

# バーチャルサッカーにおける人間FWの特徴分析

西野順二、戸田英治、鹿田和之進、本多中二

## 電気通信大学 システム工学科

本研究は、RoboCup サッカーシミュレーションリーグに人間が参加し、その協調行動の様子について計測および分析を行った。視野の制約やノイズ、情報の欠損など限られた情報リソースをもとに、明示的に予定されていない他のプレイヤーとの協調が見られるなど、人間ならではの行動が見られた。本論文では特にフォワードプレイヤー(FW)に焦点をあて、その行動の経時変化、他のプレイヤーやオフサイドラインとの関係を各種の統計量にもとづいて分析した。相手チームの特性の迅速な把握と行動対応や、明示されない協調的行動の創発を確認した。

An analysis on human forward soccer player's behavior in simulated soccer field.

Junji NISHINO, Eiji TODA, Kazunoshin SHIKADA, Nakaji HONDA

Dept. of Systems engineering

The University of Electro-Communications

This paper shows an analysis result of human soccer forward player's behavior in simulated soccer; RoboCup. We developed an interface system called OZRP/Palm-system that enabled human pilots to dive into simulated soccer field. Human players could play very well in spite of several constraints such as limited information and noise. We showed quick opponent modeling abilities and a priori cooperation abilities by means of statistical indices.

### 1 はじめに

本論文は、シミュレーションサッカーにおけるバーチャル環境下での、人間の協調的行動について計測、分析し、その行動モデルを作ることを目的としている。さらに、この観測から得られた協調行動モデルを、協調環境下にある人工システムに活かすことを目指している。

分散環境下におかれたロボットやエージェントシステムの協調においては互いの情報伝達が重要な役割を持つ。しかしながら電波や光、

音声などの無線通信には、情報の欠落や不完全性、不規則な雑音が含まれ、疎な伝達しか行なえない。人間は、サッカーの試合での協調的プレイを頻繁に行なっている。しかし、その情報通路は単音節程度の簡易な音声や、簡単なジェスチャーと言った、疎な伝達のみで、高度な協調行動を実行している。

本研究では、RoboCup サッカーシミュレーションに、人間が参加できるようにするユーザインタフェースシステム OZRP システムを

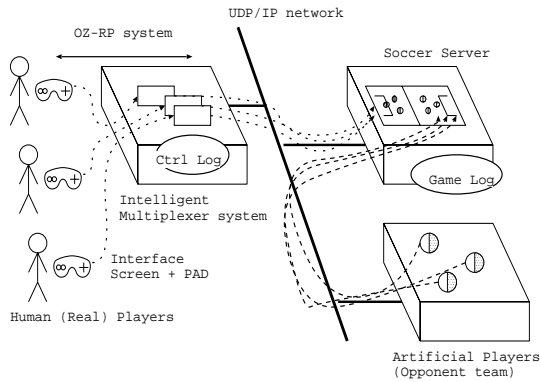


図 1: OZ-RP システムの構成: 動作サポートは OZRP ローカルサーバで実現する

構築した。これを用いて人工チームとのシミュレーションサッカーの試合を行ない、その結果を統計的な指標に基づいて分析した。

## 2 計測の方法

### 2.1 OZRP システム

OZ-RP[5, 7, 6] は、人工プレイヤーどうしでおこなわれる RoboCup サッカーシミュレーションリーグ [2, 1, 4, 3] の試合に、人間が参加するためのシステムであり、すでに様々なバージョンを構築し実験を進めている [8]。

システム構成の概念図を図 1 に、操作端末の例を図 2 にそれぞれ示す。OZRP\_Palm システムは、ボール追従、目的位置へのパス、目的位置への移動というマクロレベルの指令を与えることができる端末である。人間に対して得られる情報も、各人が担当するプレイヤーの視界に制限され、なおかつノイズを含んだものとなっている。これらの制約を満たすことで、人工プレイヤーとフェアな条件で試合ができるように設計したものである。

### 2.2 実験試合

2002 年 10 月に名古屋工業大学で行なわれた RoboCup 秋のキャンプで対戦実験を行なった。11 プレイヤ中、フォワード 3 名を人間パイロットが操作し、残り 8 名を人工プレイヤーが補助し



図 2: OZ-RP\_Palm システム: ユーザ端末の一例

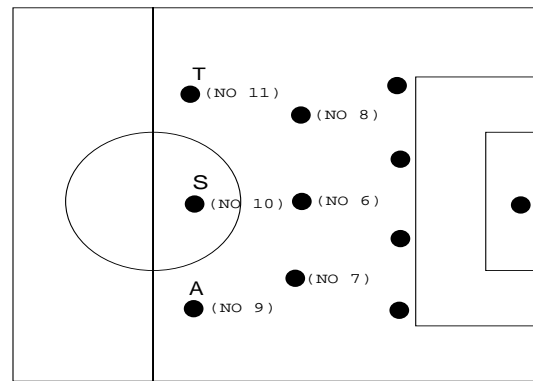


図 3: OZ-RP\_Palm のフォーメーション

て 1 チームとした。補助人工プレイヤーには、東京工業大学秋山氏作成によるチーム HELIOS のエージェントを採用した。試合中の人間プレイヤーの位置を図 3 に示す。

