

Raspberry Pi 3 を活用した情報教育の可能性

土肥 紳一¹⁾

1) 東京電機大学 システムデザイン工学部

dohi@mail.dendai.ac.jp

Possibility of the information education by using the Raspberry Pi 3

Shinichi Dohi¹⁾

1) School of System Design and Technology, Tokyo Denki Univ.

概要

Raspberry Pi 3(ラズベリーパイ 3)は Arduino(アルディーノ)と同様に, GPIO(General-purpose input/output)を経由して各種センサを取り付け, 信号を入出力できるシングルボードコンピュータである. これらの外観は似ており, 数千円程度で購入できる. Raspberry Pi 3 の存在は知っていたが, 2 つは大差がないと認識していた. しかし, Raspberry Pi 3 を使用してみると, 全く異なる存在であることが分かった. 大学でのコンピュータリテラシーやコンピュータプログラミングの授業で, かなり実用的なレベルで活用できる可能性を秘めていることが分かった. 筆者が担当している「コンピュータリテラシー」や「コンピュータプログラミング I」の授業内容のいくつかを Raspberry Pi 3 で試し, 情報教育の可能性を述べる.

1 はじめに

教育目的に開発されたシングルボードコンピュータの 1 つに Raspberry Pi がある. 通称, ラズパイと呼ばれている. 筆者は, Arduino というシングルボードコンピュータを使って, 「コンピュータプログラミング A を学んだ後のハードウェア入門」と題して, 集中講義を開講したことがある. 当時, ラズパイの存在は知っていたものの使用したことはなく, Arduino とは大差がないと認識していた. この度, Raspberry Pi 3 Model B(以下, Raspberry Pi と略)を使う機会に遭遇し, 試してみたところ, Arduino とは全く異なる機能を持っていることが分かった. Raspberry Pi は, キーボード, マウス, ディスプレイを接続でき, OS をインストールすると, 情報端末として利用できるようになり, 超小型のデスクトップパソコンとして機能する. Raspberry Pi の応答速度は速くはないが, Microsoft Office に対抗したアプリケーションや, ラズパイ用の Processing が利用できる. さらに Mathematica V12 のサブセットが, デフォルトでインストールされていることにも驚いた. 筆者が担当している共通教育「情報」の「コンピュータリテラシー」と「コンピュータプログラミング I」の授業内容のいくつかを Raspberry Pi で試した.

2 Raspberry Pi

2.1 Raspberry Pi について

Raspberry Pi は, 2012 年 2 月 29 日にイギリスの Raspberry 財団によって開発されたシングルボードコンピュータである[1]. 日本で購入できる最新モデルは, Raspberry Pi 3 Model B+である. 筆者は, 一つ前の Raspberry Pi 3 Model B を使用して調査した. 海外では Raspberry Pi 4 Model B が 2019 年 6 月 24 日に発売され, 日本での発売が待ち遠しい.

AC アダプターの電源を入れると, Debian ベースの Raspbian(ラズビアン)という OS が起動し, デスクトップが表示される. この様子を図 1 に示す.

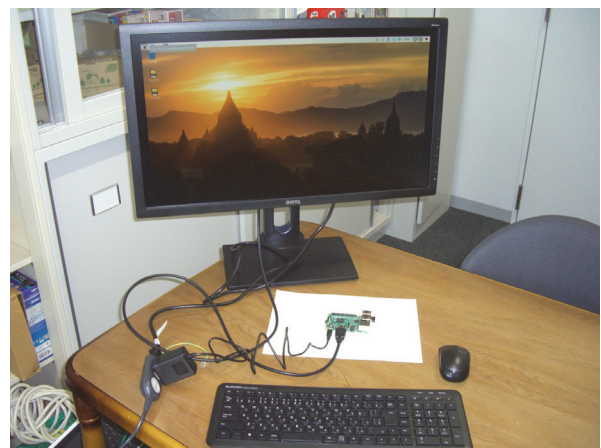


図 1 Raspbian(ラズビアン)を起動した様子

もちろん、OS のインストールが終わっていることが前提である。ワイヤレスのキーボードとマウスは、ELECOM の TK-FDM075 MBK を使用した。ディスプレイは BenQ の PD2700Q で、解像度は 1824×984 ピクセルである。OS は microSD カードに入れて使用する。なお、最近のテレビには HDMI 端子の付いたものが普及しており、テレビにも接続して利用している。

2.2 Arduino との違い

図 1 のテーブルの白い紙の上に、Raspberry Pi を置いた。一見、Arduino と似ている[2]。Arduino は、統合開発環境をノート PC 等にインストールし、そこで完成したプログラムを USB ケーブルで Arduino に転送し、動作させる仕組みである。したがって、Arduino 単体でプログラムを開発することはできない。Arduino 自体の消費電力は少なく、LED を点灯する程度であれば、ノート PC 等から USB ケーブルで電源を供給可能である。

