



基本のHello World!からセンサ・データ取得／
作業自動化／ネットワーク連携／ホーム・サーバ作成まで

手のひらサイズのコンピュータ「ラズベリー・パイ」で学ぶ!

Linuxコマンド& シェル・スクリプト入門

国野 巨 著



イントロダクション

本書では、筆者作成のラズベリー・パイ用サンプル・プログラムを動かしながら学習することで、必要最小限のコマンドやルール、Linuxの知識とBashによるIoT向けIPネットワーク通信プログラミングの知識を得ることができます。

ラズパイでLinuxコマンド&シェル・スクリプトが使えるとイイ理由

ラズベリー・パイは手のひらサイズのボード・コンピュータです。パソコンより安価で、LANが使えるたり、センサを接続できたり、Linuxコマンドで制御できたりします。このためLinuxコマンドやIoT、インターネット連携を学習するのに、うってつけです。本書では、ラズベリー・パイを使ってIoTシステムを作りながらLinuxコマンドを学習できるように解説しました。次にラズベリーパイでLinuxコマンドを学ぶとイイ理由を説明します。

● IoTシステムを作りながら学べる

サンプル・プログラムは、IoT時代に合わせてIoTデバイス用とホーム・サーバ用を用意しました。しかも、単なる学習用ではなく、さまざまな分野での実験の自動化などに応用可能なプログラムを紹介し、簡単なIoTアプリケーションを試しながら、学べるようにしました(図1)。

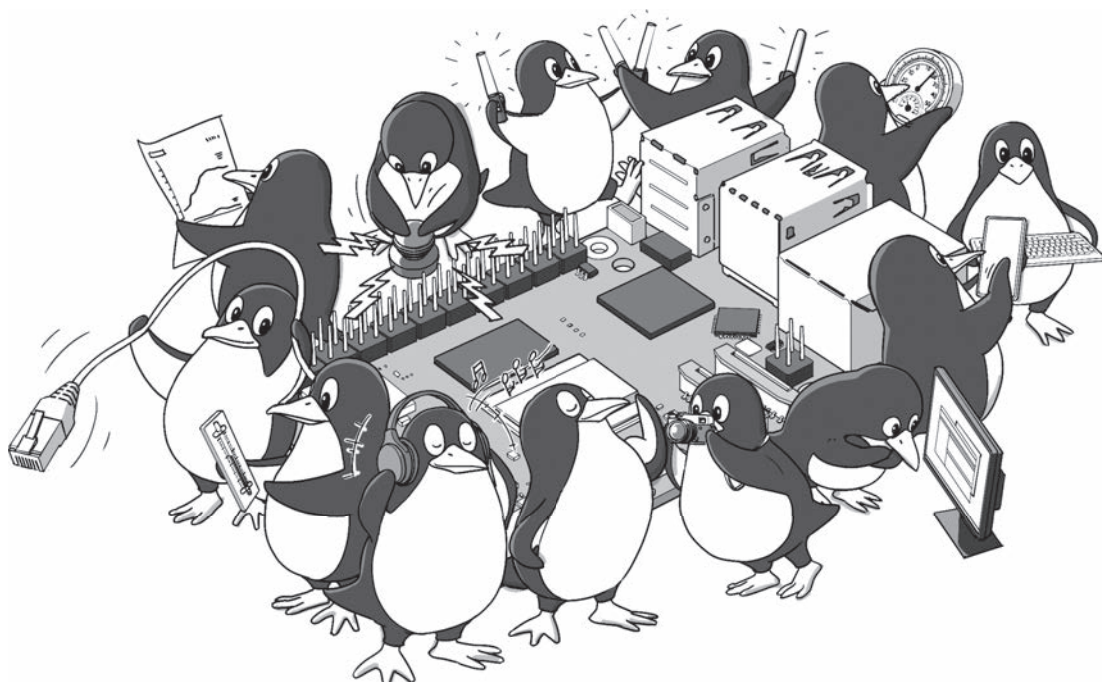


図1 Linuxコマンドとシェル・スクリプトが使えるといろいろなことができる

本書で使用するラズベリー・パイは、IoTアプリケーションを実行するサーバ側と、IoT端末となるクライアント側の両方の試作が可能です。また、ラズベリー・パイとPCを自宅内のLAN上で接続することで、クラウド・サーバを疑似体験することもできます。さらに、ラズベリー・パイには、クラウド・サーバによく用いられているDebian系OS(Ubuntuを含む)が用いられているので、学んだことを無駄なく応用したり、実使用したりできるでしょう。

