

極端紫外光渦の生成と原子分子実験への適用

金安達夫

九州シンクロトロン光研究センター

自由空間を伝播する光ビームは近軸波動方程式の解としてよく表される。直交座標系で解いた場合には光ビームはエルミート・ガウスモードで表され、円筒座標系における解はラゲール・ガウスモードとして知られている。ラゲール・ガウスモードの光ビームは光渦とも呼ばれ、i) 螺旋状の波面、ii) 中心部の強度がゼロとなるドーナツ状のビーム形状、iii) 螺旋波面の構造に応じて一光子あたり $l\hbar$ の軌道角運動量が光に付与される、といった特徴を持つ。可視から近赤外の波長域では光渦状態のレーザー光を生成する手法が確立されてきており、その応用も微粒子操作、蛍光顕微鏡、情報処理等の多岐にわたる。一方、真空紫外から X 線領域の光渦の生成は困難であったが、ごく最近、円偏光アンジュレータ放射の高調波は光渦の性質を持つことが見出された[1,2]。これにより円偏光アンジュレータが設置された既存の放射光施設において真空紫外から X 線領域の光渦を用いた研究が可能となりつつある。

我々は短波長域の光渦の可能性に着目し、極端紫外域の光渦による原子分子の光励起・イオン化ダイナミクスの解明を目的とした実験研究に着手した。具体的には分子研 UVSOR の可変偏光アンジュレータ U1 を用いて極端紫外域の光渦を生成し、気相試料の光電子角度分布測定を用いて光渦と原子分子の相互作用を探る。これまでのところ短波長域の光渦と原子分子系との相互作用については理論研究が散在するのみである。光の位相が急激に変化する狭い空間領域では光渦の軌道角運動量に起因する特異な電子遷移が顕在化するなど興味深い現象[3]も予測されており、実験的検証が望まれている状況である。

実験は UVSOR のビームライン BL1U で進めている。BL1U は極端紫外域の光渦が利用可能かつ持ち込み装置による実験ができる数少ないビームラインのひとつである。また BL1U にはミラーや回折格子等が無いために光学素子による螺旋波面の乱れは生じない。そのため、アンジュレータ光に付与された軌道角運動量の性質が観測装置まで確実に保持されることも大きな利点である。本研究では BL1U に光輸送路と光整形部を取り付け、終端部には光電子イメージング装置を設置してヘリウム原子の光電子角度分布測定に取り組んでいる[4]。昨年度の試験的な実験を経て、今年度のビームタイムでは円偏光基本波および高調波(一光子あたりの軌道角運動量 $l\hbar$ ($l=1,2$)の光渦)を用いた測定を行った。現在、詳細なデータ解析が進行中であるが、光電子イメージには平面波と光渦で大きな差異は見られず、本実験の条件下では光渦との相互作用においても双極子遷移が支配的と示唆された。講演では BL1U における研究を紹介し、今後の原子分子実験への光渦の応用の可能性を議論したい。

[1] S. Sasaki and I. McNulty, Phys. Rev. Lett., **100**, 124801 (2008).

[2] J. Bahrndt et al., Phys. Rev. Lett., **111**, 034801 (2013).

[3] A. Picon et al., New J. Phys. **12** 083053 (2010).

[4] T. Kaneyasu et al., UVSOR Activity Report 2014, p. 110.