

超小型衛星搭載リフレクタを利用した温暖化気体のレーザー計測計画

An plan on Laser Measurements of
Atmospheric Greenhouse Gas using a Small Satellite Borne Reflector

阿保 真、長澤親生、柴田泰邦
佐原宏典、小島広久、竹ヶ原春貴
Makoto Abo, Chikao Nagasawa, Yasukuni Shibata,
Hironori Sahara, Hirohisa Kojima, Haruki Takegahara

首都大学東京システムデザイン研究科
Graduate School of System Design, Tokyo Metropolitan University

Abstract

A measurement project of greenhouse gases (CO_2 , CH_4) is planned using differential absorption and scattering (DAS) techniques for earth-satellite-earth laser propagation. The laser beam is transmitted from a ground station and reflected by the retroreflector borne on a small satellite flying at low altitude (200km), and received at the same ground station. The ground system consists of injection-seeded Nd:YAG laser excited OPO laser system oscillating in $1.6\mu\text{m}$ band, a receiving telescope with 0.5m diameter and data processing system.

1. はじめに

地上と衛星間のレーザー長光路吸収法を利用した大気微量成分測定は、伝搬路を長く取れるため地球大気微量成分の高感度な測定手法である。1996年8月に打ち上げられた地球観測プラットフォーム技術衛星「みどり (ADEOS)」に大型のリトロリフレクタ (RIS : Retroreflector in Space)が搭載され、高速追尾可能な口径 1.5mの大型望遠鏡と炭酸ガスレーザー (波長 $10\mu\text{m}$ 帯) を用いて、世界で初めて大気吸収スペクトルの測定が行われ、オゾンのカラム量の測定に成功した。しかし ADEOS 衛星は残念ながら太陽電池パネルのトラブルにより、1997年6月に運用停止となった。またその後衛星地球間のレーザー長光路吸収法を利用した大気測定は行われていない。

最近「まいど」衛星や大学・高専衛星など大型ロケットの余剰スペースを利用した超小型衛星 (3辺が 50cm 以下、重量は 50kg 以下) が話題となっている。これらは既存の人工衛星に比較して、開発期間が短く低コストであり、最新の研究開発成果を取り組むことが可能、複数基の同時運用が容易などの特徴があり注目されている。

我々は、 $1.6\mu\text{m}$ の CO_2 の吸収線を用いた差分吸収ライダー (DIAL) の開発を行い、高度 7km までの CO_2 高度分布観測に成功している。DIAL は大気分子やエアロゾルの散乱を利用しているため、時間積分するなど工夫をしないと十分な感度が得られないが、地上と衛星間のレーザー長光路吸収法を利用することで高感度・高時間分解能な観測が期待できる。

2. 超小型衛星を利用したレーザー長光路吸収計測

提案する観測手法は ADEOS で行われた手法をベースにしているが、Table 1 に示すように以下の点が異なる。地上に設置されるレーザーの波長を ADEOS の $10\mu\text{m}$ よりも短くして $1.6\mu\text{m}$ とすることで、高感度の光検出器 (光電子増倍管) が利用でき、地上の追尾用望遠鏡を口径 50cm 程度まで小さくすることが出来、衛星搭載のリフレクターも小さくすることができる。また、2波長のダブルパルス観測を行うことにより、1パルスでの差分吸収測定も可能であり、設置点近傍での CO_2 やメタンなどの温暖化気体の高水平分解能観測、水平成層を仮定した高度分布観測が可能である。

3. まとめ

超小型衛星と全固体レーザーを使った長行路差分吸収法により、比較的安価なシステムで地球規模のCO₂やメタンなどの温暖化気体の観測が可能である。ここで提案している地上システムや衛星システムは、比較的安価に製作可能であり、地球上で送受信ステーションを多点配置ができれば、精度の高い温暖化気体の有用な観測が可能となる。

現状の温暖化気体の同様のコラム量を測定する装置として、GOSATやFTSがあるが、これらの装置では、夜間の観測は難しい面がある。一方、本システムは夜間により精度を得ることができる特徴がある。また、地上システムに高分解能レーザーシステムを導入することにより、エアロゾルのExtinctionを精度良く測定することも可能である。

参考文献

Sugimoto, N., et al., Earth-Satellite-Earth Laser Long-Path Absorption Experiment Using the Retroreflector in Space (RIS) on the Advanced Earth Observing Satellite (ADEOS), J. Opt. A: Pure Appl. Opt. 1, 201-209, 1999.

Table 1 Comparison of the specifications of ADEOS and Small-satellite

Parameter	ADEOS	Small-Satellite
Wavelength	10 μm	1.57 μm
Telescope Aperture	1.5 m	0.5 m
Laser Energy	100 mJ	100 mJ
Beam Divergence	90 μrad	90 μrad
Quantum Efficiency	0.002	0.1
Optical Efficiency	0.5	0.5
Transmittance	0.7	0.8
RIS Mirror Size	35 cm	15 cm
Orbit Altitude	800 km	200 km
RIS Efficiency	$1.7 \times 10^{-18} \text{ m}^{-2}$	$1.7 \times 10^{-18} \text{ m}^{-2}$
Estimated Receiving Photon number	$1.8 \times 10^6 / \text{shot}$	$1.7 \times 10^6 / \text{shot}$