

改訂 コンピュータ概論

工 学 博 士 半 谷 精 一 郎
博 士 (工 学) 長 谷 川 幹 雄 【共 著】
博 士 (工 学) 吉 田 孝 博

コ ロ ナ 社

は し が き

いまから70年以上前に誕生したコンピュータは、当初、計算のみを行わせることを目的としていた。しかし、コンピュータの性能が大きく向上し、プログラムによってさまざまな処理に対応できるようになって、もはやコンピュータが社会基盤や個人の生活を支えるうえで必要不可欠のものとなったことはだれも疑わない。その背景には、CPUやメモリの高集積化や高速化、薄型で高い解像度を持つディスプレイの登場、有線・無線のネットワークの普及、クラウドや人工知能といった新たなソリューションとそれらを利用するビジネスの拡大などがある。

コンピュータの定義も時代の変遷とともに大きく変わってきた。メインフレームとよばれた大型のコンピュータは、現在はスーパーコンピュータへと進化し、自然現象のさまざまなシミュレーションに利用されて環境変動の予測や減災に役立てられている。わが国で2012年から稼働している「京」も例外ではなく、2019年には後継のスーパーコンピュータにその役割がバトンタッチされる。一方、おおよそ40年前に市場に出てきたパーソナルコンピュータ(PC)の年間出荷台数は2018年に世界で2.7億台程度であるのに対し、だれもコンピュータとはよばないがCPUが内蔵されたモバイルデバイスの年間出荷台数は19億台にも上っている。しかし、モバイルデバイスの多くはアプリケーションプログラムをダウンロードし、タッチパネルでキーボードを操作してさまざまな処理を行わせることから、当然、コンピュータの範疇といえる。

このようなコンピュータそのものの変化は、わが国のコンピュータ産業にも大きな影響を与えた。いわゆるPCの出荷台数は激減し、製造にかかわる企業も減少した。PCの製造拠点もアジアを中心とした海外に移り、それに代わってモバイルデバイスの部品製造を担う企業やコンピュータを利用する新たなサービスに移行した企業も増えている。モバイルデバイスの普及とアプリケーションプログラムの拡大に伴って、メガ企業も生まれた。GAFA (Google, Apple, Facebook, Amazon) がそれである。Googleは検索エンジン、Appleはモバイルデバイス、FacebookはSNS (social networking service)、Amazon

はネットショップでそれぞれ成功を収めた企業であるが、残念ながら日本の企業ではない。今後のわが国の IT 技術者にとって、「Look forward, Reason back. (Michael Cusumano (マサチューセッツ工科大学教授))」の言葉のように、コンピュータの未来を見据えてそのためにいま何をやっていくかを考え、リスクを恐れずに実践することが重要であるといえる。

本書の初版が発行された 2008 年当時は PC 全盛時代であり、プログラム開発はもちろんのこと、ネットワーク上での情報検索やメールのやり取りには PC が用いられていた。その後の 2011 年頃よりモバイルデバイスのスマートフォン (スマホ) の利便性が社会に好感され、PC のプログラム開発用途以外の機能はスマホに引き継がれた。こうしたコンピュータの変遷をふまえこれまでも見山友裕先生 (山陽小野田市立山口東京理科大学教授) および長谷川幹雄先生のご協力を頂きながら少しずつ本書の改訂を行ってきたが、IT 技術の進展はハードウェアおよびソフトウェアのみならず社会構造をも急激に変化させており、大きな改訂をしなければ今後の IT 技術者のための教科書にはなりえないと判断した。ただし、本書の原点である『電子計算機概論 (1990 年発行)』、『改訂電子計算機概論 (2001 年発行)』を企画された黒川一夫先生 (元通商産業省工業技術院電子技術総合研究所電子計算機部長, 1980 年より 1999 年まで東京理科大学教授) の目的とされたハードウェアに重点を置いたコンピュータの入門書としての役割は引き継ぎつつ、上述したハードウェア技術の発展やアプリケーションプログラムに関する考え方の変化を含めて若い学生諸君に受け入れられように内容を一新した。そのため、新たに著者として加わっていたいただいた吉田孝博先生には、新しい技術にかかわるところを若い視点でご執筆いただいた。

本書の構成は半谷が担当して決めたが、その骨格は『コンピュータ概論 (2008 年発行)』初版の執筆時にできていたものを改訂したもので、見山友裕先生には改めて謝意を表したい。

