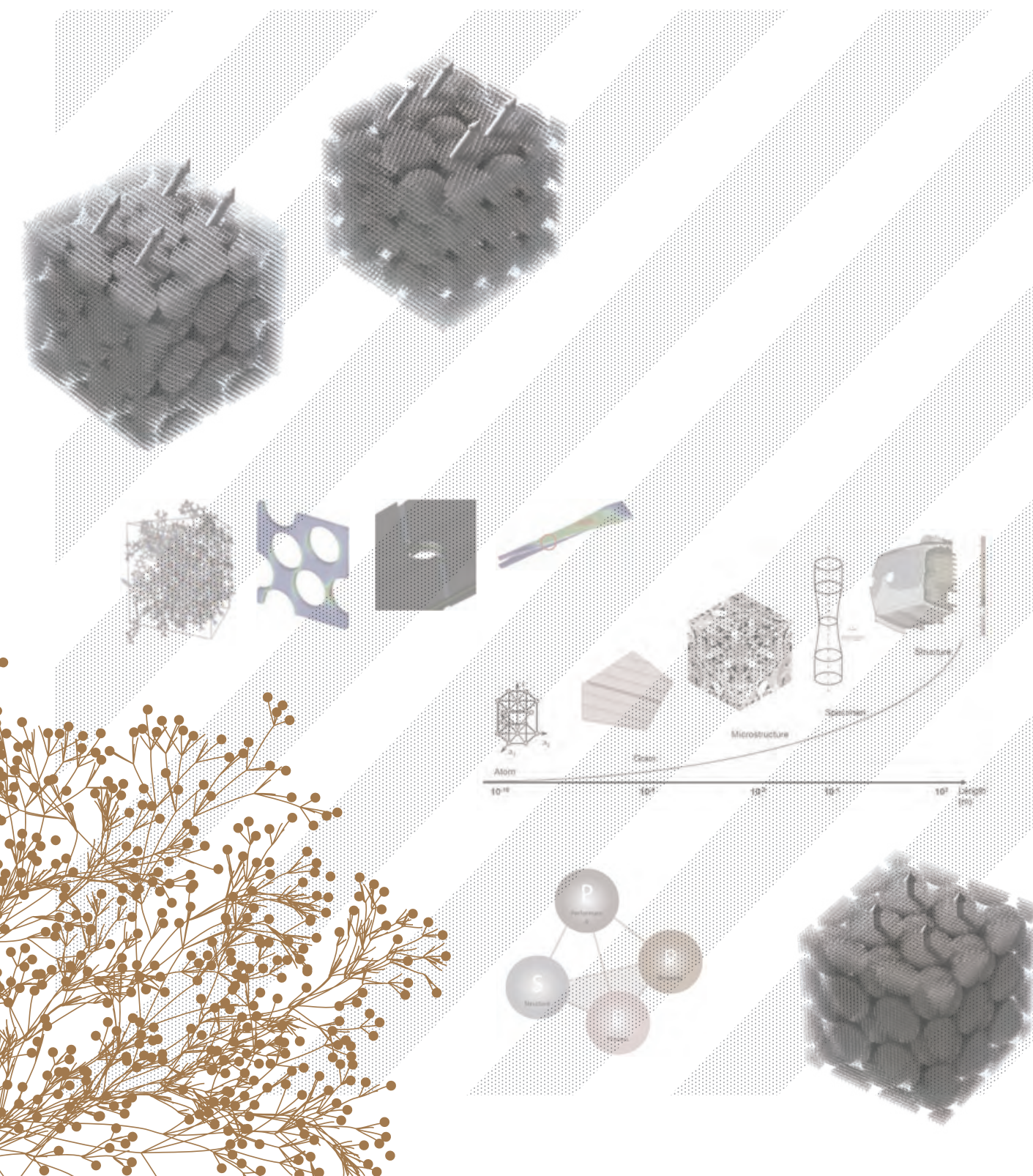


統合型材料開発システムによる マテリアル革命

 戦略的イノベーション創造プログラム
Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program

"Materials Integration" for Revolutionary Design System of Structural Materials



MATERIALS INTEGRATION

MI システムによって材料開発に革命を起こす

Revolutionary Materials Development by Materials Integration (MI) System

SIP「統合型材料開発システムによるマテリアル革命」

PD (プログラムディレクター)

三島 良直

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

Program Director

SIP"Materials Integration"for Revolutionary
Design System of Structural Materials

Yoshinao MISHIMA

President, Japan Agency for Medical
Research and Development (AMED)
Professor Emeritus and former President,
Tokyo Institute of Technology



SIP「統合型材料開発システムによるマテリアル革命」

サブ PD (サブプログラムディレクター)

毛利 哲夫

北海道大学 名誉教授

Deputy Program Director

SIP"Materials Integration"for
Revolutionary
Design System of Structural Materials

Tetsuo MOHRI

Professor Emeritus, Hokkaido University



PD 挨拶

戦略的イノベーション創造プログラム (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」は 2018 年度にスタートし、いよいよ最終年度に入りました。これまで、素材関連産業のさらなるグローバル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統合型材料開発システム、すなわちマテリアルズインテグレーション (MI) システムを世界に先駆けて開発してきました。構造用金属材料向けの MInt と炭素繊維強化プラスチック (CFRP) 向けの CoSMIC の 2 つを柱とし、さらに金属間化合物、セラミックス基複合材料という次世代材料にも対応する MI システムも構築中です。これらには逆問題解析手法も導入して、欲しい性能から材料・プロセスをデザインする機能も備えています。

私たちは、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、社会実装の目標としています。最終年度では、開発した計算モジュールやデータベースの MI システムへの実装、さらにその検証・実証にも注力して参ります。また、MI システム利用の場となるコンソーシアムの活動拡大にも努めます。MI システムを活用して開発された製品・技術が実用化・事業化されることを願い、これからも研究開発に邁進します。皆様のご指導、ご鞭撻を宜しくお願い申し上げます。

2022 年 7 月

* SIP(Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program) とは、内閣府総合科学技術・イノベーション会議 (CSTI) が司令塔機能を發揮して、府省の枠や旧来の分野を超えたマネジメントにより、科学技術イノベーション実現のために創設した国家プロジェクトです。

詳細は内閣府 SIP HP をご覧ください。

<https://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/sip/>

Greeting from the Program Director

'Materials Integration for Revolutionary Design System of Structural Materials', one of the subjects of the Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program (SIP)*, was started in FY2018 and is now in its final fiscal year. To strengthen the global competitiveness of Japan's materials and related industries, world-first materials integration (MI) system are being developed which combine materials engineering methods, experiments, theoretical computations, and data science to connect processing, structure, property, and performance on computers to accelerate R&D. 'MInt' for structural metallic materials and 'CoSMIC' for carbon fiber reinforced plastics (CFRP) are our two main MI system, and systems for intermetallic compounds and ceramic matrix composites are also being developed. These systems contain inverse design functionality, which can form the conditions of materials and manufacturing processes necessary to realize a material's desired performance.

Regarding practical results application, our goal is to have our MI system be broadly utilized by industry, academia and government to support their materials R&D. In the final fiscal year, we are installing computational modules and databases in the MI systems, verifying and validating them, and are also proactive in consortium activities. We strongly hope that the products and technologies developed using our MI system will be commercialized for real-world application. We appreciate your continued support for our endeavors.

July 2022

*SIP is a national program led by the Council for Science, Technology and Innovation (CSTI) of the Government of Japan, using interdisciplinary management to realize scientific and technological innovation.

Visit the Cabinet Office website

https://www8.cao.go.jp/cstp/panhu/sip_english/sip_en.html

マテリアルズインテグレーション (MI) システム

Materials Integration System

マテリアルズインテグレーション (MI) システムとは、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統合型材料開発システムであり、計算機上で材料の諸事象をバーチャルに再現することで、材料開発の時間短縮・コスト低減を主目的としています。

ここで扱う対象は、最先端構造材料・プロセスです。構造材料を選択した主な理由は、その使用期間は長いものでは数十年にもなり、それに対応して開発にも多大な時間・コストを要し、MI システムによる開発の効果が期待できるからです。

研究開発の体制は、逆問題 MI 基盤を構築する A 領域 (A1~A5 チーム) と CFRP 材料開発に取り組む B 領域 (B1~B3 チーム)、及び、粉末・3D 積層造形に取り組む C 領域 (C1,C2,C4,C5) の 3 領域、12 チームです (合計 43 機関)。

