

情報技術者試験受験テキスト

コンピュータシステム

コンピュータ

構成要素



令和元年10月発行

KMC 学習所

txt0201 コンピュータ構成要素目次

txt02011 プロセッサ	-04-
txt020111 構成と機能	-04-
① 基本構成と5大機能	-04-
② プロセッサ	-05-
③ プロセッサの性能	-06-
④ 命令実行時間	-07-
txt020112 プロセッサの動作原理	-14-
① 命令の実行	-14-
② マシン命令	-15-
③ 命令形式の分類	-16-
④ 命令形式と命令長	-17-
⑤ アドレス指定方式の種類	-18-
⑥ 直接アドレス指定方式と間接アドレス指定方式	-19-
⑦ 相対アドレス指定方式	-19-
⑧ 絶対番地方式と相対番地方式	-21-
⑨ 命令実行の具体例	-21-
⑩ メモリのアドレスの読み方	-24-
txt02012 プロセッサの高機能化	-30-
txt020121 プロセッサのアーキテクチャ	-30-
① プロセッサの高機能化とは	-30-
② 演算高速化の手段	-31-
③ RISCとCISC	-32-
④ マイクロプログラム制御	-33-
⑤ ワイヤードロジック制御	-34-
txt020122 プロセッサの高速化技術	-42-
① パイプライン制御方式	-42-
② マルチプロセッサシステム	-43-
③ マルチプロセッサの同期制御	-43-
④ マルチプロセッサの並列処理	-44-

txt02013	メモリとその高機能化	-53-
txt020131	メモリの高機能化	-53-
①	メモリの性能	-53-
②	主記憶装置の特性	-53-
③	記憶装置の特性	-54-
④	階層構成メモリ	-55-
⑤	メモリインタリーブ	-57-
⑥	キャッシュメモリ	-58-
⑦	マッピング	-60-
txt020132	半導体メモリ	-73-
①	ROM	-73-
②	RAM	-73-
③	フラッシュメモリ	-76-
④	SSD	-77-
txt02014	補助記憶装置	-84-
txt020141	磁気ディスク装置	-84-
①	機能と構造	-84-
②	容量と性能	-86-
③	レコードの記憶容量の計算	-88-
④	磁気ディスク装置のアクセス時間	-89-
⑤	磁気テープ装置の容量と性能	-90-
txt020142	RAID	-96-
①	RAIDとは	-96-
②	RAIDの分類	-96-
③	誤りの検出と訂正	-99-
④	ハミング符号	-100-
txt020143	記憶媒体	-106-
①	光ディスク	-106-
②	CD-ROM	-107-
③	CD-R、CD-RW	-109-
④	CD-R、CD-RWの書き込み方式	-110-
⑤	DVD	-111-

⑥ 光磁気ディスク(MO)とレーザディスク(LD)	-112-
⑦ CLVとCAV	-113-
⑧ SDカード	-114-
txt02015 入出力装置	-118-
txt020151 入出力インターフェース	-118-
① 入出力制御方式	-118-
② 割込	-119-
③ 入出力インターフェース	-121-
④ USB	-124-
txt020152 入力装置・出力装置	-131-
① 文字、符号、画像入力	-131-
② ポインティングデバイス	-133-
③ 画面出力	-134-
④ 印刷出力、図面出力	-136-
⑤ 色の原理	-138-
⑥ フォント	-139-
txt02016 メカトロニクス	-145-
txt020161 メカトロニクスの制御	-145-
① メカトロニクス	-145-
② フィードバック制御	-146-
③ センサ	-147-
④ ロボット技術	-149-
txt020162 メカトロニクスの信号の伝達	-153-
① メカトロニクスの信号・情報の伝達	-153-
② 自動ドアの開閉制御	-154-
③ 組込システム	-155-
④ IoT技術	-157-

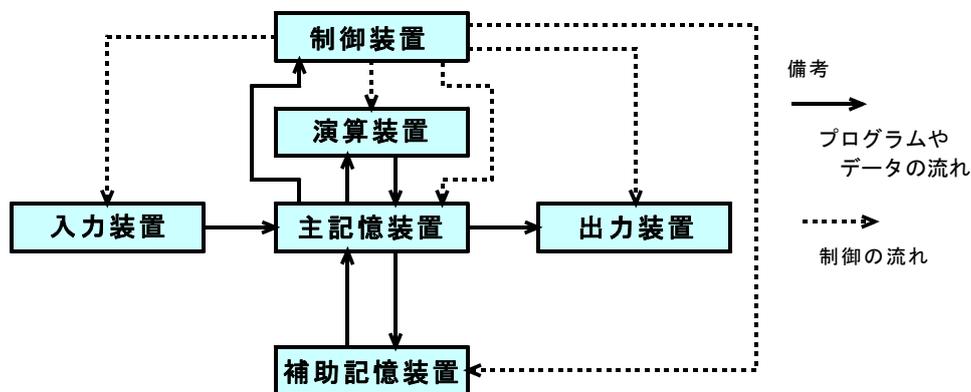
txt0201 コンピュータ構成要素

txt02011 プロセッサ

txt020111 構成と機能

① 基本構成と5大機能

① 基本構成



② 中央処理装置の5大機能

入力装置	プログラムやデータを入力する装置
記憶装置	プログラムやデータを記憶する装置
演算装置	四則演算や大小の比較・判断などを行う装置
出力装置	処理結果などを用紙や画面などに出力する装置
制御装置	プログラムの命令に従い、入力・記憶・演算および出力の各装置に対して制御信号を出し、それらの装置のはたらきをコントロールする装置

③ ノイマン型コンピュータの特徴

① ハードウェアとソフトウェアの機能分担

ハードウェアの高速性とソフトウェアの柔軟性を同時に活用できるように、プロセッサとメモリの機能を適切に分担する。

② プログラム内蔵方式

プログラムやデータをメモリに格納し、使用する。

㉔ 逐次処理

指定された順序に命令の実行順序を制御する。命令の実行順序はプログラムカウンタによって逐次的に制御する。

㉕ 命令セットアーキテクチャ

命令セットアーキテクチャは固定されている。命令セットアーキテクチャはプロセッサを動かすための機械語コードの体系で、使用できる命令や命令による動作を定めたものである。RISCやCISCアーキテクチャがある。

㉖ 線形メモリ

メモリは1次元にアドレスがつけられる。

② プロセッサ

㉗ プロセッサとは

プロセッサは処理装置あるいはCPUという。情報の処理／操作／演算を分担するハードウェア機構である。演算処理装置、各種レジスタ、制御装置を含む。

メモリを含むコンピュータ内部装置全体を広義のプロセッサという場合がある。プロセッサの動作は、命令フェッチ、命令実行の2つのサイクルで構成される。

㉘ データ系と制御系

㉙ データ系

データ系はメモリやレジスタ、バスを用いてデータの格納や伝達を行う部分である。メモリとのデータのやり取りやプロセッサ内での命令語や演算用データの保持とその交換をおこなう。

㉚ 制御系

制御系は全体を制御するための制御信号の生成や伝達を行う部分である。命令フェッチを自動的に実行し、命令デコードの結果に応じてデータ系の各部に適切なタイミングで信号を送り、データの保持や転送といった流れを制御する。制御系の実現方式にはマイクロプログラミング制御方式と配線論理制御方式がある。

㉛ プロセッサに関するレジスタの種類

㉜ プログラムカウンタ (PC)

次に実行する命令を格納している番地を保持し、命令をフェッチするとインクリメントし、

次の命令番地になる。

① 汎用レジスタ

プロセッサ内でALUまたはメモリから与えられたデータを一時格納する。処理の対象となるデータの番地を指示するのにも使用される。

② 算術論理演算器 (ALU)

算術演算や論理演算などのデータ処理を行うための汎用の演算器である。演算操作や演算の対象となる情報・データの種類も種々ある。

③ アクキュムレータ

演算結果や被演算数を入れるための専用レジスタである。汎用レジスタを代用として使う場合もある。アクキュムレータを用いる場合をアクキュムレータ方式、汎用レジスタを用いる場合を汎用レジスタ方式という。

④ メモリアドレスレジスタ (MAR)

メモリに対するアクセスを行う場合、対象となる番地を一時的に格納する。この内容がアドレスバスに出力され、メモリアクセスが行われる。

⑤ メモリデータレジスタ

メモリにアクセスする際、メモリから読み込んだデータやメモリに書き出すデータを一時的に保持するために使用する。

⑥ 命令レジスタ (IR)

メモリからフェッチされた命令を一時的に格納する。

⑦ 命令デコーダ (ID)

IR中の命令を解読し、命令の種類を判別する。プロセッサの動作はすべてIDの出力によって制御される。

③ プロセッサの性能

① MIPS

MIPSは命令実行速度を表す単位で、1秒間に命令を百万回実行できる単位が1MIPSであり、 $1\text{ MIPS} = 10^6$ 命令/秒となる。MIPSは同種のコンピュータ処理装置の性能を比較評価する場合の指標となる。

⑥ FLOPSとGIPS

FLOPSは1秒間当たりの浮動小数点演算の回数を表す単位であり、MFLOPSはFLOPSの100万倍、GFLOPSはFLOPSの10億倍を表す。GIPSはMIPSと同様に処理性能を表す単位で、1秒当たりの命令実行回数が10億回単位で表したものである。

⑦ MIPS値の計算

① a MIPSのコンピュータの1秒当たりの命令実行回数の求め方

$$a \text{ MIPS} = a \times 10^6 \quad (\text{命令/秒})$$

② 1命令当たりの実行時間はMIPS値の逆数になる。

$$a \text{ MIPSの場合} \quad 1 \text{ 命令実行時間} = 1 / a \quad (\text{マイクロ秒})$$

③ 1秒当たりの処理件数

a MIPSの場合、処理装置の使用率を考慮して次の式で求める。

$$1 \text{ 秒当たりの処理件数} = \frac{a \times 10^6}{1 \text{ 件当たりの平均命令実行数}} \times \text{処理装置の使用率}$$

④ 命令実行時間

① 命令実行時間の計算

コンピュータの命令実行時間をP(秒)とすると、Pは次の式で与えられる。

$$P = I \times C P I \times C C T$$

I : 実行されるマシン命令の総数

C P I : マシン命令実行当たりの平均クロックサイクル数(サイクル/命令)

C C T : 1クロックサイクル当たりの時間(秒/サイクル)

Pの値が小さいほど速く高性能のコンピュータであることを示している。

② クロックサイクル時間(CCT)

コンピュータはクロック信号でタイミングをとる。この信号の1周期をクロックサイクル、1周期の時間をクロックサイクル時間(CCT)といい、その逆数をクロック周波数という。

クロック周波数が100MHzのとき、クロックサイクル時間は

$$1 / (100 \times 10^6) \text{ 秒} = 10 \times 10^{-9} \text{ 秒}$$

10ナノ秒になる。

㉔ クロックサイクル数CPI

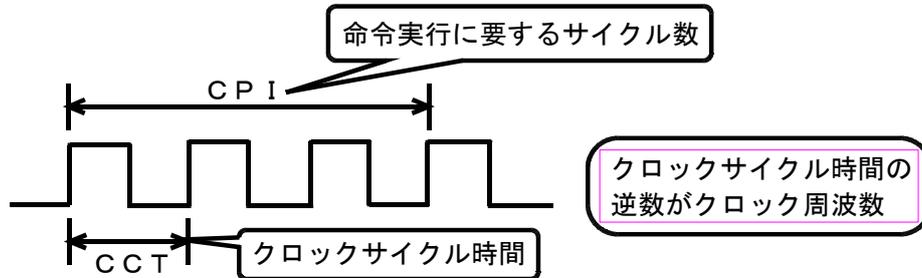
命令の実行に要するクロックサイクル数をCPIと呼ぶ。

CPIは次の式で与えられる。

$$CPI = \sum W_k CPI_k \quad (\text{サイクル/命令})$$

ただし、 CPI_k は各命令についてのCPI(サイクル/命令)

W_k はその命令の出現頻度(%)

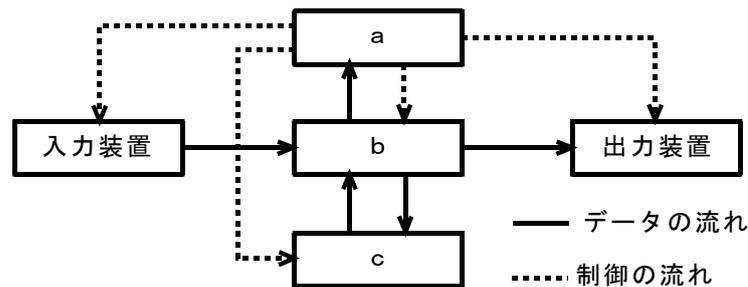


CPIは実行に必要な個々の命令のサイクル数に、その命令の出現頻度を乗じたものの総和である。命令の出現頻度はインストラクションミックスである。

マシン命令の機能の規模は、その命令機能を実現するために必要なクロックサイクル数で表すことができ、CPIが大きいコンピュータは、高機能のマシン命令を備えたコンピュータである。実行する機能の大きさを固定すると、CPIが大きいコンピュータの必要なマシン命令の総数Iは小さくなり、逆にCPIが小さいと必要なマシン命令数Iは大きくなる。

例題演習

コンピュータの基本構成を表す図中の□に入れるべき適切な字句の組合せはどれか。



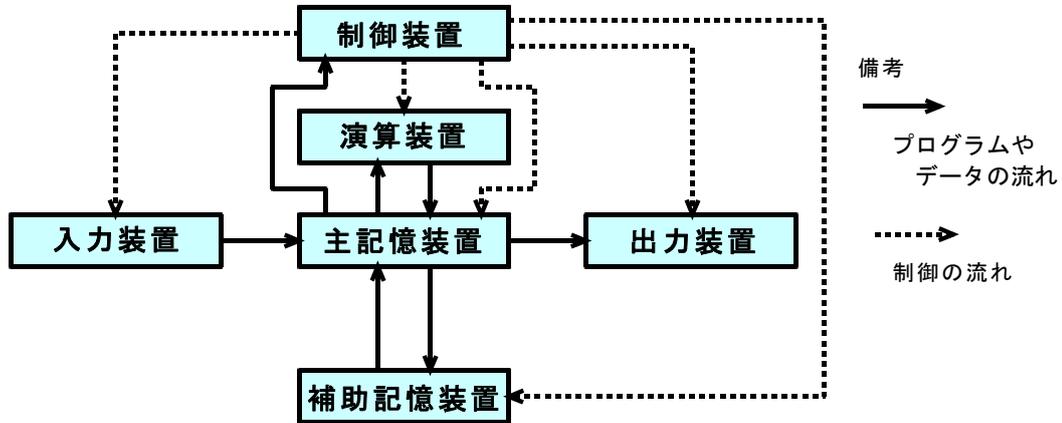
	a	b	c
ア	演算装置	記憶装置	制御装置
イ	記憶装置	制御装置	演算装置
ウ	制御装置	演算装置	記憶装置
エ	制御装置	記憶装置	演算装置

解答解説

コンピュータの基本構成に関する問題である。

基本構成図

基本構成図における各装置は、aは制御装置、bは記憶装置、cは演算装置である。求める答えはエとなる。



例題演習

プロセッサは演算装置及び制御装置からなる。制御装置に含まれる要素はどれか。

- | | |
|-----------|----------|
| ア アキュムレータ | イ 加算器 |
| ウ 補数器 | エ 命令デコーダ |

解答解説

制御装置の命令デコーダに関する問題である。

アのアキュムレータは演算結果や被演算数を入れるための専用レジスタである。

イの加算器は演算装置において、2進数の四則演算の加算を行う装置である。

ウの補数器は入力された2進数のデータの補数を出力する回路である。

エの命令デコーダは命令レジスタに設定された命令コードを解釈し、関係する回路に制御信号を送る装置である。

ア、イ、ウは演算装置、エは制御装置に含まれる。求める答えはエとなる。

例題演習

コンピュータの構成要素のうち、命令を取り出し、解釈して、その命令が実行されるように他の装置へ動作指示するとともに、次に実行する命令のアドレスを決める機能をもつ装置はどれか。

- | | |
|--------|---------|
| ア 演算装置 | イ 記憶装置 |
| ウ 制御装置 | エ 入出力装置 |

解答解説

コンピュータの構成要素に関する問題である。

アの演算装置は四則演算や大小の比較判断などを行う装置である。

イの記憶装置はプログラムやデータを記憶している装置である。

ウの制御装置はプログラムの命令に従い、入出力、記憶および演算の各装置に対して制御信号を出し、それらの装置のはたらきをコントロールする装置である。求める答えはウとなる。

エの入出力装置はプログラムやデータを入力したり、出力したりする装置である。

例題演習

コンピュータは、入力、記憶、演算、制御及び出力の五つの機能を実現する各装置から構成される。命令はどの装置から取り出され、どの装置で解釈されるか。

	取出し	解釈
ア	演算	制御
イ	記憶	制御
ウ	制御	演算
エ	入力	演算

解答解説

コンピュータの構成要素に関する問題である。

コンピュータの5機能を整理すると次のようになる。

- ① 入力装置 プログラムやデータを入力する装置
- ② 記憶装置 プログラムやデータを記憶する装置
- ③ 演算装置 四則演算や大小の比較・判断などを行う装置
- ④ 出力装置 処理結果などを用紙や画面などに出力する装置
- ⑤ 制御装置 プログラムの命令に従い、入力・記憶・演算および出力の各装置に対して制御信号を出し、それらの装置のはたらきをコントロールする装置

命令は記憶装置から取り出され、制御装置で解釈される。求める答えはイとなる。

例題演習

50MIPSのプロセッサの平均命令実行時間は幾らか。

ア 20ナノ秒

イ 50ナノ秒

ウ 2マイクロ秒

エ 5マイクロ秒

例題解説

平均実行時間を求める問題である。

50MIPSは1秒間に、 50×10^6 回命令を実行することであるから、1命令の平均実行時間は

$$1 / (50 \times 10^6) = 0.02 \times 10^{-6} = 20 \times 10^{-9}$$

となり、20ナノ秒となる。求める答えはアとなる。

例題演習

平均命令実行時間が20ナノ秒のコンピュータがある。このコンピュータの性能は何MIPSか。

- ア 5 イ 10 ウ 20 エ 50

解答解説

単位時間当たりの命令実行回数 (MIPS) を求める問題である。

a MIPSの処理装置の平均命令実行時間は次の式から求める。

$$T = \frac{1}{a \times 10^6} = \frac{1}{a} \times 10^{-6} \text{ (秒)}$$

平均命令実行時間が20 (ナノ秒) = 20×10^{-9} (秒) であるから

$$1 / (20 \times 10^{-9}) = (1 / 20) \times 10^9 = 0.05 \times 10^9 = 50 \times 10^6$$

1秒当たりの命令実行回数は 50×10^6 となり、50MIPSとなる。求める答えはエとなる。

例題演習

50MIPSのコンピュータで、3,000万個の命令を実行する場合の予想処理時間は何秒か (小数第3位を四捨五入する)。ここで、プロセッサの使用率は70%とし、OSのオーバヘッドは考えないものとする。

- ア 0.42 イ 0.60 ウ 0.86 エ 1.17

例題解説

平均命令実行時間を求める問題である。

50MIPSのコンピュータは1秒間に 50×10^6 回の命令を実行するため、1命令の実行時間は

$$1 / (50 \times 10^6) = 0.02 \times 10^{-6} \text{ (秒)}$$

プロセッサの使用率は0.7であるから、3000万個の命令を実行する時間は

$$(0.02 \times 10^{-6}) \times 3 \times 10^7 / 0.7 = 0.86 \text{ (秒)}$$

3000万個の命令の実行は使用率0.7の範囲で行われたため、0.3の割合のその他の命令の実行が必要である。従って、全体の予想処理時間は、0.7で除した値となる。求める答えはウとなる。

例題演習

1GHzで動作するCPUがある。このCPUは、機械語の1命令を平均0.8クロックで実行できることが分かっている。このCPUは1秒間に約何万命令実行できるか。

- ア 125 イ 250
ウ 80,000 エ 125,000

例題解説

CPUの命令実行時間に関する問題である。

CPUの動作周波数は $1\text{GHz} = 10^9$ 回/秒であり、1秒間の命令実行回数は $10^9 / (0.8 \times 10^4) = 1.25 \times 10^5 = 125,000$ (万命令/秒)

求める答えはエとなる。

例題演習

処理装置を構成する要素のうち、分岐命令の実行によって更新されるものはどれか。

- | | |
|--------------|----------|
| ア インデックスレジスタ | イ 汎用レジスタ |
| ウ プログラムレジスタ | エ 命令レジスタ |

例題解説

処理装置を構成する要素と命令実行に関する問題である。

分岐命令は、次に実行すべき命令アドレスを決める命令である。無条件分岐命令と条件分岐命令がある。条件分岐は条件が成立の場合にはオペランドアドレスに分岐し、不成立の場合には分岐せずに引き続く命令を次に実行すべき命令とする。または、条件が不成立の場合にはオペランドアドレスに分岐し、成立の場合には分岐せずに引き続く命令を次に実行すべき命令とする。いずれの場合も分岐する場合は次に実行する命令のアドレスを指定する必要があり、このためにプログラムレジスタが使用される。

アのインデックスレジスタは、CPUの制御装置にあるインデックス・アドレス指定方式で使われるレジスタで、命令のアドレス部を修飾して、実際にアクセスするデータなどのアドレスを求める際に使用されるレジスタを指す。

イの汎用レジスタは、プロセッサ内でALUまたはメモリから与えられたデータを一時格納する。処理の対象となるデータの番地を指示するのにも使用される。

ウのプログラムレジスタは、次に実行すべき命令が格納されている番地を保持するのに用いられる。命令がフェッチされると同時にインクリメントされ次の命令番地になる。分岐命令の実行によって更新されるのはプログラムレジスタである。求める答えはウとなる。

エの命令レジスタは、メモリからフェッチされた命令を一時的に格納する。

例題演習

CPUのプログラムレジスタ(プログラムカウンタ)の役割はどれか。

- ア 演算を行うために、メモリから読み出したデータを保持する。
- イ 条件付き分岐命令を実行するために、演算結果の状態を保持する。
- ウ 命令のデコードを行うために、メモリから読み出した命令を保持する。
- エ 命令を読み出すために、次の命令が格納されたアドレスを保持する。

例題解説

プログラムカウンタに関する問題である。

プログラムカウンタ(プログラムレジスタ)は、次に実行すべき命令が格納されている番地を保持するのに用いる。命令がフェッチされるのと同時にインクリメントされ次の命令番地になる。分岐命令の実行によって更新されるのもプログラムカウンタである。

アはメモリデータレジスタ、イは汎用レジスタ、ウは命令レジスタ、エはプログラムカウンタである。求める答えはエとなる。

例題演習

一般に使用されているコンピュータの基本アーキテクチャで、プログラムとデータを一緒にコンピュータの記憶装置の中に読み込んでおき、それを順次読み出し実行していく方式はどれか。

ア アドレス方式

イ 仮想記憶方式

ウ 直接プログラム制御方式

エ プログラム格納方式

例題解説

ノイマン・コンピュータの特徴に関する問題である。

ノイマン・コンピュータの特徴

- ① プログラム内蔵方式は、実行するプログラムと処理されるデータを、コンピュータ内部のメモリ装置にあらかじめ格納し、実行時に必要なプログラムを読み出す方式である。
- ② 逐次コンピュータは、指定された順序によって命令の実行順序を定める。命令はプログラムカウンタによって逐次的に呼び出され制御される。
- ③ 命令セットアーキテクチャは、CPU内部に組み込まれて、CPUをコントロールするプログラムを構成しているアーキテクチャである。ハードウェアとソフトウェアの機能分担が決められている。
- ④ 線形メモリ装置は、メモリには線形にアドレスが付けられている。

アのアドレス方式はコンピュータの命令のアドレス部のアドレスの並び方で、アドレス部で指定できるアドレスの個数によって、1アドレス方式、2アドレス方式、3アドレス方式、4アドレス方式がある。

イの仮想記憶方式は補助記憶装置を利用してあたかも補助記憶装置がメインメモリのように扱える記憶領域を有しているシステムの方式である。これによって、メモリの容量を超えるような大きなプログラムの実行や大量のデータ処理が可能になる。

ウの直接プログラム制御方式はCPUが直接に入出力命令を使用して入出力装置を制御し、CPU-入出力装置間のデータ転送を行う方式である。

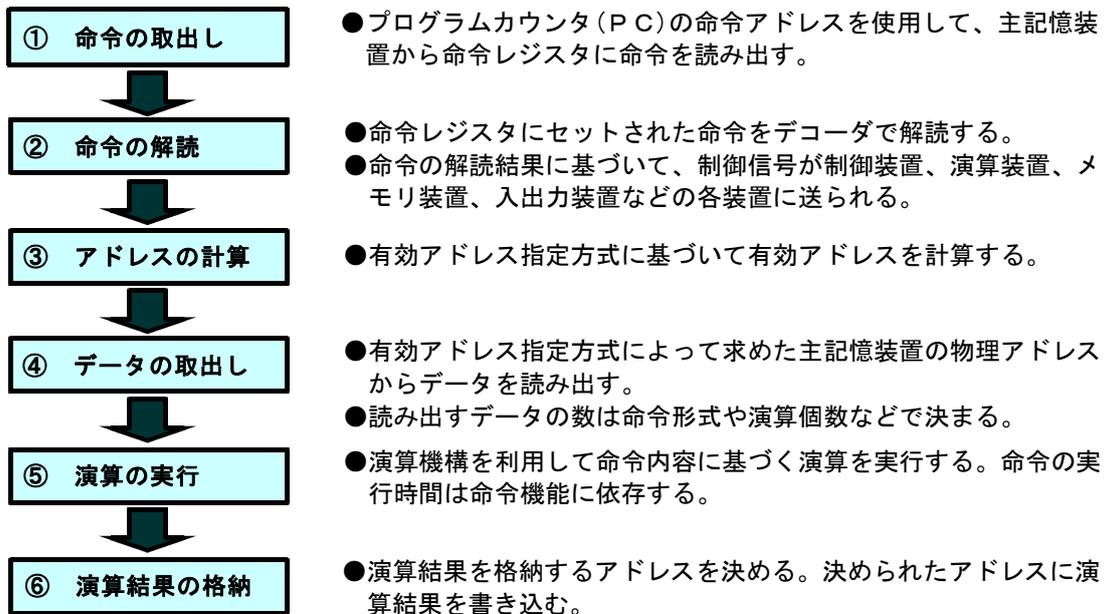
エのプログラム格納方式はプログラムやデータをメモリに格納し、それらを逐次取り出してCPUで処理する方式で、ノイマンコンピュータはこの形式のコンピュータである。求める答えはエとなる。

txt020112 プロセッサの動作原理

① 命令の実行

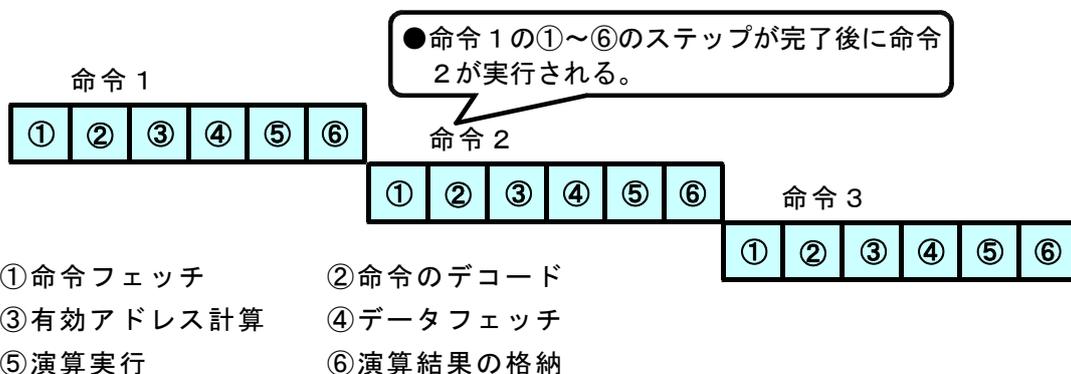
① 命令サイクルと実行サイクル

CPUは命令サイクル(①～③)と実行サイクル(④～⑥)を繰り返しながら命令を実行する。



② 逐次制御方式

逐次制御方式は、一つの命令を読み出し、解釈し、実行が終わってから、次の命令を読み出し、解釈し、実行する命令実行の手順である。逐次制御方式の基本ステップは、命令のフェッチ(取り出し)、命令のデコード(解釈)、有効アドレスの計算、データのフェッチ、演算の実行、演算結果の格納の順に処理される。逐次制御方式は基本ステップを逐次実行し、命令1が終了すると、次に命令2、命令3と順次、命令の処理を繰り返す。



② マシン命令

① 基本マシン命令セット

基本マシン命令セットには、データ演算命令、プログラム制御命令、OSに関する特殊な命令などがある。

㊦ データ演算命令

データ演算命令には、算術演算、論理演算、ビット列操作などデータを処理・演算する命令がある。

㊧ プログラム制御命令

プログラム制御命令には、分岐、サブルーチン分岐、割込など命令の実行順序を明示的に制御・処理する命令がある。

㊨ OSに関する命令

OSに関する命令は、コンピュータの停止命令、入出力装置の制御、割り込み制御などオペレーティングシステムが直接使用する命令である。

② 命令コードとオペランド

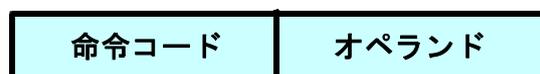
マシン命令はコンピュータ内部のバス幅などに合わせて数バイトで表す。1個の命令は命令コードとオペランドで構成される。

㊦ 命令コード

命令コードは命令の種類を示し、命令ワード1個に必ず1つ備えられている。

㊧ オペランド

オペランドは命令で使用するデータの存在場所を示し、命令によっては、オペランドは複数個備えられている。



③ オペランドの種類

㊦ ソースオペランド

ソースオペランドは命令の実行によって処理されるデータの格納元のアドレスを示す。

㊧ デスティネーションオペランド

デスティネーションオペランドは命令の実行によって処理された結果の格納先のアドレスを示す。

㉞ オペランドとメモリ

オペランドによって指定されるメモリにはメインメモリとレジスタがある。

メインメモリは格納場所を識別するために長いアドレスビットが必要になり、アドレス修飾が必須となる。1Mバイトのアドレスを一意に直接識別するには20ビット必要になる。

レジスタは少数のレジスタ番号を識別できればよいので、オペランド長は短い。

③ 命令形式の分類

㉞ 命令形式の種類

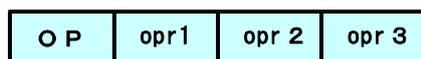
マシン命令はオペランドの個数によって分類することができる。

2項演算命令の場合、2つのソースオペランドと1つのデスティネーションオペランドを必要とする。

限られた命令長の中でオペランドをどのように指定するかを決めるのが命令形式である。実際のコンピュータでは、一つの形式のみを用いる場合は殆ど無く、いくつかの命令形式が命令の種類によって使い分けられる。

次に代表的な4つの命令形式である3アドレス形式、2アドレス形式、1アドレス形式、0アドレス形式の構成を示す。

3アドレス形式



2アドレス形式



1アドレス形式



0アドレス形式



OP : 命令部 opr1 ~ opr3 : オペランド

㉞ 3アドレス形式

3アドレス形式は、2つのソースオペランドと1つのデスティネーションオペランドを別々に指定できる。命令や演算の対象データの選択に柔軟性を与えるが、命令長は長くなる。主記憶が64Kバイトの場合、1個のオペランドに16ビットで、3オペランドで48ビットが必要となる。

命令長が限られている場合、直接指定できるメモリ空間は狭くなる。アドレス指定方式などを命令中に符号化してオペランドとする場合、命令形式が複雑になり、命令デコードのためのオーバーヘッドが大きくなる。RISC形式では、オペランドアドレスがレジスタになるため、オペランド指定に要するビット数が少なく、3アドレス形式が用いられる。

③ 2アドレス形式

ソースオペランド1つとデスティネーションオペランドを同一のアドレスとすることによって、2つのオペランドで1命令を構成する。1個のオペランド長が12ビットとなり、命令長が限られている場合の命令形式の複雑度が緩和される。通常、この命令形式を用いる場合が多い。

④ 1アドレス形式(アキュムレータマシン)

アキュムレータを格納装置として使用し、命令の中には1つのオペランドしか指定しない方式である。1つのソースオペランドとデスティネーションオペランドをアキュムレータとし、もう1つのソースオペランドのみを命令内で指定する命令形式である。

⑤ 1・1/2アドレス形式

2アドレス形式において、片方のオペランドの指定対象をオペランド長が短くて済むレジスタとする命令形式である。レジスタ指定に限定したオペランド用に4ビット、メインメモリ指定用オペランドに20ビットを割り付ける。

⑥ 0アドレス指定形式(スタックマシン)

スタックからソースオペランドをポップアップし、演算後、演算結果をスタックにプッシュダウンする。

④ 命令形式と命令長

① 命令形式の固定

オペランド数を1～3アドレス形式のいずれかに統一する場合である。命令によって必要なオペランド数は異なるため、命令形式が固定の場合もすべての命令についてオペランド数が一定ではない。あくまでも代表的な命令形式の場合である。

② 命令形式固定・命令長固定

命令デコードステージの高速化が可能である。パイプライン制御用ハードウェア機構の簡素化が図れる。RISCの命令形式である。

③ 命令形式固定・命令長可変

アドレス形式は固定にするが、命令長を変える方式である。ハードウェアコストをある程度抑えながら、命令の種類の多種多様化が図れる。メインフレームやCISCアーキテクチャで採用されている。

④ 命令形式可変・命令長可変

多種多様な高機能命令を実現する柔軟性をもった命令形式である。CISCアーキテクチャ

や高級言語マシンに採用されている。

アーキテクチャ	命令形式	命令長
RISC	固定	固定
CISC	固定	可変
	可変	可変

④ 命令の長さ

汎用大型機やミニコンで、2、4、6バイトの3種の長さの命令があり、命令コードによって長さが決まる場合やオペランドの種類によって決まる場合などがある。

⑤ アドレス指定方式の種類

① 即値アドレス指定方式

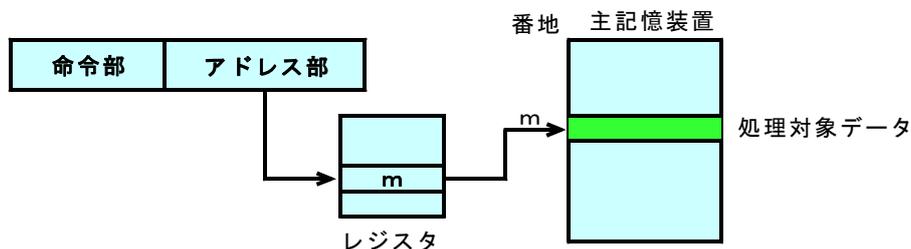
命令のアドレス部が処理対象データそのもので、命令を読み込んだ後、直ちに実行できる。シフト命令のシフト量の指定などに使用する。

② 直接アドレス指定方式

③ 間接アドレス指定方式

④ レジスタアドレス指定方式

命令が処理するデータの番地を格納しているレジスタの番号を、命令のアドレス部で指定する方式である。短いオペランド長ですみ、高速アクセスが可能である。



⑤ 指標(インデックス)アドレス指定方式

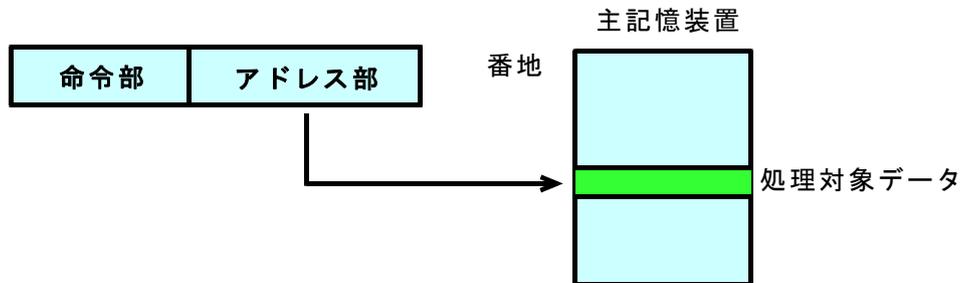
⑥ 基底(ベース)アドレス指定方式

⑦ 自己相対アドレス指定方式

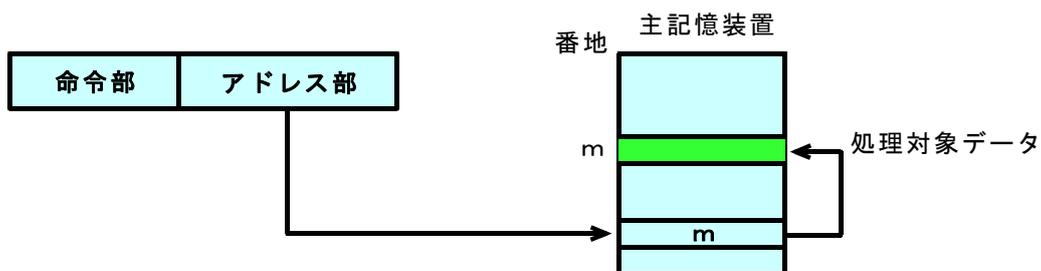
⑥ 直接アドレス指定方式と間接アドレス指定方式

① 直接アドレス指定方式

直接アドレス指定方式はアドレス部に処理対象データが格納されている番地が入っている命令形式である。メインメモリ容量が少ない場合に適しており、高速アクセスが可能である。アドレス部のビット数により対象データの個数に制限が生じたり、データの大きさに限界がある。



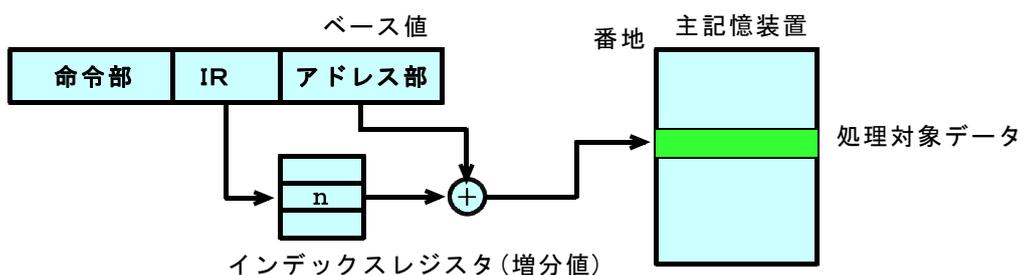
② 間接アドレス指定方式



命令のアドレス部で指定する番地のメモリの内容を出発点として、複数回メモリ内のアドレス指定を実施して、処理対象データが格納されている番地を求める命令形式である。メモリへのアクセス回数が2回以上になり、アクセス時間が長くなるが、アクセス回数を多くするほど論理アドレス空間を広くすることができる。

⑦ 相対アドレス指定方式

① インデックス・アドレス指定方式



インデックス・アドレス指定方式はオペランドのアドレスを基準値として、インデックスレジスタの増分値を加算することによって対象のデータを格納しているアドレスを求める方式で、相対アドレス指定方式である。

⑥ インデックス・アドレス指定方式の特徴

㊦ 連続した番地に同一命令を繰り返しデータ処理する。

インデックスレジスタの値を増分値として加算し対象データの存在する連続した番地を求めることができる。

① 配列の特定要素の値を操作する。

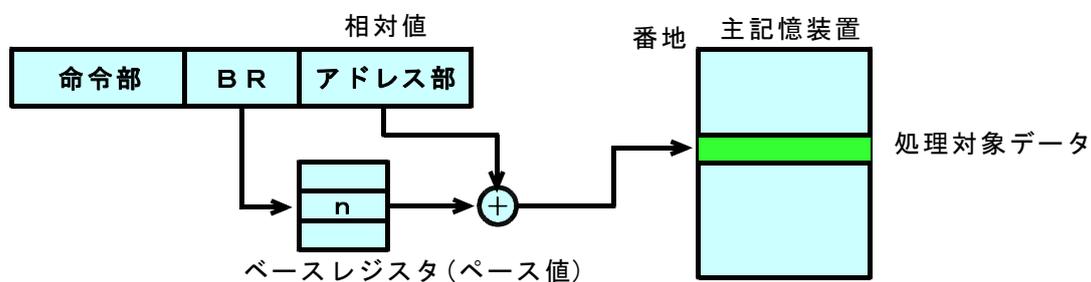
増分値をインデックスレジスタに格納し、配列の先頭番地と増分値から操作する特定要素の番地を求めることができる。

㊵ インデックスレジスタに増分値を格納する。

命令のアドレス部を修飾するための増分値をインデックスレジスタに保持することで処理できる。

③ ベースアドレス指定方式

ベースアドレス指定方式はプログラムを任意の番地以降に格納して実行するときを使用する方式である。



④ ベースアドレス指定方式の特徴

㊦ ベースレジスタにプログラムの先頭番地、アドレス部に相対番地を格納する。

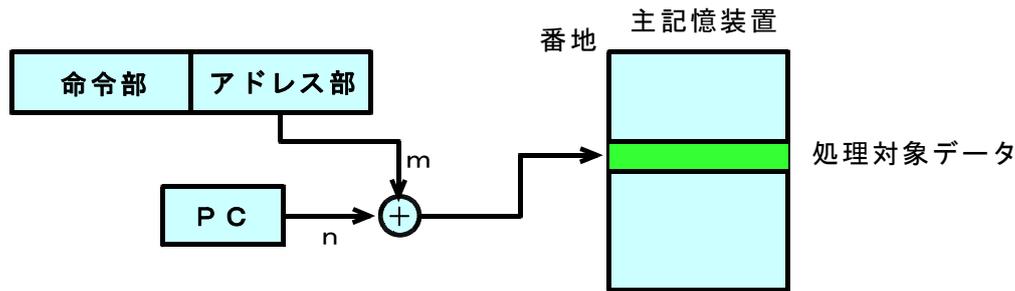
命令部にベースレジスタとして使用するレジスタ番号を指定し、ベースレジスタにプログラムの先頭番地を格納し、アドレス部にプログラムの先頭を0番地とした相対番地を入れる。ベースレジスタの値を変化させることによって、プログラムの先頭位置が変化し、プログラムのブロックを変化させることができる。

① 再配置可能プログラムや仮想記憶方式の動的アドレス変換に使用。

③ 自己相対アドレス指定方式

自己相対アドレス指定方式は読み出した命令のアドレスに近い記憶装置のアドレスを指定す

るために用いる方式である。



① 自己相対アドレス指定方式の特徴

- ㊦ オペランドが一つですむ相対アドレス指定方式である。
- ① (PCの値) + (命令のアドレス部) によって処理対象データの記憶されている番地を求める。
- ㊧ 命令のアドレス部には相対番地が入る。

⑧ 絶対番地方式と相対番地方式

㊦ 絶対番地方式

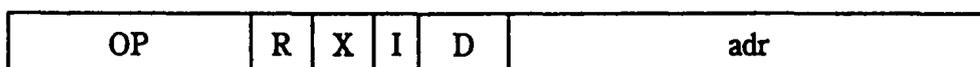
実効アドレスを一つだけ求めて、それによってアクセス対象を決定するアドレス修飾方式である。直接アドレス指定方式、間接アドレス指定方式、レジスタアドレス指定方式が絶対番地方式に対応する。

㊧ 相対番地方式

アドレスを二つ求めそれらを加算して実効アドレスを決める方式で、ベースアドレスでアドレス空間の原点を定め、ディスプレイメントで相対的な変化値とし、両者を加算することによって実効アドレスを求める。インデックスアドレス指定方式、ベースレジスタ指定方式、PC相対アドレス指定方式が相対番地方式である。

⑨ 命令実行の具体例

㊦ 命令語の形式



- OP : 命令コードを8ビットで指定する。
- R : 汎用レジスタの番号(0~3)を2ビットで指定する。
- X : 指標レジスタの番号(1~3)を2ビットで指定する。指標レジスタには、指定された番号の汎用レジスタを使用する。ただし、0が指定されたときは、指標レジスタによる修飾は行わない。
- I : 間接アドレス指定を行うときは1を、行わないときは0を1ビットで指定する。
- D : 拡張用の3ビットで、常に0である。
- adr : アドレスを16ビットで指定する。

