

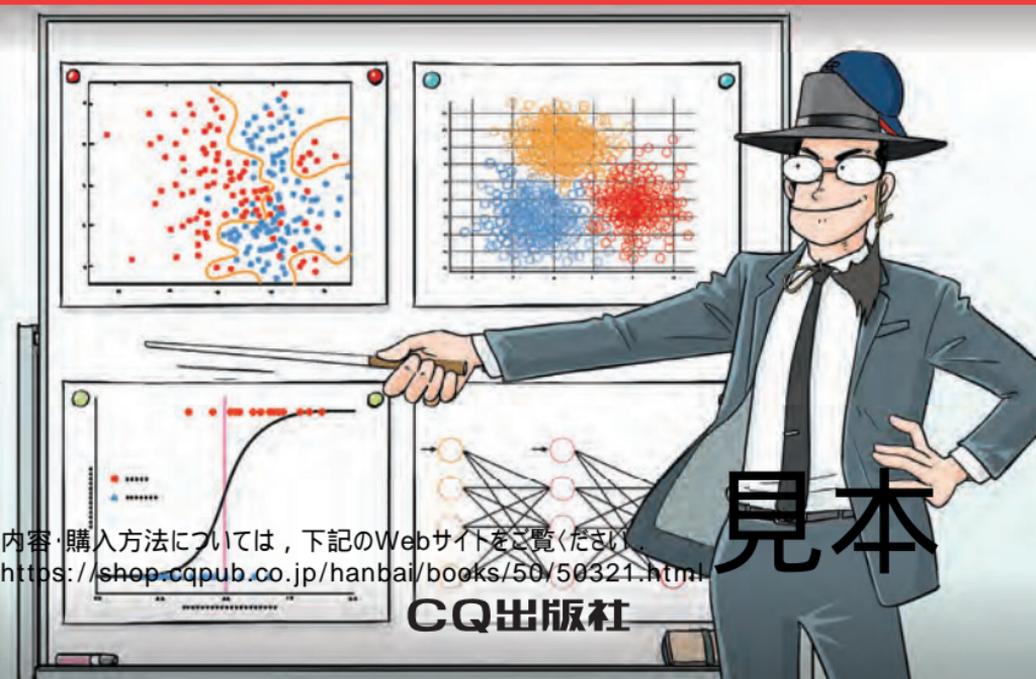


CQ BUNKO  
SERIES

郵便物仕分けマシンを作りながら

# ラズパイとカメラで 自習 機械学習

佐藤 聖 著  
Sei Sato



内容・購入方法については、下記のWebサイトをご覧ください。  
<https://shop.cqpub.co.jp/hanbai/books/50/50321.html>

CQ出版社

見本

## 準備は最小限で

### ステップ 1



道具はラズベリー・パイ3モデルBやPCでOK

### ステップ 2



筆者提供の人工知能用Python電子ノート・プログラムを入手

### ステップ 3



ラズベリー・パイ3モデルBの場合はmicroSDカードに書く

### ステップ 4



ブラウザを立ち上げたら

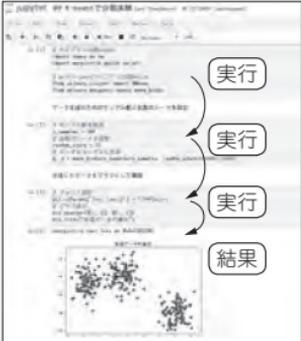


動かしながら学べる人工知能電子ノート準備OK

# 見本

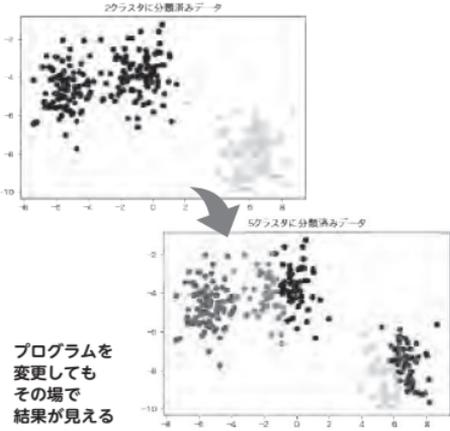
# 習うより慣れるで

## 見える化 1



1ブロックごと実行  
その場で結果が見える

## 見える化 2



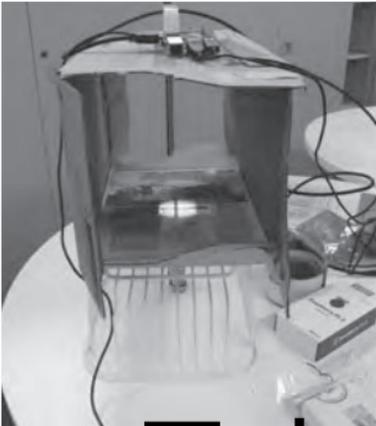
プログラムを  
変更しても  
その場で  
結果が見える

## 人工知能ビギナのために 1



知っておくと  
役立ちそうな方式をプロが厳選!!

