情報を得る方法が適切に作られているのかを評価する目的がある。結果を図 5.9 に示す。

この質問は、50%の受講生が扱いにくいと評価した。これは、World Model から情報を得るための方法が、難しいという理由があげられる。この点は今後改良する点の一つである。

Q3-2 は、情報の正確さについてである。サッカーサーバから送られてくる情報には、ノイズが含まれているので正確ではない。また、World Model では、ノイズを含んだ情報を元に計算をしているため、情報は正確ではない。この質問の意図は、World Model から得られる情報が、戦略・戦術部分を開発した通りに動いたかどうかを調べるものである。この結果を図 5.10 に示す。

この結果を見ると、約半数の受講生が正確か不正確か判断がつかないと評価している。これは、戦略・戦術部を開発時に、それほど World Model からの情報の正確さについて、意識せずに開発していたのではないかと思われる。今後情報の精度の向上が課題である。

## 5.2 World Model に関するアンケート

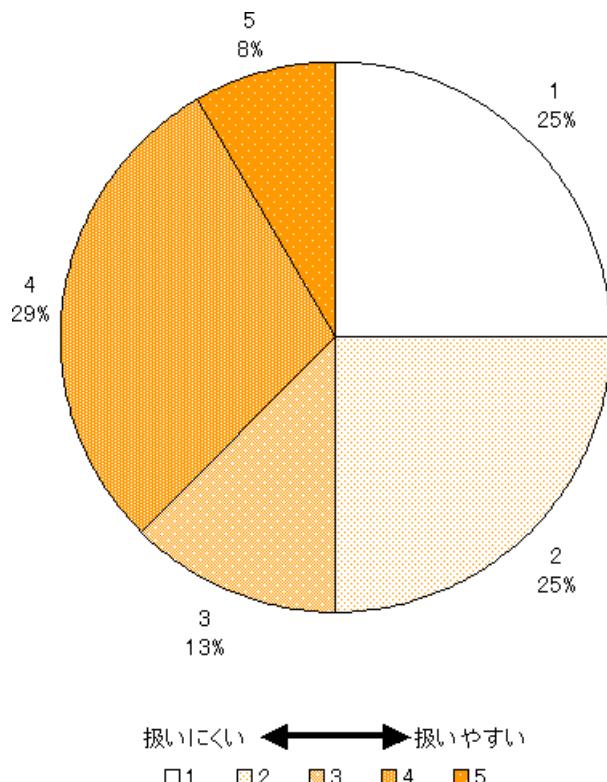


図 5.9 World Model の扱い易さについて

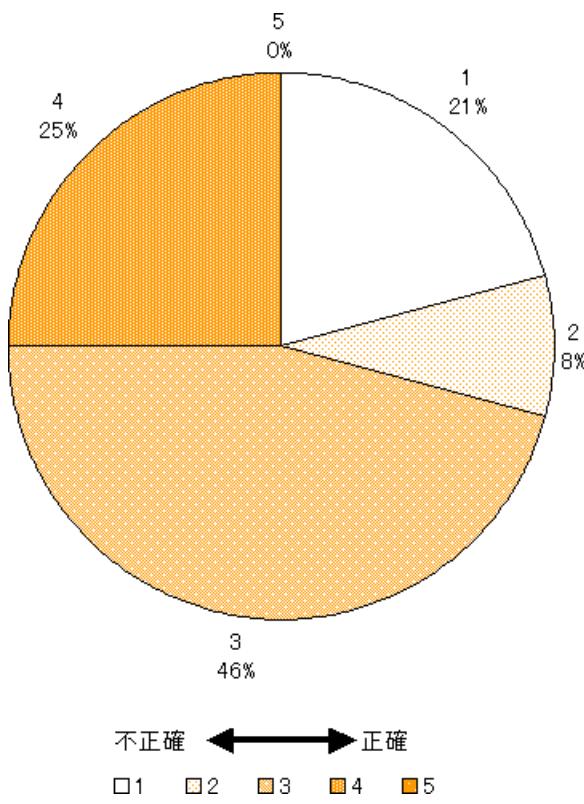


図 5.10 World Model の情報の正確さについて

## 5.2 World Model に関するアンケート

Q3-3 は、World Model から得られる情報量が十分であるかどうか調査する目的である。結果を図 5.11 に示す。

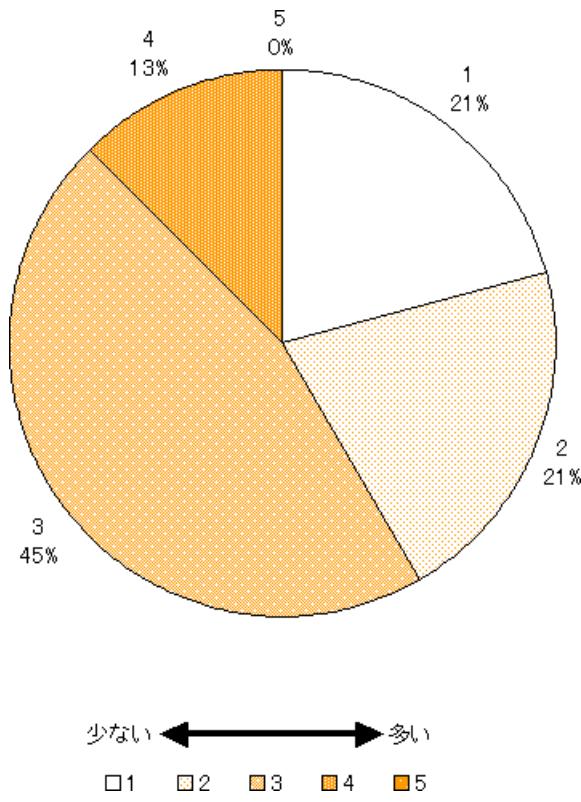


図 5.11 World Model の情報量について

約半数の受講生が今の情報量で十分あるいは、多いと評価した。しかし、残りの半数は、不十分であると評価した。World Model から得られる情報は、多ければ多いほど戦術・戦略部の開発がしやすくなることは事実である。

次の質問から自由回答で答えてもらった。

Q4. 現在 World Model によって得られる情報以外に必要だと思う情報をあげてください。

この質問に対しては余り意見が得られなかった。しかし、その中でも一番多かったのが、自プレイヤーの速度に関する情報が必要であるという意見が出された。これは、早急に対処をしなければならない。ただ、このクライアントプログラムはサッカーサーバのバージョン 5 ベースに作られている。バージョン 5 では、自プレイヤーの速度の情報は、方向はわからないが速度は得られる。バージョン 6(平成 13 年 2 月 5 日現在、最新はバージョン 7.00[3]) 以

## 5.2 World Model に関するアンケート

降、自プレイヤーの速度情報は、方向も含めてサッカーサーバから得られるようになってい  
る。ただし、速度の情報が  $x$  軸方向、 $y$  軸方向に分解されていないため分解する必要がある。

Q5. World Model からの情報を得るときに何かエラーがでたことがありますか。

Q6. Q5 以外で自分が手を加えていない部分でエラーがでたことがありますか。

これらの質問は、プログラムにエラーがないか調べる目的だったが、ほとんどエラーはで  
なかつた。多少のバグがあったが、授業期間内に修正を施せる程度だった。

Q7. 現在 World Model によって得られる情報以外に必要だと思う情報をあげてください。

この質問に関しては、有効な回答が得られなかった。

