シングルボードコンピュータによる
演習環境の構築

鈴木　秀男[1]

キーワード：シングルボードコンピュータ（Single Board Computer）、サーバ構築（Create a Server）、Web アプリケーション開発（Web Application Development）、演習環境の構築（Create an Exercise Environment）

要　旨

近年、高性能なシングルボードコンピュータが多く発売されている。一方で、既存の演習環境である goorm は、OS や搭載ソフトウェア自体も古く、しばしば不具合も発生している。本論文では、安価なシングルボードコンピュータで、最新の OS や搭載ソフトウェアを使った演習環境の構築について報告する。

１．はじめに

筆者が担当している Web アプリケーション開発（旧 UNIX サーバ構築 II）では、演習環境として、goorm を使用している[1)]。goorm はブラウザから利用することができ、学生はユーザ名とパスワードを使ってログインを行い、IDE からプログラムを開発し、動作確認も同じブラウザ上で Web サーバを経由して確認できる。したがって、ブラウザ上ですべての操作ができ、大変便利なツールとなっている。一方で、近年では、goorm 自体の OS も古くなり、利用できるソフトウェアのバージョンも古くなっている。また、goorm 自体のサーバの能力的な問題もあり、レスポンスの悪さや障害の頻度も多くなっている。

本論文では、シングルボードコンピュータ（以下、SBC と略す）を利用して、Web アプリケーション開発の演習環境を構築する手法について検討したので報告する。

２．goorm 上のソフトウェアのバージョン

goorm での OS は、Linux を用いているので、Web アプリケーション開発で使用しているソフトウェアのバージョンをまとめておく。Web アプリケーション開発では、OS レベ

[1] サイバー大学 IT 総合学部・教授

ルのコマンド、Web サーバ（Apache[2)]）、サーバサイド言語（PHP[3)]）、データベース（MariaDB[4)]）を利用しているので、これらのバージョンについて記しておく。

OS のバージョンは、Ubuntu14. 04LTS 版であり、2014 年 4 月にリリースされたものである。このバージョンは、すでに無償サポートは終了しており、現在は、拡張セキュリティメンテナンス期間（有償サポート期間）になっているが、これも 2024 年 4 月に終了予定となっている。

Web サーバ（Apache）のバージョンは、Apache2. 4. 7 となっている。このバージョンは、2013 年にリリースされたものである。

サーバサイド言語（PHP）のバージョンは、php7. 0. 22 となっている。このバージョンは、2017 年にリリースされたものである。

データベース（MariaDB）のバージョンは、MariaDB10. 2. 7 となっている。このバージョンは、2017 年にリリースされたものである。

このように、現状の goorm のバージョンは、かなり古くなっていることが分かる。

３．SBC の選定

近年、高性能で安価な SBC が多く発売されている。今回は、イギリスのラズベリーパイ財団により開発されている Raspberry Pi を使用して、Web アプリケーション開発に必要な環境を構築する。現在発売されている Raspberry Pi シリーズから、Raspberry Pi 4 Model B を使用する。Raspberry Pi 4 Model B には、メモリの搭載量により、2GB、4GB、8GB の 3 種類が発売されているが、今回は、4GB の Raspberry Pi 4 Model B を使用する（以下、ラズパイ 4 と略す）。

ラズパイ 4 のプロセッサは、クアッドコア Cortex-A72（ARMv8、64bit）であり、無線 LAN（Wi-Fi）、ビデオ出力（micro HDMI）、USB ポート、micro SD メモリーカードスロットを備えており、モニタ・マウス・キーボードを接続し、メモリーカードを挿入することで、操作上はパソコンのように利用することができる。