## 人工知能ビギナのために 2



My人工知能を作る 総論編

# 見本

## 社会人のスタート・ダッシュ



## 動かすAIアルゴリズムと プログラムを確認する

第3部、第4部では筆者おすすめのAIアルゴリズムをPython電子ノートJupyter Notebookで動かしながら理解していきます。ここで必要なものを写真1に示します。PCでも試せますが、ここでは応用することも考えて、ラズベリー・パイをベースに説明していきます。



写真1 たったこれだけで人工知能教室が始められる

# 見本

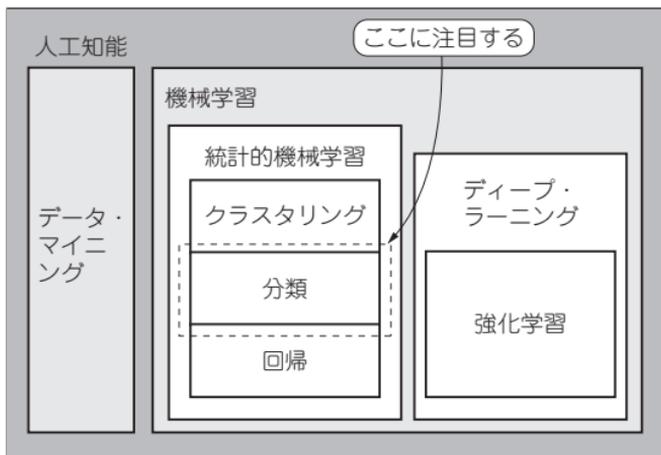


図1 本書で解説する機械学習の位置づけ

## ■ ここで動かすおすすめアルゴリズム

本書は人工知能，機械学習，ディープ・ラーニングを，図1のように位置づけて解説しています。人工知能の中でも特に，マイコンやラズベリー・パイだけでも実用的に利用できる統計的機械学習について解説します。

### ● K-means (第3部第2章)

K平均法とも呼ばれます。人工知能のアルゴリズムでは古株で、始める人のコモンセンスと言えます。マイコンを使う際の「初めてのサンプル=Lチカ」に相当すると言っても過言ではありません。第2章はscikit-learn developersが提供しているサンプルを利用して、ランダムに生成したデータを、値が近い者同士で幾つかのグループに分割してみます。

### ● 多層パーセプトロン (第3部第3章)

ディープ・ラーニングの原型ともなったアルゴリズムです。ここでは「広告チラシ，新聞，フリーペーパー画像から生成した特徴

見本

量データ」を使って、データの分類実験をします。この特徴量データを作る過程を第4部で体験します。第3部ではまず、複数の人工知能アルゴリズムを動かして合点していただくことを優先しています。

### ● ロジスティック回帰(第3部第4章)

発生確率を予測できます。買う/買わない、うまくいく/いかないなどの判断に最適です。ここでは、前項と同じ学習用データを使います。「広告チラシ」と「その他」への2値分類を体験します。

### ● サポート・ベクタ・マシン(第4部)

画像認識/音声認識/自然言語処理などに利用できます。これらはディープ・ラーニングが得意とするところですが、ディープ・ラーニングほど計算が複雑でないのが利点です。

第3部第3章、第4章と同じく筆者が生成した学習用データを使います。学習時の演算量が少ない割にデータの識別精度が高くなるアルゴリズムなので、第3部第3章、第4章のアルゴリズムと比べて、識別率がどうなるのか試してみてください。

## ■ 用意したAIプログラム

### ● 複数の体験サンプルがあります

筆者のウェブ・ページに体験サンプルを用意しました。体験サンプルには主に、

- 1, いきなり機械学習を試せる「体験サンプルC」
- 2, 学習用データづくりから試せる「体験サンプルA」(第4部で体験)

を用意しました(表1)。いずれも、ステップ・バイ・ステップでプログラムを実行できるJupyter Notebookの「ipythonブレイク」でプログラムを実行できます。

# 見本

表1 ハードウェアがなくてもラズパイだけあれば体験できるように複数の体験コースをそろえました

第4部

体験	工程	装置 有無	データ 収集	事前 処理	機械学習	
					学習	予測
実機を使って人工知能の一連の処理を体験		有	体験サンプルA			
		有 (簡易版)	体験サンプルD			
		無	-	体験サンプルB		
サンプル・プログラムによる機械学習体験		無	-	-	体験サンプルC	

第3部。なお、第3部では筆者が学習用データを提供するが、これは第4部の体験サンプルAで作ったもの

図2に体験サンプルを利用するまでの流れを示します。筆者ウェブ・ページにはRaspbianイメージ・ファイルがあり、microSDカードにイメージを書き込んでラズベリー・パイ3モデルBで起動すると、Jupyter Notebookサーバが起動します。ラズベリー・パイやPCのウェブ・ブラウザでログインすれば「体験サンプルA」、「体験サンプルB」、「体験サンプルC」、「体験サンプルD」のノートブックが利用できるようセットアップ済みです。