最後に、本書の出版に際し、多くの労を取っていただいたコロナ社の方々に心から謝意を表する次第である。

2019 年 2 月

著者を代表して 半谷 精 一 郎

目 次

1. コンピュータの歴史とそれを支える基盤技術

1.1 IT社会とコンピュータ	1
1.2 コンピュータの誕生と発展	2
1.2.1 初期のコンピュータ	2
1.2.2 集積技術の発達とIT革命	4
1.3 21世紀のコンピュータと社会革命	9
1.4 コンピュータの基本構成	11

2. 数と文字の表現法

2.1 整数データの表現法	14
2.1.1 自然2進表現	14
2.1.2 2の補数表現	16
2.1.3 2進数の加減算	17
2.1.4 2進数の乗除算	19
2.2 小数データの表現法	20
2.2.1 固定小数点表現と浮動小数点表現	20
2.2.2 小数データの演算	25
2.3 文字データの表現法	26
2.4 マルチメディアデータの表現法	29
演習問題	31

3. 論理回路

3.1 電気回路による0と1の表現	32
3.2 ブール代数と論理回路	33
3.2.1 ブール代数	33
3.2.2 論理式と回路構成	35

3.2.3	論理式と真理値表	38
3.2.4	トランジスタ回路と集積回路による論理回路の実現	39
3.2.5	基本論理回路のシンボル	41
3.3	組合せ論理回路の設計 (AND-OR 形式による設計法)	42
3.3.1	基本論理式の求め方	43
3.3.2	論理式の簡略化	44
3.4	組合せ回路	48
3.4.1	エンコーダ	48
3.4.2	マルチプレクサとデマルチプレクサ	48
3.4.3	比較器	51
3.5	順序回路	53
3.5.1	フリップフロップ回路	53
3.5.2	レジスタ	57
3.5.3	シフトレジスタ	59
3.5.4	カウンタ	60
3.5.5	基本記憶素子	65
	演習問題	68

4. コンピュータの基本構成と CPU

4.1	コンピュータの基本構成	70
4.1.1	コンピュータの基本的な動作	70
4.1.2	中央処理装置の基本構成	72
4.2	コンピュータ内での信号の流れ	74
4.3	機械語の命令形式	75
4.4	機械語の命令の実行	76
4.5	多様なアルゴリズムを実現するための機能と命令	80
4.5.1	スタック	80
4.5.2	分岐命令とフラグ	83
4.5.3	番地割付け	84
4.5.4	繰り返し計算をするプログラムの例	85
4.6	CPU の進化	86
4.6.1	CPU の構成の進化	86

4.6.2 命令セットの進化	87
演習問題	88

5. 記憶システム

5.1 記憶システムの分類と構成	89
5.2 リソースの有効利用	92
5.2.1 キャッシュメモリ	92
5.2.2 仮想記憶方式	94
5.3 半導体メモリ	97
5.3.1 RAM	97
5.3.2 ROM	99
5.3.3 フラッシュメモリ	99
5.4 磁気記憶	103
5.4.1 ハードディスクドライブ	103
5.4.2 ファイルシステムとデータ領域	105
5.4.3 RAID	106
5.5 光ディスク装置	107
5.5.1 メディアの構造とデータの読み書き	107
5.5.2 光ディスクの諸方式	110
5.5.3 データの誤り訂正	112
演習問題	113

6. 入出力装置

6.1 標準的な入出力機器	117
6.1.1 キーボード	118
6.1.2 ポインティングデバイス	119
6.1.3 表示装置	122
6.1.4 通信機器	125
6.2 周辺機器	126
6.2.1 イメージスキャナ	126
6.2.2 デジタルカメラ	127

6.2.3	ペンタプレット	129
6.2.4	プリンタ	130
6.2.5	ビデオプロジェクト	131
6.2.6	通信機器 (モデム, 回線終端装置)	133
6.2.7	A-D および D-A 変換器	134
	演習問題	136

7. 入出力制御

7.1	基本的な入出力制御手順	137
7.2	割込みを用いる入出力制御手順	139
7.2.1	専用線割込み方式	140
7.2.2	ベクトル化割込み方式	140
7.2.3	連鎖式割込み方式	141
7.3	DMA を用いる入出力制御法	142
7.4	I/O チャネル方式	143
7.5	拡張バスと入出力インタフェース	144
7.5.1	メモリバス	145
7.5.2	PCI, PCI Express	145
7.5.3	Serial ATA (SATA)	146
7.5.4	USB	147
7.5.5	映像インタフェース	149
7.5.6	その他の入出力インタフェース	151
	演習問題	152

