

赤外領域における長距離伝搬非回折ビームの発生

Generation of long range non-diffracting beam (LRNB) in infrared region

鈴木 祐仁¹⁾, 嶺 康晴¹⁾, 西岡 俊治¹⁾, 岡村 壽洋¹⁾, 有賀 規²⁾

Yuji SUZUKI¹⁾, Yasuharu MINE¹⁾, Syunji NISHIOKA¹⁾, Toshihiro OKAMURA¹⁾ and Tadashi ARUGA²⁾

1) 防衛庁 技術研究本部 第2研究所 光波電子戦研究室(〒154-8511 東京都世田谷区池尻 1-2-24)

2) 伊藤忠エアロテック株式会社(〒107-0061 東京都港区北青山 1-2-3 [青山ビル])

1) Electro-Optical Warfare Research Section, Second Research Center, TRDI, Japan Defense Agency, 1-2-24, Ikejiri, Setagaya, Tokyo, 154-8511, JAPAN

2) ITOCHU Aero Tech Corporation, Aoyama Bldg. 2-3, Kita-Aoyama 1-chome, Minato-ku, Tokyo, 107-0061, JAPAN

The propagation characteristics of an infrared LRNB were studied, in particular, on power concentration along a beam propagation axis, compared with the diffraction calculation. We found a fairly good agreement between the experimental results and the diffraction calculation.

1. 結論

1997年に有賀によって、細いビーム径を保ちつつ、あたかも回折しないかのように長距離を伝搬させることが可能な長距離伝搬非回折ビーム(LRNB: Long Range Nondiffracting Beam)が発見された^{1),2),3),4),5)}。LRNBは、送信するビーム径によっては長距離伝搬が可能であること、大気の揺らぎによる影響が小さいこと等の利点を持っていることから、レーザビームの伝搬を伴う様々な技術分野へ応用できる可能性を持っている。特に、筆者らは、LRNBの採用により、焦点調整機構や補償光学装置を必要としない小型・簡便なビーム精密指向光学系を実現できる可能性があると考えている。ここで、LRNBの有効性を判断する上で重要となるのが、LRNB中心付近(例えば、ビームの主ローブ)へのエネルギー集中の度合いであるが、これまで詳細な報告はなされていない。今回、筆者らは赤外域でLRNBを生成し、伝搬距離180mにわたってエネルギー集中度の距離依存性を調べ、また、理論計算値と比較検討したので、その結果を報告する。

2. LRNBの生成

今回製作したLRNB光学系は球面収差を持たせた凹レンズと通常の凸レンズを組み合わせたもので、開口径は25mmである。使用した光源は、Er添加のガラスレーザ[Cobolt社製 Tango: 波長1535nm, 平均出力31mW, 繰り返し周波数6.6kHz, パルス幅3-5ns, ビーム拡がり角(全角)24mrad]であり、ビーム中心付近の一樣強度となっている部分のみがLRNB光学系に入射する。Fig.1に示すように、金コートミラー(反射率: 約95% @1535nm)を3枚使って折り返すことによって、最大180mまでビームを伝搬させた。

筆者らは、IRカード(New Port社製 IRC2, IRC4)上にLRNBを照射した際の発光像にておおよそのビーム形状を確認した。理論計算で予想された通り(Fig.2), 50m付近からLRNBが

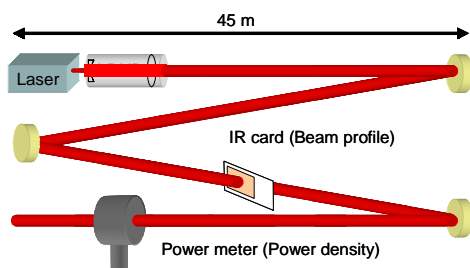


Fig. 1 Experimental setup

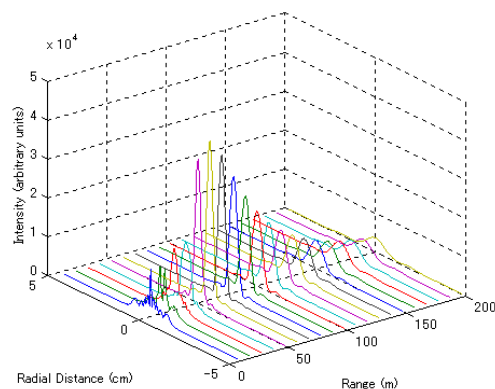


Fig. 2 LRNB intensity profiles varying with propagation distance obtained by calculating the Fresnel-Kirchhoff diffraction integral. A transmitted aperture diameter and wavelength set to be 25 mm and 1300 nm, respectively, in calculation.

