

3.4 記憶階層のアーキテクチャ

CPU の性能向上によって高速に情報(データ)を処理できるようになっても、記憶装置が次に処理すべきデータを即座に供給できなければ、CPU に待ち時間が生じ、せっかくの性能向上は無駄になる。この節では、**記憶階層**の構築とともに、代表的な記憶装置の高速化技術を解説する。

記憶装置の高速化の方向性は大きく 2 つある。1 つはデータ読み出し要求が出てから読み出したデータを返すまでの**アクセス時間(レイテンシ)**であり、もう 1 つは単位時間あたりにどれだけの量のデータを転送できるかという**バンド幅**である。前者は時間(ミリ秒、など)やクロックサイクル数などでよく表され、後者は 1 秒あたりの転送量(G バイト/秒)などで表される。

(1) キャッシュとキャッシュメモリ

低速な記憶装置(低速かつ大容量)に保持されているデータの一部をより高速な記憶装置(高速かつ小容量)に保持することを**キャッシング**と呼び、これを実現するためのメモリを**キャッシュメモリ**という。よって、見方によっては、主記憶は補助記憶装置のキャッシュメモリとも呼べる。一般的には、キャッシュメモリとは CPU の処理速度と主記憶装置のアクセス速度のギャップを埋めるために考案された CPU と主記憶装置の間に置かれた高速アクセスメモリのことを指す。通常、プログラムやデータには頻繁に参照される部分が存在しており、これを**参照の極所性**(厳密には、時間的局所性と空間的局所性に分けられる)という。この頻繁に参照される部分だけでも、高速なキャッシュメモリに格納しておけば全体のアクセスが向上する。より高速なアクセス速度を実行するために、キャッシュメモリは階層化されている。これは、メモリは容量を大きくするほど動作が遅くなるという特性があるため、速度と容量のトレードオフがあるからである。一般的に、キャッシュはアクセス時間の短縮を第 1 目的として実装されるが、アクセス時間短縮によって 1 秒あたりの読み出し要求/データ転送の回数が増えたり、CPU 内部に実装されたキャッシュではバス幅を増やせたりするため、バンド幅の向上にも効果がある。

1 次キャッシュ

CPU 内部に設定されたキャッシュメモリ。3.3 節(5)で説明したメモリアクセスと命令フェッチの重複による構造ハザード回避のため、命令語専用の命令キャッシュと、データ専用のデータキャッシュに分ける構造が大多数を占めている。

2 次キャッシュ

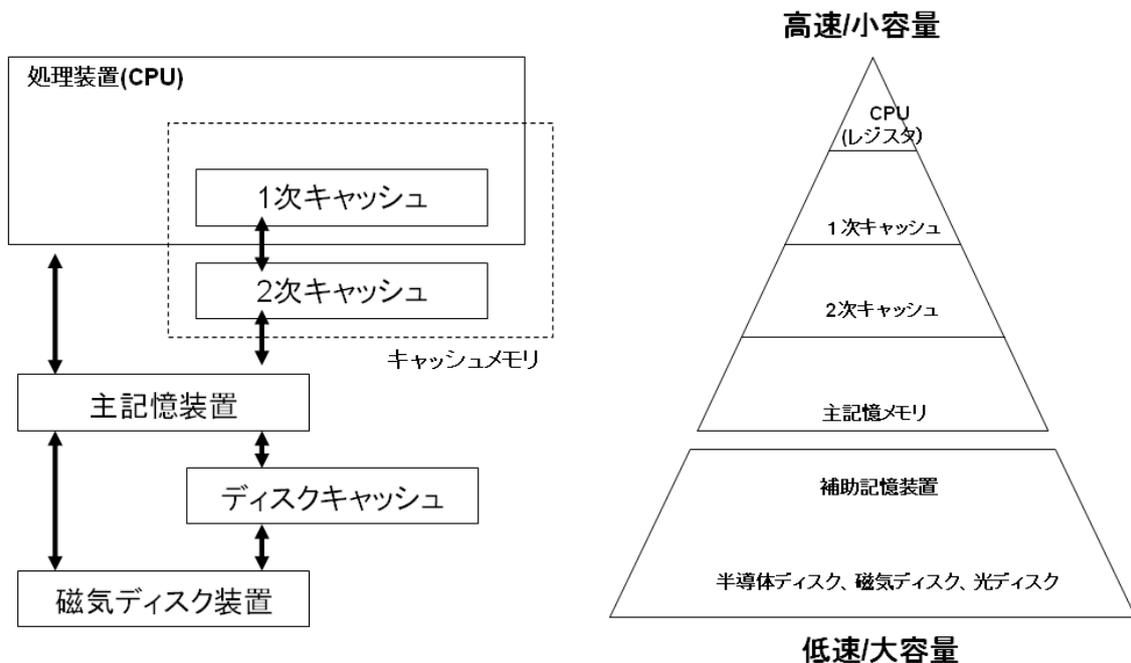
処理装置外部に設定されたキャッシュメモリで、1 次キャッシュよりも大きなメモリ空間をもつ。最近のプロセッサアーキテクチャでは 2 次キャッシュも処理装置内部に配置する傾向にある。この階層以下は、命令語とデータの両方をまとめて保持するものがほとん

