

赤外線天体望遠鏡による温室効果ガスの観測

2010年3月 自然環境学専攻 47-086638 林 洋司
指導教員 准教授 今須良一

キーワード：温室効果ガス、赤外線天体望遠鏡、標準星

1 はじめに

近年、世界中で地球温暖化が原因とされる現象が確認されており、地球温暖化は人類共通の問題となっている。地球温暖化の主要な原因は人為起源の温室効果ガスと考えられている [IPCC, 2007]。温室効果ガスは人間活動の様々な場面で排出されているが、排出された温室効果ガスが地球大気中でどのような挙動を示し、その結果としてどのような気候変化が起きているか、起きる可能性があるかということを知ることが重要である。そのためには、温室効果ガスの時間・空間変動を正確に把握する必要があり、現在、地球規模で温室効果ガスの大気観測が行われている。しかし、地上観測のみでは南米やアフリカなどに空白域があり、これらの空白域を何らかの方法で埋めていく必要がある。このような状況を踏まえ、本研究では南米チリに建設している天体望遠鏡の観測データから温室効果ガスの大気中濃度を推定することを試みる。これまでに天体観測データから温室効果ガス濃度を導出した例はないため、天体観測から得られる生画像から解析を行う必要がある。本研究では、そのためのデータ解析手法を確立することを目的とする。最終的には二酸化炭素やメタンなどの解析を目指す。本研究では最も解析しやすいと考えられるオゾンを対象として、データ解析手法の開発を行う。

2 観測手法

本研究では、最終的には南米チリに設置された miniTAO 望遠鏡を用いるが、観測が初期段階のため、まだ使用できるデータが得られていない。そのため、類似の分光装置を有するハワイに設置されたすばる望遠鏡（口径 8m）のデータを用いた。すばる望遠鏡には 9 つの観測装置が搭載されており、そのうちの冷却中間赤外線分光撮像装置 COMICS (Cooled Mid Infrared Camera and Spectrometer) という中間赤外の波長域に感度を持つ観測装置により得られたデータを利用した。また、本研究では明るさが既知で時間的に変化しない天体を用いた解析を行うため、天体観測データの中でも標準星の観測データを用いた。大気の吸収を受けていない標準星の放射スペクトルは [Cohen *et al.*, 1999] によりデータベース化されているものを用いた。

3 解析手法

中間赤外域には二酸化炭素、メタン、オゾンなどの温室効果ガスの吸収帯が存在するため、COMICS により得られた標準星の天体観測データから大気の吸収スペクトルを導き、そこから温室効果ガスの濃度を推定する手法を検討した。通常の温室効果ガスの地上観測では、太陽を光源とした観測が行われており、月を光源とした観測の試みも行われている。これらの観測では、太陽や月の放射が大気の放射に比べて非常に大きいため、大気からの放射を無視することができる。しか

し、中間赤外線を用いて天体を観測する際には、天体の放射よりも大気の放射の方が大きくなるため、大気の放射を無視することができない。そこで、地上から赤外線を放射する天体を観測する際には、天体と天体の近傍の大気を観測し、大気の放射を差し引くチョッピングと言う天体観測で通常用いられる手法をそのまま採用した。これにより、大気の吸収スペクトルの相対値は得ることができるが、天体望遠鏡には校正用黒体を設置することができないため放射輝度スペクトルの絶対値を得ることができない。そこで、2つの天体の天頂角の違いを利用して温室効果ガス濃度を導出する手法を考案した。