生成され、180 m まで LRNB を確認することができた。一例として 30 m、90 m 及び 180 m の地点でのビーム形状を Fig. 3 に示す。なお、ビーム径は、例えば 90 m 地点で直径 10 mm 程度であった。

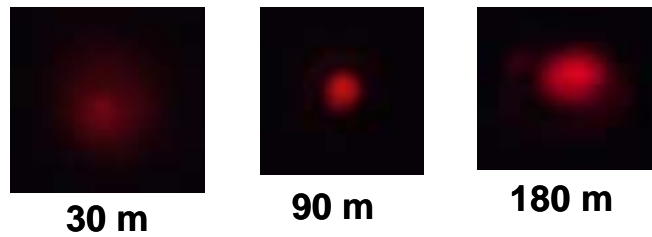


Fig. 3 Representative profiles of a beam propagated after the LRNB optics

3. ビーム中心付近へのエネルギー集中度

エネルギー集中度を、便宜上、LRNB 光学系

出射口でのパワーに対する、ある伝搬距離におけるビーム中心の一定面積内(本実験ではパワーメーターの有効径である 9.5 mm)への到達パワーの比率(%)として定義する。

Fig. 4 には、10 m 毎に実測されたエネルギー集中度(“LRNB (Exp.)”)と、その理論計算値(“LRNB (Theory)”)を示している。グラフから分かるように、両者は高い精度で一致している。

また、LRNB が生成された 50 m 以遠では、直径 25 mm の一様強度のビームを集光した場合(実線)に匹敵するエネルギー集中度が得られていることが分かる。

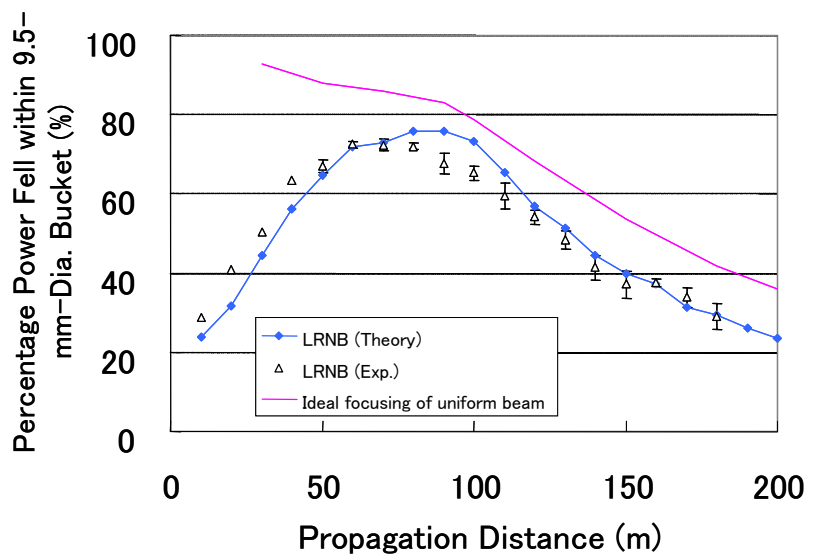


Fig. 4 Percentage power fell in a central portion of LRNB as a function of propagation distance, compared between the diffraction calculation and the experimental data

4. まとめ

赤外領域における LRNB 光学系を製作し、ビーム形状とエネルギー集中度を測定して理論計算との比較を行った結果、高い精度で一致していることが分かった。なお、当日は異なる波長での LRNB の生成、LRNB の大気揺らぎの影響等についても言及する。

5. 参考文献

- 1) T. Aruga, "Generation of long-range nondiffracting narrow light beams," Appl. Opt. **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).
- 4) 有賀 規, 國森裕生, 梅津 純 "長距離伝搬非回折ビーム(LRNB)の生成実験" 第 23 回レーザーセンシングシンポジウム 予稿集 p.187~188
- 5) 有賀 規 "長距離伝搬非回折光ビーム" レーザー研究 Vol. 32, No. 5 May 2004, pp. 352–356