

はじめに

マイクロエレクトロニクスの発展によって、コンピュータがますます高性能、低価格、小型化し、世の中至る所にコンピュータが存在する「ユビキタスコンピューティング」、また、地球上どこにでも浸透して存在を気にする必要がない「パーベイシブコンピューティング」の時代が到来した。現在のコンピュータの代表であるパソコン、タブレットコンピュータ、そして、ほとんどの人が利用しているスマホ、それらが、ネットワークを介して、Webサーバなどと、それぞれが有機的に関係しつつ、統合的にシステムを形作っている。

このように、コンピュータが単につながっているだけでなく、生活にかかわるいろいろなことがすべて何らかの形で、ネットワークを介して、コンピュータを利用するようになっている。これらの基本となる技術が、本書で述べる分散システムである。

分散システムは、コンピュータとネットワークの両者を統合化するための技術であり、本来1台単独で動いていたコンピュータをネットワークで結び付けようとするものである。それも単に回線で結び付けるものでなく、複数のコンピュータを相互に有機的に結び付け、全体が巨大な情報システムとして動作させるものである。このような分散システムを実現するためには、各種の新しい技術が必要となってくる。これら技術を本書ではわかりやすく、かつ親切に説明している。

本書は、次の構成となっており、15週講義用の教科書として使用することを想定している。また、各章の終わりには演習問題を付け、読者の理解度を確認できるようにしている。さらに、推薦図書と参考文献という形で理解を一層深めることに適した関連の図書を推薦している。

第1章では、分散システムについて、その役割、目的についてまず説明し、その後、分散透過性、開放性、そして、分散システムの制約について述べる。

第2章では、分散システムの種類として、分散コンピューティングシステム、分散情報システム、そしてパーベイシブシステムの3つをあげ、その観点から説明する。

第3章では、分散システムを実現するアーキテクチャについて、まず、アーキテクチャの型として、階層型、オブジェクトベース、データ中心型、イベントベースの4つのアーキテクチャを紹介し、システムアーキテクチャとして、集中型アーキテクチャと分散型アーキテクチャ（垂直・水平）について述べる。

第4章では、プロセスとスレッドが分散システム上でどのように実現されているかを述べ、続いて、仮想化技術に関して、ハードウェア、OS、そして、ミドルウェアの3つのレベルから述べる。また、コードを他のマシン上で動作させるコードマイグレーション技術を紹介する。

第5章では、分散システム構築に必要なクライアントサーバモデルとソケット通信について述べる。クライアントサーバモデルは、クライアント側とサーバ側からその実現技術を述べている。また、分散システムで送信側と受信側でデータのやりとりをするために基本となるソケット通信におけるデータ送受方法について述べる。

第6章では、分散システムにおける構成要素間での通信について、基本概念となるネットワークアーキテクチャについて、まず、ARPANETにおいて実現されたネットワークアーキテクチャの基本概念である階層化、サービス、プロトコルについて紹介し、その後、OSI基本参照モデルとその機能、TCP/IP参照モデルとその機能を紹介し、最後にネットワークを介して、プロセスを実行させるリモート手続き呼び出しについて述べる。

第7章では、まず分散システムにおける名前付けに関する一般的な課題について述べる。次に、構造化されないフラットな名前付け、および、構造化された名前付けに関する主要技術について説明する。最後に、エンティティが持つ属性に基づく、属性ベースの名前付けについて述べる。

第8章では、ネットワークを介してプロセスの同期方法について、まずクロック同期について、物理クロックと論理クロックについて述べる。リソースを共有するために必要となる排他制御と選任アルゴリズムを紹介する。

第9章では、信頼性をあげるために必要な複製とその一貫性について、まず、なぜ複製が必要であるかをスケラビリティの観点から紹介し、続いて、一貫性モデル、複製管理、及び一貫性プロトコルを述べる。

第10章では、信頼性をあげるために必要なフォールトトレラント性について、プロセスの回復力、高信頼クライアントサーバ間通信、高信頼グループ間通信、分散コミットおよび回復について述べる。

第11章では、セキュリティに関して、まず情報セキュリティの特性を紹介後、暗号、セキュアな通信路、アクセス制御及びセキュリティ管理について述べる。

第12章では、分散ファイルシステムのアーキテクチャについて述べた後、その事例としては、NFS、Google File System、Hadoop、Chord、GlusterFS、およびOpenStackSwiftを紹介する。また、分散オブジェクトの概念とその技術を紹介する。

第13章では、分散Webシステムについて、歴史、基本構成、形態について説明し、次に分散Webシステムで用いられているプロトコルであるHTTPについて述べる。続いて、実用的な分散Webシステムを実現する工夫と分散Webシステムの新たな展開を紹介する。

第14章、第15章では、分散システムが実際にどのように構築展開されているかを述べる。まず、第14章では、パーベイシブシステムと分散組み込みシステムを概括後、組み込みシステムにおける分散処理、OSと割り込みの関係を述べた後、密結合型マルチプロセッサでの排他制御を中心とする実現方式を紹介する。次に、第15章では、共有メモリ型密結合型マルチプロセッサ構成のシステムにおける排他制御の具体的な実現方法を紹介する。

本書をまとめるにあたって大変なご協力をいただきました。未来へつなぐデジタルシリーズの編集委員長の白鳥則郎先生、編集委員の高橋修先生、岡田謙一先生、および編集協力委員の片岡信弘先生、松平和也先生、宗森純先生、村山優子先生、山田園裕先生、吉田幸二先生、ならびに共立出版編集制作部の島田誠氏、他の方々に深くお礼を申し上げます。

2015年9月

著者代表 水野忠則