

OMIセンサで得られた対流圏NO₂気柱量の初期解析結果

*柴崎登紀子、野口克行、伊藤春奈、林田佐智子(奈良女子大学)

はじめに

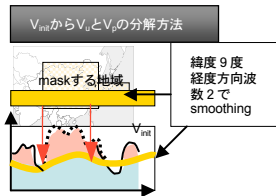
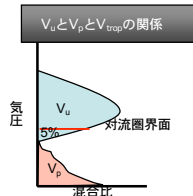
近年の東アジア域では急速な経済発展にともなう大気汚染が深刻化している。NO_xはオゾンの前駆物質として働くため間接温室効果ガスと呼ばれており、気候変動や大気質の悪化など様々な大気環境に影響を及ぼしている。NO₂は地域的偏りや時空間変動が大きいため、広域的に観測する必要がある。人工衛星観測は、空間的広がりを連続にとらえられる事ができるため大気汚染の実態把握に有効であると考えられる。そこで、近年多くの人工衛星が打ち上げられ、NO₂の衛星観測が行われている。しかし、局地的な変動をとらえるためには、空間分解能や時間分解能が大きいため、様々な問題があった。2003年6月に打ち上げられたAURA衛星に搭載されたOMI(Ozone Monitoring Experiment)センサは以前のセンサより空間または時間分解能において優れており、NO₂の観測において大変有用であると考えられる。そこで本研究ではOMIセンサで得られた対流圏NO₂データを用いて、東アジア域の都市に焦点を当て解析を行った。

1. OMIデータとは

本研究ではNASAゴダードから配布されている対流圏NO₂気柱量データを使用した。観測波長帯は、350-500nm(可視)、270-314nm(紫外1)、306-380nm(紫外2)である。対流圏NO₂気柱量データのセンサ視野は26km×48kmであり、一日で全球をカバーする。

1.1 NO₂対流圏気柱量の導出方法

PGE-A	PGE-B	PGE-C
各ピクセルに対しDOAS spectral fittingをしてSCDを算出する。	AMFを計算する。	VCDを計算し、V _{int} からV _{trop} を算出する。



V_{smooth} > V_{int}の場合
 V_i = V_{int}
 V_p = 0
 V_{smooth} < V_{int}の場合
 V_i = V_{smooth}
 V_p = V_{int} - V_{smooth}

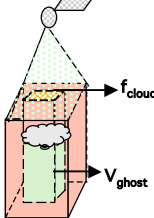
$$V_{trop} = 0.05 \times V_u + V_p$$

1.2 ghost column

センサの視野範囲に雲があると、雲の下の気柱量を観測する事ができないため、推定された雲の下の気柱量(V_{ghost})が提供されている。つまりV_p^{trop} = V_p^{obs} + V_{ghost}である。

1.2.1 V_{ghost}の導出方法

数値モデルであるGEOS-CHEMを援用して汚染度合いに応じた数種類のNO₂の高度分布を設定し、その高度分布より、雲の下にある気柱量の割合(R_{below cloud})を仮定する。観測より得られた視野角の中に雲の占める割合(f_{cloud})とR_{below cloud}の積を求め、対流圏気柱量(V_p^{trop})を乗することで、V_{ghost}を導出している。



$$V_{ghost} = V_p^{trop} \times f_{cloud} \times R_{below\ cloud}$$

1.2.2 ghost column と cloud fraction

推定されたV_{ghost}が対流圏気柱量(V_p^{trop})に対してどの程度の割合であるかを調べた(図1)。f_{cloud}の値が大きいと、対流圏に占めるV_{ghost}の割合も大きくなり得ること、同じf_{cloud}値に対してもV_{ghost}が対流圏に占める割合には幅がある事が分かった。また、この割合は最大でもf_{cloud}程度である事が分かった。この事は、仮定された高度分布において雲頂高度より下にすべての気柱量が存在している場合に起こりうるため、導出方法を考えれば納得できる結果である。

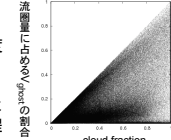


図1 f_{cloud}とV_{ghost}がNO₂対流圏気柱量に占める割合の散布図。例として2007年5月1日の全球観測データを用いた。

2. OMIで観測された主な都市

2004年9月から2007年5月のNO₂気柱量の平均値を図2に示した。日本、韓国、中国の主な都市が分離して観測できている事が分かる。

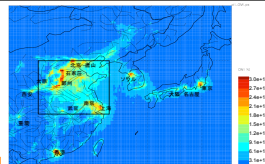


図2 OMIで観測された2004年9月-2007年5月までのNO₂気柱量の平均。ただし、図中の黒枠は中央中国とした領域である。

2.1 中央中国におけるNO₂気柱量の変化

図2に示した中央中国の範囲で2004年9月から2007年5月のNO₂気柱量の月平均値を図2.1に示した。3年間、年々増加している事が分かる。特に、2006年冬から2007年冬の増加量は大きくなっている。



図2.1 OMIで観測された2004年9月から2007年5月までの気柱量の月平均値

3. OMIで観測された季節変化

NO₂はOHラジカルによって破壊される。OH濃度は夏の方が温度が高く、その為、冬の方がNO₂濃度が高い。

図3(a)に2005年、(b)に2006年の冬平均から夏平均の差(上段)、と偏差の相対値(下段)を示した。

図3より地域によっては夏のほうが冬より気柱量の大きな場所がある事が分かった。この原因は夏期の発生量が特別に大きい事が考えられる。

2005年冬...2004年12月、2005年1月、2月平均
 2005年夏...2005年6月、7月、8月平均
 2006年冬...2005年12月、2006年1月、2月平均
 2006年夏...2006年6月、7月、8月平均

