

気象学特論（b a）（2012 年度春学期）
最終テスト

注意：計算問題においては計算過程も示すこと。

1. 鉛直方向の気圧変化について、以下の問いに答えよ。

（1）静水圧平衡の関係は、

$$\frac{dp}{dz} = -\rho g \quad \text{①}$$

理想気体の状態方程式は、

$$p = \rho RT \quad \text{②}$$

と書ける。ただし、 z は高度、 p は気圧、 ρ は密度、 T は温度である。また、 R は気体定数、 g は重力加速度である。①、②から、 ρ を消去し、 $\frac{dp}{dz}$ を p 、 T 、 R 、 g で表せ。

（2）（1）で得られた微分方程式を解いて、 p を z の関数で表せ。ただし、 $z = 0$ で $p = p_s$ ($p_s > 0$) とする。微分方程式を解くときには、すべての z ($z > 0$) について $p > 0$ であることを前提としてよい。

2. 温室効果について、以下の問いに答えよ。

(1) 太陽定数を S 、アルベドを α とすると、地球に入射する正味の太陽放射 I は、

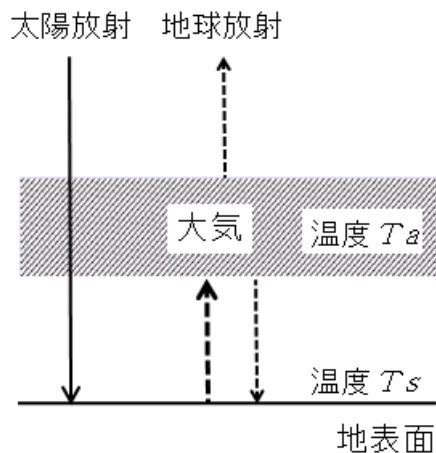
$$I = \frac{S(1-\alpha)}{4} \quad \text{①}$$

と書ける。まず、大気に温室効果がない、つまり、大気は太陽放射だけでなく地球放射に対しても透明であると仮定する。地表面温度を T_s とすると、地球放射 F は、ステファン・ボルツマンの法則より、

$$F = \sigma T_s^4 \quad \text{②}$$

と書ける。ただし、 σ はステファン・ボルツマン定数である。正味の太陽放射と地球放射が等しいという条件から、地表面温度 T_s を求め、 S 、 α 、 σ で表せ。

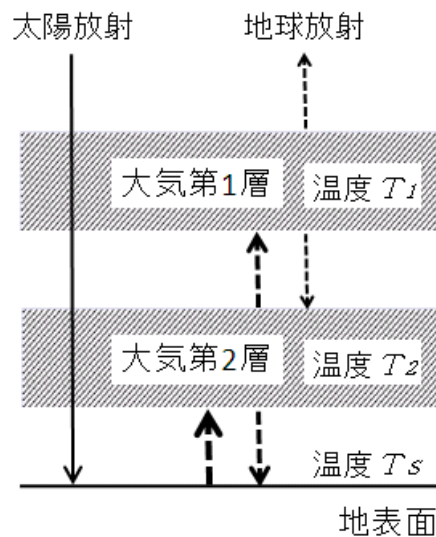
(2) 次に、図のように、太陽放射に対しては透明だが地球放射に対して不透明な 1 層の大気を考える。正味の太陽放射は、前問と同様に①で与えられる。地表面温度は T_s であり、大気の温度は一定値 T_a とおく。地表面から大気への放射は、前問の②と同様に、地表面温度 T_s から、ステファン・ボルツマンの法則によって決まる。大気から宇宙への放射は、大気の温度 T_a から、ステファン・ボルツマンの法則によって決まり、大気から地表面への放射もこれに等しいものとする。このとき、地表面から大気への放射 F_s と大気から宇宙への放射(=大気から地表面への放射) F_a をそれぞれ σ 、 T_s 、 T_a で表せ。答えのみ記せばよい。



(3) 地表面の熱収支、すなわち、地表面に入射する太陽放射、地表面が大気から受ける放射、地表面から大気への放射のつりあいを、 S 、 α 、 σ 、 T_s 、 T_a を含む方程式で表せ。また、同様に、大気の熱収支、すなわち、大気が地表面から受ける放射、大気から地表面への放射、大気から宇宙への放射のつりあいを、 S 、 α 、 σ 、 T_s 、 T_a を含む方程式で表せ。解答欄には2つの方程式を順に記すだけでよい。

(4) (3) で得られた連立方程式を解き、 T_a と T_s を求め、それぞれ S 、 α 、 σ で表せ。(1) の場合よりも T_s が大きくなっているが、これが温室効果である。

(5) 前問までの条件を発展させ、次の図のように大気を2層で表現する。上の層を第1層、下の層を第2層とし、温度はそれぞれ、 T_1 、 T_2 とする。それぞれの層は、太陽放射に対しては透明だが、地球放射に対しては不透明であるとする。このとき、地表面の熱収支、大気第2層の熱収支、大気第1層の熱収支を、それぞれ、 S 、 α 、 σ 、 T_s 、 T_1 、 T_2 を含む方程式で表せ。解答欄には3つの方程式を順に記すだけでよい(地表面、第2層、第1層の順であることを注意)。



(6) (5) で得られた連立方程式を解き、 T_1 、 T_2 、 T_s を求め、それぞれ S 、 α 、 σ で表せ。

3. 雲の放射強制について、以下の問いに答えよ。

中層雲、上層雲が地球大気や地表面の温度に与える影響を考える。雲のアルベドは、雲がない場合のアルベドより大きく、雲の種類によらず一定であるとする。つまり、雲が太陽放射に与える影響は、中層雲と上層雲では、まったく同じである。また、雲がある場合に宇宙へ出ていく地球放射は、雲頂温度からステファン・ボルツマンの法則によって計算される値に等しいと近似する。つまり、雲頂温度が低いほうが地球から宇宙へ出ていく地球放射はより減少する。大気上端での熱収支に着目した場合、大気や地表面を加熱する効果が強いのは、中層雲、上層雲のうちどちらか。そのように考えた理由も簡潔に述べよ。