CMOS カメラを用いた自律型ロボット教材の開発

Development of teaching material with CMOS camera on the autonomous robot

正 金田忠裕 (阪府高専) ○多田育久 (阪府高専)
学 蟬 正敏 (ダイセン電子工業)

Tadahiro KANEDA, Osaka Prefectural College of Technology
Ikuhisa TADA, Osaka Prefectural College of Technology
Masatoshi SEMI Daisen Electronic Industrial Co., Ltd.

Many robots use the automatic control with image processing recently. However, teaching materials of image processing is too difficult for children to use and too expensive to set the circumstance. They are eagerly waiting for developing a cheap and easy teaching material. We made a soccer robot with image processing. The robot is composed of OJ2 and DEB101A+104A. OJ2 is an autonomous robot for playing soccer. DEB101A+104A is an image processing board. The robot uses OJ2 as drive unit and DEB101A+104A as processing unit. We inspected that it is possible playing soccer only with CMOS camera with the robot. As a result, the robot can recognize a color ball and track it.

1. 序論

近年、様々な分野で光学カメラを用いた自動制御を活用されており、ロボット制御の分野でも広がっている。ロボット技術は日本の得意とするところであり、今後もさらに用途が拡大すると予想する。そのような背景もあり、日本の将来をになう子供達への教育に、ロボット学習を取り入れる教育機関が増え始めている。また、ロボットには、機械、電気、プログラミングの各能力がすべて必要であり、総合的な学習課題として最適であることも、教育に取り入れられることを促している。

画像処理に関する専門書は小中学生が理解するには難解である上に、高価な機材が必要となり、大学、企業レベルの施設でしかできていない。そのため、個人や小中学校レベルで行え、安価で誰にでも挑戦できる、画像処理制御の学習教材の開発が望まれていた。

本研究では画像処理初心者でも挑戦できる、簡単で安価なカメラユニット搭載自律型ロボット教材を開発することを最終目的とし、サッカー競技が可能であるかどうか検証するため、以下の2点を行った。

- 1) カメラによる画像認識によってボールを追従させる。
- 2) 実際にフィールドを試作し、ゴールとボールの判別が可能か検証する。

2. CMOS カメラ搭載ロボット

図1に製作したロボットの外観を示す。制御基板に株式会社ダイセン電子工業製「DEB101A+104A」を使用した。「DEB101A+104A」には、単体での画像認識可能なMPU（以下、「Rマイコン」）が搭載されている。「Rマイコン」は汎用入出力端子やPWMモジュールなども搭載しているため、多機能マイコンとしての使用も可能である。表1に「Rマイコン」の仕様の一部を示す。「Rマイコン」は、同時に4色、8対象を認識することが可能である。駆動部に株式会社ダイセン電子工業製「OJ2」を使用した。「OJ2」は本来、マイコンを搭載し単体でロボカップジュニアサッカーに参加できる。ロボットには、「OJ2」に搭載されているモータドライバとギアボックスのみを使用し、駆動モジュールとして扱っている。コンパイラには、LSI JAPANCO. LTD の「LSIC-80 Ver. 3.6」を使用している。改良したプログラムは、現状では公表できないことになっている。

Fig. 1 Aspect of the robot

Table 1 Specification of "R-microcomputer"

CPU	Z80 相当
機能	PI0 プログラマブル汎用入出力ピン
	UART シリアル通信
	SI0 クロック同期 1ch
	MMU メモリ管理
	NAND フラッシュメモリインターフェース
	ADC アナログ→デジタル変換機
電源電圧	コア : $1.8 \pm 0.18V$
	I/O : $3.3 \pm 0.3V$
動作温度範囲	-20°C ~ 70°C
パッケージ	128QFP (P-QFP128-1420)

3. 検証実験

表2に、実験内容を示す。項目内の明るさは、実験を行った部屋の明るさである。測定は、ダイセン電子工業株式会社のビル内の一室、大阪府立工業高等専門学校内制御研究室、インテックス大阪の天井の高さの異なる2ヶ所の計4ヶ所で行った。それぞれの会場は照度が異なっているが、プログラムの画像処理部分は全会場で同一のものを使用しており、認識対象にも同一のものをを用いていることから、条件の異なる

