

令和 5 年 6 月 26 日現在

機関番号：14303

研究種目：基盤研究(A)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20H00217

研究課題名（和文）凝固組織予測の先進的シミュレータ開発と計算・実験の一体化技術への展開

研究課題名（英文）Development of advanced simulator for solidification microstructure prediction and its application to integration technology of simulation and experiment

研究代表者

高木 知弘（Takaki, Tomohiro）

京都工芸繊維大学・機械工学系・教授

研究者番号：50294260

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 35,200,000円

研究成果の概要（和文）：GPUスパコンによる高性能phase-field (PF)計算とSPring-8によるその場観察実験を、データ同化を通して完全に「一体化」する、計算と実験の革新的一体化技術を開発することを目的に研究を行った。まず、液相流動と固体運動を伴うデンドライト成長PF計算を大規模かつ高速に実行可能な先進的PFシミュレータを開発した。計算と実験の一体化は、アンサンブルカルマンフィルタを用いたデータ同化により達成し、これを大規模かつ高速に実行するためにGPUスパコン上で並列化した。また、柱状晶と等軸晶を形成するデンドライト成長問題に対する双子実験を行うことで、構築したデータ同化システムの有用性を確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、従来個々別々に行われてきた計算と実験を一体化し、それぞれの手法の課題を相補的に解決することで、金属材料の特性を決定する凝固組織を高精度に予測する革新的手法を開発することを目的に実施された。一体化手法としては天気予報等で用いられるデータ同化を材料分野に応用した。日本が得意とする高性能計算と大型放射光施設SP-ring8によるその場観察の、両最先端技術をデータ同化によって一体化する手法開発を行ったことに学術的意義がある。本研究で開発した手法は、材料開発の高度化および高速化に寄与し、将来的に低炭素社会に向けた貢献が可能であるという点において社会的意義がある。

研究成果の概要（英文）：The objective of this study is to develop an innovative integration technique between simulation and experiment, which fully integrates high-performance phase-field (PF) simulations on a GPU supercomputer and in-situ experiments at SPring-8 through data assimilation. First, an advanced PF simulator that can perform large-scale and high-speed simulations of dendrite growth with liquid flow and solid motion was developed. The integration of simulation and experiment was achieved by data assimilation using an ensemble Kalman filter, which was parallelized on a GPU supercomputer to enable large-scale and high-speed execution. Twin experiments for the dendrite growth forming columnar and equiaxed structures were conducted to confirm the usefulness of the developed data assimilation system and future issues.

研究分野：機械材料・材料力学

キーワード：フェーズフィールド法 高性能計算 データ同化 その場観察 凝固組織

1. 研究開始当初の背景

金属材料の特性は、溶質組成だけでなく、Hall-Petch の関係に代表されるように数ミクロン～数百ミクロンスケールの材料組織に強く影響を受ける。この材料組織を形成する初めのプロセスが凝固であり、鋳造、溶接、積層造形においては凝固組織が材料の特性を支配する。このように凝固は多くの金属材料の加工プロセスにおいて普遍的現象であり、凝固組織形成過程(ダイナミクス)の高精度予測と定量的理解が、材料の高機能化と新材料開発の鍵となる。しかしながら、金属材料の凝固は高温かつ不透明現象であり、加えてデンドライト成長、液相流動、固体運動、固体変形などが同時に生じる複数物理現象であり、凝固組織ダイナミクスの予測(計算)と定量化(実験)は両面において課題が残る。

計算では、フェーズフィールド(phase-field: PF)法が凝固組織ダイナミクスを高精度に予測可能な唯一のモデルとして発展している[1]。しかしながら、PF法は拡散界面モデルであり計算コストが高いため、その適用は2次元(2D)や小さな3次元(3D)領域に限定されてきた。最近のGPU(graphics processing unit)やその並列計算の発展によって3D計算が可能になりつつあるが[2]、未だに限られた領域に限定され、特に液相流動や固体運動を伴う凝固ダイナミクスの完全な3D計算は達成されていない(課題①:計算コスト)。さらに、PF法は現象論モデルであるため、界面エネルギーなどの物性値が必要であるが、特に合金系に関してはその取得法が確立していないことが本質的な課題である(課題②:物性値の欠如)。

実験では、SPring-8などの大型放射光施設の稼働によって、高温かつ不透明な合金材料の凝固過程をその場観察することが可能となり、薄膜試料に対する研究が行われてきた[3]。現在では、4次元コンピュータトモグラフィ(4D-CT)による3D時間分解・その場観察に関する最先端研究が進行中である[4]。4D-CTでは、円柱試料を回転させながら透過像を取得し180°回転分での3D画像を再構成するが、実際の凝固ダイナミクスを取り扱うには時空間分解能が不足している(課題③:時空間分解能不足)。

2. 研究の目的

本研究では、計算と実験を個々別々に行うのではなく、両者を「一体化」することで現状を打破し、3D凝固組織ダイナミクスの高精度予測と定量化を達成することを目的とする。具体的には、スパコンによる高性能PF計算とSPring-8による3Dその場観察実験を、データ同化を通して完全に「一体化」する、計算と実験の革新的一体化技術を開発する。これによって、PF計算に必要な物性値データを取得可能となり、凝固組織ダイナミクスの「高精度予測」が達成される(課題②の解決)。同時に、その場観察実験における3D再構成がPF計算によって可能となり、時空間分解能が向上し、凝固組織ダイナミクスの「定量化」が可能となる(課題③の解決)。これを達成するためには、3Dその場観察をそのまま高速に計算可能な大規模PF計算法の構築が鍵となる。そこで、先進的PFシミュレータを開発する(課題①の解決)。構築する一体化技術を柱状晶成長と等軸晶成長に適用し、一連の凝固現象を網羅する。

3. 研究の方法

研究は、【A】先進的PFシミュレータの開発、【B】データ同化システムの開発、【C】デンドライト成長のデータ同化の流れで進める。

【A1】液相流動と固体運動を伴うデンドライト成長の先進的PFシミュレータの構築

液相流動と固体運動を伴う複数デンドライト成長問題に対するPF格子ボルツマン(PF-LB)計算を、大規模かつ高速に行うことの可能な先進的PFシミュレータを構築する。これによって、等軸晶と柱状晶の再現が可能となる。計算は超大規模となるため、preconditioning [5]、AMR [6]、並列GPU計算における動的負荷分散[7]、複数レベル格子・複数レベル時間増分法[8]などの高性能計算技術を採用し、計算高速化を達成する。また、LB法に対しては二緩和時間モデル、固液界面にはバウンスバック法を新たに適用し、単一緩和時間モデルでは不可能であった実材料の動粘性係数を用い、幅広い計算条件に対して安定な計算を可能とする。

【A2】固液共存領域の変形挙動評価のための先進的PFシミュレータの構築

固液共存領域の変形は、凝固収縮や外力によって生じ、結晶粒接触による開口部への濃化液相流入による偏析帯の形成によって、材料の脆化発現の素過程となることが知られている[9]。ここでは、【A1】で構築するシミュレータに、固体-固体接触問題を追加し、固液共存領域の変形を高精度に再現可能な先進的PFシミュレータを初めて構築する。接触問題は拡散界面を利用した新しい手法を開発する。

【B】大規模3D計算を対象とする効率的データ同化の開発と高速化

計算と実験の「一体化」はデータ同化により行う。データ同化にはアンサンブルカルマンフィルタ(ensemble Kalman filter: EnKF)を用い、その場観察の透過像をそのまま観測データとする新しい手法を提案する。一般的なデータ同化では、アンサンブル数を数百用いる必要があるが、本研究は大規模計算を対象とするため、アンサンブル数を極力減らすことが必須である。そこで、局所EnKF [10]の考え方を採用し、アンサンブル数を大きく低減することの可能な効率的データ同