B, C 領域は A 領域に実験データをフィードバックしながら A 領域で構築されたシステムを実際の材料・プロセスに適用し、その有効性を検証・実証していきます。

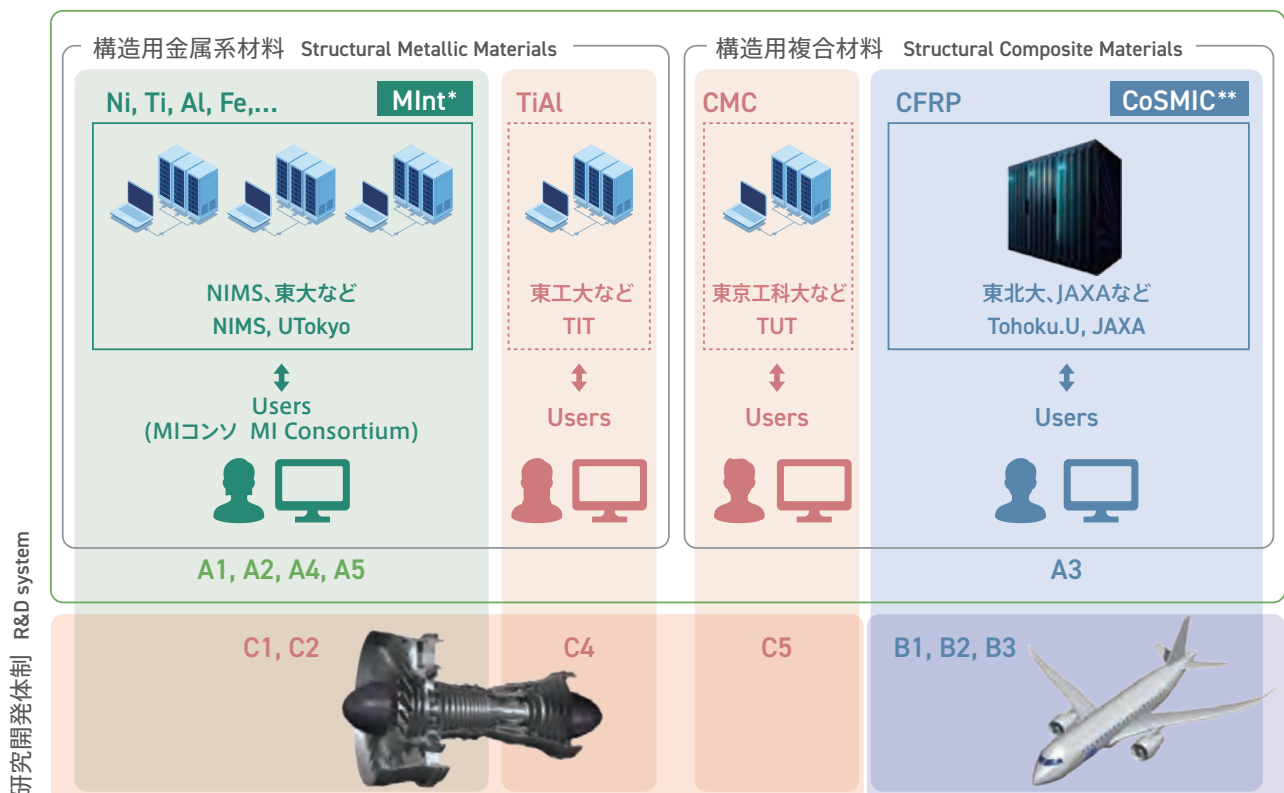
The major purpose of our MI system is to reduce costs and shorten development periods utilizing material engineering methods and data science that combine computational science, theory and experimentation, primarily by virtually reproducing materials events on a computer.

The MI system deals with cutting-edge structural materials and manufacturing processes. The main reasons for choosing structural materials are that their life time can be several decades long and accordingly their highly-precise R&D is time-consuming and expensive. We aim to get benefits in shortening development periods and reducing costs from using the MI system.

Our R&D system is composed of three domains with 12 teams (43 organizations in total). Domain A (A1 to A5) - establishment of the Inverse Design MI Basis; Domain B (B1 to B3) - applications to CFRP; Domain C (C1,C2,C4,C5) - application to 3D Powder Processing.

Domains B and C feed back physical data to Domain A and use the knowledge acquired by Domain A for actual materials and processing development, in order to verify and validate its effectiveness.

MI システム MI system



* MInt : Materials Integration by network technology

** CoSMIC : Comprehensive System for Materials Integration of CFRP

MInt (Materials Integration by network technology) の概要

Overview of MInt (Materials Integration by network technology)

構造用金属材料を対象としたサイバースystem MInt は、物質・材料研究機構 (NIMS) を拠点として開発が進められています。MInt 上でモジュールと呼ばれる計算ツールを接続してワークフローを構成することで、プロセスから構造、特性、性能まで一気通貫に予測できます。一例では、半月かかる実験を、サイバー空間では半日に短縮できます。さらに、最適化手法と組み合わせることで、欲しい性能から最適なプロセスや構造を提案することも可能となります。

Based at the National Institute for Materials Science (NIMS), we are developing 'MInt' for structural metallic materials in cyberspace. By creating a workflow that connects computational tools called modules, we can predict processing, structure, property and performance in quick succession. As an example, an experiment that normally takes half a month can be shortened to half a day in cyberspace. Furthermore, we can combine MInt with other kinds of optimization methods in order to propose the optimal processing and structure considering the desired performance.

MInt は分散計算の仕組みを備えており、各企業が持っている秘匿性の高いデータを用いた計算は企業内の安全な計算環境で実行し、得られた結果のみをやり取りすることで、秘匿性を確保しながら、ワークフロー計算を完遂できます。また、インターネットを通じた遠方からの利用、音声や動画によるマルチメディア方式のチュートリアル の提供など、使いやすいシステムを目指しています。

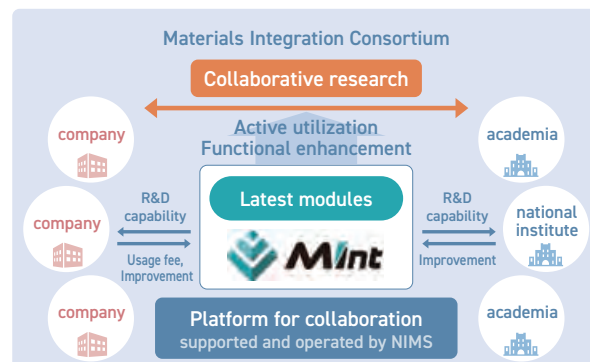
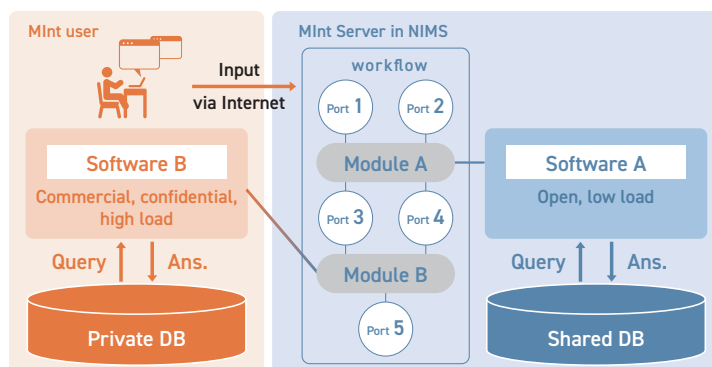
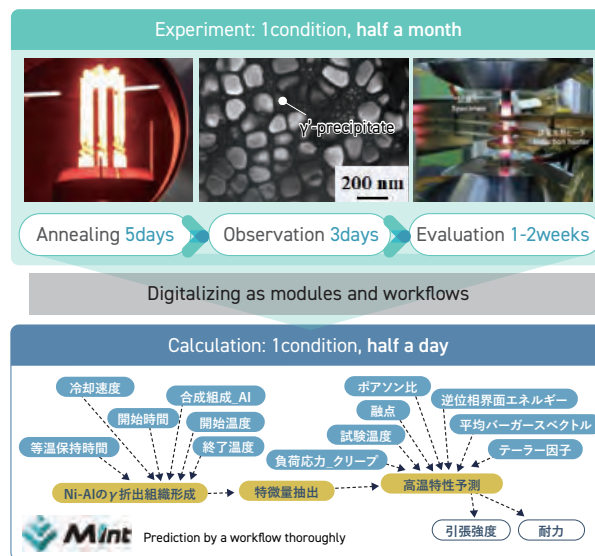
MInt has distributed computation functionality, through which a workflow can be computed in confidentiality. Each company can locally run a part of workflow in its own computing environment ensuring security when using its confidential data, and only the computed results are fed back outside to complete the computation of the workflow. We aim to make a user friendly system, available from distant locations via the Internet and supported with multimedia tutorials (MIntMedia).

— マテリアルズインテグレーションコンソーシアム (MI コンソ) の概要

Overview of Materials Integration Consortium (MI Consortium)

MInt を社会に役立てていくために、産学官連携組織「マテリアルズインテグレーションコンソーシアム (MI コンソ)」を設立しました。MI コンソの運営はNIMSが担っています。MInt を基盤として、産学官の共同研究により、材料イノベーションを促進していきます。同時に、共同研究から生まれた最新のモジュールなどを還元することで MInt を常に最新の材料研究成果が反映されたものとし、これを利用する産学官の研究開発力の向上を図っていきます。

In order to make MInt useful for society, NIMS manages the 'Materials Integration Consortium (MI Consortium)' established through industry-academia-government collaboration. The MI Consortium promotes material innovation through collaborative research based on MInt. And it is continually improving MInt by implementing modules and workflows developed through collaborative research, enhancing the R&D capacity of industry and academia members that use MInt.

