

航空機搭載レーザヘテロダイン分光計による大気中CO₂S分子の観測

Observation of Atmospheric Carbonyl Sulfide
using an Airborne Laser Heterodyne Radiometer

石津 美津雄、板部 敏和

Mitsuo Ishizu, Toshikazu Itabe

郵政省通信総合研究所

Communications Research Laboratory,

Ministry of Posts and Telecommunications

Synopsis: An airborne laser heterodyne radiometer using a CO₂ local laser was developed for spectroscopic measurements of atmospheric minor constituents. Observations of solar absorption spectra near sunrise or sunset were carried out in March 1990 and March 1991 using a small airplane in order to gain the detecting sensitivity. A newly developed 256 channel acousto-optic spectrum analyzer adopted in this system enabled to analyze and integrate solar spectrum within a restricted observational time in this measurements. The spectral resolution of the radiometer was determined by the analyzer as 4MHz(0.00013 cm⁻¹). The performance of the system and the result of the observation of CO₂S molecule is presented.

はじめに

レーザヘテロダイン分光計は、多原子分子の吸収線が豊富に存在する赤外領域において、量子限界の感度と吸収線のガウス分布幅を分解できる分解能を持つことから、大気中に極微量存在する分子の観測に威力を発揮することができる。この分光計を用いて検出感度を上げるには、日没日出時近くの太陽光に含まれる吸収線の観測が最適であり、衛星搭載によるリムスキャン観測が最終的な目標である。しかし、地表付近のダストや水蒸気に妨げられない十分高い高度からの航空機搭載観測を行えば、かなりの感度向上が期待できる。このため、我々は航空機搭載型のレーザヘテロダイン分光計の開発を行ってきた。日没日出時の航空機観測は、観測条件が刻々と変化し観測可能時間も短いため、効率的なマルチチャンネル方式のスペアナが必要である。このため光音響スペアナを新しく開発し観測に用いた。観測は大気中の硫黄成分の一つであるCO₂S分子の検出を目標に、1990年と1991年の3月に行われ、その吸収線を観測した。本報告では、分光計システムの概略と観測結果について報告する。

レーザヘテロダイン分光計システム

分光計は光学部とデータ処理部に分かれ、前者はPV型HgCdTe赤外検出器を用いた光ミキサと伝導冷却・導波型CO₂レーザを用いた局部発振レーザから構成され、後者は光音響スペアナと計算機で構成され、スペクトル解析とデータの蓄積を行う。それぞれのブロックダイアグラムを Fig.1~2に示す。今回新しく試作された光音響スペアナは、光ミキサの帯域1GHzのヘテロダイン信号を増幅して光偏向素子に入れ、これにより回折させた半導体レーザ光を一次元アレイセンサーで検出してスペクトルを得る。光偏向素子はBrimrose社製LINS-1、半導体レーザはシャープ社製LD015MDを用い、スペクトル分解能4MHz/ch、チャンネル数256chの性能を得た。これは前回のシンポジウムで報告した掃引型スペアナの256倍の性能と同等であり、4時間16分必要であった観測時間が1分間に短縮されることになる。

大気中CO₂S分子の観測

大気中硫黄成分にはCOSとSO₂分子があり、火山の噴煙、化石燃料の排ガス等が発生源で、酸性雨、成層圏エアロゾルの原料物質である。対流圏中のCOSは300~400pptv程度存在していることが、大気球や高高度航空機によるサンプリングによって測定されている。分光計観測が成功すればさらに広範囲の大気中分布を容易に観測可能になることが期待される。本システムによる航空機搭載観測はCOS分子の検出を目的に1990年3月18~21日と1991年3月12~18日に、仙台空港を基地として行われた。この観測では夜間の離発着を行うため、その設備の備わっているこの空港が選ばれた。

COS分子は局発CO₂レーザを9P(22)に同調して、Table1に示した2本の吸収線が観測される。吸収線強度のわかっているP(5)を積分時間10秒で観測すると、光路長を10kmと仮定して検出感度は320pptであり、何とか検出できることになる。観測の結果得られたFig.3のスペクトルの矢印の位置に確かに吸収線が観測された。詳細は当日発表する。

