



グローバルビジョンによるロボット制御実習システム

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2013-12-20 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 藪, 厚生, 中西, 健, 蟬, 正敏 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.24729/00007582

グローバルビジョンによるロボット制御実習システム

藪 厚生*¹, 中西 健*², 蟬 正敏**

Robot Control Training System using Global Vision

Atsuo YABU*¹, Ken NAKANISHI*² and Masatoshi SEMI**

ABSTRACT

This paper describes the robot control training system we have developed. This system is based on the Robo Cup which is a global robot competition. In the Robo Cup, there is a technical gap between the Robo Cup Soccer and Robo Cup Jr. Therefore we developed a training system to bridge the technical gap between it. At first we developed a wireless communication unit to attach to a robot for the teaching materials. Then, we built the system of the global vision with the USB camera which was the second stage of the training. We devised the simple marker for this system, and confirmed that a system could detect a position and the course of the robot. As the third stage, we built a system using SSL-Vision used in a small robot league and confirmed that a robot worked. We conclude that the system which we developed is useful as a compound training system.

Key Words: Global vision, Robot control training system, Robo Cup, SSL-Vision

1. はじめに

高専にとってロボットによる競技会は、大きな意味がある。そもそも20年ほど前に始まった高専ロボコンが、ロボット競技が盛んに行われるようになったそのきっかけとなっている。そして今日、ロボットによる競技会は、実践的なものづくり教育の場として、また研究のためのランドマークとしてすっかり定着している。

前者の例としては、高専ロボコン、大学ロボコンをはじめ、全国高等学校ロボット競技会などの全国規模のものから、府大高専でも実施している紀の国ロボコン大会など地方独自の大会もめずらしくない。

これらの競技会では、毎回テーマが変わり、アイデアを競うような内容のものが多い。

後者の例としてはロボカップ(Robo Cup)^{[1][2]}がある。この大会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「サッカーの世界

チャンピオンに勝てる、自律型ロボットのチームを作る」ことが最終目標となっている。1997年に第1回大会が行われ、現在ではロボカップサッカー、ロボカップレスキュー、ロボカップジュニアとサッカーだけでなく、災害救助や次世代研究者の育成と範囲を広げて世界規模で活動が行われている。この中でもロボカップサッカーでは、さらにいろいろなリーグがあり、そこに小、中学生から大学生、社会人が参加し、世界大会まである大きな競技会となっている。主に小、中学生はロボカップジュニアのサッカーに参加し大学生以上はシニア部門の小型リーグ、中型リーグ、ヒューマノイドリーグなどに参加している。

しかし当然のことながら、ジュニア部門とシニア部門とでは、ロボットの仕様などに大きな違いがあり、隔たりは大きい。一方高専ではジュニア部門を経験した中学生が入学し、5年生や専攻科生ならシニア部門に参加できる。この高専独自の特徴を生かし、実験実習などを通して、前述の隔たりを埋めていながら5年生でシニア部門の参加を目指すことも無理なことではない。またロボカップに用いられるロボット制御システムは、プログラミングはもちろんのこと、画像認識、通信技術、人工知能などさまざまな技術が使われ、メカトロニクスの実験実習システムとしても有用である。何より実習の最後に競技として実施できることから、学生のモチベーションを上げることも期待できる。

そこでもっとも競技の形態に近いと考えられるジュニ

2011年8月22日 受理

*1 総合工学システム学科 メカトロニクスコース

(Department of Technological Systems : Mechatronics Course)

*2 総合工学システム専攻機械工学コース

(Department of Technological Systems : Mechanical Engineering Course)

** 株式会社 ダイセン電子工業

(Daisen Electronic Industrial Co., Ltd.)

ア部門サッカーとシニア部門サッカー小型リーグを題材に、その中間となるような実習システムの開発を行った。

2. ロボカップサッカー

2.1 ジュニア部門サッカーチャレンジ

ジュニア部門サッカーチャレンジ^[3]では、図1に示すようにフィールドはサイズが122cm×183cmで、その周囲は高さ14cmの壁に囲まれている。競技は各チーム2台のロボットで行われる。ロボットのサイズは直径22cm高さ22cm以内である。ボールは赤外線を発光する専用の電子ボールが使用される。ロボットには赤外線センサーが搭載され、それによりボールを見つけることができる。ゴールの方向は、主にグレースケールに塗装された床による判別、各コーナーで黄色、青色に塗られたゴールによる判別、地磁気による判別などがある。

