

新しい非回折レーザービームの大気中伝搬 Atmospheric Propagation of a New Nondiffracting Laser Beam

有賀 規、李 樹榮、高部政雄、吉門 信、李 端銘

Tadashi Aruga, Shu Wing Li, Masao Takabe, Shin Yoshikado and Ruiming Li

郵政省通信総合研究所

Communications Research Laboratory

Ministry of Posts and Telecommunications

Abstract

We introduce atmospheric propagation characteristics of a new type nondiffracting light beam. The light beam propagates over a long range almost keeping its narrow beam width. Owing to the narrow beam width, the light beam is less influenced by atmospheric turbulence during propagation than conventional beams. Some experimental results as well as theoretical analyses are presented.

長距離にわたって、細いビーム幅をほぼ一定に保って伝搬する新しい非回折ビーム（あたかも回折をしないで進むような光ビーム）の大気中の伝搬特性について紹介する。

この新しいタイプの長距離伝搬光ビームが発見⁽¹⁾されて以来、種々の解析やシミュレーションが行われ、特徴が明らかにされている⁽²⁾。本ビームは波面制御によって生成できる。ビームの生成法としては簡単な方法として、ガリレオ型の送信望遠鏡の接眼レンズに適度の球面収差をもったものを用い、望遠鏡をある距離にフォーカスするような凹の球面波の状態にすると、光軸から周辺に行く程曲率が大きくなるように波面が歪み（Fig.1参照）、これによって非回折ビームが元のビームの中心部に生成される。

口径 10cm の送信望遠鏡で、波長 $0.5 \mu\text{m}$ の Nd:YAG レーザー（第 2 高調波）を Fig.1 の波面で送信した場合の非回折ビームの理論計算によるビームパターンを Fig.2 に、実際に観測されたビームパターンの写真を Fig.3 に、各々示した。Fig.2 より距離が 500m から 2km まで、光強度は変わっても、ビーム幅はほぼ一定に保たれていることが分かる。実験によって理論通りにビームが生成されていることが確認されている。

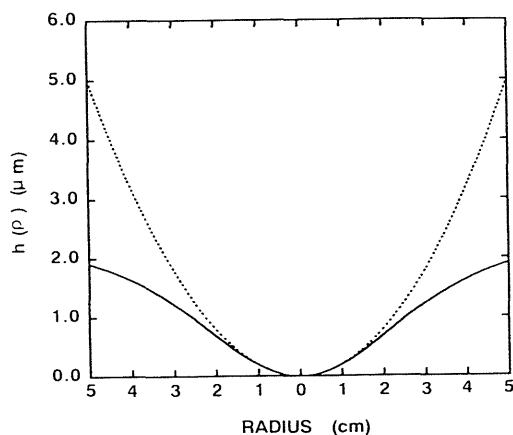


Fig.1 Example of distorted wavefront (solid line).
Dotted line shows normal spherical wavefront.

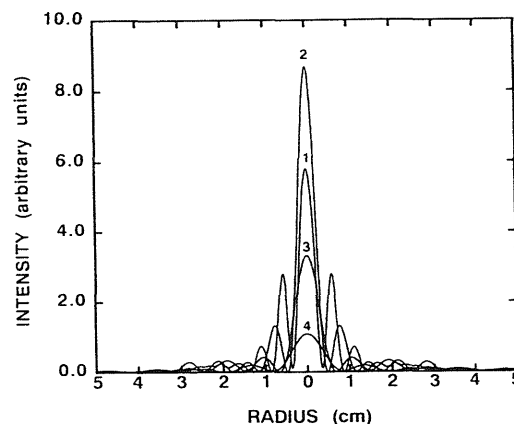


Fig.2 Beam profiles of nondiffracting laser beam.
1,2,3 and 4 corresponds to 0.5,1.0,1.5 and 2.0km distances, respectively.

