

## RoboCup 2D サッカーシミュレーションにおける遺伝的アルゴリズムの適用

河本 敬子<sup>1</sup>, 西田 吉伯<sup>2</sup>, 一野 天利<sup>1</sup>

### 要旨

RoboCup サッカーシミュレーションはマルチエージェントシステムの研究における様々な知見が得られるものとして期待されている。マルチエージェントシステムにおける各エージェントの動作がシミュレーション結果に重要な影響を及ぼすことがあり、エージェント群における有効な協調行動を実現する適切なパラメータを獲得する方法として、遺伝的アルゴリズムなどが知られている。本研究では、RoboCup2D サッカーシミュレーションにおけるチーム強化方法として、エージェントの動作を制御するパラメータを対象とした遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithm : GA) の有効性を検討する。さらに、GA の交叉方法の比較として、1点交叉と2点交叉の検討を行った。

本研究室では、卒業研究のテーマとして RoboCup シミュレーション (2Dサッカー, 3Dサッカー, レスキュー) を扱っており、2007年から5年連続で、RoboCup ジャパンオープン (国内最大規模の大会) に学生が出場し、2011年には2Dサッカーシミュレーションリーグ部門で3位入賞した。

### 1. 結論

近年、人工知能の分野ではマルチエージェントにおける協調行動の学習が研究されている<sup>(1,2)</sup>。この研究の題材としてロボットサッカーの競技会である RoboCup は、ロボット工学と人工知能の融合・発展のために自律型ロボットによるサッカーを題材として日本の研究者によって提唱された<sup>(3,4)</sup>。RoboCup の中の一部門であるサッカーシミュレーションはマルチエージェントシステムの研究における様々な知見が得られるものとして期待されている。マルチエージェントシステムにおける各エージェントの動作がシミュレーション結果に重要な影響を及ぼすことがあり、エージェント群における有効な協調行動を実現する適切なパラメータを獲得する方法として、遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithm : GA) が知られている。本研究では、RoboCup2D サッカーシミュレーションにおけるチームの強化方法として、エージェントの動作を制御するパラメータを対象とした遺伝的アルゴリズムの有効性を検討する。

### 2. RoboCup とは

RoboCup は、ロボット工学と人工知能の融合、発展のために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らによって提唱され、「西暦 2050 年にサッカーの世界チャンピオンに勝てる自律型ロボットチームを作る」ことを最終目標と掲げている。さらに、目標実現への過程で新しい研究課題と成果を生み出し、関連技術を促進させることも RoboCup の目的のひとつである。

RoboCup には自分で考えて動く自律移動型ロボットによるサッカー競技「ロボカップサッカー」(ロボットとシミュレーションをあわせて、6つのリーグ)をはじめ、ロボカップサッカーで開発された技術を、地震や、大きな災害をイメージしたフィールドで、人命救助を行う「ロボカップレスキュー」(救助戦略を考えるシミュレーションと、実際の現場で救助に役立つロボットを開発する、2つのリーグ)、キッチンやリビングといった日常生活の