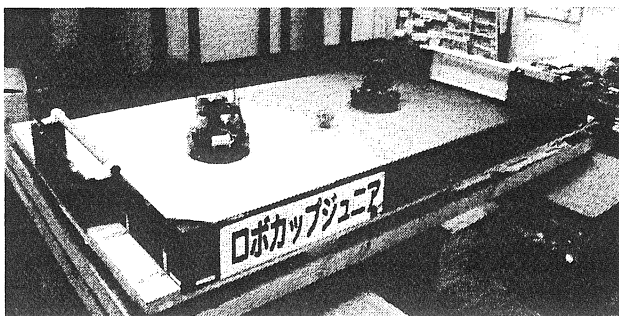


図1 ロボカップジュニア

この大会は、地方予選を経て全国大会があり、優勝したチームは世界大会へ参加できる。なお、府大高専のろぼっと倶楽部は、毎年、地方予選や大阪で行われる全国大会で、競技者だけでなく、審判や運営のサポートメンバーとしても参加しており、関係の深い大会でもある。

2.2 シニア部門サッカー小型ロボットリーグ

シニア部門では、小型ロボットリーグ^[4]以外に中型ロボットリーグ、シミュレーションリーグ、ヒューマノイドリーグなどがある。しかし中型リーグはロボットが大きく広い場所が必要で学校の実習には向いていない。またヒューマノイドリーグでは、ヒューマノイドロボットの制御が難しく、ロボットも高価なものになり、やはり実習には向いていない。そこでジュニアのサッカーチャレンジに近い形態で実施されている小型ロボットリーグを取り上げる。

小型ロボットリーグは、図2に示すように、大きさが

直径180mm以下、高さ150mm以下のロボットを用い、各チーム5台により競技を行う。フィールドのサイズは6050×4050mmであり、ボールはオレンジ色のゴルフボールを使用している。

このリーグの最大の特徴は、フィールド上部、高さ4mのところカメラを設置し、フィールド全体を真上から撮影した画像でロボットの位置や向いている方向(姿勢)、ボールの位置を認識するグローバルビジョンシステムを採用していることである。また戦術などロボット全体のコントロールを外部のホストコンピュータから無線で制御している。このシステムでは、難しいロボットの自己位置推定を外部コンピュータにより一括で処理でき、ロボットの制御も外部のパソコンを用いることができるので、マイコンなどで問題になるプログラム容量なども気にする必要がない。以上より学校での実習に向けたシステムであると考えられる。

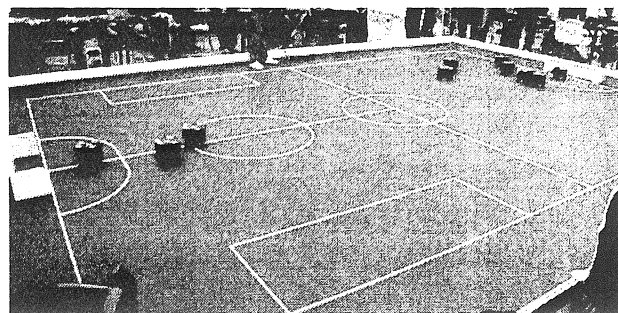


図2 小型ロボットリーグ

3. 実習システム

3.1 無線ユニット

実習システムで使用するロボットは、一般に市販されているロボットキットTJ-3を用いる。TJ-3は、既に府大高専の総合工学実験実習や専攻科の工学システム実験実習や社会人向けセミナーなどで使用しており、実績もあり、台数を揃えることもできる。

しかし、TJ-3は無線機能を持っておらず、このままでは無線によるコントロールができない。そこで新たにTJ-3に搭載できる無線ユニットを開発^[5]する。

無線ユニットの開発には、専攻科の長期インターンシップを利用し、企業と共同で開発を行った。図3に開発した無線ユニットを示す。

無線ユニットには、NECのTY24FM-E2024-01を搭載している。これはIEEE802.15.4の規格化された、2.4GHz帯無線モジュールである。このUARTインタフェースをロボ

