

Simultaneous multiple radiosonde observation on localized extremely strong wind in Mie Prefecture

狭域多点同時気球観測による鈴鹿風の準断面解析

Climate and Ecosystems Dynamics Division

Komatsu Kensuke (509M233)

Supervisor: Prof. Tachibana Yoshihiro

Keywords: Suzuka-oroshi, Downslope wind storm, Gap wind, Hydraulic jump, Balloon ascent rate

1. Introduction

鈴鹿おろしは三重県北中部において鈴鹿山脈から伊勢湾沿岸部に吹く強い風の事を指している。主に冬季に卓越し風向は西北西～北北西の風とされる。また、この地域は日本でも有数の風力発電施設の設置地帯であり、強風が吹く地域としても認知されている。

鈴鹿おろしに着目した先行研究として、Owada and Harada (1978)¹ は津市周辺の扇形樹分布から鈴鹿おろしの風道を推定し、津気象官署のデータからその開始・継続時間を示した。Owada (1994)² では鈴鹿おろしが発生しやすい気圧パターンの分類や発生時期など、Owada and Harada (1978)¹ の結果も含めた総合的な鈴鹿おろしの特徴をまとめている。また Owada and Torii (2008)³ では近年の鈴鹿おろしの変容に着目した。彼らは 1980 年代の Climate Shift 以降では鈴鹿おろしの発生頻度は減少しているが、その強度は強まっていることを示した。また彼らは今後鈴鹿おろしの強さの強化が、風下に位置する中部国際空港の運行へ影響を与える可能性を指摘している。これらの先行研究は主に地上データと総観規模の環境場との関係、もしくは統計的特徴にのみ着目したものであった。しかし鈴鹿おろしを有力な風力資源として利用するため、もしくは強風がもたらす被害を避けるためにはその詳細な鉛直構造や発生時の環境場をより理解することが重要である。

そこで本研究では三重県北中部内の強風の観測を実施し、鉛直構造の解析を行った。おろし風という小スケールの現象を観測するため、本研究では 6 つのラジオゾンデを 4 か所の観測地点から同時に放球を行うというこれまでに無い「狭域多点同時観測」という手法を用いた。これは鈴鹿おろしが山越え気流であるとされることから 1000m 程度の山の風上から風下までという狭い領域内で実施され、水平鉛直方向に観測データを得ることができるという利点がある。また、空間方向により高密度な観測を行うため、観測地点によって同時に放球を行うゾンデの数や上昇速度を変える仕掛けを施した。本研究ではこの観測手法によって得られた結果を元に、鈴鹿おろしの鉛直構造に関して考察を行った。

2. Description of the simultaneous multiple-point radiosonde observation and quasi x-z cross section

観測は 2010 年 03 月 21 日の 06 時から 24 時まで 3 時間間隔で行った (06,09,12,15,18,21,24 時)。また鈴鹿山系を境界とし西～北西風卓越時に風上から風下となる 4 地点(直線距離にして約 35km 以内)を観測地点とした (fig.1 左)。風下の地点に A:三重大学, B:三重大学

附属農場, 風が山を越えてくる地点に C:青山高原ウインドファーム, 風上の地点に D:三重大学伊賀研究拠点をを用いた。

ラジオゾンデ観測 (観測項目:気温,気圧,湿度,風速,風向,高度,緯度,経度) はヘリウムガスを注入した気球に観測器を取り付け、放球することで高層気象を観測する。そこで各観測地点で同時に放球する気球の数と各気球に注入するヘリウムガスの量を変えた。ヘリウムガスの量を変えることで気球が持つ浮力に差がつき、多く注入したものは早く上昇し、少ないものほど遅く上昇する。これらの気球を複数地点で同時に放球した場合、風による流され方が異なるため気球毎で異なる軌跡で上昇する。ラジオゾンデは GPS 機能を有している事から位置情報取得することができる。そのため同時に放球した場合でも各高度で異なる位置の気象データを取得することが可能になる (fig.1 右)。このような観測手法を用い B,D 地点では 2 つずつ, A,C 地点では 1 つずつの計 6 個のラジオゾンデを同時に放球した。