今回は、図 1、図 2、図 3 のような 3 種類のケースに格納して利用する。

図 1　ファン内蔵ケース

図 2　ファンなしケース

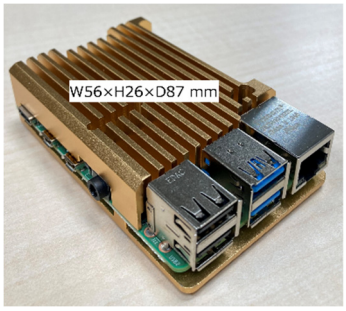

図 3　ヒートシンクのみ

図 1 のケースは、アルミ製でケース内にファンを装備している。ケースにラズパイ 4 の本体を格納すると、ラズパイ 4 にはじめから備わっている IO ピンは、直接接続できなくなるが、見た目も使用感もデスクトップ PC のような印象を受ける。

図 2 のケースは、アルミ製でパッシブ冷却のためファンは装備していない。ケースにラズパイ 4 を格納した後に、上蓋はスライド式のマグネットで作られているため、上蓋を開けることで、ラズパイ 4 の IO ピンを直接使用することが可能である。デスクトップとしても IoT などの実験にも使用することができる。

図 3 のケースは、ラズパイ 4 の基板を上下からアルミ製のヒートシンクで挟み込む形式であるが、ヒートシンク部も大きく、パッシブ冷却でも十分な効果がある。基板が見える形で、ヒートシンクを取り付けるため、IO ピンの利用はもちろんであるが、見た目にもラズパイ 4 を使っているという実感が持てる。

実際に利用する際は、図 4 のように、電源アダプタを接続し、ディスプレイ、キーボード、マウス、SD カードを取り付けることになる。ラズパイ 4 の本体には、電源ボタンがなく、電源側で ON/OFF をすることになるので注意が必要である。今回は、OA タップにスイッチ付きのものを利用しているため、タップのスイッチで ON/OFF を行うことにする。

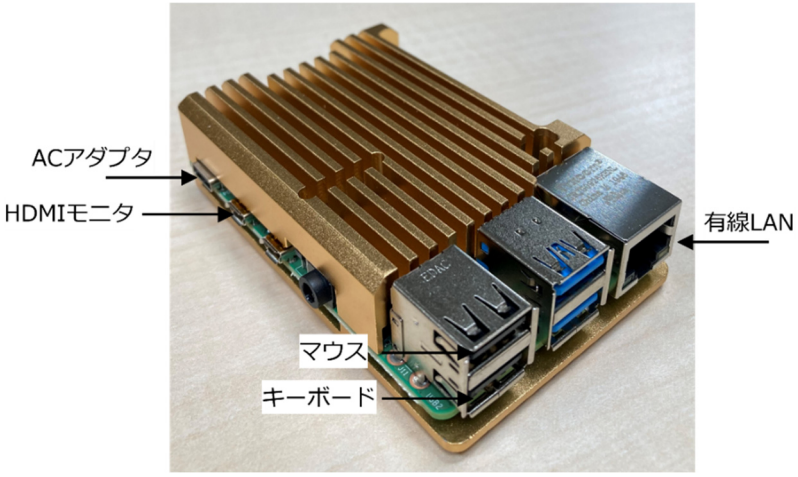

図 4　外部接続端子

4．ラズパイ 4 における OS の選定

ハードウェアの設置が完了した後は、ソフトウェアによる環境の構築となる。はじめに、ベースとなる OS の選定を行う。今回使用するラズパイ 4 は、ARM を使用しているため、Intel 系の CPU のように、多くの Linux OS が使用できるわけではない。しかし、近年は、ラズパイ 4 の人気もあり、多くの Linux OS がラズパイ 4 上で動作するようになっている。

今回は、デスクトップ環境を構築し、そこへサーバ関連のソフトウェアをインストール

することを考える。すなわち、デスクトップとしての利用を想定しつつ、サーバの機能を追加することとした。なお、OS については、SD カードから起動することを前提とする。近年では、外部ディスクからフルバージョンの OS を起動する方法もあるが、今回は、ラズパイ 4 単体で完結することとした。

ラズパイ 4 で使用できる代表的なデスクトップ環境に対応した OS として、以下のものを試したので、順に使用状況を報告する。

(1) Raspberry Pi OS[5)]

