

機関番号：82108

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2008～2010

課題番号：20560696

研究課題名(和文) 材料信頼性向上の為に三次元可視化技術によるマルテンサイト組織の定量評価

研究課題名(英文) Quantitative stereology of martensite microstructure by 3D visualization for improving material reliability

研究代表者

足立 吉隆 (ADACHI YOSHITAKA)

独立行政法人物質・材料研究機構・材料信頼性萌芽ラボ・主幹研究員

研究者番号：90370311

研究成果の概要(和文)：

マルテンサイトパケットは互いに複雑に入り組んでいること、その界面は特定の晶癖面を持っていること、またブロックも入り組んだ構造を持っていることが明らかとなった。すべてのブロックは旧オーステナイト粒界に接していた。

さらに、三次元像の定量化を位相幾何学および微分幾何学の観点から行うに当たって、種数、オイラー評数、ガウス曲率、平均曲率といったパラメータを導入して、形態の定量化への可能性を検証した。その結果、これらのパラメータを使うことによって、複雑な実際の金属組織形態の定量化が可能であることを示し、今後の新しい3D定量材料組織学構築への布石となるものと期待される。

研究成果の概要(英文)：

3D visualization demonstrates that martensite packet is zigzagged and has a specific habit plane, and block is zigzagged. All packets observed reach to a prior austenite boundary.

Preliminarily, quantification of 3D image was attempted using a parameter such as genus, Euler characteristic, Gauss curvature and mean curvature, which suggested that those topological or differential geometrical parameters seems to be useful to characterize microstructures in metals.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	2,700,000	810,000	3,510,000
2009年度	500,000	150,000	650,000
2010年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,700,000	1,110,000	4,810,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：材料工学・金属生産工学

キーワード：3D、マルテンサイト、位相幾何学、微分幾何学、計量形態学

1. 研究開始当初の背景

複雑な組織形態を有するラスマルテンサイトの実際の形態を知ることは、強化機構や靱性の理解に有用である。近年医学の分野で

発達した三次元(3D)可視化は金属材料組織の実際の形態を明らかにするのに有用と考えられた。あわせて、3D観察像を定量化することは、一層組織形態の特徴づけに有用で

あると考えられた。

2. 研究の目的

高強度マルテンサイト鋼の安全性に直結する靱性を改善するためには、その内部組織サイズを円近似換算ではなく組織のありのままの形態と関連づけて議論することが必要かつ重要である。マルテンサイト組織は三次元的に複雑に絡み合った組織を有しているが、通常、研磨面上の二次元組織を観察し、定量組織学に基づいて三次元の情報に変換している。しかし、この良く慣れ親しんだ二次元観察で見落としている組織情報が多いと考えられる。本研究では、金属材料の特性や信頼性をより一層向上する上で重要となる複雑に入り組んだ三次元組織をより定量的に評価することを目的とする。具体的には、シリアルセクションングEBSD法によるマルテンサイト組織の三次元可視化を実施する。

3. 研究の方法

手動湿式研磨と光学顕微鏡観察を繰り返し、途中数回に一回の割合で電子線後方散乱回折(EBSD)測定し結晶学的情報を取り入れながら、シリアルセクションング像を得る。その像を三次元再構築し、微分幾何学、位相幾何学の観点からケ体の定量化に取り組んだ。耐相組織は、パーライト組織、マルテンサイト組織とした。

4. 研究成果

マルテンサイトの三次元形態情報をもとに、従来見過ごされてきた組織の入り組み度、埋もれた界面の構造を明らかにするとともに、三次元像の定量化を位相・微分幾何学に基づいて行う手法を検討した。

マルテンサイトパケットは互いに複雑に入り組んでおり (Fig. 1)、その界面は特定の晶癖面を持っていること (Fig. 2)、またブロックも入り組んだ構造を持っていること (Fig. 3) が明らかとなった。すべてのブロックは旧オーステナイト粒界に接していた。