● OS上の操作自動化、プログラム間の連携などコアな操作も効率化できる

Linux上での操作はWindowsのようにGUIで行うことも可能ですが、コマンドラインから、コマンドや複数のコマンドをまとめたシェル・スクリプトを実行することで、作業の自動化、効率化、複数のスクリプトの連携が見込めます。

プログラミング言語は、その目的や用途、過去のソフトウェア資産(汎用ライブラリを含む)などを考慮して選択します。一般的に、Bashスクリプトが選ばれるケースは、OS上の操作の自動化や、複数のプログラムの連携などです。システム全体のプログラムの中で、こういった機能の割合は少ないものの、他のプログラムよりも上位に位置して複数のプログラムの全体を管理する場合や、OS機能との橋渡しを行う場合など、重要な役割を担うことが多いのが特徴です。

Bashでプログラムを書けるようになれば、さまざまな既存のプログラムを組み合わせることで実行することが容易になり、IoTなどの応用システム向けのプログラミング能力を、わずか1言語の習得で身に付けることができるのです。

本書で扱う実践的 IoT システム

表1に本書で解説するIoTシステムのスクリプトを示します。ラズベリー・パイには、IP(インターネット・プロトコル)に対応したネットワーク機能とLinuxを搭載しているので、ほぼラズベリー・パイの機能だけで、システムを構築することができます。製作したプログラムを改造することで、さまざまなホーム・ネットワーク・システムが構築できるようになるでしょう。本書で解説するプログラム(表1)を組み合わせることでIoTシステムとして、次の2例を紹介します。

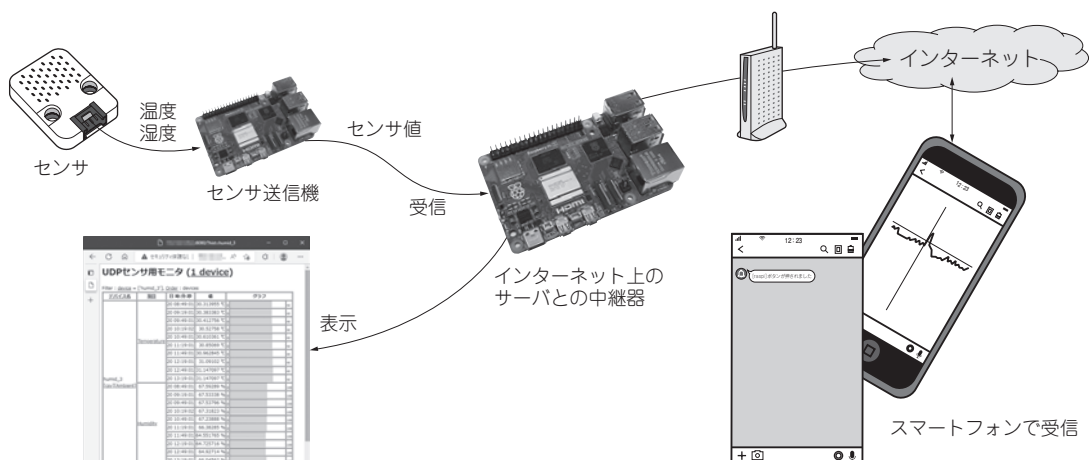


図2 本書で説明するシステム例…センサで取得したデータを収集してインターネット上へアップして、ブラウザからデータを確認する

センサ送信機に表1の22番のプログラムを使い、中継器には筆者GitHubページ(<https://github.com/bokunimowakaru/bash/tree/master/tools>)のudp_monitor_chart.py(本書付録参照)を使用