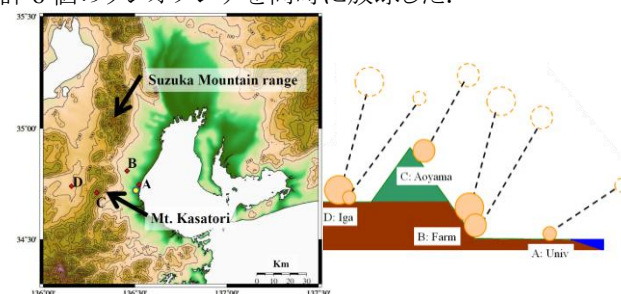


Fig.1 The topography of the observational area and observatories (left). The schematics of the vertical trajectories for all balloons (right).

観測後、観測時の大気の鉛直構造を再現するために、すべての気球の流跡線にほぼ平行な中心線に観測値を射影する。これにより fig.1(右)のような断面図を得ることができる。このように得た鉛直断面図を本研究では準断面とし、観測期間中に得た 7 つの準断面 (1 つの気象要素につき) を解析に用いた。

3. Result

観測日の気圧配置は強い低気圧が北海道上に位置し、Owada (1994) によって分類されたパターン II に近い気圧配置であった。鈴鹿おろしの風道と考えられる津の気象官署において、4 時以降から風が強まり 10 m s^{-1} 以上の風が観測されるようになった。また 16 時 40 分頃に 13.0 m s^{-1} の最大風速が観測された。これらの特徴から、鈴鹿おろしが発生していたと考えられる。一方、この日の風向の特徴として 4 時～12 時までには西風、その後

12時~24時までは北西風となる風向の異なった2つの期間が存在していた。

3-1. Wavy motion and non-wavy motion

風速・風向の準断面解析の結果(図省), 06時と15時の特徴的な準断面に着目した。06時は山に沿うような強風分布を持ち, 下層で西風, 上空で南西風のパターンである。一方の15時は風下側の下層でのみ北西風の強風分布を持つパターンである。この2つは津で観測された2つの風向期間の鉛直構造を代表していると考えられる。

上記2つのパターンに対し, 大気の流れを見るため相当温位分布の計算を行った。その結果06時では波状の相当温位分布を示し, 波の谷部で強風域が観測されていた(fig.2)。これは多くのおろし風によく見られるハイドロリックジャンプと呼ばれる現象の特徴によく似ている。一方の15時においては下層で混合層を形成しており, 波状の相当温位分布は見られなかった。しかし, 下層の強風域に対応した低相当温位分布が見られた。また両時間において温位計算を行った場合でも同じ結果を得られた。

気球の上昇速度が鉛直流の分布とよい対応関係を示す(Corby,1957)⁴ことから, 鉛直流分布の推定を行い, 06時の波状構造の確認を行った。その結果, 推定された鉛直流の分布は等相当温位線から考えられる大気の流れと一致していることが分かった(fig.3)。特に山頂付近の等相当温位線の谷部で強い下降流が見積もられ, 実際に大気が等相当温位線に沿って流れていたと考えられる。