### ● 1, いきなり試したい人向け「体験サンプルC」

「体験サンプルC」は、プログラムの実行にセンサや電子回路などを使用しないので、ラズベリー・パイだけで体験できます。

Python用に用意された機械学習ライブラリscikit-learnを利用します。これは軽量の機械学習ライブラリなので、ラズパイで実行し、どのくらいの処理速度で学習(モデル構築)、予測が行えるかを体験できます。機械学習をチューニングするためのパラメータも説明するので、パラメータを変更して、どのような結果になるか確認しながら、機械学習のコモンセンスを磨くことができます。

# 見本

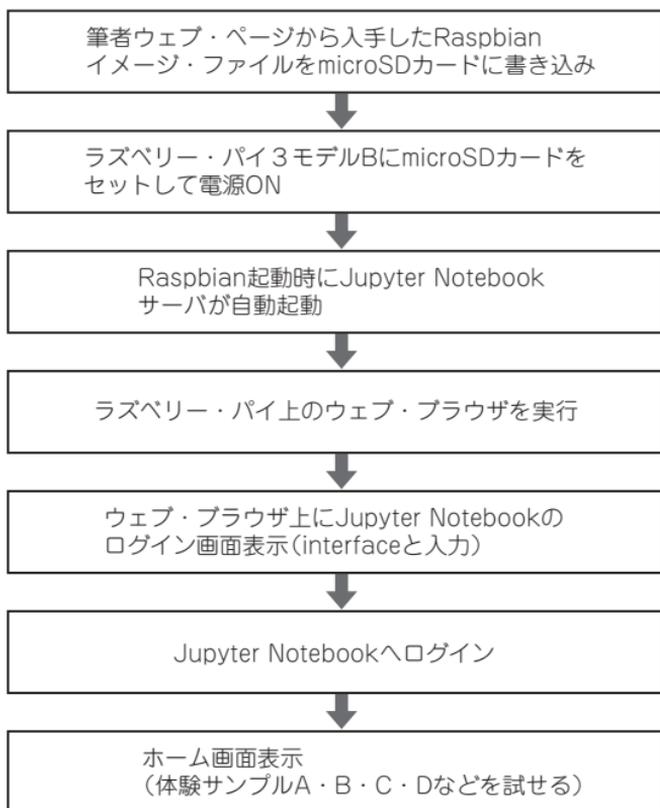


図2 体験サンプルを利用するまでの流れ

## ● 2, 学習用データづくりから試せる「体験サンプルA」

人工知能を使った装置が作れるように、ポストに投函された郵便物を仕分ける装置を作り、処理の流れを体験します。「体験サンプルA」では、ラズベリー・パイ、カメラ、照明を使って、広告チラシ、新聞、フリーペーパーの画像を撮影し、機械学習の学習用データを作るところから、新たに投入された郵便物が何であるのかを判定するところまでを体験できます。

### ▶ 2-1. 体験サンプルAの派生「体験サンプルD」

体験サンプルAを動かすには、この後第4部で説明する装置が必要ですが、同じ装置を用意するのが面倒な方もいます。

見本

## 軽くてシンプルでLチカ相当 「K-means」を動かす

ここからは、筆者おすすめのAIアルゴリズムを「習うより慣れろ」で動かしながら理解していきます。1人でもくもくと始められるように体験サンプルを用意しています(写真1)。

### ■ 軽くてシンプルK-meansの特徴

K-meansは機械学習アルゴリズムとしては、かなり目立たない存在です。しかし処理負荷が軽くてシンプルという良さがあります。Lチカに相当するような基本的なアルゴリズムなので紹介しておきます。処理性能に制約がある組み込み系コンピュータにも最適です。

一般的にはあえてK-meansを選択する意味はないように感じ



写真1 職場でも自宅でも1人でもくもくと始められるのが今回用意した体験サンプル

# 見本

られるかもしれません。数ある教師データなし分類アルゴリズムの中でも、特別に精度が高いわけではなく、初期値に依存するので使い方が難しいのも事実です。

クラスタリング・アルゴリズムでは、scikit-learnでも採用されている密度準拠クラスタリング(DBSCAN)の方が一般的に分類精度が良いとされています。また、無数の派生アルゴリズム(K-means++など)が改良版として開発されています。

K-meansは欠点はあるもののアルゴリズムが誰にでも理解しやすく、なぜそのような分類結果になったのかを説明しやすいです。マーケティング・リサーチなどで分類する目的であらかじめ分類数を決めてから利用するなら、応用範囲が広いアルゴリズムだと思います。

教師なしデータ(ラベル付けされていないデータ)でも分類できたり、分類数を指定してデータを分類できたりなど、他にはない特徴があります。例えばラベル付きのデータ・セットを作るときやデータの特徴がはっきりしていてディープ・ラーニングなどの複雑なアルゴリズムを用いなくても分類できるときに役立ちます。

## ● 用途

09 K-meansで分類実験.ipynbを開くとノートブックにサンプル・プログラムがあるので動かしてみましよう。実際に動かすと、人的作業なしで学習モデルを作成し、そのモデルに従って分類してくれます。残念ながらその様子は見えません。例えば人間が $(x_1, y_1)$ と $(x_2, y_2)$ の2つを通る直線を引いて分類するなどのルールをプログラムしなくても計算によって編み出してデータが分類されます。

