

# 平成22年度 知能機械情報学専攻

## 大学院博士課程入学試験問題

### 「知能機械情報学（科目）」

試験日時：平成21年8月25日（火）9：00～11：30

#### 注意事項

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開かないこと。
2. 問題は4題出題されており、その中から2題解答すること。
3. 問題冊子に落丁、乱丁、あるいは印刷不鮮明な箇所があれば申し出ること。
4. 答案用紙は2枚配布される。枚数を確認し、過不足があれば申し出ること。  
問題ごとに1枚の答案用紙を用いて解答すること。解答を表面で書ききれない場合は裏面を使用しても構わない。その際は裏面にも解答した旨を表面に記入すること。
5. 答案用紙の指定された箇所に、科目名の「知能機械情報学（科目）」、受験番号、その答案用紙で解答する問題番号を記入すること。記入漏れの場合は採点されないことがある。
6. 解答に関係のない記号や符号を記入した答案は無効となる。
7. 答案用紙は、解答ができなかった問題についても、科目名、受験番号、問題番号を記入し、2枚全部を提出すること。
8. 下書きは問題冊子の草稿用のページを用いること。
9. この問題冊子にも受験番号を記入し提出すること。

受験番号	
------	--

上欄に受験番号を記入すること。

草稿用紙  
(切り取らないこと)

草稿用紙  
(切り取らないこと)

# 問題 1

サーボモータについて以下の問に答えよ。

問 1. 図 1 に示すようなモータの正逆転回路を考える。各設問に対し、結果のみでなく、そこにいたる道筋も説明せよ。

- (1) オペアンプによって  $V_{in}$  が 10 倍に増幅されるような、抵抗  $R_o$  の抵抗値を求めよ。
- (2)  $V_{in}$  の正負に応じて、モータが正逆転をするとき、この回路のトランジスタ  $Tr1$ ,  $Tr2$  に回路記号を图示せよ。また、それぞれが PNP 型, NPN 型のうち、どの型であるか答えよ。

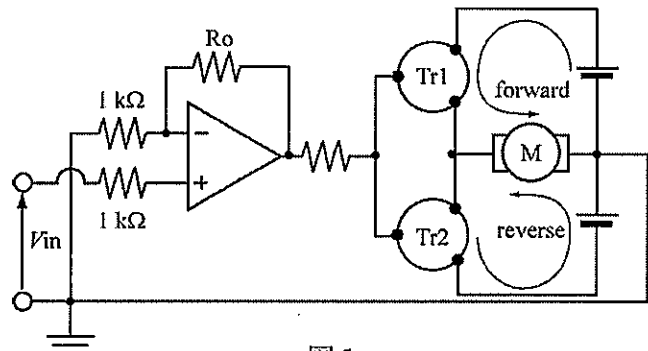


図 1

- (3) この回路は、 $V_{in}$  の範囲によっては、モータが回転しない。なぜか、1, 2 行で説明せよ。
- (4) モータの端子間に 12[V] で 0.17[A] の電流が流れたとき、トルク 0.05[Nm] を発生しながら回転数 150[rpm] で定常的に正転したとする。モータの出力を求めよ。また、そこからモータの効率（消費電力に対するモータの出力の比）を算出せよ。さらに、このとき電源電圧 14V の電池を利用していたとして、トランジスタ  $Tr1$  の発熱量はいくらか答えよ。

問 2. 図 2 は直流サーボモータの等価回路である。モータの電機子のコイルへの入力電圧を  $v(t)$ 、流れる電流を  $i(t)$ 、電機子のコイルのインダクタンスを  $L$ 、その抵抗を  $R$  とする。モータが発生するトルクを  $\tau(t)$ 、回転角度を  $\theta(t)$ 、負荷および電機子の慣性モーメントの総和を  $J$ 、回転に関する粘性抵抗係数を  $b$  とする。