表1 本書で扱う筆者作成のサンプル・スクリプト

表1の18～25番、27～29番はラズベリー・パイ専用だが、その他(1～17番、26番、30番)はパソコンでも動かすことができる。詳細はサポート・ページ参照

番号	プログラム名	概 要
1	example01_hello.sh	Hello, world! メッセージの表示
2	example02_if.sh	実行時に入力したパラメータ(引数)に応じた出力
3	example03_for.sh	繰り返しコマンドfor
4	example04_calc.sh	四則演算を行う
5	example05_stdin.sh	標準入力からreadコマンドで受け取った文字列に「Hello,」を付与して出力
6	example06_temp.sh	温度ファイルtempの内容使って計算し、結果を表示
7	example07_stdout.sh	ラズベリー・パイの温度値を標準出力
8	example08_while.sh	繰り返しwhile文
	example08_while_pipe.sh	パイプ処理
9	example09_ren.sh	ファイル名の拡張子を変更
10	example10_backup.sh	ファイルをバックアップ
11	example11_sync.sh	ファイルの同期をとる
12	example12_ping.sh	LAN内にPINGを送信して機器を確認
13	example13_ssh_mon.sh	SSHログイン・エラーを監視
14	example14_htget.sh	IoT連携の基本 HTTP GET
15	example15_ambient.sh	Ambientへ温度値を送信
	example15_temp.sh	ラズベリー・パイの温度値をLAN内に送信
16	example16_line.sh	LINEにメッセージを送信する
17	example17_ifttt.sh	IFTTTヘトリガを送信
	example17_zapier.sh	Zapierヘトリガを送信
18	example18_led.sh	Lチカ
19	example19_led3.sh	カラーLチカ
20	example20_chime.sh	チャイム音を出力
21	example21_btn.sh	ボタン状態をLAN内に送信
	example21_line_btn.sh	ボタン状態をLINEに送信
	example21_pir.sh	人感センサの検出状態をLAN内に送信
22	example22_sht4.sh	IoT温湿度センサ送信機
23	example23_lcd_i2c.sh	LCDに文字を表示
24	example24_lcd_udp.sh	UDPで受信した内容をLCDに表示
25	example25_jukebox.sh	音楽プレーヤ
26	example26_udp_rx.sh	親機となるUDP受信機
27	example27_led3_http.sh	カラーLED制御用HTTPサーバ
28	example28_chime_udp.sh	呼び鈴システム
29	example29_cam_http.sh	Piカメラをリモート制御
30	example30_m2m.sh	呼び鈴+カメラで作る玄関カメラ応用システム
	example30_m2m_mail.sh	example30_m2m.shにメール送信機能を追加

● 例1：インターネット上のサーバとの中継を行うホーム・サーバ

温度、湿度センサを搭載したセンサ送信機と、センサ値をインターネットに中継するためのシステムの組み合わせ例です(図2)。

本書では、センサ送信機の製作方法、センサ値の受信方法、インターネット上のサーバへのセンサ値の送信方法について説明します。これらを組み合わせることで、センサ値をインターネットに中継するシステムの構築が行えます。

● 例2：カメラ撮影付きのホーム・ネットワーク・システム

呼び鈴ボタンを押すと、カメラで写真を撮影し、ラズベリー・パイへ写真を保存するシステムの一例です(図3)。カメラで撮影した写真を、インターネット・ブラウザで表示することも可能です。また、人感センサ

まずは基本事項をチェック！

第1章

基礎知識…Linuxとラズベリー・パイ

Linux は OS の一種

● UNIXのジェネリック品「Linux」

インターネットが商用化された1995年当時、サーバ機器(ミニコンやワークステーション)には、UNIXと呼ばれるOSが利用されていました。UNIXにはネットワーク機能が標準装備されていたからです。Linuxは、より多くの人がUNIX技術を利用できるようにと開発されたUNIX似のOSです。UNIXのジェネリック品と考えても良いでしょう。

● Linuxは組み込み機器によく使われている

図1-1のようにインターネットの普及とともに、世の中では常時接続化、IT化、IoT化、AI化が進んできました(図中の機器にはUNIXやLinux非搭載の機器も含まれる)。さまざまなネットワーク機能を必要とするインターネット上のサーバにはUNIXやLinuxが欠かせない時代が始まり、徐々にIT端末側にもLinuxが搭載されるようになりました。

かつてのサーバ機器メーカは、前述のUNIX系のOSを自社で開発し、サーバ機器とOSのセットで販売していました。現在では、米アップル社はUNIX系のOS(macOSやiOS)を自社で開発し、それらを搭載したパソコンや、スマートフォンを販売しているものの、多くのLinuxディストリビューション^{注1}を展開するOSメーカは、ハードウェアを含まないOS単体の形で、販売または無料配布しています。また、多くの機器メーカは、OSと機器専用のアプリケーション・ソフトウェアを機器に組み込み、直接、OSにはアクセスできない形態で販売しています。このため、Linuxを身近に感じていない人も多いかもしれません。しかし、ネットワーク

