

地球惑星科学II 試験問題 (基礎クラス: 23 ~ 30)

- 試験開始の指示があるまで, 試験問題を見ないこと.
- 地球惑星科学入門・地学図表・自筆ノート・筆記具のみ持ちこみ可.
- 携帯電話やアラーム付きの時計の電源を切り, 鞆にしまうこと.
- 試験中は, 他受験者の迷惑となる行為は厳に慎み, 静粛を保つこと.
- 不正行為は決して行わないこと. 不正行為を行った場合には 0 点とする.
- 問 1 から 問 5 の全ての問題に解答せよ.
- 解答用紙は指定のものを使うこと. 解答欄は解答用紙の裏面に続いている. 必ず学生番号と氏名を記入すること.
- 計算をする場合には, 計算過程も記すこと. その際, 四捨五入によって概数だけを求めれば良い. 例えば

$$3.14 \sim 3,$$
$$365 \sim 400$$

などと計算せよ. ただし, どのような近似を行ったかがわかるように記述すること.

2014 年 01 月 30 日

- 問 1 以下の問に答えよ. いずれも図表を用いずに文章のみで解答せよ.
- (a) 地球の地表からおよそ高度 100 km までの間でどのような気温変化が生じるのか, その理由とともに説明せよ.
 - (b) 温帯低気圧では天気が悪いことの原因を説明せよ. 上昇流が生じる理由についても記述すること.
 - (c) 海洋の深層循環について, その生成メカニズムを含めて説明せよ.
 - (d) 太陽はどのように形成され, 今後どのように進化するかを説明せよ.

問 2 図 1 は地球全体の熱収支をあらわす図である. 図に示された数値はいずれも, 時間平均 (年平均), 空間平均 (緯度・経度平均) の値を示している. この図をもとに地球の熱収支に関する以下の問に答えよ.

- (a) 図 1 に示された数値を用いて年平均では熱収支が成り立っていること, つまり (1) 大気および地表が吸収する太陽放射のエネルギー量, (2) 大気および地表が宇宙空間に放射する地球放射のエネルギー量が等しくなっていることを示せ.
- (b) 図中の潜熱のみを使って大気全体を暖めることを考える. 1 m^2 あたりの大気の質量を 10^4 Kg , 大気の比熱を 10^3 J/K/kg とすると, 1 日で何度上昇するか, 概算値を求めよ.
- (c) 図中の数値を適宜用いて, 温室効果とは何かを説明せよ. ただし, 太陽放射と地球放射の両方について言及すること.
- (d) 図 1 は空間平均して得られる図である. 実際には, 太陽放射は緯度分布を持つ. これにより大気の大規模大循環としてどのようなものが起こるか説明せよ.

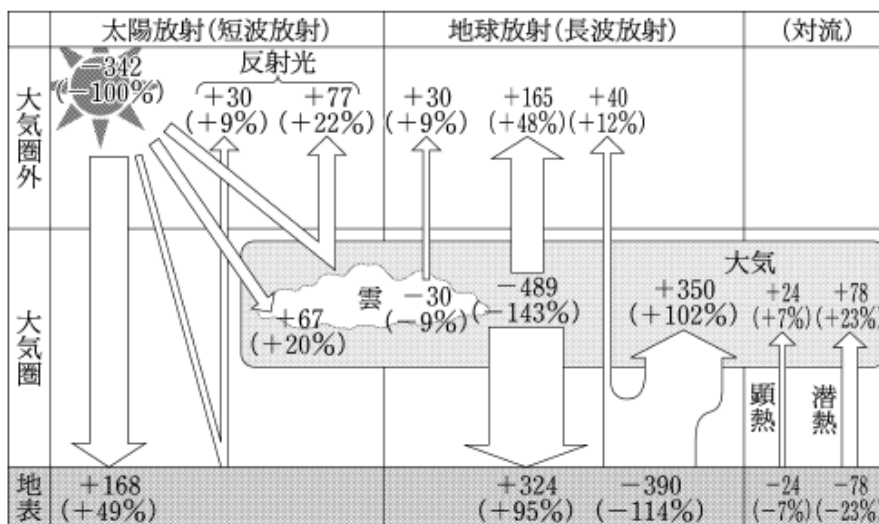


図 1: 地球全体の熱収支. 単位は $\text{W/m}^2 = \text{J/sec/m}^2$. 原図は地球惑星科学入門 222 ページ.