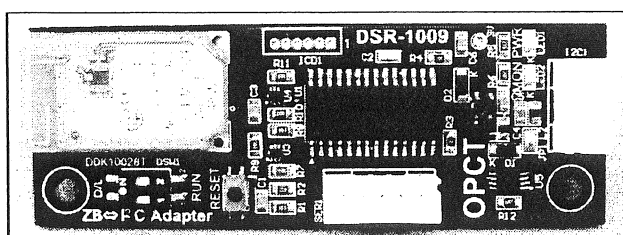


図3 無線ユニット

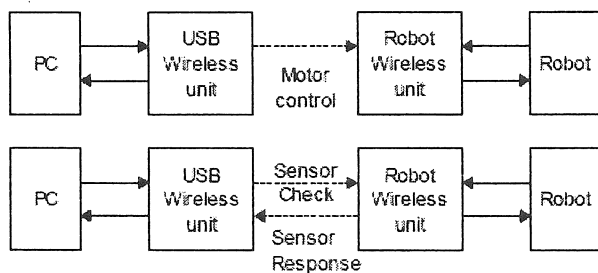


図4 無線ユニットによるデータの流れ

ット側の I2C インタフェースに接続するために、PIC マイコンも搭載している。この無線ユニットでは図4に示すようにデータの通信が行われており、パソコン側に接続するユニットとロボット側に搭載するユニットのセットで使用する。パソコン側のユニットは1台で複数のロボットと通信することも可能である。

実習の第一段階は、このユニットを用いたリモートコントロールシステムを構築することである。このユニットでは、USB-シリアル変換機能が搭載されており、プログラム上では、単にシリアル通信を行うプログラムを作ればよいだけである。シリアル通信に関する資料は豊富に出回っており、プログラムもさほど難しいものではない。またシリアル通信はパソコンと周辺機器との通信として基本的な技術であり、学生にぜひ学ばせたい要素の一つでもある。この段階では、パソコンからのキー入力による手動操作でいいと考えている。

3.2 USB カメラによるシステム

実習の第二段階は、ロボットの自律動作を実現する。このため、ロボットの区別、姿勢の認識にマーカーを用意し、これをフィールド上部のグローバルビジョン (USB カメラ) 画像により画像認識させる^[6]。図5はそのマーカーを搭載した状態である。USB カメラと Windows によるマーカー認識のプログラムは、OpenCV2.0^[7] と Microsoft Visual C++ 2008 Express Edition により作成した。これはどちらもフリーウェアで提供されている。

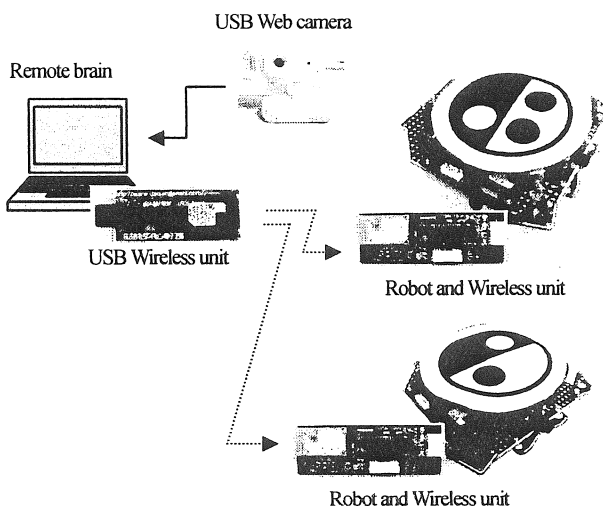


図5 USB カメラによるシステム

次節の SSL-Vision では、チームカラーを含めた複雑な処理を行なっているが、このシステムでは図6に示す白黒のマーカーにより処理を簡略化している。OpenCV で関数として用意されている `cvHoughCircles()` を用いてマーカーの円を検出し、その内部にある画素値によってロボットの方向と識別番号を求める。

`cvHoughCircles()` を使うと、指定した半径に近い大きさの、円の中心座標と半径が求められる。円の中心付近を円状に辿り、画素値の変化する2点 A, B を求めると、マーカーの傾きを算出できる(図6-b)。

