

# コンピュータ科学 の基礎

木村 春彦 監修

田嶋 拓也

阿部 武彦 著

共立出版



# コンピュータ科学 の基礎

木村 春彦 監修

田嶋 拓也

阿部 武彦 著

共立出版



# はじめに

---

本書は、コンピュータについての知識をほとんどもたない専門学校、短大、大学の学生を対象としたテキストである。初学者がわかりやすく学べるよう、コンピュータの歴史、基本原理、データベース、ネットワーク、情報セキュリティなどの幅広い分野の基本を平易に解説している。また、基礎知識が確実に身につくように、より多くの例題や演習問題を掲載している。理解度の自己点検にもなるため、是非とも積極的に何度も繰り返して問題に取り組んでほしい。

本書の特徴は、初学者向けテキストとしては、2進数や論理演算などのコンピュータの基本原理に関する説明に非常に多くのページを割いている点である。コンピュータ技術の変化は激しく、動作の基本原理などを苦労して学んでも、すぐに役に立たない知識になってしまうのでは？といった疑問を初学者はもたれるかもしれない。しかし、本文中にも解説しているように、1940年代に完成したコンピュータの原理は、実はいまだにほとんどのコンピュータにおいて用いられているのである。すなわち、基本的な仕組みに関する知識はそう簡単には陳腐化しないし、将来、仮に技術的に大きな変化があったとしても本質さえきちんと理解しておけば何ら戸惑うことなく柔軟に対応することができるであろう。基礎を徹底的に身につけておく意義はこうした点にある。2進数や論理演算などは、一見とっつきにくい印象を与えるだろうが、敬遠せずに学習していただきたい。

また本書は、独立行政法人情報処理推進機構（IPA：Information-technology Promotion Agency, Japan）が実施する情報処理技術者試験の区分の1つであるITパスポート試験のテクノロジー系分野の多くを網羅したものである。掲載した例題や演習問題の多くは、ITパスポート試験の過去問題である。そのため、ITパスポート試験合格を目指す受験者にとっても最適な自習書である。

IPAのWebページによると、情報処理技術者試験は、「情報処理の促進に関する法律」に基づき経済産業省が、情報処理技術者としての「知識・技能」が一定以上の水準であることを認定している国家試験である。

ITパスポート試験は、ITを利活用するすべての社会人・学生が備えておくべきITに関する基礎的な知識が証明できる国家試験であり、具体的には、経営戦略、マーケティング、財務、法務など経営全般に関する知識をはじめ、セキュリティ、ネットワークなどのITの知識、プロジェクトマネジメントの知識など幅広い分野の総合的知識を問う試験である。出題分野は、ストラテジ系（経営全般）、マネジメント系（IT管理）、テクノロジー系（IT技術）の3分野から構成されており、これらを学習することで、ITを正しく理解し、業務に効果的にITを利活用することのできる“IT力”を身につけることができる。

専門学校、短大、大学でコンピュータを学ぶ学生の多くは、社会に出たのちに、ITパスポート試験の対象者像「職業人が共通に備えておくべき情報技術に関する基礎的な知識をもち、情報技術に携わる業務に就くか、担当業務に対して情報技術を活用していこうとする者」に該当することになる。またITパスポート試験は、社員教育・研修・資格取得奨励制度などで多くの企業に活用され、さらに新卒採用時のエントリーシートで、ITパスポート試験の合格やスコアを確認する企業も増えているようである。そのため、学生には強く受験を勧めたい国家試験である。

ITパスポート試験の3つの出題分野のうち、特にテクノロジ系は情報技術の基礎的な分野を網羅していることから、本書においてもテクノロジ系分野を意識して取り入れた。本書での学習によって、より多くの方にITパスポート試験に対する興味をもっていただき、さらに試験合格を目指していただけたら幸いである。

本書の執筆にあたり、多くの文献を参考にさせていただいた。ご教示いただいた参考文献の著者の方々に深く感謝申し上げます。

また本書の出版にあたり、共立出版株式会社の清水隆氏と吉村修司氏にたいへんお世話になった。ここに厚く御礼申し上げます。

2017年1月

著者

# 目次

## 第1章 情報社会とコンピュータの歴史

1.1 情報社会に至るまでの社会の変遷	1
1.2 コンピュータの誕生と発展の歴史	2
1.3 様々な技術の発展によるコンピュータの性能向上	10
演習問題	11

## 第2章 デジタルデータと2進数

2.1 アナログとデジタル	13
2.2 情報の単位	15
2.3 2進数がコンピュータで使われる理由	16
2.4 $n$ 進法	16
2.4.1 10進数 .....	16
2.4.2 2進数 .....	17
2.4.3 8進数 .....	17
2.4.4 16進数 .....	17
2.5 10進数の基数変換	18
2.5.1 10進数の $n$ 進数への基数変換 .....	18
2.5.2 $n$ 進数の 10進数への基数変換 .....	20
2.6 2進数の8進数, 16進数への基数変換	21
2.6.1 2進数の8進数への基数変換 .....	21
2.6.2 2進数の16進数への基数変換 .....	22
2.7 2進数の四則演算	23
2.7.1 2進数の加算, 減算, 乗算 .....	23
2.7.2 2進数の加算 .....	23