どである。

最近では、3次キャッシュを用いる構成も存在する。特に、密結合マルチプロセッサやマルチコア構成のCPUでは、CPUコア間で共通のキャッシュとして、3次キャッシュを持つ例が多い。

ディスクキャッシュ

HDDなどの補助記憶装置へのアクセスも参照の局在性を利用し、主記憶装置の一部をディスクキャッシュとし、より高速な記憶階層を構築できる。最近では、主記憶装置の一部を利用したディスクキャッシュに加え、フラッシュメモリを利用したSSDをHDDとディスクキャッシュの間に配置する構成も利用され始めている。



x

(2) メモリの平均アクセス時間

上記のような階層構成では、あるデータは1次キャッシュで読み出されるが、別のデータは主記憶まで読みに行く羽目になるなど、データごとのアクセス時間は異なることになる。よって、このような記憶階層構成のアクセス時間の評価には、平均のアクセス時間を用いる。平均アクセス時間は、各記憶階層へのアクセス時間に、その階層にデータを取りに行く確率をかけたものの総和を取る形で求める。

[平均アクセス時間の例 1]

$$\begin{aligned} &= \text{主記憶装置へのアクセス時間} \cdot (1 - \text{キャッシュヒット率}) \\ &+ \text{キャッシュメモリへのアクセス時間} \cdot \text{キャッシュヒット率} \end{aligned}$$

[平均アクセス時間の例 2]

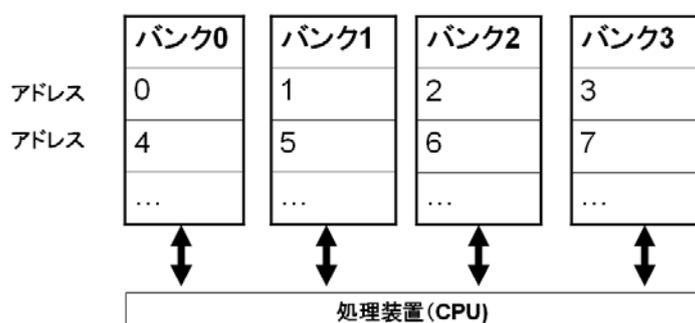
$$\begin{aligned} &= \text{主記憶装置へのアクセス時間} \cdot (1 - \text{1次キャッシュヒット率} - \text{2次キャッシュヒット率}) \\ &+ \text{2次キャッシュメモリへのアクセス時間} \cdot \text{2次キャッシュヒット率} \\ &+ \text{1次キャッシュメモリへのアクセス時間} \cdot \text{1次キャッシュヒット率} \end{aligned}$$

ただし、上記の 2 次キャッシュヒット率は全メモリアクセスに対する割合とする。(2 次キャッシュまで来たメモリアクセスに対する割合ではない)

(3)メモリインタリーブ

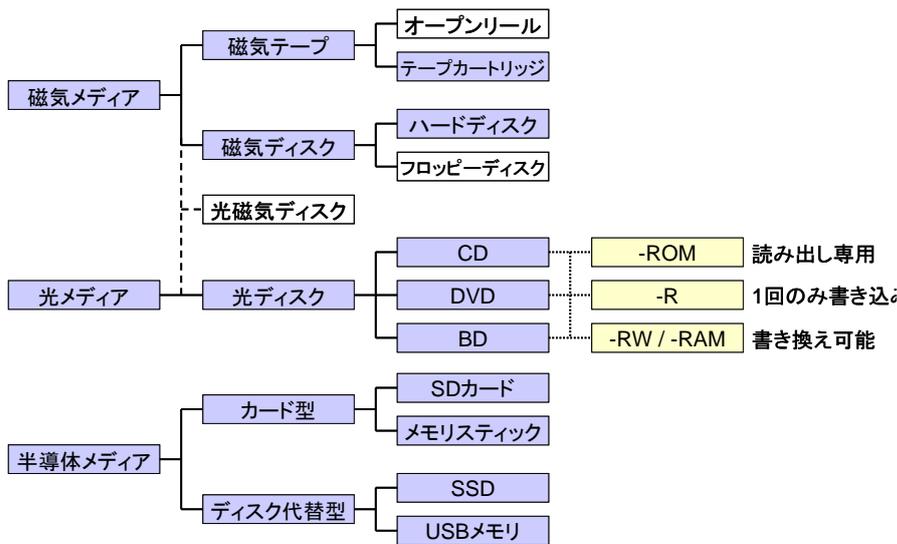
動画像の処理では、一度のアクセス要求で転送されるデータが多いため、アクセス時間よりも 1 秒あたりのデータ転送量の方が重要になることがある。このような処理を多用する用途では、データ転送量を向上させる技術が必要となる。

