

RoboCup-98報告ー シミュレーションリーグにおける3次元表示と自動実況システム

田中久美子
神成 淳司

電子技術総合研究所
岐阜県立国際情報科学芸術アカデミー
(財) ソフトピアジャパン
岐阜大学

● 概 論 ●

RoboCupの花形は何とんでも実機ロボットである。一方、シミュレーションは、サッカーの試合の内容の観点からはより高度であっても会場の隅で淡々と始まり、淡々と終わる。この悔しい状況を打開しようという素朴な動機から始まったのが、3次元表示および自動実況システムの研究である。

RoboCupのシミュレーションは電総研で開発されたサッカーサーバ^{1), 2)}の上で行われる。このサーバは全選手の位置、向き、状態とボールの位置からなる情報を、試合の状況を2次元表示するモニタクライアントに1秒間に10回送信する。現状では本稿で紹介するシステムはいずれも2次元表示クライアントを置き換える形で動作する(図-1参照)。すなわち、システムへの入力には主に位置情報で、出力は3次元表示や実況となる。

素朴な動機から始まったものの、3次元表示も実況も研究要素を多く持つ。第一に、低レベルな位置情報をいかに解析し、必要な情報をいかに抽出するか。キック、パス、インターセプトなどに始まり、活躍している選手の抽出や試合の予測などに至るまで、適切な解析に応じて3次元表示のカメラの位置が決まり、実況内容が決ま

る。第二に、2次元情報をどのように加工して3次元として生成するか、あるいはどのように実時間でおもしろく自然言語で生成するか。以下に、4つのシステムを紹介する。

● 諸研究 ●

3次元表示システムSpace

SpaceはWindowsNT上で動作するサーバ・クライアント3次元表示システムであり、市販ゲームに用いられているNモーションキャプチャなどの技術を用いず、独自にCGデータの作成と描画の最適化を行うシステムである。図-2はクライアントが表示する3次元描画のスクリーンショットである³⁾。

近年、コンピュータの性能の急速な向上に伴い、仮想3次元空間の構築と描画に関する研究開発が盛んに行われている。Spaceの研究目的は、これら研究開発とは次の2点において大きく異なる⁴⁾。

第一に、空間情報をいかに生成するかという点である。Spaceでは、まずサッカーサーバから受信した2次元の試合状況データを分析し、試合の状況を3次元表示するために必要な情報を生成しなくてはならない。また、試合の様子を効果的に表示できるようなカメラの位置情報を、推論の上で決定しなければならない。たとえば、もともと2次元しかない入力を3次元で表示する場合には、各選手がキックをする様子、走る様子を独自に作成する必要がある。Spaceでは、各選手の移動速度に応じて異なる動作を割り当てることで、より自然な動画の実現を目指している。カメラワークに関しては、現実のサッカー中継の分析に基づき基本的な位置と動作規則があらかじめ定められている。この規則を用いて、ボールの移動距離、方向、場所に基づき最終的

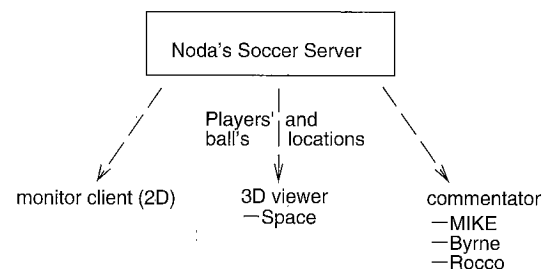


図-1 サッカーサーバと周辺システム

☆ 3次元表示を行うためのグラフィックライブラリとしては、OpenInventorを使用している³⁾。

なカメラ動作を決定している。

現状では2次元のシミュレーションリーグでは、各選手の動作は限定されている。限られた動作から、各選手の意図を推測し、最適な動作を補完することによって初めて理想的な3次元表示が得られる。今後はさまざまな補完動作を考えることにより、より自然な3次元シーンの形成を目指す予定である。

