

## 【基盤研究(S)】

### 理工系(工学Ⅱ)



## 研究課題名 リバース4D材料エンジニアリングによる材料開発プロセス革新

豊橋技術科学大学・大学院工学研究科・教授

戸田 ひろゆき  
とだ ひろゆき

研究分野：構造・機能材料

キーワード：強度・韌性・破壊・疲労・クリープ・応力腐食割れ・超塑性・磨耗

#### 【研究の背景・目的】

近年、3D/4Dイメージング法の発展により、物質内部の複雑かつ動的な現象にダイナミックにアプローチできる様になってきた。本研究では、これを活用し、材料開発の新しい技術体系：リバース4D材料エンジニアリングを創成する。これまでの材料開発（図1上）は、「材料設計→評価→実材料創出」という時系列であった。提案は、これと逆方向のプロセス（図1下）により、迅速、高精度に高性能材料を開発するというものである。本法では、その複雑さ故、現在の科学では理論的取り扱いはおろか、そのパターン化さえ困難な現実の材料のマルチスケール3D構造を忠実に取り込む高精度イメージベースシミュレーションにより、仮想的にミクロ構造を最適化する。さらに、複雑な3D微視形態を従来の材料設計技術に反映できる程度に「粗視化」（不要な情報を無視し、必要なものを単純なパラメーターで表現）表現することで、ものづくりに展開可能な実用組織制御技術とする。

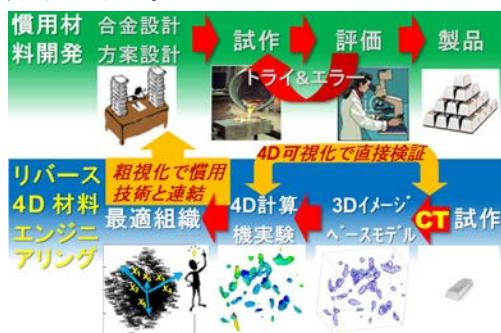


図1 提案法（下）と従来の材料開発（上）の比較

#### 【研究の方法】

既存の材料のナノ～マクロ組織を3D/4Dイメージングし、それを忠実に再現した3Dイメージベースモデルにより計算機実験を行う。膨大な数のミクロ組織のうち、所望する特性に大きく影響する、極めて限定された種類、性状、領域のミクロ組織を特定した後、超大情報量となる3D/4D組織情報を粗視化により徹底して取捨選択する。要素技術となる3D/4Dイメージング、4D画像解析、イメージベースシミュレーション、粗視化のうち、研究開発が必要な後2項目を研究するとともに、4つの要素技術を連成させて方法論として確立する。また、実用材料の材料組織最適化をデモンストレーター研究とし、実効性を実証する。

#### 【期待される成果と意義】

構造・機能材料の共通基盤技術となる材料開発法であり、実在する物質の複雑な形態をこれまでのものづくり技術に取り込む点で、材料開発のパラダイムチェンジが期待できる。また、我が国が得意な先進計測・解析法を基にすることで、他の模倣・追随を許さず、我が国の産業に幅広く、強力かつ継続的に貢献できる。例えば、図2に示すように、材料開発の新概念としてセラミックスやポリマー、複合材等の幅広い材料に、また素材だけではなく電子分野のハンダ接合部の様なミクロ・ナノ構造体やインフラの劣化挙動など、材料以外の分野にも幅広く活用できる。

#### 【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- H. Toda, S. Masuda, et al., Statistical assessment



図2 研究期間以降の波及効果

of fatigue crack initiation from sub-surface hydrogen micropores in high-quality die-cast aluminum, Acta Mater., Vol.59, 4990-4998, 2011  
• L. Qian, H. Toda, et al., Direct observation and image-based simulation of three-dimensional tortuous crack evolution inside opaque Materials, Phys. Rev. Lett., Vol.100, 115505, 2008

#### 【研究期間と研究経費】

平成24年度～28年度  
125,700千円

#### 【ホームページ等】

<http://four-d.me.tut.ac.jp/index.html>