

令和 6 (2024) 年度 広域科学専攻 修士課程 入学試験
広域システム科学系 小論文

課題

次ページ以降に示す 7 つのテーマの中から 1 つを選択し、以下の要領に従い、小論文を作成しなさい。

作成要領

1. 総合文化研究科ホームページより、「システム小論文 様式」ファイル (Word ファイル) をダウンロードし、用いること。
2. 日本語もしくは英語で記述すること。
3. 全体で A4 用紙 2 ページ以内 に収めること。
4. フォントは 10 ポイント以上 とする。行間は適宜調整してよい。
5. 図表や数式を用いてもよい。
6. 次ページ以降の各テーマの説明の中に、作成に関する特段の指示がある場合は、それに従うこと。
7. 用紙の上下に各 25mm 以上、左右に各 20mm 以上の余白をとること。
8. 文書中に出願者の氏名は記載しないこと。
9. 冒頭に選択したテーマ番号を明記し、改行して本文を書き始めること。
10. テーマの選択は、修士課程での研究分野を十分に考慮して行うこと。
11. 論述にあたり、剽窃はそれを重大な不正行為とみなす。
12. 回答において文献や図書等を参考にした場合は、出典を明記せよ。とくに、引用した場合は、範囲を明確に示すこと。
13. LLMs (ChatGPT, Bard など, Large Language Models を使ったツール) を使うことは禁止しないが、図書等同様に出典を明記するとともに、プロンプトを含むダイアログ全体を併せて提出すること (ダイアログは 2 ページの制限の範囲外とするが、全体で 10 ページ以内に収めること)。
14. 本論述での回答の内容について、口述試験の際に問うことがある。
15. 本課題は入学試験の一部である。独力で回答すること。

以上

テーマ 1

課題：以下の（１）と（２）の両方に解答せよ

- (1) ケイ素 (Si) に関する以下の問いに答えよ
- (a) 石英の成分である二酸化ケイ素 (SiO_2) は地殻の大部分を構成しており、地殻の造岩鉱物の 9 割はケイ酸塩鉱物である。地殻がこのような組成になった理由を、地球の層構造の形成過程とケイ素の地球化学的な性質に基づいて説明せよ。また、仮に地球にケイ素が存在していなかったとしたら、地殻は主にどのような元素で構成されていると予想されるか考察せよ。
 - (b) ケイ素単体の単結晶は、わずかに電気を流す半導体として振る舞う。この単結晶を融解した場合にどのような導電性を示すと考えられるか説明せよ。また、ガラス状の SiO_2 は一般に絶縁性であるが、透明導電ガラスはどのような構造で電気を通すことができるのか、導電メカニズムの観点も含め説明せよ。
- (2) サーキュラーエコノミーとカーボンニュートラルの関係について論ぜよ

テーマ 2

生命の起源を考える研究には生物学のみならず様々な分野からのアプローチを組み合わせることが有効である。生物学と他分野からのアプローチを各々紹介した後、それらの組み合わせが最も有効と考える根拠を説明した上で、学際研究プロジェクトを提案しなさい。なお、調べた論文等の情報については引用を示すこと。

テーマ 3

以下の全ての問に答えよ。

I

質量が無視できる長さ L の棒の先に、質量 m のおもりを取り付けた倒立振子を考える。重力加速度を g 、外力を f とし、振子の運動方程式は以下で記述されるとする。

$$mL\ddot{\theta} = mg \sin \theta + f. \quad (1)$$

$\theta = 0$ を振子が鉛直に倒立している位置とする。外力 f を加えてこの振子を、 $\theta = 0$ の近傍 ($|\theta| \ll 1$) で倒立させ続けることを考える。外力 f として振子の位置と速度に比例する力を以下のような形で加える。

$$f = a\theta + b\dot{\theta} \quad (2)$$

初期状態を $t = 0, \theta = 0, \dot{\theta} = v_0/L$ とする。 $|\theta| \ll 1$ の場合に $\sin \theta \sim \theta$ と近似できることを使って以下の設問に答えよ。