⑥ 命令コードの種類

命令	命令の内容
20 ₁₆	実効アドレスをRで指定された汎用レジスタに設定する。
21 ₁₆	実効アドレスが指す語の内容をRで指定された汎用レジスタに設定する。
FF ₁₆	実行を終了する。

⑦ 命令語の実効アドレス

表 X, Iと実効アドレスの関係

X	I	実効アドレス
0	0	adr
1~3	0	adr + (X)
0	1	(adr)
1~3	1	(adr + (X))

注 (): () 内のレジスタ又はアドレスに格納されている内容を示す。

⑧ プログラムの実行

次の図に示す主記憶に格納されたプログラムの実行について検討する。

ア アドレス0100の処理内容

- 21は実効アドレスの内容を汎用レジスタに設定する。
- 00は汎用レジスタ番号0が対象になる。
- 00は直接アドレス指定方式である。
- 011Bの内容は0113である。
- 0113を汎用レジスタ0に設定する。

主記憶

アドレス	+ 0	+ 1	+ 2	+ 3	+ 4	+ 5	+ 6	+ 7
00F8	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000
0100	2100	011B	20C0	0003	2170	0111	21B8	011A
0108	FF00	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000
0110	0000	0001	0002	0003	0004	0005	0006	0007
0118	0110	0111	0112	<u>0113</u>	0114	0115	0116	0117
0120	0118	0119	011A	011B	011C	011D	011E	011F

図 汎用レジスタ, PR と主記憶の値

① アドレス0102の処理内容

- 20は実効アドレスを汎用レジスタに設定する。
- 11は汎用レジスタ番号3が対象になる。
- 0003を汎用レジスタ3に設定する。汎用レジスタ3の値は0から3に変わる。

② アドレス0104の処理内容

- 21は実効アドレスの内容を汎用レジスタに設定する。
- 01は汎用レジスタ番号1が対象になる。
- 110は指標レジスタ3、 $I = 0$ である。
- 有効アドレスを計算すると0114になる。
- アドレス0114の内容0004を汎用レジスタ1に設定する。

③ アドレス0106の処理内容

- 21は実効アドレスの内容を汎用レジスタに設定する。
- 10は汎用レジスタ番号2が対象になる。
- 111は指標レジスタ3、 $I = 1$ である。
- 有効アドレスを計算すると011Dになる。
- アドレス011Dが指定するアドレス0115の内容0005である。
- 汎用レジスタ2に0005を設定する。

④ アドレス0108の処理内容

- FFでプログラム処理を終了する。

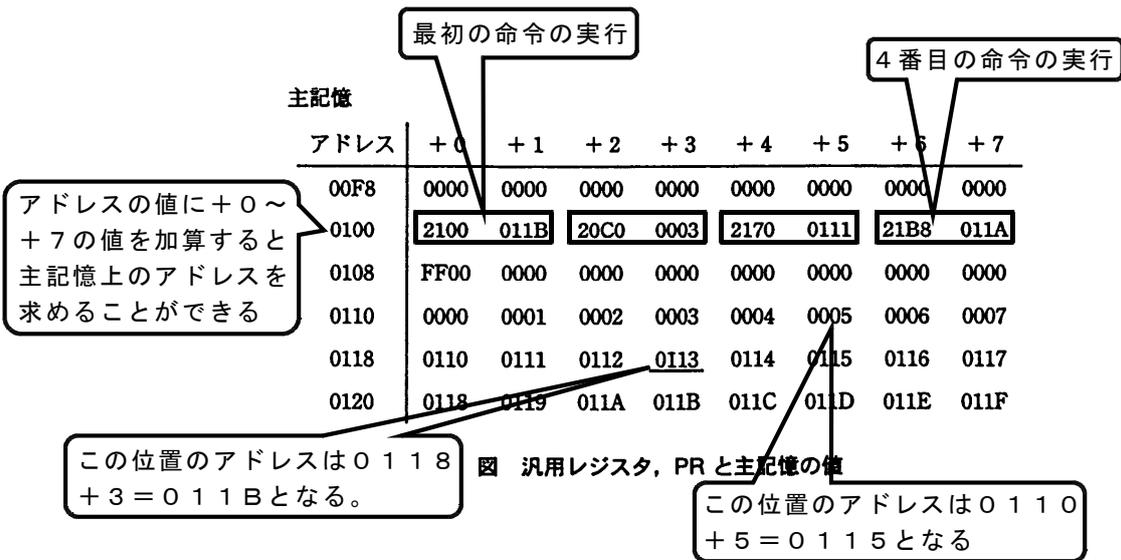
⑩ メモリのアドレスの読み方

命令の構成は、命令語の形式の項に記載されている内容に従って順次読んでいく。ここで、実行される命令は、命令コードの種類に記載している3種類の命令である。

1命令は32ビットで構成されており、メモリのアドレスは8ビット単位に付けられているため、最初の命令は0100番地と0101番地の内容に従って実行される。

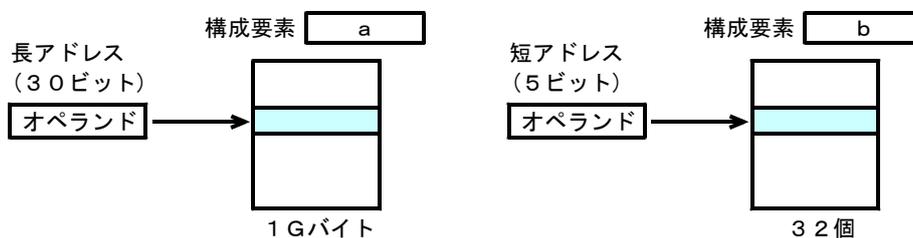
実行内容は⑨プログラムの実行の⑨に示す内容となる。次の命令は0102番地、その次が0104番地となり順次処理されていく。4命令実行後に0108番地でFF00となり、処理を終了する。

4個の命令の処理内容は、⑨プログラムの実行の⑨～⑫に記載した処理内容となる。



例題演習

図はあるコンピュータシステムにおいて、マシン命令のオペランドで指定され、命令やデータの読出し元あるいは格納先となる構成要素を示している。a、bを表す適切な組合せはどれか。



	a	b
ア	主記憶装置	レジスタ
イ	ハードディスク	主記憶装置
ウ	ハードディスク	レジスタ
エ	レジスタ	ハードディスク

解答解説

コンピュータの記憶装置に関する要素の問題である。

解答群の内容からレジスタ、主記憶装置、補助記憶装置(ハードディスク)が比較対象になっている。マシン命令のオペランドで指定されるメモリはレジスタまたは主記憶である。オペランドで指定するアドレス長は構成要素 a が30ビットで長く、構成要素 b は5ビットで短い、従って、構成要素 a が大容量の主記憶装置であり、構成要素 b が小容量のレジスタである。求める答えはアとなる。

例題演習

コンピュータの命令実行順序として、適切なものはどれか。

- ア オペランドフェッチ → 命令の解読 → 命令フェッチ → 命令の実行
- イ オペランドフェッチ → 命令フェッチ → 命令の解読 → 命令の実行
- ウ 命令の解読 → 命令フェッチ → オペランドフェッチ → 命令の実行
- エ 命令フェッチ → 命令の解読 → オペランドフェッチ → 命令の実行

解答解説

コンピュータの命令実行順序に関する問題である。

コンピュータの命令実行順序は、①命令のフェッチ(取り出し)、②命令のデコード(解読)、③オペランドフェッチ、④命令の実行となる。求める答えはエとなる。

例題演習

命令のオペランド部において、プログラムカウンタの値を基準とし、その値からの変位で実行アドレスを指定する方式はどれか。

- ア インデックスアドレス指定
- イ 絶対アドレス指定
- ウ 相対アドレス指定
- エ ベースアドレス指定

解答解説

アドレス指定方式に関する問題である。

アのインデックスアドレス指定は、連続した番地に対して、同一命令を繰り返して実行させるときに、オペランドの基準値にインデックスレジスタの値を増分値として加算することによって対象データの存在する番地を求める方式である。

イの絶対アドレス指定は、実効アドレスを一つだけ求めて、アクセス対象を決定する方式である。直接アドレス指定、間接アドレス指定、レジスタアドレス指定などがある。

ウの相対アドレス指定はプログラムカウンタの値を基準にして、その値からの変位で実行アドレスを指定する方式である。求める答えはウとなる。

エのベースアドレス指定は、ベースレジスタに格納しているプログラムの先頭アドレスの値を基準値として、アドレス部にはプログラムの先頭を0番地とした相対番地を入れる。それらの加算によって実行アドレスを求める方式である。

例題演習

次のアドレス指定方式の記述について、正しいものはどれか。

- ア 間接アドレス指定方式は、命令のアドレス部に処理対象データの格納されている番地が入っている形式である。
- イ 命令が処理するデータの番地を格納しているレジスタの番号を、命令のアドレス部で指定する方式をレジスタアドレス指定方式という。
- ウ 指標アドレス指定方式は、命令のアドレス部で指定するメモリの内容が、処理対象データの番地を指す方式である。
- エ 命令のアドレス部が処理対象データである方式を直接アドレス指定方式という。

解答解説

アドレス指定方式に関する問題である。

アの間接アドレス指定方式は、対象データの格納されているアドレスが主記憶内に格納されていて、命令のアドレス部からそのアドレスを経由してデータの格納されているアドレスにたどり着く方式である。主記憶を2回以上アクセスする。アの内容は直接アドレス指定方式である。

イはレジスタアドレス指定方式は命令が処理する番地を格納しているレジスタの番号を命令のアドレス部に指定する方式であり、記述内容で正しい。求める答えはイとなる。

ウの説明は間接アドレス指定方式である。

指標(インデックス)アドレス指定方式は命令のアドレス部の基準値にインデックスの増分値を加算して求めるアドレス指定方式である。

エの説明は即値アドレス指定方式である。直接アドレス指定方式はアドレス部に処理対象データの格納されているアドレスが入っている命令形式である。

例題演習

次に示すアドレス指定方式のうち、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 インデックスアドレス
- イ 間接アドレス
- ウ 即値アドレス
- エ 直接アドレス

解答解説

アドレス指定方式の特徴に関する問題である。

アのインデックスアドレス方式は、アドレス部の値にインデックスレジスタの値を加えて、処理対象のデータが格納されているアドレスを指定する方式である。連続した番地に対して、同一命令を繰り返して実行させるときに使用する。従って、メモリを参照する。

イの間接アドレス指定方式は命令のアドレス部で指定するメモリの内容が、処理対象データの番地を指す方式である。この場合、命令が実行されるときメモリを2回以上アクセスすることになる。

ウの即値アドレス方式は命令のアドレス部が処理対象データである。メモリを参照しないた

め演算処理は高速であるが、データの大きさに限界がある。求める答えはウとなる。

エの直接アドレス指定方式はアドレス部に処理対象データの格納されている番地が入っている命令形式である。従って、メモリを参照する。

例題演習

命令は、命令コード部とアドレス部から構成されている。アドレス部から実効番地を生成する方式のうち、絶対アドレス方式のものはどれか。

- ア 基準アドレスとしてスタックポインタの値を用い、命令のアドレス部を基準アドレスからの変位として加算し、実効番地を生成する。
- イ 基準アドレスとしてプログラムカウンタの値を用い、命令のアドレス部を基準アドレスからの変位として加算し、実効番地を生成する。
- ウ 基準アドレスとしてベースレジスタの内容を用い、命令のアドレス部を基準アドレスからの変位として加算し、実効番地を生成する。
- エ 命令のアドレス部を実効番地とする。

解答解説

絶対アドレス指定方式に関する問題である。

絶対アドレス方式は、実効アドレスを一つだけ求めて、それによってアクセス対象を決定する方式で、直接アドレス指定方式や間接アドレス指定方式、レジスタアドレス指定方式がこれに相当する。命令のアドレス部の値はメモリの絶対アドレス、またはレジスタのアドレスになる。

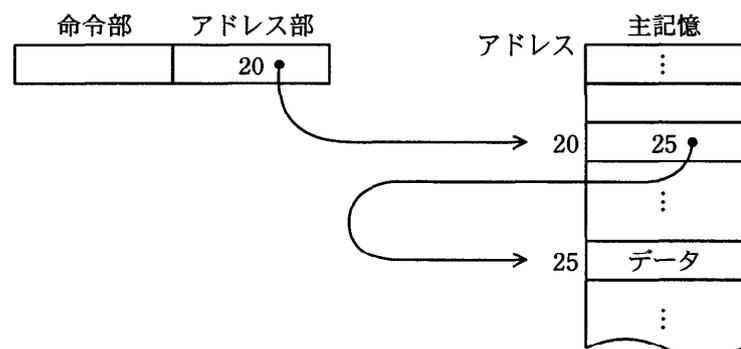
相対アドレス方式は、アドレスを二つ求め、それらを加算することによって実効アドレスを決める方式で、基準になる原点と相対的な変化値を加算する方式である。ベースレジスタ方式は、ベースレジスタの基準値にアドレス部の相対値を加算してアドレスを求める。インデックスアドレス方式は、アドレス部の基準値にインデックスレジスタの変化値を加算して求める。

ア、イ、ウは相対アドレス方式であり、エが絶対アドレス方式で、求める答えはエである。

例題演習

主記憶のデータを図のように参照するアドレス指定方式はどれか。

- ア 間接アドレス指定
- イ 指標アドレス指定
- ウ 相対アドレス指定
- エ 直接アドレス指定



解答解説

間接アドレス指定方式に関する問題である。

アの間接アドレス指定方式は、命令のアドレス部で指定するメモリの内容が、処理対象データの番地を指す方式である。この場合、命令が実行される時メモリを2回以上アクセスすることになる。求める答えはアとなる。

イの指標アドレス指定方式は、アドレス部の値にインデックスレジスタの値を加えて、処理対象のデータが格納されているアドレスを指定する方式である。連続した番地に対して、同一命令を繰り返して実行させるときに使用する。従って、メモリを参照する。

ウの相対アドレス指定方式は、プログラムカウンタの値を基準にして、その値からの変位で実行アドレスを指定する方式である。

エの直接アドレス指定方式はアドレス部に処理対象データの格納されている番地が入っている命令形式である。従って、メモリを参照する。

例題演習

“LOAD GR, B, AD”は、ADが示す番地にベースレジスタBの内容を加えた値を有効アドレスとして、その有効アドレスが示す主記憶に格納されているデータを汎用レジスタGRにロードする命令である。図の状態では、次の命令を実行したとき、汎用レジスタGRにロードされるデータはどれか。

LOAD GR, 1, 200

		番地
主記憶	100	1100
	101	1101
	⋮	⋮
	200	1200
	201	1201
	⋮	⋮
	300	1300
	301	1301
	⋮	⋮
	1200	2200
	1201	2201
	⋮	⋮
	1300	2300
	1301	2301

ベースレジスタ 1	100
-----------	-----

ア 1201

イ 1300

ウ 2200

エ 2300

解答解説

命令実行に関する問題である。

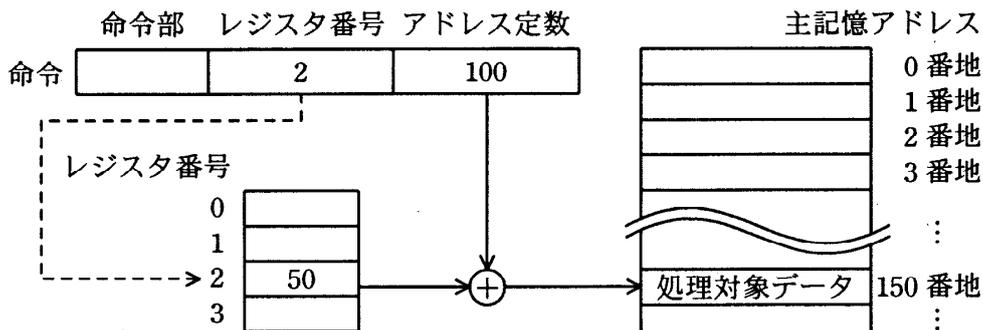
オペランドに示すアドレス200にベースレジスタの値100を加算し、

$$200 + 100 = 300$$

求めたアドレス300に格納されている値1300を汎用レジスタに格納する。汎用レジスタに格納された値は1300である。求める答えはイとなる。

例題演習

図に示すアドレス指定方式はどれか。



- ア 指標付きアドレス指定方式
- ウ 直接アドレス指定方式

- イ 相対アドレス指定方式
- エ レジスタ間接アドレス指定方式

解答解説

有効アドレス指定方式に関する問題である。

アの指標付きアドレス指定方式は、オペランドのアドレスを基準値として、インデックスレジスタの増分値を加算する相対アドレス指定方式である。連続した番地に同一命令を繰り返し実行するとき、インデックスレジスタの値を増分値として加算し対象データの存在する番地を求める。求める答えはアとなる。

イの相対アドレス指定方式は、読み出した命令のアドレスに近い記憶装置のアドレスを指定するために用いる方式で、オペランドが一つですむ相対アドレス指定方式である。(PCの値) + (命令のアドレス部)によって処理対象データの記憶されている番地を求める。命令のアドレス部には相対番地が入る。

ウの直接アドレス指定方式は、アドレス部に処理対象データが格納されている番地が入っている命令形式である。メインメモリ容量が少ない場合に適しており、高速アクセスが可能である。

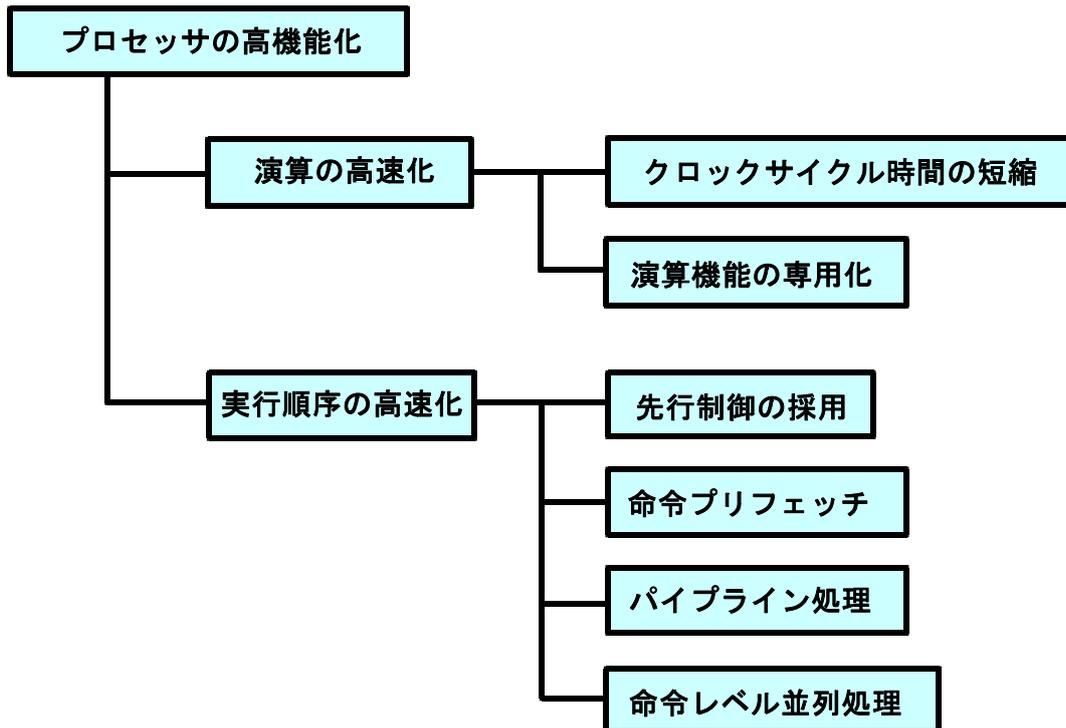
エのレジスタ間接アドレス指定方式は、命令が処理するデータの番地を格納しているレジスタの番号を、命令のアドレス部で指定する方式である。短いオペランド長ですみ、高速アクセスが可能である。

txt02012 プロセッサの高機能化

txt020121 プロセッサのアーキテクチャ

① プロセッサの高機能化とは

① 高機能化の種類



② 命令実行時間の計算式

命令実行時間Pの式

$$P = I \times CPI \times TC$$

I : 命令個数

CPI : 命令当たりのクロックサイクル数

TC : クロックサイクル時間。

③ クロックサイクル時間(CCT)

コンピュータはクロック信号でタイミングをとる。この信号の1周期をクロックサイクル、1周期の時間をクロックサイクル時間(CCT)といい、その逆数をクロック周波数という。クロック周波数が100MHzのとき、クロックサイクル時間は $1 / (100 \times 10^6)$ 秒 = 10×10^{-9} 秒で、10ナノ秒になる。

④ クロックサイクル数(CPI)

命令の実行に要するクロックサイクル数をCPIと呼ぶ。CPIは次の式で与えられる。

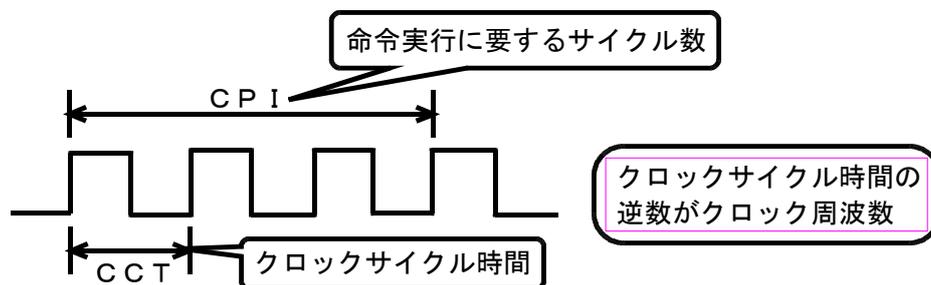
$$CPI = \sum W_k CPI_k \quad (\text{サイクル/命令})$$

ただし、 CPI_k は各命令についてのCPI(サイクル/命令)

W_k はその命令の出現頻度(%)

CPIは実行に必要な個々の命令のサイクル数に、その命令の出現頻度を乗じたものの総和である。命令の出現頻度はインストラクションミックスである。

マシン命令の機能の規模は、その命令機能を実現するために必要なクロックサイクル数で表すことができ、CPIが大きいコンピュータは、高機能のマシン命令を備えたコンピュータである。実行する機能の大きさを固定すると、CPIが大きいコンピュータの必要なマシン命令の総数Iは小さくなり、逆にCPIが小さいと必要なマシン命令数Iは大きくなる。



⑤ 命令実行時間Pを改善する手法

- ㊦ 命令数Iを減少させる。
- ㊧ 1命令当たりのクロックサイクル数CPIを減少させる。
- ㊨ クロックサイクル時間TCを短縮する。

② 演算高速化の手段

㊦ 高速デバイスの採用

演算の高速化は高速のデバイスに置き換える方法であり、演算装置を構成する論理素子を高速化したり、実装方法を改良したりして、クロックサイクル時間TCの短縮を図ることである。

㊧ 演算機能の専用回路化

VLSI技術や実装技術を活用して一部の演算機能を専用回路化して、演算方式を実現するハードウェア回路を改良する方法である。

㊨ 実行順序の変更による高速化

実行順序の変更に伴って、マシン命令当たりのクロックサイクル数CPIを小さくする方で

あり、先行制御、命令プリフェッチ、パイプライン処理、命令レベル並列処理などの手段を用いる方法である。

㉗ 先行制御

先行制御はマシン命令の実行サイクルのあるステージで、後続のステージの処理内容を予測し、それらのうち現在のステージで実行可能な処理は現ステージの処理と並行して実行する方法である。

㉘ 命令プリフェッチ

命令プリフェッチはメモリアンタリーブを利用して現在の命令実行ステージで、次の命令を事前にフェッチする方式である。分岐予測や並列フェッチ、遅延分岐の活用が必要となる。

㉙ 命令レベル並列処理

命令レベル並列処理は複数のパイプライン処理を並行に使用しパイプライン処理の高速化を実現する方法で、スーパースカラ処理などがある。

③ RISCとCISC

㉚ RISCとCISCの比較

項目	RISC	CISC
命令の種類	少ない	多い
命令長	固定長	可変長
アドレス修飾の種類	少ない	多い
主記憶アクセス	ロード、ストア命令のみ	多くの命令
汎用レジスタ数	多い	少ない
制御部の構成	結線論理制御	マイクロプログラム制御

㉛ RISC

RISCは命令デコードを容易にするため固定単一長を採用している。一律にレジスターレジスタ方式を採用し、大容量のレジスタを多数装備して、命令数およびアドレス修飾数を少なくし、命令機能を単純化することによって、ワイヤドロジック方式を実現している。原則として、1マシン命令1クロックサイクルを目標として、一命令の長さで一命令の実行に要する時間を一定にすることによって、パイプライン処理との併用が可能となり、高速化を実現する。

㉜ CISC

CISCの命令長は、固定複数長あるいは可変長である。命令形式は、レジスターメモリ形

式およびメモリーメモリ形式であり、命令セットおよび実現方式は、命令数およびアドレス修飾数が比較的多く、命令機能が高度なためマイクロプログラム制御となる。複雑な命令の作成が容易な反面、命令が複雑になり、命令の実行速度が遅くなる。

④ マイクロプログラム制御

① マイクロプログラム制御

㊦ マイクロプログラム制御とは

マイクロプログラム制御は解説・実行を電子回路のハードウェアで実行するのではなく、ハードウェアの内部に組み込んだプログラムで解説・実行する方式である。コンピュータの命令が複雑化かつ高機能化すると、命令の制御をワイヤードロジックで実行するよりも、変更容易なファームウェアで実現する方が、結線方式に比べて動作速度は遅いが、ハードウェアが単純化し、命令の追加や修正、拡張が容易になる。汎用コンピュータからパソコンまで、ほとんどのコンピュータプロセッサにはマイクロプログラム制御が使用されている。

① ハードウェア構成

ハードウェア構成は、制御メモリ、マイクロ命令レジスタ、マイクロプログラムカウンタ、マイクロプログラムシーケンサからなる。

マイクロプログラムは、制御メモリに格納される。マイクロプログラムシーケンサは、命令レジスタよりマシン命令を読み出し、それに対応するマイクロプログラムを制御プログラムより順次取り出し、一つのマシン命令の機能を実現するマイクロプログラムの実行を制御する。マイクロ命令レジスタは、制御メモリより取り出した、実行中のマイクロ命令を格納する。マイクロプログラムカウンタは、現在実行中のマイクロ命令のアドレスを格納する。

② マイクロプログラム制御方式の特徴

- ㊦ CPUの仕組みが単純化され、CPUの開発工数を短縮できる。
- ① ハードウェア機能をソフトウェア化することで、制御論理や制御回路の開発や保守を容易にする。
- ㊵ 命令をソフトウェアで解説・実行するため、ワイヤードロジック制御方式に比べて、処理速度が遅くなる。
- ㊹ 高速化確保のため、ハードウェア化、問題やアルゴリズムに合わせた高速化、オーバヘッドの減少などを検討する。

⑤ ワイヤードロジック制御

① ワイヤードロジック制御

① ワイヤードロジック制御とは

ワイヤードロジック制御はマイクロプログラムを使用せずに、電子回路だけですべての命令を解釈してコンピュータのハードウェアを制御する方式である。命令数が少なく処理速度が速いため、ワークステーションなどで使用される。高速処理が要求されるRISC型のプロセッサではワイヤードロジック制御方式が採用されている。

② ハードウェア構成

ハードウェア構成は、命令バス、プログラムカウンタ、命令レジスタ、命令デコーダから構成されている。

命令バスは、制御装置の各部を接続し、命令の流れを物理的に実現している部分であり、解釈前の命令の流れと解釈後の制御信号の流れがある。プログラムカウンタは、現在実行中の命令のアドレスを格納し、命令レジスタは、現在実行中の命令を格納する。命令デコーダは、命令語を解釈し、各装置へ指示する制御信号を生成する。

② ワイヤードロジック制御方式の特徴

- ① 命令の種類が少なく、アドレス修飾方式も少ない。
- ② 1マシン命令は、原則として、1クロックサイクルで実行する。
- ③ 命令形式固定、命令長固定であり、レジスタ-レジスタ演算が中心である。
- ④ 大容量のレジスタを装備する。

例題演習

あるベンチマークテストプログラムの命令ごとの出現頻度と、これを実行するプロセッサの実行クロック数を表に示す。このベンチマークテストプログラムにおけるCPIは幾らか。

- ア 0.48
- イ 0.69
- ウ 2.10
- エ 2.67

命令	出現頻度 (%)	実行クロック数
転送	50	1
演算	30	2
分岐	20	5

解答解説

命令当たりのクロック周波数(CPI)を求める問題である。

次の計算式になる。

$$1 \times 0.5 + 2 \times 0.3 + 5 \times 0.2 = 0.5 + 0.6 + 1 = 2.10$$

答えは2.10となり、求める答えはウとなる。

例題演習

基本動作時間(クロック時間)が3ナノ秒の処理装置で、命令の実行に必要なクロック数とその命令の出現比率が表に示す値である場合、この処理装置の性能は平均約何MIPSか。

- ア 5
- イ 30
- ウ 50
- エ 100

命令の種別	命令実行に必要なクロック数	出現比率
レジスタ間演算	4	40%
メモリ・レジスタ間演算	8	50%
無条件分岐	10	10%

解答解説

MIPS値を求める問題である。

MIPS値の計算

- ① 命令実行に必要な平均クロック数を各命令のクロック数と出現比率から計算する。
- ② 平均クロック数とクロック時間から1命令の平均処理時間を求める。
- ③ 1命令の平均処理時間の逆数からMIPS値が計算できる。

命令実行に必要な平均クロック数は各命令のクロック数に出現比率を掛けて、その和を求めると得ることができる。

$$4 \times 0.4 + 8 \times 0.5 + 10 \times 0.1 = 6.6 \text{ (クロック数)}$$

$$1 \text{ 命令の平均処理時間は } 6.6 \times 3 \times 10^{-9} = 19.8 \times 10^{-9} \text{ (秒)}$$

$$\text{求めるMIPS値は } 1 / (19.8 \times 10^{-9}) = 50.5 \times 10^6$$

約50MIPSとなり、求める答えはウとなる。

例題演習

数値演算処理を行うサブプログラムAでは、合計100,000命令が実行される。このサブプログラムで実行される演算命令に必要なクロックサイクル数と、各演算命令の構成比率は、表のとおりである。クロック周波数が100MHzのプロセッサでサブプログラムAを実行するために必要な時間は何ミリ秒か。

- ア 0.4175
- イ 3.38
- ウ 41.75
- エ 338

演算命令	必要クロックサイクル数	構成比率(%)
浮動小数点加算	3	18
浮動小数点乗算	5	10
浮動小数点除算	20	5
整数演算	2	67

解答解説

命令実行時間に関する問題である。

1命令に必要な平均クロックサイクル数を求めると

$$3 \times 0.18 + 5 \times 0.10 + 20 \times 0.05 + 2 \times 0.67 = 0.54 + 0.5 + 1 + 1.34 = 3.38$$

1クロック周波数の時間は

$$1 / (100 \times 10^6) = 10^{-8} \text{ (秒)}$$

サブプログラムA 100,000命令を実行するための時間は

$$3.38 \times 100000 \times 10^{-8} = 3.38 \times 10^{-3} \text{ (秒)} = 3.38 \text{ (ミリ秒)}$$

求める答えはイとなる。

例題演習

次の表は、あるコンピュータの命令ミックスである。このコンピュータの処理性能は約何MIPSか。

- ア 0.1
- イ 0.8
- ウ 1.0
- エ 1.6

命令種別	実行速度(マイクロ秒)	出現頻度(%)
加減算命令	0.4	50
乗算命令	1.0	35
移動命令	4.0	10
分岐命令	5.0	5

解答解説

命令ミックスに関する問題である。

平均実行速度を求めると

$$0.4 \times 0.5 + 1.0 \times 0.35 + 4.0 \times 0.1 + 5.0 \times 0.05 \\ = 0.2 + 0.35 + 0.4 + 0.25 = 1.20 \text{ (マイクロ秒)}$$

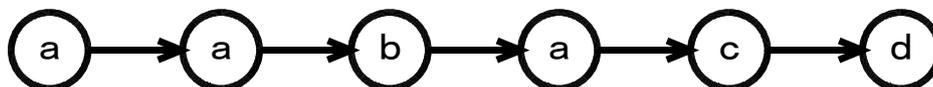
MIPSに換算すると

$$1 / (1.20 \times 10^{-6}) = 0.8 \times 10^6$$

0.8MIPSとなり、求める答えはイとなる。

例題演習

あるプログラムは、命令 a、b、c、d を次の順で実行する。各命令の実行に必要なクロックサイクル数(CPI)は右の表のとおりである。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CPU実行時間は何ナノ秒か。



- ア 20
- イ 32
- ウ 200
- エ 320

命令	CPI
a	6
b	2
c	4
d	8

解答解説

命令実行時間を求める問題である。

各命令に必要なCPIからプログラムに必要な全クロック数を求め、クロック時間を掛ければ求めることができる。クロック時間はMIPS値から求める。

プログラムaの実行が3回、プログラムb、c、dの実行がそれぞれ1回であるから、プログラムの実行に必要なCPIは次の計算で求まる。

$$6 \times 3 + 2 + 4 + 8 = 32(\text{CPI})$$

1CPIは10ナノ秒であるから、この命令列のCPUの実行時間は

$$32 \times 10 = 320(\text{ナノ秒})$$

となり、求める答えはエとなる。

例題演習

パソコンのCPUのクロック周波数に関する記述のうち、適切なものはどれか。

- ア クロック周波数は、CPUの命令実行タイミングを制御するので、クロック周波数が高くなるほどパソコンの命令実行速度が向上する。
- イ クロック周波数は、磁気ディスクの回転数にも影響を与えるので、クロック周波数が高くなるほど回転数が高くなり、磁気ディスクの転送速度が向上する。
- ウ クロック周波数は、通信速度も制御するので、クロック周波数が高くなるほどLANの通信速度が向上する。
- エ クロック周波数は、内部時計の基準となるので、クロック周波数が2倍になると、割込み間隔が1/2になり、リアルタイム処理の処理速度が向上する。

解答解説

クロック周波数とパソコンの性能に関する問題である。

CPUのクロック周波数は、命令実行のタイミングを制御するものであり、クロック周波数が高くなるほどパソコンの命令実行速度は向上する。

クロック周波数は、磁気ディスクの回転数や通信速度、内部時計の基準とは関係ない。

求める答えはアとなる。

例題演習

パソコンのクロック周波数に関する記述のうち、適切なものはどれか。

- ア CPUのクロック周波数と、主記憶を接続するシステムバスのクロック周波数は同一でなくてもよい。
- イ CPUのクロック周波数の逆数が、1秒間に実行できる命令数を表す。
- ウ CPUのクロック周波数を2倍、3倍、4倍、…と高くすれば、パソコンのシステム全体としての性能もそれに比例して2倍、3倍、4倍、…となる。
- エ 使用しているCPUの種類とクロック周波数が等しければ、2台のパソコンのプログラム実行性能は同等と考えてよい。

解答解説

パソコンのクロック周波数に関する問題である。

CPUのクロック周波数は、命令実行のタイミングを制御するものであり、クロック周波数が高くなるほどパソコンの命令実行速度は向上する。

パソコンなどのシステムバスの動作周波数は、従来は66MHzや100MHzであったが、最近では133MHzや400MHzと高くなっている。

CPU使用時間＝オーバヘッド時間＋CPU実行時間

オーバヘッド時間は、プログラムのロード時間、タスクスイッチング時間、ファイルI/O時間、プログラム終了の処理時間の合計である。

CPU実行時間＝平均命令実行時間×プログラムステップ数

CPUの種類とクロック周波数が等しい場合、CPI×CCTは等しくなる。従って、同じステップ数の命令を実行するとCPU時間はほぼ等しくなる。ただし、オーバヘッド時間はOSによって異なる。

アのCPUのクロック周波数とシステムバスのクロック周波数は同一でなくてもよい。求める答えはアとなる。

イのクロック周波数の逆数は、1秒間の命令数ではなく、クロックサイクル時間である。1クロック周波数に要する時間になる。

ウのクロック周波数が2倍、3倍、4倍、…と高くなっても、システムバスの動作周波数が同じように高くないためシステム全体の性能は2倍、3倍、4倍、…と高くない。

エの使用しているCPUの種類とクロック周波数が等しくても、OSが異なると、システムCPU時間が異なり、プログラム実行性能が等しくならない。

例題演習

CISCの特徴に関する記述として、適切なものはどれか。

ア 固定小数点命令、10進演算命令などの命令群が用意されている。

イ 命令セットが単純化されているので、ワイヤードロジックでの実現が比較的容易である。

ウ 命令長が固定であり、命令デコードの論理が簡単である。

エ メモリ参照命令をロードおよびストア命令に限定している。

解答解説

CISCの特徴に関する問題である。

CISCの特徴は、①命令長は、固定複数長あるいは可変長、②命令形式は、レジスターメモリ形式およびメモリーメモリ形式、③命令セットおよび実現方式は、命令数およびアドレス修飾数が比較的多く、命令機能が高度なためマイクロプログラム制御、④複雑な命令の作成が容易な反面、命令が複雑になり、命令の実行時間が遅くなる。

イ、ウ、エの内容はRISCの特徴であり、アがCISCの特徴である。求める答えはアとなる。

例題演習

ワイヤードロジック方式とマイクロプログラム方式について処理速度と拡張性の二つの観点に関して比較を行った。a～dに当てはまる用語の組合せはどれか。

	ワイヤードロジック方式	マイクロプログラム方式
処理速度	a	b
拡張性	c	d

- ア (a 低速 b 高速 c 容易 d 困難)
イ (a 低速 b 高速 c 困難 d 容易)
ウ (a 高速 b 低速 c 容易 d 困難)
エ (a 高速 b 低速 c 困難 d 容易)

解答解説

ワイヤードロジック方式とマイクロプログラム方式の比較の問題である。

	ワイヤードロジック方式	マイクロプログラム方式
処理速度	高速	低速
拡張性	困難	容易

aは高速、bは低速、cは困難、dは容易となり、求める答えはエとなる。

例題演習

RISCに関する記述のうち、正しいものはどれか。

- ア 1命令を実行するのに必要なマシンサイクル数は、CISCより大きくなる傾向がある。
イ コンパイラの最適化技術がプログラムの実行速度に与える影響は、CISCより大きい。
ウ プログラムサイズはCISCと比べて小さくなる傾向がある。
エ メモリ間のデータ転送に関する命令が多数ある。

解答解説

RISCに関する問題である。

RISCは、CPUに与える命令を単純化し、処理速度を上げる設計になっている。機械語である命令語の長さを固定化し、どの命令も同じサイクル時間で実行する。命令セットは使用頻度の高い基本命令だけで構成し、一つの命令の処理速度は速い。RISCを使用すると、ハードウェアの開発が容易になり、短期間で開発が可能になる。その反面、プログラム言語から機械語へ翻訳するコンパイラの負担が大きくなり、翻訳結果のステップ数も長くなる短所がある。コンパイラの最適化技術がプログラムの実行速度に与える影響はCISCより大きい。

アの1命令を実行するマシンサイクル数はCISCより小さくなる。

イのコンパイラの最適化技術がプログラムの実行速度に与える影響は大きい正しい記述で

ある。求める答えはイとなる。

ウのプログラムサイズは大きくなる傾向にある。

エのメモリ間のデータ転送に関する命令は、命令形式がレジスタ・レジスタ方式が主体であり、少ない。

例題演習

CISCと比較したときのRISCの特徴として、適切なものはどれか。

- ア 高機能な命令をもっている。 イ パイプライン処理に適している。
ウ プログラム容量は小さくなる。 エ 命令の種類が多い。

解答解説

RISCアーキテクチャの特徴に関する問題である。

アの命令機能は基本的な、単純なもので構成されている。

イのパイプライン処理に適しているは適切な内容である。求める答えはイとなる。

ウのプログラム容量は、CISCは命令の種類が多く容量が減少するが、RISCは基本的な命令を使用しステップ数が多く、容量は大きくなる。

エの命令の種類は少ない。

例題演習

CISCと比較したときのRISCの特徴として、適切なものはどれか。

	命令長	ハードウェアの制御	演算の対象
ア	固定	主にマイクロコード制御	メモリ、レジスタ
イ	固定	ワイヤードロジック制御	レジスタ
ウ	可変	主にマイクロコード制御	レジスタ
エ	可変	ワイヤードロジック制御	メモリ、レジスタ

解答解説

RISCの特徴に関する問題である。

RISCの特徴

- ① 命令デコードを容易にするため固定単一長にする。
- ② 命令実行サイクル数が少ない。
- ③ 命令形式はレジスタ・レジスタ形式を用いる。
- ④ レジスタ数が多い
- ⑤ 命令数およびアドレッシングモード(アドレス指定方式)数が少ない。
- ⑥ 命令機能が簡単なため布線論理制御による実現が可能である。
- ⑦ パイプライン制御と併用して高速化を図る。

RISCの命令長は固定、ハードウェア制御の方式はワイヤードロジック方式、演算対象はレジスタである。求める答えはイとなる。

例題演習

マイクロプログラム制御方式に関する記述として、正しいものはどれか。

- ア CISC方式のプロセッサよりも、RISC方式のプロセッサに有利である。
- イ 機械語命令を、制御メモリ内に格納された基本操作命令の組合で実現する。
- ウ 機械語命令を配線論理で実現する。
- エ コンピュータのエミュレーションを行うには不向きである。

解答解説

マイクロプログラム制御方式に関する問題である。

マイクロプログラム制御は、コンピュータの命令を、ハードウェア内部に組み込まれたプログラムで解釈・実行する方式である。コンピュータの命令が複雑化、高機能化するにつれて、変更容易なファームウェアで実現する考え方が生まれた。結線による方式に比べて、動作速度は遅いが、ハードウェアが単純化し命令の追加や修正が容易という利点がある。マイクロプログラムは制御記憶という記憶装置に格納され、機械語プログラムによって高速で動作する。

アのマイクロプログラム制御はCISC方式のプロセッサに有利である。

イの制御メモリ内に格納された基本操作命令の組合せで実現する記述は正しい。求める答えはイとなる。

ウの配線論理で実現するのはワイヤードロジック方式で、マイクロプログラムはプログラムで実現するファームウェアである。

エのエミュレーションは、他のOSのAPIや他のCPUの実行コードをソフトウェア的に解釈し、自身の環境で実行できる形式に変換するハードウェアまたはソフトウェアである。マイクロプログラム制御方式はエミュレーションを行うには適している。

例題演習

RISCアーキテクチャのMPUの特徴として、正しいものはどれか。

- ア デコードできる命令長は、固定長だけでなく、可変長の命令が混在できる。
- イ ハードウェア回路とパイプライン命令実行の技術を使い、1命令当たり1クロックで命令を実行できる。
- ウ 命令形式は、レジスタ-レジスタ形式だけでなく、レジスタ-メモリ形式およびメモリ-メモリ形式を混在できる。
- エ 命令を実行する回路は、マイクロプログラムというファームウェアで実現できる。

解答解説

RISCアーキテクチャの特徴に関する問題である。

ア、ウ、エはCISCアーキテクチャの特徴である。

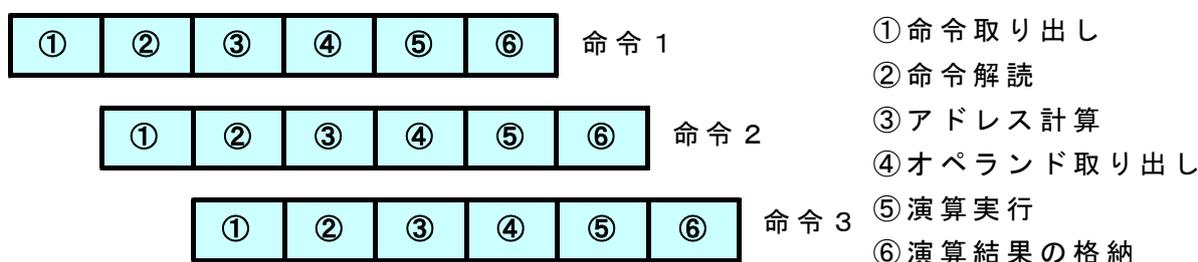
イのハードウェア回路、パイプライン実行のための技術、コンパイラ上の処理を含めて、1命令当たり1クロックで実行できるようにするの記述内容は正しい。求める答えはイとなる。

