

Vis - UV 同時分光観測による下部対流圏オゾン量推定

#大竹 翔[1]、北 和之[1]、仲地正樹[1]、入江仁士[2]、中里真久[3]

[1]茨城大・理;[2]海洋研究開発機構;[3]気象研究所

中国などの東アジア域での経済発展に伴い、対流圏オゾンなどの大気汚染物質の周辺地域への越境汚染が重大な問題となっている。越境汚染の実態を理解するには、アジア域での静止衛星からのリモートセンシング観測が有効であると考えられ、JAXAでも実現に向けた検討が開始される。大気化学研究会の大気環境観測衛星検討WGでは、静止衛星による大気観測の各種シミュレーションを行った。その結果、従来の低軌道周回衛星で行われてきた太陽紫外散乱光によるオゾン観測を静止衛星で実施すると、中緯度域は直下視が不可能なため下部対流圏のオゾンに対し感度が大きく低下することがわかった。しかし、可視分光観測であれば静止衛星からでも下部対流圏のオゾンに対して感度がある。従って、可視・紫外同時分光観測を行うことで、両者で得られる傾斜オゾンカラム量(SCD)の差から下部対流圏のオゾン量を検出できると考えられる。静止衛星観測からこの手法により下部対流圏オゾン量を導出することができるか、シミュレーションおよび山頂からの検証観測により確認し、手法を確立することが本研究の目的である。検証観測は筑波山山頂で行い、斜め下方からの太陽散乱光を観測して、可視・紫外でのSCDの差を求める予定である。静止衛星で想定されている装置とほぼ同等の分光特性を有する分光観測装置を使用し検証観測を開始したが、今回はシミュレーションの結果について報告する。

可視・紫外それぞれの分光観測で得られるSCDを SCD_{vis} 、 SCD_{uv} とし、その差から下部対流圏オゾン量を導出する手法について簡単に説明する。まず大気層を下部対流圏とそれ以上の二層に分割し、SCDを下層・上層それぞれのSCDの和と考える。下層・上層SCDは、それぞれの領域のオゾン濃度平均値($[O_3]^L$, $[O_3]^U$)と、各高度層の平均光路長および正規化されたオゾン高度分布をかけて求まる係数の積との一次結合で表すことができる。可視と紫外では各高度層、特に下部対流圏での平均光路長が異なるため、上記の係数は可視と紫外で異なる。従って、 SCD_{vis} と SCD_{uv} について得られる連立方程式を解くことで下部対流圏オゾン量を導出できる。

まず始めに、静止衛星観測から得られる SCD_{vis} 、 SCD_{uv} の誤差が、推定する下部対流圏オゾン量にどの程度影響を与えるかシミュレーションした。オゾンの高度分布は、気候値で与えたケースおよび境界層オゾン量のみを100ppbvに増大させたケースの二つの場合についてシミュレーションした。また、大気層を分割する高度(U/L境界)を1~10kmの間で変化させた。各高度層の平均光路長を求めるのに必要となるエアマスファクター(AMF)の計算には、ドイツ・ブレーメン大学で開発された放射伝達モデルSCIATRAN [Rozanov et al., 2005]を用いた。図.1は、静止衛星観測におけるSCDの誤差が与える下部対流圏 O_3 検出精度を、推定された下部対流圏オゾンカラム量の誤差により示したものである。静止衛星観

測において SCD_{UV} 誤差 0.5%、 SCD_{vis} 誤差 1%であれば、オゾン増大時に高度 3km 以下の下部対流圏オゾン量を、 SCD_{UV} 誤差 1%、 SCD_{vis} 誤差 1%であれば、オゾン増大時に高度 6km 以下のオゾン量を 50%の精度で検出可能と分かった。

