● 8.6 Pi-HAT形式とArduino用サーボドライバーの使用法

270ページの表8-1で紹介したようにAdafruit製のPCA9685搭載サーボドライバーには3種類あります。ここまではブレッドボード用のものを用いて解説を行ってきました。ここからは残りのPi-HAT形式とArduino用のものの使用法を簡単に紹介しましょう。

8.6.1 Pi-HAT形式のサーボドライバー

Pi-HAT形式のサーボドライバーは図8-18のようなものです。Raspberry Piにかぶせるようにして使います。そのままではRaspberry PiのGPIOポートをふさいで使用できなくなってしまいますので、別途ピンヘッダを購入し(秋月電子通商の通販コードC-00167など)、図のようにGPIO、5.0V、3.3V、GNDの部分に取り付けて用います。また、スペーサーと呼ばれる部品を別途購入し(秋月電子通商の通販コードP-01864など)取り付ける必要もあります。

このように、Pi-HAT形式のサーボドライバーは追加で購入しなければならないパーツがあり、さらにはんだ付けが必要な箇所が多い、カメラモジュールの取り付けが面倒になるなどの問題があるため、やや上級者向きと言えます。一方で、回路によってはブレッドボードが不要になるのはメリットです。

 (A)



2ヵ所の穴にスペーサーを取り付ける

- 表からピンをさし裏ではんだ付け(88ヵ所)
- ◎ 裏からピンをさし表ではんだ付け(40ヵ所)

図 8-18 PCA9685 搭載サーボドライバー (Pi-HAT 形式)

い精密ドライバが必要になるかもしれません。図8-4と比べる とブレッドボードが不要なことがわかります。

さらに、Pi-HAT形式のサーボドライバーをLCDやタクトスイッチと同時に用いる場合(309ページの図8-13に相当)、回路図は扁4ページの図8-20のようになります。この場合はブレッドボードが必要になります。

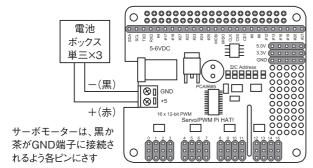


図8-19 サーボモーターを0度に合わせるための回路(Pi-HAT形式)

8.6.2 Arduino用のサーボドライバー

Arduino用のサーボドライバーは圖5ページの図8-21のようになります。Raspberry Pi用にArduino用サーボドライバーをあえて選んで購入する必要はありませんが、この製品をすでにお持ちだという方はこれをそのまま利用することもできます。

サーボモーターを0度にあわせるための回路図は扁6ページの図8-22です。Raspberry Piの3.3V ピンをサーボドライバーの5Vのピンに接続していますが、これは間違いではありません。このサーボドライバーをArduinoで用いる場合は、この5Vの部分がサーボドライバーの電源となるのですが、ここではこのサーボドライバーを3.3Vで動かすために3.3V ピンに接続しているのです。

Arduino用サーボドライバーをLCDやタクトスイッチと同時に用いる場合の回路図は圖7ページの図8-23のようになります。

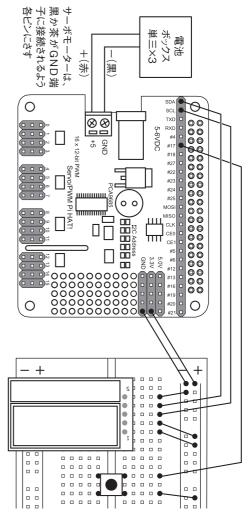
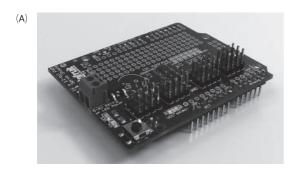
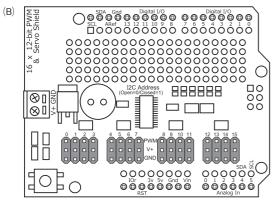


図 8-20 6 脚ロボット用回路に LCD とタクトスイッチを追加した回路 (Pi-HAT 形式)





- □ 表からピンをさし裏ではんだ付け(48ヵ所)
- ◎ 裏からピンをさし表ではんだ付け(32ヵ所)