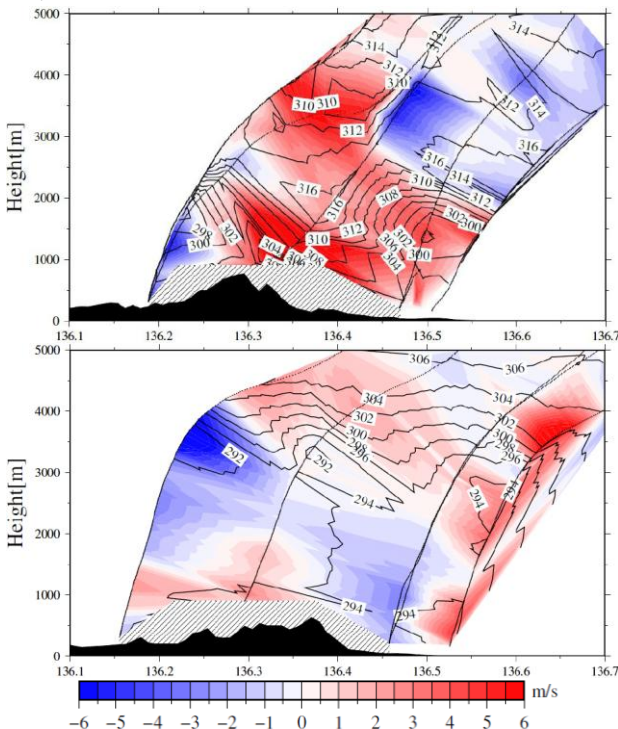


Fig.2 Quasi x-z cross sections of equivalent potential temperature [K] (contour) and horizontal wind speed anomaly [m s^{-1}] (shade) at 0600JST (top) and at 1500JST (bottom). Vertical black contour indicates vertical balloon trajectories.

3-2. Possibility of the hydraulic jump

06時においてハイドロリックジャンプが発生していた

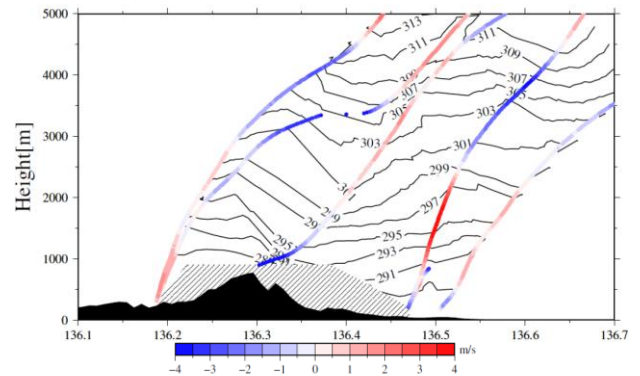


Fig.3 Quasi x-z cross section of potential temperature [K] (contour) and estimated vertical velocity field along balloon trajectories [ms^{-1}] (color). Red indicates the upward field and blue indicates downward field.

か確認するため, 風上(fig.1 D点)の観測値を用い観測期間中のフルード数の計算を行った。今回は観測期間中に上空で強い温位勾配の層が確認されたため, 勾配層を境界とする2層流体による内部重力波の位相速度と, 勾配層の風速の比をフルード数とした。フルード数が1に近いほどハイドロリックジャンプが発生しやすいとされている。

その結果, 観測前半はフルード数が1.0~1.15程度であり, 時間が経つにつれ減少していく傾向があることが分かった。このことより観測前半において環境場としてハイドロリックジャンプが発生しやすい状態にあったことがいえる。

4. Conclusion

本研究で用いた新しい観測手法“狭域多点同時観測”は数十 km スケールの大気の流れを詳細に観測することに成功した。その結果, 06時において下層で西風卓越時に鉛直流を伴った波状の大気の流れが観測され, フルード数よりハイドロリックジャンプである可能性が高いことが分かった。また, 15時に風下下層に現れた強風域は低温位を伴っており, この低温位は鈴鹿山脈の北西部から鈴鹿峠を通り吹き込んできた可能性が高いことが, アメダスのデータから分かった(図文省)。

本研究の結果より鈴鹿おろしの発生には2つのメカニズムがある可能性が示唆される。一つは西風時にハイドロリックジャンプを伴い発生するおろし風系, もう一つ北西風時に鈴鹿峠を通る地峡風系である。後者は先行研究^{1,2}で示された鈴鹿おろしの特徴を持っていると考えられる。

5. Reference

- 1) Owada, M., and K. Harada, 1978: Local climatological study on the Suzuka-oroshi in the Ise plain, central Japan (in Japanese). *Bulletin of Aichi University of Education Humanities and Social Science*, **27**, 173-182
- 2) Owada, M., 1994: *Atmospheric environment around Ise Bay* (in Japanese), The University of Nagoya Press, 34-52pp
- 3) Owada, M., and T. Torii, 2008: On the Changes in Local Wind by the Global Warming, Central Japan (in Japanese). *Bulletin of Aichi University of Education Nature Sciences*, **57**, 31-37
- 4) Corby, G. A., 1957: A preliminary study of atmospheric waves using radiosonde data. *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, **83**, 49-60