平成２０年度　豊橋技術科学大学第３年次入学者選抜学力検査問題

専　門　科　目　（ ③電気・電子工学，情報工学 ）

注　意　事　項

1　試験開始の合図まで，この問題冊子と解答用紙を開いてはいけません。

2　問題冊子の枚数は表紙を含めて１３枚です。

3　問題冊子とは別に解答用紙が１２枚あります。解答は用紙の裏面にまわってはいけません。

4　問題［１］～［７］の７問より３問を選択して解答してください。選択する問題の解答用紙の選択欄に○，選択しない問題の解答用紙の選択欄には×を記入してください。**なお，４問以上選択した場合は，全問0点となりますので注意してください。**

5　解答にかかる前に，すべての解答用紙の所定の箇所に受験番号を記入してください。

6　解答は必ず各問題別の解答用紙の所定の欄に記入してください。

7　落丁，乱丁，印刷不鮮明の箇所などがあれば，ただちに申し出てください。

8　問題冊子の余白は草稿用として使用しても構いません。

9　試験終了時刻まで退出してはいけません。

［１］　以下の問いに答えよ。

(1) 図１に示すように，半径aの球Aのまわりに，内径b，外径cの同心導体球殻Bが真空中に置かれている($a<b<c$)。いま，球Aは電荷Q_1が一様密度で分布し，外部導体球殻BにQ_2の電荷が与えられている。球Aの中心からの距離をrにとり，真空の誘電率をε_0，球Aの比誘電率を1として以下の問いに答えよ。

ア．球Aの内部の電界の大きさE_1を求めよ($0<r<a$)。

イ．球Aと導体球殻Bの間の電界の大きさE_2を求めよ($a<r<b$)。

ウ．導体球殻Bの内側表面に現われる電荷Q_3および外側表面に現れる電荷Q_4をQ_1, Q_2を用いて求めよ。

エ．導体球殻Bの外側の電界の大きさE_3を求めよ($r>c$)。

オ．無限遠における電位を0としたとき，導体球殻Bの$r=c$における表面電位Vを求めよ。

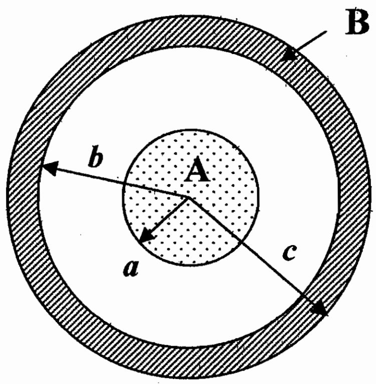

図 1

(2) 図２に示すように，真空において，一辺が長さLの正方形の平行平板コンデンサに起電力Vの電池とスイッチSが接続されている。Sを閉じたままコンデンサと同形で比誘電率ε_rの誘電体Dを図２のようにxだけ滑らかに挿入した。ここで，誘電体Dを挿入しないときのコンデンサの静電容量をC_0とし，真空の誘電率をε_0とする。また，コンデンサ極板間の電界は一様であり，極板端部での電界の乱れは無視できるものとする。

ア．このときの静電容量Cを求めよ。

イ．誘電体Dが挿入されていないA側の極板の電荷密度σ_1および誘電体Dが挿入されているB側の極板の電荷密度σ_2をそれぞれ求めよ。

ウ．xの位置から，誘電体DをさらにΔxだけ滑らかに押し込んだ。この間に増加した電荷量ΔQおよび電池のした仕事W_Eを求めよ。

エ．前問ウの結果を用いて外力のした仕事W_1および誘電体Dに働く力の大きさFを求めよ。

オ．誘電体Dを完全に挿入した後，スイッチSを開き，誘電体Dを極板間から滑らかに完全に引き出した。ここで，誘電体Dが完全に挿入された状態から完全に引き出される間に外力がした仕事W_2を求めよ。

