試験問題

専門科目・専門分野（午後）　　　２０　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１題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選択した分野、問題番号及び受験番号を記入せよ。
4．定規、コンパス、電卓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：次の用語から２つを選択し、それらの内容を各々200 字程度で簡潔に説明せよ。

(1)土地区画整理事業　　(2)ＧＩＳ (Geographical Information System)
(3)全国総合開発計画　　(4)道路の段階構成
(5)持続可能な開発　　(6)ＣＤＭ (Clean Development Mechanism)

問題２：道路や鉄道など大規模な交通施設整備を検討する際に実施すべき事前評価の内容を 300 字程度で簡潔に説明せよ。

問題３：人口減少下の都市計画において、地方自治体が検討すべき点を２つあげ、その理由をそれぞれ 200 字程度で説明せよ。

【２】心理・環境分野

次の問題１～３に答えよ。

問題１：環境に対する知覚・認知・評価の個人による違いに関する以下の設問に答えよ。

（１）①知覚、②認知、③評価のそれぞれについて個人による違いの具体例を挙げ、それらの差異が生じる主な原因を述べよ。(各々50 字以内)

（２）上で解答した①～③の個人による違いについて、それぞれ環境計画・環境デザインの上でどのような考慮をすべきか述べよ。(各々50 字以内)

問題２：光環境をデザインする際に用いる物理的指標を 5 つあげ、各々の定義、およびそれらとデザインの関係について簡潔に述べよ。(各々100 字程度)

問題３：以下の、室内における人間の温冷感に関連してしばしば使用される用語から、3 つを選択し、その内容を各々100 字程度で説明せよ。

1. 冷輻射
2. コールドドラフト
3. グローブ温度
4. 有効温度
5. Clo 値

【３】文化芸術分野

次の問題１～２に答えよ。

問題１：日本の近現代に大きな影響を与えた外国人建築家と彼らが日本に設計した建物に関して、下記の設問に答えよ。

（１）下記 A－E の外国人建築家と、彼らが設計した下記①－⑤の建築物との対応を示せ。

（２）関東大震災前に建てられた関東地方の鉄筋コンクリート造、鉄骨造、煉瓦造の建物の多くは、この震災によって倒壊およびそれに類する大きな被害を受けた。しかし、落成式当日に関東大震災に見舞われたが倒壊を免れた建物を、下記①－⑤から選べ。また、その建物の構造的特徴を簡潔に述べよ（100 字程度）。

A：フランク・ロイド・ライト
B：ジョサイア・コンドル
C：アントニン・レーモンド
D：エンデ・ベックマン
E：ル・コルビュジエ

①：国立西洋美術館
②：リーダーズ・ダイジェスト本社
③：司法省
④：帝国ホテル
⑤：鹿鳴館

問題２：下記に示した用語を用いて、日本の近代建築における構造形式の歴史的な発展に関する解説文を 400 字から 800 字程度で作成せよ。ただし、作成する解説文の最後の文章は、「**このように日本の近代建築における構造形式の確立には、度重なる地震被害が大きな影響を与えたと言える**」とすること。

明治 5（1872）年、明治 24（1891）年、大正 12（1923）年、銀座煉瓦街、秀英舎（1895 年）、三井銀行本店（1902 年）、横浜正金銀行（1904 年）、三井貸事務所（1912 年）、濃尾地震、サンフランシスコ大地震（1906 年）、関東大震災、ジョサイア・コンドル、辰野金吾、佐野利器、横河民輔、煉瓦、組石造、鉄骨構造、鉄筋コンクリート構造、耐震構造、軍工廠、産業建築、土木技術

ここで指定された用語は、作成する本文中で原則として、全て用いて、かつ一度しか使用できないこととする（全て用いて居ない場合、及び二度以上使用した場合、減点対象とする）。一方、ここに挙げられていない用語、固有名詞等については、自由に用いて良い。たとえば、用語「鉄筋コンクリート構造」は一度しか使用できないが、「鉄筋」、「コンクリート」、「構造」などの用語は、必要であれば何度使用しても良い。なお、指定された用語の使用箇所は、下線を引いて明示すること。