① パイプライン制御方式

① パイプライン処理とは

パイプライン処理は、命令制御を多数のステージに分け、各ステージ毎に並列に動作させる方法である。命令の取り出し、命令解読、オペランドのアドレス計算、オペランドの取り出し、演算の実行、演算結果の格納のステージを並列処理する。

パイプライン処理は、複数のステージで構成される処理機能を、CPU処理を必要とする機能とそうでない機能を同時に動作させ、見かけ上並列に実行させる多重化制御方式である。RISCアーキテクチャに適用し、処理の高速化を実現する。



② パイプライン処理の基本原理

- ㊦ ある処理機能を複数のステージに分ける。
- ㊧ ステージごとに独立処理できるハードウェア機構を装備する。
- ㊨ 複数のステージおよびそれらを担当するハードウェア機構を並行的に稼働させる。

③ パイプライン処理の特徴

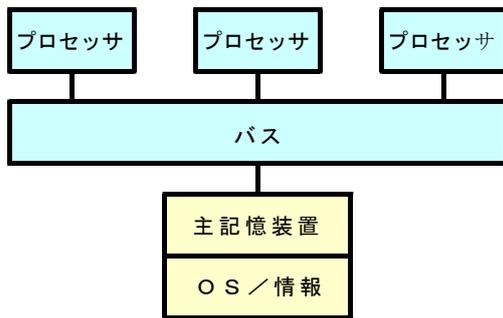
- ㊦ 命令の読出しから実行までを複数のステージに分け、各ステージを並行して実行する。
- ㊧ 処理効率を向上させる。

④ パイプラインハザード (パイプライン処理の乱れ)

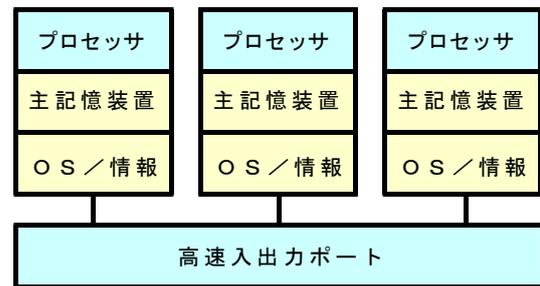
- ㊦ メモリ、デコーダ、キャッシュ等の資源の競合。
- ㊧ メモリまたはレジスタに格納されたデータ相互間の依存関係。
- ㊨ 分岐命令等。

② マルチプロセッサシステム

密結合型(TCMP)



疎結合型(LCMP)



① 密結合型マルチプロセッサ(TCMP)

複数のプロセッサが1個の主記憶を共用し、1個のOSがシステム全体を制御する方式で、1台のプロセッサでは、性能が不十分であるとき、複数のプロセッサを使用して性能を高めたり、信頼性を向上させることを目的とする。主記憶にあるプログラムは空いているどのプロセッサでも実行させることができる。

② 疎結合型マルチプロセッサ(LCMP)

各プロセッサが専用メモリとOSをもち、各プロセッサ間のデータの受け渡しは高速入出力ポートを利用する。各プロセッサの役割が決まっている処理方式では、メモリスペース管理用プロセッサ、利用者プログラム実行用プロセッサ、ジョブスケジュール処理用プロセッサ等のように役割を分担する。

③ マルチプロセッサの同期制御

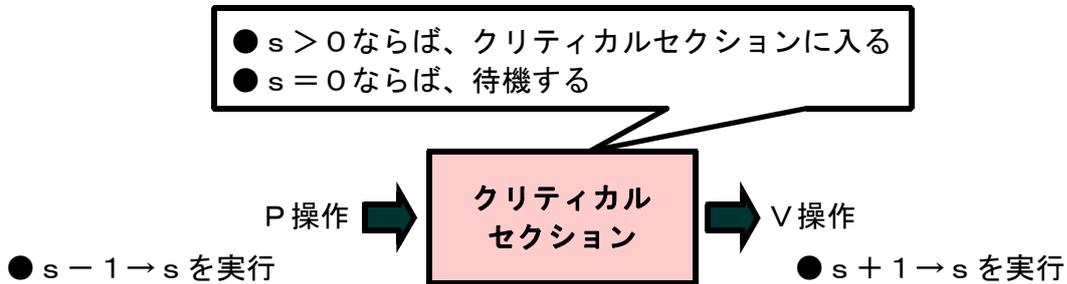
① プロセッサの同期制御

- ㊦ マルチプロセッサは複数のプロセッサ上で複数のプロセッサが協力しながら処理を進める。
- ㊧ 正しい結果を得るためにプロセッサ間で制御情報を交換しく同期をとる必要がある。
- ㊨ 同期をとるために、Test and Set命令、Compare and Swap命令、Fetch and Add命令、セマフォが用いられる。

② セマフォの操作

- ㊦ セマフォの操作は、共有変数 s に対して、 $P(s)$ 、 $V(s)$ の2つの操作を定義する。
- ㊧ $P(s)$ は $s > 0$ のとき $s - 1 \rightarrow s$ を行い、 $s \leq 0$ ではブロックしてセマフォ待ち行列に入る。

- ㊸ $V(s)$ ではキューに待っているプロセスがあれば実行可能状態にし、無ければ $s + 1 \rightarrow s$ を行う。
- ㊹ 相互排除は初期値 = 1 として、危険区域の入口で $P(s)$ を実行し、出口で $V(s)$ を実行する。



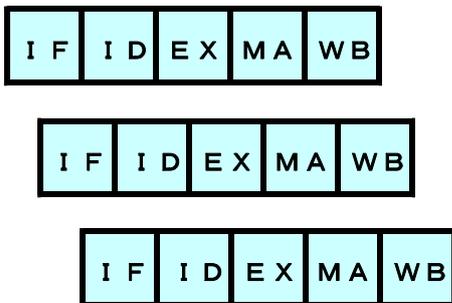
㉔ 並列処理が不能となる条件

次のような場合、並列処理が不能となり逐次処理となる。

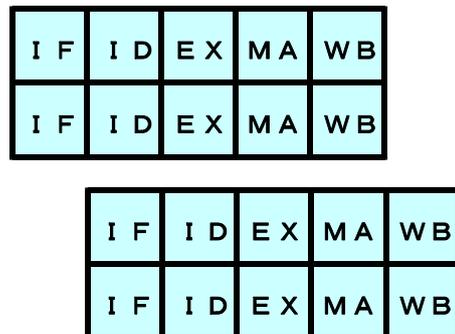
- ㊶ 複数のプロセッサからの主記憶装置の使用要求の競合の発生。
- ㊷ データベースへの同時アクセス等によるロックの発生。

④ マルチプロセッサの並列処理

スーパーパイプラインの例



スーパースカーラの例



㉑ スーパーパイプライン方式

スーパーパイプライン方式は、パイプライン方式の1ステージを複数のステージに分けてクロック速度を速くして、複数の命令を並行に実行する方法である。

㉒ スーパースカーラ方式

スーパースカーラ方式は同じステージで複数個の命令を実行させる方式で、1マシンサイクル中に2個の独立した命令のステージが実行される。

㉓ VLIW

VLIWは1個の命令を複数のプロセッサで同時に実行させる場合、各プロセッサ毎に異なる演算をさせるのに用いる語長の長い命令方式である。

㉔ ベクトル処理方式

ベクトル処理方式は命令パイプラインと演算パイプラインを高度に利用した高速化方式で、プロセッサ内で複数の演算パイプラインを並列にし、さらに複数のベクトルプロセッサとベクトルレジスタを使ってマルチプロセッサ構成にして、ベクトルレジスタ長に分割して処理を繰り返す方式である。スーパーコンピュータで使用されているアーキテクチャである。

㉕ ベクトル処理方式

ハイパスカラ方式はスーパーパスカラやVLIW、ベクトル処理方式の各長所を持つ新しいアーキテクチャである。

例題演習

各命令がすべて5サイクルで完了するように設計されたコンピュータがある。パイプライン制御のもとで20命令が途中停止(ストール)なしで実行できたとすると、その処理時間はパイプライン制御を行わない場合の何%になるか。

ア 20

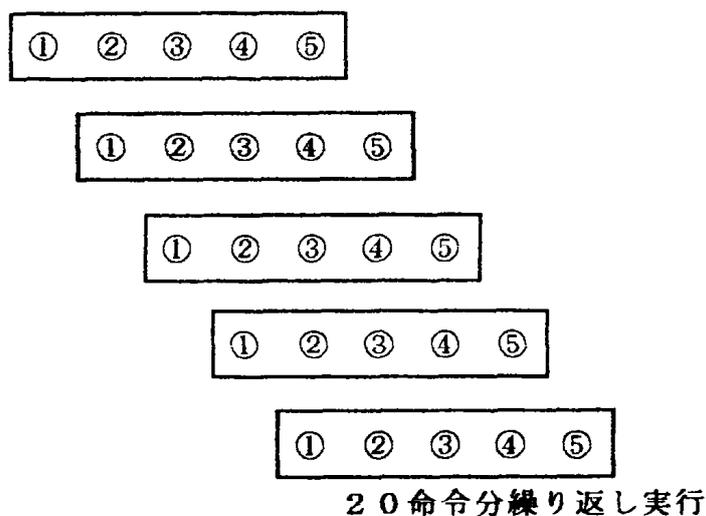
イ 22

ウ 24

エ 25

解答解説

パイプライン処理の実行効率を求める問題である。



逐次制御で20命令実行した場合の全サイクル数とパイプライン制御で実行した場合のサイクル数の比を求めればよいことになる。ISを命令数とすると

パイプラインのサイクル数 $T S 1$ は

$$T S 1 = 5 + (I S - 1)$$

逐次制御のサイクル数 $T S 0$ は

$$T S 0 = 5 \times I S$$

$I S = 20$ として、 $T S 0$ 、 $T S 1$ を求めると、次のようになる。

$$T S 0 = 5 \times 20 = 100$$

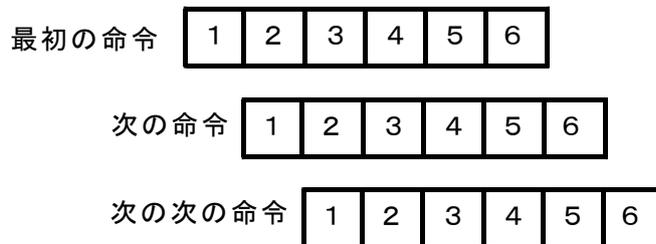
$$T S 1 = 5 + 20 - 1 = 24$$

比率 $T S 1 / T S 0$ を求めると、 $24 / 100 = 0.24$

従って、24% となり、求める答えはウとなる。

例題演習

あるコンピュータの 1 命令は、表のステップ 1～6 の順序で実行される。図のパイプライン処理を利用して 6 命令を実行すると、何ナノ秒かかるか。ここで、各ステップの実行時間は 10 ナノ秒とし、分岐命令などパイプライン処理の実行を乱す要因はないものとする。



表命令の実行ステップ

- ア 50
- イ 60
- ウ 110
- エ 300

ステップ	処理内容
1	命令コード部の取出し
2	命令の解読
3	アドレス部の取出し
4	実効番地の計算
5	データの取出し
6	演算の実行

解答解説

パイプライン処理の実行時間を求める問題である。

6 命令がパイプライン処理で並行処理されるため、6 命令実行時の 1 命令実行時と比較した場合の時間の増分は、2 番目の命令以降のステージ 6 に関する 5 ステップ分のみとなる。並列処理される部分を考えると、6 命令を実行する全ステップ数は、

$$6 + 5 = 11$$

ステップになる。各ステップの実行時間は 10 ナノ秒であるから、

$$11 \times 10 = 110$$

110 ナノ秒となり、求める答えはウとなる。

例題演習

コンピュータのパイプライン制御に関して、正しい記述はどれか。

- ア 一時に1命令ずつ、命令の取出し、解読、オペランドのアドレス計算、オペランドの取出し、命令実行、演算結果格納という六つの動作を、順番に実行させるための制御である。
- イ 主記憶をいくつかのバンク（ブロック）に分割し、各バンクごとにアクセスバスを設定し、メモリアクセスの並列処理を行い、処理時間を高速化する制御である。
- ウ マシンサイクルを基準とした命令実行動作中に、割込を検知し、割込の性質に応じた処理を優先実行させるための制御である。
- エ 命令の実行をいくつかの独立なステージ（命令の取出し、解読、オペランドのアドレス計算、オペランドの取出し、命令実行、演算結果格納）に分けて、複数の命令の各ステージを並列に実行することによって、高速化を図る制御である。

解答解説

パイプライン制御に関する問題である。

パイプライン制御は、CPUの高速化技術の一つで、CPUが命令を実行するときに、命令の読出し、解読から、命令実行、結果の書込みまでを複数のステージに分け、各ステージを少しずつずらしながら並行に動作させることで、命令の処理時間を短縮化させる方法である。

アは逐次制御方式、イはメモリインタリーブ、ウは割込制御、エはパイプライン制御である。求める答えはエとなる。

例題演習

パイプライン制御の特徴はどれか。

- ア 複数の命令を同時に実行するために、コンパイラが目的プログラムを生成する段階で、それぞれの命令がどの演算器を使うかをあらかじめ割り振る。
- イ 命令が実行される段階で、どの演算器を使うかを動的に決めながら、複数の命令を同時に実行する。
- ウ 命令の処理をプロセッサ内で複数のステージに細分化し、複数の命令を並列に実行する。
- エ 命令を更に細かなマイクロ命令の組合せで実行する。

解答解説

パイプライン制御の特徴の説明に関する問題である。

パイプライン制御は、CPUの高速化技術の一つで、CPUが命令を実行するときに、命令の読出し、解読から、命令実行、結果の書込みまでを複数のステージに分け、各ステージを少しずつずらしながら並行に動作させることで、命令の処理時間を短縮化させる方法である。

ア、イは、パイプライン制御を効率的に実行するための事前処理の内容である。アはコンパイル時に静的に命令を演算器に割り振る方式であり、イは動的に演算器に割り振る方式である。

ウは、パイプライン制御の特徴を示したものである。求める答えはウとなる。

エは、マイクロプログラム制御の説明である。

例題演習

計算機の高速化を図るために、命令の実行過程を細分化し、並行して動作させる方式はどれか。

- | | |
|----------|------------|
| ア インタリーブ | イ デュアルシステム |
| ウ パイプライン | エ マルチプロセッサ |

解答解説

パイプライン処理に関する問題である。

アのインタリーブは、主記憶装置へのアクセスを高速化するために、主記憶装置の内部を複数のバンクに分割し、各バンクを並列動作させる方式である。

イのデュアルシステムは、二組のコンピュータで同じ処理を行い、処理結果を相互にチェックしながら処理を行う方式である。

ウのパイプラインは1つの処理を複数のステップに分割し、各ステップを独立させて同時に並行して処理を進める方式で、CPUの処理速度の高速化を実現する。求める答えはウとなる。

エのマルチプロセッサは、1台のコンピュータに複数のCPUを搭載している形式である。

例題演習

プロセッサにおけるパイプライン処理方式に関する説明として、正しいものはどれか。

- ア 単一の命令を基に、複数のデータに対して複数のプロセッサが同期をとりながら並列的にそれぞれのデータを処理する方式
- イ 一つのプロセッサにおいて、単一の命令に対する実行時間をできるだけ短くする方式
- ウ 一つのプロセッサにおいて、複数の命令を少しずつ段階をずらしながら同時実行する方式
- エ 複数のプロセッサが、それぞれ独自の命令を基に複数のデータを処理する方式

解答解説

パイプライン処理に関する問題である。

パイプライン処理は1つの処理を複数のステップに分割し、各ステップを独立させて同時に並行して処理を進める方式で、CPUの処理速度の高速化を実現する。

パイプライン処理の特徴

- ① クロックサイクル毎に、新しい命令のフェッチ(I F)、デコード(I D)、実行(E X)、メモリアクセス(M E M)、書き込み(W B)を同時に行う。
- ② 1個の命令ではクロックサイクル毎にI F→I D→E X→M E M→W Bとステージが進んでいく。
- ③ ステージ間にラッチを置き、あるラッチに書けるのは当該ラッチの前段のステージだけであり、読み出せるのは後段のステージだけになる。
- ④ ステージ間で資源の競合が発生しないように当該資源の多重化を図る。

ア、エはマルチプロセッサに関する内容である。

イはR I S Cアーキテクチャに関する内容である。

ウはパイプライン処理に関する内容である。求める答えはウとなる。

例題演習

RISCでは、パイプライン処理を行い高速化を図っている。パイプラインを効率的に機能させるために、命令の並び替えなどを行い、高い実用性能を得るために大きな役割を果たしているものはどれか。

- ア アセンブラ
- イ オペレーティングシステム
- ウ コンパイラ
- エ プリプロセッサ

解答解説

RISCとコンパイラの関係に関する問題である。

RISCを使用すると、ハードウェアの開発が容易になり、短期間で開発が可能になる。その反面、プログラム言語から機械語へ翻訳するコンパイラの負担が大きくなり、翻訳結果のステップ数も長くなる短所がある。コンパイラの最適化技術がプログラムの実行速度に与える影響は大きく、パイプラインを効率的に機能させるために、命令の並び替えなどの最適化を活用する。求める答えはウとなる。

例題演習

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。

解答解説

パイプライン処理の乱れに関する問題である。

ア、イのサブルーチンやCASE文が多くなると、処理に乱れが発生する。エのレジスタやメモリへのアクセス数が少なくなると本来の機能が発揮できなくなる。ウの分岐命令を少なくすることがパイプライン処理を有効に機能させることになる。求める答えはウとなる。

例題演習

命令パイプラインの効率を低下させる可能性のある命令はどれか。

- ア データ読取命令
- イ データ格納命令
- ウ 入出力命令
- エ ジャンプ命令

解答解説

パイプラインハザードに関する問題である。

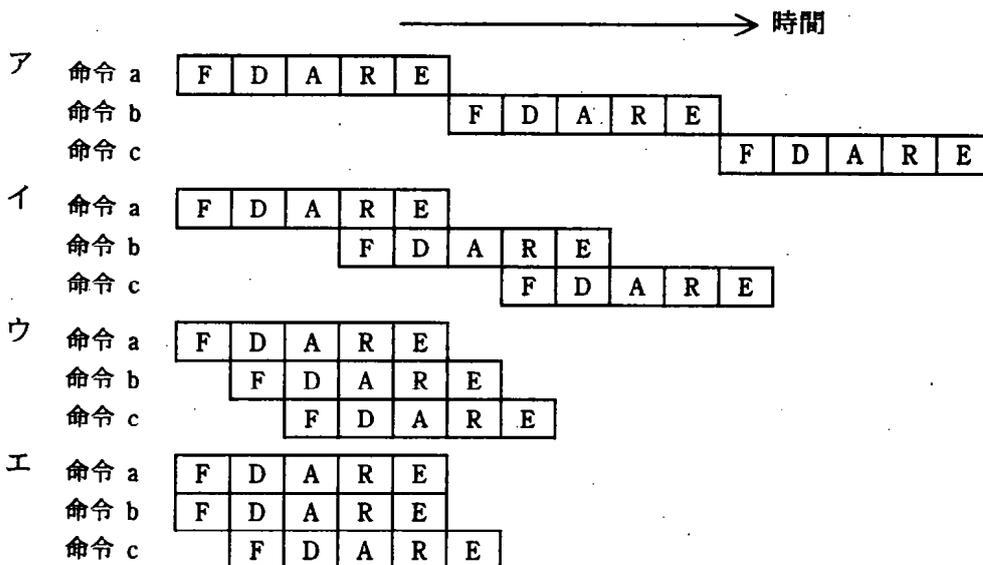
パイプラインハザード（パイプライン処理の乱れ）

- ① メモリ、デコーダ、キャッシュ等の資源の競合。
- ② メモリまたはレジスタに格納されたデータ相互間の依存関係。
- ③ 分岐命令等。

ジャンプ命令がパイプラインの効率を低下させる。求める答えはエとなる。

例題演習

次に示す図のうち、スーパースcalar方式のものはどれか。図中の各記号は、F：命令続出し、D：解読、A：アドレス計算、R：オペラント続出し、E：実行とする。



解答解説

スーパースcalar方式に関する問題である。

スーパースcalar方式はCPUの処理速度を向上させる技術の一つで、1クロックで複数の命令を同時に実行できるように、CPUの内部に複数の処理ユニットを設けている方式である。命令を読み込んだ時点でデコーダによって並列性のある命令と判断すると、複数命令の同時実行が行われる。

アは逐次制御方式、イは先行制御方式、ウはパイプライン制御方式、エはスーパースcalar制御方式である。求める答えはエとなる。

例題演習

一連の処理を分散させ、同時にかつ独立に処理を進めて全体の処理時間を短縮するために、2台以上の処理装置を多重化する方式はどれか。

- ア 縮小命令セットコンピュータ（RISC）方式
- イ パイプライン方式
- ウ マイクロプログラミング方式
- エ マルチプロセッサ方式

解答解説

マルチプロセッサ方式に関する問題である。

マルチプロセッサ方式は複数のCPUを持ちコンピュータで処理する方式で、次のような方法がある。

- ① 複数のCPUに、それぞれ専門の仕事を割り当て、同時並行的に処理する。
- ② 1つのメインとなるCPUの管理下で、他のCPUを効率的に使用する。

この方式を用いることによって、処理の高速化、負荷の分散、故障発生時のバックアップなどを計ることができる。

アのRISC方式は、命令の種類を大幅に削減したコンピュータアーキテクチャで、各命令をできるだけ単純なものに限定し、ハードウェアの結線論理だけを用いて命令を実行する。各命令の実行時間が等しくなるようにすることによって、パイプライン処理を利用して処理の高速化を実現する。

イのパイプライン方式は命令実行過程を複数の処理ステップに分け、各ステップを平行処理し、処理を高速化する方式である。

ウのマイクロプログラミング方式は、機械語命令をマイクロプログラムに展開し、マイクロプログラムが論理回路を制御する方式を採用する。この方式を利用することによって、複雑な機能の実現が容易になる。

エのマルチプロセッサ方式は、複数の処理装置が一つのOSのもとで動作するシステムで、主記憶装置や周辺装置は複数の処理装置によって共有される。処理の負荷分散をはかり、システムのスループットを向上させる。求める答えはエとなる。

例題演習

コンピュータシステムの構成に関する記述のうち、密結合型マルチプロセッサシステムについて説明したものはどれか。

- ア 複数のプロセッサが磁気ディスクを共用し、それぞれ独立したOSで制御される。ジョブ単位で負荷を分散することで処理能力を向上させる。
- イ 複数のプロセッサが主記憶を共用し、単一のOSで制御される。システム内のタスクは、基本的にどのプロセッサでも実行できるので、細かい単位で負荷を分散することで処理能力を向上させる。
- ウ 平常時は一方のプロセッサは待機しており、本番用のプロセッサが故障すると、待機中のプロセッサに切り替えて処理を続行する。
- エ 並列に接続された2台のプロセッサが同時に同じ処理を行い、相互に結果を照合する。1台のプロセッサが故障すると、それを切り離して処理を続行する。

解答解説

密結合型マルチプロセッサシステムに関する問題である。

密結合型マルチプロセッサシステムは、複数の中央処理装置が主記憶装置や磁気ディスク等の資源を共有するコンピュータシステムであり、各中央処理装置で処理を分担する。1つのOSが複数のCPUを制御し並行処理し、計算速度の大幅な高速化を実現し信頼性も向上する。

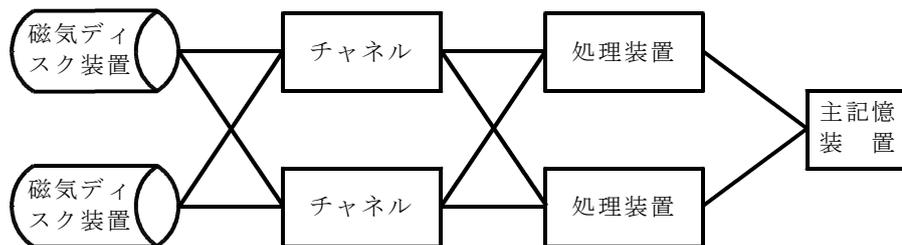
障害発生時は、そのCPUを切り離して処理を続行する。

疎結合型マルチプロセッサシステムは、各プロセッサが専用メモリとOSをもち、各プロセッサ間のデータの受け渡しは高速入出力ポートを利用する。各プロセッサの役割が決まっている処理方式では、メモリスペース管理用プロセッサ、利用者プログラム実行用プロセッサ、ジョブスケジュール処理用プロセッサ等のように役割を分担する。

アは疎結合型マルチプロセッサシステム、イは密結合型マルチプロセッサシステム、ウはデュプレックスシステム、エはデュアルシステムである。求める答えはイとなる。

例題演習

次の図で表現されている計算機システムの構成を何とよいか。



ア シンプルックスシステム

イ 多重プロセッサシステム

ウ デュアルシステム

エ デュプレックスシステム

解答解説

多重プロセッサシステムの構成に関する問題である。

アのシンプルックスシステムは汎用コンピュータを利用する場合の最小の構成であり、1台のCPUを用いて入出力装置や通信制御装置などの周辺装置を接続したものである。

イの多重プロセッサシステムはマルチプロセッシングシステムともいい、密結合マルチプロセッサシステムは複数のプロセッサが1個の主記憶装置を共用し、1個のOSが複数のCPUを制御し、並行処理を行うことによって全体として大きなコンピュータシステムとして用いるものである。求める答えはイとなる。

ウのデュアルシステムは、中央処理装置やその他の機器・ファイルを二重にもち、それぞれのCPUで同じ処理を行い、一定間隔で処理結果を照合するシステムである。

エのデュプレックスシステムは、中央処理装置と主記憶装置を2系統もつことによって、システム全体の信頼性をあげるシステムであり、通常、1系統をオンライン用として使用し、もう1系統を待機用としてバッチ処理などを行う。

txt02013 メモリとその高機能化

txt020131 メモリの高機能化

① メモリの性能

① メモリとは

メモリはプログラムやデータを格納する装置である。プロセッサの外部で大量情報を格納する機能をもつ。レジスタと比較すると相対的に大容量・長期間の格納機能をもつ。

② メモリの性能

㊦ 容量

容量は格納できるデータの最大量であり、バイトまたはワードで表す。

① アクセス時間

アクセス時間はアクセス要求を発してから、データをメモリから読出またはメモリに書込むまでに要した時間である。マイクロ秒、ミリ秒の単位で表す。

アクセス時間は、シーク時間＋サーチ時間＋転送時間の合計である。

㊦ サイクル時間

サイクル時間は連続して可能なアクセスの最小時間間隔である。

サイクル時間は、アクセス開始処理、アドレス選択処理、データ転送処理、アクセス終了処理を加えたものである。

② 主記憶装置の特性

① 主記憶装置の特徴

㊦ プロセッサと同じデバイス技術で実現される ICメモリで、読出しと書込の機能をもち、命令とデータを格納する。

① ランダムアクセスが可能で、アドレス指定だけで任意の格納場所を一意に識別して、一定時間でそこにアクセスできる。

㊦ アドレスは線形で、アドレスをインクリメントするだけで並び順のアドレスに順番にアクセスできる。

⑥ 主記憶装置の容量

記憶容量は、主記憶装置に格納できる情報の最大数であり、メモリ媒体の記録密度などによって左右される。

⑦ 主記憶装置のアクセス時間

主記憶装置へのアクセス要求を発してから実際にメモリ内のデータにアクセスできるまでに要する時間。

⑧ 主記憶装置のサイクル時間

㊦ サイクル時間とは

サイクル時間はメモリが連続して要求を受け付け可能な最小時間間隔である。

㊧ メモリサイクル時間の計算式

メモリサイクル時間 T_{MC} は次の式で求める。

$$T_{MC} = T_{MA} + T_{RW} + T_o$$

T_{MA} : メモリアクセス時間。プロセッサからのメモリアクセス要求やアドレスがメモリに伝えられるに要する時間

T_{RW} : 読出し／読込み時間

T_o : その他時間

メモリアクセス時間 T_{MA} の短縮はメモリスループットの向上に結びつく。メモリサイクル時間 T_{MC} の短縮はメモリアクセス競合待ち時間を短縮させる。

③ 記憶装置の特性

㊲ 記憶装置の主要特性

㊦ 揮発性と不揮発性

揮発性は、電源を落とすと記憶している内容が消去される記憶装置の特性である。RAM は揮発性である。

不揮発性は、電源を落としても、記憶している内容が保存される記憶装置の特性である。磁気コア、ROM、磁気テープ、磁気ディスクなどが不揮発性である。

㊧ リフレッシュ

揮発性メモリにおいて、一定時間ごとに行われる再書き込み動作をリフレッシュという。

リフレッシュは制御回路を設けて、十数マイクロ秒から十数ミリ秒の周期で行われる。DRAMはコンデンサの電荷により情報を記憶しているため、時間の経過に伴い電荷が失われる。従って、一定時間ごとに電荷を補充する必要がある。

㉞ アクセス時間

制御装置が記憶装置に対して読み書きの指令を出してから、読み書きが終了するまでの時間をアクセス時間という。主記憶装置の場合、処理装置がデータの読出しを要求する時間、処理装置がアドレスバスにより主記憶装置のアドレスを選択する時間、選択されたアドレスのデータをデータバスで転送する時間の和で求める。

㉟ サイクル時間

記憶装置に対する読取り指令が出されてから読出しが完了し、次の読取り指令が出されるまでの時間をサイクル時間という。リフレッシュが必要な記憶装置は次の要求受け入れの準備を行う。

㉑ 記憶装置別の仕様

	容量規模	アクセス時間	データ転送速度
レジスタ	数百～1KB	数n秒	
キャッシュ	128K～1MB	数n秒	
中間キャッシュ	1M～16M	数n～数十n秒	
メインメモリ	数M～数GB	数十n秒	
拡張メモリ	数M～数GB	数百n～数μ秒	
半導体ディスク	数M～1GB	数百μ秒	数MB/秒
ディスクキャッシュ	数M～数十GB	数百μ～数m秒	数MB/秒
磁気ディスク	数百M～数十GB	数m秒	数MB/秒
光磁気ディスク	数百M～数十GB	数秒	数百KB/秒
磁気テープ	数百GB～	10～数十秒	数MB/秒以下
MSS	数百GB～	数十秒	数MB/秒以下

④ 階層構成メモリ

㉒ 記憶階層の考え方

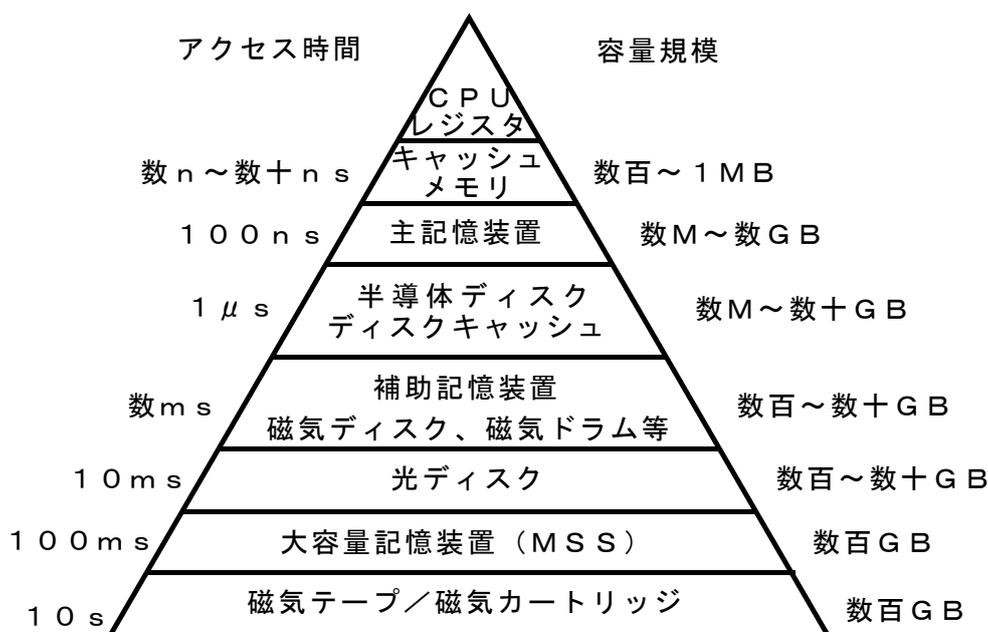
プロセッサの性能に匹敵する、高速、大容量かつ経済性を満足させるメモリ構成が必要となり、レジスタやキャッシュメモリ、メインメモリ、磁気ディスク、磁気カートリッジなどを組み合わせた高速、大容量かつ経済的な階層構成メモリが採用されるようになった。

階層構成のメモリは、基本的には高速小容量メモリから低速大容量メモリへと順に配置する考え方をを用いて、プログラムの時間的局所性と空間的局所性という特徴と記憶階層を組合せる

メモリアーキテクチャである。

⑥ 記憶階層メモリの構成

記憶階層構成の1例を図に示す。容量的には、小容量のCPUレジスタを最上位に配置し、その下にキャッシュメモリ、主記憶装置、磁気ディスク装置などの容量的に順次大容量となり、アクセス速度では、アクセス時間の短い、高速のレジスタを最上位に位置し、下位に向かって、より低速度でアクセス時間の長いメモリを階層化し、分類・整理した構成とする。



⑦ 記憶階層メモリの特徴

- ① 記憶装置はアクセス速度が高速になるとビット当たりのコストが高くなり、低速なものほど安くなる。
- ② 記憶階層の三角形の上層部のものほど、速度が速くアクセス時間は短い。
- ③ 容量規模は上層部のものほど小さくコスト的には高価である。
- ④ 高速・小容量の記憶装置と低速・大容量の記憶装置を組み合わせて配置し、速度とコストのバランスを取るための構成法を採用している。

⑧ 実施例

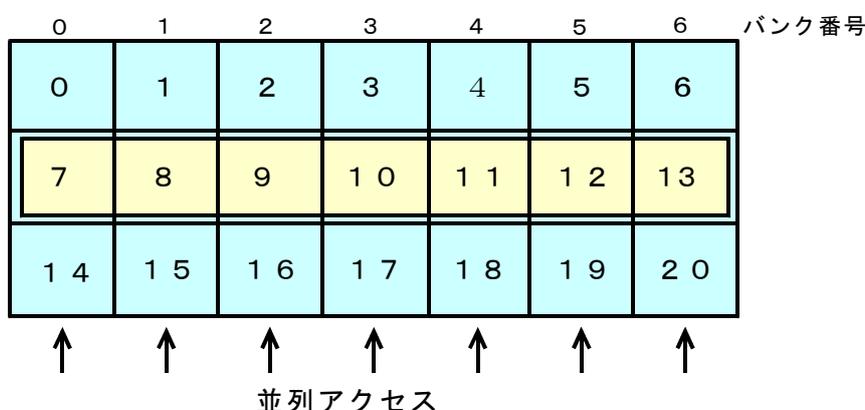
- ① 主記憶装置とキャッシュメモリを組み合わせて、主記憶装置のアクセスの高速化を実現する。
- ② 補助記憶装置とディスクキャッシュを組み合わせて、補助記憶装置のアクセスの高速化を実現する。

④ 参照局所性

ある一定の実行時間内では、プログラムによってアクセスされるメモリのアドレスは一部に集中される。これを参照局所性という。空間的参照局所性は、一度アクセスされたアドレスに近接するアドレスは近いうちにアクセスされる可能性が高いという空間的な特徴を表す。時間的参照局所性は、一度アクセスされたアドレスは近いうちに何回もアクセスされる可能性が高いという時間的な特徴を表す。

⑤ メモリインタリーブ

① メモリインタリーブとは



メモリインタリーブは、主記憶装置をいくつかのバンクに分割し、各バンク毎に並列に動作するアクセスパスを設定する。図に示すように、メモリ領域0、7、14を一つのバンクとしてバンク番号0とし、メモリ領域1、8、15を一つのバンクとしてバンク番号1とする。以下同様にして、バンク番号2～6を構成する。

バンク番号2のメモリ領域9から情報を読み出す場合、並列アクセスを使用して、メモリ領域7～13の情報を同時に読み出し必要な箇所に転送することができる。

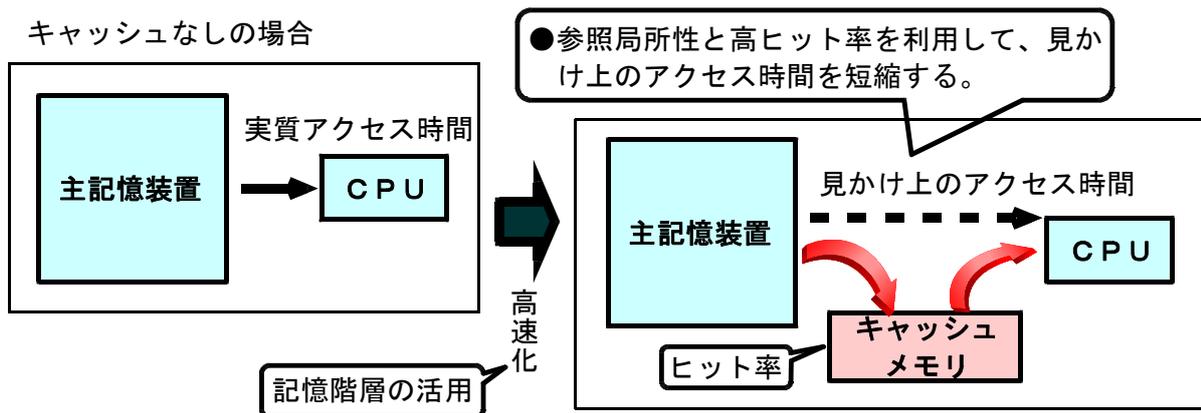
② メモリインタリーブの特徴

- ㊦ あるバンクの情報に対するアクセスがある時は、それに続く全てのバンクの情報を同時にそれぞれのアクセスパスを経由して読み出す。
- ㊧ バンク数をウェイといい、2～32ウェイが多い。
- ㊨ キャッシュメモリへのブロック転送、パイプライン処理のような先行制御に有効なハードウェアアーキテクチャである。

⑥ キャッシュメモリ

① キャッシュメモリとは

キャッシュメモリは高速バッファメモリともいい、プロセッサに近接して装備され、主記憶装置内の命令やデータを一時的に格納する装置である。高速読み出し小容量の記憶装置で、バイポーラ型のSRAMが使われ、容量はレジスタより大きいが主記憶装置よりは小さい。アクセス速度は主記憶よりは速いがレジスタよりは遅い。主記憶装置からの実行上の読み出し速度を向上させる目的に用いられ、キャッシュを利用すると命令の解読と実行速度は数ナノ秒～10ナノ秒に向上する。



② キャッシュの性能

キャッシュの性能を左右する定量的な指標として次のものがある。

㊦ ヒット率

ヒット率は命令またはデータがキャッシュメモリ内に存在する割合であり、存在しない割合をミスヒット率という。ヒット率はプログラムの参照局所性に左右され、マッピング方式やブロック置換アルゴリズムの影響を受ける。

㊧ アクセス時間

キャッシュアクセス時間はキャッシュを構成するメモリ素子によって決まる。ヒット率が高いほど影響を受ける。

㊨ ミスペナルティ時間

ミスヒット時の処理時間である。ブロック置換アルゴリズムや割り込み処理性能、主記憶－キャッシュメモリ間のデータ転送速度などによって決まる。

㊩ キャッシュ容量

㊦ ブロックサイズ

主記憶とキャッシュメモリの対応関係をとる容量単位である。ブロックサイズは主記憶とキャッシュメモリ間の命令やデータ置換の単位となる。ブロックサイズが大きいと、ヒット率は高くなり、ブロック個数が少なく、ハードウェアが安くなるが、ブロック置換に時間が必要となる。ブロックサイズは対象とする応用や実装できるハードウェア資源量などを考慮して決める。

㊧ キャッシュメモリへのアクセス手順

- ㊦ キャッシュに存在すればそれにアクセスする。
- ㊨ キャッシュに存在しなければ、キャッシュの一部と主記憶装置の一部を置換アルゴリズムに従って置き換える。
- ㊩ アクセス対象の主記憶装置の命令やデータをキャッシュ内に読み出し、それにアクセスする。

㊪ キャッシュメモリの実効アクセス時間 T

$$T = T_c \times H + T_m \times (1 - H)$$

T_c : キャッシュメモリのアクセス時間

T_m : 主記憶装置のアクセス時間

H : ヒット率

㊫ キャッシュの機構

- ㊦ キャッシュメモリ
- ㊨ アクセス制御機構
ヒット／ミスヒット検査機構、ブロック置換制御機構などから構成される。
- ㊩ キャッシュー主記憶間データ転送機構

㊬ データキャッシュと命令キャッシュ

キャッシュには、命令格納専用の命令キャッシュとデータ格納専用のデータキャッシュがある。データキャッシュは読み出し／書き込みの両アクセス操作を必要とするか、命令キャッシュは主記憶装置への書き戻しが不要であり、データキャッシュに比べて命令の参照局所性は安定して高くなる。

㊭ ライトスルー方式とライトバック方式

㊦ ライトスルー方式

ライトスルー方式はキャッシュメモリのブロックに書き込むときに、同時に主記憶装置の

ブロックにも書き込む方式である。

① ライトバック方式

ライトバック方式はキャッシュメモリからブロックを追い出すときに、主記憶装置への書き込みを行う方式である。

④ キャッシュメモリの置換アルゴリズム

置換アルゴリズムは、キャッシュメモリから主記憶装置に書き戻す対象のブロックを決定する方式である。

㉞ F I F O方式

先入れ先出し方式ともいい、キャッシュメモリに最も長くいたブロックを書き戻すブロックとする方式である。

① L R U方式

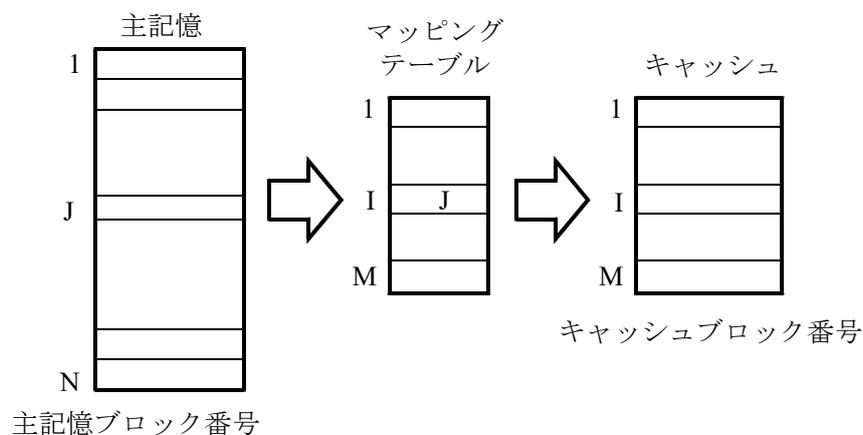
キャッシュメモリ上にあるブロックの内、最後に参照されてからその時点までの経過時間が最も長いブロックを書き戻すブロックとする方式である。

㊦ L F U方式

参照頻度が最も少ないブロックを書き戻すブロックとする方式である。

⑦ マッピング

㉞ キャッシュメモリのマッピング



主記憶装置とキャッシュメモリの間で、ブロック単位に命令やデータを移動する際の配置の関係をマッピングという。マッピング単位をブロックサイズといい、主記憶装置とキャッシュメモリ間の転送単位になる。主記憶装置とキャッシュメモリ間の転送時間はブロックサイズに

