

## 自己評価報告書

平成23年 3月15日現在

機関番号：13904

研究種目：基盤研究（A）

研究期間：2008～2011

課題番号：20246102

研究課題名（和文）

3D/4Dマテリアルサイエンスのための新しい結晶方位イメージング手法の創製

研究課題名（英文）

New crystallographic orientation imaging technique for 3D/4D materials science

研究代表者

戸田 裕之（TODA HIROYUKI）

豊橋技術科学大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号：70293751

研究分野：工学

科研費の分科・細目：材料工学・構造 機能材料

キーワード：CT、構造材料、破壊、画像処理、放射光

## 1. 研究計画の概要

申請者が発案し予備的な実験により実現可能性が確認されている粒界トラッキング技術を、数万個レベルの粒子を高精度に同時追跡できるものに引き上げる。これには、各粒子の軌道予測や粒子凝集部の局所パターンマッチング技術（Springモデルなど）を開発して対応する。これにより、材料中の多数の結晶粒を抽出できる。試料を回転しながら細束X線を走査し、3Dで内部各位置の結晶方位を解析するスキャン・ローテーションXRD技術を開発する。これらを組み合わせて結晶粒を3D表示し、全結晶粒の結晶方位をすべて特定できる技術を完成する。

## 2. 研究の進捗状況

## (1)H21年度まで

申請者が発案し、予備的な実験により実現可能性が確認されている、シンクロトロン放射光マイクロトモグラフィーに基づく粒界トラッキング技術を、数万個レベルの粒子を高精度に同時追跡できるものに引き上げた。まず、放射光施設 SPring-8 のトモグラフィーセットアップを用い、外部負荷や加熱など外乱下のマイクロ組織変化を連続的に3D撮影した。次に、液体金属を試料に塗り、結晶粒界を異種金属で修飾した。さらにこれを3D撮影し、結晶粒界の3Dイメージを取得した。大学に帰投後、粒界修飾有無の2つの3D画像を比較し、マスク処理により粒界上の粒子などを抽出し、抽出された全粒子を時間を遡って初期画像まで、全自動、高速、大規模かつ高精度で追跡した。この後、粒界粒子を面で結び、全ての結晶粒形状を再構築した。これには、途中で粒子を見失わないよう、各粒子の軌道予測を個別に行うとともに、連続画

像中の同一粒子判定アルゴリズムを構築して対応した。また、粒子凝集部など誤対応を招きやすい場所には、局所パターンマッチング技術を適用して対応した。これには修正Springモデルなどを用いた。これに加え、本研究の核となる、試料を回転しながら細束X線を走査し3Dで内部各位置の結晶方位を解析するスキャン・ローテーションXRD技術を開発している。具体的には、回折斑点の位置、強度、サイズなどと結晶粒の様々な3D形態とを定量評価し、両者の相関を検討した。

## (2)H22年度

さらに解析を進め、結晶粒の様々な形態と回折斑点の様々な特徴を利用した両者のマッチング技術を完成させた。この知見を利用して実用的な技術とすべく、これをソフトウェアの形とすべくMATLABを用いたプログラミングを行った。このプログラミングは、平成22年度末現在で、約80%位が完成している段階にある。残りは、結晶粒と回折斑点の関係を統計的に解析するためのパートである。このパートに関しては、アルゴリズムの検討および方針の確定は済んでおり、プログラミングのみが残されている。

## 3. 現在までの達成度

①当初の計画以上に進展している。

既に2度の放射光実験に成功した。また、これにより得られたデータを用い、粒子トラッキング技術の高度化が実現された。また、スキャン・ローテーションXRD技術に関しても、その実現性の根拠となるバックデータが得られ、実現性を証明する研究にも成功した。後は、これをプログラムの形として完成し、

実用材料でその動作を確認するだけと言う段階にある。現在の所、プログラムは約8割方、完成している。

#### 4. 今後の研究の推進方策

残り2割の未完成部分を数ヵ月以内に完成させる。同時に、昨年12月の実験データの解析を進め、プログラムを適用できるようにする。これにより、材料工学の各種研究に応用する上で問題点と実用性の確認を行うため、①変形・破壊、②塑性加工、という二つの異なる問題にこれを適応し、得られた知見を手法開発にフィードバックする。これは、開発手法の威力確認のデモンストレーションも兼ねており、①では多結晶体の3D変形挙動に関する学術的な知見が、そして②では実用上の知見がそれぞれ得られるものと期待する。これは、開発手法の普及にとっても重要である。

#### 5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 9 件)

- ① H. Toda, E. Maire, S. Yamauchi, H. Tsuruta, T. Hiramatsu, M. Kobayashi, In situ observation of ductile fracture using X-ray tomography technique, Acta Materialia, 59, 1995-2008, 2010, 査読有
- ② H. Toda, H. Oogo, K. Uesugi, M. Kobayashi, Roles of Pre-Existing Hydrogen Micropores on Ductile Fracture, Materials Transactions, 59, 2285-2290, 2009, 査読有
- ③ H. Toda, K. Minami, K. Koyama, K. Ichitani, M. Kobayashi, K. Uesugi, Y. Suzuki, Healing behavior of preexisting hydrogen micropores in aluminum alloys during plastic deformation, Acta Materialia, 57, 2009, 2277-2290, 査読有,
- ④ Y. Ohkawa, M. Kobayashi, H. Toda, T. Kobayashi, K. Uesugi and Y. Suzuki, Three-Dimensional Analysis of Grain Deformation Behavior in Al-Cu Alloy by High-Resolution X-ray Computed Tomography, Proc. ISAEM 08, 78, 2008, 査読有
- ⑤ M. Kobayashi, H. Toda, K. Uesugi, 3D/4D Deformation and Fracture Analysis by Tracking Microstructural Features in High-Resolution Computed Tomography, Proc. ISAEM 08, 16, 査

読有

[学会発表] (計 5 件)

- ① LeClere Darren J, Novel combination of 3DXRD and Grain boundary tracking for grain mapping of a polycrystalline Al-alloy, 日本金属学会第147回秋季講演大会、2010年9月27日、北海道大学
- ② 戸田裕之, X線CTにおける分解能の評価と改善:現状と課題、日本鉄鋼協会 第160回秋季講演大会 鉄鋼協会シンポジウム「3D/4Dイメージングの現状と展望:共通基盤技術の形成に向けて」、2010年9月27日、北海道大学
- ③ 大語英之、アルミニウム合金の延性破壊に占める内在水素ミクロポアの役割、日本金属学会 第146回春季講演大会、2010年3月29日、筑波大学
- ④ 水関康晴、結晶方位情報を考慮した多結晶材料の4D変形挙動解析、日本金属学会第146回春季講演大会、2010年3月29日、筑波大学
- ⑤ 小林正和、粒界粒子追跡によるアルミニウム合金の三次元結晶粒変形挙動解析、軽金属学会 第114回春季大会、2008年5月10日、愛媛大学

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
出願年月日:  
国内外の別:

○取得状況 (計0件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
取得年月日:  
国内外の別:

[その他]