

【特別推進研究】

理工系（工学）



研究課題名 single digit ナノスケール場の破壊力学

京都大学・大学院工学研究科・教授 きたむら たかゆき
北村 隆行

研究分野：工学

キーワード：破壊、ナノマイクロ材料力学、材料設計・プロセス・物性・評価

【研究の背景・目的】

高度な機能を産み出す微小なデバイスの発展は著しく、ナノスケールの精密な構造体が工業応用の対象となりつつある。それらの破壊現象の力学を解明することは、工学における喫緊の重要学術課題である。

マクロ構造体の破壊現象は、多くの実験よりき裂先端近傍の応力やひずみの集中場（特異場）の強さに着目した破壊力学が有効であることが実証されている。しかし、その力学においては、平均化して取り扱うことができる充分多数の原子が破壊局所領域内に存在することを前提としている。一方、破壊進行域が single digit ナノスケール（1 nm ~ 10 nm）に縮小すると、その前提が成立しなくなるため、そのままではマクロの力学は使えない。

single digit ナノスケール（1 nm ~ 10 nm）場によって発生する破壊現象に関する実験知見はない。これは、single digit ナノスケールの局所の力学場を正確に制御した強度実験手法が存在しないためである。

本研究では、(1) single digit ナノスケールの変形集中場を制御できる強度実験方法を開発すること、(2) その実験結果に基づき、局部ナノ破壊現象を支配する力学を確立すること、を目的とする。

【研究の方法】

ナノスケールにおける破壊の力学的評価実験の困難さは、(a) 試験片の製作とハンドリング、(b) 荷重・変位の計測と制御（そのための実験装置開発）、(c) 破壊の判定、の難しさにある。申請者らは、10 nm ~ 1000 nm スケールの構造体に対して荷重と変位を精密に制御した破壊実験方法を確立し、世界におけるナノ材料強度評価をリードしてきた。この正確なナノ力学実験技術を深化させ、各項目の精度を格段に向上して single digit ナノスケールの不均質力学場における破壊実験に挑戦する（図1）。

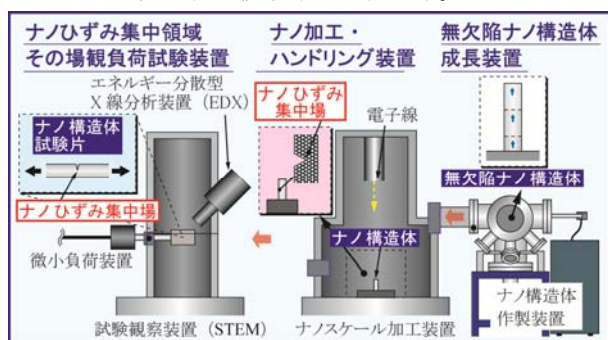


図1 single digit ナノ変形場その場観察システム

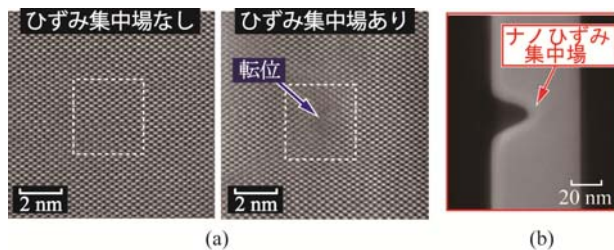


図2 (a)転位周りのひずみ集中場（HAADF像）と(b)切り欠きを有するナノ材料

とくに、single digit ナノスケールのひずみ集中場を精密に観察することが、破壊力学の検討に重要であるため、とくに留意して実験を行うとともに、原子スケールの精密な解析を実行する（図2）。

【期待される成果と意義】

本研究によってナノスケールで「力学場を制御」した世界初の強度実験を実現できれば、局所に発生する「破壊を検知・観察する」ための実験技術基盤を確立することができる。また、新しい学術領域「原子スケール破壊力学」を開拓することができる。すなわち、本研究の学術的意義は、ナノ構造体の破壊に関する学理体系の構築にあり、その社会的意義は、高機能化とともに使用条件が過酷になるナノデバイスの信頼性確保に貢献することである。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- ・ T. Kitamura, H. Hirakata, T. Sumigawa, T. Shimada, "Fracture Nanomechanics" (ISBN: 978-9814241830), Pan Stanford Publishing Pte. Ltd., 297 pages (2011).
- ・ T. Sumigawa and T. Kitamura, Chapter 20 "In-Situ Mechanical Testing of Nano-Component in TEM", "The Transmission Electron Microscope", Dr. Khan Maaz (Ed.) (ISBN 978-953-51-0450-6), Intech, pp.355-380 (2012).

【研究期間と研究経費】

平成 25 年度 - 29 年度
457,100 千円

【ホームページ等】

<http://kitamura-lab.p1.bindsite.jp/kyoto-u/>