

# 14th International Conference on the Technology of Plasticity (ICTP 2023)

東京大学 大学院工学系研究科 機械工学専攻  
助教 佐藤 悠治  
(2022 年度 国際会議等参加助成 AF-2022053-Y2)

キーワード: ナノインデンテーション, Pop-in 現象, 分子動力学シミュレーション

## 1. 開催日

2023 年 9 月 25 日 (月) ~ 29 日 (金)

## 2. 開催場所

フランス マンドリュール=ラ=ナプール  
Congress Center

## 3. 国際会議報告

### 3.1 会議概要

本国際会議は、金属をはじめとした材料の塑性加工に関する最新の研究・技術の成果よりもたらされる当該分野の知見の深化のため、世界中の大学・研究所に所属する研究者と産業に属する技術者が共に参加する「金属成形のオリンピック」として、1984 年に設立されて以降 3 年に一度開催される塑性加工に関する最大規模の国際会議である。第 14 回となる今回はフランス・マンドリュール=ラ=ナプールにて開催され、初のフランスでの開催となった。並びに前回の第 13 回 (ICTP2021) は新型コロナウイルス感染症の世界的流行による影響で Web 開催となったため、イギリス・ケンブリッジ大学にて開催された前々回の第 12 回 (ICTP2017) 以来、6 年ぶりの現地開催となった。

本会議では 7 件の基調講演、2 件のワークショップをはじめ、板材成形や圧延、鍛造、接合、微細組織、構成式のモデリング等の塑性加工に関する各セッション、並びに高次異方性降伏関数で有名な Frédéric Barlat 名誉教授 (韓国・浦項工科大学) のシンポジウムが開催された。また塑性加工に関して国際的に優れた業績を挙げた研究者に与えられる日本塑性加工学会精密鍛造国際学術賞をドイツ・ダルムシュタット工科大学の Peter Groche 教授、日本・東京大学の柳本潤教授の 2 名が受賞し、本会議内で授賞式並びに受賞講演が行われた。次回となる第 15 回 (ICTP2026) は 2026 年に韓国・チェジュ島にて開催されることが閉会式にて発表された。

### 3.2 発表概要

著者は本国際会議内の構成式モデリングのセッションにおいて “Molecular Dynamics Simulation on the Initiation of Plastic Deformation by Nanoindentation” という題目にて発表を行った。

材料の機械的性質および成形性は根源的にはマイクロ/ナノスケールでの塑性変形特性によりもたらされる。ナ

ノスケールでの材料の機械的性質を測定するための材料試験法としてナノインデンテーションが広く用いられており、試験中には圧子の不連続な変位バースト現象である pop-in 現象が見られる。この pop-in 現象は材料における転位等の結晶欠陥の生成や移動に起因し、ナノスケールでの塑性変形の開始と結びつけられる特徴的な現象である。また原子スケールでの現象の観測や物理量の計算において分子動力学 (MD) 法によるシミュレーションは有力なツールとして用いられており、ナノインデンテーションと MD シミュレーションとを組み合わせることにより、圧子直下に生じる材料中の原子論的描像や、複雑な応力状態の獲得が可能である<sup>1, 2)</sup>。本研究では室温にて活動し得るすべり系が少ないことから成形性に乏しい稠密六方 (HCP) 構造を有する金属材料の塑性変形の原子論的詳細の理解をモチベーションとし、マグネシウムを対象に (0001) 面に対してナノインデンテーション MD シミュレーションを実施して圧子直下の応力状態の獲得および pop-in 現象発生時の転位核生成の描像を解析した。また、それらの結果を基にナノインデンテーション中の応力状態での転位核生成の活性化エネルギーの計算を行い、遷移状態理論を用いて pop-in 発生荷重の予測を実施した。MD シミュレーションより得られた荷重-変位曲線からは pop-in 現象の発生が確認され、また可視化ツール OVITO を用いた転位の描像解析では圧子直下にて転位ループの完全結晶中からの均質核生成が確認された。温度 300, 500, 700 K での pop-in 発生荷重の予測結果を、著者らの先行研究<sup>1)</sup> で対象とした体心立方 (BCC) 構造の鉄での結果と比較したところ、マグネシウムの場合では鉄の場合より温度依存性が小さくなっており、この傾向はマグネシウムの底面すべりの温度依存性と一致し、実験事実を再現できていることが示唆された。

## 謝 辞

本国際会議への参加に当たり、天田財団より国際会議等参加助成を受けた。ここに深く感謝の意を表す。

## 参考文献

- 1) Y. Sato et al. : Int. J. Plast., 121 (2019), 280-292.
- 2) Y. Sato et al. : Nat. Commun., 11 (2020), 4177.