

# まえがき

本書では、高性能な 8 ノードもしくは 16 ノードの Pi2・Pi3 スーパーコンピュータを構築し操作する方法を説明します。PC に Linux オペレーティングシステムをインストールする方法と、Pi スーパーコンピュータを設定し、通信し、最終的に操作するために Linux オペレーティングシステムを利用する方法を、詳しく、手順に沿って示します。

まず、PC 上で逐次版およびメッセージパッシングインターフェース (message passing interface; MPI) 版の  $\pi$  (円周率) を求めるコードを書いて実行する方法を学びます。この PC は 1 ノードのスーパーコンピュータとして利用します。この知識を習得して、Pi の 1 ノード 4 コアのスーパーコンピュータを設定し、前述の MPI 版の  $\pi$  を求めるコードを実行します。次に、2 ノード 8 コアの Pi スーパーコンピュータを組み立てて、MPI 版の  $\pi$  を求めるコードを再度実行します。最後に、8 ノード 16 コアの Pi スーパーコンピュータを構築します。このスーパーコンピュータを用い、MPI 構文を利用した複雑な計算を実行します。

## 対象読者

本書はマイクロコンピュータを用いたスーパーコンピュータの構築を学びたいと思っている愛好家やファンを対象としています。研究者にとっても本書は有益でしょう。プログラミングに関する前提知識は必要ですが、スーパーコンピュータに関する知識は不要です。

## 本書を読むために必要なもの

PC にインストールされた Windows オペレーティングシステムにアクセスできる Linux オペレーティングシステムと、基本的な C 言語の知識が必要です。

## 本書の構成

### 第 I 部 「スーパーコンピュータへようこそ」

#### 第 1 章 「スーパーコンピュータを始めよう」

スーパーコンピューティングの考え方の全体像を示します。この章では、フォン・ノイマン型アーキテクチャ、フリンの古典的な分類法、スーパーコンピューティングの歴史的な観点、逐次・並列計算の手法、分析的な観点から処理速度向上が必要な理由について説明します。

#### 第 2 章 「1 ノードのスーパーコンピューティング」

どのようにして 1 ノード (この例では PC) でスーパーコンピューティングを行うかを説明し、PC に Linux をインストールする方法を示します。それを使用して、逐次版と MPI 版

の  $\pi$  を求めるコードを実行します。次に、コアやプロセッサの間でタスクを割り当てるのに使われる、重要な `for` ループ構文について学びます。最後に、オイラー、ライブニッツ、ニールカントの無限級数の MPI コードを書いて（コピーして）実行し、 $\pi$  を生成します。

## 第 II 部 「Pi スーパーコンピュータの構築」

### 第 3 章 「最初の 2 ノードを準備する」

どのように 2 ノードの Pi スーパーコンピュータを構築するかを説明します。最初に、部品のリストを示します。その後、Pi マイクロコンピュータの起源とその技術仕様について学びます。次に、PC からマスターノードに必要な MPI テストコードを転送するために必要なマスターノードの設定方法を示します。最後に、2 ノード（マスターとスレーブ 1）のスーパーコンピュータの作成に向けて 1 つ目のスレーブノードを設定します。

### 第 4 章 「固定 IP アドレスと hosts ファイルを設定する」

マスター、スレーブ 1、ネットワークスイッチの固定 IP アドレスを設定する方法を説明します。次に、hosts ファイルの設定方法を学びます。

### 第 5 章 「すべてのノードに共通のユーザーを作る」

マスターノードで新規ユーザーを作成する方法、マスターノードで作成した新規ユーザーのパスワードを作る方法、スレーブ 1 ノードで新規ユーザーを作成する方法、スレーブ 1 ノードで作成した新規ユーザーのパスワードを作る方法を説明します。さらに、パスワードを使わずにノード間をシームレスに移動するために必要になる特別な鍵を、マスターノードで生成する方法、そして、この鍵をマスターノードからスレーブ 1 ノードにコピーする方法を学びます。次に、特別な鍵によるすべてのノードに対するシームレスなアクセスを楽にするために、マスターノードで `.bashrc` ファイルを編集します。

### 第 6 章 「マスターノード上にマウント可能なディレクトリを作る」

ディレクトリ（フォルダ）を作成する `mkdir` コマンド、エクスポート（export）したディレクトリの権限を root ユーザーから新たなユーザーに変更する `chown` コマンド、マスターの Pi がマスターでエクスポートしたディレクトリをスレーブノードにエクスポートできる `rpcbind` コマンドの使用方を説明します。また、マスターノードでエクスポートするディレクトリを容易にスレーブノードにエクスポートするために使われる `exports` ファイルの編集方法、`nfs-kernel-server` コマンドの使用法、マスターノードでエクスポートするディレクトリをマウント可能にしてスレーブノードが利用するための起動スクリプト `rc.local` の編集方法、さらに、MPI コードが置かれているエクスポートするディレクトリを手動でマウントする `mount` コマンド、ファイルの中身を表示する `cat` コマンド、ファイルやコードをエクスポートするディレクトリにコピーする `cp -a` コマンド、与えられた問題に取り組むために任意のノードもしくはすべてのノードやコアに仕事を割り振る `mpiexec -H` コマンドの使用法を学びます。

