

### Abstract

We have developed the eye-safe lidar for industrial applications. The lidar has used THG of Nd:YAG laser for eye-safety. This lidar is designed for short range measuring system. It consists of a 25cm telescope, a compact sealed laser and two axis scanning system.

### 1. はじめに

近年、環境問題に関する意識の高まりから、環境計測装置の高度化に関する注目が集まっている。ライダーは粉塵、ガス種、気象パラメータ等を高精度で遠隔計測が可能なることから、その開発に期待されている。しかしながら、従来のライダーは、学術研究用として開発されたものが多いため、レーザの専門家以外の技術者にも操作可能である工業用への応用が十分なされているとは言えないのが現状である。筆者らは、工業用への応用を踏まえたライダーの開発を行っている。

ライダーを工業用計測装置として実用化するためには次の条件を満足させる必要がある。

- ① システムのアイセーフ性
- ② 走査型ライダーによる空間分布計測の実現
- ③ 昼間計測、高分解能計測による生産設備の発塵箇所の特定
- ④ 短時間計測による発塵経過の監視
- ⑤ 各種計測目的に対する最適なシステムの構築。
- ⑥ 耐環境性やメンテナンス容易性の確保。
- ⑦ 遠隔制御による自動運転。
- ⑧ 社内 LAN による計測データの遠隔閲覧及びデータベース化。
- ⑨ 夜間計測における秘匿性の確保。

特に、アイセーフ性は工場上空や市街地内で計測するためには必須条件である。

アイセーフライダーは従来から 1.4  $\mu\text{m}$  以上の波長帯その他について開発がなされてきた。しかし 0.4  $\mu\text{m}$  以下の紫外域もアイセーフライダーとして様々な利点があり注目されるようになっている。

筆者らは、従来から波長 2.1  $\mu\text{m}$  の Tm、Ho : YAG レーザを使用したアイセーフライダーを開発してきたが<sup>1)</sup>、紫外域のライダーの利点に着目し、工業用ライダーとして、波長 355 nm (Nd : YAG レーザ THG) の紫外アイセーフ領域の波長を使用して、屋外設置型<sup>3)</sup>、車載型及び小型の各種ライダーを開発してきた。本報では、小型のライダーシステムについて報告する。

## 2. ポータブルライダーシステム

小型ライダーは可搬型のポータブルライダーとして、計測場所に簡便に設置し、容易に計測できるシステムとして開発したものである。本システムの仕様を Table 1 に示す。

本システムは距離 1 ~ 2 km 程度以下の近距離を迅速に、かつ簡便に計測する事を目的としたシステムである。近距離計測システムの性質上、システムの設置条件を緩和するためにライダー近傍も計測できる必要がある。そのためライダーの光学配置を Biaxial 型とした。

本システムを工場の環境管理担当者が簡便に使用するためには、メンテナンスフリーでの長期間計測を実現する必要がある。運搬時の振動や計測時の走査等に依存した光学系のズレ等による性能低下を防止する対策以外に、光学部品の劣化やレーザー出力の低下に対して、余裕を持たせたシステム設計が必要である。

Fig. 1 にシステムの S/N 比の理論計算結果を示す。この計算はレーザー出力が定格の 70% となり、さらに、望遠鏡の窓等外部に露出した光学部品の透過率及び反射率が汚れにより 70% まで低下した場合の結果である。このような悪条件の下で、信号の積算回数を 20 回とした場合でも、2 km 先で S/N 比が 3 以上となるようにシステムの仕様を決定した。

使用したレーザー装置は、様々な計測環境を考慮し、装置内部が密封された繰返し数 20 Hz、出力 6 mJ の INTEL ULTRA CFR を使用した。このレーザーは 6 倍の拡大光学系を通して送信される。受光望遠鏡は有効口径 25 cm、F ~ 6.6 のカセグレン望遠鏡である。受光望遠鏡により集光された後方散乱光は視野絞り及びフィルターを介して望遠鏡の焦点に設置した光検知器上に集光される。光検知器は取扱いが容易な浜松ホトニクス(株)製のメタルパッケージ型の PMT を使用した。

