

ちよこつと演習

問1

一定の温度減率 Γ をもつ静水圧平衡にある大気を考える。
任意の高さ z にある空気の気温は、地表面気温 T_0 を用いて
以下のように表される。

$$T(z) = T_0 - \Gamma z \quad (1)$$

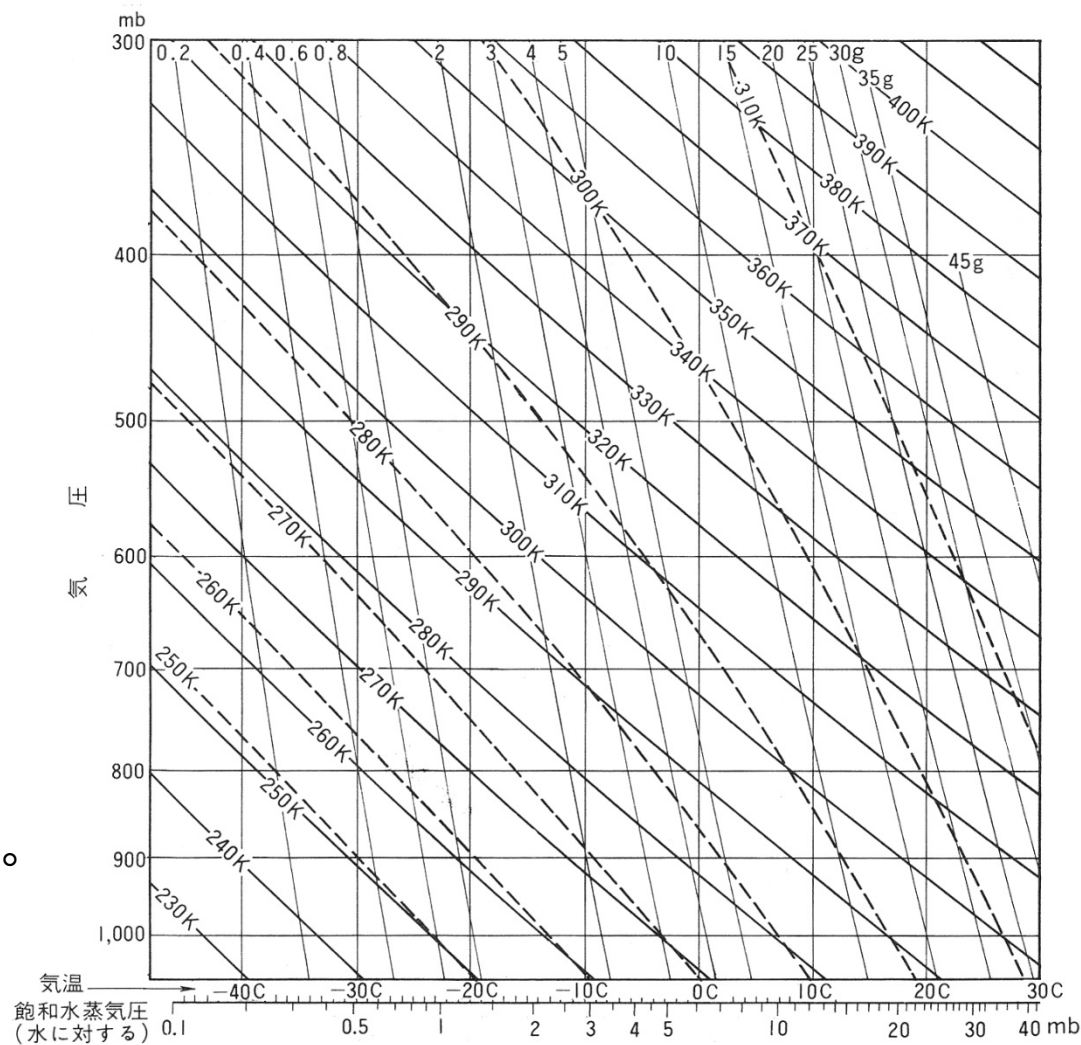
- (a) この大気の高さ z と気圧 p の関係式を導け。
- (b) 航空機が850hPa面を飛行しているとき、この航空機の地表面からの高さを求めよ。ただし、定数は次の値をとるものとする：
- | | |
|---------------|--|
| 地表面気圧 | $p_0=1013$ hPa (=101300 J/m ³) |
| 地表面気温 | $T_0=288$ K |
| 温度減率 | $\Gamma=6.5$ K/km |
| 重力加速度 | $g=9.8$ m/s ² |
| 乾燥空気の
気体常数 | $R=287$ J/kg/K |

