

レーザーヘテロダイン分光計による成層圏オゾンの観測
 Observation of Stratospheric Ozone
 with a Laser Heterodyne Spectrometer

田口 真、岡野章一、福西 浩

(Makoto Taguchi, Shoichi Okano, Hiroshi Fukunishi)

東北大学理学部超高層物理学研究施設

(Upper Atmosphere and Space Research Laboratory)

SYNOPSIS: Observations of atmospheric ozone have been carried out with a laser heterodyne spectrometer from January, 1989. The altitude range of retrieved vertical profile of ozone mixing ratio is 5 - 35 km and the altitudinal resolution is 4 - 6 km. The estimated total error in the mixing ratio and total column density retrieved from a spectrum with a signal-to-noise ratio of 500 are less than 6% and 3%, respectively.

観測

レーザーヘテロダイン分光計を用いた大気オゾン観測を1989年1月より継続して行なってきた。観測は平均して週に1回以上の頻度で行なわれ、オゾン高度分布及び全量の季節変動をとらえるのに十分なデータ量が得られている。1回の観測に要する時間は大気の状態によっても異なるが、2時間の観測でS/Nが500のスペクトルを得ている。レーザー電流走査及びデータ取得をコンピュータ制御としたため、観測はひとりで効率的に行なうことが可能である。

データ解析

得られた大気オゾンのスペクトルから反転法を用いてオゾン体積混合比の高度分布を求めた。また高度分布を高度方向に積分することによって全量も求めた。反転法を遂行するに必要な吸収線パラメータはHITRAN 1986版によった。求められる高度範囲は5 - 30 kmで高度分解能は4 - 6 kmである。得られたオゾン混合比高度分布及び全量に含まれる誤差は、考えられる全ての要因について計算機シミュレーションによって定量的に見積られた。その結果は表1にまとめている。まず吸収線強度の値の不確定さによる誤差は、混合比高度分布及び全量ともに10%以下である。吸収線衝突幅の誤差は全量には全く影響がないが混合比高度分布には最大で9%の誤差を生む。しかしこれらは系統的誤差であるので、他の観測との比較によって補正することも可能であるし、今後吸収線パラメータの測定精度の向上により減少させうる。気温の高度分布は仙台における過去30年間の月別平均値をモデルとして用いている。実際の大気とモデル大気の違いが得られた混合比高度分布と全量に与える誤差はそれぞれ3%及び1%以下である。観測されたスペクトルに含まれるノイズによるランダムな誤差は、スペクトルのS/Nが500のとき混合比高度分布及び全量についてそれぞれ3%及び0.3%である。観測スペクトルの吸収ゼロのレベルは、吸収が最も少ない波数域で観測スペクトルの吸収量があるモデル大気を仮定して計算された吸収量と一致するように決めた。この仮定は下部対流圏の混合比を仮定することと同義である。この仮定された下部対流圏の混合比と実際の混合比の違いによる誤差は、混合比高度分布については高度10 km以上ではほとんど0%で、全量については2%以下である。結果として吸収線パラメータの不確定さによる系統的誤差を除くと、総計としての誤差は混合比高度分布及び全量についてそれぞれ最大でも6%及び3%である。本観測のような赤外高分解能分光法によるオゾン観測は、紫外域の吸収・散乱を利用する方法と比較して、大気中のエアロゾルの影響を全く受けない点で有利である。

結果

1989年1月31日から6月6日までの25回のに観測により得られたオゾン混合比高度分布を図1に示す。高度10 - 20 kmの範囲で変動が大きく、それより上の高度領域では比較的安定であることがわかる。図2にオゾン全量を札幌及び館野におけるドブソン分光計による観測値といっしょに示す。仙台における観測値は札幌の値と館野の値の間にあり、3観測地点とも冬から春にかけてオゾン全量が増加する傾向が見られる。これらは中緯度の一般的な緯度分布及び季節変動と一致している。

Table 1. Errors in the retrieved mixing ratio profile and total column density.

Causes	Volume Mixing Ratio	Total Column Density
Uncertainty in Line Strength	<10%	<10%
Uncertainty in Line Width	<9%	0%
Temperature Profile	<3%	<1%
Mixing Ratio in the Lower Troposphere	0% (above 10 km)	<2%
Random Noise in Spectra (S/N=500)	3%	0.3%

