試験問題

専門科目・必須問題（午前）　　　　２５　大修
人間環境システム専攻

時間　９：３０～１１：００

注　意　事　項

1. 問題１ 及び 問題２ に解答せよ。
2. 解答は問題ごとに別々の解答用紙に記入せよ。
3. 解答用紙には必ず受験番号と問題番号を記入せよ。
4. 定規・コンパス・電卓・辞書は使用してはいけない。
5. 問題用紙・下書用紙は持ち帰ってよい。

問題１

人間が生活する環境は、用、強、美の 3 つの要素から考えることができる。「用」は便利で機能的な環境、「強」は災害に対して安全で安心な環境、「美」は美しい景観や人々の触れ合いのある環境を表すものとする。

津波で大きな被害をうけた海辺の町の人々が、町の復興を行う場合について、以下の問の(1)～(4)に答えよ。

(1)「用」を考えた復興にはどのようなものがあるか。150 字程度で述べよ。
(2)「強」を考えた復興にはどのようなものがあるか。150 字程度で述べよ。
(3)「美」を考えた復興にはどのようなものがあるか。150 字程度で述べよ。
(4) 以上の 3 つの要素を調和させて、どのように復興を進めていくべきかを 200 字程度で述べよ。

問題 2

以下の文章を読み、問の(1)と(2)に答えよ。

物理学は他の科学と同様に知の学であって同時にまた疑いの学である。疑うがゆえに知り、知るがゆえに疑う。暗夜に燭(しょく)をとって歩む一歩を進むれば明は一歩を進め暗もまた一歩を進める。しかして暗は無限大であって明は有限である。暗はいっさいであって明は微分である。悲観する人はここに至って自棄する。微分を知っていっさいを知らざれば知るもなんのかいあらんやと言って学問をあざけり学者をののしる。

（中略）

寺院の懸灯(けんとう)の動揺するを見て驚き怪しんだ子供がイタリアピサに一人あったので振り子の方則が世に出た。りんごの落ちるを怪しむ人があったので万有引力の方則は宇宙の万物を一つの糸につないだというのは人のよく言う話である。基礎的の原理原則を探り当てる大科学者は常に最も無知な最も愚かな人でなければならぬ。学校の教科書を鵜のみにし、先人の研究をその孫引きによって知り、さらに疑う所なくしてこれを知り博学多識となるものはかくのごとき仕事はしとげられないのである。

しかれども大いに驚き大いに疑う無知者愚者となるためにはまたひろく知り深く学ばねばならぬのである。上述のガリレー、ニュートンの発見に関する逸話はその実信ずるに足らぬ俗説であるが、しかしこれらの発見をするためにはまた非凡な準備素養を要した事は言うまでもない。ルベリエが海王星を発見したのも、天王星の運動を精細に知りその運動の説明しがたき小不規則を怪しんだからの事である。近年力学物理学を根底より改造する気運を生じたいわゆる相対率の原理のごときも、もし電子の運動に関する実験上の事実が知られなかったならばおそらく今日のごとき進境を示す事もなかったであろう。

（以下略）

寺田寅彦「知と疑い」（青空文庫）より

(1)　この著者は、この文章で何を主張したいのか、100 字程度で説明せよ。

(2)　私たちをとりまく人間環境に関連した事項で、大多数の人が疑っていなかったことが、新たな問題となっている事例を示し、それをどのように解決すべきか、300 字程度で述べよ。

試験問題

専門科目・選択問題（午後）　　　２５　大修
人間環境システム専攻

時間　１３：３０～１５：３０

注　意　事　項

1. 【１】～【５】の５分野のうちから２分野を選択して解答せよ。
2. 解答は分野ごとに別々の解答用紙に記入せよ。
3. 各解答用紙には必ず受験番号及び選択した分野名を記入せよ。
4. 定規・コンパス・電卓・辞書は使用してはいけない。
5. 問題用紙・下書用紙は持ち帰ってよい。

【１】地域計画分野

次の問題１～３に答えよ。

問題１：次の(1)から(3)の中から１つを選択し、その内容を 100 字程度で説明せよ。

(1)ロンドンにおけるニュータウン開発
(2)道路の防災機能
(3)地球温暖化対策における適応策

問題２：東京ー大阪間の交通手段として新幹線と乗用車を対象とし、それらの二酸化炭素排出量を比較する場合、考慮すべき点を２つあげ、それぞれ 100 字程度で説明せよ。