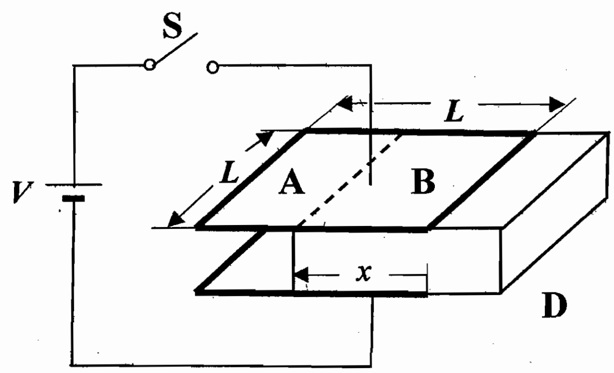

図２

［2］　次の問題の空欄 $\boxed{ア，イ}$ には適切な式を，空欄 $\boxed{ウ－ノ}$ には数字を入れよ。

(1) 交流回路において，コンデンサの静電容量を C [F]，コイルのインダクタンスを L [H]，交流電源の角周波数を ω [rad/s] とするとき，コンデンサおよびコイルのインピーダンスは虚数を j として，それぞれ $\boxed{ア}$ [Ω] および $\boxed{イ}$ [Ω] で表される。

(2) 図 1 に示す電気回路において，電源電圧が 100 V，コンデンサ，コイルおよび抵抗のインピーダンスの大きさがそれぞれ 8 Ω，2 Ω および 8 Ω であった。このとき，コンデンサおよびコイルの合成インピーダンスの大きさは $\boxed{ウ}$ Ω であり，コンデンサ，コイルおよび抵抗の合成インピーダンスの大きさは $\boxed{エ}$ Ω であるので，各素子を流れる電流の大きさは $\boxed{オ}$ A となる。したがって，コンデンサ，コイルおよび抵抗に加わる電圧の大きさはそれぞれ $\boxed{カ}$ V，$\boxed{キ}$ V および $\boxed{ク}$ V となる。また，コンデンサとコイルに加わる合成電圧の大きさは $\boxed{ケ}$ V である。

(3) 図 1 に示す電気回路において，電源電圧が 100 V，コンデンサ，コイルおよび抵抗のインピーダンスの大きさがそれぞれ 8 Ω，2 Ω および 5 Ω であった。いま，電源電圧の周波数を 2 倍にすると，コンデンサ，コイルおよび抵抗のインピーダンスの大きさはそれぞれ $\boxed{コ}$ Ω，$\boxed{サ}$ Ω および $\boxed{シ}$ Ω となる。このとき，コンデンサ，コイルおよび抵抗に加わる電圧の大きさはそれぞれ $\boxed{ス}$ V，$\boxed{セ}$ V および $\boxed{ソ}$ V である。また，コンデンサとコイルに加わる合成電圧の大きさは $\boxed{タ}$ V である。

(4) 図 2 に示す電気回路において，電源電圧が 100 V，コンデンサ，コイルおよび抵抗のインピーダンスの大きさがそれぞれ 8 Ω，4 Ω および 6 Ω であった。このとき，コンデンサおよびコイルの合成インピーダンスの大きさは $\boxed{チ}$ Ω であり，コンデンサ，コイルおよび抵抗の合成インピーダンスの大きさは $\boxed{ツ}$ Ω である。これより，抵抗に流れる電流の大きさは $\boxed{テ}$ A となり，コンデンサおよびコイルに流れる電流の大きさは $\boxed{ト}$ A および $\boxed{ナ}$ A である。また，コンデンサとコイルに加わる電圧の大きさは $\boxed{ニ}$ V である。

(5) 図 2 に示す電気回路において，電源電圧が 100 V，コンデンサ，コイルおよび抵抗のインピーダンスの大きさがそれぞれ 8 Ω，2 Ω および 5 Ω であった。いま，電源電圧の周波数を 2 倍にすると，コンデンサ，コイルおよび抵抗のインピーダンスの大きさはそれぞれ $\boxed{コ}$ Ω，$\boxed{サ}$ Ω および $\boxed{シ}$ Ω となる。このとき，コンデンサ，コイルおよび抵抗に流れる電流の大きさはそれぞれ $\boxed{ヌ}$ A，$\boxed{ネ}$ A および $\boxed{ノ}$ A である。