比例し、転送性能(スループット)に逆比例する。

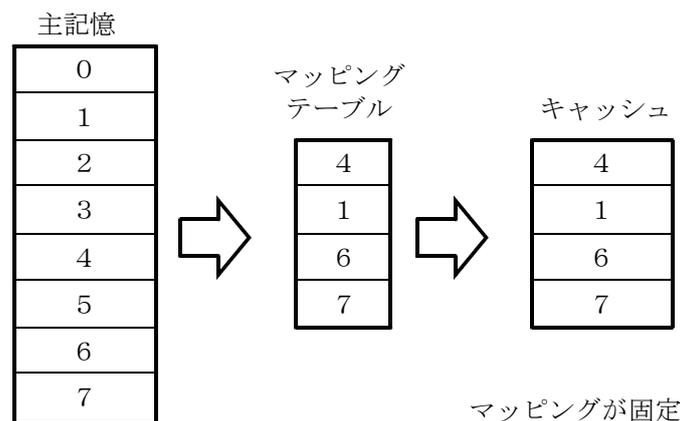
主記憶とキャッシュメモリの対応には、マッピングテーブルを使用する。マッピングテーブル上にはキャッシュメモリの各ブロックに対応するエントリがあり、そのエントリに主記憶のブロック番号を格納する。主記憶のブロックとキャッシュメモリのブロックは多対1の関係になる。複数のキャッシュメモリのブロックを一つのセットにしてマッピングに使用する。

⑥ マッピングの方式

マッピングの方式には、ダイレクトマッピング、フルアソシアティブ、セットアソシアティブ、セクタマッピングの方式がある。

㊦ ダイレクトマッピング

ダイレクトマッピングは、主記憶装置をブロック単位に分割し、キャッシュメモリの位置ごとに主記憶装置の特定のブロックが固定して関係付けられる方式である。利点はハードウェア化や実現が簡単、アクセス時間にオーバーヘッドがない。欠点はミスペナルティ時間が大きい、ブロック置換の自由度が少ない。



㊧ フルアソシアティブ

フルアソシアティブは、主記憶装置のブロックがキャッシュメモリのどのブロックにも自由にアクセスできる方式である。利点はマッピングの自由度が大きいのでブロック置換アルゴリズムなどの決定における自由度が大きい。欠点は大容量のマッピングテーブルが必要となり、実現のコストが高くなる。

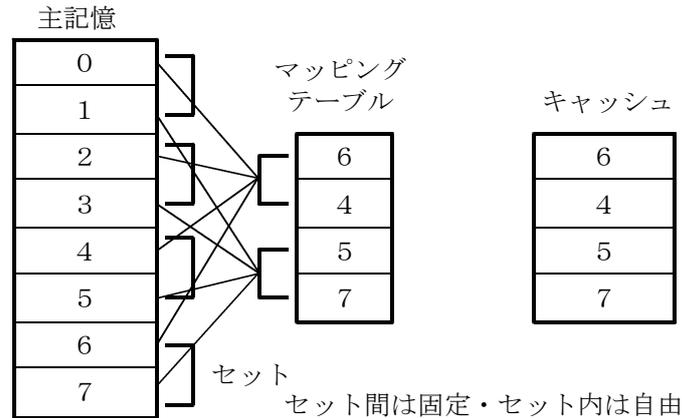
㊨ セットアソシアティブ

セットアソシアティブは、主記憶装置とキャッシュメモリを複数のセットに分割し、特定のセットに属するブロックはセット間ではダイレクトマッピングを利用し、セット内でフルアソシアティブ方式を用いる。ノイマン型コンピュータの大半はこの方式を利用している。

主記憶のブロック数 N 、セット数 n 、キャッシュのブロック数 M 、セット数 m 、1セットのブロック数を k とすると、次の関係が成り立つ。

$$n = N/k, m = M/k$$

マッピングテーブルの大きさは $m \times k$ となる。



㊦ セクタマッピング

セクタマッピングは、主記憶装置内のセクタは最初はキャッシュメモリ内のどのセクタへもマッピングできるが、一度キャッシュメモリ内のセクタが決まると、その主記憶装置のセクタに属するブロックはキャッシュメモリ内のそのセクタに配置される。

例題演習

記憶装置をアクセス速度の速い順に並べたものはどれか。

- ア 主記憶>レジスタ>ディスクキャッシュ>ハードディスク
- イ 主記憶>レジスタ>ハードディスク>ディスクキャッシュ
- ウ レジスタ>主記憶>ディスクキャッシュ>ハードディスク
- エ レジスタ>主記憶>ハードディスク>ディスクキャッシュ

解答解説

記憶階層のアクセス時間に関する問題である。

関連する記憶装置のアクセス時間を示すと次表になる。

CPUに近いものほどアクセス速度は高速で、容量規模は小さくなっていく。半導体ディスクは半導体を用いた補助記憶装置である。

レジスタ→主記憶→ディスクキャッシュ→ハードディスクの順となり、求める答えはウとなる。

レジスタ	数ナノ秒
主記憶	数十ナノ秒～数百ナノ秒
ディスクキャッシュ	数ミリ秒
ハードディスク	数ミリ秒～数十ミリ秒

例題演習

アクセス時間の最も短い記憶装置はどれか。

- ア CPUの2次キャッシュメモリ イ CPUのレジスタ
ウ 磁気ディスク エ 主記憶

解答解説

記憶階層のアクセス時間に関する問題である。

アクセス時間の短い、高速で記憶容量の小さいレジスタを最上位に位置し、下位に向かって、より低速度でアクセス時間の長い記憶容量の大きいメモリを階層化し、分類・整理したものを記憶階層という。

関連する記憶装置のアクセス時間の短い順と値を示すと次のようになる。

レジスタ→CPUの2次キャッシュメモリ→主記憶→磁気ディスク

求める答えはイとなる。

例題演習

仮想記憶方式を用いているコンピュータシステムにおいて、実記憶に格納しきれないプログラムやデータを格納するための装置として、適切なものはどれか。

- ア CD-ROM イ VRAM
ウ キャッシュメモリ エ ハードディスク

解答解説

補助記憶装置のハードディスクに関する問題である。

アのCD-ROMは、コンピュータの読み出し専用の記憶媒体で、レーザ光線の反射を利用して凹凸を判定し読み出す。書込み不能であり利用できない。

イのVRAMは、ディスプレイに表示する文字や図、絵を、データとして記憶するRAMである。用途が異なる。

ウのキャッシュメモリは、CPUと主メモリの間に設け、データのやり取りをより高速に行うために使われる記憶装置である。容量に限界があるためこの目的には利用できない。

エのハードディスクは、主記憶装置の補助的な記憶装置で、磁気ディスクと読み書きを行う機械的な部分を一体化した装置である。求める答えはエである。

例題演習

主記憶装置の高速化の技法として、主記憶を幾つかのアクセス単位に分割し、各アクセス単位をできるだけ並行動作させることによって、実効アクセス時間を短縮する方法を何というか。

- ア 仮想記憶 イ キャッシュメモリ方式
ウ ダイレクトメモリアクセス エ メモリインタリーブ

解答解説

メモリアンタリーブに関する問題である。

アの仮想記憶は、主記憶の実容量を超える記憶領域を確保するための手法で、補助記憶を利用して、情報が存在するアドレスと処理装置が呼び出すアドレスを分離して使えるようにする仕組みである。

イのキャッシュメモリは、CPUと主記憶装置の間に置いて主記憶のアクセス時間を短縮し、記憶階層を利用して高速性と大容量化を実現する手法である。

ウのダイレクトメモリアクセスは、入出力装置がCPUを介さずにメモリとの間でデータを直接転送する方式である。DMAコントローラがデータを転送する。

エのメモリアンタリーブは、主記憶装置を独立した複数のバンクに分け、連続したアドレスがアクセスされる場合に並列して動作させ、見かけ上のアクセス時間を改善する手段である。求める答えはエである。

例題演習

メモリアンタリーブに関する正しい記述はどれか。

- ア 処理速度の異なるCPUと主記憶装置間に高速の記憶装置を設け、待ち時間を縮めること。
- イ 一つの主記憶装置をいくつかのバンクに分割し、バンクごと一括してアドレス選択を行うこと。
- ウ 複数のバンクと呼ぶ装置にアドレスを振り分け、独立してアクセスできるようにすること。
- エ 命令の実行過程を複数のステージに分けて、それぞれをずらしながら並行して処理すること。

解答解説

メモリアンタリーブに関する問題である。

アはCPUと主記憶装置のアクセス時間の差を縮めるためのキャッシュメモリ方式である。

イは主記憶をいくつかのバンクに分割し、それぞれのバンクごと一括してプログラムまたはデータのアドレスを割り付ける方式である。

ウはメモリを複数のバンクに分割し、それぞれのバンクに独立してアクセスできるようにしたもので、一つのバンクを呼び出すときに局所性の高いバンクを同時に呼び出す方式である。メモリにアクセスする場合には複数のバンクが対象になる。求める答えはウとなる。

エは、命令処理の過程を高速化するためのパイプライン処理の方式である。

例題演習

あるプロセッサが主記憶装置及びキャッシュメモリにアクセスするとき、それぞれのアクセス時間は60ナノ秒及び10ナノ秒である。アクセスするデータがキャッシュメモリに存在する確率が80%の場合、このプロセッサの平均メモリアクセス時間は何ナノ秒か。

ア 14

イ 20

ウ 50

エ 70

解答解説

キャッシュメモリを有する場合の平均メモリアクセス時間を求める問題である。

主記憶装置へのアクセス時間60ナノ秒、キャッシュメモリへのアクセス時間10ナノ秒、ヒット率80%であるから、平均アクセス時間は次式から求められる。

$$60 \times 0.2 + 10 \times 0.8 = 20 \text{ (ナノ秒)}$$

求める答えはイとなる。

例題演習

表のように4ページ分のメモリキャッシュC0～C3があり、それぞれにページの内容M0～M3が格納されている。ここで、新たに別のページの内容をキャッシュにロードする必要が生じたとき、キャッシュC2の内容M2を置換の対象とするアルゴリズムはどれか。

- ア F I F O
- イ L F U
- ウ L I F O
- エ L R U

キャッシュ	C0	C1	C2	C3
内容	M0	M1	M2	M3
ロード時刻 (時 : 分)	0:02	0:03	0:04	0:05
最終参照時刻 (時 : 分)	0:08	0:06	0:05	0:10
参照回数	10	1	3	5

解答解説

キャッシュメモリの置換アルゴリズムに関する問題である。

F I F Oは、先入れ先出しで、ロード時刻が最も古い内容が置換されることになる。表の場合には、キャッシュC0、内容M0が対象になる。

L F Uは、最近の一定時間内の参照回数が最も少ないものが置換の対象になるアルゴリズムである。表の場合には、キャッシュC1、内容M1が対象になる。

L I F Oは、最後に入ったものを先に出すアルゴリズムで、表の場合には、キャッシュC3、内容M3が対象になる。

L R Uは、最後に参照されてから最も長い時間参照されていない内容が置換の対象になる。表の場合には、キャッシュC2、内容M2が対象になる。

キャッシュのC2の内容M2はロード時刻では3番目であり、参照回数では2番目であり、最終参照時刻では最も古い。従って、この場合の置換アルゴリズムはL R Uである。求める答えはエとなる。

例題演習

クロック周波数が200MHzで動作しているパソコンにおいて、キャッシュのアクセス時間を10ナノ秒、主記憶のアクセス時間を70ナノ秒、キャッシュのヒット率を90%としたとき、メモリアクセスに必要な平均クロックサイクルは幾つか。

- ア 2
- イ 4
- ウ 8
- エ 16

解答解説

キャッシュのメモリアクセスのクロックサイクルを求める問題である。

クロック周波数からクロック時間を求め、キャッシュシステムの平均アクセス時間を求めた結果をクロック時間で除すと平均クロックサイクルが求まる。

クロック時間は、 $1 / (200 \times 10^6) = 0.5 \times 10^{-8} = 5$ (ナノ秒)

平均アクセス時間は $T = 70 \times 0.1 + 10 \times 0.9 = 16$ (ナノ秒)

平均クロックサイクルは $16 / 5 = 3.2 \div 4$

求める答えはイとなる。

例題演習

次の表の組合せのうち、実効メモリアクセス時間が最も短くなるのはどれか。

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

解答解説

実効メモリアクセス時間の計算に関する問題である。

キャッシュメモリを有する場合のメモリアクセス時間(TA)の計算式

$$T A = T C \times F R + T M \times (1 - F R)$$

TC : キャッシュメモリアクセスタイム

TM : 主記憶のアクセスタイム

FR : ヒット率

ア～エの実効メモリアクセス時間(ナノ秒)を計算すると、次のようになる。

ア $10 \times 0.6 + 70 \times 0.4 = 34$

イ $10 \times 0.7 + 70 \times 0.3 = 28$

ウ $20 \times 0.7 + 50 \times 0.3 = 29$

エ $20 \times 0.8 + 50 \times 0.2 = 26$

アクセス時間が最も短いのはエの場合である。求める答えはエとなる。

例題演習

MPU から、キャッシュメモリを介して主記憶にアクセスする場合の実効アクセス時間が15ナノ秒であるとき、ヒット率は幾らか。ここで、主記憶のアクセス時間を60ナノ秒、キャッシュメモリアクセスタイムを10ナノ秒とする。

ア 0.1

イ 0.17

ウ 0.83

エ 0.9

例題演習

容量が8 Mバイト、アクセス時間が100ナノ秒の主記憶と、容量が8 kバイト、アクセス時間が20ナノ秒のキャッシュメモリをもつプロセッサがある。このプロセッサの平均アクセス時間を20%短縮するには、キャッシュメモリのアクセス時間を何ナノ秒にする必要があるか。ここで、キャッシュメモリのヒット率は、0.8とする。

ア 4

イ 9

ウ 11

エ 16

解答解説

キャッシュメモリを有するシステムで現状の平均アクセス時間が既知の場合のキャッシュメモリのアクセス時間の改善に関する問題である。

現状の平均アクセス時間Tを求めると

$$T = 100 \times 0.2 + 20 \times 0.8 = 20 + 16 = 36 \text{ (ナノ秒)}$$

20%短縮するため改善後のアクセス時間は、 $36 \times 0.8 = 28.8$ となる。この平均アクセス時間を得るためのキャッシュメモリのアクセス時間をTCとすると

$$28.8 = 100 \times 0.2 + TC \times 0.8$$

$$TC = (28.8 - 20) / 0.8 = 8.8 / 0.8 = 11 \text{ (ナノ秒)}$$

求める答えはウとなる。

例題演習

メモリA～Dを、実効メモリアクセスの速い順に並べたものはどれか。

	キャッシュメモリ			主記憶
	有無	アクセス時間(ナノ秒)	ヒット率(%)	アクセス時間(ナノ秒)
A	なし			15
B	なし			30
C	あり	20	60	70
D	あり	10	90	80

ア A、B、C、D

イ A、D、B、C

ウ C、D、A、B

エ D、C、A、B

解答解説

キャッシュメモリに関する問題である。

C、Dはキャッシュメモリがある場合で、アクセス時間は短縮する。

Cのアクセス時間を求めると、次のようになる。

$$20 \times 0.6 + 70 \times 0.4 = 12 + 28 = 40 \text{ (ナノ秒)}$$

Dのアクセス時間を求めると、次のようになる。

$$10 \times 0.9 + 80 \times 0.1 = 9 + 8 = 17$$

実効メモリアクセス時間の速い順は、A、D、B、Cとなり、求める答えはイとなる。

例題演習

CPUと主記憶装置の間に置かれるキャッシュメモリにおいて、主記憶装置上のあるブロックを、キャッシュメモリ上の数個の特定ブロックと対応づけるマッピング方式はどれか。

- ア セットアソシアティブ方式 イ ダイレクトマッピング方式
ウ フルアソシアティブ方式 エ ライトスルー方式

解答解説

キャッシュメモリのマッピング方式に関する問題である。

アのセットアソシアティブ方式は、メインメモリをブロックに分割した場合、セットアドレスに対してキャッシュメモリの対応する位置が複数存在する方式である。メインメモリとキャッシュメモリのセット間ではダイレクトマッピング方式を用いる。セット内の複数のブロックに対してはキャッシュメモリのどのアドレスでも対応するフルアソシアティブ方式を用いるようにした方式である。

イのダイレクトマッピング方式は、メインメモリをブロックに分割した場合、キャッシュメモリの対応する位置が固定される方式である。メモリのセットアドレスが決まると格納できるキャッシュのアドレスが決まる方式である。

ウのフルアソシアティブ方式は、メインメモリとキャッシュメモリのブロック間で任意に対応付けが可能で、任意にアクセスできるようにしたものである。

エのライトスルー方式は、CPUがデータ書き込み命令を実行する場合、キャッシュメモリとメインメモリの両方に書き込む方式である。

主記憶上のブロックがキャッシュメモリ上の複数個の特定ブロックと対応づく方式であるためセットアソシアティブ方式である。求める答えはアとなる。

例題演習

キャッシュメモリに関する記述のうち、適切なものはどれか。

ア 書き込み命令を実行したときに、キャッシュメモリと主記憶の両方を書き換える方式と、キャッシュメモリだけを書き換えておき、主記憶の書換えはキャッシュメモリから当該データが追い出されるときに行う方式とがある。

イ キャッシュメモリにヒットしない場合に割込みが生じ、プログラムによって主記憶からキャッシュメモリにデータが転送される。

ウ キャッシュメモリは、実記憶と仮想記憶とのメモリ容量の差を埋めるために採用される。

エ 半導体メモリのアクセス速度の向上が著しいので、キャッシュメモリの必要性は減っている。

解答解説

キャッシュメモリに関する問題である。

キャッシュメモリは、プロセッサに近接して装備され、主記憶装置内の命令やデータを一時的に格納する装置である。高速読み出し小容量の記憶装置で、主記憶装置からの実行上の読み

出し速度を向上させる目的に用いられる。

主記憶装置に書き込みを行うタイミングにライトスルー方式とライトバック方式がある。ライトスルー方式は、キャッシュメモリのブロックに書き込むときに、同時に主記憶装置のブロックにも書き込む方式である。ライトバック方式は、キャッシュメモリからブロックを追い出すときに、主記憶装置への書き込みを行う方式である。

アの主記憶装置への書き込みタイミングは、ライトスルー方式とライトバック方式がある。求める答えはアとなる。

イの割込は、命令の実行順序を強制的に、動的に変える手段であり、不測の事態や異常・例外などの動作が発生した場合の処理法である。キャッシュメモリは主記憶へのアクセス手段の一つで、定常の処理であり、割込処理を伴うものではない。

ウの実記憶と仮想記憶のメモリ容量の差を埋めるは誤りであり、主記憶へのアクセス時間の短縮を図るための仕組みである。

エの主記憶へのアクセス速度の向上のために、現在でも、より大容量のキャッシュメモリが求められている。

例題演習

キャッシュメモリと主記憶との間でブロックを置き換える方式にLRU方式がある。この方式で置換えの対象になるブロックはどれか。

- ア 一定時間参照されていないブロック
- イ 最後に参照されてから最も長い時間が経過したブロック
- ウ 参照頻度の最も低いブロック
- エ 読み込んでから最も長い時間が経過したブロック

解答解説

置換アルゴリズムLRUに関する問題である。

LRU方式はキャッシュメモリ上にあるブロックの内、最後に参照されてからその時点までの経過時間が最も長いブロックを書き戻すブロックとして決定する方式である。

アはNRU方式、イはLRU方式、ウはLFU方式、FIFO方式である。求める答えはイとなる。

例題演習

命令キャッシュを効果的に使用できるプログラムの作成方法はどれか。

- ア アクセスする作業領域部分をまとめる。
- イ 作業領域全体を平均的にアクセスするように作成する。
- ウ 頻繁に実行される処理部分をまとめる。
- エ プログラム全体を平均的に実行するように作成する。

解答解説

命令キャッシュに関する問題である。

キャッシュには、命令格納専用の命令キャッシュとデータ格納専用のデータキャッシュがある。命令キャッシュは主記憶装置への書き戻しが不要であり、データに比べて命令の参照局所性は安定して高くなる。

作業領域は、プログラムを実行する際に、一時的なデータを保存する領域である。

アのアクセスする作業領域をまとめても命令キャッシュを使用する効果に直接関係しない。

イの作業領域全体をまとめても命令キャッシュの仕様効果には関係しない。

ウの頻繁に実行される処理部分をまとめると、局所参照性の効果から命令キャッシュの使用効果に影響する。求める答えはウとなる。

エのプログラム全体を平均的に実行しても、局所参照性が効果的になるとは言えないため、命令キャッシュの使用効果が上がるとは必ずしも言えない。

例題演習

キャッシュメモリに関する記述のうち、適切なものはどれか。

ア キャッシュメモリの転送ブロックの大きさを仮想記憶のページの大きさと同じにすると、プログラムの実行効率が向上する。

イ キャッシュメモリは高速アクセスが可能なので、汎用レジスタと同じ働きをする。

ウ 主記憶のアクセス時間とプロセッサの命令実行時間の差が大きいマシンでは、多段のキャッシュ構成にすることで実効アクセス時間が短縮できる。

エ ミスヒットが発生するとキャッシュ全体は一括消去され、主記憶から最新のデータの転送処理が実行される。

解答解説

キャッシュメモリに関する問題である。

アは、キャッシュメモリはアクセス要求時にそのデータ存在の有無を瞬時に判断する必要がある。そのためデータの格納位置を限定することで検索速度を高め実行効率を高めている。仮想記憶の考え方とは異なる。

イの汎用レジスタは特定の機能に限定せず、多目的に使用されるレジスタであり、データの一時的に記憶領域したり、インデックスレジスタとして使用したりする。

ウの多段キャッシュ構成で実効アクセス時間を短縮できる。求める答えはウとなる。

エのミスヒットが発生した場合のデータの入れ替えは、一括消去ではなく、置換アルゴリズムを利用した入れ替えになる。

txt020132 半導体メモリ

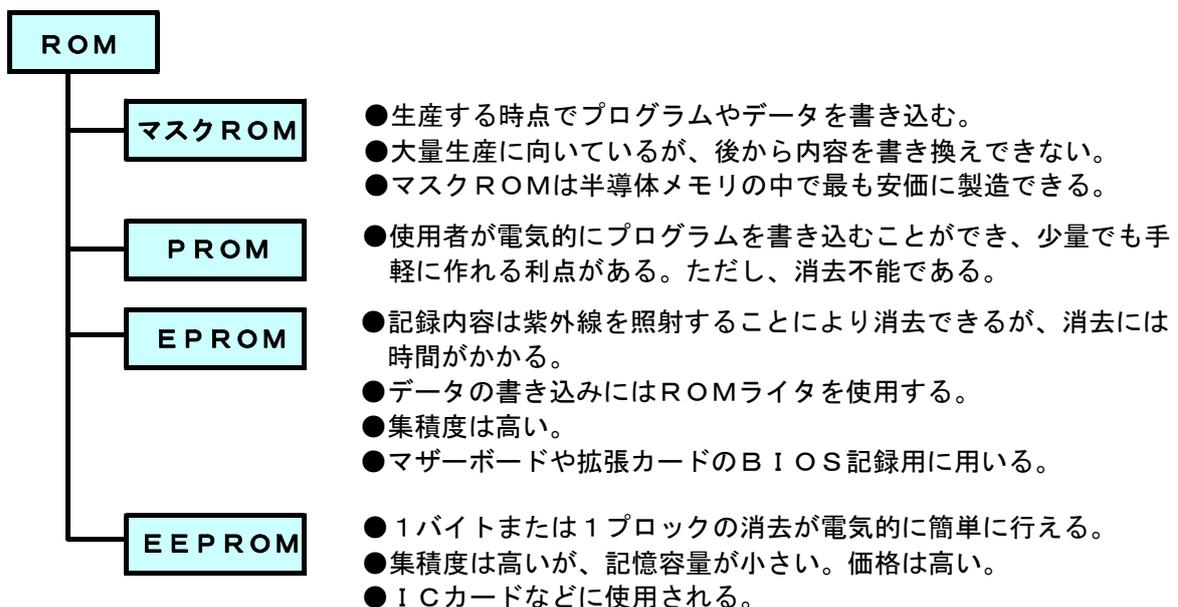
① ROM

① ROM

ROMは、半導体などを用いた記憶素子および記憶装置の一つで、製造時などに一度だけデータを書き込むことができ、利用時には記録されたデータの読み出しのみが可能なものである。一度書き込んだ情報は電源を切っても保持されるので、プログラムやデータの長期保存に適している。コンピュータなどの電子機器を制御するBIOSやファームウェアなどを記録するために機器の本体に内蔵されていることが多い。

工場での製造時に一度のだけデータを記録するものをマスクROM、工場出荷時には何も記録されておらず、利用者が書き込み装置を用いてデータを記録するものをPROMという。PROMの中には内容の消去や再書き込みが可能なものがあり、これをEPROMという。EEPROMは電源を断っても記録内容が消えない不揮発メモリの一種で、電氣的に内容の書き換えができるものである。

② ROMの種類



② RAM

① DRAMとSRAM

① RAM

RAMは自由に書き込み、読み出しができるメモリであり、データ保持の方式によって、

DRAMとSRAMに分類できる。

① DRAM

DRAMの1ビットは1個のMOS型トランジスタとコンデンサから成り立つ。コンデンサの電荷の有無でデータの0、1を記憶する。ICの中には数十万～数百万のコンデンサがあり静電容量は非常に小さい。コンデンサの自然放電によって電荷が消去するため、リフレッシュが必要である。

② SRAM

SRAMはデータをフリップフロップにより記憶するため、リフレッシュの必要がない。1ビットの記憶に6端子必要で、内部構造が複雑である。高速化、低消費電力化に適したRAMである。

② DRAMの特徴

- ア 1個のMOS型トランジスタとコンデンサから成り立つ。
- イ コンデンサの電荷の有無でデータの0、1を記憶する。
- ウ 自然放電によって電荷が消去するため、リフレッシュが必要である。
- エ SRAMと比較して、集積度は高い。
- オ 大容量、低速、消費電力が小さい。
- カ ビット当たり価格が安い。
- キ 主記憶に使用する。

③ SRAMの特徴

- ア データをフリップフロップにより記憶する。
- イ リフレッシュの必要がない。
- ウ 1ビットの記憶に6端子必要で、内部構造が複雑である。
- エ バイポーラ型は、高速で、小容量で、消費電力が大、ビット当たり価格が高い、キャッシュメモリに使用する。
- オ MOS型は、低速であるがDRAMより速く、小～中容量で、消費電力はやや大、ビット当たり価格は中であり、主記憶に使用する。

④ DDR SDRAM

ア DDR SDRAM

DDR SDRAMは、クロックの立ち上がり/立ち下りの両方を使うことで、片エッジのみ使用するSDRAMの倍速でデータを転送する規格である。

① DDR2 SDRAM

DDR2 SDRAMは、外部入出力のためのバスクロックをメモリセルの駆動周波数の2倍とし、DDRの2倍、SDRAMの4倍の速度で動作する。駆動電圧もDDRの2.5Vから1.8Vに引き下げられ、消費電力が抑えられている。DDR2 SDRAMの規格はDDR2-xxxのようにメモリの周波数を示すチップとPC2-yyyのようにメモリの転送速度を示すモジュールの二種類により規定される。

② DDR3 SDRAM

DDR3 SDRAMは、DDR SDRAMの規格のうち、1度に8ビットのデータを扱い、それによってDDR2 SDRAMの2倍のデータ転送速度を実現する規格である。DDR SDRAMは1度のやり取りで2ビットのデータを扱い、DDR2 SDRAMは4ビット分のデータにアクセスできるのに対して、DDR3 SDRAMは1度に8ビット分のデータにアクセスできる。これにより、より高速にデータ転送を行える。また、DDR2 SDRAMに比べてより低い電圧で動作するため、消費電力や発熱も抑えることができる。

DDR3 SDRAMは、クロック周波数の違いによって複数の規格が存在する。規格の例としてDDR3-800、DDR3-1066、DDR3-1333などを挙げるができる。

③ バイポーラメモリ

n型半導体とp型半導体を接合したバイポーラ素子を利用したバイポーラトランジスタを使用しているメモリセルやその周辺の回路をバイポーラメモリという。

SRAM、PROM、シフトレジスタ、回路のTTL、ECL、I²Lなどのロジックに使用されている。特徴はアクセス速度が速い、消費電力が大きい、集積度をあげることができない等である。

④ MOSメモリ(ユニポーラトランジスタ)

① MOSメモリとは

MOSメモリは、ユニポーラトランジスタを使用したもので、金属、酸化膜、半導体からできている構造のものである。速度は遅いが、消費電力が少なく、高集積度が得られる。PMOS、NMOS、CMOSがあるが、現在使われているメモリのほとんどは、NMOS、CMOSである。

① PMOS

PMOSは製造が容易であるが速度が遅く、低速度ロジック回路に使われる。

② NMOS

NMOSはPMOSに比べて速度は速い。

⑤ CMOS

CMOSは製造は難しいが、消費電力が極めて小さく高集積化に適しており、電池動作などの低電力システムに使われている。

⑥ Bi-CMOS

バイポーラの高速度とCMOSの低消費電力の特徴を活かしたBi-CMOSメモリも作られている。

③ フラッシュメモリ

① フラッシュメモリとは

フラッシュメモリは、電氣的にデータを書き換えることが可能で、電力を供給しなくてもデータを保持することができる半導体メモリである。コンピュータの外部記憶装置などに用いられている。

フラッシュメモリは、不揮発性の半導体メモリであるEEPROMを改良した記憶媒体である。EEPROMはデータをバイト単位で書き換えるが、フラッシュメモリは数十キロバイト程度のデータをブロックの単位でまとめて扱うことができる。フラッシュメモリのデータを書き換える場合、当該データを含むブロックを消去する必要がある。しかし、フラッシュメモリはデータの消去に必要な装置をブロックごとに共有できるため、単位容量あたりの回路構成を簡素化することができる。このため、製造コストの低下と、面積あたりの記憶容量の大容量化が実現される。

② NAND型とNOR型

フラッシュメモリは、回路構造によってNAND型フラッシュメモリとNOR型フラッシュメモリに区分される。NAND型フラッシュメモリは書き込みが高速で、大容量化しやすいという特徴があり、NOR型フラッシュメモリは読み込みが高速で、信頼性が高いという特徴がある。SSDやUSBメモリのように価格とデータの書き込みに重点が置かれる記憶媒体にはNAND型フラッシュメモリが多く用いられ、電子機器の制御プログラムのように書き込みよりも読み出しに重点が置かれる記憶媒体にはNOR型フラッシュメモリが多く用いられている。

フラッシュメモリは、ハードディスクより小型化でき、バックアップ電源が不要で、衝撃に強い。パソコンのBIOSやターミナルアダプターのファームウェアといったソフトウェアは、アップデートが可能なようにフラッシュメモリに格納される。USBメモリのデータの記録にはフラッシュメモリが使用されている。

③ コンパクトフラッシュ

小型のフラッシュメモリカード規格の一つで、汎用拡張カードの小型カードであり、形状はフラッシュメモリの中では最も大きい。最大容量128GBで、アダプターを利用して、PCカー

ドスロットを持つパソコンで利用できる。デジタルカメラ、PDAで使用されている。

④ SDメモリ

SDカードともいい、フラッシュメモリに属するメモリーカードである。デジタルカメラ、携帯電話などの携帯機器やテレビなどの家電機器まで幅広く利用されている。記憶容量は2GB、4GB、8GB、32GB、64GBのものがある。コンパクトフラッシュメモリやSDメモリは小さい特徴を生かして、デジタルカメラや携帯情報端末用の記憶媒体として利用されている。

⑤ SDHCメモリ

転送速度が6MB/S以上での高速なデータ転送が可能となったメモリーカードである。転送速度の保証値を「クラス」として規格化し、「Class 2」対応機器は2MB/S以上を、「Class 4」は4MB/S以上を、「Class 6」は6MB/S以上、「Class 10」は10MB/S以上の速度を保証している。ファイルシステムにFAT32を採用し、記憶容量は最大32GBである。大容量化に伴いファイルシステムがFAT16からFAT32へ変更となり、従来の機器ではSDHCメディアの読み書きは行えない。しかし、SDHC機器では従来のSDメモリーカードの利用は可能である。SDHCカードは、解像度が年々向上し、1枚の画像のサイズが大きくなっているデジタルカメラや、高速なデータの記録が要求されるデジタルビデオレコーダーなどで利用されている。

⑥ SDXCメモリ

SDXCは、記憶容量が最大2TBに拡張された規格である。SDXCでは、ファイルシステムにexFATを採用し、2TBの大容量記録を実現している。データの読み書きに関する技術の向上により、読み書き速度は将来的に300MB/秒まで高速化されるといわれている。SDXC対応の機器では、SDHCやSDメモリーカードを使用することができるようになっている。逆に、SDHCやSDメモリーカードにのみ対応した旧来の機器でSDXCを扱うことはできない。

④ SSD

① SSDとその特徴

SSDは記憶媒体としてフラッシュメモリを用いるドライブ装置である。半導体素子に電氣的にデータの記録、読み出しを行い、ハードディスクのようにディスクを持たないため、読み取り装置をディスク上で移動させる時間や、目的のデータがヘッド位置まで回転してくるまでの待ち時間がなく、高速に読み書きできる。ディスクやモーター、盤上を移動する読み書き装置といった機械部品がないため、消費電力が少なく、耐衝撃性に優れ、振動や駆動音もなく、装置の形状を小型、薄型、軽量にすることができる。容量あたりの単価は磁気ディスクよりフ

ラッシュメモリのほうがはるかに高額なため、SSDは記憶容量が少ない製品が多い。頻繁にアクセスされるプログラムやデータをSSDに保存して、それ以外はハードディスクに保存するといった使い分けが行われることが多い。

フラッシュメモリは書き込みを行うごとに素子が劣化するため、同じ容量なら磁気ディスクより書き換え寿命が短い。この欠点を補うため、多くのSSD製品では、まんべんなく各素子に書き込み動作が分散するようコントローラICが記録位置の選択を行うウェアレベリングと呼ばれる制御を行っている。

コンピュータ本体などとの接続インターフェースは、当初は既存の機器と置き換えられるようハードディスクと同じ規格が流用されたが、SSDの高速な読み書き性能や省スペース性を最大限活用すべく、mSATAやM.2、NVMe、SATA ExpressなどSSDにより適した規格も制定され、普及しつつある。

② SLC/MLC/TLC

SSDの記憶媒体に用いられるNAND型フラッシュメモリのうち、一つの記憶素子に2値のデータを格納する方式をSLC、3値以上の多ビットデータを格納する方式をMLCという。MLC型のうち、3ビットを記録することができるものをTLCと呼ぶ。SLCのほうが動作が高速で耐久性も高いが、容量あたりの単価が高い特徴があるため、高額な高性能・高信頼性の製品にはSLCを、廉価な普及型の製品にはMLCを使うことが多い。

③ ウェアレベリング

ウェアレベリングは記憶装置の書き込み制御の一つで、記憶媒体上の各箇所・素子の書き込み回数になるべく均等になるように、物理的な書き込み位置の選択を行う制御である。メディアの物理的特性により書き込み・書き換え回数に制限がある場合に用いられる。同じ箇所に書き換えが集中するとその箇所が他よりも先に劣化して使用不能になってしまうため、どの箇所にも均等に書き換えが行われるよう制御することでメディアの寿命を伸ばすことができる。

ハードディスクなどの磁気ディスク媒体は書き換え回数の制限が数万回以上と大きく、あまりこのような制御は行われませんが、制限が数百回から数千回であるフラッシュメモリを利用した記憶装置で用いられる。同じく制限の厳しい書き換え式光学ディスクでは、媒体が着脱式で制御回路などが常時監視できないため、あまり用いられない。

④ プチフリ(プチフリーズ)

プチフリは、パソコンに廉価なSSD製品の一部を搭載した際に時々発生する、一瞬コンピュータの動作が止まったように見える現象である。SSDはある程度大きな容量のファイルを低頻度で読み書きする用途を想定していたため、小さなファイルを頻繁に読み書きすると極端に性能が低下することがある。SSDをパソコンのシステムディスクに使用することが増えたため、激しいアクセスが行われたときにパソコンの動作が極端に鈍くなる現象である。

⑤ TBW

TBWは、SSDなどのフラッシュメモリ製品の状態を知るための指標の一つで、製造から

現在までにメモリ素子に書き込まれたデータ量をテラバイト単位で表したものである。フラッシュメモリ素子には書き換え寿命が存在し、ある回数書き換えると破損して読み書きができなくなる。SSDではメーカー側で装置全体に書き込める上限容量を公表しており、装置側で累計の書き込みデータ量も計測し、常に把握できるようになっている。利用者がSSDを使用すると次第にTBW値も上昇していき、上限に近づくと製品寿命が近いことが分かるため、新しい装置に交換するといった対策を取ることができる。

f) DWPD

DWPDは、SSDなどのフラッシュメモリ製品の耐久性を表す指標の一つで、保証期間中に一日あたりどのくらいのデータ量を書き込み・書き換え可能かを表す値のことである。装置の記憶容量に対する比率で表され、1日あたりドライブ全体を何回書き換えても良いかを示している。素子の書き換え上限回数とドライブの容量から、書き込み可能なデータ量の上限を算出することができ、この値をメーカー側が設定した保証期間1日あたりの量に置き換えたものがDWPDとなる。DWPDが10であれば、1日あたりドライブ容量の10倍のデータ量を書き込んでも、保証期間を迎えるまでに素子が寿命を迎えることはないことが分かる。

例題演習

ICメモリのうち、記憶セルにフリップフロップを使用していて、高速にアクセスができ、パソコンのキャッシュメモリとして多く用いられているものはどれか。

ア DRAM
ウ SRAM

イ EDODRAM
エ VRAM

解答解説

ICメモリに関する問題である。

アのDRAMは、データの書き込み・読み出しが可能なICメモリで、コンデンサの電荷の有無で情報を記録する。電荷は一定時間経過すると放電して消えてしまうため、定期的なリフレッシュの動作が必要になる。一般に消費電力が高く、データ転送速度も遅いが、安価なためメインメモリに広く用いられている。

イのEDODRAMはDRAMの一種でデータを出力するタイミングを改良し、連続読み出し速度を向上したものである。

ウのSRAMは、データの書き込み・読み出しが可能なICメモリで、トランジスタで形成され、高速化、低消費電力に適したRAMである。フリップフロップ回路を利用してデータを記録するため、リフレッシュは不要であるが、高価なため高速性を生かしたキャッシュメモリに用いられる。求める答えはウである。

エのVRAMはディスプレイに表示する画像情報を蓄える専用メモリである。

例題演習

DRAMの説明として、適切なものはどれか。

- ア コンデンサに電荷を蓄えた状態か否かによって1ビットを表現する。主記憶としてよく用いられる。
- イ 製造時にデータが書き込まれる。マイクロプログラム格納用メモリとして用いられる。
- ウ 専用の装置でデータを書き込むことができ、紫外線照射で消去ができる。
- エ フリップフロップで構成され、高速であるが製造コストが高い。キャッシュメモリなどに用いられる。

解答解説

DRAMの特徴に関する問題である。

DRAMは、データの書き込み・読み出しが可能なICメモリで、コンデンサの電荷の有無で情報を記録する。電荷は一定時間経過すると放電して消えてしまうため、定期的リフレッシュの動作が必要になる。一般に消費電力が高く、データ転送速度も遅いが、安価なためメインメモリに広く用いられている。

アはDRAM、イはマスクROM、ウはEPROM、エはSRAMである。求める答えはアとなる。

例題演習

次の特徴をもつ記憶素子はどれか。

「コンデンサが充電されているか否かによって1ビットの記憶セルを作る。これにスイッチとしてトランジスタを付けたもので、記憶されている情報が時間とともに消えてしまうので、一定期間ごとにリフレッシュが必要である。」

- ア DRAM イ ICメモリ ウ MOS素子 エ SRAM

解答解説

DRAMに関する問題である。

アのDRAMは、データの書き込み・読み出しが可能なICメモリで、コンデンサの電荷の有無で情報を記録する。電荷は一定時間経過すると放電して消えてしまうため、定期的リフレッシュの動作が必要になる。一般に消費電力が高く、データ転送速度も遅いが、安価なためメインメモリに広く用いられている。求める答えはアとなる。

イのICメモリは、半導体で作られたメモリであり、データの書き換えが不可能なROMと、書き換えが可能なRAMがある。

ウのMOS素子は、金属酸化膜半導体(MOS)で作られたFETを使った素子である。MOSメモリはバイポーラメモリと比較すると、集積度が高く、発熱量と消費電力は少ないが、動作速度が遅い。主記憶装置に向いている。

エのSRAMはデータの書き込み・読み出しが可能なICメモリで、トランジスタで形成され、高速化、低消費電力に適したRAMである。フリップフロップ回路を利用してデータを記

録するため、リフレッシュは不要であるが、高価なため高速性を生かしたキャッシュメモリに用いられる。

例題演習

組込みシステムのプログラムを格納するメモリとして、マスクROMを使用するメリットはどれか。

- ア 紫外線照射で内容を消去することによって、メモリ部品を再利用することができる。
- イ 出荷後のプログラムの不正な書換えを防ぐことができる。
- ウ 製品の量産後にシリアル番号などの個体識別データを書き込むことができる。
- エ 動作中に主記憶が不足した場合、補助記憶として使用することができる。

解答解説

マスクROMに関する問題である。

マスクROMは、生産する時点でプログラムやデータを書き込む方式で、消去が不能である。

アはEPROM、イはマスクROM、ウはPROM、エはEEPROMである。求める答えはイとなる。

例題演習

半導体記憶素子に関する記述のうち、正しいものはどれか。

- ア DRAMは、フリップフロップで構成されており、一度書き込んだデータは電源を切るまで保持される。
- イ PROMは、不揮発性で読み取り専用のメモリである。IPLなどの変更する必要のないプログラムを格納するために用いられる。工場出荷時にメモリの内容は書き込まれており、ユーザは内容を変更できない。
- ウ SRAMは、トランジスタとそれに付随するキャパシタからなる。データはこのキャパシタに電荷として蓄えられる。電荷は時間の経過とともに放電され消失するので、定期的によりフレッシュを行いデータを保持する必要がある。
- エ バイポーラ型RAMは、記憶素子として比較的集積度が低く消費電力が大きい、高速性を生かしてレジスタやキャッシュメモリに利用される。

解答解説

半導体記憶素子に関する問題である。

アのDRAMは、コンデンサの電荷の有無で0、1を記憶する。従って、自然放電によって電荷が消去するためリフレッシュが必要である。

イのPROMは、ユーザがオフラインで1回だけ情報を書き込める消去不可能型のROMである。工場出荷時にメモリの内容が書き込まれているのはマスクROMである。

ウのSRAMは、フリップフロップを利用して記憶する方式で、リフレッシュを必要としない。

エのバイポーラ型RAMは、SRAMの1種で、集積度は低く、消費電力は大きいですが、高速でレジスタやキャッシュメモリに使用されている。正しい記述である。求める答えはエとなる。

例題演習

フラッシュメモリの説明として、適切なものはどれか。

- ア 書込み回数は無制限である。
- イ 書込み時は回路基板から外して、専用のROMライターで書き込まなければならない。
- ウ 定期的によりフレッシュしないと、データが失われる。
- エ データ書換え時には、あらかじめ前のデータを消去してから書込みを行う。

解答解説

フラッシュメモリに関する問題である。

フラッシュメモリは、電氣的にデータの書き換えが可能な不揮発性メモリである。データの書き換えは全ビットまたはブロック単位に電氣的にあらかじめ消去してから、内容を書き換えることができる。小型化が可能、衝撃に強い、データを保持するための電源が不要などの特徴を持つ。ノート型パソコンや携帯情報端末、デジタルカメラなどの記憶媒体として普及している。求める答えはエとなる。