2.7.3	2 進数の減算	24
2.7.4	2 進数の乗算	25
2.7.5	2 進数の除算	26
2.8	シフト演算	26
2.9	$n$ 進法の小数	27
2.9.1	$n$ 進法の小数点以下の位の重み	27
2.9.2	小数の 2 進数の 10 進数への基数変換	27
2.9.3	小数の 16 進数の 10 進数への基数変換	27
2.9.4	小数の 10 進数の 2 進数への基数変換	28
2.9.5	2 進数の小数の 8 進数, 16 進数への基数変換	29
2.10	2 の補数を利用した負数の表現	30
2.10.1	10 進数の補数	30
2.10.2	2 進数の補数	31
2.10.3	補数を利用した負数の表現	32
2.10.4	表現可能な整数の範囲	32
2.11	補数を用いた減算	33
2.12	数の補助単位	34
2.12.1	大きな数を表す補助単位	35
2.12.2	小さな数を表す補助単位	35
2.13	文字表現	35
2.14	論理演算	37
2.15	論理回路	39
2.15.1	リレー (継電器)	39
2.15.2	リレーによる論理回路の実現	40
2.16	集合	41
2.16.1	集合とは	41
2.16.2	集合の表し方	41
2.16.3	2つの集合の関係	41
2.16.4	補集合	43
	演習問題	43



## 第3章 ハードウェア

<b>3.1 コンピュータの種類</b>	<b>47</b>
<b>3.2 コンピュータの基本構成</b>	<b>47</b>
<b>3.3 入力装置</b>	<b>48</b>
3.3.1 入力装置の種類 .....	48
3.3.2 ポインティングデバイス .....	49
3.3.3 写真・画像やバーコードの読み込み装置 .....	49
<b>3.4 記憶装置</b>	<b>51</b>
3.4.1 記憶装置の種類 .....	51
3.4.2 主記憶装置 .....	51
3.4.3 補助記憶装置 .....	51
3.4.4 記憶媒体 .....	51
3.4.5 記憶階層 .....	55
3.4.6 外部記憶装置に関する技術 .....	57
<b>3.5 制御・演算装置</b>	<b>59</b>
3.5.1 制御・演算装置の概要 .....	59
3.5.2 CPU の命令実行サイクル .....	59
3.5.3 CPU とクロック .....	60
3.5.4 CPU の性能向上 .....	61
3.5.5 CPU の処理能力を表す指標 .....	61
<b>3.6 出力装置</b>	<b>62</b>
3.6.1 出力装置の種類 .....	62
3.6.2 ディスプレイの種類と解像度 .....	62
3.6.3 プリンタの種類 .....	63
3.6.4 入出力インタフェースの種類 .....	63
3.6.5 代表的な有線インタフェース .....	64
3.6.6 代表的な無線インタフェース .....	66
<b>3.7 コンピュータシステム</b>	<b>67</b>
3.7.1 コンピュータシステムの処理形態 .....	67
3.7.2 コンピュータシステムの構成 .....	68
3.7.3 コンピュータシステムの利用形態 .....	69
<b>3.8 システムの性能評価</b>	<b>70</b>
3.8.1 システムの性能評価指標 .....	70
3.8.2 システムの信頼性評価指標 .....	70

<b>3.9 システムの信頼性設計の考え方</b>	<b>72</b>
<b>3.10 システム全体の稼働率</b>	<b>73</b>
<b>3.11 システムの経済性</b>	<b>74</b>
演習問題	75

## 第4章 ソフトウェア

<b>4.1 ソフトウェアの種類</b>	<b>81</b>
<b>4.2 OS</b>	<b>82</b>
4.2.1 OS の概要	82
4.2.2 OS の種類	82
4.2.3 OS の機能	84
<b>4.3 アプリケーションソフトウェア</b>	<b>87</b>
4.3.1 アプリケーションソフトウェアの概要	87
4.3.2 アプリケーションソフトウェアの種類	88
<b>4.4 プログラム</b>	<b>89</b>
4.4.1 プログラムとプログラミング	89
4.4.2 プログラミング言語の種類	89
4.4.3 言語プロセッサの種類	90
4.4.4 高水準言語の種類	90
4.4.5 その他の言語	91
<b>4.5 パッケージソフトウェア</b>	<b>92</b>
<b>4.6 オープンソースソフトウェア</b>	<b>93</b>
<b>4.7 流れ図</b>	<b>93</b>
<b>4.8 データ構造</b>	<b>95</b>
演習問題	97

## 第5章 データベース

<b>5.1 データベースとは</b>	<b>101</b>
<b>5.2 データベースの種類</b>	<b>102</b>
<b>5.3 関係データベースの構成要素</b>	<b>103</b>
<b>5.4 関係データベースの集合演算</b>	<b>105</b>
<b>5.5 関係データベースの関係演算</b>	<b>106</b>
<b>5.6 正規化</b>	<b>108</b>
<b>5.7 E-R図</b>	<b>111</b>
<b>5.8 データベースの整合性保持機能</b>	<b>113</b>
5.8.1 排他制御 .....	113
5.8.2 リカバリ機能 .....	115
<b>演習問題</b>	<b>118</b>

## 第6章 ネットワーク

<b>6.1 ネットワーク技術</b>	<b>123</b>
6.1.1 コンピュータネットワーク .....	123
6.1.2 プロトコルと OSI 参照モデル .....	123
6.1.3 コンピュータネットワークの種類 .....	128
6.1.4 LAN の接続形態 .....	128
6.1.5 LAN のアクセス制御 .....	130
6.1.6 主なネットワーク接続機器 .....	131
<b>6.2 インターネット</b>	<b>133</b>
6.2.1 インターネットの概要 .....	133
6.2.2 インターネットの基本的な仕組み .....	133
6.2.3 イントラネットとエクストラネット .....	138
<b>6.3 WWW</b>	<b>139</b>
6.3.1 WWW の概要 .....	139
6.3.2 WWW の歴史 .....	139
6.3.3 Web ページ閲覧の仕組み .....	140