問題３：日本の都市計画制度には用途地域などの規制的手段が存在する。規制的手段を用いて計画の実現化を図る場合のメリットとデメリットをそれぞれ 100 字程度で説明せよ。

【２】 心理・環境分野

次の問題１～２に答えよ。

問題１：環境心理学に関連した次の問に答えよ。

問１：　セントルイスのアイゴー団地は環境心理学においてよく話題になるが、その理由を 150 字程度で述べよ。

問２：　災害時の人間行動に関連して用いられる「正常化バイアス」とは何か。具体的な例をあげて 150 字程度で説明せよ。

問３：　環境心理学における「density（密度）」と「crowding（クラウディング）」の差異を、具体的な例をあげて 150 字程度で述べよ。

問題２：色の見え方にはさまざまな様相がある。様相の異なる見え方を 2 種類あげ、それらの見え方の特徴を、具体例を示した上で、それぞれ 200 字程度で説明せよ。

【３】 歴史・意匠分野

問題１：　以下の文章を読んで、問に答えよ。

(A)歴史上、独自の文化をもちながら、それより大きい文化的帰属領域をもたない人びとの少数集団はたくさんあった。規模と重要性で区別して主要文明と周辺文明に分類されたり（バグビー）、主要文明と抑制された文明、あるいは発育不全の文明とに分類されている（トインビー）。私がここで対象としているのは人類の歴史で一般に主要文明と見なされているものである。

文明には明確な境界もないし、正確な始まりと終わりがあるものでもない。人びとは自分のアイデンティティを定義しなおすことができるし、実際に定義しなおした結果、文明の構成とかたちは時間の経過とともに変化している。民族の文化は相互に作用し、部分的に重なりあう。文明を構成する文化がたがいにどの程度似ていて、どの程度異なるかもさまざまである。

それにもかかわらず、文明は意味のあるまとまりをなしていて、文明の境界が明確な線をなすことは滅多にないが、それでも境界は実際に存在する。

（略）文明は滅びる運命にあるが、きわめて長命である。文明は発展しながら適応していき、最も持続性のある人間のつながりであり、「きわめて永続的な実体」である。その「独特で特異な本質」は「歴史を通じて長く連続し、文明はまさに何よりも長い物語」なのである。

(B)帝国は興隆し、滅亡する。政府は移り変わる。しかし、文明は踏みとどまって「政治的、社会的、経済的、ひいてはイデオロギー的な激変をも生き延びる」。「国際関係の歴史が」と、ボーズマンは結論している。「正当に実証している学説のとおり、政治制度は文明の表層における一時的な便法であり、言語や道徳でまとまったそれぞれの共同体の運命を最終的に左右するのは、共同体をかたちづくる基本的な思想が生き延びるかどうかであり、その思想を中心に何世代もの人びとが途切れることなくまとまってきており、その思想が社会の持続性の象徴となっている」。20 世紀の世界の主要文明のほとんどは 1000 年来存在してきたものか、あるいはラテンアメリカ文明のように長くつづいた別の文明から直接生まれたものかのどちらかである。

（サミュエル・ハンチントン著、鈴木主税訳、『文明の衝突と 21 世紀の日本』、集英社新書、2009（2000）より抜粋）

問１：著者の視点では、「文明」と「文化」はどのように異なるものと捉えられているか説明せよ（200 字以内）。

問２：下線部（A）の箇所で、著者が指摘する「少数集団」を今日の世界の情勢を考え、具体的事例を挙げ、その指摘した「少数集団」がなぜ、「独自の文化をもちながら、それより大きい文化的帰属領域をもたない」のか説明せよ（100 字程度）。

問３：下線部（B）の箇所で、「政治的、社会的、経済的、ひいてはイデオロギー的な激変を生き延びる文明」について、日本を事例として、具体的な歴史的出来事を取り上げて、どのように文明が生き延びているか説明せよ（200 字程度）。