このような技術の例として、メモリインタリーブがある。これは、主記憶装置をブロック(バンク)に分け、各バンクは別々のバスで CPU と接続することで、バンクごとに並列してアクセスできるようにする方法である。このような手法ではアクセス時間は短縮できないが、1 秒あたりのデータ転送量はバンクの数倍だけ向上することができる。後述する HDD の RAID 構成も、インタリーブ技術の 1 つである。



3.5. 入出力装置としての補助記憶装置

本節では、入出力装置と補助記憶装置について説明する。3.4 節の記憶階層の説明でも補助記憶装置は含まれていたが、本節では、入出力装置に近い面から補助記憶装置を説明する。、大容量、不揮発性、可搬性(コンピュータシステムから取り外して持ち運べること)などが要求される。記憶装置の記憶方式を以下に示す。



磁気メディア： 磁気の方角(NS/SN)で 0/1 を記録する。

光ディスク： メディアにレーザー光を照射して、その反射率の違いを 0/1 とする。

光磁気ディスク： メディアにレーザー光を照射して、その偏光の違いを 0/1 とする。

半導体メディア： フラッシュメモリなどの不揮発性の IC メモリに記録する。

(1)磁気メディア

(1.1) 磁気ディスク(ハードディスク、HDD)

磁性体を塗ったディスクを数枚重ねて構成。ディスクの素材はアルミニウムやガラスなどの硬い素材を用いるので、フロッピー(フレキシブル)ディスクに対してハードディスクと呼ばれる。また、ハードディスクドライブで HDD と略したりする。

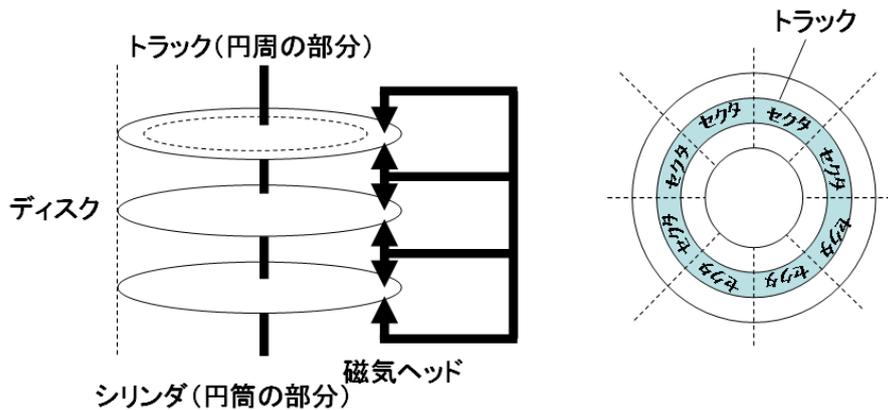
ディスク上への情報の記録は、磁気の方角(NS/SN)で 0/1 を記録する形で行う。この磁気の方角は、磁気ヘッドによって磁性体の磁化の状態を変化させることで行う。アクセスする際には、ディスクを回転させ、磁気ヘッドを近づけ、表面の磁性体の磁気の方角を読み取ったり、変化させたりする。ディスクの両面にヘッドを準備することで、ディスクの両面にデータを記憶させることが可能である。

HDD では、データを記録する領域としてディスク上に同心円状にトラックを配置する。複数枚のディスクからなる HDD では、別のディスク上においても、同じ位置にトラックが存在する。あるディスクのトラックを読み書きしている時、他のディスクの磁気ヘッドも他のディスクの同じ位置のトラックに位置している。これは、ディスクごとに磁気ヘッドを別個に動かすとヘッドを動かす機構が複雑になるからである。この時、磁気ヘッドを移動せずにデータを読み書きできる領域(上下方向=円筒状に並んだトラックの集まり)をシリンダという。

磁気ディスク装置などの補助記憶装置はブロック単位で入出力を行う。ブロックはレコ

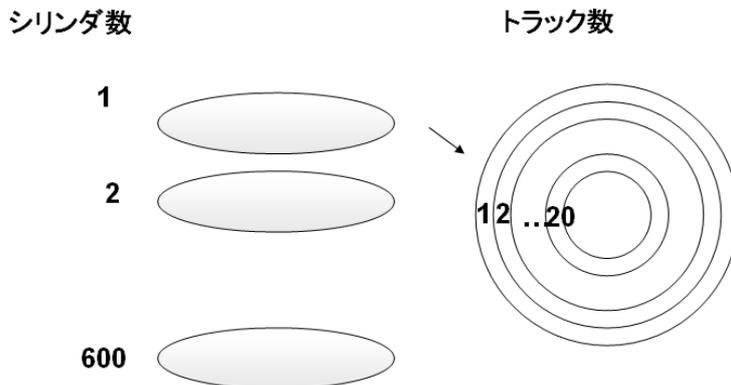
ード（データを記録するための最小単位）の集まりであり、物理レコードともいう。HDDのディスク上においてこのブロックは、トラックをいくつかに分けた領域の1つとなり、**セクタ**と呼ばれる。

