

# E4 ジャカルタ市ライダーネットワークの DIAL と MIE ライダー DIAL and MIE lidars for lidar network in Jakarta city

村田茂<sup>1</sup>、石井孝和<sup>1</sup>、安田升<sup>1</sup>、初田洋司雄<sup>1</sup>、小林喬郎<sup>2</sup>、杉本伸夫<sup>3</sup>、松井一郎<sup>3</sup>

Muharyan Syamsudin<sup>4</sup>, Mego Pinandito<sup>4</sup>, Imam Sanando<sup>4</sup>

Shigeru Murata<sup>1</sup>, Takakazu Ishii<sup>1</sup>, Noboru Yasuda<sup>1</sup>, Yoshio Hatsuta<sup>1</sup>, Takao Kobayash<sup>2</sup>

Nobuo Sugimoto<sup>3</sup> Ichiro Matsui<sup>3</sup> Muharyan Syamsudin<sup>4</sup>, Mego Pinandito<sup>4</sup>, and Imam Sanando<sup>4</sup>

<sup>1</sup>日本電気(株)、<sup>2</sup>福井大学、<sup>3</sup>国立環境研究所、<sup>4</sup>インドネシア L I P I

<sup>1</sup>NEC Corporation, <sup>2</sup>Fukui University, <sup>3</sup>National Institute for Environmental Studies,  
and <sup>4</sup>Indonesian Institute of Sciences

**Abstract:** The details of the differential absorption lidar (DIAL), the Mie lidars, and the central processing unit, which constitute the lidar network system in Jakarta city, are described. The lidars were designed in consideration for a long-term operation in Indonesia. The DIAL is composed of two sets of an optical parametric oscillator (OPO). The Mie lidar has a function of wind measurement in addition to usual Mie scattering measurement. The measurement data in Fuchu city and Jakarta city are also described.

## 1. はじめに

新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)とインドネシア科学院(LIPI)の研究協力の一環として、光産業技術振興協会によってジャカルタ市のライダーネットワークが開発された<sup>1)</sup>。本論文では、このライダーネットワークを構成する、差分吸収ライダー(DIAL)、2台のミーライダー(MIE-1, MIE-2)、および中央処理装置の詳細について報告する。また、府中市およびジャカルタ市で行った観測例についても述べる。

## 2. 差分吸収ライダー(DIAL)

DIALは、ジャカルタ市中心部における大気汚染物質の計測を主な目的として開発された。NO<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub>、O<sub>3</sub>の3種類のガスおよびエアロゾルを計測対象としている。全天をポインティングできるスキャナを備えており、3次元の計測が可能である。

設計にあたっては、インドネシアでの長期運用を考慮して、操作や保守の容易性、安全性、耐環境性といった点に配慮した。操作の容易性の点では、光源に用いる波長可変として固体レーザーを使用した。レーザー安全性の点では、モニタレーザーを用いた安全確認機能を付加している。また、主要計測部は耐環境性を考慮したシェルタ内に設置されている。

Fig.1にDIALの模式図、Fig.2にブロック図、Table1に主な仕様を示す。DIAL

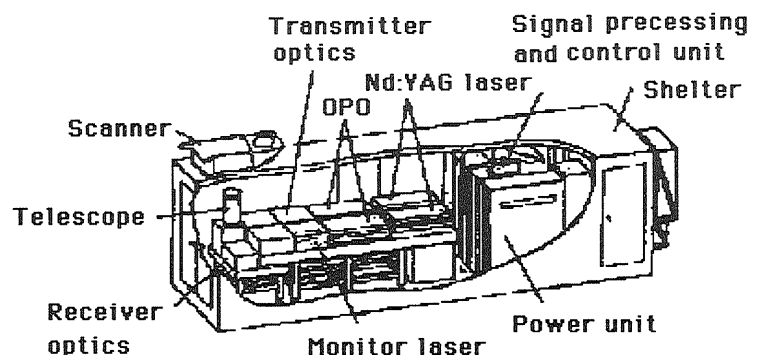


Fig.1 Schematic diagram of the DIAL

計測の性能としては、直線距離 2000m 程度までのガス濃度を計測するよう設計されている。ただし、後方散乱データは 7500m まで収集している。操作に関しては、制御コンピュータから DIAL 計測／ミー散乱計測、直上計測／スキャナ計測等の計測モードの選択や計測パラメータの設定ができる。また、シェルタ内でのローカル計測の他に、中央処理装置からのリモート制御による計測が可能である。