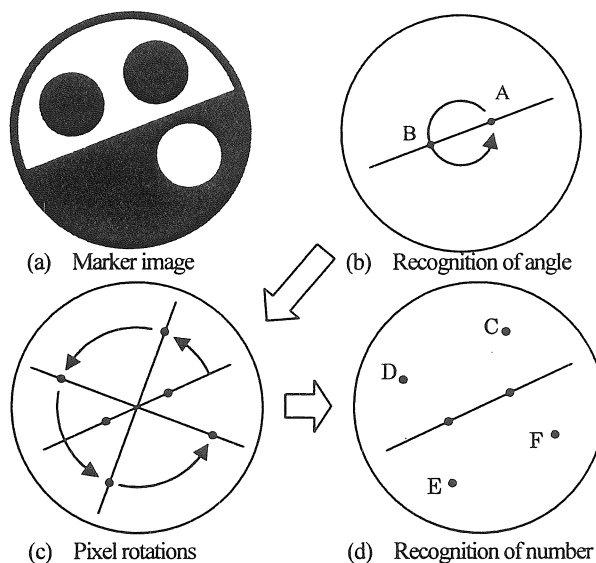


図6 マーカーと認識方法

ここから、円の中心を原点として 45° 傾けた位置を C として、さらに 90° 毎に回転させて D, E, F の画素値を求める(図 6-c)。C, D, E, F の画素値を、黒=0, 白=1 として二進数 4bit で表すとこと、番号を識別する。この場合 16 台まで認識可能である。実際の様子を図 7 に示す。フレームの更新は、画像処理の部分のみで 10fps 程度だった。図 7 のうちロボットに取り付けたマーカーは、下位の bit より 0, 0, 0, 1 で、つまり 8 番であり、 -46° を向いていることが認識できている。それぞれのマーカーの位置座標 x, y と角度を記憶しておき、それぞれのロボットを制御するプログラム上で読み出して、ロボットとボールの位置関係によって、モータをコントロールする。なおマーカーの認識に使用する OpenCV を用いたプログラムの手順は次のようになる。

- (1) cvCaptureFromCAM()
カメラから画像を取得する。
↓
- (2) cvSplit()
HSV 画像に分割, 明度画像をマーカー認識に, 色相画像をボールの認識に用いる。
↓
- (3) cvSmooth()
円の誤検出を防ぐ
↓
- (4) cvHoughCircles()
ハフ変換による円検出
↓
- (5) $\sin(), \cos()$ を使った図形問題

以上のように、使用する関数もさほど多くなく、プログラムとしては、比較的簡単な処理で認識が可能である。

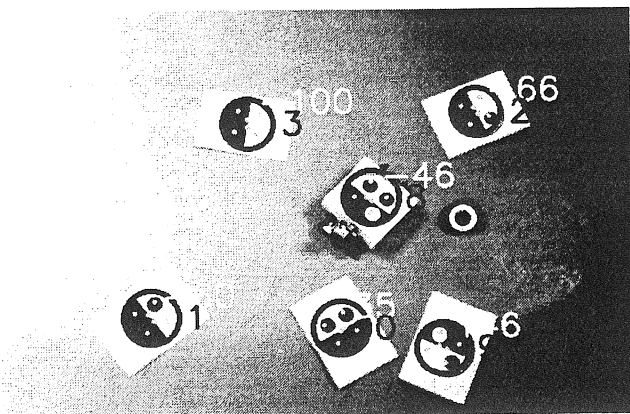


図 7 マーカーの認識

この段階では、主に画像認識を経験させ、その結果に基づきロボットを動作させるという、自律ロボットの基本的な構造を理解させることにある。このようなシステムはロボット工学だけでなく、いろいろな分野に応用されており、これからの技術者にとっては、必要な技術であると考えられる。

3.3 SSL-Visionによるシステム

SSL-Vision^[4]とは、ロボカップ小型ロボットリーグで使用されているグローバルビジョン用の画像認識システムである。以前は各チームがロボットやボールを認識するシステムを自前で作り、試合にはそのシステムを会場に持ち込んで使用していたが、2年ほど前からは、認識システムによるトラブルを少なくし、認識システムに費やされる時間を、本来の人工知能分野への研究に回したい等の理由により、共通のシステムが採用された。

SSL-Vision はフリーウェアであり誰でも使用できるが、現在のところ Linux 上でのみ動作し、サポートされているカメラは IEEE1394 仕様(Fire Wire)のカメラのみである。図 8 に SSL-Vision の起動中の様子を示す。

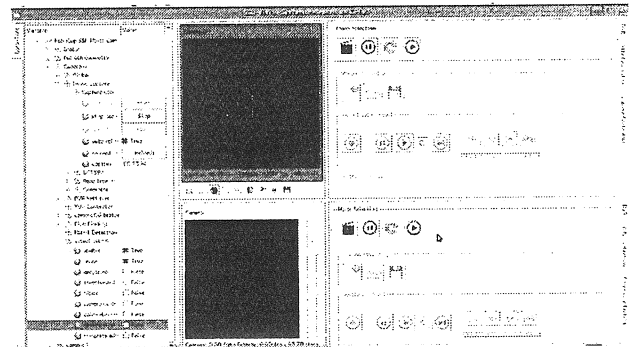


図 8 SSL-Vision

なお、今回 SSL-Vision に使用した IEEE1394 カメラはアライドビジョンテクノロジー社 (AVT 社) 製の Stingray F-046C である。またレンズは TAMRON 社の 12VM412ASIR を使用した。それぞれの仕様を表 1 および表 2 に、使用したカメラを図 9 に示す。