一見するとこれだけかと思われるかもしれませんが、人間が分類すればいとも簡単なことです。数値データを見ると分かりませんが、グラフ化すれば大体幾つのクラスタ数に見られるかは一

見本

## 第4部

# My人工知能を作るステップを体験する

Appendix 1

## 第4部でやること

対象物を撮影し、予測結果をもとに対象物を自動的に仕分ける「AI判定マシン」を作りました(写真1, 詳細はこの後の第4部 Appenndix2で). AI判定マシンは, ラズベリー・パイ3モデルBやカメラ, センサ, モータなどを搭載しており, ここでは「AIポスト」として動かします. ポストに投函されるであろう広告チラシ, 新聞, フリーペーパーの画像を撮影し, 自動で要るもの/要らないものに仕分けてくれます.

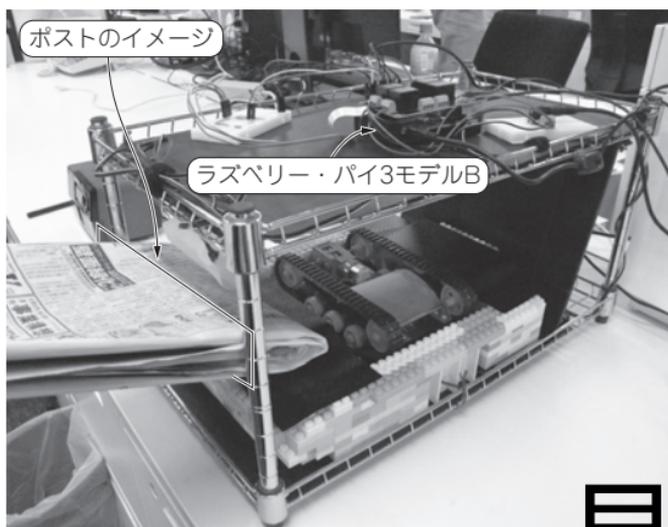


写真1 予測結果をもとに対象物を仕分けてくれるAI判定マシン

見本

第4部では、自分で人工知能を作れるようになるために、「学習データ収集/学習/予測/再予測」を試してもらいます(図1)。

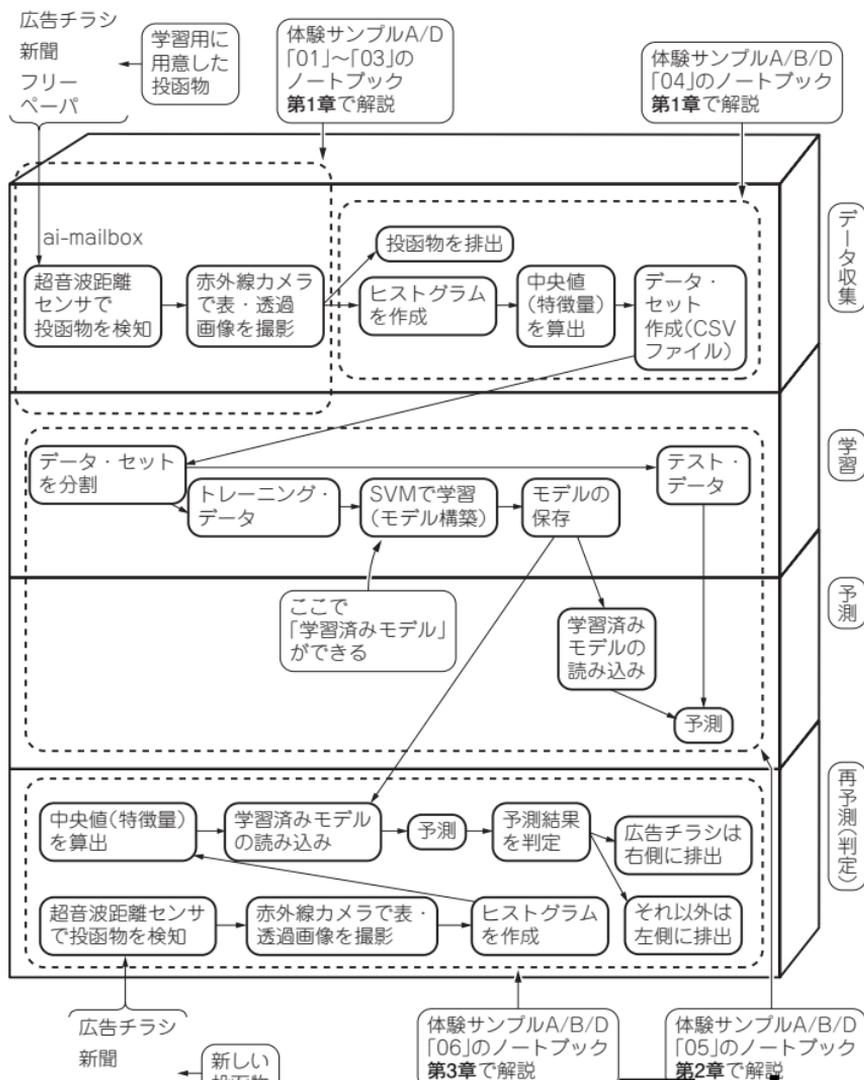


図1 読者が体験する内容

見本

## My人工知能カメラのハードウェア

Appendix3(p.186～)の簡易版で試す方も、目を通しておいってください。

### ● 装置のあらまし

対象物を撮影し、予測結果をもとに対象物を自動的に仕分ける「AI判定マシン」を作りました(図1, 図2, 写真1)。ラズベリー・パイ3モデルBやカメラ、センサ、モータなどを搭載しており、ここではAIポストとして動かします。ポストに投函されるであろう広告チラシ、新聞、フリーペーパーの画像を多数撮影できるため、学習データの収集にも利用しています。

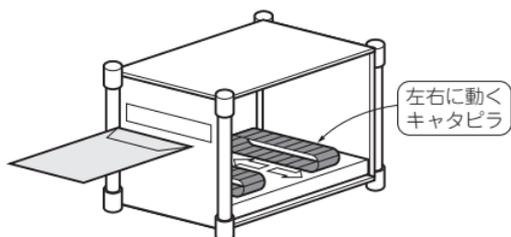
### ● AI判定マシンに必要な部品

装置の作成には表1のような材料が必要です。工作の仕方によってはもう少し材料が要るかもしれません。特殊な電子部品が一切ないので通販でも揃えることができます。

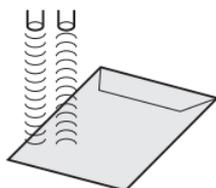
Raspberry Pi PiNoirCameraは公式サイトで紹介されているラズベリー・パイ専用カメラです。このカメラはUSB接続のPCカメラにない特徴を備えています。

大抵のPCカメラは、PCの画面から利用者が座る距離にピント位置を設定しています。最短フォーカス距離が20cm以上あるので、これを装置に利用しようとするると内寸が30cm程度必要になり結構大きなサイズになってしまいます。装置のフレームが大型化すると部品点数も多くなる可能性があります。PiNoirCameraはマニュアル・フォーカスなので、