問題２：　次の１～５の用語は和風木造建築の設計等で用いられるものである。５つの用語の内から３つを選び、用語の読みを記すとともに、意味を 100 字以内で記せ。

1. 広小舞　　2. 入側　　3. 押板　　4. 散決り　　5. 番付

【4】 防災安全分野

次の問題 1～2 に答えよ。

問題 1：過去に我々が経験した大きな地震の際にはしばしば寺院の鐘楼や石が跳躍したという事実が報告されている。鐘楼や石が跳躍するような地震動がどのような地震動であったかを知ることは、過去の地震による被害を考察する際に有力な情報となると期待される。

下の文章は 1909 (明治 42) 年姉川地震による被害報告に見られる鐘楼の跳躍を述べた記述の一部である。この文章を読んで以下の問 1～2 に答えよ。

なお、下の文章は震災予防調査会から明治 43 年 11 月に刊行された調査報告の第三章から願教寺の鐘楼の様子を記述した部分の抜粋である。縦書き、旧仮名遣いの原文を現代仮名遣いに改め、適宜、送りがなや句読点を補って読みやすいように編集したうえで横書きしている。

小谷村大字留目における願教寺の鐘楼

この鐘楼の大きさはほぼ<u>前者</u>に等しい。またその移動状態も相類似し、ただ柱底の<u>中間の痕跡</u>をまったく認め得ざることにおいて前者に異なれり。すなわち、この鐘楼の底面は各辺東西あるいは南北の向きを取り、その長さ東西は 321 cm、南北は 288 cm あり。そして北東の柱は<u>沓石</u>をつけたるまま北 40 度東の方向に 107 cm 移動し、南東の柱は北 32 度東の方向に 101 cm 移動したるうえ、柱端を地下 7 cm の深さに没入せしめ、南西の柱は北 39 度東の方向に 90 cm 移動したるうえ、柱端を 6 cm の深さに没入せしめ、北西の柱は北 43 度東の方向に 95 cm 移動したるうえ、柱端を 3.5 cm の深さに没入せしめたり。すなわち、これによりて鐘楼の底の中心は北 39 度東の方向に 97 cm 移動したることとなる。この最後の位置は称名寺の鐘楼の場合に仮定したる第一の移動と類似したるものにして、時計の針の回転の反対の方向に少しく回転したるなり。

(下線部注)

- 前者：本文では、願教寺の前に別の寺 (称名寺) の鐘楼が跳躍したことが述べられており、前者とは称名寺の鐘楼をさす。
- 中間の痕跡：称名寺の鐘楼 (前者) については、鐘楼の最終的な到達位置と、もともとあった位置の間に地面と柱が接触した痕跡が残っていた、ということがこの文章の前までに述べられている。「中間の痕跡」とは、柱が最終位置に達する前にいったん地面に接触したと考えられる痕跡のこと。
- 沓石：柱や縁の束柱の下に据える石。

問 1：願教寺の鐘楼が地震によって跳躍し、どのように移動したのかを、文章から読み取って解答用紙に図示せよ。解答用紙には跳躍前の鐘楼の位置、大きさを示している。解答にあたっては、図中に跳躍後の柱の位置、4 本の柱の状態など文章中に書かれている数字、状態をできるだけ書き込むこと。

問 2：地震動によって鐘楼が跳躍するためにはどのような地震動が働いたためだと考えられるか。鐘楼の跳躍の物理的メカニズムを考察したうえで、願教寺における地震動がどのようなものであったか、を論理的に説明せよ。説明には図を用いてもよい。

次ページに続く

【4】 防災安全分野 (つづき)

問題 2 : 1 自由度の振動系は構造物の地震応答を簡易的に表現したり、地震計の特性を理論的に取り扱うにあたってもっとも基本的な数理モデルである。1 自由度の振動系の応答特性を理論的に取り扱うためには様々な手法がある。なかでもラプラス変換を用いる方法は、代数計算によって系の運動方程式を解いたり、制御 (フィードバック) による系の総合的な伝達関数を容易に記述できるといった特徴があり、振動系の応答特性の議論には非常に有効な手法である。