6.3.4 HTML の書式 .....	141
6.3.5 WWW に関する様々な技術 .....	143
<b>6.4 電子メール</b> .....	<b>144</b>
6.4.1 電子メールの概要 .....	144
6.4.2 電子メールのプロトコル .....	144
6.4.3 同報通信の送信先指定 .....	145
6.4.4 電子メールに関するサービス .....	146
<b>6.5 通信の速さを表す単位</b> .....	<b>146</b>
<b>演習問題</b> .....	<b>147</b>

## 第 7 章 情報セキュリティ

<b>7.1 情報セキュリティの基本概念</b> .....	<b>151</b>
<b>7.2 リスクマネジメント</b> .....	<b>152</b>
<b>7.3 情報セキュリティマネジメントシステム</b> .....	<b>156</b>
<b>7.4 脅威</b> .....	<b>158</b>
7.4.1 人的脅威 .....	158
7.4.2 技術的脅威 .....	159
7.4.3 物理的脅威 .....	163
<b>7.5 情報セキュリティ対策</b> .....	<b>164</b>
7.5.1 人的セキュリティ対策 .....	164
7.5.2 技術的セキュリティ対策 .....	164
7.5.3 物理的セキュリティ対策 .....	177
<b>演習問題</b> .....	<b>178</b>

<b>参考文献</b> .....	<b>186</b>
-------------------	------------

<b>演習問題の解答</b> .....	<b>187</b>
----------------------	------------

<b>索引</b> .....	<b>199</b>
-----------------	------------

# 第1章 情報社会とコンピュータの歴史

本章では、今日の情報社会に至るまでの社会の変遷をたどり、情報社会の基盤であるコンピュータの歴史を学習する。

## 1.1 情報社会に至るまでの社会の変遷

情報社会（あるいは情報化社会）は、「コンピュータや通信技術の発達により、情報が物質やエネルギーと同等以上の資源とみなされ、その価値を中心に機能・発展する社会」（広辞苑第六版）とされている。この用語は、コンピュータの普及が予見された1960年代後半頃より用いられている。

情報社会に至るまでのわれわれ人類の社会は、狩猟（放浪）から始まり、その後、農耕開始による定住、やがて産業革命による工業の発展といった大きな変革を経てきた。

1980年の著書『第三の波』において、こうした社会の大きな変革を押し寄せる波の概念になぞらえたのがアメリカの経済学者・未来学者のアルビン・トフラー（Alvin Toffler）である。トフラーによると、第1の波が農業革命による食物の大量生産、第2の波が産業革命による工業製品の大量生産である。そして第3の波が情報革命による情報社会の始まりである（図1-1 参照）。

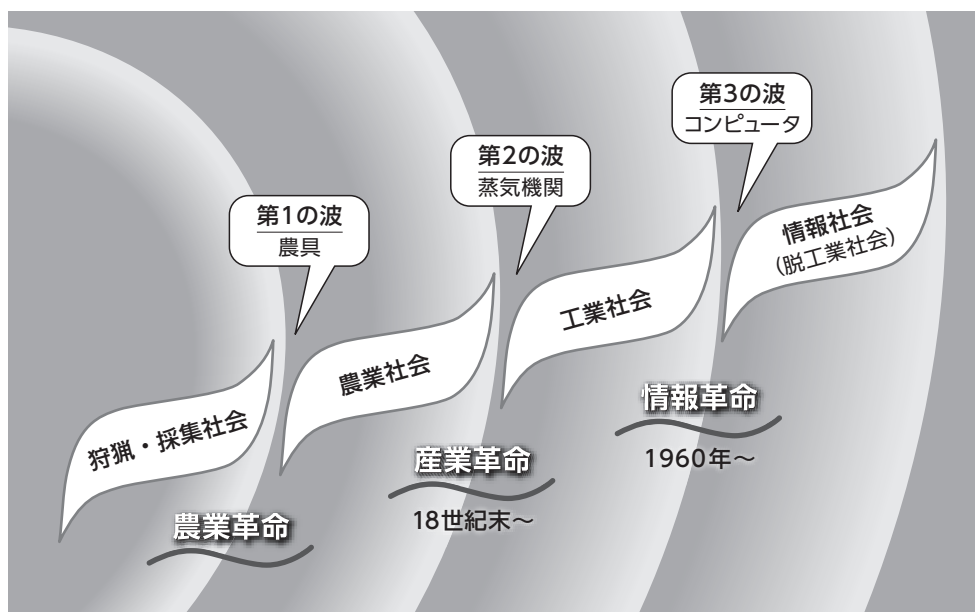


図1-1 トフラーが提唱した3つの波

それぞれの変革時に重要な役割を果たしたものは、農業革命時には生産性を飛躍的に向上させる道具（石や鉄などの物質）であり、産業革命時には機械の自動化を実現するための動力源となったエネルギーであり、情報革命時には情報であった。

