

## 【基盤研究(S)】

理工系(工学)



研究課題名

三次元時間分解・その場観察を基礎とした凝固組織のダイナミクスの構築と展開

京都大学・大学院工学研究科・教授

やすだ ひでゆき  
安田 秀幸

研究課題番号：17H06155 研究者番号：60239762

研究分野：材料工学 金属・資源生産工学

キーワード：融体・凝固、鑄造、結晶育成・成長

### 【研究の背景・目的】

金属材料を製造する凝固・鑄造プロセスでは、材料特性を発現させるために、偏析などの欠陥を抑制し、材料組織を制御することが重要である。しかし、可視光に不透明で高融点の金属材料の凝固・結晶成長過程には不明な点が多くあった。これまでに、硬X線領域の高輝度・単色光が利用できる第3世代放射光施設(SPring-8など)において金属合金の凝固過程の時間分解・その場観察(透過像の二次元観察)を実現し、1500℃付近の高温で鉄鋼材料などの凝固現象を観察することで新たな知見を得てきた。時間分解で三次元の観察が可能になれば、試料形状の影響を受けずに凝固現象を定量的に把握できる長所があり、凝固現象の理解が飛躍的に発展すると期待される。

本課題では、これまで培ってきた高温X線イメージング技術とSPring-8のX線光学系の特長を活かし、金属合金の凝固組織形成の三次元時間分解・その場観察を実現するトモグラフィー(4D-CT)を開発する。開発した4D-CTを用いて、金属材料を対象にミクロスケールからメゾスケールの凝固組織や偏析の形成過程、固液共存体の脆化を観察する(図1に観察対象の模式図)。観察結果に基づいて、凝固組織・欠陥形成の定量的理解から物理モデルを構築し、凝固・鑄造プロセスに適用可能な凝固組織・欠陥形成に関する学理を確立する。

### 【研究の方法】

#### 【A】4D-CTの開発

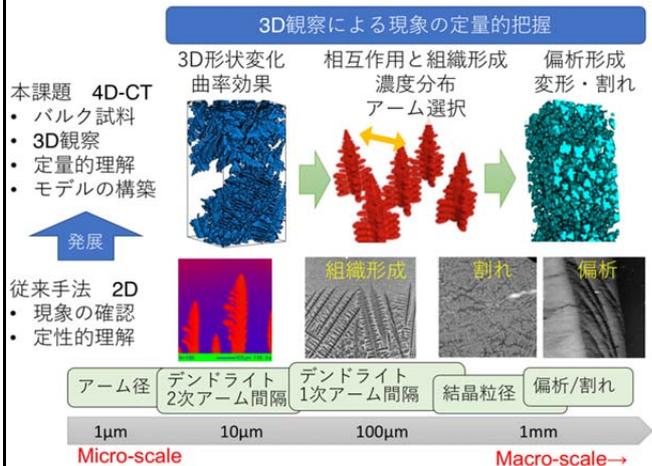
室温~1700℃の温度範囲でFe系、Al系合金などの組織形成を観察できる4D-CTを実現する。2sごとに空間分解能10μmの三次元観察(高時間分解観察)、10sごとに高空間分解能1μmの観察(高空間分解能観察)を実現することが目標である。また、凝固組織形成に適用した解析手法も開発する。

#### 【B】凝固過程の三次元組織観察

Fe系、Al系合金などの凝固組織形成の時間分解三次元観察を行う。例えば、デンドライト形状を精密に計測し、曲率の三次元分布からミクロスケールでの物質輸送の把握、組織形成機構を明らかにする。凝固過程の固液共存体(バルク試料)の結晶粒の配置(粒形状、結晶方位)と変形を観察し、偏析や割れを理解するための固液共存体の力学を明らかにする。

#### 【C】凝固現象のモデリング・シミュレーション

観察結果に基づいて曲率効果や結晶粒の配置を考



慮した凝固モデルを構築し、凝固組織、偏析の形成機構を検証する。材料計算科学的手法も導入して独自のモデル構築を実現する。

### 【期待される成果と意義】

高融点の金属材料の凝固・結晶成長過程の時間分解三次元観察の実現により、高温での凝固組織形成に関する新しい知見が獲得できる。従来手法では獲得できなかった時間分解三次元データは、凝固現象の実証的な理解を深め、信頼性の高い凝固モデルの構築に結びつく。これらの成果は、金属合金の凝固現象の体系化だけでなく、凝固・鑄造プロセスの向上にも貢献する。

### 【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- ・M.A.A. Mohd Salleh, C. M. Gourlay, J. W. Xian, S. Belyakov, H. Yasuda, S. McDonald, K. Nogita, Sci Rep, 7 (2017) 40010.
- ・K. Yamane, H. Yasuda, A. Sugiyama, T. Nagira, M. Yoshiya, K. Morishita, K. Uesugi, A. Takeuchi, Y. Suzuki, Metal. Mater Trans A, 46A (2015) 4937-4946.
- ・T. Nagira, S. Morita, H. Yokota, H. Yasuda, C. M. Gourlay, M. Yoshiya, A. Sugiyama, K. Uesugi, Y. Takeuchi, Y. Suzuki, Metall Mater Trans A, 45A (2014) 1415-1424.

### 【研究期間と研究経費】

平成29年度-33年度 130,200千円

### 【ホームページ等】

[http:// cast.mtl.kyoto-u.ac.jp](http://cast.mtl.kyoto-u.ac.jp)  
[yasuda.hideyuki.6s@kyoto-u.ac.jp](mailto:yasuda.hideyuki.6s@kyoto-u.ac.jp)