

本書について

コンピュータは、普及が著しいスマートフォンやタブレットに使われており、GoogleやFacebookなどのデータセンターにも大量に使われています。私たちの生活に欠かせないものとなっているコンピュータですが、そのしくみを知って使っている人は少ないのではないのでしょうか。

本書は、コンピュータのしくみを理解したい人のための本です。コンピュータは、多くの科学者の研究や技術者の開発の成果であり、コンピュータがどのようなしくみになっているかは、それ自体が興味深い物語です。また、これらの技術を学ぶことは、コンピュータ関係の仕事に携わっている方、将来携わろうと考えている学生の方の役に立つことでしょう。

本編の解説では、コンピュータのハードウェアのしくみの説明が主ですが、そのしくみをうまく使って、性能の高いプログラムや消費電力を減らすプログラムの作り方についても多くのページを割いて解説しており、プログラマの方の役に立つ本になっています。

本書のタイトルでは「コンピュータアーキテクチャ」と冠した入門書と謳っていますが、本書は計算機科学(Computer Science)で言う「プロセッサのアーキテクチャ」の入門書ではありません。プロセッサの命令セットアーキテクチャやマイクロアーキテクチャについても解説をしていますが、アーキテクチャという言葉を広く捉え、プロセッサだけでなく、メモリやストレージ、さらに、最近重要性を増しているグラフィックスプロセッサ(GPU、Graphics Processing Unit)、ディスプレイやタッチパネルなどの入出力装置などコンピュータ全般にわたって、これら主要な構成要素がどのような構造になっており、どのように動作するのかを解説しています。

スマートフォンやタブレットなどの電池で動かす機器はもちろんですが、データセンターで使われるサーバでも消費電力の低減が強く要求されています。本書では、なぜ、プロセッサは電気を喰うのかから説明を始め、主要な低電力化技術から最新のCPUパッケージに搭載する安定化電源や、ソフトウェアと協調してプロセッサを長く休ませる省電力技術までを説明しています。いろいろな技術が組み合わされており、どのようにして低電力化が実現されているかは、非常におもしろいでしょう。

最近ではPCだけでなく、スマートフォンのプロセッサもマルチコアに

なり、並列処理を行っています。並列処理のメカニズム、注意点、どのようにプログラムを作れば、より高い性能を引き出せるか、より消費電力を減らせるのかについても説明しています。

また、記憶容量が増大し、SSD(Solid State Drive)としてHDD(Hard Disk Drive、ハードディスク)の領域まで進出してきたNAND Flashメモリ、スマートフォンからPCまで、入出力の主力デバイスとなってきた液晶パネルとタッチパネルの技術についても詳しく解説しています。

そして、ネットの向こう側にあるデータセンターやスーパーコンピュータについても解説し、これらのセンターへの電力供給から冷却までもカバーしています。

このように広い範囲のコンピュータ技術について解説している本は、他にないと自負しています。紙幅が限られているため、専門的な教科書のような説明はできませんが、重要なポイントを押さえて、コンピュータに関連する主要な要素について、それがどのようなものであり、どのような原理で動作しているのか、どうすればうまく使えるのかを理解してもらえようということを目指して解説を行いました。

本書の読者としては、コンピュータの構造を勉強したいという学生の方や若いエンジニアの方、そしてコンピュータがどう作られているかを理解して、性能の高いプログラム、消費電力の少ないプログラムを書きたいと考えているプログラマの方々を対象と考えています。

なお、コンピュータのしくみを解説するという点で、前著『プロセッサを支える技術——果てしなくスピードを追求する世界』(技術評論社、2011)と同じ分野の本であり、基本的な技術の説明対象は重複している部分がありますが、文章はすべて書き下ろしで、前著以降に出てきた新しい技術をカバーしています。本書を理解するために、前著を読んでおく必要はありませんが、プロセッサを中心とした基本的な技術については、前著の方が詳しく書かれているので、必要に応じて読んでいただければ幸いです。

本書が、コンピュータのしくみを学び、よりうまく使えるようにしようという方々の役に立つことを願っています。

2014年3月 Hisa Ando

本書の構成

本書は、コンピュータのしくみを学びたいという方、より良いプログラムを書きたいという方を対象とし、以下のような構成で書かれています。

第1章 コンピュータシステムの基本

第1章はインタラクションです。コンピュータの基本的な概念や用語など、第2章以降を理解するために必要な基礎知識をわかりやすくまとめました。

第2章 プロセッサ技術

論理的なプロセッサの構造を規定する命令アーキテクチャと、それをどのようなハードウェアで実現するかというマイクロアーキテクチャを解説し、プロセッサのしくみとどのように動くのかを平易に解き明かします。

第3章 並列処理

最近ではマルチコア、マルチスレッドのプロセッサが一般的になっています。複数のプロセッサを使用してプログラムの性能を上げるやり方を詳しく解説しています。また、複数のプロセッサを使う場合に起こる問題と、その回避方法についてもカバーしました。

第4章 低消費電力化技術

現在のプロセッサでは、消費電力の低減が一番ホットな技術開発となっています。電力を減らすための多彩な技術について、ポイントを押さえて説明しています。

第5章 GPU技術

プロセッサチップの中で、グラフィックス表示を行うGPUの方がCPUよりも大きな面積を占める時代になっています。この3Dグラフィックス表示技術の基礎から、GPUのしくみやうまく使うプログラミングについてまとめています。

第6章 メモリ技術

メインのDRAM技術から、高バンド幅を実現するHMC(後述)など最新のメモリ技術までをカバーしています。

第7章 ストレージ技術

磁気記録のHDDから、NAND Flashを使うSSDまでをわかりやすく解説しています。

第8章 周辺技術

CPUと周辺装置の接続の基本的な考え方から、スマートフォンやPCではどのような周辺装置を使われているかを解説します。そして、液晶ディスプレイとタッチパネルについて原理を詳しく説明しています。

第9章 データセンターとスーパーコンピュータ

GoogleやFacebookのデータセンターや、スーパーコンピュータといった巨大規模のコンピュータシステムの構成と電力供給、冷却などを含めて解説を行いました。

※初出について

本書の第1章～第6章と第8章の一部の解説および図版は、拙著『プロセッサを支える技術』(技術評論社、2011)の解説をベースに、追記・改変を行って使用しています。