原稿受付 2011年 6月 24日

1. 近畿大学生物理工学部 システム生命科学科, 〒649-6493 和歌山県紀の川市西三谷 930

2. 和歌山大学大学院システム工学研究科 システム工学専攻, 〒640-8510 和歌山市栄谷 930

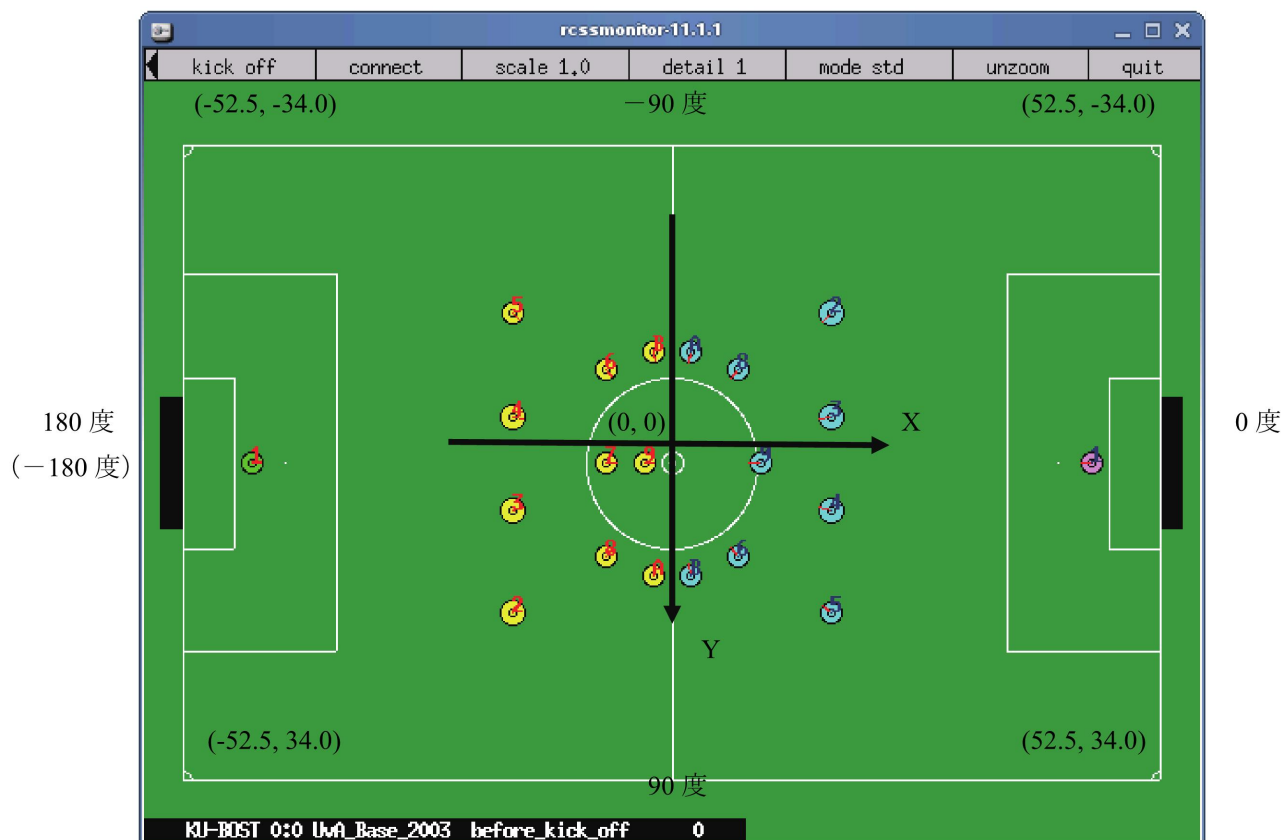


図1 フィールドの座標系

場での人間との共同作業を追及する「ロボカップ@ホーム」、将来のロボカップを支える子供たちのリーグ（18歳以下）「ロボカップジュニア」の4つの分野がある。

ロボカップサッカーは、人間のサッカーと同じように、自分で考えて動く自律移動型ロボットを使った競技形式で行われ、ロボットとシミュレーションをあわせて、6つのリーグがある。RoboCup サッカー・シミュレーションリーグ（2D, 3D）は、コンピュータ上のスクリーンフィールドで、人工知能プログラムされた11対11のプレイヤーがサッカーを行うリーグである。コンピュータ上の高さの無い2次元フィールドで、人工知能プログラムされた11対11のプレイヤーがチーム戦略を競う（2D）と、人型ロボットが技を競う3次元フィールド（3D）のリーグに分かれている。

RoboCupは、毎年、世界大会が開催され、40か国以上から選手（ロボット）が集まる。JapanOpenは、日本で開催するRoboCupの地域大会（国内最大規模の大会）であり、1998年から開催されている。日本チームは世界大会のチャンピオンチームを多く有しているため、JapanOpenは世界大会の前哨戦ともいえる大会である。