従来 Raspbian と呼ばれていた OS であり、ラズベリーパイ財団の公式 OS となっている。GUI でのインストールにも対応しており、日本語の環境構築も比較的容易であり、初心者向けの OS と言える。

(2) Ubuntu[6)]

従来より、サーバ系では、人気の高い OS であったが、近年では、デスクトップ環境も充実しており、Intel 系の Ubuntu のような操作性もあり、とても使いやすくなっている。インストールも GUI に対応しており、デスクトップ環境も充実しているため、インストール直後から特に設定不要で日本語が使用できるデスクトップ環境もある。

(3) Manjaro ARM Linux[7)]

近年人気なのが Manjaro である。インストールは GUI でとても簡単に実行できるが、日本語の設定がやや面倒ではある。

(4) fedora[8)]

インストールのエディションにより、種類を選択できるようになっており、今回は、Workstation 版をインストールした。インストール直後から日本語も使用できるが、ラズパイ 4 では、動作が重く感じた。

(5) almalinux[9)], rockylinux[10)]

両 OS は、CentOS の後継という位置付けになっている。こちらは、Minimal 版が正式にリリースされており、CUI でのインストールとなる。デスクトップ環境を構築するには、多くの追加パッケージが必要であり、日本語の設定もやや難しく、初心者というより開発者向けの OS である。

(6) Kona Linux Pi

Kona Linux Pi は、Kona Linux の Raspberry Pi 版である。GUI で簡単にインストールができ、国産の Linux のため、インストール直後から日本語も使用できる。初心者には適していると考えるが、日本国内に特化して開発されていることが大きな特徴である。

(7)その他

今回は、比較のため、gentoolinux、mageia、mxlinux、opensuse、q4os なども試してみたが、いずれも現時点では決して使いやすいものではなかった。

以上から、実用的な OS として、Raspberry Pi OS、Ubuntu、Manjaro が候補となるが、本論文では、デスクトップ環境としても広く使われている Ubuntu を使用した Web アプリケーション開発用の環境構築について報告する。

５．ラズパイ 4 での演習環境の構築（OS のインストール）

ラズパイ 4 の OS は、Ubuntu を採用し、デスクトップ環境としては、軽量でありシンプルな使用感となる MATE を利用する。ラズパイ 4 用の 64 ビット版 Ubuntu MATE を公式サイトからダウンロードして、インストールする。本稿執筆時点で最新の LTS 版は、Ubuntu MATE 20.04 であり、エディション最新版は 20.04.3 である。公式サイトからダウンロードできるラズパイ 4 用のファイルは、20.04.1 となっているため、インストール後にアップデートを行い、20.04.3 にすることとなる。

今回は、ホスト PC として Linux（Ubuntu MATE 20.04.3[11)]）がインストールされた PC を使う。ホスト PC 上に、公式サイトより ubuntu-mate-20.04.1-desktop-arm64+raspi.img.xz をダウンロードする（ファイルサイズは 1.2GB 程度）。ダウンロードしたファイルを SD カードへ書き込むことになるが、今回は Linux 版（Ubuntu）の Raspberry Pi Imager を公式サイトからダウンロードして使う。使い方は Windows 版と同様であり、図 5 のように書き込みイメージの選択、書き込みストレージ（SD カード）の選択、書き込みの順で簡単に書き込める。

図 5　Raspberry Pi Imager による書き込み

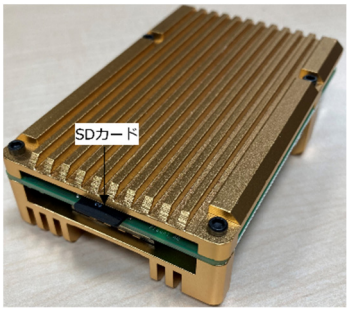

図 6　SD カードスロット

OS を書き込んだ SD カードをラズパイ 4 の SD カードスロットに挿入し、電源スイッチを ON にすることで、インストール画面が起動する。SD カードスロットは、図 6 のようにボードの裏面にある。