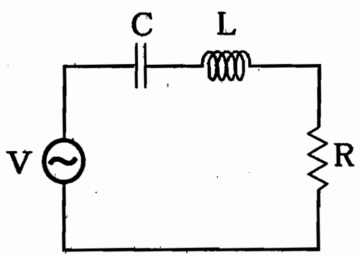

図 1

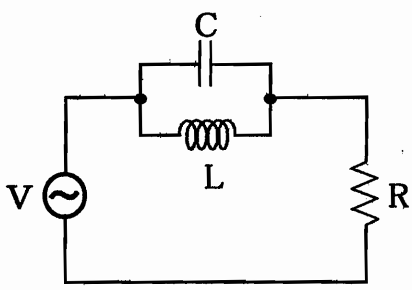

図 2

［３］　図１に示すnpnトランジスタを用いたベース接地増幅回路について以下の問いに答えよ。なお，図において，直流の電圧と電流を大文字で表し，交流の電圧と電流を小文字で表すものとする。

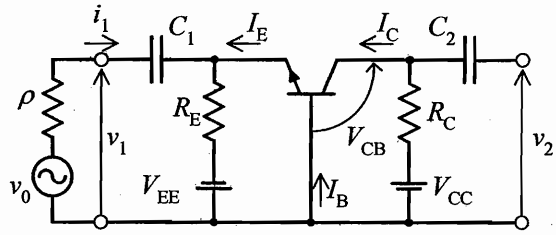

図１　npnトランジスタを用いたベース接地増幅回路

(1) 図１のベース接地増幅回路で使われているコンデンサ C_1 と C_2 の役割を述べよ。

(2) 図１で使用されている理想電圧源のインピーダンスはどのような値を持つか述べよ。

(3) 図２および図３に示すトランジスタの等価回路で使用されている理想電流源のインピーダンスはどのような値を持つか述べよ。

(4) コンデンサ C_1 と C_2 の役割を考慮し，図２に示すnpnトランジスタの直流等価回路を適用して，ベース接地増幅回路（図１）の直流等価回路を描け。

(5) 前問(4)で作成したベース接地増幅回路の直流等価回路を用いて，エミッタバイアス電流 I_E の式を求めよ。ただし，この式には I_B と I_C が含まれていないこと。

(6) V_{CB} とコレクタ電流 I_C との関係式を求めよ。

(7) コンデンサ C_1 と C_2 の役割と，理想電圧源のインピーダンスを考慮し，図３に示すトランジスタの交流等価回路を適用して，ベース接地増幅回路（図１）の交流等価回路を描け。

(8) 前問(7)で求めた交流等価回路から，トランジスタのエミッタから見た入力インピーダンス $Z_{ie} = v_1 / i_e$ を求めよ。

(9) 交流等価回路から回路全体の入力インピーダンス $Z_i = v_1/i_1$ を求めよ。

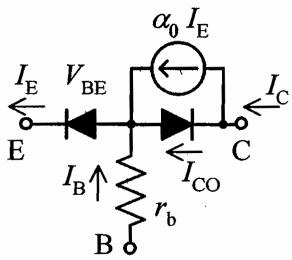

図２　npnトランジスタの直流等価回路

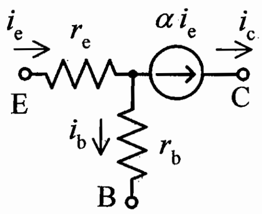

図３　トランジスタの交流等価回路

(10) 交流等価回路から電圧利得 $G_v = v_2 / v_1$ を求めよ。

(11) 交流等価回路から電流利得 $G_i = i_c / i_e$ を求めよ。電流利得 G_i のおおよその値を述べよ。

(12) 交流等価回路において，理想電圧源の出力電圧を $v_0 = 0$ として，コレクタから見た出力インピーダンス Z_{oc} を求めよ。ただし，前問(3)の結果を考慮すること。