見本



(a) ポストに投函したら…



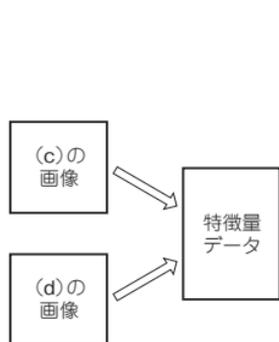
(b) 超音波センサが物体を検知



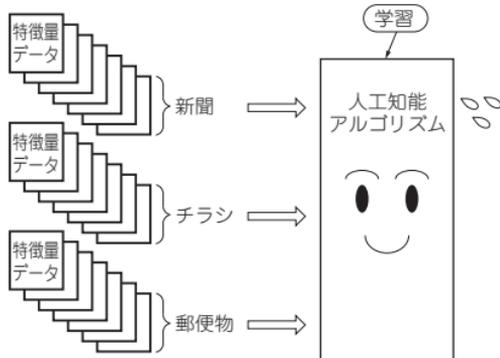
(c) 赤外線を表面から照射したときの画像を撮る



(d) 赤外線を表面から照射したときの画像を撮る



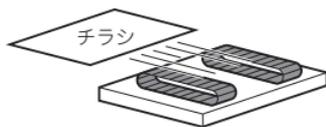
(e) 画像から特徴量を抽出



(f) 多数の特徴量を人工知能アルゴリズムで学習



(g) 人工知能が投函されるものの種類を判定



(h) チラシなら左方向へ

図1 撮影対象物を自動で仕分けるAI判定マシンの動作

ポストに投函されたものの種類を判断する。要る物なら右に、要らない物なら左にキャタピラが回転する

# 見本

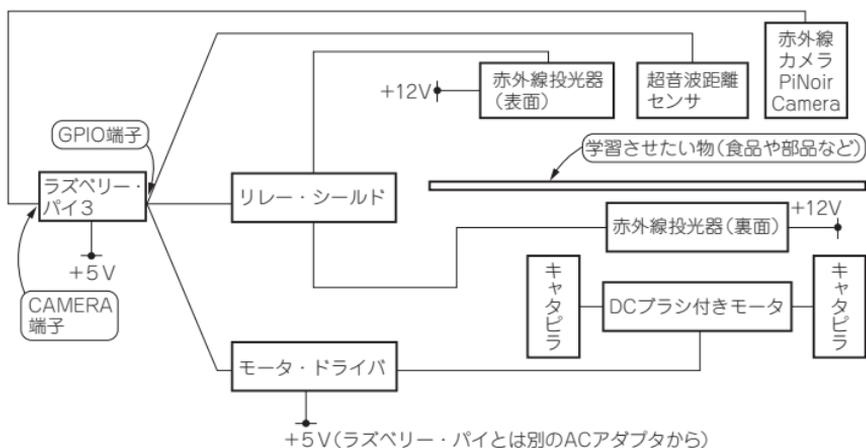


図2 AI判定マシンの機能ブロック

ンボケが発生せずにレンズから被写体までの距離が10cmでもピントが合います。

さらに、専用のPythonライブラリは簡単に使えるよう工夫されているのでお勧めのカメラです。

### ● ACアダプタは3個必要だった

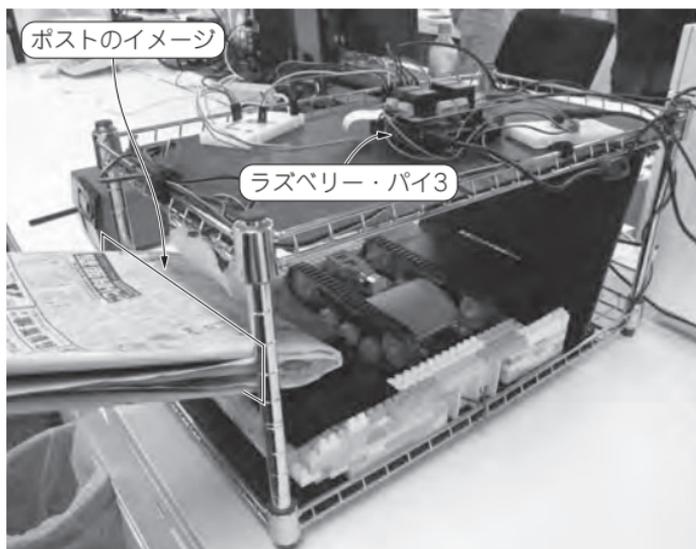
部品を集める上でこだわったのが電源です。

#### ▶ラズベリー・パイ用

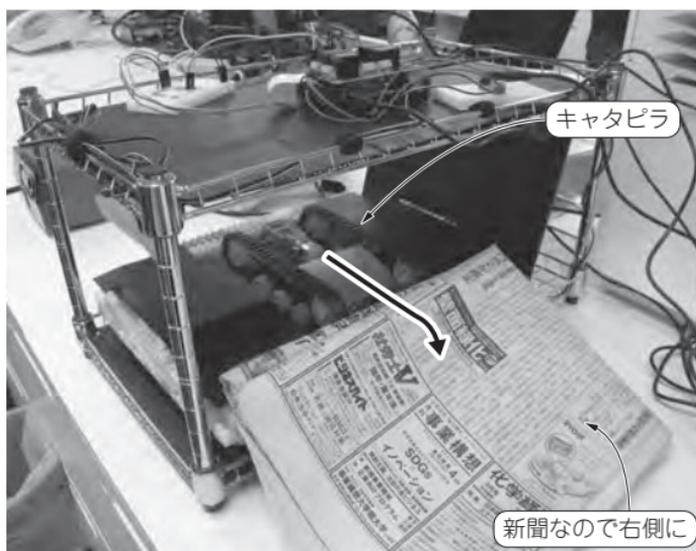
ラズベリー・パイ3モデルBそのものは1.5Aくらいあれば動作します。HDMI端子やUSBポート、イーサネット・ポート、GPIO端子、カメラ端子に機器を接続しますので、2A以上のACアダプタが必要になる想定でした。電源供給に余裕を持たせるためにラズベリー・パイ分の1.5Aに対して1.5~2倍の電流を出力できるとよいようです。今回は少し余裕をもって2.5AのACアダプタを選択しました。

ラズベリー・パイだけなら1AのACアダプタでも警告は出ますが一応停止せずに動作してくれます。GPIO端子から電源供給をしようとするとうと電力不足で停止してしまうことがあ

見本



(a) ポストに投函



(b) 仕分け