以下の例では、HDDは6シリンダからなり、1シリンダは3トラックからなり、1トラックは8セクタより構成される。



次の磁気ディスクの総記憶容量は何バイトか。
トラック容量：25000 バイト/トラック
トラック数：20 トラック/シリンダ
シリンダ数：600 シリンダ/装置

$$25000 \times 20 \times 600 = 300\,000\,000 \text{ バイト} = 300 \text{ M バイト}$$



古典的な HDD は CPU 側からも上記の情報を用いてアクセスを行ったが、最近の HDD は高密度化のために内周と外周で1トラックあたりのセクタ数が違うなどするため、HDD側で各セクタに順番に番号を振り、その番号を使ってアクセスする。もちろん、HDDの内部ではその番号を上記のような情報に変換してアクセスを行っている。

ハードディスクのアクセス時間

ハードディスクのアクセス時間の平均は、以下の方日で求めることができる。

アクセス時間	$[\text{ブロックのアクセス時間}] = [\text{平均シーク時間}] + [\text{平均サーチ時間}] + [\text{データ転送時間}]$
平均シーク時間	磁気ヘッドがブロックの格納されているトラックまでの移動時間の平均値
平均サーチ時間	磁気ヘッドがブロックの先頭に来るまでの時間の平均時間 最大のサーチ時間は1回転の時間であり、最小のサーチ時間は0であるから、 $[\text{平均サーチ時間}] = [1/2 \text{ 回転の時間}]$
データ転送時間	磁気ヘッドがブロックを読み込む時間で、通常、ディスク回転速度、トラックあたりのセクタ数、ブロック長から計算する。

(1.2) 他の磁気メディア

他の磁気メディアとして、以下のようなものがある。フロッピーディスクや光磁気ディスクはすたれつつある。

フロッピーディスク(フレキシブルディスク)

プラスチックなどの柔軟なディスク磁性体を塗ったものに記録する。ディスク1枚からなり、ディスクのみを取り替えたり持ち運べたりしたため、データの持ち運びに利用されていた。に容量1.44Mバイトのものが主流だった。

磁気テープ

テープに磁性体を塗ったものに記録する。テープ一巻あたり100Gバイト以上のものが主流となっており、ビットあたりのコストは安価。バックアップデータの保存などに使われている。オープンリールの物もあったが、現在はカートリッジ入りのものが主流。

光磁気ディスク(MOディスク: Magneto Optical ディスク)

厳密には、磁気メディアとも光メディアのどちらでもないメディアである。磁界のみでは磁気の方法が変わらない磁性体を使い、強いレーザーを照射しつつ磁界をかけることでデータを磁気的に書き込む。読み出しは弱いレーザー光を当てて、磁化の向きを光偏光方向によって読み出す。

(2) RAID(Redundant Array of Independent (Inexpensive) Disks)

複数の磁気ディスクを集めて一つの装置として使う方法。磁気ディスクの信頼性や処理

速度の向上をめざす。手法としては RAID0-5 の 6 種類を基本とする。この中で代表的な方式は RAID0、RAID1、RAID5 である。

RAID0 (ストライピング)	2 台以上のディスクを利用して並列にデータを読み出す方式。データ転送速度の向上を目標とする。
RAID1 (ミラーリング)	RAID1 では、複数台の磁気ディスクに同じ内容のデータを書きこむ方式。信頼性向上が図られている。万一、あるディスクに障害が発生しても、残りのディスクに記録されたデータを使って処理を継続する。同じデータを 2 つ持つため、ディスクの実質的な容量は 1/2 になる。
RAID5	最も一般的な RAID 方式。データをブロック単位に分割し、誤り訂正符号であるパリティデータを生成する。パリティデータもブロック単位に分割し、データと同様に格納する。パリティデータはディスク 1 台分の情報となるが、ディスクに障害が発生した場合は、残ったディスクやパリティから障害が発生したディスクの内容を復元できる。ディスク 1 台の容量を n とした時、実質的な容量は $(n-1)/n$ となる。
RAID6	RAID5 のパリティを 2 重に取り、2 台のディスクの障害に対応した、より信頼性を向上させた方式。
RAID10	RAID1 と RAID0 を併用した方式。データ転送速度の向上と信頼性のどちらも向上する。併用する順番により RAID10 と RAID01 に分かれる。

(3) 光ディスクの構造

光ディスクの構造は磁気ディスクと大きくは変わらない。ただし、読み出し専用の物を基本とする構造としているため、部分的な書き換えとかはあまり得意でない。記録は基本的に、空いている部分に新たなデータを追記してゆくか、一旦ディスク全体を消去してから新たなデータを書き込む形になる。