(13) 理想電圧源の出力電圧を $v_0 = 0$ として，回路全体の出力インピーダンス Z_o を求めよ。

［4］　N×Nのチェス盤上に「どのクイーンからも他のクイーンの場所に一手では行けない」という条件を満たすようにN個のクイーンを置く問題を考える。クイーンは図1に示すように自分の場所（Q）から縦横斜めの方向に何マスでも動くことができ，動くことのできる範囲を「クイーンの効き筋」と呼ぶ。N＝8の場合の解の一つを図2に示す。このとき，以下の問いに答えよ。

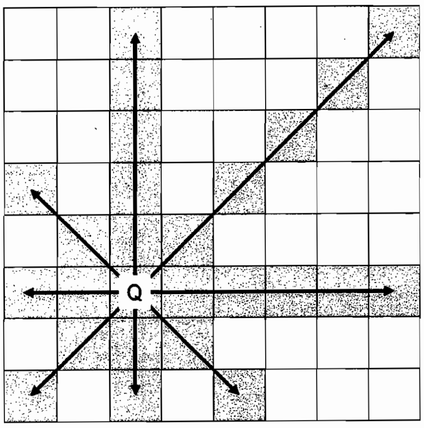

図1：クイーンの動く範囲
（クイーンの効き筋）

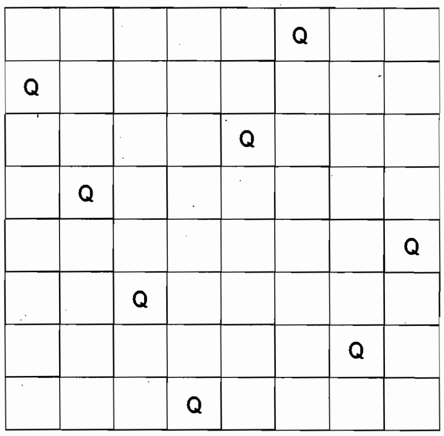

図2：解の一例（N=8の場合）

(1) この問題を解くある考え方を示した次の文章の空欄 ① ～ ④ に適切な記号，式を入れよ。

この問題を解くために，まず考えられる方法は，N個のクイーンの置き方を全て調べ，その中から条件を満たすものを探す，というものである。N×Nのチェス盤上にN個のクイーンを置く置き方は， ① 個の異なる場所のうちから ② 個の場所を選ぶ組み合わせとなるから，結局 ③ 通りある。しかし，1行には1個のクイーンしか置けないことを利用すれば，調べる場合の数を減らすことができる。つまり，N行それぞれについて，1個のクイーンをどの列に置くことができるか，ということを考えれば良いので，その場合の数は ④ 通りである。

(2) 前問(1)に示した考え方に沿ってN個のクイーンの配置を求めるプログラムを作成したい。ただし，Nの値を後で変更できるようにするため，プログラムの先頭部で記号定数として宣言し，関数の再帰呼び出しを用いることにした。C言語で書かれたメインプログラムは以下のとおりである。

```
/* N個のクイーンの配置を求める方法1 */
main()
{
    int queen[N];
    setQueen(queen, 0);
}
```

このとき，以下に示した空欄 ⑤，⑥，⑦ に適切な記号，式を入れて関数 setQueen を完成させよ。ただし，配列 queen[i]には i（0≦i<N）行目のクイーンの位置を表す列番号（0≦j<N）が格納されている。また，関数 check(queen)は配列 queen で表されるクイーンの配置が条件を満たしている場合に 1，そうでない場合には 0 を返す。printResult は結果を出力する関数である。

```
void setQueen(int queen[N], int i)
{
    int j;

    if (i == N) {
        if (check(queen)) printResult(queen);   /* 結果を表示 */
        return;
    }

    for (j=0; j < [ ⑤ ] ; j++){
        queen[ i ] = [ ⑥ ];
        setQueen(queen, [ ⑦ ] );
    }
}
```

(3) 前問 (2) に示したプログラムをより効率的にするため，これからクイーンを置こうとする行のマス目のうち，それまでに置かれたクイーンの効き筋に入っていないマス目を選ぶように改良した。そうするために，チェス盤の状況を表す 2 次元配列 board[N][N]を用意し，board[i][j]に i 行 j 列のマス目が何個のクイーンの効き筋に入っているか，その数（整数）を格納しておく。図 3 に，N＝4 の場合のクイーンの配置と配列 board の関係例を示す。

