## 大口径位相板による長距離伝搬非回折ビームの大気伝搬実験

# Atmospheric propagation experiment of Long Range Nondiffracting Beam using a large-aperture LRNB waveplate

 鈴木 祐仁<sup>1)</sup>、嶺 康晴<sup>1)</sup>、岩村 朋<sup>1)</sup>、早川 明良<sup>2)</sup>、和仁 郁雄<sup>2)</sup>、有賀 規<sup>3),4)</sup>
Yuji SUZUKI<sup>1)</sup>, Yasuharu MINE<sup>1)</sup>, Tomo IWAMURA<sup>1)</sup>, Akiyoshi HAYAKAWA<sup>2)</sup>, Fumio WANI<sup>2)</sup> and Tadashi ARUGA<sup>3),4)</sup>
1) 防衛省 技術研究本部 電子装備研究所(〒154-8511 東京都世田谷区池尻 1-2-24)
2) 川崎重工業株式会社(〒504-8710 岐阜県各務原市川崎町1番地)
3) 伊藤忠アピエーション株式会社(〒107-0061 東京都港区北青山 1-2-3)
4) 元通信総合研究所(〒184-8795 東京都小金井市貫井北町 4-2-1)
1) Electronic Systems Research Center, TRDI, Ministry Of Defense, 1-2-24, Ikejiri, Setagaya, Tokyo, 154-8511, JAPAN
2) KAWASAKI HEAVY INDUSTRIES, LTD. 1 Kawasaki-cho, Kakamigahara City, Gifu-Pref, 504-8710 JAPAN
3) ITOCHU AVIATION CO., LTD, Aoyama Bldg. 2-3, Kita-Aoyama 1-chome, Minato-ku, Tokyo, 107-0061, JAPAN
4) Communications Research Laboratory, 4-2-1 Nukui-Kitamachi, Koganei, Tokyo 184-8795 Japan

#### Abstract

Propagation experiments of a LRNB and a focused beam transmitted from the kW-level Chemical Oxygen lodine Laser were performed in a distance of approximately 800 m. We obtained the results indicating that LRNB s atmospheric turbulence-induced fluctuation is lower than the focused beam.

1. はじめに

レーザービームを長距離伝搬する際には、大気揺らぎの影響を抑制する必要がある。大気揺らぎの影響を 抑制するには、形状可変鏡を用いた補償光学系を使用する方法が一般的であるが、参照光が必要である上に、 装置が高価、システム全体として複雑な制御が必要になる等の問題がある。1997 年に日本国内で発見された 長距離伝搬非回折ビーム(LRNB: Long Range Nondiffracting Beam)<sup>1),2)</sup>は、開口径に依存するが、あたかも 回折しないような小さいビーム径のレーザーとして長距離伝搬することが可能である。LRNB は過去に我々が 行った実験からも大気揺らぎの影響を抑制する効果のあることが実証されており<sup>3),4</sup>、これを用いることによっ て、焦点調節機構や補償光学装置を使用しない、小型で簡便なシステムを構築できる可能性を持っている。今 回我々は波長 1315 nm、出力約5 kW で発振する、川崎重工業(株)所有の化学励起ヨウ素レーザー(COLL: Chemical Oxygen Iodine Laser)<sup>5)</sup>を光源として、防衛省所有の口径 50cm カセグレン鏡を通して集光ビームと LRNB の2 種類を約 800 m 伝搬させ、ビームパターンやパワーなど、両者のビーム特性データを取得し比較を 行った結果について報告する。

2. レーザービーム伝搬実験 ヨウ素レーザーの出射光学系を Fig. 1 に示す。不安定共振器から発振した 直径3 cm の環状ビームはビームエキ スパンダーを介して直径約 12 cm まで 拡大される。ビームエキスパンダーの 直後に直径 16 cm(有効径 11.8 cm)



Fig. 1 Optical layout to generate and transmit LRNB from the COIL.

