

# まえがき

現在では、大型コンピュータ、パーソナルコンピュータ (いわゆる PC)、タブレット端末、スマートフォン、組み込み家電、身の回りに着用するウェアラブル端末など多くの IT 製品で、マルチプロセスあるいはマルチタスクに対応した高度なオペレーティングシステム (略して OS と呼ばれる) が使用されている。これらの OS の上では、複数のプログラムが疑似並列的に動作する。したがって、ユーザの皆さんは、1 台のコンピュータシステムでファイルを印刷しながらインターネットにアクセスし、ついでに文書を作成する、などといった複数の作業を、ごく当たり前のように行っている。

マイクロチップは、身の回りのほとんどの電気製品や工業製品に組み込まれているので、その制御に使用されるマルチプロセス OS あるいはマルチタスク OS に関する知識は、多くの方々にとって必須のものとなってきている。しかし、マルチプロセス OS やマルチタスク OS 上のプログラミング (以下、並行プログラミングと呼ぶことにする<sup>1)</sup>) の概念はなかなか習得困難であり、適当な入門書や教科書も少ない。

そこで、本書の作成に当たっては、C 言語の入門課程を修了した方々を対象に、Linux をベースとしたオペレーティングシステムの概念を解説し、演習によって並行プログラミングの感覚を体得していただくことを目標とした。内容としては、本書の前半部 (第 6 章まで) で、やさしいプロセスの解説と実習に始まり、Linux とユーザの窓口となるシェルについてその仕組みを簡単な例題で解説し、ファイル入出力のより詳細な解説を加え、パイプ、メッセージキュー、共有メモリなどを使用したプロセス間通信について解説した。また、後半部 (第 7 章以降) では、より小さな並列実行のプログラム単位であるスレッドについて解説し、mutex による排他制御、条件変数による同期制御の解説を行った後、タスクのスケジューリング手法について解説した。後半部の最後には、非同期的にイベントを処理するための、いわゆるソフトウェア割り込みに相当するシグナルについても解説した。

こうした内容としたことから、本書は、C 言語の中級課程のテキストとして、オペレーティングシステムに関連する授業のテキストとして、また、組み込みシステムに関連する授業のテキストとしても、十分に活用していただけるものと思う。また、本書では、各章ごとに適当な演習問題を追加しており、巻末には、全ての演習問題の解答またはヒントを掲載しているので、

---

<sup>1)</sup> オペレーティングシステムやデバイスドライバの開発などのように、よりハードウェアとの関わりが深いプログラミングはシステムプログラミングと呼ばれる。

自習用のテキストとしても十分使用していただけるものと思う。

大学や専門学校の授業では、Linux システムが導入されているケースも多く、このテキストで受講することもできるが、自宅での学習には個人での Linux 環境が必要となる。そのため、本書の最初に、準備として Linux ディストリビューションのひとつとして広く利用されている Ubuntu について解説した。ここで、Ubuntu ディストリビューション (特に、日本語) の開発プロジェクトに携わってこられた方々に対して、厚く感謝申し上げたい。本書は、Ubuntu ディストリビューションがなければ完成しなかった。

本書を通じて、多くの方々が、オペレーティングシステムや並行プログラミングに対する興味を持ち、理解をより深める手助けとなれば望外の喜びである。

なお、本書の前半部 (第 1 章から第 6 章) は重松が、Linux 実行環境の準備および後半部 (第 7 章から第 12 章) は猪平が、それぞれ主として担当した。

最後に、本書の出版にあたり大変お世話になった共立出版社の寿日出男氏、および編集担当の中川暢子さんに感謝したい。

平成 26 年 9 月吉日

著者ら記す

# Linux 実行環境の準備

## Ubuntu とは

大学やコンピュータ専門学校などでは、Linux 環境が整えられており、Linux を用いてプログラミングの勉強をするのは、あまり問題がない。しかし、一般の人たちが Linux を勉強するには、自宅の PC に Linux をインストールしなければならない。そのような場合には、インターネットで配布されている Linux ディストリビューションを使用するのが便利である。Linux ディストリビューションには、サーバやデスクトップとして利用可能な Linux オペレーティングシステムのカーネル、シェル、GNU の基本ライブラリ、ファイル操作プログラム群などのソフトウェアとインストーラが含まれている。カーネルや主要ソフトなどの独自のアップデートシステム (パッケージ管理システム) を持つものもある。このディストリビューションには、Debian 系、Red Hat 系、Slackware 系、独立系など、様々なものがある。これらの中で、広く利用されているものの 1 つが Ubuntu(ウブント)である。

Ubuntu は、コミュニティによって開発されている Debian GNU/Linux をベースとしたオペレーティングシステムであり、ラップトップ、デスクトップ、そしてサーバに利用することができる [1,2]。Ubuntu には、家庭・学校・職場で必要とされるワープロやメールソフトから、サーバソフトウェアやプログラミングツールまで、あらゆるソフトウェアが含まれている。Ubuntu は、将来にわたって無償で提供されることが保証されている。ちなみに、Ubuntu は、アフリカの単語で「他者への思いやり」や「皆があつての私」といった意味を持つということである [3]。

## Ubuntu 利用には注意が必要

Ubuntu はシステム要件として、動作する CPU が x86 PC、または 64 ビット PC であることをあげている。また、少なくとも 256 メガバイトの RAM(Desktop CD を使ってインストールする場合は少なくとも 384 メガバイトの RAM) と 4 ギガバイトのディスクスペースが必要であるとも指定されている。最近の Windows PC であれば、この要件は満たしているので、問題はない。

通常 Ubuntu を Windows PC にインストールすると、その PC は Linux と Windows のデュアルブートシステムになってしまう。デュアルブートシステムを選ぶと、それまで使用していた Windows 単独でのブートシステムに戻すためには高度な PC の知識が必要になる。また、

Ubuntu のアンインストール手順は用意されていない．したがって，Ubuntu をインストールする PC は，Linux を勉強するための**メインで使っていないもの**を使用して欲しい．一例として，処理が遅いので使っていなかった 2006 年発売の東芝製の Windows XP PC<sup>2)</sup>を再利用することにした．以下の説明は，この PC へのインストールの経験に基づいている (最新のインストール情報はホームページ [5] を参照のこと)．

Ubuntu のインストールと起動の詳細については付録 B を参照して欲しい．

---

<sup>2)</sup> CPU : Intel Celeron M 370 1.5 GHz, メモリー : 512 MB(後に, 1 GB 増設), ディスク : 80 GB, ドライブ : DVD マルチドライブ, ディスプレイ : 15.4 WXGA