(3.1) CD 系の光ディスク

CD (Compact Disc)	樹脂製の円盤に細かい凹凸をつけてデータを記録する媒体。レーザー光を照射し、凹凸による反射光の違いをデータとして読み取る。音楽やデータの配布用として普及。初期は約 650M バイトのデータを記録していたが、現在は約 700M バイト記録できる物が主流。
CD-ROM(Compact Disc Read-Only Memory)	読み出しだけ可能なデータ用記録用 CD。

CD-ROM (Compact Disc Read Only Memory)	プラスチックの円盤にピットという小さな穴をあけ、データを記録する。製造時に一度データを書き込むときに使う。 データの追加や消去はできない。 主にソフトウェア配布に使用。
CD-R (Compact Disc Recordable)	ユーザがデータを一度だけ書き込める。 記録面に添付されている有機色素膜にレーザー照射で穴を開け、データを記録する。 レーザー光を照射して反射光を読み取る。 オリジナル音楽 CD の作成や、ソフトウェアやデータなどのバックアップなどに利用。
CD-RW (Compact Disc ReWritable)	ユーザが何度でもデータを書き換えできる CD。データ記録膜の結晶状態／アモルファス状態の違いで 0/1 を表す。 強いレーザー光を当ててデータを書き込み、弱いレーザー光でデータを読み込む。 反射率が弱いため、CD-ROM や CD-R との互換性はなく、ドライブも CD-RW に対応している必要がある。

CD-R の書き込み形式

ディスクアットワンス	ディスク単位で書き込みを行う形式。あるディスクに対して一度だけしか書き込みできず、追記は不可能。
マルチセッション	複数のセッション(CD の書き込み単位)の書き込みができる追記が可能な形式。トラックアットワンス (トラック単位での書き込み) で記録される。
パケットライティング	トラックよりも小さいパケット単位で書き込みが行える方式。

(3.2)DVD 系ディスク

映像を記録する用途として規格化された。ただし、多目的に利用することを考えているため、DVD の V は多目的を意味する **Versatile** となっている。

DVD (Digital Versatile Disc)	CD と同様に直径 12cm の樹脂製円盤にデータを記録する。 読み出しの原理は CD とほぼ同じで、レーザー光を照射し、その反射光を検出してデータを読み出す。 主に映画、映像作品、ソフトウェアなどの大容量データの配布用。1 層で約 4.7GB、2 層で約 8.5GB の容量がある。
DVD-R (Digital Versatile Disc Recordable)	一度だけ書き込みができる DVD。

DVD-RW(Digital Versatile Disc Re-Writable)	CD-RW と同様に書き換えができる DVD。
---	-------------------------

(3.3)BD 系ディスク

さらなるディスクの容量を向上させ、高精細度(HD: High Definition)映像を記録することを目的に規格化された。

BD(Blu-ray Disc)	CD と同様に直径 12cm の樹脂製円盤にデータを記録する。読み出しの原理は CD とほぼ同じで、レーザー光を照射し、その反射光を検出してデータを読み出す。主に高精細度の映像、ソフトウェアなどの配布用。1 層で約 25GB、2 層で約 50GB の容量がある。現在、3,4 層の物も世に出つつある。
BD-R(Blu-ray Recordable)	Disc 一度だけ書き込みができる BD。
BD-RW(Blu-ray Re-Writable)	Disc 読み書き・消去が可能な BD。

(4) 半導体メディアの構造

半導体メディアの内部は通常の IC メモリと同じため、データの読み書きは主記憶と同様にアドレスを用いて行われる。しかしながら、古い OS では磁気ディスクを基本の記憶装置としていてセクタによる指定しか対応していないことがあるため、セクタ情報を模して動くモードも備えていたりする。

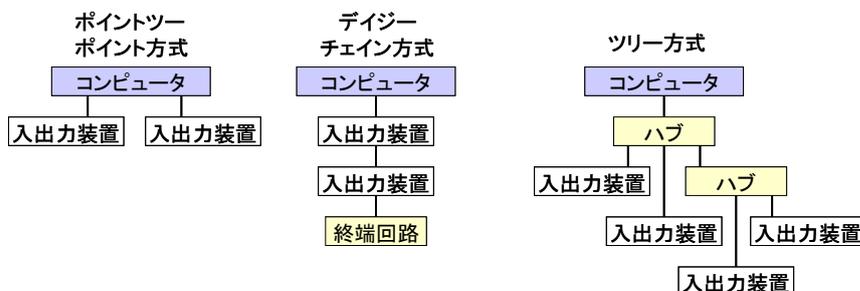
3.6 入出力インタフェース

入出力インタフェースとはコンピュータと入出力装置や補助記憶装置との接点をさす。具体的には、装置を接続するコネクタの物理使用と電気的特性、コネクタのピンの役割、通信手順を定めたものをいう。パソコンの側面や背面にあるコネクタは入出力インタフェースである。また、マザーボードと HDD など接続する部分も入出力インタフェースである。

