

宇宙地球物理学実験（気象観測）

1. はじめに

本実験は、気象観測機器を実際に使って気象観測を体験する。測定項目は、気圧、風向、風速、気温、湿度である。原理を理解しやすいアナログ測器を用いた観測を通して、気象学や自然科学一般に対する見識を深めることを目的とする。

2. 用意するもの

アネロイド気圧計（本体、ケース）、携帯用風向風速計（本体、三脚）、アスマン通風乾湿計（本体、三脚、ゼンマイ用ネジ、スポイト、ケース）、コンパス、メジャー（以上は班に1個ずつ）
時計（秒針のある腕時計など）、筆記用具（ペン、鉛筆、消しゴム、下敷き）、ノートパソコンまたは関数電卓（指数関数を計算できるもの）、記録用紙
※時計、筆記用具、ノートパソコンまたは関数電卓は各自持参してください。

3. 観測の前に

記録用紙には、班、学籍番号、氏名、共同実験者名（全員、姓のみで可）を正しく記入しなさい。観測を始める前に、現在の地上の気温（℃）、湿度（%）、風速（m/s）を予想して、あらかじめ記入しておきなさい（有効数字は1の位まで）。風速を予想するときには、ビューフォート風力階級（資料1）を用いてよい。なお、予想が当たったかどうかは成績評価とは関係ない。

4. 観測

本実験では、地上と屋上で、気圧、風向、風速、乾球温度、湿球温度を測定する。各班で測器を受け取ったら、各測器の製造番号を記録用紙に記入する。観測の際には必ず番号を確認し、途中で入れ代わらないように注意する。観測の前に観測機器の使い方を説明するので、よく理解しておくこと。

観測機器は各班に1台であるが、測定値は必ず自分自身で読むこと。測定値は鉛筆ではなくペンで記録することが望ましい。時間に余裕があれば複数回測定してよい。測定場所、標高（有効数字0.1mまで）、測定日（年は西暦）、時刻（日本標準時、24時制）を必ず記録する。また、観測時の天気と雲量も記録する。雲量は雲が全くない場合は0、完全に雲に覆われている場合は10とする（整数値）。他に気がついた点があれば書き留めておく。なお、有効数字は、気圧は0.1hPa、風速は0.1m/s、温度は0.1℃までとする。風向は16方位とする。

- アネロイド気圧計は本来屋内用なので、特に慎重に取り扱うこと。観測の際は水平に置かなければいけない（水平に置かないと正しい値を示さない）。衝撃を加えたり、直射日光に当てたりしないように注意する。雨天時には濡らさないようにする。風向風速計や乾湿計と厳密に同じ場所で計測する必要はないので、付近の建物の中で差し支えない

場所など、水平に安定して設置できる場所を選ぶ。地面からの高さ（単位はm、有効数字は0.1の位まで）を記録しておく。気圧変化に対する反応が遅れることがあるので、測定前にガラスを軽くたたくとよい。気温は乾湿計によって測定するが、気圧計付属の温度計の値も参考として記録しておく（有効数字は1の位までとする）。

- 携帯用風向風速計は三脚を立てて使用するか、手に持ち水平を保ったまま高く持ち上げて使用する。風向、風速の観測は本来10分間行なうことになっている（たとえば12時の観測値は11時50分から12時00分までの観測結果である）が、本実験では30秒間とする。風向、風速計の高さは、一般には10mが標準とされているが、実際には観測所ごとに異なっている。本実験の観測においては、風向風速計の、地面からの高さ（単位はm、有効数字は0.1の位まで）を記録しておくこと。風向は、30秒間のうち、もっとも多かった風向を観測結果とする。風速は、まず目盛りをゼロに戻し、30秒経ったら目盛りを読む。正確に30秒間測定すること。その間、できるだけ測定値に影響を与えないように注意する。
- アスマン通風乾湿計は三脚につるす形で使用する。気象庁の基準では、気温は地上1.5mで計測することになっているが、今回は携帯式の三脚を用いているので、これよりも低くなる。通風口の高さをメジャーで測定し記録しておく。2本の温度計のうち右側は乾球温度計（ふつうの温度計）で、左側は湿球温度計である。湿球温度計の球部はガーゼで覆われている。金属筒をはずし、スポイトを使ってガーゼをじゅうぶんに湿らせる。ガーゼには手を触れないこと。ゼンマイを巻いて5分以上通風し、示度が安定していることを確かめてから、2本の温度計の示度を読む。手で触ったり、息がかかったりしないように注意する。示度の変化の影響を防ぐため、小数点第1位を先に読み、次に、1の位、10の位を読むとよい。本実験で使用する乾湿計には日よけがついているので、短時間の観測であれば直射日光に当てても問題ない。

