



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。日本の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。日本の材料開発分野における質の高いデータを利用し、世界にさきがけて取り組んできたマテリアルズインテグレーション (MI) を発展させ、世界最先端の逆問題マテリアルズインテグレーション (希望性能から最適材料・プロセス・構造を予測) を実現し、社会実装することによって、超高性能材料の開発につなげるとともに信頼性評価技術を確立する。



プログラムディレクター

三島 良直

東京工業大学 名誉教授・前学長
国立研究開発法人
新エネルギー・産業技術総合開発機構
技術戦略研究センター センター長

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年カリフォルニア大学バークレー校大学院博士課程修了、同校アシスタントリサーチエンジニア、1981年東京工業大学精密工学研究所助手、1989年同助教授、1997年同大学院総合理工学研究科材料物理科学専攻 教授、2006年同大学院総合理工学研究科長、2010年同大学フロンティア研究機構長、2011年同大学理事・副学長 (教育・国際担当)、2012年~2018年同大学学長。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

開発する逆問題MI基盤技術を、素材製造から構造体まで作り込む一連のプロセスに適用し、実用的な構造材料の開発において期間、コスト等が低減される事を実証し、逆問題MIを社会実装していくための先行事例を創出する。

(A) 逆問題MI基盤技術開発領域

重要な材料分野への応用を念頭におきながら、MIの高度化、特に、欲しい性能から材料・プロセスを最適化する逆問題に対応した新しいMI基盤の確立に取り組む。順問題の解析技術にAI技術を組み合わせて効率的に情報探索を行うことで逆問題にアプローチする。逆問題解析技術の先行開発、様々な先端的な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の開発、原子から構造体をデザインする技術の開発、これらを統合して逆問題開発を可能とする統合システム、及び、構造材料開発の基盤となるデータベースの開発を行い、これを合わせて、逆問題MI基盤の確立を目指す。

(B) 逆問題MIの実構造材料への適用

我が国が強みを有し、国際的な要求が高まっている先端的な材料である鉄鋼材料、アルミニウム合金、耐熱合金・金属間化合物などの金属系材料に加え、炭素繊維強化プラスチック (CFRP)、セラミックス、高分子材料、さらに、これらの複合材料を想定する。また、先端的なプロセスとして、3D積層造形を中心とした金属粉末を原料とする3Dプロセス技術、複合材料の3D造形技術など、対象分野において刷新が起こりつつあるプロセス技術を想定する。逆問題MIが実用材料の開発に効果があることを実証するために、開発した材料・プロセスは、参画する材料メーカー・重工メーカー等により、発電プラント用材料や航空機用材料等として実用化へ展開していく。

実施体制

プログラムディレクター (以下「PD」という) は、研究開発計画の策定及び推進を担う。PDが議長、内閣府が事務局を務め、関係省庁や専門家で構成する推進委員会が総合調整を行う。国立研究開発法人科学技術振興機構の運営交付金を活用して公募を実施する。同法人内に選考委員会を設置し、適切な評価のうえ、推進委員会と連携しながら、研究開発計画に基づき最適な研究課題を臨機応変に選定し、大学、国立研究開発法人、民間企業等によって構成される研究チームを構成することにより、研究課題を実施する。また、研究チームには産学連携を推進するため企業・大学 (国研) 双方のコリネーター制を敷く予定。国際競争力確保 (特許戦略) のため知財委員会を設置。また海外情勢把握のため国際連携チームも設置する。同法人のマネジメントにより、各課題の進捗を管理する。

多様な先端的な構造材料・プロセスの開発にMIを導入して開発・制作期間の大幅短縮、コスト大幅削減を実現することで、我が国の素材産業の更なる国際競争力強化に貢献する。

- ・ 逆問題に対応する次世代MIシステムの実装・産業界による利用。
- ・ MIの適用例として産業用発電プラントや航空機機体・エンジン等の最先端材料・プロセスを想定し、材料/重工メーカーと連携して成果を実装。

期待される成果

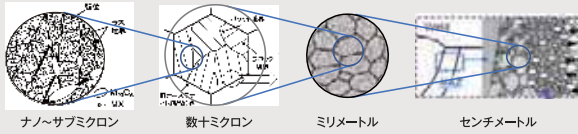
- (1) 逆問題MI基盤技術開発において、材料科学(フィジカル)と情報科学(サイバー)を本格的に融合し、高度化したMIによって、材料開発コストを50%以下、材料開発期間を50%以下に低減するとともに、材料の新しい特性を逆問題MIによって引き出し、民間企業や研究機関等に広く活用される体制を構築していくことでマテリアル革命を実現する。
- (2) 逆問題MIを活用によって、設計自由度の高い複合材料や耐熱合金の最先端プロセスの開発を行い、発電プラント等の環境・エネルギー産業や航空機産業等で実部材として活用する。特に航空機産業においては、比強度、耐熱性、信頼性が高く、軽量で設計自由度が高い材料を開発し、将来において需要が見込める中小型機や次世代航空機へ導入する。耐熱性、軽量性など複合材料の実現によって産業発電用ガスタービン等の環境・エネルギー分野などの産業に波及させる。
- (3) 3D積層造形をはじめとした新たな粉末プロセス技術において、産業用発電プラント等の複雑形状部材などへ適用することにより、さらなる用途拡大を実現する。