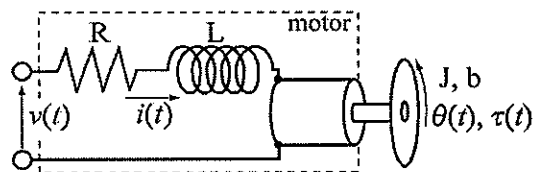


図 2

- (1) モータの回転中に角速度に比例した逆起電力が発生する。この比例定数を  $K_v$  とし、入力電圧、電流、角速度の関係を表す微分方程式を求めよ。
- (2) 発生するトルクは、電流に比例する。この比例定数を  $K_t$  とし、電流を入力、回転角度を出力とした場合の伝達関数を求めよ。
- (3) モータへの入力電圧を入力、回転角度を出力とした場合の伝達関数  $G(s)$  を求めよ。
- (4)  $R=1[\Omega]$ ,  $L=0.2[H]$ ,  $J=0.01[Nm \cdot s^2/rad]$ ,  $b=0.1[Nm \cdot s/rad]$ ,  $K_t=0.01[Nm/A]$ ,  $K_v=0.01[V \cdot s/rad]$  とする。この伝達関数  $G(s)$  のゲイン線図の概略図を必要と思われる数値を入れて示せ。なお、 $K_t$  と  $K_v$  の積は無視できるほど小さいとする。
- (5) このモータに回転角度センサを取り付け、図 3 のような角度制御系を考える。 $V(s)$ ,  $\Theta(s)$  は、それぞれ  $v(t)$ ,  $\theta(t)$  のラプラス変換である。 $\Theta(s)$  の一定の目標値を  $\Theta_{ref}(s)$  とする。各値が (4) と同じとして、この系が安定となるための  $K$  の条件を求めよ。

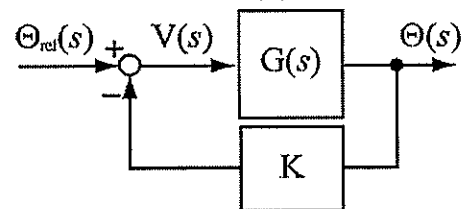


図 3

以上

草稿用紙  
(切り取らないこと)

問題 2

問 1. 図 1 に示すように、1 リンクアームがある。一様で長さ  $l$ 、質量  $m$  のリンクが  $O$  を中心として回転する。回転角は  $\theta$  とする。重力加速度は  $-z$  軸方向に大きさ  $g$  である。以下の間に答えよ。

- (1) リンクの重心まわりの慣性モーメント  $I_G$  を求めよ。
- (2) この系の運動エネルギー  $K$  および位置エネルギー  $P$  を求めよ。
- (3) ラグランジュ関数  $L = K - P$  とする。ラグランジュの方程式を示し、 $O$  まわりのトルク  $\tau$  を求めよ。  
一方、力のつり合いに注目して運動方程式を立て、 $\tau$  を求めることを考える。
- (4) リンクの重心座標の加速度  $[\ddot{x}_G \ \ddot{z}_G]^T$  を求めよ。
- (5) リンクが回転運動する時、このリンクにかかる重心での並進・回転の慣性力、重力、支点  $O$  にかかる拘束力  $f_x$ 、 $f_z$ 、および、トルク  $\tau$  との関係性を求め、 $\tau$  を求めよ。

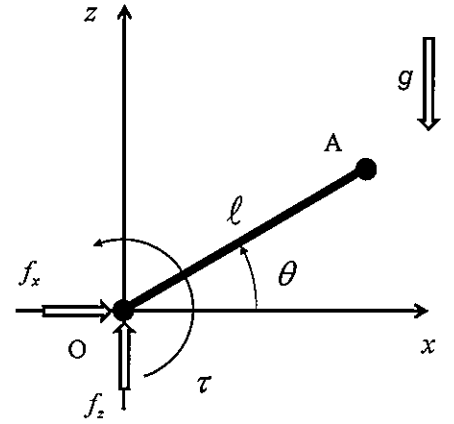


図 1

問 2. 図 2 に示すように、2 リンクアームが水平面上に置かれており、関節  $M1$ ,  $M2$  でトルク  $\tau_1$ ,  $\tau_2$  が発生する。それぞれのリンクの長さは  $l$  で、回転角は  $\theta_1$ ,  $\theta_2$  とする。以下の間に答えよ。

