

プラズマ中におけるラゲール・ガウシアンビームの  
準光学シミュレーション

Quasi-optical Simulation on  
Laguerre-Gaussian Beams in Plasmas

土生 柊<sup>a</sup>, 柳原 洸太<sup>b</sup>, 辻村 亨<sup>c</sup>, 久保 伸<sup>d</sup>, 中村 浩章<sup>a,c</sup>  
Shu HABU<sup>a</sup>, Kota YANAGIHARA<sup>b</sup>, Toru Ii TSUJIMURA<sup>c</sup>,  
Shin KUBO<sup>d</sup>, Hiroaki NAKAMURA<sup>a,c</sup>

<sup>a</sup>名大, <sup>b</sup>量研, <sup>c</sup>核融合研, <sup>d</sup>中部大  
<sup>a</sup> Nagoya Univ., <sup>b</sup> QST, <sup>c</sup> NIFS, <sup>d</sup> Chubu Univ.

### 1. 背景

光渦はらせん状の波面をもち、ビーム軸まわりの軌道角運動量(OAM)を運ぶ。その軌道角運動量フラックスの伝搬方向成分は真空中では  $J_z = \epsilon_0 \omega \ell / 2$  とあらわされる。ここで、 $\epsilon_0$  は真空の誘電率、 $\omega$  は波の角周波数、 $\ell (=0, \pm 1, \pm 2, \dots)$  は光渦の方位角方向の位相変化の周期をあらわす整数である。2017年、加藤らによって円軌道する電子の放射が光渦の性質を持つことが示された[1]。円軌道電子は磁化プラズマ中に遍在し、電子のサイクロトロン運動とその放射の物理は、核融合プラズマの閉じ込め、加熱、診断などに広く利用されてきたのに対して、その渦性についてはこれまで議論されてこなかった。そこで、近年、核融合科学分野において、この円軌道電子の放射の渦性を核融合プラズマの加熱や診断へ利用することを目的とした様々な研究[2-4]が活発化している。本研究ではその初めの一步として、我々は磁化プラズマ媒質中の光渦の伝搬特性を数値計算によって調べた。

### 2. 光渦の準光学シミュレーション

シミュレーションコードとして、PARADE (PARaxial RAY DEscription) と呼ばれる準光学光線追跡コードを採用した[5-7]。PARADEは、非一様・非等方性媒質中の波動ビームの伝搬を準光学近似のもとで、少ない計算資源で計算可能なコードである。さらに、大抵の準光学光線追跡コードと違い、光渦を含めた任意の複素振幅をもつ波動ビームの発展を追跡可能である。そこで、PARADEを用いてコールドプラズマ近似のもとで、磁化プラズマ中の光渦の伝搬を計算した。磁化プラズマに入射する光渦の初期条件として、ラゲール・ガウシアン (Laguerre-Gaussian : LG) ビームを採用した。外部

磁場が加えられている一様プラズマ中の光渦の伝搬距離  $\zeta = 0.0 \sim 2.0$  [m] の伝搬を計算した。

### 3. シミュレーション結果

図1は磁場に垂直に磁化プラズマ中を磁場垂直方向に伝搬する光渦( $\ell=2$ )の、伝搬に伴う振幅の変化を示す。この場合、ガウシアンビーム( $\ell=0$ )の場合とは異なり、伝搬に伴い光渦のビーム軸が二つに分裂していくことが確認できた。

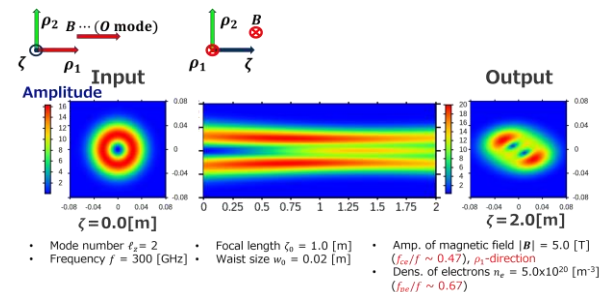


図1. 磁場に垂直に伝搬する光渦(LGビーム、 $\ell=2$ )の伝搬距離( $\zeta$ )に伴う振幅の断面分布の変化。 $\zeta=0 \sim 2.0$  [m]までの伝搬中に光渦の特徴的なビーム軸上の位相特異点が二つに分裂した。

### References

- [1] M. Katoh et al., Phys. Rev. Lett. 118, 094801 (2017).
- [2] Y. Goto, S. Kubo, and T. I. Tsujimura, J. Adv. Simul. Sci. Eng. 7, 34 (2020).
- [3] T. I. Tsujimura and S. Kubo, Phys. Plasmas 28, 012502 (2021)
- [4] Y. Goto et al., New J. Phys. 23, 063021 (2021)
- [5] I. Y. Dodin et al., Phys. Plasmas 26 072110 (2019).
- [6] K. Yanagihara et al., Phys. Plasmas 26 072111 (2019).
- [7] K. Yanagihara et al., Phys. Plasmas 26 072112 (2019)