写真1 体験サンプルA/B/Cの学習用データをAI判定マシンを利用した

利用して作った

# 見本

表1 AI判定マシンの電気関係の部品

品名	個数	およその価格[円]	購入先
ラズベリー・パイ3モデルB	1	4,200	RS コンポーネンツ
Raspberry Pi Pi NoirCamera V2	1	2,800	RS コンポーネンツ
seeed studio Raspberry Pi RelayBoard v1.0	1	2,480	秋月電子通商
DRV8830 使用DC モータ・ドライブキット	1	700	秋月電子通商
新・赤外線投光器キット	2	800	秋月電子通商
ブレッドボード用DC ジャック DIP 化キット	1	100	秋月電子通商
電源用マイクロ USB コネクタ DIP 化キット	1	130	秋月電子通商
スイッチング AC アダプタ 5V/2.5A AD-B50P250	1	1,100	秋月電子通商
スイッチング AC アダプタ 5V/1A AD-D50P100	1	580	秋月電子通商
超小型スイッチング AC アダプタ 12V/1A AD-K120P100	1	580	秋月電子通商
超音波距離センサ HC-SR04	1	400	秋月電子通商
抵抗器 (10kΩ, 1/4W)	2		秋月電子通商
抵抗器 (2kΩ, 1/4W)	1		秋月電子通商
抵抗器 (1kΩ, 1/4W)	1		秋月電子通商
コンデンサ (47μF, 10V)	1		秋月電子通商
コンデンサ (0.1μF, 50V)	1		秋月電子通商
ブレッドボード BB-801	3	200	秋月電子通商
タミヤ 楽しい工作シリーズ タンク基本 セット	1	1,170	秋月電子通商
ブレッドボード・ジャンパーワイヤ(オス-メ ス) 15cm(赤, 黒, 青, 黄, 白)	各1	350	秋月電子通商
ブレッドボード・ジャンパ・ワイヤ	1		秋月電子通商
ラズベリー・パイ・ケース	1	1,080	秋月電子通商
1×4Pメス/1×4Pオス 2.54mmピッチ コネ クタ付ケーブル 30cm長	1	100	秋月電子通商
2.1mm 標準 DC プラグ付きケーブル 1.8m	2	500	Amazon
USBケーブル A オス-マイクロ B オス 1.5m	1	120	秋月電子通商
リード線セット(1m)	1		