それでは、情報社会を機能・発展させる価値をもつ資源とされる情報とは何だろうか。

情報とは、広辞苑第六版によると「①あることがらについてのしらせ。②判断を下したり行動を起こしたりするために必要な、様々の媒体を介しての知識。」とある。

一方、情報と似た用語に「データ」がある。同じく広辞苑第六版では「①立論・計算の基礎となる、既知のあるいは認容された事実・数値。②コンピューターで処理する情報。」とある。

このような説明や多くの専門書の記述などから、本書においては、データは単に「知られている、あるいは観察された事実や数値」であり、それが受け手にとって知識とされるまでに明確で重要な意味をもつようになったものが情報であるとする。

そして、単なる事実や数値に過ぎないデータを集計、蓄積、加工して意味づけし、情報として価値を高めるのが情報処理である（図1-2参照）。

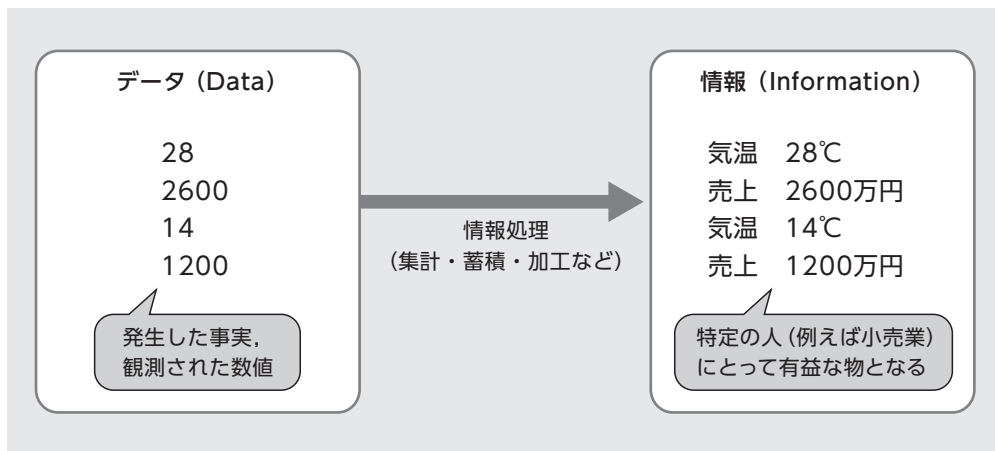


図1-2 情報処理

## 1.2 コンピュータの誕生と発展の歴史

コンピュータを計算のために使う道具ととらえると、その歴史は古くは石や木の枝の利用や、そろばん、計算尺にまでさかのぼって考えなくてはならない。ただし、これらはあくまでも計算するための道具（機械）であり、計算の制御自体はすべて人手により外部から与えられるものであった。この意味では、電子式卓上計算機（電卓）も同類のものといみなすことができる。

しかし、今日主流のコンピュータは、計算や処理の手順がプログラムとしてあらかじめ記憶され（プログラム内蔵方式）、そのプログラムの命令を1つずつ順番に取り出して実行していく方式（逐次制御方式）である。こうした仕組みをもつコンピュータを、この方式の提唱者であるハンガリー出身の数学者ジョン・フォン・ノイマン（John Von Neumann）の名からノイマン型コンピュータという。

今日のコンピュータの誕生に大きく貢献した3つの流れを図1-3に示す。

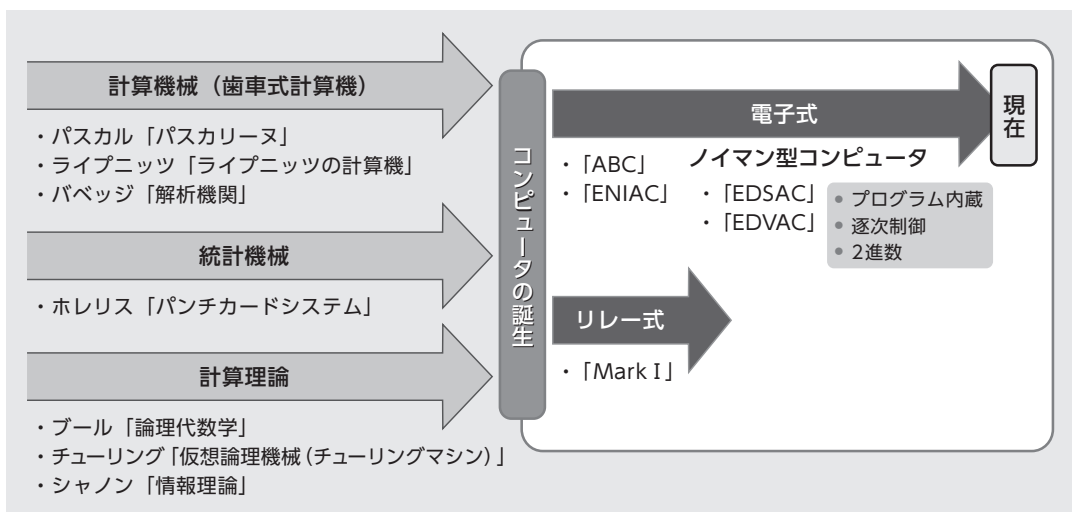


図1-3 ノイマン型コンピュータ誕生までの流れ

### (1) 計算機械（歯車式計算機）の発展過程

計算するための道具としての最初の計算機械は、歯車を利用した機械式のものであった。歯車自体の発明は、ギリシャ時代のアルキメデス（Archimedes）の頃であり、実用に耐える歯車式の計算機械は、パスカル（Blaise Pascal）のものに始まるとされている。