8. オペレーティングシステム

8.1	OS の目的	153
8.2	OS の構造	155
8.2.1	OS の階層構造	155
8.2.2	管理プログラム層	157
8.2.3	スーパーバイザ層	158
8.3	実際の OS	159

演習問題	163
------	-----

9. プログラム開発

9.1 プログラム言語の種類	164
9.1.1 低水準言語と高水準言語	164
9.1.2 さまざまな高水準言語	165
9.2 プログラムの実行手順	166
9.2.1 インタプリタ方式による実行の流れ	166
9.2.2 コンパイラ方式による実行の流れ	166
9.2.3 中間言語を用いる言語	169
9.3 ライブラリの役割	169
9.4 プログラム開発の進化	170
9.4.1 記述言語	170
9.4.2 アプリケーション開発環境	170
9.4.3 インターネットの発展によるプログラム開発の変化	171
演習問題	171

10. コンピュータネットワーク

10.1 ネットワークの歴史と基本概念	172
10.2 コンピュータネットワークの構成	174
10.2.1 パケット通信	174
10.2.2 OSI 参照モデルとプロトコル	176
10.3 物理層の通信方式	178
10.4 データリンク層のプロトコル (イーサネット)	181
10.5 ネットワーク層のプロトコル (IP とルーティング)	184
10.5.1 IP パケットと IP アドレス	184
10.5.2 IP によるルーティング	186
10.6 トランスポート層のプロトコル (TCP と UDP)	188
10.7 アプリケーション層のプロトコル	190
10.7.1 DNS	190

10.7.2	電子メール	191
10.7.3	WWW	192
10.8	インターネットへの接続	192
10.8.1	インターネットへの具体的な接続方法	192
10.8.2	インターネットへの接続で活躍するプロトコル	193
10.8.3	インターネットのさまざまな利用法	194
10.9	情報セキュリティ	196
10.9.1	インターネットのセキュリティ上の問題点	196
10.9.2	ファイアウォールによる不正侵入の防止	196
10.9.3	暗号化による盗み見, 改ざんへの対策	197
10.9.4	機器や人の認証	199
	演習問題	199

11. 新たなサービスを支える基盤技術

11.1	現代のコンピューティングを支える基盤技術	200
11.1.1	GPU コンピューティング	200
11.1.2	人工知能, ディープラーニング	201
11.1.3	仮想化技術	202
11.1.4	PC クラスタ	205
11.2	現代の IT サービスの代表例	206
11.2.1	クラウドコンピューティング	206
11.2.2	ソーシャルネットワーキングサービス (SNS)	209
11.2.3	AI アシスタント	211
11.2.4	E コマース	212
11.2.5	フィンテック	213
11.2.6	ビッグデータ	214
	参考文献	217
	演習問題解答	218
	索引	226

1

コンピュータの歴史と それを支える基盤技術

コンピュータはだれかの発明によってある日突然できたものではなく、70年以上にわたり、多くの人々によって積み重ねられた技術の層の上に成長した結晶といってもよい。初期のコンピュータは物理的にも大きく存在感があり、操作するには専門の技術者が必要であったが、いまは携帯端末のようにコンピュータを意識せずにだれもが操作し、その恩恵を被っている。こうした変化は今後も持続し、さまざまな形でわれわれの生活の中に溶け込んでくるであろう。本章では、コンピュータの歴史を概観するとともに、重要と思われる基盤技術がコンピュータの発展にどのようにかかわってきたかをまとめることとした。

1.1 IT社会とコンピュータ

IT (information technology) 社会とよばれるようになり、パーソナルコンピュータ (personal computer, 以下 PC) はもちろんのこと、家電製品やゲーム機、携帯機器などの中にコンピュータが組み込まれ、一気に私たちの生活の中に入り込んできた。その背景には、高性能化と小型化を果たしたハードウェア、高速化とワイヤレス化によっていつでもどこでも接続できるユビキタス (ubiquitous) ネットワーク環境の整備、そしてそれらを包括的に利用して複数のコンピュータどうしが情報を交換し、用途に応じたタスクを実行するソフトウェアの普及がある。もはや後戻りできないほど現代社会はITの恩恵を被り、それが当然であるかのように私たちは生活している。