図 8-21 PCA9685 搭載サーボドライバー (Arduino 用)

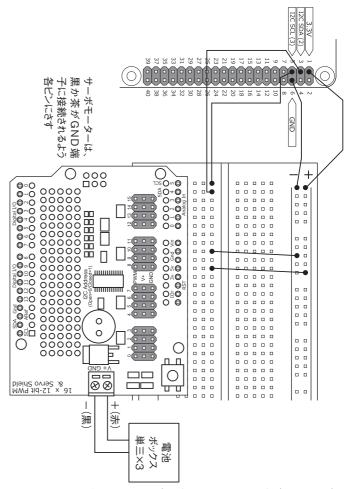


図 8-22 サーボモーターを 0 度に合わせるための回路(Arduino 用)

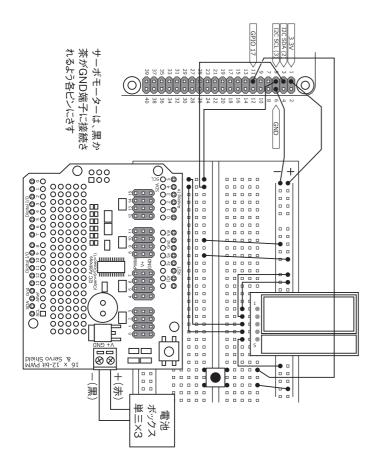
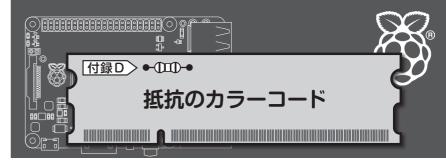


図 8-23 6 脚ロボット用回路に LCD とタクトスイッチを追加した回路 (Arduino 用)



抵抗には色つきの帯が描かれていますが、これは抵抗の大きさを表しています。ここではその読み方を紹介します。抵抗の帯の本数は4本のものや5本のものなどがありますが、多く見かけるのは4本のものです。これを図D-1のように、帯の間隔が広い方や端の帯が太いほうを右に置きます。なお、帯の太さや間隔がほぼ左右対称に見えることもありますが、入手しやすい抵抗では片方の端が金色のことが多いので、その場合は金色を右に置くようにします。そうすると、数値、乗数、誤差の意味を持つ帯が図のように配置されます。

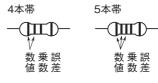


図 D-1 抵抗上の帯の意味

そして、それぞれの色の意味は次ページの表D-1の通りです。

表 D-1 抵抗の色の意味

色	数值	乗数	誤差
黒	0	1	_
茶	1	10 ¹	±1%
赤	2	10 ²	±2%
オレンジ	3	10 ³	±0.05%
黄	4	10 ⁴	_
緑	5	10 ⁵	±0.5%
青	6	10 ⁶	±0.25%
紫	7	10 ⁷	±0.1%
グレー	8	10 ⁸	_
白	9	10 ⁹	-
銀	-	10 ⁻²	±10%
金	_	10 ⁻¹	±5%
無色	_	_	±20%

本書でよく用いる 330Ω と $10k\Omega$ の抵抗の読み方を記しておきましょう。

330 Ω

オレンジ、オレンジ、茶、金

 \rightarrow 33×10¹Ω ±5% = 330Ω (誤差 ±5%)

• 10kΩ

茶、黒、オレンジ、金

→ $10 \times 10^{3} \Omega \pm 5\% = 10 \times 1000 \Omega \pm 5\% = 10 k \Omega$ (誤差 ±5%)

最後の計算では、 $1000\Omega = 1k\Omega$ という関係を用いています。



Raspbian にインストールしておくと便利なアプリケーションをいくつか紹介します。NOOBSのバージョンによってはデフォルトでインストールされているものもあるでしょう。

