

地球惑星科学II (基礎クラス:29–34)

学期末試験・問題

- 問1 から 問3 の全ての問題に解答せよ.
- 解答期限: 1/25(月) 23:59
- 解答用紙について:
解答用紙として, ELMS/Moodle にアップロードされている word ファイルを使用すること. 解答の際には, 解答用紙用 word ファイルの欄の大きさはできるだけ変えないようにし, 各問の解答は解答欄に収まるように工夫すること. ページ数は 2 とする. 1 ページのものは不可. 3 ページ以上のものも不可.
- 計算問題の解答にあたって:
計算の際には適宜電卓, 計算機を使用せよ. 計算を要する問題の解答では, 計算過程の記述, あるいはどのような式変形をおこなったかの説明を記載するようにすること.
- 持ち込み可能物品:
解答にあたっては何を参照しても構わない. 必要に応じて, 書籍の参照, ネットワークでの検索などを行え. 調べたものについては, 必ず出典を記載すること. ただし, 独力で解答すること. 他人への相談, ネットワーク上に存在する質問箱などの利用は禁止である. これらは不正行為であるとみなす. 不正行為を行った者は, 処分され卒業が延期される.
- 解答用紙の提出方法:
解答用紙用 word ファイルの編集が終わったら pdf に変換し, ファイル名を「学生番号.pdf」(例: 02205963.pdf) に変えて Moodle にアップロードせよ.

2021 年 01 月 21 日

問 1 以下の問にそれぞれ 100 字程度 (3 行程度) で答えよ。文章のみで説明を行い、図は用いないこと。

- (a) 大気にエネルギーをもたらす太陽は上空にあるのに、気温は上にいくほど上昇するということが起こらないのはなぜか?
- (b) 海洋の表層には海流と呼ばれる大規模循環が生じている。海流が生じるのはなぜか?
- (c) 天気予報の的中率を 100 % にすることは難しい。これはなぜか?
- (d) 地球は岩石を主成分とし海洋を持つ惑星である。地球がこのような姿になったのはなぜか?
- (e) 宇宙が膨張していることが分かるのはなぜか?

問 2 この問では大気の平衡状態について考察する. 図 1 に示すように, 大気を等温の 1 層で近似した上で地球の表面全体にわたって平均した (全球平均した) 状況を考える (大気 1 層モデル). ここで, S は全球平均した太陽放射入射量である. T_a は大気層の温度, T_g は地表面温度, σ はシュテファン・ボルツマン定数である. A はアルベドと呼ばれ, 地球に入射した太陽放射が反射される割合である.

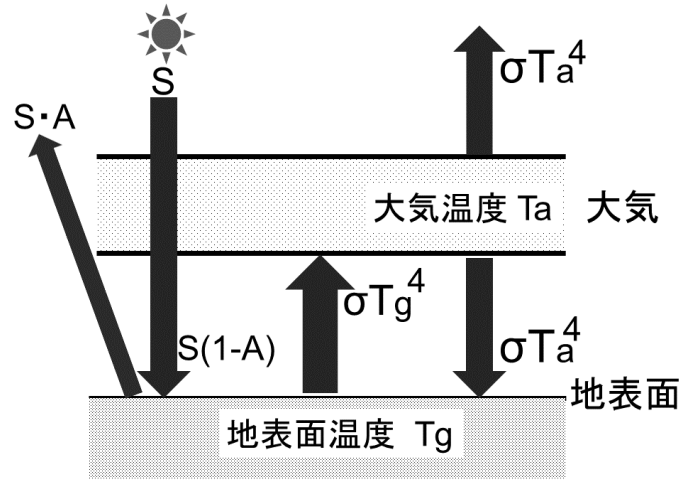


図 1: 1 層大気モデル.

図 1 に基づき以下の問題群 (A) ~ (C) に答えよ.