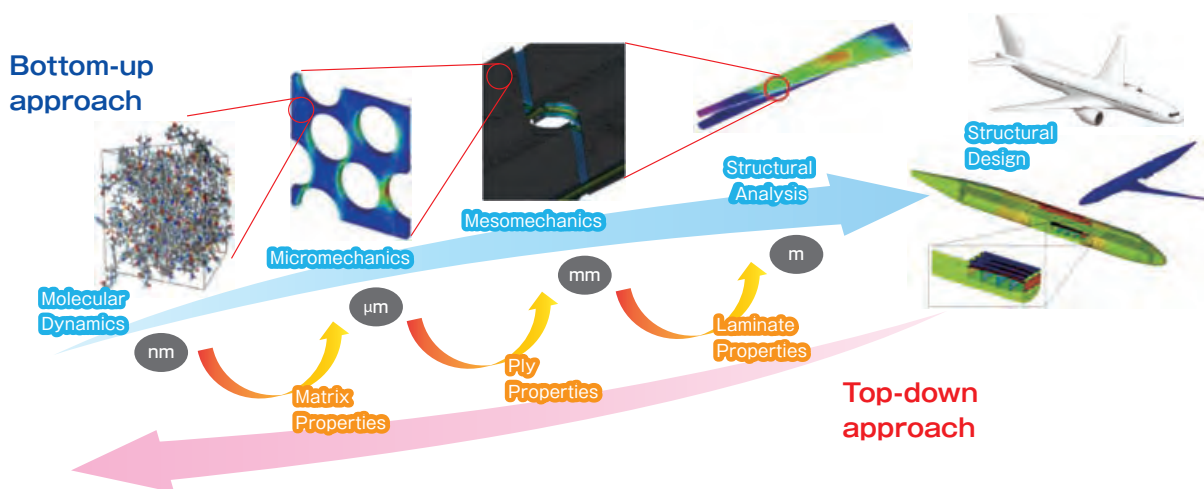


CoSMIC(Comprehensive System for Materials Integration of CFRP)の概要

Overview of CoSMIC (Comprehensive System for Materials Integration of CFRP)

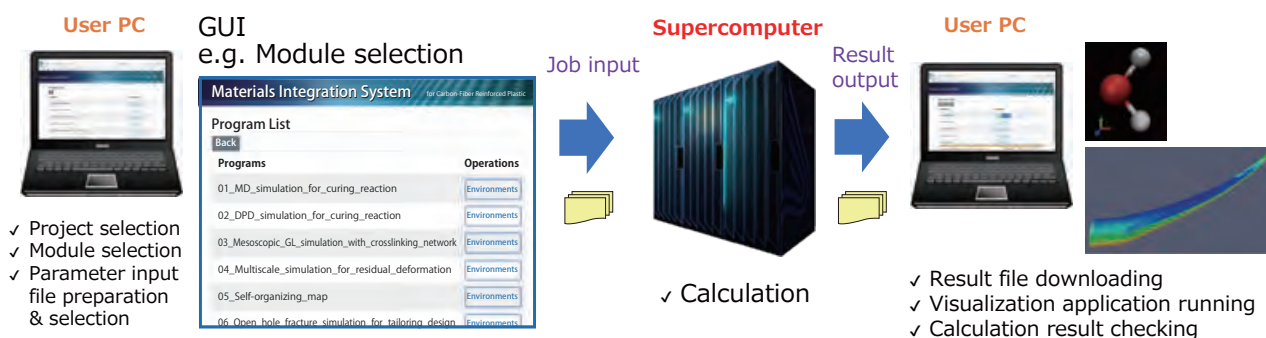
炭素繊維強化プラスチック (CFRP) を取り扱う MI システムとして、CoSMIC の開発が東北大学を中心に進められています。これまでに航空機構造用の CFRP 設計をターゲットとした 12 個のモジュールを開発してきており、原子・分子スケールから機体構造までのマルチフィジックス / マルチスケールシミュレーションが可能です。今後はユーザーニーズの高まりに応え、航空機産業以外の製品開発を支援するためのモジュール開発も進めています。

'CoSMIC' is being developed at Tohoku University as an MI system for carbon fiber reinforced plastics (CFRP). 12 modules aimed at CFRP design for aircraft structures have been developed so far, and multi-physics/multiscale simulations from atom to structure scale can be performed. In the future, in response to growing user needs, developing modules to support product development outside the aircraft industry is also planned.



ユーザーはリモートでシステムにアクセスでき、東北大学に設置されたスーパーコンピューターを利用して大規模な高速計算が可能です。システムを取り扱うユーザーインターフェースに GUI を搭載し、マニュアルと合わせてユーザーフレンドリーな使いやすさとなっています。

Users can access the system remotely and use the supercomputer at Tohoku University to perform large-scale and high-speed calculations. The system can be operated via a GUI and together with the easy-to-understand manual offers a user-friendly experience.



CoSMIC コンソーシアム

The consortium for CoSMIC

MInt と同様に、CoSMIC でも多くの企業による利用促進のため、2022 年 5 月にコンソーシアムが発足し、システムの本格活用が始まりました。発足式には SIP に参画していない企業も含めて 25 社が参加しました。

As with MInt, in order to promote the utilization of CoSMIC by many companies, the consortium was established in May 2022, and the system operation was started in earnest. 25 companies including non-participants of SIP attended the kick-off ceremony.

先端的構造材料・プロセスに 対応した逆問題MI 基盤の構築

Establishment of the Inverse Design MI Basis for Advanced Structural
Materials and Processing

A 領域のチーム構成および役割

Research teams and their roles in the domain A

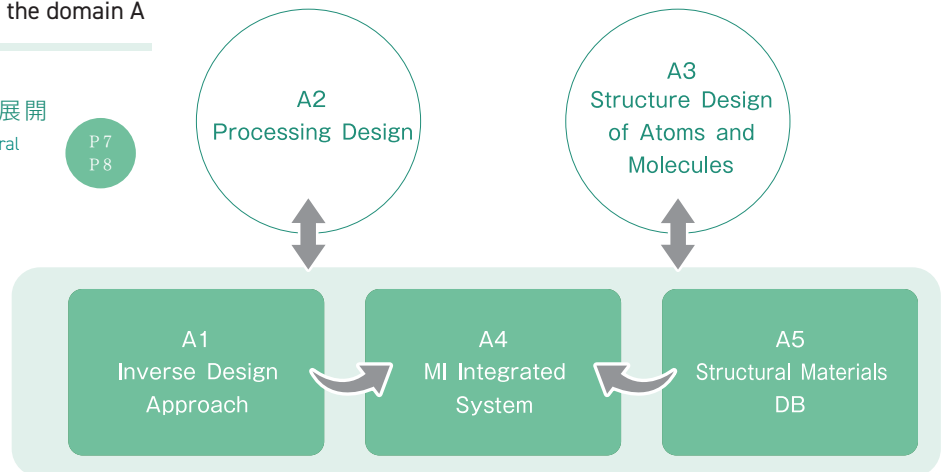
先端材料・プロセスへの展開
Application for Advanced Structural
Materials and Processing

P 7
P 8

逆問題 MI
基盤構築

P 5
P 6

Establishment of the
Inverse Design MI Basis



A1

逆問題解析

Inverse Design Approach

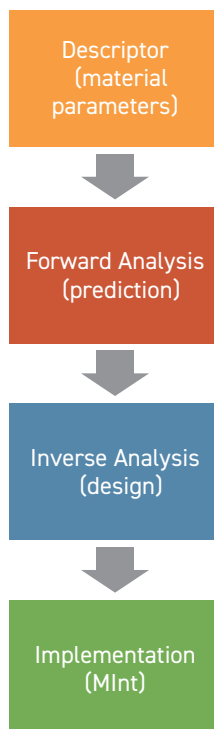
「材料開発（次世代高強度鋼、次世代高強度 Al 合金）」「プロセス最適化（高強度鋼の溶接プロセス、耐熱鋼の溶接プロセス）」「製品応用（高強度鋼板の接合強度、Al 合金の高温強度）」の各テーマについて、具体的に逆問題的アプローチの実現を目指す。

We aim to realize the inverse design approach on the following themes of "Materials Development"^(*), "Processing Optimization"^(*), and "Product Application"^(*).

