

令和5(2023)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

下記(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. 下記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。

以上

テーマ1

課題：以下の（１）と（２）の両方に解答せよ

（１）海水に関する以下の問いに答えよ。

- (a) 1気圧の下で、海水は0℃では凍らない。その理由を科学的に説明せよ。
- (b) 地球規模の海水の循環（海洋大循環）が、地球温暖化により影響を受けるのではないかとの懸念が広がっている。その理由を科学的に説明せよ。

（２）水の分析法に関する以下の問いに答えよ。

- (a) ミネラルウォーターの硬度（総硬度）とは、カルシウムイオンとマグネシウムイオンの濃度の和である。ある試料水について、以下の二つの方法で硬度を求める場合、正確さと精度の観点から、それぞれの利点と欠点を比較して論ぜよ。
 - (a-1) カルシウムとマグネシウムを別個の化合物として分離した後、それぞれの量を測定する。
 - (a-2) 分光学的手法を用いて試料水をそのまま分析する。
- (b) 金属元素を含む無機化合物の結晶が水を含むとき、どれだけの量の水が、結晶構造のどのサイトに含まれているかを分析する方法を挙げ、その原理について説明せよ。

テーマ2

地球環境変動の下で、ヒトは100年から1000年スケールの将来、どのような進化を辿ると考えられるか？ヒトにおける生物学的形質の進化について、科学的な根拠を踏まえて、貴方の考察を述べよ。なお、学術文献を引用または参考とする場合は、文中に適宜引用するとともに、最後にリストとして示すこと。

テーマ3

The Feynman Lectures on Physics, Volume I を読んで、以下の3問全てに答えよ。IとIIはそれぞれ1ページ以内、IIIは半ページ以内とし、3問合わせて2ページを超えないこと。

- I. Chapter 39 および Chapter 40 を読み、粒子の速度分布が Maxwell 分布のときに理想気体の状態方程式が導かれることを具体的に計算して示せ。特に式 (39.8) および (40.8) は必ず用いること。
- II. Chapter 31のsection 31-1 および section 31-2 を読んで、以下に答えよ。なお、数式にはTable 31-1の文字を用いよ。
 - (1) 屈折率 (index of refraction) について説明せよ。
 - (2) 式 (31.19) をもとに、可視光領域において $\omega_0 > \omega$ が成り立つ媒質について、屈折率の大きさと可視光の波長との関係を考察せよ。
- III. Chapter 1 および Chapter 2を読み、以下に答えよ。

今日の物理法則は物質世界の観測と実験、そして想像力と推論によって構築されてきた。Chapter 1におけるFeynmanの思考実験 *"If, in some cataclysm, all of scientific knowledge were to be destroyed, and only one sentence passed on to the next generations of creatures, what statement would contain the most information in the fewest words?"*を考察する。この答えとして、Feynmanは原子仮説を挙げている。 *"... all things are made of atoms—little particles that move around in perpetual motion, attracting each other when they are a little distance apart, but repelling upon being squeezed into one another."* これに対して、

 - (1) 科学的知識が何もない次世代の人類が物理学の理解を進めるために、あなた自身が伝えるべきであるとする、最も情報量が多い物理法則もしくは実験事実を、日本語の場合100文字以内、英語の場合50 words以内でまとめよ。ここでは、原子仮説以外を挙げること。
 - (2) あなたが(1)の答えを挙げた理由を、以下の観点から、それぞれ分けて説明せよ。
 - (a) その物理法則もしくは実験事実の発見の困難さ
 - (b) 次世代に伝えることにより、物理学の理解がどう進むか
 - (c) 他の物理法則もしくは実験事実(例えば原子仮説)を伝える場合と比較して、優れている点
 - (c)に関して、(1)の答えより原子仮説が優れていると考える場合は、その理由を書いても良い。

テーマ4

地球科学に関連する以下の設問 I, II の両方について答えよ。

I. 過去の地球の表層温度や海水組成など、直接測定や分析できないものを岩石や鉱物の化学組成や同位体組成などから推定する時に用いられる指標を代替指標 (proxy) と言う。海水温と海水の酸化還元度の代替指標をそれぞれ一つずつ挙げ、それらの原理と応用例を全体で1ページ程度で説明せよ。

II. 以下の論文を読み、設問に答えよ。

Lyons, T.W., Diamond, C.W., Planavsky, N.J., Reinhard, C.T., Li, C., 2021. Oxygenation, Life, and the Planetary System during Earth's Middle History: An Overview. *Astrobiology* 21, 906-923.

