X線レーザー強度1億倍

表面精度「原子レベル」

大阪大など集光鏡作製

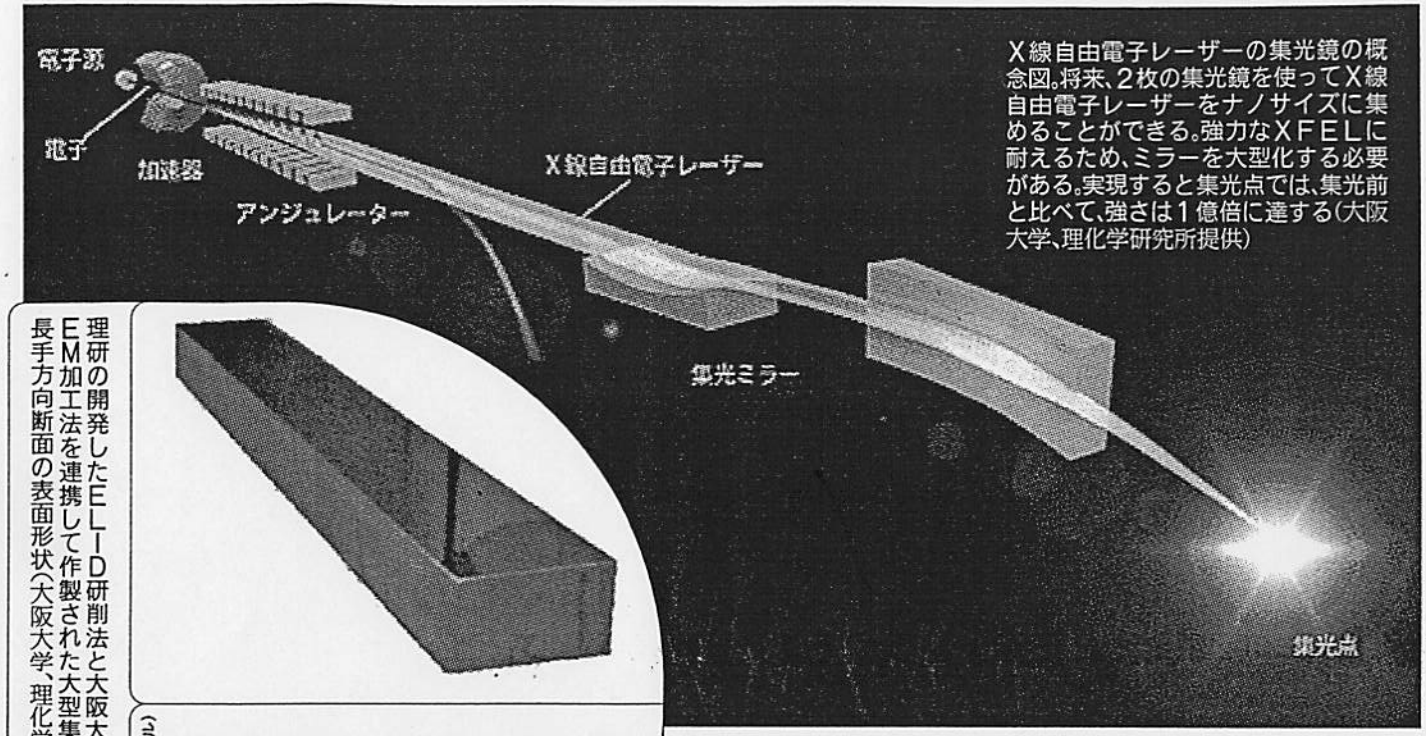
波長がX線領域のレーザー光であるX線自由電子レーザー(XFEL)は、原子レベルの大きさの物質の瞬時の動きを観察できるといわれ、全長700㍍の発振施設の建設が2010年度の完成を目指して兵庫県にある大型放射光施設SPring-8の隣接地で進められている。大阪大と理化学研究所(理研)を中心とする研究グループは、XFELの強度をさらに高めるための集光鏡を原子レベルの精度で作製した。

電子銃で射出された電子ビームをほぼ光速まで加速し、周期的に正負の方向を変える交番磁界をかけて電子を蛇行させると、X線領域の光を発生、電子ビームとの相互作用でXFELが発振する。

