

## 大気環境長期変動の相関解析及び統計検定に関する研究

# 浜口 良太 [1]; 新堀 淳樹 [2]; 津田 敏隆 [2]  
[1] 京大・情報・通信情報システム; [2] 京大・生存研

### A study on correlation analysis and statistical tests for long-term variations of atmospheric environment

# Ryota Hamaguchi[1]; Atsuki Shinbori[2]; Toshitaka Tsuda[2]  
[1] Communications and Computer Engineering, Kyoto Univ.; [2] RISH, Kyoto Univ.

The earth's atmospheric phenomena observed in the troposphere, stratosphere, mesosphere, thermosphere and ionosphere are generated through complicated physical processes. Then, the integrated analysis of various observation data obtained at different locations and altitudes is essential for understanding the mechanism of the climate and weather of the Sun-Earth system. The Inter-university Upper atmosphere Global Observation NETwork (IUGONET) project initiated in FY2009 built a metadata database of various ground-based observation data maintained by the IUGONET institutions and developed the IUGONET Data Analysis Software (UDAS) in order to access easily their data or database and to analyze various kinds of data sets in different fields. The UDAS has various kinds of tools to display time series plots of various observation data, but does not include statistical test tools for correlation analysis of a pair of observation data. In the present study, we aim to develop a package of statistical tests to judge whether the correlation analysis results are statistically significant or not. In the future, we plan to implement the statistical test and analysis package into the UDAS software.

The statistical test package consists of five parts: i) different test to judge whether the distribution of two data is the same or not, ii) calculation of cross correlation and non-correlation test for the value, iii) coherence analysis, iv) Hilbert transform analysis to extract the amplitude modulation of a specific frequency component and v) trend test to check whether observation data has significant trends (decrease or increase) or not. Due to the changes of the observation condition or problems of instruments, observation data generally contain missing values and the time interval is not always constant. Therefore, this package of statistical test and analysis includes data preprocessing such as linear interpolation and exclusion of missing value, in order to align the number of two subject data points.

To evaluate the effectiveness of our developed statistical test and analysis tools in this package, we applied the three functions (coherence analysis, Hilbert transform analysis and correlation analysis) to the long-term wind data obtained by meteor radar at Kototabang (Glat: -0.203, Glon: 100.318) since November 2002 and Biak (Glat: -1.175, Glong: 136.102) since June 2011. These instruments have been operated by the Research Institute for Sustainable Humanosphere, Kyoto University. As a result, the power spectra of the zonal wind at 90 km observed at both radar sites have several dominant peaks around 1/3 day, 1 day, 7 days and 17 days. Their coherence and phase difference for each dominant period are (0.73, -130 degrees), (0.76, -125 degrees), (0.90, -25 degrees) and (0.78, 15 degrees), respectively. On the other hand, the dominant periods of the meridional wind are 0.5 days (coherence: 0.93, phase difference: -50 degrees), 2 days (0.85, -85 degrees) and 3.3 days (0.85, -150 degrees). Furthermore, in order to investigate the amplitude modulation component for each dominant period, the Hilbert transform analysis was applied to their wind data. As a result, there can be seen no correlations to the amplitude modulation of the zonal and meridional wind for the dominant short periods (1/3 day, 1 day and 1/2 day) at 90 km. But, the correlation coefficients of the amplitude modulation for other long periods (7 days, 17 days, 2 days and 3.3 days) are relatively high (0.78, 0.73, 0.83 and 0.58). Therefore, it can be concluded that the amplitude modulations of the zonal and meridional wind at 90 km are almost the same for the long-period components but different for the short-period (less than 1 day) ones at both observation sites (Kototagang and Biak).