第二の研究観点は、データ配信である。トラフィックの量を調整しながら、ネットワーク上の複数のクライアントからの異なる要求に対し、異なるシーンを提供しなくてはならない。Spaceでは、サーバからデータを受信する際に、各クライアントはデータ損失の割合を常に監視している。サーバはクライアントから送られてきた監視結果を基に、データ損失が一定の割合を上回ると送信量を減らしていき、損失がその割合を下回るようになると送信量を固定する。データ損失が減れば、サーバは送信量の増加を試みる。Spaceではこのようにデータ損失の監視を行いそれに応じて送信量を変化させることにより、最適な通信状態を保っている。

上記目的に応じた機能はサーバ側が提供し、クライアントは基本的には3次元描画を行っている。サーバ・クライアント間のプロトコルはサッカーサーバのそれを拡張したものをを用いている。

3次元表示システムの開発は今後さまざまに研究が行われることが予想されるが、現状ではまだドイツで開発が広報されWeb上で紹介を行っているにすぎない。そこで、今秋には本システムを一般公開するとともに、サーバ・クライアント間で用いているプロトコル仕様を公開し、新たなクライアントプログラムの提供をサポートすることを検討している。

サッカー自動実況システムMIKE

MIKE^{5), 6)}は日本語、英語、仏語の実況をリアルタイムで生成するシステムである。本システムでは、原始的な入力情報を複数のプロセスが並行に解析し、結果を別のプロセスが整理し、内容を選択し、発話を行う^{*)}。目指すところは、実時間でRoboCupの試合について高度に論ずる実況である。現状での出力例を図-3、図-4に示す。

MIKEにおける研究の観点は、第一にサッカーというマルチエージェントシステムをいかに解析するかという点である。解析が実況内容の基礎を決定してしまうことはもちろんであるが、実

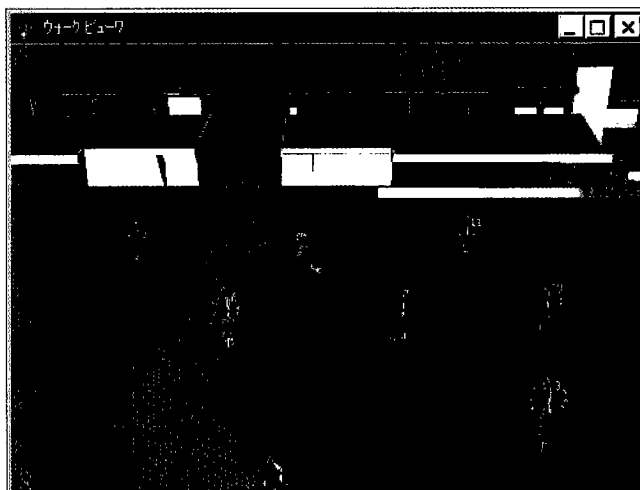


図-2 3次元表示システム—Space—

...Left team's kick off. Regis attempts to dribble, from center.Let's look at the winning team, United States Team is attacking well and tightly defended, too. The game is all one-way. United States Team seem to have this in the bag. Wait, A shoot by Stewart! Free kick left. Haessler to Kohler. Right team's kick in. Wynalda's play, Wynalda! Regis! Left team's goal kick ... Wynalda, to Wegerle, Wegerle shoot ! 0 to 3! United States Team score a Goal! United States Team! Wegerle got the goal! Goal by right team! ... About the passwork, German Team 's pass success rate average is low, and German Team is trailing. United States Team's pass success rate average is high and United States Team is now leading. German Team is now beaten, the reason might be that, German Team is carrying a lot of inactive players, Players of the German Team moves to good locations...