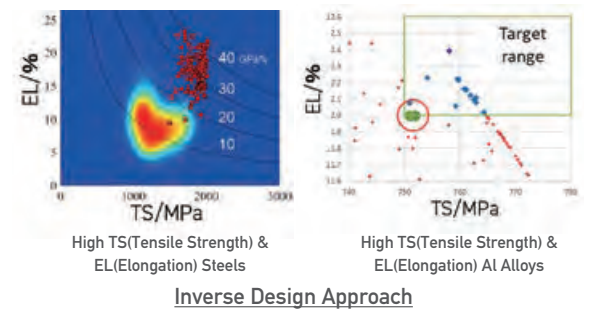
- *1 : for next generation high strength steels and Al alloys
- *2 : for joining processing of high strength steels and heat-resistant steels
- *3 : for welding strength of high strength steels and high-temperature strength of Al alloys

逆問題 MI 基盤構築

Model and Data-Driven Approach
for Inverse Analysis

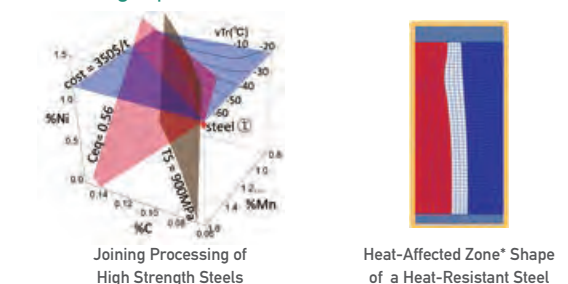


Materials Development

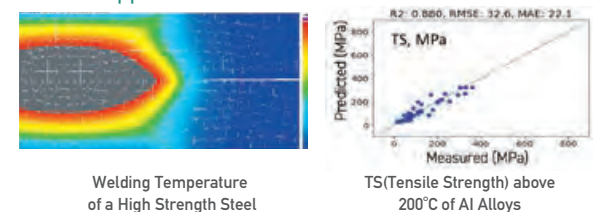


Inverse Design Approach

Processing Optimization



Product Application



*Heat Affected Zone is a non-melted area of metal as a result of welding

欲しい性能から必要となる材料の構造・特性を提案し、かつその実現可能プロセスの提示を可能とする、Society5.0の実現を目指した統合型材料開発システムを構築する。さらに、日本が強みを持ち、今後重要性を増す先端構造材料・プロセスに展開する。

The establishment of an integrated materials development system aiming to realize Society 5.0, which proposes required structure and properties of materials to fulfill desired performance and also enables presentation of its potential processing. We will also further develop advanced structural materials and processing, in which Japan has strength and the importance of which will increase in future.

A4

MI 統合システム MI Integrated System

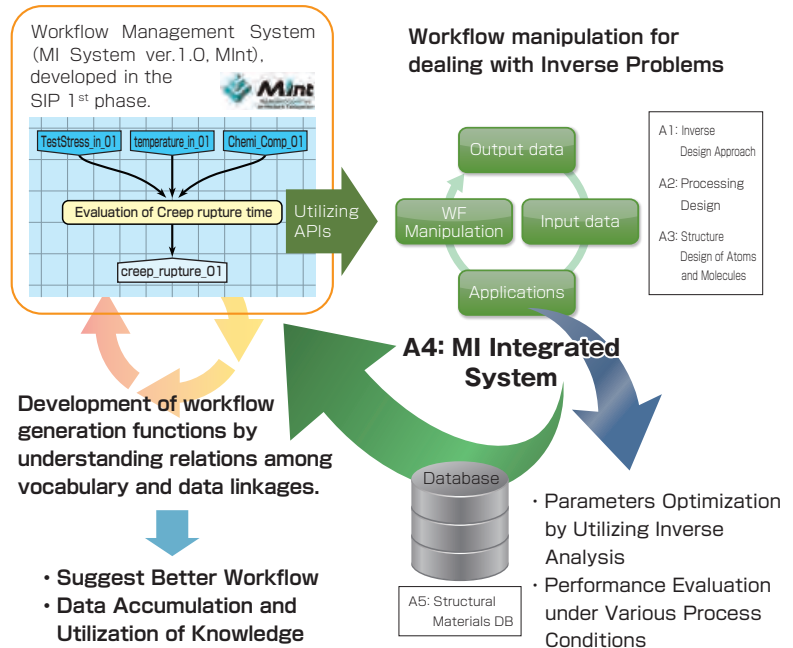
逆問題 MI 基盤構築

SIP 第 1 期で開発した MI システム ver.1.0 (MInt) を発展させる形で、難易度の高い逆問題 MI システムに対応できる統合システムを構築するため、以下の 3 テーマに取り組む。

- 逆問題手法の汎用化
- 逆問題対応システム基盤開発
- 実課題への対応

By improving the MI System ver.1.0 (MInt), a system that will be able to treat difficult inverse design will be developed. Following, three themes will be taken account.

- Generalization of Inverse Design
- Development of Infrastructure for Inverse Design
- Verification for Actual Issues



A5

構造材料データベース Structural Materials DB

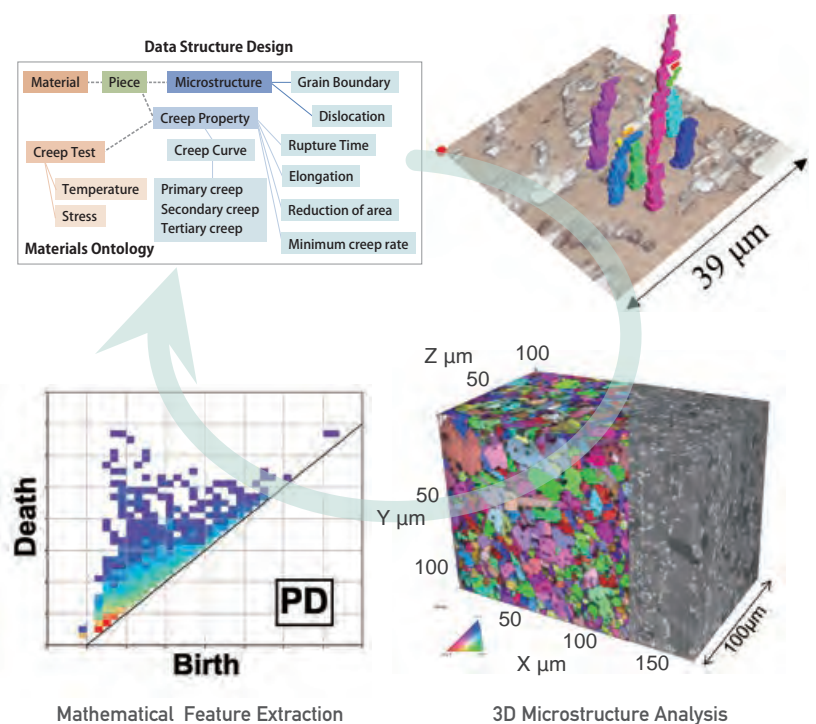
逆問題 MI 基盤構築

構造材料におけるデータ活用手法確立に向け、材料組織に着目して、挑戦的テーマに取り組む。

- データ記述方式の設計
- 3D 組織解析手法の開発
- 特徴量を抽出するための数理手法開発

In order to establish data utilization methods in structural materials, we will address challenging themes regarding materials structure.

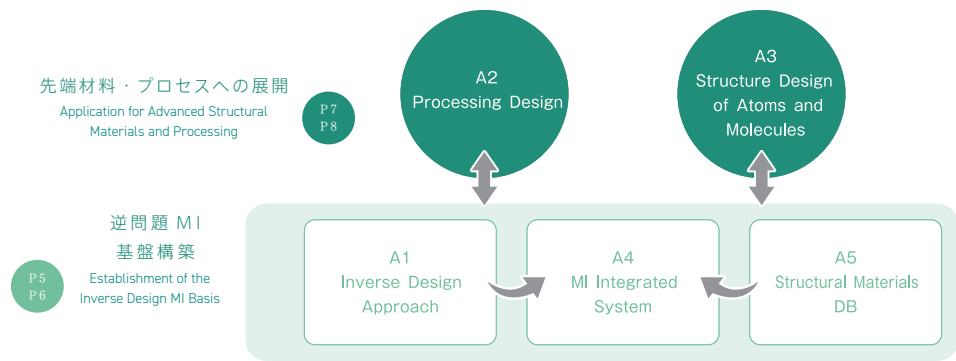
- Design of Data Structure for Structural Materials
- Development of 3D microstructure analysis
- Development of Mathematical Methods for feature extraction