しかし、歯車式の計算機械は構造が複雑になり、かつ当時の歯車の機械工作精度が高くなかったことから、成功をおさめたとは言い難いものであった。

#### ●1640年代

フランスの数学者パスカルが、0から9までの数が彫られた数個の歯車を回転させて加算や減算のできる機械式計算機「パスカリーヌ」を発明（図1-4参照）。

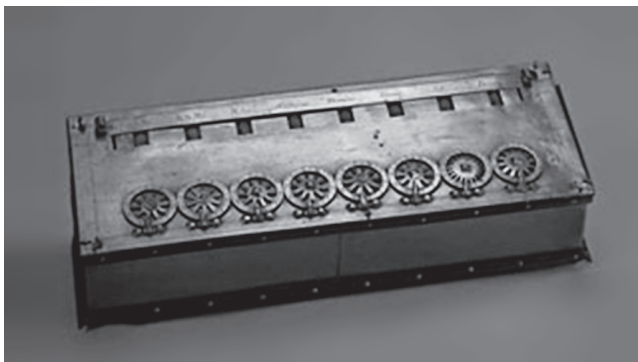


図1-4 機械式計算機「パスカリーヌ」(Wikimedia Commons[Pascaline]より)

#### ●1670年代

ドイツの数学者ライプニッツ（Gottfried Wilhelm Leibniz）が、加減乗除や平方根計算のできる歯車式の計算機を試作。またライプニッツは、今日のコンピュータが利用している2進数を数学的に確立したことで知られている。

## ●1830年代

イギリスの数学者チャールズ・バベッジ (Charles Babbage) が、計算を機械的に実行する解析機関を設計。この時代の情報伝達方法は、歯車を組み合わせて行うもので（今日のように電気信号は使わず）、油圧などで歯車自体を動かす技術水準が高くなかったことから、解析機関は実現されなかった。しかし、その設計はプログラムで計算を制御する今日のコンピュータに近いものであったため、バベッジの解析機関はコンピュータの起源とされ、バベッジは「コンピュータの父」と呼ばれている。

## (2) 統計機械の発展過程

19世紀末になると、穴あきカード (Punch Card) を用いた統計機械が開発された。統計機械は、様々なデータをカードに打ち込む穿孔機、カードを処理するための分類機、加減乗除計算の結果をカードに打ち込む穿孔機、小計・総計を計算して印刷する会計機などの機能が集まったものである。

## ●1887年

アメリカのハーマン・ホレリス (Herman Hollerith) が、1890年のアメリカ国勢調査用の統計処理機械 (PCS：パンチカードシステム) を開発。パンチカード (図1-5参照) を読み取る機械はリレー式でパンチカードの穴の有無を電気信号のONとOFFに対応させてデータ処理を行っていた（データ処理に電気を使った点が今日のコンピュータに類似）。

ホレリスは1896年にタブュレーティングマシン社を設立。この後、1911年に他社との合併でCTR (コンピュータ・タブュレーティング・レコーディング) 社となり、1924年にIBMに社名変更した。この当時の社長は、トーマス・ジョン・ワトソン・シニア (Thomas John Watson Sr.) であった。

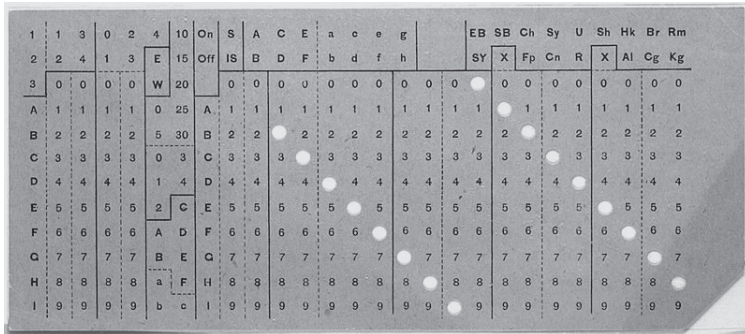


図1-5 パンチカード (Wikimedia Commons「Hollerith punched card」より)

## (3) 計算理論の発展過程

## ●1854年

イギリスの数学者ジョージ・ブール (George Boole) が人間の論理を数式で表すための記号論理代数学を確立。論理が正しい (真) 場合には1, 誤り (偽) の場合には0とする2進数的な表現をとることと論理を数式化したブールの理論は、後に2進数で計算する電子回路の設計に応用されることになる。

## ●1936年

イギリスの数学者アラン・チューリング (Alan Mathison Turing) が万能計算機械 (=コンピュータ) の理論的可能性を指摘。仮想論理機械 (チューリングマシン) と呼ばれたこの理論上の機械は、ブールの論理演算を計算機械に取り入れたものであり、現在のコンピュータの理論的原型とされている。チューリングの残した功績は非常に大きく、情報科学分野のノーベル賞といわれる「チューリング



賞」にその名を残している。なお、チューリングのコンピュータの基本概念を基にして、後にノイマンがコンピュータの設計思想を提唱することになる。

#### ●1937年

当時、マサチューセッツ工科大学 (MIT) の大学院生だったクロード・シャノン (Claude Elwood Shannon) が、修士論文「A Symbolic Analysis of Relay and Switching Circuits : リレーとスイッチ回路の記号論的解析」において、電氣的スイッチ回路の動作 (スイッチのON, OFF) が記号論理代数学の「真」「偽」に対応することを示した。これにより、チューリングマシンは電気回路で実現できることが理論的に示された。