化を新しく開発する。さらに、アンサンブル数の PF 計算を同時にスパコン上で実行できるように並列化し、データ同化を超高速度化する。本手法の妥当性評価は双子実験によって行う。

【C】 デンドライト成長のデータ同化

凝固組織は柱状晶と等軸晶に大別できる。ここでは、柱状晶と等軸晶の成長のその場観察結果に対するデータ同化を行う。この結果、実験側へは滑らかな固液界面形態、マイクロ偏析、樹間液相流動、計算側へは界面エネルギーとモビリティおよびそれらの異方性、溶質拡散係数、粘性係数などの情報が提供できる。実際の実験結果を用いる前に、計算結果を観測データとする双子実験を行い、**【B】** で構築するデータ同化システムの妥当性と性能の評価を行う。

4. 研究成果

【A1】 液相流動と固体運動を伴うデンドライト成長の先進的 PF シミュレータの構築

液相流動計算には並列効率の高い LB 法を用いてきたが、実合金の液相の粘性係数を用いることが困難な課題であった。そこで、二緩和時間 LB 法を導入しこの課題を解決した[11]。加えて、計算を安定に実行するために、固液界面に対して *interpolated bounce-back* を導入した[11]。これらの導入によって、高精度、高速、安定な液相流動を伴うデンドライト凝固計算を可能とした。

PF 法によるデンドライト凝固の大規模高速計算を可能とするために、固液界面近傍にのみ細かい格子を用いる AMR の複数 GPU 実装を行った(*parallel-GPU AMR*) [12]。ここで、各 GPU の計算負荷を均一化するために動的負荷分散を適用した。また、大きな格子を用いた計算を可能とするために、*preconditioning* [5]を導入した。この *parallel-GPU AMR* 技術開発によって、一次枝間隔の広いデンドライト成長も効率的に計算可能となった[12]。さらに、*parallel-GPU AMR* を液相流動と固体運動を伴うデンドライト成長を表現可能な PF-LB モデルに適用し、特に固相率が小さいときに威力を発揮することを確認した[13, 14]。図 1 に柱状デンドライト成長時の AMR の様子、図 2 に等軸デンドライトが固液密度差によって液相内を落下しつつ成長するシミュレーション例を示す[14]。

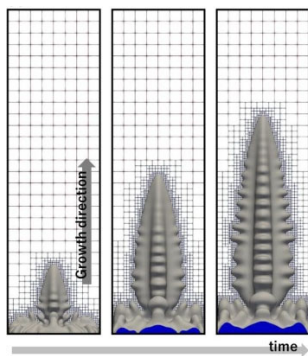


図 1 Parallel-GPU AMR による柱状デンドライト成長計算[12]。

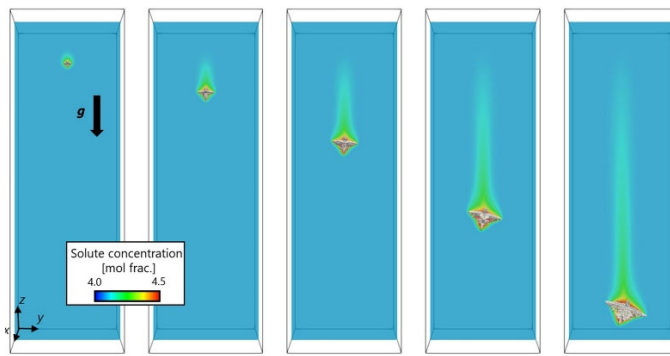


図 2 開発した *parallel-GPU AMR* を用いた等軸デンドライトの沈降シミュレーション結果[14]。

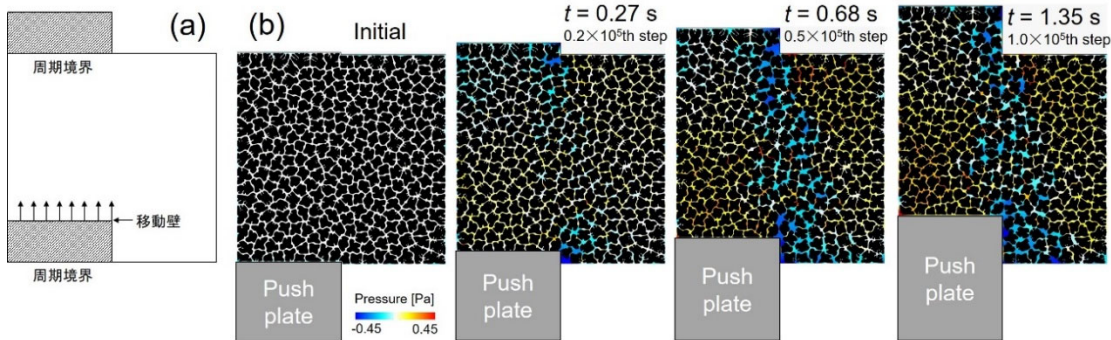


図 3 多結晶等軸デンドライト凝固から固液共存体のせん断変形までを可能とする MPF-LB シミュレーション例[15]。

【A2】 固液共存領域の変形挙動評価のための先進的 PF シミュレータの構築

Double-obstacle ポテンシャルを用いた *multi-PF* (MPF)モデルを、運動を伴う多数の等軸デンドライト成長問題に適用し、液相流動と固体運動を伴う等軸晶形成過程、及びその後の粒成長までを連続的かつ高精度に再現する MPF-LB モデルを構築した[15]。また、このプログラムを並列 GPU 実装することで大規模計算を可能とした。さらに、境界条件を工夫することで、固液共存体にせん断変形を与えるシミュレーションを可能とし、固液共存域変形問題において典型的挙動であるダイラタンシーの再現に成功した。この手法の構築によって、デンドライト凝固を伴う固液共存域変形の数値シミュレーションをはじめて可能とした[15]。図 3 は本手法を用いた固液共存体のせん断変形シミュレーション例である。実際には図 3(a)のような正方形領域を用いているが、上下端左側を周期境界としているため、図 3(a)の左下領域を左上に移動させて図 3(b)の可

視化を行っている。図から、せん断領域の結晶粒の相互作用によって粒間が広がり、液相の圧力が低下していることがわかる。この領域が偏析帯となり材料脆化に繋がる。さらに、MPF法と二緩和時間モデルを用いたLB法を連成させることで、液相の実際の動粘性係数を用いた計算効率の高い固液共存域変形のMPF-LBシミュレーションを可能とした。本手法を用いることで、2D固液共存域に対するせん断変形シミュレーションを行い、粒形態と固相率の影響を評価した[16]。現在、本手法を、単純せん断問題に適用し、凝固と変形条件と固液共存域変形挙動との関係をより詳細に評価している。また、MPF-LBモデルの3D化とその並列GPU実装を行い固液共存変形の3Dシミュレーションを可能とした。現在、X線その場観察実験との直接比較を可能とする手法開発を進めている。

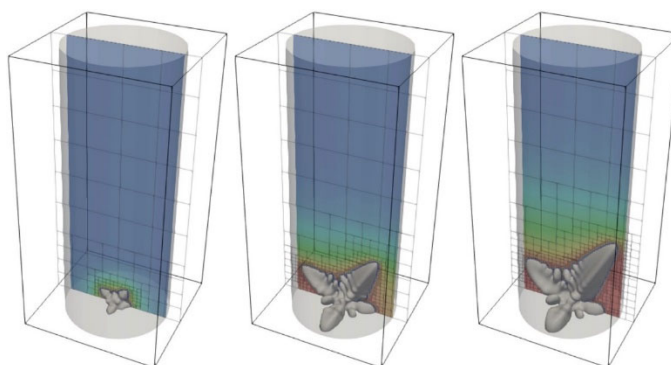


図4 Parallel-GPU AMRによる円柱試料内の傾いた柱状 dendrait の成長シミュレーション。

[B] 大規模3D計算を対象とする効率的データ同化の開発と高速化

SPring-8の4D-CT観察で用いられている円柱試料に対する dendrait 凝固のその場観察結果を観測データとするデータ同化を実施するために、円柱内での dendrait 凝固の parallel-GPU AMRを用いた大規模PFシミュレーションを可能とした。図4に柱状 dendrait 成長シミュレーションの一例を示す。アダプティブメッシュ上で円柱外部の格子点にノイマン条件を設定することで、円柱領域での計算を可能とした。なお、図4は最小格子換算で $512 \times 512 \times 1024$ の領域を用い、単一GPU(NVIDIA Tesla A100)で1.5時間の計算である。また、EnKFを想定したアンサンブル数の parallel-GPU AMR PFシミュレーションをGPUスパコン上で同時並列して実行可能なコードを開発した。

