【制御工学】

図 1 の制御系に関して下記の問いに答えよ．

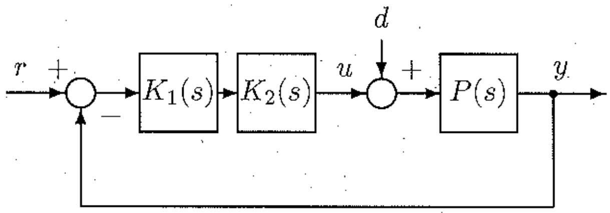


図 1

問 1

$$P(s)=\frac{1}{s^2},\quad K_1(s)=1,\quad K_2(s)=\frac{as+b}{s+b}$$

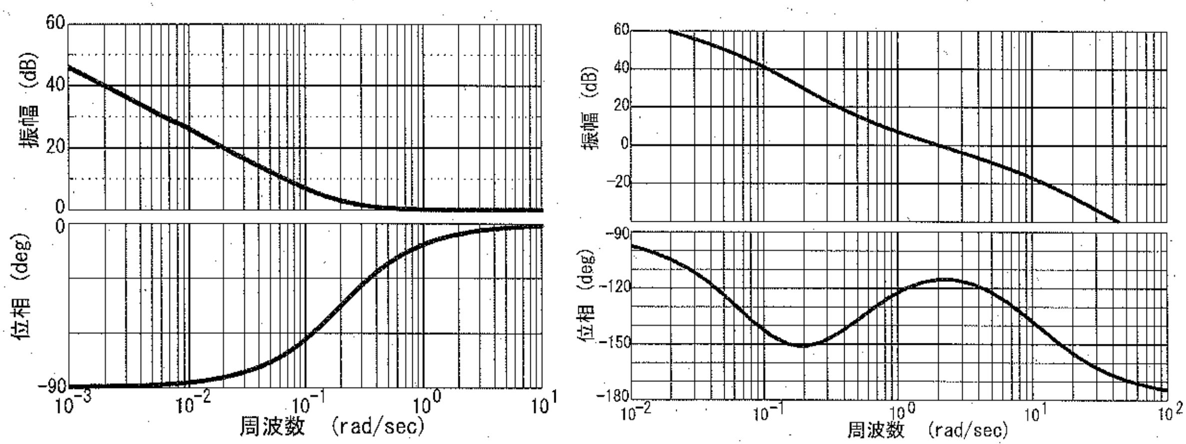
のとき，閉ループ系が安定となる実数 $(a,\ b)$ の範囲を図示せよ．ただし，横軸を a，縦軸を b とすること．また，$(a,\ b)=(20,10)$ のときの補償要素 $K_2(s)$ のゲイン線図（折れ線近似）と位相線図の概形を描き，この補償要素の名前およびその効用・目的について述べよ．

問 2

$$P(s)=\frac{1}{(s+0.1)^2},\quad K_1(s)=1,\quad K_2(s)=\frac{20s+10}{s+10}$$

とする．この制御系において，目標値 $r(t)=1$（定数）および外乱 $d(t)=1$（定数）が同時に加わったとき，出力 $y(t)$ の定常値 (すなわち $\lim_{t\to\infty} y(t)$) を求めよ．

問 3　上記設問において，出力 $y(t)$ が定常偏差なくステップ目標値 $r(t)$ に追従するように $K_1(s)$ をそのボード線図が図 2(a) で表せる補償要素に変更した．この $K_1(s)$ を伝達関数で表示せよ．また，このとき開ループ伝達関数 $P(s)K_2(s)K_1(s)$ のボード線図は図 2(b) のようになった．この図から閉ループ系の位相余裕 (deg) を答えよ．なお，どの周波数 (rad/sec) に着目すれば位相余裕を読み取れるのかも明示すること．



(a) $K_1(s)$ のボード線図　　(b) $P(s)K_2(s)K_1(s)$ のボード線図

図 2

[材　料　力　学]

問題毎に異なる解答用紙一枚を使用すること．必要なら裏面を用いよ．

問題１

図１に示す長さℓの一様な断面の片持はりにおいて，先端に上方向の集中荷重，固定端から先端までに下方向の等分布荷重が作用する場合につき，次の問いに答えよ．断面二次モーメントをI，縦弾性係数をE，集中荷重の大きさを$W>0$，分布荷重の単位長さ当たりの大きさを$p>0$とする．

