

宇宙地球物理学実験（気象データの解析）（時系列データの解析）

1. はじめに

本実験では、気象庁による地上気圧の観測値の日変化を解析する。電子ファイルとして、2001年8月の東京、銚子、甲府の気圧の時別値データが与えられている。データファイルはCSV形式である。基本的にはエクセルで解析することを想定しているが、それ以外の方法を用いてもかまわない。

グラフは紙に印刷し、課題7と8はレポート用紙等を書いて提出しなさい。（手書きでもワープロでもよい）。適切なタイトルと学籍番号、氏名を記載した表紙をつけ、ホッチキスでとじて提出すること。サイズはA4とする。

2. 用意するもの

筆記用具、レポート用紙、ノートパソコン

3. データファイル

使用するデータファイルは以下の3個である。

1. h0108662.csv 東京での観測データ
2. h0108648.csv 銚子での観測データ
3. h0108638.csv 甲府での観測データ

時刻は日本標準時である。各要素の数字のうち下1ケタはエラーの有無を示すコードであり、正常なデータでは8となっている。下2ケタ目以上に値が入っている。気圧は0.1hPa、気温は0.1℃単位である。今回用いる気圧、気温データの中には、下1ケタが8ではないデータ（正常値ではないデータ）は含まれていないので、すべての値が正常値であって、下1ケタが8になっていることを前提として解析してよい。たとえば、東京での2001年8月1日1時の現地気圧は「100608」となっているが、これは1006.0hPaという意味である。

エクセルで解析する場合は、エクセルを立ち上げて空白のブックを開く。次にCSV形式のデータファイルを開いてすべての領域を指定してコピーし、最初に開いた空白のブックに貼り付ける。データを貼り付けたワークシート（ここではSheet1とする）とは別のワークシート（ここではSheet2とする）で、セルに「=(Sheet1!\$J2-8)/100」のように入力すると、100608を1006.0に変換することができる。

テキスト形式のデータファイルも用意されている (*.txt)。FORTRAN やCでプログラムを書いて処理する場合は、テキスト形式のデータファイルを使用してもよい。

4. 課題

課題1: 2001年8月1日1時から31日24時までの、東京における気温の時間変化をグラフに図示しなさい。横軸を時間（2001年8月1日から31日）、縦軸を気温とする。グラフのタイトル、軸のラベルなどを適切につけること。また、同様に気圧の時間変化のグラフを図示しなさい。なお、現地気圧と海面気圧のうち、どちらを使ってもかまわない。

エクセルで解析する場合、たとえば、Sheet2のセルA2に「=Sheet1!\$H2-1+Sheet1!\$I2/24」と入力し、セルA3以下に（ $24 \times 31 - 1$ ）個コピーすると、A列に8月1日0時からの経過時間（日単位）を得ることができる。同様に、セルB2に「=(Sheet1!\$L2-8)/100」と入力して、セルB3以下に（ $24 \times 31 - 1$ ）個コピーすると、B列に気温の値を得ることができる。気圧の値も同様の方法で得られる。この後で、横軸を経過時間、縦軸を気温や気圧の値としてグラフを描けばよい。

課題2: 課題1で作成した気温と気圧のグラフを見ると、一日の中の時間変化（日変化）にはそれぞれ共通した傾向があることが分かる。2枚のグラフを見て、気温、気圧とも典型的な日変化を示していると思われる日を3日選びなさい（連続した3日である必要はない）。それぞれの日の0時から24時までの気温の時間変化を1枚のグラフに重ねて図示しなさい。また、同様に気圧の日変化を図示しなさい。どの線がどの日を指しているか明確になるように、必要に応じて線の色や種類を変え、凡例をつけること。

エクセルで解析する場合は、Sheet1 や Sheet2 の中から、典型日のデータを、別のワークシートに切り出してグラフを作成するのが、最も簡単な方法であろう。

課題 3：東京における気温の平均的な日変化を解析してグラフに示しなさい。ここでは、毎日の日変化を 31 日間で平均することによって、平均的な日変化を算出しなさい。すなわち、ある地点の気温の観測値を $T_{\text{観測値}}$ 、求める平均的な日変化を $T_{\text{日変化}}$ とすると、両者の関係は以下のように書ける。

$$T_{\text{日変化}}'(j\text{時}) = \sum_{i=1}^{31} T_{\text{観測値}}(8\text{月}i\text{日}j\text{時}) / 31$$