Raspberry Pi には USB ポートが 4 つ、HDMI が 1 つ、有線 LAN の RJ-45 が 1 つ、さらに WiFi も内蔵されている。消費電力が大きいため、専用の AC アダプターを使う。Raspberry Pi の本体部を図 2 に示す。左端は SD カードのアダプターと microSD カードである。左から 2 番目の microSD カードに Rasbian が入り、これ 1 枚で完結する。Raspberry Pi は、まず OS のインストールから始まる。

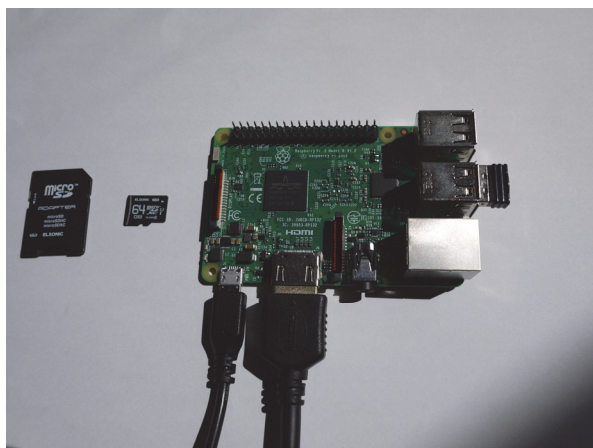


図 2 Raspberry Pi

3 OS のインストール

OS のインストールに関する情報は、インターネット上に色々公開されている。筆者が躰いた部分を補足しながら述べる。

3.1 microSD カードの準備

OS は、microSD カードを使ってインストールす

る。したがって microSD カードの準備と、これをアクセスできるノート PC 等が必要になる。ここでは、インターネットに接続している Windows10 のノート PC を使った。microSD カードは FAT32 でフォーマットしておく必要がある。32GB を超える microSD は、Windows10 では FAT32 でフォーマットできないので注意が必要である。

筆者は 64GB の microSD カードを使い、FAT32 でフォーマットされていなかったため OS のインストールで躰いた。別途 Windows7 のノート PC に Fat32Formatter を入れ、32GB のパーティションを作成し、Windows10 で FAT32 のフォーマットを行うことによって問題を解決した。

3.2 インストーラ(NOOBS)のダウンロード

web ブラウザを使って、Raspberry Pi の web サイトから NOOBS というインストーラをダウンロードする。Raspberry Pi の web サイトの様子を図 3 に示す。web ブラウザは Firefox を利用した。上部の「Downloads」をクリックする。Downloads が表示されたら「NOOBS」をクリックする。この様子を図 4 に示す。NOOBS が表示されたら「Download ZIP」をクリックする。この様子を図 5 に示す。原稿執筆時点でダウンロードしたインストーラは NOOBS_v3_2_0.zip であった。

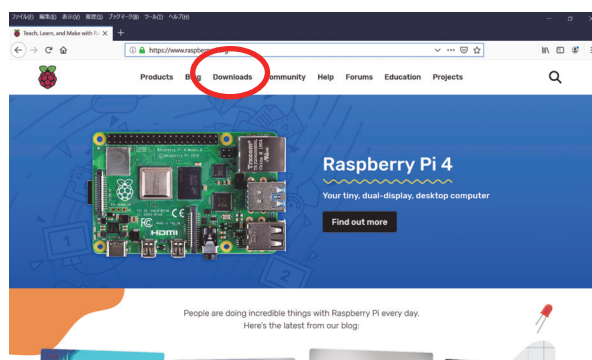


図 3 Raspberry Pi の web サイト

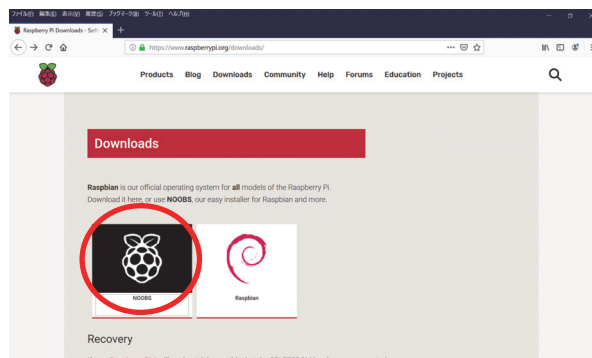


図 4 NOOBS の選択

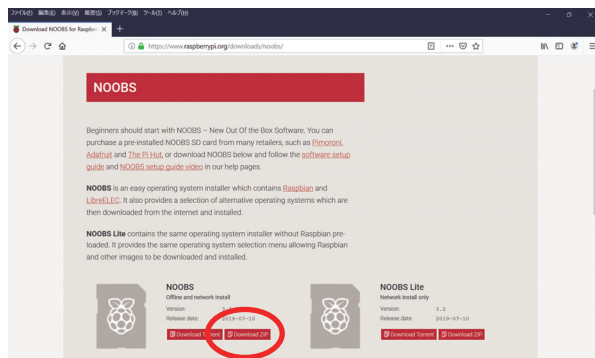


図 5 Download ZIP の選択

ダウンロードが完了したら、ノート PC のエクスプローラでマウスを使って右クリックし、「すべて展開する」を選び解凍する。展開が完了すると 22 個のファイルおよびフォルダが出て来た。コマンドプロンプトで `dir` コマンドを使って表示した様子を図 6 に示す。これらを、FAT32 でフォーマットした microSD へコピーする。以上でインストールの準備が完了する。