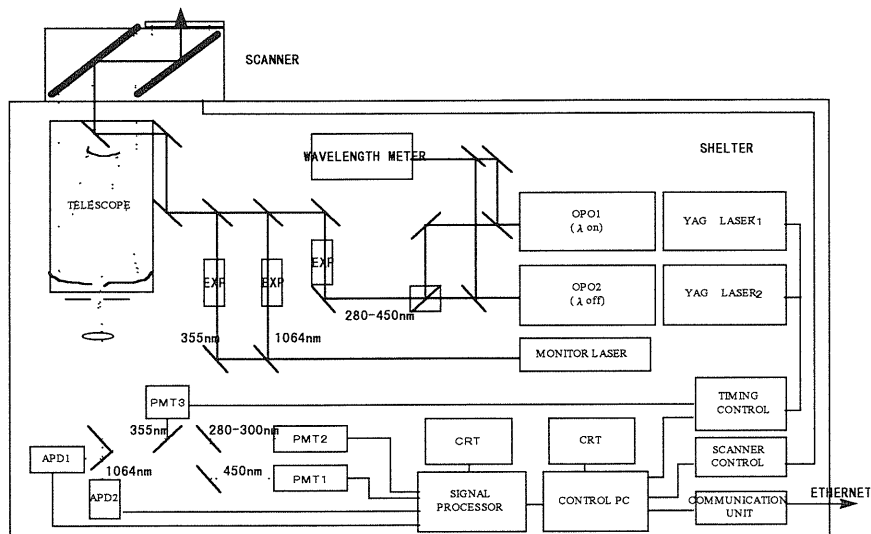


Fig.2 Block diagram of the DIAL

本システムの特徴は、まず第1に、光源として、Nd:YAG レーザ励起の光パラメトリック発振器 (OPO、SP 社製、MOPO730) を使用している点である。このため、色素レーザーを使用した場合に必要な色素交換等の煩雑な作業が不要である。λ on と λ off 用の光源として2セットの OPO を備えており、制御部からの指示で、計測対象に応じた波長を選択できる。紫外光は、OPO の基本波を BBO 結晶を用いて2倍波に変換して得ている。各 OPO の繰り返しはそれぞれ 10Hz で、50ms ごとに交互に発振するよう調整されている。また、レーザー波長は、高精度のパルス波長計 (Burleigh 社製、WA-5500) によってモニタしている。

第2の特徴は、2枚の45度ミラーを使用して全天をポインティングできるスキャナを備えている点である。これにより直上方向だけでなく、3次元の計測が可能である。

レーザー安全対策としては、450nm 帯のレーザー光発射前に、アイセーフのモニターレーザー光 (355nm) を発射し、計測方向にある物体 (ハードターゲット) の有無を検知することで安全を確認する機能を有している。万一ハードターゲットを検知した場合は、高速光シャッターよりレーザー光を直ちに停止できる。

望遠鏡は紫外光から赤外光までの高反射多層膜ミラーを備えた口径 250mm のカセグレン型で、送受信光学軸は同軸構造としている。光検出器は、DIAL 用にゲート機能付き光電子増倍管、ミー散乱計測用に Si APD を使用している。

シェルタは空調機、除湿器、クリーンブースの他、現地での電源事情を考慮して自動電圧制御器 (AVR) を備えている。また、自動計測のために雨センサ等の各種センサを備えている。

Table1 Specifications of DIAL

Item	Specification
Measurement mode	DIAL/Mie, Vertical/Slant/Scan
Object	NO2/ SO2/ O3/Aerosol
Range	<7500m
Laser	Nd:YAG + OPO (2sets)
	NO2 SO2 O3
Wavelength	450nm 300nm 280nm
Energy	>20mJ >4mJ >4mJ
Repetition	10pps x2
Monitor laser	Nd:YAG (+SHG /THG modules)
Wavelength	355nm 1064nm
Energy	>50mJ >100mJ
Repetition	20pps
Telescope	Φ250mm, Cassegrainian
Optical receiver	NO2 SO2 O3 Monitor Mie
	PMT PMT PMT PMT Si APD
Digitizer	20MS/sec, 12bit
Communication	Ethernet
Scanner	El :0-90 degree, >5 degree/sec Az: 0-360 degree, >5 degree/sec