図-3 MIKEのRoboCup-98に関する出力例 (英語)

ウィナルダーのドリブル、秋田に、秋田、中山が蹴ります、ドーリー、中山、中山！レフトチームのゴールキック、ここでちょっと陣形を見てみましょう、ああ、秋田、秋田から中山、中山、ミッドフィールダー中山が得点！0対3、日本、得点！日本、一方的な展開となりました、ライトチームの得点です、レフトチームキックオフ、秋田はよく見えました、ウィナルダーのプレー、話題に戻ると、アメリカはフォワードが3、ミッドフィールダーが4、ディフェンダーが3、そしてキーパが1人です。ああ、岡野、シュート！ミッドフィールダー岡野がシュートを決めました！0対4、岡野！日本、得点！日本、またしても点を奪います、日本はまたまた1点、勝ちます、...

図-4 MIKEのRoboCup-98における出力例 (日本語)

況にとどまらず汎用のマルチエージェントシステムに対しても協調性を測定できる方法を模索し、より優れたマルチエージェントシステムの構成に役立てることも目的としている。MIKEではパスの抽出や、位置の平均や分散を計算するような簡易な解析に加え、次のような解析を行

^{*)} MIKEでは英語音声合成器はDectalk⁷⁾、日本語音声合成器はFujitsu日本語音声合成器⁸⁾、仏語音声合成器はElan社のProverbe Speech Engine Unit⁹⁾を使用している。

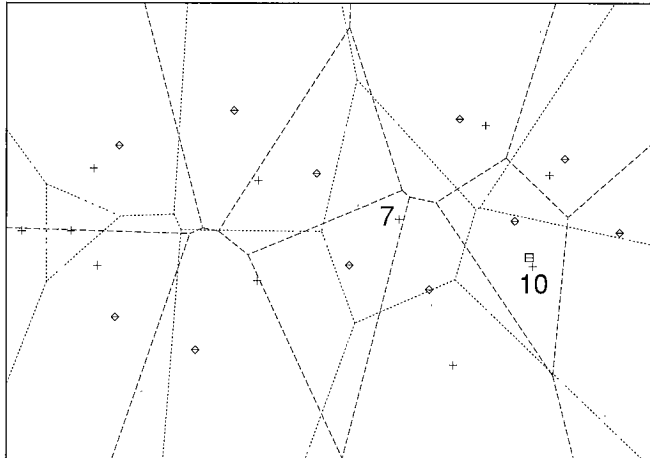


図-5 RoboCup-97決勝戦の各チームごとのVoronoi分割

- ーチームの背景
- ーチームの現状 (観衆がわからないことを解説)
- 陣形の変化, ポジション替え, 高度な技の指摘
- ーチームの力量の評価
- 問題選手の指摘, 優良選手の指摘, 平均陣形の評価,
- ある瞬間の陣形の評価, 必勝パターンの指摘,
- 無駄な動き指摘, 特定選手の配置の評価
- ーチームを強くするための改良法の提案
- 手薄な場所の指摘, 問題選手の配置替え
- ーゲーム展開の予測
- 必勝パターンに基づく得点の予測,
- ボールをとりに行くべき選手の予測,
- パスの方向の予測
- ーパスワークの実況

図-6 MIKEの実況内容一覧

- っている.
- ・選手の位置の相関などの統計を用いたチームワークの解析
- ・ボールプレーの遷移を1次元マルコフ過程と見なしたパスワークの解析
- ・Voronoi図による動的な選手配置, 陣地の解析

たとえば, 図-5はRoboCup-97におけるドイツ対日本の決勝戦のある瞬間を, 選手を母点として各チームごとにVoronoi分割したものである。“+”がドイツの選手, “◇”が日本の選手, “□”がボールを示す。試合を通して活躍したドイツチームの背番号7番は, 敵のVoronoi点付近に位置している。そしてシュートチャンスを持つフォワードの背番号10番の領域には敵がほとんどおらず, 日本の守りの問題が観察される。

第二の研究課題は, 状況に応じて文脈を制御できるようにシステム自身をどのように構成するかという点である。実世界のイングランドなどでのサッカーの実況では, 何人かの解説者が適切なタイミングで発話を行う形式をとり, 文

