

Spectroscopic Method for Earth-Satellite-Earth Laser
Long-Path Absorption Measurement Using RIS

湊淳、杉本伸夫、笹野泰弘、板部敏和*、廣本宣久*、高部政雄*

Atsushi Minato, Nobuo Sugimoto, Sasano Yasuhiro,

Toshikazu Itabe*, Norihisa Hiromoto* and Masao Takabe*

国立環境研究所、*通信総合研究所

The National Institute for Environmental Studies

*Communications Research Laboratory

Abstract

A spectroscopic method for Earth-Satellite-Earth laser long-path absorption measurements using RIS has been developed. The Doppler shift of reflected laser beam will be utilized for spectroscopic measurements. Absorption spectrum of O₃, CH₄, CFC1₂ etc. can be measured with TEA CO₂ laser transmitter-receiver system. The measurement and data reduction method have been evaluated and optimized by a computer simulation.

R I S は 1 9 9 6 年 打 ち 上 げ 予 定 の A D E O S 衛 星 に 搭 載 さ れ る リ ト ロ リ フ レ ク タ ー で、 地 上 衛 星 間 の 往 復 の 光 路 に お け る 大 気 微 量 分 子 の レ ー ザ ー 長 光 路 吸 収 測 定 に 用 い ら れ る。 R I S は、 口 径 が 5 0 c m で、 単 一 素 子 の 空 洞 型 キ ュ ー ブ コ ー ナ ー リ ト ロ リ フ レ ク タ ー で、 光 行 差 に よ る 反 射 光 の 受 信 効 率 の 低 下 を 防 ぐ た め、 3 枚 の 鏡 面 の う ち 1 面 に 曲 率 半 径 の 大 き な 球 面 を 用 い て い る。 測 定 は、 地 上 測 定 シ ス テ ム か ら み た 衛 星 の 仰 角 が 3 0 度 か ら 9 0 度 の 間 で 行 な わ れ、 1 回 の 測 定 時 間 は 約 3 分 で あ る。

地 上 測 定 シ ス テ ム の 概 念 を F i g. 1 に 示 す。 地 上 測 定 シ ス テ ム は、 分 光 用 レ ー ザ ー の 送 受 信 シ ス テ ム と 衛 星 の 追 尾 シ ス テ ム か ら 構 成 さ れ る。 分 光 測 定 用 レ ー ザ ー に は、 同 位 体 炭 酸 ガ ス (¹³C O₂、 ¹²C O₂) レ ー ザ ー を 2 台 用 い る。 1 台 は、 吸 収 ス ペ ク ト ル 測 定 用 で、 も う 1 台 は 大 気 揺 ら ぎ の 影 響 を 補 正 す る た め の 参 照 用 で あ る。 衛 星 の 運 動 に よ る 反 射 光 の ド ッ プ ラ ー シ フ ト を 利 用 し て 地 上 衛 星 間 の 大 気 の 吸 収 ス ペ ク ト ル を 測 定 す る。 炭 酸 ガ ス レ ー ザ ー の 基 本 波、 第 二、 第 三 高 調 波 を 用 い る こ と に よ り、 オ ズ ン、 フ ロ ン、 メ タ ン 等 の 吸 収 ス ペ ク ト ル の 測 定 が 可 能 で あ る。

高 精 度 の 衛 星 追 尾 を 実 現 す る た め に 従 来 の プ ロ グ ラ ム 追 尾 と 併 用 し て、 レ ー ザ ー 光 で R I S を 照 射 し 反 射 光 を 画 像 と し て 捉 え る 能 動 的 衛 星 追 尾 を 行 な う。 追 尾 に 使 用 す る レ ー ザ ー は Y A G レ ー ザ ー の 第 二 高 調 波 で あ る。

分 子 の 吸 収 断 面 積 は 気 圧、 気 温 に 依 存 す る、 す な わ ち 分 子 の 存 在 す る 高 度 に 依 存 す る の で 測 定 し た 地 上 衛 星 間 の 吸 収 ス ペ ク ト ル の デ ー タ か ら 逆 問 題 を 解 く こ と に よ り 分 子 濃 度 の 高 度 分 布 を 求 め る こ と が 可 能 で あ る。 分 子 の 濃 度 以 外 に 装 置 定 数 と 測 定 対 象 分 子 以 外 の 連 続 的 な 吸 収 係 数 を 未 知 数 と し て 逆 問 題 を 解 く ア ル ゴ リ ズ ム を 開 発 し、 デ ー タ 解 析 プ ロ グ ラ ム を 作 成 し た。 逆 問 題 の 解 法 に は 特 異 値 分 解 法 を 用 い て い る。 適 当 な 強 度 の 吸 収 ス ペ ク ト ル が 測 定 で き な い 分 子 や フ ロ ン 1 2 の よ う に 吸 収 ス ペ ク ト ル が 連 続 的 で あ る 分 子 に 関 し て は カ ラ ム 濃 度 を 導 出 す る。

現 在、 測 定 の シ ミ ュ レ ー シ ョ ン に よ り、 測 定 手 法、 デ ー タ 解 析 手 法 の 最 適 化 を 行 な っ て い る。 R I S、 地 上 施 設 の 光 学 的 特 性、 大 気 の モ デ ル ス ペ ク ト ル、 検 出 器 雑 音 等 を 考 慮 に い れ て 測 定 シ ミ ュ レ ー シ ョ ン デ ー タ を 作 成 す る。 こ れ を デ ー タ 解 析 プ ロ グ ラ ム で 分 子 濃 度 デ ー タ に 変 換 し、 予 め 仮 定 し た 分 子 濃 度 と 比 較 し て 評 価 を 行 な っ た。

