

電気分野
専門区分

課目Ⅱ 電気の基礎

試験時間 16:20～17:40 (80分)

4 時限目

問題 4	電気及び電子理論	1～4 ページ
問題 5	自動制御及び情報処理	5～8 ページ
問題 6	電気計測	9～12 ページ

I 不正行為への対処

不正行為には厳正に対処する。以下の行為を行った場合は、試験会場から退出させ、全課目の試験結果を無効とする。

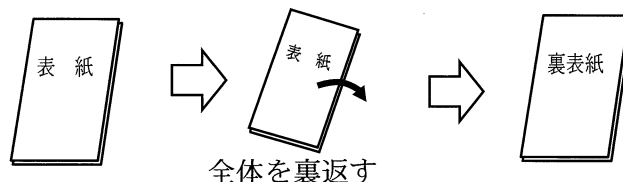
- | | |
|-------------------------|-------------------------|
| ①電子機器、通信機能付機器、使用禁止電卓の使用 | ②本・ノート、メモ等を見る。 |
| ③他の受験者の答案を見る。 | ④他の受験者と物品の貸し借りを行う。 |
| ⑤試験開始の合図の前に試験問題を見る。 | ⑥試験終了の合図にもかかわらず、解答を続ける。 |

なお、①、②については、対象物を、机の上、机の棚板に置いている、手に持っている、身につけている、その他しまわずに利用可能な状態になっている場合は、不正行為を行ったものとみなす。

II 試験中における注意事項

1. 受験票は、机の上の見やすい位置に、常に置いておくこと。
2. 問題の印刷不鮮明、冊子のページの落丁・乱丁などに気付いた場合は、係の者に知らせること。
3. 問題の解答は答案用紙（マークシート）に記入すること。
4. **答案用紙の記入に当たっては、答案用紙に記載の「記入上の注意」に従うこと。**
「記入上の注意」に従わない場合には採点されない。該当欄以外にはマークや記入をしないこと。
5. 問題冊子の余白部分は計算用紙などに適宜利用してよい。
6. 試験終了後、問題冊子は持ち帰ること。
7. 以下の場合は、監督員に挙手合図をすること。
・体調不良 ・水分補給が必要 ・トイレに行きたい

注意事項は、裏表紙に続くので、この問題冊子全体を裏返して必ず読むこと。
その際、冊子の中は決して見ないこと。



指示があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
問題の内容に関する質問にはお答えできません。

(電気及び電子理論)

問題4 次の各文章の 1 ～ 12 の中に入れるべき最も適切な字句等をそれぞれの解答群から選び、その記号を答えよ。(配点計50点)

- (1) 図1に示すような角周波数 ω [rad/s] の電圧 $\dot{V}_1$ [V] を一次側に印加すると、二次側電圧が $\dot{V}_2$ [V] となる損失のない変圧器を考える。一次側の電流を $\dot{I}_1$ [A]、二次側の電流を $\dot{I}_2$ [A] とし、一次側の自己インダクタンスを L_1 [H]、二次側の自己インダクタンスを L_2 [H]、相互インダクタンスを M [H] とする。

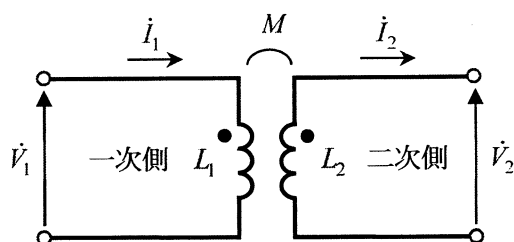


図1

- 1) 一次側電流 $\dot{I}_1$ と二次側電流 $\dot{I}_2$ を用いて、一次側電圧 $\dot{V}_1$ は 1 [V] と表される。同様に、二次側電圧 $\dot{V}_2$ は 2 [V] と表される。

