



統合型材料開発システム によるマテリアル革命

マテリアルズインテグレーション(MI)によって構造材料 開発におけるコストと時間を大幅に低減

人工知能(AI)を駆使した材料開発に欧米、中国など諸外国が集中投資し、ものづくりが大変革期を迎えている。日本が材料開発分野での強みを維持・発展させるためには、材料開発コストの大幅低減、開発期間の大幅短縮を目指す必要がある。欲しい性能から材料・プロセスをデザインする「逆問題」に対応したMIシステム(Materials Integration system; 統合型材料開発システム)を世界に先駆けて開発するとともに、MIシステムを活用して、競争力ある革新的な高信頼性材料の開発や設計・製造・評価技術の確立に取り組み、発電プラント用材料や航空用材料等を出口に先端的な構造材料・プロセスの事業化を目指す。



プログラムディレクター

三島 良直

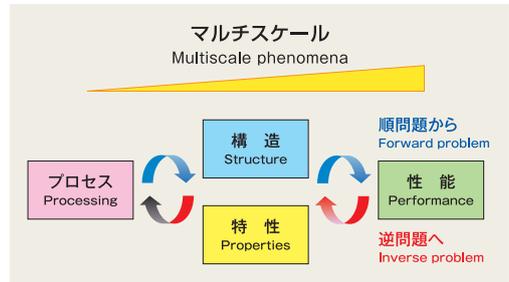
国立研究開発法人
日本医療研究開発機構 理事長
東京工業大学 名誉教授・前学長

Profile

1975年東京工業大学大学院理工学研究科修士課程修了、1979年米国U.C. Berkeley 博士課程修了(Ph. D)、同校 Assistant Research Engineerを経て、1981年東京工業大学精密工学研究所助手、助教授、1997年同大学大学院総合理工学研究科教授。同総合理工学研究科長、同フロンティア研究機構長、同大学理事・副学長を経て、2012年同大学学長。2019年より内閣府SIP第2期「統合型材料開発システムによるマテリアル革命」PD、2020年4月より国立研究開発法人日本医療研究開発機構理事長。文部科学省科学技術学術審議会委員、経済産業省産業構造審議会委員等多数の政府委員会要職を歴任。

研究開発テーマ

産業競争力強化のために、材料工学手法に実験及び理論計算に基づいたデータ科学を活用して、計算機上でプロセス・組織・特性・性能をつないで材料開発を加速するMIシステムを開発し、材料開発の大幅なスピードアップ・コスト低減を実現する。MIシステムが企業や大学・国研の研究開発で有効活用され材料開発が加速することを社会実装の目標とする。さらに、本課題においてMIシステムを活用して開発された製品・技術が実用化・事業化されることも目指す。



● マテリアルズインテグレーション

実施体制

本課題は次の3つの領域から構成される。

A領域: 逆問題 MI 基盤

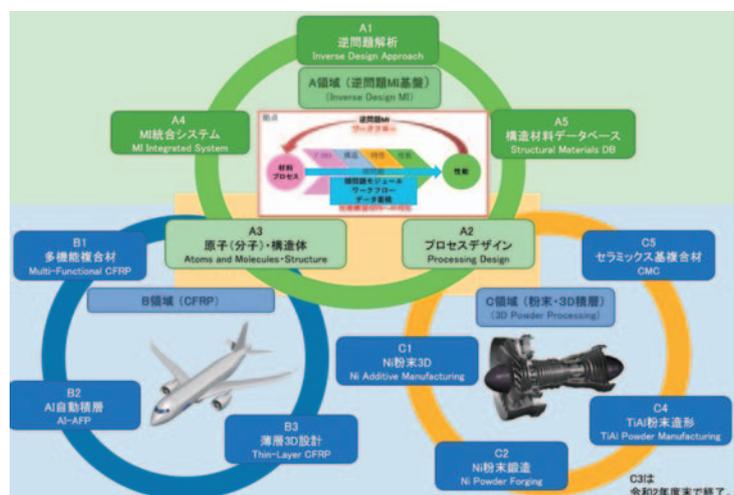
逆問題解析技術、先端製造プロセスに逆問題を適用するための新たな計算モジュール、構造材料開発の基盤となるデータベース、及びこれらの統合システムの開発を行い、逆問題 MI 基盤の確立を目指す。

B領域: CFRP

軽量構造用材料として普及が進む炭素繊維強化プラスチック(Carbon Fiber Reinforced Plastics; CFRP)の高機能化・生産性向上に関する技術を、MIシステムを活用して開発する。その成果をもとに、航空機等の輸送機器開発において世界をリードする。

C領域: 粉末・3D 積層

開発競争の激しい耐熱合金粉末3D成形プロセスと、次世代耐熱材料であるセラミックス基複合材料について、MIシステムを活用した革新的な材料・プロセスを実現し、輸送機器・エネルギー産業向け材料としての実用化を目指す。

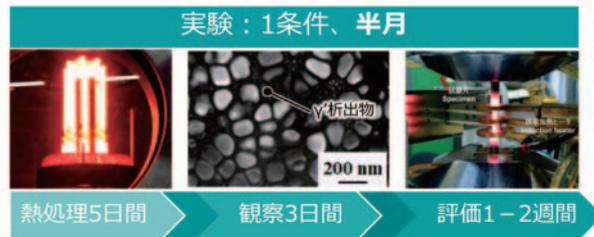


● 研究開発全体像(領域・チーム構成)