その後、AT & Tベル研究所に入ったシャノンは1948年に現在のコンピュータに欠くことのできない重要な概念である「情報理論 (Information Theory)」を確立した。情報の最小単位「ビット」の概念や、数字、文字、音、映像などの様々な情報をビットの単位で符号化 (コード化) するアイデアは、情報理論の中で生まれたものである。ライプニッツによって数学的に確立された2進数の1桁が1ビットの情報量に等しく、これは電気のスイッチ1個により電流としても表現できることを明らかにしたシャノンの功績により、スイッチの組合せによる簡単な構造で、符号化された情報を2進数計算で処理する現在のコンピュータが実現されるに至った。

#### (4) リレー (継電器) 式

歯車の複雑な組合せによる機械的なアプローチでは、演算装置の実現が難しかったため、電気技術を使用したリレー (継電器) によるリレー計算機が開発されるようになった。リレーは、1つの回路の電流を断続させたり向きを変えたりして、他の回路のスイッチの開閉を自動的に行う装置である (図1-6参照)。計算機に用いられたリレーは、電磁石によって作動する機械式スイッチであり、これを複数個用いることで電気信号を伝達できる。

リレーによる計算機が実現されたのは、1937年にクロード・シャノンが考案した2進数と論理演算によるスイッチのON, OFFでの計算が可能になったためである。

しかし、スイッチを入れたり切ったりして計算を行う仕組みのリレー計算機においては、スイッチの動く速さの物理的な限界が高速化を阻むことになった。

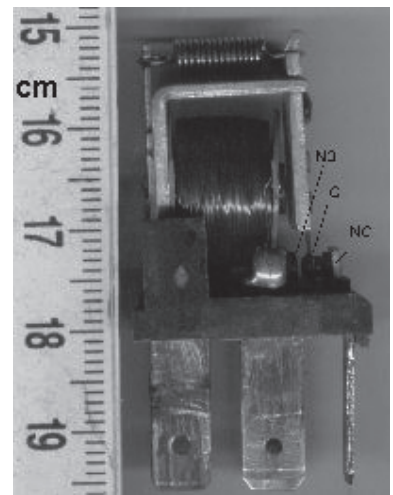


図1-6 リレー (継電器)  
(Wikimedia Commons「Relay」より)

#### ●1941年

ドイツのコンラート・ツーゼ (Konrad Zuse) が2進数を用いた電気計算機Z3を開発。

#### ●1944年

ハーバード大学のハワード・エイケン (Howard Aiken) とIBMが、ASCC (Automatic Sequence Controlled Calculator) を開発。ASCCは、約3000個の電磁石 (リレー) を用いた電気式自動計算機であり、その後ハーバード大学に納入されてMark I (マークワン) と名付けられた。

## (5) 電子式～ノイマン型コンピュータの誕生

機械式、リレー式（電気式）の計算機は、それぞれ歯車やスイッチが動くことで計算する仕組みであったが、物理的な動きをとまっていたことが計算の高速化を阻む要因になっていた。そこで、真空管を採用したコンピュータが開発されることになる。

真空管によるスイッチングは、発熱したフィラメントにより励起されて真空内を高速移動する電子によって行われる。そのため、スイッチの切り替え速度が格段に向上し、計算の高速化が実現できると考えられたのである。この真空管式計算機が電子計算機の始まりである。

これ以降、コンピュータ発展の段階（世代）は、スイッチングに利用される素子（device）の種類によって分けられている（図1-7参照）。素子は、回路を構成している要素部品である。

真空管で作成されたコンピュータが「第1世代」のコンピュータである。トランジスタの発明（1947年）を受けて、1950年代後半から1960年代前半にかけて作成されたのが「第2世代」のコンピュータである。そして、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が集積回路（Integrated Circuit：IC）に置き換わり、小型化や商用化（汎用化）されたのが「第3世代」のコンピュータである。1つのチップに1000個以上の素子を組み込んだLSI（Large Scale Integration）が多数用いられたのが「第3.5世代」、1980年代に出現したVLSI（Very Large Scale Integration）が用いられたのが「第4世代」のコンピュータである。

世代	開発年度	素子
第1世代	1940～1950年代	真空管
第2世代	1960年代前半	トランジスタ
第3世代	1964～1970年	IC
第3.5世代	1970年代	LSI
第4世代	1980年～	VLSI

図1-7 コンピュータの世代

次に、現在のノイマン型コンピュータに至るまでの主要な計算機や関連する技術を挙げる。

### ●1939年 ABC

アイオワ州立大学のアタナソフ（John Vincent Atanasoff）とベリー（Clifford Edward Berry）が、真空管式コンピュータABC（Atanasoff-Berry Computer）を開発。コンピュータのひな型と呼ばれる。

### ●1945年 プログラム内蔵方式の提唱

ペンシルバニア大学のノイマンが、プログラムを2進数表現で電子的な装置に記憶しておき、それを逐次読み出しで実行するプログラム内蔵方式（蓄積プログラム方式）と呼ばれる新しい概念を提唱。翌年、この概念を実装するEDVAC（Electronic Discrete Variable Automatic Calculator）の開発に着手し、1951年に完成した。

### ●1946年 ENIAC

ペンシルバニア大学のエッカート（John Presper Eckert）とモークリー（John William Mauchly）が、世界最初の電子式デジタルコンピュータのENIAC（Electronic Numerical Integrator And Computer）を開発（これにはノイマンも加わった）。真空管18800本を用いた総重量30トンの巨大な機械であった（図1-8参照）。大砲弾道計算を開発の動機とする。電子式で高速計算が可能であっ