【４】防災安全分野

次の問題１～２に答えよ。

問題１：地震波の伝播に関する以下の問いに答えよ。

（１）地震による粗密波（P 波）の速度 V_P はせん断波（S 波）の速度 V_S よりも大きく、観測点には常に P 波の方が S 波より早く到着する。両者の時間差を「S-P 時間」と呼ぶ。

いま、ある観測点に P 波と S 波が到着した時刻がそれぞれ t_P、t_S であったとする。S-P 時間を τ と書けば、$\tau = t_P - t_S$ である。地震の発震時刻を t_0、震源から観測点までの距離（震源距離）を r 、$V_P = \sqrt{3}\,V_S$ として、r を τ と V_P の関数として表せ。

（２）P 波が S 波よりも早く到着することを利用して、大きな地震動（主として S 波による地震動）が到着する前に地震発生を知らせることを目的として、2007 年秋より気象庁は緊急地震速報の本運用を始めることを計画している。

今、この場所（試験室）において、緊急地震速報を受けて、震度６弱相当の大きな地震動が到着するまでに約 10 秒である、との情報を得たとする。そのとき、10 秒の間にどのような対応を取ることが適切であると考えるか。また、どのような対応は不適切であると考えるか。

適切と考える対応、および不適切と考える対応について、それぞれその理由とともに各々150 字程度で述べよ。

問題２：地震の震源に関する以下の問いに答えよ。

（１）地震のスケーリング則（相似則）に関する次の記述について、（ア）～（エ）に当てはまる語句の組み合わせとして最も適切なものを選べ。

震源から放射される地震波の変位波形をフーリエ変換して振幅スペクトルを両対数軸で見ると、図１のように低周波数（長周期）では一定値 X を示し、地震の規模に依存するある特徴的な周波数（スペクトルが折れ曲がる周波数）f_c よりも高周波数（短周期）では周波数の２乗に反比例する。低周波数側の一定値は $\boxed{\text{（ア）}}$ に対応し、規模の大きい地震ほど強い地震波が放射されることを示している。大きい地震ほど地震断層が大きく、破壊の開始から停止までにかかる時間が $\boxed{\text{（イ）}}$ 。そのため大地震の波動ほど $\boxed{\text{（ウ）}}$ 成分を多く含み、f_c が低周波数に変化する。なお、f_c のことを $\boxed{\text{（エ）}}$ と呼ぶ。

以上が震源から放射される地震波の平均的な特性であり、周波数の-2 乗との比例関係から ω^{-2} 則と呼ばれ、地震動のスケーリング則（相似則）とも言う。ここで ω は角周波数であり、周波数 f を用いて $\omega = 2\pi f$ と表される。

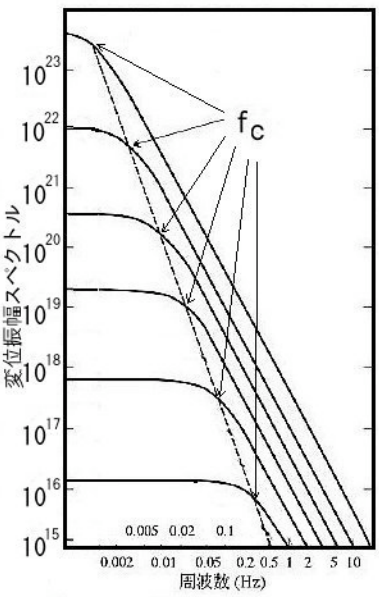


図１　地震のスケーリング則

	（ア）	（イ）	（ウ）	（エ）
(1)	震度	長い	高周波	fマックス
(2)	地震モーメント	長い	低周波	コーナー周波数
(3)	地震モーメント	短い	高周波	fマックス
(4)	マグニチュード	長い	高周波	fマックス
(5)	マグニチュード	短い	低周波	コーナー周波数

（２）図２にω^{-2}則の関係を模式的に示す。図中の１目盛は１桁（10 倍） を表している。また、破線で示す通り、変位振幅スペクトルの折れ曲りの位置は、周波数の 3 乗に反比例する。