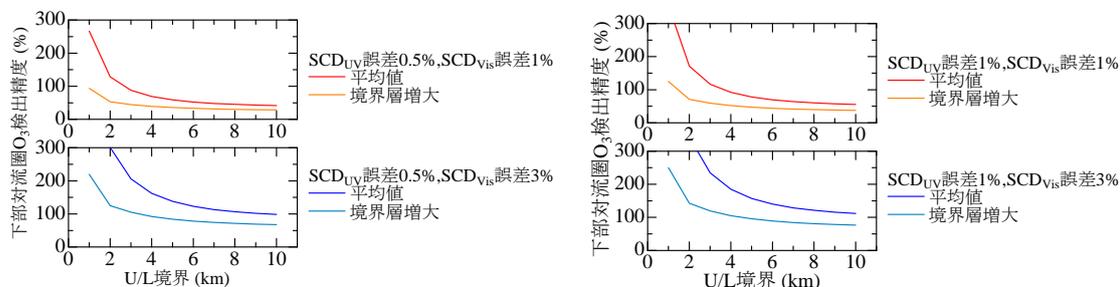


図.1 静止衛星観測における SCD の誤差が与える下部対流圏 O₃ 検出精度

さらに、山頂で行う検証観測においても同様のシミュレーションを行った。図.2 は、図 1 と同様にして、山頂での検証観測における SCD の誤差が与える下部対流圏 O₃ 検出精度を示したものである。 SCD_{UV} 誤差 0.5%、 SCD_{vis} 誤差 3%であればオゾン増大時に 35%、非増大時には 85%の精度で境界層オゾン量を検出可能と分かった。