マテリアルズインテグレーションによる材料開発の加速

構造材料の使用期間は長い。実証実験を含む研究開発期間が長い



プロセスに依存する「階層的な不均一(組織)」が性能を支配



材料工学4要素



開発時間の大幅短縮・効率化・コスト削減

国際競争力強化に直結

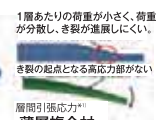
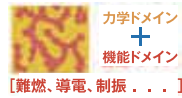
材料工学の4要素を結びつけ、これらの連関を一気に計算できるシステムの開発

Society 5.0を支えるシステムの1つ「統合型材料開発システム」に対応

MIを適用する材料・プロセスについて

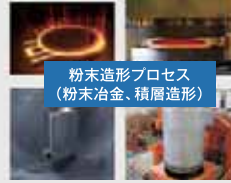
最先端材料

- 多機能(難燃・制震等)CFRP
- 薄層・高設計自由度CFRP
- 新規鉄鋼材料 等



最先端3D粉末プロセス等

- 高耐熱合金の粉末プロセス技術
-3D積層造形、粉末冶金、粉末射出成型 等



日本の強み

- 国内メーカーが各社が自ら使える汎用開発支援ツールとして、MI(マテリアルズ・インテグレーション)システムを開発
- CFRP:炭素繊維を国内メーカーが独自開発してきた強み
- Ti粉末:原料のTiスポンジは国内メーカーが世界トップシェア
- Ni基超合金:日本の国研に世界最先端の設計技術
- TiAl:日本の産学が基礎研究をリード
- CMC:原料のSiC繊維は国内メーカーのみが製造技術を保有

新たな技術・課題への対応

- MI技術で材料開発をさらに高度化
- 要求性能の変化 (難燃化・薄型化等への要求)
- プロセスの変化 (金属粉末プロセスの普及)
- 使用材料の変化による本格的実装

日本の競争力強化



「材料」と「情報」の融合が、マテリアル開発を一新する。 「逆問題MI」の手法で、国際競争力のある材料を短時間で開発。

欧米や中国などが、AIを駆使し、集中投資しているマテリアル開発。もともと、材料立国と言われた日本としても、これを黙って見過ごすわけにはいきません。マテリアルズインテグレーション(MI)を活かし、材料工学と情報工学の融合する本プログラムについて、三島 良直PDにその材料開発手法をご教示いただきました。

Q-「統合型材料開発システムによるマテリアル革命」の概要についてお聞かせください。

PD-材料工学に情報工学分野を融合すると、非常に効率の良い材料開発ができるということです。

AIを駆使することで、今まで気が付かなかったこと、今までわからなかったことが解明されるかもしれないという期待があります。そういう気付きを与えてくれるシステムを作り上げることが今回のプログラムであり、それを活用して材料を作るシステムを、「統合型材料開発システム」と呼びます。

これができるようになると、マテリアル革命につながり、国際競争力のある材料を数多く、日本から世界へ発信していくことが可能となるはずですよ。

「欲しい性能から、 必要となる材料の構造・特性を提案」

Q-さらに概要には、欲しい性能から材料・プロセスをデザインする「逆問題MI(マテリアルズインテグレーション)」を開発という言葉があります。つまり、シーズではなくニーズドリブンが「逆問題MI」ということでしょうか。

PD-そうです。要するに、こんな性質を持つ材料が欲しいときに、どういう材料を、こう処理をすると、ここに辿りつくに違いないということを、逆算して材料を作り出せば、今までよりずっと早くマテリアル開発ができます。そこが、いわゆる「逆問題」と言われています。

Q-それでは、研究内容をA領域からお伺いします。

PD-A領域というのは、先ほどお話した「逆問題MI」です。

今、実際に使われている材料がどうしてそういう特性を持っているのかという信頼のおけるデータを集めて、データベースを作っていきます。そこに、様々な情報科学的な計算手法を取り入れて「順問題」をきれいに解いておくことが一番の鍵です。そして、いよいよ「逆問題」。欲しい性能から必要となる材料の構造、特性を提案して、それを実現するプロセスも提案できるようなシステムを構築する。こういう仕組みを作るのがA領域の役目です。 * 図参照

「このMIを みんなが使えることが大切」

PD-A領域の説明で、MIシステム構築して、構造用材料の開発を、できるだけ短期間かつ、できるだけ研究開発費を使わずに、効率良くマテリアル開発をするというところまでお話ししましたが、このプログラムの出口は何かというと、NIMS(国立研究開発法人物質・材料研究機構)に、このシステムを設置して共有するという事です。大学の研究者も企業の研究者も、システムにインターネットで入って自分たちが作りたいものを開発する。このMIを社会実装するというのがとても重要なことです。

第1の社会実装は何ができれば達成されるかという、このMIをみんなが使えるということです。このシステムを日本の材料産業、重工業が使って次々に新しいものを作り出していくことが出口戦略です。

Q-社会実装するために、克服すべき点は?

