

**サッカーのAI  
RoboCupサッカーシ  
ミュレーションリーグ  
(DigraJ公開講座09年5月期)**

**西野順二**

このへん  
ファジィ

**ロボカップ  
シミュレーションリーグの  
歴史に見る  
AI技術の変遷**

このへん  
ファジィ

**1997年以來の  
過去試合のログ  
その鑑賞と解説/検討**

このへん  
ファジィ



# RoboCupサッカー





# RoboCup

## 知的分散協調の

## 共通問題

## マルチエージェントシステム

日本発祥

このへん  
ファジィ

# RoboCup リーグ

🏠 サッカー

🏠 実機 / 人型、中型、小型

🏠 シミュレーション

🏠 レスキュー

🏠 ジュニア

🏠 @Home



このへん  
ファジィ

# RoboCupで使われる AI技術とは



「全て」



AI技術の実応用テスト  
= RoboCupの目的

このへん  
ファジィ

# 自己紹介

このへん  
ファジィ

# 西野順二

## 天才プログラマー

(IPA・経産省)

電気通信大学

システム工学科

このへん  
ファジィ



# OZED

## バーチャルサッカー ロボットキット

未踏で開発

<http://ozed.sourceforge.jp/>

このへん  
ファジィ

# このへんファジィ (R) の応用

より直感的な  
あいまいさを扱う技術

未踏で開発

<http://ozed.sourceforge.jp/>

このへん  
ファジィ

# RoboCupper 暦

- 🏠 1998年開発スタート
- 🏠 1999年国際大会初参加
- 🏠 2002年国際大会技術管理委員 (日本)
- 🏠 2003年国際組織委員(OC)
- 🏠 2002～2005日本大会運営委員
- 🏠 ～現在日本大会運営協力

このへん  
ファジィ

# RoboCup戦歴

- 1998年開発スタート
- 1999年国際大会 予選敗退
- 2000年 実験ヘテロチームOZ(AI学会賞)
- 2001年 人間参加システムOZRP (AI賞)
- 2004年 人間チームで日本大会3位
- 2007年 3Dリーグで日本大会2位
- 2008年 このへんファジィ歩行 (AI賞)

このへん  
ファジィ

**専門**  
**システム科学**  
**ファジィ理論**

このへん  
ファジィ

# 専門

- システム科学      東工大システム科学専攻
  - 制御理論・情報理論・ゲーム理論・人間工学
  - サイバネティクス→ロボティクス
- ファジィ理論
  - 知的情報処理
  - ソフトコンピューティング
    - ファジィ、ニューロ、確率推論、GA(EC)

このへん  
ファジィ

# 「あそび」の研究

- 🏠 エンターテインメントコンピューティング
- 🏠 ロボットサッカー世界大会
- 🏠 コンピュータ大貧民大会
- 🏠 コンピュータ囲碁



# エンターテインメントの時代が来た

- 農業革命
- 工業革命
- 情報革命
- 人間の進化?



# 工業的成長の限界

工業=労働集約型活動

- GDP ↓ = 個人生産 X 人口 ↓
- 人口が減少、GDPはもう伸びない
- 消費 ↓ = 個人消費 X 人口 ↓ も伸びない
- 一人で二台の車には乗れない!!
- 新形態の生産・消費が重要
  - 生活の質の向上・エンターテイメント

労働集約型でない活動



# エンターテインメント産業

- 消費時間を3倍増できる
  - 一人で絵を眺めゲームしつつ音楽を聞く
- 非物質的
- 新しい生産と消費
- 生活の質の向上



# RoboCupサッカー

このへん  
ファジィ

**ロボットのサッカーチーム  
2050年  
WCで人間チームに勝つ**

このへん  
ファジィ

# 人間に勝つ

 全員なぎ倒す? -> 反則負け

 人間に危害を加えず

 知的に動いて勝つ

このへん  
ファジィ

# グランドチャレンジ

- 🐼 アポロ計画 1960  
システム工学の発展
- 🐼 コンピュータチェス 1997  
計算機科学の発展
- 🐼 ロボカップ 2050  
知能ロボットの発展



日常生活への大きな寄与

このへん  
ファジィ

# RoboCupの課題

身体性の問題

開いた世界

計り知れない大きさ

「相手」という未知物体

このへん  
ファジィ

# 参考図書

Hiroaki Kitano (Ed.)

RoboCup-97:  
Robot Soccer  
World Cup I



Springer



Minoru  
Hiroaki

Rob  
Rob  
Wo

RoboCup  
Robo  
World

Springer

Manuela Veloso Enric  
Hiroaki Kitano (Eds.)

RoboCup  
Robo  
World

Springer

RoboCup  
Robo  
World

Springer

RoboCup 2001:  
Robot Soccer  
World Cup V

Springer

Coradeochi  
Satoshi Tadokoro (Eds.)

Gal A. Kaminka  
Pedro U. Lima  
Raul Rojas (Eds.)

RoboCup 2002:  
Robot Soccer  
World Cup VI



Springer



Daniel Polani  
Brett Browning  
Andrea Bonari  
Kazuo Yoshida

LNAI 3020

RoboCup  
Robot S  
World C



Springer

Daniele Nardi  
Martin Riedmiller  
Claude Sammut  
José Santos-Victor (Eds.)

LNAI 3276

RoboCup 2000:  
Robot Soccer  
World Cup



Springer

Ansgar Breidenfeld  
Adam Jacoff  
Itsuki Noda  
Yasutake Takahashi (Eds.)

LNAI 4020

RoboCup 2005:  
Robot Soccer  
World Cup IX



Springer

Gerhard Lakemeyer  
Elizabeth Sklar  
Domenico G. Sorrenti  
Tomoichi Takahashi (Eds.)

LNAI 4434

RoboCup 2006:  
Robot Soccer  
World Cup X

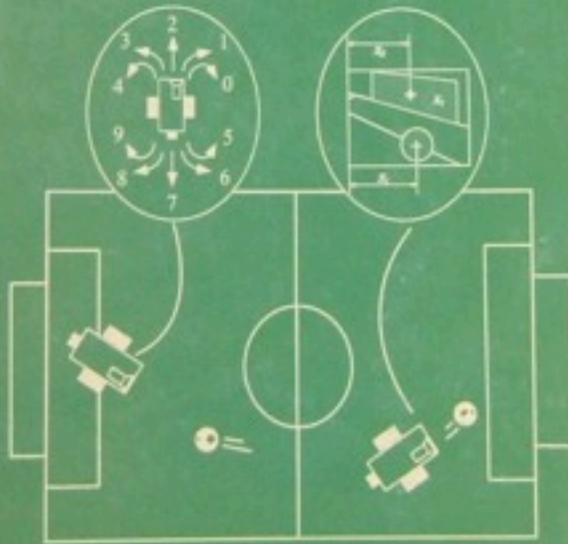


Springer

RoboCup

Hiroaki Kitano (Ed.)

# RoboCup-97: Robot Soccer World Cup I



Springer



Springer

LNAI 4020

(Eds.)

## RoboCup 2004: Robot Soccer World Cup VIII



Richard Lakemeyer  
Elizabeth Sklar  
Tommaso G. Sorrenti  
Tomohiro Takahashi (Eds.)

## RoboCup 2006: Robot Soccer World Cup X



RoboCup 2000: Robot Soccer World Cup IV  
 Editors: Hiroaki Kitano (Eds.)  
 Springer

RoboCup 2001: Soccer Cup V  
 Editors: Andrew Bligh, Silvio Savarese, Satoshi Tadokoro (Eds.)  
 Springer

RoboCup 2002: Robot Soccer World Cup VI  
 Editors: Gal A. Kamnitsky, Pedro U. Lima, Raul Rojas (Eds.)  
 Springer

RoboCup 2003: Robot Soccer World Cup VII  
 Editors: Daniel Borrajo, Brett Browning, Kazuo Yoshida (Eds.)  
 Springer

RoboCup 2004: Robot Soccer World Cup VIII  
 Editors: Daniel Borrajo, Brett Browning, Andrea Bonarini, Kazuo Yoshida (Eds.)  
 Springer

RoboCup 2006: Robot Soccer World Cup X  
 Editors: Lakemeyer et al. (Eds.)  
 LNAI 4434  
 Springer

RoboCup 2005: Robot Soccer World Cup IX  
 Editors: (Eds.)  
 Springer

# シミュレーションリーグ

このへん  
ファジィ

# バーチャルロボットの サッカー

このへん  
ファジィ

# RoboCup:ロボットサッカー研究

8リーグ、1000名以上参加、観客10万人  
シミュレーションリーグは、

- 20カ国以上、70チーム、300名以上が参加



RoboCup 2002福岡大会

2005大阪、2006ドイツ、2007アメリカ、2008中国、2009オーストリア

# もっとも地味なリーグ

このへん  
ファジィ

でも

もっとも

進んだリーグ

このへん  
ファジィ

# シミュレーションリーグの メリット

- 🏈 故障しない
- 🏈 繰り返し実験できる → 学習に有利
- 🏈 安い

ゲームと同じ

このへん  
ファジィ

# シミュレーションリーグ

- 2D/3D
- バーチャルサッカー場
- ネットワークC/S接続
- 「リアル」な多数の制約
- 22プレイヤー独立・疎結合・非統合
  - ボール込み46次元
- FIFA準拠

