

# XFEL におけるオプティカル・ガイド効果

尾崎俊幸・高エネルギー加速器研究機構

2009年4月、LCLSにおいて、人類の長年の夢であったX線レーザーに成功した。厳しいアライメントの要求に対して、成功裡に commissioning が進んだ<sup>(1)</sup>。おそらく、optical guide 効果がプラスに働いていたと思われる。つまり、バンチングが進んでいる電子ビームは比誘電率を持ち、電子ビームが光ファイバーのような役目を果たし、光を閉じ込める。あるいは、電子ビームがレーザー光を曲げて運ぶ。その条件式を Sprangle が導いた<sup>(2)</sup>。つまり、FELの Power gain length  $L_e$  と レーザー光の Rayleigh range  $Z_R$  の関係が  $L_e < (2+3f)^{1/2} Z_R / (2f^{1/2}(1+2f))$  であれば、optical guide が働く。ここで、 $f$  は レーザー光内の電子ビーム面積で、 $f=1$ とすれば、右辺は、 $0.373Z_R$ である。LCLS の設計資料には、 $Z_R = 40m$   $L_e = 5.8m$  と記述されているので、optical guide が働いていると結論できる。

3次元FELcode (GENESIS) で、その評価を試みた。LCLS のパラメーターで不明な値もあるが、妥当な値を推定し、等価 SASE 入力近似で、定常状態FEL近似で、図1のように、ほぼ増幅実験結果を再現できた。この時、図2に示すように、電子ビームが光ファイバーの役を為すように、レーザー光を閉じ込めているのが解る。レーザー光の増幅が飽和に達し、バンチングが進まなくなったと同時に、レーザー光のサイズが広がっていくのが判る。

さらに、Optical Guide による軌道ステアリング効果を研究するために、増幅途中の GENESIS 出力ファイルを解析する作業を進めている。

## 文献

- (1) LCLS NEWS: New Era of Research Begins as World's First Hard X-ray Laser Achieves "First Light": April 28, 2009
- (2) P. Sprangle, B. Hafizi and J. R. Penano : IEEE Q.E. vol.40 (2004) 1739-1743

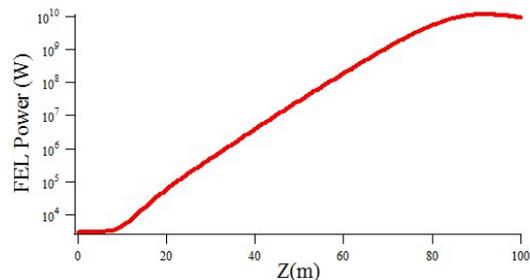


図1 レーザー光のパワー増加

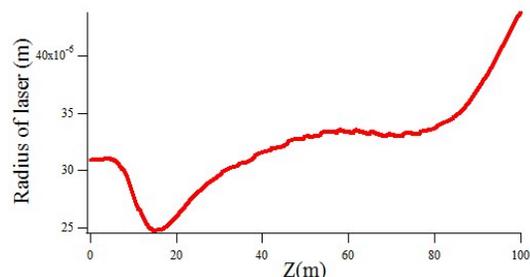


図2 レーザー光の半径の変化