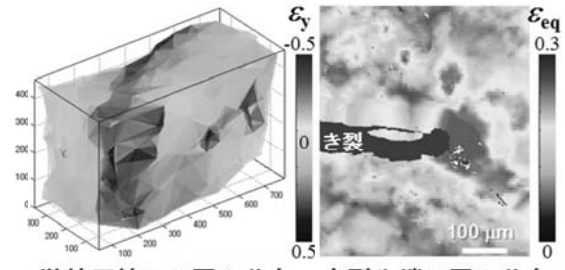


構造材料の 3D/4D イメージベース解析に関する研究

九大工¹、豊橋技科大工² 戸田裕之¹、小林正和²
 toda@mech.kyushu-u.ac.jp

我々は、シンクロトロン放射光トモグラフィによる 3D/4D イメージング (4D=3D+時間軸) で得られる情報が非常に Information-rich な点に着眼している。これまで、力学的歪み[1]、き裂進展駆動力[2]、元素濃度、結晶方位等を材料内部で高密度にマッピングする 3D/4D イメージベース解析を開拓してきた。この技術では、外部負荷等の外乱下で構造材料を 3D 連続観察し、得られる 4D 画像に写る膨大な数の粒子の軌跡を追跡する。これにより、図 1 に示す歪やき裂進展の駆動力の 3D/4D マッピングが初めて可能になった[3]。さらに、これに特殊な X 線回折を援用し、図 2 に示す結晶方位 3D/4D マッピングを実現した[4]。これらのアプローチにより、アルミニウムや鉄鋼などの構造材料で従来の解釈から逸脱する現実の材料の不均一、不規則で確率的な挙動を解明し、強度や疲労特性等に優れた構造材料の創製指針を提示しつつある。



単純圧縮下の歪み分布 き裂先端の歪み分布

図1 歪み3Dマッピング例 (いずれもアルミニウム)

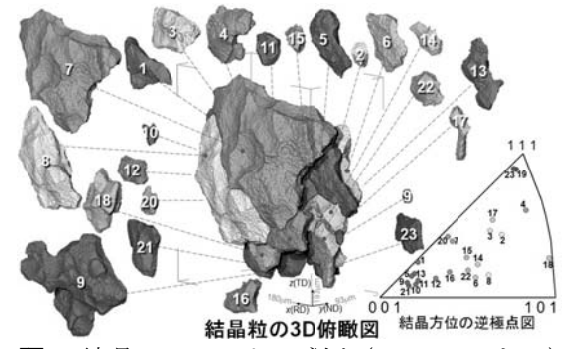


図2 結晶3Dマッピング例 (アルミニウム)

例として、ダイカスト材でこれまで知られていなかった表面直下の高密度な欠陥を発見し、この欠陥が疲労破壊をもたらす事を解明した産業利用例がある。他にも、アルミニウムの真の破壊機構を解明し、大幅な力学特性向上が可能であることを実証する成果も得ている[5]。

最近では、3D/4D イメージベース解析を産業技術に展開し、リバーズ 4D 材料エンジニアリングを創成しつつある。これは、「材料設計→評価→材料創出」という従来の構造材料の開発プロセス (図 3 上側) と時間的に逆行するアプローチ (同下側) により、迅速かつ高精度に高性能材料を開発できる新概念である。3D/4D イメージベース解析により、二次元(2D)観察を基礎として発展してきたこれまでの学術から飛躍し、複雑現象の解明や最適組織設計にダイナミックかつ最短距離でアプローチできる。物質の 4D 構造を評価する確度の高い実証性と、それと体系的に整合するイメージベースの論理的推論は、3D/4D 構造材料サイエンスという独自の学術方法論の確立が期待される。

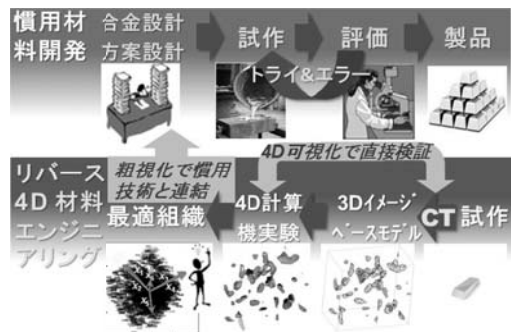


図3 リバーズ4D材料エンジニアリングの概念

[1] M. Kobayashi, et al.; Acta Mater., 56, 2167 (2008).
 [2] H. Toda, et al.; Acta Mater., 52, 1305 (2004).
 [3] L. Qian, et al.; Phys. Rev. Lett., 100, 115505 (2008).
 [4] H. Toda, et al.; Acta Mater., 61, 5535 (2013).
 [5] H. Toda, et al.; Acta Mater., 57, 2277 (2009).