- (1) アーム先端  $A$  の座標を  $[x_A \ y_A]^T$  とし、 $\theta_1$ ,  $\theta_2$ ,  $l$  を用いて表せ。
- (2)  $l=1$ ,  $\theta_1 = \theta_2 = \pi/6$  の時、 $A$  の微小変位  $[\Delta x_A \ \Delta y_A]^T$  を与える微小回転角  $[\Delta \theta_1 \ \Delta \theta_2]^T$  を求めよ。
- (3) 2 リンクアームが静的平衡状態にある。  $A$  に力  $\mathbf{F} = [f_x \ f_y]^T$  が働くと、コンプライアンス  $\mathbf{K}$  を  $[\Delta x_A \ \Delta y_A]^T = \mathbf{K}[f_x \ f_y]^T$  となるように設計する。設計したコンプライアンス  $\mathbf{K}$  を与えるように、 $[\tau_1 \ \tau_2]^T = \mathbf{G}_p[\Delta \theta_1 \ \Delta \theta_2]^T$  によってトルクを発生させる。行列  $\mathbf{G}_p$  を求めよ。ただし、 $l=1$ ,  $\theta_1 = \theta_2 = \pi/6$ ,

$$\mathbf{K} = \begin{bmatrix} 0.01 & 0 \\ 0 & 0.02 \end{bmatrix} \text{ とする.}$$

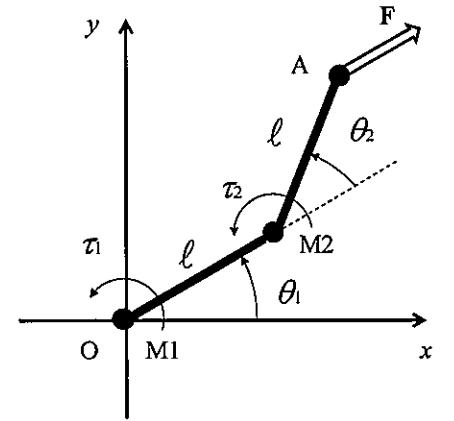


図 2

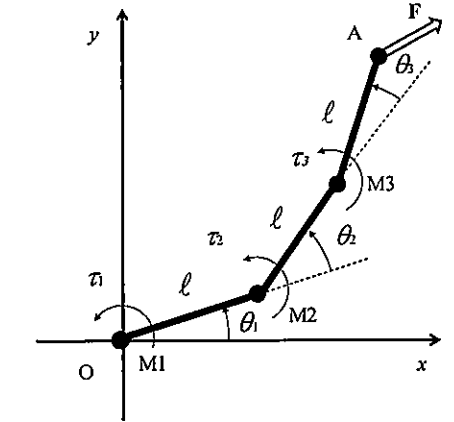


図 3

問 3. 図 3 に示すように、3 リンクアームが水平面上に置かれており、関節  $M1$ ,  $M2$ ,  $M3$  でトルク  $\tau_1, \tau_2, \tau_3$  が発生する。アーム先端  $A$  の座標を  $[x_A \ y_A]^T$  とし、それぞれのリンクの長さを  $l$ 、回転角を  $\theta_1, \theta_2, \theta_3$  とする。ここで、3 リンクアームが静的平衡状態にある。  $A$  に力  $\mathbf{F} = [f_x \ f_y]^T$  が働くと、 $\mathbf{F}$  と  $A$  の微小変位の関係が  $[\Delta x_A \ \Delta y_A]^T = \mathbf{K}[f_x \ f_y]^T$  となるようにコンプライアンス  $\mathbf{K}$  を設計する。設計したコンプライアンス  $\mathbf{K}$  を与えるように、 $[\tau_1 \ \tau_2 \ \tau_3]^T = \mathbf{G}_p[\Delta \theta_1 \ \Delta \theta_2 \ \Delta \theta_3]^T$  によってトルクを発生させる。このとき、 $\mathbf{K}$  と、 $[x_A \ y_A]^T$  の  $[\theta_1 \ \theta_2 \ \theta_3]^T$  に関するヤコビ行列  $\mathbf{J}$  を用いて、 $\mathbf{G}_p$  を導け。ただし  $\mathbf{K}$  は正則とする。

以上

草稿用紙  
(切り取らないこと)

### 問題 3

問 1. 以下の問に答えよ.

