

GOME センサーで得られた対流圏オゾンの検証と初期解析結果

○ 瓜田直美、太田絵美、野口克行、林田佐智子 (奈良女子大学・理)

Jerry R. Ziemke (NASA Goddard Space Flight Center)

Xiong Liu, Kelly Chance (Harvard-Smithsonian center for Astrophysics)

1. はじめに

近年、人為起源物質による対流圏オゾンの長期的増加が懸念されている。対流圏オゾンの増加は、温室効果をもたらすとともに、広域的な大気汚染も引き起こす。衛星観測技術が発展したことにより、かつて困難であった対流圏化学種の観測が可能になりつつある。オゾンは先に述べたように大気中で重要な役割を持つ物質のひとつであり、複数の衛星による観測が行われている。しかし、それらのデータ間の相互比較および検証は、十分であるとはいえない。そこで、本研究はさまざまな衛星観測による対流圏オゾンデータの相互比較を行い、データ間の相違を評価した上で、対流圏オゾンの基本的振る舞いを明らかにすることを目的とする。特に、長期トレンドを解析する際に問題となる季節変化などの短期変動に着目し、解析を行った。

2. 解析に使用したデータセット

解析に使用した対流圏オゾンデータは、TOR データ、Cloud Slicing データ、GOME データである。また、これらの衛星データを検証するために、オゾンゾンデデータを用いた。

- (1) **TORデータ**: NASA Langleyがwebで公開しているもので、オゾン全気柱量(TOMSによる観測)から成層圏オゾン気柱量(SBUVによる観測)を差し引いて対流圏のみのオゾン気柱量を求めている(Fishman et al., 2003)。データの期間は1979年から2001年までであり、南緯50度から北緯50度まで緯度1度、経度1.25度のグリッド毎に月平均値が提供されている。ただし、1993年から1996年は欠測となっている。
- (2) **Cloud Slicing データ**: NASA Goddard で開発された方法(Ziemke et al., 2005)で、まず積雲上からの散乱光を利用して雲より上のオゾン量を TOMS から求める。オゾン全量からこの値を差し引くことにより、雲より下のオゾン量を求める。データ導出の原理上、積雲対流の活発な地域に限定されるため、データ領域は北緯・南緯それぞれ15度ずつの熱帯域のみである。1979年から2004年までの月平均値が緯度・経度5度のグリッドで提供されている。ただし、1993年から1995年は欠測となっている。
- (3) **GOME データ**: ハーバード大学で導出された GOME による対流圏オゾン気柱量である(Liu et al., 2005)。大気からの紫外域スペクトルを直下視で観測し、逆問題を解くことでオゾンの高度分布を求め、それを積分することにより対流圏オゾン量を求める。ピクセル毎(960×80km)のデータが1996年から1999年までである。上記(1)、(2)と比較する際には、緯度・経度1度毎にグリッド化し月平均した。
- (4) **オゾンゾンデデータ**: WOUDC 及び NOAA が公開しているオゾンゾンデデータのうち、観測期間が GOME の観測期間と一致する 62 カ所の観測地点を使用した。

3. 検証結果

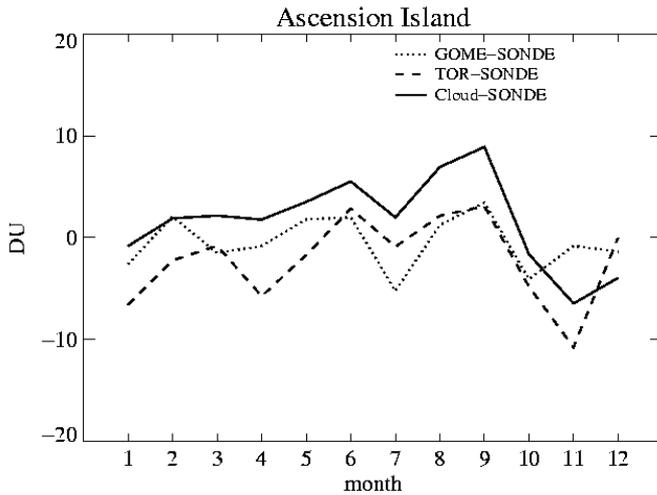


図1. Ascension Island(7.98S,14.42W)における各衛星データの月平均値からオゾンゾンデデータの月平均値を差し引いた値。横軸は月、縦軸はオゾン気柱量(DU)。実線がGOME、破線がTOR、点線がCloud Slicing。データは1998年と1999年の平均値のデータを使用している。