< 1 及び 2 の解答群 >

- | | | |
|---|---|---|
| ア $j\omega L_1 \dot{I}_1$ | イ $j\omega L_2 \dot{I}_2$ | ウ $j\omega L_1 \dot{I}_1 + j\omega L_2 \dot{I}_2$ |
| エ $j\omega L_1 \dot{I}_1 - j\omega M \dot{I}_2$ | オ $j\omega M \dot{I}_1 - j\omega L_2 \dot{I}_2$ | |

2) この変圧器は図2に示すコイル a、b 及び c から成る等価回路で表すことができる。

1) の関係を用いると、図2の a のインダクタンスは [H]、b のインダクタンスは

[H]、c のインダクタンスは [H] と表すことができる。

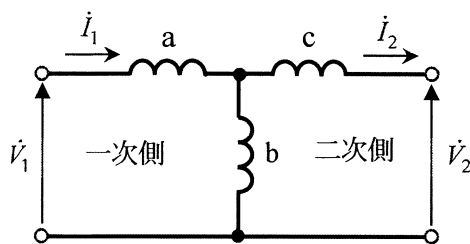


図2

< ~ の解答群 >

- | | | | | |
|-------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------|
| ア L_1 | イ L_2 | ウ M | エ $L_1 - L_2$ | オ $L_1 - M$ |
| カ $L_2 - M$ | キ $\frac{L_1}{M}$ | ク $\frac{M}{L_2}$ | ケ $L_1 L_2 - M^2$ | |

3) この変圧器において $L_1 L_2 = M^2$ の関係がある場合、一次側と二次側の電圧の関係及び一次側と二次側の電流の関係は、 n を比例定数として $\dot{V}_2 = n \dot{V}_1$ 、 $\dot{I}_1 = n \dot{I}_2$ と表すことができる。このとき、 n は と表される。

< の解答群 >

- | | | | |
|-------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------|
| ア $\frac{M}{L_1}$ | イ $\frac{M}{L_1 - M}$ | ウ $\frac{M}{L_2 - M}$ | エ $\frac{M - L_2}{L_1 - M}$ |
|-------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------|

問題4は次の頁に続く

- (2) 図3に示すように、線間電圧が400Vの対称三相交流電源に、回路1（負荷）と、スイッチSを介して回路2（コンデンサ）が接続されている。ここで、回路1はインピーダンス $\dot{Z}_1 = 4 + j3 [\Omega]$ をY接続した平衡三相負荷である。また、回路2は、交流電源から見た力率を1に改善するためにインピーダンス $\dot{Z}_2 [\Omega]$ のコンデンサを Δ 接続した平衡三相回路である。