- (1) 振子を $\theta = 0$ の近傍で倒立させ続けることができる、 a と b の条件を答えよ。また、運動の様子を時間 t を横軸、 θ を縦軸として図示せよ。
- (2) 次に、 $b = 0$ の状況、すなわち $f = a\theta$ の外力で振子を倒立させ続けることを考える。この条件で、 $\theta = 0$ から最大値になる間 (1/4 周期の間) に、外力が物体にする仕事を求めよ。

II

- (1) 半径 a の球体の内部に一定の密度 ρ_q で電荷が分布している。真空の誘電率を ϵ_0 とし、 ρ_q と電場 \mathbf{E} をつなぐ式

$$\nabla \cdot \mathbf{E} = \frac{\rho_q}{\epsilon_0} \quad (3)$$

にガウスの法則を適用することにより、中心からの距離 r の関数として、電場と静電ポテンシャル ϕ_E を求めよ。また ϕ_E については概形を図示せよ。ここで、無限遠で $\phi_E \rightarrow 0$ とする。

- (2) 半径 a 内に、ガスが密度 $\rho_m = \rho_{m,0} \left(\frac{r}{a}\right)^{-1}$ に従い分布している。 r の関数として重力ポテンシャル ϕ_G を求め、その概形を図示せよ。前問と同じく、無限遠で $\phi_G \rightarrow 0$ とする。また、重力加速度 \mathbf{g} と ρ_m に対し、式 (3) に対応する式を示せ。

テーマ 4

地球科学に関連する以下の大問 I, II の両方について答えよ。

I. 以下の論文を読み、本論文の内容について、図表(本論文中の図を用いてもよい)を用いて、A4 用紙1ページにまとめよ。ただし、以下の二つの点に留意すること。

(1) 原生代中期の大気酸素濃度についてのこれまでの研究と著者らが指摘する問題点、本研究で用いられた大気酸素濃度を推定する方法の原理と利点、本研究で用いられた推定法を利用する上で注意したこと、大気酸素濃度を推定する際にされた仮定および本研究で得られた結果に着目すること。

(2) 本論文についての自分自身の意見を2~3行程度末尾に書くこと。

Xiao-Ming Liu, Linda C. Kah, Andrew H. Knoll, Huan Cui, Chao Wang, Andrey Bekker, and Robert M. Hazen, A persistently low level of atmospheric oxygen in Earth's middle age. *Nature communications*, 12, 351 (2021).

<https://www.nature.com/articles/s41467-020-20484-7#Sec7>

II. 以下の三つの設問のうち、一つを選んで、A4 用紙1ページ以内で、答えよ。必要に応じて図表を用いてもよい。

設問1: 地球の気候システムに存在する正と負のフィードバックについて以下の二つの小問(1)、(2)について答えよ。

(1) 一般に、正と負のフィードバックとはどのようなメカニズムを指すか、説明せよ。

(2) 気候システムにおける正と負のフィードバックの具体例を一つずつ挙げ、それらについて解説せよ。

設問2: 一般に、過去の地球の大気や海洋の温度や組成を直接測定するのは難しいとされ、それらを調べるために岩石や鉱物の化学組成や同位体組成、鉱物種などが用いられる(代替指標と呼ばれる)。代替指標に関する以下の三つの小問(1)、(2)、(3)について答えよ。

(1) 過去の気候を調べるのに用いられる代替指標を一つ挙げ、その原理と応用例を説明せよ。

(2) 過去の地球大気の大気二酸化炭素分圧を調べるのに用いられる代替指標を一つ挙げ、その原理と応用例を説明せよ。

(3) 過去の地球の海洋栄養塩濃度を推定するのに用いられる代替指標を一つ挙げ、その原理と応用例を説明せよ。

設問3: 太陽系探査や太陽系外惑星観測の発展により、他の惑星について詳しく理解できるようになってきた。以下の二つの小問(1)、(2)について答えよ。

(1) 将来的に地球以外の惑星を調べることによって、地球自体を調べるよりも理解が進むことが期待される地球進化に関する問題を一つ挙げよ。

(2) 地球よりも他の惑星の研究に利点がある理由、必要とされるデータおよびそのデータを得るために用いられる探査・観測手法に着目して、その問題を挙げた理由を述べよ。

