

# 自動追尾システムカメラを用いたサッカーロボットの研究

道下 貴広・本塚 祐基・吉原 渉・阪部 俊也

Development of Control Programs for Soccer Robot Using a Homing Camera

Takahiro MICHISHITA, Yuki MOTOZUKA and Wataru YOSHIWARA, Toshiya SAKABE

人工知能の研究の一環として、ロボットにサッカーをさせる「ロボサッカー」がある。このサッカーロボットの製作を行い、ロボットは完成しその動作も確認したが、視覚認識の方法はカメラの画像をパソコンに取り込み、それを処理することによって行うという一般的な方法を探っていた。この方法では画像処理のためのプログラムが複雑になりがちで、動作が遅くなる事が懸念されていた。そこで、CCDカメラの持つ対象物の自動追尾機能に着目し、この機能を用いることによるロボット制御の有効性を検討した。ロボットの改良および制御プログラム作成の結果、周囲の状況を認識することは困難になったが、カメラが確実にボールを追尾し、ロボットを素早くボールに向かって移動させることができた。

## 1. 研究目的

自律型ロボットの研究、殊に人工知能の研究においては、現在の標準問題として、「サッカー」が設定され、世界の研究者が共通の課題として取り組み、競技という形で研究の成果を披露している<sup>1)</sup>。この標準問題が目指すものは、「人間と同じようにサッカーができるロボットの開発」というだけではなく、その過程でさまざまな技術が蓄積され、幅広い分野に新しい技術が普及すること、例えば、次世代人工知能、現実の世界で人間と共存して仕事をするロボットの開発なども含まれている。

それらの研究成果に対する実践の場として「ロボカップ」がある。「ロボカップ」とは、一言で言えば、知能ロボット達がサッカーをするワールドカップサッカー大会の事で、シミュレーションリーグ、小型実機リーグ、中型実機リーグの3部門で構成されている。この「ロボカップ」に関する研究は、多くの研究機関で行われている。その一例を挙げると、大阪大学では、近年注目を浴びてきた強化学習を用いての行動の獲得<sup>2)3)</sup>についての研究を行っている。また、宇都宮大学、東洋大学、理化学研究所の合同チームでは、人間と同じように、パスを出す側とパスを受ける側で、コミュニケーションをとる

事による協調プレー<sup>4)</sup>の研究などが行われている。

本研究では、「ロボカップ」の中型実機リーグに参加することを目的とし、自律型ロボットの製作、VisualC++を用いてのプログラムの開発を行うことを目的としている。その手段としてカメラからの画像をパソコンに取り込み、それを処理することによってボールの認識を行っていたが<sup>5)</sup>、プログラムの複雑化や、扱う画像データ量が膨大な為に、ロボット全体の動作が遅くなる事が懸念された。そこでカメラの持つ自動追尾機能を用いたプログラムを開発し、そのプログラムを使ってロボットを動かすことにより、この機能を用いることによる有効性を検討した。ロボット本体の仕様はパワー不足の解消のためモータを変更し、それに応じてモータドライバを変更したものを2台製作し、シューターとキーパーの同時動作が検証できるようにした。

## 2. ロボットの構成

作成したロボットのシステム構成を図1に示す。ロボットのシステム構成としては、視覚システム、駆動システム、タッチセンサ、コントローラに大別される。

視覚システムはsony社製ビデオカメラ、EVI-D30を用いており、図1に示すようにパソコンのserial port、Video Capture Cardと接続している。これらの接続はそれぞれ、パン・チルトの制御、映像信号の伝送のためである。

駆動システムとしては、ニッコー社製のラジコン、ブラックビーストを改造して利用した。この駆動システムは、左右に2つのモータを搭載し、TA 8429Hを用いたモータドライバ回路によって制御している。この回路は図1に示すように、パソコンのparallel portに接続されており、パソコンからの信号によって2つのモータの回転方向を制御する。

そして、ロボットの前にはタッチセンサを取り付けている。これは図1に示すようにパソコンのkeyboard portに接続しており、センサからの信号はパソコンにはキーボード入力として入力される。