出口戦略

国立研究開発法人 物質・材料研究機構を拠点として、汎用の構造用金属材料を対象としたMInt (Materials Integration by network technology)の整備を進めている。金属系構造材料の課題について、AIや材料科学理論・経験則に基づくモジュールと呼ばれる計算ツールを接続したワークフローを作成し、プロセスから構造、特性、性能まで一貫通貫に予測する。例えば、半月かかる熱処理・観察・評価の実験を、サイバー空間では半日の計算で代替することができる。さらに、AIによる最適化手法と組み合わせることで、欲しい性能からプロセスや化学成分を最適化することも可能となる。また、2020年12月にMIntを産学官で広く活用するための運営機関MIコンソーシアムを設立、材料イノベーションの促進を目指している。

一方、CFRPのMIシステムについても、東北大学を拠点としてCoSMIC (Comprehensive System for Materials Integration of CFRP)の整備を進めている。これは原子・分子から機体構造までのマルチスケールを一貫して取り扱うことができ、航空機産業のみならず、他産業の製品開発を支援するために提供していく。また、SIPに参画していない研究開発機関にも広く使用されるように、利用促進委員会を設立した。



モジュール、ワークフローとしてデジタル化

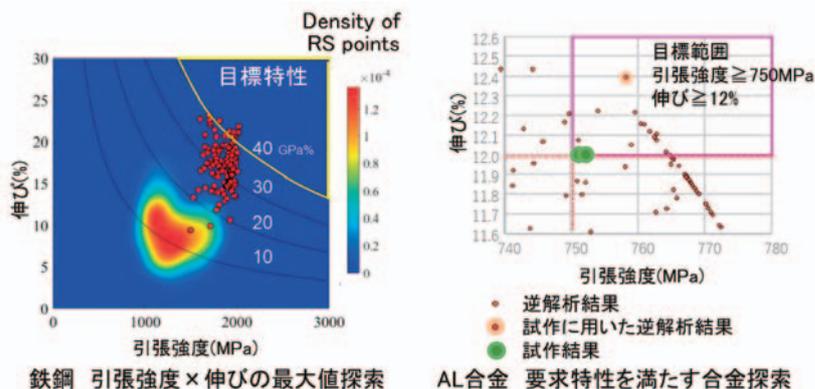


● MIntによるサイバー空間での実験

これまでの成果・期待される成果

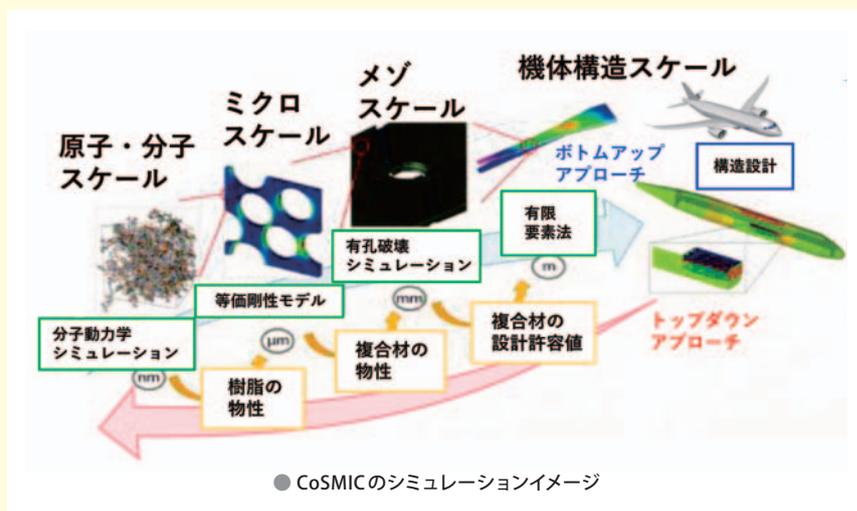
(1) 逆問題 MIシステムの適用事例を2件紹介する。

- 1) 鉄鋼材料の“引張強度×伸び”は、ハイテン材で10-30GPa%、アメリカ合衆国エネルギー省の目標が30~37.5GPa%となっている。それに対し、40GPa%を目標にベイズ最適化を用いることで、ランダムサーチ(RS)に比べ効果的な最大値探索を行った。
- 2) 7000系Al合金では従来得られていない引張強度750MPa、伸び12%を満たす高強度・高延性材料の量産プロセスを提案し、実際の試作により実証した。



● 逆問題MIシステムによる鉄鋼、アルミ合金開発事例

(2) CFRPに関しては、航空機用CFRP向けのマルチスケール・マルチフィジクスシミュレーションを実施すべく、右図に示すようなモジュール群を開発してきた。また、それらを一元的に取り扱えるような新たなシステム(CoSMIC)の構築も並行して進めてきた。さらに、東北大に設置されたスーパーコンピュータをシステムに組み込むことで、大規模な高速計算も可能となる。CoSMICの利活用による材料開発も進めており、例えば、難燃性と力学特性を両立するCFRP用樹脂の組成の探索に成功し、燃焼試験等によりその性能も確認できた。



● CoSMICのシミュレーションイメージ