A 領域のチーム構成

および役割

Research teams and their roles
in the domain A



A2

プロセスデザイン
Processing Design

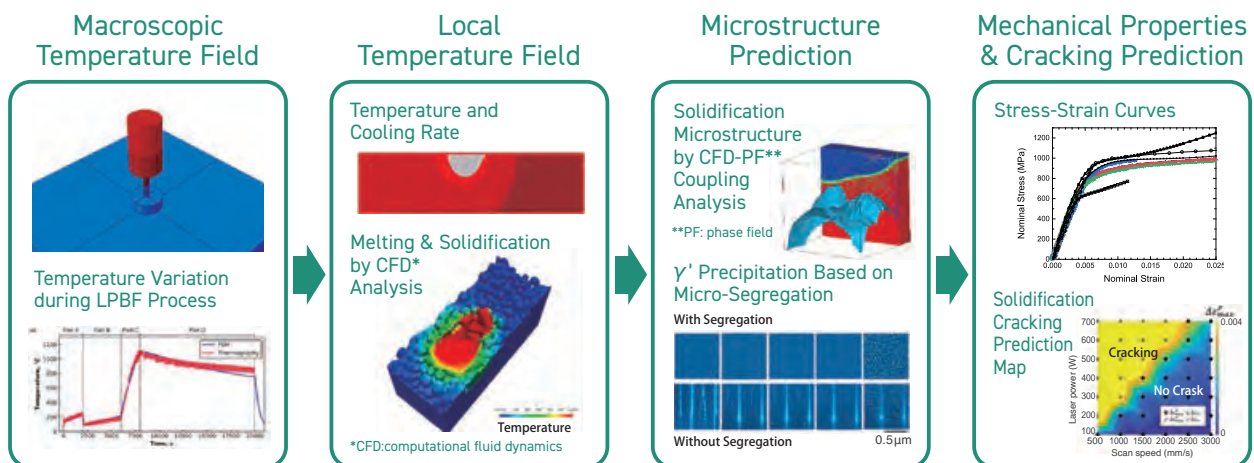
先端材料・プロセスへの展開

航空宇宙、エネルギー分野などにおいて重要なニッケル合金やチタン合金の開発を加速するための MI システム技術を開発する。対象となる材料およびそのプロセスに対し、性能予測に必要なモジュールを開発し、それらをつなぎ合わせたワークフローを構築する。逆問題解析技術を活用することで、欲しい性能から材料やプロセスの最適化を可能とする技術の確立を目指す。

- 粉末 3D 造形 耐熱合金の 3D 積層造形プロセス
- 粉末製造 耐熱合金粉末の製造プロセス
- 粉末鍛造 粉末原料による耐熱合金鍛造プロセス
- 粉末焼結 粉末原料による焼結プロセス
- 先端鍛造 インゴットを原料とする先端鍛造プロセス

We will develop MI system technologies to accelerate the development of nickel super alloys and titanium alloys, which are of crucial importance for the aerospace and energy fields. We will develop the modules and workflows necessary for predicting the performances of target materials and processing. By utilizing the inverse problem analyses, we aim to establish a method to suggest appropriate materials and optimal processing conditions for the performances desired by users.

- Powder Additive Manufacturing for Heat Resistant Alloys
- Powder Manufacturing Processing for Heat Resistant Alloys
- Powder Metal Forging for Heat Resistant Alloys
- Powder Sintering Processing for High Strength Alloys
- Ingot Metal Forging for Heat Resistant Alloys



Modules and Workflows for LPBF (Laser Powder Bed Fusion) Process

A3

原子（分子）・構造体デザイン

Structure Design of Atoms and Molecules

先端材料・プロセスへの展開

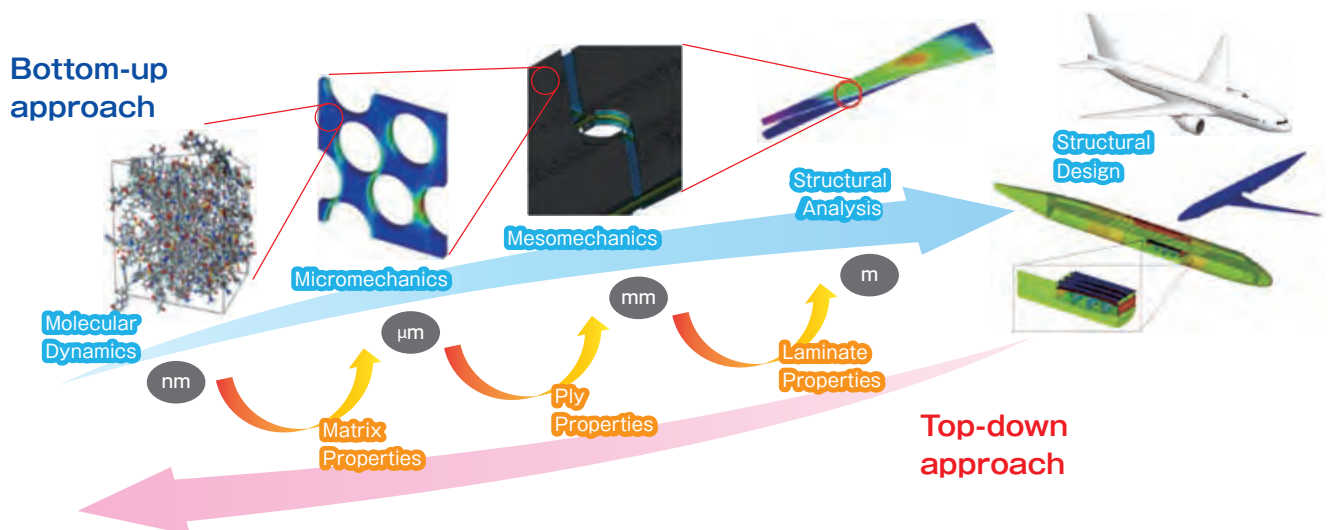
原子・分子スケールから簡易的な機体設計までを扱えるマルチフィジックス／マルチスケールシミュレーション技術を発展させ、実際の CFRP 開発現場への適用を可能とした、統合シミュレーションツールを構築し、逆問題解析につなげる。具体的には、次の4つのテーマを構成し、開発を進めていく。

- (1) 原子・分子モデリング
- (2) メゾ・マイクロスケールモデリング
- (3) マルチスケールモデリング
- (4) 逆問題解析

We will develop an integrated simulation tool which enables us to improve the thermomechanical properties of carbon fiber reinforced plastic (CFRP). This simulation tool includes the multi-physics/multiscale simulation code, which can handle the wide scale from atomistic to structure level. Moreover, the algorithm of inverse analysis will be implemented in the simulation tool.

To do this, following four themes will be addressed.

- (1) Atomistic Modeling
- (2) Mesoscopic Modeling
- (3) Multiscale Modeling
- (4) Inverse Design Approach



逆問題MIの実構造材料への適用 (CFRP)

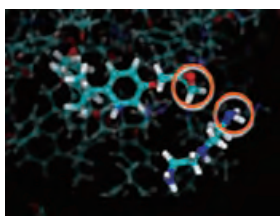
Applications of the Inverse Design MI to Actual Structural Materials
(CFRP)

A 領域 (A3) との連携 Cooperation with Domain A(A3)

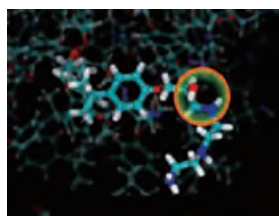
A 領域で逆問題 MI システムを開発しながら、B 領域で先端構造材料・プロセスに対して適用することで、逆問題 MI システムの有効性を産業界に周知し、社会実装につなげる。

We will develop inverse design MI system in domain A, and by applying it to advanced structural materials and processes in domain B the effectiveness of inverse design MI system is made known to the industry and leads to social implementation.

Before reaction

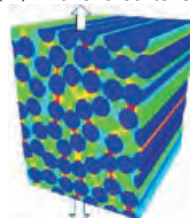


After reaction

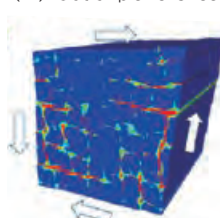


Function prediction of composite by analysis of epoxy polymer reaction

(I) Transverse tension



(II) Out-of-plane shear



Damage behaviors under each loading conditions.

Microscale strength analysis

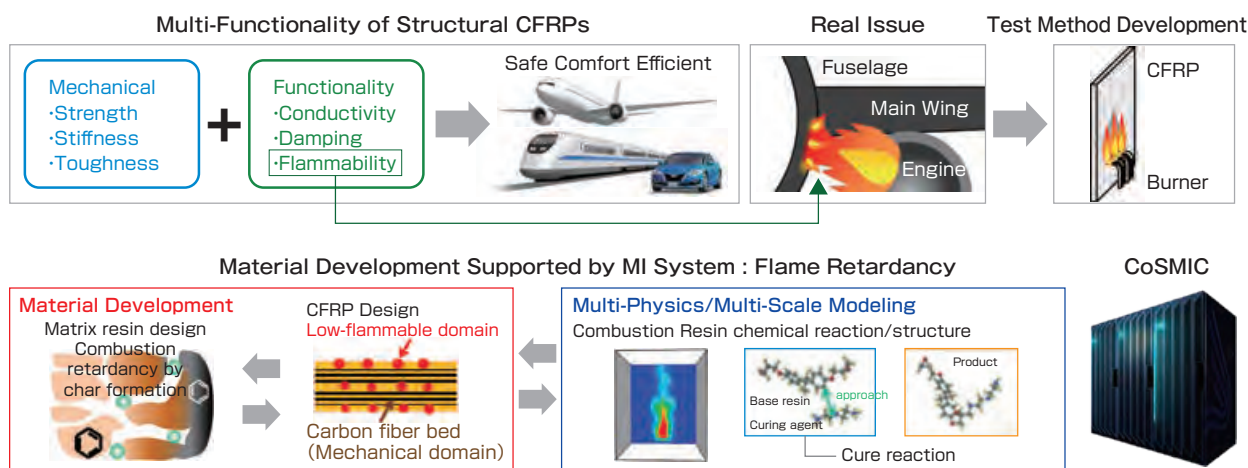
B 1

多機能複合材料の開発による高付加価値化

Add value with Multi-Functional CFRP

力学特性向上に加えて、難燃性、高熱伝導性、制振性など、次世代の航空機や自動車などで要求される機能性を付与するため、プリプレグへの機能性材料やポリマーの配合により、1つ以上の機能性ドメインを有するCFRPを設計する。このため、CFRP構造やプリプレグ、樹脂組成設計について基礎的な力学および機能特性データを取得し、力学・機能特性データベースを構築する。また、そのような材料を短期間で設計するため、MIシステムによる設計手法を確立する。さらに、大規模なMIシステム(CoSMIC)を導入し、そのユーザー利用環境を整備する。