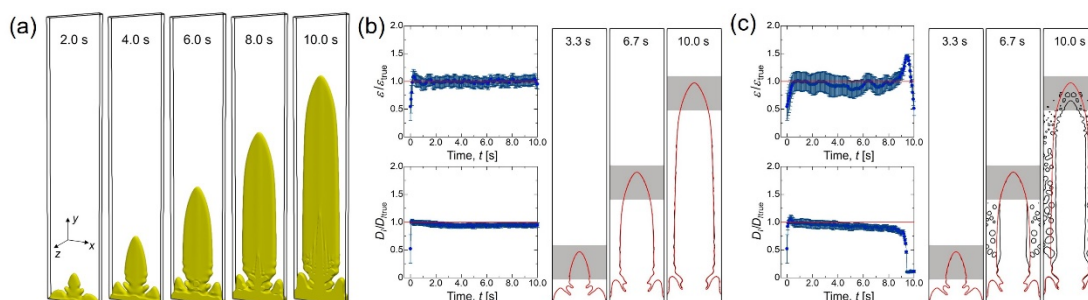


図5 薄膜試料内で成長する柱状 dendrait のPFシミュレーション結果を用いた双子実験。(a) dendrait 形態。(b) 凝固形態(PF変数)および(c) 厚さ方向の固相率を観測データとし、グレー領域で示す dendrait 先端近傍のみを対象とする界面異方性強度 ϵ と液相の拡散係数 D_i の同時推定結果[17]。赤線は(a)の界面形態。

[C1] 柱状晶成長のデータ同化

柱状 dendrait 成長のデータ同化を行うために、まず2Dでの一方向凝固問題を対象にシステムを構築した。この際、計算コストを下げるために dendrait 先端のみをデータ同化の対象とし、熱流方向から傾いて成長する dendrait の評価も可能とした[18]。この成果は、2022年6月にフランスで開催された凝固の国際会議 ICASP-6において、ポスター賞の第1位を獲得した。次いで、3D薄膜に対するデータ同化システムの開発を試みた。まず、領域全体を対象にデータ同化を試みたが、一方向凝固問題では低温側での dendrait 樹間での固液界面移動が遅くなり、この領域をデータ同化の対象とすると精度が低下することがわかった。このため、2Dと同様に dendrait 先端のみをデータ同化の対象としたところ、未知物性値の推定は高精度に達成された。しかしながら、 dendrait 形態の再現には至らなかった[17]。

X線イメージングでは透過像の2D画像が得られる。これまでの薄膜試料に対するX線その場観察では、この2D画像をもとに dendrait 成長挙動の評価が行われてきた。しかしながら、薄膜といえども奥行き方向に $100 \mu\text{m} \sim 200 \mu\text{m}$ の厚さがあり、 dendrait 構造は3Dである。このため、X線透過率に等価なX線透過方向の固相率を観測データとするデータ同化を試みた。この結果、未知物性値の推定は比較的良好に実施できるが、 dendrait 形態は不安定となった[17]。 dendrait 形態推定の精度を向上させるため、局所EnKFの考え方を導入した温度勾配方向に分割された領域毎に形態推定を行い、物性値推定は dendrait 先端で行う方法を導入したところ、形態の不安定性は改善した。

【C2】 等軸晶成長のデータ同化

等軸 dendrait 成長に対するデータ同化は、まず強制対流下で成長する空間に固定された dendrait に対して試みた。PF-LB シミュレーションを用いた双子実験を行い、動粘性係数の推定を行ったところ、高精度に推定ができることを確認した[19]。また、この双子実験において、フィルタリング間隔や未知物性値の初期値など、ハイパーパラメータの系統的な評価を行った。次いで、過冷却液相内に核生成した等軸 dendrait が固液間密度差によって沈降しながら成長する問題に対するデータ同化システムを構築し、双子実験を通して複数の未知物性を同時推定可能であることを確認した。この際、dendrait 形態も高精度に再現できることを確認した。また、自然対流下で成長する柱状 dendrait に対する動粘性係数推定を行ったところ、運動を伴う問題の方が動粘性係数の推定を少ない計算コストで高精度にできることを確認した[20]。図 6 は落下しながら成長する等軸 dendrait に対するデータ同化の結果であり、固相密度 ρ_s と動粘性係数 ν の同時推定に成功した計算例である[20]。

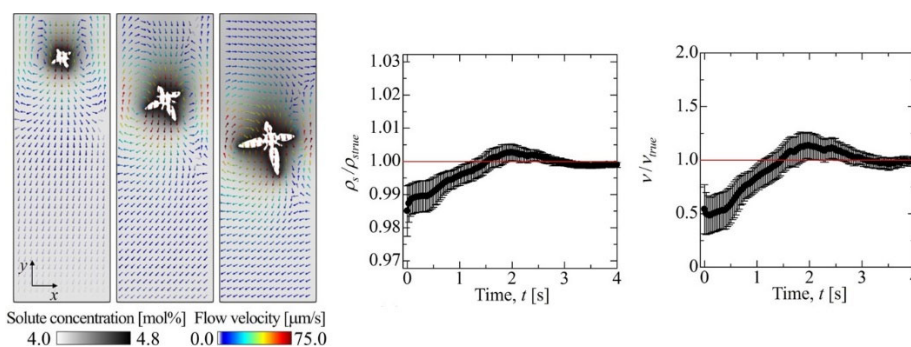


図 6 固液間密度差によって落下しながら成長する等軸 dendrait のシミュレーションに対するデータ同化。固相密度 ρ_s と動粘性係数 ν の同時推定[20]。

以上のように、柱状 dendrait と等軸 dendrait の成長問題に対する PF-LB シミュレーションによるデータ同化は、dendrait 形態が既知の場合に対しては良好に実行できることを確認した。一方で、X 線イメージングを想定した固相率を観測データとするデータ同化システムの開発が課題である。薄膜と円柱のいずれの試料に対しても、parallel-GPU AMR を用いた大規模 PF-LB シミュレーションは実行可能な状況にあり、早期に計算と実験の一体化を現実化したいと考えている。また、これまでの GPU スパコンによる大規模 PF dendrait 成長シミュレーションに関する成果をレビュー論文としてまとめた[21]。

