

光学オゾンゾンデを用いた成層圏オゾン・大気重力波・二酸化窒素の観測

村田 功¹、佐藤 薫²、富川 喜弘³、野口 克行⁴、堤雅基³
¹東北大学大学院環境科学研究科、²東京大学大学院理学系研究科、
³国立極地研究所、⁴奈良女子大学大学院自然科学系

Measurements of stratospheric ozone, atmospheric gravity wave, and nitrogen dioxide with balloon-borne optical ozone sensor

Isao Murata¹, Kaoru Sato², Yoshihiro Tomikawa³, Katsuyuki Noguchi⁴, and Masaki Tsutsumi³

¹Graduate school of Environmental Studies, Tohoku University

²Graduate School of Science, The University of Tokyo

³National Institute of Polar Research

⁴Division of Natural Sciences, Nara Women's University

We have developed a balloon-borne optical ozone sensor and have observed the vertical distribution of upper stratospheric ozone in summer since 1994 using a thin-film high-altitude balloon at Sanriku and Taiki, Japan. The sensor measures solar ultraviolet radiation in ozone Hartley band absorption at wavelength of 300 nm, and vertical ozone distributions higher than 15 km were obtained with 1 km resolution. The temporal variations of ozone concentrations above 30 km from 1994 to 2010 show correlations with 11-year variation of solar F10.7 flux. Recently, we developed new sensor with small spectrometer to measure other species such as NO₂ and the first measurement was carried out in May 2013.

1. はじめに

東北大学では、上部成層圏のオゾンに直接観測する光学オゾンゾンデを開発し、宇宙科学研究所によって開発された薄型高高度気球と組み合わせて三陸におけるオゾン高度分布観測を1994年から2007年まで14年連続して8月下旬～9月上旬の期間に行ってきた。また、2010年からは北海道大樹町で観測を行っている。この装置は上部成層圏オゾンに直接観測できる数少ない観測器であり、またオゾンや気温・風速の高度分布にみられる波状構造をもちいて大気重力波のパラメータも導出可能なように、2002年には観測器を改良しGPSを搭載し、ECCオゾンゾンデとの同時観測を始めた。2013年には、オゾン以外に二酸化窒素なども同時観測できるよう小型分光計を用いたスペクトル取得型の観測器を開発し、5月に初の観測を行った。

2. 観測装置

光学オゾンゾンデは、オゾンハートレー帯吸収によって太陽光の300 nm付近の紫外線の強度が高度に対して変化することを利用してオゾン濃度の鉛直分布を得る。ECCオゾンゾンデのように外気を取り込む必要がないため、大気の薄くなる30 km以上での観測精度がよいことが特徴である。受光面にはテフロン製の拡散板を用いており、これにより太陽追尾をしなくても光を観測器内部に取り込むことができる。従来の装置では内部に取り込まれた光を石英製のビームスプリッターによって分け、オゾンによる吸収を受ける波長(300 nm)とオゾンの吸収を受けない波長(420 nm)の2波長の強度をフィルターによる分光で測定し、観測器の揺れによる入射光量の変化を補正していたが、新しく開発したスペクトル取得型では小型分光器を用いて約280-500 nmの範囲を2400チャンネルに分けて測定する。これによりオゾン以外に二酸化窒素やOClO, BrOなどの吸収帯のスペクトルも取得できる。また、風速を求めるためにGPSを搭載し緯度、経度、高度データを取得している。スペクトル取得型光学オゾンゾンデのサイズは250 x 170 x 250mmで、重量は2.5kgである。

3. これまでの観測結果

図1に2007年9月13日に観測されたオゾン及び風速の高度分布を示す。左のオゾンの結果は青が光学オゾンゾンデ、赤が同時に観測したECCオゾンゾンデである。光学オゾンゾンデは紫外線量からオゾンを導出するため高度20km以下の紫外線の弱い領域では精度はよくないが、20km以上では両者が非常によく一致しているのがわかる。また、重力波によると考えられる2-3 kmスケールの波状構造が見られているが、これに関しては光学オゾンゾンデでは最高高度の49km過ぎまで見えているのに対し、30km程度より高高度では精度の落ちるECCオゾンゾンデでは細かい構造が見られなくなっている。

左の風速は、気球の揺れの影響を補正していない 1 秒毎のデータでは多少ノイズであるが、20 秒の移動平均をかけたデータを見ると高度方向に数百メートルから 2km 程度の波状構造が多く見られる。オゾンに見られる波状構造との対応も見られ、重力波による変動と考えられる。