なお、このページのインストールコマンドを実行する前に、 必ず下記のコマンドをターミナルソフトウェアLXTerminal上 で実行し、インストール可能なパッケージのリストを更新して おいてください。

sudo apt-get update

●日本語入力

ターミナルソフトウェアLXTerminal上で下記のコマンドを 実行すると、uimとuim-anthyと呼ばれるアプリケーション がインストールされ、日本語入力が行えます。ただし、sudo で起動したアプリケーションには日本語入力できませんのでご 注意ください。

sudo apt-get install uim uim-anthy

インストール後は一度Raspberry Piを再起動してください。[半角/全角] キーを押すか、「Shift+スペース」により日本語入力モードのオンオフを切り替えできます。

また、NOOBS 1.4.2以降でインストールしたRaspbianには、Googleが開発した日本語入力システム Mozc を下記のようにインストールすることもできます。

sudo apt-get install ibus-mozc

インストール後はRaspberry Piを再起動し、その後、画面上部パネル右側にある「US」と書かれた部分をマウスでクリックし「日本語 - Mozc」を選択してください。あとは[半角/全角]キーで日本語入力のオンオフを切り替えられます。

●日本語フォント

Raspbianではそのままでも日本語表示できますが、追加で 日本語フォントをインストールすることもできます。たとえ ば、下記のフォントがインストール可能です。

sudo apt-get install ttf-kochi-gothic

ttf-kochi-mincho fonts-takao fonts-vlgothic

fonts-ipafont xfonts-intl-japanese

xfonts-intl-japanese-big xfonts-kaname

上記のコマンドは本来1行のものを折り返して表示しており、複数のフォントをインストールしています。インストール 後はRaspberry Piを再起動すると、メニューなどで用いられるフォントが変化しています。

●chromiumブラウザ

Raspbianのデフォルトのブラウザはepiphanyですが、ブックマーク機能があまり充実していません。chromiumブラウザをインストールすると、PC上のGoogle Chromeと同じブックマークを利用できます。

sudo apt-get install chromium-browser

インストール後は、メニューから「インターネット」 \rightarrow 「Chromiumウェブ・ブラウザ」を選択することで起動できます。PCでGoogle Chromeを使っている方は、同じIDでログインすることで、Google Chromeと同じブックマークを利用できます。

ただし、NOOBS 1.4.2 に含まれる Raspbian では chromium ブラウザはインストールできませんでした。 バージョンが上がるにつれて復活する可能性がありますのでそれまで待つのがよいでしょう。

なお、YouTube閲覧はこのchromiumブラウザでは行えませんでしたが、epiphanyブラウザなら可能でした。また、epiphanyの方がグラフィックアクセラレーションが有効なため、画像の多いページの閲覧が快適です。

このように、chromiumとepiphanyの使い分けが必要な場面は他にもあるかもしれません。

●オフィススイートLibreOffice

Microsoft Office 互換のオフィススイートとして Open Office がありますが、そこから派生したのが Libre Office です。次の

コマンドでインストールします。

sudo apt-get install libreoffice

なお、LibreOffice はNOOBS 1.4.2に含まれる Raspbian からはデフォルトでインストールされています。

インストール後は、メニューから「オフィス」をたどると各種アプリを起動できます。Base(データベース)、Calc (表計算)、Draw (お絵描き)、Impress (プレゼンテーション)、Writer (ワープロ) があります。Microsoft Officeで作成されたファイルの読み書きもできますが、RaspbianにはWindowsやMac OS Xと同じフォントはインストールされていませんので、互換機能はおまけ程度に考えた方がよいかもしれません。

●画像編集ソフトgimp

Adobe Photoshopのように画像編集を行えるソフトウェアがgimpです。下記のコマンドでインストールします。

sudo apt-get install gimp

インストール後は、メニューから「グラフィックス」→「GIMP(GNU Image Manipulation Program)」を選択することで起動できます。

●お絵描きソフト inkscape

Adobe Illustratorのようにお絵描きを行えるソフトウェア

がinkscapeです。下記のコマンドでインストールします。

sudo apt-get install inkscape

インストール後は、メニューから「グラフィックス」→ 「Inkscape」を選択することで起動できます。

●画像閲覧のデフォルト

ファイルマネージャで画像ファイルをダブルクリックすると、Raspbianのバージョンにより、「NetSurf WebBrowser」か「イメージビューワ」のどちらかで開くことが多いと思います。イメージビューワの方が、「起動が高速」、「画面解像度に応じて画像が縮小表示される」という点でおすすめできますので、こちらをデフォルトにすることを推奨します。