## 2. 1 RoboCup サッカーシミュレーション

人工知能の分野では、単一のエージェントでは解決の難しい問題を複数のエージェントが協調して解決するマルチエージェントシステムが研究されている。RoboCup サッカーシミュレーションは、このマルチエージェントシステムであり、マルチエージェントシステムのテストヘッドと呼ばれている<sup>6)</sup>。

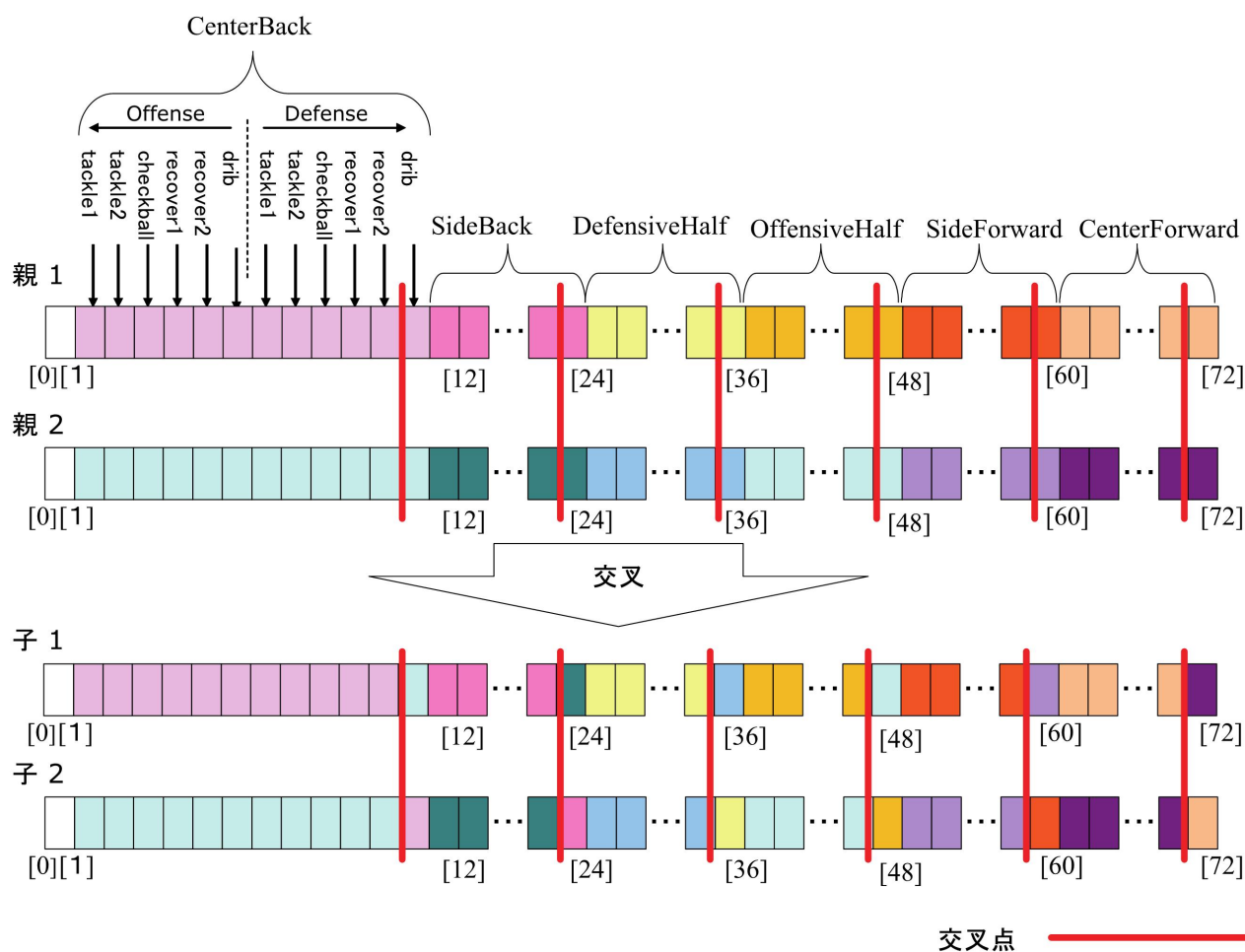


図 2 個体表現と交叉方法

RoboCup サッカーシミュレーションでは、ロボットの実機を使わず、“RoboCup サッカーシミュレータ”というソフトウェア上で、人工知能プログラミングされた、それぞれ異なる頭脳を持った 11 対 11 のプレイヤー 22 がコンピュータ上の仮想フィールドで 5 分ハーフの試合を行う。プレイヤーとなるのは分散協調型システムのプログラムで、それぞれが独立して動いている。人間と同じように判断し、さらに視野、スピード、体力などに対して限界を設けているので、RoboCup サッカーの中では、もっとも現実的なサッカーとなっている。

RoboCup2D サッカーシミュレーションの基本的な環境は、幅 68m×長さ 105m のフィールド上に 1 チーム 11 名の選手が参加できる。各選手とボールは、0.1 秒を 1 ステップとする時刻ごとにフィールド上を移動し、選手は毎ステップごとにコマンドを実行することができ、コマンドの実行結果はフィールド上に反映される。試合は 5 分ハーフの計 10 分間で行われる。チェスや将棋のように、各選手ごとに 6000 手のコマンドを実行することで、チームの勝利を狙う。