1) 固定端における反力Qを求めよ．

2) せん断力$S(x)$を求めよ．

3) 曲げモーメント$M(x)$を求めよ．

4) 先端の傾き角を零とするようなWをpで表せ．

5) 先端のたわみを零とするようなWをpで表せ．

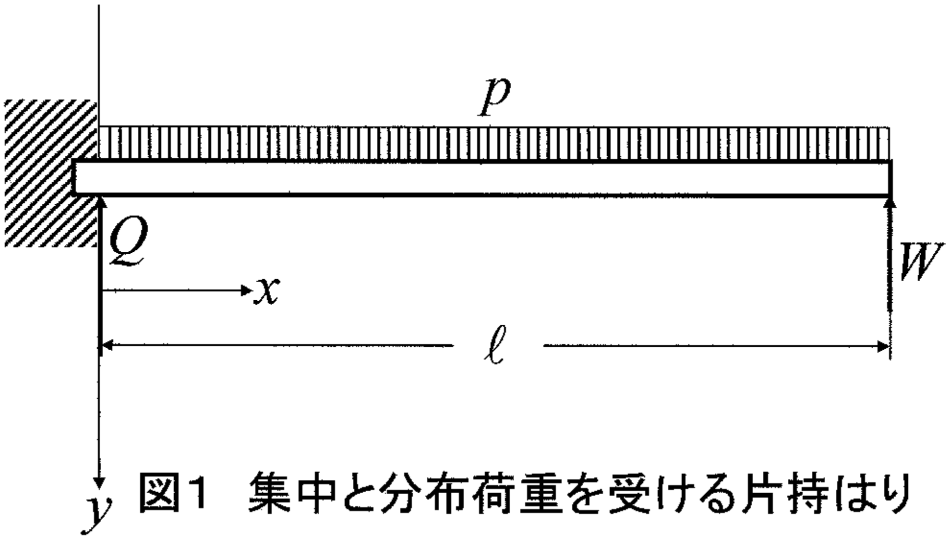


図1　集中と分布荷重を受ける片持はり

（材料力学の問題は次ページに続く）

【材料力学】（続き）

問題2

下図に示すように，長さ2ℓの一様断面のはりに単位長さあたりの大きさがpの等分布荷重が作用している．はりの両端A, Bは固定されている．仮に$p=0$とすると，はりは中央の支点Cとの間にδの空隙があるが，pの値が大きくなると支持された状態になる．はりの縦弾性係数と断面二次モーメントを，それぞれ，E, Iとするので，曲げ剛性はEIに等しい．

(1) 分布荷重pが小さく，はりが支点Cに接触しない状態では，はり中央でのたわみの大きさはいくらになるか．

(2) 同様に，点Cに接触しない条件で，点A, Bで作用する反力R_A, R_B，点A, Bでの曲げモーメントM_A, M_Bを求めよ．

(3) 支点Cにより支持されるとき，点A, B, Cで作用する反力R_A, R_B, R_C，点A, Bでの曲げモーメントM_A, M_Bを求めよ．

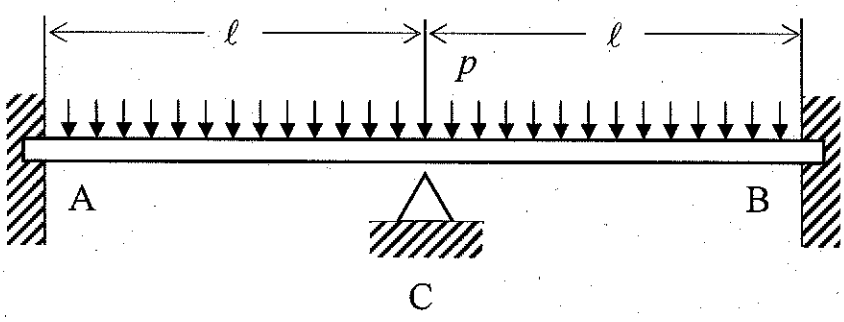


図2　等分布荷重を受けるはり

【計算機工学】

注意：計算機工学の問題は以下の選択問題 I か II のいずれかを選択して答えなさい．(選択問題 I と II の両方を解答した場合は無効とする)

選択問題 I

以下の 3 つの C 関数 f, g, h についての問 1〜3 に答えよ．

```
typedef unsigned long int ulint;
ulint f(ulint x) {
  return((x<<1)==((x-1)|x)+1 ? 1 : 0);
}
ulint g(ulint x, ulint y) {
  return((x-1)&y);
}
ulint h(ulint x, ulint y) {
  for (x=x-1; x>0; x=x>>1)  y=y>>1;
  return(y);
}
```