下の文章を読んで、ラプラス変換について述べた以下の問 1〜6 に答えよ。

関数 $f(t)$ $(f(t)=0, t<0)$ に対して次のラプラス積分

$$F(s)=\int_0^\infty f(t)e^{-st}dt \tag{1}$$

が収束するとき、s を一般の複素数とした $F(s)$ を $f(t)$ のラプラス変換という。以下では必要に応じてラプラス変換を $F(s)=\mathcal{L}[f(t)]$ と表わすこととする。また、$f(t)$ を時間領域 (または t 領域) の関数、$F(s)$ をラプラス領域 (または s 領域) の関数と呼ぶことがある。

問 1: Dirac のデルタ関数 $\delta(t)$ は任意の関数 $g(t)$ に対して

$$\int_{-\infty}^\infty \delta(t)g(t)dt=g(0) \tag{2}$$

を満足する。このことを用いて、$\delta(t)$ のラプラス変換を求めよ。

問 2: 任意の関数 $g(t)$ について、$g(t)$ の t に関する微分 $\dot{g}(t)=\dfrac{dg(t)}{dt}$ のラプラス変換は、

$$\mathcal{L}[\dot{g}(t)]=sG(s) \tag{3}$$

となることを説明せよ。ただし、$g(0)=0$、$G(s)=\mathcal{L}[g(t)]$ である。

問 3: 減衰のある 1 自由度振動系の微分方程式は、

$$m\ddot{x}(t)+c\dot{x}(t)+kx(t)=u(t) \tag{4}$$

と表わされる。ここで、m、c、k はそれぞれ質点の質量、系の減衰係数、系の剛性で、$x(t)$ は系の応答変位、$u(t)$ は外力である。上の微分方程式をラプラス変換して s 領域の方程式を求めよ。ただし、$x(t)$、$u(t)$ のラプラス変換をそれぞれ $X(s)$、$U(s)$ とせよ。

問 4: 外力 $u(t)$ が線形系に入力されるとき、系の応答を $x(t)$ とする。このとき、線形系の s 領域における伝達関数 $G(s)$ は、$x(t)$ と $u(t)$ のラプラス変換 $X(s)$、$U(s)$ を用いて、

$$G(s)=\frac{X(s)}{U(s)} \tag{5}$$

と表わすことができる。前問の式 (4) の伝達関数を s 領域で求めよ。

問 5: 図 1、図 2 はそれぞれ 2 つの異なる系を直列および並列に結合した場合のブロック線図である。

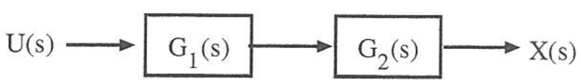


図 1 直列結合

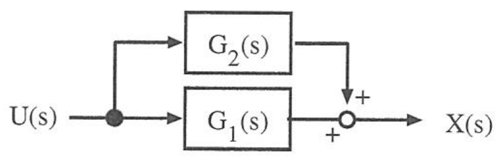


図 2 並列結合

次ページに続く

【4】 防災安全分野 (つづき)

直列結合および並列結合の等価な伝達関数 (すなわち、入力 $U(s)$ に対する応答 $X(s)$ への伝達関数) はそれぞれ $G_1(s)G_2(s)$、$G_1(s)+G_2(s)$ によって表わされる。このことを用いて図 3 に示すネガティブフィードバック (負帰還) を有する系の等価な伝達関数が、

$$\frac{X(s)}{U(s)} = \frac{G(s)}{1+G(s)H(s)} \tag{6}$$

となることを図中の文字を用いて説明せよ。

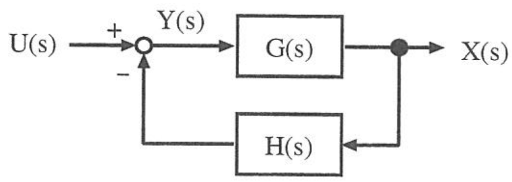


図 3 ネガティブフィードバック (負帰還) を有する系のブロック線図

問 6: 図 4 にフォースバランス型地震計の構成を示す。図 4 は $G(s)$ なる伝達特性を有する振り子に対して $H(s)$ なる伝達特性を有するネガティブフィードバック (負帰還) がかかっていることを示している。振り子の変位はギャップセンサー α によって感知され、増幅器 A を通してフィードバックコイル L に電流が流れ振り子の変位がゼロとなるように制御される。このとき、抵抗 R とコンデンサ C の並列回路によって L の電流が制限されている。