コンピュータのハードウェア技術は、さまざまな電子部品の発明がブレークスルーを引き起こすことで、発展を遂げてきた。電子管技術、半導体技術、集積技術、高周波回路技術、小型部品製造技術、多層基板技術、放熱技術などである。ネットワーク環境の変化も目を見張るものがある。電話回線を用いて

2 1. コンピュータの歴史とそれを支える基盤技術

行っていた1対1のコンピュータ間通信は、ネットワークとパケットの概念の導入により大きく変わった。すなわち複数のコンピュータが通信網を共用してパケットとよばれる情報の塊を流通させることが一般的になり、さらに媒体もメタルケーブルだけではなく光ファイバや自由空間まで使われるようになった。

遠距離通信は無線で、近距離通信は有線、という以前の概念は、大容量情報伝送時代を迎えたことにより、遠距離通信は中継器が少なくすむ光ファイバに、そして近距離通信はスペクトラム拡散技術によって低電力で高速通信が行える電波にと変わりつつある。

情報の伝送速度も飛躍的に向上し、その結果として伝送される情報の中身（コンテンツ）にも大きな変化が生じてきた。すなわち、文字情報だけでなく音声情報や画像情報も含むマルチメディアコンテンツが流通情報の中心となっている。さらに、開発期間の短縮や低価格化に著しく貢献したOS（operating system）は、自然淘汰^{とうた}によってその種類が限定され、現在ではすべてのコンピュータでさまざまなアプリケーションソフトウェア（以下、アプリケーションソフト）を動作させるためのプラットフォームとしての役割を担っている。

このように、コンピュータに関連する個々の技術にはそれを支える技術があり、さらにその技術も別の技術に支えられている。つまり、ITは先人達によって積み上げられた技術であり、現在でもその進化は続いている。

1.2 コンピュータの誕生と発展

1.2.1 初期のコンピュータ

コンピュータの起源を何に求めるかは、考え方によりさまざまであるが、第2次世界大戦後の1946年にペンシルベニア大学のエックерт（J.P. Eckert）とモークリ（J.W. Mauchly）によって作られた世界最初の電子式デジタルコンピュータENIAC（electronic numerical integrator and computer）とするのが一般的であろう。これが、いわゆる第1世代のコンピュータである。18800個の電子管を使用し、消費電力120kW、重量30トンもの巨大なものであった。5000時間といわれる当時の電子管の平均寿命から考えると、この2万本近い

電子管を使った装置が、保守しながらとはいえ 1955 年までの 10 年間稼動したのは、奇跡に近く非常に幸運であったとしか考えられない。この ENIAC では命令はパッチボード上で接続されるので読取りに稼動部分がなく、電子式の高速度計算という特徴は発揮されたが、プログラムの変更には大きな苦勞が伴った。

こうしたプログラム変更の問題を解決し、さらに複雑な計算も可能とするために、ペンシルベニア大学のフォン・ノイマン (J. von Neumann) が 2 進演算でプログラムを電子的な装置に記憶させておき、それから逐次読み出して実行するプログラム内蔵 (stored program) 方式または蓄積プログラム方式とよばれる新しい方式を 1945 年に提案した。これが EDVAC (electronic discrete variable calculator) とよばれるもので、1946 年に開発がスタートした。しかし、1947 年にイギリスのケンブリッジ大学のウィルクス (M. V. Wilks) が、プログラム内蔵式のコンピュータの製作に着手し、1949 年に完成させてしまった。このコンピュータが EDSAC (electronic delay storage automatic computer) で、プログラム内蔵方式の第 1 号機となった。EDVAC は 1950 年に、1 年遅れで完成した。

これらのコンピュータの記憶装置としては、水銀中での超音波の伝播遅れ^ばを利用した水銀遅延タンク式や、ブラウン管を使用した方式などがあった。1950 年にはマサチューセッツ工科大学のフォレスト (J. W. Forrester) が、磁気コアによるコアメモリ方式を発明し、これを使った whirlwind コンピュータの開発プロジェクトをスタートさせている。このコアメモリ方式は、その後の実用コンピュータ時代の記憶装置として広く使用され、半導体メモリが普及するまで、メインメモリの主役となった。

