

## コンピュータの物理対策プリント (2016.07.05)

## Media Creative Supporter

## 1 はじめに

この文書は、2016 年度コンピュータの物理のテスト対策資料として、Media Creative Supporter(MCS)が独自に製作したものです。村田先生の監修の下に製作されているわけではなく、このプリントの内容が必ずテストに出るとは限りません。しかし、コンピュータの物理の授業が扱う、多くの題材をこのプリントはフォローしており、必ずや、あなたの理解の助けになるはずです。MCS が製作し、Youtube 上で公開されている動画「VS コン物」と共に、コンピュータの物理のテスト対策に是非お役立てください。

## 2 暗記事項

動画で扱っている範囲以外にも、覚えなくてはならないことは幾つかあります。表のまとめを参考に覚えてください。このプリントでは、理解の助けとなるよう、簡単な理由と共に暗記事項をまとめています。暗記問題は、テストでも多くの配点を占めますので、諦めずに、勉強しましょう。

また、テストでは画像を元にその名前を答えるような問題も出題されています。このプリントと共に教科書を開き、どのような姿をしているのかを把握しながら勉強しましょう。見た目の印象から、単語の暗記もはかどるはずです。

## 3 前半の暗記事項まとめ

表 1: コンピュータの 5 大機能

5 大機能	入力	記憶	制御	演算	出力
装置	入力装置	主記憶装置	中央処理装置 (CPU)		出力装置
具体例	キーボード バーコードリーダ	メモリ, VRAM VRAM	CPU マイクロプロセッサ (MPU)		モニター プリンター

ノイマン型コンピュータの三要素：プログラム内蔵方式，逐次制御方式，二進数の採用

表 2: ノイマン型コンピュータまでの歴史

計算機械	アパカス	ネピアの骨	パスカリーヌ	ライプニッツの計算機
	解析機関			
統計機械	パンチカード	リレー方式	PCS 電動会計機	ワイヤードプログラミング
	Mark-I(IBM)			
自動論理機械	アルゴリズム	論理演算	チューリングマシン	

表 3: コンピュータ発展の歴史

世代	論理素子	特徴	言語
第 1 世代	真空管	大きい, 重い	機械語, アセンブラ, FORTRAN
第 2 世代	トランジスタ	一般事務処理可能	COBOL
第 3 世代	IC	OS の出現,	
第 3.5 世代	LSI, MPU		C 言語
第 4 世代	VLSI	非ノイマン型コンピュータの出現	

表 4: 非ノイマン型コンピュータ (並列処理が得意)

種類	特徴
量子コンピュータ	量子力学を利用
グリッドコンピューティング	多数のマシンを並列利用．クラウドコンピューティングとも言う．
バイオコンピュータ	DNA 塩基配列や神経細胞の構造を応用したコンピュータ

表 5: IC メモリの種類

IC	RAM	揮発性，読み書き可能，主記憶装置	
	ROM	不揮発性，読み専用	
		PROM	一度のみユーザも書き込み可能
		EPROM	紫外線を利用し，何度も書き換え可能
		EEROM	電磁的に何度も書き換え可能，USB，SD カード

## 4 暗記事項の詳細

### 4.1 コンピュータの 5 大機能

改めて，コンピュータの定義とは一体何なのでしょう？その疑問への答えの一つは 5 大機能と言われる，5 つの機能を持つことです．ここでは，その 5 つの機能と，それを受け持つ 5 つの装置を紹介します．

入力：入力装置

コンピュータに情報を渡す．人と言うところの目や耳にあたり，キーボードやバーコードリーダーなどが例として挙げられます．

記憶：主記憶装置

入力されたデータと命令が記憶されます．主記憶装置は容量が少なく，電源が切れるとデータが消えてしまうので，補助記憶装置が共に利用されます．

制御：中央処理装置 (CPU)，マイクロプロセッサ (MPU)

コンピュータ内部で，何がどのように振舞うかといった制御を行う．

演算：中央処理装置 (CPU)，マイクロプロセッサ (MPU)

制御の指示をもとに，四則演算などの計算を行う．コンピュータは，想像もつかないほど多くの計算をし続けることで，動いているのです．

出力：出力装置

処理されたデータを利用者に示す．モニターやプリンターなど，コンピュータ内部のデータを私たちに見える形で示してくれる装置．

入力装置と出力装置は，まとめて 入出力装置と呼ばれることがあります．また，入出力装置と中央処理装置が直接やりとりすることはなく，入出力インターフェイスと呼ばれる，仲介役を紹介します．