We will develop CFRP with more than one functional domain by blending functional particles or polymers into prepregs in order to obtain required functionality for new-generation aircrafts and vehicles, such as mechanical properties as well as flammability, thermal conductivity and damping properties. To fulfil this, we will obtain data set of basic mechanical properties and functionality of CFRP structure, prepreg and matrix formulation, and then will establish databases for mechanical / functional properties, a methodology of material developments in the short term by MI system and Large Scale MI system(CoSMIC). The user Interface for MI system will be constructed.



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複合材料の特性・生産性向上に関する技術を、統合型材料開発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。

The development of technologies related to the improvement of property and productivity of CFRP, which are becoming widely used as materials for lightweight structure, by integrated materials development system. This will enable us to lead the world in the development of transport equipment such as aircraft.

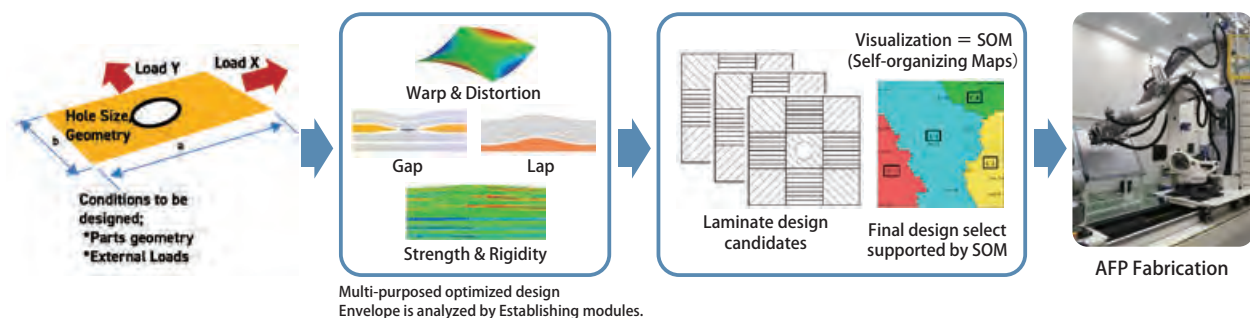
B2

AI 援用積層最適化による CFRP 設計・製造自動化技術の開発

AI-assisted CFRP Design / Manufacturing Automation

最新鋭航空機の製造において、CFRP の高速・高自由度積層を目指した自動積層装置導入が進みつつある。そのため、設備投資余力の大きい国が国際競争力を持つ状況となっている。自動積層を前提に CFRP に関する日本の強さを生かし、材料、製造法にかかわる欠点をマテリアルズインテグレーションにより克服し、製品の設計、構造様式、さらに製品そのものを変革することで日本の航空産業競争力を強化する。

The automated CFRP layered machines have been widely deployed in the latest aircraft production, and thus the international competitiveness is heavily dependent on each country's capital investment capability. We will improve Japanese aerospace industries competitiveness by innovative design, arrangement and products which fully utilize domestic materials industries' competitiveness and advanced technologies, such as MI system for challenged CFRP auto-layered products.



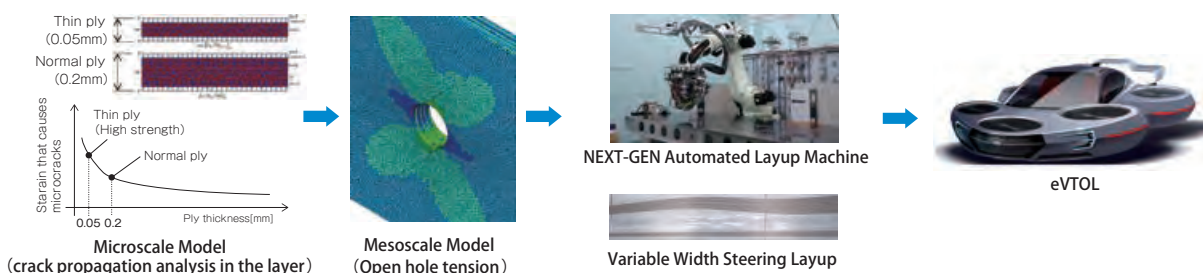
B3

薄層材自動積層による CFRP の 3D 高自由度設計技術の開発

Improvement of CFRP design freedom in 3D with thin ply

炭素繊維を薄く開織した薄層材を用いて、従来は一定だった幅・層厚さを可変させることにより、3次元の一体複雑形状を持つ製品に対して、繊維の途切れや隙間のない自動積層を可能とする高自由度 CFRP の最適設計技術を開発する。マルチスケールシミュレーションを活用して、モデルベースで最適設計し CFRP の真の能力を発揮させる。これにより既存の製品のさらなる軽量／低コスト化と製造技術の向上を通じて航空産業のみならず自動車なども含めた日本全体の産業競争力の強化につながる。

We will develop an optimum design technology for high degree of freedom thin-ply CFRP which is manufactured by spreading carbon fiber bundle widely and enable it to stack up on 3D complex shapes eliminating gaps or overlapping between CFRP tapes. This is achieved by introducing a mechanism which has can control width or thickness of towing CFRP tape during a lay-up. Applying multi scale modeling techniques, we will induce true performance of CFRP by model based design optimization. This will lead to further reduction in weight and cost and improvement in manufacturing technology. As a result, this technology will improve industrial competitiveness in Japan, including not only aviation but automobiles and other industrie.



逆問題 MI の実構造物材料への適用 (粉末・3D積層)

Applications of the Inverse Design MI to Actual Structural Materials
(3D Powder Processing)

C1

Ni 基合金の 3D 積層造形プロセスの開発

Development of Additive Manufacturing Process for Ni-based Alloys

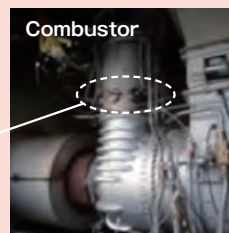
Ni 基合金の 3D 積層造形プロセスは、部品形状・材料物性に革新をもたらす先端プロセスであり、水素焚きガスタービン向け燃焼バーナーなどへの適用が期待されている。しかしながら、本プロセスが要求する複雑多岐に渡るパラメータの最適化が非常に難しいのが現状である。本研究では、3D 積層造形プロセス MI システムにより見いだされる新規 Ni 基合金をフィジカル空間にて製造実証することを通じ、燃焼バーナーの高耐久化を目指す。

Additive Manufacturing (AM) process for Ni-based alloys is an advanced process that can lead to innovations in parts shape and materials properties, and it is expected to be applied to combustion burners for hydrogen gas turbines. However, the AM process requires a complex and wide-range parameter optimization. In this research, we are aiming to improve durability of the combustion burners through demonstrating the actual fabrication of new Ni-based alloys being found by MI system for the AM process.

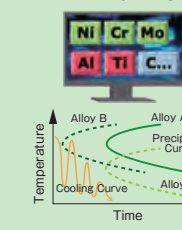
Highly Durable "Burner" for Hydrogen Combustion



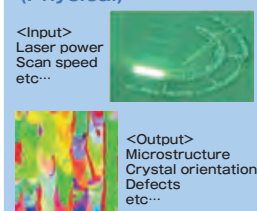
Combustor



Ni-Alloys Composition Candidate (MI system)



AM Process Parameter (Physical)



C2

高性能化のための Ni 粉末鍛造プロセスの開発

Development of Ni-based Powder Metallurgy Processing for High Performance Aircraft Engine Disk

民間用航空機エンジンのディスク材には、溶解プロセスによる高強度 Ni 基鍛造材が用いられてきたが、燃焼温度向上に対応し使用環境が厳しい高圧タービンディスクには粉末を原料とした Ni 基ディスク材が適用されており、今後も適用拡大が進む見込みである。本開発は、優れた国産技術を活用し従来の欧米プロセスと同等以上の機械的性質が得られる低コストな新規プロセスを開発するとともに国産化を可能とする。

High-strength Ni-based forged materials by melting process have been used for disk materials for commercial aircraft engines, but Ni-based disk materials made from powder as a raw material are now being applied to high-pressure turbine disks which are in a severe environment, in order to manage an increase in combustion temperature, and this application is expected to expand in the future. We will develop a new process that will be low-cost and enable us to obtain higher mechanical behaviors than conventional western processes, utilizing superior domestic technology.

