

## P 28 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

### Development of a Portable Laser Heterodyne Spectrometer for Remote Sounding of Atmospheric Minor Constituents

岡野章一、田口 真、福西 浩、大沼利弘

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

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 new portable laser heterodyne spectrometer has been developing for remote sounding of atmospheric minor constituents. This spectrometer is operating at several infrared regions using tunable diode lasers, of which the operating wavenumber regions can be widely selected by controlling their temperature. The use of a large Dewar vessel, in which the two lasers, a HgCdTe photomixer and a HgCdTe detector are installed, improves the stability of optical alignment. We plan to use this instrument for observations of vertical profiles and total column densities of  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{CH}_4$  and  $\text{O}_3$ .

#### 1. はじめに

東北大学理学部では大気微量成分のリモートセンシングを目的として赤外半導体レーザーヘテロダイン分光計（1号機）を世界に先駆けて開発し、1989年1月から現在まで継続して大気オゾンの全量及び高度分布の観測を行ってきている [Okano *et al.*, 1989; Fukunishi *et al.*, 1990; Taguchi *et al.*, 1990]。レーザーヘテロダイン分光法はその高感度、高分解能という特徴を生かして様々な大気微量成分の測定に応用できる。そこで現在、オゾン以外の物質の移動観測を目的とした可搬型のレーザーヘテロダイン分光計（2号機）を新たに開発している。本講演ではレーザーヘテロダイン分光計2号機の性能、特徴、及び観測対象について述べる。

#### 2. 可搬型レーザーヘテロダイン分光計の特徴

新たに開発中のレーザーヘテロダイン分光計2号機の性能は基本的に現在オゾン観測に使用しているレーザーヘテロダイン分光計1号機のものと同じである。しかし2号機の設計に当たって実際の面で以下のような改良を行った。

- i) 可搬である。
- ii) 複数の局発レーザーを内蔵し複数の大気微量成分を測定可能である。
- iii) レーザー温度を制御する事によって広い同調波数域と高い周波数再現性が得られる。
- iv) 大型デュワーの使用によって液体窒素の蒸発による光軸の狂いを減少させた。

レーザーヘテロダイン分光計2号機の光学系の平面図を Fig. 1 に示す。本体の大きさは縦 60cm 横 80cm 高さ 50cm で、重さは約 50kg である。光学系としてはこのほかに太陽追尾装置が取り付けられる。また電気系は RF 受信機、ロックインアンプ、パソコン、レーザー電源、レーザー温度コントローラーなどで構成される。液体窒素デュワー内には冷却が必要な赤外素子、すなわち半導体レーザー2個、HgCdTe フォトミキサー、波数軸校正システム用 HgCdTe ディテクターをまとめて搭載してある。使用する局発半導体レーザーは、レーザー光コリメーションレンズの位置を移動させることによって選択する。

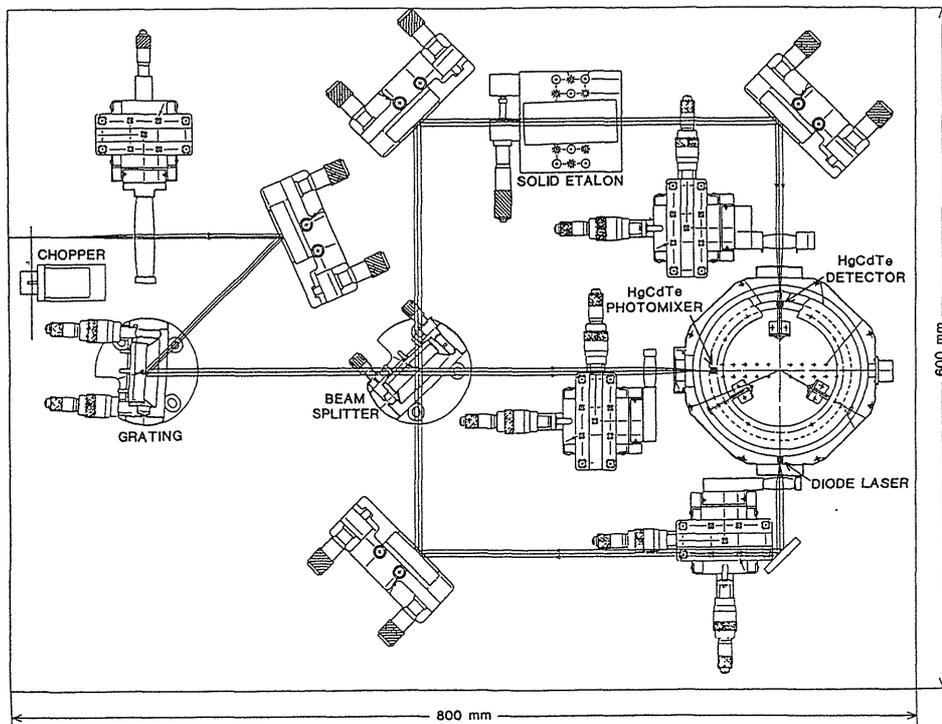


Figure 1. The optical system of the portable laser heterodyne spectrometer.