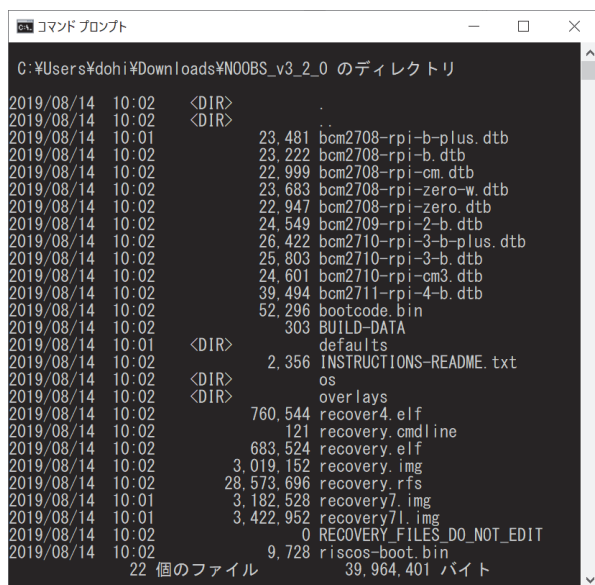


図 6 インストーラを展開した結果

3.3 インストーラの起動

Raspberry Pi に microSD を差し込み、USB のキーボード、マウスを接続し、HDMI ケーブルでディスプレイと接続する。AC アダプターを接続すると、Raspberry Pi の赤色の LED が点灯し、その右隣にある緑色の LED が点滅しながら OS のインストールが始まる。この時、赤色の LED が点灯し、緑色の LED が点滅しない場合は、microSD の内容に不具合があることが考えられる。筆者は、exFAT でフォーマットした 64GB の microSD カードを使

っていたため、赤色の LED が点灯するものの、緑色の LED が点滅しない現象に悩まされた。

スイッチサイエンス社から発売されている Raspberry Pi 3 B+ スターターキットを別途入手し調べた結果、microSD に原因があることが判明した[3]。キットの様子を図 7 に示す。筆者にとって、大きな落とし穴であった。



図 7 Raspberry Pi 3 B+ スターターキット

<https://www.switch-science.com/catalog/3880/>より引用

3.4 OS のインストール

microSD の問題が解決すると OS のインストール自体は特に難しいものは無く、表示される内容を確認しながら順調に進めることができた。途中、日本語の表示を行うために、Japanese の設定を行った。さらに WiFi との接続で、大学内の SSID を入力する必要があった。

3.5 日本語の入力

日本語の表示は行えるが、入力ができない。fcitx-mozc (ファイティクス - モズク) をインストールした。これを有効にするためには、インストール後、reboot する必要がある。

3.6 USB メモリ

USB メモリは Raspberry Pi に差し込むと、自動的に認識される。Linux では mount を行う必要があるが、自動的にマウントされ便利である。本論文を記述するにあたって、Raspberry Pi のスクリーンショットを収集し、USB メモリで取り出した。スクリーンショットは、Print Screen のキーを押すと、/home/pi に PNG 形式で保存される。この様子を、図 8 に示す。左側のウィンドウが Raspberry Pi、右側のウィンドウが USB メモリである。

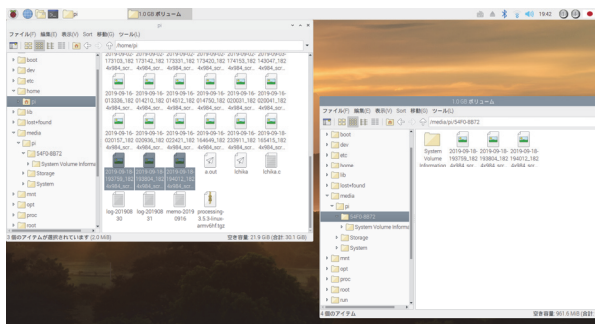


図 8 USB メモリによるファイルのやり取り

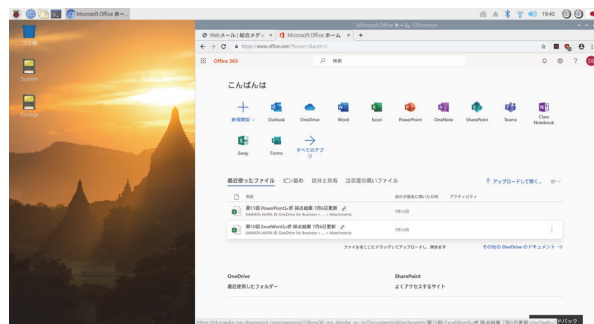


図 9 Office365 の起動

4 コンピュータリテラシー

筆者が担当しているコンピュータリテラシーの授業内容のいくつかを Raspberry Pi で試した結果を以下に述べる。

4.1 授業内容

コンピュータリテラシーの授業内容は表 1 に示す。これらの内容は Windows10 のノート PC で利用することを想定している。左端の No の列は、授業内容を区別する番号である。複数の学科を担当しており、No1 から No8 までは、担当する全学科共通に進行する。No9～No19 までの内容は、学科の希望に応じて選択して進行する。