問 3 次ページの 図 2 と 図 3 は、それぞれ過去約 550 万年間と過去約 120 年間における平均気温の変化を示したものである。これらの図をもとに、気候変動に関する以下の問に答えよ。

- (a) (1) 現在から 300 万年前までの期間における気温変化、および (2) 過去 100 年間における気温変化について、それぞれ 1 年あたりの温度変化量 (温度変化率) の概算値を求めよ。
- (b) 図 3 に示された温度変化は地球温暖化のためだと考えられている。地球温暖化により、氷床が融解し海水面が上昇することが心配されている。もしもグリーンランドの氷が全部溶け、その融解水が全て海洋に流入したとすると、海水面は何 m 上昇すると推定されるか、概算値を求めよ。ただし、海洋の面積を $3.61 \times 10^8 \text{ km}^2$ 、グリーンランド上の氷床体積を $2.9 \times 10^6 \text{ km}^3$ とせよ。また、氷から水に相変化する際に体積は 0.92 倍になるとせよ (水の密度は 1000 Kg/m^3 であるのに対して、氷の密度は 920 Kg/m^3)。
- (c) 250 前万年以降の激しい温度変化 (図 2) は氷期・間氷期のサイクルが起こっていたことを示すものである。氷期・間氷期の発生を説明するものとしてミランコビッチサイクルが考えられている。ミランコビッチサイクルについて、それを起こす要因とともに説明せよ。
- (d) 前問 (a) の計算からわかるように、地球温暖化による温度変化率は、過去の気候変動における温度変化率よりもずっと大きなものとなっており、世界中の関心を集める問題となっており、今後の 100 年間の温暖化予測もなされている。温暖化予測はどのように行われ、その内容はどのようなものか、説明せよ。

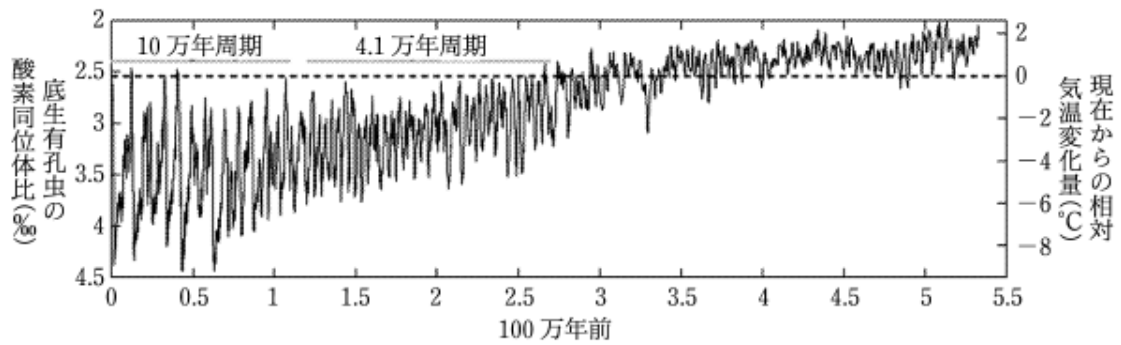


図 2: 過去 550 万年における温度変化の推定結果. 原図は地球惑星科学入門 322 ページ.