参考文献

- [1] T. Takaki, ISIJ International, 54 (2014) 437-444.
- [2] Y. Shibuta, M. Ohno, T. Takaki, Advanced Theory and Simulations, 1 (2018) 1800065.
- [3] H. Yasuda, K. Morishita, N. Nakatsuka, T. Nishimura, M. Yoshiya, A. Sugiyama, K. Uesugi, A. Takeuchi, Nature Communications, 10 (2019) 3183.
- [4] H. Yasuda, T. Kawarasaki, Y. Tomiyori, Y. Kato, K. Morishita, in: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2019.
- [5] K. Glasner, Journal of Computational Physics, 174 (2001) 695-711.
- [6] T. Takaki, T. Fukuoka, Y. Tomita, Journal of Crystal Growth, 283 (2005) 263-278.
- [7] S. Watanabe, T. Aoki, T. Takaki, Parallel Computing, 97 (2020) 102647.
- [8] S. Sakane, T. Takaki, M. Ohno, Y. Shibuta, T. Aoki, Modelling and Simulation in Materials Science and Engineering, 27 (2019) 054004.
- [9] T. Nagira, S. Morita, H. Yokota, H. Yasuda, C.M. Gourlay, M. Yoshiya, A. Sugiyama, K. Uesugi, A. Takeuchi, Y. Suzuki, Metallurgical and Materials Transactions A, 45 (2014) 5613-5623.
- [10] B.R. Hunt, E.J. Kostelich, I. Szunyogh, Physica D: Nonlinear Phenomena, 230 (2007) 112-126.
- [11] S. Sakane, T. Takaki, Computational Materials Science, 186 (2021) 110070.
- [12] S. Sakane, T. Takaki, T. Aoki, Materials Theory, 6 (2022) 3.
- [13] S. Sakane, T. Aoki, T. Takaki, Computational Materials Science, 211 (2022) 111507.
- [14] S. Sakane, T. Aoki, T. Takaki, Computational Materials Science, 211 (2022) 111542.
- [15] N. Yamanaka, S. Sakane, T. Takaki, Computational Materials Science, 197 (2021) 110658.
- [16] N. Yamanaka, S. Sakane, T. Takaki, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 1274 (2023) 012045.
- [17] A. Yamamura, S. Sakane, M. Ohno, H. Yasuda, T. Takaki, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 1281 (2023) 012049.
- [18] Y. Imai, S. Sakane, M. Ohno, H. Yasuda, T. Takaki, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 1274 (2023) 012040.
- [19] A. Yamamura, S. Sakane, M. Ohno, H. Yasuda, T. Takaki, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 1274 (2023) 012044.
- [20] A. Yamamura, S. Sakane, M. Ohno, H. Yasuda, T. Takaki, Computational Materials Science, 215 (2022) 111776.
- [21] T. Takaki, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 1274 (2023) 012009.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計26件（うち査読付論文 26件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 16件）

1. 著者名 T. Takaki, S. Sakane, M. Ohno, Y. Shibuta, T. Aoki	4. 巻 203
2. 論文標題 Phase-field study on an array of tilted columnar dendrites during the directional solidification of a binary alloy	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Computational Materials Science	6. 最初と最後の頁 111143
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.commatsci.2021.111143	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 S. Sakane, T. Takaki, T. Aoki	4. 巻 6
2. 論文標題 Parallel-GPU-accelerated adaptive mesh refinement for three-dimensional phase-field simulation of dendritic growth during solidification of binary alloy	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Materials Theory	6. 最初と最後の頁 1-19
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s41313-021-00033-5	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 E. Miyoshi, M. Ohno, Y. Shibuta, A. Yamanaka, T. Takaki	4. 巻 210
2. 論文標題 Novel estimation method for anisotropic grain boundary properties based on Bayesian data assimilation and phase-field simulation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Materials & Design	6. 最初と最後の頁 110089
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.matdes.2021.110089	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 N. Yamanaka, S. Sakane, T. Takaki	4. 巻 197
2. 論文標題 Multi-phase-field lattice Boltzmann model for polycrystalline equiaxed solidification with motion	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Computational Materials Science	6. 最初と最後の頁 110658
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.commatsci.2021.110658	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 G. Kim, R. Yamada, T. Takaki, Y. Shibuta, M. Ohno	4. 巻 207
2. 論文標題 Inverse analysis of anisotropy of solid-liquid interfacial free energy based on machine learning	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Computational Materials Science	6. 最初と最後の頁 111294
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.commat.2022.111294	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Sakane Shinji, Takaki Tomohiro	4. 巻 186
2. 論文標題 Phase-field lattice Boltzmann method with two-relaxation-time model for dendrite growth of a binary alloy with melt convection	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Computational Materials Science	6. 最初と最後の頁 110070 ~ 110070
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.commat.2020.110070	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Miyoshi Eisuke, Takaki Tomohiro, Sakane Shinji, Ohno Munekazu, Shibuta Yasushi, Aoki Takayuki	4. 巻 186
2. 論文標題 Large-scale phase-field study of anisotropic grain growth: Effects of misorientation-dependent grain boundary energy and mobility	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Computational Materials Science	6. 最初と最後の頁 109992 ~ 109992
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.commat.2020.109992	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Sitompul Yos Panagaman, Aoki Takayuki, Takaki Tomohiro	4. 巻 134
2. 論文標題 Simulation of turbulent bubbly pipe flow with high density ratio and high reynolds number by using the lattice boltzmann method and a multi-phase field model	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 International Journal of Multiphase Flow	6. 最初と最後の頁 103505 ~ 103505
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ijmultiphaseflow.2020.103505	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Watanabe Seiya, Aoki Takayuki, Takaki Tomohiro	4. 巻 97
2. 論文標題 A domain partitioning method using a multi-phase-field model for block-based AMR applications	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Parallel Computing	6. 最初と最後の頁 102647 ~ 102647
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.parco.2020.102647	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Y. Imai, S. Sakane, M. Ohno, H. Yasuda, T. Takaki	4. 巻 1274
2. 論文標題 Preliminary system for data assimilation to infer material parameters from directional solidification experiments: twin experimental study using phase-field method	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 IOP Conference Series: Materials Science and Engineering	6. 最初と最後の頁 12040
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1757-899X/1274/1/012040	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Takaki Tomohiro, Sakane Shinji, Suzuki Ryosuke	4. 巻 1281
2. 論文標題 High-performance GPU computing of phase-field lattice Boltzmann simulations for dendrite growth with natural convection	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 IOP Conference Series: Materials Science and Engineering	6. 最初と最後の頁 12056
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1757-899X/1281/1/012056	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Yamamura A, Sakane S, Ohno M, Yasuda H, Takaki T	4. 巻 1281
2. 論文標題 Development of a data assimilation system for the investigation of the dendrite solidification process by integrating in situ X-ray imaging and phase-field simulation	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 IOP Conference Series: Materials Science and Engineering	6. 最初と最後の頁 12049
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1757-899X/1281/1/012049	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Sakane S, Aoki T, Takaki T	4. 巻 1281
2. 論文標題 Phase-field lattice Boltzmann simulation of three-dimensional settling dendrite with natural convection during nonisothermal solidification of binary alloy	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 IOP Conference Series: Materials Science and Engineering	6. 最初と最後の頁 12053
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1757-899X/1281/1/012053	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Yasuda H, Nishiguchi A, Xue H, Nonomura M, Nakano K, Katsube R, Narumi T, Takaki T	4. 巻 1281
2. 論文標題 Reconstruction of dendritic growth by fast tomography and phase field filtering	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 IOP Conference Series: Materials Science and Engineering	6. 最初と最後の頁 12064
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1757-899X/1281/1/012064	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Tsuji S, Nanri T, Narumi T, Katsube R, Yasuda H	4. 巻 1274
2. 論文標題 Microstructure evolution induced by solidification and ferrite-austenite massive-like transformation in Fe-C alloys	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 IOP Conference Series: Materials Science and Engineering	6. 最初と最後の頁 12055
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1757-899X/1274/1/012055	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Ohno Munekazu, Kudo Mikihiro, Kim Geunwoo, Yamada Ryo, Shibuta Yasushi, Takaki Tomohiro	4. 巻 1274
2. 論文標題 Time evolution of interface shape distribution of equiaxed dendrite: A phase-field study	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 IOP Conference Series: Materials Science and Engineering	6. 最初と最後の頁 12042
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1757-899X/1274/1/012042	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Takaki T	4. 巻 1274
2. 論文標題 Large-scale phase-field simulations for dendrite growth: A review on current status and future perspective	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 IOP Conference Series: Materials Science and Engineering	6. 最初と最後の頁 12009
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1757-899X/1274/1/012009	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Yamanaka N, Sakane S, Takaki T	4. 巻 1274
2. 論文標題 2D multi-phase-field lattice Boltzmann simulations of semi-solid shear deformation	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 IOP Conference Series: Materials Science and Engineering	6. 最初と最後の頁 12045
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1757-899X/1274/1/012045	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Yamamura Ayano, Sakane Shinji, Ohno Munekazu, Yasuda Hideyuki, Takaki Tomohiro	4. 巻 1274
2. 論文標題 Data assimilation for dendritic solidification with melt convection: phase-field lattice Boltzmann study	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 IOP Conference Series: Materials Science and Engineering	6. 最初と最後の頁 12044
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1757-899X/1274/1/012044	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Mitsuyama Y, Sakane S, Takaki T	4. 巻 1274
2. 論文標題 Effective evaluation of permeability for interdendritic fluid flow using adaptive mesh refinement: Phase-field lattice Boltzmann study	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 IOP Conference Series: Materials Science and Engineering	6. 最初と最後の頁 12043
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1757-899X/1274/1/012043	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Takaki Tomohiro, Sakane Shinji, Aoki Takayuki	4. 巻 63
2. 論文標題 Natural Convection on Dendrite Morphology: A High-performance Phase-field Lattice Boltzmann Study	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 ISIJ International	6. 最初と最後の頁 83 ~ 90
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2355/isijinternational.ISIJINT-2022-146	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Sitompul Yos Panagaman, Aoki Takayuki, Watanabe Seiya, Takaki Tomohiro	4. 巻 64
2. 論文標題 An ordered active parameter tracking method for efficient multiphase field simulations	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Computational Science	6. 最初と最後の頁 101834 ~ 101834
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jocs.2022.101834	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yamamura Ayano, Sakane Shinji, Ohno Munekazu, Yasuda Hideyuki, Takaki Tomohiro	4. 巻 215
2. 論文標題 Data assimilation with phase-field lattice Boltzmann method for dendrite growth with liquid flow and solid motion	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Computational Materials Science	6. 最初と最後の頁 111776 ~ 111776
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.commatsci.2022.111776	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Miyoshi Eisuke, Ohno Munekazu, Shibuta Yasushi, Yamanaka Akinori, Takaki Tomohiro	4. 巻 57
2. 論文標題 Validating a mean-field theory via large-scale phase-field simulations for abnormal grain growth induced by nonuniform grain boundary properties	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Materials Science	6. 最初と最後の頁 16690-16709
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10853-022-07660-4	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Sakane Shinji, Aoki Takayuki, Takaki Tomohiro	4. 巻 211
2. 論文標題 Parallel-GPU AMR implementation for phase-field lattice Boltzmann simulation of a settling dendrite	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Computational Materials Science	6. 最初と最後の頁 111542
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.commatsci.2022.111542	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Sakane Shinji, Aoki Takayuki, Takaki Tomohiro	4. 巻 211
2. 論文標題 Parallel GPU-accelerated adaptive mesh refinement on two-dimensional phase-field lattice Boltzmann simulation of dendrite growth	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Computational Materials Science	6. 最初と最後の頁 111507
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.commatsci.2022.111507	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