アの書き込み回数は限界がある。

イのROMライターでの書き込みはEPROMである。

ウの定期的によりフレッシュが必要なものはDRAMである。

例題演習

フラッシュメモリに関する記述として、適切なものはどれか。

- ア 紫外線で全内容を消して書き直せるメモリである。
- イ データを速く読み出せるので、キャッシュメモリとしてよく用いられる。
- ウ 不揮発性メモリの一種であり、電氣的に全部又は一部分を消して内容を書き直せるメモリである。
- エ リフレッシュ動作が必要なメモリであり、主記憶に広く使われる。

解答解説

フラッシュメモリに関する問題である。

フラッシュメモリは、電氣的にデータの書き換えが可能な不揮発性メモリである。データの書き換えは全ビットまたはブロック単位に電氣的に消去して、内容を書き換えることができる。小型化が可能、衝撃に強い、データを保持するための電源が不要などの特徴を持つ。ノート型パソコンや携帯情報端末、デジタルカメラなどの記憶媒体として普及している。

アはEPROM、イはSRAM、ウはEEPROMすなわちフラッシュメモリ、エはDRAMである。求める答えはウとなる。

例題演習

デジタルカメラの画像データや携帯音楽プレーヤの音楽データの記録媒体として利用されているものはどれか。

- ア DRAM
- イ SRAM
- ウ フラッシュメモリ
- エ マスクROM

解答解説

記憶媒体のフラッシュメモリに関する問題である。

アのDRAMは、記憶内容を保持するために内容の再書き込みを常に繰り返すRAMである。記憶素子のコンデンサの電荷の有無で記憶を保持する仕組みのため、コンデンサに蓄えられた電荷が失われるのを防ぐために数ミリ秒ごとに記憶内容を再生するリフレッシュを行う。

イのSRAMは、電源を切るか新しい内容を書き込まない限り、内容を保存している仕組みのRAMである。構造は単純であるが回路には常に電流が流れているので、1ビット当たりの消費電力は大きくなる。記憶容量の小さいメモリとして使用される。

ウのフラッシュメモリは、電氣的に内容を書き直せるタイプのPROMの一種で、ハードディスクより小型化でき、バックアップ電源が不要で、衝撃に強いいため、デジタルカメラや音楽プレーヤの記録媒体に使用されている。求める答えはウとなる。

エのマスクROMは、製造時に特定の記憶内容のみを保持するような構造につくるもので、あとから内容を変更することができない。

例題演習

フラッシュメモリに関する記述として、適切なものはどれか。

- ア 高速に書換えができ、CPUのキャッシュメモリなどに用いられる。
- イ 紫外線で全内容の消去ができる。
- ウ 周期的にデータの再書き込みが必要である。
- エ ブロック単位で電氣的に消去できる。

解答解説

フラッシュメモリに関する問題である。

フラッシュメモリは、電氣的にデータの書き換えが可能な不揮発性メモリである。データの書き換えは全ビットまたはブロック単位に電氣的に消去して、内容を書き換えることができる。小型化が可能、衝撃に強い、データを保持するための電源が不要などの特徴を持つ。ノート型パソコンや携帯情報端末、デジタルカメラなどの記憶媒体として普及している。

アはSRAM、イはEPROM、ウはDRAM、エはフラッシュメモリである。求める答えはエとなる。

txt02014 補助記憶装置

txt020141 磁気ディスク装置

① 機能と構造

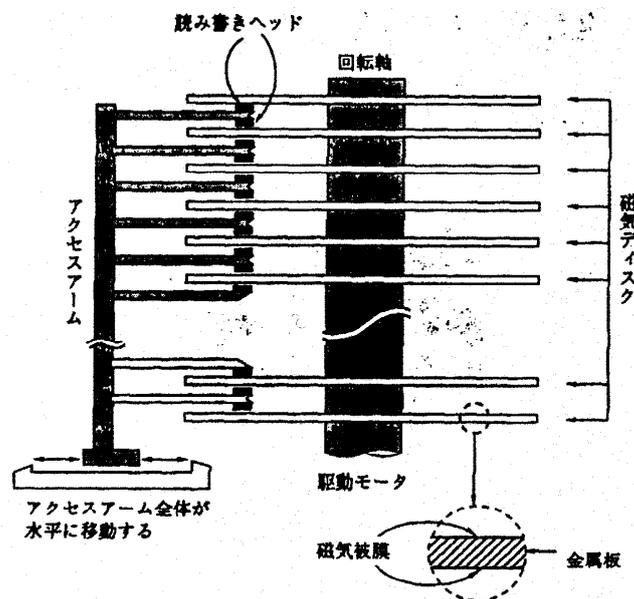
① 機能と構造

ア 機能

磁気ディスクは金属円盤の両面を磁性材料で覆い、その表面を磁化しデータを記憶する装置である。記憶したデータは何回読み書きしても消えない。その場所に新しいデータを書き込むと、前のデータは消されて新しいものが記録される。

イ 構造

数枚ないし数十枚を一つの回転軸に固定し、回転軸を中心に高速回転し、読み書きヘッドによって磁気的にデータを読み書きする。読み書きヘッドはアクセスアームを動かすことによって、ディスクのどの位置でもセットでき、即時にデータを読み書きすることができる。読み書きヘッドはディスクに直接触れないため、摩擦がなく、半永久的に使用できる。

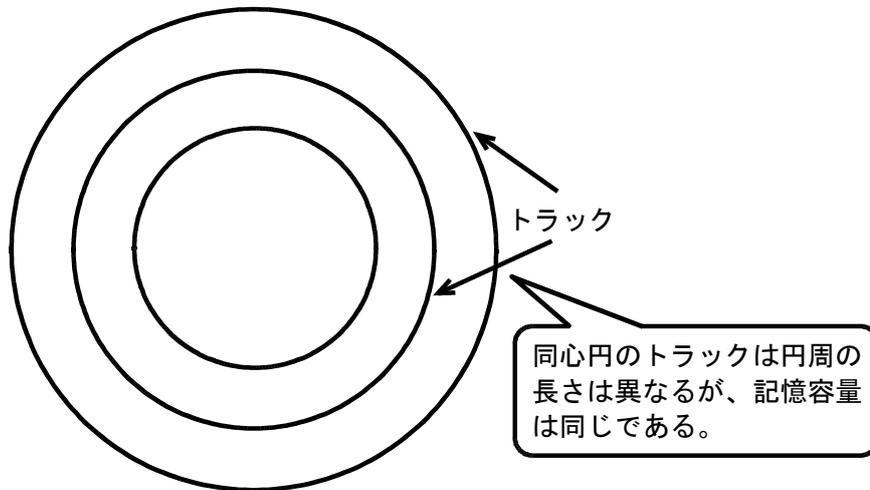


② 磁気ディスクのシリンダー

読み書きヘッドは複数のディスク面のそれぞれに対応しており、すべてのヘッドは各ディスクの同じ半径のトラック上にセットされる。それぞれのヘッドがセットされているトラック全体をとらえれば、一つの円筒を形成する。アクセスアームを固定したとき、磁気ヘッドが読み書きできるトラックの集合をシリンダという。ディスク上の記録位置の指定は、シリンダ番号、

トラック番号、レコード番号で行う。

㉓ データの記録方法



㊦ 読み書きヘッドとトラック

ディスク面にはトラックが同心円上に何本も形成されている。外側のトラックと内側のトラックは円周の長さは異なるが、トラック当たりの記憶容量は同じである。読み書きヘッドはディスク面の半径方向に移動し、各ディスク面に対応する読み書きヘッドは対応するトラックのデータを読み取ることができる。

トラックの先頭には、トラック起点マーカとレコード0が作られる。その後にファイルを構成するレコードが記録される。レコード0はオペレーティングシステムが使用し、トラック番号とその使用状況が記録される。トラックへのデータの記録は、8データビット+検査ビットで1文字を表現する。

㊧ データ記録方法

データの記録方法はバリエブル方式とセクタ方式がある。

㊨ バリエブル方式

バリエブル方式はトラックの任意の位置から任意のバイト数の読み書きができる記録方式である。

㊩ セクタ方式

セクタ方式はトラックを20個程度の一定の大きさのセクタに分割し、トラック上の情報の読み書きはセクタ単位で行う。選択されたトラックのセクタ番号で読み書き位置を指定する。

④ ディスクの初期化(フォーマット)

㊦ フォーマットとは

フォーマットはコンピュータ用の記録メディアを初期化することである。記録メディアをパソコンで利用できるようにするためには、記録領域を区域分けして番地を付け、各区域の書き込む情報を管理する必要がある。これらの一連の処理を初期化(フォーマット)という。

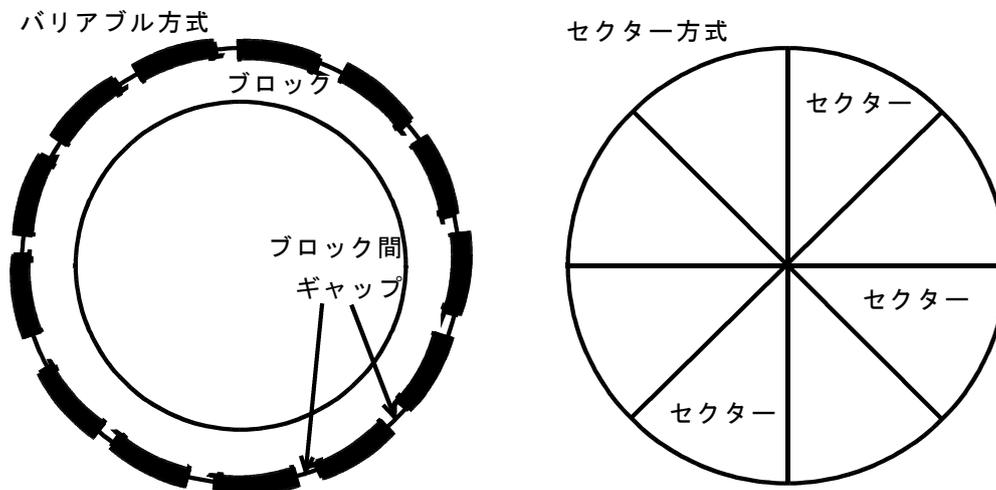
① 物理フォーマットと論理フォーマット

フォーマットには物理フォーマットと論理フォーマットがある。物理フォーマットは記録領域におけるデータの並べ方を決める。論理フォーマットは記録領域に目次に相当する情報を書き込む場所を決め、番地を割り振る。

パーティションは1台のハードディスクの記録領域を論理的に区切り、あたかも複数台あるかのように利用するときの区切りである。

② 容量と性能

① 容量の計算方法



㊦ 基本的な考え方

磁気ディスクなどの補助記憶装置の入出力は物理レコードのブロック単位に行う。物理レコードは1個以上の論理レコードの集まりであり、磁気ディスクの容量計算は物理レコードであるブロックの考え方を利用する。

1つのブロックは2つのトラックにまたがって格納されることはないという前提で、1トラックに格納できるブロック数を求める。レコードを格納する方式にバリエابل方式とセクタ方式がある。

① バリアブル方式

バリアブル方式の場合、トラック当たりのバイト数やブロック間隔を使用して、トラックに格納できるブロック数を求める。

② セクタ方式

セクタ方式の場合、トラック当たりのセクタ数や1セクタの容量は、磁気ディスクの仕様として与えられる。セクタの使い方は1セクタに2つ以上のブロックは格納しない原則を用いて、トラック当たりのブロック数を求める。

⑥ 格納に必要な磁気ディスク装置の容量の計算法

- ㊦ 1トラック当たりのブロック数を求める。
- ① 格納するレコードの全ブロック数を求める。
- ㊧ ㊦、①で求めた結果から、格納に必要なトラック数を求める。
- ㊨ 必要ならば、磁気ディスクの仕様を利用して格納するシリンダ数を求める。

⑦ バリアブル方式のトラック当たりのブロック数の求め方

- ㊦ 1トラック当たりの容量(バイト)が与えられる。
- ① 1レコードの容量とブロック化係数、ブロック間ギャップを用いて、1ブロックの容量を求める。
- ㊧ 1トラックに格納できるブロック数はトラックの容量をブロックの容量で割って求める。

⑧ セクタ方式のトラック当たりのブロック数の求め方

- ㊦ 1トラック当たりのセクタ数、セクタ当たりの容量(バイト)が与えられる。
- ① レコード容量とブロック化係数を用いて、1ブロックの容量を求める。
- ㊧ 1ブロックを格納するのに必要なセクタ数はブロックの容量をセクタの容量で割ると求めることができる。
- ㊨ 1トラックに格納できるブロック数は1トラックのセクタ数を1ブロック格納するに要するセクタ数で割れば求めることができる。

⑨ 格納に必要なトラック数の計算式

格納するデータのレコード件数をN件、ブロック化係数をKとすると、求めるトラック数T Nは次の式で与えられる。T Bはトラック当たりのブロック数である。N/Kは小数点以下の端数は切り上げとなる。

$$T N = \frac{N / K}{T B}$$

T Bの計算は、計算結果を切り捨てて整数になるように、ブロック当たりのセクタ数の計算は、計算結果を切り上げて整数になるようにする。

㉗ **バリエブル方式のT Bは次の計算式で求める。**

$$T B = (\text{トラック当たりのバイト数}) \div (\text{ブロック当たりのバイト数})$$

$$\text{ブロック当たりのバイト数} = 1 \text{レコードの容量} \times K + \text{ブロック間隔 (バイト)}$$

㉘ **セクタ方式のT Bは次の計算式で求める。**

$$T B = (\text{トラック当たりのセクタ数}) \div (\text{ブロック当たりのセクタ数})$$

$$\text{ブロック当たりのセクタ数} = (1 \text{レコードの容量} \times K) \div 1 \text{セクタの容量}$$

㉙ レコードを格納するのに必要なシリンダ数(S N)の計算式

レコードを格納するのに必要なシリンダ数は右の式で与えられる。

$$S N = \frac{T N}{S T}$$

T N : 全レコードの格納に必要なトラック数

S T : シリンダ当たりのトラック数を表し、磁気ディスクの仕様で与えられる。

㉚ 1ボリュームの磁気ディスクの容量の求め方

1ボリュームのシリンダ数、シリンダ当たりのトラック数、トラック当たりのバイト数がわかると、次の式を用いて計算する。

$$\text{磁気ディスクの容量} = (\text{シリンダ数}) \times (\text{トラック数}) \times (\text{バイト数}) \quad (\text{バイト})$$

③ レコードの記憶容量の計算

㉛ ファイルを記憶するシリンダ数、トラック数の求め方

物理レコードのブロック単位の処理を利用して計算する。1トラック当たりのブロック数を求めて、全レコードのブロック数を計算し、必要なトラック数、シリンダ数を計算する。

㉜ バリエブル方式の場合の計算方法

$$\text{バイト数} \div \text{ブロック} = \text{レコード長} \times \text{ブロック化係数} + \text{ブロック間隔} \quad (\text{バイト})$$

$$\text{ブロック数} \div \text{トラック} = \frac{\text{バイト数} \div \text{トラック}}{\text{バイト数} \div \text{ブロック}} \quad (\text{小数点未満切り捨て})$$

バイト数／シリンダ＝(ブロック数／トラック)×(トラック数／シリンダ)
 ファイルの全ブロック数＝全レコード件数／ブロック化係数 (小数点未満切り上げ)

$$\text{必要なシリンダ数} = \frac{\text{ファイルの全ブロック数}}{\text{ブロック数／シリンダ}} \quad (\text{小数点未満切り上げ})$$

㉓ セクタ方式の場合の計算方法

バイト数／ブロック＝レコード長×ブロック化係数 (バイト)

$$\text{ブロック数／トラック} = \frac{\text{セクタ数／トラック}}{\text{セクタ数／ブロック}} \quad (\text{小数点未満切り捨て})$$

ブロック数／シリンダ＝(ブロック数／トラック)×(トラック数／シリンダ)
 ファイルの全ブロック数＝全レコード件数／ブロック化係数 (小数点未満切り上げ)

$$\text{必要なシリンダ数} = \frac{\text{ファイルの全ブロック数}}{\text{ブロック数／シリンダ}} \quad (\text{小数点未満切り上げ})$$

④ 磁気ディスク装置のアクセス時間

㉔ 用語の定義



㉔-1 シーク時間

目的とするシリンダまで磁気ヘッドを移動することにより、1ブロックの情報を読み書きすることができる。この移動に必要な時間をシーク時間、シークに必要な平均時間を平均シーク時間、最小時間を最小シーク時間という。

㉔-2 サーチ時間

ヘッド番号で指定された磁気ヘッドのところに、レコード番号で指定されたレコード位置がくるまでの時間をサーチ時間という。このサーチ時間の平均を平均サーチ時間という。平均サーチ時間は、1/2回転に要する時間をいう。

㉔ データ転送速度、データ転送時間

データ転送速度はデータなどの読み書きする時に、1秒間に転送できるバイト数をいう。
データ転送時間はブロック単位などでデータを転送するのに必要な時間で、データの転送を開始してから完了するまでの時間をいう。

㉕ アクセス時間

アクセス時間は、データの1回の入出力に必要な時間をすべて合計した時間である。制御装置から記憶装置にデータを読み出し・書き込み要求されてから、指定されたアドレスの選択を行い、読み出し・書き込み動作を始め、データの転送を完了する瞬間までの時間である。

㉖ アクセス時間の計算式

$$\text{平均サーチ時間} = \frac{60 \text{ (秒)} \times 1000}{\text{回転速度 (回転/分)}} \times \frac{1}{2} \quad (\text{ミリ秒})$$

$$\text{待ち時間} = \text{平均シーク時間} + \text{平均サーチ時間} \quad (\text{ミリ秒})$$

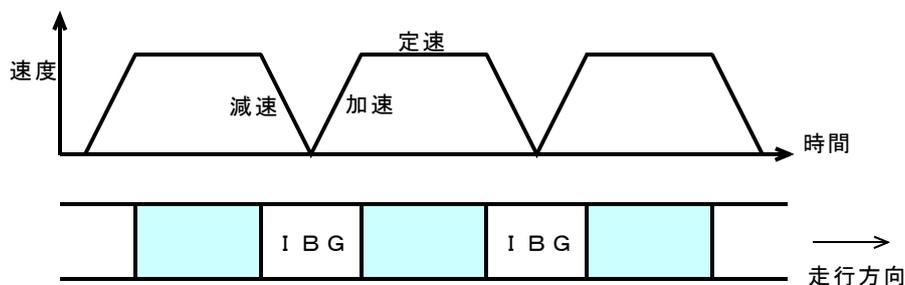
$$\text{データ転送速度} = \frac{\text{回転速度 (回転/分)}}{60 \text{ (秒)}} \times 1 \text{トラックの容量} \quad (\text{バイト/秒})$$

$$\text{データ転送時間} = \frac{\text{バイト数/ブロック}}{\text{データ転送速度 (バイト/ミリ秒)}} \quad (\text{ミリ秒})$$

$$\text{平均アクセス時間} = \text{平均シーク時間} + \text{平均サーチ時間} + \text{データ転送時間} \quad (\text{ミリ秒})$$

⑤ 磁気テープ装置の容量と性能

㉗ 磁気テープ装置の仕組み



テープの記録面は走行方向に7または9、16本のトラックとそれに垂直なフレームで構成される。通常は、1フレームで1バイトを記録できる。

データを読み書きするときは、テープは定速で走行し、読み書きの完了と共に停止する。1ブロックずつ読み書きと停止を繰り返して行うため、各ブロック間には記録されない部分ができる。このような読み書きを行う単位をブロックまたは物理レコードといい、記録されない部分をブロック間ギャップ(通常0.3~0.75インチ)という。9トラックの場合、第1トラックから第8トラックがデータビット、第9トラックはパリティビットとして利用する。テープ速度はインチ/秒の単位(例えば、200インチ/秒)で与えられる。

⑥ 磁気テープの長さの種類

フルサイズ(2400フィート)、ハーフサイズ(1200フィート)、1/4サイズ(600フィート)の3種類がよく利用される。テープ上に記録できる量を表す単位に記録密度がある。記録密度は1インチあたりに記憶できるバイト数で表現する。

⑦ 記録密度の標準的な種類

- ㊦ 800 B P I (31.5バイト/mm)
- ㊧ 1600 B P I (63バイト/mm)
- ㊨ 3200 B P I (126バイト/mm)
- ㊩ 6250 B P I (246バイト/mm)

⑧ レコードを格納できるテープ長の求め方

$$1 \text{ ブロック長} = \frac{\text{バイト数/レコード}}{\text{記録密度 (列/mm)}} \times \text{ブロック化係数} + \text{ブロック間隔} \quad (\text{mm})$$

$$\text{必要なテープ長} = 1 \text{ ブロック長} \times \frac{\text{全レコード件数}}{\text{ブロック化係数}} \quad (\text{mm})$$

⑨ テープに格納できるレコード件数の求め方

$$\text{レコード件数} = \frac{\text{テープの有効長}}{1 \text{ ブロック長}} \times \text{ブロック化係数 (レコード件数)}$$

⑩ レコードの読み書きに必要な時間の求め方

$$\text{データ転送速度} = \text{記録密度 (列/mm)} \times \text{テープ速度 (mm/秒)} \quad (\text{バイト/秒})$$

$$\text{入出力時間/ブロック} = \frac{\frac{\text{バイト数/レコード}}{\text{記録密度 (列/mm)}} \times \text{ブロック化係数}}{\text{テープ速度 (mm/秒)}} + \text{起動・停止時間} \quad (\text{秒})$$

$$\text{全レコードの入出力時間} = (\text{入出力時間} / \text{ブロック}) \times \frac{\text{全レコード件数}}{\text{ブロック化係数}} \quad (\text{秒})$$

例題演習

次の仕様の磁気ディスク装置がある。このディスク装置には、1レコード200バイトのレコード10万件を順編成で格納した。10レコードを1ブロックとして記録するときの必要シリンダ数は幾つか。ただし、一つのブロックは複数のセクタにまたがってもよいが、ブロック長が256の倍数でないとき、最後のセクタで余った部分は利用されない。

- ア 103
- イ 105
- ウ 106
- エ 132

トラック数／シリンダ	19
セクタ数／トラック	40
バイト数／セクタ	256

解答解説

セクタ方式による磁気ディスクの容量計算の問題である。

$$1 \text{ ブロックの容量} = 200 \times 10 = 2000 \text{ (バイト)}$$

$$1 \text{ ブロックの必要セクタ数} = 2000 \div 256 = 7.8 = 8 \text{ (セクタ)}$$

$$\text{全ブロック数} = 100000 \div 10 = 10000 \text{ (ブロック)}$$

$$\text{必要セクタ数} = 10000 \times 8 = 80000$$

$$\text{シリンダ当たりのセクタ数} = 40 \times 19 = 760 \text{ (セクタ／シリンダ)}$$

$$\text{シリンダ数} = 80000 \div 760 = 105.2 \approx 106 \text{ (シリンダ)}$$

求める答えはウとなる。

例題演習

磁気ディスク装置の仕様と格納対象データの条件が次の通りに与えられている。ブロック化因数が20のとき、必要領域は何トラックか。ここで、領域はトラック単位にとられるものとし、ファイル編成は順編成とする。

磁気ディスク装置の仕様

1トラック当たりの記憶容量 25,200バイト

ギャップ長さ 500バイト

1シリンダ当たりのトラック数 20トラック

格納対象データ件数

レコード長 300バイト

レコード件数 1,000件

ア 12

イ 13

ウ 16

エ 17

解答解説

バリエブル方式による磁気ディスクの容量計算の問題である。

バリエブル方式の磁気ディスクの容量

- ① ブロックの大きさを次ぎの計算式で求める。

$$\text{レコードの大きさ} \times \text{ブロック化因数} + \text{ブロック間ギャップ}$$

- ② 1トラックのブロック数を次ぎの式から求める。

$$\text{トラックの容量} / \text{ブロックの大きさ}$$

- ③ 全レコード件数のブロック数を求める。

- ④ 全レコードのブロック数とトラックのブロック数から必要なトラック数を求める。

$$1 \text{ ブロック当たりの記憶容量} = 300 \times 20 + 500 = 6500 \text{ (バイト)}$$

$$1 \text{ トラック当たりのブロック数} = 25200 \div 6500 = 3.9$$

1トラック当たり3ブロックとなる。

$$\text{全レコードのブロック数} = 1000 \div 20 = 50 \text{ (ブロック)}$$

必要トラック数 $= 50 \div 3 = 16.7$ 従って求めるトラック数は17となる。求める答えはエとなる。

例題演習

回転数が4,200回/分で、平均位置決め時間が5ミリ秒の磁気ディスク装置がある。この磁気ディスク装置の平均待ち時間は約何ミリ秒か。

ア 7

イ 10

ウ 12

エ 14

解答解説

磁気ディスクの平均待ち時間を求める問題である。

平均待ち時間は次の式から求めることができる。

$$\text{平均待ち時間} = \text{シーク時間} + \text{サーチ時間}$$

シーク時間は5ミリ秒である。

サーチ時間(ミリ秒)は次の式で求める。

$$\text{サーチ時間} = (60 \times 1000) / (2 \times \text{回転数}) = 60000 / (2 \times 4200) = 7.1$$

$$\text{平均待ち時間} = 5 + 7.1 = 12.1 \approx 12$$

求める答えはウとなる。

例題演習

回転速度が5,000回転/分、平均シーク時間が20ミリ秒の磁気ディスクがある。この磁気ディスクの1トラック当たりの記憶容量は、15,000バイトである。このとき、1ブロックが4,000バイトのデータを、1ブロック転送するために必要な平均アクセス時間は何ミリ秒か。

ア 27.6

イ 29.2

ウ 33.6

エ 35.2

解答解説

磁気ディスクの平均アクセス時間に関する問題である。

平均アクセス時間は次の式で求める。

平均アクセス時間＝シーク時間＋サーチ時間＋データ転送時間

シーク時間は20ミリ秒

サーチ時間は磁気ディスクの半回転に要する時間であるから

$$60 \times 1000 / (5000 \times 2) = 6 \text{ (ミリ秒)}$$

データ転送速度は $15000 / 12 = 5000 / 4 = 1250$ バイト／ミリ秒

4000バイトの転送時間 $4000 / 1250 = 3.2$ (ミリ秒)

平均アクセス時間は $20 + 6 + 3.2 = 29.2$ (ミリ秒)

求める答えはイとなる。

例題演習

次のディスクAとBについて正しい記述はどれか。

	ディスクA	ディスクB
平均位置決め時間	8ミリ秒	10ミリ秒
回転数	6,000RPM	7,500RPM

- ア ディスクAの平均待ち時間は、ディスクBと同じである。
- イ ディスクAの平均待ち時間は、ディスクBより大きい。
- ウ ディスクAの平均待ち時間は、ディスクBより小さい。
- エ ディスクAの平均回転待ち時間は、ディスクBより小さい。

解答解説

2つのディスクの平均待ち時間、平均回転待ち時間を求め、評価する問題である。

ディスクAの平均回転待ち時間、平均待ち時間は

$$(60 \times 1000) \div 6000 \div 2 = 5 \text{ (ミリ秒)}$$

$$8 + 5 = 13 \text{ (ミリ秒)}$$

ディスクBの平均回転待ち時間、平均待ち時間は

$$(60 \times 1000) \div 7500 \div 2 = 4 \text{ (ミリ秒)}$$

$$10 + 4 = 14 \text{ (ミリ秒)}$$

平均待ち時間はディスクAの方がディスクBより小さい。平均回転待ち時間はディスクAの方がディスクBより大きい。求める答えはウとなる。

例題演習

磁気ディスク装置の仕様のうち、回転待ち時間に直接影響を及ぼすものはどれか。

- ア 記録密度
- イ シリンダ数
- ウ 単位時間当たりのディスク回転数
- エ データ転送速度

解答解説

回転待ち時間に関する問題である。

回転待ち時間はサーチ時間のことである。

サーチ時間の平均を平均サーチ時間といい、一般に1/2回転に要する時間をいう。

サーチ時間の定義から、平均サーチ時間は次の式で与えられる。

$$\text{平均サーチ時間} = \frac{60 \text{ (秒)} \times 1000}{\text{回転速度 (回転/分)}} \times \frac{1}{2} \quad (\text{ミリ秒})$$

平均サーチ時間に関係するのは磁気ディスクの回転速度であり、単位時間当たりのディスクの回転数になる。求める答えはウとなる。

例題演習

1トラックが12セクタ、1セクタが1,200バイトのディスク装置がある。論理レコードが900バイトの固定長であるファイルをこの装置に格納するとき、ディスクの利用率を最大にするブロック化因数はどれか。

ア 1

イ 2

ウ 3

エ 4

解答解説

ブロック化因数を求める問題である。

ブロック化因数を p 、使用セクタ数を s とすると利用効率 r は次式で与えられる。

$$r = 900p / 1200s = 3p / 4s。$$

1ブロックを格納するセクタ数が12の約数でない場合の利用効率 r は上記の式にはならない。例えば、 $p = 6$ の場合、1ブロックを格納するのに必要なセクタ数は5となるため、1トラック12セクタでは格納できるブロック数は2で、2セクタ=2400バイトが利用されずに残ることになる。従って、1トラックでの使用されない容量は次のようになる。

$$(6000 - 5400) \times 2 + 1200 \times 2 = 1200 + 2400 = 3600$$

この場合の利用率は

$$(14400 - 3600) / 14400 = 0.75$$

となり、 $r = 3p / 4s = (3 \times 6) / (4 \times 5) = 18 / 20 = 0.9$ にはならない。従って、利用効率 $r = 3p / 4s$ が成立するのは $p = 1 \sim 5$ の範囲の議論である。

1トラックの容量は14400バイトであるから、最大のブロック化因数は16となる。

1~16の間のブロック化因数で4の倍数である4、8、16でブロックに必要なセクタ数が3、6、12となり、利用率が最大の1となる。

解答群に対する利用効率を計算する。

$$p = 1, s = 1200, r = 3 / 4$$

$$p = 2, s = 2400, r = 3 / 4$$

$$p = 3, s = 3600, r = 3 / 4$$

$$p = 4, s = 3600, r = 1$$

上記の結果から $p = 4$ の時、 r が最大になる。求める答えはエである。

① R A I Dとは

① R A I Dとは

R A I Dは安価な小型ディスクを多数用いたディスクアレイシステムで、高い入出力性能と容量、高い性能／コスト比、および高信頼性を同時に満たすことを目指したものである。

データを分解し、複数のディスクドライブに並列に読み書きする磁気ディスク装置で、ファイルを一定の単位で分割し、それを縞状に循環配置する。ストライプごとにエラー検出／訂正コードを付加したり、エラー検出／訂正コードの格納用に冗長ディスクを付加することによって、耐故障性を向上させる。

② 付加する冗長なドライブ

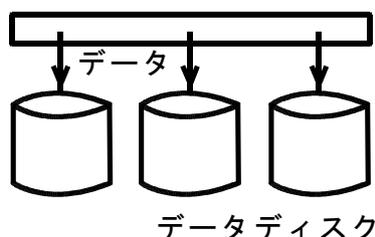
- データドライブ : データ記録用
- パリティドライブ : データのパリティ記録用
- スタンバイドライブ : ドライブ故障時の起動用

③ R A I Dの磁気ディスクと比較した特徴

- ㊦ 複数台のディスクによる大容量化
- ㊧ 多数のディスクの並列アクセスによる高速化
- ㊨ 汎用小型ディスクを使用しているため安価
- ㊩ 冗長なドライブを持つことで耐故障性、高信頼性

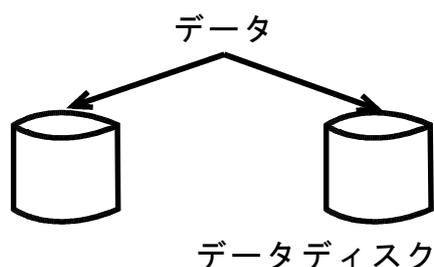
② R A I Dの分類

① R A I D 0



R A I D 0はデータを複数のハードディスクに分散記録し、読み出し書き込み速度の向上を図ったもので、ストライピングという。複数のディスクに並列に読み書きするため、1台のディスクをアクセスするよりも読み出し書き込み性能は共に向上する。

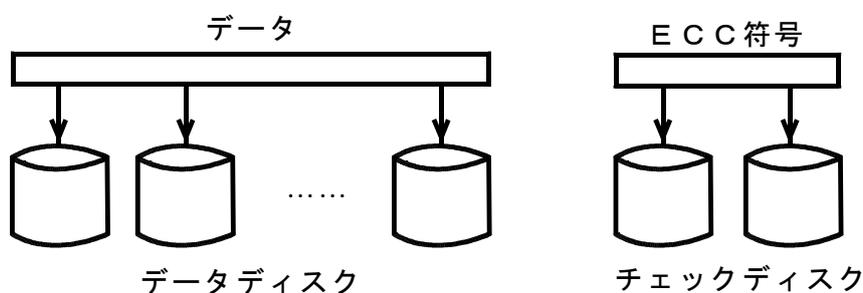
② RAID 1



RAID 1はミラーディスクである。ディスク数を倍にして、2台目のディスクに同時に書き込むことによって信頼性を向上させている。ディスクの使用効率は50%である。転送速度は変化しないため、大容量、大規模構成になるとディスクの設置コストが高くなる。制御法が単純であるため、小規模システムでは他のシステムより有利である。

③ RAID 2

RAID 2は主記憶に用いられるハミング符号によるエラー訂正符号(ECC)の考え方をディスクアレイに適用したものである。データをディスクグループ(ディスク数G個)ごとにインターリーブして格納し、そのECC符号をチェックディスク(C個)に書き込む。複数のディスクを同期回転させて、データを並行に読み書きして高速転送を実現している。比較的小さいデータの更新効率が悪い。

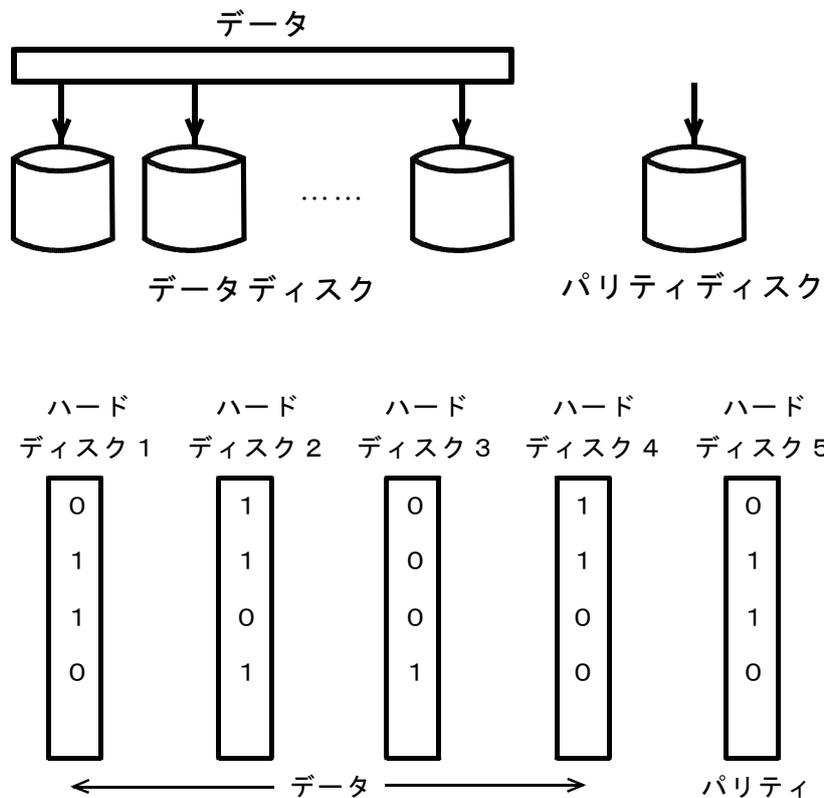


④ RAID 3

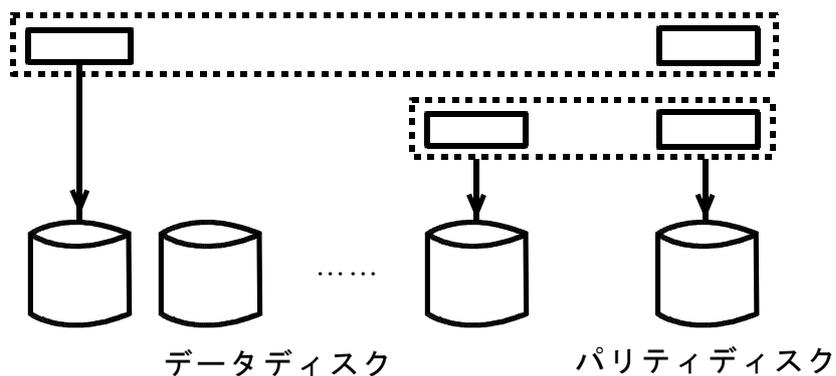
RAID 3は複数のハードディスクに対して1ビット単位でデータを分散書き込む方式である。効率の面から1バイト単位にストライピングし、1台のディスクを用いてエラー修正情報を記録する。ディスクコントローラのエラー検出機能を利用することにより、RAID 2のチェックディスクをグループごとに一つのパリティディスクとしたものである。エラー修正情報を記録するディスクをパリティドライブと呼び、エラー修正情報はパリティドライブ以外のディスクのビットデータから求める。エラー修正情報は、複数あるデータ記録ドライブのそれぞれ物理的に同じ位置にあるビットの排他的論理和を算出する。算出結果が0になるようにパリティビットを決める。

5台のディスクでRAID 3を構築した場合、4台のデータ記録ドライブからそれぞれ1ピ

ットずつ読み出し、この4ビットの排他的論理和の演算結果をパリティドライブに書き込む。1台のデータ記録ドライブが故障すると残りのデータ記録ドライブとパリティドライブを使って内容を復元できる。2台のディスクが同時に故障した場合、復旧不可能になる。ディスク読み出し性能は、ストライピングの効果により向上するが、書き込みはパリティを演算するため遅くなる。



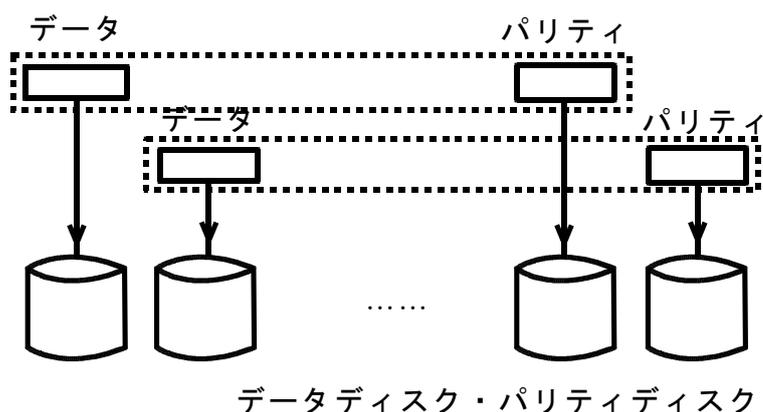
④ RAID 4



RAID 4はデータ転送をブロック(1~数セクタ)単位にし、RAID 3のようなバイト単位でデータをディスク間にインターリーブしない方式である。同期回転や複数同時アクセスの必要がない。

④ RAID5

RAID5はブロック単位でストライピングし、RAID3と同じ方法で誤り訂正コードを算出する方式である。誤り訂正コードはブロック単位で、複数のディスクに分散して記録する。2台以上のディスクが同時に故障した場合は復旧不能となる。小さいデータの更新にアクセスの並列性を活かすために、RAID4のデータとパリティをグループの全ディスクに分散させている。ストライピングの効果によってディスクの読み出しが速くなる上、誤り訂正コードによって耐障害性も向上する。耐障害性ではRAID1の方が優れているが、RAID5はRAID1よりは利用するハードディスクが少なくて済む。RAID5のシステムを構築する場合、専用のパリティ演算素子を搭載したインターフェースボードを利用することが多い。



③ 誤りの検出と訂正

① コンピュータの誤動作・誤処理の原因

- ㊦ ハードウェアの誤動作
- ㊧ 通信回線でデータを伝送中に発生する誤り
- ㊨ プログラムの論理エラーによって発生する誤り
- ㊩ データの誤入力によって生じる誤処理

② 誤り訂正符号(ECC)

㊦ ECCの考え方

ECCはデジタル情報の誤りを自動的に訂正できる符号で、通信回線やメモリ上のデジタル情報が雑音などで変化して誤りが発生しても、誤り訂正符号を使って情報を符号化してあれば、変化したビットを検出し正しく訂正できる。誤りを訂正するためには情報に冗長性を持たせる必要がある。情報nビットに検査のkビットを加えた形で、符号を形成する。検査のkビットを大きくとるほど、その符号の誤り訂正能力は高くなる。

① 誤り訂正符号の種類

誤り訂正符号にはランダム誤りに向いたハミング符号、BCH符号、バースト誤りに向いたFire符号、CRC符号などがあり、適用領域の誤り特性に合わせて符号を選ぶことになる。ECCによるエラー訂正機能をもったECCメモリやCPUがある。ECCメモリはメモリへの書込み・読出し時にエラーを検出した場合に、正しい値に訂正する機能を持ったメモリである。

③ バースト誤り

バースト誤りは連続した複数ビットが誤る状態をいう。各ビットの誤りに独立性があるランダム誤りと対比して使われる。磁気ディスク、磁気テープ、磁気ドラムなどの外部記憶装置では、記憶媒体の損傷や機械的動作のためバースト誤りが発生しやすい。交換回線を用いたデータ通信でも、交換機の雑音によりバースト誤りが生じることがある。バースト誤り対策として、バースト誤りを訂正できるFire符号などが使われる。

④ 主記憶装置の誤りの検出と訂正

主記憶装置にはデータのビット誤りがランダムに発生する。ハミングコードによる誤り訂正符号を付加して、1ビットの誤りの検出と自動訂正、2ビットの誤り検出を行う。

⑤ 補助記憶装置の誤りの検出と訂正

記憶媒体の傷によるバーストエラーが発生する。CRC方式によるエラーの検出と自動訂正を行う。

⑥ 磁気テープ装置の誤りの検出と訂正

テープ列方向のビット誤り検出に垂直パリティビットを付加する。トラック方向に生じるバーストエラーの検出にCRC方式を使用する。

④ ハミング符号

① ハミング符号とは

パリティビットを付加する方法では、受信者は誤りを検出することはできるが、訂正することはできない。ハミング符号を用いると、1ビットの誤りに対しては自動訂正が可能になり、2ビットの誤りに対しては検出は可能であるが自動訂正することはできない。

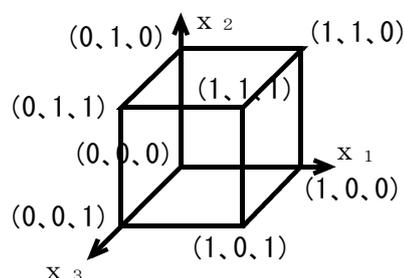
② ハミング距離

ハミング距離は、二つの数 $a_n a_{n-1} \dots a_1$ と $b_n b_{n-1} \dots b_1$ の距離を次の式で表す。符号を3ビット $x_3 x_2 x_1$ で表すと、原情報は000、111となる。この場合のハミングの距離は3となる。1ビットの伝送誤りは距離1の移動であるから、容易に正しい情報に戻すことができ

る。

$$d = \sum_{i=1}^n |a_i - b_i|$$

* この距離をハミングの距離という。



㉓ ハミング符号を用いた検査の考え方

$c_1 = x_1 \vee x_3$ 、 $c_2 = x_2 \vee x_3$ としたとき

- ㊦ c_1 と c_2 が誤りでなければ、ともに0になる。
- ㊧ 誤りであればいずれか、または両方とも1になる。

符号の誤り位置は次式で求めることができる。

$$p = c_2 \times 2 + c_1$$

x_3 が誤って伝送された場合

$c_1 = x_1 \vee \overline{x_1} = 1$ 、 $c_2 = x_2 \vee \overline{x_2} = 1$ となり、 $p = 3$ となり、右から3ビット目が誤りと判定される。 x_2 が誤りの場合、 $c_1 = 0$ 、 $c_2 = 1$ 、 $p = 2$ となり、 x_1 が誤りの場合、 $c_1 = 1$ 、 $c_2 = 0$ 、 $p = 1$ となり、誤りがない場合、 $p = 0$ となる。

