

衛星搭載赤外センサーを用いた南極の極域成層圏雲の観測

2012年1月 自然環境学専攻 地球環境モデリング学分野 47-106614 染谷有

指導教員 今須良一准教授

キーワード：極域成層圏雲、巻雲、南極、衛星リモートセンシング、GOSAT、
CO₂スライシング法、スプリットウィンドウ法

1. はじめに

冬季極域の成層圏には極域成層圏雲(PSCs)と呼ばれる極域特有の雲が発生する。このPSC粒子表面での不均一反応によりオゾン分解のプロセスで触媒的役割をするCl原子が発生する(Solomon *et al.*, 1986)ため、PSCsはオゾンホール発生の原因として気球などによる直接観測や地上、衛星からのリモートセンシングによる観測が行われている。本研究では時空間的な密度の高いデータを用いることによる観測範囲の拡大、極域での温室効果ガス観測精度向上のための雲検出精度向上を目的として、温室効果ガス観測技術衛星GOSATのTANSO-FTSによって得られた熱赤外域の観測スペクトルからPSCsの検出を行う手法を検討する。

2. 手法

本研究では2009年9月16~18日の南極域で観測されたGOSATデータを用いた。PSCsは巻雲と似た光学特性を持つため、巻雲の検出手法として開発された2つの手法を用いて検出を試みた。

1つ目の手法はCO₂スライシング法と呼ばれる手法であり、CO₂の吸収帯である15 μ m付近で波長によって感度を高度が異なることを利用して2つの波長を用いた計算から雲の検出ができる(Smith *et al.*, 1970)。本研究ではこの計算に用いる波数を選定し、CO₂の吸収帯付近の値のみを用いることで検出精度が向上するのではないかと考え、アルゴリズムに改良を施した。

2つ目の手法はスプリットウィンドウ法と呼ばれる手法である。この手法はスプリットウィンドウと呼ばれる、熱赤外域の10.0~13.0 μ m付近の気体吸収がほとんどない波長域での雲の吸収強度の波長依存性を利用したものである。Hervig *et al.* (2001)では、スプリットウィンドウ内のPSCsの11.9 μ mと10.9 μ mでの輝度温度差(BTD)と11.9 μ mでの輝度温度(Tbb_{11.9})の関係が巻雲とPSCsで違うことが示されており、光学的に厚いPSCsを検出している。そのため、本研究ではこの手法をGOSATによる観測データに適用し、PSCsの検出を試みた。

3. 結果

1つ目の手法であるスライシング法はPSCsに適用された事例が無いため、放射伝達計算コードLBLRTMによるモデル計算によって求めた理論計算スペクトルに対して、この手法で検出ができるかの確認を行った。この手法では用いる波長の組み合わせが重要となるため、710~750cm⁻¹の間で用いる波長の組み合わせを変え、同アルゴリズムを適用した。その結果、波長の組み合わせを適切に選ぶことで南極域での巻雲やPSCsのような光学的に薄い

雲の検出に有効であることがわかったため、このアルゴリズムを用いて GOSAT による観測データを解析した。

2 つ目の手法であるスライシング法では、*Hervig et al.*, (2001) の手法を適用し、PSCs の分布の導出を試みたが、PSCs を検出することはできなかった。また、放射の多重散乱コード MSTSR を用いて *Hervig et al.* (2001) と近い条件で観測される放射輝度の理論値を計算したが、本研究ではこの論文のような輝度温度と輝度温度差の関係は得られなかった。*Hervig et al.* (2001) と、何らかの設定条件が異なる可能性があるが、原因の究明には至っていない。

スライシング法で導出した雲の分布を CALIPSO 衛星による観測データから求められた雲と成層圏物質の分布、昭和基地に設置された地上ライダーによる観測結果と比較したところ、地域により高度の誤差が大きい観測点もあるものの、巻雲や比較的高層の雲、PSCs と思われる成層圏物質の分布と整合性が認められた。そのため、本研究で開発したスライシング法のアルゴリズムは PSCs や巻雲の検出に有効であることが示唆された。

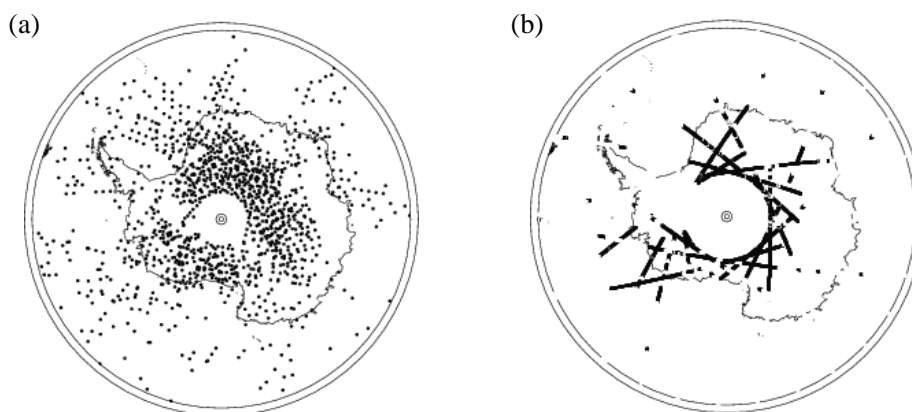


Fig. (a)本研究のアルゴリズムで検出した雲の分布と(b)CALIPSO の観測によって得られた成層圏物質の分布。観測日は 2009 年 9 月 18 日

引用文献

- Hervig, M. E., K. L. Pagan, and P. G. Foschi (2001), *J. Geophys. Res.*, 106, 10363-10374.
Smith, W. L., H. M. Woolf, and W. J. Jacob (1970), *Monthly Weather Review*, 98(8), 582-603.
Solomon, S., R. R. Garcia, F. S. Rowland, and D. J. Wuebbles (1986), *Nature*, 321(6072), 755-758.