いま、地震 A および B の折れ曲りの周波数をそれぞれ f_{cA}、f_{cB} とする。f_{cB} よりも高周波数で２つの地震 A、B の振幅が N 倍違うとき、f_{cA} よりも低周波数では２つの地震の振幅は何倍異なるか、図２を参考にして答えよ。

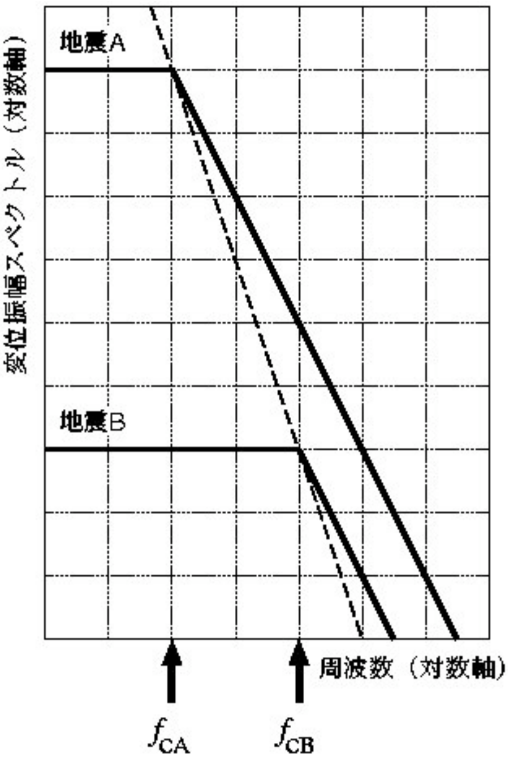


図２　地震のスケーリング則の模式図

（３）図２の２つの地震 A、B の変位振幅スペクトルを加速度振幅スペクトルになおした概略図を描け。図２と同様に、適当な目盛線をいれて、横軸に周波数、縦軸に加速度振幅をとって両対数グラフとして１枚の図のなかに地震A およびBの加速度振幅スペクトルを描くこと。なお、f_cの位置関係も明示すること。

（４）構造物の耐震性を検討する場合などに、しばしば、中小地震の観測波形を何倍かして大地震の波形として用いる場合がある。しかし、このような方法は（２）からわかるとおり、必ずしも物理的に適切ではない。「中小地震の波形を何倍かして大地震の波形と見做すこと」の何がどのように問題であるか、200 字以内で述べよ。

【５】$\boxed{\text{応用力学分野}}$

次の問題１～２に答えよ。

問題１：長さ 4000mm、幅 200mm、高さ 400mm のコンクリート部材がある。この部材の断面は、図心から距離 e の位置にシース（穴）を有している。図１のようにシースに断面積 1000mm^2 の PC 鋼材を通し締め付けた。ここで用いたコンクリートの応力度－ひずみ関係、PC 鋼材の応力度－ひずみ関係をそれぞれ図２および図３に示す。以下の問いに答えよ。なお、A－A’断面は端部定着部から十分に遠く定着部の応力分布の乱れを考慮する必要はない（平面保持の仮定が成り立つ）。また、PC 鋼材とシースの間には摩擦は生じないものとし、コンクリート断面に対するシースによる断面欠損も考慮する必要はない。応力度およびひずみは引張を正として、その最大あるいは最小とは絶対値が最大あるいは最小であることを意味する。

（１） PC 鋼材の締め付け力として 500N/mm^2 の引張応力度を導入したところ、A－A’ 断面内の最大圧縮応力度が $-10\ \text{N/mm}^2$ となった。コンクリート断面図心からの PC 鋼材の偏心距離 e を求めよ。また、このときの A－A’ 断面内の最小圧縮応力度を求めよ。

（２） さらに PC 鋼材の締め付け力を増やしていくと A－A’ 断面内にひび割れが生じ始めた。まさにひび割れが生じようとするときの PC 鋼材の引張応力度を求めよ。またこのときの A－A’ 断面内の最大圧縮ひずみを求めよ。