の位相板を設置することにより、LRNB が生成される。なお、通常の集光ビームを伝搬させる際には位相板を 外すだけでよい。その後、ビームはカセグレン鏡を通して直径約45 cmまで拡大され出射される。約400 m 先に 設置した直径65 cmの平面鏡にてレーザー出射地点近傍までビームを折り返すことで、計測室まで約800 m 屋外を伝搬させることができるので、往復伝搬路を用いて実験を行った。

計測室内の実験配置図を Fig. 2 に示す。約800 m 伝搬してきたレーザーは、直径30 cm の2°ウェッジ板(反 射率 0.6%@1340 nm)に入射し、その透過光が30 cm 四方のジュラルミン板に照射される。ジュラルミン板の裏 には熱電対が中心から5 cm ずつ間隔を開けて3つ貼り付けてあり、局所的な温度変化をデータロガーにて計 測した。また、ジュラルミン板の裏側から放射温度計(FLIR 社:A40-M、フレームレート60 Hz)にてジュラルミン 板への入熱状況に関する動画を、ジュラルミン板の表側からは可視ビデオカメラにより溶融状況に関する動画 を撮影した。ウェッジ板の表面で反射さ れたレーザーは、拡散板(拡散率 99 %) に照射され、その散乱光を近赤外線カメ ラ(Xenics 社:XEVA-CL-350Hz、フレー ムレート 300 Hz)にてビームパターン動 画として撮影した。ウェッジ板の裏面反 射は直径 30 cm の凹面鏡(反射率 97 % @1340 nm、焦点距離 1 m)にて折り返し て集光され、パワーメーターでパワー計 測を行った。なお、伝搬経路上にはシン チロメータ(Scintec 社製 BLS900)を設 置し、屈折率構造定数(C<sub>n</sub><sup>2</sup>)を計測した。

### 3. 実験結果

実験結果をまとめたグラフを Fig. 3 に 示す。このグラフは、C<sup>2</sup> に対するエネ ルギー投入量比を示している。エネル ギー投入量比は、近赤外線カメラで撮 影した動画をレーザー動作時間分(約 800 フレーム)切り出して全ての画像を 足し合わせ、得られた画像のエネルギ ーピーク中心から半径20ピクセル(1ピ クセルは 1.17 mm に相当)の円の中に 入っているエネルギー量を全体のエネ ルギー量で割ったものとして定義した。

C<sup>2</sup>に依存してエネルギー投入量比 が変化していくものと予想していたが、 集光ビームに関しては、ほぼ同じC<sup>2</sup>で あってもエネルギー投入量比が大きく ばらつく傾向が見られた。一方、LRNB も C<sup>2</sup>に依存しない結果となったが、エ



Fig. 2 Experimental setup in the measurement room.





ネルギー投入量比は 0.2~0.3 の間で安定している。並行して低出力で小口径の LRNB と集光ビームに対する 伝搬実験を行ったが、同様の傾向を示す結果を得た。これは LRNB が大気揺らぎの影響を受けにくいことを示 唆している。

通常 LRNB はサイドローブにエネルギーが分散するため、集光ビームと比較した場合、伝搬軸付近に集中で きるエネルギーは数 10%程度劣るが、大気揺らぎの影響を受けにくいため平均的に拡がりが抑制され、条件に よっては集光ビームよりも高いエネルギーを集中できることが予想される。この実験で使用した大口径位相板 は、メインローブに全エネルギーのうち約 30%が集中するように設計されているが、両者のエネルギー投入量 比には平均的に見ると大きな差異は見られない。これも LRNB が大気揺らぎの影響を受けにくいことを示唆し ているものと考えられる。

#### 4 . 参考文献

- 1) T. Aruga, "Generation of long-range nondiffracting narrow light beams," Appl. Opt. 36, 3762-3768 (1997).
- 2) 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
- Yuji SUZUKI et al., "Atmospheric propagation experiment of Long Range Non-diffracting Beam using an annular-beam infrared laser" Reviewed and Revised Papers Presented at the 23<sup>rd</sup> International Laser Radar Conference, Part I, pp. 125-126, 2006
- 4) 鈴木 祐仁,嶺 康晴,西岡 俊治,岡村 壽洋,有賀 規,"赤外領域における長距離伝搬非回折ビームの発生",第24回レーザーセンシン グシンポジウム 予稿集 pp. 141-142, 2005
- 5) 永井 亨, 内藤紀幸, 長岡宏樹, 早川明良, 和仁郁雄, 室 幹雄, "高出力化学レーザーの高輝度化", レーザー学会学術講演会第 26 回年 次大会予稿集, pp.70-71, 2006