

今回の内容

5.1 計算機の構成 . . . . . 5-1  
 5.2 演習問題 . . . . . 5-7

5.1 計算機の構成

パソコンの内部構造

私たちが使っている標準的なパソコンの内部は、下の図<sup>1</sup>のようになっており、次ページの図2のような部品で構成されています<sup>2</sup>。

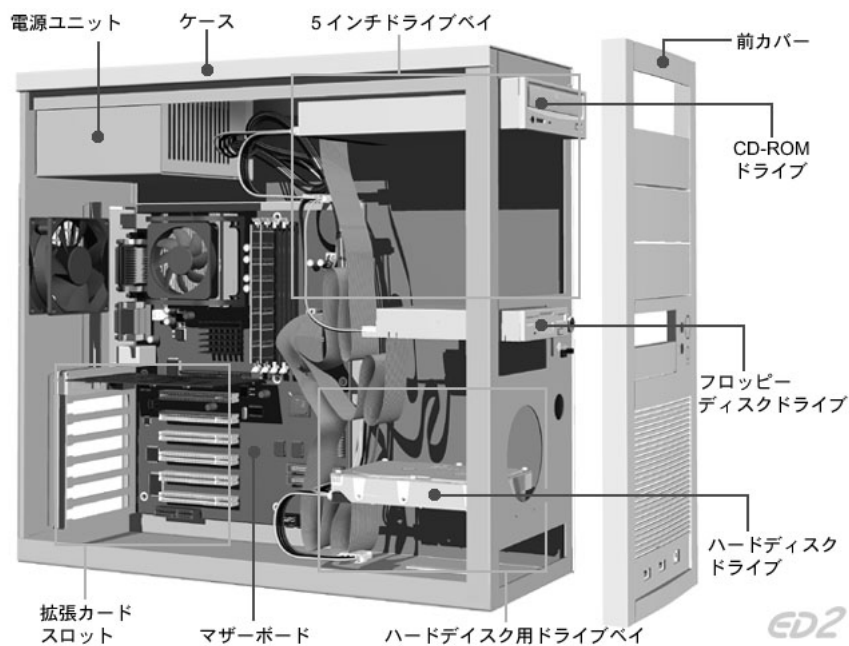


図1: パソコンの内部

このようなパソコンなどの計算機を構成している各装置を、その機能や情報の流れに注目して模式的に表すとおおよそ次の図3のようになります。図3の( )の中には、計算機の各部分がパソコンのどの部品に対応しているかが書かれています。

この授業では、この図の点線枠内を指して「計算機」と呼んでいますが、入力装置、補助記憶装置、出力装置を含めて「計算機」と呼ぶこともあります。今回は各装置の概略のみを説明して、その詳細は(次回以降)追って少しずつ見ていくことにします。

<sup>1</sup>資料中でED2と記された図は「情報機器と情報社会の仕組み素材集 (<http://www.kayoo.org/mext/joho-kiki/>)」の一部を利用させて頂いたものです。

<sup>2</sup>この図中で紹介されている部品は若干古い種類のものとなっています。CD-ROMドライブは、現在DVDやBlu-rayディスクドライブに置き換わっていますし、ドライブ類の接続ケーブルも形状が変わっています。フロッピーディスクは現在ほとんど搭載されなくなっています。