レーザービームの大気中伝搬については、一般に細いビームの方が大気のゆらぎの影響が少ないとされている。例えば、ビームに直角な方向のコヒーレント長 (Fried パラメータはこれに相当し、大気層の伝搬に対して、 $0.5 \mu\text{m}$ で 5cm 程度) より細いビームの方が、太いビームよりビーム内の位相変動の影響が少ない。そこで、ビームを伝送しようとするとき回折のため広がってしまう (例えば、波長 $0.5 \mu\text{m}$ 、 1cm の細いビーム径のレーザービームは 1km で 10cm 、 2km で 20cm に広がってしまう) ので、細いビームとして長距離伝送できない。この点、新しく見出された長距離伝搬非回折ビームはユニークなビームで、どのような伝搬特性を示すか興味もたれる。

ここでは、我々の行った直径 10cm のビームで生成された非回折ビームの伝搬特性の実験結果をいくつか紹介する。Fig.3 のパターンの非回折ビームに相当するレーザービームの中心部 (メインローブ) の強度変化を Fig.4 に周辺部 (サイドローブ) の変化を Fig.5 に示した。さらに、一般のビームと比較するため、口径 10cm の平行ビームを伝送した場合の強度変動を Fig.6 に示した。これらの図より、非回折ビームの大気揺らぎの影響の少なさが分かる。

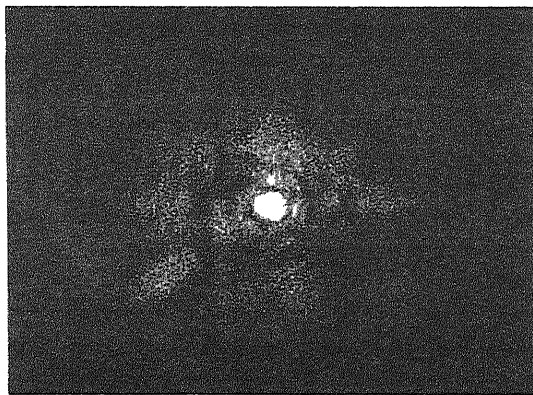


Fig.3 Really observed nondiffracting laser beam's pattern. (at 500m)

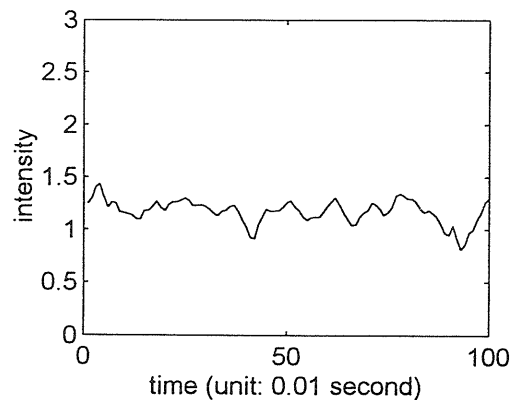


Fig.4 Intensity fluctuation of the central core/main lobe which corresponds to the nondiffracting beam.

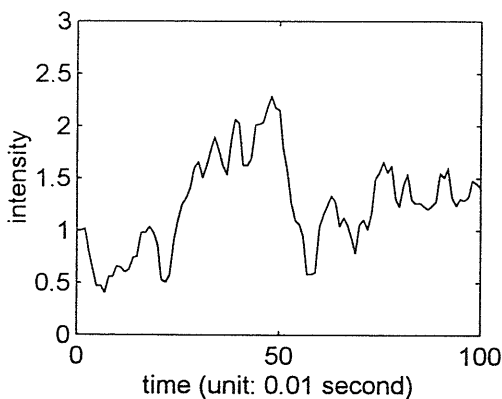


Fig.5 Intensity fluctuation of the side lobe.

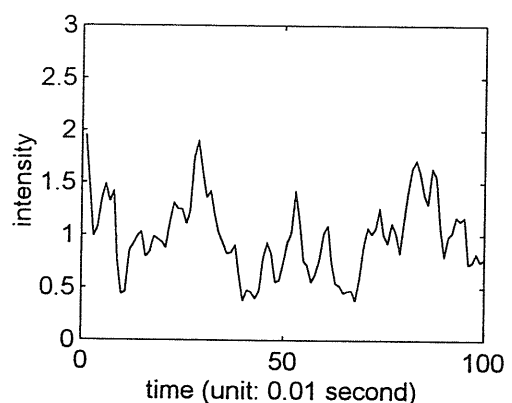


Fig.6 Conventional beam's intensity fluctuation for a 10cm diameter parallel beam.

参考文献

- (1) T. Aruga, *Appl. Opt.* **36**, 3762-3768 (1997).
- (2) 有賀 規、李 樹栄、高部政雄、第 18 回レーザーセンシングシンポジウム, P3 (1997).