振り子の運動方程式は式 (4) において $c=0$ として表わされるものとする。また、フィードバック回路の伝達関数は、ギャップセンサーの出力に電圧増幅 αA をかけて R と C によって規定されるインピーダンス Ω によって制限される電流を L に流すだけであるから、

$$H(s) = \frac{L}{M}\frac{\alpha A}{\Omega} \tag{7}$$

となる。ただし、$\Omega = \dfrac{R}{1+sCR}$ である。このとき、入力 $U(s)$ に対する出力電圧 $E(s)$ の伝達関数 $\dfrac{E(s)}{U(s)}$ を求めよ。

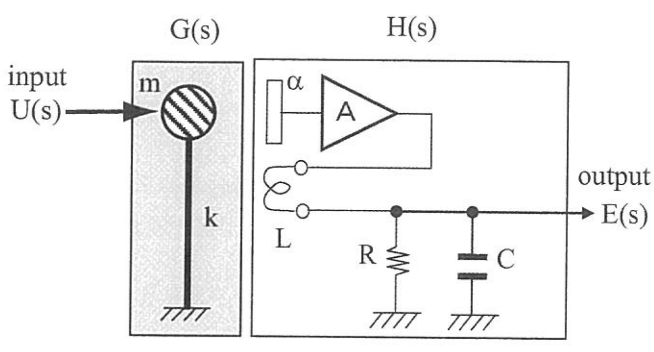


図 4 フォースバランス型地震計の構成

【５】応用力学分野

次の問題１～２に答えよ。

問題１： 図１に示す等分布荷重pを受けるアーチ構造を考える。アーチの形状は正弦波にて表される。ただし、アーチは偏平であるものとして$H_0<<L$とする。このとき、本アーチのひずみエネルギーUは次式にて表されるものとする。

$$U=\frac{EA}{2}\int_0^L\left[\frac{1}{L}\int_0^L\left\{-\frac{dH}{dx}\frac{dw}{dx}+\frac{1}{2}\left(\frac{dw}{dx}\right)^2\right\}dx\right]^2dx+\frac{EI}{2}\int_0^L\left[\frac{d^2w}{dx^2}\right]^2dx \tag{1}$$

ここに、E, A, I, Lはヤング係数、断面積、断面２次モーメント、スパン長である。また、図１および図２に示すように、H, wはアーチの高さおよびz方向変位であり、xの関数である。また、全ポテンシャルΠはひずみエネルギーと外力ポテンシャル$p\int_0^L w\,dx$によって次のように表される。

$$\Pi=U-p\int_0^L w\,dx \tag{2}$$

今、z方向変位が$\dfrac{w(x)}{H_0}=\overline{W}_1\sin\dfrac{\pi}{L}x+\overline{W}_2\sin\dfrac{2\pi}{L}x$として近似的に表されるものと仮定すれば、$\overline{W}_1,\overline{W}_2$に対する平衡方程式は$\overline{W}_1,\overline{W}_2$に対する全ポテンシャルの極小値として求められる。すなわち、

$$\frac{\partial\Pi}{\partial\overline{\boldsymbol{W}}}=\frac{\partial}{\partial\overline{\boldsymbol{W}}}\left(U-p\int_0^L w\,dx\right)=\boldsymbol{0} \tag{3}$$

ここに、$\overline{\boldsymbol{W}}$はベクトルであり、$\overline{\boldsymbol{W}}=\left(\overline{W}_1\ \overline{W}_2\right)^T$を意味している。以上のことを踏まえて、以下の問いに答えよ。

問１：式(1)は$\overline{W}_1,\overline{W}_2$を用いて次式にて表されることを示せ。

$$U=\frac{\pi^4EAH_0^{\ 4}}{8L^3}\left\{\left(1+\frac{2I}{AH_0^{\ 2}}\right)\overline{W}_1^{\ 2}+\frac{32I}{AH_0^{\ 2}}\overline{W}_2^{\ 2}-\overline{W}_1^{\ 3}-4\overline{W}_1\overline{W}_2^{\ 2}+\frac{1}{4}\overline{W}_1^{\ 4}+2\overline{W}_1^{\ 2}\overline{W}_2^{\ 2}+4\overline{W}_2^{\ 4}\right\} \tag{4}$$