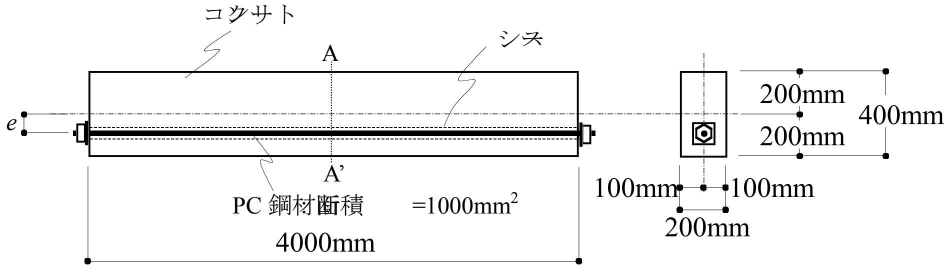


図１　プレストレスト・コンクリート

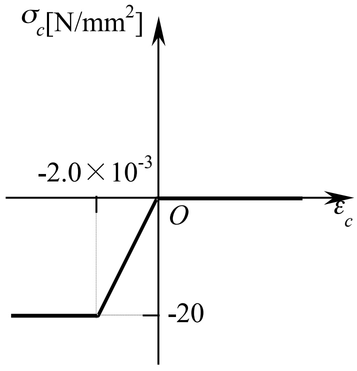


図２　コンクリートの応力度σ_c－ひずみε_c関係

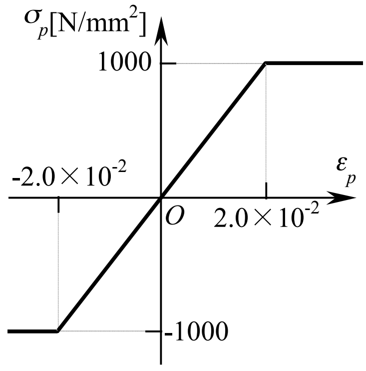


図３　PC 鋼材の応力度σ_p－ひずみε_p関係

問題２：建物などの構造物が崩壊する過程において各構成要素は大きな変位を伴うばかりでなく、大きな回転も伴い運動する。このような大きな回転を伴う挙動の解析に関して以下の問に答えよ。

（１）回転は作用順序により結果が変化する。このことを図１のように立方体を 90° ずつ３段階で回転させる例を用いて示すことができる。まず、図のように Z 軸回り→X 軸回り→Y 軸回りという順で実行すると、灰色の面は元の位置に戻る。これに対して X 軸回り→Z 軸回り→Y 軸回りという順で実行したときの結果は上記と異なる結果となり、作用順序により結果が変化することが示される。後者の運動過程を図１と同様に図示せよ。

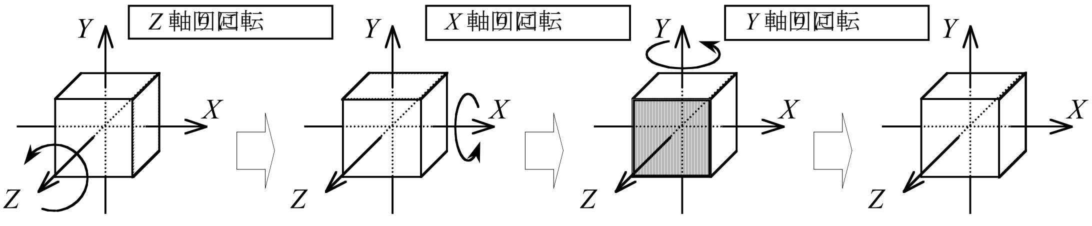


図１　立方体の回転

（２）大きな回転を伴う崩壊解析などでは通常以下のように求められる回転マトリクスが用いられている。なおここでは、右手系を考え、図２中の直角座標系 X, Y, Z の各単位ベクトルを $\boldsymbol{i}_X, \boldsymbol{i}_Y, \boldsymbol{i}_Z$ とすれば、外積［×］は次のように表される。

