筑波大学　第三学群　情報学類

平成18年度　学群編入学試験

学力試験問題

[注意事項]

1、　試験開始の合図があるまで、問題の中を見てはいけません。

2、　解答用紙の定められた欄に、学群・学類、氏名、受験番号を記入すること。

3、　この問題は全部で１０ページ（表紙を除く）です。

4、　問題１の外国語（英語）は必須問題です。

5、　問題２から問題７の数学、情報基礎、物理学の計６問から、任意の４問を選択して答えなさい。

6、　解答用紙は、

（ア）問題１の外国語（英語）について、１枚（横罫）

（イ）問題２から問題７の数学、情報基礎、物理学の選択問題について各問１枚（横罫）の合計５枚を用いること。

7、　解答用紙上部の $\boxed{}$ 欄に問題番号（「問題１」および、選択問題については選択した問題番号）を記入すること。

問題1　外国語（英語）

次の文を読んで(1)～(3)の問いに答えよ。

Three centuries ago science was transformed by the dramatic new idea that rules based on mathematical equations could be used to describe the natural world. (ア) My purpose in this book is to initiate another such transformation, and to introduce a new kind of science that is based on the much more general types of rules that can be embodied in simple computer programs.

It has taken me the better part of twenty years (あ) build the intellectual structure that is needed, but I have been amazed (い) its results. For what I have found is that with the new kind of (う) I have developed it suddenly becomes possible to make progress on a remarkable range of fundamental issues that have never successfully been addressed by any (え) the existing sciences before.

If theoretical science is to be possible at all, then at some level the systems it studies must follow definite rules. Yet in the past throughout the exact sciences it has usually been assumed that these rules must be ones based on traditional mathematics. (イ) But the crucial realization that led me to develop the new kind of science in this book is that there is in fact no reason to think that systems like those we see in nature should follow only such traditional mathematical rules.

Earlier in history it might have been difficult to imagine what more general types of rules could be like. (ウ) しかし今日、われわれは、プログラムが事実上多様なルールを実行しているコンピュータに取り囲まれている。 (エ) The programs we use in practice are mostly based on extremely complicated rules specifically designed to perform particular tasks. But a program can in principle follow essentially any definite set of rules. And at the core of the new kind of science that I describe in this book are discoveries I have made about programs with some of the very simplest rules that are possible.

(Stephen Wolfram 著, A New Kind of Science, 2002 年　より)

(1)　(あ)～(え)に入る最も適切な単語は何か。

(2)　下線部(ア), (イ), (エ)を和訳せよ。

(3)　下線部(ウ)を文脈に合うように英訳せよ。

問題２　数学（１）

（１）$z=f(x,y)$ が全微分可能で、$x=r\cdot\cos\theta, y=r\cdot\sin\theta$ であるとする。このとき、次式が成立することを証明せよ。

$$\left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)^2+\left(\frac{\partial z}{\partial y}\right)^2=\left(\frac{\partial z}{\partial r}\right)^2+\frac{1}{r^2}\left(\frac{\partial z}{\partial \theta}\right)^2$$

（２）２次元 $x-y$ 直交平面上で原点を中心とする半径 a の円の第一象限内にある部分を D とする。このとき、次の二重積分を求めよ。

$$\iint_D xydxdy$$

<u>問題3　数学（2）</u>

単位行列とは異なる n 次の正方行列 A に対し，A^k $(k=1,2,\ldots)$ を k 個の A の積

$$A^k = \underbrace{AA\ldots A}_{k}$$

と定義する．次の２つの問いに答えよ．

(1) $A^2 = A$ ならば，A は正則ではないことを証明しなさい．

(2) A が正則ならば，任意の自然数 k $(=1,2,\ldots)$ に対して A^k も正則となり，A^k の逆行列 $(A^k)^{-1}$ は A の逆行列 A^{-1} を使って

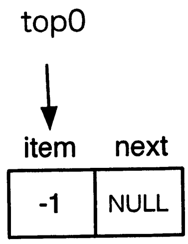
$$(A^k)^{-1} = (A^{-1})^k$$

と表せることを証明しなさい．ただし，$(A^{-1})^k$ は A^k の定義と同様に k 個の A^{-1} の積を表すものとする．

問題4　情報基礎（1）

C言語で単方向リスト機能を記述したプログラムに関して，以下の各問に答えよ．

(1) `makeList(top0, 4)` という関数呼び出しの直前の行までのプログラムによって，下図のようなデータ構造がメモリ上に作成される．



`makeList(top0, 4)` の実行によってどのようなデータ構造がメモリ上に作成されるか，図示せよ．

(2) `printList("(2) ", top0)` という関数呼び出しによる出力結果を示せ．

(3) `rev(top0)` という関数呼び出しによって，どのようなデータ構造がメモリ上に作成されるか，図示せよ．

(4) `printList("(4) ", top0)` という関数呼び出しによる出力結果を示せ．

(5) 関数 `rev` は既存のリスト構造を書き換えることによって，新たなリスト構造を作っている．それに対して，既存のリスト構造を書き換えることなく，新たな同等のデータ構造を作る関数 `rev2` を作成したい．プログラム中の`/* (5a) */`および`/* (5b) */`の部分には何を補えば良いかを解答せよ．