これらの視覚システム、タッチセンサからの信号を処理して、駆動システム、視覚システムを制御するのが、ロボットのコントローラとして用いる図1上部の東芝社製、小型ノート型パソコン、Libretto SS1010である。

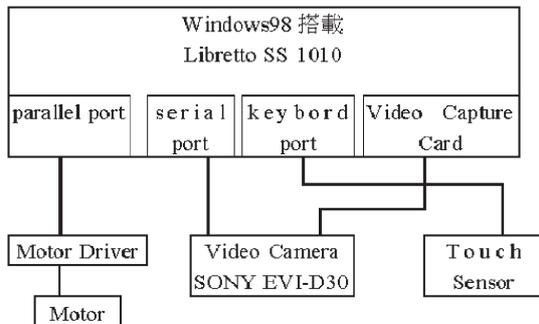


図1 サッカーロボットのシステム構成

### 3. CCDカメラの自動追尾機能

自動追尾機能とはあらかじめカメラに記憶させた対象物を追尾する機能である。対象物を記憶させるには、SONYから提供されているEVI-D30操作ソフトを用いて行う。このソフトを用い、最初に対象物を画像の中心部に持ってきて記憶させると、その後、カメラが持つパン・チルト機能により、対象物を自動的に追尾する。この機能を用いれば、ボールがどのような位置にあっても、カメラは常にボールが画面の中央に来るように駆動する。その際、カメラのパン・チルトしている角度がパソコンに入力され、ボールのある方向を認識することができる。

この機能を用いたときのカメラからの映像を図2に示す。白い4角形が認識している追尾物体である。自動追尾機能を用いた場合のパン・チルト速度は自動的に設定され、追尾可能な対象物の速度には限界がある。その値は対象物を記憶させるときの状態により異なる。その変化を求めるために、ボール記憶時のカメラから対象物ま



図2 自動追尾機能使用時の画像

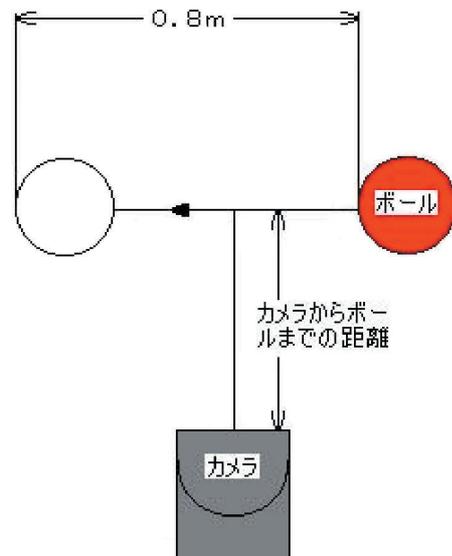


図3 実験方法

での距離、ボールの速度を変えることにより、カメラがどの程度までボールの速度に速度に追従できるかを求める実験を行った。この実験では、カメラがボールを追尾している状態で、図3のようにボールをカメラの前を横切るように転がした。この実験結果を図4に示す。このグラフにおいて、グラフが途中でとぎれているのは、それ以上の距離ではカメラが追尾できない事を表している。カメラからボールまでの距離が近いときと遠いときは、追尾できるボール速度が低くなっている。近いときは、遠いときと比べ、同じ距離のボールの移動に対して、カメラが多くパンしなければならないためである。また、遠いときは、カメラがボールを認識しづらくなるからである。また、ボール記憶時のボールからカメラまでの距離は1mより近いと、グラフが途中からとぎれて

いる。これはボールがカメラから遠くにあるときに追尾することができないためである。1m~2mの間ではほぼグラフが重なっており、ボール記憶時の距離に関係なく自動追尾の性能にはあまり影響しない事がわかる。ゆえにボール記憶時の距離は1m~2mの距離が最適であるといえる。自動追尾可能な範囲はカメラから約2.2m以内であり、フィールドの約半分がこの範囲に含まれることになる。

