

## Raspberry Pi 用 GPIO 拡張ボードとシールドの開発

## Development of the GPIO Extension Board and the Shields for Raspberry Pi

菊池 達也\*

KIKUCHI Tatsuya

## 1. はじめに

はじめに、英国で Raspberry Pi が開発された経緯と産業界で普及し始めている背景について述べ、次に、筆者が設計した Raspberry Pi 用 GPIO 拡張ボードの開発経緯について述べる。

## 1.1 教育から出発して産業界へ広まる Pi

英国の Eben Upton 氏らは子供や若者のプログラミング離れを懸念して、コンピュータ教育を普及させるために Raspberry Pi 財団を設立した。財団が Web で公開しているストラテジー2016-2018 で、「コンピュータを学ぶ最善の方法は、LED を点滅させたり、Web サイト立ち上げたり、ゲームを制作したり、ロボットを組立てたりなどの手を動かす (hands-on) 実践的な教育の必要性」を説いている[1]。そこで、彼らは多くの人に使ってもらえるように Windows パソコンより安いシングルボード・コンピュータを開発して、Raspberry Pi と名付けた。Raspberry Pi は 32/64bit ARM プロセッサを採用し、HDMI、USB、イーサネットポートを装備し、ディスプレイ、キーボード、マウス、AC アダプタを接続すればパソコンになる。Linux に準拠したオペレーティングシステム (Raspbian) と文書作成や Scratch 等の付属ソフトを無償で利用できる。

また、最近では教育利用より、産業用の組み込み機器として使用される割合が増えてきている[2]。この理由としては Raspberry Pi が安価で高性能な理由だけでなく、実装されている半導体チップが産業機器に要求される温度動作範囲 $-40\sim+85^{\circ}\text{C}$ [3]をクリアし、FCC、EMC 指令、RoHS 指令、総務省の技適マークを取得するなど国内外の技術基準に適合しているからである。

## 1.2 GPIO 拡張ボード教材の開発経緯

今、産学官で注目されている IoT (Internet of Things) は、家電製品、自動車、工場の生産設備、社会インフラに使用される端末、センサ、カメラなどの様々なモノがインターネットに有機的につながり、様々なデータをシェアし、新たな価値の創出により超スマート社会[4]を

形作る技術と言われている。Raspberry Pi3 においては、イーサネットポート、Wi-Fi、Bluetooth の通信機能を標準で装備しているため、IoT として利用が可能である。また、Raspberry Pi を中心に複数のマイクロコントローラとシリアル通信させて、IoT のゲートウェイとすることができる。

このように、Raspberry Pi が産業界へ普及すれば、その教育訓練ニーズも増えると予想される。そこで、筆者は 2015 年に筆者は離職者訓練と在職者訓練を対象に Raspberry Pi を利用した組み込み教育の検討を始めた。

しかし、Raspberry Pi には GPIO ポート用に 40 ピンのコネクタがあるだけで、表 1 に示すような組み込み教育で使用する周辺デバイスは実装されていない。そのためブレッドボードを併用する事例[5]が多いが、筆者の指導上の経験では受講者の誤配線や接触不良などのトラブルにより授業時間が奪われることが多い。能力開発セミナーや離職者訓練では訓練時間を守り、学生のように放課後まで残らせることが難しい事情から、ブレッドボードよりは配線が固定したプリント基板による教材が望ましい。しかし、表1を満足するような Raspberry Pi 用のプリント基板の商品は管見では見当たらない(2015 年 6 月時点)。そこで、Raspberry Pi の GPIO ポート用のコネクタと接続する学習ボードを開発し、RasPi 学習ボードと名付けた。

以下、RasPi 学習ボードの概要、各シールドの特長、受講者へのアンケート結果について報告する。

表 1 RasPi 学習ボードの主な仕様

項目	仕様
Raspberry Pi 型式	Raspberry Pi2 及び Pi3
LED	4 個
タクト SW	8 個
AD 変換器	5ch 分解能 12bit 入力 $0\sim3.3\text{V}$
DA 変換器	2ch 分解能 12bit 出力 $0\sim3.3\text{V}$
LCD	16 文字 2 行 I <sup>2</sup> C
温度センサ	測定範囲 $-55^{\circ}\text{C}\sim+105^{\circ}\text{C}$
スピーカー	圧電素子
シリアルポート	RS-232C
シールド	Arduino 準拠
電源	+5V 4A