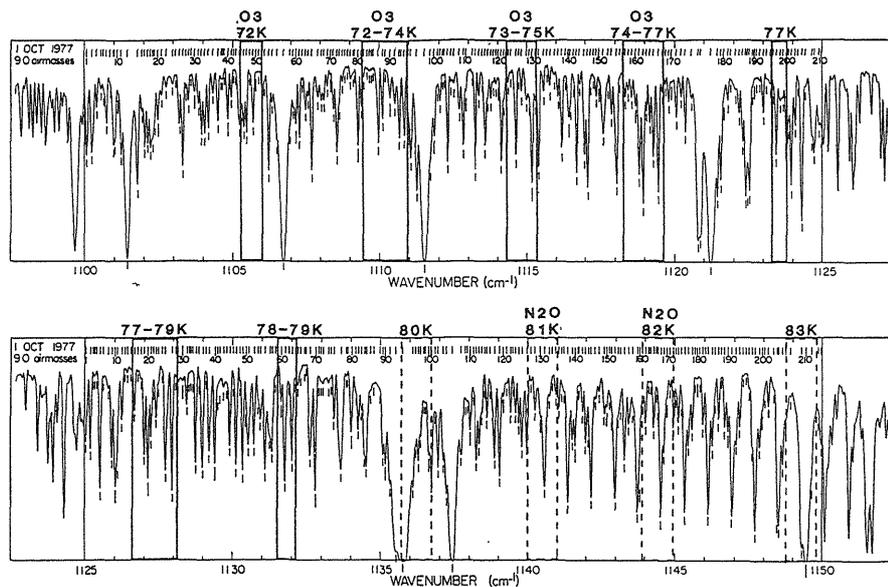


Figure 2. The axial mode structure of the laser #1. The background solar absorption spectrum is taken from Goldman *et al.* [1980].