地球大気の変動現象は、様々な物理現象の影響を受けて発生するため、その生起メカニズムを解明するためには、多種多様な観測データの統合解析をする必要がある。しかしながら、これまでの大気の観測データは、観測を行った機関ごとにデータベース化されていたため、それぞれの観測データを組み合わせた総合解析を行うには、データの検索、取得、及び解析が容易でないという問題が残されていた。

それを受けて、2009年度から「超高層大気長期変動の全球地上ネットワーク観測・研究(Inter-university Upper atmosphere Global Observation NETwork:IUGONET)」プロジェクトが開始された。IUGONETには、極地研究所、東北大、名大、京大、九大の5つの研究機関が参加している。各機関では保有する観測データから抽出したメタデータのデータベース構築、およびそれぞれの機関の観測データに即した解析ソフトウェア(UDAS)の開発を行っている。特に、この解析ソフトウェアは、IDL言語で書かれたTHEMIS衛星データの解析ソフトウェアTHEMIS Data Analysis Software suite(TDAS)のプラグインソフトウェアで、多種多様な時系列データの並列表示に優れている。これらのメタデータ・データベースシステムと解析ソフトウェア(UDAS)を利用することによって、各研究機関に分散している観測データ、およびそのデータベースに容易にアクセスすることができ、異分野のデータセットの総合解析を行うことができる。

しかしながら、このIUGONETプロジェクトから提供される解析ソフトウェア(UDAS)には、様々な観測データの時系列プロットを作成するツールが十分に備わっている反面、お互いの観測データの相関解析を行うための統計検定のツールが組み込まれていない。本研究では、多様な観測データの解析結果に対して主観的な判断ではなく、統計的有意性を

以て客観的に判定する複数の検定を開発することを目的としており、将来的には、IUGONETの解析ソフトウェアに本研究で開発した統計検定・解析パッケージを実装することを計画している。

実装予定の統計検定・解析パッケージの内容は大きく分けて5つあり、1つ目は2データの分布が等しいかを検定する差の検定、2つ目は2データ間の相互相関係数の計算およびその値に対する無相関検定を行う相関係数解析、3つ目は周波数領域で相関を表すコヒーレンスを計算し検定するコヒーレンス解析、4つ目は特定の周波数成分の振幅変調を抽出するヒルベルト変換解析、5つ目は上昇傾向や下降傾向の有無を判定するトレンド検定である。一般的に観測データは、観測測器の不具合や観測環境の変化によって、必ずしも時間間隔が一定でない場合や欠測値を含んでいるものが多い。そのため、本統計検定パッケージでは、解析対象である2つのデータ点数をそろえるために、欠損値処理や線形補間を行う部分を実装されている。

この開発段階にある統計検定・解析パッケージの有効性を評価するために、京都大学生存圏研究所で2002年11月から運営・管理されているコトタバンの流星レーダー(南緯0.203度、東経100.318度)と、同じく2011年5月から稼働しているピアクの流星レーダー(南緯1.175度、東経136.102度)から得られた長期間の風速データを用いて、パッケージに含まれる三つの解析(コヒーレンス解析、ヒルベルト変換解析、相関係数解析)を適用した。その結果、赤道付近の熱圏・中間圏(MLT)領域における高度90kmの東西風速で、両観測点ともに卓越していた周期は1/3日、1日、7日、17日であった。また、それらのコヒーレンスの値は0.73、0.76、0.90、0.78、と高く、その位相差は-130度、-125度、-25度、15度であった。一方、南北成分については、卓越していた周期は半日(コヒーレンス:0.93、位相差:-50度)、2日(0.85、-85度)、3.3日(0.85、-150度)であった。さらに、卓越周期成分がどのような振幅変調をしているのかを調べるために、風速データについてヒルベルト変換解析を行った。その結果、高度90kmにおける東西風に見られた各卓越周期成分の振幅変調は、1/3日、1日周期という比較的短い周期では相関係数が低かったが、7日、17日では相関係数0.78と0.73という高い相関が確認できた。また、南北風についても半日の振幅変調は相関が低く、2日、3.3日では0.83、0.58と比較的高い相関係数が得られた。したがって、振幅変調成分に関して、東西風、南北風ともに比較的長い卓越周期では概ね等しく変動し、短い周期(1日以下)では相関なく変動していると結論できる。