このへん  
ファジィ

# 最近の結果

このへん  
ファジィ

# 世界大会

## ●初回

●1997 AT Humbolt(独), Andhill(日), ISIS, CMUnited

## ●CMUの巻き返し

●1998 CMUnited(米), AT Humbolt98, Windmill Wanderers, AIACS

●1999 CMUnited99, magma Freiburg, Essex Wizards, 11 monkeys(日)

## ●初出場初優勝

●2000 FC Portugal(ポ), Karlsruhe Brainstormers, AT&T-CMU2000

## ●中国の研究、ドリブル強さ

●2001 Tsinghuaeolus(中), Karlsruhe Brainstormers, FC Portugal 2001

●2002 Tsinghuaeolus, Everest, Brainstormers

## ●ライブラリ新時代

●2003 UvA Trilearn(蘭), Tsinghuaeolus, Brainstormers

## ●ロシア

●2004 STEP(露), Brainstormers, Mersad

## ●悲願の達成

●2005 Brainstormers 2D(独), WrightEagle, TokyoTech SFC(HELIOS:日)

●2006 WrightEagle(中), Brainstormers 2D, RI-One(日)

## ●三強時代

●2007 Brainstormers, WrightEagle, HELIOS

●2008 Brainstormers, WrightEagle, HELIOS

# 特徴あるチーム

🏆 1998 CMUnited(米)

🏆 ロッカーールームアグリーメント「作り込み」の肯定

🏆 2000 FC Portugal(ポ)

🏆 FW,MFの定時交換、ロボットのスタミナコントロール

🏆 2001 Tsinghuaeolus(中)

🏆 過去のチーム(ソース)の徹底研究

🏆 2003UvA Trilearn(蘭)

🏆 ライブラリ公開：世界標準に

🏆 悲願の達成：最初期から参加のチームの初優勝

🏆 2005 Brainstormers 2D(独)

🏆 2006 WrightEagle(中)

🏆 RI-One(日)

🏆 立命館学部1～3年生のサークルチーム

# 日本/ジャパンオープン

- 開闢
  - 1999 **11monkeys**, YowAI, GullWing, **Gemini**
- YowAIの時代
  - 2000 **YowAI2000**, 11Monkeys2, TakAI, 11Monkeys
  - 2001 YowAI, FC Tripletta, Team Harmony, Gemini
  - 2002 春期@みらい館 (スイス式トーナメント):不明
  - 2003 YowAI, **HELIOS**, **パペット**, Zeng
  - 2004 YowAI2004, WinKIT, **OZ-RP**, HELIOS
- HELIOSの時代
  - 2005 TokyoTech2005(HELIOS), YowAI2005, F-Blitz (UEC,HELIOSベース), OPU\_hana
  - 2006 HELIOS, **NCL**, Yow AI, Puppets
  - 2007 HELIOS, OPU hana 2D, ThinkingAnts, BigKuboBears
  - 2008 HELIOS, Fifty-Storms, Ri-one, BKB\_jin\_AI(早稲田大学)
  - 2009 HELIOS2009, NCL09, Ri-one, TDUThinkingAnts

# 特徴あるチーム

## 🏠 YowAI2000

🏠 「筋力」:電通大竹内先生(現東大)

## 🏠 HELIOS

🏠 実質日本標準

## 🏠 Puppets

🏠 世界で一番強いキーパ1999

## 🏠 OZ-RP

🏠 人間チームが2004年国内3位に

## 🏠 11 monkeys

🏠 世界大会決勝進出(実質初)