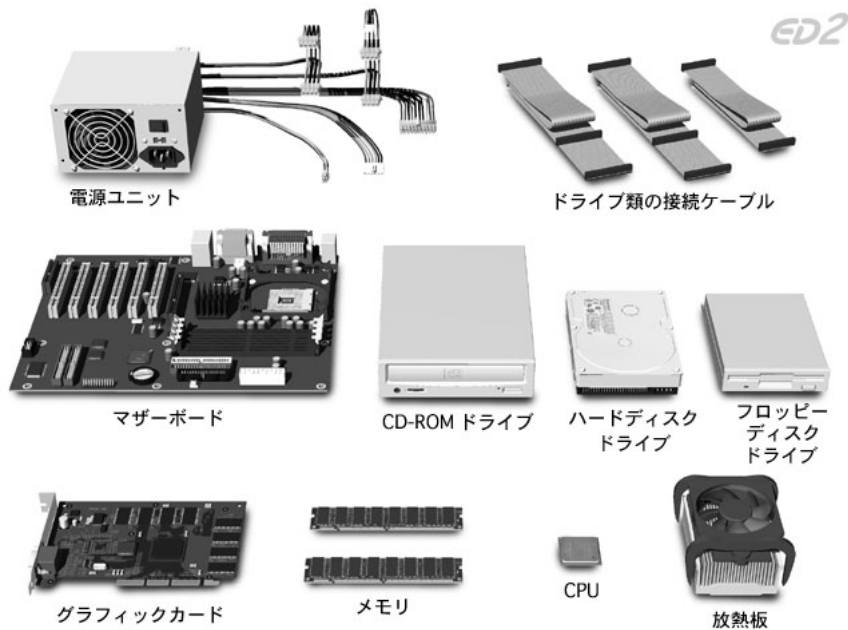


図 2: パソコンを構成している部品

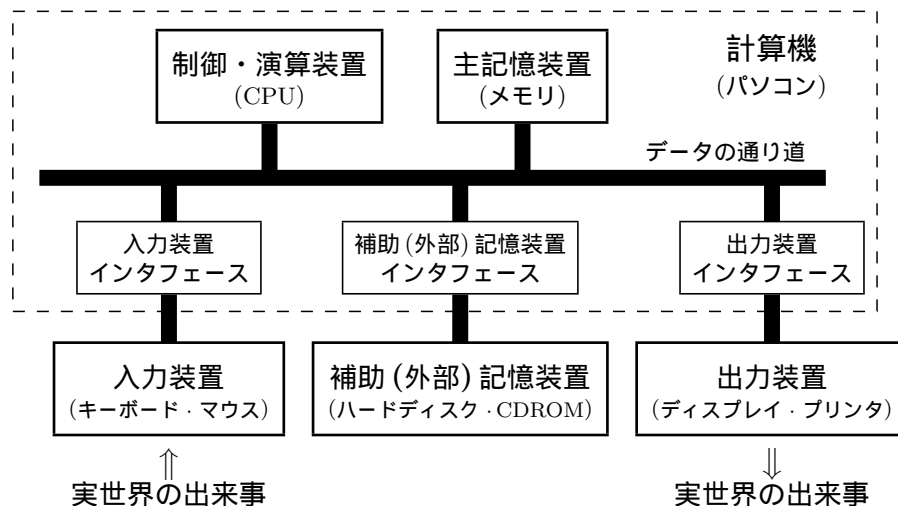


図 3: 計算機の構成 (概念図)

### 制御・演算装置

主記憶装置に記憶されている機械語プログラムと呼ばれる指示を読み取り、その指示に従って、四則演算などの計算や、各装置の制御、装置間でのデータの転送を行います。パソコンの場合、CPU<sup>3</sup>と呼ばれる部品が、この装置に対応します。

機械語プログラムは機械語命令がたくさん並んだものです。1つ1つの機械語命令は、数 bit から数十 bit のビット列で、CPU が行うことのできる仕事の内の1つを指定する働きを持っています。機械語命令や機械語プログラムもデジタル情報の1つと考えることができます。CPU は、主記憶装置に格納(記憶)されている機械語命令を順に1つ1つ読み取り、その指示に従って、数値の計算や装置の制御、データの転送を行います。CPU の行う計算やデータの転送は 32 bit や 64

<sup>3</sup>Central Processing Unit (中央処理装置) の略です。

bit などの大きさを単位に行われます。主として 32 bit を単位にこのような処理を行うことのできる CPU を「32 bit CPU」、64 bit を単位に処理することができる CPU を「64 bit CPU」のように呼ぶことがあります。1 号館 542 実習室のパソコンでは、Intel 社の Core 2 Duo という 64 bit CPU が使われています。

