

結晶塑性 Phase-Field モデルの構築と塑性変形を伴う 微視組織形成過程のシミュレーション



山中 晃徳^{*1}
(1981 年 生)



高木 知弘^{*2}
(1973 年 生)



富田 佳宏^{*3}
(1945 年 生)

金属材料の力学特性は、微視組織の形態や空間分布に強く依存するため、金属材料中で生じる微視組織の形成過程と力学特性の関係を高精度に予測可能な数値シミュレーション手法が必要とされている。これに対し近年では、材料の全自由エネルギーに基づき微視組織形成過程を記述できる Phase-Field 法が注目され、多種多様な材料における組織形成を数値シミュレーションにより再現可能となってきた。しかしながら、マルテンサイト変態のような微視組織の形成と塑性変形が同時に生じる複雑な現象を解析できる Phase-Field モデルは、ほとんど見当たらない。組織形成過程で生じる塑性ひずみは、材料中の残留応力発生の原因となるため、これを予測可能となれば、材料の品質改善や高機能化にも大きく貢献できる。

そこで著者らは、金属材料における組織発展とそれに伴う塑性変形により生じる結晶方位変化や転位密度変化を評価するため、Phase-Field 法と結晶塑性論に基づく結晶塑性 Phase-Field (CP-PF) モデルを新たに構築した。本モデルの構築にあたり、組織形成過程で生じる塑性ひずみは結晶塑性論に基づいて評価し、弾性ひずみエネルギーの評価にはマイクロメカニクス理論を一般化した Phase-Field Microelasticity 理論を用いた。また、力学場の数値計算には高速フーリエ変換を用いており、塑性変形を伴う極めて複雑な組織形成過程においても高効率に解析可能である。さらに本論文においては、構築した CP-PF モデルを用いた固相変態による多相多結晶組織の形成シミュレーションにより、多結晶構造形成に伴う粒界近傍での塑性変形挙動や多結晶構造形成後の材料内部の残留応力分布など、これまでの Phase-Field モデルでは困難であった組織形成過程の解析も可能であることを示した。

本論文で構築した CP-PF モデルは塑性変形を伴う組織形成過程を効率的かつ定量的に解析するための方法論を示すものであり、今後様々な材料における組織形成予測手法として活用されることにより、材料開発技術の飛躍的な進展に貢献すると考える。

* 本論文は、日本機械学会論文集, 75-760, A 編, (2009-12), 1794 ページに掲載

^{*1} 正員, 東京工業大学大学院理工学研究科 (〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1)

^{*2} 正員, 京都工芸繊維大学大学院工芸科学研究科 (〒606-8585 京都市京都市左京区松ヶ崎)

^{*3} フェロー, 福井工業大学工学部 (〒910-8505 福井県福井市学園 3-6-1)

賞状

高木知弘殿
山中晃徳殿
富田佳宏殿

結晶塑性 Phase-Field モデルの構築と塑性変形を伴う
微視組織形成過程のシミュレーション
日本機械学会論文集 第75巻, 第760号, A編(2009-12)

この論文は本会において審査の結果
日本機械学会賞に値するものと認め
ましたので規定により賞状と賞はい
を贈りこれを表彰し助す

2011年4月21日

日本機械学会

会長 松本洋一郎

論文第612号