(A) 大気 1 層モデルにおいて地表面温度がどのように決定されるかを理解する. S として現在の地球の値を, A の値として 0.4 を用いて, 以下の問に答えよ.

問 A1 S の値は太陽定数の $1/4$ になる. この理由を説明せよ.

問 A2 大気の熱収支の式 (熱の出入りが釣り合った状態になっていることを表す式) を書け. 更に, 地表面の熱収支の式を書け.

問 A3 前問で求めた式を解くことにより, T_g を A, σ, S を使って表わせ. 更に, 与えられた数値を使って T_g の値を計算せよ.

(B) この問では, 温室効果について考察する. 上の (A) と同様に, S として現在の地球の値を, A の値として 0.4 を用いて, 以下の問に答えよ.

問 B1 問 A3 で求めた T_g は, 大気が無い場合に比べて何度高くなっているか, 計算せよ.

問 B2 前問で求めた温度の差は温室効果によってもたらされたものである. 温室効果によって T_g が高くなるメカニズムを図 1 を用いて説明せよ.

問 B3 温室効果に関して, 人為起源 CO_2 の増加による地球温暖化が問題となっている. 世界中で消費されているエネルギー量を太陽放射

エネルギーのみでまかなおうとした場合、地球が受け取る太陽放射のうち何%を人間が使うエネルギーに変換しなければならないか見積もれ。世界で消費されるエネルギー量などは各自で調べよ。出典も明示すること。更に、その結果をもとにして、人類が化石燃料に頼らず生活して行くことができるかどうか、あなた自身の考えを理由とともに説明せよ。

- (C) この問では、 A の値が T_g に応じて変化する場合に得られる気候状態について考える。 $T_g \leq 273 \text{ K}$ の場合は、表面に雪氷が存在するようになる(凍結状態)ので太陽放射を反射する割合が高くなり、 A は大きな値をとる。 $T_g > 273 \text{ K}$ の場合は地表面に雪氷が存在できない(非凍結状態)ので太陽放射を反射する割合が低下し、 A は小さな値となる。この効果を考慮して気候の平衡状態がどうなるかを考えよう。アルベドの値として、表 1 に示した値を用いて以下の問に答えよ。

状態名	表面温度	A
凍結状態	$T_g \leq 273 \text{ K}$	0.6
非凍結状態	$T_g > 273 \text{ K}$	0.4

表 1: アルベドの値

- 問 C1 S として現在の地球の値を用いた場合に、問 A3 で求めた T_g の式を用いて凍結状態の T_g の値を求めよ。
- 問 C2 凍結状態と非凍結状態のそれぞれについて、問 A3 の結果から求められる T_g のグラフの概形を書け(正確なものでなくて良い。グラフの形の特徴がわかれば良い)。非凍結状態は $T_g > 273 \text{ K}$ の場合のみに存在し、凍結状態は $T_g \leq 273 \text{ K}$ の場合のみに存在することに注意せよ。
- 問 C3 凍結状態と非凍結状態の両方の解が存在する S の範囲を求めよ。
- 問 C4 大気に与えられるエネルギー量 S が時間的に変化する場合を考える(例えば惑星の移動が起こり恒星までの距離が変化する、などの場合)。初期においては $S = 500 \text{ W/m}^2$ のもとで大気は平衡状態にあるとする。 S がゆっくりと 200 W/m^2 まで減少し、再び $S = 500 \text{ W/m}^2$ までゆっくりと戻る変化が起きたとする。大気が常に平衡状態にあると考えた場合、気候状態はどのような変化を示すか? 状態の変化が起こる S の値とともに説明せよ。

問 3 人間の体を構成する主要な元素 5 種を組成比が多い順に並べよ。

上で挙げた 5 種の元素が合成されてからあなたの体を形作るのに至った過程を説明せよ。宇宙の誕生, 恒星の進化, 太陽系の形成と関連付けて論理的に説明せよ。それぞれの過程の説明も含めること。