

長距離伝搬非回折ビーム (LRNB) の生成実験 Experiments for Generation of Long Range Nondiffracting Beam (LRNB)

有賀 規、國森裕生、梅津 純

Tadashi Aruga, Hiroo Kunimori and Jun Umezu

情報通信研究機構

National Institute of Information and Communications Technology

Abstract

Some results of new experiments for long range nondiffracting beam (LRNB) are introduced. Outline of the beam is shown and generation experiments of the beam by some new optical systems are demonstrated theoretically and experimentally. In these experiments, a $1.5\ \mu\text{m}$ semiconductor laser light source and a transmitting telescope of 2.5cm diameter as well as $0.53\ \mu\text{m}$ Nd:YAG laser light source and a transmitting telescope of 20cm diameter, were used.

1. はじめに

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。

まず最初に、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、 $\Delta\theta = \lambda / D$ (λ : 波長、 D : 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。これに対して LRNB 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程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。

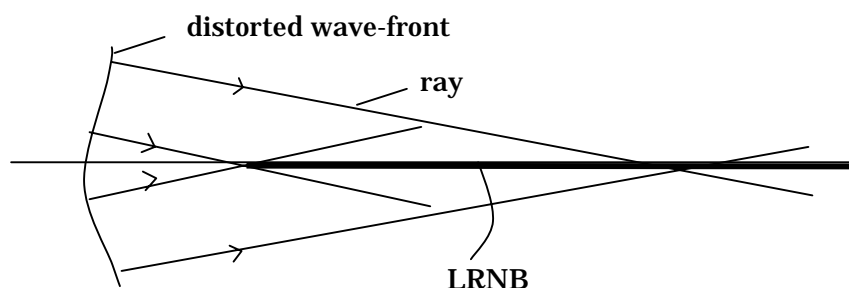


Fig. 1 Concept of LRNB generation.

3. 最新の LRNB の生成実験例

前回、口径 10cm、2.5cm の光学系による LRNB 生成について紹介したが、今回、最近行った LRNB

生成実験の例を 2 件報告する。

最初に、出力約 50mw の Nd:YAG レーザ ($\lambda = 0.53 \mu\text{m}$) を光源として用い、口径 20cm ($f = 800\text{mm}$) のガリレオ型屈折送信望遠鏡を送信に用いた例を紹介する。この光学系に用よって 10km くらいまでの範囲で LRNB が生成できることが計算機シミュレーションで明らかになっている。距離約 4.5km で撮ったビームの写真の例を Fig.2 に示す。中心の輝点が LRNB に相当する。過去の実験でも明らかにされたように、周辺部は大気のゆらぎにより大きく変動するが、中心の 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。

次に、赤外の波長 $1.5 \mu\text{m}$ 帯の半導体レーザを光源にして、口径 2.5cm ($f = 5\text{cm}$) の望遠鏡で送信して LRNB を生成した例を紹介する。この光学系によって、距離数 100m の LRNB 生成が可能である。ここでは、室内で距離 30m の距離で、IR プレートに照射して撮った写真の例を Fig.3 に示す。距離が近いので、LRNB 生成は十分でないが、中心の輝点が LRNB に相当する。



Fig. 2 Example of LRNB generation using 20cm diameter telescope and $0.53 \mu\text{m}$ Nd:YAG laser. The picture was taken at 4.5km distance. The central bright spot corresponds to LRNB.



Fig. 3 Example of infrared LRNB generation. A semiconductor laser beam ($\lambda = 1.5 \mu\text{m}$) was transmitted by a 2.5cm diameter telescope. The picture of beam pattern was taken at 30m distance.

4. おわりに

LRNB (長距離伝搬非回折ビーム) の概念及び最新の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 20cm と大型のものをを用い、約 10km の距離範囲の LRNB 生成を目指し、距離 4.5km で確認できた。赤外波長の LRNB 生成にも挑戦し、波長 $1.5 \mu\text{m}$ で LRNB を生成した。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²⁾、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³⁾、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).