## 🏠 Gemini

🏠 無冠の帝王:1998年~2008まで連続出場

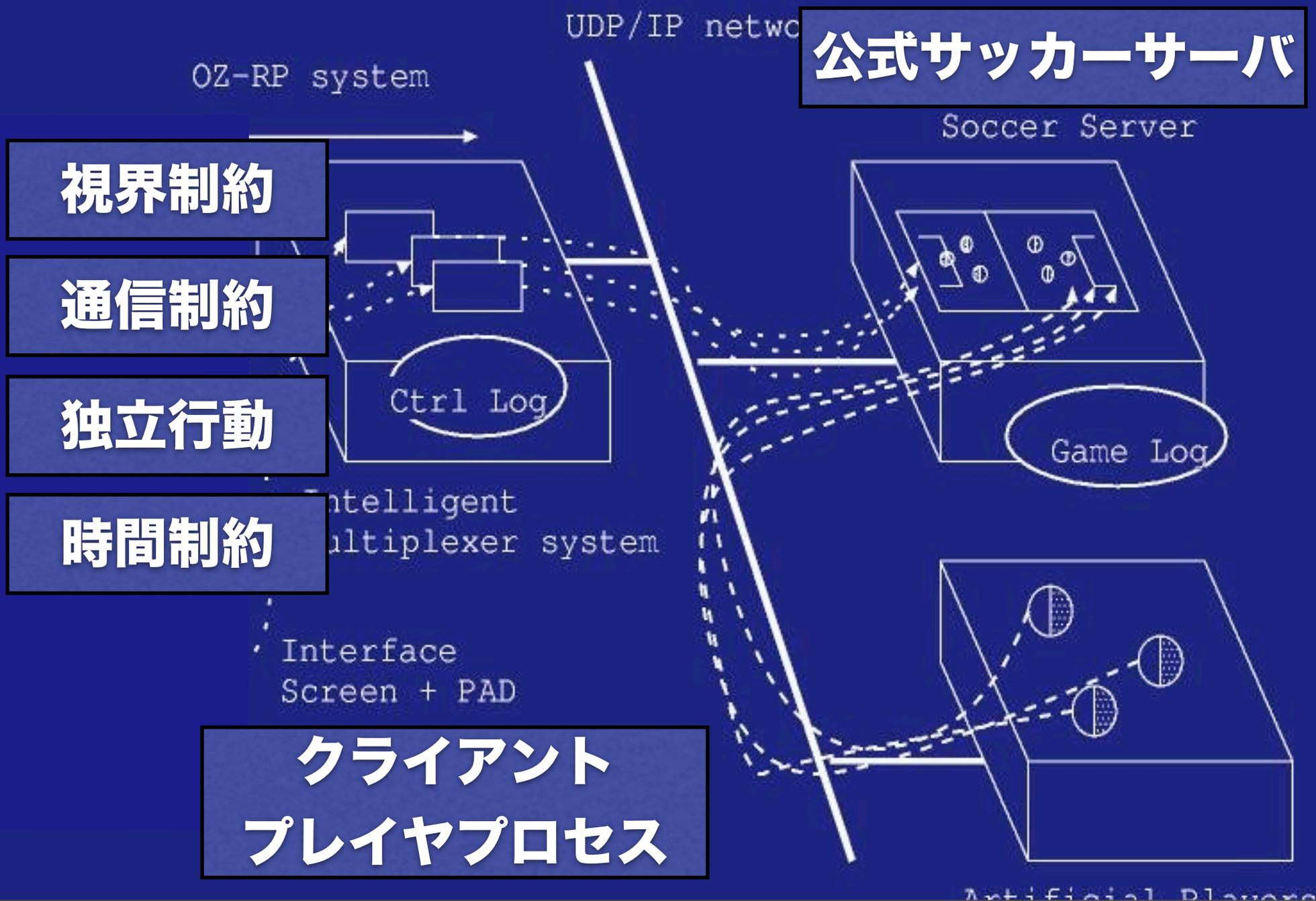
## 🏠 NCL

🏠 自動調整(だけ)で強豪に、進化学習の実現

# 仕組み

このへん  
ファジィ

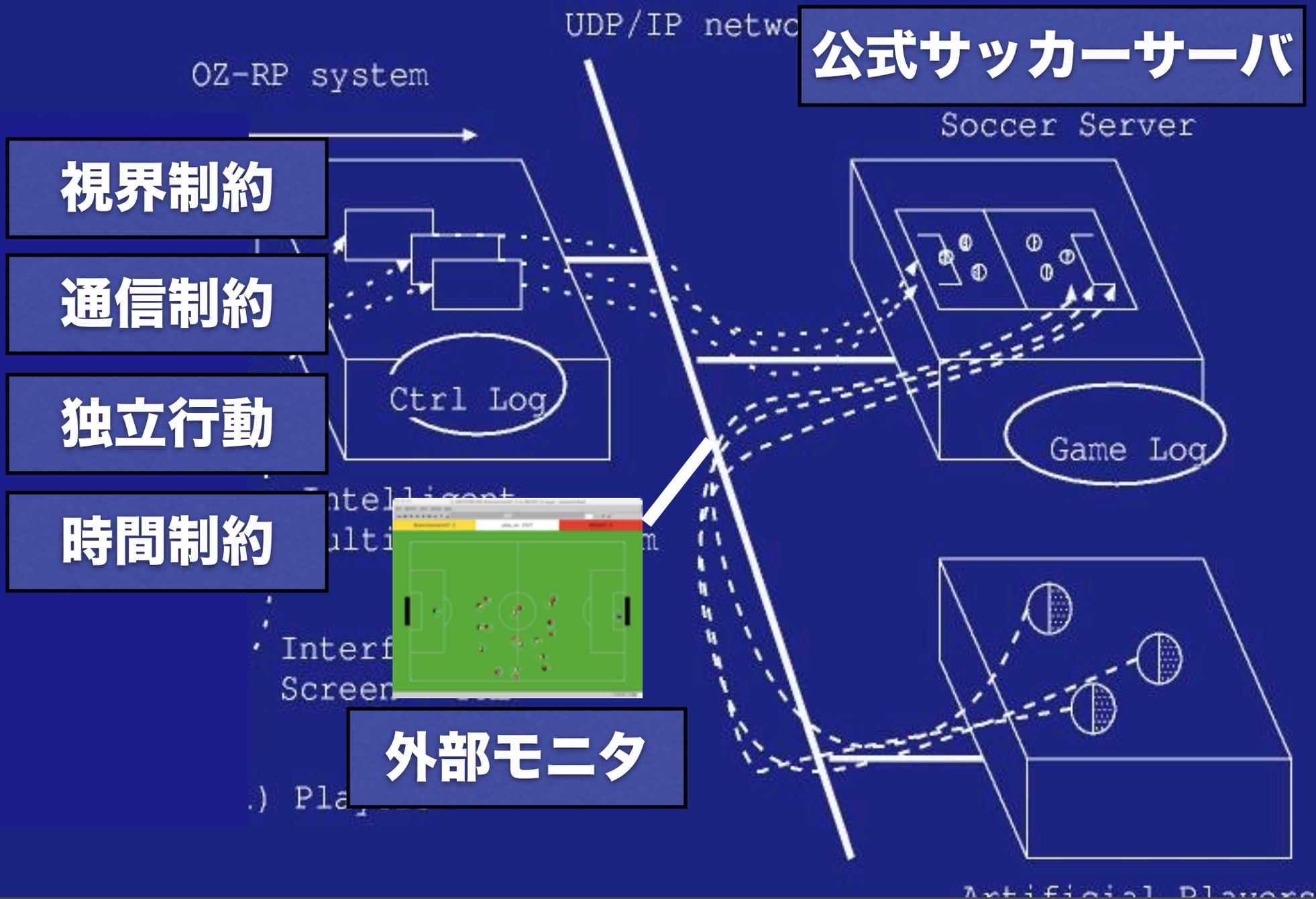
# サッカーシステム



# 全てのチームがつながった テンポラリネットワーク

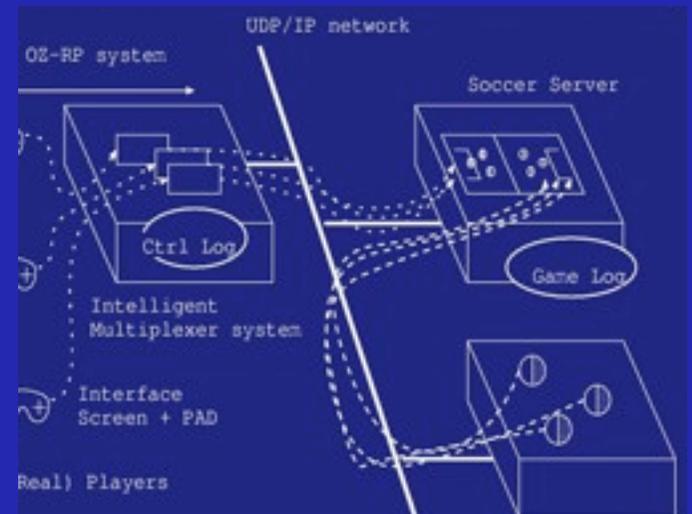


# サッカーシステム

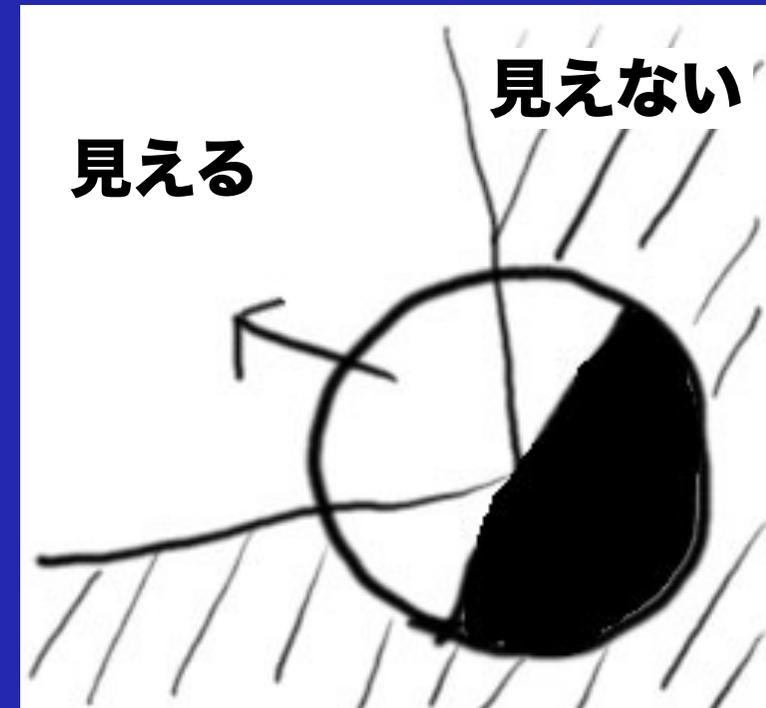




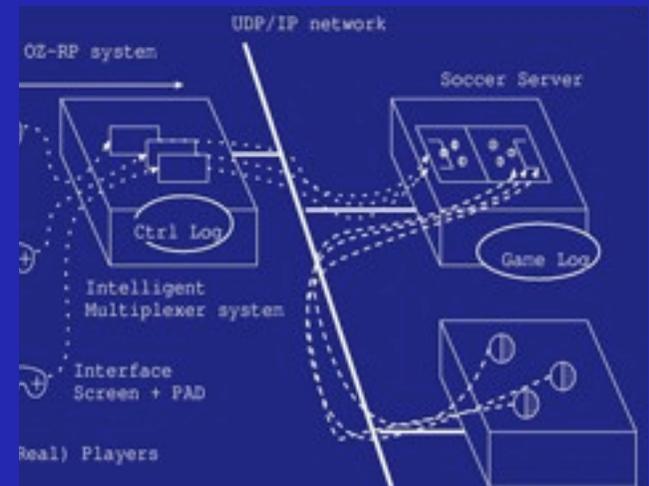
# センサ制約



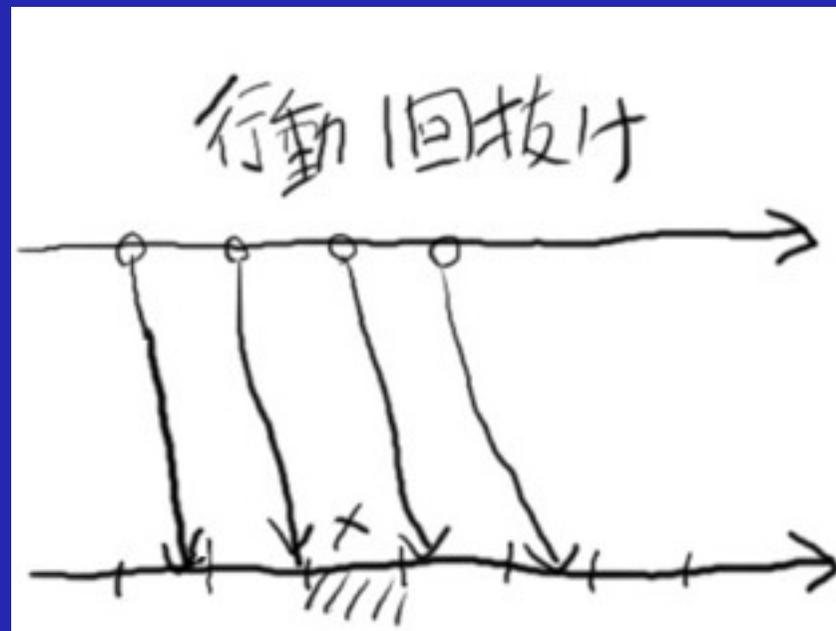
- 🏑 視界は各プレイヤーローカル
- 🏑 遠いものは見えない
- 🏑 視角外は見えない
- 🏑 プレイヤによって見えているものが違う