次ページに続く

プログラム

```
#include <stdlib.h>
#include <stdio.h>

typedef struct node *link;

struct node {
  int item;
  link next;
};

void makeList(link top, int n);
void printList(char *msg, link top);
void rev(link top);
void rev2(link top1, link top2);

int main(int argc, char *argv[])
{
  link top0 = malloc(sizeof(struct node));
  link top1, top2;

  top0->item = -1;
  top0->next = NULL;
  makeList(top0, 4);              /* (1) */
  printList("(2) ", top0);        /* (2) */
  rev(top0);                      /* (3) */
  printList("(4) ", top0);        /* (4) */

  top1 = malloc(sizeof(struct node));
  top2 = malloc(sizeof(struct node));

  top1->item = top2->item = -1;
  makeList(top1, 4);
  rev2(top1, top2);
  return 0;
}

void makeList(link top, int n)
{
  int i;
  link x, p = top;

  for (i = 0; i < n; i++) {
    x = malloc(sizeof(struct node));
    x->item = i;
    x->next = NULL;
```

次ページに続く

```
    p->next = x;
    p = x;
  }
}

void printList(char *msg, link top)
{
  link x = top->next;
  printf("%s", msg);
  while (x != NULL) {
    printf("%d ", x->item);
    x = x->next;
  }
  printf("\n");
}

void rev(link top)
{
  link p = NULL, q, x = top->next;

  while (x != NULL) {
    q = x->next;
    x->next = p;
    p = x;
    x = q;
  }
  top->next = p;
}

void rev2(link top1, link top2)
{
  link p = NULL, x = top1->next, y;

  while (x != NULL) {
    y = malloc(sizeof(struct node));
    y->item = x->item;
    y->next = p;
    x =  /* (5a) */ ;
    p =  /* (5b) */;
  }
  top2->next = p;
}
```

問題５　情報基礎（２）

（１）関数prは、正の整数をプリントする関数である。

```
#include <stdio.h>

char digits[] = "0123456789";

void pr(int x)
{
  if (x >= 10)
    pr(x / 10);

  putchar(digits[x % 10]);
}
```

prと同じ働きをする関数を、再帰呼び出しを用いないで書いたものが下のpr2である。式１～式３に適切な式を入れてpr2を完成させよ。

```
void pr2(int x)
{
  int i, d[20];
  i = 0;
  while (x >= 10) {
    d[i] = [ 式1 ] ;
    x = [ 式2 ] ;
    i++;
  }
  putchar(digits[x]);
  while ( [ 式3 ] >= 0)
    putchar(digits[d[i]]);
}
```

（２）ヌル文字（'\0'）で終わる文字列を受け取り、その文字列が左右対称（先頭から順に見ても末尾から順に見ても、同じ文字の並びである）ならば１を、そうでなければ０を返す関数 is_symmetric を書け。関数の型および引数は

```
int is_symmetric(char string[]);
```

のように宣言されるものとする。ただし、is_symmetricの中から関数呼び出しを行ってはならない。

次ページに続く

（３）次の２つの関数ｆ，ｇについて下の問いに答えよ。

```
int f(int m, int n)
{
  int a, b, x[50];
  x[0] = 1;
  for (a = 1; a <= m; a++) {
    x[a] = 0;
    for (b = a; b > 0; b--)
      x[b] = x[b - 1] + x[b];
  }
  return x[n];
}

int g(int m, int n)
{
  int a, b, x[50];
  for (b = 0; b <= n; b++)             /* 行1 */
    x[b] = 1;                          /* 行2 */
  for (a = 1; a <= m; a++)             /* 行3 */
    for (b = 1; b <= n; b++)           /* 行4 */
      x[b] = x[b - 1] + x[b];          /* 行5 */
  return x[n];
}
```

（ア）　f(5, 3)の値はいくつになるか。

（イ）　g(5, 3)の値はいくつになるか。

（ウ）　演算の結果があふれないとして、$0 \leqq n \leqq m < 50$ を満たす任意の整数m, nについてｆと同じ値を返すようにｇを変更するには、行１〜行５のうちどの行を、どのように変更すればよいか。１行だけ示せ。

問題6　物理学（1）

真空中で，電荷量 q の点電荷から距離 r だけ離れた点での電位 V は，ε_0 を真空の誘電率として $V = \dfrac{q}{4\pi\varepsilon_0 r}$ である．下図に示すように，直角座標 $(x,\ y,\ z)$ の y 軸上に二つの点電荷 q，$-q$ が x 軸から等距離 a の位置に固定されているとする．以下の設問に答えなさい．

(1) 点 $\mathrm{P}(x,\ y,\ 0)$ での電位 V を r_1，r_2 を用いて表せ．

(2) r_1 を x，y，a で表し，$\dfrac{\partial}{\partial x}\left(\dfrac{1}{r_1}\right) = -\dfrac{x}{r_1^3}$，$\dfrac{\partial}{\partial y}\left(\dfrac{1}{r_1}\right) = \dfrac{a-y}{r_1^3}$ が成り立つことを示せ．