ちよこつと演習

問2

(1)
 砂漠のある場所(地上気圧1000hPa)で気温40°C、相対湿度が15%であった。この場所の単位体積空気の含む水蒸気量(kg/m³)、すなわち比湿(g/kg)を求めよ。

(2)
 925hPa面上で気温が0°C、相対湿度49%の空気塊を観測した。この空気塊のもつ温位と飽和相当温位を計算よ。また、右のエマグラムより持ち上げ凝結高度を読み取り、相当温位を求めよ。ただし、基準気圧は1000hPaとする。



ちよこつと演習

問3

右図は、平均的な帯状平均東西風および帯状平均気温の緯度－高度分布を1月、4月、7月の各々で描いたものである。これらの図から読みとれる風と気温の関係に関して、以下の問いに答えよ。

- (a) 1月の東西風と気温分布の組はどれか、図1のA～Cおよびア～ウからそれぞれ1つずつ選んで答えよ。
- (b) 前問で選んだ組が1月の分布であると考えられる根拠を簡潔に述べよ。

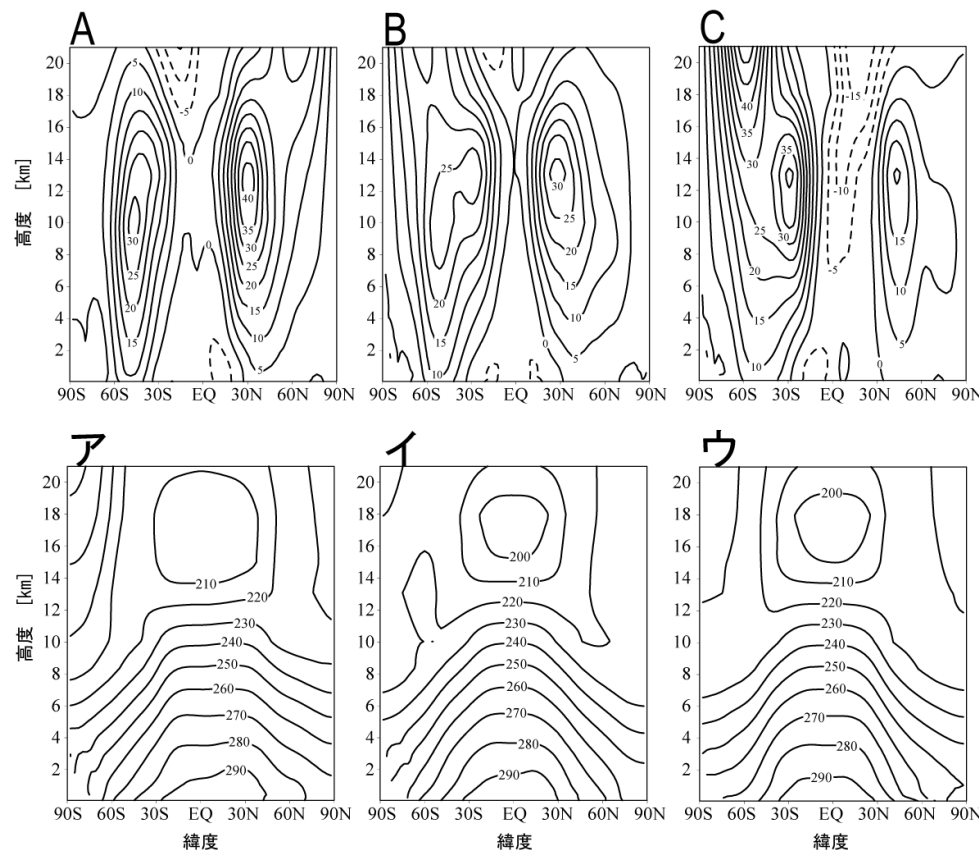
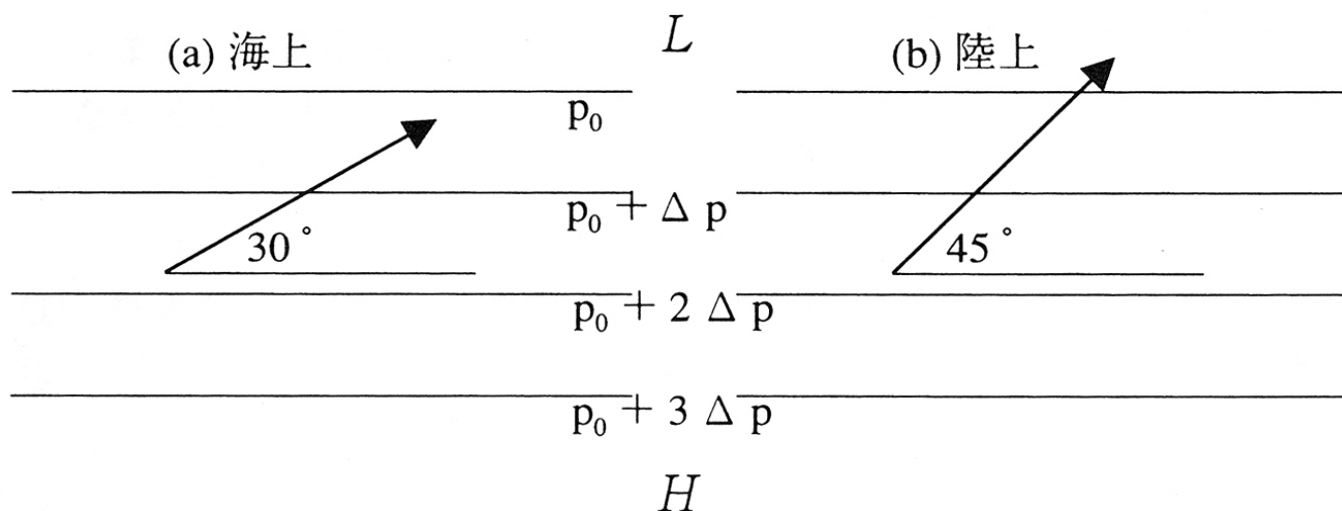