日本では、1952 年に電気試験所 (現在の産業技術総合研究所) が、パイロットモデル ETL マーク I を、1955 年には、実用機 ETL マーク II を後藤以紀、駒宮安男らが完成させた。電子管式としては富士写真フィルムの岡崎文次が、レンズの設計・計算用に開発した FUJIC を 1956 年に完成させた。

1948 年にベル研究所のショックレー (W. B. Shockley Jr.) らによって発明されたトランジスタは、1950 年代の後半には、ラジオやテレビのみならず莫

大な数の電子管を使っていたコンピュータへも応用され始め、第2世代コンピュータであるトランジスタ式コンピュータへと発展していった。

1.2.2 集積技術の発達と IT 革命

1960年代になると、大学や研究所で科学計算 (computation) を主目的として第2世代のコンピュータが開発された。こうしたコンピュータはその後、汎用化の方向に向かい、10万~17万個ものトランジスタを用いていたハードウェアは徐々に IC (integrated circuit, 集積回路) に置き換わり、小型化と商業化が進んでいった。

1965年、世界最大の半導体メーカーであるインテルの創立者ゴードン・ムーア (G. E. Moore, 当時は Fairchild Semiconductor に在籍) は、集積回路のトランジスタ数が18か月ごとに2倍になるという **ムーアの法則** を提言した。1971年にインテルは4004という2300個のトランジスタからなる4ビットのマイクロプロセッサを開発し、以後、同社はムーアの法則に沿った形で集積化を進め、8008 (1972年), 8080 (1974年), 8086 (1978年), 80286 (1982年), 80386 (1985年), 80486 (1989年) という **CPU** (central processing unit, 中央処理装置) を開発していく。

集積技術が発達し、第2世代から第3世代へと移ったコンピュータでは、一つのチップ上に1000個以上の素子を組み込んだ **LSI** (large scale integration) が多数用いられるようになった。1980年代に現れた **VLSI** (very large scale integration, 日本では超 LSI とよばれた) は加工寸度 (定義は明確でないが、ゲート長に相当すると考えてよい) が1~1.2 μm 以下で、実装素子数は10万個以上のものとなり、第4世代のコンピュータの実現に貢献した。第4世代の特徴は、全盛期の中の大型汎用コンピュータと黎明期の PC の混在にある。集中処理と分散処理、大型化と小型化といった2極化が始まり、その後のコンピュータの大きな二つの流れを生み出した。

大型汎用コンピュータは、数値演算を複数のデータに対して並行して行うベクトルコンピュータが1970年代に全盛期となり、その後、1980年代には複数

の CPU で並列処理を行うパイプライン処理, 1990 年代後半からは複数のコンピュータをネットワークで結んで一つの複合したコンピュータとするグリッドコンピュータへと発展し, 第 5 世代の **HPC** (high performance computing) としての道を歩んだ。現在は, セキュリティが重要な金融系のコンピュータシステム, 驚異的な計算処理能力を必要とする各種のシミュレータ, 国防にかかわるシステムなどに用いられている。

一方, ユーザを個人に特定した PC は, 1974 年に登場した Apple I をはじめとして, 1977 年に Apple II, 1981 年には IBM-PC 5150 が登場し, 1984 年の IBM PC/AT の基礎を作った。さらに 1985 年, それまでの PC 用の OS であった DOS に加えて Windows の販売が開始され, キーボードのみの操作からマウスも利用したアプリケーションソフトの普及に貢献した。

わが国では 1979 年に NEC PC 8001 が市販されて爆発的に売れ, 1982 年の PC9801 とともにわが国の PC 時代の基礎を作り上げた。1986 年, 世界初のラップトップ PC である東芝 J 3100 が, また, 1989 年には世界初のノート PC である Dynabook が市販され, 世界に向けての日本発の技術の発信となった。

コンピュータの心臓部となる CPU を形成する VLSI の集積度は日に日に上がり, 1990 年代には加工寸度が $0.2\ \mu\text{m}$ 以下の **ULSI** (ultra large scale integration, 日本では超超 LSI) が, 2002 年には加工寸度は $130\ \text{nm}$ となり, 2007 年には $45\ \text{nm}$, 2018 年には $10\ \text{nm}$ となって一つの CPU (6 core からなる) の実装トランジスタ数は 5 億個に達した。ただし, 電子回路構成上の理由から 2021 年頃に達成されるであろう $5\ \text{nm}$ が限界とみられており, 一つの CPU の中により多くのコアを実装し, 処理を並列化して高速化するマルチ・スレッド方式が主流になると考えられている。