CPU はクロックと呼ばれる高周波信号に同期して機械語命令を実行していきます。たとえば、クロック周波数 3.0 GHz で動作する Core 2 Duo CPU は、最も単純な機械語命令（たとえば整数の加減算）なら、クロックの 1 周期 ( $1/3,000,000,000$  秒)<sup>4</sup> 毎に 1 回実行することができます。

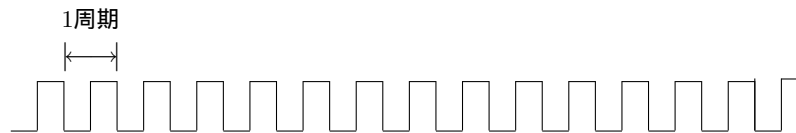


図 4: クロック信号

一般のパソコンで使用されている CPU は図 5 のような形状をしており、その機能は、数 mm ~ 十数 mm 四方の半導体（シリコン等）の小片<sup>5</sup>上に、印刷技術を応用して形成された電子回路として実現されています。1 つの CPU は、数千万から十数億の素子（トランジスタ<sup>6</sup>等）で構成されています。各素子は  $1\mu\text{m}$  四方程度の大きさしかありません<sup>7</sup>。

#### 主記憶装置

CPU が取り扱う機械語プログラムやデータ（デジタル情報）を格納（記憶）するための装置です。パソコンの場合、一般にメモリと呼ばれる部分に対応します。1 台のパソコンのメモリは、通常、次ページの図 6 のような形状のメモリモジュール<sup>8</sup>と呼ばれる部品数点で構成されており、全体で、数百 MB から 十数 GB 程度の記憶容量のメモリを持っています。1 つ 1 つのメモリモジュールは数個から十数個のメモリチップから構成されています。このメモリチップも、CPU と同様に半導体結晶の小片上の電子回路として実現されています。小片上には電荷（静電気）を溜めることのできる微小な区画が無数に用意されており、この区画の電荷のある・なしで 1 bit の 0/1 の情報を記憶します。1 つのメモリチップで数百 Mb ~ 数 Gb 程度の情報を記憶することができます。

主記憶装置は、次に説明する補助（外部）記憶装置と比べると、記憶された特定の情報をすばやく取り出したり、新たな情報を特定の場所にすばやく記憶させたりすることができます。現在のパ

<sup>4</sup>電圧等の量が周期的に変動する場合、1 秒間に繰り返される変動パターンの回数を周波数と呼びます。周波数の単位は Hz（ヘルツ）です。また、繰り返される変動パターンの 1 回分の時間的長さを周期と呼びます。周期の単位は s（秒）です。周波数と周期は互いに逆数の関係にあります。たとえば、周波数 3.0 GHz は、1 秒間に  $3.0 \times 10^9$  回の繰り返しがあることを示していますが、この時の周期は約  $3.33 \times 10^{-10}\text{s}$  (0.333 ns) となります。

<sup>5</sup>この小片をダイ（die）と呼びます。

<sup>6</sup>3 つの電気的な端子を持っており、その 2 つの間を流れる電流のオン・オフ（あるいは大小）を、もう 1 つの端子に与える電圧で切り替えることのできる素子の総称です。パソコンの CPU には、主に MOSFET（Metal-Oxide-Semiconductor Field Effect Transistor 金属酸化半導体電界効果トランジスタ）というトランジスタが使われています。