図 1 は、RoboCup サッカーシミュレータにおけるフィールドの座標系を示す。フィールドの中央を原点とし、右が X 軸正方向、下が Y 軸正方向となる。角度は時計回りが正の方向とし、フィールド中心から右サイドのゴール方向が 0 度、直下の方向が 90 度、真上の方向が -90 度、そして左サイドのゴール方向が 180 度となる。

表1 パラメータ値の範囲

パラメータ	値の意味	値の範囲
tackle1	タックルの成功率に関わる値	0.1 ~ 1.0
tackle2	タックルの威力に関わる値	0.1 ~ 100.0
checkball	ボールをチェックする範囲	1 ~ 7
recover1	リカバーモードへ移行する値	0.3 ~ 0.9
recover2	リカバーモードを解除する値	0.4 ~ 1.0
drib	ドリブルに関わる値	0 ~ 1

### 3. 遺伝的アルゴリズム

遺伝的アルゴリズム (GA) は、適用範囲の非常に広い、生物の進化を模倣した学習的アルゴリズムである<sup>6)</sup>。自然界における生物の進化過程においては、ある世代を生成している個体の集合 (個体群) の中で、環境への適合度の高い個体が高い確率で生き残るように選択 (再生) される。さらに、交叉や突然変異によって、次の世代の個体群が形成されていく。GA では、個体群の中に含まれる個体の数を個体群サイズとよび、各個体、それぞれ、染色体によって特徴付けられる。さらに、染色体は複数個の遺伝子の集まりにより構成されている。GA では、1 つの染色体で個体を表現することが多い<sup>6)</sup>。GA では、個体の適合度に基づく選択が行われ、交叉、突然変異を経て、次の世代の個体群が生成されるという操作を最終世代数まで繰り返す。