光検知器からの信号は、ライダー専用開発した小型のデータ処理装置に入る。この装置は、フィルター、増幅器、A/D変換器、データ処理及び通信装置から構成されている。

Table 1 The specifications of the lidar

分類	項目		備考
形式	光学配置	Biaxial	
レーザー	レーザー	Nd:YAG THG	355nm
	レーザーエネルギー	6mJ	
	パルス幅	~6nsec	
	繰返し数	20Hz	
	レーザービーム直径	<2.8mm	
	レーザー広がり全角	<1 mrad	
光学系	ビーム拡大率	6倍	
	受信望遠鏡口径	25cm	
	望遠鏡 F 値	6.6	
	視野角	0.6mrad	
検出系	方式	PMT	
	増幅率	$7 \times 10^5$	
	暗電流	0.2nA	常温
	量子効率	21%	
	負荷抵抗	50Ω	
データ処理系	サンプリング	50Ms/ sec	
	解像度	14bit 2CH	
走査系	走査範囲	$\pm 90^\circ$ (水平)	
		$-10 \sim 90^\circ$ (垂直)	
	最小走査ステップ	$0.1^\circ$	

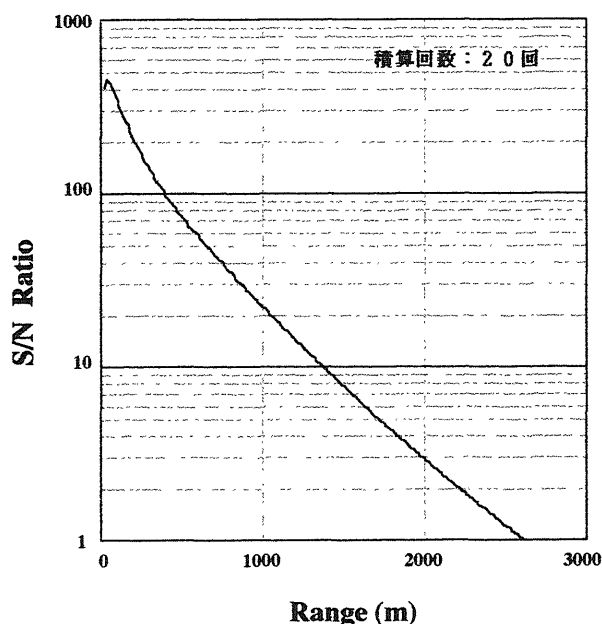


Fig. 1 Calculated signal to noise ratio of the lidar

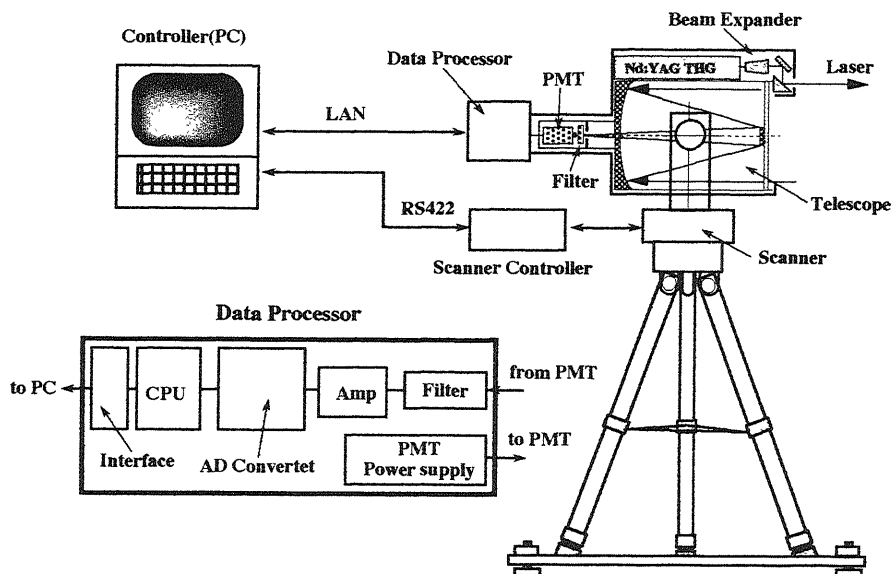


Fig. 2 Schematic diagram of the lidar system.

データ処理装置に入った受光信号は、エリアシングフィルタ及び増幅器を介して、2チャンネル、14bit、50Msample/secのA/D変換器によりデジタル化される。さらに、この信号は積算処理、ゼロレベル補正等の処理が施され、制御装置に1ライン計測毎に送られる。

制御装置（ラップトップパソコン）は計測条件設定、走査装置制御、データ処理等を制御する。また、機能追加により無線LANによるデータ転送や、GPSによる計測位置特定も可能である。Fig.2にポータブルライダーシステムのシステム構成図を示す。

通信により転送されたデータは、距離補正(R2乗補正)、近距離における信号低下の補正、移動平均等のノイズ除去、大気消散係数の補正等を行った後、20色の色分布としてリアルタイムの表示される。

本ポータブルライダーシステムはレーザ装置、望遠鏡、光検知器及びデータ処理装置が垂直走査範囲 $-10^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 、水平走査範囲 $\pm 90^{\circ}$ 、設定可能な最小走査角度ピッチ $0.1^{\circ}$ の走査装置上に設置されている。さらに、走査装置を含めたシステム全体はTVカメラ用の三脚の上に固定されている。

