

## トライボロジー現象の理解に向けた軟 X 線 XAFS 応用

平山 朋子<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 京都大学 大学院工学研究科 機械理工学専攻

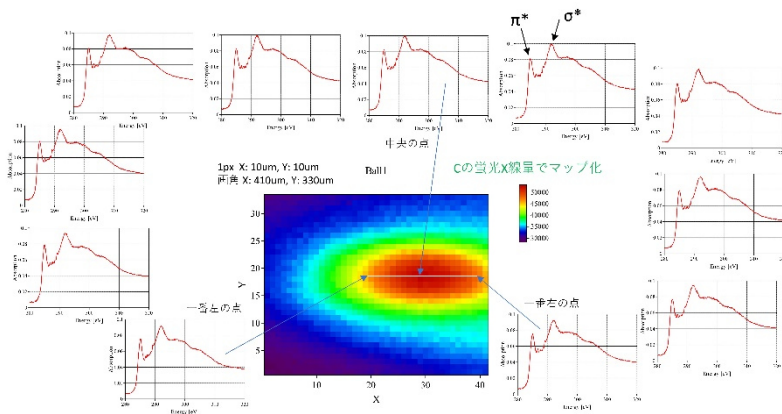
トライボロジーとは、摩擦・摩耗・潤滑現象をベースとした機械工学の一分野であり、近年の省エネルギー化に向けた取り組みにおいてより存在感を増しつつある。本研究では、その低摩擦現象のキーとなる炭素系トライボフィルムに着目し、軟 X 線 XAFS 分析を行った結果について紹介する。

機械工学において、要素間の摩擦およびそれに伴う摩耗の発生に関する諸問題は極めて重要な課題であり、トライボロジー分野において多くの研究が進められている。近年、特に自動車業界を中心として、摩擦によるエネルギーロス削減に向けた更なる低摩擦摺動面の開発が強く求められており、各社が凌ぎを削って開発に取り組んでいる。その低摩擦摺動面開発のキーとなるのが、摺動によって接触面に形成される「トライボフィルム」である。特に炭素系トライボフィルムはその性質がダイヤモンド ( $sp^3$ ) ライクかグラファイト ( $sp^2$ ) ライクかによってトライボロジー特性が大きく変化するため、その形成状況の把握は極めて重要である。

トライボロジー分野においては、炭素系トライボフィルムの分析に、走査型電子顕微鏡エネルギー分散型 X 線分光法 (SEM-EDX)、X 線光電子分光分析 (XPS)、透過型電子顕微鏡分析 (TEM/STEM)、ラマン分光分析等が多く用いられる。とりわけラマン分光分析は大気圧環境下での分析が可能であることから最も多く活用されているが、 $sp^2/sp^3$  比の定量的な算出にはやや曖昧さが残ると指摘されてきた。

そこで当研究グループでは、炭素系トライボフィルムの構造解析に軟 X 線 XAFS の活用を提案し、その検証を進めている。摩擦試験の結果、極めて低い摩擦係数が得られた球の表面にはグラファイトライクな移着膜が形成されていると言われていることから、その球を KEK BL-19B 軟 X 線 XAFS ビームラインに取りつけて C K-edge 吸収分光分析を行ったところ、炭素系移着膜量の面内分布に加え、明瞭な  $\pi^*$  と  $\sigma^*$  ピークを有する XANES プロファイルが得られた (図 1)。これより、軟 X 線 XAFS 分析によって、炭素系トライボフィルムのマップ化および  $sp^2/sp^3$  比の定量化が可能であることが確認できたと言える。

さらに、このようなトライボフィルムは摺動中に形成されることから、現在、摩擦試験機をビームライン内に設置することで、摩擦過程と分析を交互に繰り返すことができる装置の開発に取り組んでいる。本発表では、そのような新しい取り組みの進捗状況も併せて紹介したい。



**Fig. 1** Carbon map and C-K edge XANES profiles of the ball surface after sliding