### 4. 操作対象パラメータ

RoboCup2D サッカーシミュレーションでは、HELIOS, UvA Trilearh, agent2d<sup>6),7)</sup>をベースとしたチーム開発が行われている。本研究では、agent2d (バージョン 2.10) を用いて実験を行う。以下に本研究で扱うパラメータの詳細について述べる。

agent2d で用いられているソースファイル defense\_move.cpp, offense\_move.cpp 内にある 5 種類 (tackle1, tackle2, checkball, recover1, recover2) のパラメータ, defense\_kick.cpp, offense\_kick.cpp 内にある 1 種類 (drib) のパラメータ, 計 6 種類のパラメータを GA の操作対象とした。また、5 種類はボールを所有していない場合、1 種類はボールを所有している場合に対応している。この計 6 種類のパラメータに関して、ボールの位置がセンターラインのどちら側 (オフense側, ディフェンス側) にあるのかを考慮するために、 $6 \times 2$  の計 12 パラメータとなる。さらに、6 種類の各プレイヤータイプ (CenterBack, SideBack, DefensiveHalf, OffensiveHalf, SideForward, CenterForward) はこの 6 種類のパラメータを持つ。したがって、本研究で扱うパラメータは、

$$6 \text{ (プレイヤータイプ)} \times 6 \text{ (パラメータ)} \times 2 \text{ (ボールの位置)} = 72$$

となり、この 72 の値を 1 チーム (1 個体) として扱う。本研究での個体表現を図 2 に示す。個体の先頭の遺伝子座から 1 プレイヤタイプにつき個分を割り当てることとして、6 プレイヤ分を割り当てる。次に、各プレイヤータイプの遺伝子座には、オフense側とディフェンス側に 6 種類のパラメータを順に割り当てる。表 1 に各遺伝子座に割り当てるパラメータ値の選択範囲を示す。tackle1, tackle2, recover1, recover2 は実数値, checkball, drib は整数値として、6 種類のパラメータ値は表 1 の選択範囲からランダムに発生させた。

## 5. 本研究での GA 設計

本研究での GA の設計は以下のように行った。

### ■ 初期世代

72 個の値をランダムに決定したチーム（個体）を 20 個体生成した集合。

### ■ 個体評価方法

各チームが評価対象の相手チーム（ベンチマーク用チーム）としてランダムに作成した 3 チームと試合を行い、総得点、総失点について評価を行う。評価値の計算式<sup>(8,9,10,11)</sup>は以下を使用する。

得点評価 = 得点 / 世代内最高得点

失点評価 = 1 - (失点 / 世代内最高失点)

評価値 = 0.5 (得点評価 + 失点評価)

### ■ 選択・淘汰方法

エリート戦略に基づき、現在の世代において評価値が上位の 2 チームをそのまま次世代へ残す。評価値の低いチーム 2 チームは淘汰する。残りの 16 チームは、ルーレット選択法によって決定する。そして、順番にベンチマーク用チームとランダムに対戦させる。

### ■ 交叉方法

本研究での交叉方法を図 2 に示す。交叉方法は 1 点交叉、2 点交叉とし、プレイヤータイプごとに値が決まる tackle1, tackle2, checkball, recover1, recover2, drib の 6 パラメータを交叉の対象とする。1 点交叉の場合、交叉点は親 1, 親 2 の各ペアごとにランダムに 1 箇所選び、各プレイヤータイプにおいて同じ交叉点で交叉させたものを子 1, 子 2 とする。2 点交叉の場合は、交叉点を 2 箇所とする。

### ■ 突然変異

本実験では行わない。

### ■ 終了基準

20 世代経過を終了条件とする。

## 6. 数値実験

GA によるチームの強化を評価するために数値実験を行った。本実験で使用したチーム数は 20、ベンチマークチーム数は 3、世代数は 20、エリートチーム数は 2、淘汰チーム数は 2 である。