<sup>7</sup> $1\mu\text{m}$  は  $10^{-6}\text{m}$  (= 1,000 nm) です。

<sup>8</sup>SPD とはメモリモジュールの仕様を識別するための部品で、この情報をパソコンが読み取ってメモリモジュールの使用方法を自動的に決めます。

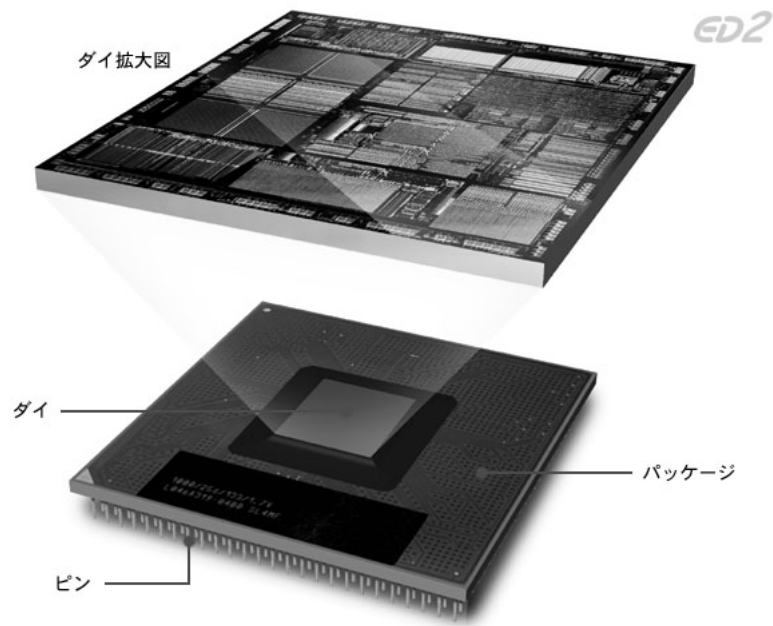


図 5: CPU

ソコンで使用されているメモリモジュールでは、数 ns ~ 十数 ns 程度 (1 ns は  $10^{-9}$  秒) の時間で (たとえば 64 bit のデータの) 1 回の読み書きができます。

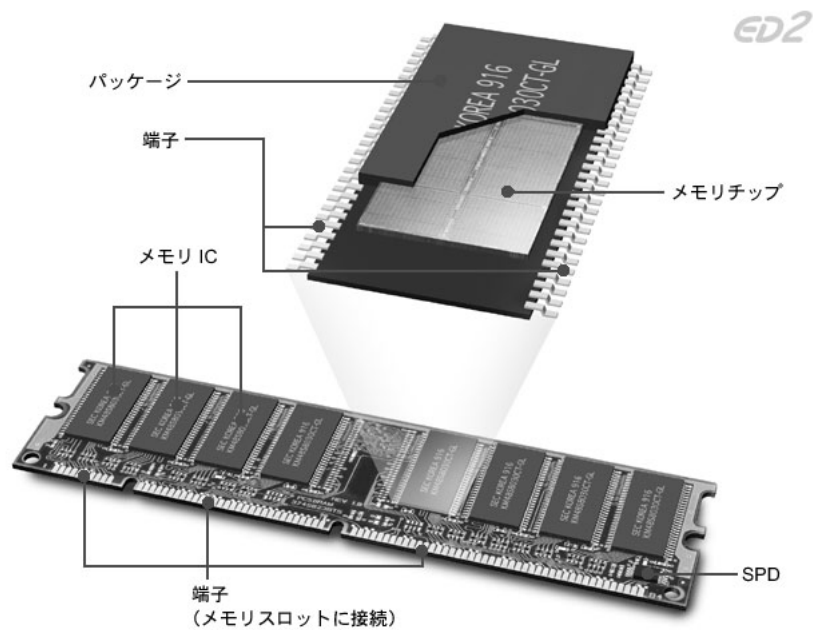


図 6: メモリモジュール

### 補助 (外部) 記憶装置

パソコンのハードディスクドライブ (次ページの図 7) や、SSD (Solid State Drives)、フラッシュメモリ、MO (光磁気) ディスクドライブなどの記憶装置を、一般に補助記憶装置<sup>9</sup>と呼びます。

