

Multi Phase Field 法とパーシステントホモロジー解析による 鉄鋼材料組織の特徴抽出

Feature extraction of steel microstructure
using multi phase field method and persistent homology

沖直人 (M1)¹, 山田拓洋 (M1)¹, 山中晃徳², 大林一平³

平岡裕章^{3,4,5}, 赤木和人⁶, 小嗣真人^{1,5}

1) Tokyo Univ. of Sci. 2) Tokyo Univ. of Agri. and Tech. 3) RIKEN(AIP)

4) Kyoto Univ. 5) NIMS MI²I 6) Tohoku Univ. AIMR

Email : 8218518@ed.tus.ac.jp

鉄鋼材料の組織解析では、顕微鏡を用いた組織観察や粒度解析が実施されてきた。これらの組織情報は機械的特性を議論する上で重要である。しかし、鉄鋼材料の組織は複雑であるため、機械的特性に影響を及ぼす組織因子の解明には未だに多くの課題が残されている。この問題に対して、計測技術の観点からは結晶粒度や粒形状、相の分布といった組織の特徴を統一的に表現する手法の開発が望まれている。

そこで我々は、組織データの位相幾何学的情報を記述可能なパーシステントホモロジー (PH) 解析^[1]と Multi Phase Field 法 (MPFM)^[2]を組み合わせ、鉄鋼材料の組織に内在する特徴量を抽出することを試みた。PH は空間的構造を定量化出来る強力な数学的ツールであり、形状や大きさ、空隙といった情報を定量化出来るのが大きな特徴である。また、鉄鋼材料の組織は MPFM で作製した。MPFM は、多相多結晶組織の形成過程を現象論的にシミュレーションする手法であり、マルチスケールかつ実空間で組織形成を評価することが出来るなどの利点がある。

Fig. 1 (a)にFe-C 2 相鋼の連続冷却過程における $\gamma \rightarrow \alpha$ 変態の二次元シミュレーションで作製した組織を示す。黒い領域は γ 相、白い領域は α 相である。この組織画像に対する PH 解析で得られた 0 次パーシステント図 (PD) を Fig. 1 (b)に示す。図の横軸方向の分散は粒度を表現している。入力画像を元に逆解析を行った結果、PD のプロットは 3 つの領域に分けられることが分かった。Region 1 は α 粒のサイズを反映し、Region 2 は α/α 界面領域に対応している。界面領域は MPFM が界面領域に幅を持つ拡散界面モデルであることから生じる。また、Region 3 は歪んだ α 粒の幅の変化や湾曲、すなわち α 粒の形状の情報を反映する。これらのことから、PD は α 粒のサイズと形状の情報を有しており、PH 解析が鉄鋼材料の組織を表現する方法として有効であることが示された。

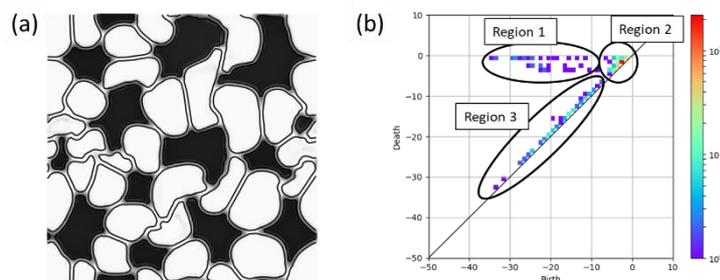


Fig. 1 (a) 2D microstructure in Fe-C binary alloy modelled by Multi Phase Field Model. Black region shows γ phase, white region shows α phase. (b) 0th reduced Persistent Diagram of (a). Region 1 shows the size of α particle, Region 2 represents boundary of α/α , and Region 3 reflects shape of α particle.

[1] Edelsbrunner, et. al., Discrete and Computational Geometry, 28:511–533, (2002).

[2] A. Yamanaka, et. al., J. Crystal Growth, 310 (2008), 1337-1342