なお，これらの関数で使用しているデータ型と演算の意味は以下の通りである．

- unsigned long int は 32 ビットの符号なし整数型であり，この型のデータに関する加減算は 2^{32} を法とする剰余系での和と差をそれぞれ与える．
- 2 項演算 e_1 & e_2 と e_1 | e_2 はそれぞれ 2 進整数 e_1 と e_2 のビットごとの論理積と論理和を，2 項演算 e_1 << e_2 は 2 進整数 e_1 を左に e_2 ビットシフトした値（e_1 が unsigned long int 型の場合は $e_1 \times 2^{e_2} \bmod 2^{32}$）を，$e_1$ >> e_2 は 2 進整数 e_1 を右に e_2 ビットシフトした値（e_1 が unsigned long int 型の場合は $e_1 \div 2^{e_2} \bmod 2^{32}$）を，それぞれ与える．また 3 項演算 e_1 ? e_2 : e_3 は e_1 が 0 であれば e_3 を，そうでなければ e_2 を，それぞれ与える．

問 1. 関数 f が 1 を返すために整数 x が満たすべき必要十分条件を示せ．またそのことを証明せよ．

問 2. f(x) = 1 かつ x $\neq 0$ であるとき，関数 g の返り値は x と y にある算術演算を施した結果である．この演算が何かを示せ．また g によってその演算結果が得られることを証明せよ．

問 3. f(x) = 1 かつ x $\neq 0$ であるとき，関数 h の返り値は x と y にある算術演算を施した結果である．この演算が何かを示せ．また h によってその演算結果が得られることを証明せよ．

選択問題 I 終了

【計算機工学】（つづき）

注意：計算機工学の問題は以下の選択問題ⅠかⅡのいずれかを選択して答えなさい.（選択問題ⅠとⅡの両方を解答した場合は無効とする）

選択問題II

以下のC関数 muladd は，配列 x[N] と y[N] の要素ごとの積を配列 z[N] の対応する要素に加算する関数である.

```
void muladd(double x[N], double y[N], double z[N]) {
  int i;
  for (i=0; i<N; i++)  z[i] = x[i] * y[i] + z[i];
}
```

この関数を，命令・データ分離型の1階層キャッシュを持つプロセッサ P_1, P_2, P_3 で，全く同じ引数を与えて2回連続実行したときの性能について，以下の前提に基づいて問1と問2に答えよ.

- P_1, P_2, P_3 のデータキャッシュはともにブロックサイズが 32 byte，容量が 32768 byte であり，P_1 のデータキャッシュはダイレクトマップ型，P_2 のデータキャッシュは LRU 置換の2ウェイセット連想型 (2-way set-associative)，P_3 のデータキャッシュは LRU 置換の4ウェイセット連想型 (4-way set-associative)，であるものとする.
- sizeof(double) は8であるものとし，変数 i，配列要素のアドレス計算のためのデータ（配列のベースアドレス等），復帰アドレスなど，配列本体以外のデータは全てレジスタに置かれるものとする．また，N は4の倍数であり，x[N], y[N], z[N] はこの順に連続領域に配置され（すなわち &y[0]==&x[0]+N と&z[0]==&y[0]+N がいずれも真），x[0] は32バイト境界に配置されているものとする.
- P_1, P_2, P_3 の命令セットはいずれもロードストアアーキテクチャに基づくものであり，muladd のループは x[i] のロード，y[i] のロード，それらの乗算，z[i] のロード，x[i] と y[i] の積と z[i] の加算，および加算結果の z[i] へのストアの各操作を，この順に繰り返すようにコンパイルされるものとする.
- ある N について，プロセッサ P_i $(i = 1, 2, 3)$ による関数 muladd の2回目の実行におけるデータキャッシュミス回数を $m_i(\mathtt{N})$ とする.

問1. $m_i(\mathtt{N}) = 0$ となる N の最大値を $i = 1, 2, 3$ の各々について示せ.

問2. 以下の $m_i(\mathtt{N})$ を $i = 1, 2, 3$ の各々について示せ.

(1) $m_i(2048)$

(2) $m_i(4096)$

選択問題II終了

【 人工知能 】

問題 1　以下では, $\sim$ は否定, $\wedge$ は AND, $\vee$ は OR, $\rightarrow$ は含意, $\forall$ は全称限量子, $\exists$ は存在限量子, x, y は変数を表わすものとする. また, 述語 A, S, K, H を以下に示す意味で用いる.

$A(x,y)$: 「x は y の先祖である（y は x の子孫である）」
$S(x)$: 「x は泳ぐことができる」
$K(x)$: 「x はカッパである」
$H(x)$: 「x は幸せである」

(1.1) 以下に示す 4 つの言明 **I**, **II**, **III** , **IV** をそれぞれ述語論理式で表現するとともに, それらをスコーレム標準形に変換せよ.

I:　泳ぎのできる子孫がいれば, 幸せである

II:　カッパは, 泳ぐことができる

III:　カッパは, その子孫もカッパである

IV:　子孫がいれば, カッパは幸せである

(1.2) 言明 **I**, **II**, **III** から言明 **IV** が導かれることを, 導出原理を用いて示せ.

(1.3) 以下の述語論理式 **V**, **VI** を自然言語表現するとともに, その違いを説明せよ.