Observations of polar stratospheric clouds over Antarctica using infrared sensor on board the satellite

Jan. 2012 47-106614 Yu Someya, Numerical Modeling for Environmental Issues Lab.,

Department of Natural Environmental Studies

Supervisor : Associate professor, Ryoichi Imasu

Keywords : polar stratospheric clouds, cirrus, Antarctic, satellite remote sensing, GOSAT, CO₂ slicing method, split window method

1. Introduction

In the polar region, the clouds characteristic of polar called polar stratospheric clouds (PSCs) are formed in winter stratosphere (*McCormick et al.*, 1982). Atomic Cl behaved like catalyzer in reaction of ozone resolution is generated due to heterogeneous reaction on the surface of PSC particles. Thus, they have been observed by direct detection using balloons or airplane and remote sensing from ground or space as a cause of ozone depletion above the polar region. In this research, I tried to detect PSCs using thermal infrared spectral data observed TANSO-FTS onboard GOSAT to get more broad distribution than that of previous research and to improve precision of greenhouse gas detection.

2. Method

The data observed in 16~18, Sep., 2009 in the polar region by GOSAT were used in this study. Because of the similarity of the optical properties of PSCs and cirrus, two methods developed to detect cirrus to detect PSCs were applied with the data..

The first method is called CO₂ slicing method. This method enables to detect clouds by calculation using the radiances at two wavelengths in 15 μ m CO₂ absorption band because they have sensitivity in different altitude (*Smith et al.*, 1970). In this study, I improved this algorithm by using radiance selected near CO₂ absorption lines so that clouds are more precisely detected.

The second method is called split window method. This method is used wavelengths dependency of absorption intensity of the clouds in the thermal infrared band between 10 and 13.0 μ m called split window that there are few absorption by gases. *Hervig et al.* (2001) shows the difference of behavior of relation of brightness temperature difference (BTD) between at 11.9 μ m and at 10.9 μ m and brightness temperature at 11.9 μ m in the situations of being cirrus and PSCs, and they detected optically thick PSCs. Therefore, I tried to detect PSCs by this method

3. result and discussion

Because there have been no cases applying CO₂ slicing method to detect PSCs, this algorithm was applied with the calculation results by LBLRTM to check whether this method is available to detect PSCs. The combination of wave numbers is important in this method. Hence, the algorithm was

applied with changing combinations of wave number between $710\sim 750\text{cm}^{-1}$ for each situations. Since it was showed that thin clouds like cirrus and PSCs over Antarctica can be detectable by this algorithm using particular combination of wave lengths, the data observed by GOSAT was analyzed with this algorithm.

The split window method showed in *Hervig et al. (2001)* is applied with GOSAT data, but it can't detect PSCs. I calculated radiances observed in the situation similar to *Hervig et al. (2001)*, but I can't get the relation of brightness temperature and brightness temperature difference showed in this paper.

The clouds distribution derived with slicing method are compared with the clouds and stratospheric matter distribution derived with CALIPSO observation and ground-based lidar observation at Showa Station. As a result of this, there is consistency with the distribution of PSCs and higher clouds except particular region.

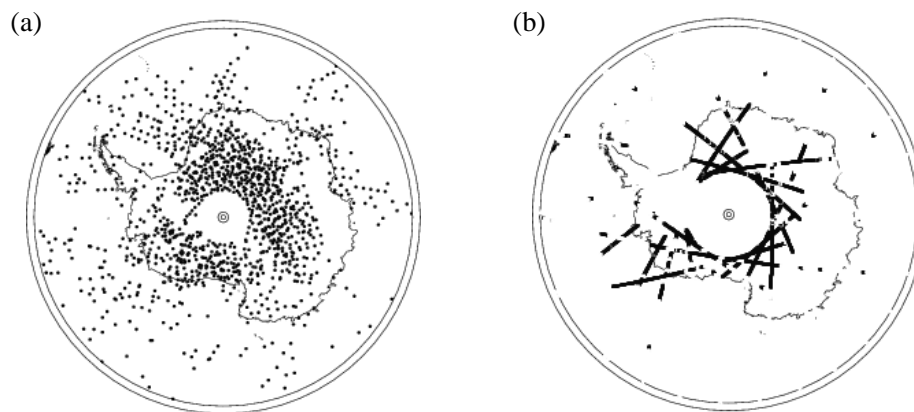


Fig. (a)clouds distribution derived with slicing method (b)stratospheric matter distribution derived with CALIPSO observation in September 18, 2009

Reference

- Hervig, M. E., K. L. Pagan, and P. G. Foschi (2001), Analysis of polar stratospheric cloud measurements from AVHRR, *Journal of Geophysical Research-Atmospheres*, *106*(D10), 10363-10374.
- Smith, W. L., H. M. Woolf, and W. J. Jacob (1970), A REGRESSION METHOD FOR OBTAINING REAL-TIME TEMPERATURE AND GEOPOTENTIAL HEIGHT PROFILES FROM SATELLITE SPECTROMETER MEASUREMENTS AND ITS APPLICATION TO NIMBUS-3 SIRS OBSERVATIONS, *Monthly Weather Review*, *98*(8), 582-&.
- Solomon, S., R. R. Garcia, F. S. Rowland, and D. J. Wuebbles (1986), ON THE DEPLETION OF ANTARCTIC OZONE, *Nature*, *321*(6072), 755-758.