方法は、「ファイルマネージャで画像ファイルを右クリック」→「アプリケーションで開く」→「選択したアプリケーションをこのファイルタイプのデフォルトアクションとする、にチェックした上で起動するアプリケーションを選択する」という流れになります。画像閲覧以外にもこの方法でデフォルトアプリケーションを選択できますので、覚えておくとよいでしょう。

筆者の場合、他にはPDF閲覧のデフォルトアプリケーションをgimpからPDF Viewer(xpdf)に変更しました。



6章および7章では、サーボモーターを2個搭載したカメラ 台を作成し、それをRaspberry Piから出力されるハードウェ アPWM信号2つで操作しました。

しかし、Raspberry Pi Model B+が登場する以前のRaspberry Pi Model BではハードウェアPWM信号を1つしか出力できず、上記の方法は使えません。代替の方法として、8章で用いたPCA9685搭載サーボドライバーでカメラ台を操作する方法を紹介します。もちろん、この方法はModel B+やRaspberry Pi 2でも利用可能です。

● F.1 ブレッドボード上の半固定抵抗で操作(6章の内容)

PCA9685搭載サーボドライバーは I^2 CでRaspberry Piと通信しますので、 I^2 Cを有効にし、必要なツールをインストールする必要があります。その方法が**4.1.3**にて解説されておりますので、あらかじめ実行しておいてください。

その後、扁17~扁18ページの図F-1の回路を作成してください。左右方向のサーボモーターをPCA9685搭載サーボドライバーの0番のピンに、上下方向のサーボモーターを1番のピンに接続します。サーボモーターの黒または茶のケーブルをGND側のピンに揃えて接続することにも注意してください。

以上の準備が整ったら、**2.4.2**に従って起動したidleでサンプ

ルファイルのbb2-06-04-pantilt-pca9685.pyを開き、実行しましょう。 2つの半固定抵抗でカメラ台の向きを変更できます。 なお、Raspberry Piに接続されているディスプレイに映像を表示するには、**6.4**および**6.5.2**の解説をご覧ください。

● F.2 ブラウザで操作(6章の内容)

また、ブラウザでカメラ台を操作する方法も解説します。 まず、WebIOPiというソフトウェアを**付録B**に従ってインストールしてください。その後、**8.4.1**に従い、 I^2 CをPython3から利用できるようにしてください。

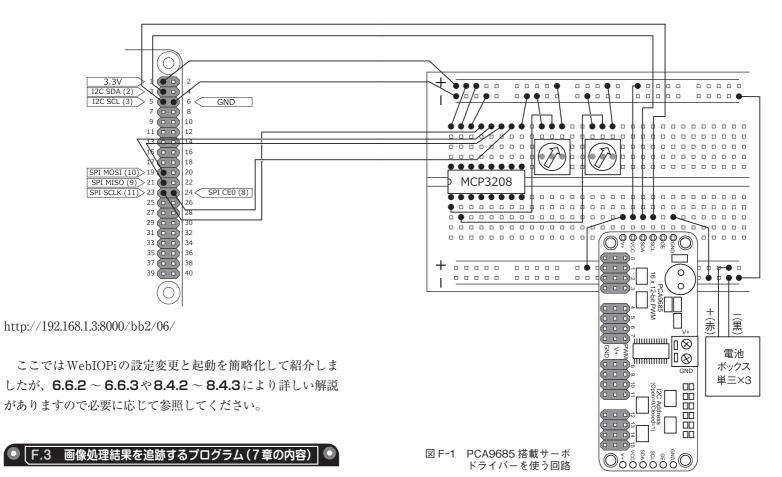
その後、279ページの図8-4の回路を作成します。先ほどの例と同様、左右方向のサーボモーターをPCA9685搭載サーボドライバーの0番のピンに、上下方向のサーボモーターを1番のピンに接続します。サーボモーターの黒または茶のケーブルをGND側のピンに揃えることにも注意してください。

