

多角形充填構造を持つ画像データへの 最適グラフ埋め込み手法の開発

東京大・情報理工 黒河天

東京大・地震研 伊藤伸一

東京大・地震研, 東京大・情報理工 長尾大道

東京大・工 糟谷正

東京大・先端研, 東京大・工 井上純哉

1 はじめに

小さな粒が敷き詰められた画像から、各粒を抽出する問題を考える。例えば、生物組織や結晶構造の顕微鏡写真は、それぞれ細胞や結晶粒で充填された画像となり、本問題の対象である。本問題は、構造材料内の結晶粒成長現象に対するデータ同化 (Ito et al., 2016) に応用できる。すなわち、結晶構造の写真から各粒を抽出し、データ同化の入力に活かすことで、粒成長モデルのパラメータ推定や状態予測に役立てることが期待される。

本研究では、粒境界が概ね多角形で与えられる点に着目し、そのような粒の充填画像を生成するパラメトリックモデルである Graph fitting model を提案する。

2 提案手法

頂点集合 $V = \{v_1, \dots, v_I\}$ 及び辺集合 E の定める無向グラフ $G = (V, E)$ を頂点座標 $(x_1, y_1), \dots, (x_I, y_I)$ によって埋め込むとき、 (x_i, y_i) から (x_j, y_j) への線分を中心とする幅 2ε の帯を $\Gamma_{ij}(\varepsilon)$ と表す。白黒画像 $(\xi_{m,n})_{m=1, \dots, M, n=1, \dots, N}$ を生成する以下のモデルを Graph fitting model と呼ぶ：

$$\xi_{m,n} \sim \begin{cases} \mathcal{N}(\mu_{\text{bound}}, \sigma_{\text{bound}}^2) & \text{if } (m,n) \in \Gamma_G(\varepsilon) := \bigcup_{\{v_i, v_j\} \in E} \Gamma_{ij}(\varepsilon), \\ \mathcal{N}(\mu_{\text{bulk}}, \sigma_{\text{bulk}}^2) & \text{if } (m,n) \notin \Gamma_G(\varepsilon). \end{cases}$$

すなわち Graph fitting model とは、平面に埋め込まれた無向グラフ G を境界にもつ粒充填画像を生成するモデルであり、埋め込みパラメータ $(x_1, y_1), \dots, (x_I, y_I)$ の最尤推定を通して各粒を抽出することができる。

いくつかの仮定の下で、Graph fitting model の負の対数尤度は画像の定めるスカラー場 Ψ を用いて

$$J(x_1, y_1, \dots, x_I, y_I, \varepsilon, \mu_{\text{bound}}, \sigma_{\text{bound}}^2) := \sum_{\{v_i, v_j\} \in E} \int_{\Gamma_{ij}(\varepsilon)} \Psi(x, y; \mu_{\text{bound}}, \sigma_{\text{bound}}^2) \, dS$$

なる面積分で近似できる。 J は、勾配を計算できる点、各帯 $\Gamma_{ij}(\varepsilon)$ 上の画素値のみから計算できる点から、高速な最小化が可能である。本研究では、人工データ及び実データへの提案手法の適用も併せて紹介する。

参考文献

Ito, S., H. Nagao, A. Yamanaka, Y. Tsukada, T. Koyama, M. Kano, and J. Inoue, "Data assimilation for massive autonomous systems based on a second-order adjoint method," *Phys. Rev. E*, vol. 94, no. 4, 043307, 2016.