入出力インタフェースは、一般に、シリアルインタフェースとパラレルインタフェースに分類される。また、ケーブルを使用せずに無線などで接続するワイアレスインタフェースがある。

入出力インタフェースによるコンピュータと装置の接続形式

ポイントツーポイント方式	コンピュータと装置を 1 対 1 で接続する。
デージーチェーン方式	装置を数珠繋ぎに接続する。
ツリー方式	集線装置（ハブ）を使用する。



(1)シリアルインターフェース

単一の伝送路を利用して 1 ビットずつデータを伝送する。近年では超高速化に有利なため、様々なインタフェースがシリアル化されている。

RS-232C	パソコンやモデムなど、様々な周辺機器を接続するための低速な汎用インタフェース。ほとんどのパソコンに標準的に装備されていたが、現在では USB にその役割を譲り渡した。ただし、実装がシンプルなので、組み込み機器などでは未だにたつかわれていたりする。
USB(Universal Serial Bus)	キーボード、マウス、記憶装置などの周辺機器をパソコンと接続する高速なシリアルインタフェース。データ転送速度:最大 12M ビット/秒(USB1.1 規格)、最大 480M ビット/秒(USB2.0 規格)、最大 2G ビット/秒(USB3.0 規格)。最大 127 台の機器をハブを介してツリー状に接続できる。ホットプラグ機能(機器を動作中に抜き差しできる)を有する。
IEEE1394	USB と異なり、パソコンを介さず、機器同士で接続可能。最大 63 台の機器をデージーチェーンまたはツリー接続できる高速インタフェース。最大データ転送速度は 400M ビット/秒。ホットプラグ機能を有する。映像や音声データの転送に適し、デジタルビデオカメラの接続端子として採用されている。
シリアル ATA (S-ATA)	ATA (パソコンにハードディスクや光学ドライブを接続するインタフェース) はもともとパラレルインタフェースの規格だった。しかし、パラレルインタフェースでは転送速度の向上に限界があるため、最近ではシリアルインタフェースを採用し、より高速なシリアル ATA が登場してきた。パラレルインタフェースの ATA との相違点は、通信速度の向上、ホットスワップへの対応、ケーブル長を 1m まで延長、ポートマルチプラ

	イヤでハブのように複数のポートを1本のケーブルで接続できるという点にある。転送速度は S-ATA1.0 で 150M バイト/秒、S-ATA2.0 で 300M バイト/秒である。
SAS(Serial Attached SCSI)	シリアル ATA と同様に、シリアルインタフェースとした SCSI。SCSI 同様、ワークステーションでよく用いられる。SAS 2.0 では 600M バイト/秒の転送速度を誇る。

(2)パラレルインタフェース

複数の伝送路を束ね、同時に複数ビットの伝送をする。かつては高速伝送の主流であったが、超高速では複数の伝送路間の同期が難しいという理由で、使われる局面が少なくなっている。

IDE (Integrated Device Electronics), ATA(Advanced Technology Attachment)	IDE は内蔵用の HDD を接続するためのパラレルインタフェースであり、標準規格では最大 2 台の装置を、拡張規格である E-IDE(Enhanced IDE)では、CD-ROM 等を含めて 4 台まで接続できる。最終的には ATA という規格になった。最終的なデータ転送速度は 133M バイト/秒であり、以後より高速な伝送が可能なシリアル ATA に移行した。
SCSI(Small Computer System Interface)	「スカジー」と発音する。パソコンと周辺機器を接続するインタフェースであったが、ATA の拡張により、最終的にはワークステーションあたりが主に用いる規格となった。デジチェーン接続で最大 7 台まで周辺装置を接続できる。SCSI 規格の周辺装置は、二つの同じコネクタがついており、終端の装置にはターミネータを接続する。最終的なデータ転送速度は 320M バイト/秒(Ultra Wide SCSI 規格)であり、以後は ATA と同様に、高速化のためにシリアル化した規格(SAS)に移行した。
GPIB(IEEE488)	計測機器などのデジタル機器を接続するパラレルインタフェース。デジチェーン方式で接続する。

(3)ワイアレスインタフェース

IrDA	赤外線を利用した近距離のデータ通信インタフェース。送信部と受信部を向かい合わせにしないと通信できないのが大きな欠点であ
-------------	---

	り、電波を用いた無線通信技術に押されている。現在では携帯電話で残っているくらいである。
Bluetooth	携帯機器向けの電波を用いた無線通信技術で、主流の 2.0 規格のデータ転送速度は約 2M ビット/秒(3.0 では約 24M ビット/秒)。免許なしで自由に使える 2.4GHz 帯の電波を利用し、到達距離は 10m 程度。パソコンだけでなく、携帯電話、PDA、車載 AV 機器などで使用されている。