(3) 点 $\mathrm{P}(x,\ y,\ 0)$ における電界ベクトル $\boldsymbol{E}$ の x，y，z 成分 E_x，E_y，E_z を求めよ．ただし，

問(2)で証明した式と次式：$\dfrac{\partial}{\partial x}\left(\dfrac{1}{r_2}\right) = -\dfrac{x}{r_2^3}$，$\dfrac{\partial}{\partial y}\left(\dfrac{1}{r_2}\right) = -\dfrac{a+y}{r_2^3}$ を用いること

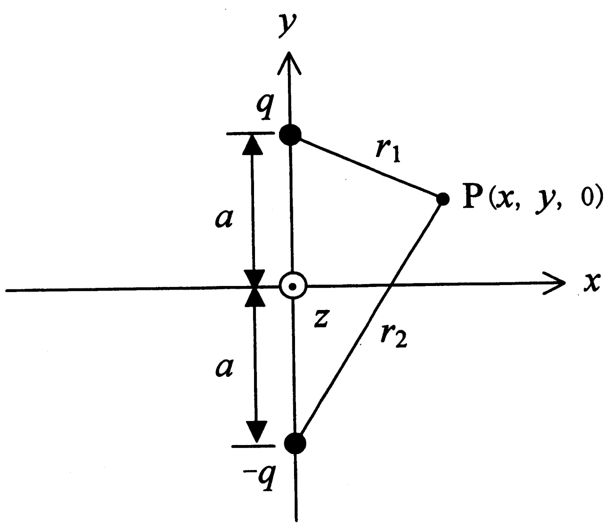
(4) x 軸上で，$\boldsymbol{E}$ は x 軸と z 軸に垂直であることを示せ．

(5) 問(4)の結果と，電荷配置が y 軸に関して軸対称であることから，$\boldsymbol{E}$ は x 軸上のみならず，$y = 0$ なる xz 面に垂直である．よって，点電荷 $-q$ を取り除いて $y \leqq 0$ なる半無限領域を完全導体で満たしても，「完全導体面上で電界ベクトルは面に垂直である」との境界条件が満たされ，$y > 0$ での電界分布は変化しない．このとき，完全導体の表面 $(y = 0)$ に誘起される電荷密度 $\sigma = \varepsilon_0 E_y$ を x の関数として求めよ．

(6) 次の積分公式を用いて σ を全表面 (xz 面) 上で積分した結果を示せ．

$$\int \frac{x}{(x^2+a^2)^{3/2}}\,dx = -\frac{1}{\sqrt{x^2+a^2}}$$

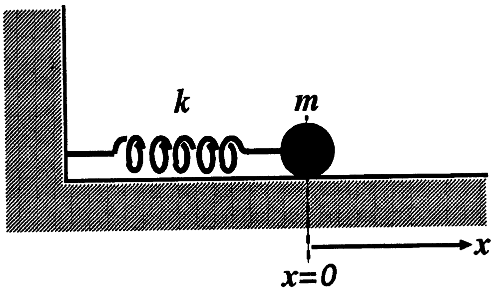
(7) 問(5)で述べたことと逆に，もともと，$y \leqq 0$ なる半無限領域が完全導体で満たされているとする．導体面から a だけ離れた位置に点電荷 q が存在するとき $y > 0$ での電界分布は，導体を取り去って，その代わりに，点電荷 $-q$ を xz 面に関して点電荷 q と対称な位置に置いたときの電界分布と変わらない．このような電荷(今の場合，$-q$)を何と呼ぶか．



<u>問題7　物理学（2）</u>

以下の設問 (1)~(3) に答えなさい．

(1) 図のように，ばね定数 k のばね (重さは無視できる) につながっている質量 m の質点 (おもり) の運動を考える．つり合いの位置 ($x=0$) からの変位を $x(t)$ (t：時間) とし, 床には摩擦がないものとする.



このとき，質点の運動 (単振動) を表す運動方程式を求めよ．

また，変位 $x(t)$ は $x(t) = A\sin(\omega t + \phi)$ (A：振幅，ω：角振動数，ϕ：初期位相；A, ω, ϕ はいずれも定数) と表されることを示し，ω を求めよ．

(2) (1) の質点の運動における運動エネルギーとポテンシャルエネルギーをそれぞれ求め，力学的エネルギーは時間に無関係に常に一定であることを示せ.

(3) 床に動摩擦係数 μ'，静止摩擦係数 μ の摩擦がある場合を考える．このとき，質点をつりあいの位置（$x=0$）から長さ l だけばねの伸びる方向に移動 ($x=l$) させて放したとする. (ただし，l は μ による静止摩擦力よりも大きな力を発生させるだけの長さとする.) 重力加速度を g として運動方程式を示せ．また，ばねが最も縮む時刻 t (ばねを l だけ伸ばして放した時刻を $t=0$ とする) ならびに，その時の x をそれぞれ求めよ．(円周率は π とする．)