- (1) ある事象が起きたとき, それがどれほど起こりにくいかを表す尺度を情報量という. 情報量の定義式を示せ. 使用する記号には説明を付すこと.
- (2) 情報量の加法性とはなにか, 例を用い 3~5 行程度で説明せよ.
- (3) 各要素が 0~3 の整数値を取る時系列データを考える. 0~3 はランダムに出現するとして, 各値の出現確率を  $p_0, p_1, p_2, p_3$  としたときのエントロピーを示せ.
- (4) 上記のような時系列データの 0~3 の値について出現確率が高い値に対して短い符号を与えることで, 全体の長さを減らす符号化テクニックがある. 上記  $p_0, p_1, p_2, p_3$  について,  $p_0 < p_1 < p_2 < p_3$  としたとき, 0~3 各々の値には具体的に例えばどのような符号を割り当てるのが適切か, どのような場合長さが減るかとあわせ答えよ.

問 2. 組み合わせ論理回路に関し, 以下の問に答えよ. ただし, A, B, C は 0, 1 の値をとる. なお,  $\neg A$  は A の否定,  $A+B$  は A, B の論理和,  $A \cdot B$  は A, B の論理積とする.

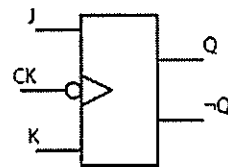
- (1)  $\neg A$  を 2 入力 NAND ゲートのみで構成せよ.
- (2)  $A+B$  を 2 入力 NAND ゲートのみで構成せよ. 導出過程も示せ.
- (3)  $\neg A \cdot B + \neg B \cdot A$  を 2 入力 NAND ゲートのみで構成せよ. 導出過程も示せ.
- (4) 下記の真理値表を持つ回路を 2 入力 NAND ゲートのみで構成せよ. 導出過程も示せ. なお, この回路は全加算器の一部である.

A	B	C	出力
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

問 3. フリップフロップに関し, 以下の問に答えよ.

JK フリップフロップは下記のような状態遷移をする回路である.

J(t)	K(t)	Q(t+1)
0	0	Q(t)
0	1	0
1	0	1
1	1	$\neg Q(t)$



- (1) 2 入力 NAND ゲートを 2 つ使い, RS フリップフロップを構成せよ.
- (2) JK フリップフロップが RS フリップフロップに比べ優れている点を簡潔に述べよ.
- (3) 3 入力 NAND ゲートと 2 入力 NAND ゲートのみを用い, 図の JK フリップフロップを構成せよ. CK が 0 になる期間は十分短いとする.

以上



草稿用紙  
(切り取らないこと)

## 問題 4

問 1. ネットワークを介して音声を配信するシステムを想定する。配信に使用するネットワークの帯域は 192kbps, ネットワークの伝達効率は 80% であり, 伝送されるデータのうち 15% が制御情報に利用されているものとする。以下の間に答えよ。

- (1) このネットワークを使用して正味 10MB のデジタル音声データを送信するとき, およそ何秒かかるか導出過程も含めて答えよ。
- (2) 人間が知覚できる音の周波数は 20~20,000Hz であり, 1,000~3,500 Hz で最も感度が高く, 人間の会話のほとんどは 200~8,000Hz の間で行われている。サンプリング周波数はどのような値をとるべきか, 用途をいくつかあげ理由も含めて記述せよ。
- (3) 音声のダイナミックレンジはデシベル( $20\log_{10}(p/p_0)$ ,  $p$  は音圧,  $p_0$  は基準となる音圧) で表わされ, 携帯電話の代表的なダイナミックレンジは 48dB, 音楽 CD の標準的なダイナミックレンジは 96dB である。量子化ビットはどのような値をとるべきか, 用途ごとに理由も含めて記述せよ。ただし,  $20\log_{10}2$  は約 6 であることを使用してよい。
- (4) このネットワークを使用してモノラルの音声を無圧縮でリアルタイムに配信する場合, どのような用途に向いていてサンプリング周波数と量子化ビットはどのような値が最適か, (2) (3) を踏まえて議論せよ。