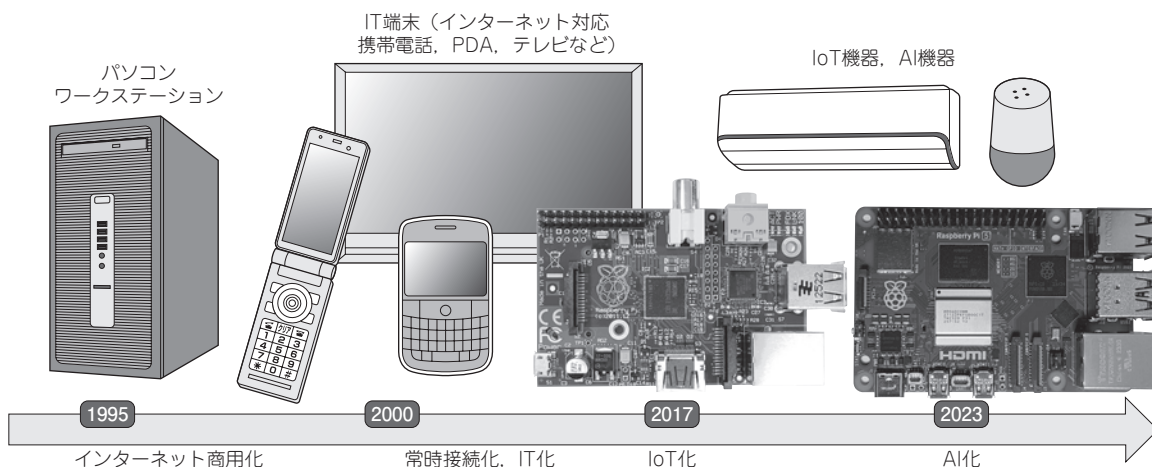


図1-1 IT機器の歴史

インターネットが商用化された1995年以降の常時接続化、IT化、IoT化の様子

注1: Linuxの心臓部であるLinuxカーネルには含まれていない、ユーザ・インターフェースや本書で説明するBashなどを追加して利用しやすくしたもの。

必要な機器の選択から、インストール、初期設定、SSH接続まで

第2章

ラズベリー・パイを使う準備

本章では、ラズベリー・パイを使用するための準備を行います。使用する機材やOSとサンプル・プログラムのインストール方法について説明します。また、通常のパソコンのように使用方法だけでなく、パソコンからリモートで接続して使用方法についても説明します。

ステップ1…必要なものをそろえる

● ラズベリー・パイ本体

表2-1に主なラズベリー・パイの仕様を示します。同じモデルでもRAM容量によって価格が異なります。初めて購入する場合は、Raspberry Pi 5 Model BのRAM 2Gバイトがお勧めです。Raspberry Pi 5 Model Bが入手しにくい場合や、少しでも価格を抑えたい場合は、従来のRaspberry Pi 4 Model Bの1Gバイトでもよいでしょう。廉価版のRaspberry Pi Zero 2Wは、消費電力が低く、サイズが小さいなどの特長があります。しかし本体以外に購入するものが多く、プロセッサの処理能力も劣っています。2台目以降の追加購入などの際に検討すると良いでしょう。

● パソコン用の周辺機器

ラズベリー・パイを使用するには周辺機器が必要です。表2-2にRaspberry Pi 5を始めるために必要な周

表2-1 Raspberry Piシリーズの主な仕様比較

推奨 順位	モデル名	発売 時期	無線 LAN	Ether net	プロセッサ	コア 数	動作 周波数	RAM	USB	HDMI	消費電流 (平均～最大)
1	Raspberry Pi 5 Model B	2023年 10月	○	○	64bit ARM Cortex-A76	4	2.4 GHz	2G～ 16Gバイト	4 ports	Micro 2 ports	440mA～5A USB Type-C PD
2	Raspberry Pi 4 Model B	2019年 6月	○	○	64bit ARM Cortex-A72	4	1.8 GHz	1G～ 8Gバイト	4 ports	Micro 2 ports	350mA～3A USB Type-C
3	Raspberry Pi Zero 2W	2021年 10月	○	×	64bit ARM Cortex-A53	4	1 GHz	512Mバイト	Micro 1 port	Mini	110mA～0.3A Micro USB