<sup>9</sup>計算機の外部にあることが多いため外部記憶装置と呼ぶ場合もあります。

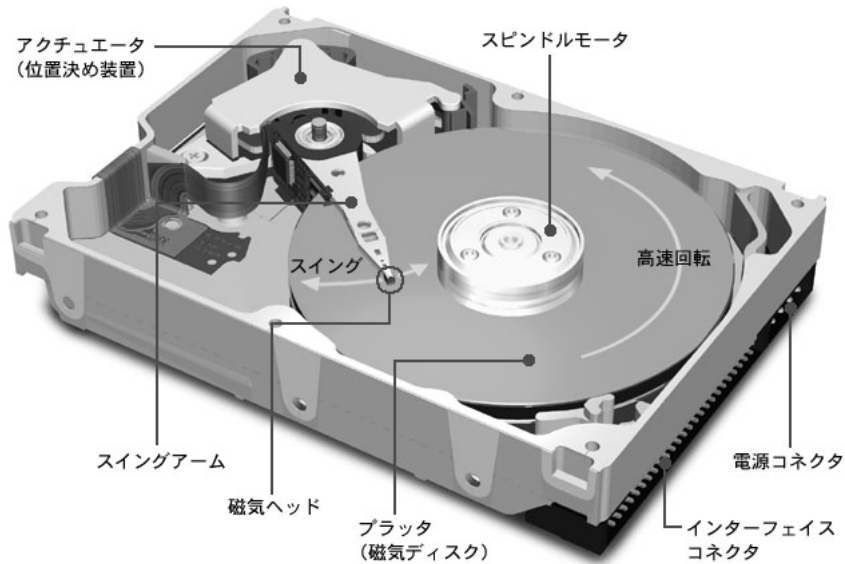


図7: ハードディスクドライブ

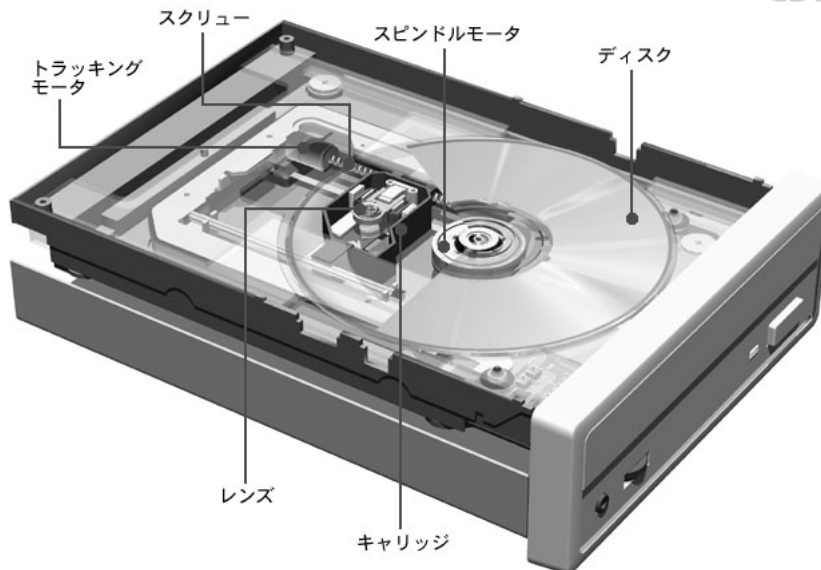


図8: CDROM ドライブ

ハードディスクや MO ディスクは磁性体の磁化の向きで、SSD やフラッシュメモリは半導体上の小さな区画の電荷のある・なしで 0/1 の情報を記憶します。これらの補助記憶装置の容量は、フラッシュメモリ 1 個で数十 MB ~ 数十 GB、MO ディスク 1 枚で百数十 MB ~ 数 GB、SSD 1 台で数十 GB ~ 数百 GB、ハードディスク 1 台で数十 GB ~ 数 TB<sup>10</sup> 程度です。

補助記憶装置は、主記憶装置 (メモリ) と比べると、記憶された特定の情報を取り出したり、特定の場所に情報を記憶させたりするために必要な時間が長く掛かってしまいます。たとえば、ハードディスクの場合、特定のデータを読み出したり、書き込んだりするのに、数 ms ~ 数十 ms 程度の

