光無線通信に向けたエルミートガウスビームの大気伝搬特性 Propagation property of Hermite-Gauss beams for optical wireless communication in turbulence atmosphere 日本女子大理 [○]齊藤 彩, 宇於崎 友香, 小川 賀代 Japan Women's Univ., [○]Aya Saito, Yuka Uozaki, Kayo Ogawa

E-mail: m1116033sa@ug.jwu.ac.jp

<u>1. はじめに</u>

エルミートガウスビーム(以下、HG ビーム) やラゲールガウスビーム(以下、LG ビーム)な どの高次ガウスモードは特異な性質を有し、 m,nの次数に依存した複素振幅分布を持つ。 これらの高次モード光の物理的性質の検討に おいて、大気乱流に対する耐性が報告されて いる心。これより、大気伝搬を伴う光無線通 信へ高次モードを適用することにより、光無 線通信の課題であるシンチレーションが軽減 され、通信品質の改善が見込める。しかし、 光無線通信システムを考慮した伝搬特性の検 討やシンチレーションの軽減に有効な次数 m. n の検討は行われてこなかった。そこで先行 研究において ²⁾、我々は光無線通信システム を考慮した LG ビームの大気伝搬特性の評価 を行い、従来搬送波として用いられているガ ウスビームよりシンチレーションが軽減可能 であるという結果を得た。本検討では同じ高 次ガウスモードである HG ビームに対するシ ンチレーションの評価を行い、有効な次数の 検討とLGビームの結果との比較検討を行う。

2. シミュレーション手法

本検討では、スプリットステップビーム伝 搬法³⁾と大気による位相変化を薄いスクリー ンで表すフェイズスクリーンを組み合わせ、 伝搬計算を行う。フェイズスクリーンはサブ ハーモニクス法³⁾により生成し、大気の屈折 率モデルとして Von Karman 屈折率スペクト ルモデルを用いた。

$$\Phi(f) = 0.023 \left(\frac{4\pi^2}{k^2 L C n^2}\right)^{-5/3} \frac{\exp(-f/f_m^2)}{(-f/f_0^2)^{11/6}}$$
(1)

ここで、k は波数、L は伝搬距離、 Cn^2 は屈折 率の強さを示す屈折率構造定数、 $f_0 = 1/L_0$ 、 $f_m = 1/2 \pi$ 、 l_0 L₀ は乱流の内部、外部スケール の大きさである。また評価指標としてシンチ レーションインデックス(SI)を用いる。

$$\sigma_I^2 = \langle I^2 \rangle - \langle I \rangle^2 / \langle I^2 \rangle$$
 (2)
I は受信強度、<>はアンサンブル平均である。
3 シミュレーション結果

波長 780nm、伝搬距離 2km、送信ビーム半 径 Wo=0.01m、受信機開口直径 D=0.04, 0.06, 0.08, 0.1m、フェイズスクリーン 20 枚、内部 スケール *lo*=0.005m、外部スケール *Lo*=30m、 屈折率構造パラメータ *Cn*²=10⁻¹³m^{-2/3}、実行回 数 200 回の条件でシミュレーションを行った。 受信機開口直径 *D*=0.06m における HG(*m*,*n*) モードの SI を Fig.1 に示す。結果より、HG ビ ームは*m*,*n*が高次モードになるにつれ SI が小 さくなる傾向があり、ほとんどのモード次数 においてガウスビームよりも SI が小さいこと が分かる。また、各受信機開口直径 *D*におい て最も SI が小さい HG(*m*,*n*)、LG(*m*,*n*)モード とガウスビームの比較結果を Fig.2 に示す。 HG と LG の SI に大きな差はなく、また両ビ ームともガウスビームより SI が小さくなるこ とが確認できた。

<u>4. まとめ</u>

高次のHGビームはSIが小さくなる傾向が あり、また HG ビームも LG ビームと同様に ガウスビームよりシンチレーションが軽減可 能であることが示された。

参考文献

Y.Baykal, Opt.Comm., 57(5), pp.311-313 (1986).
 A.Saito, et.al., MOC'16, 13C-17 (2016).
 J.D.Schmidt, "Numerical simulation of optical wave propagation", Chap.9, SPIE press, (2010).



Fig.1. Scintillation indices of Hermite-Gauss beams



Fig.2. Scintillation indices of Gaussian beams and the best mode of Hermite-Gauss and Laguerre-Gauss beams