

力学機能のナノエンジニアリング
2019年度採択研究者

2020年度 年次報告書

稲邑 朋也

東京工業大学 科学技術創成研究院フロンティア材料研究所
教授

無拡散変態ナノ組織の幾何と形状記憶特性

§ 1. 研究成果の概要

ナノ組織の幾何に立脚した高性能アクチュエータ材料の数学的設計指針を得るために、研究代表者のグループが開発したニチノール基形状記憶合金の特異な内部組織の解析を電子顕微鏡法により行い、特異なナノ組織が満たす幾何学条件を定式化した。さらに繰り返し駆動に伴う転位の増殖挙動と形状記憶特性の劣化挙動を実験的に評価して、TC 条件からの偏差と特性劣化の関係を解析した。

マルテンサイトバリエーションが3重点を形成する条件を、rank-1 接続に基づき定式化した (Triplet condition: TC)。数学的には3重点は4種存在し、研究中の合金ではそのうち2種の3重点において回位強度が 0.1° オーダーまで小さくなっていることが分かった。またミネソタ大のグループが提唱している cofactor 条件 (CC) と比較すると、CC ならば TC であるが、その逆は成り立たないことも証明できた。すなわち、組織形成時に rank-1 接続がたもたれ転位が発生しない無拡散変態組織を形成するための格子定数条件は、TC の方が CC よりも緩く、合金組成の自由度が高いことが示された。

電子顕微鏡観察の結果、特異なナノ組織では3重点の連鎖によってよりスケールの大きな組織が形成されており、TC を満足する単位構造が、さらに連鎖してゆく幾何学条件の存在を示唆していると考えられる。

応力下・無応力下において繰り返し駆動サイクル試験を行ったところ、TC を満足する合金では変態温度シフトや形状回復ひずみの低下が抑制されていた。TC を満足した合金ではサイクル試験後に転位がほとんど発生していないことが、電子顕微鏡、硬さ試験、引張試験から明らかになった。この様に、TC 条件が定式化されると共に、TC からの偏差が転位組織と特性劣化に与える影響が明らかになりつつある。