Fig. 2 にオゾン測定シミュレーションデータ、Fig. 3 にシミュレーションデータを解析して得られた濃度プロファイルを示す。また、Fig. 4 に、メタンの濃度プロファイルのシミュレーションによる結果を示す。いずれも、高い精度で濃度プロファイルが求められることが分かる。フロン12測定に関しても、シミュレーションによる測定の評価を行なった結果、スペクトルデータに誤差がないものとする場合0.5%の精度でフロン12のカラム濃度の測定が可能であることが分かった。

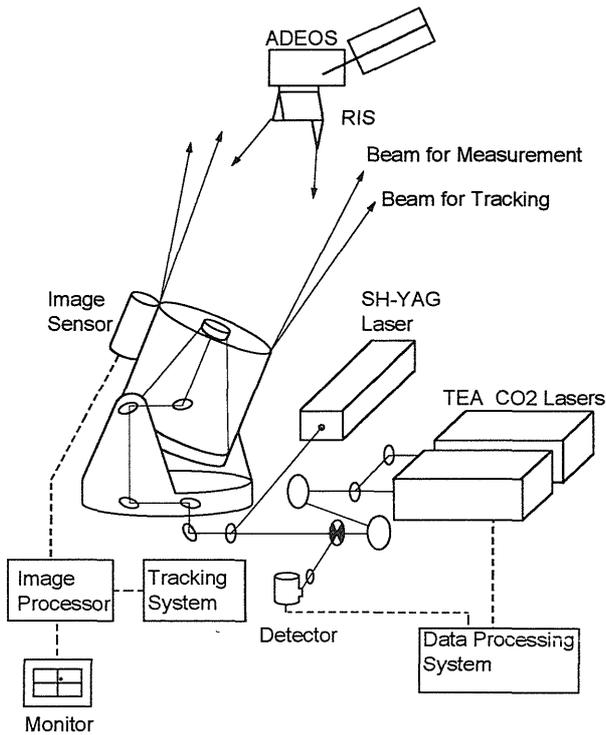


Fig.1 Ground system for RIS measurement.

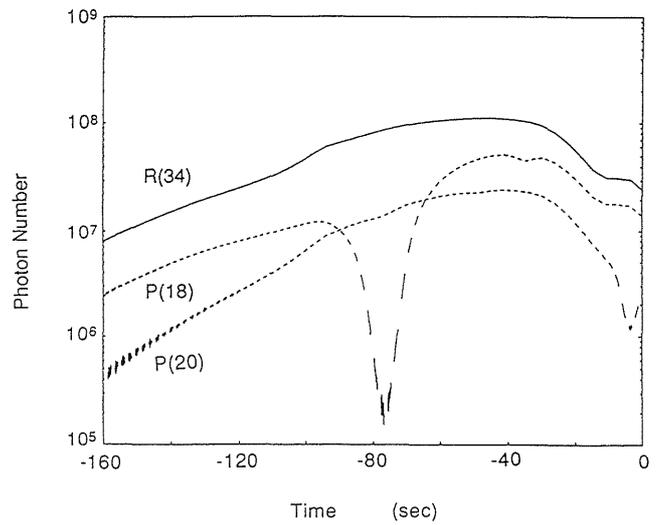


Fig.2 Simulated return signal for ozone measurement.

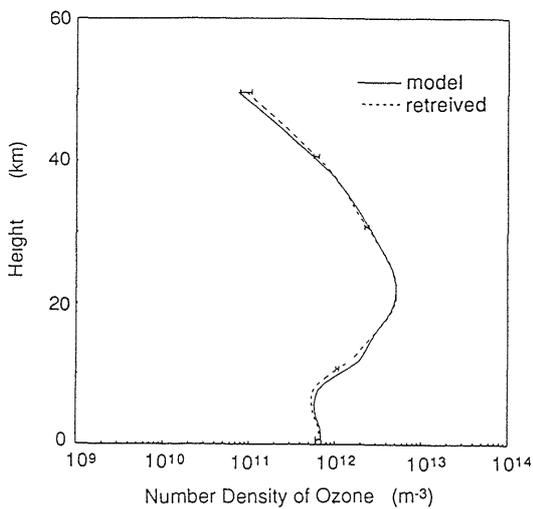


Fig.3 Retrieved density profile of ozone.

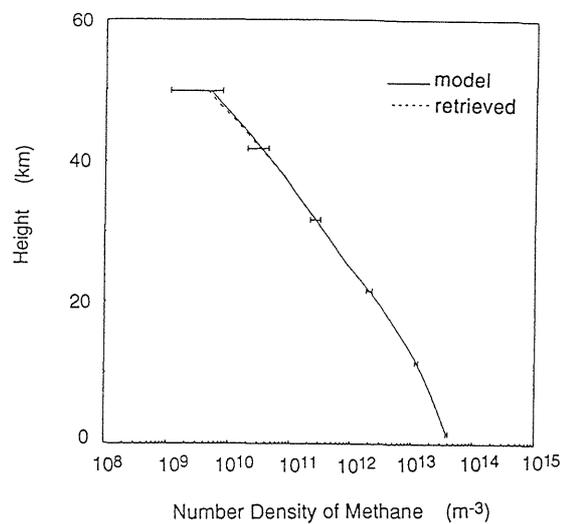


Fig.4 Retrieved density profile of methane.