

P 2 4 大気微量成分測定用可搬型レーザーヘテロダイン分光計の開発 (2)

Development of a Portable Laser Heterodyne Spectrometer for Remote Sounding of Atmospheric Minor Constituents (2)

岡野章一、田口 真、阿部利弘、福西 浩

S. Okano, M. Taguchi, T. Abe, H. Fukunishi

東北大学理学部附属超高層物理学研究施設

Upper Atmosphere and Space Research Laboratory, Tohoku University

Abstract A portable laser heterodyne spectrometer has been developed for remote sensing of atmospheric minor constituents. This instrument can measure several different wavenumber regions from 1100 to 1250 cm^{-1} by selecting the local oscillator lasers installed in a large Dewar vessel and controlling the laser temperature from 65K to 90K with a stability of 0.01K. We have observed atmospheric ozone, methane and nitrous oxide with this instrument at Mt. Haleakala, Maui, Hawaii.

レーザーヘテロダイン分光法は中赤外領域における最も高感度かつ高分解能な分光法であり、地球大気中の微量気体成分のリモートセンシングに広い応用が期待されている技術である。特に半導体レーザーを局発に用いたレーザーヘテロダイン分光計は、小型軽量、低消費電力という特徴を持ち、将来的には航空機、気球、人工衛星などに搭載してより微量な大気成分の観測へ発展する可能性を秘めている。東北大学理学部ではオゾン及び関連微量気体成分の移動観測を目的とした可搬型レーザーヘテロダイン分光計の開発を進めてきたが、1991年7月から本格的に大気観測を開始した。ここでは可搬型レーザーヘテロダイン分光計の装置の概要を述べる。

今回新たに開発されたレーザーヘテロダイン分光計の第一の特徴は可搬である点で、学術的に興味がある地域や、より気象条件がよい観測地へ赴いて大気微量成分の観測を行うことが可能である。本装置のブロック図をFig. 1に示す。光学系部分の大きさは縦800mm横600mm高さ500mmで、重量は約70kgである。太陽光はサンフロッワーによって自動的に追尾される。

このレーザーヘテロダイン分光計の第二の特徴は、2個の半導体レーザーが液体窒素デュワーに内蔵されていて、これらの局発レーザーを切り換えることによって異なる波数領域を分光することが可能な点である。レーザーの切り換えの際には、レーザー光のコリメーションレンズが載る3軸のステージのマイクロメータ及び分光波数域選択用の回折格子が載るマウントの方位角と仰角のマイクロメータを調整する必要があるが、この作業は約15分で完了する。

冷却が必要な赤外素子、すなわち半導体レーザー

及びHgCdTe赤外検出器は全て共通の大型液体窒素デュワーに内蔵されている。この大型液体窒素デュワーは1回の補給で2日間以上液体窒素を保つので、観測中に液体窒素が蒸発することによる光軸のずれが非常に小さくなった。観測時には液体窒素の容器内を真空ポンプで減圧することによって、液体窒素の沸点を65K以下にまで下げている。そしてレーザー・ヒートブロックに取り付けたヒーターと温度センサーを使用して、レーザーの温度を65-90Kの範囲で0.01K以下の精度で制御可能である。このために広い同調波数域と高い波数再現性が同時に実現されている。

現時点でこの可搬型レーザーヘテロダイン分光計で観測可能な分子はオゾン、一酸化二窒素、メタンの3種類で、それらの気体成分の観測に使用する吸収線が存在する波数域はそれぞれ1100、1180、1220 cm^{-1} である。それに対して装置帯域幅は0.0013 cm^{-1} であるので、 $8.5-9.4 \times 10^5$ という高い周波数分解能を実現している。

この装置を用いて1991年9月から10月にかけてハワイ、マウイ島、ハレアカラ山頂において、大気オゾン、メタン、一酸化二窒素の観測を実施した。観測はハワイ大学天文学科の観測施設を借用して行った。Fig. 2は観測地に設置された可搬型レーザーヘテロダイン分光計の光学系部分の写真である。レーザー電流制御及びデータ取得用のパソコン以外の装置は全て屋外に設置したため、気温の変化が激しい日出直後や日没直前は光学系が不安定になったが、太陽の南中時刻の前後3時間は安定して観測できた。観測結果については別の講演で詳しく述べる。