たものの、プログラムの作製がワイヤリング方式であり、1つのプログラムを作るための数百のワイヤ(配線)の結合作業に数人がかりで数日かかっていたことが問題であった(この問題解決のためにプログラム内蔵方式が考えられた)。

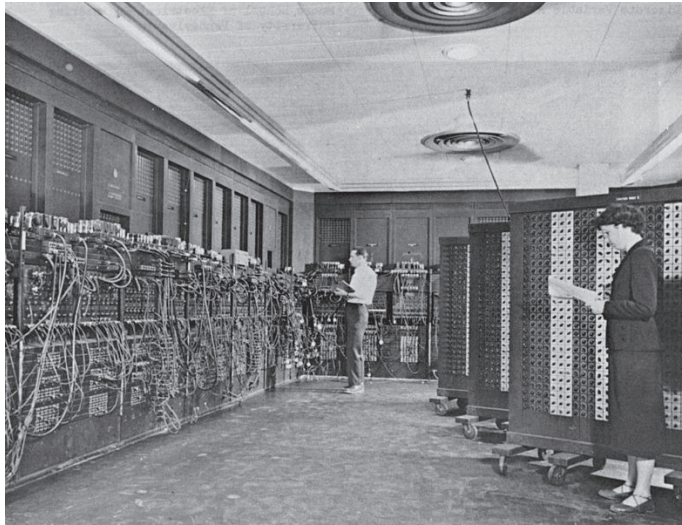


図1-8 ENIAC (Wikimedia Commons[ENIAC] より)

#### ●1947年 トランジスタの発明

ベル研究所のウィリアム・ショックレー (William Bradford Shockley Jr.) らがトランジスタを発明。真空管は焼き切れやすく、長時間の安定使用が難しいという欠点があった。そこで、半導体によるスイッチングデバイスであるトランジスタが、1950年代後半から1960年代前半にかけてコンピュータに用いられるようになった。これにより、コンピュータの小型化が進んだ。

#### ●1949年 EDSAC

イギリスケンブリッジ大学のウィルクス (Maurice Vincent Wilkes) が、プログラム内蔵方式を実装した世界初のコンピュータEDSAC (Electronic Delay Storage Automatic Computer) を開発(図1-9参照)。

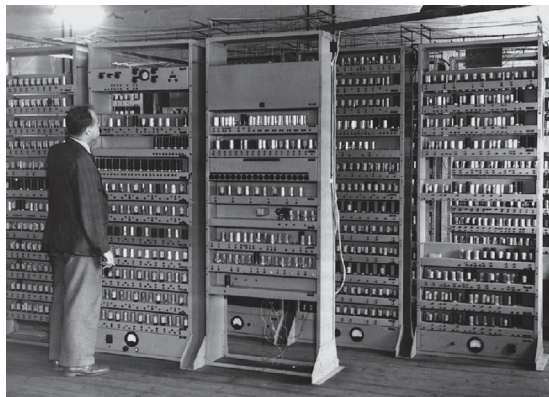


図1-9 EDSAC

(Copyright Computer Laboratory, University of Cambridge. Reproduced by permission.  
[http://www.cl.cam.ac.uk/Relics/archive\\_photos.html](http://www.cl.cam.ac.uk/Relics/archive_photos.html))

**●1951年 UNIVAC- I**

レミントン・ランド社の世界初の商用・事務用コンピュータUNIVAC- I がアメリカ国勢調査局に納入された。UNIVAC- I は、ENIACを開発したエッカートとモークリーが設立したエッカート・モークリー社(1950年にレミントン・ランド社が買収)が開発したものである(図1-10参照)。

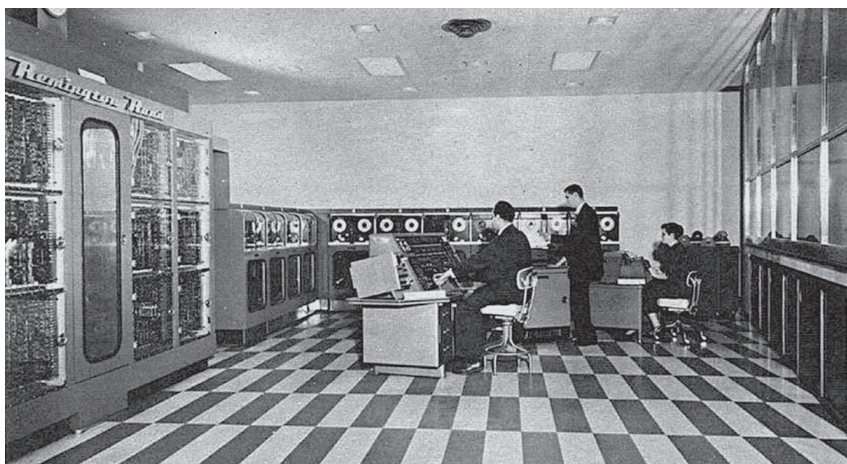


図1-10 UNIVAC- I (Wikimedia Commons「UNIVAC- I」より)

