

自由電子レーザー (FEL) とは

自由電子レーザー (Free-Electron Laser: FEL) とは、高エネルギーの電子ビームを蛇行運動させ、高強度でコヒーレントな光ビームを発生させる技術です。

アンジュレータ：
周期磁場によって
電子ビームの軌道を
蛇行させる装置

アンジュレータ

電子ビーム

自発放射領域

個々の電子が独立に、放射光を発生します。
位相がランダムな、インコヒーレントな光です。

成長領域

光との相互作用により
電子が受ける力

光の電磁場との相互作用によって、
個々の電子は、そのビーム内の位置に依存して力を受けて
移動し、電子の分布に光の波長の周期の濃淡ができます。
(マイクロバンチ化)

飽和領域

光の波長の周期で整列した電子から、
位相が揃った、コヒーレントな光が発生します。
個々の電子の放射が振幅で足し合わさるため、
桁違いに強い光が得られます。

FEL 光

光強度の成長

発振波長

FEL で発生する光の波長は、以下の式で表され、
加速器のパラメータによって自由に設計できます。

アンジュレータの磁極周期

発振波長

アンジュレータの
磁場強度

$$\lambda = \frac{\lambda_u}{2\gamma^2} (1 + a_w^2)$$

電子ビームのエネルギー

マイクロバンチ化が進むとともに、
指数関数的に光強度が増幅します。

成長領域

飽和領域

FEL 光

FEL では
通常の放射光と比べて
桁違いに強い
コヒーレントな光が
発生します。

自発放射領域

インコヒーレントな
アンジュレータ放射の場合
(通常の放射光)

アンジュレータに沿った伝搬距離