実際のインストールは公式サイトの手順[12)]通りで問題なく完了するが、初期画面の言語の選択で日本語を選択すれば、インストール途中の表示が日本語となる。インストール完了後、再起動をしてログインをすると、日本語の設定が「完全にはインストールされていません」と表示されるので、メッセージに従いインストールをする必要がある。また、必要に応じて、「sudo apt update」コマンド、「sudo apt upgrade」コマンドでアップデートも実施しておく。ここまでで、デスクトップ環境としての Ubuntu MATE 20. 04. 3 の構築が完了する。図 7 は OS 起動直後のログイン画面となり、図 8 はログイン直後の画面となる。

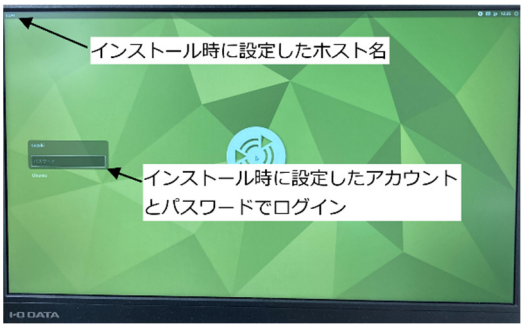

図 7　ログイン画面

図 8　ログイン後の画面

６．ラズパイ 4 での演習環境の構築（追加パッケージのインストール）

goorm と同様の演習環境を構築するために、以下のパッケージを追加でインストールする。各パッケージは、Ubuntu MATE 20. 04. 3 で提供されているものを使い、apt コマンドでインストールする。なお、apt コマンドでは、関連するパッケージも同時にインストールされる。

(1) Web サーバ：Apache（バージョン 2. 4. 41）
「sudo apt install apache2」コマンドでインストールする。

(2) サーバサイドスクリプト言語：PHP（バージョン 7. 4. 3）
「sudo apt install php7.4」コマンドでインストールする。

(3) データベース：MariaDB（バージョン 10. 3. 31）
「sudo apt install mariadb-server」コマンドでインストールする。なお、mariadb-client も同時にインストールされる。

(4) データベース管理：phpMyAdmin（バージョン 4. 9. 5）
phpMyAdmin は、データベースの管理をブラウザ上から実行できるツールであり、PHP

で実装されている。

「sudo apt install phpmyadmin」コマンドでインストールする。なお、インストール途中で、Web サーバの種類を尋ねられるので Apache を選択し、さらにパスワードを尋ねられるので適当なパスワードを設定する。

(5) データベース連携用及び関連パッケージ：php7.4-mysql など

「sudo apt install php7.4-fpm php7.4-mysql php7.4-gd php7.4-mbstring」コマンドでインストールする。

(6) その他

論文執筆用に、TeX 環境もインストールしている。

7．ラズパイ 4 での演習環境の構築（環境設定）

インストール後の環境設定は、以下のようになる。

(1) Apache

Apache をインストールした際のデフォルトでは、/var/www/html ディレクトリが、公開用のディレクトリとなっている。今回の演習では、ログインユーザのホーム配下に、public_html を作成し、ここに演習用のファイルを作成することとする。そのため、「sudo a2enmod userdir」コマンドを実行し、Apache のサービスをリスタートさせることで有効化できる。なお、無効化する際は、a2enmod を a2dismod に置き換えればよい。

有効化が完了したのち、ログインユーザのホームと public_html のディレクトリを Apache から実行できるように、他人からの実行権を与えておく。図 9 は設定完了後簡単な HTML を作成し、表示を確認したものである。

図 9　HTML の動作確認画面

（2）PHP

PHP をインストールした際のデフォルトでは、public_html ディレクトリ配下では、PHP が使えない。そこで、/etc/apache2/mods-available/php7.4.conf をエディタで開き、コメントのメッセージに従い、最後の 5 行をコメントアウトする。その後、Apache のサービスをリスタートさせることで public_html ディレクトリ配下で PHP が使えるようになる。図 10 は PHP の動作を確認するための表示例である。