図3の回路において、スイッチSを開閉したときの有効・無効電力などの値を求める過程を考える。ただし、図示されたもの以外のインピーダンスは無視するものとする。

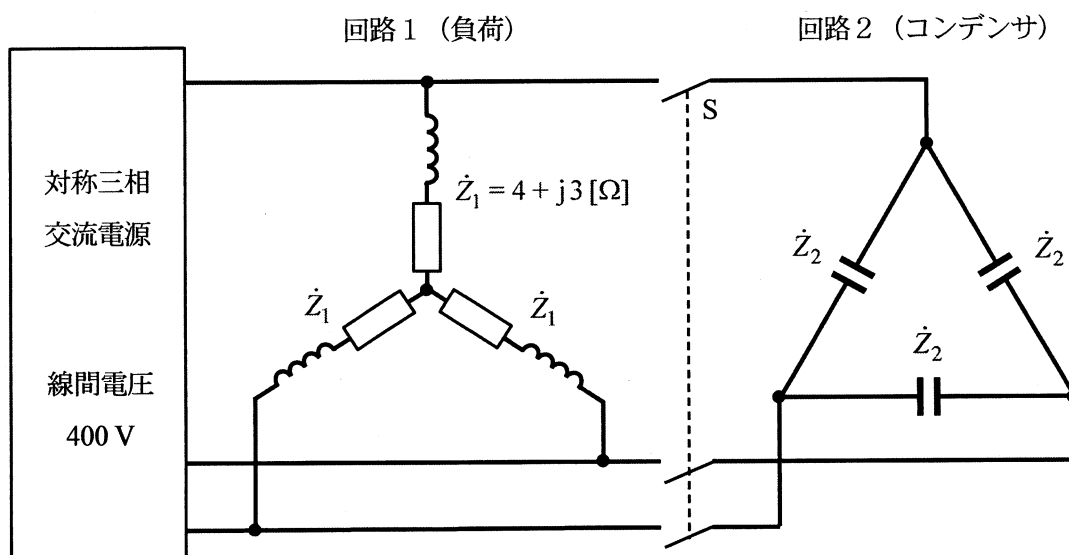


図3

- 1) スイッチSが開いているときに、交流電源から回路1に供給する有効及び無効電力を求める。
- i) 対称三相交流電源の電圧は線間電圧で与えられているので、回路1のインピーダンスをY- Δ 変換すると、 Δ 結線1相当りのインピーダンス $\dot{Z}_\Delta$ は次の値となる。

$$\dot{Z}_\Delta = \boxed{7} [\Omega]$$

線間電圧を $\dot{V}_\Delta = 400 [\text{V}]$ とすると、この Δ 結線1相に流れる電流 $\dot{I}_{\Delta 1}$ は次の値となる。

$$\dot{I}_{\Delta 1} = \boxed{8} [\text{A}]$$

< $\boxed{7}$ 及び $\boxed{8}$ の解答群 >

ア $\frac{4}{3} + j$

イ $4 + j3$

ウ $12 + j9$

エ $20 - j15$

オ $\frac{64}{3} - j16$

カ $192 - j144$

- ii) Δ 結線 1 相の力率 $\cos\theta_{\Delta 1}$ 、及び交流電源から供給される Δ 結線 1 相の有効電力 $P_{\Delta 1}$ と無効電力 $Q_{\Delta 1}$ (遅れ) は次の値となる。

$$\cos\theta_{\Delta 1} = \boxed{9}$$

$$P_{\Delta 1} = \boxed{10} \text{ [W]}$$

$$Q_{\Delta 1} = 6400 \text{ [var]}$$

〈 $\boxed{9}$ 及び $\boxed{10}$ の解答群 〉

ア 0.6 イ 0.8 ウ 1 エ $\frac{20480}{3}$ オ 8000 カ $\frac{25600}{3}$

- 2) スイッチ S が閉じているときの回路 2 の回路定数を求める。

前述の結果から、回路 2 によって交流電源の力率を 1 に改善する Δ 接続 1 相当りの無効電力は 6400 var (進み) となる。したがって、回路 2 の Δ 接続 1 相に流す電流の実効値 $I_{\Delta 2}$ は次の値となる。

$$I_{\Delta 2} = \boxed{11} \text{ [A]}$$

この電流を流すコンデンサのキャパシタンス C は次の値となる。ただし、交流電源の角周波数 ω は $\omega = 100\pi \text{ [rad/s]}$ とする。

$$C = \boxed{12} \text{ [\mu F]}$$

〈 $\boxed{11}$ 及び $\boxed{12}$ の解答群 〉

ア 15 イ 16 ウ 144 エ $\frac{0.4}{\pi}$ オ $\frac{3.6}{\pi}$
 カ $\frac{400}{\pi}$ キ $\frac{3600}{\pi}$

(自動制御及び情報処理)

問題5 次の各文章の 1 ～ 14 の中に入れるべき最も適切な字句等をそれぞれの解答群から選び、その記号を答えよ。(配点計50点)

(1) 次式で示される伝達関数 $G(s)$ を持つシステムの、単位ステップ応答 $y(t)$ を求める。

$$G(s) = \frac{s+4}{(s+1)(s+2)} \dots\dots\dots \textcircled{1}$$

$y(t)$ のラプラス変換 $Y(s) = \mathcal{L}[y(t)]$ を、次の式②のように a 、 b 、 c を未定係数として部分分数分解する。

$$Y(s) = \frac{a}{s} + \frac{b}{s+1} + \frac{c}{s+2} \dots\dots\dots \textcircled{2}$$