図 3 は各世代における 20 チーム分の得失点周辺値（1 点交叉、2 点交叉）を示す。前後 2 世代を含む計 5 世代の得失点差の平均値を得失点周辺値とした。結果から、2 点交叉は早い世代で得失点周辺値が高くなることわかる。特に、11 世代付近から急激に得失点周辺値が高くなることわかる。また、16 世代目以降から、得失点周辺値が低くなっている。これは、11 世代から 15 世代の得失点周辺値がほぼ同等であることから、解が収束したことが原因であると考えられる。図 4 は各世代における勝敗周辺値（1 点交叉、2 点交叉）を示す。前後 2 世代を含む計 5 世代の勝敗平均値を勝敗周辺値とした。結果から、得失点差と同様に 2 点交叉は早い世代で勝敗周辺値が高くなり、勝利数が多くなっていくことわかる。特に、11 世代付近から急激に勝敗周辺値が高くなることわかる。図 3, 4 の結果から GA を用いることによって、得点能力が高く、勝利数が高いチームを作成することができることを示した。特に、2 点交叉は 1 点交叉よりも、その傾向が顕著であることがわかった。

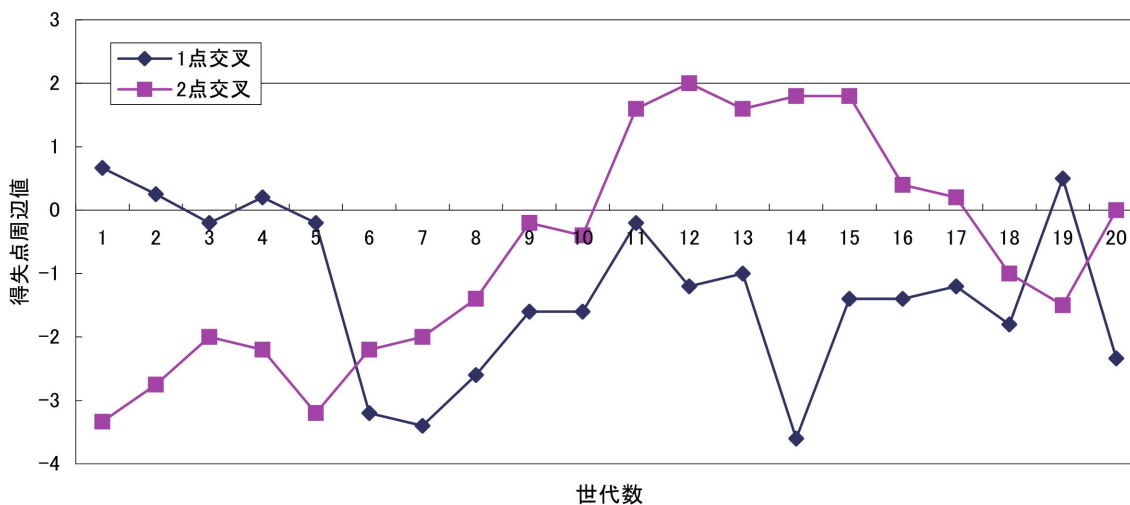


図3 得失点周辺値

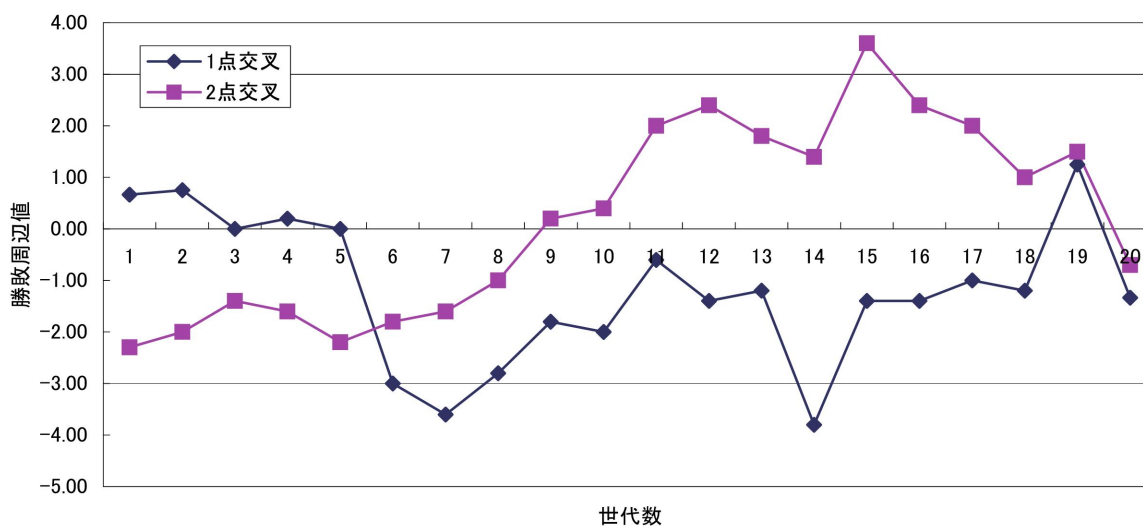


図4 勝敗値周辺値

## 7. まとめ

本研究では, RoboCup2D サッカーシミュレーションにおけるチームの強化方法として, エージェントの動作を制御するパラメータを対象とした遺伝的アルゴリズムの有効性を検討した. 結果から, GA を用いることで世代が進むにしたがって, 得失点周辺値, 勝敗周辺値が高くなることを示した. さらに, 2点交叉は1点交叉よりも有効であることが分かった. よって, GA は RoboCup2D サッカーシミュレーションにおけるチームの強化方法の一手法となると考えられる.

## 参考文献

- (1) Weiss, G. and Sen, S (1996) *Adaption and Learning in Multi-agent Systems*, Springer-Verlag, Germany, pp. 1-238.
- (2) Weiss, G (1999) *Multiagent Systems: A modern Approach to Distributed Artificial Intelligence*, Sen S. and Weiss, G. : *Learning in Multiagent System*, 259-209, The MIT Press.
- (3) RoboCup Federation, <http://www.robocup.or.jp/>
- (4) ロボカップ日本委員会, <http://www.robocup.or.jp/>
- (5) 秋山英久 (2006) ロボカップサッカーシミュレーション2Dリーグ必勝ガイド, 秀和システム
- (6) 坂和正敏, 田中雅博 (1995) 遺伝的アルゴリズム, 朝倉書店