5. 解析

地上と屋上のそれぞれについて、

(1) 乾球温度、湿球温度から、乾球温度と湿球温度の差（単位：℃、有効数字：0.1℃）と相対湿度（単位：%、有効数字：1%）を算出しないさい。相対湿度を算出するときには湿度換算表（資料2）を用いなさい。換算表は1℃単位であるから適宜補間して用いること。

(2) 気温（乾球温度）から飽和水蒸気圧を算出しないさい（単位：hPa、有効数字：0.1hPa）。計算にあたっては以下の近似式を用いること。

$$e_s = 611 \exp\left(17.27 \frac{T}{T + 237.3}\right)$$

ただし、 e_s は飽和水蒸気圧（Pa）、 T は温度（℃）である。 e_s の単位がPaである点に注意すること。1hPa = 100Paである。上の式で、 \exp は $\exp x = e^x$ （ただし、 e は自然対数の底）で定義される指数関数である。**以下、計算問題においては、結果だけでなく計算過程も記すこと。**

(3) 飽和水蒸気圧と相対湿度から水蒸気圧を算出しないさい（単位：hPa、有効数字：0.1hPa）。水蒸気圧と飽和水蒸気圧との比（水蒸気圧／飽和水蒸気圧）が相対湿度である点に注意しないさい。

(4) 気圧と水蒸気圧から、乾燥空気の分圧を算出しないさい（単位：hPa、有効数字：0.1hPa）。

1 h P a)。乾燥空気の分圧と水蒸気圧の和が気圧である点に注意すること。

(5) 乾燥空気の分圧と気温(乾球温度)から乾燥空気の密度を計算しなさい(単位: kg/m^3 、有効数字: $0.001 \text{ kg}/\text{m}^3$)。計算にあたっては以下に示した、気体の状態方程式を用いること。

$$\rho = \frac{p}{R(T + 273.15)}$$

ここで、 ρ は気体の密度(kg/m^3)、 p は圧力(P a)である。気体定数 R は、乾燥空気の場合、 $R = 287 \text{ J}/\text{kg} \cdot \text{K}$ である。ここで圧力 p の単位がP aである点に注意すること。

(6) 同様に、水蒸気圧と乾球温度から水蒸気の密度を計算しなさい(単位: kg/m^3 、有効数字: $0.001 \text{ kg}/\text{m}^3$)。水蒸気の場合、気体定数 R は $R = 462 \text{ J}/\text{kg} \cdot \text{K}$ である。

(7) 乾燥空気と水蒸気の密度を足し合わせて、空気(乾燥空気と水蒸気)の密度を求めなさい(単位: kg/m^3 、有効数字: $0.001 \text{ kg}/\text{m}^3$)。

(8) 水蒸気の密度と乾燥空気の密度から比湿を算出しなさい(単位: g/kg 、有効数字: $0.1 \text{ g}/\text{kg}$)。比湿とは、水蒸気の密度と、空気(乾燥空気と水蒸気)の密度との比(水蒸気の密度/空気の密度)のことである。単位が kg/kg ではなく g/kg である点に注意すること。水蒸気の密度は(6)で計算したが、有効数字が足りないと考えられる場合は適切に補いなさい。

次に、

(9) 観測データにおける、地上と屋上の気圧差(地上の気圧—屋上の気圧)を計算しなさい(単位: h P a、有効数字: 0.1 h P a)。

(10) 空気(乾燥空気と水蒸気)の密度から、地上と屋上の気圧差(地上の気圧—屋上の気圧)を推定しなさい(単位: h P a、有効数字: 0.1 h P a)。以下の式で表されるような静水圧平衡を仮定してよい。

$$\Delta p = \rho g \Delta z$$

ここで、 Δp は気圧差(P a)、 ρ は空気の密度(kg/m^3)、 g は重力加速度(m/s^2)、 Δz は高度差(m)である。重力加速度 g の値は $g = 9.8 \text{ m}/\text{s}^2$ とする。この式で計算される気圧差 Δp の単位がP aである点に注意すること。

6. 考察

(1) 地上と屋上では、風速にどのような違いがあるか、あるいはないか。また、その原因を考察しなさい。

(2) 地上と屋上では、気温にどのような違いがあるか、あるいはないか。また、その原因を考察しなさい。

(3) 地上と屋上では、相対湿度および比湿にどのような違いがあるか、あるいはないか。また、その原因を考察しなさい。

(4) 解析(9)と(10)の結果を比較しなさい。また、比較した結果について、そのようになった原因を考察しなさい。

記録用紙は、学籍番号と氏名の記入を確認のうえ、次回の実験の日までに提出してください。