このとき、式②における係数 a は 1、係数 b は 2、係数 c は 3 となる。

この結果を用いて式②を逆ラプラス変換することにより、ステップ応答 $y(t)$ は次式で表される。

$$y(t) = \mathcal{L}^{-1}[Y(s)] = a + b e^{-t} + c e^{-2t} \quad (t \geq 0) \dots\dots\dots \textcircled{3}$$

< 1 ～ 3 の解答群 >

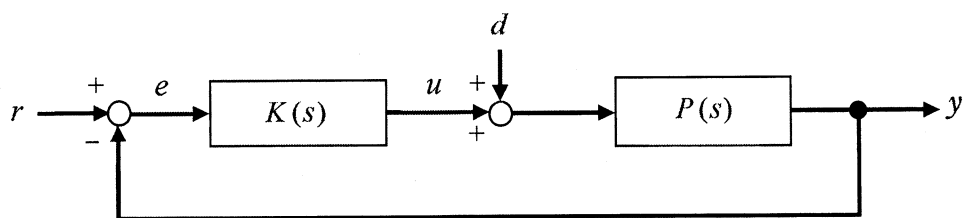
ア -5	イ -4	ウ -3	エ -2	オ -1	カ 0
キ 1	ク 2	ケ 3	コ 4	サ 5	

(2) 図で示されるフィードバック制御系を考える。

$P(s)$ は制御対象であり、 $K(s)$ はコントローラ、 r は目標値、 y は制御量、 u は操作量、 e は偏差、 d は外乱である。また、 $P(s)$ 及び $K(s)$ は次式で与えられるものとする。

$$P(s) = \frac{N_P(s)}{D_P(s)} = \frac{1}{s^2 - 9}$$

$$K(s) = \frac{N_K(s)}{D_K(s)} = \frac{s-3}{s+1}$$



図

1) r から y への伝達関数 $G_{yr}(s)$ は 4 となる。

〈 4 の解答群 〉

ア $\frac{1}{(s+1)(s+3)}$

イ $\frac{1}{(s+2)^2}$

ウ $\frac{1}{(s+1)(s+2)(s+3)}$

エ $\frac{1}{(s-3)(s+1)(s+3)}$

オ $\frac{s+4}{(s+1)(s+2)(s+3)}$

2) また、特性方程式 $D_p(s)D_k(s)+N_p(s)N_k(s)=0$ の解は 5 である。

〈 5 の解答群 〉

ア $s=-1, s=-2, s=-3$

イ $s=3, s=-1, s=-3$

ウ $s=-1, s=-3$ (重根)

エ $s=3, s=-2$ (重根)

オ $s=-2$ (3重根)

3) このフィードバック制御系に対して、 d にステップ状の外乱が加わり、時間が十分に経過したときの出力 y の振舞いとして最も適切な記述は、「6」である。

〈 6 の解答群 〉

ア 振動する

イ 零へ漸近する

ウ 定常偏差が残る

エ 発散する

(3) 連続系における線形システムが漸近安定となる条件は、システムの特性根を複素平面上に描いたとき、そのすべてが左半面に存在することである。また、むだ時間要素を含むシステムの安定性解析に最も有用な安定判別法は 7 法である。

〈 7 の解答群 〉

ア ナイキスト

イ ボード線図

ウ ラウス

エ リアプロフ

問題5は次の頁に続く

(4) コンピュータの補助記憶装置には、信頼性を向上させるためにデータを複数のハードディスクに分散させて管理する方式がある。

1) 二組のハードディスクに同じデータを書き込み、片方が故障しても復旧が可能な方式を RAID 1
あるいは と呼ぶ。

2) RAID 5 は、故障時のデータ復旧に使用するために を作成し、これとデータを複数のハードディスクに分散保存する方式である。RAID 5 のハードディスク容量の利用効率は、RAID 1 と比較して 。