[学会発表] 計102件(うち招待講演 18件/うち国際学会 44件)

1. 発表者名 鳴海大翔,野々村真誉,西口ありさ,勝部涼司,安田秀幸
2. 発表標題 種々のZn濃度でのAl-Zn合金におけるデンドライト成長の定量解析
3. 学会等名 日本金属学会2022年春期第170回講演大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 安田秀幸,鳴海大翔,勝部涼司,高木知弘,森下浩平,南里幸宏,辻創太,野々村真誉
2. 発表標題 時間分解X線イメージング(2D/3D)による凝固過程のダイナミクスの解明
3. 学会等名 日本金属学会2022年春期第170回講演大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hideyuki Yasuda, Taka Narumi, *Ryoji Katsube, Keita Nakano, Takumi Tomiyama
2. 発表標題 Characterization of dendritic growth in Cr-Mn-Fe-Co-Ni and Cr-Fe-Co-Ni alloys
3. 学会等名 Materials Research Meeting 2021 (MRM-2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hideyuki Yasuda
2. 発表標題 Time-resolved and in-situ observation of steel solidification - transmission imaging (2D) and tomography (3D)
3. 学会等名 China Symposium on Sustainable Steelmaking Technology, Changsha, China (Hybrid conference) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 野々村真誉, 鳴海大翔, 勝部涼司, 安田秀幸
2. 発表標題 時間分解トモグラフィを用いたSUS304のデンドライト成長の定量解析
3. 学会等名 日本鉄鋼協会第182回講演大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 野々村真誉, 鳴海大翔, 安田秀幸
2. 発表標題 Al-5mass%Cu合金デンドライトの固液界面移動の定量解析
3. 学会等名 日本金属学会第168回講演大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山村 彩乃, 坂根 慎治, 高木 知弘
2. 発表標題 液相流動と固相運動を伴う二元合金凝固現象を対象としたデータ同化システムの構築と双子実験
3. 学会等名 日本金属学会2022年春季(170回)講演大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 高木 知弘, 坂根 慎治, 青木 尊之
2. 発表標題 高性能phase-field格子ボルツマン計算によるデンドライトフラグメンテーションに対する自然対流の影響評価
3. 学会等名 日本鉄鋼協会第183回春季講演大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 高木 知弘
2. 発表標題 柱状および等軸デンドライトに対する透過率予測
3. 学会等名 日本鉄鋼協会 高温プロセスシンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 坂根 慎治, 高木 知弘, 青木 尊之
2. 発表標題 適合細分化格子法を適用した複数GPU並列計算による運動しながら成長する等軸デンドライトのphase-field格子ボルツマンシミュレーション
3. 学会等名 日本流体力学会 第35回数値流体力学シンポジウム (CFD35)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山村 彩乃, 坂根 慎治, 高木 知弘
2. 発表標題 凝固組織の高精度予測に向けた計算と実験の融合手法の検討
3. 学会等名 日本材料学会関西支部 若手シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高木 知弘
2. 発表標題 GPUによるデンドライト凝固組織予測の高精度シミュレーション
3. 学会等名 NVIDIA 秋のHPC Weeks, Week 3 -GPU Applications (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高木 知弘
2. 発表標題 フェーズフィールド法 焼結モデルの紹介
3. 学会等名 日本ファインセラミックス協会 第11回シミュレーションスクール (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山中 波人, 坂根 慎治, 高木 知弘
2. 発表標題 固液共存体の変形挙動解析法の構築: multi-phase-field格子ボルツマン法の適用
3. 学会等名 材料シンポジウム ワークショップ「マクロ/ミクロ変形におけるモデリングとシミュレーション」
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 今井 裕貴, 坂根 慎治, 高木 知弘
2. 発表標題 デンドライト凝固のその場観察を対象とするphase-fieldデータ同化システムの構築に向けた検討
3. 学会等名 材料シンポジウム 若手学生研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中井 健太, 坂根 慎治, 高木 知弘
2. 発表標題 MD法とphase-field法を利用したデータ同化による純金属の固液界面物性推定法の構築
3. 学会等名 材料シンポジウム 若手学生研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山村 彩乃, 坂根 慎治, 高木 知弘
2. 発表標題 Phase-field格子ボルツマン法を用いた液相流動を伴う凝固現象のデータ同化システム構築と双子実験
3. 学会等名 材料シンポジウム 若手学生研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高木 知弘
2. 発表標題 材料組織予測シミュレーションの変革 マルチスケールからクロススケールへ
3. 学会等名 日本機械学会 第34回計算力学講演会 (CMD2021) フォーラム [EXAスケールコンピューティング「京」から「富岳」へ] (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 坂根 慎治, 高木 知弘, 青木 尊之
2. 発表標題 AMR法による3次元柱状デンドライト成長の複数GPU並列phase-field計算の高速化
3. 学会等名 日本機械学会 第34回計算力学講演会 (CMD2021)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 光山 容正, 坂根 慎治, 大野 宗一, 澁田 靖, 高木 知弘
2. 発表標題 Phase-field法と格子ボルツマン法による二次枝が発達した柱状デンドライトの透過率評価
3. 学会等名 日本機械学会 第34回計算力学講演会 (CMD2021)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山中 波人, 坂根 慎治, 高木 知弘
2. 発表標題 固液共存域せん断変形の2次元multi-phase-field格子ボルツマン・シミュレーション
3. 学会等名 日本機械学会 第34回計算力学講演会 (CMD2021)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 今井 裕貴, 坂根 慎治, 大野 宗一, 安田 秀幸, 高木 知弘
2. 発表標題 二元合金凝固の薄膜その場観察を想定したphase-fieldデータ同化システムの検討
3. 学会等名 日本機械学会 第34回計算力学講演会 (CMD2021)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中井 健太, 坂根 慎治, 澁田 靖, 大野 宗一, 高木 知弘
2. 発表標題 Phase-field法とMD法によるデータ同化を用いた純Alの固液界面物性の推定
3. 学会等名 日本機械学会 第34回計算力学講演会 (CMD2021)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高田 尚樹, 高木 知弘, 茂木 克維
2. 発表標題 マルチフェーズフィールドモデルと格子ボルツマンモデルに基づく混相流の数値計算手法
3. 学会等名 日本機械学会 第34回計算力学講演会 (CMD2021)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 三好 英輔, 大野 宗一, 澁田 靖, 山中 晃徳, 高木 知弘
2. 発表標題 Phase-field法とベイズ推論に基づく多結晶粒成長観察からの粒界物性抽出法
3. 学会等名 日本機械学会 第34回計算力学講演会 (CMD2021)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 今井 裕貴, 坂根 慎治, 高木 知弘
2. 発表標題 柱状デンドライト成長に対するphase-fieldデータ同化システムの開発
3. 学会等名 日本鉄鋼協会第182回秋季講演大会 学生ポスターセッション
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山村 彩乃, 坂根 慎治, 高木 知弘
2. 発表標題 Phase-field格子ボルツマン法による液相流動を伴う二元合金凝固問題に対するデータ同化システムの構築と双子実験
3. 学会等名 日本鉄鋼協会第182回秋季講演大会 学生ポスターセッション
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 T. Takaki
2. 発表標題 Highly Accurate Prediction of Material Microstructure Using High-performance Phase-field Simulation and Data Assimilation
3. 学会等名 TMS 2022 Annual Meeting & Exhibition (TMS2022) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 N. Yamanaka, S. Sakane, T. Takaki
2. 発表標題 Evaluation of Semi-solid Shear Deformation Behavior Using the Multi-phase-field Lattice Boltzmann Method
3. 学会等名 TMS 2022 Annual Meeting & Exhibition (TMS2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 A. Yamamura, S. Sakane, M. Ohno, T. Takaki
2. 発表標題 Development of a Twin Experiment-validated Data Assimilation System for Dendrite Growth with Melt Convection Using Phase-field Lattice Boltzmann Method
3. 学会等名 TMS 2022 Annual Meeting & Exhibition (TMS2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1 . 発表者名 Y. Imai, T. Takaki, S. Sakane, M. Ohno, H. Yasuda
2 . 発表標題 Investigation of Phase-field Data Assimilation System Using In-situ Observation Results Obtained during Dendrite Growth in Thin Films
3 . 学会等名 TMS 2022 Annual Meeting & Exhibition (TMS2022) (国際学会)
4 . 発表年 2022年