表 1 内容

No	内容
1	ネットワークの設定、アプリケーションのインストール等
2	インターネット入門 1, Outlook Web App, ビデオ小品集
3	情報端末の基本操作, 授業フォルダ, ビデオ小品集
4	コンピュータシステム原理教育用シミュレータ, ビデオ小品集
5	文書作成ソフトの基本操作 1, ビデオ小品
6	文書作成ソフトの基本操作 2, ビデオ小品集
7	表計算ソフトの基本操作 1, ビデオ小品集
8	表計算ソフトの基本操作 2, 表計算の課題等 課題, MV 測定
9	表計算ソフトの基本操作 3
10	文書作成ソフトの基本操作 3, 課題
11	プレゼンテーションソフトの基本操作 1, PowerPoint, 課題
12	3D モデリング POV-Ray 課題
13	プレゼンテーションソフトの基本操作 2
14	web ページ作成, Microsoft Expression Web 4
15	数式処理, <i>Mathematica</i>
16	プログラミング入門体験, Processing
17	コンピュータリテラシーの補足
18	プレゼンテーションコンテスト
19	web ページコンテスト

4.2 Office365 Outlook Web App

学生諸君の電子メールは、表 1 の No2 の授業内容になり、Office365 の Outlook Web App を使う。Office365 を起動した様子を図 9 に示す。Rasbian の web ブラウザは Chrome が利用できる。Chrome の起動が完了するまでには、少し待たされるが、web ブラウザを介して利用するため、問題はなさそうである。

4.3 情報倫理ビデオの再生

情報倫理デジタルビデオ小品集 7 の情報セキュリティの中の「1:パスワード、なぜ大事? どう守る?」の物語編を再生した。この様子を図 10 に示す。動画は少し間引かれて表示された。再生のウインドウを、少し、小さくするとスムーズな動画になった。音声は、途切れることはなかった。



図 10 情報倫理デジタルビデオ小品集 7 の再生

4.4 Mathematica

本学は、Wolfram Research 社とサイトライセンス契約を締結し、学生が所有するノート PC に *Mathematica* をインストールして利用している。しかし、インストールは手順が複雑なこと、5GB を超えるファイルをダウンロードするなど、初学者にとって敷居が高い。Rasbian は *Mathematica V12* のサブセットが標準でインストールされている。

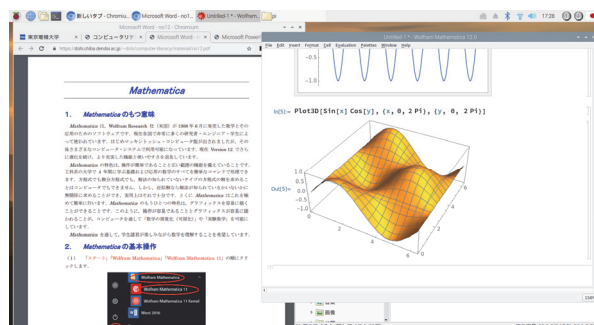


図 11 *Mathematica* の実行例 1

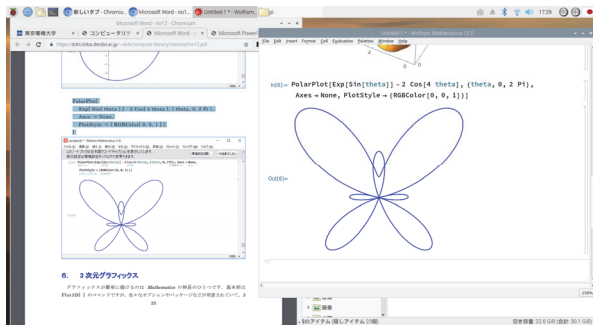


図 12 Mathematica の実行例 2

何の苦勞もなく利用できることに驚いた．実行例を図 11 と図 12 に示す．アニメーションの表示は，情報倫理デジタルビデオ小品集 7 と同様に，間引かれる．さらに表示されたグラフィックスをマウスでドラッグすると，視点をリアルタイムで変えられるが，実用的でない遅さとなった．これ以外に問題点は見当たらなかった．

4.5 計算機シミュレータ

コンピュータシステム原理教育用シミュレータは Java アプレットで作られており，筆者が授業で良く活用している．メールサーバと情報端末の間での情報のやり取りが，アニメーションで表示され，初学者の理解を援助する．残念ながら Raspbian 搭載の Chrome では実行できないことが分かった．