問 2. グレースケール 256 階調の画像を圧縮・解凍するプログラムを C 言語で作成することを想定する。以下の間に答えよ。

- (1) 横方向  $M \times$  縦方向  $N$  画素の画像が, 左から右, 上から下へ順次走査されることで 1 次元情報に変換され, ポインタ `img` で指すメモリに格納されている。左から  $i$  番目, 上から  $j$  番目の画素値を  $i, j, M, N, img$  を使って答えよ。  $i, j$  はそれぞれ 0 番目から始まるものとする。
- (2) リスト 1 の `getRLE` 関数及び `encode` 関数はどのような圧縮をしているか, `0x80` や `0x7f` などの数値も使用し, `run, code, mx` の意味を交えて具体的に説明せよ。なお, ファイルは既に開かれているものとする。
- (3) (2) の `encode` 関数で圧縮保存された画像をファイルから読み出して, メモリ上に展開する `decode` 関数(リスト 2)の空欄を記述せよ。表 1 で示す関数を使ってよい。ただし, 画素の情報を展開するのに十分な領域がポインタ `img` で指すメモリ上に確保され, ファイルは既に開かれているものとする。
- (4) (2) の圧縮方法では圧縮したファイルのサイズがかえって大きくなる場合がある。それはどのような場合か, 必要な変数を自分で定義して条件を書き, 説明せよ。

表 1

<code>int fputc(int c, FILE *stream)</code>	キャラクタ $c$ (符号なしキャラクタに変換済み) を <code>stream</code> が指す出力ストリームに出力する。
<code>int fgetc(FILE *stream)</code>	<code>stream</code> で指定したストリームから, 次の入力キャラクタを取得する。
<code>int feof(FILE *stream)</code>	<code>stream</code> が指すファイルポインタがファイル終端に到達しているか否かをテストし, ファイル終端に達していない場合 0 を返し, 達した場合ゼロ以外を返す。

```

int getRLE(unsigned char *img, int x, int mx, int lim, int *run, unsigned char *code)
{
    int px;

    px = x; *run = 1; *code = img[px];
    px++;
    while(px<mx && *code==img[px] && *run<lim) {
        px++; (*run)++;
    }
    return px;
}

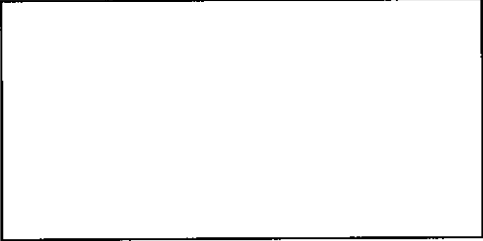
int encode(FILE *fp, unsigned char *img, int mx)
{
    int run;
    unsigned char code;
    int x;
    x=0;
    while(x<mx) {
        x=getRLE(img,x,mx,0x7f,&run,&code);
        if(run<2) {
            if(code<0x80){
                fputc((int)code,fp);
            } else {
                fputc(0x81,fp);
                fputc((int)code,fp);
            }
        } else {
            fputc(run|0x80,fp);
            fputc((int)code,fp);
        }
    }
    return 0;
}

```

リスト 1

```

int decode(FILE *fp, unsigned char *img)
{
    int i;
    int run, code;

    while(!feof(fp)) {
        code=fgetc(fp);
        
    }
    return 0;
}

```

リスト 2

以上

草稿用紙  
(切り取らないこと)

草稿用紙  
(切り取らないこと)