図 1.1 は 1 CPU 当りのトランジスタ数が年とともにどのように変化したかを示したものであるが, 上述のムーアの法則に沿っていることがわかる。

一方, メモリの集積化技術も目覚ましいものがある。1970 年, インテルが **DRAM** (dynamic random access memory) を開発したことにより, それまで電流を流したときに発生する磁界を使ってリング状の磁性体を磁化させ, 0, 1

索 引

【あ】	オンラインストレージ	207	固定小数点表現	21	
アイソクロナス転送	148	【か】	コンテンツション方式	181	
アセンブラ	164	外部記憶装置	71	コントロールバス	70
アセンブリ言語	74	外部ライブラリ	170	コンパイラ	166
アドレス	175	カウンタ	60	コンパイル	167
アドレスバス	70	書込み	65, 97	【さ】	
アドレッシングモード	84	可逆カウンタ	63	最小項	45
アナログRGB	149	仮 数	23	サーバの仮想化	202
誤り訂正符号	113	仮数部	24	サプライチェーンマネジ メント	213
暗号通貨	214	仮想 LAN	205	サブルーチン	81
安全性	154	仮想化	202	【し】	
【い】		仮想記憶方式	94	磁気ヘッド	103
イーサネット	125, 181	仮想通貨	214	磁 区	104
イメージスキャナ	126	仮想マシン	169, 202	資 源	153
入れ子	81	加法標準型	43	指 数	23
色深度	123	カルノー図	44	自然 2 進表現	15
インクジェットプリンタ		関数型言語	165	実効番地	84
	130	間接モード	84	シフトカウンタ	62
インタプリタ	166	【き、く】		シフトレジスタ	59
インタレース	129	機械学習	201	周波数ホッピング	152
インデクスモード	84	機械語	74	主記憶	65, 92
【う、え】		基 数	14	順序回路	35, 53
ウェブカメラ	128	基本記憶素子	65	条件分岐	83
液晶ディスプレイ	122	キャッシュメモリ	91	ジョブ管理	157
エグゼキュート	75	組合せ回路	35	シリアル伝送	145
エクセスコード	24	クライアント・サーバ型	206	人工知能	201
エッジコンピューティング		クラウドコンピューティング	206	深層学習	202
	209		206	【す】	
エンコーダ	48	クラウドサービス	207	スケジューラ	159
【お】		クラスタ	205	スター型	176
オブジェクト指向型言語		グラフィックボード	145	スタック	80
	165	グリッドコンピューティング	206	ストライピング	106
オフプレミス型	208	【け、こ】		ストレージエリアネット ワーク	151
オペコード部	76	桁上げ	19, 43	ストレージの仮想化	202
オペランド部	76	結果書込み過程	75	スーパバイザ	158
オペレーティングシステム		光学式マウス	120	スマートスピーカ	211
	153	高水準言語	73, 164	スルーブット	153
オンプレミス型	208				