4.6 海底ケーブル

Submarine Cable Map は，海底ケーブルの敷設状況を示す便利な web サイトである．コンピュータリテラシーの授業では，WWW(World Wide Web)の様子を示す上で重宝している．世界中がクモの巣で張り巡らされている様子が表現できる．

地図をマウスでドラッグすると移動することができる．図 13 は，日本付近を拡大して表示した結果である．地図上の任意のケーブルをクリックすると，そのケーブルがどのように敷設されているのかが示される．右端には，ケーブルに関する補足説明が表示される．この様子を図 14 に示す．

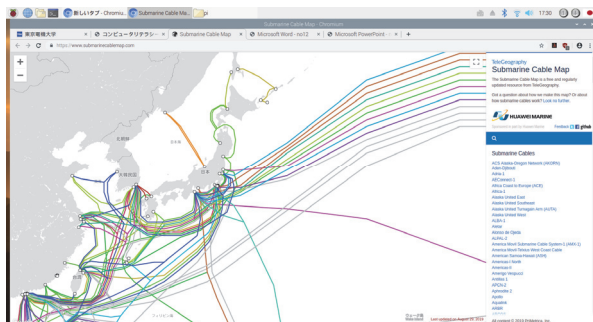


図 13 Submarine Cable Map の表示例 1

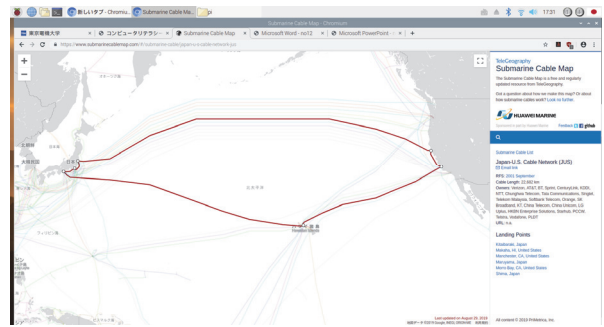


図 14 Submarine Cable Map の表示例 2

4.7 Office

Microsoft Office に対応したアプリケーションは，LibreOffice が利用できる．文書処理，表計算，プレゼンテーションの様子を，図 15 から図 17 に示す．Microsoft Office と大きく異なる点は，ツールバーの表示と配置が異なることである．また，表示は英語表現になっており，利用者を悩ませることが危惧される．図 15 は，Windows10 のノート PC で WORD2016 を使って作成した本論文の執筆中の原稿を表示したものである．レイアウトが微妙に異なり，ページの割り付けが変わるなど，細かい点で違いがあることが分かった．web ブラウザで利用できる Office365 などを使うことが，現実的な選択肢であることが分かった．図 16 は，モンテカルロ法で，円周率を求める例である．レイアウトが微妙に異なることを除き，動作した．