さらに、三次元像の定量化を位相幾何学および微分幾何学の観点から行うに当たって、種数、オイラー評数 (α_3 , Fig. 4)、ガウス曲率 (K, Fig. 5)、平均曲率 (H, Fig. 5) といったパラメータを導入して、形態の定量化への可能性を検証した。その結果、これらのパラメータを使うことによって、複雑な実際の金属組織形態の定量化が可能であることを示し (パーライト組織を解析した一例を Fig. 6 に示す)、今後の新しい 3D 定量材料組織学構築への布石となるものと期待される。

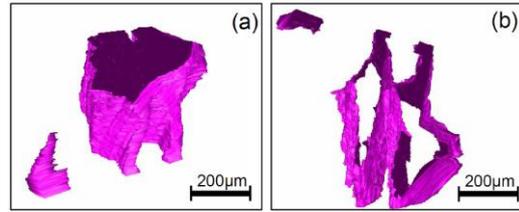


Fig.1 Three dimensional image of packet in the prior austenite grain. (a) observed from top. (b) observed from bottom.

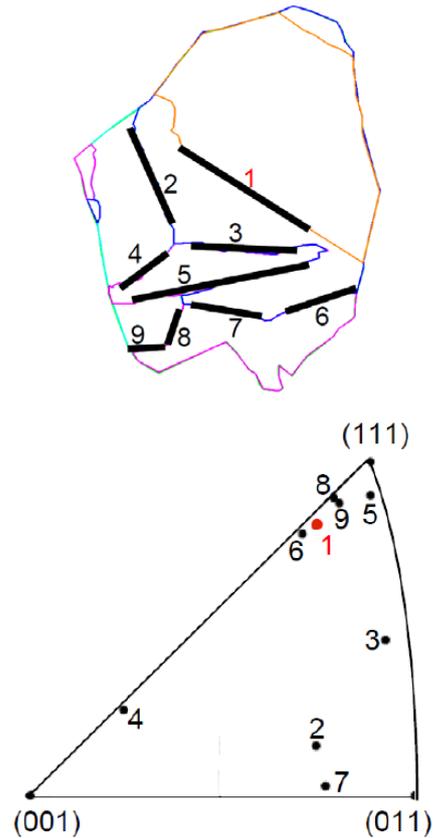
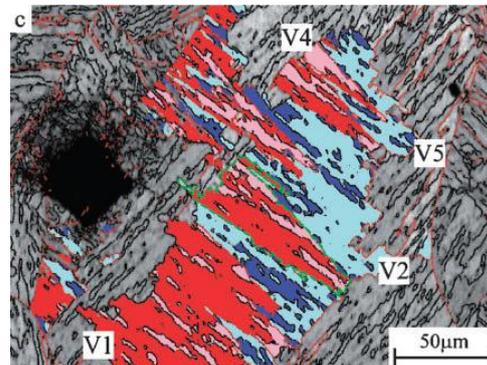


Fig.2 The standard triangle in the prior austenite grain (a) with normal directions of packet boundaries corresponded to the Fig.4.