【せ】		ド・モルガンの定理	37	符号化	26
正規化	25	トラック	105	符号絶対値法	16
制御装置	70	トンネル磁気抵抗	104	物理記憶空間	94
制御プログラム	158	【に、ね】		物理番地	94
積和の型	43	ニューラルネットワーク	201	浮動小数点表現	23
セクタ	105	ニューロン	201	ブートローダ	72
絶対番地モード	84	ネットワークカメラ	128	プライベートクラウド	208
全加算器	43	ネットワークの仮想化	202	フラグ	83
専用線割込み	140	【は】		フラッシュソリッドス テートドライブ	102
【そ】		排他的論理和素子	38	フリップフロップ回路	53
ソーシャルネットワーク キング		ハイパーバイザ型	203	ブール代数	33
サービス	209	ハイブリッドHDD	102	フレームレート	129
ソフトウェア割込み	140	ハイブリッドクラウド	208	プログレッシブ	129
ソリッドステートドライブ		破壊読出し	99	プロセス	158
	89	バス型	176	ブロック型ストレージ	204
ソリッドステートハイブ リッドドライブ	102	バースト転送	149	プロトコル	175
【た、ち】		バスパワー	149	分散処理フレームワーク	215
タスク	158	ハードウェア割込み	139	分散ファイルシステム	216
タッチパッド	120	ハードディスク	103	【へ、ほ】	
タッチパネル	121	ハードディスクドライブ	90, 103	ベクトル化割込み	141
チップセット	144	バブリッククラウド	208	ペンタプレット	129
中央処理装置	70, 72	パラレル伝送	144	ホスト OS 型	203
長 語	97	半 語	97	ポーリング	140
直接数値モード	85	番 地	97	【ま】	
直接接続型ストレージ	204	番地割付け	84	マウス	120
直接番地モード	84	【ひ】		マスク ROM	99
【て】		比較器	51	マルチコア	87
低水準言語	74, 164	非構造化データ	215	マルチタスキング	158
ディストリビューション		ビックアップ	112	マルチプレクサ	48
	162	ビッグデータ	201, 215	マルチプロセッシング	158
ディスパッチャ	159	ビット	14	丸め誤差	22
ディープラーニング	202	ビット深度	123	【み、む】	
デコード	75	ビデオプロジェクト	131	ミラーリング	106
データストリーム処理	215	標準ライブラリ	170	ムーアの法則	4
データセレクタ	49	【ふ】		無条件分岐	83
データバス	70	ファイルシステム	105	【め、も】	
手続き型言語	165	フィンテック	213	命題論理	33
デフラグ	114	フェイルオーバークラスタ	206	命令解読過程	75
デマルチプレクサ	49	フェッチ	75	命令サイクル	75
電子商取引	213	負荷分散クラスタ	206	命令実行過程	75
【と】		不揮発性	99	命令読出し過程	75
投影型静電容量	121	復号化	26	メモリバス	145

モデム	133	リフレッシュ	98		
		リンカ	167		【ろ】
【ゆ, よ】		リング型	176	ロード	57
有機EL	124			ロードモジュール	167
ユニバーサルコード	28	【る, れ】		論理型言語	165
ユビキタス	1	ルータ	175	論理記憶空間	94
読出し	65, 97	レーザープリンタ	130	論理積項	43
		レジスタ	57	論理番地	94
【ら, り】		レジスタモード	85		
ライトバック	75	連鎖式割込み	141	【わ】	
ライブラリ	169	連続問合せ	216	割込み	139

【数字】

1 byte	97
1 語	97
2 の補数表現法	16
8b/10b 符号化	146
8 ビット JIS コード	26
16 ビット JIS コード	26
17PP	113

【A】

ACID 特性	216
ACK	188
ADF	127
ADSL	8, 133, 192
A-D 変換器	134
AES	198
AGP	145
AI	201
AI アシスタント	211
AI スピーカ	211
ALU	60, 72
Android	162
APFS	106
API	126, 169
ARPA	7
ARPANET	172
ASCII	26
ATA	146

【B】

BD	107
bit	14
Bluetooth	152
BMC	65

bpp	123
-----	-----

【C】

CASL II	70
CCD	127
CD	107
CIRC	113
CIS	127
CLV	107
CMOS	127
CMYK	131
COM	32
COMET II	70
CPU	4, 70, 72
CRT	6, 122
CUI	159

【D】

DAS	204
D-A 変換器	134
DDR4	145
DES	198
DHCP	194
DIMM	145
DisplayPort	149
DLP	131
DMA	142
DMA コントローラ	143
DMD	132
DNS	7, 190
dpi	127
DRAM	5, 98
DSU	133
DVD	107
DVI	149

【E】

EC	212
ECC	113
EEPROM	99
EFM	113
EISA	144
EPROM	99
eSATA	147
ext4	106
E コマース	212

【F】

FAT	105
FAT32	106
FIDO	199
fps	129
FTP	189
FTTH	8, 133, 193

【G】

GPGPU	201
GPU	87, 123, 200
GUI	119, 159

【H】

HA クラスタ	205
HDCP	150
HDD	90, 103
HDMI	149
HDR	123
HFS+	106
HPC	5
HPC クラスタ	205
HTML	170, 189, 192

