

# 組み込みシステム技術とネットワーク技術を教育するための 学生実験用ロボット教材とカリキュラムの開発

児島 彰, 石川 直樹, 市原 英行, 井上 博之, 大田 知行,  
小畑 博靖, 窪田 昌史, 新 浩一, 高野 知佐, 永山 忍  
広島市立大学

## 1. はじめに

広島市立大学の情報工学科では学部3年生向けの1年間の授業として学生実験(情報工学実験)を実施している。情報工学科は、複数の専門コースの学生が1学年60名~70名所属する。ロボット工学を専門とする学科ではないが、比較的取り扱いが容易で、学生が興味を持ちやすい、ロボットカーを学生実験の題材とした。ソフトウェアを専門とする学生も多いので、低レベルの直接のモータ制御は扱わず、モータ操作関数は学生に提供することとした。本稿では、複数の専門コースの学生が共通で学習する、組み込みシステム技術とネットワーク技術を教育するために開発した学生実験用ロボットと、実施している実験カリキュラムについて述べる。

## 2. ロボット教材の開発の目標と方針

ロボット教材を開発する際に、学科の構成なども考慮し、以下のことを目標とした。

- ・学生1人につきロボット1台を割り当てること
- ・実験室の限られたスペースで学生が扱えるようにロボットの大きさをコンパクトにすること
- ・複数の形態の組み込みシステムや、メジャーなシステムでのプログラミングを体験できること
- ・ネットワーク機能を有し、ネットワーク・プログラミングを使った課題の実施が可能なこと
- ・センサ、カメラ、スピーカなどを複数の機能を搭載し、1年間の実験課題の題材にできること
- ・長期間、修理が可能のように、できるだけ長期間の供給が期待できる部品を使用すること

組み込みシステムのプログラムの実行環境には、OSなし、Real Time OS環境、Linux環境など、処理内容に応じて、様々な形態がある。前期半年間は、OSなし、及び、Real Time OS環境の組み込みシステムで学習し、後期半年間はLinux環境の組み込みシステムで学習することにした。このため、前期用、後期用の2種類のプロセッサシステムを用意し、共通のロボット駆動部上にメイン制御用として半年ごとに載せ替えて使用する方針にした。

### Development of Experimental Robot and Laboratory Curriculum for Education of Embedded Technology and Network Technology

Akira Kojima, Naoki Ishikawa, Hideyuki Ichihara, Hiroyuki Inoue, Ohta Tomoyuki, Hiroyasu Obata, Atsushi Kubota, Koichi Shin, Chisa Takano, Shinobu Nagayama  
Hiroshima City University

## 3. プロセッサシステムの検討

メイン制御を行うプロセッサシステムとして、Arduino, mbed<sup>(1)</sup>, Raspberry Pi<sup>(2)</sup>, 独自設計のものなどを検討した。開発の目標に沿って検討を行った結果、今回は前期半年に mbed, 後期半年に Raspberry Pi をメイン制御のプロセッサシステムとして使用することにした。それぞれのプロセッサシステムは以下のような特徴がある。

- ・mbed: 32ビットプロセッサ ARM Cortex-M 搭載。OSなし、または、Real Time OSで使用。ネットワーク機能が使用可能。画像処理を行うにはメモリ不足。クラウド型プログラム開発環境。
- ・Raspberry Pi: 32/64ビットプロセッサ ARM Cortex-A 搭載。主にLinux環境で使用。ネットワーク機能を搭載。画像処理が可能。電力消費が大きく、大容量電池が必要。セルフ開発環境。

## 4. 開発したロボット教材

図1は、開発した前期用ロボットと後期用ロボットの写真である。各ロボットは、上部と下部に分かれ、下部の駆動部は、前期用ロボットと後期用ロボットで共通で、既存製品の3pi<sup>(3)</sup>を使用する。3piはラインセンサが搭載され、単体でもラインレース動作が可能なロボットカーである。3piの前面には距離センサを追加搭載した。ロボット下部には破壊防止用の保護アクリルカバーを装着した。



図1 前期用ロボット(左)と後期用ロボット(右)

### 4.1 前期用ロボット

前期用ロボットの上部基板は mbed をメイン制御のプロセッサとして搭載し、シリアル通信で下部の 3pi にモータ制御などのコマンドを送る。mbed を使った既存の製品として m3pi<sup>(4)</sup>があるが、製品単体ではセンサを搭載しておらず、センサを使用したい場合は、ユーザ自身が追加搭載する必要がある。実験で使用するセンサを搭載するために、

製品版の m3pi と互換性のある独自の基板を作成した。図2は、開発した前期用ロボットの上段部の写真である。温度、湿度、気圧、照度、加速度のセンサ、WiFi モジュール、赤外線通信の送受信機能を搭載した。筐体のサイズは 9cm×10cm×8.5cm（ケーブル部を除く）とコンパクトである。長時間の実験が可能のように、上部にリチウムイオン電池を搭載可能にした。