<sup>10</sup>技術の進歩により、ハードディスクの記憶容量は 1 ~ 2 年毎に 2 倍に増加しているようです。

時間が掛かってしまいます。これは、主記憶装置として使われる半導体メモリの約百万倍の時間になります。

ハードディスクドライブ、SSD、フラッシュメモリなどのような、情報の読み書きを両方向のための補助記憶装置の他に、CDROM ドライブ(図 8) や DVD ドライブ、Blu-ray ドライブのように、情報の読み込み専用<sup>11</sup>の補助記憶装置もあります。

## 入出力装置

第 1 回に説明したように、計算機による情報処理の全体像は、実世界で出来事が入力装置によってデジタル情報に変換され、その情報が計算機によって処理されて出力装置に渡され、最終的にまた実世界の出来事に反映されるというものでした。この実世界と計算機の間を橋渡しする役割を持っているのが入力装置や出力装置です。

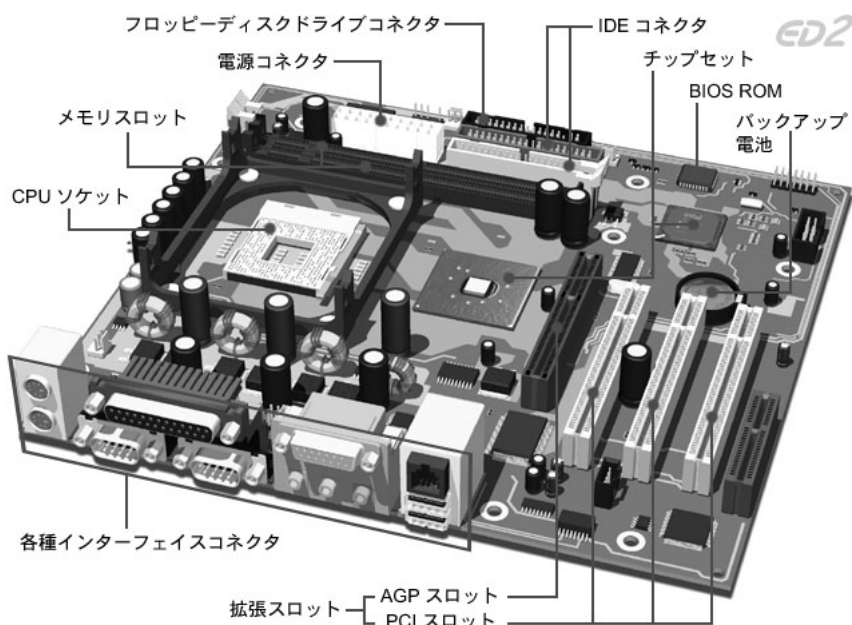


図 9: パソコンのマザーボード

パソコンを例にとると、マウスやキーボードが入力装置であり、ディスプレイやプリンタが出力装置ということになります。現在のパソコンでは、入出力装置と制御・演算装置 (CPU) との間で情報交換を行う際の標準規格<sup>12</sup> (どのような物理現象で情報を伝えるのか、どのような手順で情報を交換するのか) が定められていて、それぞれの入出力装置は、この標準規格に従ってパソコンに接続されるようになっています。このとき、本来の入出力装置がやり取りする情報 (アナログ情報を含む) を、この標準規格に従った情報交換の方法に変換する装置が必要となりますが、これを (入出力装置の) インタフェース装置と総称します。このような装置は、独立した基盤上の電子回路と

<sup>11</sup>CDROM や DVD、Blu-ray を発展させて情報の書き込みを可能とした、CD-R や CD-RW、DVD-R、DVD-RW、DVD+R、DVD+RW、DVD-RAM、BD-R、BD-RE に対応したドライブなどの補助記憶装置もあります。ただし、ハードディスクドライブや SSD、フラッシュメモリに比べるとかなり低速です。