次に、**6.6.1**の解説に従ってカメラからの映像をmjpg-streamerというソフトウェアで配信してください。

そして、WebIOPiの設定ファイル/etc/webiopi/configを管理者権限のleafpadで編集し、myscriptの記述を下記のようにします。

myscript = /usr/share/webiopi/htdocs/bb2/06/script.py

その後、WebIOPiを起動し、ブラウザで次のアドレスにアクセスすると、映像を見ながらカメラ台を操作できる画面となります。



7章では画像内で見つけた円や顔を追跡しました。それらを PCA9685搭載サーボドライバーで実現するプログラムをここ で紹介します。

必要な回路は279ページの図8-4と同じものです。左右方向

のサーボモーターをPCA9685 搭載サーボドライバーの 0番のピンに、上下方向のサーボモーターを 1番のピンに接続します。サーボモーターの黒または茶のケーブルを GND 側のピン

に揃えることにも注意してください。 円を追跡するプログラムを実行するには、コンソールで

sudo python bb2-07-08-tracking-circle-pca9685.py

を実行してください。NOOBS 1.4.2以降を用いている方は先頭の「sudo」は不要です。サンプルファイルがbluebacksディレクトリにある方は、上記のコマンドを実行する前に「cd bluebacks」を実行し、bluebacksディレクトリに入ってください。

なお、このプログラムが「Window system doesn't support OpenGL.」というエラーにより終了してしまう場合、代替のプログラムである「bb2-07-17-tracking-circle-pca9685.py」を実行するようにしてください。

同様に、顔を追跡するプログラムを実行するには、コンソー ルで

sudo python bb2-07-09-tracking-face-pca9685.py

を実行してください。やはり NOOBS 1.4.2以降を用いている 方は先頭の「sudo」は不要です。

なお、先ほどと同様、このプログラムが「Window system doesn't support OpenGL.」というエラーにより終了してしまう場合、代替のプログラムである「bb2-07-18-tracking-face-pca9685.py」を実行するようにしてください。

どちらのプログラムも、詳細を知るには**7.3.1** をご覧ください。



G.1 raspi-configを用いた設定

G.1.1 設定の開始

NOOBS 1.4.1 またはそれ以前のバージョンでインストールが終了するとRaspberry Piが再起動され、図G-1のような設定画面が現れます。ここでは主にパスワードや日本語化の設定などを行います。

なお、Raspberry PiとmicroSDカードとの相性が悪いと図 G-1の画面までたどり着かずに、起動の途中で止まってしまうことがあります。その場合、別のmicroSDカードにインストールし直すと起動が成功することがありますので試してみてください。

G.1.2 設定画面の操作方法

まずは設定画面の操作方法について解説します。この画面で



図 G-1 設定画面



はマウスは使えませんのでキーボードのみで操作を行います。 用いるキーは下記の通りです

- ●上下の矢印キー(「↑]と「↓]):選択する項目を移動します
- [TAB] キー:項目、Select、Finish 間を移動します
- ●スペースキー:チェックボックスのチェック状態([*])と解除状態([])の変更を行います
- ●[Enter] キー:カーソル位置の項目を決定します

それでは、図G-2を参考に操作を練習してみましょう。設定 画面中央には1から9の設定項目があり、1番目の項目が赤く 選択されています。ここで上下の矢印キーを押すことで、選択 される項目が変化します。ここで [TAB] キーを2回押すと、選択項目が「<Select>」、「<Finish>」と順に変化し、さらに [TAB] キーをもう一度押すことで元に戻ります。これが 操作の基本です。それでは必要な設定を行っていきましょう。

G.1.3 パスワードの変更

本書で用いるRaspbianにはユーザー名とパスワードという

概念があり、Raspberry Piを起動するたびに毎回入力する必要があります。このユーザー名とパスワードはデフォルトでは下記のようになっています。

ユーザー名: pi

パスワード: raspberry

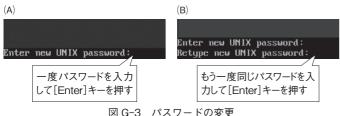
このうち、パスワードを自分の好みのものに変更することが できます。変更不要だという方は次の項目に進んで構いませ ん。