3) 装置が稼働中に、接続したままで故障したハードディスクを交換する機能を と呼ぶ。

< ~ の解答群 >

ア キャッシュ	イ クラスタリング	ウ ストレージ	エ バックアップ
オ パリティ	カ プラグイン	キ ホットスワップ	ク ミラーリング
ケ 高い	コ 低い	サ 同程度である	

(5) コンピュータによる情報処理における処理形態、インタフェース及びデータ伝送について考える。

- 1) コンピュータの処理で、必要なデータを前もって用意しておき、スケジュールなどに従って一括して処理することを 処理と呼ぶ。

＜ の解答群 ＞

ア イベント

イ バッチ

ウ 対話型

- 2) コンピュータの入出力インタフェースの中で、プリンタやキーボードなどに使われ、最大127台まで接続可能なシリアルインタフェースは である。

＜ の解答群 ＞

ア HDMI

イ SCSI

ウ USB

- 3) OSI 参照モデルの中で、データの表現形式（フォーマット）を規定しているのは 層である。

＜ の解答群 ＞

ア アプリケーション

イ セッション

ウ プレゼンテーション

(電気計測)

問題 6 次の各文章の ～ の中に入れるべき最も適切な字句等をそれぞれの解答群から選び、その記号を答えよ。(配点計 50 点)

(1) 接地抵抗の測定について考える。

1) 接地には保安用接地、機能用接地及び雷保護用接地があり、保安用接地は電力使用機器を利用する場合、 の観点から、また機器の安全確保のためにも重要である。

多くの計測器にも接地端子が付属している。計測器の接地は、保安用としての機能も持つが、回路の電位の基準を設定するための機能用接地として重要である。

接地電流が流れると、接地極と大地の電位差は なる。この電位差と接地電流の比を、その接地電極の接地抵抗という。

< 及び の解答群 >

ア 感電防止

イ 省エネルギー

ウ 耐震対策

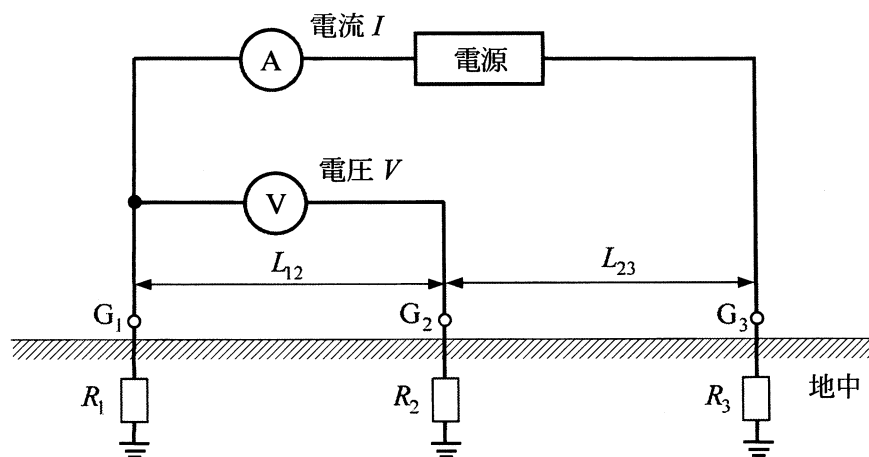
エ 大きく

オ 小さく

2) 図に示すように、一直線上にあって十分離れた地面 G_1 、 G_2 、 G_3 の3箇所に、接地極が埋設されている。ここで、 G_1 と G_2 の距離を L_{12} 、 G_2 と G_3 の距離を L_{23} 、 G_1 と大地との間の抵抗を R_1 、 G_2 と大地との間の抵抗を R_2 、 G_3 と大地との間の抵抗を R_3 とする。