実験中行なった試合から、チーム HELIOS が行なった試合を中心にして分析用にいくつか選択した。これは、本チームの守備に充当されている人工プレイヤー HELIOS との比較をすれば、人間 3 名以外の条件をそろえて比較ができるためである。試合の一覧を表 1 に示す。

## 3 人間フォワードの行動の特徴

実験した試合結果それぞれに対し、フォワードプレイヤーの行動の特徴を調べた。すなわち、オフサイドラインへの適応性、フォーメーションの適応性、運動量の適応性の 3 点である。

表 1: 分析に用いた試合

RoboCup Autumn Camp 2002			
対戦チーム			結果
OZ-RP_Palm	-	TsinghuAeolus	0-1
OZ-RP_Palm	-	nobisu	16-0
OZ-RP_Palm	-	NITsoccer02	25-0
OZ-RP_Palm	-	NITCalcio2002	6-0
HELIOS	-	TsinghuAeolus	0-1
HELIOS	-	nobisu	38-0
HELIOS	-	NITsoccer02	33-0
HELIOS	-	NITCalcio2002	26-0
Everest	-	nobisu	33-0
Everest	-	NITCalcio2002	24-0
TsinghuAeolus	-	nobisu	45-0
TsinghuAeolus	-	NITCalcio2002	32-0

### 3.1 オフサイドライン適応性

オフサイドは守備側にとって、最小限の人数で最大限の守備を実現するための重要なルールである。逆に攻撃側フォワードプレイヤーにとっては、ファールとならないようにし、なおかつ効果的な攻撃を実現するために、注意しなければならないルールである。

オフサイドラインは、守備側の後ろから2人目のプレイヤー位置に引かれる仮想の境界である。オフサイドルールは、この線を越えているプレイヤーが攻撃に参加してはならない、すなわちボールに接近してはならないという規則である。実際の守備側から2人目は激しく不安定に入れ替わる。

分析では、オフサイドライン位置のX軸方向の時間変化を求め、フォワードプレイヤーの位置との関係について、相関関係を分析した。結果を表2に一覧にして示す。

この結果から、オフサイドラインへの適切な対応ができていたことが分かる。またその相関係数も高い。これには、使用したOZRPシステムの補助として、推定されるオフサイドラインの候補を表示する機能があることも関係していると考えられる。パスを受けるまでは反則にならないため、細かく移動する必要はないにも関わらず、対応しようとしている様子が現れて

いる。

いっぽうで、人工チームの位置とオフサイドラインの相関は、人間のそれより高い。これは、人工チームが、ボールが遠いなど無関係なときも含め、あらゆる場面においてオフサイドライン対応をしていたことを示す。

人間は、あきらかに無駄な場合には、オフサイドの位置にあっても適宜休憩をとったりしていた。時間帯全域での相関が低くとも、その得点力を基準として比べたパフォーマンスは悪くなかった。このことから、人間プレイヤーはより効率の良いオフサイド対応を行なっていることが分かる。

### 3.2 フォーマーシヨンの時間変化

人間行動における適応的变化を対象とするため、平均座標の時間変化を比較する。

一試合6000ステップを500ステップずつの時間帯セグメントに12分割し、おのおのの位置座標時間平均を算出した。図4に、人間チームが強いチーム(Thinghua)と戦った試合での、前半冒頭、後半3セグメント目の二つの時点でのフォーマーシヨンを示す。

相手にチームが強いチームであることを、時間経過とともに把握し、フォワードプレイヤーが1名中盤に移動していることがわかる。さらに、その空いたフォワードのスペースを埋めるために、残り2名のフォワードプレイヤーがバランス良い位置に移動している。

これは互いに無言のまま創発した行動で、音声その他の方法で当座に相談して行なったのではなく、また事前の打ち合せがあったわけでもない。このようなアプリオリな行動シナリオをサッカーを知る人は持ってあり、暗黙の協調が生まれることを確認できた。また、この変化は常識的な観点で適切なものであったと言える。