表2-2 Raspberry Pi 5を使うときに必要な機器

品 名	PC代用	販売店の一例	備 考
Raspberry Pi 5 Model B	－	RS コンポーネンツ、スイッチサイエンスなど	RAM容量によって価格が異なる
専用ACアダプタUSB Type-C PD 5V 3A	－	RS コンポーネンツ、スイッチサイエンスなど	Raspberry Pi 5 はPD対応
HDMI-マイクロHDMIケーブル	可	市販品	モニタ接続用(表1-1参照)
マイクロSD カード	－	市販品	高耐久品、32Gバイト以上がお勧め
専用ケース・CPU冷却ファン	－	RS コンポーネンツ、スイッチサイエンスなど	本体が基板むき出しなので必要
PC用モニタ(ディスプレイ)	可	保有のテレビなどを使用可能	HDMI入力端子つき
USBキーボード	可	市販品	一般のPC用USBキーボード
USBマウス	可	市販品	一般のPC用USBマウス
インターネット接続環境、LANケーブル	－	ネットワーク接続用	Wi-Fi対応無線LANでも可
パソコン(Windows/macOS/Ubuntu)	－	市販品	インストール用ほか

第 3 章

Linux 基本コマンド

本章では、Raspberry Pi OS 上の操作を Linux コマンドで実行する方法について説明します(図 3-1)。Linux は、IT 機器や IoT 機器およびサーバなどにおいて、最もよく使われている OS の 1 つです。Linux コマンドが使えるようになれば、ラズベリー・パイだけでなく、多くの分野で活用できるようになります。

Linux コマンドは思ったよりも簡単

キー操作回数を減らすためにコマンド名やオプションが、少ない文字数になっていることがあるので、初心者にとっては魔法の呪文のように見えるかもしれません。しかし、次のポイントを押さえて、まずはやってみることをお勧めします。

● コマンドを忘れても知らなくても OK

めったに使わないコマンドは、コピー＆ペーストすることもできます。知らないコマンドやその使い方はインターネットで調べれば、すぐに分かります。仮に情報が古かったとしても、GUI に比べると古い方法も併用できることが多く、目的を果たしやすいでしょう。さらに、AI や他人が作ったスクリプトを見たときに、新たな使い方に気づくこともあるでしょう。

● GUI が使えない場面にも対応できる

ディスプレイを接続していない IoT 機器、クラウド上の仮想サーバなど、GUI が使えない場合があるので、コマンドを調べながらやらざるを得ない状況もあるでしょう。しかし、Linux コマンドは見た目が呪文のようであっても、テキスト文字なので、コピー＆ペーストで確実に入力することができます。

● よく使う基本コマンドは多くない

既に知っている GUI での OS 操作と同じことを Linux コマンドで行うのは、面倒に思うかもしれませんが、しかし、よく使う基本的なコマンドは多くありません。



図 3-1 Linux コマンドを使って Raspberry Pi 5 を操作

表 3-1 最初に覚えておくべき Linux コマンドは 6 個

コマンド	名 称	機 能
ls	List Segment	フォルダ内に存在するファイルの名前を表示する
cd	Change Directory	別のフォルダを開く(現在のディレクトリを移動する)
cp	Copy	ファイルをコピーする
rm	Remove	ファイルを削除する
man	Manual	コマンドのマニュアルを表示する
raspi-config	Raspberry Pi Config	Raspberry Pi OS の設定を行う

第4章

Bashスクリプトによるプログラミング超入門

本章では、Bashスクリプトをラズベリー・パイ上で作成する方法について説明します。

Bashスクリプトは、Linuxコマンドの実行手順を記述したテキスト・ファイルのプログラムの1つです。ユーザがLinuxコマンドを入力したのと同じように動作します。Linuxコマンドで構成されているので、ラズベリー・パイを操作するために覚えたLinuxコマンドが並んでいます。新たな言語を覚えるよりもプログラミング学習の効率が上がるでしょう。しかも、Bashはラズベリー・パイだけでなく、ほとんどのLinuxベースのOSで標準シェルとして採用されているので、活用範囲も広がります。なお、筆者提供のサンプル・スクリプト一覧は10ページにあります。

[プログラム 1] 定番プログラム「Hello, world!」

テキスト文字「Hello, world!」を出力(表示)するプログラムは、開発環境の動作確認を行うときの定番プログラムです。動作確認は、ソフトウェア開発の中で重要な作業の1つです。例えば、表示器のない組み込みマイコン用ソフトウェアの場合も、メッセージをシリアル出力して動作確認を行います。

ここではHello, world!を出力するプログラムを例に出力(表示)について解説します。このプログラム(Bashスクリプト)の実行時の様子を図4-1に示します。

● GitHubから学習用プログラムをダウンロードする

ラズベリー・パイのLXTerminal上で下記のコマンドを入力し、本書で解説する学習用のサンプル・プログラムをダウンロードします。なお、先頭の「\$」はプロンプトを示します。その次の文字から入力します。