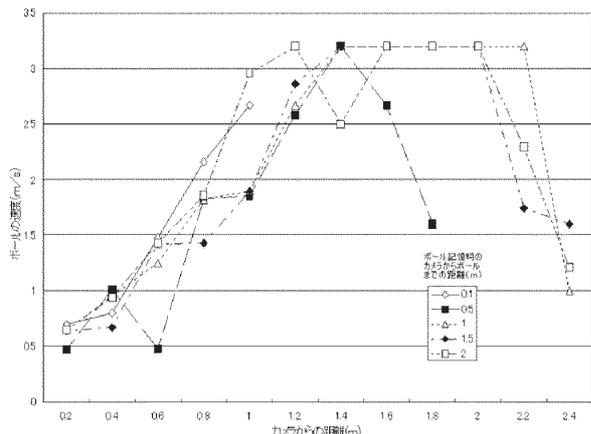


図4 自動追尾機能の追尾速度限界

#### 4. 駆動システム

最初に使用していたモータではパワー不足のため、前進、後退は問題なく可能であったが、旋回動作を行うことが困難であったため、モータとモータドライバを変更した。

モータはマブチモータのRS540Hに変更のうえ、遊星ギヤを取り付け、回転数の減少とトルク向上を図った。

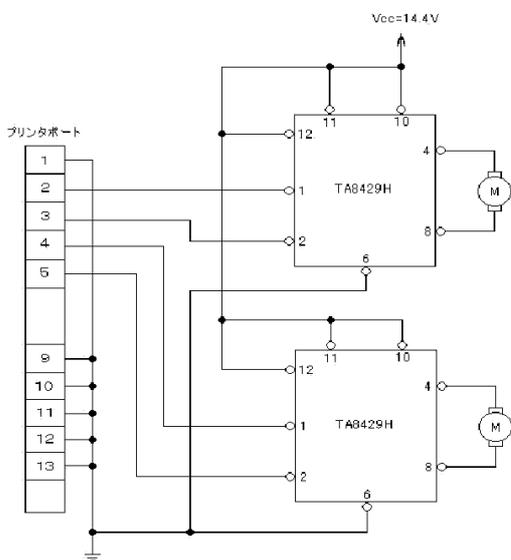


図5 モータドライバ回路

また、ドライバ回路を図5の回路図のように従来のものからより大電流を流すことのできるものに変更した。

この変更により、速度の制御を行うことができなくなったが、その点については問題視しないとした。この変更の結果、前進、後退及び旋回が可能となり、さらに安定して動作するようになったが、遊星ギヤとモータのピニオンギヤをかみ合わせが困難になり、走行させるたびに調整を行わなければならない、ロボットの駆動部における整備が困難になった。

#### 5. ロボット制御プログラム

サッカーロボットにおける、ロボット制御プログラムでは、

- ・ ボールや味方、敵など、周囲の状況を認識し、それに応じた行動を行う。
- ・ パス回しなど、味方と協調したプレーを行う。

などがあるが、そのひとつであるロボットが移動するボールを追尾するプログラムを作ることを目標とした。この中で、ロボットは

- ・ ボールの位置を認識する。
- ・ ボールの方向へ車体を向ける。
- ・ ボールに向かって進む。

の様な動作が必要とされる。通常の画像認識を行うプログラムの場合はカメラからの画像を処理してロボットを制御するといったものであるが、本研究ではカメラの自動追尾機能を用いて、カメラの向いている方向をパソコンに取り込むことによってロボットを制御することとした。この変更による利点は、

- ・ プログラムが簡単になる。
- ・ 処理速度が向上する。(カメラから信号が送られてから0.2秒後の行動開始が可能)

である。

ロボットサッカーでは、周囲の状況を瞬時に把握してロボットが行動することが要求されるので後者は重要であるといえる。しかし、その反面、

- ・ ロボットからボールまでの距離がわからない。
- ・ カメラがボールの追尾に専念するため、その他の周囲の状況(敵や味方、ゴールの位置など)を把握する事ができない。