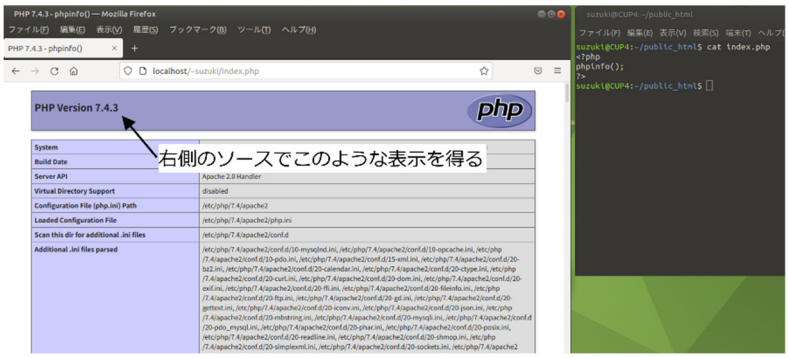

図 10　PHP の動作確認画面

（3）MariaDB 及び phpMyAdmin

データベース（MariaDB）及び管理ツール（phpMyAdmin）をインストール後、データベースを利用するためのアカウントを作成する。

講義では、phpMyAdmin の操作も紹介するので、MariaDB を起動して、データベースを作成する特権を以下のようにして与えておく。

GRANT ALL PRIVILEGES ON *.* TO 'phpmyadmin'@'localhost' WITH GRANT OPTION;
FLUSH PRIVILEGES;

実際のデータベースユーザは、phpMyAdmin から行う。ブラウザを起動して、URL 欄に、「localhost/phpmyadmin」と入力すると、ユーザ名とパスワードを聞いてくる画面となる。ユーザ名は、phpmyadmin であり、パスワードは先ほど phpMyAdmin をインストールする際に入力した文字列となる。

ログイン後は、「ユーザアカウント」タブをクリックし、「新規作成」の「ユーザアカウントを追加する」から新規ユーザを作成する。今回は、ユーザ名を student、パスワードを student999 とした。図 11 は phpMyAdmin へのログイン画面となり、上記の権限を与えたことから、ログイン後は、図 12 のように「ユーザアカウント」の追加ができるようになっている。

図 11　phpMyAdmin へのログイン画面

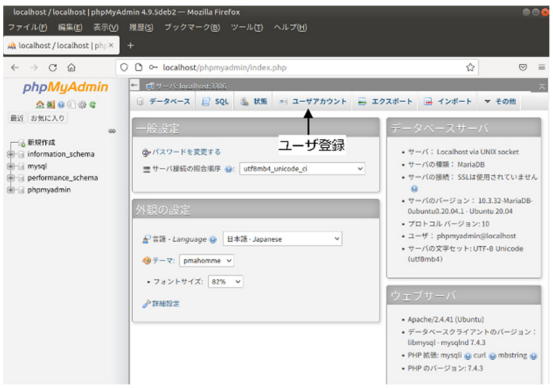

図 12　「ユーザアカウント」の追加画面

図 13 は新規に登録したユーザ名とパスワードで、データベースサーバへログインをした時の表示となる。この表示を確認することで、Web アプリケーション開発の演習環境が構築されたことになる。

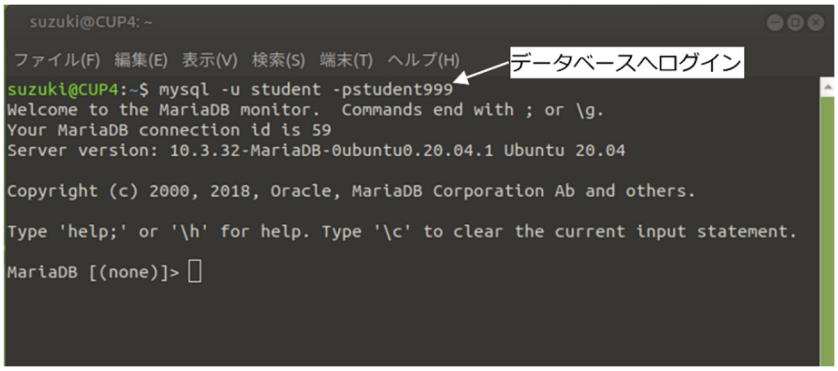

図 13　データベースサーバへのログイン確認

8．結果と考察

ラズパイ 4 に OS 及び必要なソフトウェアをインストールして構築された演習環境（以下、ラズパイ 4CB と呼ぶ）で Web アプリケーション開発における教材の実行確認をしたのでまとめておく。