# リアルタイム制約



- 🏠 サーバは実時間で進行
- 🏠 100ms以内に行動を送れないとスキップされる



このへん  
ファジィ

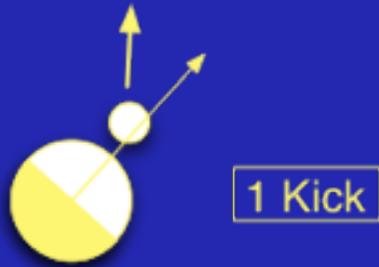
# 行動制約

- 🏠 前進、回転、キックのみ
- 🏠 「ドリブル」「マーク」などは各自で作る
- 🏠 加速度運動モデル  
行き過ぎ戻すのに時間かかる

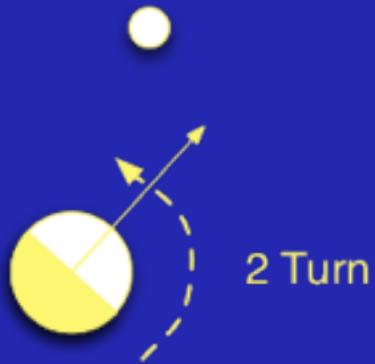
このへん  
ファジィ

# ドリブる

蹴って



向いて



走って



繰り返す



基本的な一つの行動も  
複数の動きの集まり



プログラミングの負担大



# 通信制約

- 🏠 プレイヤ同士は、  
サーバ上の「声」以外通信不可  
(個別のソケット等は不可)
- 🏠 声は 10文字以内で、  
遠方に届かず、  
近隣全員に聞こえる(敵にも)

このへん  
ファジィ

# 参考図書

世界三位

HELIOSの作者

残念ながら

現在絶版

...

復刊.com? 4500@0905

The book cover features a red background with white text. At the top, the title 'ロボカップ<sup>o</sup>サッカー シミュレーション2Dリーグ 必勝ガイド' is written in large, bold characters. Below the title, there is a list of achievements: 'RoboCup2005 Osaka 3位入賞', 'ロボカップジャパンオープン2006 北九州 優勝', 'TokyoTechSFC (現チーム名 HELIOS) 開発者', and '秋山 英久'. The publisher 'NPO法人ロボカップ日本委員会' is also mentioned. A small screenshot of the soccer simulation software is shown on the right. At the bottom, there is a RoboCup logo, a CD-ROM icon, and the text 'この1冊で 勝ちにいぐ。'. The publisher's name '秀和システム' is at the bottom right.

RoboCup2005 Osaka 3位入賞  
ロボカップジャパンオープン2006 北九州 優勝  
TokyoTechSFC (現チーム名 HELIOS) 開発者  
秋山 英久  
NPO法人ロボカップ日本委員会

RoboCup

この1冊で  
勝ちにいぐ。

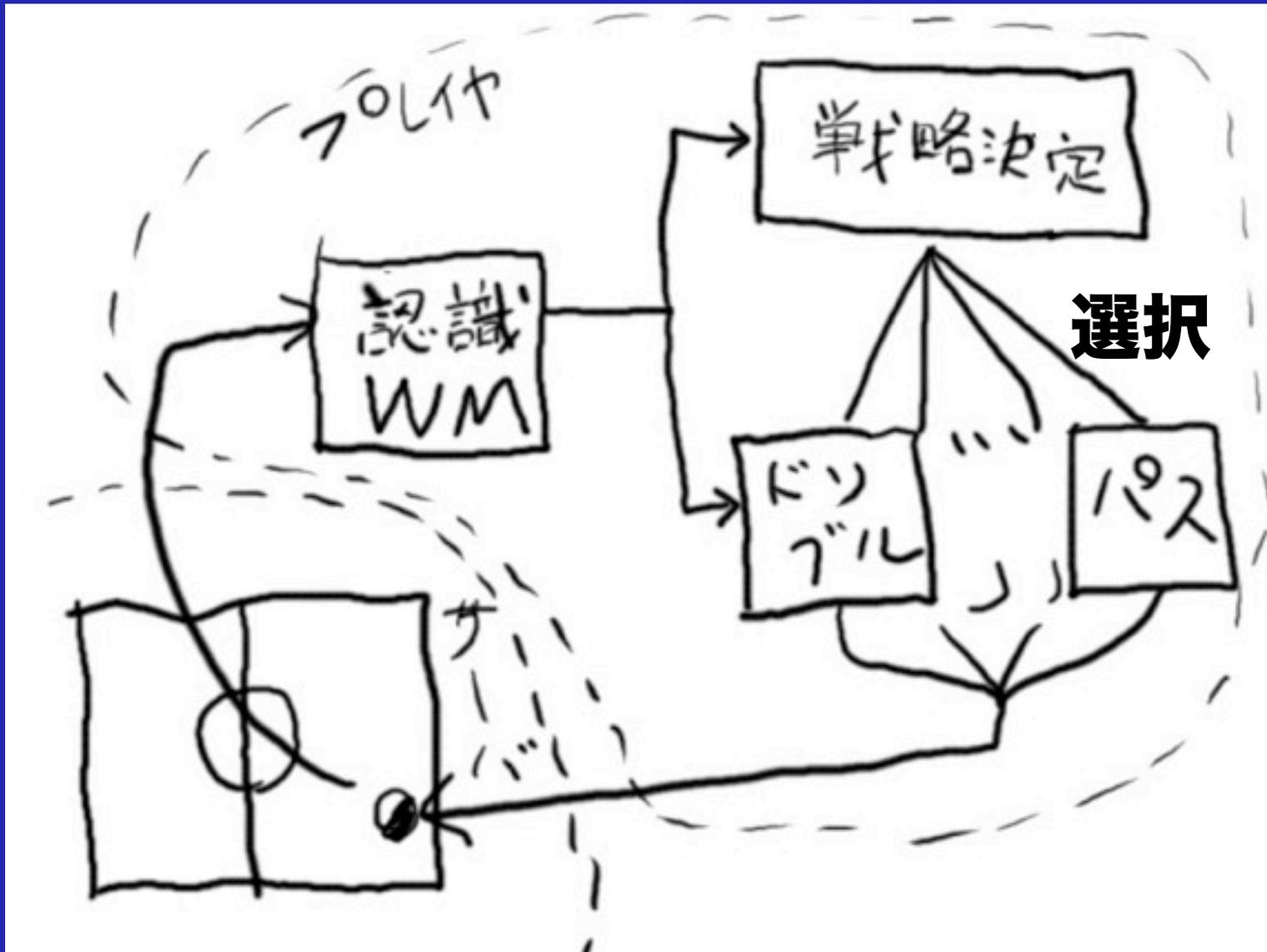
©RoboCupサッカーシミュレータ RCSoccerSim バージョン10  
開発者: 秋山 英久  
開発環境: モニタ&ビジュアルデバッガ soccerwindow2  
開発言語: C++  
HELIOSSのノウハウが詰まった特製ライブラリlibrcsc

秀和システム

# RoboCupでの AI技術

このへん  
ファジィ

# プレイヤーの基本構造



のへん  
アジイ

# チームワークの源泉

- 各プレイヤーの役割分担(ロッカールーム式)
- フォーメーションの作り込み  
(動的な) ポジション決め
- 役割に応じた行動  
「ディフェンダのドリブル」 など



このへん  
ファジィ

# リアルタイムAI

- 固定動作型 (高速)

  - Decision tree (作り込み)

  - ルールベース、ファジィルール

- 探索型

  - 行動の生成検査

- 学習?