3.7 入出力装置

(1) 入力装置

キーボード	コンピュータの標準入出力装置。キーをタイプすることにより文字、数字、記号を入力する。
ポインティングデバイス	ディスプレイ画面上に位置情報（座標情報）を入力する装置の総称。画面上で GUI(グラフィカル・ユーザ・インタフェース)によるコマンド選択・実行に使われる装置と、手書き文字や図形データの入力用に使われる装置とがある。マウス、トラックボール、ペンタブレット、タッチパネルなど。
イメージスキャナ	図形や写真を読み取って、画像データに変換して入力する装置。性能指標として、DPI(Dots Per Inch)が使われる。DPI は 1 インチ当たりのドットの数であるので、DPI が高いほど、精細な画像が入力できる。
OCR(Optical Character Reader)	光学式文字読み取り装置。手書きの文字や印刷された文字を光学的に読み取り、文字データに変換する。誤認識に注意。
OMR(Optical Mark Reader)	マークシート用紙などに、マークされた記入欄を光学的に読み取る装置。OCR よりもはるかに誤認識が少ない。POS(販売時点情報管理)システムなどに用いられる、バーコードを読み取る装置であるバーコードリーダーも、OCR の 1 種類と言える。

(2) ディスプレイ(出力装置)

代表的な出力装置として、自由に書き換えのできるデバイスに文字や画像を出力する、ディスプレイがある。文字や画像は画素の配列(ドットマトリクス)で表される。画素数が多い(解像度が高い)ほど多くの情報を同時に表示できるが、画素の計算に必要な計算能力が増えたり、**VRAM(Video Random Access Memory)**と呼ばれるディスプレイに表示される画素(ドット)の内容を保持するメモリを多く持たなければならない。1 画面のデータ量は、

VRAM 容量以下でなければならない。なお、主記憶装置の一部を VRAM として割り当てて利用する方式と、ビデオカードに搭載された高速な画像処理専用 RAM を利用する方式がある。最近では、画面のデータ量以上の VRAM を搭載し、3D 画像処理における各種バッファに用いるということもよく行われている。

代表的な画面サイズの規格

規格	縦の画素数×横の画素数
VGA	640×480
WVGA	800×480
SVGA	800×600
WSVGA	1024×600
XGA	1024×768
WXGA	1280×768
SXGA	1280×1024
UXGA	1600×1200
WUXGA	1920×1200
Full HD	1920×1080

画像(画面)のデータ量の計算

[画像のデータ量] = [画像の総画素数] × [1 ドットあたりの容量]

[画像の総画素数] = [縦の画素数] × [横の画素数]

[1 ドットあたりの容量] = [赤色情報のビット数] + [緑色情報のビット数]
+ [青色情報のビット数] + ([輝度情報のビット数])

例:

[100 ドット × 500 ドットで 256 色の画像]

= [総画素数 50,000 ドット × 8 ビット(色表現)]

= [400,000 ビット]

= [50,000 バイト]

ディスプレイの種類

CRT ディスプレイ (CRT: Cathode Ray Tube)	ブラウン管を利用したディスプレイ。かつては主流であったが、現在は廃れている。
液晶ディスプレイ (LCD: Liquid Crystal Display)	電圧をかけると分子の配列が変わる液晶の特徴を利用したディスプレイ。2 枚のガラス板の間に液晶を封入し、電圧をか

	けることで、液晶分子の向きを変え、光を透過させたり反射させたりすることで画像を表示させる。
STN 型液晶ディスプレイ	単純マトリックス方式とも呼ばれる。低コストで製造できるが、TFT 型に比べて応答速度が遅く、コントラストも低い。
TFT 型液晶ディスプレイ	アクティブマトリックス方式とも呼ばれる。画素ごとにトランジスタなどの「アクティブ素子」を配置することで、応答速度やコントラストを向上させた。残像が少なく、視野角も広いので、現在のコンピュータのディスプレイで広く使用されている。
有機 EL ディスプレイ (EL: Electric Luminessence)	電圧をかけると発光する EL 素子を配置し、それに電圧をかけることで発光させる。バックライト等の光が別途必要となる液晶ディスプレイよりもさらに薄くできたりするなど、次世代のディスプレイとして期待されている。

(3) プリンタ(出力装置)

紙に文字や画像を出力する出力装置。性能指標としては、1 秒あたりに印刷できる文字数、1 分あたりに印刷できるページ数、1 インチあたりの画素数(DPI: Dots Per Inch)などがある。

ドットインパクトプリンタ	細かなピンを多数配置し、そのピンで文字や図形に合わせてインクを染み込ませたインクリボンを紙に叩きつけることで印刷を行う。カーボン紙などの複写用紙に対応できるので、複写用紙を使うオフィス等で使われている。
インクジェットプリンタ	インクを吐出できる細かなノズルを多数配置し、そのノズルから文字や図形に合わせてインクを吐出することで印刷を行う。現在主流のプリンタの 1 つ。
熱転写式プリンタ	通電すると発熱するヘッドを配置し、そのヘッドで文字や図形に合わせて熱で融けるインクを塗ったインクリボンを押し付けることで、インクを文字や図形の形に転写して印刷を行う。紙に感熱紙を使えば、インクリボンは不要となる。ファクシミリ (FAX) でよく使われている。
レーザープリンタ	レーザー光を当てると帯電するドラムにレーザー光で文字や図形を描き、帯電部にトナーと呼ばれるインクの粒子を付着させ、それを紙に転写することで印刷を行う。コピー機と原理は近い。現在主流のプリンタの 1 つ。印刷をページ単位で