### 第 7 章 「8 ノードを設定する」

8 ノードもしくは 16 ノードの Pi スーパーコンピュータをどのように設定するかを説明します。自動的に `mount` コマンドを実行するためにスレーブ 1 ノードで `fstab` ファイルを

編集する方法、MPI のテストコードが置いてあるエクスポートするディレクトリを自動的にマウントするためにスレーブ 1 ノードで `rc.local` ファイルを編集する方法、一時的な IP アドレスを反映するためにマスターノードとスレーブ 1 ノードで `hosts` ファイルを編集する方法、残りの 6 スレーブノードもしくは 14 スレーブノードのホスト名を編集する方法を示します。その後、SD formatter for Windows を使って残りのスレーブの SD カードをフォーマットする方法、および、Win32 Disk Imager を使ってスレーブ 1 の SD カードイメージをクラスタ内の残りのスレーブノードにコピーする方法を示します。そして、実際の IP アドレスを反映するために、マスターノードとスレーブノードの `hosts` ファイルをもう一度編集・更新し、スーパークラスタノードにある `interfaces` ファイルを編集し、最後にネットワークスイッチ上で残りのスレーブノードの MAC アドレスと IP アドレスを更新します。

## 第 8 章 「スーパークラスタを試す」

Pi コンピュータをシャットダウンする `shutdown -h now` コマンドの使用方法、MPI 版の  $\pi$  を求める関数を驚くほど速く解く `mpirun -H` コマンドの使用方法、そして、スーパーコンピュータを操作しやすくする `bash` スクリプトファイルを作成する方法を説明します。

## 第 III 部 「実世界のアプリケーション」

### 第 9 章 「実世界の数学アプリケーション」

正弦 (sine)、余弦 (cosine)、正接 (tangent)、自然対数 (natural log) 関数のテイラー級数の逐次版と MPI 版のコードを書いて実行する方法を説明します。

### 第 10 章 「実世界の物理アプリケーション」

振動弦のための MPI コードを書いて実行する方法を説明します。

### 第 11 章 「実世界の工学アプリケーション」

逐次版と MPI 版ののこぎり波信号のフーリエ級数のコードを書いて実行する方法を説明します。

## 表記法

本書では、さまざまな種類の情報を区別する文字書式が使われます。ここでは、これらの書式の例とそれぞれの意味を説明します。文書に出てくるソースコードの文字列、データベースのテーブル名、ディレクトリ名、ファイル名、ファイルの拡張子、パス名、ダミーの URL、ユーザーの入力、Twitter のハンドル名は、等幅フォントを用いて、例えば

```
shutdown -h now コマンドを使って終了するには…
```

のように表します。

すべてのコマンドラインの入出力は、次のように表記します。

```
alpha@Mst0:/beta/gamma $ time mpirun -H Mst0,Mst0,Mst0,Mst0,Slv1,Slv1,  
Slv1,Slv1,Slv2,Slv2 MPI_08_b
```

重要語句は、太字で示します。また、メニュー名やダイアログボックス名、ボタン名、アイコン名などの画面上の部品は、例えば

Windows 7のマシンでは、[システムとセキュリティ] をクリックし、[システム] [デバイスマネージャー] [プロセッサ] をクリックします。

のように、[ ] で括弧で表します。



警告や注意事項はこのようなアイコンを使って示します。

## 用語の意味

- NOOBS (New Out Of Box Software) : Raspberry Pi に OS をインストールするインストーラ
- Raspbian : Raspberry Pi 財団の公式サポート OS
- クラスタ (cluster) : 1つのユニットとして一緒に動作するために接続されたコンピュータの集合
- コア (core) : 命令を読み込んで、特定の機能を果たす処理装置
- スーパークラスタ (super cluster) : スーパーコンピュータと同義
- スレッド (thread) : 現在処理されている一連のコマンド
- ノード (node) : 単一のコンピュータ

## 謝辞

原稿を読み、Pi クラスタを構築しテストしてくださった Isaiah Blankson 博士に感謝いたします。

本書で使用しているコードは、共立出版ウェブサイトの本書のページ

<http://www.kyoritsu-pub.co.jp/bookdetail/9784320124370>

からダウンロードできます。

※ Raspberry Pi は、Raspberry Pi 財団の商標です。