

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	金属の塑性変形に伴う結晶方位変化についての回転行列の対数が与える特性角度による解析
Title(English)	
著者(和文)	林邦夫
Author(English)	Kunio Hayashi
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10832号, 授与年月日:2018年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:尾中 晋,梶原 正憲,木村 好里,寺田 芳弘,中田 伸生
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10832号, Conferred date:2018/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻：材料物理学 専攻
Department of
学生氏名：林 邦夫
Student's Name

申請学位 (専攻分野)：博士 (工学)
Academic Degree Requested Doctor of
指導教員 (主)：尾中 晋
Academic Supervisor (main)
指導教員 (副)：中田 伸生
Academic Supervisor (sub)

要旨 (和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

本論文は、「金属の塑性変形に伴う結晶方位変化についての回転行列の対数が与える特性角度による解析」と題し、5章から構成される。

第1章「序論」では、金属材料の高強度化により劣化する成形性などを改善するため、塑性変形によって材料中で生じる組織変化と結晶方位変化の関係を明らかにすることの重要性について述べている。結晶方位解析に用いられている三次元方向表記とデータ処理方法の課題について述べ、本研究の目的である結晶回転を任意の基準座標軸周りの回転として分解できる新しい特性角度の導入と、それを用いた結晶方位解析の意義を述べている。

第2章「回転行列の対数が与える結晶方位に関する特性角度」では、回転行列の対数により与えられる3つの特性角度を対数角と呼称し、結晶回転を基準座標の各軸周りの回転に分割できることを示している。まず、現在広く用いられている三次元方向表記である回転行列、オイラー角、axis/angle pairの課題を示し、対数角による方向表記との関係をゴニオステージ模型により示している。また、対数角が直感的にその回転方向や回転角を理解できるだけでなく、オイラー角表記とは異なり、回転行列に対して一意的に決まる特性角度であることを示している。

第3章「転位群により生じる結晶回転の対数角による解析」では、対数角の概念を、転位群がもたらす結晶回転に適用できることを示し、冷間圧延後の鋼単結晶の結晶回転を解析している。まず、金属材料中に存在する転位群や転位壁によって、これらを横切る二点間で生じる結晶回転に対し、微小回転の総和として扱える対数角の概念が適用できることを示し、場所による結晶方位の変化が対数角の変化として与えられることを明らかにした。さらに転位壁に対する対数角を用いた結晶方位解析の例として、冷間圧延後に生じたTD軸と平行な $[110]$ 周りの回転について解析している。この結晶回転が、面心立方格子の $(\bar{1}1\bar{1})[0\bar{1}\bar{1}]$ と $(\bar{1}1\bar{1})[10\bar{1}]$ の2つのすべり系における刃状転位列に起因し、 $[21\bar{1}]$ および $[121]$ 軸周りの回転の総和として $[110]$ 軸周りの回転が生じていることを解析している。

第4章「低炭素鋼の塑性変形に伴う結晶回転の解析」では、塑性変形に伴う結晶粒微細化の初期段階を調査するため、試験片表面のすべり線観察と結晶方位解析により、活動すべり系と結晶回転軸との関係を調査している。まず、10%単純せん断変形後の多結晶低炭素鋼板の表面において、FE-SEMによるすべり線方向の観察から、同一の結晶粒内において、互いに平行なすべり線からなる複数の領域への分裂が確認された。これらの領域の間には、複数の方向のすべり線が観察される遷移領域が存在しており、その遷移領域を横切るラインスキャンでは約 10° 程度の結晶回転が生じていた。すべり面トレースの方向と結晶方位の関係から $\{110\}\langle 111 \rangle$ が主な活動すべり系と推定され、その結晶回転軸は各領域のすべり系から推定されるバーガースベクトルに直交する方向となっていた。これらの関係を詳細に調査するため、バーガースベクトルに平行な方向、すべり面法線方向、そしてこれら2つの方向に直交する方向を基準座標軸とし、ラインスキャンにおける位置による結晶回転軸の変化を、対数角を用いて解析している。その結果、結晶回転軸は解析対象点におけるバーガースベクトルにほぼ直交していることが示された。これは、転位密度テンソルと格子湾曲テンソルの関係から、刃状転位およびらせん転位において想定される回転軸と一致していることを述べている。

第5章「結論」では、本論文で得られた知見についてまとめている。また、この分野における今後の展望を述べている。

以上、本論文では、結晶方位の場所による変化を評価する方法として、回転行列の対数により求まる3つの独立な特性角度 (対数角) を使った解析を提案した。これにより、対数角による表記では回転角が一意的に決まる上に、直交座標系の各軸周りの回転量に分解する事ができ、直感的に結晶の回転を理解する事ができる。この対数角を、塑性変形後の金属材料における場所による結晶方位の変化に対し適用し、金属材料中に堆積した転位群と結晶方位の回転との関係について解析した。

備考：論文要旨は、和文2000字と英文300語を1部ずつ提出するか、もしくは英文800語を1部提出してください。

Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1 copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。
Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

(博士課程)
Doctoral Program

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻：	材料物理学	専攻
Department of		
学生氏名：	林 邦夫	
Student's Name		

申請学位 (専攻分野)：	博士	(工学)
Academic Degree Requested	Doctor of	
指導教員 (主)：	尾中 晋	
Academic Supervisor(main)		
指導教員 (副)：	中田 伸生	
Academic Supervisor(sub)		

要旨 (英文 300 語程度)
Thesis Summary (approx.300 English Words)

In case of metals, the changes of crystal orientation are caused by the arrays of dislocations introduced by the plastic deformation. In this thesis, we proposed that the three independent elements of logarithm of rotation matrix $\mathbf{R}$ called the log angles are the useful characteristic angles to evaluate the changes of crystal orientation. Different from the Euler angles, the log angles are uniquely determined for certain $\mathbf{R}$ and are considered to be the sums of the divided rotation angles around the coordinate axes. The log angles were applied for the analysis of the changes of the crystal orientation in plastically deformed metals, and the relationship between the crystal rotation and the arrays of dislocations were discussed.

In this thesis,
Chapter 1 explained current issues regarding the expression of crystal rotations, and reviewed the previous research concerning microstructural changes due to the plastic deformation in metals. Then the objective in the thesis was described.

Chapter 2 showed that the three independent elements of logarithm of $\mathbf{R}$ gives the characteristic angles called the log angles, and demonstrated that the log angles are the most reasonable measure because of uniqueness for certain $\mathbf{R}$.

Chapter3 applied the log angles for the analysis of the changes of crystal orientation caused by the arrays of dislocations in a cold-rolled Cu single crystal. By using log angles, the macroscopic crystal rotation axis interpreted as the combination of two different slip directions on the same slip plane.

Chapter 4 demonstrated that the application of the log angles to decompose the rotation into slip system coordinate, the direction of Burgers vector, slip plane normal and orthogonal to those two directions. The analysis showed that the ratio of the rotation around Burgers vector is almost zero along the line scan. Therefore the rotation axes caused by arrays of dislocation become almost perpendicular to the operated Burgers vector.

Chapter 5 summarized this entire thesis, and suggested future prospects regarding the thesis.

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1 copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ (T2R2) にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).