### 4.2 ノイマン型コンピュータ

現在使用されているほとんどのコンピュータは，ノイマン型コンピュータと呼ばれるものです．これは，フォン・ノイマンが提唱した，以下の 3 つの概念を採用したコンピュータのことを言います．

プログラム内蔵方式

プログラムをデータの一つとして，コンピュータ内部に記憶しておく方式．昔は，プログラムをいちいち，外部から入力する必要があった．

逐次制御方式

命令を順に一つずつ実行する方式．複数の命令を同時に実行できるマシンは，ノイマン式ではありません．

### 2 進数の採用

現在のコンピュータは，1 と 0 の二つの情報の組み合わせだけで，すべての情報をやり取りしていま

す．これは．スイッチの On と Off に相当します．無数のスイッチが On になっているか，Off になっているかで，様々な処理を実行するのです．

#### 4.3 ノイマン型コンピュータまでの歴史

ノイマン型コンピュータは，“計算機械”，“統計機械”，“自動論理機械”がそれぞれ発展し，その技術が統合されて生まれました．ここで，その歴史を簡単に見ていきましょう．なお，テストでは，写真から名前を答える問題も出題されるので，写真も合わせて覚えましょう．

世界最古の計算器具は，“アバカス”と呼ばれるものです．その後，17 世紀には，ネピアが，ネピアの骨と呼ばれる計算器具を発明し，パスカルが歯車式計算機械のパスカリーヌを発明しました．ライプニッツは，電卓が登場するまで実用され続けた，手回し式の計算機械ライプニッツの計算機を発明し，19 世紀初頭には，チャールズ・バベッジが，世界初の自動計算機である解析機関を発明しました．この素晴らしい発明の為に，バベッジは「コンピュータの父」と呼ばれています．

バベッジの“解析機関”をはじめとし，初期のプログラムには，ジャカールの発明したパンチカードでの記述が用いられていました．後に，ホレリスがパンチカードを応用したリレー方式の PCS 電動会計機を発明し，処理の速さから，米国の国勢調査に大きく貢献しました．また，1944 年には，PCS 電動会計機を元に，現在のコンピュータの原型である **Mark-I** を IBM が開発したのですが，これは，ワイヤーを用いて演算内容を記述する，“ワイヤードプログラミング”を用いた電気機械式の計算機でした．

プログラムを書く際に必要となる，計算処理の手順をアルゴリズムと言い，アルゴリズムを計算機械で実行するには，“論理演算”を用いて表す必要があります．アルゴリズムの実行ができるマシンを，チューリングマシンと呼ぶのですが，シャノンの発明により，電気回路を用いてチューリングマシンを開発することができるようになりました．

そして，1946 年には，ペンシルバニア大学のモークリーとエッカートが，世界初の大型コンピュータ“ENIAC(エニアク)”を開発しました．これは 30t もの重量があり，一部屋を占拠してしまうほどの大きさでした．その後，EDVAC，EDSAC，を経て，世界初の商用コンピュータ“UNIVACI”が開発されたことにより，コンピュータが一般企業に発売されるようになったのです．

#### 4.4 コンピュータの発展

ノイマン型コンピュータは，3 つの技術革新によって発展し，時代毎に 4 つの世代に大別できます．ここでは，ハードウェアとソフトウェアの観点から，四つの世代の特徴を学んでいきましょう．

##### 第 1 世代：真空管，アセンブラ，**FORTRAN**

論理素子に真空管を使用．初期は 0 と 1 で記述する機械語によって記述されたプログラムが，アセンブラ言語を用いて記述できるようになった．1957 年には，**FORTRAN** という，より簡単にプログラムが記述できる世界初のコンパイラ言語が発明された．

##### 第 2 世代：トランジスタ，**COBOL**

論理素子にトランジスタ，“ダイオード”を使用．これにより，コンピュータの小型化が急速に進んだ．一般企業の事務処理も行えるようになり，事務処理のためのプログラミング言語である **COBOL** が開発されました．

##### 第 3 世代：IC，汎用コンピュータ，**OS**

論理素子は IC(集積回路) が使用され，“IBM System/360”をはじめとする，汎用コンピュータが開発されるようになった(これまでは，一つの目的のためにしか，コンピュータを利用できなかったのだが，360 度あらゆることに対応できるようになった)．ミニコンピュータも開発され，コンピュータ同士の通信を可能とするオンラインシステムも商用化された．また，高速に処理を切り替えることによって，一台のコンピュータで複数の処理を，みかけ上同時処理にできるようにした，“タイムシェアリングシステム”も開発された．OS(オペレーティングシステム) が出現し，BASIC，Pascal，PL/I などが使用され始めた．