公式①　$\boldsymbol{i}_Z = \boldsymbol{i}_X \times \boldsymbol{i}_Y = -\boldsymbol{i}_Y \times \boldsymbol{i}_X$，　$\boldsymbol{i}_X = \boldsymbol{i}_Y \times \boldsymbol{i}_Z = -\boldsymbol{i}_Z \times \boldsymbol{i}_Y$，　$\boldsymbol{i}_Y = \boldsymbol{i}_Z \times \boldsymbol{i}_X = -\boldsymbol{i}_X \times \boldsymbol{i}_Z$

さらに、任意のベクトル $\boldsymbol{v}, \boldsymbol{w}$ の外積は次のように表すこともできる。

公式②　$\boldsymbol{v} \times \boldsymbol{w} = \boldsymbol{S}(\boldsymbol{v})\boldsymbol{w}$

ここに、$\boldsymbol{v} = \begin{Bmatrix} v_X \\ v_Y \\ v_Z \end{Bmatrix}$、$\boldsymbol{S}(\boldsymbol{v}) = \begin{bmatrix} 0 & -v_Z & v_Y \\ v_Z & 0 & v_X \\ -v_Y & v_X & 0 \end{bmatrix}$ であり、$\boldsymbol{S}$ は反対称マトリクスと呼ばれる。

このことを踏まえ、下の文章中の$\boxed{}$を埋めよ。

図２(a)に示すように、ベクトル $\boldsymbol{\Theta}$ が示す軸回りに、ベクトル $\boldsymbol{p}_\mathrm{A}$ を θ だけ回転させたとき、ベクトル $\boldsymbol{p}_\mathrm{A}$ はベクトル $\boldsymbol{p}_\mathrm{B}$ に移動したものとする。このとき、次式を満足するマトリクス $\boldsymbol{Q}$ がここで求めるべき回転マトリクスである。

$$\boldsymbol{p}_\mathrm{B} = \boldsymbol{Q}\boldsymbol{p}_\mathrm{A} \tag{1}$$

また、$\boldsymbol{p}_\mathrm{A}, \boldsymbol{p}_\mathrm{B}$ の終点を点 A、点 B とすれば、点 A は、ベクトル $\boldsymbol{\Theta}$ を法線ベクトルとする平面 CAB 上の点 C を中心とする半径 r の円弧上を移動し、点 B に到る（図２(b)）。なお、図２中のベクトル $\boldsymbol{e}$ および回転量 θ は次式で定義されるものである。

$$\boldsymbol{e} = \frac{\boldsymbol{\Theta}}{\theta}, \qquad \theta = \left|\boldsymbol{\Theta}\right| = \sqrt{\boldsymbol{\Theta} \cdot \boldsymbol{\Theta}}$$　（・は内積を示す）

次頁に続く

まず、図２(b)に示すように$\Delta\boldsymbol{p}$ ($=\boldsymbol{p}_\mathrm{B}-\boldsymbol{p}_\mathrm{A}$)を２つのベクトル$\Delta\boldsymbol{a}$と$\Delta\boldsymbol{b}$に分解する。$\Delta\boldsymbol{a}$は点Aから点C方向のベクトルであり、$\Delta\boldsymbol{b}$は$\Delta\boldsymbol{a}$に対して直交するベクトルとする。図２(b)から$\Delta\boldsymbol{b}$の大きさをrとθにて表せば$|\Delta\boldsymbol{b}|=\boxed{ア}$となり、さらに$\Delta\boldsymbol{b}$は$\boldsymbol{e}$と$\boldsymbol{p}_\mathrm{A}$によって定義される平面(OAC)に垂直なベクトルであるから、公式①により、$\Delta\boldsymbol{b}$は次のように表される。

$$\Delta\boldsymbol{b}=\frac{|\Delta\boldsymbol{b}|}{|\boldsymbol{p}_\mathrm{A}\times\boldsymbol{e}|}(\boldsymbol{e}\times\boldsymbol{p}_\mathrm{A})=\frac{\boxed{ア}}{|\boldsymbol{p}_\mathrm{A}\times\boldsymbol{e}|}(\boldsymbol{e}\times\boldsymbol{p}_\mathrm{A})$$