㉔ 情報ビット4ビットに検査ビット3ビットを付加した検査

合計7ビットのうち、4ビットを情報ビットとして、残り3ビットをパリティビットとする。1ビット誤りの場合には、3つのパリティビットに対して3回検査すれば、誤りの検出と訂正が可能になる。

㉕ 誤り検出と訂正の検査要領

- ㊦ 7ビットを先頭から $x_1 x_2 \dots x_7$ として、情報ビットを x_3 、 x_5 、 x_6 、 x_7 に、検査ビットを x_1 、 x_2 、 x_4 に割り当てる。
- ㊧ 符号化時は次の右辺の式の値がすべて0になるように、検査ビット x_1 、 x_2 、 x_4 の値を決める。ここで、 $\text{mod}(n, 2)$ の値は、整数 n を2で割った余りとする。

$$q_4 = \text{mod}(x_4 + x_5 + x_6 + x_7, 2)$$

$$q_2 = \text{mod}(x_2 + x_3 + x_6 + x_7, 2)$$

$$q_1 = \text{mod}(x_1 + x_3 + x_5 + x_7, 2)$$

- ㊦ 復号時の $x_1 x_2 \dots x_7$ の値でこれらを計算して、 q_4, q_2, q_1 のすべてが 0 であるならば、誤りがない。もし少なくとも一つが 1 であれば、2 進数としてみた $q_4 q_2 q_1$ が誤っているビット位置 (x_i の i) を示す。

例題演習

RAID 1～5 の各構成は、何に基づいて区別されるか。

- ア 構成する磁気ディスク装置のアクセス性能
- イ コンピュータ本体とのインターフェースの違い
- ウ データ及び冗長ビットの記録方法と記録位置の組合せ
- エ 保証する信頼性の MTBF 値

解答解説

RAID に関する問題である。

RAID 1～5 の種類の区別は、ハードディスクの台数、書き込むデータの分散の仕方や、パリティビットの記録の方式、分散のさせ方、記録位置などによって区別される。データおよび冗長ビットの記録方法と記録位置の組み合わせで決まる。求める答えはウとなる。

例題演習

RAID に関する記述のうち、適切なものはどれか。

- ア RAID 2 は、複数の磁気ディスクにバイト単位でデータを書込み、更に、1 台の磁気ディスクにパリティを書き込む。
- イ RAID 3 は、複数の磁気ディスクに分散してデータを書込み、複数のチェックディスクにエラー訂正符号 (ECC) を書き込む。
- ウ RAID 4 は、ミラーディスクのことである。
- エ RAID 5 は、複数の磁気ディスクに分散してブロック単位でデータを書込み、更に、複数の磁気ディスクに分散してパリティを書き込む。

解答解説

RAID に関する問題である。

RAID 2 は、データをディスクグループごとにインタリーブして格納し、その ECC 符号をチェックディスクに書き込む。ハミング符号によるエラー訂正符号 (ECC) の考え方をディスクアレイに適用したものである。

RAID 3 は、複数のハードディスクに対して 1 ビット単位でデータを分散書き込みする方式で、効率の面から 1 バイト単位にストライピングし、1 台のディスクを用いてエラー修正情報を記録する。

RAID 4 は、データ転送をブロック (1～数セクタ) 単位にし、RAID 3 のようなバイト単位でデータをディスク間にインタリーブしない方式である。

RAID5は、ブロック単位でストライピングし、RAID3と同じ方法で誤り訂正コードを算出する方式である。誤り訂正コードはブロック単位で、複数のディスクに分散して記録する。2台以上のディスクが同時に故障した場合は復旧不可能となる。

アはRAID3、イはRAID2、ウはRAID1、エはRAID5である。求める答えはエとなる。

例題演習

並列にアクセス可能な複数台の磁気ディスクに、各ファイルのデータをセクタ単位で分散配置し、ファイルアクセスの高速化を図る手法はどれか。

- | | |
|---------------|--------------|
| ア ディスクアットワンス | イ ディスクキャッシュ |
| ウ ディスクストライピング | エ ディスクミラーリング |

解答解説

ディスクストライピングに関する問題である。

アのディスクアットワンスは、CD-Rの書き込みモードの1種で、1回の書き込みでCD全体に記録する方式である。CD-Rへの追記はできない。

イのディスクキャッシュは、パソコン本体と外部記憶装置との間のデータのやり取りを高速化するために設けた記憶装置である。

ウのディスクストライピングは、複数のハードディスクに並列に書き込んだり、読み出したりにして、アクセスの高速化を実現する手段である。求める答えはウとなる。

エのディスクミラーリングは、2台以上のハードディスクを使用し、それぞれに同時にデータを書き込み、一台が故障しても残りのハードディスクで正常なデータを提供することができる装置である。

例題演習

RAIDに関する記述のうち、適切なものはどれか。

- ア 1台のディスク装置で、ソフトウェアによって、磁気ディスクの信頼性の向上を図っている。
- イ ストライピングの技術を利用して、アクセスの高速化を図っている。
- ウ ディスクキャッシュの技術を利用して、磁気ディスクの信頼性の向上を図っている。
- エ ミラーリングの技術を利用して、アクセスの高速化を図っている。

解答解説

RAIDに関する問題である。

RAIDの各タイプの特徴

- ① RAID0は、データを複数のハードディスクに分割することにより、読み出し書き込み速度向上を図ったタイプで、ストライピングという。
- ② RAID1は、ミラーディスクで、ディスク数を倍にして、その半数をデータチェック用

に用いることにより、信頼性を向上させている。ディスクの使用効率は50%であり、転送速度も変化しないため、大容量、大規模構成になるとディスクの設置コストの負担が大きい。

- ③ RAID 2は、データをディスクグループごとにインタリーブして格納し、そのECC符号をチェックディスクに書き込む方式である。ハミング符号によるエラー訂正符号(ECC)の考え方をディスクアレイに適用したものである。
- ④ RAID 3は、複数のハードディスクに対して1バイト単位でデータを分散書き込み、1台のディスクを用いてエラー修正情報を記録する。
- ⑤ RAID 4は、データ転送をブロック単位にし、バイト単位でデータをディスク間にインタリーブしない方式である。
- ⑥ RAID 5は、ブロック単位でストライピングし、誤り訂正コードはブロック単位で、複数のディスクに分散して記録する方式である。

アは、ディスクは1台でなく、複数のディスクを使用する。

イのストライピング技術を利用してアクセスの高速化を実現するは適切な記述である。求める答えはイとなる。

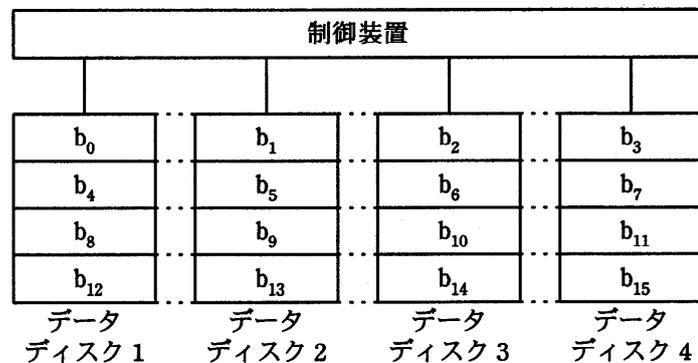
ウのディスクキャッシュ技術はアクセスの高速化の技術であり、信頼性向上ではない。

エのミラーリングの技術は信頼性の向上であって、アクセスの高速化ではない。

例題演習

図に示すように、データを細分化して複数台の磁気ディスクに格納することを何と呼ぶか。ここで、 $b_0 \sim b_{15}$ はデータがビットごとにデータディスクに格納される順番を示す。

- ア ストライピング
- イ ディスクキャッシュ
- ウ ブロック化
- エ ミラーリング



解答解説

RAIDに関する問題である。

アのストライピングは、データを分散してハードディスクに書き込む方式で、並列に処理するため読み出し／書き込み速度が向上する。求める答えはアとなる。

イのディスクキャッシュは、主記憶と補助記憶の間に設置し、データ処理の高速化を実現する。

ウのブロック化は、磁気ディスクなどの処理の高速化のために、複数のレコードをブロック化して物理レコードを作成することである。

エのミラーリングは、記憶装置にデータを書き込むときに同一内容を同時に別の記憶装置に書き込み信頼性の向上を図る方法である。

例題演習

4ビットのデータ $x_3x_5x_6x_7$ を記憶するとき、3ビットのチェックビット $P_1P_2P_4$ を付加し、7ビットのデータ $P_1P_2x_3P_4x_5x_6x_7$ とするハミングコードがあり、これは、1ビットの誤りならば訂正できる(誤りの検出は2ビットまで)ただし、 $P_1P_2P_4$ を次の三つの組合せが偶数パリティになるように設定する。

$$(P_1x_3x_5x_7) \quad (P_2x_3x_6x_7) \quad (P_4x_5x_6x_7)$$

4ビットのデータが1010の場合のチェックビットを付加したデータはどれか。

ア 1011010

イ 1111010

ウ 1010010

エ 0111010

解答解説

ハミングコードに関する問題である。

パリティビットを付加する方法では、受信者は誤りを検出することはできるが、訂正することはできない。ハミング符号を用いると、1ビットの誤りに対しては自動訂正が可能になり、2ビットの誤りに対しては検出は可能であるが自動訂正することはできない。

情報ビット4ビットに検査ビット3ビットを付加した7ビット符号の検査

合計7ビットのうち、4ビットを情報ビットとして、残り3ビットをパリティビットとする。

1ビット誤りの場合には、3つのパリティビットに対して3回検査すれば、誤りの検出と訂正が可能になる。

検査の要領

- ① 7ビットを先頭から $x_1x_2 \cdots x_7$ として、情報ビットを x_3, x_5, x_6, x_7 に、検査ビットを x_1, x_2, x_4 に割り当てる。
- ② 符号化時は次の右辺の式の値がすべて0になるように、検査ビット x_1, x_2, x_4 の値を決める。ここで、 $\text{mod}(n, 2)$ の値は、整数 n を2で割った余りとする。
$$q_4 = \text{mod}(x_4 + x_5 + x_6 + x_7, 2)$$
$$q_2 = \text{mod}(x_2 + x_3 + x_6 + x_7, 2)$$
$$q_1 = \text{mod}(x_1 + x_3 + x_5 + x_7, 2)$$
- ③ 復号時の $x_1x_2 \cdots x_7$ の値でこれらを計算して、 q_4, q_2, q_1 のすべてが0であるならば、誤りがない。もし少なくとも一つが1であれば、2進数としてみた $q_4q_2q_1$ が誤っているビット位置(x_i の i)を示す。

問題の内容から、 $x_3=1, x_5=0, x_6=1, x_7=0$ であるから、

$$P_1x_3x_5x_7 = P_1 \cdot 100 \text{となり、} P_1=1 \text{となる。}$$

$$P_2x_3x_6x_7 = P_2 \cdot 110 \text{となり、} P_2=0 \text{となる。}$$

$$P_4x_5x_6x_7 = P_4 \cdot 010 \text{となり、} P_4=1 \text{となる。}$$

チェックビットを付加したデータは 1011010となり、求める答えはアとなる。

① 光ディスク

① 光ディスクとは

光ディスクは、レーザー光を利用してデータの記録や読み出しを行う記憶媒体の総称である。

光ディスクは金属盤をプラスチックなどでコーティングした構造をしており、ディスク表面に設けられたピットと呼ばれる微細な凹凸によって情報が記録されている。その凹凸にレーザーを照射し、光の反射の変化を光信号として読み取るようになっている。トラックピッチと呼ばれる記録単位の間隔が狭いほど、記録密度が向上し、面積ごとに記録できるデータ容量が増える。トラック形状には同心円型と渦巻き型である

② 光ディスクの特徴と用途

光ディスクは、表面が硬質のプラスチックで覆われているため傷やほこりに強い。データの読み取りにレーザ光を使い、ヘッドが記憶面に直接触れないので摩耗しない。データ量が極めて多い画像処理データの記憶・保存や大容量のパッケージソフトウェア用の記憶媒体、マルチメディアデータの記憶媒体として利用される。

光ディスクには、音楽用のコンパクトディスク、画像処理用のCD-G、対話的に利用できるCD-I、CD-R、コンピュータの記憶媒体としてのCD-ROM、動画・音声を記憶できる大容量、高画質のDVDなどがある。

③ 光ディスクの規格

主な光ディスクの規格としては、CD、LD、PD、MD、MO、DVD、BDなどがある。このうちMDやMOは、読み取りにレーザー光を用いるので光ディスクの一種でもあるが、記録に磁気を用いるという特徴があるため特に光磁気ディスクとして分類されることが多い。

④ ディスクの種類

㊦ 再生専用型

再生専用型は再生のみ可能なものである。プラスチック基盤上の凹凸に半導体レーザー光を照射して、その反射光から記録されたデータを再生する。代表例にCD-ROMがある。

① 追記型

追記型は1度だけ書込が可能である。基盤上の蒸発層をレーザー光により、穴あけや結晶相の変化を起こして、データを記録する。再生はレーザー光の反射の変化状態を検出して行う。

㊧ 書換型

書換型は複数回の記録、再生が可能なものである。レーザー光による光磁気材料の磁化ある

いは光相変化材料の偏光により、データの記録再生を行う。代表例にMOがある。

⑥ データの記録単位(セッション)

㊦ セッションとは

セッションはCDにデータを記録する単位で、目次情報を含むリードイン、データ、終了データがあるリードアウトをまとめて一つのセッションと呼ぶ。複数のセッションが書き込まれたCDをマルチセッションと呼ぶ。マルチセッションは未使用の記憶領域を利用するために考案された方式である。

① トラック単位の記録

トラック単位の記録は、先にデータを書込み、リードインとリードアウトはライティングソフトでクローズ処理を行う。クローズ処理をせずにデータを追記している間は、リンクブロックというデータの継ぎ目を作成して、次に記録するデータの位置をCD-ROMドライブに明示する。このため複数に分けて記録しても、読出し時にはデータがひとまとまりとして見える。

㊧ セッション単位の記録

セッション単位の記録は、リードイン、データ、リードアウトの順で一気を書く。マルチセッションに対応していないCD-ROMドライブでは最初のセッションのデータしか読み出せず、追記したセッションのデータは読み出せないことになる。

㊨ マルチセッション方式

マルチセッション方式は、ディスクの先頭にリードインの未使用領域を残し、データを書込み、リードアウトでデータ終了処理を行った後に、ファイルアクセスのために使用するファイル管理テーブル(TOC)をリードイン領域に書き込む。データを追記した場合は、前回書き込んだリードアウト領域の直後に追記を示すリングブロックを書込み、リードインから書き込む。

② CD-ROM

㊰ CD-ROMとは

CD-ROMはオーディオ分野で利用していたCDを補助記憶装置として活用したもので、読出し専用のメモリROMである。順次アクセスと直接アクセスの両方が可能である。アクセス時間は磁気ディスクより遅い。プレス加工によって複製できるため原価が安価で、磁気ディスクの10倍以上の記憶密度がある。辞典や画像情報、大容量のソフトウェアの記録・販売に利用している。

⑥ CD-ROMの仕組み

㊦ 仕組み

表面に直径120nm以下の「ピット」とよぶ小さな窪みを付け、その窪みにレーザ光があたると反射が異なることを利用して、0と1の情報の区別をする。データ記録用のトラックは渦巻き状で線速度を一定にするためディスクの内周から外周に移動するにつれて、ディスクの回転数は遅くなる。

ディスクのフォーマットには、モード0～モード2の3種類が標準化されており、コンピュータのデータ用にはモード1が使用される。

① データの記録

データの記録は一定量の最小単位であるセクタにまとめて記録する。1セクタの容量は2352Bで、ユーザデータ領域は2048Bで、残りをエラー検出用コードやエラー訂正コードの領域に使用する。

㊦ その他の特徴

非接触で記録と再生ができるため摩耗に強く、寿命が長い。傷や埃にも強い。データを読み出す際にディスクの回転を制御する方法に、線速度一定のCLVと角速度一定のCAVの2種類がある。

⑦ CD-ROMドライブの読み出し速度

㊦ 読み出し速度

n倍速はオーディオ用CDと同じ回転速度であるドライブを標準速として、この基準に対して回転数が何倍であるかを表している。標準速のドライブは回転速度が最大530RPM、最低200RPMで、データの転送速度150Kバイト/秒で一定である。CD-ROMドライブは、デスクトップ用で48～60倍速、ノートパソコン用で12～24倍速が一般的である。

① 標準速ドライブの仕様

ディスク径 : 120mm
ディスク容量 : 640MB/面
データ転送速度 : 0.15MB/秒
アクセス時間 : 300～500ms
ディスク回転数 : 200～530RPM

③ CD-R、CD-RW

① CD-R

ア CD-Rとは

CD-Rは一度書き込んだデータは物理的には消去することはできない記録メディアである。ただし、追記記録が可能な記録方式を使うことで擬似的にデータの書き換えが行える。CD-Rメディアの物理仕様は、直径120mm、厚さ1.2mmであり、メディアに記録した音楽やデータは、大半のCDプレーヤーやCD-ROMドライブで再生や読出しが可能である。

イ CD-Rの特徴

音楽CDやCD-ROMなどを制作する際のテスト用に使ったり、数枚のメディアが欲しい場合にCDを安価に作れるメリットがある。CD-Rの書込みができるドライブを搭載するパソコンが一般化しており、個人でも業務でも幅広く使用されている。

ウ 記録の仕組み

ディスク記録層の有機色素をレーザー光で分解し、化学変化を起こしてレーザーの反射率を変化させることでピットに相当する状態を作り、データを記録する。

② CD-RW

ア CD-RWとは

CD-RWは直径120mmのディスクに、最大700MBのデータを繰り返し記録、消去できる記憶装置および記憶メディアの規格である。

専用のCD-RWドライブを使用することで、データの書込みや削除が行える。CD-ROMやCD-Rは、一度書き込んだデータは変更や削除が行えないが、CD-RWは可能となる。

このメディアは光の反射率がCD-ROMよりも低いため、従来のCD-ROMドライブでは読み出せない。読み出すためには、CD-RWドライブか、マルチリード型CD-ROMドライブが必要になる。

イ 書き込み速度

CD-RWには4倍速(等倍速は音楽CDの再生速度である150KB/秒)までに対応するメディアと、4~12倍速に対応するハイスピードCD-RW、更に、最近では16~24倍速に対応するウルtrasピード、32倍速のウルtrasピード+などの書き換えが可能な製品も登場している。

ウ 書き込みの仕組み

相変化記録方式という仕組みでデータを記録する。CD-RWメディアの記録層にはアモル

ファス素子が使用され、レーザ光の照射によって結晶化／非結晶化の2つの状態に変化する。この結晶／非結晶での反射率の違いを0と1に置き換えてデジタルデータとして記録する。

結晶状態を物理的に変化させるため、CDの書き換え回数には制限がある。一般的なCD-RWでは1000回程度の書き換えが可能である。相変化記録方式を使用したメディアには、DVD-RAM、DVD-RW、DVD+RW、CD-RW等がある。

④ CD-RおよびCD-RWの書込み方式

① パケットライティング方式

パケットライティング方式はデータを小さなパケットに分けて記録していく方式で、ディスクの未使用領域にファイル単位で何度でも追記できる。トラックアットワンス方式のようにリードイン、リードアウト情報を記録することがないため、追記したときにも記憶容量を効率よく使うことができる。

パケットライティング方式はパケット単位に書き込む方式を採用することによって、ハードディスクに対する操作と同じ操作でCD-R／CD-RWにファイルを書き込めるようにした方式であり、ドラッグアンドドロップ操作ができる。

ファイルフォーマットはUDF方式を使用する。UDF方式はWindows Me／2000、Mac OS 9以降で標準フォーマットに認定されている。

② トラックアットワンス方式

トラックアットワンス方式は、データを記録するときトラックごとに何度でも追記できる方式である。データをマルチセッション形式で記録したい場合には、トラックアットワンスで記録が可能なドライブが必要になる。現在では、ほとんどのCD-R／CD-RWドライブが対応済みである。

③ ディスクアットワンス方式

ディスクアットワンス方式は、データを記録するときディスクの中心部から外周に向かって一筆書きのように一度に書き込んでしまう方法である。書き込んだデータに継ぎ目がなく、音楽用のCDやCD-ROMと同じ構造のため、ほとんどのCDプレーヤーやCD-ROMドライブで再生可能である。ただし、データの追加記録することはできない。

④ データ記録方式の代表的な標準

① ISO9660

国際標準フォーマットである。パソコンのOSが異なっても、データを読み出せるようにする目的で設定された。Windows、Macintosh、Unixなどに対応できる。ファイルはディレクトリによって管理され、8層までのディレクトリ階層がある。ファイル名は、レベル1

は、英大文字と数字、アンダースコアに限定して、8文字以下+拡張子3文字以下、レベル2、レベル3は27文字以下+拡張子3文字以下の文字数で表現可能であるが、日本語は使用できない。

① Joliet

64文字までの長いファイル名が記録でき、Unicode を使用するため日本語が使用可能である。Windows で広く使われている。

② Romeo

128文字までの長いファイル名が扱えるが、日本語は使用できない。Windows システムのみで読み出し可能である。

③ UDF

DVD-ROM、DVD-RAM、DVD-Rが採用しているファイルシステムで、CD-UDFはCD-ROM用の規格である。CD-R、CD-RWのパケットライト記録で利用されている。

⑤ DVD

① DVDとは

DVDは、音楽用CDと同じ直径12cmの光ディスクに、動画や音声、テキストなどの大容量のデジタルデータが収録できるメディアである。

コンピューター用としては現行のCD-ROMを置き換える大容量規格としてDVD-ROMが開発され、CD-ROMとDVD-ROMの両方が再生可能なドライブを搭載したパソコンは1996年末に発売された。データ用としてはこのほかに、追記型のDVD-Rや、書き換えが可能なDVD-RAM、DVD-RW、DVD+RWなどがある。

② DVDの構造と規格

厚さ0.6mmのディスクを2枚貼り合わせた2層構造と、読み取りや書き込みに使用するレーザー光の波長を短くすることで大容量を実現している。基本となる片面1層方式ディスク(再生用)の容量は4.7GB、MPEG2の信号圧縮による映像を135分収録できる。

規格としては両面1層(9.4GB)、片面2層(8.5GB)、両面2層(17GB)などの方式がある。

③ DVDの仕組み

基盤にピットという窪みを形成してデータを記録する。ピットを小型化し、記録密度を上げることによって記録容量を上げている。レーザー光の当たる部分の面積はレーザー光の波長に比例するため、波長の短いレーザー光を使用すると、レーザー光の当たる部分が狭くなり、記録密度を

上げることができる。レーザ光の波長はCDが780nmに対して、DVDは650nmを使用している。

④ DVDの特徴

- ㊦ 約2時間の動画・音声データを記憶できる光ディスクである。
- ㊧ ディスクの外形は直径12cm、厚さ1.2mmである。
- ㊨ 記憶面は最大2層で、両面に記憶できる。
- ㊩ DVDプレイヤーで再生できる。
- ㊪ 記憶容量は、片面一層記録方式で4.7Gバイトである。
- ㊫ MPEG2の動画圧縮方式を用いる。

⑥ 光磁気ディスク(MO)とレーザディスク(LD)

㉑ MO

㊦ MOとは

MOはデータの読み書きにレーザー光と磁場を利用した書き換え可能型の補助記憶装置で、あらかじめ磁化されているディスク表面にレーザー光を当て、磁化の方向を変えることでデータを記録する。記録したデータの読み取りはディスク表面にレーザー光を当て、反射した光の偏光方向を検出することによって行う。

㊧ アクセス速度と容量

アクセス速度は読み書きともハードディスクよりは遅いが、書き込みを高速化したダイレクト・オーバーライト方式もある。直径が5.25インチ、3.5インチの2種類があり、記憶容量では128MB、230MB、640MB、1.3GB、2.3GBなどがある。

㊨ MOのキュリー点

MO膜は常温では磁化方向を変えない性質があり、温度が上昇すると磁化方向が変えやすくなる。この温度をキュリー点と呼ぶ。MOのキュリー点は200度程度であり、強いレーザー光を当て、キュリー点に達するまでMO膜を熱し記録する。

㊩ 記録の仕組み

記録の手順は初期化でディスクの磁化方向をそろえ、磁石の磁化方向を反転し、磁化した部分にレーザー光を当て、磁気パターンを記録する。データの書き換えも、書き換え部分の磁化方向をそろえてから、レーザー光を使用して部分的に磁化方向を変える。

㊦ 読み出しの仕組み

データの読み出しは記録時よりも弱いレーザー光を当て、MO膜の磁化方向により反射光が微妙に回転する性質を利用して、反射光を偏向フィルタに通して光の強弱を検出することで、データを読み取る

㉑ LD

映像・音声を記録する光学式ビデオ・ディスクで、映像と音声を記録したディスクにレーザー光を当てて、反射光でデータを読み出す。映像はアナログ信号で、音声はアナログまたはデジタル信号で記録する。メディアはCDに似た直径20cmまたは30cmの円盤で、信号が記録された薄膜が樹脂で保護されている。LDは再生専用であり、プレーヤーが高価なため普及しなかったが、高画質で繰り返し再生しても劣化しないため、現在でも根強いユーザがある。

㉒ CLVとCAV

㉒① CLVとCAV

㉒①① CLV

CLVはディスクなどに同じ記録密度でデータを読み書きする方式で、線速度一定である。ディスクの内周側を読み書きするときには回転数を速くし、外周側を読み書きするときには回転数を遅くする。回転するディスクと読み書きヘッドの相対速度が常に一定になる。CLV方式は記録容量の点では有利であるが、ディスク上のデータ記録位置によって回転速度を変化させる必要があり機構が複雑になる。機器の駆動に時間がかかり、アクセス速度が劣る。

㉒①② CAV

CAVはディスクを一定の速さで回転させる方式で、単位時間に回転する角度が一定になる。ハードディスクやMO、レーザーディスクで採用されている。回転制御が簡単なため、データ記録や読出しの際のアクセス速度を速くできる。しかし、回転速度が一定なので、ヘッドとディスクの相対速度が外周側が内周側よりも速くなる。外周側にいくほどデータの記録密度が低くなるため、記憶容量では不利になる。

㉒② ゾーンCAVとゾーンCLV

㉒②① ゾーンCAV

ゾーンCAVはCAVの一種で、CAV方式の弱点をカバーするために、データ記録領域を同心円上にいくつかのゾーンに分け、外周側のゾーンになるほどセクタ数を増やすことによって記憶容量を増加させている。外周側のゾーンほど読み書きが速くなる。230MB以上のMOやハードディスク、DVD-RAMに採用されている。

① ゾーンCLV

ゾーンCLVはCLVの一種で、CD-Rメディアへの記録に使われている。データ記録領域にチェックポイントを設け、ピックアップがチェックポイントに達すると速度を切り上げる。回転速度は一定以下に抑えられるので、高速回転時のレーザパワーの制御に有効な高速化手段になる。

③ パーシャルCAV

ディスクの内周側はCAV、外周側はCLV方式で読み出す方式であり、外周側ではヘッドの性能を超えない範囲でCLV方式に切り替える。

⑧ SDカード

① SDメモ리카ードとは

SDメモ리카ードは、小型でデータの書き換えが可能なメモ리카ードで、サイズは縦横は32mm×24mm、厚さは2.1mmである。SD、SDHC、SDXCなどの規格があり、それぞれ異なるファイルシステムが適用されている。CPRMと呼ばれる著作権保護技術が搭載されており、音楽配信システムなどで要求されるセキュリティレベルであるSDMI規格に準拠している。SDメモ리카ードを小型化した規格としてminiSDがあり、さらに小型化を推し進めた規格としてmicroSDがある。これらはSDメモ리카ードのサイズのアダプタを用いることでSDメモ리카ード対応のスロットでも用いることができる。SDメモ리카ードは、ファイルシステムの制約上、記録できるデータ容量の上限があり、SDカードは2GB、SDHCは32GB、SDXCは2TBとなっている。

② カードの種類、容量、ファイルシステム

SDメモ리카ードには、SD、SDHC、SDXCの3種類の規格がある。

SDカードの容量は128MBから2GBまでの範囲で、ファイルシステムにはFAT16を使用する。SDカードはSD、SDHC、SDXCをサポートしているすべてのホストのデバイスで動作する。

SDHCカードの容量は4GBから32GBまでの範囲で、ファイルシステムはFAT32を使用する。SDHCは、SDのみよみ取るホストデバイスとの下位互換性がない。2008年以降製造のほとんどのカードリーダーとホストデバイスはSDHC対応している。

SDXCカードの容量は64GBから2TBまでの範囲で、ファイルシステムはexFATを使用する。SDHCは、SDのみよみ取るホストデバイスとの下位互換性がない。2008年以降製造のほとんどのカードリーダーとホストデバイスはSDHC対応している。

③ SDカードのスピードクラス

SDメモ리카ードにはSDスピードクラスとUHSスピードクラスがある。いずれも、動画

撮影のように一定の速度でカードに書き込む際に必要な最低転送速度を、わかりやすくマークで表した規格のことである。このマークには最低転送速度が数字で示されており、数字が大きいくほど転送速度が速くなる。どの機器にどのカードを使用してよいかわからない場合は、ご使用の機器のスピードクラスを確認した上で、そのスピードクラスに対応したカードを選ぶよい。

SDスピードクラスは次のようになる。

- ㊶ クラス2 読み書き時のデータ転送速度が最低2MB/秒
- ㊷ クラス4 読み書き時のデータ転送速度が最低4MB/秒
- ㊸ クラス6 読み書き時のデータ転送速度が最低6MB/秒
- ㊹ クラス10 読み書き時のデータ転送速度が最低10MB/秒

㊸ UHSスピードクラス

UHSはSDHCメモリカード/SDXCメモリカードで利用できるUHSインターフェースのことであり、対応機器で使用すれば高速のパフォーマンスが得られる。UHS-IとUHS-IIの2種類があり、理論値はUHS-Iで最大104MB/秒、UHS-IIで最大312MB/秒のデータ転送が規格化されている。最低限の書き込み速度を保証するUHSスピードクラスには、最低保証速度10MB/秒のUHSスピードクラス1と最低保証速度30MB/秒のUHSスピードクラス3がある。カードと使用機器の両方が、UHSスピードクラスに対応している場合に利用できるが、どちらかが対応していない場合には、SDスピードクラスが適応される。

㊹ 著作権保護機能

SDカードは著作権保護機能CPRM技術で不正コピーを防いでいるため、著作権保護のデータを扱うには、著作権保護に対応した機器を使用する必要がある。SDカードは、通常のアプリケーションからはアクセスできない認証領域（プロテクト領域）を設け、そこで著作権情報を管理することによりコンテンツを保護している。携帯音楽プレイヤーなどがこの機能を使用している。

パソコンにダウンロードした著作権付の音楽データをSDカードに保管する場合、音楽データに付随する著作権情報をカードがもつ固有の鍵を使って暗号化する。同時に、音楽データはその著作権情報と鍵を使って暗号化される。暗号化された著作権情報はカードのプロテクト領域に保存される。この領域は著作権付の音楽データを再生する際に使用する専用ソフトがなければアクセスできない領域である。

カードに保存した音楽を再生する場合は、カードとパソコンが相互に正規のものであることを認証した後、プロテクト領域に格納された著作権情報とカードに固有の鍵を使って、データを復号する。暗号化されたデータ自体は他のカードにコピーすることはできるが、プロテクト領域に格納された著作権情報はコピーできないため著作権が守られることになる。

例題演習

CD-Rのデータ記録方法として、適切なものはどれか。

- ア 磁化されているディスクの記録膜にレーザー光を当てて熱し、磁気ヘッドで磁化の方向を変化させて記録する。
- イ ディスクに塗布した磁性体の磁化の方向を、磁気ヘッドによって変化させて記録する。
- ウ ディスクをはり合わせた2層構造をもち、レーザー光で記録層を相変化させて記録する。
- エ 有機色素が塗られたディスクにレーザー光を当て、有機色素の層にピットと呼ばれる焦げ跡を作って記録する。

解答解説

CD-Rに関する問題である。

CD-Rは、有機色素を使った記録層に、強いレーザー光を当てて変質させ、ピットを作成し、データを記録する。一度書き込まれたデータを削除、変更することはできない。

磁気ディスクは、円盤状のディスクの表面に磁性体を塗布したもので、磁気ヘッドを用いて磁性体に磁極を与えることでデータを記録する。

DVD-RWは、ディスクを貼り合わせた2層構造で、レーザー光の相変化を利用して記録する。

光磁気ディスク(MO)は、データの読み書きにレーザー光と磁場を利用した書き換え可能型の補助記憶装置で、あらかじめ磁化されているディスク表面にレーザー光を当て、磁化の方向を変えることでデータを記録する。

アは光磁気ディスク(MO)、イは磁気ディスク、ウはDVD-RW、エはCD-Rである。求める答えはエとなる。

例題演習

記録媒体の記録層として有機色素を使い、レーザー光によってピットと呼ばれる焦げ跡を作ってデータを記録する光ディスクはどれか。

- ア CD-R
- イ CD-RW
- ウ DVD-RAM
- エ DVD-ROM

解答解説

CD-Rに関する問題である。

アのCD-Rは、記録媒体の記録層として有機色素を使い、レーザー光によってピットと呼ばれる焦げ跡を作ってデータを記録するディスクであり、1回だけデータの書き込みが可能である。記憶容量は650~700Mバイト、データを書き込んだ部分は上書きはできないが追記はできる特徴がある。求める答えはアとなる。

イのCD-RWは、データを繰り返し記録、消去できる記憶メディアであり、相変化記録方式という仕組みでデータを記録する。

ウのDVD-RAMは、片面4.7Gバイトのデータを記録できる大容量記憶メディアであり、

相変化記録方式を使用している。

エのCD-ROMは、ディスクの表面に1 μ m以下の小さな窪みをつけ、その窪みにレーザー光が当たると窪みのあるところとないところで反射が異なることを利用して0と1を判断する記録方式である。

例題演習

DVDに関する記述のうち、適切なものはどれか。

- ア CD-ROM装置で読取り可能である。
- イ 片面2層記録方式の場合、最大記憶容量はCD-ROMの約4倍である。
- ウ 再生専用型、追記型、書換え型の3種類がある。
- エ データの記録には、光と磁気を併用する。

例題解説

DVDに関する問題である。

アのCD-ROM装置では読み取れない。DVD装置でCDを読み取ることは可能である。

イは片面2層式で最大記録容量は、9.4GBで、CD-ROMの約10倍になる。

ウの再生専用型、追記型、書換え型の3種類があるはDVDに関する記述で正しい。求める答えはウとなる。

エのデータの記録にはレーザーを利用する。磁気は使用しない。

例題演習

DVDの大容量化を可能にしている理由のうち、適切なものはどれか。

- ア 磁気ヘッドの磁化強度を複数もつ。
- イ 磁気ヘッドの磁化方向を複数もつ。
- ウ レーザ光線の光度が強い。
- エ レーザ光線の波長が短い。

解答解説

DVDに関する問題である。

DVDは、厚さ0.6mmのディスクを2枚貼り合わせた2層構造と、読み取りや書き込みに使用するレーザー光の波長を短くすることで大容量を実現している。基本となる片面1層方式ディスク(再生用)の容量は4.7GB、MPEG2の信号圧縮による映像を135分収録できる。このほか、規格としては両面1層(9.4GB)、片面2層(8.5GB)、両面2層(17GB)などの方式がある。求める答えはエとなる。

① 入出力制御方式

① 直接制御方式

直接制御方式はCPUがプログラムに従って、直接入出力装置を制御して入出力を行う方式で、低レベルのコンピュータで行っている方式である。CPUを経由して行うのでデータ転送速度、転送量ともに小さい。入出力中、他のプログラムはCPUの使用が不能となる。

② DMA

直接メモリアクセス方式(DMA)はパソコンなどの低レベルのコンピュータが行う主記憶と入出力装置間の高速転送方式で、DMA要求を入力すると、システムバスを断線状態にし、主記憶と周辺装置間で高速転送を行う。システムバスを2重化しておくこと、DMAを行っているときも、CPUは動作可能状態にできる。

③ 入出力チャンネル方式

CPUと入出力装置が完全に並行処理が行えるようにしたのが入出力チャンネル方式である。DMA方式の高機能化したもので、汎用コンピュータで使用される。チャンネルは主記憶装置と入出力装置の間でデータ転送を行う小型の専用コンピュータである。

④ 入出力チャンネルの種類

① マルチプレクサモード

マルチプレクサモードはチャンネルに接続した複数の入出力装置を時分割で切り替えてデータ転送する。バイトマルチプレクサチャンネルは、マルチプレクサモードで動作する。コンソール装置やプリンタ装置などの低速入出力装置を制御する。

② バーストモード

バーストモードは1単位のデータ転送が完了するまでチャンネルを占有し、他の装置は使用できない方式である。セクタチャンネルはバーストモードで動作するチャンネルである。磁気テープや磁気ディスク装置などの高速入出力装置を制御する。ブロックマルチプレクサチャンネルはチャンネルを時分割して使用する。バーストモードでデータ転送を行う。

磁気ディスク装置のシーク時間や回転待ち時間などのチャンネルの空き時間を他の装置の制御に使用する。

② 割込

① 割込とは

割込は命令の実行順序を強制的に、動的に変える手段である。割込が発生すると、割込の要因に応じて、割込処理プログラムの実行が開始される。処理の中断の原因となる要因を、割込要因という。

② 割込の必要理由

- ㊦ プログラムに記述していないあるいは記述できない不測の事態に対処する。
- ㊧ ハードウェアやプログラムの本来の機能以外の異常、エラー、例外などの動作を検知し、対処する。
- ㊨ ハードウェア機構と基本ソフトウェアの通信手段を与える。
- ㊩ 共用ハードウェア資源のプロセッサやメモリなどの利用要求の競合を解決し、それらの効率的な利用を図る。
- ㊪ 互いに非同期動作している資源を通信などのためにあるタイミングで同期させる。プロセッサと入出力装置、ネットワークとプロセッサなどの同期に使用する。

③ 割込要因

㊦ 入出力割込

入出力動作の終了により該当チャンネルから入出力動作が完了したという信号や入出力処理の異常の発生によって起こる割込である。プログラムやデータの入出力処理の終了時に起こる割込で、コンピュータ外部のデバイスからの要求により発生する。

㊧ タイマ割込

ある時間が経過した時点で発生する割込である。TSSでは、数十ミリ秒ごとにタイマ割込を発生させ、各端末装置にCPU時間を割り当てる。割込時間に従って、実行中のタスクを実行可能状態にしたり、実行可能状態のタスクを実行状態にする。

㊨ 監視プログラムコール

監視プログラムに対して、処理プログラムから要求する割込である。入出力要求、プログラムの完了に伴う次のプログラムの実行要請などに用いる。

㊩ プログラム割込

プログラムの実行中の誤りが原因の割込である。演算処理において、桁あふれや0による除算などが原因となって発生する割込である。

㊦ 機械チェック割込

電源異常やハードウェアのトラブルなどコンピュータシステムの異常によって発生する割込である。この割込は緊急度が高いために割込禁止不可にし、電源異常が発生した時などは他のすべての処理を中止する。

㊧ 割込処理の優先レベル

- ㊦ 緊急処理に必要なハードウェア的割込
- ㊩ ソフトウェア的割込で、マシン命令に同期していない割込
- ㊪ 命令実行例外やメモリアクセス例外などのマシン命令に同期する割込
- ㊫ 迅速な処理が必要な高速入出力装置からの入出力割込
- ㊬ 低速入出力装置からの割込
- ㊭ ユーザプロセスなどが起こす内部割込

㊮ 内部割込

マシン命令に関係する割込で、割込の発生が暗黙的なものと明示的なものがある。

㊮ 暗黙的な割込

暗黙的なものはマシン命令の実行に伴って生じる割込で、ページフォルトなどのメモリアクセス例外や命令実行例外はマシン命令の機能として明示されていないものである。命令実行例外はOSしか実行することが許されていない特殊な命令をユーザが実行することによるアクセス権違反で、未定義あるいは不正なOPコード使用、アドレス境界違反やゼロ除算、オーパフロー／アンダフローなどの演算例外などがある。

㊮ 明示的な割込

スーパーバイザーコールなどのシステムコールは明示的なものである。

㊯ 割り込み制御の流れ

- ㊮ プログラムの命令を一つ実行する。
- ㊩ 割込の要求が発生しているかを調べに行く。
- ㊪ 割込の要求が発生している場合、その割込の原因を調べる。
- ㊫ 割込が成立した場合は、現在実行中のプログラムを中断し、再開に必要な情報をメモリに退避する。
- ㊬ 割込原因に対する割込処理プログラムを実行する。
- ㊭ 割込処理が終了すると、中断したプログラムの退避した情報を復帰させ、中断したプログラムを再開する。

③ 入出力インタフェース

① 外部インタフェース

① 外部インタフェースとは

マイコンと周辺装置を接続するためのインタフェースを外部バスインタフェースとよぶ。マイコンやパソコン、ワークステーションの世界では、チャンネルに代わるものとしてさまざまな外部インタフェースが使用されている。

② 外部インタフェースの種類

I D E、A T A、エンハンスト I D E、S C S I、R S-232 C、R S-422、G P-I B、セントロニクス、U S Bなどがある。

② R S-232 C

R S-232 Cはコンピュータとモデムをつなぎ、コンピュータの入出力データを電話回線で送受信するための装置である。出力信号を電話回線の信号に変換したり、逆の変換を行う。

このインタフェースはシリアル転送方式で、通信速度の上限は115.2kbps、ケーブル長の最大は15m、通信形態は全二重、半二重がある。機械的仕様、電気的仕様、信号線仕様等が細かく決められている。R S-422は通信速度の高度化やケーブル長の延長に対応するもので、通信速度の上限は10Mbps、最大ケーブル長は1.2kmまでとなっている。

③ S C S I

S C S Iはパラレル転送のインタフェースで、パソコンやワークステーションなどの小型のコンピュータ用のインタフェースである。S C S I-1、S C S I-2、F A S T S C S I、W I D E S C S Iなどの規格がある。F A S T S C S I-2はデータ転送幅が8ビット、最大転送速度10Mbps、W I D E S C S I-2はデータ転送幅が16ビット、最大転送速度20Mbps、接続できる機器の台数は16台である。S C S I-3は、パラレル転送とシリアル転送を取り入れた規格で、U l t r a S C S IやW i d e U l t r a S C S Iなどがある。外付け型のハードディスク装置、C D-R O M、M O、イメージスキャナなどの装置の接続に利用する。接続はディジーチェーン方式で最大8台まで接続可能である。コンピュータの本体もこの台数の中に含まれる。芋づる式に接続された各装置にアドレスが割り当てられ、そのアドレスによってデータ転送の優先順位が決められる。

④ シリアルA T A

シリアルA T Aは内蔵のハードディスクやC D-R O Mドライブを接続するインタフェースの規格で、A T A仕様で採用されていたパラレル転送方式をシリアル転送方式に変更したものである。シンプルなケーブルで高速な転送速度を実現する。パラレル方式のA T A規格とのハードウェア上の互換性はない。パラレル方式の最高転送速度は133M B / sで、これ以上の高速化は難しい。シリアルA T Aの最初の規格の転送速度は150M B / sで、更に、300M B / sに

引き上げられ、現在は600MB/sが実現している。ホストコントローラとドライブが1対1でデータをやり取りするポイントツーポイントインタフェースであり、1チャンネル1デバイスで、マスタ/スレーブの区別がなく、処理時のオーバヘッドが減少する。ポートマルチプライヤを使用しポート数を拡張して、デバイス数を15まで増加させることができる。また、SASとの双方向互換性はなく、ホットスワップ対応である。

④ GP-IB

GP-IBは、計測機器の制御用に使用されるインタフェースであり、8ビットパラレル転送、双方向の転送が可能で、ディジーチェーン接続も可能で最大15台まで接続できる。コネクタは24ピンで構成される。この規格はIEEE488によって公的な規格となっている。