大気球実験場が三陸から大樹町に移設されたため 2010 年の大樹での結果を 2007 年の三陸での結果と比較したところ、ほぼ同程度のオゾン数密度であり、三陸と大樹では緯度が 3° ほど違うがその影響は少ないようであった。そこで、三陸でのオゾンの経年変化に大樹での観測結果も追加したものが図 2 である。経年変化をみる場合には波状構造は邪魔になるので、高度方向に 4 - 5 km 程度のオゾン数密度の平均値を取って示しているが、太陽活動度の指標としてよく用いられる太陽放射 F10.7 強度の月平均値の変動と相関がよいことが分かる。また、この F10.7 強度の月平均値が 2007 年と 2010 年では同程度で、オゾン数密度も同程度であることから、三陸と大樹の観測結果を同じ時系列上で見ても問題ないように見える。

2013 年の観測結果はまだ解析中であるが、講演ではこの結果も含めて紹介する。

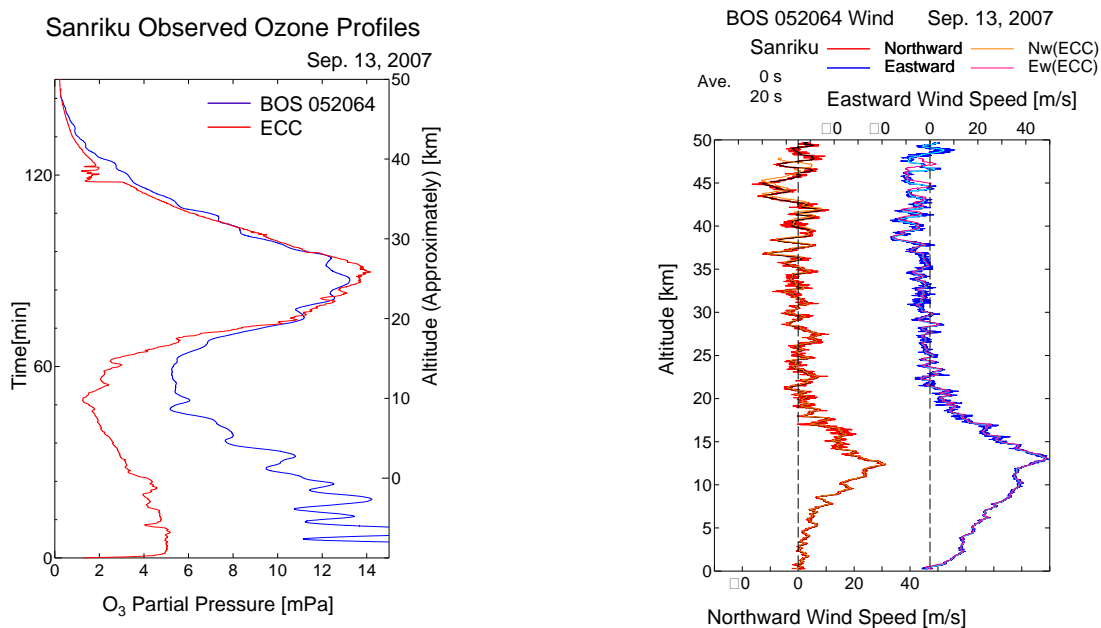


図 1. 2007 年 9 月 13 日の観測結果 (左 : オゾン、右 : 風速)

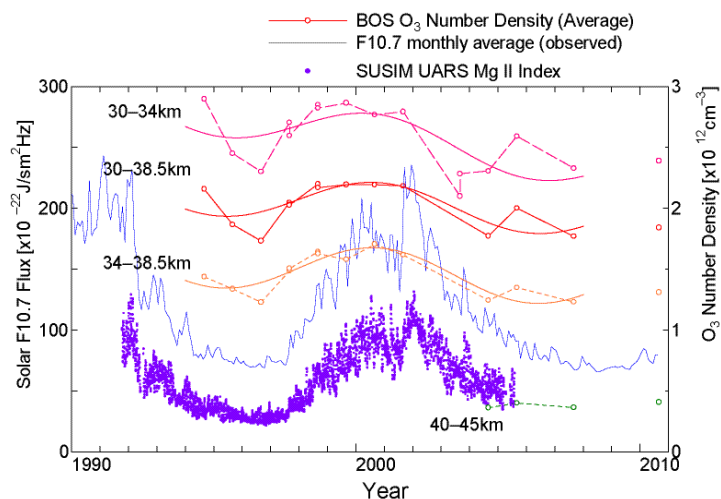


図 2. 高度 30 - 45 km におけるオゾン数密度の経年変化