エクセルで解析する場合は、関数 SUMIF と COUNTIF を組み合わせて使うとよい。関数 SUMIF で時刻の値が 1 の場合の和を求め、関数 COUNTIF で時刻の値が 1 の場合の数を求めれば、1 時における平均値を算出することができる。同様の操作を 2 ~ 24 時まで繰り返せば、日変化を求められる。具体的には、新しいワークシート（ここでは Sheet3 とする）のセル B2 で、=SUMIF(Sheet1!\$I:\$I, 1, Sheet2!\$B:\$B)/COUNTIF(Sheet1!\$I:\$I, 1) とすれば、1 時における気温の平均値を得ることができる。なお、COUNTIF(Sheet1!\$I:\$I, 1) の値は 31 になっているはずである。

課題 4：東京における気圧の平均的な日変化を解析しなさい。ここでは、毎日の日変化を 31 日間で平均し、さらに 24 時間の平均値を差し引くことによって、平均的な日変化を求めなさい。すなわち、ある地点の気圧の観測値を $P_{\text{観測値}}$ 、求める平均的な日変化を $P_{\text{日変化}}$ とすると、両者の関係は以下のように書ける。

$$P_{\text{日変化}}(j\text{時}) = P_{\text{観測値}}'(j\text{時}) - \sum_{j'=1}^{24} P_{\text{日変化}}'(j'\text{時}) / 24 \quad (j = 1, \dots, 24)$$

ただし、

$$P_{\text{観測値}}'(j\text{時}) = \sum_{i=1}^{31} P_{\text{観測値}}(8\text{月}i\text{日}j\text{時}) / 31$$

エクセルで解析する場合は、まず、課題 3 と同様の方法で、各時刻における気圧の値を、31 日間で平均する。次に、各時刻の値から、関数 AVERAGE を使って求めた、24 個の値の平均を差し引けばよい。たとえば、B 列にある 24 個の値の平均は AVERAGE(\$B:\$B) で求められる。

課題 5：課題 4 で得られた気圧の日変化には、局地循環に伴う変動だけでなく、大気潮汐による変動も含まれている。大気潮汐に関しては、北緯 30 度以北の中高緯度域では 12 時間周期の変動成分が卓越することが知られている。ここでは、ごく大雑把な近似として、12 時間周期の変動（とその n 倍振動）を大気潮汐によるものであると想定して、課題 3 で得られた日変化 $P_{\text{日変化}}$ を、半日変化 $P_{\text{半日変化}}$ と、それ以外の成分 $P_{\text{残差}}$ に分けてみる。 $P_{\text{半日変化}}$ と $P_{\text{残差}}$ は以下のように定義する。

$$P_{\text{半日変化}}(j\text{時}) = \{P_{\text{日変化}}(j\text{時}) + P_{\text{日変化}}((j+12)\text{時})\} / 2 \quad (j = 1, \dots, 12)$$

$$P_{\text{半日変化}}(j\text{時}) = P_{\text{半日変化}}((j-12)\text{時}) \quad (j = 13, \dots, 24)$$

$$P_{\text{残差}}(j\text{時}) = P_{\text{日変化}}(j\text{時}) - P_{\text{半日変化}}(j\text{時}) \quad (j = 1, \dots, 24)$$

※課題 4 と 5 の結果は、別々のグラフに示すのではなく、1 枚のグラフに日変化、半日変化、残差を重ねて示しなさい。どの線がどのデータを指しているか明確になるように、必要に応じて線の色や種類を変え、凡例をつけること。

課題 6：課題 3、4、5 と同様の解析を、銚子と甲府についても行ないなさい（課題 1 と 2 はやらなくてよい）。1 地点の気圧と気温の結果を 1 枚ずつ別々のグラフに示しなさい。座標軸は地点間の比較を行ないやすいように設定すること。

課題 7：各地点の気温の日変化の特徴について、共通点、相違点、考えられる原因などを可能な範囲で考察しなさい。

課題 8：各地点の気圧の日変化の特徴について、共通点、相違点、考えられる原因などを可能な範囲で考察しなさい。

課題の解答は、学籍番号と氏名の記入を確認のうえ、次回の実験の開始時まで提出してください。