⑤ IEEE1284

IEEE1284はパラレルポート用インタフェース規格で、パソコンではプリンター用インタフェースの規格としてほとんどの機種が採用している。セントロニクスとの互換性を確保しながら高速化のためにいくつかのデータ転送モードを持ち、転送速度は150Kbps～8Mbpsで、データ転送モードには、セントロニクス互換モード、ニブルモード、バイトモード、ECPモード、EPPモードの5通りがある。パソコンとプリンター間の双方向通信が可能になり、プリンターが内蔵しているフォント名や用紙の種類、稼働状態などの情報をパソコンが取得することができる。双方向通信が可能のためスキャナーにも使用する。

⑥ IEEE1394

IEEE1394はパソコンと周辺機器を結ぶシリアルインタフェース規格で、1995年にIEEE（米国電気電子技術者協会）が仕様を採択した。USBインタフェースよりもデータ転送速度が速く、拡張性に富むなどの特徴を備える。データ転送速度として、100Mbps、200Mbps、400MbpsがIEEE1394-1995として規格化されている。データ転送には、リアルタイムに転送する必要がある音や映像などに適したアイソクロナス（等時性；isochronous）転送方式を採用しているほか、非同期転送方式やブロードキャスト転送方式などをサポートしている。IEEE1394では個々の機器をノードと呼ぶ。最大63ノードまでの接続が可能で、電源を入れたままで機器を抜き差しできるホットプラグやプラグ・アンド・プレイに対応する。パソコンの周辺機器以外にデジタルビデオカメラやオーディオ製品などの家電機器も接続の対象となる。ディジーチェーンやツリー構造での接続が可能である。USBと異なりホストとなるパソコンがなくても使える。例えばデジタルカメラからプリンターへIEEE1394で直接データを転送して、印刷できる。

⑦ IrDAとIrDAControl

⑦ IrDAとは

IrDAは赤外線を使ってデータを転送するための通信規格で、通信時にケーブルを接続する必要がないので、ノートパソコンからデスクトップパソコンやプリンターなどに無線で

データを送ることができる。ノートパソコン、携帯電話、デジタルカメラなどに搭載されている。

① IrDAの規格

IrDAにはいくつかの規格があり、データ転送速度や通信距離などが異なる。IrDA1.0はデータ転送速度2400bps~115.2kbps、最長通信距離1mである。IrDA1.1はデータ転送速度は最大4Mbpsとなった。

1998年にはIrDAControlが制定された。これは最大8個の入力機器と通信でき、通信距離は最大8mまで、データ転送速度は最大75kbpsとなる。IrTran-PIはIrDA1.1を用いてデジタルカメラなどから静止画像を送るための通信プロトコルであり、IrMCは携帯電話やPHSとパソコンなどの情報機器間とデータ通信をするためのプロトコルである。

② IrDAControl

IrDAControlはIrDAが1m程度の通信距離、1対1の機器間で高速通信を行う規格であったのに対して、最大8mの通信距離を実現している。通信速度は75kbpsである。1つのホストが同時に最大8台のデバイスと双方向で無線通信できる。キーボードやマウス、ゲームのジョイスティックをワイヤレスで接続したり、携帯端末を使ってテレビやエアコンなど家電のリモートコントロール、機器間でのデータ通信などが用途のターゲットである。

① Bluetooth

Bluetoothはノートパソコンとデジタル携帯電話、携帯情報端末などを無線で結ぶための通信規格で、1998年5月にスウェーデンのエリクソン、米IBM、米インテル、フィンランドのノキア、東芝の5社が中心になって規格策定を発表した。無線通信に2.4GHzの電波を使う。通信距離は10m、最大データ転送速度は1Mbps（実行速度は721kbps）である。指向性があり、使い勝手が悪かった赤外線通信に代わる技術として期待されている。例えば、携帯電話をカバンに入れたまま、携帯端末やノートパソコンから電子メールを送受信するといった使い方ができる。

① 入出力装置の接続法

入出力装置の接続方式は、ディジーチェーン方式とスター方式がある。ディジーチェーン方式は、チャンネルと複数の入出力装置を共通バスで芋づる式に接続する方式であり、スター方式はチャンネルまたはハブと各入出力装置を別々に接続する方式である。

② HDMI、DVI

① HDMI

HDMIは、デジタル家電で映像や音声などを伝送するインターフェースの1種で、パソコンとディスプレイの接続インターフェースであるDVIに、音声の入出力やコンテンツの著作権保護などを付け加えたものである。主にチューナーやデジタルレコーダーなどと、テレ

ビとの間を接続するために用いられる。映像と音声を1本のケーブルで伝送するため、ケーブルの取り回しが容易になる。データを非圧縮で伝送するため、デコーダー用のハードやソフトが不要な点も特徴である。

① D V I

D V I - I は、コンピュータとディスプレイを接続するインターフェース規格の一種で、デジタル信号とアナログ信号の両方に対応している規格のことである。デジタル用の24ピンにアナログ用の5ピンを加えた、合計29本のピンから構成されている。シリアル転送方式を用いてデジタル信号をデジタルのまま転送できるという特徴がある。このため、デジタル出入力に対応している機器同士の間では画質の劣化が発生せず、アナログ信号に変換する装置を省くことができる。アナログ出入力にも対応しているため、アナログRGB端子で接続するCRTディスプレイなどに接続することもできるようになっている。

④ U S B

① U S B とは

U S B は、ホスト機器にさまざまな周辺機器を接続するためのバス規格であり、パーソナルコンピュータ周辺機器において、最も普及した汎用インターフェース規格である。接続が簡単で部品コストが安く、電源を入れたままで接続できるホット・プラグ・インとプラグ・アンド・プレイに対応しており、1台のパソコンを中心としたツリー構造を用いて接続できる。ハブ同士はディジーチェーン方式に接続できる。最大127デバイスまでの接続が可能である。

キーボードやマウス、スキャナー、モデムなどを1つのインターフェースで接続でき、各デバイスはホストを通じて管理される。デバイス同士でデータをやり取りすることはできない。

② U S B 2 . 0

データ転送速度は、U S B 1 . 1 が最高12Mbpsであったのに対し、U S B 2 . 0 には、最高480Mbpsという高速モードが追加されている。このため、U S B 2 . 0 のもとでは、U S B 1 . 1 において低速であったCD-Rへの書き込みやHDDへのアクセスなどを高速に実行することができるようになっている。U S B 2 . 0 は、U S B 1 . 1 と互換性があり、U S B 1 . 1 準拠の周辺機器をそのまま使用することができる。接続環境によって、U S B 2 . 0 のHI SPEEDで動作できない場合は、LOW SPEED、または、FULL SPEEDに自動的に切り替えて、データの通信を行うことができるようになっている。

③ U S B 3 . 0

U S B 3 . 0 は、情報機器と周辺機器を接続するためのバス規格であるU S B 規格の最新規格で、周辺機器の高速化などの各種技術の進歩に伴いデータの高速伝送が求められ、U S B 2 . 0 の10倍以上の性能を実現している。

U S B 3 . 0 の最高データ転送速度は5.0Gbpsで、U S B 3 のポートは端子が青くなっており、

SSという文字が刻印されている。USB 3に対応した機器をパソコン側のUSB 3のポートに接続した時にはじめて USB 3の速度がでる。USB 3のメモリを従来のUSB 2のポートに接続しても速度の上限は USB 2になり、USB 2のメモリをパソコン側のUSB 3のポートに接続しても速度の上限はUSB 2になる。

USB 3.1ではデータ転送速度が最高10Gbpsと、USB 3.0の2倍に高速化されている。HD動画のデータも遅滞なくスムーズに視聴できるレベルとなる。USBバスパワーによって供給できる電力は最大5アンペアと大幅に強化されている。USB 3.1のコネクタおよびポートの形状は新たにUSB-Cと呼ばれる小型でリバーシブルなデザインが導入されている。モバイルデバイスの小型化に寄与する省サイズ設計であり、裏表の区別がないため指し直しの手間が省かれる。

④ USB Type C

USB-Type Cは、USB 3.1規格において導入されるUSBコネクタおよびUSBポートの形状である。コネクタ形状に表裏の区別がなく、コネクタもポートも共にきわめて省サイズとなっている点などを特徴とする。

USBコネクタは形状によってタイプAやタイプCといった記号で区分されている。最初に登場した形状がUSB Aである。USB 1.0やUSB 3.1といった数字による区分はUSBの規格そのものを指しており、形状の区分とは別途に扱われる。2015年に発表された新型MacBookでは、外部接続用のポートがUSB-Cポート1個しか搭載しておらず、このUSB-Cポートだけでデータ転送、ビデオ出力、充電まで全てまかなうというコンセプトを提示したことで注目を集めた。

⑤ 各世代の転送速度比較

USBの比較

規格名	仕様発行日	最大データ転送速度	最大伝送距離	給電能力 (5V)
USB 1.0	1996年1月	12 Mbit/s		--
USB 1.1	1998年9月	12 Mbit/s		--
USB 2.0	2000年4月	480 Mbit/s	5m	500 mA
USB 3.0	2008年11月	5 Gbit/s (Gen 1)	3m	900 mA
USB 3.1	2013年8月	10 Gbit/s (Gen 2)		1000 mA
USB 3.2	2017年9月25日	20 Gbit/s (Gen 2x2)		

⑥ 転送モード

㊦ コントロール転送

コントロール転送はデバイスの設定・制御のための転送である。デバイスの認識などには

コントロール転送を用いる。

① インタラプト転送

インタラプト転送は一定間隔でデータを転送するためのもので、キーボードやマウスなどに使われる。ホストからの一定間隔のポーリングにより実現される。

② バルク転送

バルク転送は比較的まとまった量のデータを非周期的に転送するためのもので、エラー訂正が可能な転送に用いられる。補助記憶装置やイメージスキャナなどデータ転送に用いられる。

③ アイソクロナス転送

アイソクロナス転送は、音や映像などのリアルタイムで送るデータ転送に用い、連続的周期的なデータ転送を行う。再送がないため確実性は保証されない。ビデオや音響機器の入出力などに使用される。

④ U S B On-The-Go

U S B On-The-Goとは、U S B 2.0の規格が拡張された仕様で、パソコンを通じることなくU S B機器どうしを直接に接続することを可能とする技術の規格のことである。各デバイスがパソコンを通じて管理される必要があるという弱点が改良されたもので、デジタルカメラや携帯電話からプリンターへと直接画像データを転送したり、あるいはP D Aにキーボードを接続したりという利用法が可能となる。

⑤ 転送速度モード

⑦ Low-Speed (L Sモード)

Low-Speedは、1.5Mbpsの転送速度で、キーボードやマウスなど、高速な通信が必要ない周辺機器に用いる。

⑧ Full-Speed (F Sモード)

Full-Speedは、12Mbpsの転送速度で、イメージスキャナーやプリンターなど、通信速度が要求される周辺機器に用いる。U S B 1.1まではこの速度が最大であり、G5 Laser Mouse等、ロジケールの一部のマウスでも用いられている。

⑨ High-Speed (H Sモード)

High-Speedは、480Mbpsの転送速度で、大容量ストレージなどを実用的な速度で扱える。U S B 2.0で新設された。

㊦ SuperSpeed (SSモード)

SuperSpeedは、5 Gbpsの転送速度で、SSDなどの高速デバイスを扱える。USB3.0で新設され、Gen 1が5 Gbpsの転送速度で、USB3.2の仕様書ではGen 1x1と呼んでいる。

㊧ SuperSpeedPlus (SS+モード)

SuperSpeedPlusは、10G、20Gbpsの転送速度で、600MB/秒以上のSSD等高速デバイスを扱える。USB3.1で新設され、USB3.2では2レーンが使えるようになりGen 1x2, Gen 2x1, Gen 2x2の3種類となり、Gen 2x2は20Gビット/秒の転送速度となった。

㊨ 端子/コネクタ

㊦ USBコネクタ

USB規格が生まれる以前には、パソコンにプリンタ、モデム・T A、マウス・キーボードなどを接続するために多数のポートが使用されていた。また、パソコンの電源が入ってから切るまで、接続したままにしておかなければならないという制約があった。それらの多数の規格を統一して1つのポートで運用できるようにしたのが、USBという規格である。USB規格の採用により、パソコン本体の電源を入れている最中でもケーブルを抜き挿しできるホットプラグや、機器の動作に必要な電源をパソコンから得られること、USBハブを介して多数の機器を接続できることなどの多くの利点を得られている。

㊩ USBコネクタの種類

USBコネクタには、パソコン側に接続する標準的なUSBコネクタであるUSB Type A、プリンタやスキャナなどパソコン周辺機器側に接続するUSB Type B、USB3.1で制定された新規格の端子で、転送速度40GbpsのUSB Type Cがある。

Androidスマートフォンやタブレットなどで多く採用されている小型のUSB端子で、Mini USBをさらに小型化した、Micro USB Type Bがある。より薄くて抜けにくく、丈夫で、抜き挿しの耐久性が強い特徴がある。

Mini USB Type Bは、ミニ版の端子で、主にデジタルカメラなどの接続に使われる。Micro USBが標準化されてからはあまり主要な端子ではなくなった。

㊪ USBコネクタの形状



USB2.0のコネクタ形状は図に示すType A、Type Bの形式で、ケーブルの芯数は4であり、中のコネクタの絶縁体部の色が白また黒色である。

USB3.0のコネクタ形状は図に示すType A、Type Bの形式で、コネクタの絶縁体部の色は青色である。ケーブル芯の配置はUSB3.0は上下2段になっており、下段にUSB2.0の信号を受ける芯が4本、上段にUSB3.0の信号を受ける芯が5本入った構造になっている。

㊦ USB Type C

USB Type Cは、USBの次世代規格USB3.1で制定された新しいコネクタ規格である。MacBookにUSB Type Cポートが搭載され、最近ではZenBookやLIFEBOOKなどのノートパソコンや、XperiaなどのスマートフォンもUSB Type Cに移行してきている。将来的には、USB Type Cはパソコンやタブレット、スマートフォンなどのコネクタがUSB Type Cに統一され、機能面の大きな向上が期待できる。

USB3.1のコネクタ形状は図に示すType Cの形式で、最大の特徴はコネクタ部分がリバーシブルになっていることである。上下の区別がないため、差し込み方向が間違っていらいらすることが無くなっている。



㊦ USB Type Cの特徴

- ① 上下・左右の区別がなく、シンメトリーなデザインのコネクタである。
- ② ホスト側もデバイス側も同じType Cコネクタを使用する。
- ③ マイクロUSBと同等サイズのコンパクトデザインである。
- ④ 電源供給も映像出力も1本のケーブルで可能である。
- ⑤ USB Type Cコネクタを持つ機器はこれまでのUSBコネクタを搭載した機器とも問題なく接続することができる。

例題演習

USBの特徴に関する記述として、適切なものはどれか。

- ア 音声や映像など、リアルタイム性の必要なデータ転送に適した高速な転送方式を採用している。デイジーチェーンやツリー構造での接続が可能で、ホストとなるパソコンがなくても接続できる。
- イ 周辺機器はホストとなるパソコンを通じて接続される。複数のデータ転送モードがあり、一般にプリンタやスキャナはフルスピードモードで、キーボードやマウスはロースピードモードで使用される。
- ウ シリアルインタフェースであり、元来はモデムを接続する規格であったが、パソコンと周辺機器を接続することにも使われる。
- エ パソコンなどの小型コンピュータと、ハードディスク、レーザプリンタなどの周辺機器を接続するパラレルインタフェースである。

解答解説

USBに関する問題である。

アの接続方式はツリー構造でディジーチェーン方式ではない。誤りである。

イのパソコンを中心とした接続、複数の転送モードがある内容はUSBの特徴に関するものである。求める答えはイである。

ウのモデム用のインターフェースはRS-232Cである。

エの平行インターフェースはSCSIである。USBはシリアルインターフェースである。

例題演習

割込に関して正しい記述はどれか

ア タイマ割込は内部割込の一種である。

イ 割込はハードウェアによって発生するので、ソフトウェアで発生させることはできない。

ウ 入出力割込は制御装置と入出力装置を並行動作させるために使われる。

エ 割込が発生すると、次の割込まで制御装置は停止する。

例題解説

割込の記述に関する問題である。

アのタイマ割込は外部割込の一種であり、内部割込ではない。

イの割込の発生要因は外部割込はハードウェアに起因するものであり、内部割込はソフトウェアに起因する割込である。ソフトウェアで発生させることもできる。

ウの入出力割込は一つのプログラムが入出力の必要性が生じたときに、他のプログラムでCPUを占有する場合に使用する。この時には入出力装置と制御装置が並行動作する。求める答えはウとなる。

エは、割込が発生するとその割込処理に制御装置が使用されたり、他のプログラムの制御をしたりするため制御装置は停止しない。

例題演習

外部割込みに分類されるものはどれか。

ア インターバルタイマによって、指定時間経過時に生じる割込み

イ 演算結果のオーバフローやゼロによる除算で生じる割込み

ウ 仮想記憶管理において、存在しないページへのアクセスによって生じる割込み

エ ソフトウェア割込み命令の実行によって生じる割込み

解答解説

外部割込に関する問題である。

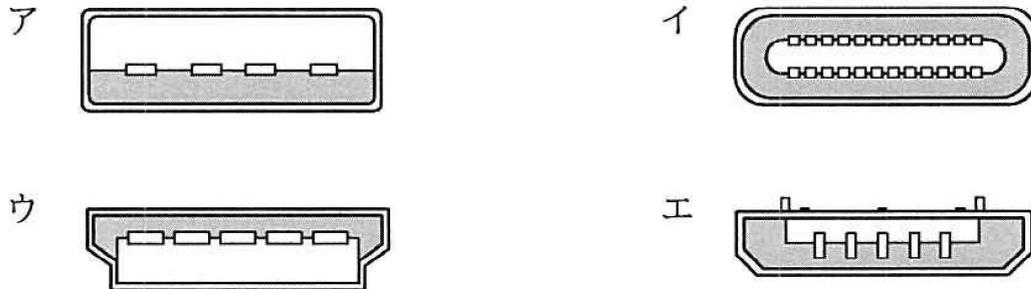
外部割込は、プログラムの実行中に、ユーザーがマウスやキーボードを操作したり、ハードウェアの故障や電源の異常やネットワークからデータが送られてきたりした際に、発生する割込である。実行中のプログラムのトラブルなどが原因で発生する割り込みは、内部割込である。

アは外部割込、イ、ウ、エは内部割込である。

求める答えはアとなる。

例題演習

USB Type Cのプラグ側コネクタの断面図はどれか。ここで、図の縮尺は同一ではない。



解答解説

USB Type Cのプラグ側のコネクタの断面図に関する問題である。

アはUSB Type A、イはUSB Type C、ウはUSB mini B、エはUSB micro Bである。求める答えはイとなる。

例題演習

USB 3.0の説明として、適切なものはどれか。

ア 1クロックで2ビットの情報を伝送する4対の信号線を使用し、最大1Gビット/秒のフルDuplexをもつインターフェースである。

イ PCと周辺機器とを接続するATA仕様をシリアル化したものである。

ウ 音声、映像などに適したアイソクロナス転送を採用しており、ブロードキャスト転送モードをもつシリアルインターフェースである。

エ スーパースピードと呼ばれる5Gビット/秒のデータ転送モードをもつシリアルインターフェースである。

解答解説

USB 3.0に関する問題である。

USB 3.0は最大データ転送速度5.0Gbpsで、USB 2.0の10倍の速度がある。USB 3のポートは端子が青くなっており、SSという文字が刻印されていることもある。USB 3に対応した機器をパソコン側のUSB 3のポートに接続した時にはじめてUSB 3の速度がでる。USB 3のメモリを従来のUSB 2のポートに接続しても速度の上限はUSB 2になり、USB 2のメモリをパソコン側のUSB 3のポートに接続しても速度の上限はUSB 2になる。

アは1000BASE-T、イはSerial SATA、ウはIEEE1394、エはUSB 3.0の説明である。求める答えはエとなる。

① 文字、符号、画像入力

① OCR (光学式文字読取装置)

㊦ OCRとは

OCRは紙に書かれた文字を読み取り、コンピュータ上で自由に編集加工できる文字データに変換する装置である。画像を読み込むスキャナーと画像を解析して文字データに変換するOCRソフトが必要である。

① 基本原理

基本原理は、文字に光を当て、反射した光の強弱パターンをスキャナーで読み取り、OCRソフトに登録されている基準文字データと比較して文字を識別、文字コードに変換する。

② OMR (光学マーク読取装置)

OMRはマークシート上の黒く塗りつぶされたマークによってデータを読み取り入力する装置である。マークシートには数字や文字が記載されており、入力したい部分を鉛筆でマークする。情報を読み取る原理は光学式であり、光の反射によりマークの有無を判断する。

③ バーコード読取装置

バーコード読取装置は様々な商品についているバーコードを読み取り入力する装置である。バーコードリーダーから光線を発し、反射した光を読み取って文字データに変換し、コンピュータに送る。ペン型、タッチ型、レーザ型がある。

スーパーマーケットのレジなどに広く利用されている。バーコードを利用した会計処理では、商品の識別や精算だけでなく、これらの入力情報をもとに在庫管理や発注管理まで行う。

④ イメージスキャナー

㊦ イメージスキャナーとは

イメージスキャナーは紙面上の図形や写真データを読み取り、コンピュータ上で自由に加工できるデジタルデータに変化する装置である。紙を固定しておき、読取装置を移動させるものをイメージセンサという。

① スキャナーの仕組み

図形や写真をドットイメージに分解して、これに光をあて、色の濃淡を反射した光の強弱に変換してCCDなどの受光素子で読み取り、電気信号としてデジタル化し、コンピュータに取り込む仕組みである。

㉞ スキャナーの解像度

原稿上の各点を光センサによって読み取り、それを座標データとしてコンピュータに伝える際に、同じスペースを、どのくらい多くの点に分解して読み取れるかによって、コンピュータに取り込む画像の鮮明度が変わる。1インチ当たりのドット数、dpiで解像度を表す。解像度200dpiは、1インチの長さを200個の点に分割して読み取ることである。一般的には主査方向(フラットベッド型では原稿台の短辺方向)の解像度を示す。

㉟ デジタルカメラ

デジタルカメラは撮影した写真をそのままデータとしてコンピュータに入力できるカメラで、光学式のカメラがフィルム面の感光紙の化学変化によって画像を記録するのに対して、デジタルカメラはCCDという半導体素子のイメージセンサにより、光の像を電気信号に変えてデジタルデータの画像ファイルとして記録する。

撮影した画像データはコンパクトフラッシュメモリやスマートメディアなどの半導体メモリカードに保存される。画像を記録する媒体は、内蔵メモリ、PCメモリカード、MDディスク、スマートメディア等である。撮影した画像を見るには、プリントの代わりに、小型ディスプレイ、テレビ、パソコンに接続したディスプレイ装置などに表示させる。

㊀ CCD

CCDは光を電気信号に変換する半導体受光素子である。スキャナー、デジタル複写機、ファクシミリ、ビデオカメラ、デジタルカメラに使用されている。光が強いと絵がにじみ、弱いと絵にパターンノイズが入る欠点がある。

㊁ デジタイザー

㊂ デジタイザーとは

デジタイザーはパソコンなどに位置情報を入力する装置である。平面上のパネルの図面をペンやカーソルでなぞることによって座標位置を検出し、この連続した座標情報から図形を入力する装置である。

図形を高精度で入力しなければならないCADに使用される。マウスなどの入力装置に比べて、精度が高いのが特徴である。動作原理や使用目的はタブレットと同じであるが、大きくて精度の高いものをデジタイザと呼び区別する。

㊃ 仕組み

四角い盤上の一点をペンや虫眼鏡のような装置で指定すると、その点がコンピュータに入力される。斜線の入力も簡単に行える。既存の図形を入力するのに適している。下絵がある場合、デジタイザーの入力部分に下絵を置いて、なぞりながら入力する。地図のような複雑な図形でも、線をなぞりながら細かい間隔で点を指定していけば、座標がコンピュータに伝わり、図形が入力される。

⑧ タブレット

㊦ **タブレットとは**

タブレットは位置を指示するスタイラスペンと、それを感知する板状の装置がセットになった入力機器である。主にCADなどの精密な入力が必要な作業で使われている。ペンで描画する感覚で操作できるため、フォトタッチやイラスト作成などの用途で使われている。タブレットは絶対位置を指定できる。

① **電磁誘導式のスタイラスペン**

電磁誘導式のスタイラスペンはペン先から磁力を発生させ、タブレット側のセンサコイルで検出、ペンの触れている位置を確認する。ペンとセンサコイルの距離で筆圧を、磁力線の密度から傾き具合を検出できる。精度が高く、微妙な入力が必要な図形や文字を無理なく描ける。

② **感圧式のスタイラスペン**

感圧式のスタイラスペンはペン先が圧着した部分をタッチパネルやタブレットが検出して、座標位置を確認する。小型で安く、携帯情報端末に利用されている。

② ポインティングデバイス

① タッチスクリーン

㊦ **タッチスクリーンとは**

タッチスクリーンはタッチパネルとも言う。パネルのどこの部分に触れたかを位置の情報として入力する装置である。人間の体が静電気を通すことを利用して、ディスプレイ装置の画面に指で触れることにより、位置情報を入力する。誰でも簡単に操作できる。

手書き文字認識機構を備えた携帯情報端末で利用される。銀行の現金自動預払機(ATM)や駅の自動券売機、病院の受付案内などに幅広く使用されている。

① **仕組み**

画面上には透明なパネルが重ねてあり、パネル上のセンサが電圧の変化を感知し、触れた位置を検出できる仕組みである。指先の接触面積の関係で、マウスのような細かい操作や指示はできない。位置検出の仕方によって、電子式、静電式、光学式、超音波式などの方式がある。

② トラックボール

トラックボールは原理はマウスと同じである。装置上面に球の一部分を外に出した形状

のポインティングデバイスである。ボールを直接指で動かしてポインタを移動させるので、スペースが少なくなる。ラップトップ型やノート型のパソコンに装備される。

③ トラックパッド

トラックパッドは平面上のポインティングデバイスである。操作面を指でなぞると指の動きに合わせてマウスポインタが移動する。指の位置を検出し、カーソルの動きに変換する仕組みである。省スペースや操作性の点からノートパソコンに採用される。

④ ジョイスティック

ジョイスティックは操作棒を前後左右に動かし、倒した方向とその角度に応じてポインタが移動する入力装置である。前後左右に機敏に動かせるのが特徴である。マウスやタブレットに比べて正確な指示はしにくい。操作棒とボタンなどで指示するため、使い勝手がよくない。ゲームソフトの操作に使われる。

③ 画面出力

① CRTディスプレイ

㊦ CRTディスプレイとは

CRTディスプレイはブラウン管を使ったディスプレイ装置で、蛍光面に電子を当てることによってスクリーンを発光させ文字や映像を表示する。R、G、Bの光の3原色を組み合わせることでカラー画像を実現する。電子ビームは偏向ヨークの働きによって上下左右に方向を変え走査する。蛍光体の残光と目の残像によって画面全体に文字や図形が表示される。

㊧ 画像の焼き付き

同じ画像のままにして長時間放置すると、ディスプレイの表面に画像が焼き付いて残像がとれなくなる。スクリーンセーバはブラウン管の蛍光面の焼き付け防止のため画面上に動画を表示する。

㊨ 解像度

解像度は640×480(VGA)、800×600(SVGA)、1024×768(XGA)、1280×1024(SXGA)などがあり、マルチメディアの普及によって高画質な解像度の1280×1024が事実上の標準になっている。

⑥ 液晶ディスプレイ

㊦ 液晶ディスプレイとは

液晶ディスプレイは液晶に電圧をかけると分子の配列が変化し不透明から透明に変化し、光の透過をコントロールできる液晶の性質を利用した表示装置である。電圧の変化によって光を通すか、遮断するかを制御し画面に表示する。

カラーは、R、G、Bのカラーフィルタを使って表示する。液晶自体は発光しないので、光源を液晶の後ろに配置するバックライト方式や横に配置するサイドライト方式がある。奥行きを必要とせず、薄型で消費電力も少ないためラップトップ型やノート型のパソコンに使用される。デスクトップ型にも利用される。

① 単純マトリックス型

単純マトリックス型は複数の液晶の画素を一つの半導体で制御する方式であり、交差する電極に電圧をかけて制御する。STN液晶ディスプレイが単純マトリックス型である。

単純な構造のため製造コストは安いですが、コントラストが劣り、応答速度が遅いのが欠点である。液晶パネルを上下に分割し、走査線を2倍にし、別々に制御することで応答速度を上げているDSTN液晶ディスプレイが普及している。

② アクティブマトリックス型

アクティブマトリックス型は一つの液晶の画素を一つの半導体で制御する方式であり、画素ごとに電圧を加えるためにスイッチング回路で制御する。TFT液晶ディスプレイがアクティブマトリックス型を採用しており、画面の各ドットを薄膜トランジスタで制御する。

DSTN液晶と比較しても、表示が鮮明で見やすく、視野角も広く、画面のコントラスト、反応速度、なども大幅に優れている。CRTディスプレイと比較しても、画面のちらつきがなく、コントラスト、階調表示、応答速度の面でも遜色ない。鮮明な画像が得られ、応答速度も速いが、複雑な構造のため高価である。

⑦ プラズマディスプレイ(PDP)

㊦ PDPとは

プラズマディスプレイはガス放電によるプラズマ光で画像を表示する方式の薄型ディスプレイである。

液晶ディスプレイと比較して、コントラストが高く、視野角が広い利点があるが、消費電力が多く、コストが高い欠点がある。大型の業務用ディスプレイや家庭用の大画面テレビとしての利用に注目が集まっている。

① 仕組み

電極を付けた2枚のガラス基板の間に発光用のヘリウムやネオンなどのガスを封入し、ガラス基板に蛍光体を塗布して、ガスに高電圧をかけて放電させると紫外線を発生し、蛍光体

に当たって発光する。

④ 有機ELディスプレイ

有機ELディスプレイは電極の間に電気を通すと発光する有機化合物を挟んだ構造で、自光型なので画面は明るく鮮明であり、バックライトを必要としないので、パネルを極めて薄く作れる。

応答速度も速く、動画データもスムーズに再生できる。しかし、有機材料に電気を通し続けると材料が劣化するため寿命が短い欠点がある。

液晶ディスプレイよりも美しく、薄くできるディスプレイで、数インチから十数インチの中小型ディスプレイに向いている。画面サイズの大型化は難しいが、携帯電話やPDAの画面といった携帯情報機器に搭載されている。

④ 印刷出力、図面出力

① インクジェットプリンタ

⑦ インクジェットプリンタとは

インクジェットプリンタは、インクを用紙に吹き付けて印刷する方式のプリンタで、専用のインクを細いノズルの先端から微小な液滴として吹き出し、これを紙に付着させて記録させる。ノズルの加工技術、インク噴射の制御技術、使用するインクの品質が問題になる。

インクを吹き出す方式には熱を使う方式と圧電素子を使う方式がある。高い品質で印刷するにはコート紙や光沢紙などの高品質の紙が必要になる。カラー印刷は、シアン(C)、マゼンダ(M)、イエロー(Y)のカラーインクを使用する。

① 熱を使う方式

熱を使う方式は発熱素子を使ってインクに熱を加え、泡を作ってインクを吹き出す。

⑤ 圧電素子を使う方式

圧電素子を使う方式は印刷ヘッドに電圧をかけて振動させ、インクを押し出す。

② レーザープリンタ

⑦ レーザープリンタとは

レーザープリンタはトナーを用いて、1ページ分の印刷イメージを感光ドラムに貼りつけ、レーザー光を当てることにより紙に転写するページプリンタである。画像信号で変調したレーザービームで感光体上を走査し、ハードコピーを作るタイプで、感光体上に付着したトナーを紙に転写してから熱と圧力で定着させる。

印刷速度はA4版で、6～8枚／分、高機能機は60枚／分以上印刷できる。印刷の原理はコピー機と同じで、文字の大きさ、印刷の行間隔を自由に選べる。最近では、カラーのレーザープリンタも増えている。印刷時間はモノクロレーザーの4倍程度に長くなる。細かいドットが作り出せるため高解像度で、高速かつ低騒音に設計できる。図形や画像などの印刷も可能であり、印刷が鮮明で、印刷速度が速い。オフィス需要が大半で、業務用に利用される。

① 半導体レーザーと回転多面鏡の精度

レーザーには半導体レーザーを利用し、走査には回転多面鏡を使う。データ解像度は600～1200 dpiが多い。解像度向上策は、回転多面鏡の回転精度や回転ムラの改善、レーザービームが当たる部分の直径を小さくする必要がある。

③ レーザプリンタの印刷の原理

㊦ 感光ドラムにレーザー光で印刷イメージを描き、ドラムの表面に静電気を発生させる。

① このドラムに用紙を巻き付けて、静電気を用紙に転写する。

㊧ この用紙を逆の極性を帯びたトナーに通すと、トナーが磁石の原理で引き付けられて用紙に付着する。

② レーザー光が当たった部位だけがトナーで黒くなり、全体の印刷イメージが転写される。

④ プロッタ

㊦ プロッタとは

プロッタはコンピュータから送られてきた建築や機械設計などの図面データを基に製図する出力装置である。設計図やグラフ作成、デザイン、レタリングなどに利用する。アームとペンをX軸方向、Y軸方向に動かして線を引いていく。アームとペンが機械的な動作をする分だけ、プリンタよりも作図の速度が遅くなるが、精密な図形を描ける。プロッタに入力するデータは、図形の形を直線や曲線の集合で表現したベクターデータになる。

コンピュータを利用した設計、製図システムであるCADの出力装置として、作成した図形を図面として出力するのに利用する。

① フラットペン型

フラットペン型は盤上に用紙を固定して、ペンをX軸方向(横)、Y軸方向(縦)に移動させて作図する。

㊧ ドラム型

ドラム型は用紙をドラムに巻き付けてX軸方向に移動させ、ペンをY軸方向に動かして作図する。

㊥ 静電プロッタ

静電気を使ってドラムを帯電させてトナーを転写印刷するプロッタである。

㊦ インクジェットプロッタ

インクジェットプリンタと同じ機構をもったプロッタである。

㊧ カッティングプロッタ

ペンの代わりにカッターを装備して型紙や各種のフィルムを切り出すプロッタがある。

⑤ 色の原理

㊲ 加法混色

赤と緑と青は3色を加えると白色光になる。この3原色を加法混色という。加法混色の3原色はTV画面やコンピュータのモニターに画像を表示するときやスライドを映写する時に使われる。光が物体を通過する透過光に使われる。プリズムを使用すると、白色光は赤、緑、青の成分に分解される。赤と緑と青いろいろな比率で加えていけば、ありとあらゆる色をつくることのできる。赤と緑と青を100%ずつ加えると白色光になる。

㊳ 減法混色

シアンとマゼンタとイエローが減法混色の3原色と呼ばれる。顔料には、光の一部の色を吸収して他の色を反射する選択的に働く特性がある。カラー印刷機器は、色を再現するのに減法混色の3原色を利用する。印刷用のインキなどの顔料の色は光のどの波長を吸収して反射するかによって決まる。顔料が全く存在しないときには、光のすべての波長が反射するので白色光となる。シアンとマゼンタとイエローを100%ずつ加えると黒になる。この3色をいろいろな比率で加えて色がつくられる。

㊴ プロセスカラー

ページ上のすべての色はシアン、マゼンタ、イエロー、ブラックのCMYKの4色で印刷される。インキには、特性上、シアンやマゼンタ、イエローを100%ずつ加えても、黒にはならないため4番目のインクでブラックが追加される。卓上のカラープリンタには、シアン、マゼンタ、イエローの3色を使う機種と、4色のプロセスカラー全部を使う機種がある。モニターとプリンタの色が一致しない問題の一因は、1つのRGB値に正しく対応するCMYK値が数多く存在するためである。

㊵ 色相・彩度・明度

色はある一定の光の波長が網膜に到達したときの人間の視覚的な反応である。見る色は光源や見ている対象物、目の感性によって異なる。カラーモデルは色を色相、彩度、明度の3つ

の要素で表す。色相は色を赤とか紫とか緑などと名前で呼ぶときに使われる特性である。色の波長の違い。彩度は所定の色の純度ないし濃さの度合いである。ある色に灰色を加えていくと、その色の彩度は低下する。ある色から彩度をすべて落としてしまうと、無彩色の灰色になる。明度は色がどれだけ明るい暗いかを表す。明るくなると明度は高くなり、暗くなるほど明度は低くなる。白や黒にどれだけ近いかを表す。明度を0にすると、黒になる。

⑤ ビットとカラー表示

8ビットカラーは、コンピュータ上で色を表現する際、1,677万色の中から256色を同時に表示する方式である。16ビットカラーは、1,677万色の中から $2^{16}=65,536$ 色を同時に表示する方式で、ハイカラーと呼ばれる。24ビットカラーは、コンピュータ上で色を表現する際、色の三原色であるRGBのそれぞれについて8ビット256段階の諧調を利用する方式で、1ピクセル当たり $2^8 \times 2^8 \times 2^8$ 色の表示が可能になる。一般にフルカラーと呼ばれる。32ビットカラーは、24ビットカラーに更に8ビットの情報を加えたものである。8ビットの情報をどのように使用するかはソフトウェアによって異なる。透明度など色以外の情報に使うケースがある。

⑥ フォント

① 等幅フォントとプロポーショナルフォント

① 等幅フォント

文字によらずすべて同じ幅で実装されたフォントである。ASCIIあるいはJIS X0201の文字を半角幅でそれ以外の文字を全角幅で実装したフォントである。文字の種類により文字幅が変化しないため、文字数が同一であれば、その行は同じ幅になることや、同一の文字数の位置は横方向で同じ位置になること、一定の幅の用紙に文字を打刻する場合にどれだけ文字を入れられるかが明らかになるなどの特徴がある。

② プロポーショナルフォント

プロポーショナルフォントは、文字によって余白をつめて見た目を整えることができるフォントで、文字によって横幅が異なるために、1行に入力できる文字数も変化する。“i”や“l”などの文字は横幅が狭く、“M”や“W”などの文字は横幅が広く表示される。

② データ形式による分類

① ビットマップフォント

ドットの組み合わせで文字を表現したフォントで、従来は、容量の節減および描画速度の確保のためビットマップフォントを利用した。現在でも、スケーラブルフォントからビットマップフォントを生成するとき、文字が小さいと線間の調整が出来ずに潰れて読めなくなっ

てしまうことが多いために、小さな文字ではビットマップフォントが使われる。

① アウトラインフォント

文字の輪郭線の形状を、関数曲線の情報として持つフォント形式である。実際に画面や紙に出力する際には、解像度に合わせてビットマップ状に塗りつぶすラスターライザが必要になる。日本ではワープロやDTPを中心にアウトラインフォントの利用が普及し、WYSIWYGが普及したために、コンピュータ画面でもスケラブルラインフォントの利用が広がった。

② ストロークフォント

文字の形状を、中心線だけの情報で保持するフォント形式である。線の太さなどは扱わないためデータ量は軽く、かつ出力デバイスの解像度に依存しない。CADシステムやプロッタなどで使用される。

③ ファイル形式による分類

㊦ TrueTypeフォント

Windows、Macintosh 共通で利用できることを想定したフォントで、Linux でも利用可能である。2次Bスプライン曲線で字形を制御する。ビットマップフォントを内蔵できる。

① PostScriptフォント

Macintoshで普及し使われるフォントで、三次ベジェ曲線で字形を制御する。

㊦ OpenTypeフォント

Windows、Macintoshでの互換性を実現したフォントで、TrueTypeとPostscriptの2つの形式を持つ。

例題演習

解像度600dpiのスキヤナで画像を読み込み、解像度300dpiのプリンタで印刷すると、印刷される画像の面積は元の画像の何倍になるか。

ア 1/4

イ 1/2

ウ 2

エ 4

解答解説

解像度に関する問題である。

解像度はディスプレイの表示やプリンタの印刷、スキヤナーの読み取りなどの精細さを表す値である。単位はdpiで、1インチ幅当たりのドット数を表す。

スキヤナーでインチ当たり600ドットの解像度で読み取り、これを解像度300dpiで印刷すると、600ドットの表示に2インチ幅必要となる。印刷時には幅方向が2倍、縦方向が2倍になり、全

体としては4倍の画像に拡大される。求める答えはエとなる。

例題演習

液晶ディスプレイの説明として、適切なものはどれか。

- ア 電極の間に電気を通すと発光する特殊な有機化合物を挟んだ構造のディスプレイである。
- イ 電子銃から発射された電子ビームが蛍光体に当たり発光することを利用するディスプレイである。
- ウ 光の透過を画素ごとに制御し、カラーフィルタを用いて色を表現するディスプレイである。
- エ 放電によって発生する紫外線と蛍光体を利用するディスプレイである。

解答解説

液晶ディスプレイに関する問題である。

液晶ディスプレイは、液晶に電圧をかけると分子の配列が変化し不透明から透明に変化し、光の透過をコントロールできる液晶の性質を利用した表示装置である。電圧の変化によって光を通すか、遮断するかを制御し画面に表示する。カラーの表現はR、G、Bのカラーフィルタを使って表示する。液晶自体は発光しないので、光源を液晶の後ろに配置するバックライト方式や横に配置するサイドライト方式がある。

TFT液晶ディスプレイの特徴

- ① 薄型軽量で消費電力が少ない。
- ② 画面のちらつきがない。
- ③ コントラスト、階調表示、応答速度の面で遜色ない。
- ④ 構造が複雑で高価である。
- ⑤ 視野角が狭い。
- ⑥ 高い垂直走査周波数で正しく表示できない。

アは有機ELディスプレイ、イはCRTディスプレイ、ウは液晶ディスプレイ、エはプラズマディスプレイである。求める答えはウとなる。

例題演習

静電容量方式タッチパネルの記述として、適切なものはどれか。

- ア タッチすることによって、赤外線ビームが遮られて起こる赤外線反射の変化を捉えて位置を検出する。
- イ タッチパネルの表面に電界が形成されタッチした部分の表面電荷の変化を捉えて位置を検出する。
- ウ 抵抗膜に電圧を加え、タッチした部分の抵抗値の変化を捉えて位置を検出する。
- エ マトリックス状に電極スイッチが並んでおり、押された部分の電極で位置を検出する。

解答解説

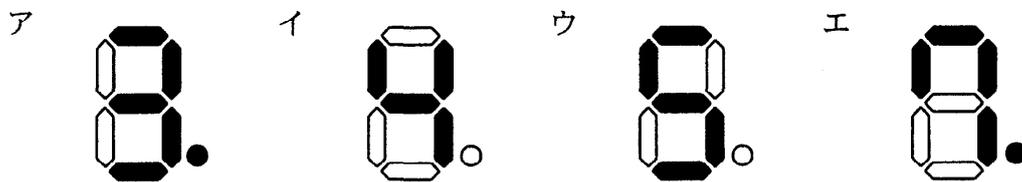
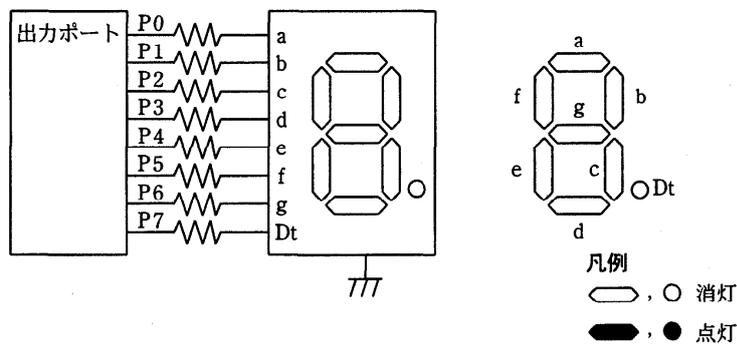
静電容量方式のタッチパネルに関する問題である。

静電容量方式のタッチパネルは、指先と導電膜との間での静電容量の変化を捉えて位置を検出する。指がセンサ表面に近づくだけで静電結合が起きるため、接触前でのカーソル表示のようなことが可能となる。押さえるものは指や指と同等の静電的な導電性のものである必要がある。

