

超高速で動き回る電子をアト*秒パルスで捉えろ!

アト秒レーザー科学 研究機構^(I-ALFA)とは?



The University of Tokyo
Institute for
Attosecond Laser Facility

<https://i-alfa.u-tokyo.ac.jp>



2022年11月、総長室総括委員会の下にアト秒レーザー科学研究機構が設置されました。極めて短い時間に起こる現象を解き明かすための光源を擁する施設の実現を目指して設置された全学組織です。機構長を務める山内薫先生に、アト秒科学とは何か、機構が目指す施設の概要、今後の青写真などについて紹介していただきました。



アト秒レーザー科学研究機構長
山内 薫 (理学系研究科教授)

電子の動きをリアルタイムで追跡

近年、レーザー技術が進展し、2018年ノーベル物理学賞につながった「チャープパルス増幅」のおかげで、フェムト秒領域の極めて短い時間幅で非常に強い光を出せるようになりました。そのフェムト秒パルスの高次高調波を発生させることによって、100アト秒を切る時間幅のパルスを出すことも可能となりました。このアト秒光パルスを使えば物質中の電子の動きをリアルタイムで追跡することが可能となるため、物質科学が大きく進展すると期待されます。

物質に光を照射すると、まず物質中の電子が動き出します。その動きは非常に速く、フェムト秒パルスを用いたポンプ・プローブ実験によってコマ撮りをして電子はすでに動いてしまっているため、観測することはできません。しかし、アト秒領域のパルス光を用いればそれが可能となります。アト秒光パルスの波長は軟X線から極端紫

外光の領域です。特に、「水の窓」と呼ばれる2~4ナノメートルの波長領域では、水が透明になるので、細胞内の微小な構造体の顕微イメージングが可能となります。先端的なアト秒レーザー光源やアト秒自由電子レーザー光源によって生成されるアト秒光パルスは強度が高く、シングルショットで顕微イメージング画像を計測することができるわけです。

アト秒科学の進展には、様々な分野のユーザーのためにアト秒レーザー光を安定に供給する光源施設が必要です。そこで構想されたのがアト秒レーザー科学研究施設 (Attosecond Laser Facility: ALFA) です。ALFAでは、ユーザーがアト秒レーザー光源を利用して、様々な実験ができる環境を用意します。また、ユーザーが取得した実験データの解析やシミュレーションなどをサポートするサービスを提供します。

この構想は、東大が理化学研究所の協力を得て2008年頃に生まれました。以降、日本学術会議「学術の大型研究計画に関するマスタープラン」の重点大型研究計画や、文部科学省「学術研究の大型プロジェクトの推進に関する基本構想ロードマップ」に三度にわたり高い評価で採択されましたが、計画遂行のための予算はまだ確保されていません。今年度、ミッション実現加速化経費として運営費の一部を確保できましたが、できるだけ速やかに施設整備と設備のための予算を確保することが喫緊の課題です。概算要求によってALFAを確実に実現するために発足したのがアト秒レーザー科学研究機構 (Institute for Attosecond

Laser Facility: I-ALFA) です。当機構は、総長室総括委員会の下、学内9部局の賛同を得て昨年11月に発足しました。

設置場所はKEKつくばキャンパス

ALFAは全長140mほどの線形加速器をもつアト秒自由電子レーザー光源と三つのアト秒レーザー光源を擁する施設です。高エネルギー加速器研究機構 (KEK) と東大が連携し、KEKつくばキャンパスに設置する方向で準備が進められています。令和6年度より施設整備費と設備費を確保できれば、速やかにALFA建設に着手し、令和8年度からユーザー利用が可能となるよう施設を整備する予定です。そして、ALFAが全国共同利用・共同研究拠点として認められることを目指します。3月には施設実現のための支援を募る目的で東大基金の寄付プロジェクトを開始しました。また、様々な分野の企業にコンソーシアム“Friends of ALFA”への参加を募る予定です。

私は今年度で東大を定年退職しますが、4月からは特任教授としてALFAの設立に尽力します。ALFAが将来の先端研究を担う国際的リーダーを育成する場となるとともに、先端光源技術を発展させる場となるよう努力して参ります。



ALFAのイメージ

©東京大学建築学専攻 Advanced Design Studies

*アトは 10^{-18} 、フェムトは 10^{-15} 、ピコは 10^{-12} 。1アト秒とは0.000 000 000 000 000 001秒のこと。