# 第 6 章

## 結論

World Model をクライアントプログラムに組み込むことによって、クライアントの基本技術を向上させることができた。以前のクライアントプログラムでは実装することができなかった、回転キックの実装にも成功した。さらに World Model によって扱われる各種情報によって、クライアントの戦略・戦術部設計が行ないやすくなった。これにより、授業で使用する際に RoboCup の知識があまりなくとも設計できるようになった。しかし、World Model から情報を得る際の手段が扱いにくいと評価された。このほかにも、World Model で扱う情報量を増やすことも必要である。この点を、改良し来年度以降の授業につなげていく必要がある。

また今後、補完・予測機能の強化が必要になって来る。予測の手法に時系列予測などの手法を使い、1 サイクル後の予測だけではなく、4,5 サイクル先の予測をする機能の追加が今後の課題の 1 つである。予測機能の強化により、より高度な戦略・戦術が設計できるようになる。

しかし、予測機能の強化は計算量が増加を招く。このため、シミュレータサイクル内に計算が収まらない可能性が出てくる。そこで、計算の効率化を図る必要がある。この解決法の一つとして、WorldModel の Multi-Thred 化が必要になってくると思われる。

World Model の構築、その他のクライアントプログラムの基本部分の強化、および、授業による多くの人のアイデアの採用により以前のクライアントプログラムより強化することが出来た。

今後、KUT RoboCup Project によって、代表チームが強化され RoboCup の大会での好成績が期待できる。

# 謝辞

本研究を進めるにあたりとても丁寧にご指導下さいました Ruck Thawonmas 助教授に心より御礼申し上げます。

また、情報システム工学実験4及びRoboCup大会などで大変お世話になりました、大森洋一助手、妻鳥 貴彦助手、近藤 剛実験講師の御3方にも心から御礼申し上げます。

本研究に関する、実験の準備や資料作成など援助してくれた、日野 慎一君、三好 貴弘君に心より感謝いたします。

本研究の評価に協力して下さった、情報システム工学実験4の受講者の皆様、ありがとうございました。

最後に、本研究に関して色々な面で支えて下さった人工知能研究室の皆様に感謝します。

# 参考文献

- [1] Ruck Thawonmas, 大森 洋一, 妻鳥 貴彦, 近藤 剛, ”高知工科大学情報システム工学科における RoboCup シミュレーションを通じてのソフトウェア工学及び人工知能の教育”, 第 12 回 ECOmp 研究会資料, 1999.
- [2] <http://www.robocup.or.jp/>.
- [3] <http://ci.etl.go.jp/~noda/soccer/server/index.html>.
- [4] <http://ci.etl.go.jp/~noda/soccer/client/index.html>.
- [5] Peter Stone, ”Layered Learning in Multiagent Systems: A Winning Approach to Robotic Soccer”, MIT Press, pp.241-243, 2000.
- [6] ”Soccerserver Manual (日本語版)”,  
<http://www.ita.tutkie.tut.ac.jp/~watta/RoboCup/jmanual.html>.