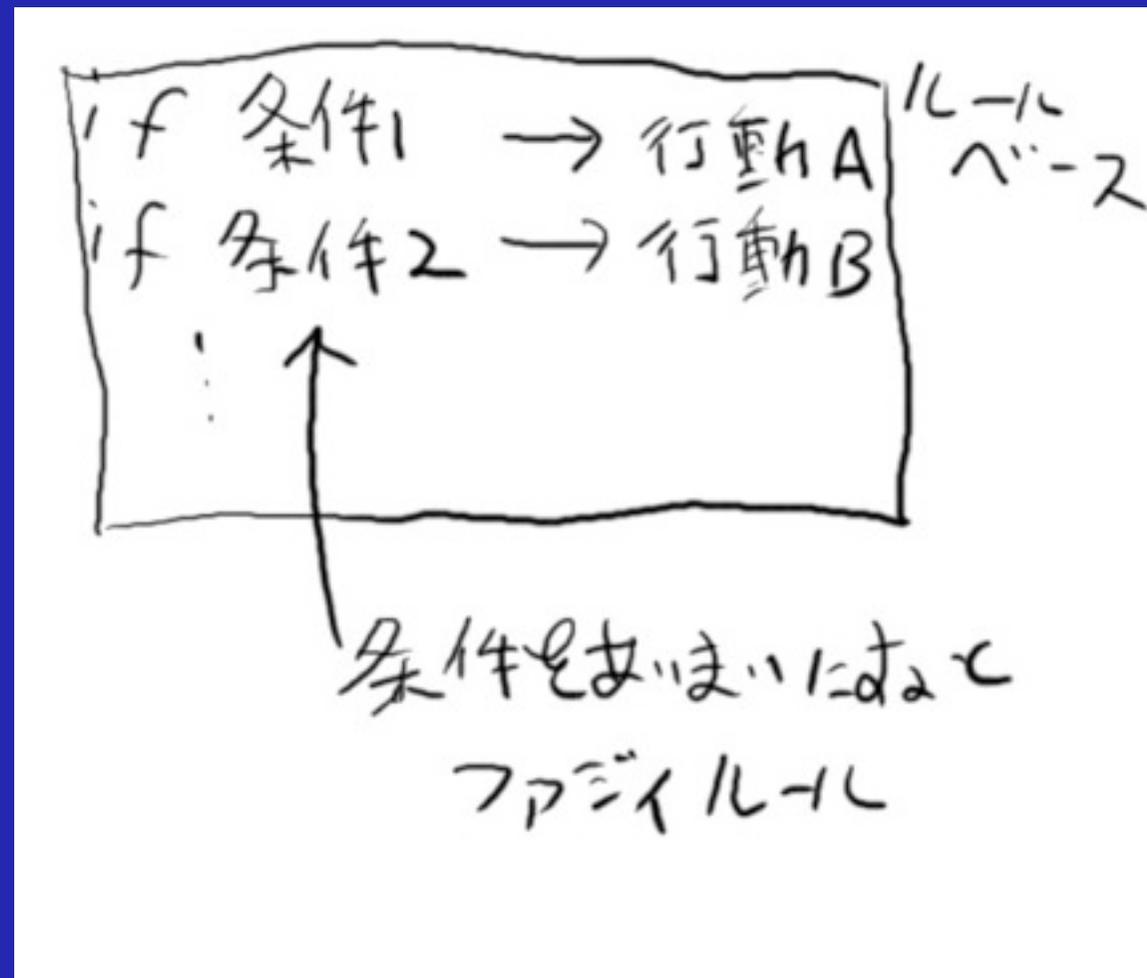
すべて

評価関数が必要

このへん  
ファジィ

# ルールベースプレイヤ

- 🏠 現在の状態を認識  
(推定)
- 🏠 当てはまるルール  
を検索
- 🏠 複数ルールの調停
- 🏠 行動決定
- 🏠 Decision tree  
も同じ



# 学習

- すべての枠組みの中で、  
評価関数などの調整を学習で行う
- 強化学習  
最近が多い -> Brainstormers
- ニューラルネット ドリブルの獲得
- GA チームワークの獲得

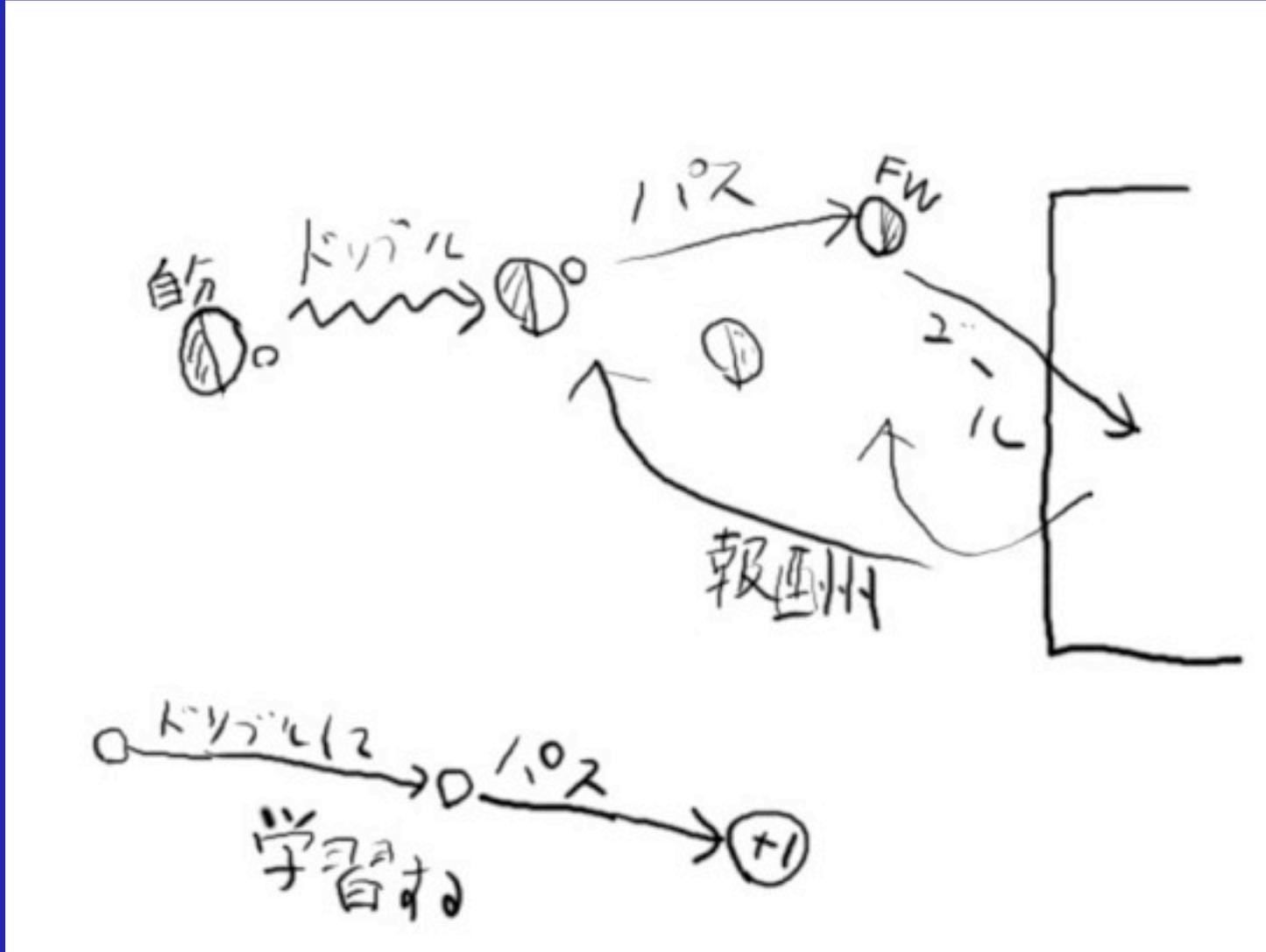
このへん  
ファジィ

# 強化学習

- 🐼 動物の調教
- 🐼 単純な目標 (評価が大雑把 : エサ報酬)
- 🐼 複雑な手順 (アルゴリズムの発見ができる)
- 🐼 状態遷移/価値関数  
こんな状態のとき  
->こんなことするとあとあと良い

このへん  
ファジィ

# 強化学習



このへん  
ファジィ

# ニューラルネット

- 🐼 入出力関係を脳(小脳)のモデルで学習
- 🐼 BP:バックプロパゲーション法
- 🐼 ブラックボックス方式
- 🐼 ドリブル行動の模倣学習OPU-hana

このへん  
ファジィ

# 遺伝的アルゴリズム

- 🐼 生物の進化をモデルに学習
  - 🐼 行動やフォーメーションを「遺伝子コーディング」
  - 🐼 遺伝子同士の交配(文字通り部分入れ替え)
  - 🐼 テストと良いものの選択(淘汰)
- 🐼 行動の進化 → チームプレイが自然発生
- 🐼 フォーメーション進化 → NCLが好調