**●1951年 EDVAC (前出)**

ENIACの開発者らが後継機として開発。プログラム内蔵方式のコンピュータだが完成が遅れたため、“世界初”のプログラム内蔵方式コンピュータになれなかった。

**●1952年 IBM701**

IBMが最初の商用コンピュータ(主に科学技術計算用)IBM701を発表。

**●1953年 IBM702**

IBMが事務計算用コンピュータIBM702を発表。

**●1958年頃 ICの発明**

テキサス・インスツルメント社のジャック・キルビー(Jack Kilby)とフェアチャイルド社のロバート・ノイス(Robert Noyce)がICを発明。2人は別の機関において、ほとんど同時期にICを発明した。ICは、トランジスタ、コンデンサ、抵抗、ダイオードなどの多数の回路部品が1つの半導体(シリコンチップ)上に配置された半導体集積回路である。

**●1964年 IBM System/360**

IBMが汎用コンピュータ(情報処理コンピュータ)IBM System/360を開発。360は、全方位を示す360度から名付けられたもので、どのような分野にも対応可能(汎用)という意味が込められていた。

**●1968年 Intel設立**

ショックレーのもとで働いていた研究者ゴードン・ムーア(Gordon Moore)と、ICの共同発明者のロバート・ノイスが、Intel(インテル)を設立。

**●1971年 マイクロプロセッサi4004の開発**

Intelのマーシャン・エドワード・ホフ(Marcian Edward Hoff Jr.)、嶋正利らが開発。世界初の4ビットプロセッサ(4ビットは1回の命令で同時に処理できるデータ量を示す)。マイクロプロセッサは、コンピュータの中央処理装置(CPU)を1つのチップ上に収めたものである。



- 1974年 i8080の開発

Intelのホフ、嶋正利らが開発。8ビットのマイクロプロセッサ。

マイクロプロセッサと関連したメモリチップが出回るようになり、パーソナルコンピュータ (Personal Computer : PC) が生み出されるようになった。次に、PCに関連する主要な出来事や製品を挙げる。

- 1975年 アルテア 8800 (Altair8800)

アメリカMITS社が世界初の個人向けコンピュータ Altair8800 を発売 (図1-11 参照)。



図1-11 アルテア 8800 (Wikimedia Commons[Altair8800] より)

同年、ビル・ゲイツ (William Henry "Bill" Gates) とポール・アレン (Paul Gardner Allen) がMicrosoft (マイクロソフト) を設立。

- 1977年 Apple II

この年に法人化された Apple ComputerがApple IIを発表。世界初の実用的な個人向けPC量産モデルである。Apple Computerの共同設立者であるスティーブ・ジョブズ (Steve Jobs) とスティーブ・ウォズニアク (Steve Wozniak) が開発。この製品の大ヒットによりパーソナルコンピュータ (個人のコンピュータ) の名称が定着した。

- 1981年 IBM PC5150 16ビットOSのMS-DOS開発

IBMがPC市場に参入。MS-DOSは、Microsoftが提供。

- 1982年 NEC PC-9801

PC-9800シリーズは、後に国内PCの主流となる製品。

- 1984年 Apple ComputerのMacOS

Apple Computerがグラフィカルユーザインタフェース (Graphical User Interface : GUI) を備えた Macintoshの初代モデルをアメリカで発売。

同年、IBMがIBM PC互換機の基になるPC/ATを発表。

- **1992年 日本IBM PC DOS/V発売**

これによりPC/AT互換機で日本語を扱えるようになった。

- **1991年 Linux公開**

フィンランドヘルシンキ大学の学生リーナス・トーバルズ (Linus Benedict Torvalds) がLinuxを公開。

- **1992年 MicrosoftがWindows3.1発売 (日本では1993年に発売)**

Windows3.1より前、1985年にWindows1.0、1987年にWindows2.0、1990年にWindows3.0が発売された。

- **1995年 Windows 95の発売**

続いて1998年にWindows 98、2000年にWindows Me、2001年にWindows XP、2006年にWindows Vista、2009年にWindows 7、2012年にWindows 8、2015年にWindows 10が発売された。

1980年代になると、ICの小型化、高信頼化、低価格化がPCの発展に大きく寄与し、個人でコンピュータを所有して使用するようになった。

Appleがスマートフォン「iPhone」を発売したのが2007年で、同年にGoogleがスマートフォン用OS「Android」を発表している。さらに、2010年にAppleのタブレット端末「iPad」が発売され、その後のタブレット端末やスマートフォンなど、いわゆるスマートデバイスの爆発的な普及は周知の通りである。

## 1.3 様々な技術の発展によるコンピュータの性能向上

前節でみたように、現在のコンピュータと同様の仕組みができたのは1940年代のことであり、実はそれ以降、今日に至るまで、コンピュータの基本的な原理はほとんど変わっていない。変わってきたものはコンピュータを実現するための様々な要素技術である。

例えば、コンピュータの頭脳といわれるプロセッサの発展に関しては、ムーアの法則と呼ばれるものがある。ムーアの法則は、半導体メーカーのIntelの共同創立者であるゴードン・ムーアによって1965年に唱えられた。それは、「半導体の集積度は18か月～24か月ごとに2倍になる」という経験的観測であり、実際にこれがほぼ成立してきたことから法則とされたものである。

こうした法則からも伺えるように、半導体技術をはじめとするコンピュータを製造するための様々な技術（電子管、小型部品製造、多層基板、放熱など）の驚異的な発展により、処理速度や記憶容量などの性能のより優れたコンピュータが開発されてきたのである。

最後に、様々なコンピュータとその利用形態、関連する主要企業や機種を図1-12に示す。