4 解析結果

データ解析には2006年1月13日の天体観測データを用いた。この日の天体観測データから、温室効果ガスを観測するために必要なデータセットを5組み得ることができたため、この5組みを様々に組み合わせることで解析を行った。その結果、解析の原理である天頂角の角度差が重要なパラメータであることが示唆された。また、観測が行われた時間に近いゾンデ観測のデータ（高度、気温、気圧、水蒸気圧）を大気放射伝達モデルLBLRTMに入力値として与えて計算し、天頂角の条件などから解析がうまくいった結果と比較したところ、全体的に吸収の特徴を捉えることができた（図1）。特に水蒸気の連続吸収帯付近（11～13 μm ）においては良い一致を示した。オゾンの吸収帯付近（9～10.5 μm ）では、解析結果とモデル計算の値にずれが見られるが、モデル計算のオゾンの鉛直プロファイルには熱帯標準モデル大気を使用しており、解析した日の大気を再現しているわけではないため、一致する必要はない。最後に、解析により得られた大気の光学的厚さから温室効果ガスの1つであるオゾンの気柱量を大気放射伝達モデルを用いて計算したところ、112(86～139)DU程度であり、衛星観測の結果(200 \pm DU)と比較すると過小評価していることがわかった。これらの結果から、天体観測データを用いて概ね大気の吸収特性を導出できた。しかし、絶対値についてはずれがあるため、観測の精度を上げるためには大気観測に特化した解析手法を構築することや、大気を観測する目的で天体の観測を行うことなどが必要となる。

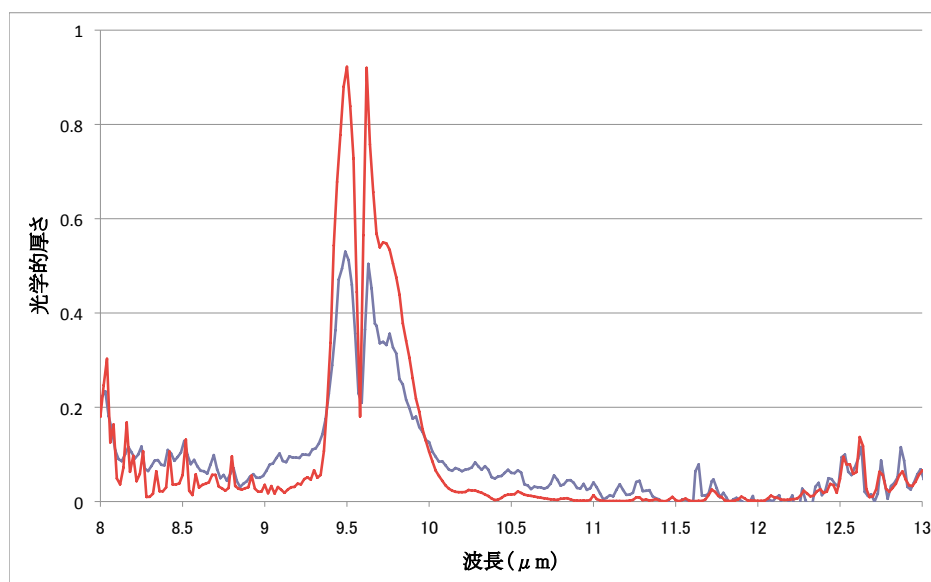


図1 解析結果（青）とモデル計算（赤）の比較

Observation of greenhouse gases from ground-based infrared astronomical telescopes

Mar. 2010, Department of Natural Environment Studies, 47-086638, Yoji Hayashi
Supervisor; Associate Professor Ryoichi Imasu

Keyword : Greenhouse gases, ground-based infrared astronomical telescopes, standard star

1 Introduction

Greenhouse gases are major causes of the global warming [*IPCC, 2007*]. But, it is not clear how greenhouse gases behave in the atmosphere and affect to climate changes. A network of ground-based observation is spread over the world and long-term measurements at those sites are utilized to understand spatial and temporal variations of greenhouse gases. However, observation is still lacking in South America and Africa. Institute of Astronomy, The University of Tokyo has conducted an international project called TAO (University of Tokyo Atacama Observatory) Project. In this project, a huge telescope (diameter of the main mirror is 6m) is being constructed at the observation site in Chile. We have a plan to estimate concentrations of greenhouse gases from the telescope data.