### 第 3.5 世代：LSI，MPU，C 言語

論理素子が LSI に移り，マイクロプロセッサ (MPU) が誕生した．仮想記憶や仮想計算機といった，仮想化技術も発展し，C 言語が開発された．

### 第世代 (現在)：LAN，非ノイマン型コンピュータ

論理素子が VLSI に移った．コンピュータネットワーク技術が発展し，WAN や LAN が構築され始めた．複数の処理を並列実行する (逐次制御方式でない)，非ノイマン型コンピュータが現れ始めた．

第四世代で現れた，非ノイマン型コンピュータには，量子力学を応用した量子コンピュータ，生命の神経細胞構造を模した”バイオコンピュータ”，膨大な数のコンピュータを並列に接続して処理を行う”グリッドコンピューティング”(クラウド技術もその一種の発展系) などがあります．量子コンピュータは，先日，Google が一般利用できるように公開したホットな話題であり，グリッドコンピューティングは村田先生の専門分野なので，しっかりと把握しておきましょう．

## 4.5 入出力装置

教科書の Chapter2 の 1，2，3 を参考に，各種入出力装置を覚えましょう．

## 4.6 記憶装置

最近の主記憶装置には主に IC メモリ (集積回路) が使われています．IC メモリには大きく分けて，再書き込み可能な **RAM(Random Access Memory)** と，読み取りだけ可能な **ROM(Read Only Memory)** の 2 種類があります．RAM は電源を切るとデータが消える揮発性を持つ一方，ROM は電源を切ってもデータが消えない不揮発性を持ちます．再書き込み可能である RAM が主記憶装置として用いられ，不揮発性を持つ ROM にオペレーティングシステムなどが記録されています．

なお，ユーザが一度だけ記録できる PROM，紫外線照射を用い何度でも書き換え可能な EPROM，電磁的にこれを行う **EEPROM** もあり，この EEPROM がフラッシュメモリと呼ばれ，USB メモリや SD カードなどに利用されています．

## 4.7 記憶の単位

コンピュータで処理されるデータは，プログラムの中で，幾つかの項目 (フィールド) をひとまとめにしたレコード (論理レコード) 単位で書き込まれます．しかし，実際には，処理速度向上のために，幾つかのレコードをまとめてブロック (物理レコード) 単位で読み書きされます．その関係を図に示すと，表 6 のようになります．この時，1 ブロックに含まれるレコード数をブロック化係数と言います．

表 6: レコードとブロック

.....	ブロック				.....
.....	レコード	レコード	.....	.....	.....
.....	フィールド	フィールド	.....	.....	.....

# 5 計算問題

## 5.1 単位

計算問題では，単位に注目して計算を行いましょう．単位は値の求め方のヒントになります．また，桁間違いによるもったいないミスをなくすためにも，まずは，情報技術を学ぶ上で外せない，基本的な単位のおさらいをしましょう．

**1bit** がデータ量の最小単位です．これは，0 か 1 かという，2 通りの情報を持ちます．また，8bit を **1Byte** と定義しており，これは  $2^8 = 256$  通りの情報を持ちます．一般的には以下に示す単位の接頭辞は  $10^n$  (10 の乗数) を示す．しかし，コンピュータの世界では，2 進数を採用しているので， $2^n$  (2 の乗数) でしか表せず，若干，値のズレが生じます．

また，単位変換を行う際には，単位が約分される様な式を書くといいです．

表 7: 単位

単位記号	意味	備考	$2^n$ (2 進数なので)
1bit	2 進数	2 通り	$2^1$ 通り
1Byte	8bit	256 通り	$2^8$ 通り
1kByte	$10^3$	1000Byte	$2^{10}(=1024)$ Byte
1MByte	$10^6$	1000kByte	$2^{20}(=1024)$ kByte
1GByte	$10^9$	1000MByte	$2^{30}(=1024)$ MByte
1TByte	$10^{12}$	1000GByte	$2^{40}(=1024)$ GByte
1PByte	$10^{15}$	1000TByte	$2^{50}(=1024)$ TByte

例えば, 45MByte が何 kByte なのかを求めるためには,

$$45MByte \times 1000kByte/MByte$$

と計算します. これは, 1MByte 当たり 1000kByte であることを示した  $1000kByte/MByte$  を掛けて求めています.  $\frac{1000kByte}{1MByte} = 1$  であり,  $1000kByte/MByte$  を掛けてもデータ量が変わらないので, この様な計算ができるのです.