インストールでは、有線 LAN を使用したが、ラズパイ 4CB での実行確認には、Wi-Fi を使用している。Web アプリケーション開発では、第 1 部：PHP の動作、第 2 部：簡単な Web アプリケーション開発、第 3 部：データベース、第 4 部：最終課題としての Web アプリケーション開発となっている。そのため、実行確認は、PHP 単体としての動作、Web サーバを経由しての PHP の動作、データベース単体としての動作、Web サーバを経由して PHP とデータベースを連携した動作を確認する。

public_html ディレクトリ配下に、各回に該当するディレクトリを作成し、そこへ事前に goorm 上で動作確認を済ませているファイルを格納する。すべてのファイルを public_html ディレクトリ配下に格納しているので、動作確認は、ブラウザの URL 欄に「localhost/~ユーザ名」と入力することで確認できる。

第 1 部で使用している PHP のバージョンは、goorm の方が古いため、ラズパイ 4CB での PHP の動作について問題は発生しなかった。

第 2 部で使用している Web サーバのバージョンについても goorm の方が古いため、ラズパイ 4CB での動作について問題は発生しなかった。goorm では、Web サーバが時々起動しない事象が発生し、その都度、Apache の起動確認をする必要があったが、ラズパイ 4CB では、安定して動作し、使用期間中 Apache の再起動をする状況は発生しなかった。

第 3 部で使用しているデータベースに関しては、goorm 上でも 1 世代古いだけであり動作として特に問題はなかった。ただし、goorm では、データベースサーバが予期せぬダウンをすることもあったが、ラズパイ 4CB では、ダウンすることなく、使い続けることができた。

第 4 部の PHP とデータベースの連携部分では、第 2 部・第 3 部と同様に、goorm では、Apache やデータベースがダウンし、操作に支障をきたすこともあったが、ラズパイ 4CB では、問題なく使用することができた。

Web アプリケーション開発では、最終課題として、「簡単な掲示板」を作成している。この掲示板では、スレッドを作成し、スレッド内にメッセージを投稿することができる。自分で投稿したメッセージについては、パスワードで保護し、このパスワードを使って編集・削除の操作が可能となっている。ラズパイ 4CB での動作も確認でき、トップページは、図 14 のようになる。図 15 は、スレッド内に既に投稿されているメッセージが 1 件あることを表している。トップページからの一連の動作については、とても軽快でストレスなく操作できていることを確認できた。

図 14　トップページ

図 15　スレッドの表示

ラズパイ 4CB では、デスクトップ環境を構築しているため、演習環境は、複数のターミナルを開くことで、効率的に演習を行うことができる。実際、4 つのターミナルを開き、ブラウザを使って作業をしても、レスポンス等に特に問題は感じられなかった。また、Linux 版のオフィス環境も備えているため、ワープロ、表計算、プレゼンテーションの開発も可能であり、TeX 環境もインストールしているため、論文の執筆も可能な状態となっている。以上より、今回の構築環境は、Web アプリケーション開発を進めるにあたって、十分な性能を保持していることが確認できた。

９．おわりに

本論文では、筆者が担当する Web アプリケーション開発に限定して演習環境を構築した。その結果、十分な性能を維持しつつ、安定的に動作することが確認できた。もし、ラズパイ 4CB を実用化することができれば、goorm 以上に演習環境が充実するものと考える。その第 1 の利点は、実機を学生が実際に操作できることである。ブラウザを使ってインターネットを介しての演習ではなく、直接実機での演習ができることになる。また、デスクトップ環境もあるため、論文やレポートの作成、クラウドキャンパスの動画視聴から課題の提出まで、ラズパイ 4CB でできるものと考える。