\*1 群馬職業能力開発促進センター

〒370-1213 群馬県高崎市山名町 918

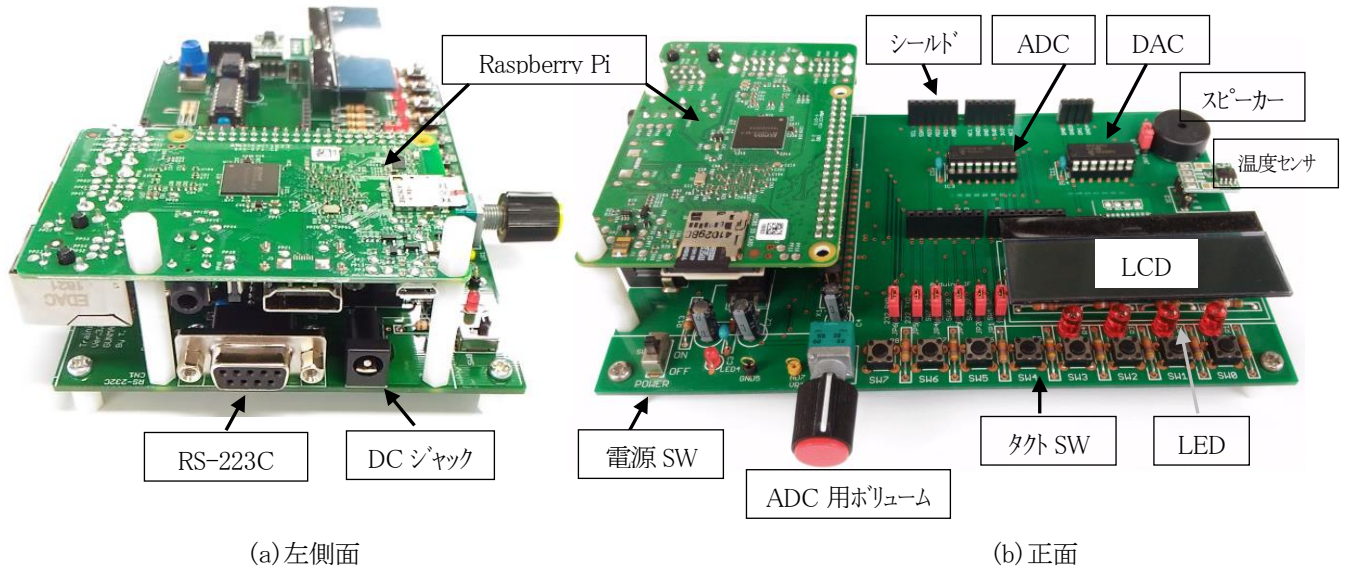


図 1 RasPi 学習ボードの外観

## 2. RasPi 学習ボードの特長

表 1 に RasPi 学習ボードの仕様を示す。また、図 1 に外観を示し、本学習ボードの特長を述べる。

### 2.1 現場のニーズを考慮した設計

RasPi 学習ボードは、離職者訓練と在職者訓練における組み込み教育に必要な技術的な内容、使い易さ、保守性、経済性などの現場のニーズを考慮して設計した。本学習ボードでは、一般的な組み込み教育に求められるパラレル I/O 制御、外部割り込み処理、AD 変換処理、DA 変換処理、シリアル通信等の教育内容を網羅しているので、高校や大学等の教育機関においても本学習ボードの利用が可能と思われる。

### 2.2 初心者向けの回路図の表記

GPIO ポートを制御するプログラミングの場合、回路図の信号線を追いかけて作業することが多い。そのため、初心者に分かり易い回路図の表記に努めた。具体的な工夫としては、図中に LED、SW、AD 変換器、DA 変換器などの機能名を明記した。また、Raspberry Pi の GPIO ポートから各デバイスまでの信号線を目で追えるように、信号線を 1 本 1 本、独立した線で作図した。

### 2.3 SPI および I<sup>2</sup>C の周辺デバイスを実装

従来、マイコンと周辺デバイスとの通信はデータバスが使用されたが、少ない信号線で構成する SPI や I<sup>2</sup>C のシリアルバスが基板内の近距離通信に使われている。これらのバスを利用した周辺デバイス (AD 変換器、DA 変換器、LCD、温度センサ) を本学習ボードに実装し、デバイスとプログラミングの方法について学習することができる。