## 5.2 データ容量の計算

画像のデータ容量は, カラー情報と, dpi(dot per inch = dot/inch), 画像サイズがら導き出せます.

RGB 各色に 1 バイトのカラー情報が与えられた場合, 1 ドットでは,  $2^8 \times 2^8 \times 2^8 = 256 \times 256 \times 256 = 16777216$  通りの色表現が可能で, 1 ドットあたり 3 バイトのデータ量です. また, dpi という単位は, 1 インチあたりに何個の点(ドット)があるかを示しています. 1 インチが 2.54cm であることも含めて考えると,

25.4cm  $\times$  38.1cm の解像度 600dpi の画像が, 24bit の色情報を持つ時, データ容量は, 式 1 で計算でき,

$$\begin{aligned}
 \text{データ容量 Byte} &= 25.4\text{cm} \div 2.54\text{cm/inch} \times 600\text{dot/inch} \times 38.1\text{cm} \div 2.54\text{cm/inch} \times 600\text{dot/inch} \\
 &\times 24\text{bit/dot} \div 8\text{bit/Byte} \\
 &= 162MByte
 \end{aligned}$$

となります.

## 5.3 磁気ディスク

データを長期的に保存しておく, 主記憶装置以外の記憶装置を補助記憶装置と言います. その中でも, 磁気ディスク(HDD: ハードディスク)がよく使われています. ハードディスクでは, 多くのディスクをまとめて利用しており, それら一枚一枚には, 同心円上に並ぶ記憶領域であるトラックと, それを一定距離置きに切り分けたセクタがびっしりと配置されています. 各ディスクの同一位置にあるトラックたちをひとまとめた単位をシリンダと呼び, 外側から順に, シリンダ 0, 1, 2, ..., n と番号が振られています.

磁気ディスクの読み書きにかかる時間は, 読み取るセクタがあるトラックまでヘッドを移動させる位置決め(シーク)時間と, セクタがヘッドの位置に来るまで待つ回転待ち(サーチ)時間と, データ転送時間で決まります.

平均シーク時間は, 固有の値として問題文で示されます. また, 最大回転待ち時間が 1 回転にかかる時間, 最少回転待ち時間が 0 回転する時間(初期位置が目的地の時)なので, 平均回転待ち時間は  $\frac{1}{2}$  回転時間となります. データ転送時間はトランスファ時間とも呼ばれ, データの長さと, データ転送速度で決まります. ディスクが 1 回転すると 1 トラック読み書きすることができるので, ディスクの回転速度と, 1 トラックの記憶容量から, データ転送速度は求められます.

以上から, アクセス要求を出してから読み書きが終了した時間と定義されるアクセス時間は, 表??のような構造を持ちます.

表 8: アクセス時間

アクセス時間		
位置決め時間 (シーク)	回転待ち時間 (サーチ)	データ転送時間

#### 5.4 アクセスタイムとサイクルタイム

記憶装置の性能は、記憶容量と、転送速度(データを転送するのにかかる時間)で測ることができます。同じ記憶容量であれば、アクセスタイムやサイクルタイムが短いほど、性能の良い記憶装置であると言えます。

アクセスタイムが、読み書きにかかる時間を示し、サイクルタイムが、読み書きの指示が出されてから次の読み書きが行われるまでの時間を示します。

それらの関係は表 9 のようになります。

表 9: アクセスタイムとサイクルタイム

サイクルタイム		
アクセスタイム		再書き込み時間
待ち時間	転送時間	

つまり、上の行の時間を得たければ、下の行の和を取れば良いということになります。

#### 5.5 記憶容量の計算

ここまで紹介してきた磁気ディスクの構造を理解していれば、磁気ディスクの記憶容量とアクセス時間が計算できます。仮に、表 10 のような条件の磁気ディスクがあったとします。

表 10: ある磁気ディスクの仕様

ディスク枚数 (記憶可能ディスク面数)	2 枚 (4 面)
平均トラック長	200mm
トラック上の平均記録密度	60kbit / mm
平均トラック記録密度	8k トラック /mm
ディスク上のトラック記録幅	25mm
ディスク回転数	6000 回転 /分
平均位置決め時間	12 ミリ秒
1 ブロックのデータ量	300kByte