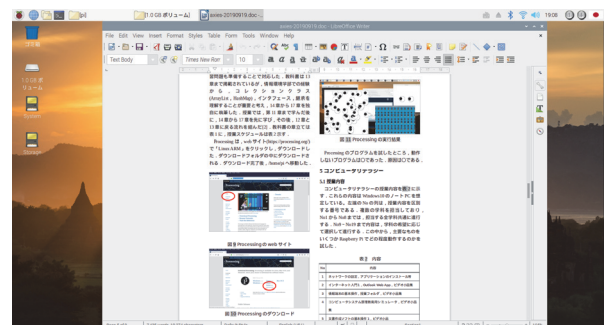


図 15 文書処理

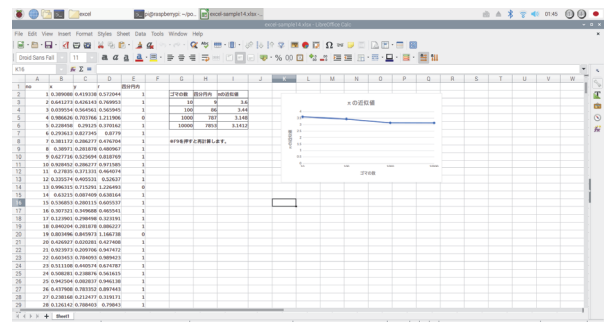


図 16 表計算

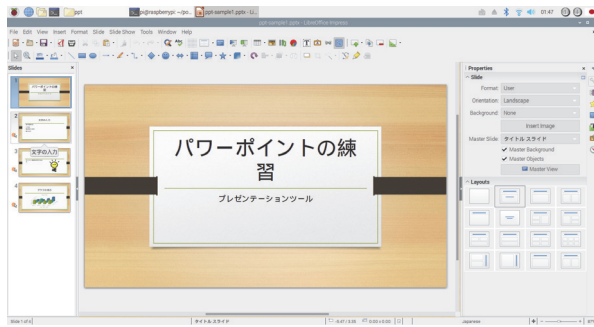


図 17 プレゼンテーション

図 17 は、パワーポイントのスライドを開いた例であるが、タイトルが 2 行になるなど、微妙にレイアウトが変化することが分かった。

4.8 UNIPA

本学のポータルサイトは UNIPA を利用しており、Raspbian 搭載の Chrome で起動できた。この様子を図 18 に示す。

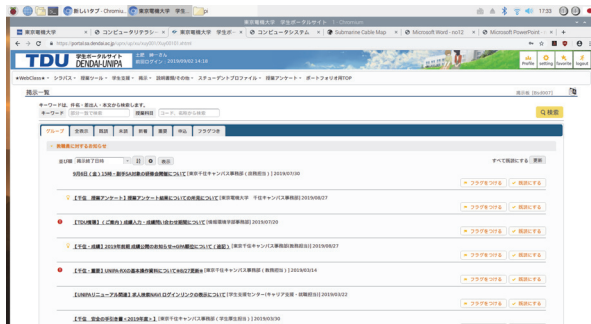


図 18 UNIPA の様子

5 コンピュータプログラミング I

筆者が担当しているコンピュータプログラミング I の授業内容のいくつかを Raspberry Pi で試した結果について以下に述べる。この授業は、C 言語を学ぶ学科と Processing 言語を学ぶ学科がある。

5.1 C 言語

教科書は、昨年度からプリント本を試作し、「ためしながら学ぶ C 言語」の名称で出版した。今年度は一部の章を大きく改定し、「ためしながら学ぶ C 言語 第2版」を完成した。章立てを表 2 に示す。このプリント本の内容は、計 138 本のプログラムが用意されている。Raspbian には C コンパイラがインストールされており、これらを対象にコンパイルチェックを行った。

コマンドは `cc prog0101.c` である。スクリプトを準備してすべてのプログラムをチェックした。三角関数を含むプログラムがエラーになり、`math.h`

をインクルードするプログラムは、`-lm` オプションを付けて `cc prog0505.c -lm` のようにコンパイルする必要があった。その他、意図的に誤りのあるプログラム、未完成のプログラムを除き、全てコンパイルできた。この様子を図 19 に示す。

表 2 C 言語の章立て

章	タイトル	頁数	プログラム数
1	学習環境の準備	8	2
2	日常生活にある値	16	14
3	不思議な数	15	9
4	問題を解く	22	6
5	デコレーション	23	16
6	便利なツールや部品の作成	31	16
7	暗号	31	24
8	文字の出現頻度	17	13
9	日本の人口	20	10
10	数当てゲーム	20	13
11	暗算クイズ	17	9
12	組込み型プログラミングの体験	15	6

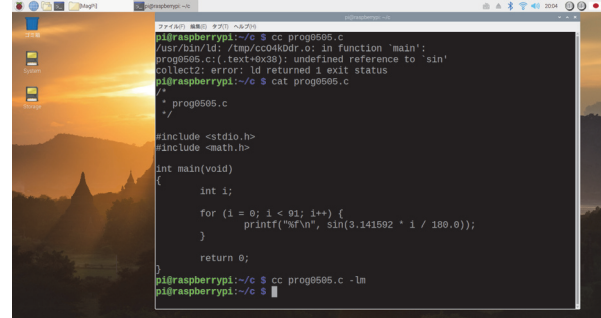


図 19 コンパイルの様子

5.2 Processing 言語

教科書は、オライリーの「Processing をはじめよう 第2版」を使っている[4]。1 年生後期に「コンピュータプログラミング I」で、1 章～9 章、11 章の配列(オブジェクトを除く)までを学び、残りの章を、「コンピュータプログラミング II」で学習する。この書籍の「はじめに」には、『「Processing をはじめよう」は教科書ではありません』との記載がある。簡潔な例題と説明が、初学者にとって学びやすい構成になっているが、説明不足な点もある。補足資料を適宜準備し、練習問題も準備することで対応した。教科書は 13 章まで掲載されているが、情報環境学部での経験から、コレクションクラス(ArrayList, HashMap)、インタフェース、継承を理解することが重要と考え、14 章から 17 章を独自に執筆した。授業では、第 11 章まで学んだ後に、14 章から 17 章を先に学び、その後、12 章と 13 章に戻る流れを組んだ。

表 3 Processing 言語の章立て

はじめに	11 章 配列
1 章 ようこそ Processing へ	12 章 データ
2 章 コードを書いてみよう	13 章 拡張
3 章 描く	14 章 インタフェース(※)
4 章 変数	15 章 ArrayList オブジェクト(※)
5 章 反応	16 章 HashMap オブジェクト(※)
6 章 移動, 回転, 伸縮	17 章 継承(※)
7 章 メディア	付録 A コーディングの心得
8 章 動き	付録 B デバッガ
9 章 関数	Processing クイックリファレンス
10 章 オブジェクト	