問２：式(3)に従い、$\overline{W}_1,\overline{W}_2$に対する平衡方程式を求めよ。また、$\overline{W}_2=0$としたときの$p-\overline{W}_1$関係（基本つり合い経路）の概略図を図示せよ。

問３：$\overline{W}_1,\overline{W}_2$に対する接線剛性マトリクス$\boldsymbol{K}_T$は$\boldsymbol{K}_T=\dfrac{\partial^2\Pi}{\partial\overline{\boldsymbol{W}}\partial\overline{\boldsymbol{W}}}$として計算することができる。問２で求めた基本つり合い経路上において、$\det\boldsymbol{K}_T=0$となるときの$\overline{W}_1$の値をすべて求めよ。また、最大耐力が分岐座屈にて決定されるときの条件を示せ。

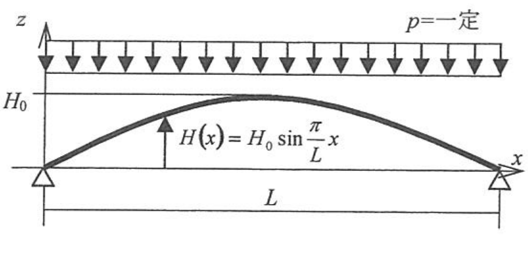


図１　正弦波アーチ

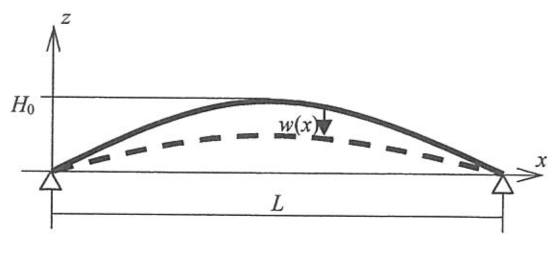


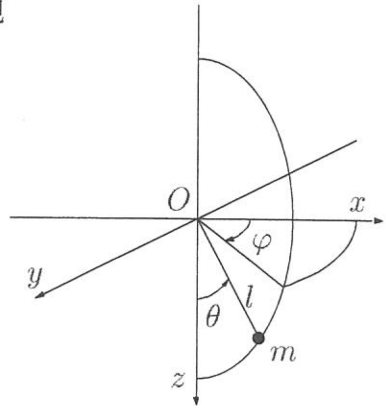
図２　変形後

次ページに続く

【5】 応用力学分野 （つづき）

問題2：糸で吊った質点を、鉛直の位置からずれた点を初期位置として、糸と鉛直線を含む平面外に初速度を与えると、この振子は鉛直面内の運動はせずに、球面上を運動するようになる。このような振子を球面振子という。この時、以下の問1～4に答えよ。

問1：振子の支点を原点Oにとり、鉛直下向きにz軸、水平方向にx, y軸をとる。糸の長さを l とし、図に示す極座標 (l, θ, φ)を考えるとき、運動エネルギー(T)と位置エネルギー(V)は、それぞれ次式で与えられることを示せ。ただし、重力加速度をg、質点の質量をmとする。また、糸はたるまないものとし、糸の質量ならびに摩擦や空気の影響は無視できるものとする。ここで、$\dot{\theta} = \frac{d\theta}{dt}$、$\dot{\varphi} = \frac{d\varphi}{dt}$である。



$$T = \frac{1}{2}ml^2(\dot{\theta}^2 + \dot{\varphi}^2 \sin^2\theta),\ \ V = -mgl\cos\theta$$

問2：$L = T - V$として、Lagrangeの運動方程式

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial L}{\partial \dot{q}_k}\right) - \frac{\partial L}{\partial q_k} = Q_k, \qquad (k = 1, 2)$$

を適用することで、質点の運動方程式を求めよ。ここで、q_kは一般化座標、Q_kは一般化外力であり、ここで考えている球面振子の場合、$q_1 = \theta$、$q_2 = \varphi$、$Q_1 = Q_2 = 0$と置くことができる。

問3：問2で得られた運動方程式を解くことにより、球面振子の質点は、ある範囲の高さの間に存在することを示せ。また、z軸まわりの運動がどのようになるか、方程式から考察せよ。

問4：球面振子がz軸まわりに1周して元の位置に戻り、周期的な運動を行うための条件を述べよ。