この磁気ディスクは、ディスクを 2 枚持ちますが、それぞれ両面に記憶可能なので、記憶可能ディスク面数は 4 面となっています。ディスク上のトラック記録密度は、ディスク半径の記憶可能な部分の長さを示しており (ディスク半径から軸部分の半径を引いている)、ディスク 1 面当たり 25mm 記憶可能であることがわかります。また、平均トラック記録密度より、ディスク上のトラック記録幅 1mm 当たり、8k トラックが記録されていることがわかります。また、トラックは平均して 200mm の長さを持ち、トラック上の平均記録密度より、トラック 1mm 当たり、60k ビットの記憶容量を持つことがわかります。

以上から、記憶容量は以下の式で求めることができます。

$$\begin{aligned}
 \text{記憶容量 } bit &= 4 \text{ 面} \times 25\text{mm}/\text{面} \times 8\text{k トラック}/\text{mm} \times 1000 \text{ トラック}/\text{k トラック} \\
 &\times 200\text{mm}/\text{トラック} \times 60\text{kbit}/\text{mm} \\
 &= 9,600,000,000\text{kbit} \div 8\text{bit}/\text{Byte} \quad (\text{単位の変換}) \\
 &= 1,200,000,000\text{kByte}
 \end{aligned}$$

$$= 1.2TByte$$

分数を約分するように、単位を約分してみると、左辺と右辺に同じ単位が残ることがわかると思います。どの様な式を立てれば良いか分からなくなったら、落ち着いて、単位に注目して式を立てましょう。

ここでは、平均トラック長の単位は表 10 の中では”mm”と成っていますが、意味を考えれば、1 トラックあたりの平均的な長さが 200mm なのだとわかるので、200mm/トラック と言ったように、単位を補っています。

また、磁気ディスクの性能のもう一つの指標であるアクセス時間も求めてみましょう。

アクセス時間=平均位置決め時間+平均回転待ち時間+データ転送時間

なので、平均回転待ち時間とデータ転送時間を求めましょう。平均位置決め時間は、問題文中で与えられています。

$$\begin{aligned}\text{平均回転待ち時間} &= 1 \text{ 回転にかかる時間} \div 2 \\ 1 \text{ 回転にかかる時間} &= \frac{1 \text{ 分}}{6000 \text{ 回/分}} \text{ 分} \\ &= \frac{1 \times 60 \times 1000}{6000} \text{ ミリ秒} \\ &= 10 \text{ ミリ秒}\end{aligned}$$

したがって、

$$\begin{aligned}\text{平均回転時間} &= 10 \text{ ミリ秒} \div 2 \\ &= 5 \text{ ミリ秒}\end{aligned}$$

となります。また、

$$\begin{aligned}1 \text{ トラックのデータ量} &= \text{平均トラック長} \times \text{トラック上の平均記録密度} \\ &= 200mm \times 60kbit/mm \\ &= 12000kbit \div 8bit/Byte \quad (\text{単位の変換}) \\ &= 1500kByte\end{aligned}$$

で、1 回転の間に 1 トラックのデータを読み取ることができるので、

$$\begin{aligned}\text{データ転送速度} &= 1500kByte \div 10 \text{ ミリ秒} \\ &= 150kByte/\text{ミリ秒}\end{aligned}$$

となります。ここで、1 度に読み取るデータ量は 1 ブロックなので、300kByte です。つまり、

$$\begin{aligned}\text{データ転送時間} &= 300kByte \div 150kByte/\text{ミリ秒} \\ &= 2 \text{ ミリ秒}\end{aligned}$$

となります。したがって、

$$\begin{aligned}\text{アクセス時間} &= 12 \text{ ミリ秒} + 5 \text{ ミリ秒} + 2 \text{ ミリ秒} \\ &= 19 \text{ ミリ秒}\end{aligned}$$

となります。

## 6 アドレス指定方式

「VS コン物」の動画によくまとめられています。そちらを参考にしてください。

## 7 最後に

コンピュータの物理のテストでは、教科書の文章を穴埋めする問題が出題されることがあります。そんな時、一度でも文章を見たことがあれば、前後の文章がヒントになって、なんとなく思い出せるもの。このプリントで勉強して、概念を理解した後なら教科書もずっと読みやすいはずです。テスト前に一度、テスト範囲を読み返してみましょう。

## 参考文献

- [1] アイテック 教育研究開発部, ”コンピュータシステムの基礎 第 16 版”, 株式会社アイテック 情報処理技術者教育センター (2013)