

多次元マルチスケール計測による航空機用構造材料の耐熱性・耐環境性向上のための材料へ構造因子解明

Reveal of heterogeneous factors
in heat- and environmental-resistant structural materials
for airplanes through multi-dimensional and scale analysis

木村正雄^{1,2}、武市泰男^{1,2}、丹羽尉博¹、君島堅一¹、渡邊稔樹¹、
高橋由美子¹、平野馨一^{1,2}、石井友弘¹、兵藤一行^{1,2}、兵頭俊夫^{1,2}

¹KEK-物質構造科学研究所-放射光、²総研大-高エネ加速器科学研究所

SIP 国プロ「革新的構造材料」プロジェクト¹に参画し、航空機用構造材料の 繊維強化複合材料(CFRP)、耐環境性セラミックスコーティング(EBC) の研究に取り組んでいる²。これまで、酸化物中の金属元素の化学状態マッピング(BL-15A1)^{3,4,5}、レーザによる金属の衝撃破壊の動的観察(NW2A)⁶、SiC/SiC、EBC材のX-CTイメージング(BL-14B,C)⁷、陽電子ビーム高強度化のためのパルスストレッチング(陽電子)⁸、等の結果を得ている。

同プロジェクトの取り組みのひとつとして X 線吸収分光顕微鏡(XAFS-CT)の研究開発と製作を進め2017年3月にNW2Aに導入した(図1)。同装置は、材料の化学状態(電子状態)と組織の3Dマッピングを、応力印加下&同視野&高空間分解能(<50nm)で観察できるユニークな装置であり、最近、CFRPの亀裂起点の高分解能での *in situ* 観察⁹、EBC中のYb元素の化学状態の3D可視化¹⁰に成功した。こうした亀裂や劣化の高空間分解能での3D観察は、ボイド/劣化の起点生成→進展→マクロ的破壊/剥離にいたる現象の解明とその制御に不可欠な情報である。材料/プロセスの研究開発を進めているGrと連携してその設計指針の提示を目指している。

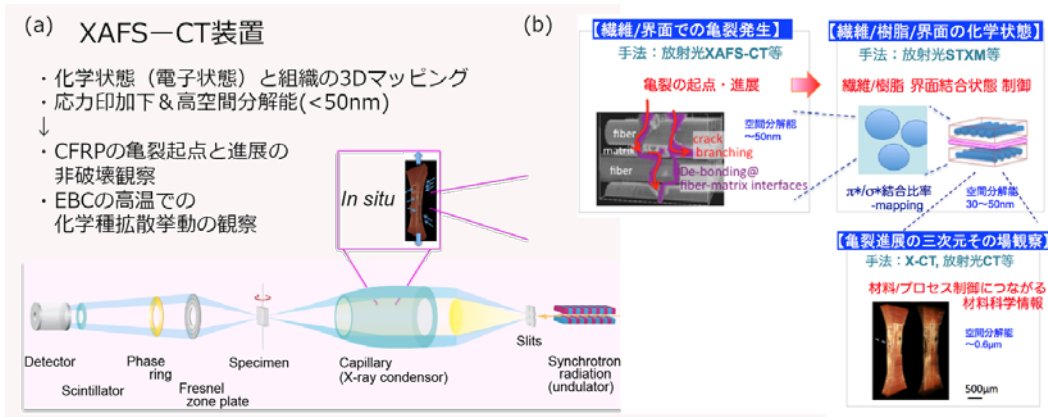


図1 (a) XAFS-CT 顕微法と(b) 同手法による CFRP のマルチスケール計測のイメージ

KEK での放射光および陽電子実験は、PF-PAC の承認(課題番号 2014G707, 2015S2-002, 2016S2-001)のもとで実施された。本研究は内閣府の総合科学技術・イノベーション会議の戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)「革新的構造材料」(ユニット D66)(管理法人:JST)の支援により実施した。

- [1] <http://www.jst.go.jp/sip/k03/sm4i/index.html>、[2] <http://pfxafs.kek.jp/mc-group/research/sip>、M. Kimura, Synch. Rad. News 30, 23(2017)、[3] M. Kimura et al. J. Phys.: Conf. Ser., 712, 012077(2016) .、[4] M. Kimura et al., J. Phys.: Conf. Ser., 849, 012015 (2017) .、[5] M. Kimura et al., Scientific Reports 8, 3553, <https://www.nature.com/articles/s41598-018-21867-z> .、[6] Y. Niwa et al., High Press. Res., 36(3), 471 (2016) .、[7] K. Hirano et al., J. Syn. Rad., 23, 1484 (2016) .、[8] T. Hyodo et al., J. Phys.: Conf. Ser. 791, 012003 (2017) .、[9] T. Watanabe et al., in preparation (2018) .、[10] Y. Takeichi et al., in preparation (2018) .