### 3. ミーライダー

ミーライダー(MIE-1 および MIE-2) は、鉛直方向のエアロゾル分布および大気境界層の計測を行うために開発された。MIE-1 は、通常のミー散乱計測機能の他に、風向風速計測用データ収集機能も有している。設計にあたっては、DIAL と同様にインドネシアでの長期運用を考慮した。主要計測部は耐環境性を考慮した小型のシェルタ内に設置されている。計測の際には、各機器の電源スイッチ操作以外は、シェルタ内の制御コンピュータからの制御によって機器設定を行うことができ、長時間の自動計測も可能である。

Fig.3 に MIE-1 のブロック図、Table2 に主な仕様を示す。総合性能としては 20MS/s で最大高度 7500m までの後方散乱データを収集できる。光源は小型のフラッシュランプ励起 Nd:YAG レーザで、1064nm の基本波を用いている。望遠鏡は口径 250mm のカセグレン型で、送受信軸は同軸構造となっている。光検出器は、Si APD を使用している。ミーライダー全体の制御と信号処理は 1 台の制御パソコンで行っている。デジタイザはボード型で制御パソコンのスロットに挿入されている。収集されたデータは、平均化処理、バックグラウンド処理等のデータ処理の後、制御パソコンに保存される。リモート計測の場合は、電話回線を通じて中央処理装置へ送られる。

MIE-1 の風向風速計測用データ収集機能は、エアロゾルプロファイルの時間相関を利用して風向風速を算出するためのデータを収集する機能である<sup>2)</sup>。計測方向をレーザの発射タイミングと同期した周期でコニカル掃引し、1 ショット毎に後方散乱光を収集する。コニカル掃引のためにウエッジプリズムを回転させるローテータを備えている。

MIE-2 の構造と仕様は、基本的に MIE-1 と同じである。ただし、風向風速計測用データ収集のためのローテータは組み込まれていない。

### 4. 中央処理装置

中央処理装置は、通信回線を通して 3 台のライダー(DIAL, MIE-1, MIE-2)と接続され、ライダーのリモート制御を行う。各ライダーの動作状態のモニタ、計測指示、計測データの収集等ができる。収集したデータは、ワークステーションで処理され、保存される。ワークステーションでは、ガス濃度分布の経時変化や、空間分布が表示できる。3 台のライダーは同時にリモート運転可能で、これによりジャカルタ市のグローバルな大気状況をリアルタイムで観測することも可能である。

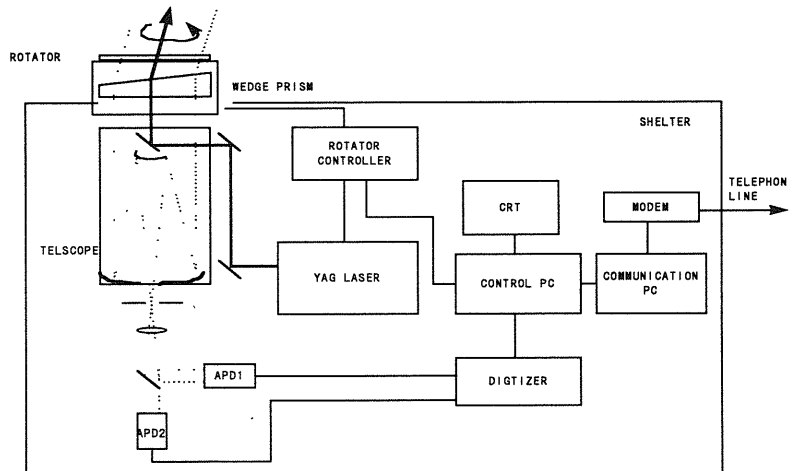


Fig.3 Block diagram of MIE-1

Table 2 Specification of MIE-1

Item	Specification
Measurement Mode	Mie/Wind
Range	<7500m
Laser Wavelength	Nd:YAG 1064nm
Energy	>300mJ
Repetition	10pps
Telescope	Φ250mmCassegrainian
Optical receiver	Si APD
Digitizer	20MS/sec,12bit
Communication	Modem,9600bps
Rotator Slant angle	Rotating wedge glass 5 degree from vertical
Repetition	2 Hz

## 5. 観測例

ここではジャカルタ市および府中市で行った観測例を示す。Fig.4 は、DIAL で観測した、ジャカルタ市中心部における O<sub>3</sub> 分布の経時変化である。2 km 程度までの O<sub>3</sub> 分布が測定できている。途中データが抜けている部分は、雨による中断による。なおこの日は、3 台のライダーを同時にリモート計測モードで運転し、データを収集している。