これらの接地極に対し図のとおり電源及び計測器を接続し、接地抵抗の測定を行ったところ、電源からの電流 I と、 G_1 と G_2 の間の電圧 V が得られた。この回路で測定できるのは R_1 、 R_2 、 R_3 のうちの R_1 であり、その値は、式 3 で求められる。

接地抵抗計は、原理的にはこのような手法や類似手法で接地抵抗を測定している。ここで、測定には 4 の定電圧電源が用いられる。その理由は、5 作用により生じる接地極間の電位差の影響を防ぐためである。



図

< 3 ~ 5 の解答群 >

- | | | | | |
|-----------------|--|--|-------|------|
| ア $\frac{V}{I}$ | イ $\frac{V}{I} \times \frac{L_{12}}{L_{23}}$ | ウ $\frac{V}{I} \times \frac{L_{23}}{L_{12}}$ | エ パルス | オ 交流 |
| カ 直流 | キ 充電 | ク 分極 | ケ 放電 | |

問題 6 は次の頁に続く

(2) 測定法について考える。

1) 測定する量を指示計器から直接読み取る方法を直接測定という。これに対して、電圧と電流を測定して抵抗値を求める場合のように、測定する量と一定の関係を保つ別の量を測定して、それらの測定値から間接的に測定量を求める方法を間接測定という。

電気関係量の測定では、例えば電圧計や電流計などにおいて、測定量を指示計器の指針の振れに変換してその目盛りを読み取る 法が多く行われる。また、精度が高い測定を行う場合には、例えば電位差計や 測定のように、測定量を同種の既知の標準量と平衡させるように調節して、平衡点における標準量の大きさから測定量を求める零位法が行われる。さらに、周波数やゲイン測定などでは、測定する量から一定量を差し引いて残りを測定することによって測定量の大きさを求める 法が行われている。

< ~ の解答群 >

ア ブーストラップ	イ 共振	ウ 積分	エ 平均
オ 偏位	カ 補償	キ ブリッジ	ク 絶対

2) 交流電圧及び電流の場合には、次のように異なる測定値の評価の方法がある。

平均値：瞬時値の絶対値の1周期平均の値

実効値：瞬時値の2乗の1周期平均の平方根の値

ピークツーピーク値：瞬時値の最大値から瞬時値の最小値を差し引いた値

実効値は交流の電圧・電流などのように、時間的に変化するものの大きさを示す値の一つで、平均電力が等しくなる直流に換算した値を示している。

電力は、電圧や電流の2乗に比例するため、実効値を求めるには、2乗し平均をとったものの平方根を求めれば良い。結果的に同じ負荷抵抗であれば、実効値が I_{rms} の交流電流、実効値が V_{rms} の交流電圧の消費する電力は、それぞれ、電流値が I_{rms} の直流電流、電圧値が V_{rms} の直流電圧の消費電力と同値となる。

波形の周期を $T = \frac{2\pi}{\omega}$ として、電流の瞬時値 i が $i = I \sin \omega t$ で表される交流電流を考える。

ここで、 I は電流の振幅、 ω は角周波数、 t は時間とする。このとき、この電流波形の平均値 I_m 、2乗平均値 I_{ms} 、実効値 I_{rms} 及びピークツーピーク値 $I_{\text{p-p}}$ は、次のように表される。

平均値： $I_m = \boxed{9}$

2乗平均値： $I_{\text{ms}} = \boxed{10}$

実効値： $I_{\text{rms}} = \frac{I}{\sqrt{2}}$

ピークツーピーク値： $I_{\text{p-p}} = 2I$

〈 $\boxed{9}$ 及び $\boxed{10}$ の解答群 〉

ア $\frac{I}{2}$ イ $\frac{2I}{3}$ ウ $\frac{I^2}{2}$ エ $\frac{\sqrt{2}I^2}{2}$ オ $\frac{2I}{\pi}$ カ $\frac{\sqrt{2}I}{\pi}$

(空 白)

(空 白)

(表紙からの続き)