クイーンの配置

	Q		

配列boardの内容

1	1	1	1
1	1	1	0
0	1	0	1
0	1	0	0

図 3 ：クイーンの配置と
配列 board の関係

	Q		
Q			

2	2	1	1
2	2	2	1
1	2	0	1
1	1	1	0

図 4 ：図 3 の状態から
changeBoard(board,2,1,+1)
を行った結果

メインプログラムは以下の通りである。ただし，initBoard は配列 board の要素を 0 に初期化する関数である。

```
/* N個のクイーンの配置を求める方法2 */
main()
{
        int queen[N];
        int board[N][N];

        initBoard(board);
        setQueenNew(queen, board, 0);
}
```

このとき空欄 ⑧, ⑨, ⑩ に適切な記号，式を入れて関数 setQueenNew を完成させよ。ただし，changeBoard(board, i, j, num)は i 行 j 列のマス目に新たにクイーンを置いたときに配列 board の値を更新するための関数であり，置いたクイーンの効き筋に対応する配列 board の要素に整数 num を加える。図 3 の状態から新たにクイーンを 2 行 1 列目に追加した例を図 4 に示す。また，空欄 ⑤, ⑥ は前問(2)と同じ記号，式が入る。

```
void setQueenNew(int queen[N], int board[N][N], int i)
{
      int j;

      if (i == N) {
          printResult(queen); return;   /* 結果を表示 */
      }

      for (j=0; j < [ ⑤ ] ; j++){
          if (board[i][j] == [ ⑧ ]) {
              queen[ i ] = [ ⑥ ] ;
          /* i行j列目にクイーンを置いた際の効き筋を更新 */
              changeBoard(board, i, j, +1);
              setQueenNew(queen, board, [ ⑨ ]);
              changeBoard(board, i, j, [ ⑩ ]);
          }
      }
}
```

［５］　２進数で表された入力を加算する論理回路を設計することを考える。

(1)　１ビットの入力AおよびBの和をSとし，その桁上げをC_{out}とする半加算器を設計する。

ア．SおよびC_{out}の真理値表を書け。

イ．SおよびC_{out}を積和標準形（主加法標準形）で表せ。

ウ．図１に示す基本ゲートを用いて半加算器を設計せよ。

(2)　１ビットの入力A，BおよびC_{in}の和をSとし，桁上げをC_{out}とする全加算器を設計する。

ア．SおよびC_{out}の真理値表を書け。

イ．SおよびC_{out}を積和標準形（主加法標準形）で表せ。

ウ．C_{out}を最も簡単な積和形論理式で表せ。

エ．二つの半加算器と図１に示す基本ゲートを用い，全加算器を設計せよ。
なお，図２に示すブロック記号を半加算器として用いよ。

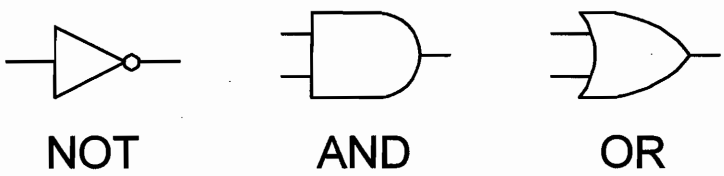

図１

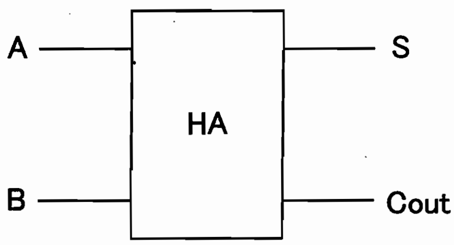

図２

［６］　以下の問いに答えよ。

(1)　図1のような線形システムがある。出力$y(t)$は入力$x(t)$とインパルス応答$h(t)$を用いて

$$y(t)=\int_{-\infty}^{\infty}h(\tau)x(t-\tau)d\tau \qquad \cdots ①$$

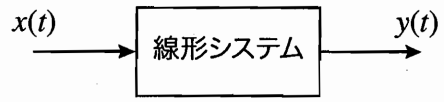

図 1

と書ける。いま，$h(t)$が次の関数で表されるとき以下の問いに答えよ。

$$h(t)=\begin{cases}\lambda e^{-\lambda t}, & t\geq 0\\ 0, & t<0\end{cases} \qquad ただし，\ \lambda>0 \qquad \cdots ②$$