教科書の章立ては表 3 に示す。なお、筆者にて執筆した章は、※で示した。

Processing は Raspbian には入っていないので、図 20 に示す web サイトからダウンロードする。上部の「Download」をクリックし、図 21 に示す「Linux ARM」をクリックし、ダウンロードを行う。ファイルは、ダウンロードフォルダの中に保存される。ダウンロード完了後、/home/pi へファイルを移動した。tar コマンドで展開した後、ディレクトリを移動し、Processing を起動した。Processing の起動は、少し待たされた。主な操作を以下に示す。

```
tar xvfz processing-3.0.1-linux-armv6hf.tgz
cd processing-3.0.1-linux-armv6hf
./processing
```

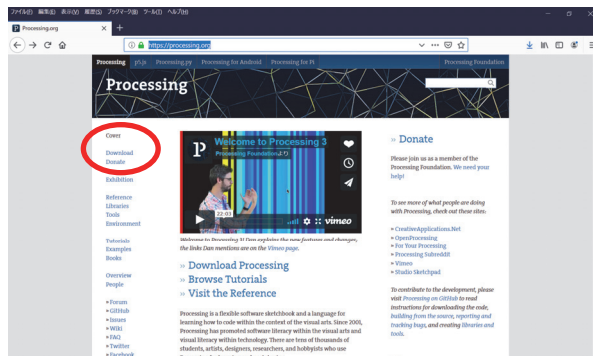


図 20 Processing の web サイト

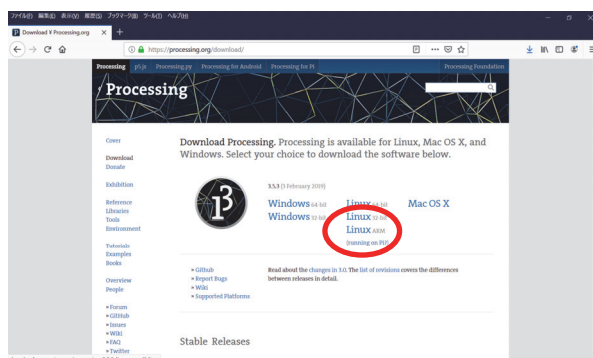


図 21 Processing のダウンロード

Processing が起動した様子を図 22 に示す。起動後、目玉がマウスの方を向くプログラムを試した。

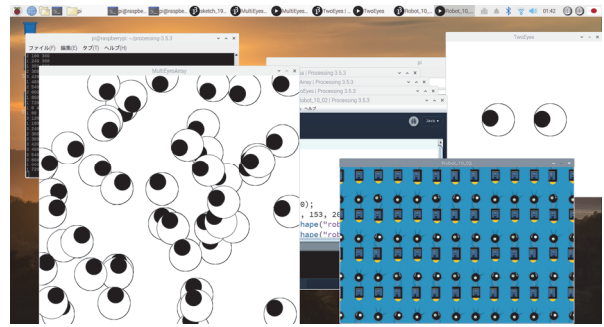


図 22 Processing の実行結果

Processing のコントリビューションマネージャで Sound のライブラリを追加し、教科書 13 章の Example 13-1 を試した。絵の動きに合わせて、効果音が出ることを確認した。この様子を図 23 に示す。Processing は、実用的であることが明らかになった。なお Example 13-2 は、マイクの音に反応するプログラムであるが、Raspberry Pi にはマイクが付いていないので、別途、USB で接続できるマイクを準備する必要がある。

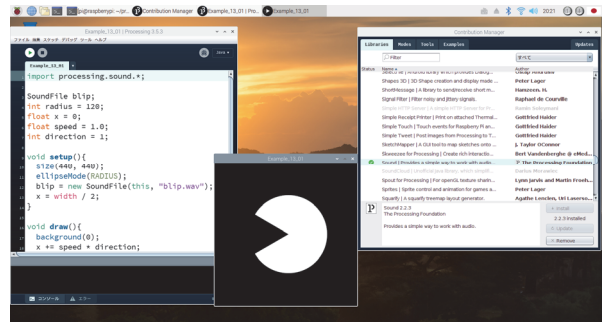


図 23 Processing の実行結果

6 発光ダイオード(LED)の点滅

情報環境学部の学生が、最初に学ぶコンピュータプログラミング A の授業で Java を学習し、授業を終えた後、エクステンションプログラムで 3 日間の集中講義を行ったことがある。タイトルは「コンピュータプログラミング A を教わった後のハードウェア入門」で、当時は Arduino を使った。典型例である発光ダイオード(LED)の点滅を、Raspberry Pi で試した。通称、L チカと呼ばれているプログラムである。この内容は、「ためしながら学ぶ C 言語 第 2 版」に掲載されている Arduino のプログラムを Raspberry Pi 用に書き換えた。

Raspberry Pi では wiringPi.h をインクルードする

ところが、ポイントである。Arduino では、`setup` 関数と `loop` 関数を定義し、これらにプログラムを記述する仕組みになっている。setup 関数では、変数などの初期化を行い、loop 関数でハードウェアに実行させたい処理を記述する。Raspberry Pi には、このような仕組みは無く、プログラマの責任で記述することになる。