論文は以下のサイトからダウンロードすることができる (Open Access論文)。

<https://www.liebertpub.com/doi/full/10.1089/ast.2020.2418>

(1) 論文中的の図3に地球史を通じた大気酸素濃度の経年変化が描かれている。25～10億年前において、大気酸素濃度が図のように変化すると推定される根拠となる観測事実を、A4半ページ程度で詳しく解説せよ。ただし、図中の全体変化に加えて、矢印や点線のようにも推定される根拠も明記すること。

(2) 大気の酸素濃度は、25～10億年前において、おおむね低い状態が続いたとされる。そのように低酸素が維持された理由として、論文ではどのようなメカニズムが挙げられているか、A4半ページ程度で詳しく述べよ。

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)の両方に回答せよ。

- (1) 論文の要旨を説明せよ。その論文の背景・新規性・主要なアイデアや成果などを、他分野の読者でも理解できるよう、具体例なども用いつつ説明すること。数式、図、疑似コードなどを用いてもよい。
- (2) 各論文と共に挙げられている**設問A.**と**設問B.**の両方に回答せよ。

論文リスト

- James F. Blinn, Martin E. Newell. Texture and Reflection in Computer Generated Images. Communications of the ACM, 19(10): 542–547 (1976). DOI:10.1145/360349.360353
設問A. 論文中に記載されている、Edwin Catmull によって1974年に出版された文献 [2] の手法に対し、この論文で提案されている手法およびその利点を、[2]の手法と比較しつつ答えよ。
設問B. この論文は、CGのある有名な技法のもとになった論文である。その技法の名前を挙げるとともに、その技法を拡張、もしくは改良した技法の一つ挙げ、二つの技法に関する特徴や違い、それぞれの利点・欠点などについて比較しつつ論ぜよ。
- Edgar F. Codd. A Relational Model of Data for Large Shared Data Banks. Communications of the ACM, 13(6): 377-387 (1970). DOI:10.1145/362384.362685
設問A. 本論文で論じられている「normalization」について、論文中のものとは異なる具体例を1つ挙げよ。さらに、normalizationの有用性をその例を用いて説明せよ。
設問B. 本論文でのjoin演算の定義を示せ。さらに、「join演算のambiguity」を論文中のものとは異なる具体例を1つ挙げつつ説明せよ。
- Richard E. Korf. Depth-First Iterative-Deepening: An Optimal Admissible Tree Search. Artificial Intelligence, 27(1): 97-109 (1985). DOI: 10.1016/0004-3702(85)90084-0
設問A. IDA*がA*より探索効率が劣る場合もある。理由を説明して、具体的な事例を挙げよ。
設問B. ナップサック問題や巡回セールスマン問題のような組み合わせ最適化問題に対して分枝限定法(branch-and-bound)という手法が知られている。IDA*と分枝限定法(branch-and-bound)の共通点と相違点を説明した上で、IDA*が分枝限定法より探索効率が劣る場合の条件に関して論ぜよ。
- Kurt Hornik, Maxwell Stinchcombe, Halbert White. Multilayer Feedforward Networks are Universal Approximators. Neural Networks, 2(5): 359-366 (1989). DOI: 10.1016/0893-6080(89)90020-8
設問A. 論文中で言及されている Σ ネットワークを $\Sigma\Pi$ ネットワークを経由せずに数学的に定義し、ほかの論文や書籍に現れる Σ ネットワークの例の一つ挙げて考えられる学習手法や応用例を挙げよ。
設問B. この論文の最も強い定理が示すところを述べ、その証明方針を述べよ。

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。必要な場合は図表や数式を入れても良い。

【キーワード群】

環境知覚 (environmental perception)

初期発達 (early development)

思考の合理性 (rationality of thought)

- (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、それらの論文の関係を学術的な観点から説明しなさい。
- (2) それぞれの論文の目的・方法・結果を200字程度（英語で記述する場合には80 words程度）で簡潔に説明しなさい。
- (3) それぞれの論文が学術的・社会的に優れていると思う点について説明しなさい。

テーマ7

COVID-19の感染拡大は既存の社会システムの限界を明らかにし、社会に対して様々な課題を提起した。そうした限界や課題について、あなたの問題意識に基づいて、科学技術社会論ないしは人文地理学分野の適切な文献を適宜参照しながら論述しなさい。