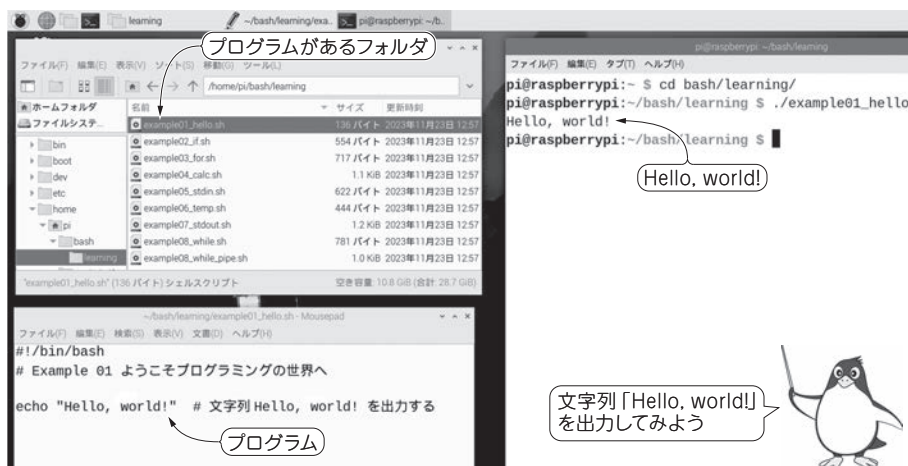


図4-1 BashスクリプトでHello, world!

ファイル・マネージャとテキスト・エディタMousepadでプログラム(Bashスクリプト)の内容を確認し、LXTerminalで実行したときの様子

第5章

よく使う
自動操作&定期処理

本章では、Linux OSの自動操作や定期処理をBashスクリプトで行う方法について説明します。紹介する5本のサンプルは、筆者が実際に使用している実用的なプログラムを簡素化したものです(図5-1)。

[プログラム 9] ファイルの拡張子を一括変更する

ファイルの一括処理にはワイルド・カードと呼ばれるアスタリスク「*」をよく用いますが、Bashのワイルド・カードでは変更先のファイル名にワイルド・カードが使えません。そこで、本節では拡張子の一括変更を行うプログラム(example09_ren.sh)を紹介します。

● MS-DOSではコマンド1つで拡張子一括変換が可能

MS-DOSでは例えば、「REN *.TXT *.CSV」で、拡張子をTXTからCSVへ一括変更することができます。このとき、対象のディレクトリ(フォルダ)にa.TXTとb.TXT、c.CSVというファイルがあったとしても、RENコマンドには個々のファイルは渡されずに、文字列「*.TXT」と「*.CSV」の2つの引数(パラメータ)が渡されます。これらワイルド・カードを含む引数を受けたRENコマンドは、拡張子の一括変更指示であると判断し、当該処理を実行します。表5-1の左端の項目「CLI環境」の「MS-DOS」に、引数を含む命令の一例と、実際にコマンドに渡される引数の内容を示します。

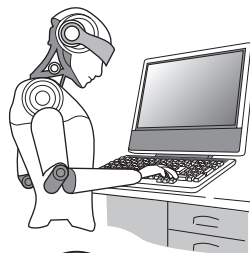
● Bashコマンドではディレクトリへの格納になってしまう

Bashのワイルド・カードは、ディレクトリ内に存在するファイルに展開します。例えば、a.txtとb.txt、c.csvというファイルが存在した場合、「mv *.TXT *.csv」はコマンドmvに渡される前に「a.txt」と「b.txt」、「c.csv」の3つの引数に展開されます(表5-1の「Bash」の項目)。従って、この場合、ファイル「a.txt」と「b.txt」をディレクトリc.csvに格納しようとしています。

通常、ディレクトリ名にc.csvと名付けることは少ないと思いますが、もし仮にc.csvがディレクトリであった場合は、c.csvディレクトリに各ファイルが格納されます。しかし、c.csvがファイルだった場合は格納できないのでエラーが発生します。また、仮にb.txtが存在しなかった場合は、「a.txt」と「c.csv」の2つの引数に

