

# 風計測 LIDAR 装置用ビーム径可変光アンテナ

## A design of an optical antenna capable of zooming beam width for a LIDAR system for wind velocity sensing

鈴木二郎, 安藤 俊行, 遠藤 貴雄, 三輪 佳史  
J. Suzuki, T. Ando, T. Endo, and Y. Miwa

三菱電機株式会社 情報技術総合研究所  
MITSUBISHI ELECTRIC Corporation Information Technology R & D Center

### Abstract

An optical antenna unit capable of zooming optional beam width is presented. In a LIDAR (Light Detection and Ranging) system for wind velocity sensing by using Doppler shift, optical antenna units are used for transmitting laser beam to free space, and condensing scattered laser light to an optical fiber. In the case of the monostatic optical antenna with optical fiber, it has transmitting beam width for maximizing receiving efficiency. In addition, the optimum beam width varies depending on target distance. In this time, we report a design example of an optical antenna unit to control both beam width and beam waist distance.

### 1. はじめに

空間に向けてレーザービームを発振し、大気中の塵による後方散乱光のドップラーシフトから風速を計測する LIDAR 装置において、レーザー光を所望の方向、距離に向け送信し、また到来するレーザー光を光受信器に集光する光アンテナが用いられる。光ファイバを送受信端とするモノスタティック光アンテナの場合、受信効率が所定のレベルを超える距離範囲（測定距離範囲）を最大化する送信ビーム径は、測定距離に依存し変化する。また、この測定距離範囲を最大化する送信ビーム径は、エアロゾル密度や、大気ゆらぎ等の大気状態に依存して変化する。我々は、大気状態を検知して受信効率が最適化するシステムを提案している[1]。本報告では、このシステムを実現するために、送信ビーム径を任意に変化させることが可能な光アンテナの構成を検討したので報告する。

### 2. 目的

光ファイバ終端を送受信端とするモノスタティック光アンテナの受信効率を最大とする開口径を考える。受信効率は、光ファイバ終端とターゲットをレンズで共役関係に配置し、ビームウェストをターゲット距離に一致させたときに最大のアンテナ効率を得られる。この状態において、受信開口径  $D_1$  が大きいほどアンテナ効率が増大するが、モノスタティック光アンテナにおいては、受信開口径  $D_1$ =送信ビーム径（光アンテナ開口上）であり、ターゲット上に形成されるビーム径は送信ビーム径に依存することを考慮する。ビームウェスト付近のビーム伝搬光路を fig.1 に示す。ビームウェスト位置から一定有効距離の範囲に存在する塵による後方散乱光が光ファイバ終端に結合する。この有効距離をビーム径がウェスト径の $\sqrt{2}$  倍となる距離  $Z_R$ （レイリー領域）として表すと次式で表される。

$$Z_R = \frac{4\lambda L_1^2}{D_1^2 \pi} \quad (1)$$

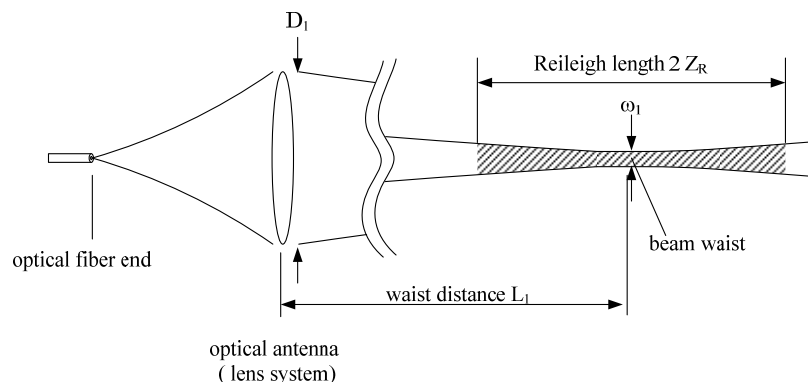


fig.1 Laser Beam Propagation Characteristics

式(1)から、 $1/D_1^2$ に比例して、有効距離範囲  $Z_R$  が縮小することがわかる。以上より、送信ビーム径  $D_1$  に関し受光面積拡大によるピークアンテナ効率向上のメリットと、有効距離範囲縮小のデメリットがある。ここでは、遠距離測定においては、ピークアンテナ効率向上のためビーム径を拡大し、近距離測定においてはピークアンテナ効率に余裕があるので、ピークアンテナ効率を下げても有効距離範囲  $Z_R$  を広げる制御が可能な光アンテナを考える。