システム本体はライダー本体（レーザ装置、望遠鏡、光検知器及びデータ処理装置）、走査装置及び三脚に3分割され、保管及び輸送が可能である。計測地点において簡便に組み立て及び分解が可能となっている。

システム全体は100V、10A程度の電源

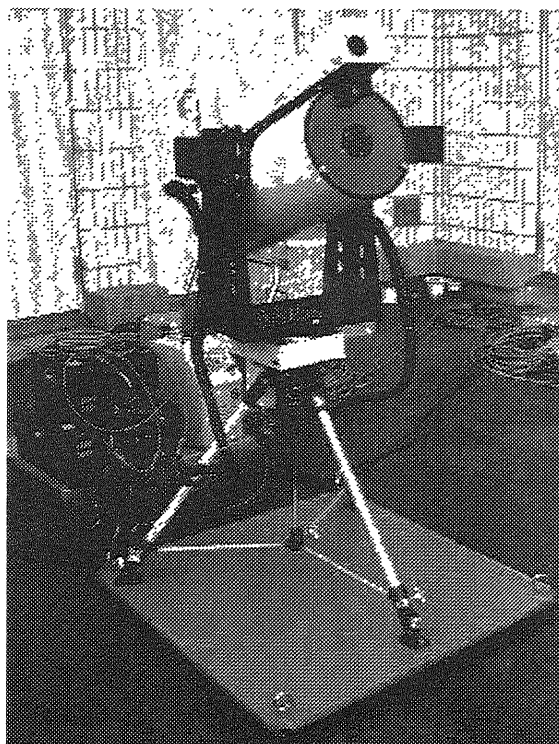


Fig.3 Photograph of the lidar

で駆動し、発電機による稼働も可能である。Fig.3 に開発したポータブルライダーシステムの外觀図を示す。

### 3. システムのアイセーフ性

このシステムはアイセーフ性を確保するために放出する光強度を MPE (最大許容露光量) 以下となるようにビーム口径を拡大し送信している。露光時間は 10 秒とした。これは 200 回の積算時間に相当する (通常の計測は 20 回程度の積算で計測を実施する)。

さらに走査が何らかの理由により停止した場合にレーザの発振を停止させる機能、近距離からのハードターゲット信号は人体とみなしてレーザ発振を含めシステムを停止させる機能、及び計測方向を CCD カメラにより監視する機能を付加し、安全性の向上を図っている。

### 4. 実験結果

Fig.4 に計測波形の一例を示す。これは建屋屋上 (7F) から都心上空をほぼ水平方向に計測した結果の距離補正值である。この計測では積算回数 20 回として計測した。この結果から、スロープ法により大気の消散係数  $0.14 / \text{km}$  が得られた。さらに、同図より距離 2 km で S/N 比  $\sim 10$  以上で計測可能な事が分かる。

### 5. まとめ

ライダーの工業応用を前提とした、アイセーフ性を有するポータブルな小型ライダーを開発した。このシステムにより、任意の計測地点において、システムを簡便に組み立てライダー計測を実施する事が可能となった。

今後は、システムの更なる小型軽量化及び操作の簡便性を向上させると同時に、データ解析機能の向上を図る。

(参考文献)

- 1) 中島勇人他：レーザー研究, 25, 50, 1997.
- 2) 横澤他：第 48 回応物学会講演会予稿集

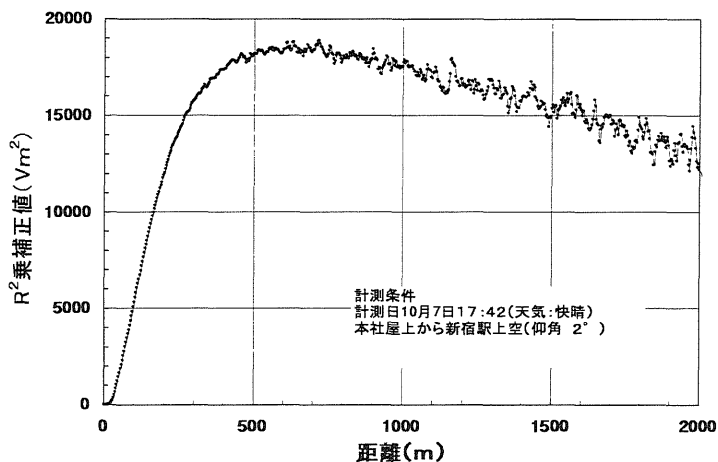


Fig.4 Range-corrected signal of the lidar