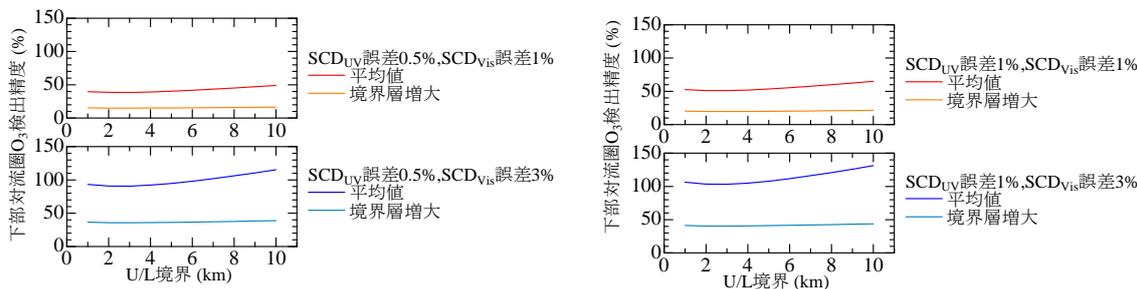


図.2 山頂での検証観測における SCD の誤差が与える下部対流圏 O₃ 検出精度

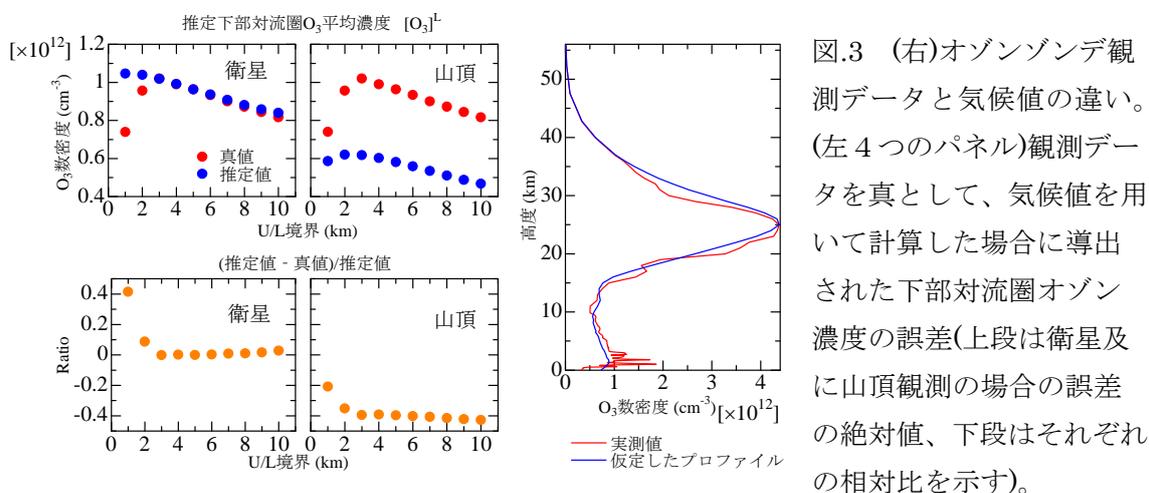


図.3 (右)オゾンゾンデ観測データと気候値の違い。(左4つのパネル)観測データを真として、気候値を用いて計算した場合に導出された下部対流圏オゾン濃度の誤差(上段は衛星及に山頂観測の場合の誤差の絶対値、下段はそれぞれの相対比を示す)。

次に、リトリーブ計算上仮定したオゾンプロファイルが実際と異なることによる影響をシミュレーションした。図3は、筑波山頂での検証観測を実施した2009/11/16の館野でのオゾンゾンデおよび対流圏オゾンライダーによる観測データを実際のオゾンプロファイルとした場合、気候値をオゾンプロファイルとして用いて行ったリトリーブ計算で求めた下部対流圏オゾンカラム濃度が、実際とどの程度異なるか示したものである。この場合、濃度変動が激しい境界層より高い高度にU/L境界を設定すれば、衛星では10%の精度で下部対流圏オゾン量を導出可能であると分かった。

さらに、0~25kmまでの各高度層において、気候値からO₃量を大きく増加させた仮想のプロファイルを実際のオゾンプロファイルとした場合について、同様に誤差推定を行った。図.4-1は、高度7kmの層(左)と22kmの層(右)でO₃量を増加させた仮想プロファイルを実際のオゾンプロファイルと見立て、気候値をオゾンプロファイルとして導出した下部対流圏O₃量が、実際の値とどの程度異なるか示している。

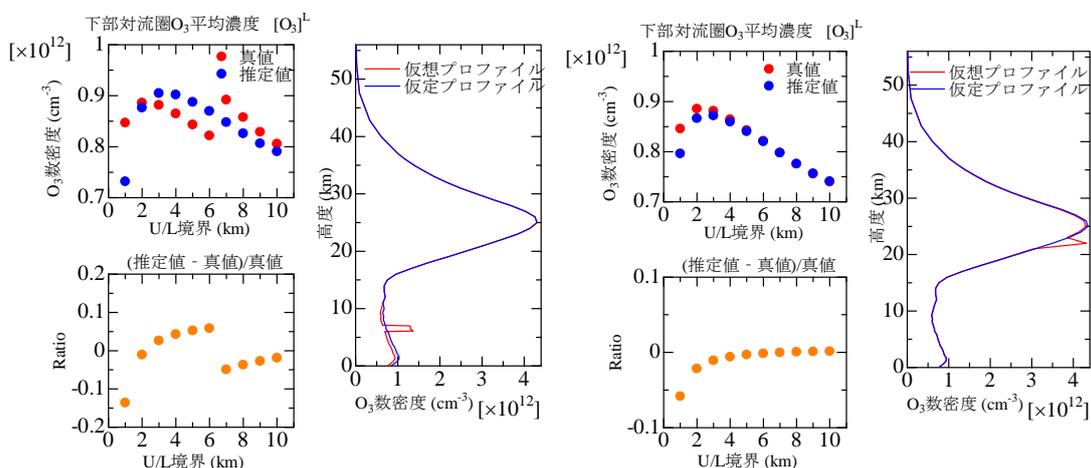


図.4-1 高度7km層のO₃濃度を2倍に増加させた仮想プロファイルでの検証(左図)
 高度22km層のO₃濃度を25%増加させた仮想プロファイルでの検証(右図)

濃度が増加している高度付近でU/L境界を設定すると、検出精度は悪くなることが分かった。また、成層圏以上で濃度が増加しても、検出精度に大きな影響を及ぼさないことが分かった。