以下に、LED の点滅をためすプログラムを示す。

```
#include <stdio.h>
#include <wiringPi.h>

int main(void)
{
    int i;

    if (wiringPiSetupGpio() == -1) {
        printf("error !\n");
        return -1;
    }
    printf("ok !\n");
    pinMode(10, OUTPUT);
    for (i = 0; i < 10; i++) {
        digitalWrite(10, 1);
        delay(100);
        digitalWrite(10, 0);
        delay(100);
    }
    return 0;
}
```

`wiringPiSetupGpio()`関数で、Raspberry Pi の状態を判定し、良ければ、`pinMode(10, OUTPUT);`で 10 番のポートを出力に設定する。`digitalWrite(10, 1);`関数の第 1 引数でポートを指定し、第 2 引数で 1(HIGH)を指定し、LED が点灯する。その後 `delay(100);`で 100ms の遅延を入れ、`digitalWrite(10, 0);`関数の第 1 引数でポートを指定し、第 2 引数で 0(LOW)を指定し、発光ダイオードが消灯する。その後 100ms の遅延を入れる。これらを for 文で 10 回繰り返すことにより、LED が 10 回点滅する。コンパイルと実行の様子を図 24 に、Raspberry Pi とブレッドボードに接続した LED の発光の様子を図 25 に示す。なお、回路図は省略した。

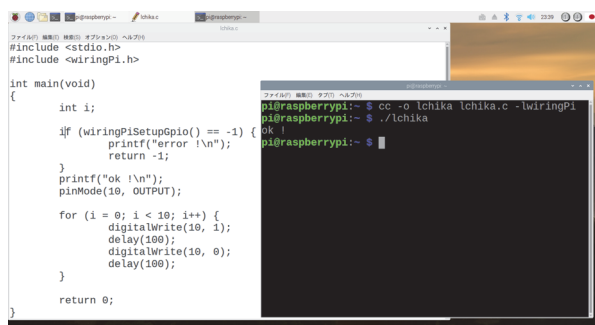


図 24 LED の点滅プログラムのコンパイルと実行

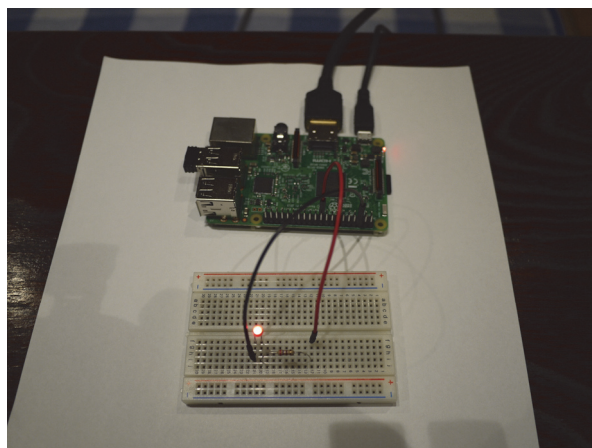


図 25 LED の点灯の様子

7 まとめと今後の課題

Raspberry Pi は、教育用に開発されたシングルボードコンピュータである。本学の共通教育「情報」で扱っている内容をいくつか試した結果、授業内容の大半をクリアできることが明らかになった。自宅と大学に Raspberry Pi の環境があれば、受講者は小さな microSD カードを持ち歩くだけで、情報教育の環境を入手できることになる。クラウドのシンクライアントが主流になりつつあるコンピュータ教室は、Raspberry Pi に置き換わる可能性も否定できない。その他、情報教育に関する実験などの環境は microSD に準備しておき、受講者の人数分準備することにより、microSD を差し替えるだけで色々な実験テーマに対応できる。まだ、Raspberry Pi を体験されていない方々に、本論文が切っ掛けになり、一度体験されることを望むとともに、情報教育への活用の実践報告を期待したい。

便利なことばかりに聞こえるが、注意しないといけないこともある。それはセキュリティについてである。「Raspberry Pi から侵入 ～NASA の事例から学ぶ IoT 時代のセキュリティ～」が事例として取り上げられている。活用用途に応じたセキュリティ対策を、今後考えておかなければならない。

参考文献

- [1] Raspberry Pi の公式サイト
<https://www.raspberrypi.org/> 2019 年 9 月 20 日閲覧
- [2] Arduino の公式サイト
<https://www.arduino.cc/> 2019 年 9 月 20 日閲覧
- [3] Raspberry Pi 3 B+ スターターキット
https://www.pc-koubou.jp/products/detail.php?product_id=662505 2019 年 9 月 20 日閲覧
- [4] Casey Reas, Ben Fry 著, 船田 巧 訳, Processing をはじめよう 第 2 版
<https://www.oreilly.co.jp/books/9784873117737/> 2019 年 9 月 20 日閲覧