

A D E O S 搭載 R I S を用いるレーザー長光路吸収測定手法の開発
Spectroscopic Method for Earth-Satellite-Earth Laser Long-Path
Absorption Measurements Using RIS on ADEOS

杉本伸夫, 湊 淳, 笹野泰弘

Nobuo Sugimoto, Atsushi Minato and Yasuhiro Sasano

国立環境研究所

The National Institute for Environmental Studies

Abstract

A Spectroscopic method for laser long-path absorption Measurements using RIS (Retro-reflector In-Space) on ADEOS has been developed. This method utilizes the Doppler shift of reflected beam resulting from the movement of RIS for measuring the atmospheric transmission spectrum. The feasibility of a system using single-mode TEA CO₂ lasers was evaluated by a computer simulation.

RIS は 1996 年春に打ち上げ予定の ADEOS 衛星に搭載されるリトロリフレクターで、地上から発射したレーザーを用いて地上衛星間の往復の光路で大気微量分子の長光路吸収測定を行うことを目的とする。Fig.1 に RIS の構造を示す。衛星が高速で進行することによる光行差を補正するためにリフレクターを構成する三枚の鏡面の一面にゆるやかな球面を用いた。鏡面の一辺の長さは約 35 cm である。RIS の光学的設計の詳細は前回報告した。RIS の構造設計は米国のメーカーで行われ、既に搭載ユニットと同一構造を持つ地上試験用モデルの製作を終えている。

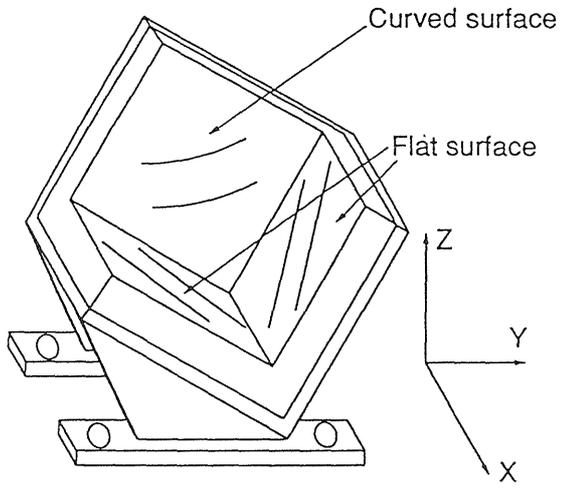
RIS 測定に用いる地上システムの構成を Fig.2 に示す。測定には種々の方法が考えられるが、単一モードの TEA 炭酸ガスレーザーを用いる方法を採用した。この手法では、衛星が進行することにより生じる反射光のドップラーシフトが衛星の位置の関数として変化することを利用して測定対象分子のスペクトルを測定する。Fig.3 にオゾン測定に用いるレーザー発振線の例を示す。図中にはドップラーシフトで掃引される波長領域を示した。RIS 測定ではスペクトル測定用と大気ゆらぎ等を打ち消すための参照用の二台のレーザーを用いる。

Table 1 に炭酸ガスレーザーとその第二、第三高調波を用いて測定される分子を示した。オゾン、メタンなど大きな吸収を持つ分子については吸収線形状を利用した反転法により、高度分布が得られる。また、吸収の弱い HNO₃, CFC12 や、吸収の強すぎる CO, N₂O などについてはカラム量が求められる。

RIS 測定における受信信号強度のシミュレーション結果を Fig.4 に示す。レーザー波長 10 μm, 出力 100 mJ, 送信ビーム拡がり 0.1 mrad, 受信望遠鏡の口径を 1.5 m とした。また、大気を含めた送信から受信までの光学系全体の効率を 0.005 とした。この他、RIS の反射特性の衛星位置への依存性も考慮している。Fig.4 では、1 ショットの当りの受信光子数を表示した。また、 $D^* = 7 \times 10^{10} \text{ cmHz}^{1/2} \text{ W}^{-1}$, 量子効率 0.6, 時定数 1 μs としたときの検出器雑音に相当する光子数も表示した。Fig.4 より、1 ショット当たり約 100 以上の信号対雑音比が得られることがわかる。RIS 測定では 1 回の測定で約 10000 ショットの信号が記録されるので、精度の高いスペクトル測定が期待される。それぞれの分子の濃度測定の精度については、測定およびデータ解析の全ての過程を含んだシミュレータープログラムを作成して評価を行っている。

(参考文献)

- 1) 湊, 杉本, 笹野: 日本リモートセンシング学会誌, 11, (1991) 225-234.
- 2) 湊, 杉本, 笹野: レーザー研究, 19, (1991) 1153-1163.



X: Direction of satellite movement
Z: Nadir

Fig. 1 Structure of RIS.