まず、衛星とオゾンゾンデによってそれぞれ観測された対流圏オゾン量を、月平均値で比較した。ほとんどのオゾンゾンデ観測地点において、各衛星データとオゾンゾンデデータの差は数DU程度であった。図1に、代表的な例としてAscension Islandにおける各衛星データとオゾンゾンデデータの差の値を示す。図1より、各衛星データとオゾンゾンデデータの差の挙動は比較的一致している。

図2に、衛星とオゾンゾンデとの比較結果を緯度帯毎にまとめたものを示す。図2(a)は各衛星データのバイアスを表し、(b)はそのばらつきを表す。図2からわかるように、バイアスは各衛星データの誤差の範囲に収まっており、明確な緯度依存性も見られない。また、ばらつきは数DU程度であり、北半球よりも南半球の方が小さかった。

これは、南半球よりも北半球の方が、対流圏オゾン量の変動が激しいためだと考えられる。3種類の衛星データの中では、バイアス・ばらつきともにGOMEから導出した対流圏オゾン量が最も小さかった

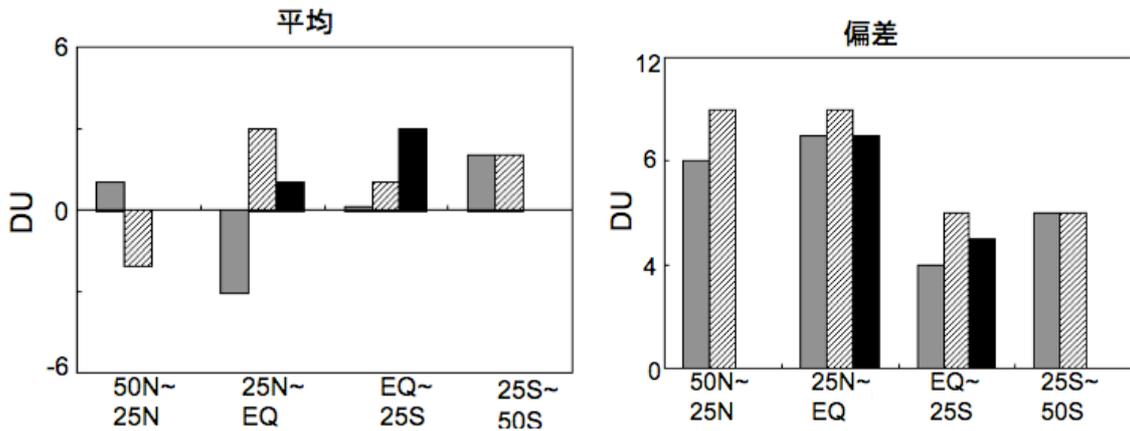


図2.月平均値を用いて緯度帯ごとに求めた、衛星データとオゾンゾンデデータの差の(a)平均と(b)標準偏差。横軸は緯度帯、縦軸はオゾン気柱量(DU)である。灰色はGOME、斜線はTOR、黒色はCloud Slicing による結果を表す。

