

## 自己評価報告書

平成 23 年 4 月 8 日現在

機関番号：12608

研究種目：基盤研究 (C)

研究期間：2008～2011

課題番号：20560067

研究課題名 (和文) 超塑性変形における結晶粒子群の動力学的理論

研究課題名 (英文) Kinematical Theory for Grain Motion during Superplastic Deformation

研究代表者

安田 公一 (Yasuda Kouichi)

東京工業大学・大学院理工学研究科・准教授

研究者番号：20191306

研究分野：工学

科研費の分科・細目：機械工学・機械材料・材料力学

キーワード：材料設計・プロセス・物性・評価・セラミックス超塑性

## 1. 研究計画の概要

以前の研究において、正方晶ジルコニアセラミックスの高温引張り試験を繰り返し行い、毎回、約 800 個の結晶粒子を含む特定の領域を SEM で観察して、各粒子の位置ベクトルを測定している。本研究では、このデータから、各粒子の運動に関する統計的なデータを抽出し、それにランダムウォーク理論を適用して解析して、結晶粒子の運動学を確立することを目的とする。

## 2. 研究の進捗状況

まず、各結晶粒子の位置ベクトルから、超塑性変形ごとの変位ベクトル図を作成した。また、作成に当たり、SEMの倍率や軸のずれなども補正して、精密化した。その結果、変形ごとに、結晶粒子は遷移的なドメイン構造を形成しながら、粒子運動をしていることがわかった。次に、個々の粒子の流跡線を検討したところ、ドリフト付きランダム運動と類似の様相を示していることがわかったので、有限要素法により弾塑性体としてのドリフトベクトルを計算で求め、実測の変位ベクトルから差し引くことで、各粒子のランダム変位ベクトルを求めることに成功した。このランダム速度ベクトルを統計解析したところ、変形の初期においては、引張り軸方向とそれに垂直方向で、ランダム速度ベクトルの分散が逆相関を示すが、変形が進行していくと共に、両者の相関が一致してくる傾向を示すことがわかった。最後に、この傾向を理論的に説明するために、ランジュバン方程式をフーリエ逆変換し、さらに、ランダム速度ベクトルとランダム力それぞれのパワースペクトルを求め、ウィナー・ヒンチンの定理を用いて、

ランダム速度ベクトルとランダム力の自己相関関数の関係式を理論的に導出した。そして、実験結果に、この理論解析を適用したところ、引張り軸方向及びそれに垂直な方向のランダム速度ベクトルの分散について、オーダーでの一致を示すことができたが、前述した分散の変動傾向を表すことはできなかった。この理由として、摩擦力項を定数として仮定していることが考えられ、摩擦力項の取り扱いが次年度の課題とすることにした。

## 3. 現在までの達成度

②概ね順調に進展している。

(理由)

計画段階での予測がほぼ妥当であったことと、研究代表者・連携研究者の役割分担や相互協力が順調に進んだことなどが上げられる。

なお、理論解析の部分を 2010 年 11 月の日本機械学会材料加工・機械材料部門講演会 M&P2010 で講演したところ、優秀講演論文賞を受賞した。

## 4. 今後の研究の推進方策

ランジュバン方程式の摩擦力項を時間の関数に変えた場合の理論解析を行い、ランダム速度ベクトルの分散の変動傾向をより精密に表現できるように進める予定である。

## 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 4 件)

① T. Okamoto, K. Yasuda, T. Shiota, Grain motion statistics of TZP ceramics during

- superplastic deformation, Scripta Materialia, 64, 253-255 (2011) 査読あり
- ② 岡本拓, 安田公一, 塩田忠, TZP セラミックスの超塑性変形における粒子流跡線のブラウン運動に基づく解析, 日本機械学会論文集 (A編), 76, 680-681 (2010) 査読あり
  - ③ T. Okamoto, K. Yasuda, T. Shiota, Random walk analysis of grain motion during superplastic deformation of TZP, Journal of Physics: Conference Series, vol.191, #012004 (2009) 査読あり
  - ④ K. Yasuda, T. Okamoto, T. Shiota, Y. Matsuo, Kinematical Analysis of 748 Grains in TZP Ceramics during Superplastic Deformation, Journal of Solid Mechanics and Materials Engineering, Vol.2, No.12, p1497-1507 (2008) 査読あり

[学会発表] (計 8 件)

- ① 岡本拓, 安田公一, 塩田忠, TZP セラミックスの超塑性変形における結晶粒子の運動の確率解析, 日本機械学会第 18 回機械材料・材料加工技術講演会 (M&P2010), 2010.11.27, 東京大学
- ② T. Okamoto, K. Yasuda, T. Shiota, Estimation theory for fandon force exerted on grains during superplastic deformation of ceramics, 3rd International Congress on Ceramics, 2010.11/15-17, Osaka International Convention Center (Osaka, Japan)
- ③ 安田公一, 岡本拓, 塩田忠, TZP セラミックスの超塑性変形における粒子流跡線の分解, 日本セラミックス協会 2010 年年会, 2010.3/22-24, 東京農工大学 (東京)
- ④ 岡本拓, 安田公一, 塩田忠, T Z P の超塑性変形における粒子流跡線のブラウン運動に基づく解析, 第 17 回機械材料・材料加工技術講演会 (M&P2009), 2009.11/5-11/7, 富山国際会議場 (富山)
- ⑤ T. Okamoto, K. Yasuda, T. Shiota, Y. Matsuo, Estimation of dsplacement vector of grains in TZP ceramics during superplastic deformation, Joint Conference of STAC2 and STSI1, 2008.5/30-6/1, OVTA (Chiba)