Fig.5 は、MIE-2 を用いて観測した府中市におけるエアロゾル垂直分布の経時変化の観測例である。大気境界層の変化がよく捕らえられており、同時に行ったレーゾンゾンドの観測結果とも一致していた。また、MIE-1 による風向風速計測も実施しており、ゾンデの観測結果とも一致した結果が得られている<sup>3)</sup>。

## 6. まとめ

ジャカルタ市に設置されたライダーネットワークを構成する、3 台のライダーと中央処理装置の詳細について報告した。各ライダーは、インドネシアでの長期運用を考慮して設計されている。DIAL は、光源に OPO を使用しており、波長を切り変えることで NO<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub>、O<sub>3</sub> の 3 種類のガス濃度を計測できる。MIE-1 は、通常のミー散乱計測機能に加えて、風向風速計測機能を有している。3 台のライダーは、中央処理装置と通信回線で接続されており、リモート制御によるデータ収集ができる。

また、本論文では、ジャカルタ市および府中市での観測例についても述べた。今後、インドネシア科学院を中心とする研究プログラムの中で、ジャカルタ市上空の大気境界層の構造や海陸風による大気の流れ、光化学反応によるオゾン等の生成などに関する研究が行われる予定である。

### <謝辞>

NEDO の王子氏、光産業技術振興協会の高野氏はじめ、ご指導いただいた「ODA レーザレーダ開発委員会」メンバーの方々に感謝いたします。

### <参考文献>

- 1) 小林喬朗他、本シンポジウム予稿集 E3
- 2) I. Matsui et al. Japan. J. Appl. Phys. 29, 2, 441-444 (1990)
- 3) N. Sugimoto et al, To be submitted.

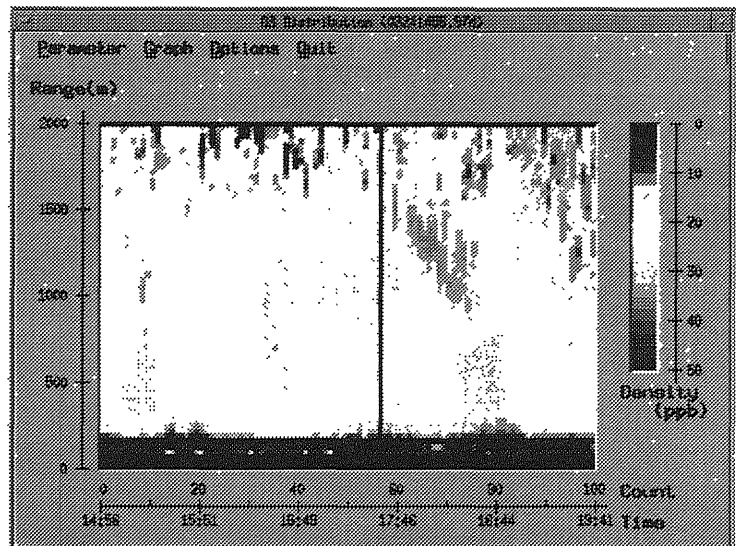


Fig.4 O<sub>3</sub> distribution in Jakarta  
(DIAL, March 24, 1997)

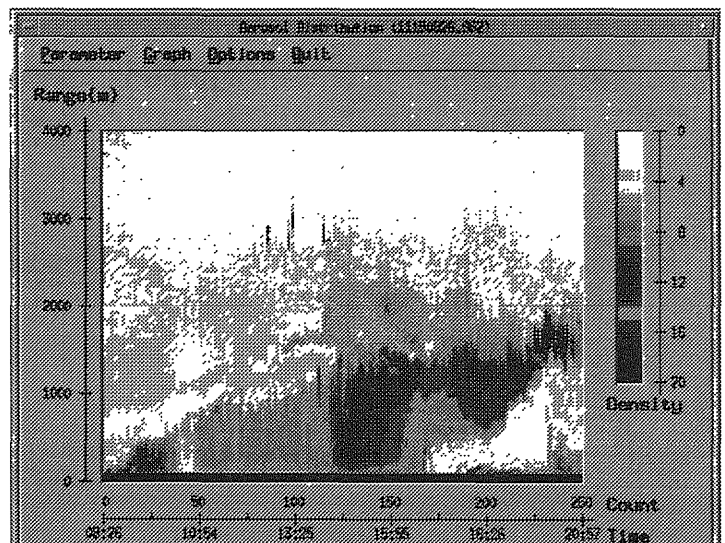


Fig.5 Aerosol distribution in Fuchu  
(MIE-2, Nov. 15, 1997)