1 . 発表者名 T. Takaki
2 . 発表標題 Permeability prediction for columnar dendrite structures utilizing large-scale phase-field and lattice Boltzmann simulations
3 . 学会等名 2021 International Conference on Phase-Field Method and Related Methods (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 T. Takaki, N. Yamanaka, S. Sakane
2 . 発表標題 Large-scale 2D simulations of formation process of equiaxed structure and semi-solid deformation using phase-field lattice Boltzmann method
3 . 学会等名 European Congress and Exhibition on Advanced Materials and Processes (EUROMAT2021) (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 S. Sakane, T. Takaki, T. Aoki
2 . 発表標題 Multiple GPUs parallel computing implementation of 3D AMR phase-field simulation for columnar dendrite growth
3 . 学会等名 European Congress and Exhibition on Advanced Materials and Processes (EUROMAT2021) (国際学会)
4 . 発表年 2021年

1. 発表者名 Y. Imai, S. Sakane, T. Takaki
2. 発表標題 Preliminary development and validation of data assimilation system for dendrite growth during directional solidification of a binary alloy using phase-field method
3. 学会等名 European Congress and Exhibition on Advanced Materials and Processes (EUROMAT2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 K. Nakai, S. Sakane, T. Takaki
2. 発表標題 Phase-field data-assimilation of interfacial properties of a pure Al based on MD simulation results
3. 学会等名 European Congress and Exhibition on Advanced Materials and Processes (EUROMAT2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 A. Yamamura, S. Sakane, T. Takaki
2. 発表標題 Data-assimilation twin experiments during setting of an isolated equiaxed dendrite
3. 学会等名 European Congress and Exhibition on Advanced Materials and Processes (EUROMAT2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Seiya Watanabe, Takayuki Aoki, Changhong Hu, Shintaro Matsushita, Tomohiro Takaki
2. 発表標題 A Domain Decomposition Method based on a Multi-phase-field Model to Reduce Inter-node Communication
3. 学会等名 Parallel CFD 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Sitompul Yos Panagaman, Aoki Takayuki, Watanabe Seiya, Takaki Tomohiro
2. 発表標題 Liquid-gas Foam Simulations using Cumulant Lattice Boltzmann Method with Adaptive Mesh Refinement
3. 学会等名 第26回計算工学講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yos Sitompul, Takayuki Aoki, Seiya Watanabe, Kenta Sugihara, Tomohiro Takaki
2. 発表標題 A Large-scale Foam Simulation using a Multi-phase field Lattice Boltzmann Method with Adaptive Mesh Refinement
3. 学会等名 日本機械学会 第34回計算力学講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Sitompul Yos, Aoki Takayuki, Watanabe Seiya, Sugihara Kenta, Takaki Tomohiro
2. 発表標題 Foam Simulation with a Large Number of Bubbles using Multi-phase LBM and Adaptive Mesh Refinement
3. 学会等名 日本流体力学会 第35回数値流体力学シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大野宗一
2. 発表標題 定量的フェーズフィールド・モデルの基礎、応用および限界
3. 学会等名 日本学術振興会製鋼第19委員会凝固プロセス研究会第85回会議
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 工藤 幹央,山田 亮,澁田 靖,高木 知弘,大野 宗一
2. 発表標題 三次元等軸デンドライトの形態変化のシミュレーション解析
3. 学会等名 日本金属学会 2021年秋期講演大会(第169回)大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 平松大希,大野宗一,澁田靖,高木知弘
2. 発表標題 fcc純金属の凝固における核生成挙動の分子動力学シミュレーション
3. 学会等名 日本金属学会 2021年秋期講演大会(第169回)大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高木 知弘
2. 発表標題 大規模GPUフェーズフィールド計算による凝固組織予測とその応用
3. 学会等名 第87回マテリアルズ・テラリング研究会(招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高木 知弘
2. 発表標題 GPUスパコンによる合金デンドライト凝固の大規模フェーズフィールド・シミュレーション
3. 学会等名 東北大学マテリアル・開発系 第2回新FEW(Friday Evening Web)セミナー(招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 T. Takaki
2. 発表標題 Permeability Prediction of Dendritic Mushy Zone by Phase-field and Lattice Boltzmann Simulations
3. 学会等名 TMS 2021 Annual Meeting & Exhibition (TMS2021) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 G. Kim, T. Takaki, Y. Shibuta, M. Ohno
2. 発表標題 A Method of Estimation of Solid-liquid Interface Anisotropy Based on Machine Learning Combined with Phase-field Simulations
3. 学会等名 TMS 2021 Annual Meeting & Exhibition (TMS2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 E. Miyoshi, T. Takaki, Y. Shibuta, M. Ohno
2. 発表標題 Data Assimilation-based Approach to Estimate Grain Boundary Properties Using Phase-field Grain Growth Simulations
3. 学会等名 TMS 2021 Annual Meeting & Exhibition (TMS2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Y. Imai, S. Sakane, T. Takaki
2. 発表標題 Data-assimilation for Dendritic Solidification Using Phase-field Simulation Based on Limited Observation Data
3. 学会等名 TMS 2021 Annual Meeting & Exhibition (TMS2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 N. Yamanaka, S. Sakane, T. Takaki
2. 発表標題 Multi-phase-field Lattice Boltzmann Modeling and Simulations for Semi-solid Deformation
3. 学会等名 TMS 2021 Annual Meeting & Exhibition (TMS2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 S. Sakane, T. Takaki
2. 発表標題 Multiple-GPU acceleration of AMR phase-field lattice Boltzmann simulation for solidification of a binary alloy
3. 学会等名 14th World Congress on Computational Mechanics (WCCM XIV) 8th European Congress on Computational Methods in Applied Science and Engineering (ECCOMAS 2020) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 E. Miyoshi, T. Takaki, Y. Shibuta, M. Ohno
2. 発表標題 Validation of a novel measurement method for anisotropic grain boundary properties based on data assimilation and multi-phase-field simulation
3. 学会等名 Computational Engineering and Science for Safety and Environmental Problems (COMPSAFE2020) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 S. Sakane, T. Takaki
2. 発表標題 AMR and GPU accelerated phase-field simulation of dendrite growth
3. 学会等名 Computational Engineering and Science for Safety and Environmental Problems (COMPSAFE2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1 . 発表者名 Y. Mitsuyama, T. Takaki, S. Sakane, Y. Shibuta, M. Ohno
2 . 発表標題 Permeability for columnar dendritic structure
3 . 学会等名 Computational Engineering and Science for Safety and Environmental Problems (COMPSAFE2020) (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 G. Kim, T. Takaki, Y. Shibuta, M. Ohno