### 2.4 シールドによる拡張ボードのライブラリ化

RasPi 学習ボードでは Raspberry Pi の GPIO ポートのインタフェースのレイアウトを Arduino のシールド (拡張ボード) に準拠させた。表 1 に示した以外に必要な電子回路をシールドで製作することができる。これにより、各種シールドでライブラリとして管理することができる。

### 2.5 部品交換が容易

RasPi 学習ボードに使用する IC 等をピンソケットでプリント基板に実装した。使用者が誤って破損させて場合、容易に部品を交換できる。また、部品も安価で、入手性の良いものを選定した。

## 3. システム構成

RasPi 学習ボードを図 2 に示す。vnc を利用すれば、ノートパソコンから遠隔操作が可能であり、その場合、ディスプレイ、キーボード、マウスは不要となる。開発環境には Geany を採用した。Geany はフリーソフトで、コード中の関数を強調して表示したり、コードの折り畳みなどの機能がある。開発言語は C 言語を採用し、コンパイラは gcc、デバッカーには GDB を使用している。

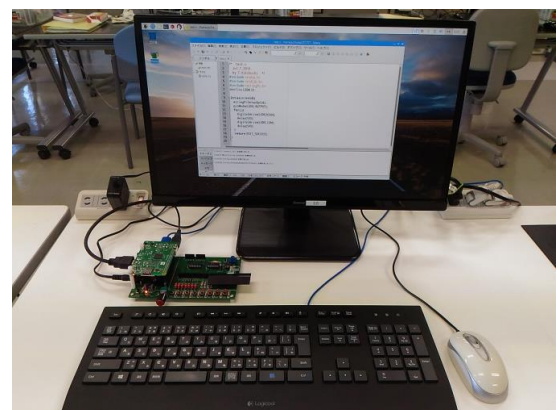


図 2 セットアップした RasPi 学習ボード

#### 4. シールドの特徴

Raspberry Pi を利用した様々な実験回路[5]についてプリント基板加工機で図 3 から図 7 のシールドを製作した。各シールドの概要を述べる。

- 1) 三色 LED シールド (図 3)  
3 個の可変抵抗器の値を AD 変換器で取得して、三色 LED の RGB を調光の制御について学習できる。
- 2) センサ・シールド (図 4)  
CdS 照度センサ、3 軸加速度センサ、気圧センサ、LCD で、データの取得や表示について学習できる。
- 3) モータ・シールド (図 5)  
模型用の角度制御サーボモータと直流モータの駆動方法について学習できる。
- 4) カメラ雲台制御シールド (図 6)  
雲台のパン(水平・左右)とチルト(垂直・上下)の制御に 2 個の角度制御サーボモータを内蔵している。2 個の可変抵抗器の値を AD 変換器で取得して、プログラムで雲台の制御方法について学習できる。
- 5) ツインモータ駆動回路シールド (図 7)  
自走ロボットのモータ駆動回路のシールドである。2 個モータで左右のタイヤを独立して、前進、後進、右回転、左回転等の制御方法について学習することができる。図 8 に示す自走ロボットを製作する前に、動作の理解を深めたり、プログラムの検証ができる。