<sup>12</sup>たとえば、パソコンでよく使われている PCI という規格や、PCI を高速化した PCI Express といった規格があります。

して実現されていて、パソコンのマザーボード (図9)<sup>13</sup> の拡張スロット (接続口) に差し込むことで機能するようになっています。この基盤のことを拡張ボードとかインタフェースボード (図10) と呼びます。

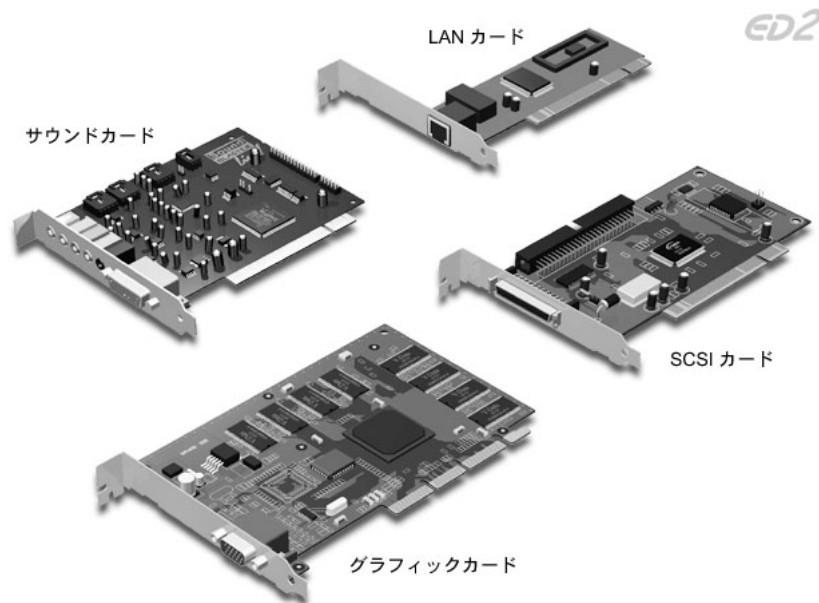


図 10: いろいろなインタフェースボード

これらのボードは、その用途に応じた接続端子を持っており、それがパソコンの外部に露出するように出来ていますので、そこに入出力装置を接続して使用します<sup>14</sup>。第1回に説明した A/D・D/A 変換のような作業も、このインタフェース装置によって行われるのが普通です。

## 5.2 演習問題

1. 瀬田学舎の情報処理実習室で使われている Core 2 Duo E8400 CPU では、約 $107 \text{ mm}^2$ のダイの上に約4億1千万個のトランジスタが集積されているそうです。もし、1個のトランジスタが1 cm 四方の大きさだったとしたら、ダイの大きさはおよそどのくらいになるでしょうか (ダイを正方形とすると、その1辺の長さはどのくらいでしょうか)。ダイの表面が4億1千万個のトランジスタで敷き詰められているものとして考えてください。 $\sqrt{4.1}$  は、約2.02です。
2. 第2回2ページの演習問題の4と同じ方式で、音 (ステレオ) の波形をビット列に変換した場合、1 TB の容量を持つハードディスクには、およそ何時間分の音のデータを記憶すること

<sup>13</sup>CPU やメモリモジュールなどを相互接続するための電子回路の基盤です。図中の IDE はハードディスクを接続するインタフェース、チップセットは CPU とメモリ、各種インタフェースを相互接続する電子回路、BIOS ROM はパソコンの起動に必要なプログラムが記憶されている読み出し専用のメモリです。現在では、IDE の代わりに Serial ATA (SATA) というインタフェースが、AGP や PCI の代わりに PCI Express (PICE) というインタフェースが使われる場合がほとんどです。

<sup>14</sup>通常、キーボードやマウスを接続するインタフェース装置はマザーボードに作り付けになっていて、マザーボード自身にこれらの入力装置を接続するための端子が設けられています。また、ネットワーク (LAN) やディスプレイについても同様になっている場合もよくあります。

ができるでしょうか。また、2 GB のフラッシュメモリではどうでしょうか。