- (7) 秋山英久, "RoboCup tools", <http://rctools.sourceforge.jp/>
- (8) 中上剛輔, 岡田英彦 (2007) 遺伝的アルゴリズムによるロボカップサッカーのチーム成長評価, 第 69 回 情報処理学会全国大会講演論文集 (2) , 517-518.
- (9) 河本敬子, 加治竜弥, 一野天利, 谷澤一雄, 堀部和雄 (2008) RoboCup2D サッカーシミュレーションにおける遺伝的アルゴリズムを用いたフォーメーションの強化, 第70回情報処理学会講演集(2), 517-518.
- (10) 河本敬子, 加治竜弥, 一野天利, 谷澤一雄, 堀部和雄 (2009) RoboCup2D サッカーシミュレーションにおける遺伝的アルゴリズムを用いたチーム強化, 第71回情報処理学会講演集(2), 517-518.
- (11) 河本敬子, 西田吉伯 (2011) RoboCup2D シミュレーションにおける遺伝的アルゴリズムの交叉方法, 第55回システム制御情報学会研究発表講演会講演論文集, 615-616.

英文抄録

## Application of Genetic Algorithm for RoboCup2D Simulation

Keiko Kohmoto<sup>1</sup>, Yoshitomo Nishida<sup>2</sup> and Takatoshi Ichino<sup>1</sup>

RoboCup soccer simulation is expected to bring a variety of knowledge in research into multi-agent systems. The behavior of each agent in a multi-agent system has an important effect on the simulation results, and methods such as genetic algorithms are known as methods for obtaining suitable parameters for delivering effective cooperative behavior in a group of agents. In this paper, the effectiveness of strengthening teams using genetic algorithms in the RoboCup2D soccer simulation is investigated.

---

1. Department of Biomedical Engineering, Kinki University, Wakayama 649-6493, Japan

2. Graduate School of Systems Engineering, Wakayama 624-0017, Japan