脈はこの数人の実況の中から発生する。すなわち, 実世界では実況自体が自律性の高いマルチエージェントシステムとなっており, この観点からMIKEをいかに構築するかは自明ではない。

現状ではMIKEは複数の解析モジュール, 推論モジュール, 生成モジュールが並行して走り, 主に以下の2つの機構を用いて文脈を制御している。第一に発話内容に付加した重要度であり, これは各発話内容が状況に合致する度合を示す。次の発話はさまざまな選択肢の中から最も重要度の大きなものが選択される。さらに, 一貫した実況を行うために現在発話中の内容に関連する発話内容は重要度が高くなるようにフィードバックがかかる。第二の機構は推論である。MIKEの推論モジュールは解析結果を統合し帰結していく。図-6に現状で可能な実況内容一覧を示す。

第三の観点は, いかに時機を逃さず自然言語生成をするかという問題である。たとえば, シュートが行われたら別の何かについて言及していてもその場でシュートに話題を変更する必要がある。そのためには割り込み, 省略, 繰り返しといった機構が必要となる。MIKEではこの機構を重要度と絡めてモデル化し実装している。まず, 実況における話題は「重要度最大の発話内容を選択するだけではなく, 実況を通して重要度の総和を最大にする」という戦略を用いて行っている。そして, この戦略下で重要度の総和がより大きいような場合に, 割り込みなどを行うのである。

Byrne (バーン)

Byrne¹⁰⁾の研究目的は, 実況を行う際の感情表現, あるいは実況を実施する個性のモデル化である。このシステムはMIKEや次節に示すRocco¹¹⁾の出力を入力とし, それをより豊かな表現に変換して出力する。現状ではByrneはhappy, sad, like, dislike, hope, fear, disgust, admirationの8つの感情を, 画面表示された顔の表情と音声で表現する。

Byrneシステムは読み上げるべき入力テキストと, 実況対象の状況 (domain set) を入力とし, まずは読み上げるべき入力テキストを図-1に示すようなタグ付きの中間テキストに変換する (図-7)。中間テキストは図-8に示す顔表示システムと, 音声合成ソフトに渡され, 感情表現を行う^{☆3}。

なお, Byrneシステムの用途はRoboCupに限

☆3
顔表示システム¹²⁾と音声合成器Festival¹³⁾を使用。

るものではない。RoboCup以外にも気象予報、美術館案内、語学学習教材などを表現豊かに自然言語で読み上げるシステムなどに応用が可能である。

Rocco

Rocco¹¹⁾はVITRA¹⁴⁾(Visual Translator)という長い歴史を持つプロジェクトの一貫として行われている。VITRAは「動画像と自然言語の結合」を目的としており、これまでもサッカーの実況以外に交通などにも応用されている。そもそもプロジェクトの目的には画像認識をも含めており、対象となる動画を画像解析し、その内容を自然言語で描写することに力点を置いている。したがってMIKEで行っている大局的な対象の解析は目指していない。Roccoは、現状ではRoboCup中に起こるパス、インターセプト、得点などのイベントを述べることができる。

●RoboCup-98と今後●

以上、4つのシステムを紹介した。これらは独自に研究されてきており、現状では独立に動作する。しかし、当初の「人気を高める」という観点からは、現行のシステムを同時に呈示した方がより楽しさが増す。実際、RoboCup-98では試験的にSpaceとMIKEを同時に同じ場所で走らせたのであるが、それぞれを単独で示すよりも盛況であった。システムを構築する観点からも、解析や推論など、それぞれのシステムが必要とするモジュールは共通するので、この部分をサッカーサーバに付加するプロキシサーバのような形態としてまとめることを検討している。

また、これまではシミュレーションリーグを盛り上げるといった目的を踏襲するため、シミュレーションリーグの枠内でシステム作りを行ってきた。しかし、位置情報の入力さえ得ることができれば、シミュレーション以外にも、実機ロボットや実際のサッカーなどにも拡張することも可能である。ただ、この場合にはトラッキングビジョン¹⁵⁾などとの連携や、各ロボット選手から位置情報を送信してもらうなどの工夫が必要となるであろう。