同じ相手に対する人工プレイヤーのみのチームの試合の様子を図5に示す。いずれの時点でも、フォーマーシヨンが変化していないことが分かる。

表 2: フォワードプレイヤーに対するオフサイドラインおよびボール位置の相関

Tshing	Team FW player	OZ-RP_Palm			HELIOS		
		A(11)	S(9)	T(10)	9	10	11
	ball	0.67	0.56	0.50	0.83	0.77	0.82
	offside line	0.72	0.75	0.63	0.92	0.87	0.92
nobisu	ball	0.69	0.50	0.63	0.87	0.84	0.87
nobisu	offside line	0.77	0.64	0.74	0.78	0.77	0.77
NITsoccer02	ball	0.71	0.75	0.75	0.80	0.82	0.80
NITsoccer02	offside line	0.71	0.72	0.74	0.85	0.85	0.84
NITCalcio2002	ball	0.63	0.69	0.60	0.79	0.79	0.78
NITCalcio2002	offside line	0.80	0.86	0.79	0.86	0.87	0.87
	Team FW player	Everest			TsinghuAeolus		
		9	10	11	9	10	11
nobisu	ball	0.90	0.87	0.88	0.91	0.89	0.91
nobisu	offside line	0.80	0.80	0.81	0.66	0.59	0.66
	Team FW player	Everest			TsinghuAeolus		
		9	10	11	9	10	11
NITCalcio2002	ball	0.87	0.84	0.87	0.88	0.88	0.87
NITCalcio2002	offside line	0.94	0.91	0.94	0.89	0.86	0.89

### 3.3 運動量の漸減

各プレイヤーの位置について、時間帯ごとの分散をはかった。位置の分散は、そのプレイヤーの行動域の大きさを表現する指標である [8]。図 6 に示した、分散自体の時間変化は、やや激しく変化しているものの特徴が見られない。

ボールの分散も大きく変化しており、これは試合局面自体の激しさを表現していると考えられることから、ボールの分散で全体を規格化した。規格化した後の運動量を図 7 に示す。相手チームが弱いときには、どの試合でも規格化した運動量 (比) の漸減がみられた。

これは、相手チームがあまり強くないことを試合中に認識し、徐々に必要最小限な運動量に変化したことを示している。複数の試合で同じ傾向が見られることから、個人のスキル上昇ではなく、相手チームへの対応学習の効果と考えられる。

## 4 まとめ

シミュレーションサッカー環境における人間プレイヤーの行動について、観測した記録にもとづいて分析した。統計的指標を用いて、オフサイドラインとの適度な相関や運動量の時間変化が見られた。これらは、人間プレイヤーが人工プレイヤーと比較すると、ゆっくりした行動ながら無駄の少ない動きをしていることを示している。

また、フォーメーションの時間変化からは、あらかじめ準備されていない協調行動の発現が観測された。人間がもつサッカーにおけるシナリオ・チャンクが存在を示している。

時間変動など統計的指標でも、ある程度の人間行動の特徴把握ができることが分かった。今後、各種のデータマイニング手法を援用し、知的協調行動のモデルの構築にいかに関与してゆかが課題である。