HTTP	189, 192	NAT	193	SIP	195
【I】		NC	32	SMTP	191
IaaS	207	NO	32	SNS	209
IC	4	NoSQL データベース	215	SP	80
IEEE802.11ac	125	NTFS	106	SRAM	66, 97
IEEE802.11n	125	【O】		SSD	7, 89, 102
IEEE802.15	151	OFDM	125	SSH	189
IMAP	191	OLED	124	STN	123
IMP	7	ONU	133	【T】	
i-node	105	OS	2, 71, 153	TA	133
iOS	160	OSI	176	TCP	188
IoT	11, 152	【P】		TCP/IP	7
I/O チャンネル方式	143	PaaS	207	TFT	123
IP	172, 184	PC	1	TMR	104
ISA	144	PC	72	TWAIN	126
iSCSI	151	PCI	144, 145	【U】	
ISDN	8, 133	PCI Express	146	UDF	106
ISO9660	106, 110	PC クラスタ	205	UDP	189
ISP	192	PDL	131	ULSI	5
IT	1	POP	191	Ultra SCSI	151
【L】		PPPoE	192	URI	192
LAN	125	PROM	99	USB	100, 147
LCD	6	【Q, R】		USB power delivery	149
LCOS	132	QAM	125	USB フラッシュメモリ	100
LIFO	80	RAID	106	UTP ケーブル	178
Linux	162	RAM	65, 97	【V】	
LRU	94	RASIS	155	VGA	149
LSB	14	RGB	123	VLAN	205
LSI	4	ROM	97, 99	VLSI	4
LTO	90	RS-232C	133	VM	202
【M】		【S】		【W】	
mac OS	160	SaaS	207	Web メール	207
MAR	58, 66, 72	SAN	151, 204	WIA	126
MBR	72	SAR	135	Windows	160
MDR	58, 72	SAS	151	WWW	8, 192
MFT	105	SATA	147	【X, Y, Z】	
MIMO	125	SATA Express	147	XML	170
MPI ライブラリ	205	SCSI	126, 151	YCC	150
MSB	14	SD Express	102	ZigBee	152
MS-DOS	159	SDRAM	145		
【N】		SD メモリカード	101		
NAPT	193	Serial ATA	147		

— 著者略歴 —

半谷精一郎 (はんが い せい いちろう)

1975年 東京理科大学工学部電気工学科卒業
1981年 東京理科大学大学院博士課程修了(理工学
研究科電気工学専攻), 工学博士
1991年 東京理科大学助教授
1996年 スタンフォード大学客員研究員(1年間)
2001年 東京理科大学教授
現在に至る

長谷川幹雄 (はせがわ みきお)

1995年 東京理科大学基礎工学部電子応用工学科卒業
2000年 東京理科大学大学院博士後期課程修了(基礎
工学研究科電子応用工学専攻), 博士(工学)
2000年 郵政省通信総合研究所(現, 情報通信研究機構)
2007年 東京理科大学講師
2010年 東京理科大学准教授
2015年 東京理科大学教授
現在に至る

吉田 孝博 (よしだ たかひろ)

1999年 東京理科大学工学部電気工学科卒業
2004年 東京理科大学大学院博士課程修了(工学研
究科電気工学専攻), 博士(工学)
2004年 東京理科大学助手
2007年 東京理科大学助教
2012年 東京理科大学講師
2016年 東京理科大学准教授
現在に至る

改訂 コンピュータ概論

Introduction to Computer (Second Edition) © Hangai, Hasegawa, Yoshida 2008, 2019

2008年5月30日 初 版第1刷発行
2018年2月15日 初 版第11刷発行
2019年4月25日 改訂版第1刷発行

検印省略

著 者 半 谷 精 一 郎
長 谷 川 幹 雄
吉 田 孝 博
発 行 者 株 式 会 社 コ ロ ナ 社
代 表 者 牛 来 真 也
印 刷 所 新 日 本 印 刷 株 式 会 社
製 本 所 有 限 会 社 愛 千 製 本 所

112-0011 東京都文京区千石 4-46-10
発 行 所 株 式 会 社 コ ロ ナ 社
CORONA PUBLISHING CO., LTD.
Tokyo Japan

振替00140-8-14844・電話(03)3941-3131(代)
ホームページ <http://www.coronasha.co.jp>

ISBN 978-4-339-02891-1 C3055 Printed in Japan

(松岡)



JCCOPY <出版者著作権管理機構 委託出版物>

本書の無断複製は著作権法上での例外を除き禁じられています。複製される場合は、そのつど事前に、出版者著作権管理機構(電話 03-5244-5088, FAX 03-5244-5089, e-mail: info@jcopy.or.jp)の許諾を得てください。

本書のコピー、スキャン、デジタル化等の無断複製・転載は著作権法上での例外を除き禁じられています。購入者以外の第三者による本書の電子データ化及び電子書籍化は、いかなる場合も認めていません。落丁・乱丁はお取替えいたします。