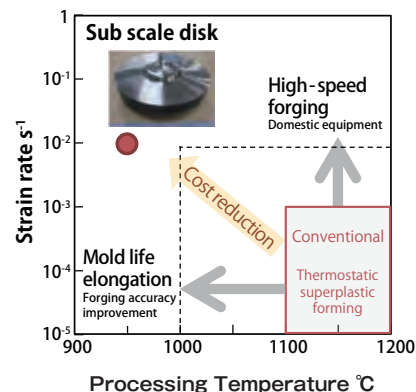
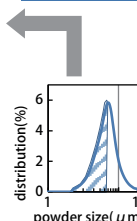


60kg Gas Atomizer



Sub scale disk

MI data



開発競争の激しい耐熱合金粉末プロセスと、次世代輸送・エネルギー機器用超高温耐熱材料であるセラミックス基複合材料について、統合型材料開発システムを活用した革新的な材料・プロセスを実現し、我が国の産業競争力強化を図る。

The realization of innovative materials and processes utilizing integrated materials development for 3D powder process of heat-resistant alloys with intense development competition and CMCs which are super high temperature heat-resistant materials for next-generation transportation and energy equipment, and this development will strengthen industrial competitiveness in Japan.

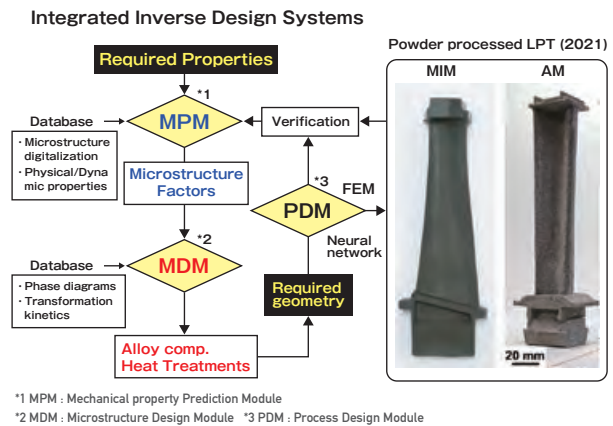
C4

高性能 TiAl 基合金動翼の粉末造形プロセス開発と基盤技術構築

Development of Powder Manufacturing Process and Basic Technologies for High Performance TiAl based Alloy Turbine Blades

TiAl 基合金は今後新たに開発される多くのジェットエンジンに搭載される。本研究ではその需要に応えるため、1つの TiAl 合金から2種類の粉末プロセス (MIM: Metal Injection Molding, AM: Additive Manufacturing) により既存の合金を凌駕する低压タービン (LPT: Low Pressure Turbine) 動翼を短期間で開発・製造することを目標に、要求特性を満たす合金設計とニアネット形状付与を可能にする世界に類のない LPT 開発に資する逆問題 MI を産学連携にて構築している。これまでに優れた合金設計と動翼試作を実績し、その成果は我国の産業競争力強化に役立つ。

In order to develop superior LPT(Low Pressure Turbine) blades made by powder processes of Metal Injection Molding (MIM) and Additive Manufacturing (AM), a sophisticated Materials Integration (MI) system for inverse problems is being built in cooperation with university/industry collaborations. The MI system, consisting of three modules of property prediction (MPM), microstructure design (MDM) and process design (PDM) based on experiments and theoretical calculations, successfully allows us to design a novel alloy to meet the required mechanical properties and geometries for both MIM and AM processes. The outcomes of this project will help enhance industrial strength in Japan.



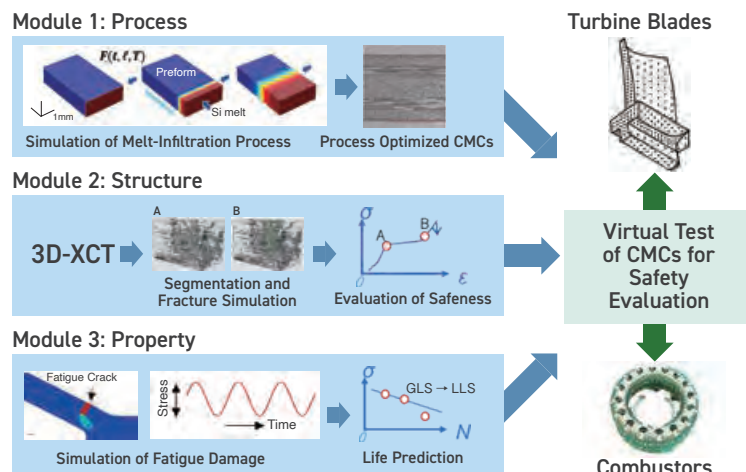
C5

セラミックス基複合材料の航空機エンジン部材化技術の開発

Realistic Simulation of Ceramic Matrix Composites Targeted for High Temperature Components in Jet Engines

セラミックス基複合材料 (CMC: Ceramic Matrix Composite) は軽量・耐熱材料として、航空機エンジンでの利用が期待されるが、部材使用にはその特徴を的確に捉えた、信頼性確保が急務である。本研究では、信頼性確保の重要課題をプロセス・組織・特性に分類し、理論・シミュレーション・実試験の融合での解決を目指す。得られた知見を統合し、重要な性能に関して CMC の実使用環境での振る舞いを模擬する「バーチャルテスト」を構築し、CMC 部材開発の信頼性確保を実現する。

A reliability assurance scheme accounting for specificity of Ceramic Matrix Composites (CMCs) is imperative for the deployment of CMCs in high temperature components in jet engines in the near future. We will categorize major issues in reliability assurance into processes, structures and properties, and will overcome these issues by strategic combination of theories, numerical simulations and tests. A virtual test environment will be built to assess the reliability of CMCs hot components of jet engines.



研究開発体制

Organization of R&D

「統合型材料開発システムによるマテリアル革命」

PD : 三島 良直 サブ PD : 毛利 哲夫

A 領域 (逆問題 MI 基盤)

領域長 : 出村 雅彦 (NIMS)
榎 学 (東京大学)

Domain A (Inverse Design MI)

Co-Directors of Research Domain:
Masahiko Demura (NIMS)
Manabu Enoki (UTokyo)

B 領域 (CFRP)

領域長 : 岡部 朋永 (東北大学)
中村 俊哉 (JAXA)

A1

逆問題解析
Inverse Design
Approach

Co-Leaders

榎 学 (東京大学)
風間 彰 (JFE スチール)

Enoki (UTokyo)
Kazama (JFE Steel)

参画機関

(10 機関)
東京大学
JFE スチール
神戸製鋼所
IHI
UACJ
日産自動車
昭和電工
国立情報学研究所
帝京大学
NIMS

(10 organizations)

UTokyo
JFE Steel
Kobe Steel
IHI
UACJ
NISSAN
Showa Denko
NII
Teikyo U.
NIMS

A2

プロセスデザイン
Processing
Design

Co-Leaders

渡邊 誠 (NIMS)
岩崎 勇人 (KHI)

Watanabe (NIMS)
Iwasaki (KHI)

参画機関

(11 機関)
NIMS
川崎重工業
大阪大学
東北大学
兵庫県立大学
名古屋大学
九州大学
神戸製鋼所
東京大学
岐阜大学
大阪チタニウムテクノロジー

(11 organizations)

NIMS
KHI
Osaka U.
Tohoku U.
U. Hyogo
Nagoya U.
Kyushu U.
Kobe Steel
UTokyo
Gifu U.
Osaka Titanium Tech.

A3

原子(分子)・構造体
Atoms and
Molecules・Structure

Co-Leaders

岡部 朋永 (東北大学)
伊藤 明彦 (東レ)

Okabe (Tohoku U.)
Ito (TORAY)

参画機関

(10 機関)
東北大学
東レ
SUBARU
東京大学
JAXA
慶応義塾大学
名古屋大学
NIMS
東京理科大学
上智大学

(10 organizations)

Tohoku U.
TORAY
SUBARU
UTokyo
JAXA
Keio U.
Nagoya U.
NIMS
Tokyo U. of Science
Sophia U.

A4

MI 統合システム
MI Integrated
System

Co-Leaders

源 聡 (NIMS)
井上 純哉 (東京大学)

Minamoto (NIMS)
Inoue (UTokyo)

参画機関

(2 機関)
NIMS
東京大学

(2 organizations)

NIMS
UTokyo

A5

構造材料データベース
Structural
Materials DB

Co-Leaders

出村 雅彦 (NIMS)
芦野 俊宏 (東洋大学)
岡崎 喜臣 (神戸製鋼所)

Demura (NIMS)
Ashino (Toyo U.)
Okazaki (Kobe Steel)

参画機関

(9 機関)
NIMS
東洋大学
神戸製鋼所
理化学研究所
関西大学
東北大学
JFE スチール
IHI
UACJ

(9 organizations)

NIMS
Toyo U.
Kobe Steel
RIKEN
Kansai U.
Tohoku U.
JFE Steel
IHI
UACJ

B1

多機能複合材
Multi-Functional
CFRP

Co-Leaders

吉岡 健一 (東レ)
岡部 朋永 (東北大学)

Yoshioka (TORAY)
Okabe (Tohoku U.)