このへん  
ファジィ

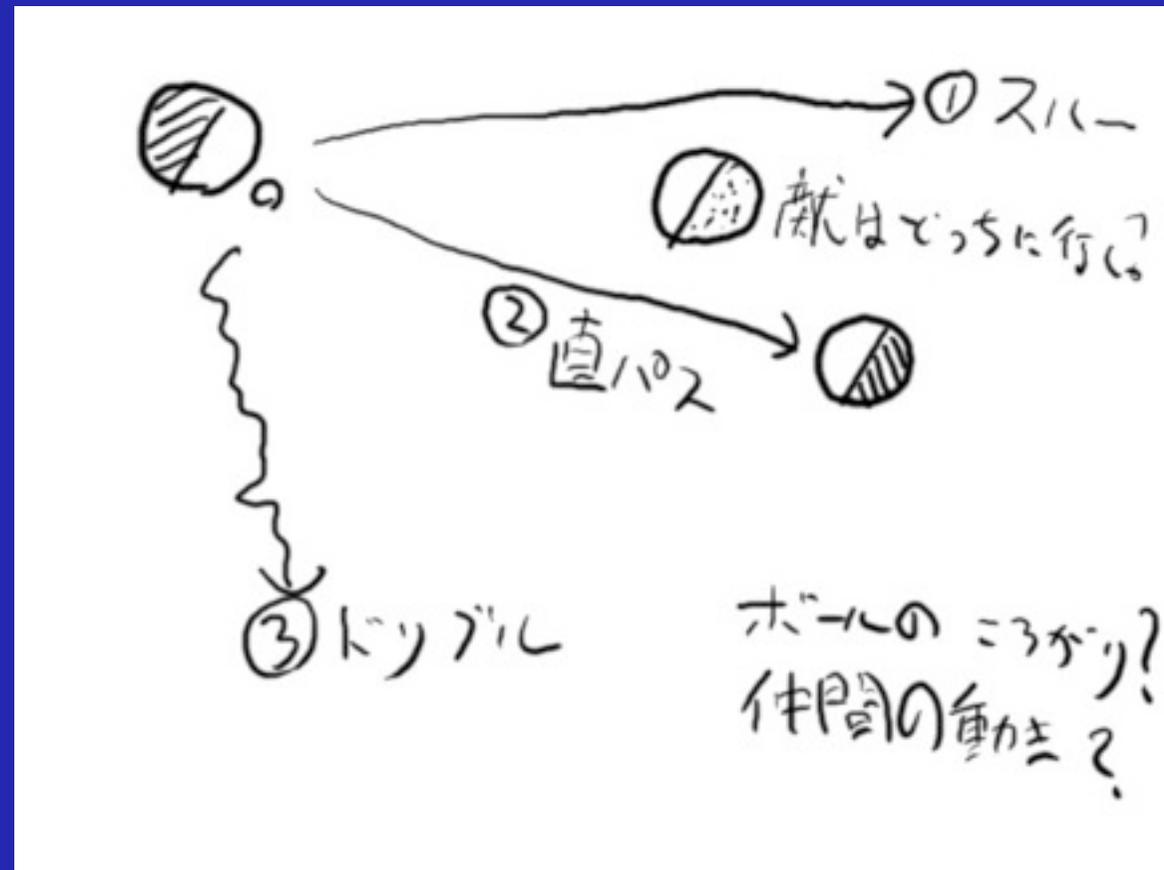
# 探索型プレイヤー

- 計算機パワーを駆使
- 未来予測をしながら行動決定

このへん  
ファジィ

# 探索型プレイヤー

- 「今」可能な**行動**を列挙
- 内部モデルによって**行動結果**を**推定**
- 結果の**評価**
- 最良の**行動**を**選択**実行
- 毎回**大量**の**計算**



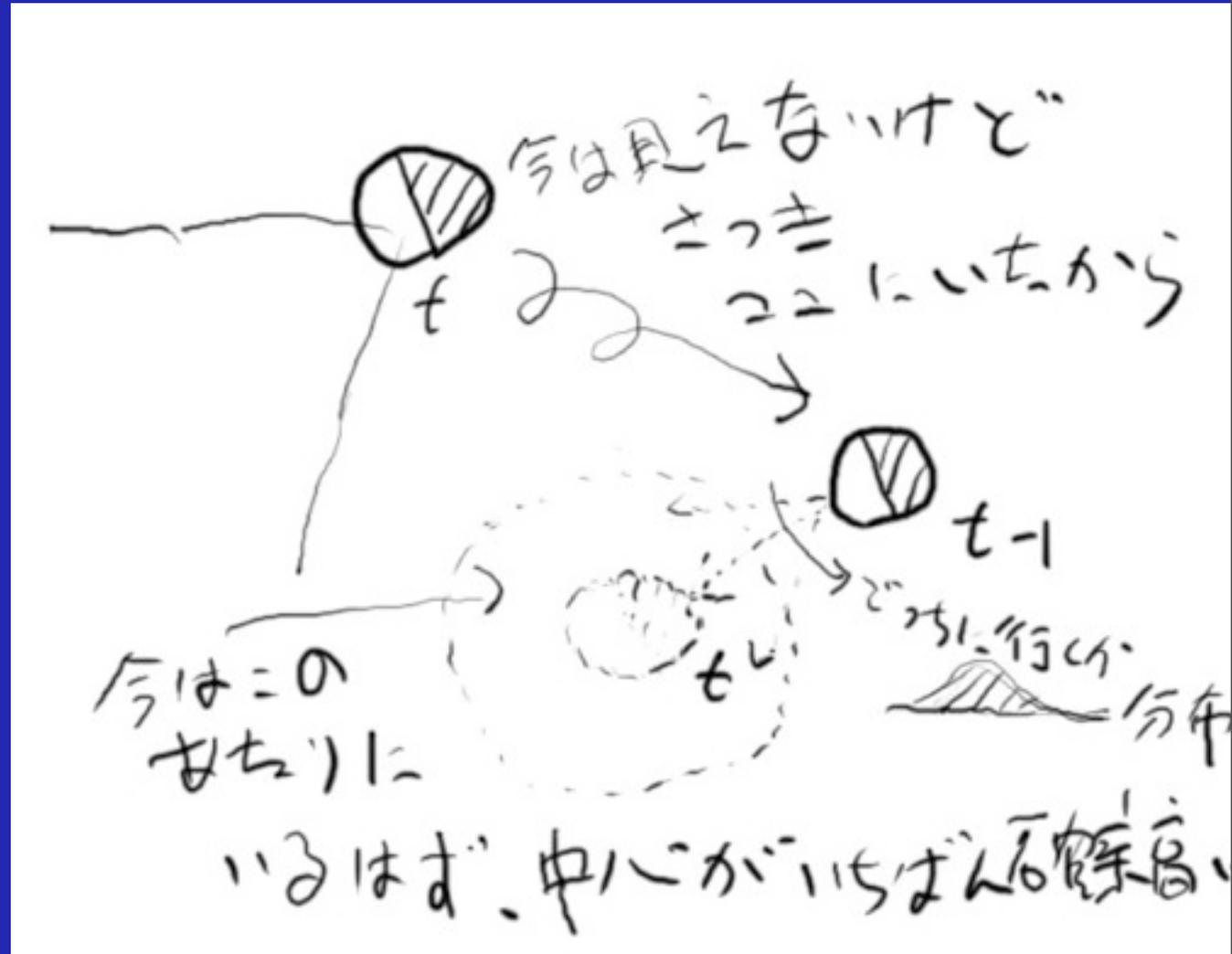
# 状態認識 • 推定のAI技術



生のセンサ  
情報は誤差  
と欠落だら  
け



カルマン  
フィルタ(統  
計的推定モ  
デル)