変更する場合、まずは新たなパスワードを決めましょう。なお、この時点では、キーボードの設定が済んでいないため、記号を多用するパスワードではキーボードの設定を済ませた後に認識されなくなってしまう可能性があります。そのため、ここでは半角の数字とアルファベット $(0 \sim 9, a \sim z, A \sim Z)$ からなるパスワードに決めるのが無難です。

新しいパスワードを決めたら、下記の操作を行います。

- ●矢印キーで「2 Change User Password」を赤く選択させて [Enter] キーを押します
- ●「You will now be asked to enter a new password for the pi user (今からユーザーpiの新しいパスワードの入力を促されます)」という意味の画面が現れるので、そのまま [Enter] キーを押します

すると、次ページの図G-3(A)のように画面の左下で新しいパスワードを入力するよう求められますので、慎重に入力し



ます。この際、入力した文字そのものや、それを隠す「* | の ような文字は現れませんが、入力は受け付けられていますので 安心してください。入力が済んだら [Enter] キーを押しま す。すると、図G-3 (B) のようにもう一度同じパスワードの 入力を求められますので、入力して「Enter」キーを押しま す。無事2回同じパスワードを入力できたら「Password changed successfully (パスワードが変更されました) | とい う画面が現れますので [Enter] キーを押すと、嗣20ページの 図G-1の設定画面に戻ります。1回目と2回目のパスワードが 異なる場合、「There was an error (略)」というエラー画面 が現れ、図G-1に戻ってしまいますので成功するまで繰り返し てください。

G.1.4 言語の変更

ここでは使用する言語を日本語に変更します。ただし、日本 語表示されるのはこの設定画面ではなく、設定が完了してから 起動するデスクトップ環境ですので注意してください。図G-1 からの設定の流れを記すと下記のようになります。

● [4 Internationalisation Options | を選択して [Enter] キー

を押します

- ●「I1 Change Locale」を選択して [Enter] キーを押します (少し時間がかかります)
- ●言語選択画面になりますので、「↓」キーを押してスクロー ルし、「ja_JP.UTF-8 UTF-8」にカーソルを合わせ、スペ ースキーを押します。すると[*]とチェックが入ります
- ●「TAB」キーを押し、「<Ok> にカーソルを合わせ、 [Enter] キーを押します
- ●デフォルトの言語を聞かれますので、[↓] キーでia JP.UTF-8を赤く選択し、[Enter] キーを押します(少し時 間がかかります)

以上の設定が済むと、図G-1に戻ります。

G.1.5 タイムゾーンの変更

ここではタイムゾーンを東京(標準時から+9時間)に設定 します。なお、Raspberry Piには時計を動かすための電池が ついておらず、ネットワークに接続しない限りは電源を切るた びに時計がずれますので、ネットワークにつなぐまでは Raspberry Piが示す時刻を信頼しない方がよいでしょう。

タイムゾーンの設定は下記のように行います。

- [4 Internationalisation Options] を選択して [Enter] キー を押します
- [I2 Change Timezone] を選択して [Enter] キーを押しま す(少し時間がかかります)
- ●地域の選択画面になりますので、「↑」キーを押して

「Asia」を選択して「Enter」キーを押します

●都市の選択画面になりますので[↓] キーを押して 「Tokyo」を選択して [Enter] キーを押します (少し時間 がかかります)

G.1.6 キーボードレイアウトの変更

デフォルトの状態ではRaspbianのキーボードとして英語キーボードが設定されていますので、これを日本語109キーボードに変更しましょう。以下のように設定します。

- 「4 Internationalisation Options」を選択して [Enter] キーを押します
- 「I3 Change Keyboard Layout」を選択して [Enter] キー を押します (少し時間がかかります)
- ●キーボードモデルの選択画面になりますので、「Generic 105-key (Intl) PC」にカーソルを合わせ [Enter] キーを押します
- ●レイアウトの選択画面になりますので[↓]キーを押して 「Other | にカーソルを合わせ「Enter]キーを押します
- ●言語選択の画面になりますので、[↓] キーを押して 「Japanese」を選択して [Enter] キーを押します
- ●レイアウトの選択画面になりますので [↑] キーを押して 「Japanese - Japanese (OADG 109A)」を選択して [Enter] キーを押します