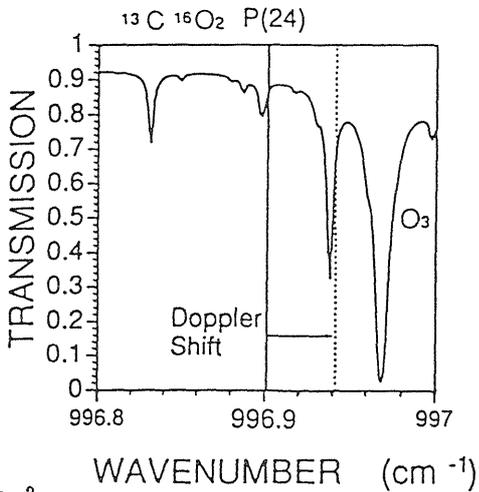


Fig. 3 Synthesized atmospheric transmission spectrum (one-way path, el. = 60 deg.) and laser line for ozone measurement.

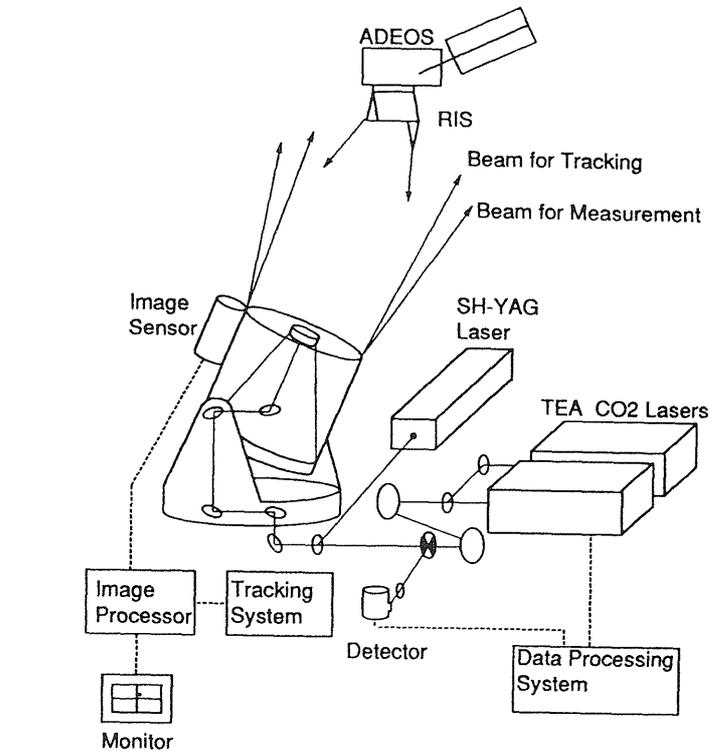
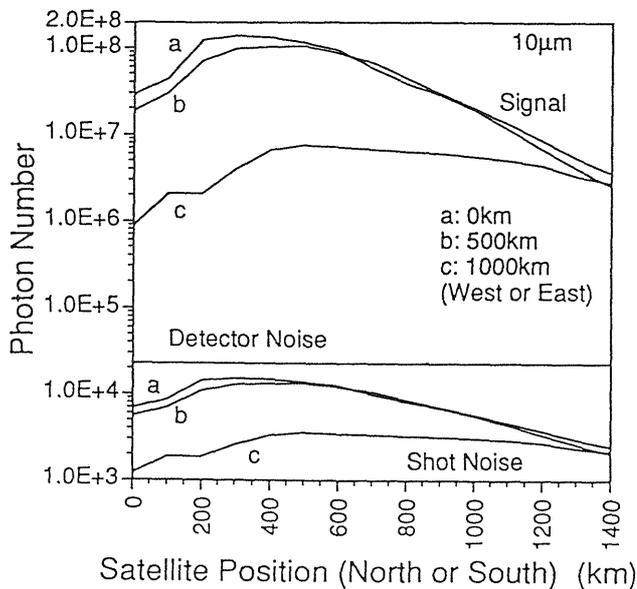


Fig. 2 Ground system for RIS measurement.

Table 1 Target Molecules and CO₂ Laser Lines

Molecule	Laser Line	Isotope	Wavenumber (cm ⁻¹)
O ₃	P(18)	636	1002.4778
	P(20)	636	1000.6473
	P(24)	636	996.9011
	R(34)	636	937.5844 (Reference)
CO ₂	P(26)	626	938.6883
	R(36)	636	938.7776
HNO ₃	P(8)	636	907.0528
CFC12	R(6)~R(14)	636	918.74~924.53
CO	R(24) SH	626	1081.0874 x 2
	R(30) SH	626	1084.6351 x 2
N ₂ O	R(8) SH	626	1070.4623 x 2 (Ref.)
	R(38) SH	626	1089.0011 x 2
CH ₄	R(40) SH	626	1090.0284 x 2
	R(22) TH	626	977.2139 x 3
	R(34) TH	626	984.3832 x 3
	R(26) TH	626	979.7054 x 3 (Ref)

Fig. 4 Simulated signal photon number for a single shot measurement at 10 μm.