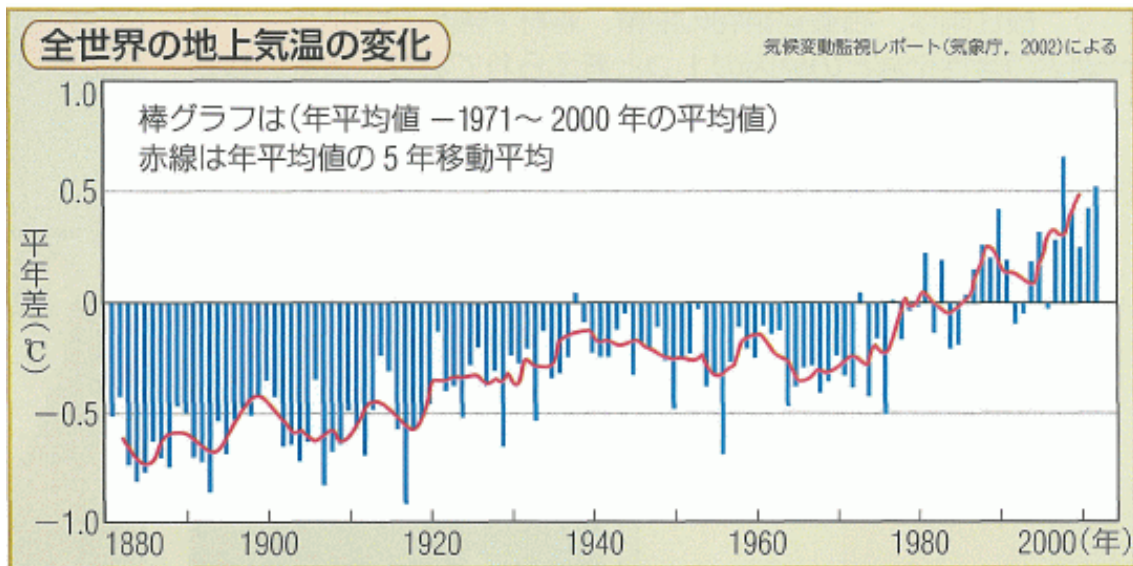


図 3: 過去 120 年間における全球平均気温の変化. 原図は地学図表 109 ページ.

問 4 図 4 は太陽系の形成過程の模式図である。以下の問に答えよ。

- (a) 太陽系形成論の基礎となる観測内容を 2 つ挙げて、それぞれについて説明せよ
- (b) 微惑星の直径はおよそ 5 km であったと推定されている。これらの微惑星を集めて地球サイズの天体を作る場合、何個の微惑星が必要か？ その概算値を求めよ。
- (c) 地球型惑星に比べて木星型惑星の密度は小さい。その理由を、太陽系の形成過程と関連づけて説明せよ。
- (d) 太陽系は、宇宙初期に形成された恒星が超新星爆発を起こした後に形成されたものである。この理由を、地球に存在する元素の種類と関連づけて説明せよ。

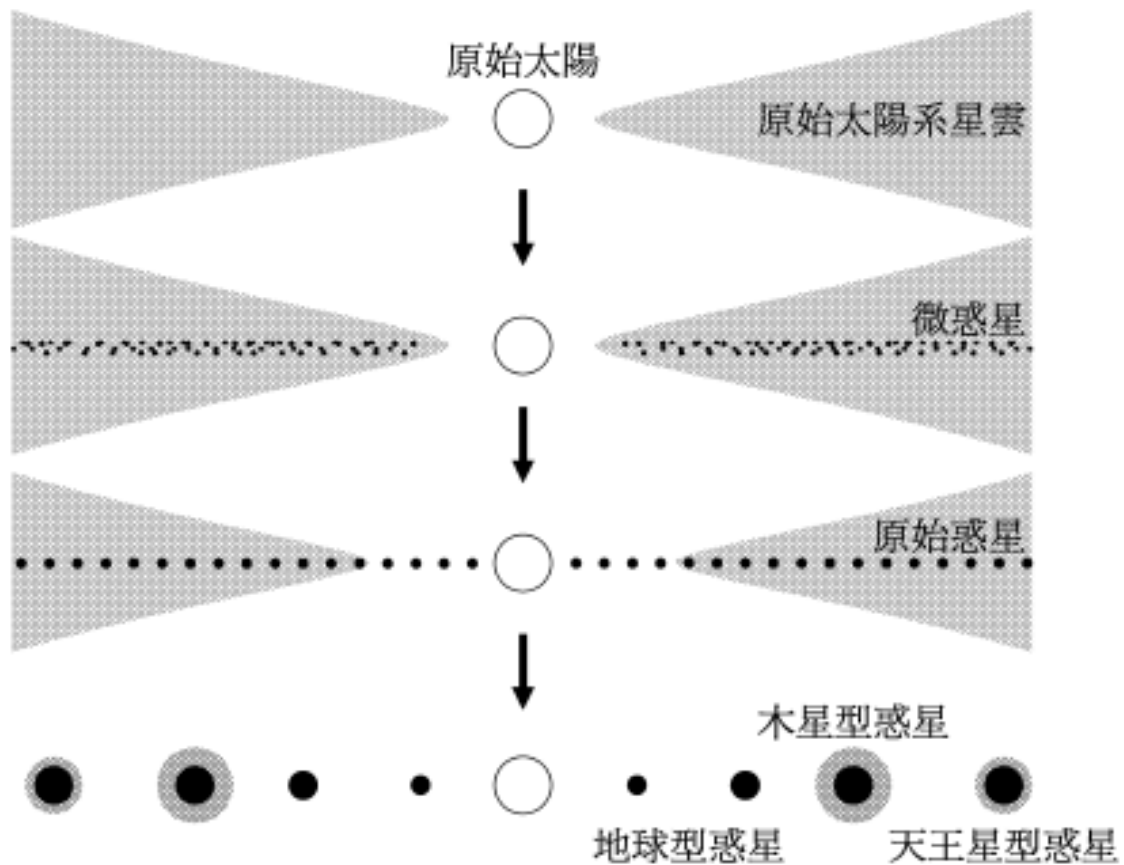


図 4: 太陽系の形成過程の模式図。原図は地球惑星科学入門 368 ページ。

問 5 太陽系近傍の銀河までの距離と後退速度の関係 (ハッブルの法則) を示したものが図 5 である. 以下の問に答えよ.