自動処理スクリプト

- 拡張子の一括変更
- ファイルの定期バックアップ
- ファイルの自動同期
- IPアドレスの自動取得
- ログインを監視・異常通知



自動処理
定期処理

図5-1 本章では実用的なBashプログラム5本を紹介

自動操作や定期処理に便利な実用的なプログラムを学習用サンプル・プログラム化した

第6章

インターネット/クラウド・サービスでIoTセンシング

本章ではインターネット上で提供されているクラウド・サービスと連携するプログラムをBashスクリプトで作成します。

【プログラム 14】 インターネットから情報を取得し、表示する

本節では、クラウド連携のベースとなるインターネットから情報を取得する方法について説明します。一例として、筆者のサイト(<https://bokunimo.net>)からテキスト形式のデータを取得し、ラズベリー・パイ上に表示します(図6-1)。通信プロトコルには、インターネット・ブラウザで利用されているHTTPを使用します。HTTPはWebコンテンツに限らず、サーバ間の通信や、IoT機器とのデータ通信でも多く用いられています。

● コマンドcurlでアクセス先の情報を取得する

curlコマンド(cURL)は、各種の通信サーバとのデータ転送を行うクライアント側のデータ転送ツールです。HTTPやHTTPS、FTP、MQTTなどの一般的なIP通信プロトコルに対応しています。取得結果はテキスト文字で表示されます。下記はインターネット上のHTTPサーバからデータを取得するコマンドcurlの使用例です。LXTerminalに入力します。

```
$ curl https://bokunimo.net/status.txt
```

上記のコマンドを入力すると、インターネット上のHTTPサーバからHTTP GET(HTTPによるデータ取得命令)を送信し、HTTPサーバ上のファイルstatus.txtに書かれたテキスト・データを取得します。本例では実行結果として、次のようなデータ(status.txtの内容)が表示されます。

```
title : テスト用ファイル
descr : HTTP GETの動作確認に使用します
state : 執筆中です
url : https://git.bokunimo.com/bash/
date : 2025/XX/XX
```

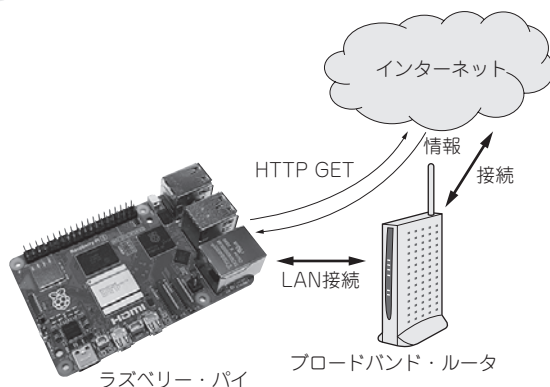


図6-1 クラウド連携の基本となるHTTPによるインターネット・アクセス

第7章

ラズベリー・パイの入出力端子をコントロール

ラズベリー・パイにはGPIO(General Purpose Input/Output)端子(写真7-1)という、デジタル信号の入出力機能がついていて、LEDやスイッチ、スピーカ、LCDといったIOデバイスを制御できるので、簡単にオリジナルのIoT機器を製作できます。本章ではGPIO端子を使って基本的なIOデバイスの制御を行います。

汎用の入出力端子：GPIO端子

ラズベリーパイのGPIO端子は写真7-1のように、ピンが合計40本配置されています。それぞれのピンに使える機能が割り当てられていて、番号で区別されます(図7-1)。

▶ピン番号

ピン番号は、GPIO端子に付与された1～40の番号で、図7-1の左下が1番ピンです。以降、2番ピンは左上、3番ピンは左から2番目の下側のピンと続きます。計40個のピンがあるので、右上が40番ピンです。

写真7-1 ラズベリー・パイのGPIO端子

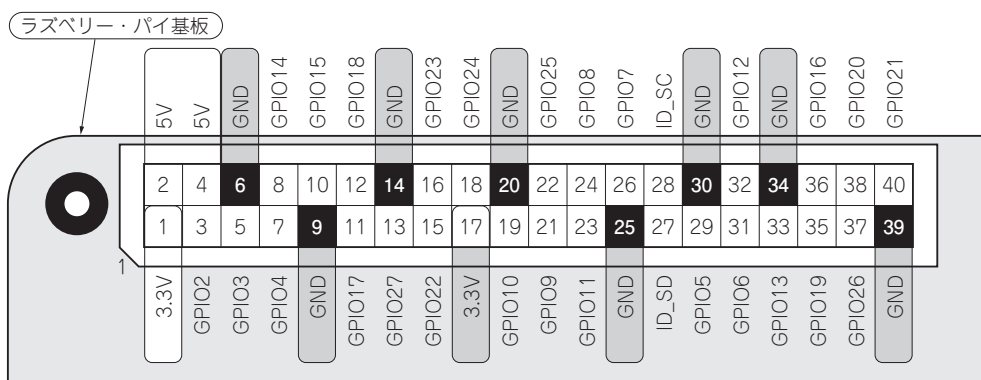
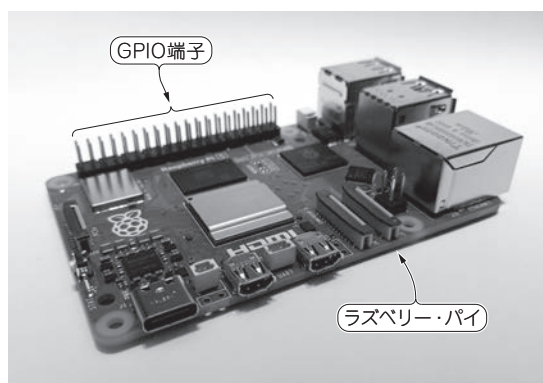