- AltGrキーについての質問には「The default for the keyboard layout」を選択して [Enter] キーを押します
- Compose キーについての質問には「No compose key」を 選択して「Enter」キーを押します
- Control+Alt+Backspace キーについての質問には「Yes」 を選択して「Enter」キーを押します

以上の設定を行うと、しばらく後に

記20ページの図G-1に

り設定が完了します。

G.1.7 設定終了後の再起動

以上の設定が終わったら、[TAB] キーで「<Finish>」を 選択して [Enter] キーを押しますと、次ページの図G-4 (A) の状態になります。この末尾の

pi@raspberrypi ~ \$

という行に着目しましょう。これはコマンドプロンプトと呼ばれているもので、ユーザーが命令(コマンド)を入力するのを待っている状態です。これまで行ってきた設定を反映させるため、まずはここで再起動をしましょう。そのためには、図G-4(B)のように、コマンドプロンプトに

sudo reboot

と記述して [Enter] キーを押します。するとRaspbianの再起動が始まります。

(A)

Linux raspberrypi 3.18.11-v7+ #781 SMP PREEMPT Tue Apr 21 18:07:59 BST 2015 a The programs included with the Debian GNU/Linux system are free software: the exact distribution terms for each program are described in the individual files in /usr/share/doc/*/copyright. Debian GNU/Linux comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY, to the extent permitted by applicable law. pi@raspberrypi^~

Debian GNU/Linux comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY, to the extent permitted by applicable law. pi@raspberrypi ~ \$ sudo reboot < 「sudo reboot と入力

図 G-4 設定終了後の画面

して[Enter]キーを押す

G.2 ログインから Raspberry Piのシャットダウンま



G.2.1 ログイン

さて、ここからRaspberry Piに電源を投入してから利用 し、最後に電源を切るまでの流れを見ていきましょう。 Raspberry Piに電源を入れた後の状態、または**G.1.7**で行っ たようにRaspberry Piを再起動したとき画面の下部は図G-5 (A) のようになっています。この黒い画面のことをコンソー ルと呼びます。コンソール上に

raspberrypi login:

というログインプロンプトと呼ばれるものが表示されています が、ここではユーザー名を入力してRaspbianにログインする ことが求められています。ここでユーザー名とパスワード(デ フォルトではユーザー名: pi、パスワード: raspberry。 G.1.3

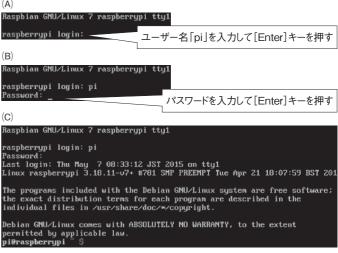


図 G-5 再起動後の画面

で変更した場合はそちらを用いる)を入力します。

正しく入力が終わると図G-5(C)のようになり、ログイン が完了します。**G.1.7**で紹介したコマンドプロンプトが現れ ていることがわかります。

この状態から、マウスなどで操作できるグラフィカルな環境 (X Window SystemあるいはXと呼びます)を起動してみま しょう。

G.2.2 グラフィカルな環境であるXの起動

図G-5(C)のコマンドプロンプトにて

startx

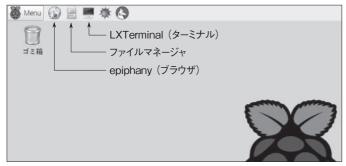


図 G-6 デスクトップ環境

と入力して [Enter] キーを押しましょう。図G-6のようなデスクトップ環境が起動します。本書ではこの環境を用いて電子工作に対するプログラミングを学んでいきます。なお、図に示されているアイコンをクリックすると起動する epiphany (ブラウザ)、ファイルマネージャ、LXTerminal (ターミナル)は本書で用いますので、覚えておきましょう。さらに、左上の「Menu」を「アクセサリ」→「Text Editor」とたどることで起動するテキストエディタ leafpad もしばしば用います。