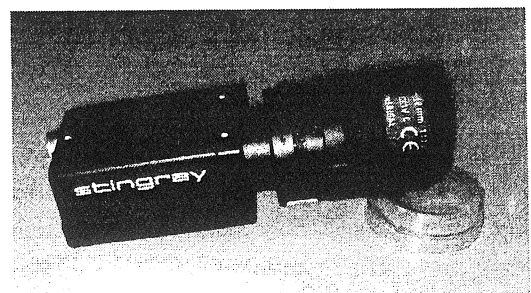


図 9 IEEE1394 カメラ

表1 IEEE1394 カメラ仕様

メーカー	アライドビジョンテクノロジー
モデル	Stingray F-046C
解像度	780×580 (カラー)
フレームレート	最大61 f p s
撮像素子	1/2インチ CCD
インターフェイス	IEEE1394b
レンズマウント	Cマウント
サイズ	72.9×44×29 (mm)

表2 レンズ仕様

メーカー	TAMRON
モデル	12VM412ASIR
イメージャー	1/2型
焦点距離	4～12mm
絞り範囲	F/1.2～CLOSE
画角(水平)	(TELE)31.2° (WIDE)93.7°
画角(垂直)	(TELE)23.4° (WIDE)68.9°
マウントタイプ	Cマウント
全長	54mm

SSL-Vision によるシステムの概要を図10に示す。この段階では、新たに LAN を使用し、サーバーとクライアントの簡単なネットワークのシステムを取り入れている。

このシステムでは、SSL-Vision がボールとロボットの位置や姿勢情報を Google protocol を用いて LAN 経由で各チームに伝達している。この部分のプログラムは機械系の学生などには難しいので、クライアント側のプログラムは雛型を用意する。雛型のプログラムでボールやロボットの位置情報などは入手できるので、それ以降のように動作させるかという部分のプログラムを考えてもらうことになる。ロボットは、基本的には前述の TJ-3 を用いるが、規定のサイズのマーカーさえ取り付けることができれば、どんなロボットでも構わないので、この段階では、ロボットを改良する、もしくは新たに設計し製作することも可能である。

通常、小型リーグのフィールドは約6×4mのものをを使い、高速な全方向移動ロボットが使われている。さらにロボットにキックデバイスなどが搭載され、強力で正確なシュートやパスを実現している。実習では TJ-3 をベースにして、キーパーロボット、ディフェンダーロボット、ストライカーロボットなど、いろいろなタイプのロボットを考えてもらうことも面白いと考える。

実習に用いるロボットでは、安価で入手しやすいモータを考えているので、スピードも遅い。よってフィールドの広さは半面でよい。またルールやプログラムを簡単にするためにジュニアリーグと同じように周囲を壁で囲んでボールが外に出ないようにする。ロボットの台数は1

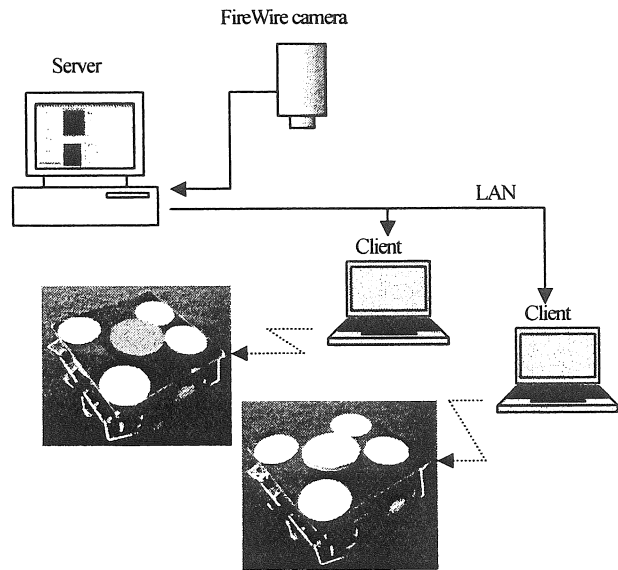


図10 SSL-Visionによるシステム

チーム当たり3～5台ぐらいが適当である。

このシステムでは、ロボット1台につき1クライアントとすることで、簡単なネットワークのプログラミングを体験させることができる。このようなネットワークを用いたロボットの制御も今日では普通に用いられており、ネットワークに関する知識は、技術者にとって必要不可欠であると言っていい。機械系の学生にとって十分な理解は難しいかもしれないが、体験しておくだけでも意義があると思われる。