図7-1 ラズベリー・パイGPIO端子の配列

GPIO端子にIOデバイスを接続することで、IoT機器を製作することができる

第8章

LANを利用したデータ
収集/通知/画像伝送

IoT向けネットワーク・システムは、さまざまなモノ(機器)が連携して動作することにより、総合的な価値を創出します。本章では、ラズベリー・パイが複数の機器やインターネットと連携して動作する基本的なネットワーク・システムを製作します。プログラムを修正することで、さまざまなIoT応用システムへと展開できるようにします。

[プログラム 26] 複数センサ値を UDPブロードキャスト送信して収集する

● システム概要

IoT 機器の中でもっとも多く普及すると期待されているのがセンサ機器です。今回は図8-1に示すように、複数の子機となるIoTセンサ機器が送信する温度値を、親機となる1台のラズベリー・パイで収集します。保有するラズベリー・パイの台数が1台しかなくても、複数の子機と親機を模擬して実験できます(コラム1)。

子機から親機への通信は通信プロトコルの一種であるUDP(User Datagram Protocol)を使います。UDPは1回のデータ送信でLAN内のホストへデータを送ることができます(ブロードキャスト送信)。また、送受信間で通信路を確立することなくデータを送受信することができます。このため、他のデータ通信を誤って受信してしまわないよう、形式を識別するための情報を含めておく必要があります。

● センサ用データ形式「CSVxUDP」を使う

LAN上でのIoT機器の学習用に筆者が定義したCSVxUDP^注という形式を使います。これは主にセンサ値のCSVデータをWi-Fi上でUDP送信するセンサ用データ伝送形式です。システムを設計するうえで、データ形式の定義は重要です。学習用としてシンプルかつ、誤作動が少なく、拡張性も考慮しました。

▶ CSVxUDP形式データの中身

CSVxUDP形式では、表8-1のようにデータの先頭にhumid_1, やtemp._1, といった8文字(8バイト)を付与します。先頭5文字のhumidは温湿度センサを、temp.は温度センサを示し、アンダ・スコア(_)1文字に続く1桁の数値は、同じ種類のセンサが複数台あったときの識別番号を示します。これらをデバイス名と呼

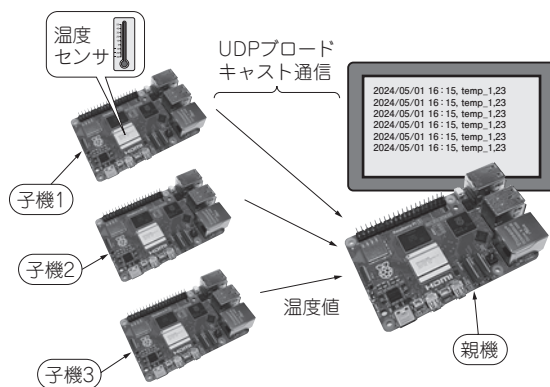


図8-1 ラズベリー・パイを使ったIoT温度データ収集システム

ラズベリー・パイ内蔵の温度センサから得られた温度値をLAN内にUDPブロードキャスト送信する。ラズベリー・パイは1台でも実験できる

注：CSVxUDPは、筆者が設計したデータ形式で、筆者が製作したさまざまな機器に対応しています。本書付録3でもシステム例を紹介しています。

ISBN978-4-7898-4480-2

C3055 ¥2400E

CQ出版社

定価 2,640円 (本体2,400円) ⑩



9784789844802



1923055024007



Linuxコマンド& シェル・スクリプト入門