2 . 発表標題 Phase-field study of three-dimensional growth morphology and its characterization of solidification microstructure with different preferred growth directions
3 . 学会等名 Computational Engineering and Science for Safety and Environmental Problems (COMPSAFE2020) (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 T. Takaki
2 . 発表標題 Large-scale phase-field simulations for dendrite growth on GPU supercomputer
3 . 学会等名 Computational Engineering and Science for Safety and Environmental Problems (COMPSAFE2020) (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 Y. P. Sitompul, T. Aoki, T. Takaki
2 . 発表標題 Study on Foam Formation using Cumulant Lattice Boltzmann Method with Multi-phase Field Model
3 . 学会等名 Computational Engineering and Science for Safety and Environmental Problems (COMPSAFE2020) (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1. 発表者名 N. Yamanaka, S. Sakane, T. Takaki
2. 発表標題 Application of multi-phase-field lattice Boltzmann method to semi-solid deformation
3. 学会等名 Modelling of Casting, Welding and Advanced Solidification Processes (MCWASP XV) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Y. Mitsuyama, T. Takaki, S. Sakane, Y. Shibuta, M. Ohno
2. 発表標題 Permeability tensor for various columnar dendrite structures
3. 学会等名 Modelling of Casting, Welding and Advanced Solidification Processes (MCWASP XV) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高木 知弘, 坂根 慎治, 光山 容正, 大野 宗一, 澁田 靖, 青木 尊之
2. 発表標題 Phase-field法と格子ボルツマン法による等軸デンドライト樹間液相流動の透過率評価
3. 学会等名 日本鉄鋼協会第181回春季講演大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大野 宗一, 岡 ゆきみ, 坂根 慎治, 澁田 靖, 高木 知弘
2. 発表標題 分子動力学法とフェーズフィールド法のデータ同化による純Feの固液界面物性値の推定
3. 学会等名 日本鉄鋼協会第181回春季講演大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山中 波人, 高木 知弘
2. 発表標題 Multi-phase-field格子ボルツマン法による固液共存域せん断変形に対する結晶粒形態の影響評価
3. 学会等名 日本鉄鋼協会第181回春季講演大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山中 波人, 坂根 慎治, 高木 知弘
2. 発表標題 多結晶凝固組織の高精度予測に向けたphase-fieldモデリング
3. 学会等名 日本材料学会関西支部 若手シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山中 波人, 坂根 慎治, 高木 知弘
2. 発表標題 複数デンドライトの運動を伴う等軸晶形成のためのmulti-phase-field格子ボルツマンモデルの構築
3. 学会等名 材料シンポジウム 若手学生研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 光山 容正, 坂根 慎治, 高木 知弘
2. 発表標題 柱状デンドライトに対する無次元透過率と透過率テンソル
3. 学会等名 日本鉄鋼協会第180回秋季講演大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山中 波人, 坂根 慎治, 高木 知弘
2. 発表標題 Multi-phase-field 格子ボルツマンモデルの固液共存領域変形問題への適用
3. 学会等名 日本鉄鋼協会第180回秋季講演大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 鳴海大翔, 森下浩平, 安田秀幸
2. 発表標題 固液界面現象の放射光観察・計測 - 観察から3D+XRDへ
3. 学会等名 第87回マテリアルズ・テラリング研究会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 安田秀幸, 河原崎琢也, 加藤勇一, 鳴海大翔, 高木知弘
2. 発表標題 Fe系合金デンドライト組織の三次元定量観察の試み
3. 学会等名 日本鉄鋼協会第179回春季講演大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 野々村真誉, 鳴海大翔, 安田秀幸
2. 発表標題 時間分解X線CTを用いたAl-5mass%Cu合金デンドライト成長の定量評価
3. 学会等名 日本金属学会第167回講演大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大野 宗一, Geunwoo Kim, 澁田靖, 高木知弘
2. 発表標題 等軸デンドライトの3D形態と界面エネルギー異方性強度
3. 学会等名 日本鉄鋼協会第180回秋季講演大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hideyuki Yasuda, Arisa Nishiguchi, Ryoji Katsube, Taka Narumi, Tomohiro Takaki
2. 発表標題 Observation of Growing Dendrites by Time-resolved Tomography and Image Processing Using a Phase-field Model
3. 学会等名 TMS 2023, 152th annual meeting & exhibition (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Hideyuki Yasuda, Akira Sugiyama, Taka Narumi, Ryoji Katsube
2. 発表標題 Direct Observation of Microstructure Evolution During Solidification in Cast Steel and Cast Iron by Synchrotron X-ray Imaging Techniques
3. 学会等名 74th World Foundry Congress, Busan (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Sitompul Yos, Aoki Takayuki, Watanabe Seiya, Takaki Tomohiro
2. 発表標題 Development of an Improved Active Parameter Tracking Method for Efficient Multiphase Simulations using Multiphase Field Method
3. 学会等名 第27回計算工学講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yos P. Sitompul, Takayuki Aoki, Seiya Watanabe, Kenta Sugihara, Tomohiro Takaki
2. 発表標題 Study on Foam Formation using Multi-phase-field Lattice Boltzmann Method with Adaptive Mesh Refinement
3. 学会等名 8th Asian Pacific Congress on Computational Mechanics (WCCM-APCOM 2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 青木尊之
2. 発表標題 格子ボルツマン法による混相流・流体構造連成シミュレーション
3. 学会等名 日本応用数理・ものづくり研究会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Sitompul Yos Panagaman, Takayuki Aoki, Seiya Watanabe, Kenta Sugihara, Tomohiro Takaki
2. 発表標題 Foam Simulation with more than 1000 bubbles using LBM with MPF model and AMR method
3. 学会等名 日本流体力学会・第36回数値流体力学シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大野宗一
2. 発表標題 計算材料科学による組織予測の最前線と新展開
3. 学会等名 令和4年秋季 全国大学材料関係教室協議会 講演会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大野宗一
2. 発表標題 機械学習を利用した合金の固液界面物性値の予測
3. 学会等名 第51回結晶成長国内会議 (JCCG-51) (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 A. Yamamura, S. Sakane, M. Ohno, H. Yasuda, T. Takaki
2. 発表標題 Development of a Data Assimilation System that Integrates Phase-field Simulation and In-situ X-ray Imaging in Dendrite Growth [Poster]
3. 学会等名 TMS 2023 Annual Meeting & Exhibition (TMS2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 T. Takaki
2. 発表標題 Permeability Prediction for Flow of Interdendritic Liquid by Phase-field and Lattice Boltzmann Methods
3. 学会等名 The 10th International Conference on Multiscale Materials Modeling (MMM10) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 A. Yamamura, S. Sakane, T. Takaki
2. 発表標題 Development of Data Assimilation System with Phase-Field Simulation for 3D Columnar Dendrite Growth [Poster]
3. 学会等名 The 10th International Conference on Multiscale Materials Modeling (MMM10) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1 . 発表者名 N. Yamanaka, S. Sakane, T. Takaki
2 . 発表標題 3D MPF-LB Model and Simulations for Equiaxed Solidification Structures [Poster]
3 . 学会等名 The 10th International Conference on Multiscale Materials Modeling (MMM10) (国際学会)
4 . 発表年 2022年