# SOMによる状態認識

- SOM:自己組織化マップ
- 「状態」は区切りなく無限
- 経験から状態の区分を会得する
- 「有利な状態」 「チャンス」のひろがり

このへん  
ファジィ

対人間の実験

OZRP

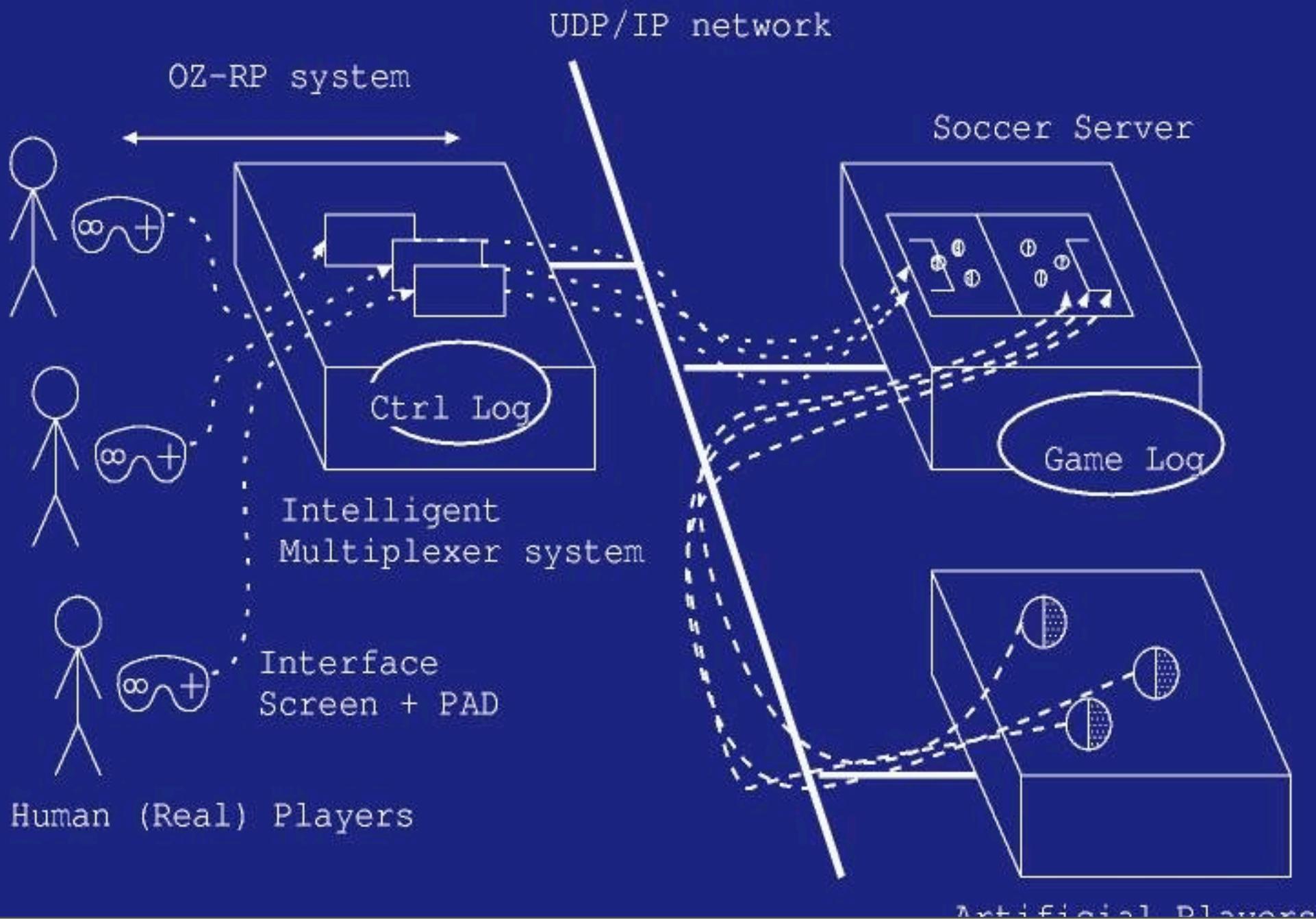
このへん  
ファジィ

# 2050年よりまえに 人間が対戦してみた

このへん  
ファジィ

# 人間参戦システム *OZ-RP*

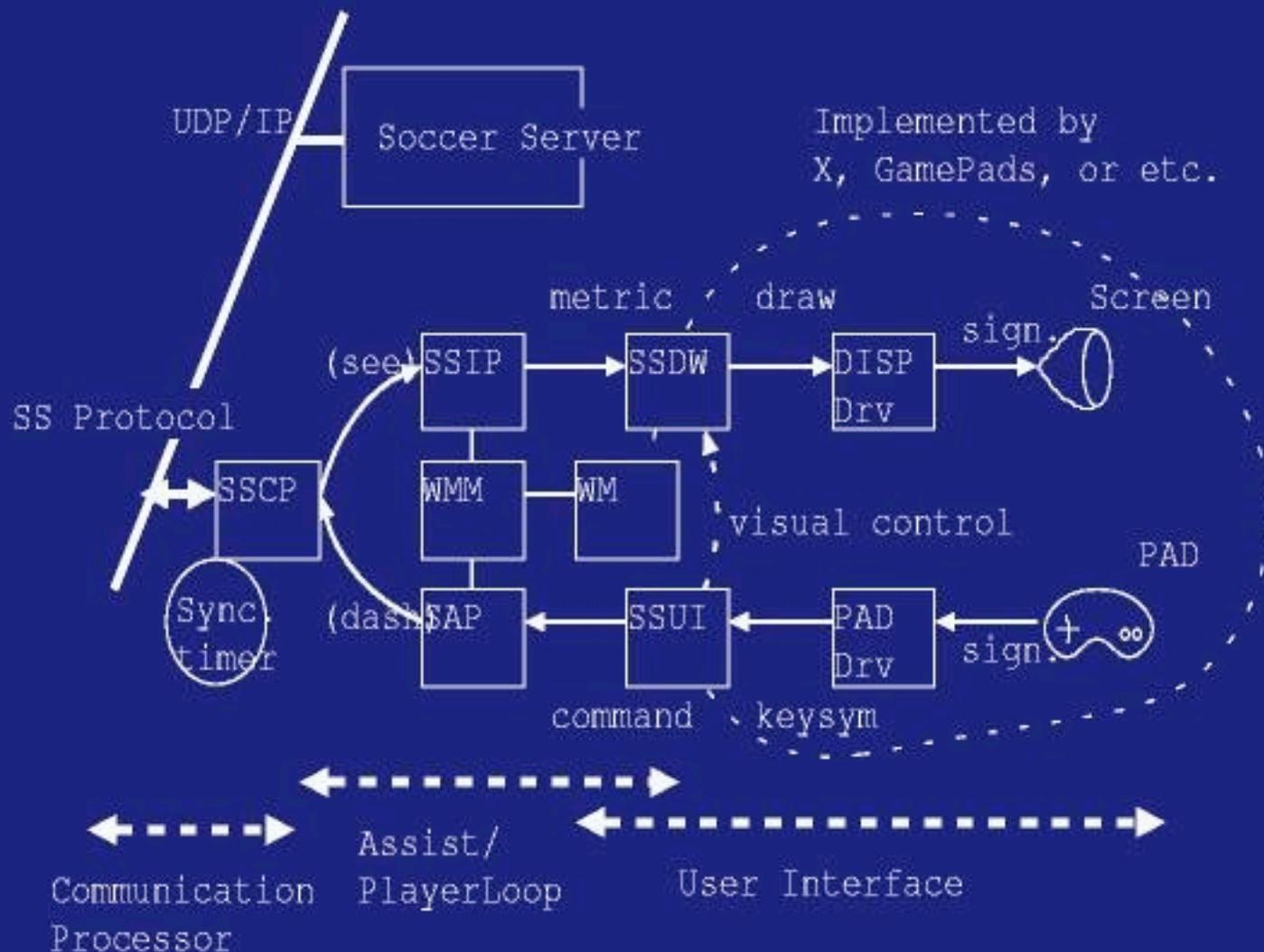
# OZ-RPの概要



# OZ-RPシステム構成と実システム例

## 概念設計

通信部、アシスト部、ヒューマンインタフェース部



# OZ-RPシステム構成と実システム例

## OZip

- Xウィンドウ/キーボードをインタフェースに利用
- チーム *Puppets*(福井大)ベースの半自動化
- 目標点移動、ボール追従、キック



# OZ-RPシステム構成と実システム例

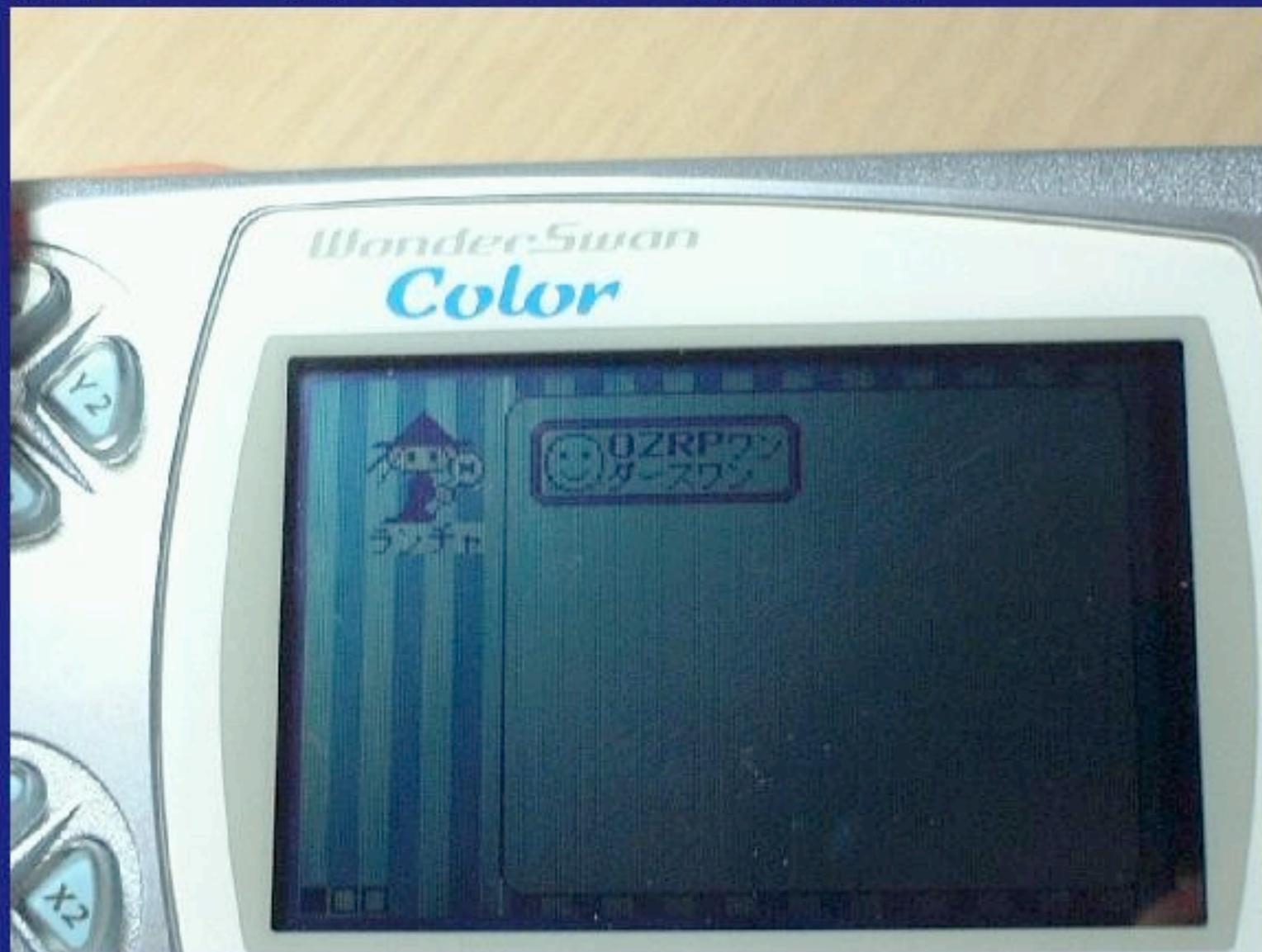
*OZRPWWS + OZip*

- 携帯ゲーム機をインタフェースに利用



# OZ-RPシステム構成と実システム例

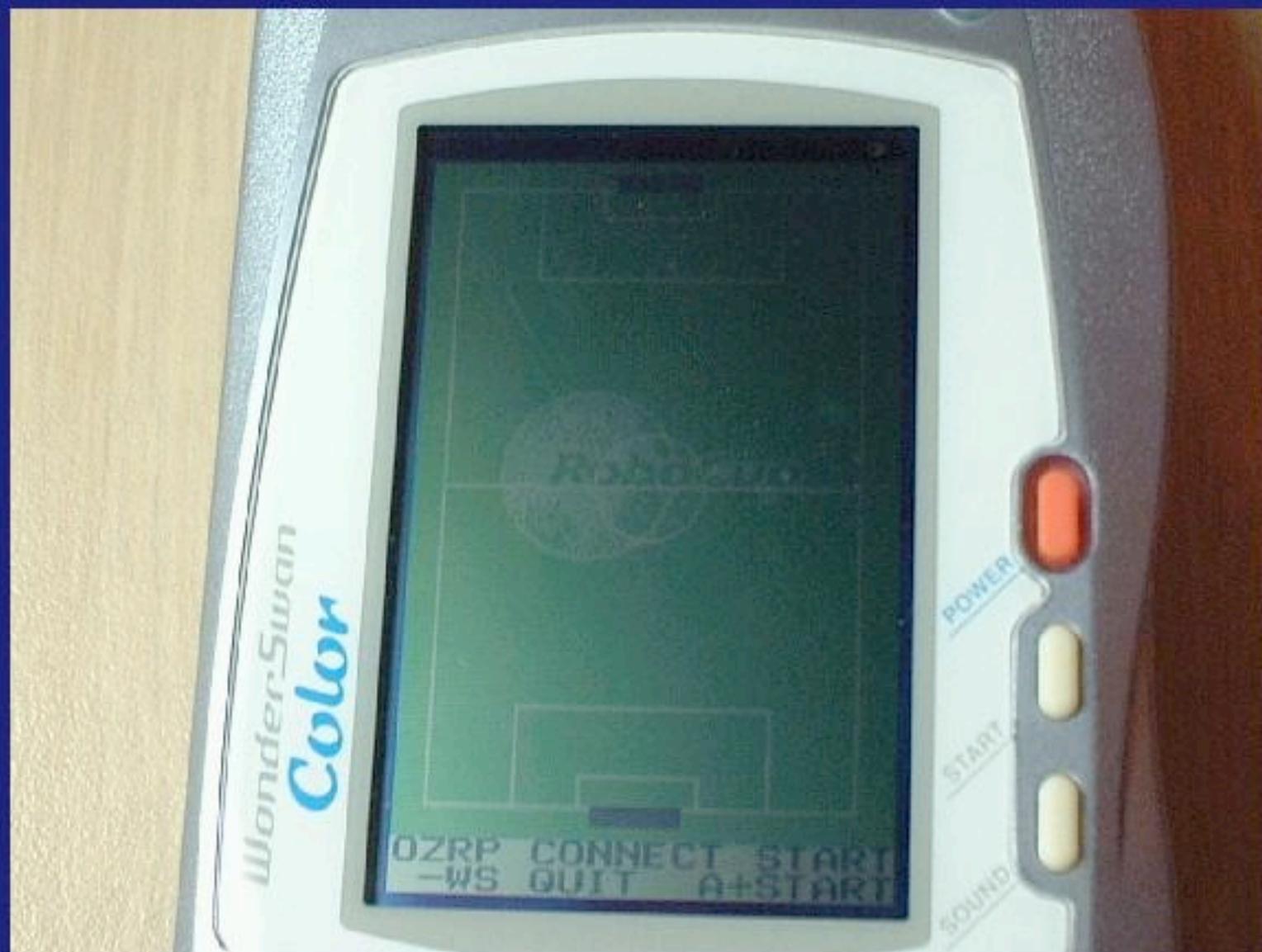
携帯ゲーム機向けプログラム開発環境



# OZ-RPシステム構成と実システム例

サッカーインタフェース

OZRP画面



# OZ-RPシステム構成と実システム例

*OZRPWWS + OZip*

- 携帯ゲーム機をインタフェースに利用



# OZ-RPを使用した試合の様子

*RoboCup2001*

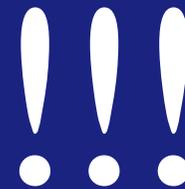


# OZ-RPでの人間の行動実例

## ジャパンオープンにおける点数の履歴

得失点	相手	相手の強さ	
0-9	<i>FC Tripletta</i>	2位	
0-5	<i>11Monkeys3</i>	5位	
0-1	<i>Zeng01</i>	9位	↓強さ順
1-1	<i>JINN</i>	9位	