## 2. 設計例

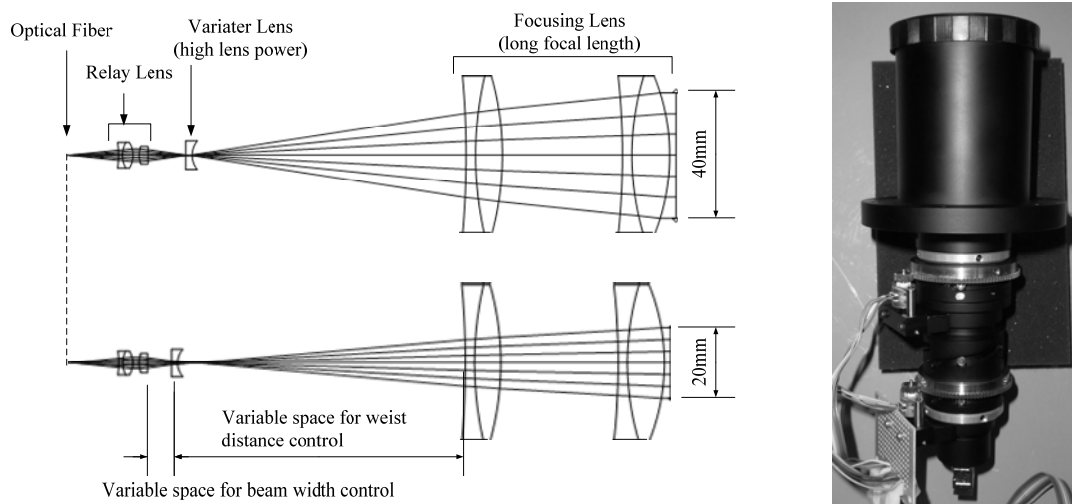


fig.2 A design example of optical antenna with zooming and focusing control  
left upper and lower: optical layout for maximum and minimum beam width

光アンテナ設計例の光学レイアウト、及び外観を fig.2 に示す。少ないストロークで大きな焦点距離変倍率を達成するために、屈折力の大きい凹レンズを光ファイバの近くに配置し、光ファイバとの間隔を電動で移動するように構成する。電動駆動機構の組み込みを考慮して、リレーレンズを光ファイバと可変倍用の凹レンズの間に配置した。凹レンズは焦点距離-9mm であり、4.9mm のストロークで2倍の可変倍率が得られた。また、可変倍制御に伴い、ビームウェスト距離が変化するため、ビームウェスト距離を可変倍率と独立に電動制御する制御機構を設けた。OPD (Optical Path Difference) を fig.3 に示す。ビーム径最大、最小における RMS 波面収差は、 $0.033\lambda$ 、及び  $0.004\lambda$  ( $\lambda=1.55\mu\text{m}$ ) であり、設計目標である  $1/14\lambda$  以下を満足していることがわかる。

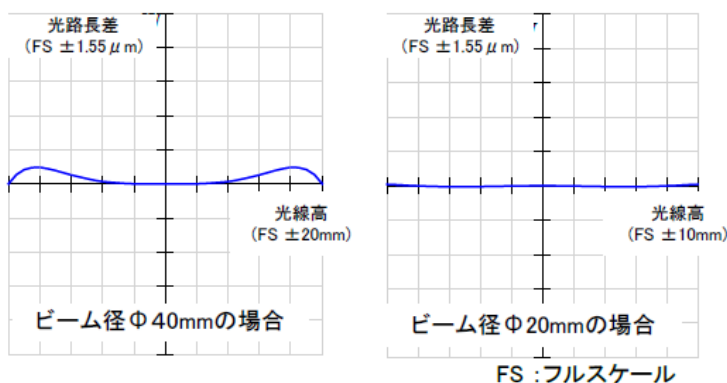


fig.3 OPD ( Optical Path Difference) of the optical antenna  
the scale of vertical axis:  $\pm 1\lambda @ 1.55\mu\text{m}$   
left: maximum beam width, right: minimum beam width

## 3. まとめ

ターゲット距離に応じてビーム径を可変することにより、有効測定距離範囲を最適化可能な風計測 LIDAR 装置用の光アンテナの構成を示した。また、倍率可変範囲 2 倍において、波面収差  $1/14\lambda$  以下を満足する光アンテナの設計例について示した。

## 文献

[1] N. Kotake, M. Imaki, and S.Kameyama, " Concept of wind LIDAR system with the adaptive parameter tuning to atmospheric condition", Proc. 17th Coherent Laser Radar Conference (2013)