

# エネルギー伝送のための大気擾乱シミュレーションとビーム伝搬実験

## Atmospheric turbulence simulation and beam propagation experiment

### for energy transmission

NTT 宇宙環境エネルギー研究所<sup>1</sup> ◯落合夏葉<sup>1</sup>, 秋山一也<sup>1</sup>

NTT Space Environment and Energy Laboratories<sup>1</sup> ◯Natsuha Ochiai<sup>1</sup>, Kazuya Akiyama<sup>1</sup>

E-mail: [natsuha.ochiai.zt@hco.ntt.co.jp](mailto:natsuha.ochiai.zt@hco.ntt.co.jp)

近年、レーザによるエネルギー伝送が注目を集めている[1,2]。本研究では、レーザによるエネルギー伝送の長距離化を目指すにあたり、回折や大気擾乱の影響について検討するため、大気擾乱の効果をとり入れたビーム伝搬のシミュレーションと 100 m の伝搬実験を行ったので報告する。

Fig.1 (a)に実験系を示す。空間変調器によりビームを整形し、自由空間中を 100 m の距離伝送させる。伝送させるビームの種類は Gaussian ビームの他に、Laguerre-Gaussian(LG)ビーム、Bessel ビームを用意した。LG ビームに関しては、ラジアル次数を  $n$ 、アジマス次数を  $m$  としたとき、 $LG(n,m)$  と表すとすると、 $LG(0,1)$ 、 $LG(3,1)$  を生成した。Bessel ビームに関しては、焦点距離が 100 m となるように設計を行った。それぞれのビームが伝搬とともに回折や擾乱の影響を受け、どのような強度分布になるか調べるため、大気擾乱の効果をとり入れたビーム伝搬計算を行った。ビーム伝搬計算にはスプリットステップビーム伝搬法[3]を用いた。結果を Fig.1 (b)-(e)に示す。また、実験は、擾乱が異なる屋内と屋外でそれぞれ行い、100 m 伝送後の強度分布をカメラで計測した。結果を Fig.1 (f)-(m)に示す。LG ビームでは計算結果と実測結果でビーム形状やビーム径は概ね一致したが、Gaussian ビームや Bessel ビームではエキスパンダの収差や開口制限の影響が生じている。

以上により、100 m の伝搬実験を行い、大気擾乱の効果をとり入れたビーム伝搬シミュレーションの検証を行った。今後、伝送距離を延ばす上で、収差や開口制限についても検討するとともに、擾乱の効果をとり入れた数値計算によって、エネルギー伝送に有効なビームを明らかにする予定である。各ビームの評価等、詳細は講演にて報告する。

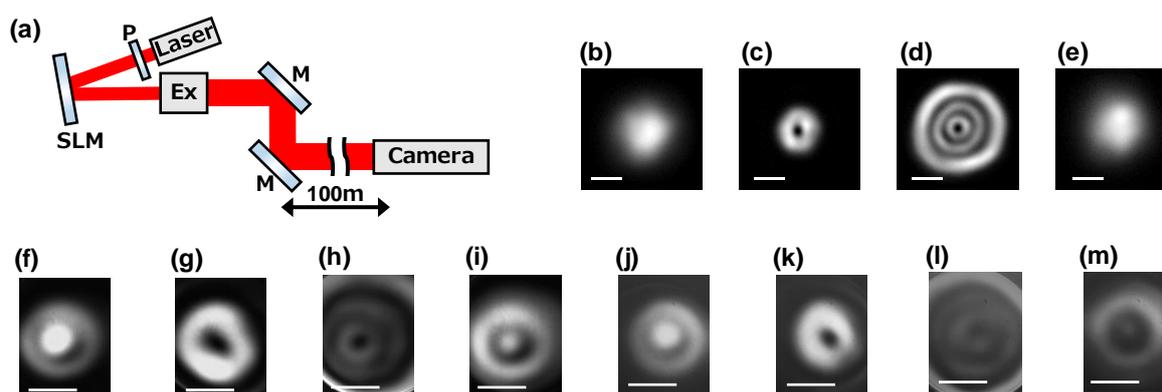


Fig1. (a) Schematic of beam propagation optics with beam shaping. P: polarizer, SLM: spatial light modulator, Ex: expander, M: Mirror. (b)-(e) Calculated beam profiles after 100m propagation for Gaussian, LG(0,1), LG(3,1), and Bessel beam. (f)-(i) Beam profiles captured by Camera in indoor experiment for Gaussian, LG(0,1), LG(3,1) and Bessel beam. (j)-(m) Beam profiles captured by Camera in outdoor experiment for Gaussian, LG(0,1), LG(3,1) and Bessel beam. Scale bar: 1cm.

#### 参考文献

- [1] K. Jin *et al.*, "Wireless Laser Power Transmission: A Review of Recent Progress," IEEE Trans. Power Electron. **34**, 4 (2019).
- [2] J. Ding *et al.*, "Advanced Progress of Optical Wireless Technologies for Power Industry: An Overview" Appl. Sci. **10**, 18 (2020).
- [3] J. D. Schmidt, "Numerical Simulation of Optical Wave Propagation with Examples in MATLAB," SPIE PRESS BOOK (2010)