1 . 発表者名 R. Suzuki, S. Sakane, T. Takaki
2 . 発表標題 Implementation of the Mother-leaf Method on GPU-accelerated AMR Code for Phase-field Computation of Dendrite Growth
3 . 学会等名 15th World Congress on Computational Mechanics (WCCM 2022) & 8th Asian Pacific Congress on Computational Mechanics (APCOM) (国際学会)
4 . 発表年 2022年

1 . 発表者名 K. Nakai, S. Sakane, M. Ohno, Y. Shibuta, T. Takaki
2 . 発表標題 Systematic Inference of Interfacial Properties of Pure Materials by Phase-field Data Assimilation using Molecular Dynamics Solidification Simulation Results
3 . 学会等名 15th World Congress on Computational Mechanics (WCCM 2022) & 8th Asian Pacific Congress on Computational Mechanics (APCOM) (国際学会)
4 . 発表年 2022年

1 . 発表者名 N. Yamanaka, S. Sakane, T. Takaki
2 . 発表標題 Systematic Phase-field Lattice Boltzmann Simulations to Investigate the Coherency Point in Semi-solid Deformation
3 . 学会等名 15th World Congress on Computational Mechanics (WCCM 2022) & 8th Asian Pacific Congress on Computational Mechanics (APCOM) (国際学会)
4 . 発表年 2022年

1. 発表者名 Y. Imai, S. Sakane, M. Ohno, H. Yasuda, T. Takaki
2. 発表標題 Data Assimilation using a 3D Phase-field Method for Dendrite Growth during Directional Solidification of a Binary Alloy
3. 学会等名 15th World Congress on Computational Mechanics (WCCM 2022) & 8th Asian Pacific Congress on Computational Mechanics (APCOM) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 A. Yamamura, S. Sakane, T. Takaki
2. 発表標題 Data Assimilation System for Dendritic Solidification with Melt Convection using the Phase-field Lattice Boltzmann Method
3. 学会等名 15th World Congress on Computational Mechanics (WCCM 2022) & 8th Asian Pacific Congress on Computational Mechanics (APCOM) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 T. Takaki
2. 発表標題 Large-scale phase-field simulations for dendrite growth: A review of current status and future perspective
3. 学会等名 6th International Conference on Advances in Solidification Processes (ICASP-6) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 N. Yamanaka, S. Sakane, T. Takaki
2. 発表標題 2D multi-phase-field lattice Boltzmann simulations of semi-solid shear deformation [Oral Presentation]
3. 学会等名 6th International Conference on Advances in Solidification Processes (ICASP-6) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Y. Mitsuyama, S. Sakane, T. Takaki
2. 発表標題 Effective evaluation of permeability for interdendritic fluid flow using adaptive mesh refinement: Phase-field lattice Boltzmann study [Poster]
3. 学会等名 6th International Conference on Advances in Solidification Processes (ICASP-6) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Y. Imai, S. Sakane, M. Ohno, H. Yasuda, T. Takaki
2. 発表標題 Preliminary system of data assimilation to infer material parameters from directional solidification experiments: twin experimental study using phase-field method [Poster]
3. 学会等名 6th International Conference on Advances in Solidification Processes (ICASP-6) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 A. Yamamura, S. Sakane, M. Ohno, H. Yasuda, T. Takaki
2. 発表標題 Data assimilation for dendritic solidification with melt convection: Phase-field lattice Boltzmann study [Poster]
3. 学会等名 6th International Conference on Advances in Solidification Processes (ICASP-6) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山中 波人, 坂根 慎治, 高木 知弘
2. 発表標題 Multi-phase-field格子ボルツマンモデルによる固液共存体の変形挙動評価
3. 学会等名 日本鉄鋼協会第185回春季講演大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 山村 彩乃, 坂根 慎治, 高木 知弘
2. 発表標題 柱状デンドライト成長に対するPF計算とX線観察を融合するデータ同化の開発
3. 学会等名 日本鉄鋼協会第185回春季講演大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 早瀬 新明, 山中 波人, 坂根 慎治, 高木 知弘
2. 発表標題 固液共存体の2次元単純せん断変形シミュレーション
3. 学会等名 日本鉄鋼協会第185回春季講演大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 山中 波人, 坂根 慎治, 高木 知弘
2. 発表標題 2次元固液共存域せん断変形のmulti-phase-field格子ボルツマンシミュレーション
3. 学会等名 日本機械学会 第35回計算力学講演会(CMD2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山村 彩乃, 坂根 慎治, 高木 知弘
2. 発表標題 3次元柱状デンドライト成長に対するphase-field法を用いたデータ同化システムの構築
3. 学会等名 日本機械学会 第35回計算力学講演会(CMD2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 鈴木 涼介, 坂根 慎治, 高木 知弘
2. 発表標題 複数GPU並列マザーリーフAMR法による熱溶質対流を伴うデンドライト成長計算の高速化
3. 学会等名 日本機械学会 第35回計算力学講演会(CMD2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 鈴木 涼介, 坂根 慎治, 高木 知弘
2. 発表標題 複数GPUマザーリーフAMR法によるphase-field凝固計算の高速化
3. 学会等名 日本金属学会2022年秋期(171回)講演大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山村 彩乃, 坂根 慎治, 高木 知弘
2. 発表標題 液相流動と固相運動を伴うデンドライト凝固に対するデータ同化
3. 学会等名 日本鉄鋼協会第184回秋季講演大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 坂根 慎治, 高木 知弘
2. 発表標題 沈降中の等軸デンドライト成長のフェーズフィールド格子ボルツマンシミュレーション
3. 学会等名 日本鉄鋼協会第184回秋季講演大会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

京都工芸繊維大学機械工学系数値材料デザイン研究室研究業績
<http://www.cmd.kit.ac.jp/achievement/>
京都工芸繊維大学機械工学系数値材料デザイン研究室研究成果
<http://www.cmd.kit.ac.jp/achievement/>

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	青木 尊之 (Aoki Takayuki) (00184036)	東京工業大学・学術国際情報センター・教授 (12608)	
研究分担者	大野 宗一 (Ohno Munekazu) (30431331)	北海道大学・工学研究院・教授 (10101)	
研究分担者	安田 秀幸 (Yasuda Hideyuki) (60239762)	京都大学・工学研究科・教授 (14301)	
研究分担者	坂根 慎治 (Sakane Shinji) (70876755)	京都工芸繊維大学・機械工学系・助教 (14303)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------