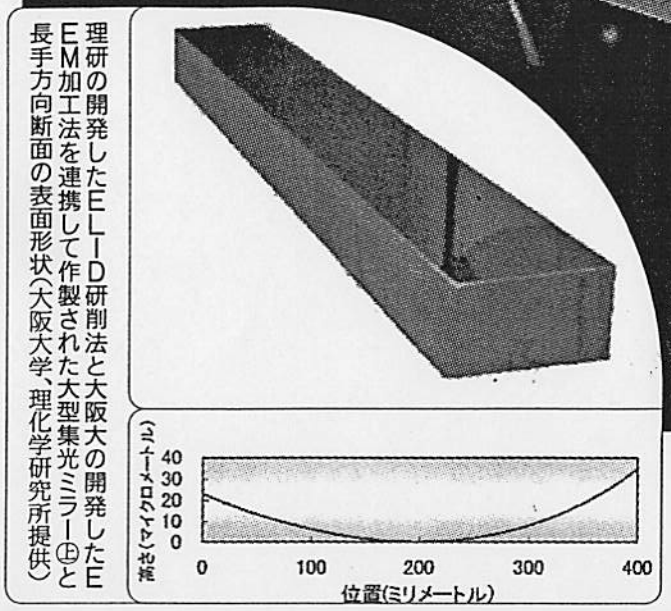
XFELを使えば、たんぱく質1分子から構造解析ができると考えられており、新薬開発を飛躍的に効率化できるといわれている。しかし、高い強度を持つXFELを使っても、1分子から得られるシグナルは極めて弱いことから、集光してXFELの強度をさらに高める必要がある。強度が大きいことからXFELの集光鏡自体が蒸発する可能性もあるため、大きな面積で受け止めてから反射、集光しなければならない。このため、集光鏡の大型化とともに、XFEL表面すれすれの角度(1㍍で1㍉上がる角度)で入射させる必要があり、表面の平坦性について非常に高い精度が求められる。

ナノメートル(ナノは10億分の1)の精度で加工装置を制御し、加工機上で即座に試料表面の形状を計測・確認できる理研の開発した研削法による加工後、大阪大の開発した加工法で表面の凹凸を原子レベルで計測、凸部のみを狙って取り除く形状修正を行い、長さ400㍉の集光鏡を作製。SPring-8のビームラインで利用できるXFELに近いX線で評価したところ、0・8オングストローム(1オングストロームは1億分の1㌢)の波長のX線を理論限界まで集積できることを確認。将来的には、0・5㍉四方の大きさのXFELを50ナノ㍍四方に集光して強度を1億倍にする鏡の製作も可能という。

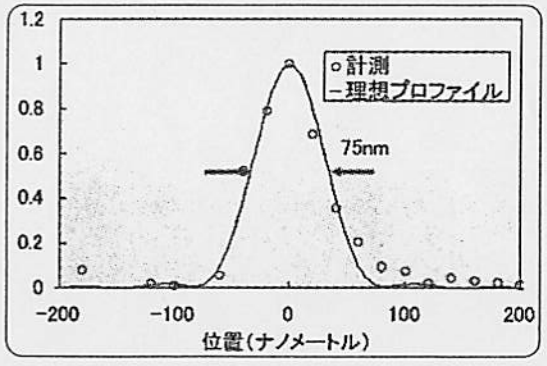
集光鏡の試作と評価結果から、2010年度のXFEL発振施設完成時に、すぐに1億倍まで強度を高めることが可能であり、欧米でも進められているXFEL技術の開発競争で、日本が大きく先行することになるという。



X線自由電子レーザーの集光鏡の概念図。将来、2枚の集光鏡を使ってX線自由電子レーザーをナノサイズに集めることができる。強力なXFELに耐えるため、ミラーを大型化する必要がある。実現すると集光点では、集光前と比べて、強さは1億倍に達する(大阪大学、理化学研究所提供)



理研の開発したELID研削法と大阪大の開発したEEM加工法を連携して作製された大型集光ミラー㊤と長手方向断面の表面形状(大阪大学、理化学研究所提供)



作製した集光鏡によってナノサイズ領域に集められたX線の強度分布の理論予測と計測結果(大阪大学、理化学研究所提供)