テーマ 5

以下の論文リストから 1 本選び、以下の問(1)と(2)の両方に解答せよ。

- (1) 論文の要旨を、日本語で 300 字以内、もしくは英語で 150 words 以内で説明せよ。
- (2) 各論文と共に挙げられている 設問 A～設問 D (設問数は選択した論文によって異なる) のすべてに回答せよ。

論文リストおよび設問

- Jack B. Dennis, Earl C. Van Horn: Programming semantics for multiprogrammed computations. Communications of the ACM, Volume 9, Issue 3, pp.143-155, 1966.
<https://doi.org/10.1145/365230.365252>

設問 A: 図 2・図 3 中の破線の四角形は同じ意味を持つが、何を意味しているかを簡単に説明せよ。

設問 B: P.148 右段のプログラム中で **fork** 命令が用いられている理由を説明せよ。

設問 C: **release, remove, delete** の各命令はどのように異なるか。それらの違いが生じる具体例を挙げつつ説明せよ。

設問 D: **create sphere** 命令はどのような目的で用いるものか。論文中のものとは異なる具体例を用いて説明せよ。現実的かつ実用的な具体例が望ましい。また、その例のどの部分でなぜ **create sphere** 命令を用いるのかを詳しく説明すること。

- Lance Williams: Casting curved shadows on curved surfaces. ACM SIGGRAPH Computer Graphics, Volume 12, Issue 3, pp. 270-274, 1978.
<https://doi.org/10.1145/965139.807402>

設問 A: この論文に載っている手法の各手順を図を用いて可視化し、またその図に関する補足説明を載せよ。図については、他のソースを引用するのではなく、必ず自分で作成・描画したものを掲載すること。

設問 B: この手法の計算にかかる時間的、および、空間的なコストについて説明せよ。

設問 C: fig.3～fig.5 がそれぞれどのような処理で得られた画像で、どのような理由でどのような事象が起こっているのかを説明せよ。

設問 D: この手法の問題点のうち、特に Zバッファの解像度に関わる問題について簡潔に説明せよ。さらに、その問題点を解決するために 2000 年以降に出版された論文を 1 つ挙げて、

- ・ 論文情報 (著者、タイトル、雑誌/会議名、巻号、ページ、年) を記せ。
- ・ その手法の概要を、もとの手法との違いを明確にする形で説明せよ。
- ・ その手法の計算にかかる時間的、および、空間的コストについて説明せよ。

なお、論文の選択にあたり、もとの手法が持つ利点を大きく損なわないようなものを選択せよ。

- Yoav Freund, Robert E. Schapire: A decision-theoretic generalization of on-line learning and an application to boosting. *Journal of Computer and System Sciences*, Volume 55, No. 1, pp.119–139, 1997.

<https://doi.org/10.1006/jcss.1997.1504>

設問 A: 本論文において、weak PAC-learning algorithm がどのように定義されているかを、数式を用いて説明せよ。

設問 B: Figure 2 で示されているアルゴリズムについて、各ステップでなぜそのような処理をしているかの説明を含めて、アルゴリズムの手続き・挙動を、図を用いて詳細に説明せよ。

設問 C: Figure 2 で示されているアルゴリズムが、従来の boosting アルゴリズムと比べてどのような点で優れているかを、論文での記述を踏まえて述べよ。論文で紹介されている、従来の boosting アルゴリズムの具体例を挙げ、それと比較しながら述べること。必要に応じて、Figure 2 で示されているアルゴリズムと従来のアルゴリズムの手続きの違いも説明すること。

- Jerome H. Friedman: Greedy function approximation: a gradient boosting machine. *Annals of statistics*, Volume 29, No.5, pp.1189-1232, 2001.