参考文献

- 1) Noda, I., Matsubara, H., Hiraki, K. and Frank, I.: Soccer Server: A Tool for Research on Multi-agent Systems, Applied Artificial Intelligence (1998), To appear.
- 2) Soccer Server, Full Details of the Soccer Server Can Be Found on the Web at <http://ci.etl.go.jp/~noda/soccer/server>.

```
<CHARACTER ID = "Jimmy"> <SMILE setting = 5> The score is one
zero for CMUnited, on the left.</SMILE> Right 3 has the ball.
<PITCH range = "high"> <VOLUME level = "loud"><FROWN setting
= 2> Right 3 kicks towards the goal.</FROWN> It's <AUDIO SRC =
"whistle.au"> offside. </VOLUME> </PITCH> CMUnited to kick.
<FROWN setting = 4> They're scrambling for the ball. <SNEER>
Darwin's Player 5 </SNEER> takes it...
```

図-7 Byrneシステムにおける中間表現

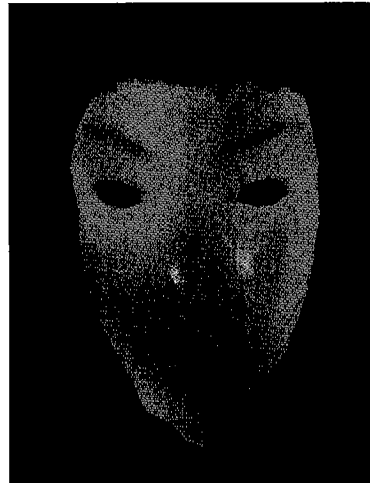


図-8 Byrneシステムで用いられる顔表示

- 3) Wernecke, J.: The Inventor Mentor: Programming Object-Oriented 3D Graphics with Open Inventor, Addison-Wesley (1994).
- 4) Shinjoh, A. and Yoshida, S.: The Intelligent Three-Dimensional Viewer System for RoboCup, Proceedings of the Second RoboCup Workshop, pp.37-46 (July 1998).
- 5) Tanaka-Ishii, K., Noda, I., Frank, I., Nakasima, H., Hasida, K. and Matsubara, H.: MIKE: An Automatic Commentary System for Soccer, Proceedings of ICMAS98, Paris, France (1998).
- 6) Tanaka-Ishii, K., Hasida, K. and Noda, I.: Reactive Content Selection in the Generation of Real-time Soccer Commentary, Proceedings of COLING-98 (1998).
- 7) DEC: DECtalk Express Text-to Speech Synthesizer User Guide (1994).
- 8) Fujitsu: FSUNvoice1.0 Japanese Speech Synthesizer Document (1995).
- 9) Elan: Speech Proverbe Engine Unit Manual (1997).
- 10) Binsted, K.: Character Design for Soccer Commentary, Proceedings of the Second RoboCup Workshop, pp.23-35 (July 1998).
- 11) Andre, E., Herzog, G. and Rist, T.: Generating Multimedia Presentations for Robocup Soccer Games, Technical Report, DFKI GmbH, German Research Center for Artificial Intelligence, No.D-66123 (1998).
- 12) Takeuchi, A. and Francks, S.: A Rapid Face Construction Lab., Technical Report, Sony Computer Science Laboratory, SCSL-TR-92-010 (1992).
- 13) Black, A. W., Taylor, P. and Caley, R.: The Festival Speech Synthesis System, CSTR, University of Edinburgh, 1.2 Edition (1997).
- 14) Herzog, G. and Wazinski, P.: Visual TRANslator: Linking Perceptions and Natural Language Descriptions, Artificial Intelligence Review, Vol.8, pp.175-187 (1994).
- 15) 森田俊彦, 内山 隆: 動き追跡処理システム「トラッキングビジョン」, 日本ロボット学会誌, Vol.16, No.1, pp.52-53 (1997).

(平成10年8月6日受付)