

小型光学系による長距離伝搬非回折ビームの生成
**Generation of Long Range Nondiffracting Beam
 by a Compact Optical System**

有賀 規

Tadashi Aruga

通信総合研究所

Communications Research Laboratory

Abstract

Long range nondiffracting beam (LRNB) is introduced. Outline of the beam is shown and generation of the beam by a compact optical system is demonstrated theoretically and experimentally. In this study, a He-Ne laser light source and a transmitting telescope of 2.5cm diameter were used and generation of the LRNB over a range of several 100m was confirmed both in the computer simulation and the experiment.

1. はじめに

先ず最初に、長距離伝搬非回折ビーム(LRNB)についてその概念を述べる。細いビームを長距離にわたって生成したいが、レーザ光を含む一般の光は回折により拡がってしまう。回折による拡がり角を $\Delta\theta$ とすると

$$\Delta\theta = \frac{\lambda}{D} \quad (\lambda : \text{波長}, \quad D : \text{口径})$$

拡がり角を小さくするためには、口径を大きくすればよいが、これは、“細いビーム”に反するものである。従って、一般のビームでは細いビームを長距離にわたって生成することができない。

最近、LRNB(Long Range Nondiffracting Beam)が見つかった¹⁾。このビームは、細いビーム幅を保って、あたかも回折をしないかのように長距離を伝搬するビームである。

2. LRNB の生成方法

LRNB は、伝送する光の波面を特殊な形に制御する（光波面を開口で周辺曲率が小さくなるように歪んだ球面にする）ことによって生成可能である。具体的な簡単な方法としては、望遠鏡の接眼レンズに、適度な負の球面収差を持つ凹レンズを用い、この望遠鏡から光ビームを送信する。すると Fig.1 に示すように、一つの光の干渉効果により、元の太いビームの中心に芯ができてこれが LRNB となる。即ち、この細いサブビームはあたかも回折をしないかのように、細いビーム幅のまま長距離伝搬する。

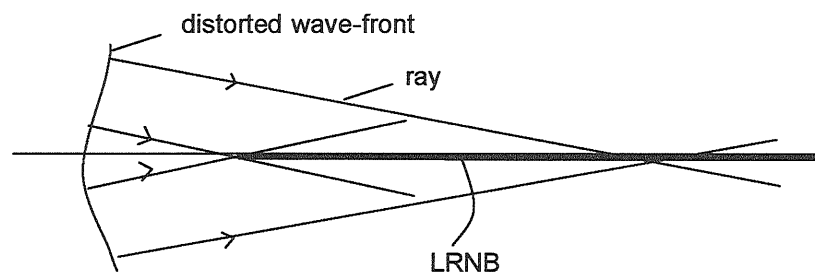


Fig. 1 Concept of LRNB generation

3. 小型光学系による LRNB の生成例

次に小型光学系を用いて LRNB を生成した例について紹介する。ここでは、出力数 mw の He-Ne レーザ ($\lambda = 0.6328 \mu\text{m}$) を光源として用い、口径 2.5cm のガリレオ型屈折送信望遠鏡を送信に用いた。この送信望遠鏡では、対物レンズ($f = 100\text{mm}$)は無収差に、接眼レンズ(凹レンズ)は 200 μm の球面収差を与えて使用した。

上記のパラメータを与えた時の LRNB の生成を計算機シミュレーションで理論的に計算した例を Fig.2 に示す。数 10m の距離から元の口径 2.5cm のビームの中心に数 mm 径の芯ができて、これが数 100m にわたって LRNB として生成されることが分かる。即ち、細いビーム幅を保ったまま、あたかも回折をしないかのように伝搬する。

実際に実験で観測された LRNB の生成例を Fig.3 に示す。この図は距離約 100m での光ビームパターンで中央の輝点が LRNB に対応する。過去の実験でも明らかにされたように、LRNB は大気のゆらぎ効果の影響が少なく安定していることも確認された。

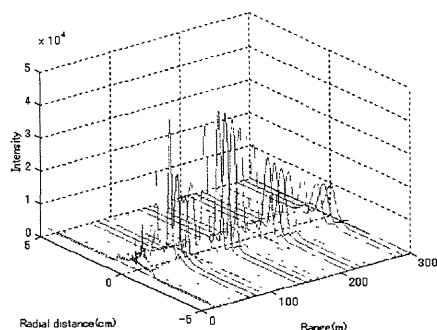


Fig. 2 Example of computer simulation .
LRNB is generated at the center
of the original beam ($D = 2.5 \text{ cm}$).

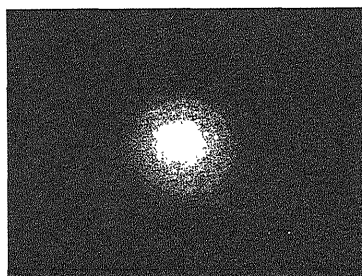


Fig. 3 Example of real LRNB generation,
where the beam pattern picture was taken
at $\sim 100\text{m}$ distance. Central bright spot is
the LRNB..

4. おわりに

LRNB (長距離伝搬非回折ビーム) の概念及び小型光学系による生成結果について紹介した。今回の実験では伝送する光ビーム径は 2.5cm と小型のものを用い、数 100m の距離範囲の LRNB 生成を実現した。大型の光学系、例えば口径 10cm では数 km、D 径 50cm では数 10km にわたって LRNB が生成できる。LRNB は光ビームの主ローブに相当するが、広い距離範囲にわたって光学系の回折限界より狭いビーム幅 (超高分解能) となり、また、大気ゆらぎ効果による強度変動も一般の光ビームより小さいので、種々の応用が期待できる。

参考文献

- 1) T. Aruga, "Generation of long-range nondiffracting narrow light beams", Applied Optics, Vol. 36, 3762-3768(1997).
- 2) T. Aruga, S.W. Li, S. Yoshikado, M. Takabe and R. Li, "Nondiffracting narrow light beam with small atmospheric turbulence-influenced propagation", Applied Optics, vol. 38, 3152-3156(1999).
- 3) T. Aruga and S. W. Li, "Super high resolution for long-range imaging", Applied Optics, vol. 38, 2795-2799(1999).