図 1月、4月、7月の平均的な帯状平均東西風(A～C)および帯状平均気温(ア～ウ)の緯度－高度分布。東西風の単位は[m/s]、等値線は5 [m/s]間隔で、破線は負の値を示す。気温の単位は[K]、等値線間隔は10 [K]。

ちよこつと演習

問4

北半球中緯度の大気中で、下図のように互いに気圧分布が等しい海上と陸上において、風が等圧線とそれぞれ 30° と 45° をなす方向に吹いている場合を考える。このとき、海上と陸上における風速の比(海上/陸上)を求めなさい。ただし、水平気圧傾度力、コリオリカ、および摩擦力の3つの力はつりあいの状態にあり、摩擦力の大きさは風速に比例するものとする。また、図中の矢印は模式的に風向を示すもので、その長さは風速とは関係がない。



ちよこつと演習

問5

台風にもなう循環は基本的には
コリオリ+遠心力=気圧傾度力というバランス
にあると考えられる(傾度風と言います、右図参照)。

水平風ベクトルを動径・接線方向に分解すると、傾度風は

$$\frac{V^2}{r} + 2\Omega \sin \varphi V = P_n = \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial r} \quad (1)$$

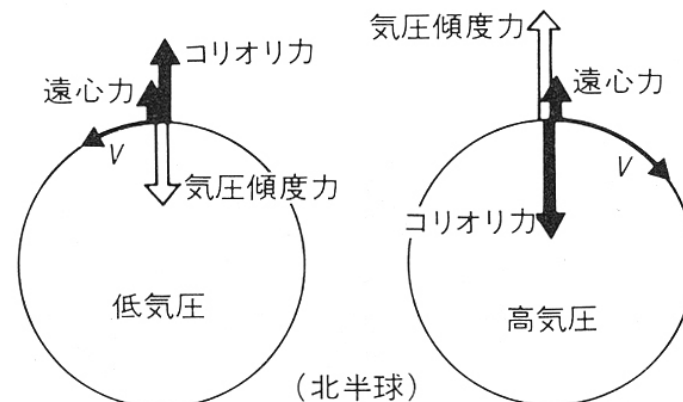
と表せる。ここで V は接線風速、 r は渦の半径、 P_n は動径方向の気圧傾度力。

(a) 北緯 10° のところに半径 500km の弱い渦(熱帯低気圧)があったとする。渦の端では接線風速 1m/s で、北緯 30° まで北上した時点で渦半径は 100km となっていた。渦内の空気塊は絶対角運動量 M

$$M = r^2 \Omega \sin \varphi + rV \quad (2)$$

を保存しているとする、北緯 30° に到達した低気圧の中心気圧はどれくらいか。ただし、気圧傾度は渦内では一定で、空気の密度は 1 kg/m^3 、渦の端の気圧はまわりと等しく 1000hPa であるとする。