比較実験であると考える。

Table 2 Type size and typefaces for papers

内容	詳細	明るさ
プログラ ム転送	サンプルプログラムの転送	300Lux 以上
サンプル プログラ ム	LCD への出力	
	認識対象の追尾確認	
	サーボモータ用 PWM の出力確認	
LED	LED への出力	
	LED への出力内容の認識対象の位置関係 に応じてパターン変更	
	モータ駆動用に LED への出力パターンを 変更	
モータ	モータへの出力	300～ 150Lux
	認識対象の位置と、 モータの出力パターンの関連化	
PWM	LED への PWM を用いた出力	
	モータへの出力を PWM で制御	
	動作と PWM の値を関連化	
	角度に応じて、PWM の値が変動するよう に改良	
背景を変 更しての 実験 (背 景黒)	ボールを手で動かしての、首振りのみの 実験	300Lux 以下
	ボールを手で動かしての、前進含む実験	
	ボールを転がしての、首振りのみの実験	
	ボールを転がしての、前進含む実験	
背景を変 更しての 実験 (背 景白)	首振りのみの実験	200Lux 以下
	前進含む実験	
	首振りのみの実験	
	前進含む実験	
	ジャンパー無しでの実験	
	ジャンパー有りでの実験	

SRAM へプログラムを転送し、サンプルプログラムの動作が確認した。カメラよりの画像を LCD に外部出力し、対象を認識することを確認した後、オシロスコープにて PWM の値の変化を確認した。

サンプルプログラムを参考に、搭載されている LED へ任意認識対象の位置に応じて、LED への出力パターンが変化の出力を行うプログラムを製作した。その後、「DEB101A+104A」と「OJ2」を接続し、認識対象の位置に応じて出力が変化する

ようにし、常に機体が認識対象に向くようにモータへの出力を行った。さらに、前進を追加し、認識対象を追尾するように改良した。1m 近くの距離でも、ボールを認識し追尾行動を取る。左右に角度をとっても認識し、ボールが機体の真後ろなど、カメラの有効範囲から出ない限り追尾行動をとった。

LED への任意の PWM 信号を任意のピンへの出力を行った。さらに、モータへの出力に PWM を使用し、任意の速度で移動が可能となるように改良した。しかし、対象との角度が浅いと、旋回しすぎとその修正を繰り返ループしてしまった。そこで、認識する画面の中央と対象との距離に応じて PWM の値が可変するように改良を行った。これによりループすることが無くなった。

インテックス大阪にて、製作したフィールド内で認識対象を手で動かしたり勢いよく転がしたりした。感度は非常に良好で、認識率はかなり高かった。液晶でも、画面の全域でボールを認識することが確認できた。

認識対象をフィールドのゴールに変更し、それぞれの色で識別可能か実験を行った。ともに感度は良好で、特に黄色のゴールでの感度に優れた。認識対象に使用していたボールを並べて配置しても、ゴールのみを感知していた。図 2 に実験の様子を示す。

実験場所を製作したフィールドから、四方をベニヤ板で囲まれ、床に白色のケミカルシートが敷かれている場所へ移動した。対象物の背後が白の状態では、画面中央以外ではほとんど認識せず、距離も 20cm 程度に落ち込んだ。背後に黒のジャンパーを設置した状態では、画面のほぼ全域で認識し、距離も測定可能な 30cm を超えても認識可能であった。また、ボールの色を変えて実験を行うと、若干赤色よりもピンク色のほうが、距離が 5 cm、認識する角度が左右 5 度ほど向上した。

Fig. 2 Situation in Intex-Osaka

4. 結論

本研究の成果を以下にまとめる。

- 1) CMOS カメラを使用して、画像認識によってボールを追従させることができた。
- 2) 試作したフィールドで、ゴールとボールの判別が可能であると確認した。

以上より、CMOS カメラのみでサッカーを行う際に必要な最低限の動作を行うことができることが確認できたといえる。

文 献

- [1] ロボカップジュニアジャパン ロボカップジュニア 2006 サッカー・ルール：サッカー 2 対 2 フィールドの図 <http://www.robocupjunior.jp/rules/2004/images/soccer-2x2j.gif>