V:　$(\forall x)(\exists y)\{K(x) \rightarrow A(y,x)\}$

VI:　$(\exists y)(\forall x)\{K(x) \rightarrow A(y,x)\}$

問題 2　知識ベースシステムについて, 500 字程度で説明せよ. ただし, いくつかの実装例, エキスパートシステム, オントロジーについても言及すること.

【オペレーションズ・リサーチ】

注意：　オペレーションズ・リサーチの問題は選択問題 I か II のいずれかを選択して答えなさい.（選択問題 I と II の両方を解答した場合は無効とする.）

選択問題 I

客が到着率 λ のポアソン過程に従って到着し，複数サーバがサービスを行う待ち行列モデルを考え，次の各問に答えよ．但しサーバの数は c 人 であり，サービス時間は独立で同一な指数分布（平均は $1/\mu$）に従うものとする．このモデルを以下では基本モデルと呼ぶことにする．

問 1　基本モデルにおいてシステム内客数に制限がない場合を考え，平衡状態が存在するための条件と平衡状態においてシステム内客数が n である確率 p_n $(n = 0, 1, 2, \ldots)$ を求めよ．

問 2　基本モデルにおいて，システム内客数が高々 c 人しか許されず，到着時点でシステム内に他の客 c 人がいるときにはサービスを受けず退去する場合を考え，客がサービスを受けられず退去する（ブロッキングされる）確率を求めよ．

上に述べた基本モデルで，待合室で長く待たされた客は途中で諦めてサービスを受けずに退去する場合を考える．客が到着してからサービスを受け始めるまでに我慢して待合室で待てる時間を許容待ち時間と呼ぶことにする．各客の許容待ち時間が独立で同一な指数分布（平均は $1/\omega$ ）に従うものとするとき，次の各問に答えよ．

問 3　システム内客数に制限がないときに，平衡状態においてシステム内客数が n である確率 p_n $(n = 0, 1, 2, \ldots)$ が満たす平衡状態方程式を示せ．

問 4　問 3 で客数が高々 $K(K > c)$ 人しか許されない場合を考え，確率 p_n $(n = 0, 1, 2, \ldots, K)$ を求めよ．さらに到着した客が（ブロッキングあるいは許容待ち時間超過のため）サービスを受けられず退去する確率を求めよ．

選択問題 I　終了

【オペレーションズ・リサーチ】(続き)

注意：　オペレーションズ・リサーチの問題は選択問題 I か II のいずれかを選択して答えなさい．(選択問題 I と II の両方を解答した場合は無効とする．)

選択問題　II

次の線形計画問題 P を分枝限定法によって解くことを考える．

$$
\begin{array}{lll}
\mathrm{P}: & \text{目的関数} & 24x_1 + 27x_2 + 15x_3 + 4x_4 \longrightarrow \text{最大} \\
 & \text{制約条件} & 3x_1 + 4x_2 + 5x_3 + 2x_4 \leq 8 \\
 & & \quad x_i = 0 \text{ または } 1 \quad (i = 1, 2, 3, 4)
\end{array}
$$

このとき，以下の問に答えよ．

問 1. 変数 x_i $(i = 1, 2, 3, 4)$ の取りうる値を実数区間 $[0, 1]$ に変更した実数緩和問題 P' を考える．

(1) 問題 P の目的関数の最大値を z_{P}，問題 P' の目的関数の最大値を $z_{\mathrm{P'}}$ とするとき，両者の大小関係を述べよ．

(2) 実数緩和問題 P' の最適解をシンプレックス法により求めよ．解答の際には各段階のシンプレックス表も示すこと．

問 2. P' の最適解で整数でない値を取る変数を一つ選び，その変数を 0 とおいた部分問題を $\mathrm{P'}_0$，1 とおいた部分問題を $\mathrm{P'}_1$ とする．分枝限定法では，部分問題の実数緩和問題を解き，得られた最適解と目的関数値に基づいて部分問題を終端するかどうかを判断する．部分問題が終端しない場合，新たに変数を一つ選んで 0, 1 を代入することで新しい部分問題を生成し，同様の操作を繰り返す．

(1) 問題 P において，それまでに得られた最良の実行可能解を暫定解，そのときの目的関数値を暫定値と呼ぶ．次に解く部分問題の実数緩和問題の最適解とそのときの目的関数値に対し，その部分問題を終端するための判定方法を述べよ．

(2) 部分問題 $\mathrm{P'}_0$ と $\mathrm{P'}_1$ の実数緩和問題の最適解を求めよ．

(3) 分枝限定法の手続きに従って問題 P の最適解を求めよ．問題 P から生成される部分問題，およびその暫定解と暫定値も列挙すること．

選択問題 II　終了