見本

またCPUをオーバ・クロック動作させるには3AのACアダプタがあるとよいようです。今回はオーバ・クロックをしないので不要と判断しました。

### ▶モータ用

ラズベリー・パイとは別の電源も用意します。タンク基本セットのDCモータとモータ・ドライブを動かすため専用ACアダプタ(1A)を用意しました。ラズベリー・パイのGPIO端子からの電力供給は200mAが上限になるのでDCモータは最初から分離する設計にしました。

### ▶赤外線投光用

赤外線投光器は12Vで動作するため専用ACアダプタを用意しました。別の方法として5Vと12Vの電源をまとめることも考えました。一部の電源を5Vから12Vへの昇圧したり12Vから5Vへ降圧したりすると変圧回路が必要になる上に変換ロスで必要以上に大容量のACアダプタが必要になります。電源が大きくなると大がかりな装置になってしまうので無理せず電圧ごとにACアダプタを分けました。

## ● 電子工作キットを使うと回路設計や動作検証が省略できる

これまで電子回路を設計したことがないため、装置の作成には電子工作キットを利用しました。キットを使えば必要な部品が全て揃っており、すぐに組み立てでき、想定通りに動きます。キットをGPIO端子に接続して通信するための規格が決まっているので接続に悩む必要はありません。モータ・ドライブ・キットにはサンプル・プログラムがあらかじめ用意されていたので、それを参考にしてPythonコードを記述できます。

モータ・ドライブ・キットは、I<sup>2</sup>C通信で制御データを送ればDCモータの回転方向や回転速度などをコントロールできます。ラズベリー・パイとI<sup>2</sup>C通信で接続するのでケーブル数も少なく

見本

```

time.sleep(0.00001)
GPIO.output(TRIG, False)

# 関数：エコー受信
def echo_sig(value, timeout):
    count = timeout
    while GPIO.input(ECHO) == value and count > 0:
        count = count - 1

# 関数：距離計測(音速は気温に関係なく固定値で設定)
def reading():
    send_trig()
    echo_sig(False, 10000)
    start_sig = time.time()
    echo_sig(True, 10000)
    finish_sig = time.time()
    distance = (finish_sig - start_sig) * 17150
    return distance

```

## ■ ステップ3：撮影

### ● 画像ファイルのシーケンス番号設定

体験サンプルAフォルダのサブフォルダpicに撮影した画像ファイル(jpg)が保存されます(ln[8])。装置はポストをイメージした投函物の自動仕分けを想定したものです。ここで扱う画像ファイルは広告チラシ、新聞、フリーペーパーを赤外線カメラで撮影した表面画像と、赤外線を被写体に透かして撮影した透過画像です(図1)。装置を使うと1つの被写体から表面画像と透過画像の2枚を自動撮影し、それらを識別するアルファベットと同じ被写体単位でシーケンス番号をファイル名に採番します。他の被写体とファイル名が重複しないようにシーケンス番号を設定しています。新規に画像を撮影する際には過去に撮影した画像ファイル名から最も新しいシーケンス番号を取得します。

プログラムは簡単でpicフォルダからjpgファイルをリスト(file\_list)に書き出して降順にソートすればリストの先頭が最新のjpgファイルになります。jpgファイル名の3~6文字目を取得して変数seq\_numに格納します。格納した文字列が整数に変換して変数seq\_numと変数seq\_num\_bkに格納し、seq\_num