In this study, we propose a new data analysis method for estimating concentrations of greenhouse gases using an infrared astronomical telescope on the ground.

As the first step of the analysis of greenhouse gases, we here develop a method to derive ozone concentrations.

2 Observation

Because the TAO is still under construction, we use another telescope called Subaru in Hawaii. The Subaru telescope, which has 9 observational instruments, is located at the top of Mt. Mauna Kea, Hawaii. In this study, we use mid-infrared grating spectrometer, called COMICS (Cooled Mid Infrared Camera and Spectrometer). This spectrometer provides spectroscopic capabilities from 7.5-13.5 μm , which contains absorption bands of methane and ozone.

In this analysis, we use standard stars, which have known temporally stable radiation. Ideal spectra data of the standard stars are archived by [*Cohen et al., 1999*].

3 Analysis

In usual, ground-based remote-sensing, concentrations of greenhouse gases are derived from the solar or lunar radiation spectra. In that analysis, the atmospheric radiation is negligible because it is much smaller than the solar radiation.

In this study, we have developed a new method to derive concentrations of greenhouse gases

from stellar radiations using short interval observation data.

However, in the infrared astronomical observation, atmospheric radiation is higher than stellar radiation. In order to analyze these greenhouse gases, we developed a new method using two stars which have different zenith angles observed in a short interval.

4 Result

We analyze observed data, which is obtained on Jan. 13, 2003. From these data, we could obtained five analyzable data sets. And, analysis result shows the difference of zenith angle is dominant parameter in our analysis.

Next, inputting meteorological data (altitude, pressure, temperature and water vapor) to radiative transfer model to compare with analyzed data, our analysis data almost corresponded to model output, especially in the absorption band of water vapor (11-13 μm). Finally, we derived column amount of ozone as 112(86-139)DU, while $200\pm 50\text{DU}$ is simultaneously observed by the satellite measurement. Then, we found that it is possible to derive atmospheric absorption features by this method. For the next step of estimating concentrations of greenhouse gases, we should perform more accurate measurement.

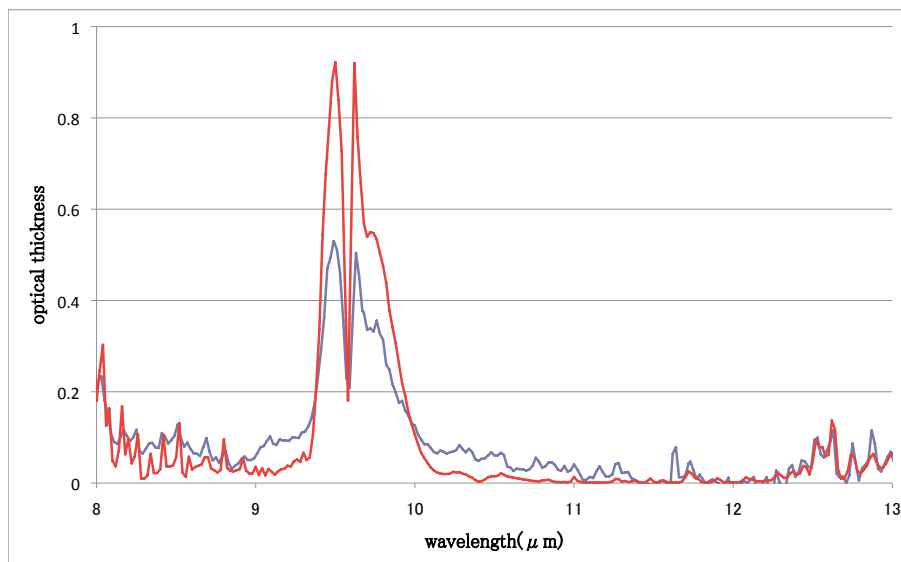


Fig.1 analysis(blue) and model(red)