参画機関

(7 機関)
東レ
東北大学
兵庫県立大学
京都大学
金沢工業大学
NIMS
日本電気

(7 organizations)

TORAY
Tohoku U.
U. Hyogo
Kyoto U.
KIT
NIMS
NEC

43 機関 (産 : 15、学 : 24*、官 (公的機関) : 4) (* 東海国立大学機構の大学は個別カウント) 43 organizations in Total (15 companies, 24 universities, 4 public institutions)

"Materials Intergration" for Revolutionary
Design System of Structural Materials

Program Director
Yoshinao Mishima
Deputy Program Director
Tetsuo Mohri

Domain B (CFRP)

Co-Directors of Research Domain:
Tomonaga Okabe (Tohoku U.)
Toshiya Nakamura (JAXA)

B2

AI 自動積層
AI-AFP

Co-Leaders

阿部 俊夫(三菱重工業)
中村 俊哉(JAXA)

Abe (MHI)
Nakamura (JAXA)

参画機関

(10 機関)

三菱重工業
JAXA

高エネルギー加速器研究機構
神戸大学
名古屋大学
九州大学
東京大学
北海道大学
大阪公立大学
信州大学

(10 organizations)

MHI
JAXA
KEK
Kobe U.
Nagoya U.
Kyushu U.
UTokyo
Hokkaido U.
Osaka Metropolitan U.
Shinshu U.

B3

薄層複合材
Thin-Layer
CFRP

Co-Leaders

内山 重和 (SUBARU)
中村 俊哉 (JAXA)

Uchiyama (SUBARU)
Nakamura (JAXA)

参画機関

(6 機関)

SUBARU
JAXA

福井県工業技術センター
東京農工大学
東京大学
東京理科大学

(6 organizations)

SUBARU
JAXA
Industrial Tech.
Center of Fukui Pref.
Tokyo U. of A&T
UTokyo
Tokyo U. of Science

C 領域 (粉末・3D 積層)

領域長: 渡邊 誠 (NIMS)
中野 貴由 (大阪大学)

Domain C (3D Powder Processing)

Co-Directors of Research Domain:
Makoto Watanabe (NIMS)
Takayoshi Nakano (Osaka U.)

C1

Ni 積層造形
Ni Additive
Manufacturing

Co-Leaders

岩崎 勇人 (KHI)
中野 貴由 (大阪大学)

Iwasaki (KHI)
Nakano (Osaka U.)

参画機関

(3 機関)

川崎重工業
大阪大学
NIMS

(3 organizations)

KHI
Osaka U.
NIMS

C2

Ni 粉末鍛造
Ni Powder Forging

Co-Leaders

今野 晋也(三菱重工業)
長田 俊郎 (NIMS)

Imano
(Mitsubishi Power)
Osada (NIMS)

参画機関

(9 機関)

三菱重工業
NIMS
本田技術研究所
三菱重工航空エンジン
北海道大学
東北大学
JAXA
IHI
川崎重工業

(9 organizations)

MHI
NIMS
HONDA
MHIAEL
Hokkaido U.
Tohoku U.
JAXA
IHI
KHI

C4

TiAl 粉末造形
TiAl Powder
Manufacturing

Co-Leaders

竹山 雅夫 (東京工業大学)
福島 明 (MHIAEL)

Takeyama (TIT)
Fukushima (MHIAEL)

参画機関

(5 機関)

東京工業大学
三菱重工航空エンジン
神戸製鋼所
大阪冶金興業
大阪大学

(5 organizations)

TIT
MHIAEL
Kobe Steel
Osaka Yakin Kogyo
Osaka U.

C5

セラミックス基複合材
CMC

Co-Leaders

香川 豊 (東京工科大)
七丈 直弘 (東京工科大)
関川 貴洋
(MHIAEL{MHI})

Kagawa (TUT)
Shichijo (TUT)
Sekigawa
(MHIAEL{MHI})

参画機関

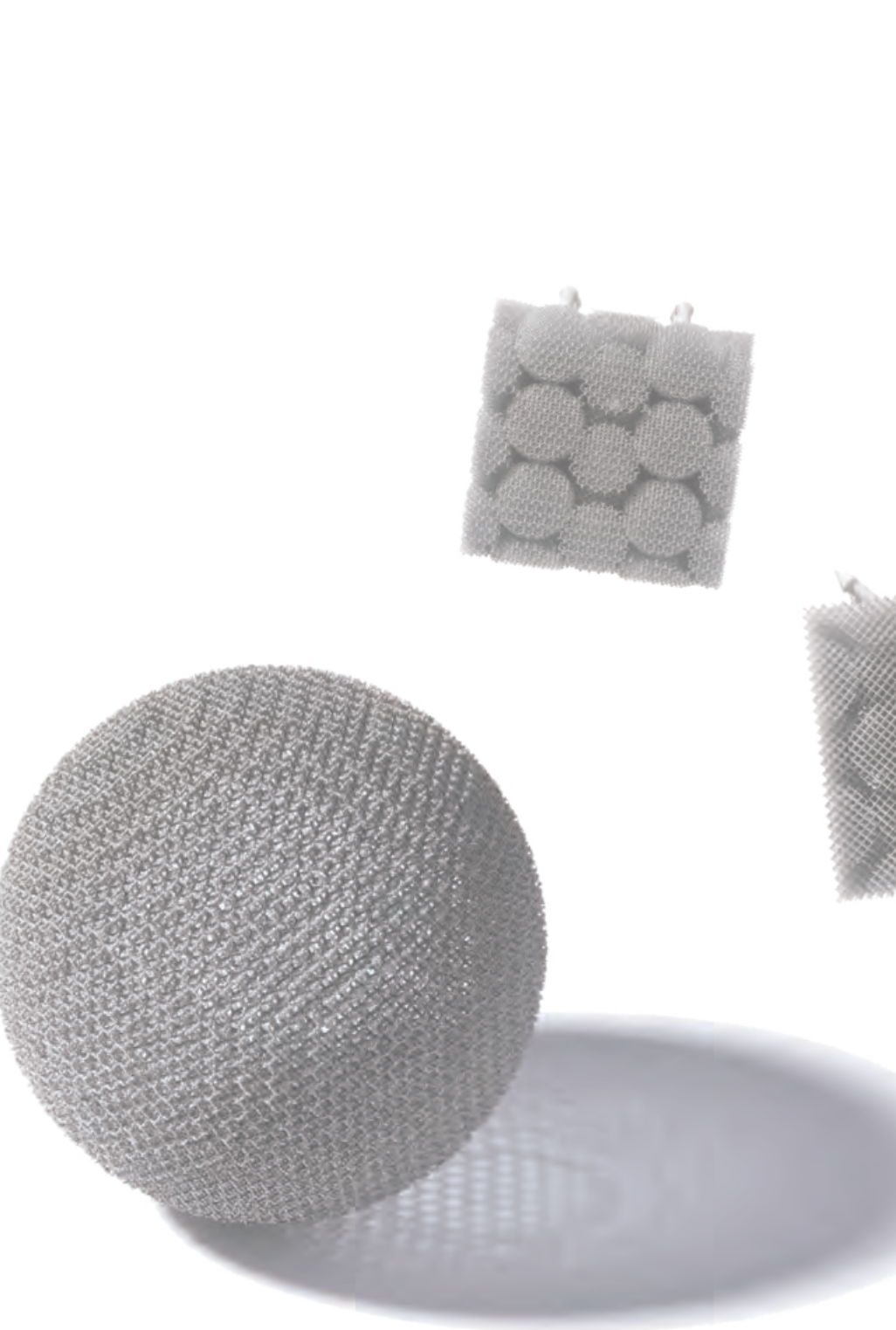
(6 機関)

東京工科大学
三菱重工航空エンジン
IHI
川崎重工業
東京大学
JAXA

(6 organizations)

TUT
MHIAEL
IHI
KHI
UTokyo
JAXA

C3 は 2020 年度末で終了



イノベーション拠点推進部 SIP グループ

〒 102-0076 東京都千代田区五番町 7 K's 五番町
7, Gobancho, Chiyoda-ku, Tokyo 102-0076, JAPAN

<https://www.jst.go.jp/sip/p05/index.html>



SIP とは、内閣府主導の下、府省の枠や旧来の分野を超えた横断的な取組みであり、産官学連携により基礎研究から実用化・事業化まで見据えた一貫通貫で研究開発を推進しています。

Under the leadership of the Cabinet Office, the Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program (SIP) promotes interdisciplinary research and development covering from fundamental study to industrial application with industry-academia-government cooperation.

2022.7