

宇宙地球物理学実験（気象学分野） 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温、気圧の観測値の日変化を解析する。解析対象のデータとして、2001年8月の東京、銚子、甲府の気温、気圧の特別値が、CSV形式の電子ファイルで与えられている。この実験では、教育現場などにおいて無償で導入できる OpenOffice.org の表計算ソフトで解析することを想定しているが、各種プログラミング言語を用いて解析してもよい。ただし、OpenOffice.org 以外の表計算ソフトを使ってはいけない。

- ☞ 小学校の理科で気温の日変化を取り上げる（ただし自分で温度計を使って測定することを想定している）。天気による日変化の違いも含めて取り扱う。
- ☞ 小学校、中学校、高等学校を通して、気圧の日変化を直接に取り扱うことはないが、測定やデータ解析を行なうときには、低気圧、高気圧の通過にともなうような数日スケールの変動以外に、日変化があることに留意する必要がある。
- ☞ 高等学校の教科「情報」では表計算ソフトの利用を取り上げている。理科においても、表計算ソフトを利用する機会があるかもしれない。OpenOffice.org は無償で導入できることや、ファイル形式が国際標準であることから、教育現場での利用が推奨される。近年では官公庁や企業でも導入を推進する動きがある。なお、OpenOffice.org には、表計算ソフト以外に、ワープロやプレゼンテーションも含まれているので、必要に応じて活用したい。

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0.1 hPa、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1006.0 hPaという意味である。

表計算ソフトで解析する場合は、まずソフトを立ち上げてCSV形式のデータファイルを開き、ODF形式（拡張子は.ods）に変換、保存したあとで解析する。

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など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

(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、どちらを使ってもよい。

表計算ソフトで解析する場合、データが書き込まれているシート(ここではSheet1とする)とは別のシート(ここではSheet2とする)のセルA2に「=Sheet1.\$H2-1+Sheet1.\$I2/24」と入力し、セルA3以下に(24×31-1)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(24×31-1)個コピーすると、たとえば「100608」は「1006.0」に変換され、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。

(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、気圧とも同程度の値で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。

表計算ソフトで解析する場合は、Sheet1 や Sheet2 の中から、典型的な日のデータを、別のシートに切り出してグラフを作成するとよい。

(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。

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

課題(2)に対応して、グラフでは0～24時の結果を作図しなさい。

表計算ソフトで解析する場合は、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、新しいシートのセルB2で、

「=SUMIF(Sheet1.\$I\$2:\$I\$745;1;Sheet2.\$B\$2:\$B\$745)/COUNTIF(Sheet1.\$I\$2:\$I\$745;1)」とすれば、1時における気温の平均値が得られる。なお、COUNTIF(Sheet1.\$I\$2:\$I\$745;1)の値は31になっているはずである。

(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。

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

ただし、

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

グラフでは0～24時の結果を作図しなさい。

表計算ソフトで解析する場合は、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\$2:\$B\$25)」のようにして求められる。

(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 $P_{\text{残差}}$ に分けなさい。 $P_{\text{半日変化}}$ 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す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。

(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)。それぞれの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。

(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。

(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。