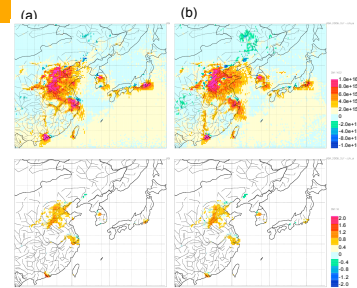


図3 (a)2005年、(b)2006年の(上段)増加量、(下段)偏差。ただし、偏差は冬の観測期間の平均値が1.0e+16 molec cm⁻²以上の場合のみを示した。

4. 都市域における週サイクル

S.Beirle et al., [2003]では、GOME(Global Ozone Monitoring Experiment)で観測されたNO₂で日本やヨーロッパで週サイクルが見られたが、中国では見られなかったと報告している。そこでOMIで観測されたNO₂でより詳細に解析を行った。図4.1に2004/9-2007/5の各曜日のOMIで観測されたNO₂気柱量の平均値を示した。図4.1より、日本、韓国の都市域では日曜日(a)は他の平日(b-g)より気柱量が小さい事がわかった。図4.2に日曜日の気柱量平均を他の平日の気柱量平均値から差し引いた図を示した。図4.2より、日本、韓国の都市域、香港では正の値を示し、日曜日は気柱量が小さい事が分かった。

気柱量を各週ごとの週の中央値で正規化した値を図4.3に示した。図4.4に都市域の範囲をそれぞれ示した。図4.3の範囲は、各都市域付近で2004/9-2007/5の平均でもっとも高濃度だったピクセルを中心とし±1ピクセルをとった0.75°×0.75°の計9ピクセルである。図4.3のそれぞれの色分けは図4.5の位置関係で色分けされたピクセルに対応している。東京と名古屋では日曜日に全てのピクセルにおいて大きく減少している事が分かる。しかし、大阪では2のピクセルでは明確な週サイクルが見られない。また、ソウルでは日曜日にNO₂の値が減るが、土曜日は平日と同じ濃度のピクセルが多く見られる。北京、石家荘では大きく日曜日に減少するピクセルは見られなかった。しかし、上海では7のピクセルで日曜日に減少する傾向がみられた。また、香港では全てのピクセルで日曜日に減る傾向が見られた。

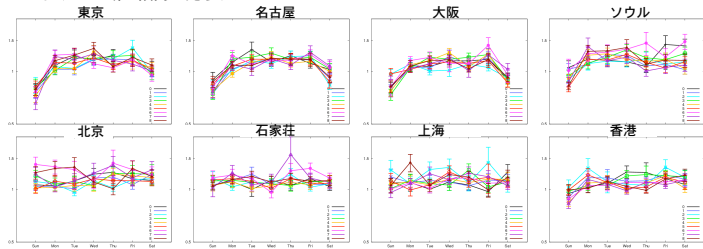


図4.3 図4.1に示した各都市における気柱量を各週ごとの週の中央値で正規化した値。各都市における色分けは図4.5のピクセルに対応している。なお縦軸は対数スケールである。

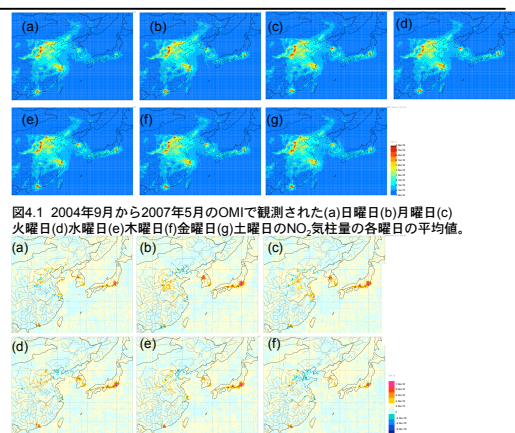


図4.1 2004年9月から2007年5月のOMIで観測された(a)日曜日(b)月曜日(c)火曜日(d)水曜日(e)木曜日(f)金曜日(g)土曜日のNO₂気柱量の各曜日の平均値。

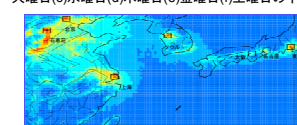


図4.2 2004年9月から2007年5月のOMIで観測された気柱量の日曜日平均を(a)日曜日(b)火曜日(c)水曜日(d)木曜日(e)金曜日(f)土曜日の平均値の気柱量から差し引いた図。



図4.5 ピクセルの色分け

まとめ

中央中国におけるNO₂気柱量の3年間の時間変化は、3年間で増加傾向にある事がわかった。週サイクルを調べると、日本や韓国では、日曜日に少なくなっている事が分かった。中国の主要都市では、上海の一部、香港では日曜日に減る傾向が見られた。NO₂の値が冬より夏のほうが大きい地域がある事がわかった。OMIは人間の活動の状況より詳細にとらえている事がわかった。このようにGOMEデータでは解析不可能だった詳細な都市域の空間分布まで解析が可能な事がわかった。今後は、OMIの空間分解能や時間分解能を利用した解析を行いたい。

参考文献

S.Beirle et al., Atoms. Chem. Phys., 3,2225-2232,2003