等の問題が発生してきた。

これらの問題に対して検討した結果、自動追尾機能を用いた場合のカメラの追尾可能範囲は図3のように約2.2mであるため、ロボットから2.2m以内にボールがあるか無いかかわるので前者についてはそれだけで充分であると判断した。また後者については、現在使ってい

るカメラだけでは、ボールの自動追尾に使用されるため、周囲の状況を把握することができない。現在のロボットの装備ではこの問題を解決することは不可能である。

## 6. 自動追尾機能を用いたロボット制御プログラム

CCDカメラの自動追尾機能を用いたロボット制御プログラムを開発した。このプログラムでは、取り込んだカメラの向きがロボットの前方（座標では-200~200）に来るまで回転し、前方にあるときは、この範囲からはずれるまで前進するようにした。

図6に実際のロボットの動きを示す。

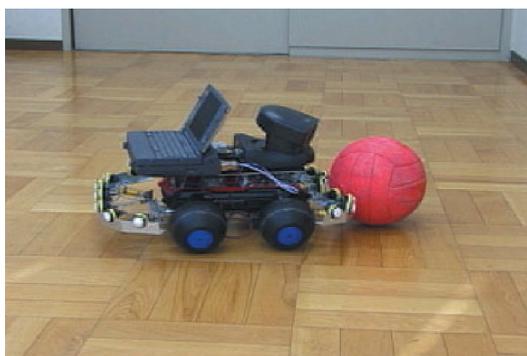
(i) の時、ロボットが左前方にあるボールを認識する。そして、ロボットは左回転を始める。(i) と (ii)



(i) スタート



(ii) 1秒後



(iii) 2秒後

図6 自動追尾プログラムによるロボットの動作

を比較してわかるように、この間ロボットが動くのと同時に、ボールも動いている。このとき、カメラは、ロボットとボールの位置に関わらず、常にボールの方を向いている。そして、ロボットは回転中、常にボールの位置（カメラの向いている方向の座標）を取り込んでいるので、ロボットはボールが移動しても、ボールが正面に来るまで回転を続けるそして、(iii) のように、ボールがロボットの正面に来たら、ロボットは前進を始める。また、このプログラムの他に、ゴールキーパー専用のプログラムなども開発し、ロボット2台でのボールの取り合いや、シュートなどが行えることを確認した。

## 7. 結果

各プログラムはほぼ正常に動作している。また、きちんとボールを追従することができることから、カメラの持つ自動追尾機能を用いてロボット制御プログラムを作ることには有効であるといえる。

問題点としては、駆動部の複雑化による整備性の悪さ、カメラがボールの追尾のために動作しているので、フィールド全体を把握させることが難しい等が挙げられる。

## 謝 辞

本校電子制御工学科矢野順彦助手に、格別の助力を賜った。ここに感謝の意を表します。

## 参考文献

- 1) 中村恭之 他：ロボットサッカー研究のための安価な視覚移動ロボットの開発, J SMEロボメカ・シンポジウム講演論文集, VOL.3rd pp.31-36, 1998
- 2) 加藤龍憲 他：注視制御を組み込んだ全方位視覚を持つ移動ロボットの強化学習による行動獲得, 日本機械学会 [No.98-4] ロボティクス・メカトロニクス講演会'98講演論文集, 1AIII4-2(1)-(2), 1998
- 3) 浅田稔 他：視覚に基づく強化学習によるロボットの行動獲得, 日本ロボット学会誌 Vol.13 No.1, pp.68~74, 1995
- 4) 川端邦明 他：全方向移動ロボットによる協調サッカープレイ, 日本機械学会[No.98-4]ロボティクス・メカトロニクス講演会'98講演論文集, 1AIII4-4(1)-(2), 1998
- 5) 道下貴広 他：複数のセンサ入力による自律型移動ロボット制御の基礎研究, 奈良工業高等専門学校研究紀要第36号, pp45-50, 2000