G.2.3 Raspberry Piのシャットダウンまで

Xによるグラフィカルな環境を見たところで、Raspberry Pi の電源を切る方法を学びましょう。

左上の「Menu」から「Shutdown」を選択すると図G-7のような画面が現れますので、Shutdownにチェックが入った状態のままOKします。すると、Raspberry Piのシャットダウンが始まります。このとき、今後のためにRaspberry PiのLEDの状態を観察しておきましょう。25ページの図1-9で示



図 G-7 シャットダウン画面

したLEDのうちmicroSDカードへのアクセスを示す「ACT」がしばらく点灯します。ディスプレイの表示が消え、この「ACT」というLEDの点滅が終わればシャットダウンは終了しています。この状態でRaspberry Piから電源を取り外しましょう。

なお、図G-7の画面で「Logout」にチェックをしてOKを押すとXだけが終了し、扁28ページの図G-5 (C) のようなコンソール画面に戻ります。この状態からRaspberry Piの電源を切るには、コマンドプロンプトで

sudo poweroff

と入力してください。シャットダウンが始まります。以上、X からのシャットダウンとコンソールからのシャットダウンの両方を学びました。いずれかお好みの方を用いて構いませんが、X を起動せずに Raspberry Pi を用いる場合は後者の方法を用いる必要がありますので注意してください。

参考としたサイトのURL*

<1章>

周辺機器の条件などは下記を参考にしました。

[Raspberry Pi FAQs]

https://www.raspberrypi.org/help/faqs/

<2章>

GPIOに流すことの電流などは下記を参考にしました。

[GPIO Electrical Specifications]

http://www.mosaic-industries.com/embedded-systems/microcontroller-projects/raspberry-pi/gpio-pin-electrical-specifications

[3.3V. GPIO and GND max current]

https://www.raspberrypi.org/forums/viewtopic.php?t=90390&p=634795

[Power Supply]

https://learn.adafruit.com/introducing-the-raspberry-pi-model-b-plus-plus-differences-vs-model-b/power-supply

GPIO に Python からアクセスするためのモジュールについて は、下記を参考にしました。

[raspberry-gpio-python]

http://sourceforge.net/p/raspberry-gpio-python/wiki/Examples/

= 31 *URLは年2015年11月時点のものです。

<3章>

シフトレジスタの使い方については、下記の秋月電子通商のサイトからダウンロードできる仕様書を参考にしました。

「8ビットシフトレジスタ SN74HC595N」

http://akizukidenshi.com/catalog/g/gI-08605/

<4章>

JSON を処理するためのライブラリ Requests の公式サイトは下記です。

「Requests: 人間のためのHTTP」

http://requests-docs-ja.readthedocs.org/en/latest/

<6章>

ハードウェアPWM信号を用いる方法は以下を参考にしました。 「WiringPi (Functions (API))」

https://projects.drogon.net/raspberry-pi/wiringpi/functions/

また、その周波数決定方法は下記を参考にしました。

「Control Hardware PWM frequency」

http://raspberrypi.stackexchange.com/questions/4906/control-hardware-pwm-frequency

ADコンバータを使う方法は下記を参考にしました。

[Analog Inputs for Raspberry Pi Using the MCP3008] https://learn.adafruit.com/reading-a-analog-in-and-controlling-audio-volume-with-the-raspberry-pi/overview

<7章>

Raspberry PiのカメラモジュールとOpenCVを組み合わせる 方法は下記を参考にしました。

[Getting image data from raspberry pi camera module in OpenCV with Python

http://raspberrypi.stackexchange.com/questions/24262/ getting-image-data-from-raspberry-pi-camera-module-inopency-with-python

<8章>

PCA9685搭載サーボドライバーの利用法は、Arduino用のラ イブラリを参考にしました。

[Adafruit 16-channel PWM/Servo Shield |

https://learn.adafruit.com/adafruit-16-channel-pwm-slashservo-shield