ここで、$|\boldsymbol{p}_\mathrm{A}\times\boldsymbol{e}|=|\boldsymbol{p}_\mathrm{A}|\sin\alpha=r$ （αは$\boldsymbol{p}_\mathrm{A}$と$\boldsymbol{e}$間の角度）であるから、上式は

$$\Delta\boldsymbol{b}=\frac{\sin\theta}{\theta}(\boldsymbol{\Theta}\times\boldsymbol{p}_\mathrm{A}) \tag{2}$$

となる。一方、$\Delta\boldsymbol{a}$は$\boldsymbol{e}$と$\Delta\boldsymbol{b}$に直交することから、外積を再度利用することで、$\Delta\boldsymbol{a}$は$r, \boldsymbol{e}, \boldsymbol{p}_\mathrm{A}$および$|\Delta\boldsymbol{a}|$を用いて次のように表される。

$$\Delta\boldsymbol{a}=\frac{|\Delta\boldsymbol{a}|}{r}\boxed{イ} \tag{3}$$

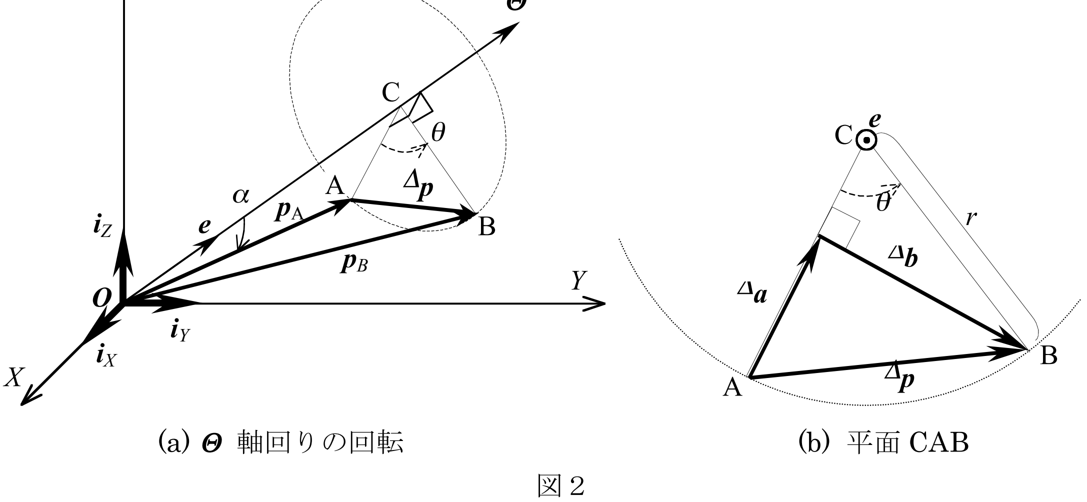
また、式(2)および式(3)、さらに、図２(b)から$\Delta\boldsymbol{a}$の大きさがrとθにより$|\Delta\boldsymbol{a}|=\boxed{ウ}$と表されることを考慮することにより、$\boldsymbol{p}_\mathrm{B}$は$\boldsymbol{p}_\mathrm{A}, \boldsymbol{\Theta}, \theta$を用いて次のように表される。

$$\boldsymbol{p}_\mathrm{B}=\boldsymbol{p}_\mathrm{A}+\Delta\boldsymbol{p}=\boldsymbol{p}_\mathrm{A}+\boxed{\qquad エ \qquad} \tag{4}$$

ここで、反対称マトリクス$\boldsymbol{S}(\boldsymbol{\Theta})$を導入し公式②を式(4)に適用することにより、式(1)で示した求めるべき回転マトリクス$\boldsymbol{Q}$が次のように表される。

$$\boldsymbol{Q}=\left[\boldsymbol{I}+\frac{\sin\theta}{\theta}\boldsymbol{S}(\boldsymbol{\Theta})+\frac{1-\cos\theta}{\theta^2}\boldsymbol{S}(\boldsymbol{\Theta})\boldsymbol{S}(\boldsymbol{\Theta})\right] \tag{5}$$

（３） 上記で求めた回転マトリクス$\boldsymbol{Q}$が直交マトリクスであることを証明せよ。



(a) $\boldsymbol{\Theta}$ 軸回りの回転　　(b) 平面 CAB

図２