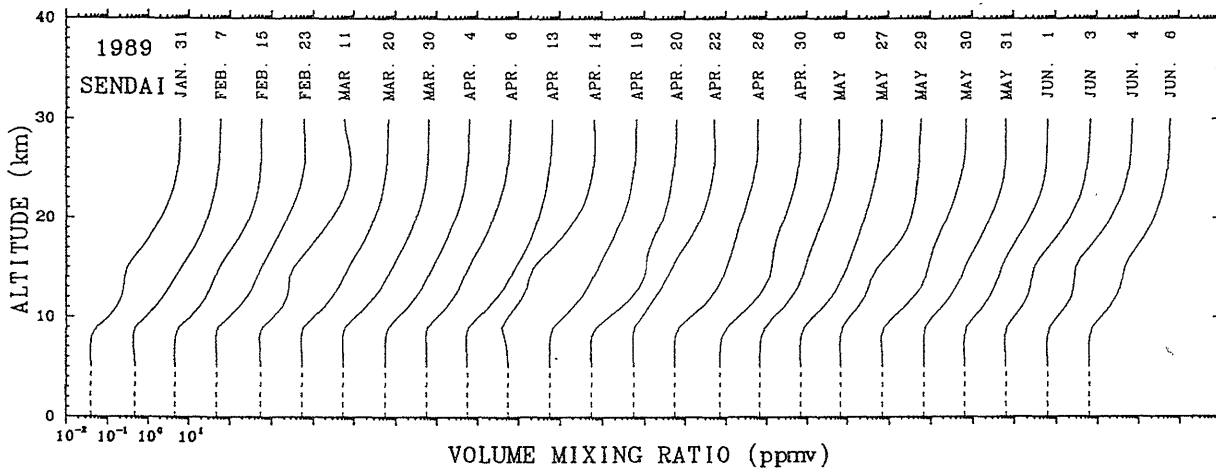


Fig. 1. Retrieved vertical profiles of ozone volume mixing ratio.

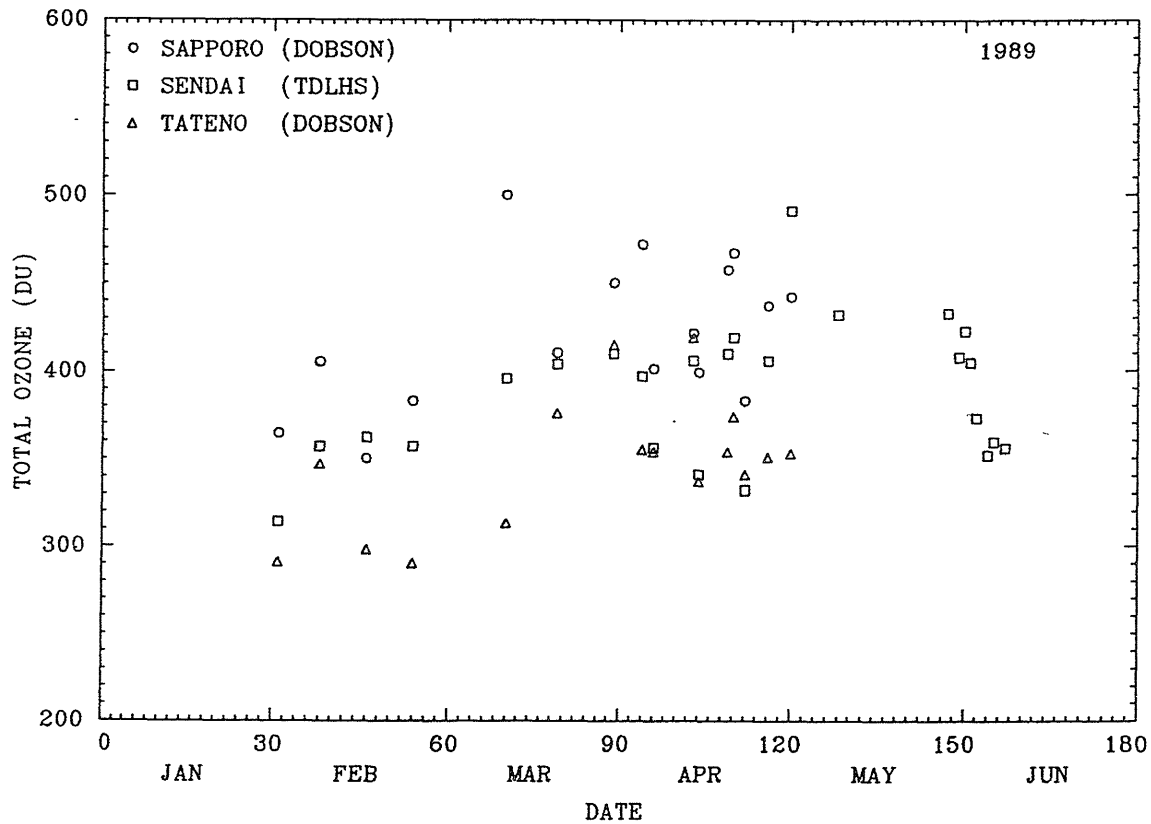


Fig. 2. Seasonal variation of total ozone observed at Sendai together with Dobson spectrophotometer data at Sapporo and Tateno.