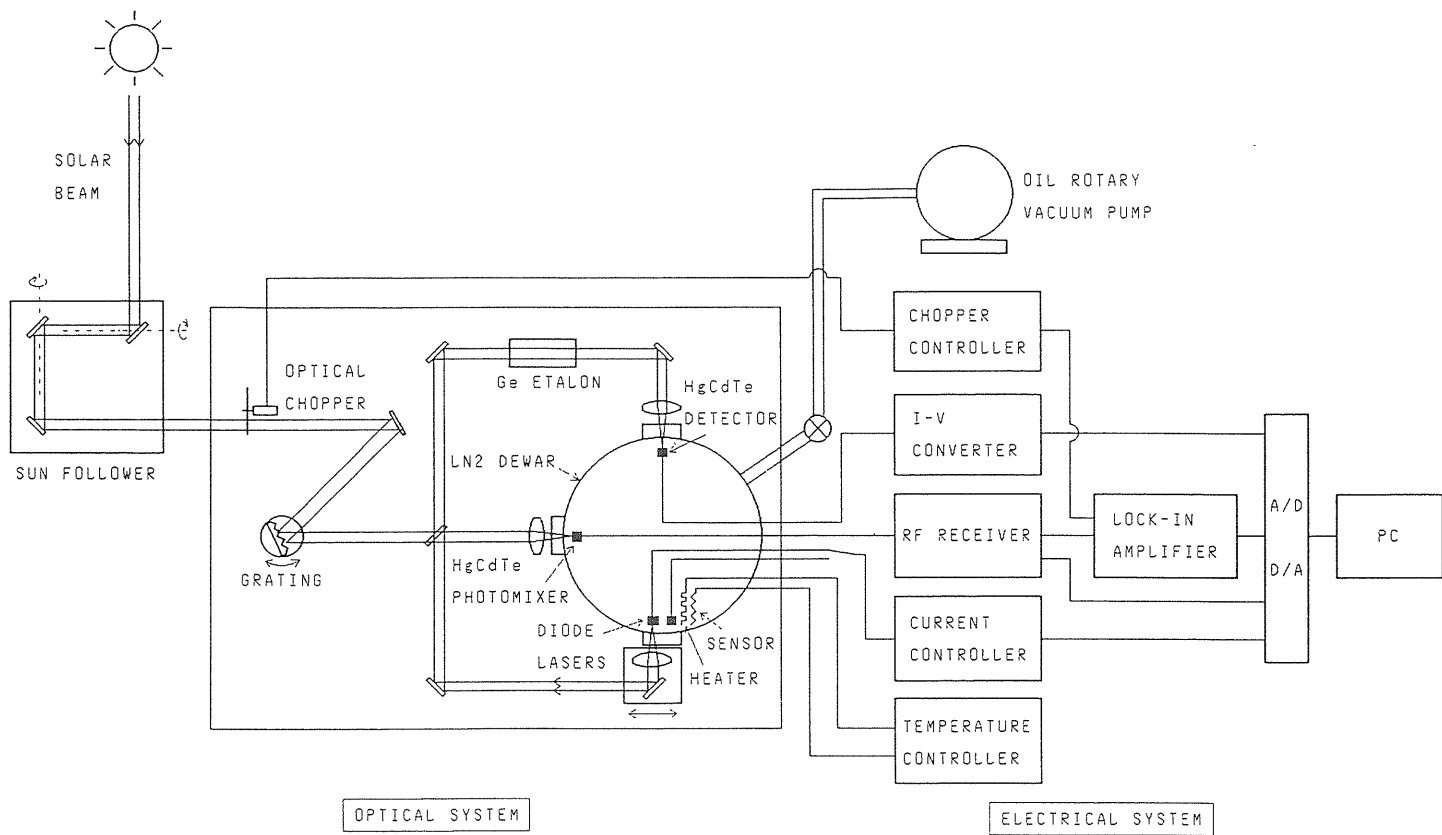


Figure 1. A schematic diagram of the portable laser heterodyne spectrometer.

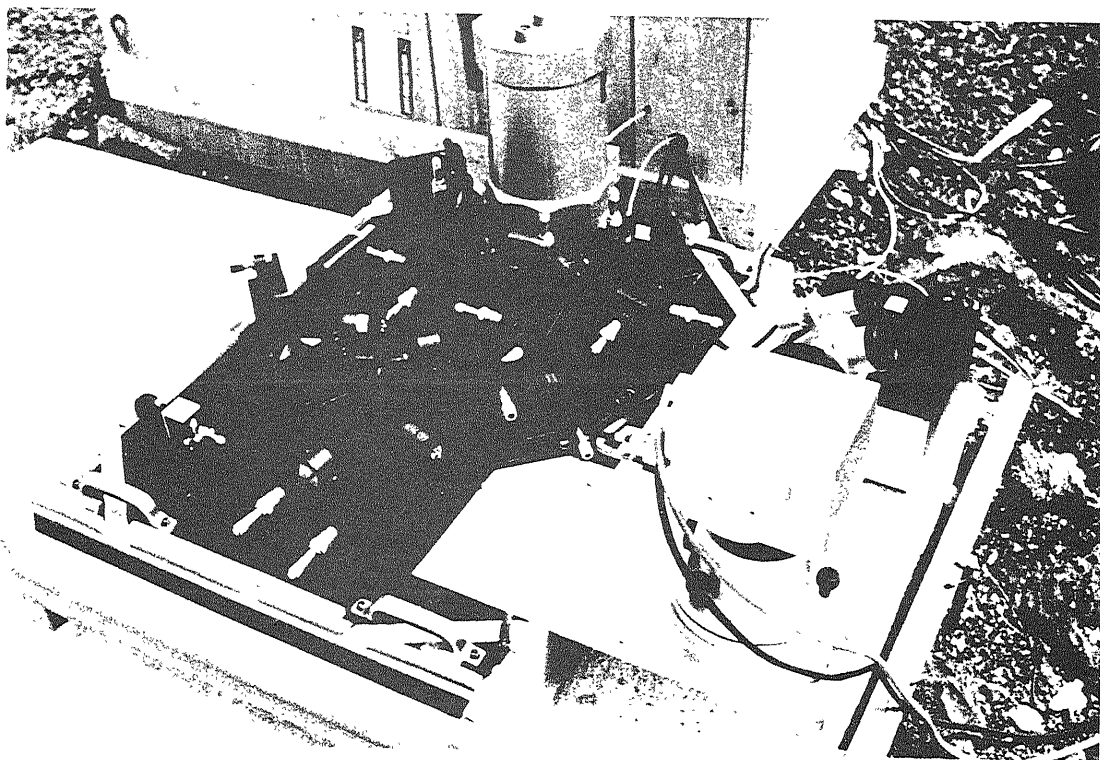


Figure 2. A cover-off photograph of the optical system of the portable laser heterodyne spectrometer set at the observation site at the top of Mt. Haleakala, Maui, Hawaii.