ア．入力$x(t)$が次の単位ステップ関数$u(t)$のとき，①式を用いて出力$y(t)$を求めよ。

$$x(t)=u(t)=\begin{cases}1, & t\geq 0\\ 0, & t<0\end{cases}$$

イ．ラプラス変換を用いて前問アの結果を次の手順で確かめよ。ここで，$t\geq 0$で定義された関数$f(t)$のラプラス変換は次式で定義される。ただし，複素数sの実部は正とする。

$$\mathcal{L}\{f(t)\}=F(s)=\int_{0}^{\infty}e^{-st}f(t)dt$$

(ｱ)　$u(t)$のラプラス変換$X(s)=\mathcal{L}\{u(t)\}$を求めよ。

(ｲ)　$h(t)$のラプラス変換$H(s)=\mathcal{L}\{h(t)\}$を求めよ。

(ｳ)　$Y(s)=H(s)X(s)$を利用してラプラス逆変換により$y(t)$を求めよ。

ウ．$\sin\lambda t$のラプラス変換を求めよ。（オイラーの公式$e^{j\lambda t}=\cos\lambda t+j\sin\lambda t$を利用せよ。）

エ．$x(t)=\sin\lambda t$のときの出力$y(t)$を前問イと同様の手順で求めよ。

(2)　②式のインパルス応答を実現するシステムとして，図2のような抵抗RとインダクタンスLをもつ回路を考える。この回路へ入力電圧$x(t)$を与えたとき，流れる電流を$i(t)$，出力電圧を$y(t)$とする。ただし，$i(0)=0$である。このとき，以下の問いに答えよ。

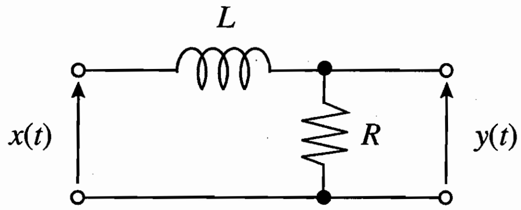

図 2

ア．この回路の回路方程式を示せ。

イ．このシステムの伝達関数$H(s)=\dfrac{Y(s)}{X(s)}$を求めよ。ただし，$X(s)$，$Y(s)$はそれぞれ$x(t)$，$y(t)$のラプラス変換である。

ウ．入力電圧$x(t)$が次の孤立方形波で与えられるとき，出力電圧$y(t)$を求めよ。また，その概形を図示せよ。

$$x(t)=\begin{cases}1, & 0\leq t\leq\lambda\\ 0, & t<0,\quad t>\lambda\end{cases}$$

［7］　整数データが格納されている配列から，ある数値が格納されているかどうか調べ，もし格納されているならその位置を見つけることを考える。

以下の文章および図中の空欄 ① ～ ⑮ に最も適切なものを，図4の選択肢から選び，その記号（あ）～（ろ）で答えよ。ただし，同じ記号を何回使用してもよい。

なお，以下の文章や図において，記号‘←’は，‘←’の左側の変数に，その右側の定数や変数，式の計算結果の値を代入することを意味する。

(1) 図1に示す手続き search1 は，配列 a 内から，指定された数値 k が見つかったら，その添え字を出力し，もし見つからなかった場合は－1 を出力する手続きである。ただし，N は配列 a の要素の数とする。

```
(1-1)  手続き search1 の定義は以下のとおり
(1-2)          i ← 1
(1-3)          ① である間，以下を繰り返す
(1-4)                もし ② なら，
                          (1-3)から(1-5)の繰り返しを抜ける
                     そうでなければ，i ← ③
(1-5)          (1-3)の繰り返しはここまで
(1-6)          もし，i ≦ N なら，i を出力し，
               そうでなければ－1を出力する
(1-7)  手続き search1 の定義はここまで
```