実際にラズパイ 4CB を実用化する場合の使い方として、以下のような使い方が可能と考える。

(1) 完成したラズパイ 4CB と、Web アプリケーション開発用に演習環境を構築した SD カードを学生へ貸与して演習用に使用する。現状の goorm でも利用料を徴収していることから、貸与料を徴収することもできる。その貸与料で、ラズパイ 4CB のサポートを外部組織等に委託することもできる。もし、複数科目で利用する場合には、対応するソフトウェアをインストールした上で、SD カードを再構築することもできる。あるいは、科目ごとに、SD カードを使い分けることもできる。後者の方が、不具合時に他の科目への影響を最小限に抑えられる一方、複数枚の SD カードを使い分ける必要が生じる。

(2) ラズパイ 4CB を学生に構築させることも可能と考える。完成したラズパイ 4 から OS やソフトウェアのインストールを通してラズパイ 4CB まで構築することが可能である。あるいは、キット一式を使って、組み立てから構築することも可能である。必要な機材は、購入または貸与することで、実際のサーバ構築演習から、サーバの運用までを実機を通して身に付けることができる。サーバ構築に関しては、学生の所有する PC に仮想で構築することもできるが、ラズパイ 4CB では、操作ミスをしても簡単に再構築ができるのが有利である。

e ラーニングでのサーバ構築の手法については、今後検討する必要があるが、本学としても特徴のあるカリキュラムとして、取り組むことができればと考えている。

参考

今回は Raspberry Pi 4（4GB）を使用したが、参考までに、費用を記しておく。正規代理店で購入すればボードは 8,000 円から 9,000 円程度であり、ケース、AC アダプタ、SD カード、キーボード、マウス等をそろえてもそれほどの金額にはならない。モニタは HDMI に対応しているものが使用できるが、別途購入する際には、ある程度の費用が必要となる。

最近、キーボードと一体化した Raspberry Pi 400 も国内で販売（1 万円程度）されはじめ、別途、AC アダプタ、SD カード、マウス等をそろえることで使用可能となる。

Raspberry Pi 4 よりも安価な Raspberry Pi 3 や Raspberry Pi Zero などの利用もあり得るかもしれない。こちらは、まだ試していないので、性能等の評価については未知である。その他にも Raspberry Pi 以外の安価な SBC やミニコンピュータを使用することも可能と考える。ただし、昨今の半導体不足の影響で、ボードの入手が難しくなっているものが多く、今回使用できなかったボードについては、今後検討したいと考えている。

注および参考 URL

1) https://ide.goorm.io/（参照日：2021 年 12 月 8 日）
2) https://openstandia.jp/oss_info/apache/（参照日：2021 年 12 月 8 日）
3) https://openstandia.jp/oss_info/php/version/（参照日：2021 年 12 月 8 日）
4) https://mariadb.com/kb/en/release-notes/（参照日：2021 年 12 月 8 日）
5) https://www.raspberrypi.com/software/（参照日：2021 年 12 月 8 日）
6) https://ubuntu.com/download/raspberry-pi（参照日：2021 年 12 月 8 日）
7) https://manjaro.org/download/#raspberry-pi-4（参照日：2021 年 12 月 8 日）
8) https://getfedora.org/ja/workstation/download/（参照日：2021 年 12 月 8 日）
9) https://repo.almalinux.org/rpi/（参照日：2021 年 12 月 8 日）
10) https://wiki.rockylinux.org/en/special-interest-groups/alt-arch/raspberry-pi（参照日：2021 年 12 月 8 日）
11) https://ubuntu-mate.org/download/arm64/focal/（参照日：2021 年 12 月 8 日）
12) https://ubuntu-mate.org/raspberry-pi/install/（参照日：2021 年 12 月 8 日）