	処理するので、性能指標もページ単位になる。
プロッタ	紙を画板に固定し、ペンを動かして図形を描くこと専門としたプリンタ。現在では、ペンの変わりにインクジェットのヘッドを用い、紙の側も動かす物が主流となっている。

3、4章における参考文献

草薙信照、Information & Computing ex. 29, 情報処理 Concept & Practice, サイエンス社 (2003)

第3章の問題集

問題 3.1 SRAM と比較した場合の DRAM の特徴はどれか。

- ア SRAM よりも高速度なアクセスが実現できる。
- イ データを保持するためのリフレッシュ動作が不要である。
- ウ 内部構成が複雑になるので、ビットあたりの単価が高くなる。
- エ ビットあたりの面積を小さくできるので、高集積化に適している。

(基平 15 春午前問 16)

問題 3.2 アドレス指定方式のうち、命令読出し後のメモリ参照を行わずにデータを取り出すものはどれか。

- ア 間接アドレス
- イ 指標付きアドレス
- ウ 即値オペランド
- エ 直接アドレス

(基平 16 春午前問 17)

問題 3.3 動作クロック周波数が 700MHz の CPU で、命令の実行に必要なクロック数とその命令の出現率が表に示す値である場合、この CPU の性能は約何 MIPS か。

命令の種類	命令に必要なクロック数	出現率(%)
レジスタ間演算	4	30
メモリ・レジスタ間演算	8	60
無条件分岐	10	10

- ア 10
- イ 50
- ウ 70
- エ 100

(基平 17 秋午前問 19)

問題 3.4 キャッシュメモリと主記憶に関するアクセス時間とヒット率の組合せのうち、主記憶の実効アクセス時間が最も短くなるのはどれか。

	キャッシュメモリ		主記憶
	アクセス時間 (ナノ秒)	ヒット率(%)	アクセス時間(ナノ秒)
ア	10	60	70
イ	10	70	70
ウ	20	70	50
エ	20	80	50

(基平 16 春午前問 19)

問題 3.5 あるプログラムは、命令 a-d を次の順で実行する。

a→c→b→a→c→d

各命令の実行に必要なクロックサイクル数(CPI:Cycles PerInstruction)は、表の通りである。CPU の1クロックサイクル時間を 10 ナノ秒とすると、この命令列の実行時間は何ナノ秒か。

命令	CPI
a	6
b	2
c	4
d	8

ア 30 イ 40 ウ 200 エ 300

(基平 19 春午前問 19)

問題 3.6 CPU のパイプライン処理を有効に機能させるプログラミング方法はどれか。

- ア サブルーチンの数をできるだけ多くする
- イ 条件によって実行する文が変わる CASE 文を多くする。
- ウ 分岐命令を少なくする。
- エ メモリアクセス命令を少なくする。

(基平 15 春午前問 17)

問題 3.7 表の仕様の磁気ディスク装置に、1レコードが 500 バイトのレコード 50 万件を順編成で記録したい。50 レコードを1ブロックとして記録するときに必要なシリンダ数はいくつか。ここで1つのブロックは、複数のセクタにまたがってもいいが、最後のセクタで余った部分は利用できない。

トラック/シリンダ	20
セクタ数/トラック数	25

なものはどれか。

- ア 視野角が狭い
- イ 寿命が長い
- ウ 発熱が少ない
- エ 自ら発光する

(基平 18 秋午前問 25)

問題 3.13 レーザープリンタの性能を表す指標として、最も適切なものはどれか。

- ア 1 インチ(2.54)あたりのドット数と 1 分間に印字できるページ数
- イ 1 文字を印字するのに使われる縦横のドット数と 1 秒間に印字できる文字数
- ウ 印字する行の間隔と 1 秒間に印字できる行数
- エ 印字する文字の種類と 1 秒間に印字できる文字数

(基平 17 秋午前問 25)

問題 3.14 多くの周辺機器をハブを使ってツリー上に接続できるインタフェース規格はどれか。

- ア IDE
- イ RS-232C
- ウ SCSI
- エ USB

(基平 15 春午前問 28)

問題 3.15 画面の大きさが横 640 ドット、たて 480 ドットで、256 色が同時に表示できるパソコンのモニタに画面全体を使って、30 フレーム/秒のカラー動画を再生表示させる。このとき、1 分間に表示される画像のデータの量 (バイト) として最も近いのはどれか。ア 300k イ 1M ウ 550M エ 133G

(基平 14 秋午前問 28)