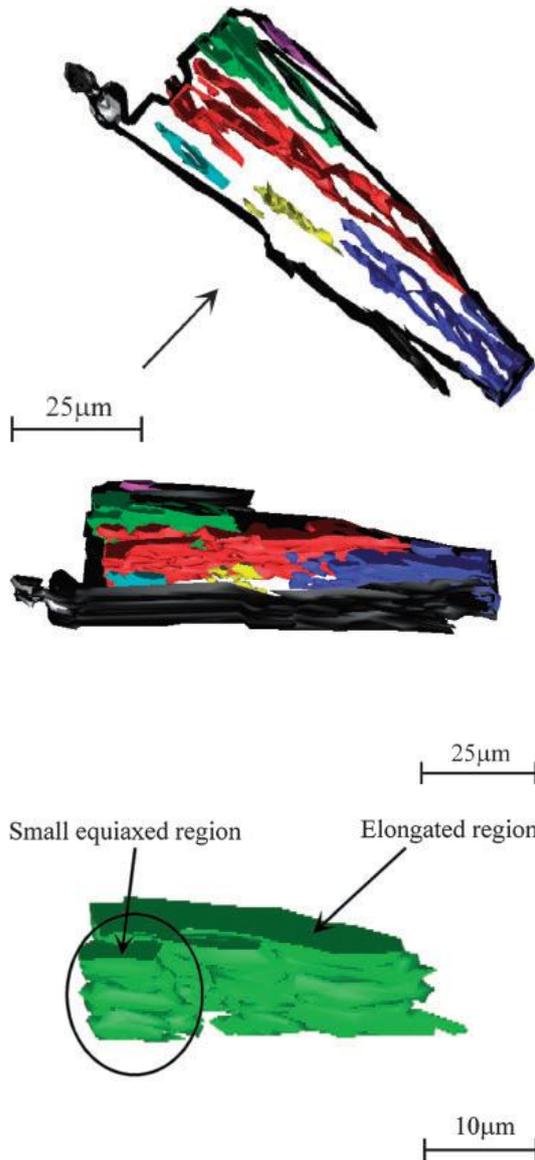


Fig.3 The 3D image of a block surrounded with green broken lines in (a) on (b) top view from normal direction of specimen surface, (c) side view from arrow direction in (b), and (d) green colored subblock in (c). The black ribbon corresponds to block boundary and other colored ribbons correspond to sub-block boundaries. The sub-blocks encircled with colored ribbons and the white regions of the sub-blocks contain the laths with V4 and V1 variants, respectively.

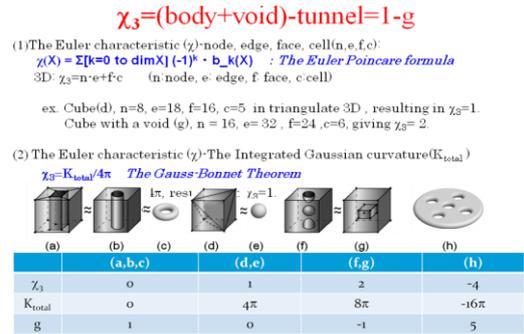
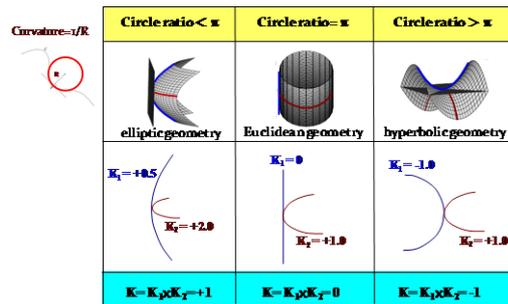


Fig.4 Topological analysis



Gaussian curvature = $K_1 K_2 = K$

Mean curvature = $\frac{K_1 + K_2}{2} = H$

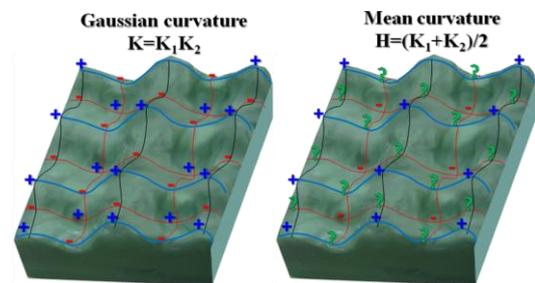
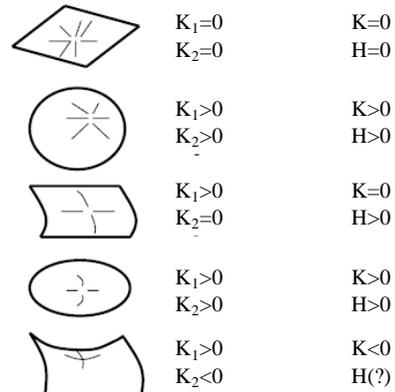


Fig.5 Differential geometrical analysis.