(b) (a)と同じことを、初期の渦が赤道にあったとして考えて、台風が赤道上からはほとんど発生しないことを説明せよ。



ちよこつと演習

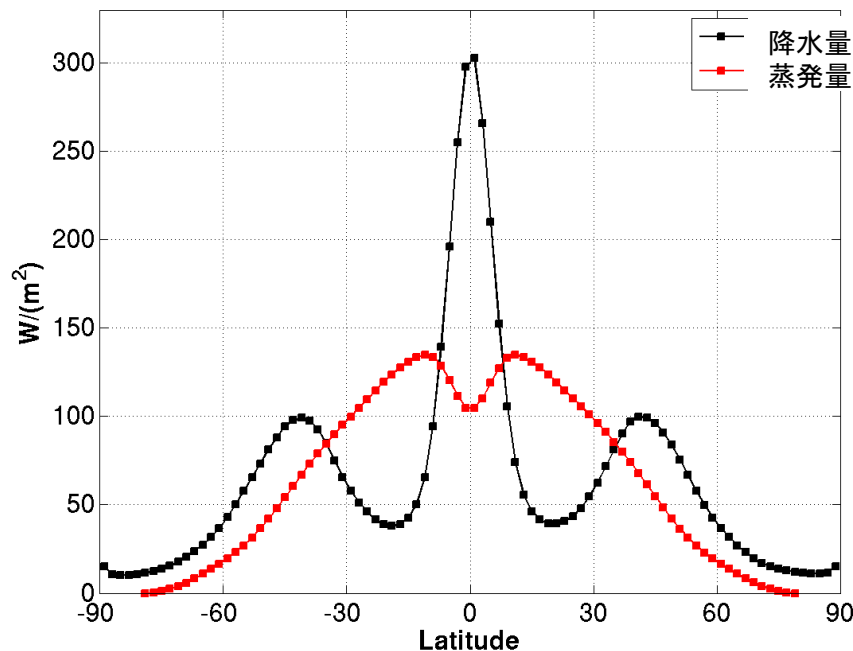
問6

ロスビー波は、背景の西風に流されない限り西へ進む。この理由を説明せよ。
図や式を用いてもよい。

ちよこつと演習

問7

下図は、理想化された気候モデルにおける経度平均した平均降水量・蒸発量の緯度分布である(現実の分布の重要な特徴は再現されている)。これらの分布(とくに熱帯域における降水量と蒸発量の不均衡)から分かる、熱帯大規模大気循環の大気水収支への役割を簡潔に説明せよ。



ちよこつと演習

問8

大気の予測可能性に関する以下の問いに答えよ。

- (a) 大気の運動は決定論的であるにも関わらず、その予測は本質的に限定的である。
この理由を簡潔に説明せよ。
- (b) 第一種、第二種の予測可能性とはそれぞれどういったことを表すか、簡潔に説明せよ。

ちよこつと演習

問9

最も簡単な温室効果を表す概念モデルとして、均質な地球表面(温度 T_S)と均質な N 層の大気層(温度 T_1, T_2, \dots, T_N)からなる系を考える。地球表面と大気層はそれぞれステファン・ボルツマンの法則に従う黒体放射(ステファン・ボルツマン係数を σ とする)を行っており、大気層は上下に等しく黒体エネルギーを放射しているものとする。正味の太陽放射 I は、割合 α ($\alpha < 1$)で地球表面に到達し、残りは大気層に等分配される。大気層は、地球表面および層の上下からの惑星放射を完全に吸収すると仮定する。

- (a) $N = 1$ のときの平衡地球表面温度 T_S を、有効射出温度 $T_E = \sqrt[4]{I/\sigma}$ を用いて表せ。導出過程も記すこと。
- (b) $N = 2$ のときの平衡地球表面温度 T_S を、有効射出温度 $T_E = \sqrt[4]{I/\sigma}$ を用いて表せ。導出過程も記すこと。
- (c) 任意の N に対する平衡地球表面温度 T_S を、有効射出温度 $T_E = \sqrt[4]{I/\sigma}$ を用いて表し、この解が現実の地表面温度を適切に説明しない理由を、用いた仮定と関連付けて簡潔に述べよ。