アは赤外線方式、イは静電容量方式、ウは抵抗膜方式、エはマトリクス・スイッチ方式である。求める答えはイとなる。

例題演習

7セグメントLED点灯回路で、出力ポートに16進数で6Dを出力したときの表示状態はどれか。ここで、P7を最上位ビット(MSB)、P0を最下位ビット(LSB)とし、ポート出力が1のとき、LEDは点灯する。



解答解説

LED点灯回路に関する問題である。

出力ポートが、6D=01101101であるから、点灯するセグメントはg, f, d, c, aとなる。従って、数値の5となり、求める答えはウとなる。

例題演習

液晶ディスプレイと比較した場合、有機ELディスプレイの特徴として、適切なものはどれか。

- 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。

解答解説

有機ELディスプレイに関する問題である。

有機ELディスプレイは、電極の間に電気を通すと発光する有機化合物を挟んだ構造で、自光型なので画面は明るく鮮明であり、バックライトを必要としないので、パネルを極めて薄く作れる。ア、イ、ウは液晶ディスプレイの特徴であり、エが有機ELディスプレイの特徴である。求める答えはエとなる。

例題演習

出力待ちの印刷要求を、同一機種 of 3 台のプリンタ A～C のうち A から順に空いているプリンタに割り当てる (C の次は再び A に戻る) システムがある。印刷要求の印刷時間が出力待ちの順に、5, 12, 4, 3, 10, 4 (分) である場合、印刷に要した時間の長い順にプリンタを並べたものはどれか。ここで、初期状態ではプリンタはすべて空いているものとする。

ア A, B, C

イ B, A, C

ウ B, C, A

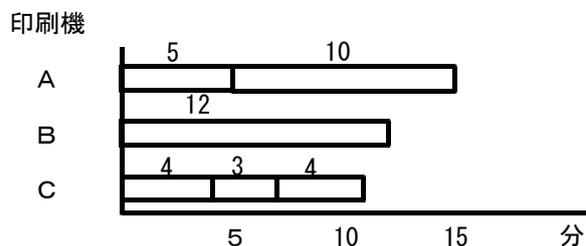
エ C, B, A

解答解説

印刷の所要時間を求める問題である。

A, B, C の印刷機を空いた順に使用すると、スケジューリングすると右の図のようになる。

図より、A = 15、B = 12、C = 11 となり、印刷時間の長い順は A、B、C となる。求める答えはアとなる。



例題演習

次の入力装置に関する記述のうち、適切なものはどれか。

ア イメージスキャナはレバーを傾けることで、前後左右への方向を入力する装置である。

イ ジョイスティックはコンピュータに座標位置を入力する装置である。

ウ タッチパネルはパネルに指で触れることで、画面上の位置を入力できる装置である。

エ デジタイザは文書、イラスト、写真などのデータをコンピュータに取り入れる装置である。

解答解説

入力装置タッチパネルに関する問題である。

タッチパネルはパネル上で指やペンが触れた部分のデータを、信号にしてコンピュータに伝える入力装置で、画面上に表示されるメニューやコマンドを選択するために使われる。人間の体が静電気を通すことを利用して、ディスプレイ装置の画面に指で触れることにより、位置情

報を入力する。位置検出の方式に、電子式、静電式、光学式、超音波式などがある。

アはジョイスティック、イはデジタイザ、ウはタッチスクリーン、エはイメージスキャナである。求める答えはウとなる。

例題演習

XYプロッタに関する記述として、適切なものはどれか。

- ア 2次元方向に動くレバーによって、カーソルの移動を行う装置。
- イ 紙に書かれた図形や画像を読み取る装置
- ウ 画面上に白黒又はカラーで文字や図形を表示する装置
- エ 処理結果を2次元図形の様式で出力する装置

解答解説

XYプロッタに関する問題である。

XYプロッタは、設計図などの精密で大型な図表を作図するために用いる装置である。ペンを移動して作画するので精密な製図を行うことができる。ペンをXY方向に動かす方式とペンをX方向に紙をY方向に動かす方式がある。

ジョイスティックは、台に据え付けられた操縦棒を前後左右に傾けることにより画面上のカーソルやキャラクターなどの移動を行う入力装置である。ゲームソフトなどで利用する。

イメージスキャナは、図形や写真などを読み取り、コンピュータ上で自由に加工できるデジタルデータに変換する装置である。紙に書かれたり印刷された図形や写真に光を当て、その反射光をCCDなどの受光素子で読み取り、色の濃淡を光の強弱に変換してデジタル化する。

アはジョイスティック、イはイメージスキャナ、ウはディスプレイ、エはXYプロッタである。求める答えはエとなる。

例題演習

次の各種単位のうち、プリンタの解像度に関するものはどれか。

- ア bps
- イ cps
- ウ dpi
- エ ppm

解答解説

プリンタの解像度の単位に関する問題である。

比較対照にデータ信号速度、データ伝送速度、印刷速度などがある。

アのbpsはデータ信号速度の単位で、1秒間に転送できるビット数を表す。

イのcpsはデータ伝送速度で、1秒間に伝送できる文字数を表す。

ウのdpiはプリンタのインチ当のドット数を表す解像度の単位である。求める答えはウとなる。

エのppmは1分間に印刷できるページ数を表す単位である。

① メカトロニクス

① メカトロニクス技術の確立

機械製品に複雑な動作をさせるには、リンク機構やカム、歯車など多くの機構部品を組み合わせる必要がある。このような製品は、大型・高価になりやすく、複雑で組み立てにくいものである。そこで、制御の部分を電子回路化し、マイクロプロセッサを用い、センサやアクチュエータと組み合わせ、複雑な動作を簡単に実現し、機械要素の組み合わせだけでは実現できない機能を持たせることが可能となった。

メカトロニクスによって自動化や適応制御など、より豊富で便利な機能が実現できるようになり、同一の機構であっても、電子回路やマイコンプログラムの変更だけで、仕様の変更や追加を容易に可能となる利点も生まれ、メカトロニクス技術が確立された。この技術が、時計、カメラ、自動車、工作機械など、ほとんどの分野で利用されるようになり、メカトロニクス化が進んだ。ロボット、ハードディスク、CDプレーヤー、自動改札機、ATMなど、メカトロニクス技術によってはじめて成り立つ分野も数多い。

② メカトロニクスの特徴

- ㊦ 機械+電子の機電一体であり、機械工学・電気工学・電子工学・情報工学の融合である。
- ㊧ センサ、コンピュータ、動力源、アクチュエータ、メカニズムを要素とするシステムとして構成される。
- ㊨ ハードウェアとソフトウェアの構成には多様性がある。
- ㊩ ソフトウェアに比重を置くとインテリジェンス化やフレキシビリティ化ができ、多機能化、高機能化が実現できる。
- ㊪ 知的で、高信頼性の機械システムである。
- ㊫ 小型軽量で、安価な機械システムである。

③ メカトロニクスの構成要素

㊦ コンピュータ(コントローラ)

コントローラはセンサーからの情報を利用して、システム全体を制御する。システム全体を利用者の立場で使いやすく制御する役割を持つのがコントローラである。ゲームなどのエンターテイメント分野では、スティックやスイッチ、ボタンなどを組み合わせて作られた、ゲームのための専用入力デバイスが用いられている。ソフトウェアのモジュールとしては、MVCのように、システムのアプリケーションロジックの制御部分を司るモジュールもコン

トローラである。

① アクチュエータ

アクチュエータは、コントローラからの指令を受け、力、動きを発生させる機構で、入力されたエネルギーを物理的な運動へと変換する。一般的には、電気エネルギーを運動に変換する装置を指すが、油圧や空気圧、磁力、光エネルギーなどを運動量へ変換するアクチュエータなどがある。アクチュエータは家電や航空機産業、人工筋肉の研究、ロボットなどに広く用いられている。

② 機構(メカニズム)

アクチュエータの動きを動作に変換するのがメカニズムである。一般的には、機械などの諸部分が互いに関連して働く仕組みのことであり、機械の内部構造である。

③ 動力源

電気、油圧、空気圧、または、これらの組合等を利用しパワーを発生させる。

④ 増幅器

増幅器は信号を増幅するものことで、信号の波の形や特性の大きさを大きくする働きをする。電圧や電流で表現された信号を増幅する回路を増幅回路、アンテナで受信した信号やテレビ放送の信号を増幅する装置を受信ブースター、音響信号を電氣的に増幅する装置をアンプ、楽器演奏、バンド演奏、演奏装置の音響信号を電氣的に増幅し、一体化・内蔵されたスピーカーで音まで出す装置を楽器用のアンプ、光で表現された信号を光信号のまま増幅するものが光増幅器などと呼び利用されている。

⑤ センサー

センサーは外界および機器の内部状態などを計測するものである。自然現象や人工物の機械的・電磁氣的・熱的・音響的・化学的性質あるいはそれらで示される空間情報・時間情報を、科学的原理を応用して、人間や機械が扱い易い別の媒体の信号に置き換える装置のことである。

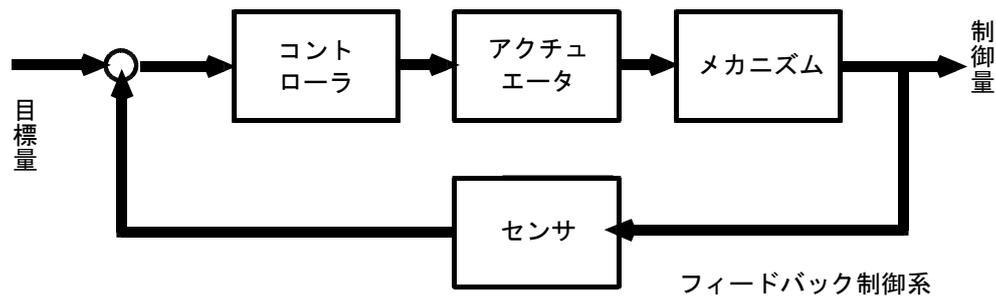
② フィードバック制御

① フィードバック制御系

フィードバック制御系は、図に示すように、コントローラ、アクチュエータ、メカニズム、センサの各要素で構成され、入力の目標量に出力の制御量が比例するように制御される。

目標量が一定の状態でも制御量がなんらかの原因で変化すると、制御量の変化をセンサで検出し、センサが検出した変化量と与えられた目標量を比較し、差分に相当する量に応じて、コントローラ、アクチュエータ、メカニズムを活用して制御量を制御する。

入力目標量が変わると、その変化に対応して、コントローラ、アクチュエータ、メカニズムを活用して制御量を変化させる。



⑥ フィードバック制御系の各要素

㊦ コントローラ

コンピュータ、アナログ回路、デジタル回路など

㊧ アクチュエータ

電気モータ、ステッピングモータ、油圧モータ、油圧シリンダ、空気圧シリンダなど

㊨ メカニズム

ロボット、リンク、カム、歯車、その他メカニズム

㊩ センサ

機能別、用途別の各種センサ

③ センサ

㊰ センサとは

センサは、自然現象や制御対象物の機械的・電磁氣的・熱的・音響的・化学的性質あるいはそれらが示す空間情報・時間情報を科学的原理を応用して、人間や機械が扱い易い別の信号に置き換える装置である。

㊱ 原理的分類

- ㊲ 加速度、力、振動のように機械量を測定するもの
- ㊳ 光、赤外線、放射線のように光・放射線を測定するもの
- ㊴ 電場、電流、電圧、電力、磁気のような電気、磁気を測定するもの
- ㊵ 濃度やにおいのような化学的な量を測定するもの

㉓ センサの測定対象別分類

- ㊦ ひずみを測るセンサ
- ㊧ 力を測るセンサ
- ㊨ トルクを測るセンサ
- ㊩ 圧力を測るセンサ
- ㊪ 物体の有無を測るセンサ
- ㊫ 回転角度を測るセンサ
- ㊬ 加速度を測るセンサ
- ㊭ 速度を測るセンサ
- ㊮ 距離を測るセンサ
- ㊯ 変位を測るセンサ
- ㊰ 温度を測るセンサ
- ㊱ 振動を測るセンサ
- ㊲ 流量を測るセンサ
- ㊳ 濃度を測るセンサ
- ㊴ 位置を測るセンサ
- ㊵ イメージセンサ

㉔ センサ信号の出力形式による分類

㊦ センサが変換した物理量を人間が直接判読するケース

人間が認識可能な光や音などに置き換える必要がある。水銀温度計は、周囲温度を、水銀の熱膨張を用いて、視覚情報に置き換える。

㊧ センサが変換した物理量を人間が判読可能なように更に変換し直すケース

センサからの情報を電子回路が処理できるように電気信号に置き換え、電子回路が取得した信号は、A/D変換器を使用したり、コンピュータおよびディスプレイを通して測定結果を人間が読めるように変換する。

㊨ センサが変換した物理量を人間が判読しないケース

センサからの情報を電気信号に置き換えて、処理・蓄積し、システムをコントロールするために使う。

④ ロボット技術

① ロボットとは

ロボットは移動やマニプレータの動きを自動制御とプログラム機能を使って実行できる機械である。生産活動において、組立や溶接、ハンドリング、塗装などのプロセスで利用される。

② ロボットの構成要素

㊦ 環境

工場、災害現場、医療現場など、ロボットが使用される環境を知ることは開発する上で重要な要素である

㊧ 制御

制御は人間の神経系に相当し、ロボットを指示通り動作させるための重要な要素である。制御方式には、ロボットの動作とコンピュータの指示を比較し、ロボットを正しく動作させるフィードバック制御が用いられる。

㊨ 感覚

感覚は人間の五感に相当する。見る、聞く、触るなどの五感情報を電気信号に変換する装置としてセンサーを使用する。視覚センサー、赤外線センサー、触覚センサー、味覚センサーなどを使用し、センサーによって得られた情報をフィードバック制御のための情報として活用する。

㊩ パワー

パワーは人間の筋肉に相当し、自身が動作するためのエネルギーは、電池(バッテリー)などのパワー源から供給される。その他のパワー源にエンジンや油圧を使用する。

㊪ 構造

構造は人間の骨格に相当し、ロボット自身を支えたり、作業したり、移動したりするための重要な要素となる。構造は軽くて強い材料が好まれる。

㊫ プログラム

プログラムは人間の頭脳に相当し、目的の仕事を実行する手順などが記述される。ロボットを正しく、暴走させないように動作させるための重要な要素である。

③ ロボットの位置決め制御方式

位置決め方式には直角座標形、円筒座標形、極座標形、多関節形があり、その制御方式にはPTP制御とCP制御がある。PTP制御は、経路上の有限個の通過点を指定し、指定され

た点をたどるようにした制御方式である。CP制御は、全経路を指定する制御方式である。

④ ロボットに作業内容を教示する方法

生産ラインのロボットを直接用いるオンライン教示と生産ラインの外でプログラミングを行うオフラインプログラミングがある。オフラインプログラミングに用いるロボット言語には、動作記述言語と作業記述言語がある。動作記述言語は、ロボットの動作と1対1に対応した命令を用いて、ロボットの動作を逐次記述する。作業記述言語は、ロボットの作業環境を入力した後、ロボットにさせたい作業をそのまま入力する。

例題演習

機械式接点の押しボタンスイッチを1回押したときに、押してから数ミリ秒の間、複数回のON、OFFが発生する現象はどれか。

- | | |
|----------|-----------|
| ア サンプルング | イ シェアリング |
| ウ チャタリング | エ バッファリング |

解答解説

チャタリングに関する問題である。

アのサンプルングは、アナログ信号の強さを一定時間ごとに採取し、デジタル記録が可能な形にすることである。

イのシェアリングは、例えばタイムシェアリングは1台のコンピュータのCPUの処理時間をユーザー単位に分割することにより、複数のユーザーが同時にコンピュータを利用できるようにしたシステムのことであるように、一つのを分割してある目的に活用することである。

ウのチャタリングは、可動接点などが接触状態になる際に、微細な非常に速い機械的振動を起こす現象のことである。機械式接点が数ミリ秒の間複数回のオンオフを行う現象である。求める答えはウとなる。

エのバッファリングは、複数の機器やソフトウェアの間でデータをやり取りするときに、処理速度や転送速度の差を補うためにデータを専用に設けられた記憶領域に一時的に保存しておくことである。

例題演習

フィードバック制御の説明として、適切なものはどれか。

- ア 外乱による影響を検知してから修正動作を行う。
- イ 外乱に弱く、それらの影響を増幅させてしまう。
- ウ 外乱を検知して、その影響が出ないように修正動作を行う。
- エ 外乱を予測して修正動作を行う。

解答解説

フィードバック制御に関する問題である。

フィードバック制御は入力と現在の状態を検出した結果と比較して出力を制御する方式である。連続動作する回路及び装置において、装置の出力された結果を装置の入力要素として利用することで、出力の制御をより高精度なもの、安定したものにする方式である。フィードバック制御は、自動制御系の多くで採用されている方式であり、現在の状態を常時検出することで入力された目標値との比較を行ない、両者が一致するように出力を制御する。位置や角度、回転数等、モーターを利用して制御するフィードバック制御をサーボ機構という。

アの外乱による影響を検知し、修正する動作の説明は適切な記述である。求める答えはアとなる。

イの外乱の影響の増幅は適切でない。

ウの外乱の影響が出ないようにするのは適切でない。すべての状態において減少するように修正するとは言えない。通常は次第に減少させる動作をするが、制御系の条件によって乱調を生じたり激しく振動する場合もある。

エの予測して修正するのは適切でない。これはフィードフォワード制御の説明である。

例題演習

産業機器の機器制御に使われるシーケンス制御の説明として、適切なものはどれか。

- ア あらかじめ定められた順序又は条件に従って、制御の各段階を逐次進めていく制御方法である。
- イ 外乱が予測できる場合に、あらかじめ外乱を想定して前もって必要な修正動作を行う制御方法である。
- ウ 制御量を常に検出して制御に反映しているので、予測できないような外乱に強い制御方法である。
- エ “やや多い”，“やや少ない”などあいまい性に基づく制御方法である。

解答解説

シーケンス制御に関する問題である。

シーケンス制御は決められた順序や条件に従って制御を進める方法である。

アはシーケンス制御、イは予測制御(フィードフォワード制御)、ウはフィードバック制御、エはファジー制御である。求める答えはアとなる。

例題演習

アクチュエータの機能として、適切なものはどれか。

- ア アナログ電気信号を、コンピュータが処理可能なデジタル信号に変える。
- イ キーボード、タッチパネルなどに使用され、コンピュータに情報を入力する。
- ウ コンピュータが出力した電気信号を力学的な運動に変える。
- エ 物理量を検出して、電気信号に変える。

解答解説

アクチュエーターに関する問題である。

アクチュエータは電動機やエンジンのようにものを動かす駆動装置と、その動作により制御を行う機械、油・空圧、熱、電磁など物理的な装置のこちである。利用する作動原理（入力・出力するエネルギー）によりさまざまなものがある。

① 電気系

ソレノイド（電磁弁）、電動機、サーボモータ

② 圧力装置

動力シリンダー（油圧シリンダー・空圧シリンダー・水圧シリンダー・電動シリンダー）

③ 変換機

リニア・アクチュエーター（リニアモーターによる往復駆動装置）

ラバー・アクチュエーター（ゴムチューブへの加減圧による変形を利用した往復駆動装置）

アはA/Dコンバータ、イは入力装置、ウはアクチュエーター、エはセンサーである。求める答えはウとなる。

例題演習

変形を感知するセンサを用いると、高架道路などの状態を監視してメンテナンスすることが可能である。この目的で使用されているセンサはどれか。

ア サーミスタ

イ ジャイロ

ウ ひずみゲージ

エ ホール素子

解答解説

ひずみゲージに関する問題である。

アのサーミスタは、温度変化に対して電気抵抗の変化の大きい抵抗体のことで、この現象を利用し、温度を測定するセンサとしても利用する。

イのジャイロは、慣性で角度を検出する計測器である。

ウのひずみゲージは、物体のひずみを測定するための力学的センサである。高速道路の状態の監視に利用される。求める答えはウとなる。

エのホール素子は、ホール効果を利用して磁界を検出する素子である

txt020162 メカトロニクス信号の伝達

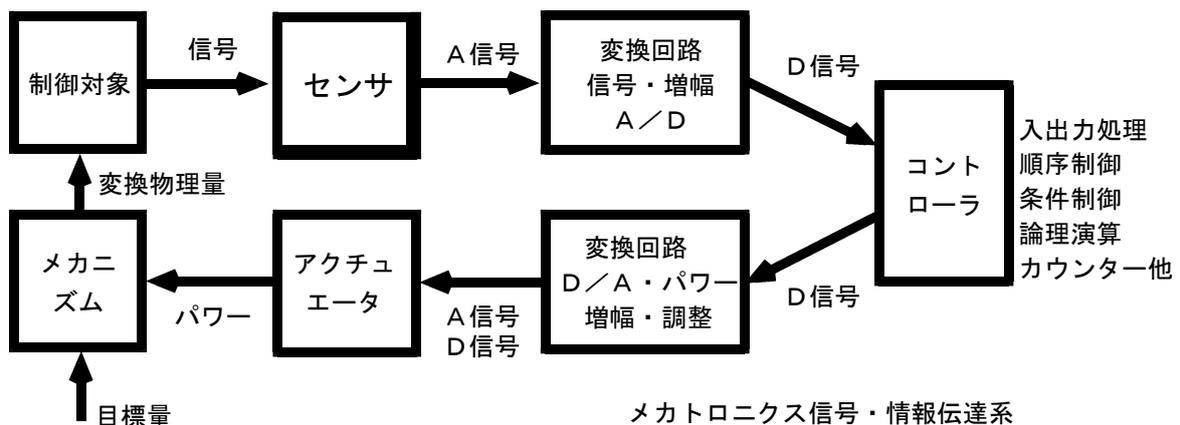
① メカトロニクス信号・情報の伝達

①a 機械の制御法の仕組み

機械の制御は目的とする状態に保つために適当な操作を加え、人間が操作することなく、自動的に制御することである。従って、電子機器を使わなくても機械の制御は可能である。しかし、最近ではマイコンをはじめとする電子技術が発展したため、多くの機械に電子制御が利用されている。自動車用エンジンでは、排気ガスの浄化、燃費の向上、③加速性能やエンジンの応答性の向上を目的とした電子制御化が行われている。

機械の制御法には、フィードバック制御とシーケンス制御がある。フィードバック制御は、目標値と制御量の差を計算して、入力信号を決める制御である。それに対して、シーケンス制御は、あらかじめ決められた手順に従って制御の各段階を決めていく制御である。メカトロニクス機械では、これらを組み合わせて使う。

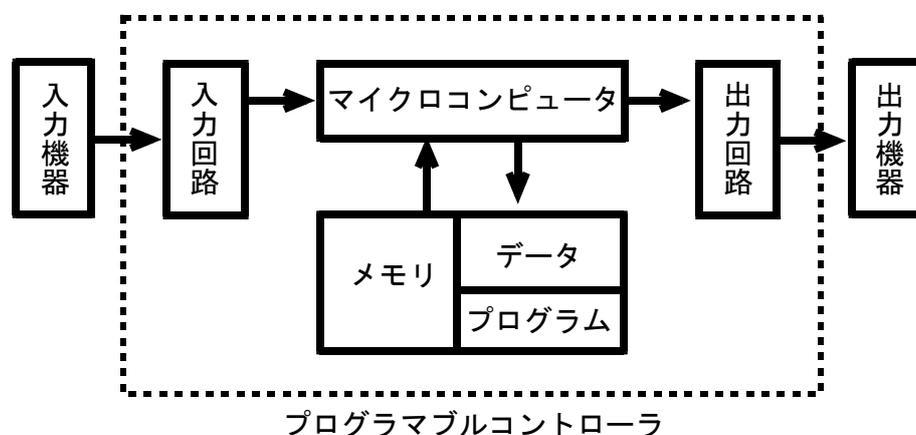
①b メカトロニクス制御の情報の流れ



図はメカトロニクス制御の信号・情報の流れを示したものである。制御対象機器のセンサから発せられたON/OFFのスイッチ信号やアナログ信号は、変換回路でA/D変換や信号増幅などが行われて、D信号としてコントローラに入力される。コントローラに入力されたデジタル信号は、制御の目的によって、順序制御処理、条件制御処理、必要な論理演算が加えられ、制御に必要な信号に変換されて、つぎの変換回路に送信される。変換回路では、D/A変換、増幅、調整などが行われて、アクチュエータのアナログ信号やデジタル信号として出力される。アクチュエータでこの信号を利用して、直流モータ、交流モータ、ステッピングモータなどの電気パワーや、油圧モータ、油圧シリンダ、空気シリンダなどの油圧パワー、空気圧パワーに変換される。各パワーに変換された力をメカニズムを介してそれぞれの機械に必要な動作に運動に変換する。

③ プログラマブルコントローラ

プログラマブルコントローラは、プログラムで定められた順序や条件などに従って設備や機械の動きを制御する装置である。位置、速度、連続量を制御したり、装置間で情報交換したりすることも可能である。



図はプログラマブルコントローラで、マイクロコンピュータとメモリを内蔵したFA用の制御装置である。装置や操作盤に設置したさまざまな入力機器からの入力信号を入力回路で取り込み、あらかじめプログラムされた条件で出力回路をON/OFFすることでさまざまな出力機器を自由に制御できる。プログラムはパソコンのアプリケーションソフトを使用して作成する。

② 自動ドアの開閉制御

① 自動ドアの動作概要

自動ドアは、ドアの前に人が来ると自動的に開き、人がドアから離れると自動的に閉まる。この動作原理を、センサ、コントローラ、電気モータ、ドアを開閉するメカニズムを組み合わせる。コントローラにはプログラマブルコントローラが使用される。

② 自動ドアの制御仕様

自動ドアの動作をまとめたものが制御仕様である。次に1例を示す。

- ㊦ ドアの内外に設置したセンサで人を感知すると、モータを正転させ開放動作を開始する。
- ㊧ ドアが完全に開いたことを検出すると、モータを停止させる。
- ㊨ センサが人を感知している間、安全確保のためモータは停止状態を維持させる。
- ㊩ センサが人を感知なくなると、安全上、一定時間経過後、モータを逆転し自動ドアの閉動作を開始する。
- ㊪ ドアが完全に閉まったことを検出すると、モータを停止させる。
- ㊫ ドアが閉動作中に、センサが人を感知すると、モータの逆転を停止させ、モータを正転させてドアの開放動作をさせ、㊧の操作に戻る。

③ 自動ドアの制御に必要な情報

㊦ センサによる検知

人の存在を検知するためのセンサが、ドアの入側と出側に少なくとも1個ずつ必要になる。更に、ドアが完全に開放されたことを検知するリミットスイッチ、ドアが完全に閉じたことを検知するリミットスイッチが必要になる。これらのセンサ、リミットスイッチからの信号は入力回路部に入力され、増幅、A/D変換や必要な加工が行われる。

㊧ 制御情報の加工

信号はコントローラに入力されて、モータの正逆転運転に必要な順序制御や条件制御、タイマー制御、安全運転に必要な制御情報などの情報加工が行われる。情報加工はプログラマブルコントローラに設計、実装されたシーケンスプログラムを利用して行われる。

㊨ 出力信号をパワーに変換

コントローラからの出力信号は、出力回路に入力され、D/A変換、増幅、必要な調整などが行われて、モータの正逆転信号となり、電気パワーに変換されて、メカニズムを介してドアの開放、閉の動作をさせる。

③ 組込システム

㊰ 組込みシステムとは

組込みシステムは、産業機器や家電製品などのシステムの中に内蔵される小さなシステムで、テレビやエアコンのように、それらの機器を動作させるプログラムを搭載しているものを組込みシステムと呼ぶ。

電気・電子機器の高度化・複雑化と、マイクロプロセッサやメモリの性能単価の下落が進んだ結果、より広範な分野で組み込みシステムが採用されるようになっている。

㊱ 機器の構成パターン

製品の目的や販売されるマーケットの性質に応じて、次の構成パターンが選択される

- ㊦ 独自のハードウェアのみで機器を構成する。
- ㊧ 汎用のマイコンボードと独自のハードウェアを組み合わせて機器を構成する。
- ㊨ 汎用のハードウェアのみで構成する。

㊲ 組込みシステムの特徴

- ㊦ 特定の機能を実現するためのコンピュータシステムで、これを制御するためのOSは組み

込みOSを使用する。

- ① 要求される機能や性能が極めて限定され、コスト上の制限から利用可能な資源に強い制約がある。
- ② 安価なCPUと少ないメモリ、プログラムを内蔵するROMからなり、ディスクも入出力機器もない。
- ③ ソフトウェアだけでなくハードウェアも専用のものを開発することが多い。
- ④ 機械の制御を行う場合には、リアルタイム制御が必要になる。
- ⑤ 信頼性を高めると同時に、安全性の確保が必要になる。
- ⑥ 専用のハードウェアやソフトウェアが搭載され製品となる場合が多く、開発は同時並行的、テスト工程もハードウェア、ソフトウェアの両方にまたがる検証が必要になる。
- ⑦ 製品の付加価値となる新機能がソフトウェアの部分で容易に追加できるようになり、機能追加に必要なコストが削減され、高機能化・多機能化が進んだ。
- ⑧ あらゆる環境下で利用することを想定し、同じ結果が出る設計、開発が必要である。
- ⑨ プログラムの開発環境と実行環境が異なるクロス開発環境が必要である。

④ 組込システムの適用例

㊦ AV機器

TV、DVD、デジタルカメラ、オーディオ機器

㊧ 家電機器

電子レンジ、炊飯器、エアコン、洗濯機、冷蔵庫

㊨ 情報機器

PDA、電子手帳、GPS、カーナビ、電子辞書

㊩ 娯楽機器

ゲーム機、電子楽器、玩具ロボット

㊪ OA機器

プリンタ、複写機、複合機

㊫ 端末機器

POS機器、金融端末、自動販売機、自動改札機、固定電話、携帯電話

㊬ 通信機器

ルータ、放送機器、無線機器

㉔ 運輸機器

自動車、船舶、飛行機、オートバイ

㉕ 建設機器

ブルドーザ、ショベル機

㉖ FA機器

プラント制御、工業用ロボット、印刷機器、縫製機械

㉗ 設備機器

エレベータ、エスカレータ、照明機器、空調機器

㉘ 医療機器

検査装置、福祉機器、診断機器

㉙ 分析機器

分光光度計、ロジックアナライザ、質量分析機器、電子顕微鏡

④ I o T 技術

① I o T とは

I o T はあらゆる物がインターネットを通じてつながることによって実現する新たなサービス、ビジネスモデル、またはそれを可能とする要素技術の総称である。インターネットに多様かつ多数の「もの」が接続され、それらのものによって、送信される大量の情報の円滑な流通が国民生活および経済活動の基盤となる社会の実現である。

このような社会の実現の可能性を高めている背景が、I T の浸透、センサーの低価格化、スマートフォン の普及、データ送信技術の多様性、ビッグデータ解析基盤やクラウド環境の進展、人工知能技術への期待感などである。I o T は、日々の生活から、産業、社会の仕組みの様々なシーンで活躍が期待されている。アイデア次第で活躍の場が無限に広がる可能性が秘められている。

② I o T の仕組み

① 情報の取得

センサーを利用してものから多種多様な情報を取得することができる。温度センサー、湿度センサー、加速度センサー、磁気センサー、光センサー、人感センサーなどの各種センサーを利用される。得る情報も、音声、静止画、動画、数値情報、符号情報、文字情報、文書

情報、画像情報、マルチメディア情報などを入手することが可能である。

① 情報の転送・蓄積・分析

取得した情報をインターネットを経由して、データセンターなり、クラウドに転送し、ビッグデータとして蓄積することができる。

② データの分析

クラウドに蓄積されたビッグデータを様々な技法を活用して分析し、課題解決を実現させることができる。データ分析や解決手法の検討に人工知能の考え方も利用できる。

③ アクションの実施

I o Tを活用した取り組みは問題を解決して始めてその効果を発揮する。同時にその効果を継続的に維持するための管理が必要となる。データ収集から、データの分析、内容のチェック、問題が発生した場合のアクションなどのI o T活動のP D C Aの管理サイクルを日常的に実行するようになり、I o T活動の仕組みが確立されることになる。中でも、デバイスからクラウド、アプリケーションまで一貫通貫でデータの連携を実現させる課題が重要となる。

④ I o Tの構成要素

センサー、ネットワーク、クラウド、コンピュータ、アプリケーション、アクチュエータなどの要素がI o Tを形成する構成要素となる。

① 認識・検知のためのデバイス

- ① 顔、指紋、QRコードを認識するデバイス
- ② 物体、物体の動作や位置などを検知や計測するためのデバイス
- ③ 音声や画像、動画などを認識するカメラ、マイクなどのデバイス
- ④ その他の文字や文書などを認識したり、読み取るデバイス

② アクション実行するためのハード・物理的な仕組み

企業側や顧客側の既存のハードウェア、スマートデバイス、制御盤、ウェアラブルデバイスなど、アクションを実行するためのハードウェアや物理的なデバイス、アクチュエータなどが対象になる。具体的には、工場に設置されている産業機器、建設現場の建設機器、自動車、家庭内にある家電製品や家具、住宅設備なども対象になる。I o Tの対象になるモノは、センサーが組み合わされた機器であって、その状況を何らかの情報に変換し、発信することのできる機能を備えたモノとなる。

③ クラウド

デバイスを通じて収集されたデータは、データファイル、データベース、データウェアハウスに蓄積される。最近では、I o T機器から集められた膨大な情報は、ビッグデータとし

てインターネット上のクラウドに集積され、アプリケーションを使用して分析・処理され、現実の世界にフィードバックされる。現実の世界では、アクチュエータなどを用いて各種機器を制御することになる。

㊦ 通信回線

収集されたデータの送信には、専用回線やインターネット、無線通信が使用されるが、クラウドの活用と共にインターネットを利用するようになってきている。プロトコルはTCP/IPを用いることが一般的である。センサーやスマートフォンなどのデバイスからは無線を利用したデータ収集／転送が行われる。

㊧ アプリケーション

アプリケーションは蓄積されたデータを取り出し、データ分析やデータの可視化、シミュレーションの実行に用いられ、フィードバックされた信号によって各種機器や仕組みが制御されたりする。

- ① 可視化のためのアプリケーション：データの見える化の実現
- ② 予測のためのアプリケーション：シミュレーションの実行
- ③ データ分析のためのアプリケーション：データマイニングや機械学習
- ④ 制御のためのアプリケーション：機器や仕組みの制御の実行

㊨ I o Tが提供する価値

㊦ もの自体の価値の変化

ものがネットワークにつながることによって得られる価値のことである。例えば、スマートキーという仕組みは、スマホに鍵のアプリを付与することによって物理的な鍵の仕組みをいらなくする考え方である。種類の鍵を持ち歩かなくても、スマホ上で鍵の受け渡しを簡単に行えるようになり、鍵の紛失の心配がなくなる。

㊧ ビッグデータの価値

センサーがネットワークにつながり、各種データがクラウドに蓄積されて、ビッグデータとなり、アプリケーションを利用してそのデータを分析処理し、価値ある情報を得ることができるようになる。

㊨ 課題解決の価値

ビッグデータを分析して得た価値ある情報をフィードバックし、企業課題の解決に役立てることが可能になる。その結果、生産性向上や品質向上、コスト削減、利便性向上、新品種の開発、混雑緩和など、多くの価値を得ることが可能になる。

④ I o Tの適用範囲例

- ㊦ **テレマティクス**
自動車や輸送車両向けの情報提供サービス
- ㊧ **スマートメーター**
電気、ガスなどの利用量測定、コントロール
- ㊨ **センシング**
モノや場所のセンシングデータ収集
- ㊩ **リモートモニタリング**
設備や機械の遠隔サポート／監視
- ㊪ **トレース**
モノの輸送や移動、組み立て／加工などのトレース
- ㊫ **決済**
リモート端末による決済
- ㊬ **セキュリティ**
ホームセキュリティや見守りサービス

⑤ I o Tの具体例

I o Tは、様々な物がインターネットに接続され情報交換することにより相互に制御する仕組みである。

㊦ **家・建物との組み合わせ**

電子錠、セキュリティカメラ、オーディオ・ビジュアル機器、照明、カーテン、シャッター、エアコン、床暖房など家庭内の電化製品をインターネットに接続し制御することである。日々の気候や大気の様子が観測され、健康に支障のあるような天候になった際は、窓の開閉や換気をおこなったり、屋内であればエアコンと連動して最適な温度にすることができる。学校では、校内アナウンスで注意を喚起し、施設内に安全に誘導することもできる。

㊧ **車・自動運転技術との組み合わせ**

車内センサーやデバイスをインターネットに接続し、得られたデータを利用しパーソナルな運転を適正化することができる。得られた情報を統合データベースとして活用すれば、天候、渋滞の情報を元に様々な情報サービスや、データ分析し新たなサービス提供も可能とな

る。また、マシンログが自動的に蓄積、解析され、故障する前に修理を呼ぶ事もできる。

㉞ 健康・医療の技術との組み合わせ

インターネットに接続された様々なウェアラブル製品を身につけることで、そこから得られるデータを専門家が解析・フィードバックすることにより、家族の運動や健康状態が計測、病気を未然に発見・予防することが可能になる。

㉟ 産業における活用

産業においてもこれらの I o T によるメリットを享受することができる。データインプットなど様々なプロセスが効率化されることで、新しい製品やサービスを提供できるようになり、より創造的で新しい仕組みを作ることに人のリソースを割くことができるようになり、クラウドとモノをインターネットに繋ぐことで、新たな製品の開発・利用方法が生まれ、新たな収益機会を生み出すことができる可能性もある。

㊄ 今後の課題

- ㊀ セキュリティ上の問題
- ㊁ ネットワークのトラフィックの増大
- ㊂ I o T 機器、P C などの相互互換性
- ㊃ リアルタイムモニタリングの可能性
- ㊄ バッテリーの消費

例題演習

ビッグデータを企業が活用している事例はどれか。

- ア カスタマセンタへの問合せに対し、登録済みの顧客情報から連絡先を抽出する。
- イ 最重要な取引先が公表している財務諸表から、売上利益率を計算する。
- ウ 社内研修の対象者リスト作成で、人事情報から入社 10 年目の社員を抽出する。
- エ 多種多様なソーシャルメディアの大量な書込みを分析し、商品の改善を行う。

解答解説

ビッグデータの活用に関する問題である。

ビッグデータは、データ規模の量的側面と構成されるデータの内容やデータの利用され方などの質的側面においも、従来のシステムとは異なるものである。量的側面では、典型的なデータベースソフトウェアが把握し、蓄積し、運用し、分析できる能力を超えたサイズのデータを指すと定義している。質的側面では、データの出所が多様である特徴が挙げられる。活用が進んでいるウェブサービス分野では、オンラインショッピングサイトやブログサイトにおいて蓄積される購入履歴やエントリー履歴、ウェブ上の配信サイトで提供される音楽や動画等のマル

チメディアデータ、ソーシャルメディアにおいて参加者が書き込むプロフィールやコメント等のソーシャルメディアデータがあり、今後活用が期待される分野では、GPS、ICカードやRFIDにおいて検知される、位置、乗車履歴、温度等のセンサーデータ、CRMシステムにおいて管理されるダイレクトメールのデータや会員カードデータ等カスタマーデータといった様々な分野のデータが想定されている。

アの登録済みの顧客情報、イの財務諸表の情報、ウの人事情報などの従来のデータベースの範疇で扱っている単一データはビッグデータの対象とはならない。

エの多種多様なソーシャルメディアの大量な書き込みデータはビッグデータであり、ビッグデータを分析して、商品の改善などに利用する。求める答えはエとなる。

例題演習

ビッグデータ活用の発展過程を次の4段階に分類した場合、第4段階に該当する活用事例はどれか。

〔ビッグデータ活用の発展段階〕

- 第1段階：過去や現在の事実の確認（どうだったのか）
- 第2段階：過去や現在の状況の解釈（どうしてそうだったのか）
- 第3段階：将来生じる可能性がある事象の予測（どうなりそうなのか）
- 第4段階：将来の施策への展開（どうしたら良いのか）

ア 製品のインターネット接続機能を用いて、販売後の製品からの多数の利用者による操作履歴をビッグデータに蓄積し、機能の使用割合を明らかにする。

イ 多数の利用者による操作履歴が蓄積されたビッグデータの分析結果を基に、当初、メーカーが想定していなかった利用者の誤操作とその原因を見つけ出す。

ウ ビッグデータを基に、利用者の誤操作の原因と、それによる故障率の増加を推定し、利用者の誤操作を招きにくいユーザインタフェースに改良する。

エ 利用者の誤操作が続いた場合に想定される製品の故障率の増加を、ビッグデータを用いたシミュレーションで推定する。

解答解説

ビッグデータ活用に関する問題である。

第1段階は事実の確認、第2段階は状況の解釈、第3段階は事象の予測、第4段階は施策への展開である。ア～エの内容を4段階に分類する。

アの操作履歴をビッグデータに蓄積し、機能の使用割合を明確にするは事実の確認であり、第1段階である。

イのビッグデータの分析結果から利用者の誤操作とその原因を見つけ出すは状況の解釈であり、第2段階である。

ウの故障率の増加を推定し、ユーザインタフェースを改良するは施策への展開であり、第4段階となる。求める答えはウとなる。

エの故障率の増加をビッグデータを用いたシミュレーションで推定するは事象の予測であり、第3段階となる。

例題演習

I o T (Internet of Things) を説明したものはどれか。

- ア インターネットとの接続を前提として設計されているデータセンタのことであり、サーバ運用に支障を来さないように、通信回線の品質管理、サーバのメンテナンス、空調設備、瞬断や停電に対応した電源対策などが施されている。
- イ インターネットを通して行う電子商取引の一つの形態であり、出品者がWebサイト上に、商品の名称、写真、最低価格などの情報を掲載し、期限内に最高額を提示した入札者が商品を落札する、代表的なC t o C取引である。
- ウ 広告主のWebサイトへのリンクを設定した画像を広告媒体となるWebサイトに掲載するバナー広告や、広告主のWebサイトの宣伝をメールマガジンに掲載するメール広告など、インターネットを使った広告のことである。
- エ コンピュータなどの情報通信機器だけでなく様々なものに通信機能をもたせ、インターネットに接続することによって自動認識や遠隔計測を可能にし、大量のデータを収集・分析して高度な判断サービスや自動制御を実現することである。

解答解説

I o Tに関する問題である。

I o Tは、センサー機器、駆動装置（アクチュエーター）、建物、車、電子機器などが、ネットワークを通じてサーバーやクラウドサービスに接続され、相互に情報交換をする仕組みのことである。モノがインターネットと接続されると、データをサーバー上で、処理、変換、分析、連携することが可能になり、より高い価値やサービス生み出すことが可能になってきている。

エのコンピュータなどの情報通信機器だけでなく様々なものに通信機能をもたせ、インターネットに接続することによって自動認識や遠隔計測を可能にし、大量のデータを収集・分析して高度な判断サービスや自動制御を実現することである。求める答えはエとなる。

例題演習

I o T (Internet of Things) の実用例として、適切でないものはどれか。

- ア インターネットにおけるセキュリティの問題を回避するために、サーバに接続せず、単独でファイルの管理、演算処理、印刷処理などの作業を行うコンピュータ
- イ 大型の機械などにセンサと通信機能を内蔵して、稼働状況、故障箇所、交換が必要な部品などを、製造元がインターネットを介してリアルタイムに把握できるシステム
- ウ 検針員に代わって、電力会社と通信して電力使用量を送信する電力メータ
- エ 自動車同士及び自動車と路側機が通信することによって、自動車の位置情報をリアルタイムに収集して、渋滞情報を配信するシステム

解答解説

I o Tの実用例に関する問題である。

アのインターネットに接続せず、単独でファイル管理、演算処理を行うコンピュータはI o

Tではない。求める答えはアとなる。

イのインターネットを介した情報のリアルタイムな把握、ウの通信を利用して電力量を送信する電力メータ、エの自動車の位置情報をリアルタイムに利用した渋滞情報の配信などはI。Tの実用例である。