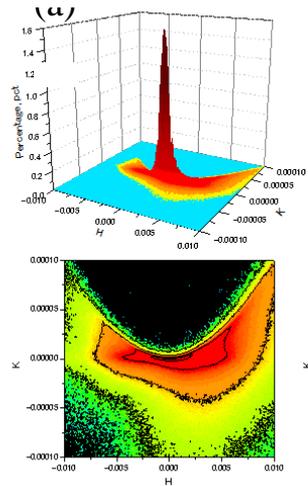
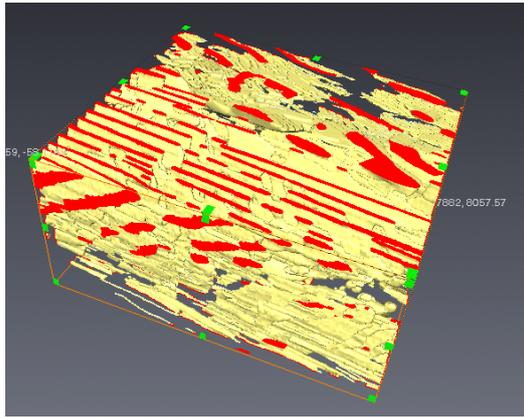


Fig.6 Mean curvature (H)-Gaussian curvature (K) plot of as-patented pearlite microstructure in a eutectoid steel.

5. 主な発表論文等

(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 8 件)

- ① 足立吉隆 : コンピューター支援 3D 計量形態学、軽金属, 61(2)(2011), pp.78-84. 査読有
- ② 足立吉隆 : 位相幾何学、微分幾何学に基づく定量 3D/4D 組織学への挑戦、ふえらむ, Vol.15(12) (2010) , 762-769. 査読有
- ③ Y.Adachi and Y.T.Wang: Topology of Spheroidized Pearlite, Materials Science Forum, Vols. 654-656(2010), pp.70-73. 査読有
- ④ Y.T.Wang, Y. Adachi, K. Nakajima, Y. Sugimoto: Quantitative three-dimensional characterization of pearlite spheroidization, Acta Materialia, 58 (2010) 4849-4858. 査

読有

- ⑤ Y. Edamatsu, S. Morito, T. Ohba and Y. Adachi: Three Dimensional Analysis of the Ultra Low Carbon Steel Lath Martensite, Netsu-Shori, Vol.49(2009)pp.632-635. 査読有
- ⑥ Y. Adachi, S. Morooka, H. Igari, T. Suzuki and Y. Tomota: Hierarchical characterization of heterogeneous deformation behavior of lamellar pearlite in eutectoid steel, Netsu-Shori, Vol.49(2009)pp.454-457. 査読有
- ⑦ S.Morito, Y.Adachi and T.Ohba: Three Dimensional Analysis for Block and Sub-block in the Lath Martensite, Materials Transactions, Vol. 50, No. 8 (2009) pp. 1919-1923. 査読有
- ⑧ Y.Adachi, S.Morooka, K.Nakajima and Y.Sugimoto: Computer-aided 3D visualization of twisted cementite lamellae in eutectoid steel, Acta Materialia, Vol.56(2008), pp.5995-6002. 査読有

[その他]

ホームページ等

http://www.geocities.jp/adachi_nims/K-Adachi-index.htm

6. 研究組織

(1)研究代表者

足立 吉隆 (ADACHI YOSHITAKA)
 独立行政法人物質・材料研究機構・材料信頼性萌芽ラボ・主幹研究員
 研究者番号：90370311

(2)研究分担者

森戸 茂一 (MORITO SHIGEKI)
 島根大学・総合理学部・准教授
 研究者番号：00301242

佐藤 尚 (SATO HISASHI)
 名古屋工業大学・工学研究科・准教授
 研究者番号：50402649

(3)連携研究者

なし