

R005-02

A 会場 : 11/26 PM2 (14:50-16:20)

15:05~15:20:00

南極昭和基地で実施されたスーパープレッシャー気球観測における気温データの補正

#川上 莉奈¹⁾, 富川 喜弘^{1,2)}

⁽¹⁾ 総研大, ⁽²⁾ 極地研

Correction of temperature data from Super-Pressure Balloon observations at Syowa Station, Antarctica

#Rina KAWAKAMI¹⁾, Yoshihiro TOMIKAWA^{1,2)}

⁽¹⁾The Graduate University for Advanced Studies, SOKENDAI, ⁽²⁾National Institute of Polar Research

Scientific research balloons are used in a wide range of scientific experiments, including astronomical observations, cosmic ray measurements, upper-atmosphere observations, and engineering demonstration tests. Zero-pressure (ZP) balloons, which have been used until now, have the disadvantage of not being able to fly for long periods, whereas super-pressure (SP) balloons overcome this limitation. SP balloons maintain an internal pressure consistently higher than atmospheric pressure, thereby preventing buoyancy fluctuations caused by diurnal cycles and enabling prolonged flight durations (>1 month). Taking advantage of these characteristics, the LODEWAVE (LOng-Duration balloon Experiment of gravity WAVE over Antarctica) project was proposed to conduct observations in Antarctica in order to obtain the horizontal distribution of vertical flux of horizontal momentum associated with atmospheric gravity waves [Tomikawa et al., 2023]. In the LODEWAVE project, SP balloons measure temperature, pressure, and horizontal wind every 30 s at the balloon location.

During flight, when the ventilation is nearly zero, the thermistor is heated by solar radiation, leading to significant overestimation of the actual atmospheric temperature [Hertzog et al., 2004]. This effect was also observed during the first LODEWAVE campaign, where the temperature sensor was significantly affected by solar radiation, which included heat conduction through the lead wires. As a result, the temperature data exhibited pronounced diurnal variations. In addition, the thermistor was affected by heat flow from the housing, resulting in short-period fluctuations and making it impossible to obtain accurate temperature data. To address this issue, improvements were made by modifying the sensor design and the data acquisition method. In the second campaign, following these improvements, the quality of the temperature data was greatly enhanced; however, it was not possible to completely eliminate diurnal variations associated with solar radiation or numerous heat spikes caused by heat flow from the housing. Such data errors reduce the accuracy required for atmospheric gravity wave analysis and for assimilation into numerical models. Therefore, in this study, we applied corrections to SP balloon temperature data to account for the effects of solar radiation and heat flow from the housing.

The correction was performed using data from the radiosonde (1 s values) and temperature sensor (30 s values) installed on LODEWAVE 04 and 05, which were launched during the 65th Japanese Antarctic Research Expedition, as well as atmospheric reanalysis data from ERA5 (interpolated to 30 s values) for the corresponding flight periods. To remove the effects of heat spikes, the minimum value was selected from each 15 min interval, and subsequent corrections were applied for the effects of solar radiation. The solar radiation effect was corrected using the theoretical heating formula presented by Dirksen et al [2014]. This formula accounts for both direct solar radiation reaching the sensor and diffuse radiation, but in this study only the direct component was considered. As a result of the correction, deviations from ERA5 were reduced, and the effects of solar radiation were successfully removed. In addition, high-frequency components not present in ERA5 were detected, suggesting the presence of atmospheric gravity wave signals. To further improve accuracy, it will be necessary to account for the effects of atmospheric scattering and surface reflection, as well as the cooling effect of infrared radiation during nighttime when solar heating is absent.

科学実験用大気球は、天体観測・宇宙線観測・高層大気の観測・工学実証試験といった幅広い分野にわたる科学実験に利用されている。これまで利用されてきたゼロプレッシャー (ZP) 気球は長時間の飛翔ができないという弱点を抱えているがスーパープレッシャー (SP) 気球はこの弱点を克服した気球である。SP 気球は、気球内部の圧力を常に大気圧よりも高く保つことによって、昼夜の浮力変動を防ぎ長時間の飛翔 (>1 か月) を可能にする気球である。このような SP 気球の特徴を用いて、大気重力波に伴う水平運動量の鉛直フラックスの水平分布を取得するための観測を南極で実施する LODEWAVE (LOng-Duration balloon Experiment of gravity WAVE over Antarctica) 計画が立案された [Tomikawa et al., 2023]。LODEWAVE 計画における SP 気球観測では気球の位置における気温・気圧・水平風速のデータを 30 秒ごとに計測している。

飛翔中の通風量がほぼ 0 となる SP 気球観測ではサーミスタが日射によって加熱され、実際の大気ガス温度を大きく過大評価する傾向がある [Hertzog et al., 2004]。LODEWAVE 計画の第 1 回キャンペーン観測でもその影響は見られ、気温センサを搭載する際に用いたリード線からの熱伝導を含め、日射の影響を大きく受けた。その結果、気温データに日周期の変動が含まれてしまった。上記に加え、サーミスタが筐体からの熱流を受け短周期の変動成分を持つことにより、正確な気温データを得ることができなかった。そこでセンサの形状や気温データの取得方法を変更し改良が行われた。改良後の第 2 回キャンペーン観測では、取得した気温データは大幅に改善されたものの、日射に伴う日周期変動や筐体からの

熱流の影響に伴う多数のヒートスパイクを完全に取り除くことはできなかった。このような様々な外的要因による誤差が含まれているデータは大気重力波の解析や、モデルに対するデータ同化に用いるには正確性が不十分である。そこで本研究では、SP 気球観測で得られた気温データの正確性を向上させるため日射・筐体からの熱流による影響の補正を行った。

補正は第 65 次南極地域観測隊にて放球された LODEWAVE 04, 05 に搭載したラジオゾンデ (1 秒値)、気温センサ (30 秒値)、それぞれの飛翔期間に対応する大気再解析 ERA5 (30 秒値に補間したもの) のデータを用いて行う。SP 気球の気温データはヒートスパイクの影響を除去するため 15 分間のデータの中から最小値を採用し、その後日射による影響に対する補正を行った。日射の影響は Dirksen et al[2014] で示された日射加熱量の理論式を用いて行う。この式ではセンサに到達する直達日射量や拡散放射の影響が考慮されているが、本研究では直達日射量のみの影響を考えた。補正を行った結果、ERA5 からのずれが小さくなり、日射の影響を取り除くことができた。また、ERA5 では見られなかった高周波成分が見られ大気重力波の成分が表れていると考えられる。さらに正確性を向上させるには、大気中の散乱や地表での反射の影響に加え、日射加熱のない夜間の赤外放射による冷却の効果を考慮する必要がある。