

X線自由電子レーザー強度の絶対測定

ビームモニターを校正し信頼できるレーザー強度を提供



加藤 昌弘

かとう まさひろ (左)
masahiro-katou@aist.go.jp

計測・計量標準分野研究企画室
企画主幹
(つくばセンター)

放射線防護や医療放射線利用に関するベータ線とガンマ線の線量標準の研究・XFELなどの最先端光源の強度測定に携わっています。高精度の放射線測定手法の実現とともに広く利用しやすい放射線測定手法の開発を目指しています。

斎藤 則生

さいとう のりお (右)
norio.saito@aist.go.jp

計測標準研究部門
量子放射科
研究科長
(つくばセンター)

X線自由電子レーザー、放射線を利用した医療用機器などの放射線強度を高精度で計測する技術開発に取り組んでいます。より安全でより効果的な放射線の利用に貢献することを目指しています。

関連情報:

● 共同研究者

矢橋 牧名 (理化学研究所)、
登野 健介 (高輝度科学研究所
センター)、田中 隆宏、黒澤
忠弘 (産総研)

● 参考文献

M. Kato *et al.*: *Appl. Phys. Lett.* 101, 023503 (2012)

● 用語説明

* SACLA: 理化学研究所と高輝度科学研究所センターが共同で建設した日本で初めてのXFEL施設。

● プレス発表

2012年7月9日「0.1 nmより短波長のX線自由電子レーザー光強度を初めて測定」

● この研究開発の一部は、文部科学省の科学技術試験研究委託事業「X線自由電子レーザー利用推進研究課題(平成21~22年度)」、および理化学研究所「SACLA利用装置提案課題(平成23年度)」の支援を受けて行っています。

XFELの強度

2011年6月にSACLA*が波長0.12 nmのX線自由電子レーザー(XFEL)の発振に成功しました。XFELは基礎・基盤研究だけでなく、産業や国民の生活に大きく役立つと期待されています。XFELを用いて実験を行う場合、その強度が実験結果に大きな影響を与えます。またレーザー強度はSACLAのような光源施設にとって最も基本的な物理量であり、国際単位系(SI)にトレサブルな値の公表は、わが国初のXFEL施設であるSACLAを国際的にアピールする上でも重要な役割を果たします。XFELの強度は1パルスあたりのエネルギー、すなわちパルスエネルギーとして測定しました。

極低温放射計を用いた測定技術

私たちは今回、(1)極低温放射計を用いたXFELのパルスエネルギーの測定技術と、(2)実験中のオンライン測定を可能にするオンラインビームモニターを極低温放射計に対して校正する技術を開発しました(図)。

極低温放射計は検出部を液体ヘリウム温度に冷却して用います。これまでの極低温放射計は透過力の小さい光子が対象でしたが、XFELは透過力が強くエネルギー密度が極めて高いので、検出器の心臓部である吸収体をあらためて設計し直しました。測定したX線レーザーのエネルギーを、それと等価な電気エネルギーと比較することで求めることができるため、原理的にパルスエネルギーの絶対値を導くことのできる測定手法です。

測定したXFELの平均パルスエネルギーを表に示します。パルスエネルギーが最大となるのは波長が0.21 nmと0.13 nmの場合で、約100 μJでした。パルスの周波数(10 Hz)とパルス幅(20 fs)、から平均パワーは1 mW、ピークパワーは5 GWです。この極低温放射計による測定の不確かさは1.1%から3.1%で、主にSACLAのXFELの強度のふらつきに起因しています。このように、波長が0.1 nmより短く透過力の高いX線領域の自由電子レーザー強度の絶対値測定に、初めて成功しました。さらにこの研究ではSACLAのビームラインに組み込まれている、XFELの大部分が透過するタイプの検出器(オンラインビームモニター)を校正しました。校正された透過型の検出器を使うことで、XFELの利用中にその強度の絶対値をリアルタイムで知ることができます。

今後の予定

今回開発した技術は液体ヘリウムが必要なため、(1)準備に時間を要する、(2)取り扱いが難しい、という課題があります。今後はより簡単にXFELの強度計測ができるよう、常温で容易に動作する放射計による測定技術を開発する予定です。

表 極低温放射計で測定した平均パルスエネルギー

XFELの波長 (nm)	平均パルスエネルギー (μJ)
0.28	32.26 ± 0.35
0.21	104.2 ± 1.3
0.13	95.3 ± 2.3
0.091	42.2 ± 1.1
0.074	0.96 ± 0.03

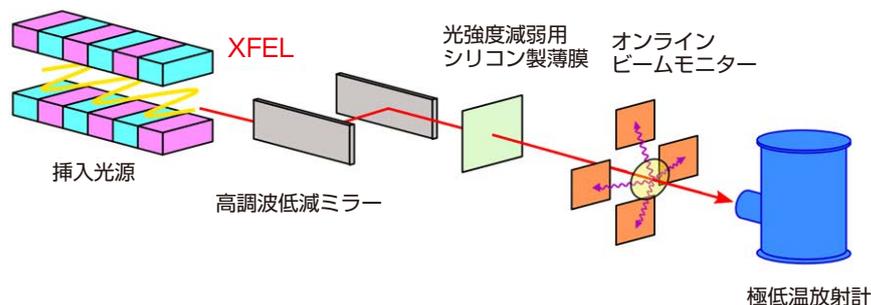


図 XFEL ビームラインでのセットアップ