<https://doi.org/10.1214/aos/1013203451>

設問 A: 論文中の (26) 式を導出せよ。

設問 B: 論文中の Figure 13 について、

- これらのグラフは何を表しており、何を示す目的で描かれているか。
- x_j を Occupation を表す変数、 x_j の取り得る値の集合を X_j とし、左上の棒グラフの計算手順を具体的に説明せよ。

設問 C: 回帰問題のためのデータセットに対して LAD_TreeBoost を用いて具体的に予測器を 1 つ得る際に決定しなければならないパラメータや設定を列挙し、それぞれがアルゴリズムの挙動をどう変えるのか説明せよ。また、どのようなデータに対してどのような設定が適しているか、論文中で述べられている指針を要約せよ。

- Lintao Zhang, Conor F. Madigan, Matthew H. Moskewicz, Sharad Malik: Efficient conflict driven learning in a boolean satisfiability solver. *IEEE/ACM International Conference on Computer Aided Design (ICCAD 2001)*, pp. 279-285, 2001.

<https://doi.org/10.1109/ICCAD.2001.968634>

設問 A: Figure 2 の implication graph が発生する SAT problem のなるべく簡単な例 (問題全体) をあげて、各レベルでどのような変数選択をした時にこの implication graph が発生するかを答えなさい。

設問 B: 実験で用いられた手法 `luip`, `rel_sat`, `minicut`, `grasp`, `decision` のそれぞれで異なる learnt clause の集合が獲得される論文中とは異なる implication graph の例を Figure

2の表記に習って図で表しなさい。また、それぞれの手法で獲得される learnt clause の集合を説明と共に示しなさい。

設問 C: 設問 A, B に解答するために、この論文の参考文献を一つだけ読むとしたら、参考文献中のどの論文を読むことがお勧めかを、その理由とともに答えなさい。

テーマ 6

下記の群の中からキーワードを1つ選んだ上で、そのキーワードに関連する英語論文で、人の認知行動に関する優れた論文だとあなたが思うものを3編以上読み、以下の(1)~(3)のすべての項目について記述しなさい。なお、3編の論文のうち1編は2018年以降に出版された論文とし、残り2編のうちの1編は今からおよそ30年以上前に出版された論文としなさい。残りの論文については自由に選択して良い。いずれも、認知科学、心理学、および環境心理学に関連する論文から選択しなさい。但し、レビュー論文は除く。必要な場合は図表や数式を入れても良い。

【キーワード群】

都市環境の認知地図 (cognitive maps of the urban environment)

乳幼児の研究方法 (methods for early development)

集合知の効果 (effectiveness of collective intelligence)

- (1) 選択したキーワードとすべての論文の出典情報を書き、それぞれの論文について、結論とその結論を導いたポイントを200字程度(英語で記述する場合には80 words程度)で説明しなさい。
- (2) それらの論文の関係を学術的な観点から説明しなさい。特に、どのような課題をどのように解決してきたのかを歴史的な観点から説明しなさい。
- (3) これらの論文を踏まえて、あなたが考える今後の研究の展望について説明しなさい。

テーマ 7

科学技術社会論ないしは人文地理学が研究対象としてきた学術的テーマを1つ取り上げ、そのテーマを、科学技術社会論ないしは人文地理学の立場から論じる上で、必ず読んでおくべきとあなたが考える、テキスト・図書（ないしはそれらに所収の文献）、学術論文の中から3点以上を任意に選び、それらを十分に読み込んだ上で、当該学術的テーマに対する科学技術社会論ないしは人文地理学の立場からのこれまでの研究の動向と現在の到達点を論じなさい。

※ 小論文の冒頭で、取り上げたテーマと、科学技術社会論／人文地理学のどちらの立場から論じるか明確に記しなさい。両分野にまたがって論じる必要はなく、取り上げる文献も、選択したどちらか1つの分野から選べばよい。

※ 小論文の最後に、取り上げた文献の書誌情報を文献表の形で記載しなさい。