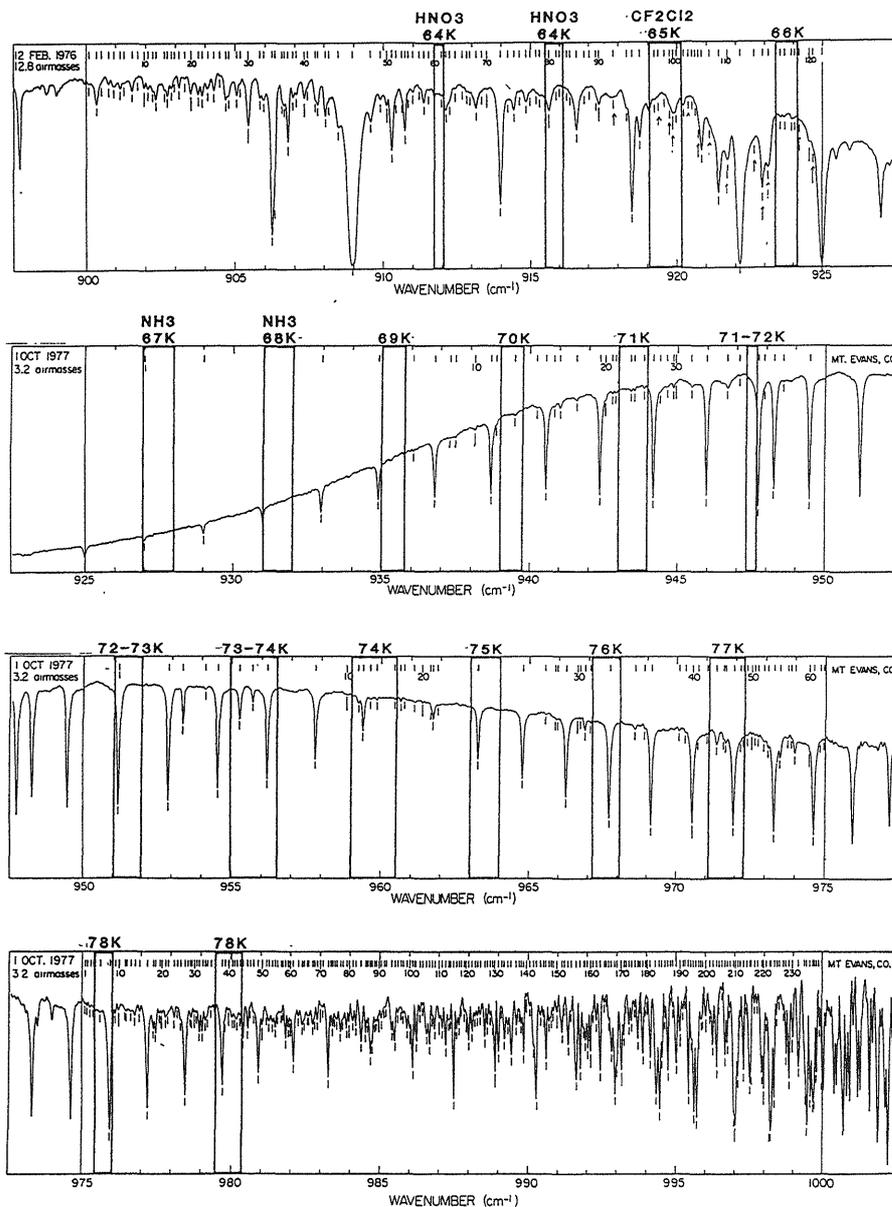


Figure 3. The axial mode structure of the laser #2. The background solar absorption spectrum is taken from Goldman *et al.* [1980].

2号機では液体窒素タンク内の圧力を変化させることによって、液体窒素の沸点温度を60–85Kの範囲で変えることができ、レーザーが取り付けられているヒートブロックに取り付けたヒーターと温度センサーによってレーザーの温度を0.01Kの精度で安定化させることができる。Fig. 2及びFig. 3はそれぞれレーザー#1及びレーザー#2のシングルモード発振する波数域の温度依存性を示している。温度制御をしないと液体窒素の沸点温度は1気圧のもとで約77Kであるので、ひとつかふたつの発振モードしか利用できないが、温度可変にすることによって利用できるモードの数が格段に増えたことがわかる。

Species	Wavenumber (cm <sup>-1</sup> )
HNO <sub>3</sub>	900
O <sub>3</sub>	1100
N <sub>2</sub> O	1150
CH <sub>4</sub>	1230
NO <sub>2</sub>	1600

Table 1. Molecular species and wavenumber regions of their absorption bands used for observations with the portable laser heterodyne spectrometer.

### 3. 観測対象

レーザーヘテロダイン分光計2号機は可搬型であることと、複数のレーザーを内蔵しているという利点を活かして、成層圏オゾン化学に関連する微量気体の総合的観測を目的とする。Table 1 に観測可能な微量物質と波数域をまとめた。O<sub>3</sub>のほか、オゾンホール形成に重要な役割を担うと考えられているHNO<sub>3</sub>、N<sub>2</sub>O、NO<sub>2</sub>などの窒素化合物、温室効果気体のCH<sub>4</sub>を第一の観測対象として考えている。このうちO<sub>3</sub>、HNO<sub>3</sub>、N<sub>2</sub>O、CH<sub>4</sub>測定用のレーザーは現在すでに入手してある。NO<sub>2</sub>は水蒸気の干渉があるので、高山か航空機の利用で観測可能である。また気球高度での太陽掩蔽観測のジオメトリーでは、ClO、ClONO<sub>2</sub>などの微量な塩素化合物も測定可能となるであろう。

現在、予備的な観測によって大気スペクトルが得られている段階で、1991年度には本格的な試験観測に移れる見込みである。

### 参考文献

- Fukunishi, H., S. Okano, M. Taguchi, and T. Ohnuma, Laser heterodyne spectrometer using a liquid nitrogen cooled tunable diode laser for remote measurements of atmospheric O<sub>3</sub> and N<sub>2</sub>O, *Appl. Opt.*, 29, 2722-2728, 1990.
- Goldman, A., R. D. Blatherwick, F. H. Murcray, J. W. Van Allen, C. M. Bradford, G. R. Cook, D. G. Murcray, New atlas of IR spectra volume I. Line positions and identification, Department of Physics University of Denver, Denver, 1980.
- Okano, S., M. Taguchi, and H. Fukunishi, Stratospheric ozone measurements with a tunable diode laser heterodyne spectrometer, *Geophys. Res. Lett.*, 16, 551-554, 1989.
- Taguchi, M., S. Okano, and H. Fukunishi, Remote sounding of vertical profiles of atmospheric ozone and nitrous oxide with a tunable diode laser heterodyne spectrometer, *J. Meteor. Soc. Japan*, 68, 79-93, 1990.