以上のように、最終段階では、新たにロボットを製作することを含めれば、これまでに学んだことを全て用いて取り組める内容になっていると考えている。またそれぞれの取り組んだ成果は、最後にチーム対決でリーグ戦を実施することで、その成績で見ることができる。もちろんリーグ戦の間にもさらに、改良改善を行うこともいい学習になる。

4. SSL-Humanoid リーグ

この実習システムの最終目標と考えているのが、SSL-Humanoid リーグである。ここで用いられているシステムは、小型ロボットリーグの車輪型ロボットをヒューマノイド型ロボットに置き換えているだけである。よって前述の実習を経験した学生にとっては、システムの構築はさほど難しいものではないであろう。しかしヒューマノイド型ロボットは安いものでも10万円程度はするので、TJ-3の1万円程度と比べると、大勢の学生を対象

にした実習には、コストの面から実施することは難しいと考えられる。またヒューマノイド型ロボットの制御も難しく、キック一つでも強引に蹴れば倒れるし、安定して早く歩かせるだけでも難しい。

しかし卒業研究のテーマとして取り組むことは可能である。藪研究室では2009年のロボカップジャパンオープン大会で、大阪電気通信大学との共同チームとして参加し、2010年からは、単独のチームとして参加している。

このテーマは、メカトロニクスコースだけでなく、電子情報コースでも取り組める。それぞれ単独のチームとして参加するもよし、また共同で研究に取り組むことも、もちろん可能であると考え。図11に大会での様子を示す。

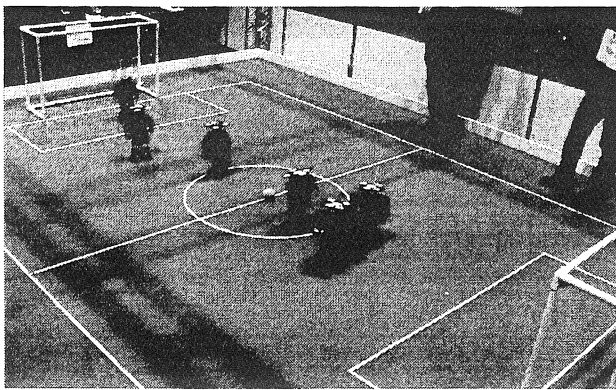


図11 SSL-Humanoid

5. おわりに

ロボカップサッカーを題材にしたグローバルビジョンによるロボット制御実習システムは、既存のロボットキットに対応する無線ユニットを新たに開発したこと、また安価なUSBカメラで処理可能な簡易なマーカーを考案したことから、ジュニア部門からシニア部門までの技術的なギャップを段階的に埋めながら実習に取り組める

システムである。またこの実習システムは、いろいろな技術要素を含み、総合工学の実習システムとして遜色ないと考える。また段階的に内容を展開することで各学年に応じた実習を実施することも可能である。現在システムは、それぞれの段階で動作することを、確認している。今後はテキストや実習資料などの充実が必要である。

謝辞

ロボカップ参加の際に、数多くの助言と協力を頂いた大阪電気通信大学総合情報学部メディアコンピュータシステム学科教授升谷保博先生に感謝の意を表す。

本研究の一部は、平成22年度大阪府立工業高等専門学校校長奨励金により行われた。

参考文献

- [1] 浅田 稔, NPO ロボカップ日本委員会監修, "RoboCupSoccer ロボットの行動学習・発達・進化", 共立出版 (2002)
- [2] ロボカップ日本委員会
<http://www.robocup.or.jp/>
- [3] ロボカップジュニアジャパン
<http://www.robocupjunior.jp/>
- [4] RoboCupJapan Soccer Small Size Robot League
<http://kiyosu.cs.chubu.ac.jp/SSLJapan/>
- [5] 中西 健, 蟬 正敏, 藪 厚生, "教材ロボット用無線ユニットの開発と実習システムの提案", 第11回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会論文集(DVD-ROM), (2010)
- [6] 中西 健, 蟬 正敏, 藪 厚生, "ロボカップを題材とした実習システムの開発", 2011 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会論文集(DVD-ROM) (2011)
- [7] 奈良先端科学技術大学院大学 OpenCV プログラミングブック制作チーム, "OpenCV プログラミングブック", 毎日コミュニケーションズ(2007)