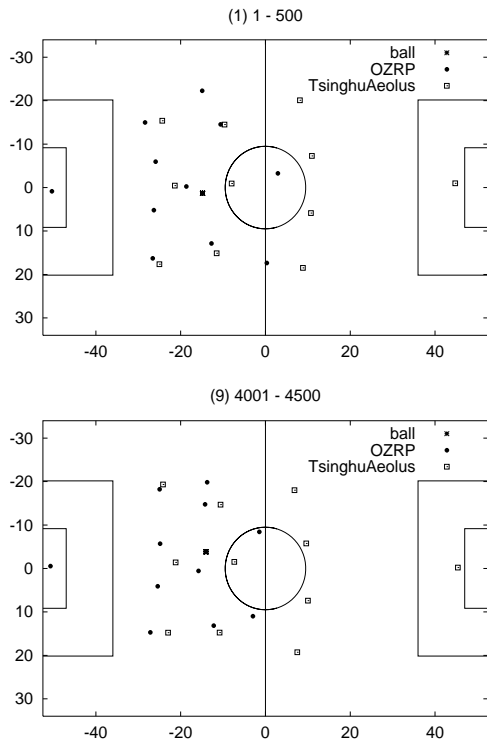


図 4: 人間のフォーメーションの時間変化

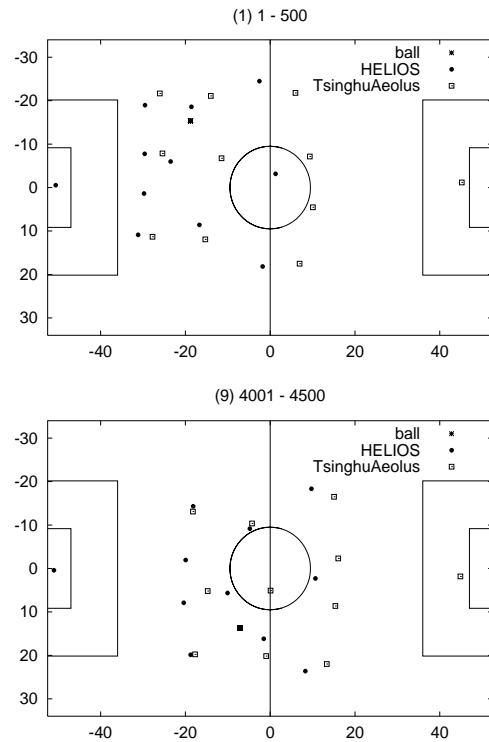
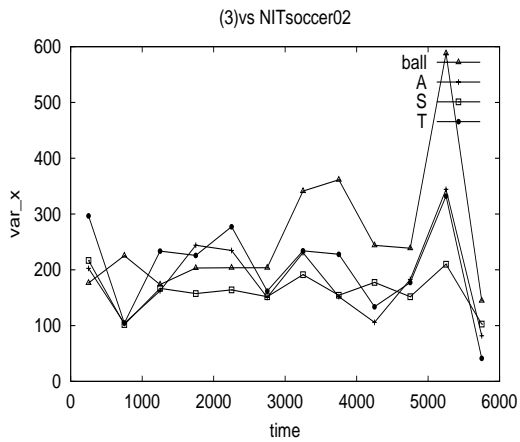


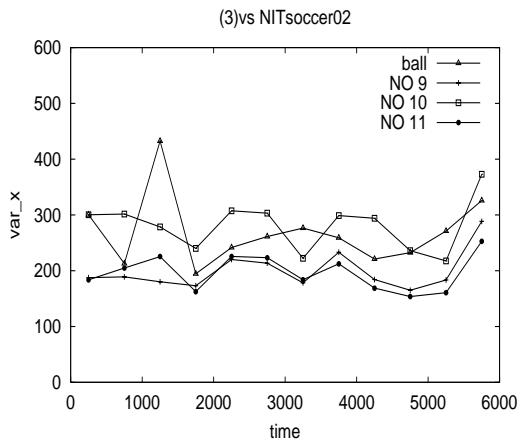
図 5: ロボットプレイヤー (HELIOS) のフォーメーションの時間変化

## 参考文献

- [1] M. Asada and H. Kitano, editors. *RoboCup-98: Robot Soccer World Cup II*. Springer, 1999. ISBN 3-540-66320-7.
- [2] H. Kitano, editor. *RoboCup-97: Robot Soccer World Cup I*. Springer, 1998. ISBN 3-540-64473-3.
- [3] P. Stone, T. Balch, and G. Kraetzschmar, editors. *Robocup 2000 : Robot Soccer World Cup IV*, volume 2019 of *LNAI*. Springer, 2001.
- [4] M. Veloso, E. Pagello, and H. Kitano, editors. *Robocup-99: Robot Soccer World Cup III*. Springer, 2000. ISBN 3-540-41043-0.
- [5] 秋田純一, 西野順二, 久保長徳, 下羅弘樹, and 藤墳到. Robocup シミュレーションリーグ人間参戦システム oz-rp の提案. In *AIチャレンジ研究会第12回資料*, pages 23–28. 人工知能学会, 2001.
- [6] 西野順二. ドリームチーム oz と人間チーム oz-rp の挑戦. *日本ロボット学会誌*, 20(1):39–40, 2002.
- [7] 西野順二, 久保長徳, 秋田純一, and 下羅弘樹. Oz-rp システムを用いたバーチャルサッカーでの人間協調行動の観測. In *第11回インテリジェントシステムシンポジウム講演論文集*, pages 149–152, 2001.
- [8] 島涼平, 西野順二, and 本多中二. Oz-rp における協調行動の分析. *情報処理学会ゲーム情報学研究報告*, 2002-GI-7(27):9–16, 3 2002.



方向の人間プレイヤーの分散の時間変化



方向の人工プレイヤーの分散の時間変化

図 6: 位置の分散 (運動量) の時間変化

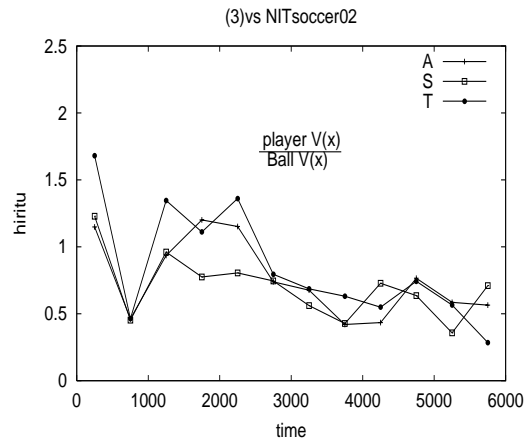


図 7: ボール指標で規格化した運動量の時間変化