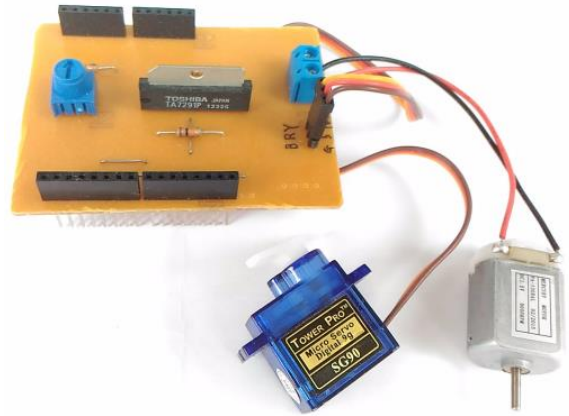


図 5 モータ・シールド

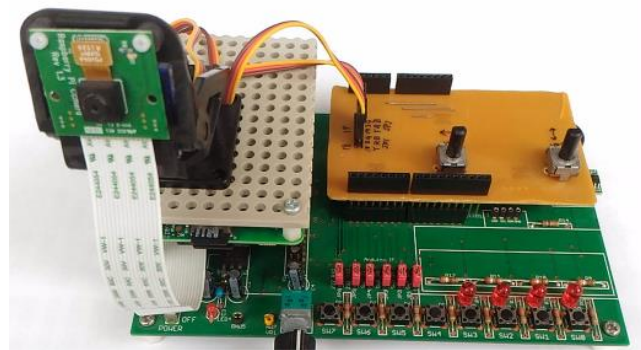


図 6 カメラ雲台制御シールド

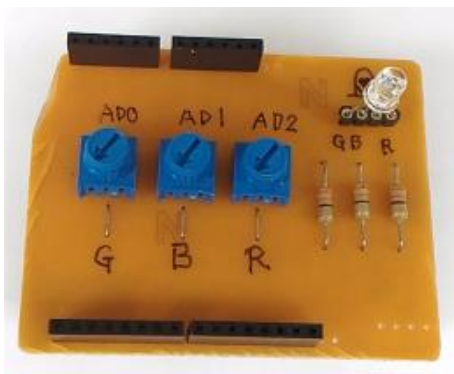


図 3 三色 LED シールド

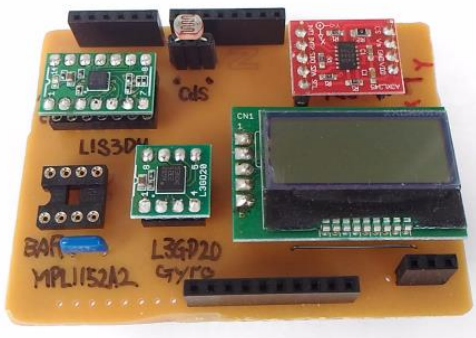


図 4 センサ・シールド

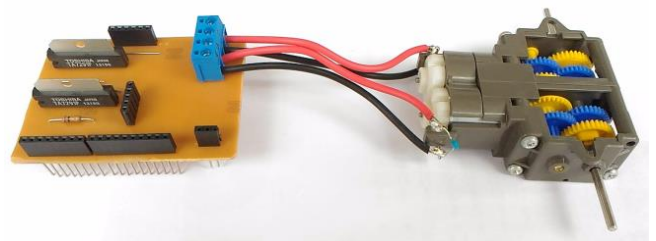


図 7 ツインモータ駆動シールド

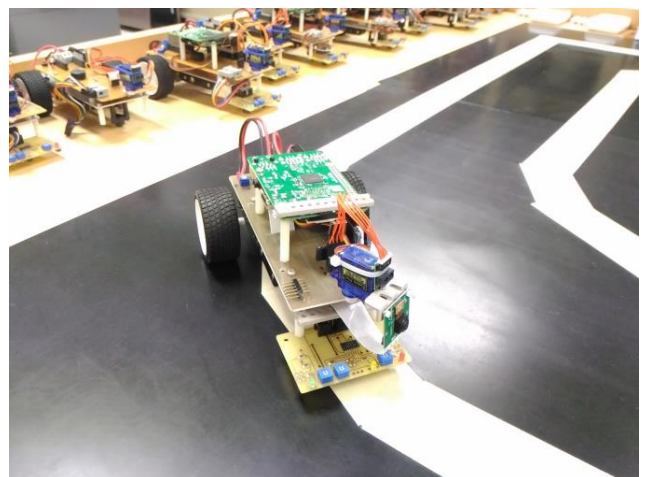


図 8 Raspberry Pi で制御する自走ロボット



### 3. アンケートの結果

2015 年度から 2017 年度の間、離職者訓練において 9 日間の訓練を 3 回 (計 17 名) と 2 日間の能力開発セミナーを 4 回 (計 32 名)、RasPi 学習ボードを利用した教育を実施した。アンケート調査で得られた結果を述べる。

#### 3.1 離職者訓練受講者のアンケート結果

17 名の受講者へフォローアップ調査アンケート用紙を使用して、以下のコメントを得た。

- Raspberry Pi は面白いツールだと知ることが出来た。
- プログラム開発環境 Geany は大変使い易い。
- LCD、AD、I<sup>2</sup>C、SPI などの周辺デバイスの制御プログラムは良かった。もっといろいろな物を動かしたい。
- 開発言語の詳しいテキストがあれば良いと思った。

#### 3.2 能力開発セミナー受講者のアンケート結果

セミナー受講者 32 名に能力開発セミナー用アンケート調査票を使用して回答を得た。

##### 1) 4 段階評価

図 9 に示す 4 項目の質問に対して、「大変良い」、「良い」、「悪い」、「大変悪い」の 4 段階で回答を得た。各質問項目も、「大変良い」と「良い」を合わせて 80% 以上になった。