13-0	<i>Nohohon G2</i>	予選	弱いチームに
26-0	もんじろー組	予選	とことん強い
-----↓-----時間経過-----			
0-5	<i>Harmony</i>	3位	
0-5	<i>RaiC</i>	9位	↓試合時間順
0-2	<i>TakAI</i>	予選	
0-2	<i>Gemini</i>	4位	学習効果

2004年度ジャパンオープン3位入賞



**人間がロボットと対戦**

# OZ-RP 使用実績

---

- 2001/4 ジャパンオープン01(試合+デモ)
- 2001/6 ジャーマンオープン(デモ)
- 2001/8 RoboCup2001 シアトル大会(招待デモ)
- 2001/8 産総研テクノキッズ(デモ)
- 2002/3 春季競技会(試合:7位/23チーム)
- 2002/3 新潟自然科学館 ロボット展(デモ)



*RoboCup2001*

**2005-2009  
JapanOpen公式デモ**

# 2008JapanOpen



# 2008JapanOpen



# 2008JapanOpen



# 最後に ロボカップのすすめ

このへん  
ファジィ

# 大会予定

- **ジャパンオープン**
  - 毎年ゴールデンウィーク
  - 2009大阪
  - 2010準備中
- **RoboCup国際大会**
  - 2009オーストリア
  - 2010シンガポール



# RoboCupの目指すもの

🏠 ソフトウェア 界  
知的システム界の「F1」

- 🏠 先端技術のテスト
- 🏠 産学連携による開発
- 🏠 技術力の宣伝



# 企業参加の メリット

このへん  
ファジィ

# 技術の獲得

いろいろやっています

困ったらご相談ください

このへん  
ファジィ

# 人材の獲得

良い人材そろってます

このへん  
ファジィ

# まとめ

このへん  
ファジィ

- 🏠 RoboCupサッカーとは
- 🏠 RoboCupで使われるAI技術
- 🏠 頑張ると「人間らしい」チームに
- 🏠 このへんファジィ OZED
- 🏠 対人間 OZRP

このへん  
ファジィ