PD-まずは「逆問題」に対応したプログラムをたくさん構築す



する必要があります。そして、精度も向上させなければなりませんし、更には膨大なデータが必要です。

また、これらのデータは必ずしも同じフォーマットではないため、全部整理し直す手間が必要です。本当の意味のシステム作りです。これが難しいところです。

それから、MIシステムができてきた時には、協調領域までならみんながある程度データを出し合いながらマテリアル開発を行います。それが競争領域になったときに、どういう仕組みで企業の人たちが使えるようにするか、知財の問題を解決済みのシステムにしていかなければいけないと思います。

「CFRPや、粉末3D積層に大きな期待」

Q—次にB領域のCFRP(Carbon Fiber Reinforced Plastics=炭素繊維強化プラスチック)については？

PD—このCFRPというのは、炭素繊維をプラスチックに埋めたもので航空機の機体や翼に使われます。実は日本が非常に強い領域で、ボーイングの航空機に採用されています。

航空機のCO₂削減のための軽量化、それから落雷に対する難燃性という要請もあり、更に高度なものを作っていくプロセスに、このMIを試していきたい。それがB領域です。

Q—次にC領域「粉末3D積層」をお教えてください。

PD—粉末3D積層は、簡単にいうと、金属の粉をある程度の広さに敷き詰めて、そこにレーザーか電子ビームを当てると、当たったところの粉が溶けて1枚の板になります。その上に粉をまた載せて、レーザーを正確にコントロールしながら積み重ねていくことによって、例えば円筒等も作成できます。

もっと複雑な部品を作ろうとしたときに、通常であれば、材料を溶かして、鋳型に入れて固めて、鋳型を壊すという行程がありますが、この手法では精度にかなり限りがあるので、レーザーを用い、ミクロンオーダー、あるいはサブミクロンオーダーのコントロールをしながら加工すると、すごく複雑な形態のものができあがります。これが3D積層というやり方です。

これ以外に粉末を高温、高圧でギュッと押しして作るという「粉末冶金」というやり方もあります。これも非常に有効な方法です。これらを駆使した部品作りで、世界の航空産業の中に十分

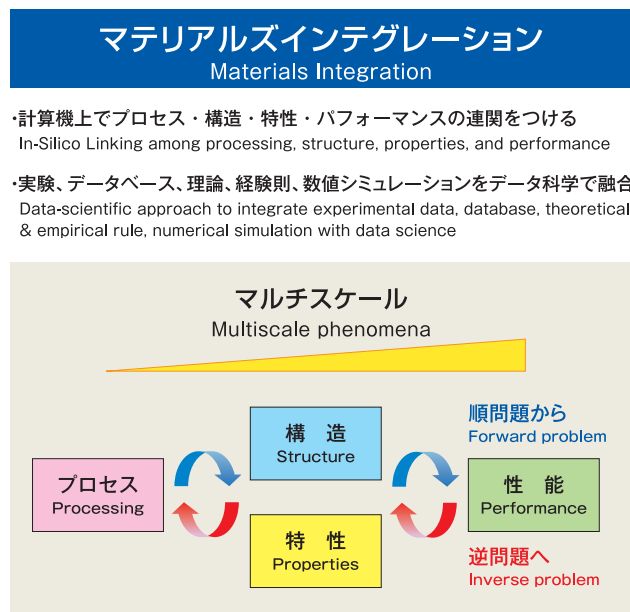
に割って入れると考えています。

「日本を再びマテリアル立国に」

Q—最後にPDがお考えになる、材料研究開発の展望をお聞かせいただけますか。

PD—この統合型の材料開発システムができると、今までに比べて短時間で良いマテリアルができ、しかもこれだけのシステムが動けば、鉄鋼材料に限らず、チタン合金やニッケル合金にも拡張していきます。それからCFRPという高分子材料も、画期的なものが出てくるかもしれません。

そうすれば、「日本は材料強いね」ということになり、構造用材料に限らず、新しい材料やハイレベルな材料が、どんどん日本から世界初で出ていくということが実現すると思います。材料立国と日本は言われていたぐらいですから、底力もあるし、基盤技術もある。それを有効に絡めて、新材料創成の新しいシステムを作り上げるというのは、世界的にもすごくインパクトのあることだろうと思います。



図：マテリアルズインテグレーション