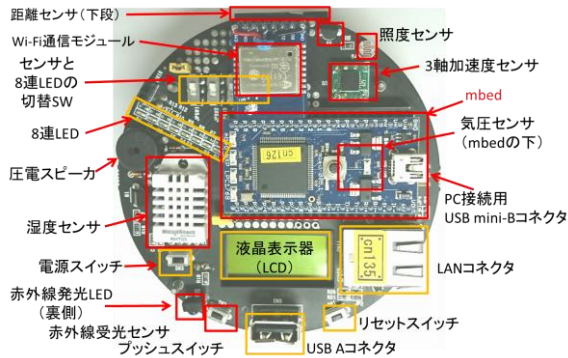


図2 前期用ロボットの上段部

#### 4.2 後期用ロボット

図3に、開発した後期用ロボットの構成を示す。下部は、前期用ロボットと共用で、距離センサを搭載した既存製品の 3pi を使用している。上部には、メインの制御プロセッサシステムとして、Raspberry Pi3 Model Bを搭載し、下部 3pi とのシリアル通信を行う独自の r3pi 基板を作成した。基板には、スピーカ、アンプ、LED、スイッチも搭載している。センサとしては、Raspberry Pi の公式センサ拡張ボードの SenseHAT を搭載する。これには、温度、湿度、気圧、加速度、ジャイロ、コンパスのセンサが搭載されている。また、マイク付き広角 USB カメラと Raspberry Pi の消費電力に対応できる 5200mAh リチウムイオン電池を搭載した。

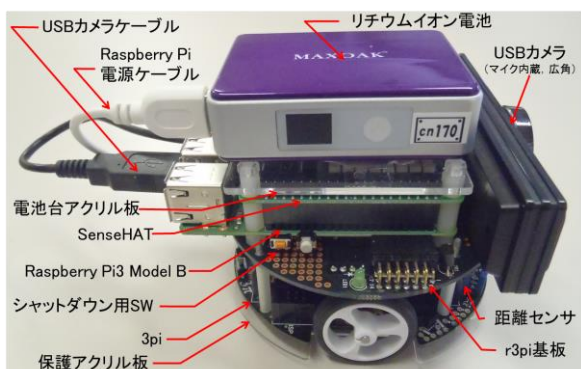


図3 後期用ロボットの構成

### 5. 実験機材と実験カリキュラム

図4に、実験機材と実験室のネットワーク構成を示す。開発したロボット教材の他にプログラム開発用の PC と Android タブレットを使用する。タブレットは、Android プログラムを学生が開発し、ロボットと無線 LAN でネットワーク通信するリモートコントローラを作成する。走行コースは、個人課題用とグループ課題用の大小2種類がある。

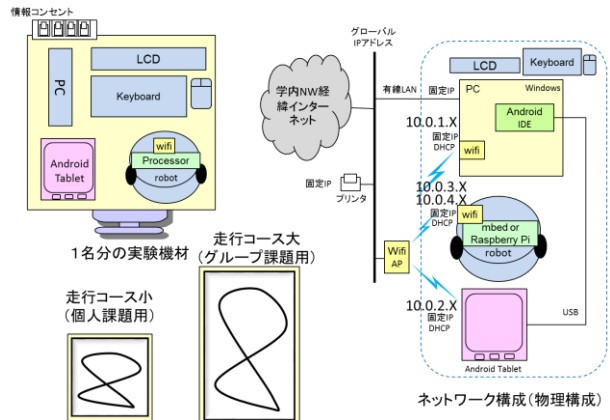


図4 実験機材と実験室のネットワーク

実験カリキュラムとして、主に以下のような項目を設定した。また、実際に 2017 年度の情報工学実験を、このカリキュラムの内容で実施している。

- ・前期半年
  - mbed でのプログラム開発(クラウド型, C++)
  - センサの操作, ロボットカーの操作
  - ネットワーク・プログラミング(TCP/UDP)
  - ロボットカーと Android 端末との通信
  - Android 端末を使ったリモコンの作成(Java)
  - コンテスト(個人戦コンテスト)
- ・後期半年
  - Raspberry Pi でのプログラム開発(Python)
  - カメラを使った画像処理, 画像認識(OpenCV)
  - マイクを使った音声処理(FFT)
  - カメラを使った自動運転
  - 設計手法(UML), プレゼンテーション
  - コンテスト(グループ戦コンテスト)

### 6. 既存製品のロボットの比較

既存の製品で、類似の RaspberryPi を使ったロボットカーとして、GoPiGo<sup>(5)</sup> や Raspberry Pi Mouse<sup>(6)</sup> などがある。GoPiGo は、比較的安価ではあるが、筐体サイズが大きく、今回開発したロボットより広い実験スペースが必要になる。Raspberry Pi Mouse は、サイズはコンパクトで、今回開発したロボットに近いが、価格が高い。また、いずれの製品も、想定した実験を行うには、センサ、カメラ、スピーカなどの追加搭載が必要である。

### 7. まとめ

組み込みシステム技術とネットワーク技術を教育するための学生実験用ロボット教材とカリキュラムの開発を行った。前期後期で交換可能な2種類の組み込みシステムを使用したコンパクトな筐体のロボット教材を開発した。これにより、目標とした実験に必要な機能を実現することができた。

### 参考文献

- (1) <https://www.mbed.com/> mbed, (2018/1/12 最終アクセス).
- (2) <https://www.raspberrypi.org/> Raspberry Pi, (2018/1/12 最終アクセス).
- (3) <https://www.pololu.com/product/975> 3pi, (2018/1/12 最終アクセス).
- (4) <https://www.pololu.com/product/2151> m3pi, (2018/1/12 最終アクセス).
- (5) <https://www.dexterindustries.com/> GoPiGo, (2018/1/12 最終アクセス).
- (6) 上田隆一: 「Raspberry Pi で学ぶ ROS ロボット入門」, 日経 BP 社 (2017).