Ⅲ 試験中に使用する物品・機器に関する注意事項

1. 試験中、机の上に置いてよいのは以下のものとする。それ以外のものは鞆等にしまい、鞆の口を閉めておくこと。机の棚板や衣服のポケットにはしまわないこと。
受験票、HBの鉛筆又はシャープペンシル、鉛筆削、替芯、プラスチック製消しゴム、時計、電卓1台（使用禁止ではないもの）、眼鏡、拡大鏡
2. 試験中、携帯電話、スマートフォン、PC、タブレット端末、スマートウォッチ、電子ループ等の電子機器・通信機器の使用は禁止する。
3. 通信機能を有する全ての機器（時計、眼鏡、補聴器等を含む）は、試験中は使用を禁止する。通信機能を有する機器を使用できないことによる事態には一切配慮しない。通信機能を有しない代替品、例えば、スマートウォッチの代わりに時計機能のみの時計を使用すること。
4. 使用禁止電卓は、関数電卓、携帯電話などの電卓機能、数式等が記憶できるもの、プログラム機能を有するものである。

Ⅳ 解答上の注意

1. 問題の解答は、該当欄にマークすること。
2.

1

、

2

などは、解答群の字句等（字句、数値、式、図など）から当てはまる記号「ア、イ、ウ、エ、オ・・・」を選択し、該当欄のその記号を塗りつぶすこと。
3.

A	a.bc
---	------

、

B	a.bc×10 ^d
---	----------------------

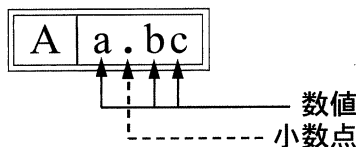
などは、計算結果などの数値を解答する設問である。a,b,c,dなどのアルファベットごとに該当する数字「0,1,2,3,4,5,6,7,8,9」（ただし、aは0以外とする）を塗りつぶすこと。なお、下位の桁の値が「0」となる場合にも0を塗りつぶすこと。

また、計算を伴う解答の場合は次の(1)～(3)によること。

- (1) 解答は解答すべき数値の最小位の一つ下の位で四捨五入すること。
このとき、解答すべき数値を求める過程の計算においても、必要となる桁数には十分配慮し、「解答として最後に四捨五入した数値」が、「解答が求める最小位まで有効な値」となるようにすること。
- (2) 既に解答した数値を用いて次の問題以降の計算を行う場合も、必要に応じて四捨五入後の数値ではなく、四捨五入前の数値を用いて計算することなど、(1)の計算条件を満足すること。
- (3) 問題文中で与えられる数値は、記載してある位以降は「0」として扱い、(1)の「解答は解答すべき数値の最小位の一つ下の位で四捨五入すること。」の計算条件を満足しているものとする。
例えば、2.1 kgの2.1は、2.100…と考える。特に円周率などの場合、実際は $\pi=3.1415\cdots$ であるが、 $\pi=3.14$ で与えられた場合は、3.1400…として計算すること。

「解答例1」

(設問)



(計算結果)

6.795...

↓ 四捨五入

6.80

(解答)

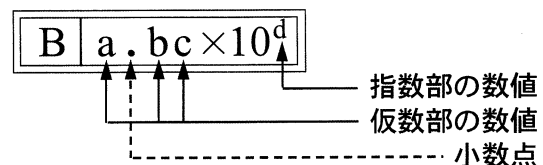
「680」を
塗りつぶす



A			
a	b	c	
0	0	0	●
1	1	1	
2	2	2	
3	3	3	
4	4	4	
5	5	5	
6	6	6	●
7	7	7	
8	8	8	●
9	9	9	

「解答例2」

(設問)



(計算結果)

9.183... × 10²

↓ 四捨五入

9.18 × 10²

(解答)

「9182」を
塗りつぶす



B			
a	b	c	d
0	0	0	0
1	●	1	1
2	2	2	●
3	3	3	3
4	4	4	4
5	5	5	5
6	6	6	6
7	7	7	7
8	8	8	●
9	9	9	9