図1　手続き search1

たとえば，$N=10$とし，配列 a の各要素の値を表1に示す値，探す値 k を 10 として，この手続きを実行すると ④ が出力される。このような探索方法を ⑤ と呼ぶ。

表1　配列 a の内容

a[1]	a[2]	a[3]	a[4]	a[5]	a[6]	a[7]	a[8]	a[9]	a[10]
16	73	22	5	97	48	100	10	8	30

(2) 図２に示す手続き search2 は，図１の手続きを改良したものである。

指定された数値が見つからなかった場合のために，この手続きの(2-3)のように，最終要素の後ろにその数値を入れておけば，繰り返しの ⑥ の処理を省くことができる。このようなダミーの値のことを ⑦ と呼ぶ。

表１のデータに対して図１の手続きを実行した場合，指定された数値が見つからなかったときに(1-4)が実行される回数は ⑧ 回，同じく表１のデータに対して図２の手続きを実行した場合，指定された数値が見つからなかったときに(2-5)が実行される回数は ⑨ 回である。

```
(2-1)  手続き search2 の定義は以下のとおり
(2-2)          i ← 1
(2-3)          a[N+1] ← k
(2-4)          以下を繰り返す
(2-5)                  もし ② なら，
                               (2-4)から(2-6)の繰り返しを抜ける
                       そうでなければ，i ← ③
(2-6)          (2-4)の繰り返しはここまで
(2-7)          もし，⑩ なら，i を出力し，
               そうでなければ−1を出力する
(2-8)  手続き search2 の定義はここまで
```

図２　改良版手続き search2

(3) もし，配列 a が表２のように，昇順にソートされていた場合，図３の手続き search3 のような，より効率的な手順を使うことができる。このような探索方法のことを ⑪ と呼ぶ。ただし，図３の手続きにおいて，演算子‘div’は整数の商を求める演算を表す。

表２のデータに対し，探したい数値を16とすると，図３の手続きにおいて，(3-6)が実行される回数は ⑫ 回となる。

表２　ソート済みデータ

$a[1]$	$a[2]$	$a[3]$	$a[4]$	$a[5]$	$a[6]$	$a[7]$	$a[8]$	$a[9]$	$a[10]$
5	8	10	16	22	30	48	73	97	100

(3-1) 手続き search3 の定義は以下のとおり
(3-2) $s \leftarrow 1$
(3-3) $e \leftarrow N$
(3-4) $\boxed{⑬}$ である間，以下を繰り返す
(3-5) $m \leftarrow (s+e)$ div 2
(3-6) もし，$\boxed{⑭}$ なら，
m を出力して，手続き search3 を終了
そうでなければ，
(3-7) もし $a[m] < k$ ならば
$s \leftarrow m + 1$
そうでなければ，
$e \leftarrow \boxed{⑮}$
(3-8) (3-4)の繰り返しはここまで
(3-9) －1を出力する
(3-10) 手続き search3 の定義はここまで

図 3 より効率的な探索手続き search3

(あ) 1	(い) 2	(う) 3	(え) 4	(お) 5
(か) 6	(き) 7	(く) 8	(け) 9	(こ) 10
(さ) 11	(し) 12			

(す) $i \geqq N$	(せ) $i = k$	(そ) $a \neq i$
(た) $s < e$	(ち) $s \leqq e$	(つ) $s = i$
(て) $i < k$	(と) $i \leqq k$	(な) $i \leqq N$
(に) $i - 1$	(ぬ) $i + 1$	(ね) $m + 1$
(の) $m - 1$		
(は) 単純ソート	(ひ) バブルソート	(ふ) 深さ優先探索
(へ) 幅優先探索	(ほ) 線形探索	(ま) 二分探索
(み) 再帰	(む) 終了判定	(め) 分岐
(も) ノード	(や) 番兵	(ゆ) リーフ
(よ) $a[m] < k$	(ら) $a[k] = i$	(り) $a[i] = k$
(る) $a[m] = k$	(れ) $a[i] = m$	(ろ) $a = k$

図 4 選択肢