- (a) 銀河の後退速度を求める原理を説明せよ.
- (b) 銀河などの天体まで距離を測定する方法を 1 つ挙げ, その原理について説明せよ.
- (c) 地球から 230 万光年離れたアンドロメダ銀河から周囲の銀河を観測することを考える. アンドロメダ銀河からその周囲の銀河までの距離 r と, 周囲の銀河がアンドロメダ銀河から後退する速度 v の間にはどのような関係が成り立つか? 理由とともに答えよ.
- (d) ハッブルの法則から, 過去において宇宙は過去において 1 点に集中していたと推論される. 銀河の後退速度を一定だと仮定した場合, 全ての銀河は何年前に 1 点に集中していたことになるか, 大雑把に計算せよ.

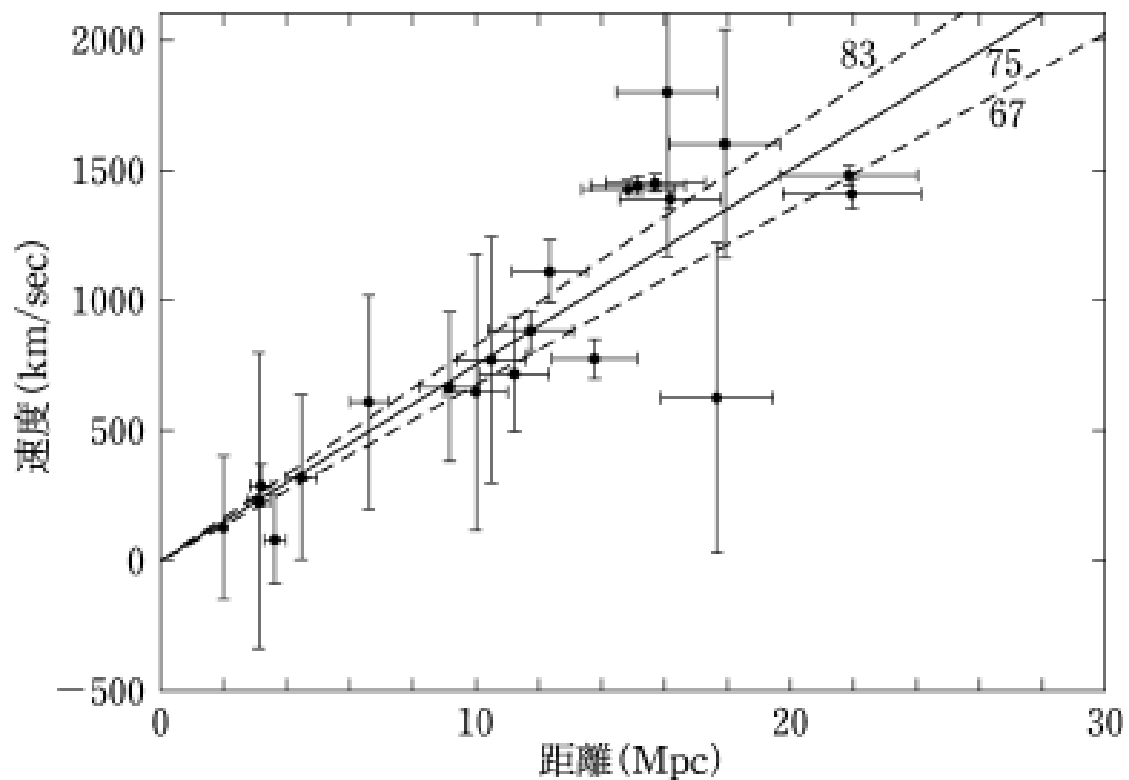


図 5: 近傍銀河の距離と後退速度の関係. 横軸の Mpc は 10^6 パーセクを表し, $1 \text{ Mpc} = 3.1 \times 10^{22} \text{ m}$ である. 原図は地球惑星科学入門 353 ページ.