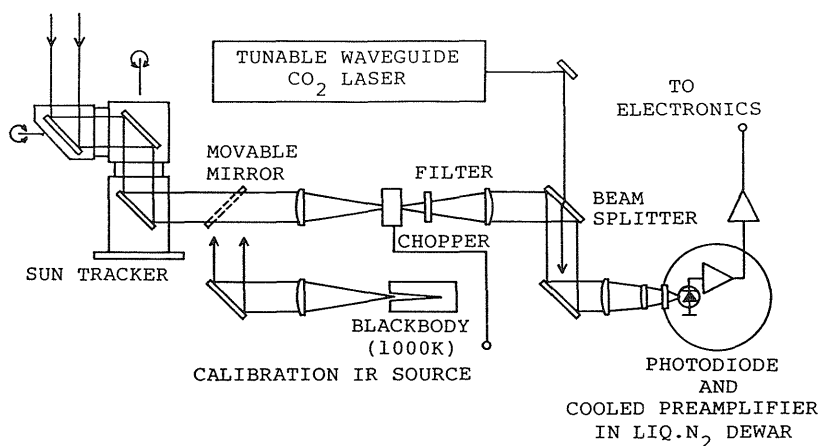


Figure 1. Block diagram of optical section of the laser heterodyne radiometer.

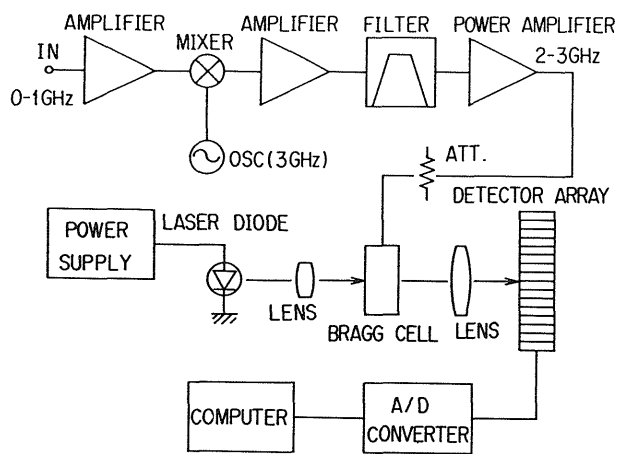


Figure 2. Block diagram of acousto-optic spectrum analyzer.

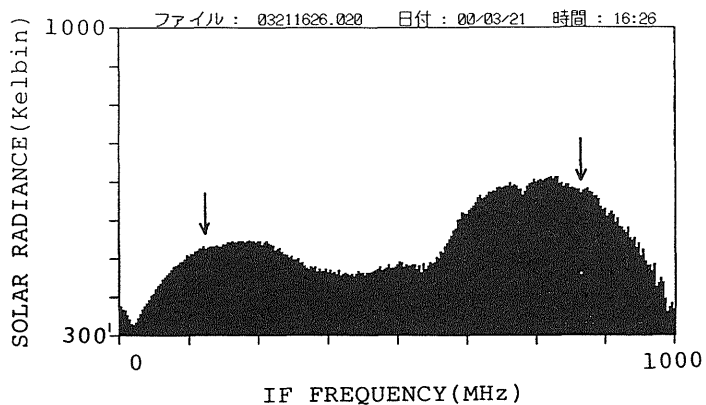


Figure 3. Absorption line of COS in solar heterodyne spectrum.

molecule	vib. trans.	rot. trans.	line int. (cm ⁻² atm ⁻¹)	frequency (MHz)	CO ₂ laser line	dif. freq. (MHz) COS-CO ₂
¹² C ¹⁶ O ³²	02 ⁰ 0-00 ⁰ 0	P(5)	0.0603	31329092.1	9P(22)	129 ± 2
¹² C ¹⁶ O ³²	03 ¹ 0-01 ¹ 01	P(20)	31328129.2	9P(22)	-832 ± 2

Table 1. Absorption line parameters of COS relevant to heterodyne observation.