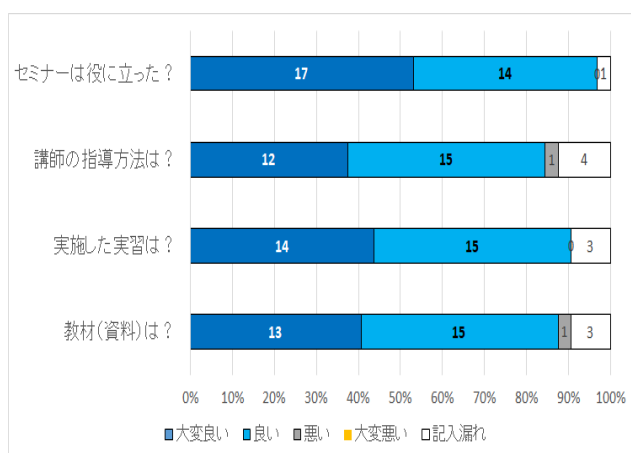


図 9 アンケートの結果

また、セミナーが役に立った理由 (複数回答) として、主に以下の回答があった。

- 新たな知識及び技能・技術が身についた。(28 人)
- 専門的な知識及び技能・技術が深まった。(15 人)
- 課題の解決につなげることができる。(9 人)
- 業務 (生産性や品質の維持・向上等) に役立てることができる。(9 人)

##### 2) 受講者のコメント

- ハードウェアに対する知見がなかったので、詳しく教えて頂き理解できた。
- 全く何も知らない状態から、色々出来るようになった。

- IoT において Raspberry Pi が使えることが分かった。
- 新しい技術を導入する糸口が見つかり、大変ありがたいと思います。
- 現在、PC で行っている業務にも Raspberry Pi で代用できそう。
- 自分ひとりでは限界があったので、やさしく教えていただき助かった。

### 4. まとめ

現場の教育ニーズを考慮した RasPi 学習ボードを開発し、離職者訓練と能力開発セミナーで計 49 名に使用した。受講者へのアンケート調査の結果と指導側の所見より、RasPi 学習ボードの成果と課題を以下にまとめる。

- 1) プリント基板により電子回路の動作が安定し、実習が円滑になった。
- 2) RasPi 学習ボード上の部品レイアウトやシルク文字を工夫して、タクト SW の操作性や LED の認識性などを向上させた。
- 3) 初心者に配慮した回路図の表記により、配線が分かり易い。その結果、受講者をコーディング作業に集中させることができた。
- 4) SPI と I<sup>2</sup>C のインタフェース回路と周辺デバイスを学習できる。
- 5) シールドは電子回路のライブラリ化に有効で、センサやモータ駆動回路などを製作した。
- 6) Raspberry Pi の組み込み授業は受講者に好評で、受講者から RasPi 学習ボードの製品化の要望があった。ポリテクセンターでは営利活動はできないので、第三者による RasPi 学習ボードの商品化が望まれる。また、他のポリテクセンターや高等専門学校から問い合わせがあり、本学習ボードの情報提供を行った。
- 7) 初回の授業ではプログラミング言語に Python を利用したが、受講者の要望により使い慣れた C 言語に切り替えた。

#### 参考文献

- [1] Putting the power of digital making into the hands of people all over the world, Raspberry Pi foundation, <https://www.raspberrypi.org/files/about/RaspberryPiFoundationStrategy2016-18.pdf> (2018年1月)
- [2] 産業用にも広がるRaspberry Pi、開発者Eben Upton氏 来日インタビュー, IoTNEWS, <https://iotnews.jp/archives/45280> (2018年1月)
- [3] 重要度が高まる高信頼性製品、一般品との違いをひも解く, 日本テキサス・インスツルメンツ, [http://www.tij.co.jp/lstds/ti\\_ja/general/maruwakari/high\\_reliability\\_01.page](http://www.tij.co.jp/lstds/ti_ja/general/maruwakari/high_reliability_01.page) (2018年1月)
- [4] 超スマート社会の姿と超スマート社会に向けた取組について, 内閣府, <http://www8.cao.go.jp/cstp/tyousakai/kiban/3kai/siryu1.pdf> (2018年1月)
- [5] 金丸 隆志, "Raspberry Piで学ぶ電子工作 超小型コンピュータで電子回路を制御する (ブルーボックス)," 講談社, (Nov. 2014)