見本



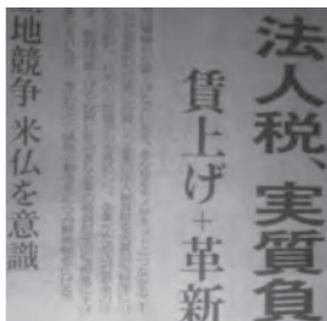
(a) チラシ…裏面からライト



(b) チラシ…表面からライト



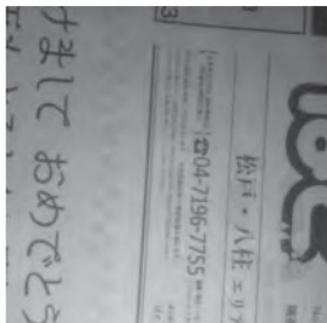
(c) 新聞…裏面からライト



(d) 新聞…表面からライト



(e) フリーペーパー…  
裏面からライト



(f) フリーペーパー…  
表面からライト

図1 3種類の対象物を判別するために撮影した画像の例

たまたま表面/裏面から光を当てた画像としたが光を当てる位置から撮影した画像と上から撮影した画像を使ってもよい

# 見本

す。変数 `seq_num` の値に 1 を足すと次に撮影するときを使うシーケンス番号が設定できます。もし `pic` フォルダに `jpg` ファイルが格納されていなければリストの値が空になり、そのときはシーケンス番号に 1 を設定します。なお変数 `seq_num_bk` の値は撮影画像確認の際の開始位置を識別するために利用します。

```
In [8]
# JPGファイル名を取得
files = glob.glob('./pic/*.jpg')
# 空のリストを作成
file_list = []
# 全ての画像ファイルからファイル名を取得
for f in files:
    # パスからファイル名だけを取得
    file = os.path.basename(f)
    # ファイル名をリストに格納
    file_list.append(file)
# リストにファイル名が格納されている場合
if len(file_list) > 0:
    # リストの要素を逆順ソート
    file_list.sort()
    file_list.reverse()
    # 最後のファイル名を取得
    latest_file = file_list[0]
    # ファイル名からシーケンス番号を取得して、1を加算
    seq_num = int(latest_file[2:6]) + 1
    # 最後に撮影されたファイル名を表示
    print('最後に撮影された画像ファイル名: ', latest_file)
# リストにファイル名が格納されていない場合
else:
    seq_num = 1
    # 画像ファイルなし
    print('画像ファイルなし')
# 撮影後の画像表示用
seq_num_bk = seq_num
# 次に撮影する画像のシーケンス番号を表示
print('次回撮影時に使うシーケンス番号: ', seq_num)
```

## ● 連続画像撮影(透過画像→表面)

ここでは装置に入った紙を連続撮影して、透過画像と表面画像を取得します(In[9])。連続撮影を想定しているため、装置の中に 15 秒間以内に紙が入ってこないと撮影を自動終了するようになっています。なお、段ボール装置向けに「体験サンプルD」を用意しました。体験サンプルDの解説は Appendix 1 を参照してください。

見本

ださい。

### ▶投光

赤外線投光器を制御するリレー・シールドを初期化するため Relay クラスを呼び出します。その後、処理開始時間と処理経過時間を初期化し、この時間を使って15秒のタイムアウトを判定してプログラムを終了します。

### ▶紙のありなし判定

while 文の内の処理を繰り返し実行します。reading 関数を呼び出して超音波距離センサから距離を取得し、11cm以内なら後続処理を行い、それ以外ならタイムアウト処理部分のプログラムを実行します。

後続処理を実行する場合、最初に3秒間処理を一時停止するようになっています。装置内に紙が入った後に超音波距離センサで距離を感知しますが、すぐに撮影が始まってしまうと装置内に紙が挿入されている途中だったり、カメラの位置に紙が届いていなかったりすることが想定されるため、プログラムを一時停止する時間を設けました。

### ▶透過画像の撮影

透過画像を撮影します。紙の裏側から赤外線投光器で光を照射して反対側から透過光を赤外線カメラで撮影します。最初に Relay クラスの ON\_1 関数を呼び出してリレー1につながっている赤外線投光器をONにします。赤外線投光器から出る赤外線は電源投入直後に最大光量になりません。いったん、0.3秒間のプログラム停止をして最大光量になるのを待ってから次のステップを実行します。変数 save\_pic に保存する画像ファイル名を設定します。広告チラシの透過画像は「A\_」から始まるファイル名です。撮影は PiCamera クラスの capture 関数を用いて行います。ファイル名は変数 save\_pic に格納された値を使い、pic フォルダに画像を保存します。保存が終わったら撮影終了の

見本

ISBN978-4-7898-5032-2

C3055 ¥1200E

**CQ出版社**

定価：本体1,200円(税別)

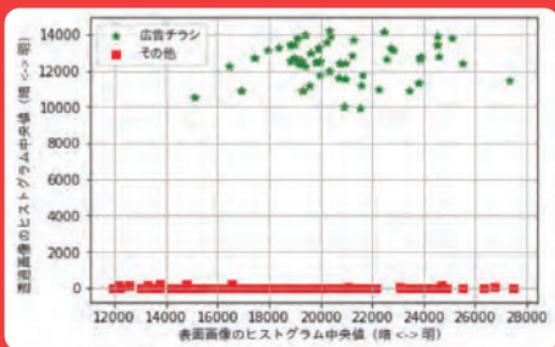


9784789850322



1923055012004

郵便物仕分けマシンを作りながら統計的機械学習(分類/回帰/クラスタリング)をマスターします。  
ラズベリー・パイ3モデルBとカメラを用意すれば、あとは身の回りにある材料で始められます。



見本