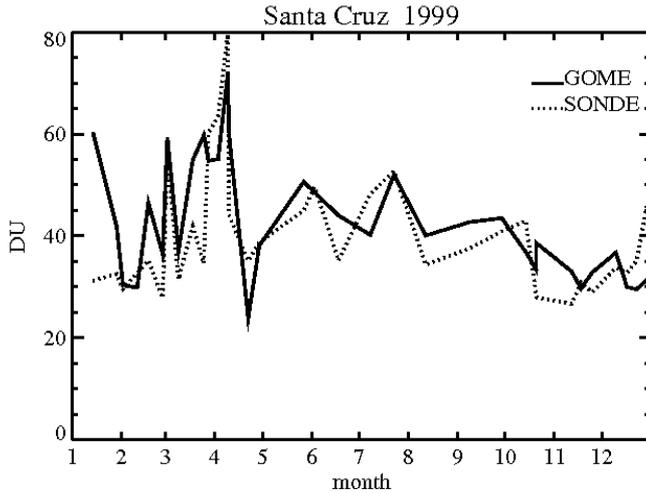


図3.1999年のSanta Cruz(28.42N,16.26W)における、GOMEの観測シーン毎のデータとオゾンゾンデデータの対流圏オゾン量。横軸は月、縦軸はオゾン気柱量(DU)。実線がGOME、点線がオゾンゾンデ。

対流圏オゾン量は日々の変動が大きいので、GOMEデータがどの程度日々の変化を捉えているのかを調べる為に、swath毎のGOMEデータをオゾンゾンデデータで検証を行った。検証に用いるオゾンゾンデデータを選ぶ基準としては、オゾンゾンデの放球日がGOMEの観測日と一致し、かつ、GOMEの観測シーン内(960×80km)にオゾンゾンデの放球地点が含まれているデータのみとした。図3に、代表的な例としてSanta CruzにおけるGOMEとオゾンゾンデの対流圏オゾン量を示す。図3より、4月に急減している様子や5月から12月にかけて比較的变化が小さい様子など、GOMEデータは短時間変動をよく捉

えている。

図4に、緯度帯毎にまとめた結果を示す。図4(a)はswath毎のGOMEのバイアスを表し、(b)はそのばらつきを表す。図4からわかるように、バイアスはGOMEデータの誤差の範囲に収まっており、緯度依存性も見られない。また、ばらつきは数DU程度であり、北半球に比べて南半球の方が小さい。これは、南半球に比べて北半球では、対流圏オゾン量の変動が激しいためだと考えられる。このように、swath毎のGOMEデータで検証を行なった場合も月平均値での検証と同様の結果が得られた。

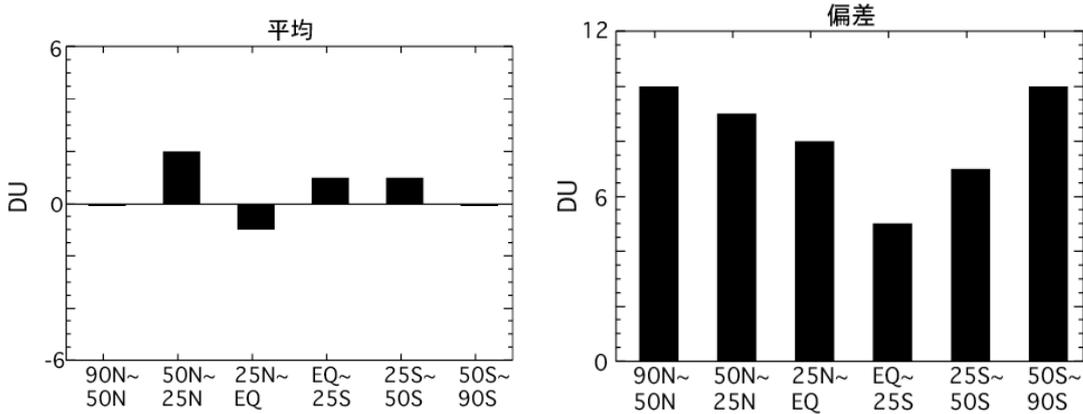


図4. 観測シーン毎のGOMEデータとオゾンゾンデデータの差を緯度帯別に求めた(a)平均と(b)標準偏差。横軸は緯度帯、縦軸はオゾン気柱量(DU)。

4. 対流圏オゾンの季節変動の解析

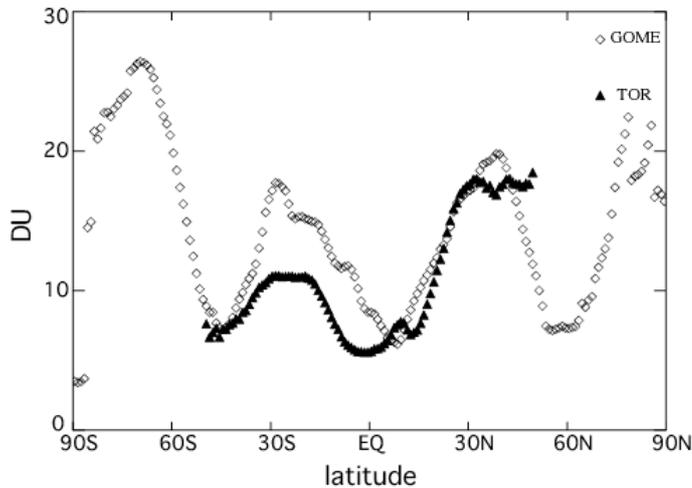


図5. 各緯度における対流圏オゾンゾンデの季節変動の振幅の値。
横軸は緯度、縦軸はオゾン気柱量(DU)。◇はGOME、▲はTOR。

図5より、季節変動の振幅には、北緯・南緯30度と80度付近で極大が見られる。赤道付近で極小となるのは、一般に熱帯域の季節変化の振幅が小さいためだと考えられる。また、北半球と南半球を比較すると、南半球の方が季節変動の振幅が小さい。これは、北半球の方が対流圏オゾンの時間的変動が激しいためだと考えられる。

このように、季節変動の振幅は緯度に強く依存していることがわかった。長期トレンド解析の際には、季節変動振幅の緯度依存性に注意して解析をすべきだと思われる。

5. まとめと今後の課題

オゾンゾンデデータを用いて、衛星観測による対流圏オゾンデータの検証を行った。その結果、各衛星データのバイアスは小さく、ばらつきは数 DU 程度であることがわかった。対流圏オゾンの季節変動の振幅を調べたところ、強い緯度依存性が存在することがわかった。このような季節変動は、長期トレンド解析の際にも影響を与えられるので、注意が必要である。今後、衛星データの検証結果をふまえた上で、対流圏オゾンの長期トレンドや、東アジア域での対流圏オゾン前駆物質との対応を解析していく予定である。

6. 参考文献

- Fishman, J., A. E. Wozniak, and J. K. Creilson, Global distribution of tropospheric ozone from satellite measurements using the empirically corrected tropospheric ozone residual technique: Identification of the regional aspects of air pollution, *Atmos. Chem. Phys.*, 893-907, 2003
- Liu, X., K. Chance, C. E. Sioris, R. J. D. Spurr, T. P. Kurosu, R. V. Martin, and M. J. Newchurch, Ozone profile and tropospheric ozone retrievals from the Global Ozone Monitoring Experiment: Algorithm description and validation, *J. Geophys. Res.*, 110, D20307, 2005
- Ziemke, J. R., S. Chandra, and P. K. Bhartia, A 25-year data record of atmospheric ozone in the Pacific from Total Ozone Mapping Spectrometer (TOMS) cloud slicing: Implications for ozone trends in the stratosphere and troposphere, *J. Geophys. Res.*, 110, D15105, 2005

前節の検証結果をふまえ、対流圏オゾンの季節変動を解析した。その結果、対流圏オゾン量はおよそ春に極大となる傾向が見られた。図5に、TORとGOMEによる対流圏オゾンの季節変動の振幅を緯度ごとに示す。季節変動の振幅は以下のように計算した。まず、TORとGOMEの月平均値を用いて、緯度幅1度ごとに帯状平均を計算し、その緯度での最大値と最小値の差を一年ごとに求める。さらに、その差を全ての観測期間で平均し、緯度ごとの季節変動の振幅とした。ただし、南極付近の季節変動の振幅が5DU以下の地域は、冬期のデータが欠測であるために、季節変動の振幅値が正しく得られていない。