

5. 統合型材料開発システムによるマテリアル革命

目指す姿

概要

日本が強みを有し、質の高いデータをもつ材料分野において、AIを駆使した材料開発に欧米中国等が集中投資しており、我が国として対応が急務。産学官で取り組んできた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で材料開発手法を刷新。世界に先駆けて、欲しい性能から材料・プロセスをデザインする「逆問題MI」を開発。逆問題MIを先端材料・プロセスに展開して、社会実装を加速する。

目標

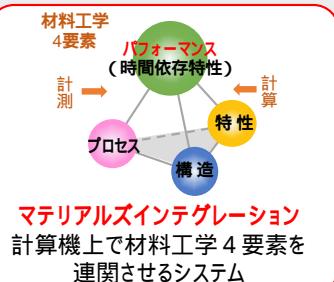
材料開発コストを50%以下、材料開発期間を50%以下に低減するとともに、材料の新しい機能を引き出す逆問題MIを開発し、その有効性を実証するとともに、民間企業や研究機関等に広く活用される体制を構築する。

逆問題MIを活用しつつ、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、健康・医療産業等で実部材として活用される目途をつける。

出口戦略

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



社会経済インパクト

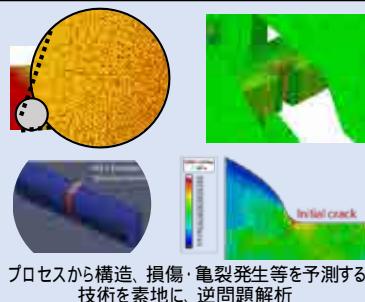
MIの実装により素材メーカー等の材料開発を加速し、産業競争力を強化。
金属、化学、繊維・皮革、窯業、紙、容器・包装、その他素材加工品等大手10社の研究開発費は1.5兆円。この下で行われる新材料開発を大幅に加速し、売上高63兆円を拡大
更新需要が増える中小型航空機の飛躍的な軽量化・エンジン効率化 等

達成に向けて

研究開発内容

逆問題MI基盤技術

- 逆問題解析技術
- 様々な材料プロセスをデザインする技術
- 原子から構造体をデザインする技術
- 構造材料特有のデータベース構築技術
- 逆問題MIの基盤となる統合システム技術



プロセスから構造、損傷・亀裂発生等を予測する技術を素地に、逆問題解析

逆問題MIを展開していく適用例

最先端構造材料【究極の軽く、強い材料】

- 多機能(難燃)高分子複合材料の開発
- 次世代超高張力鋼・超々ジュラルミンの開発 等

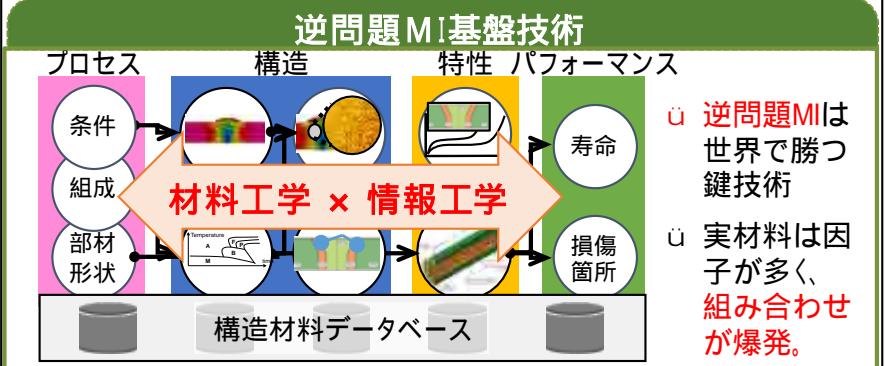


最先端プロセス【究極の自在な造形】

- 耐熱合金(Ni基、TiAl等)の3D積層造形技術の確立
- 超耐熱複合材料の成形・評価技術の確立 等



最先端材料・プロセス



材料工学と情報工学の融合で材料開発を刷新

先端材料・プロセスへ展開・開発効率化を実証
[日本を代表する材料メーカー・重工メーカー各社の参画を想定]

我が国が強みを有する最先端構造材料・プロセスに適用

統合型材料開発システムによるマテリアル革命

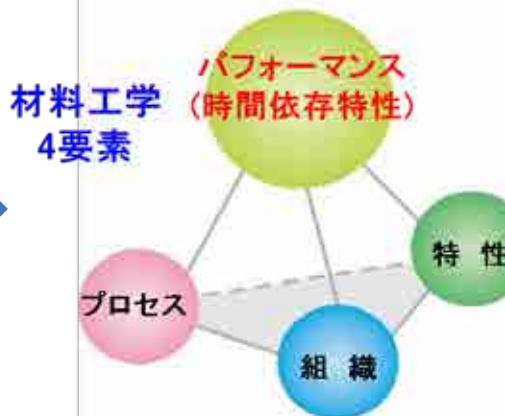


↑

- 基礎から応用まで
一気通貫
- 拠点形成
- 知財戦略
- 国際連携
(オープンプラットフォーム)
- ピアレビュー

↑
基礎研究

計
測



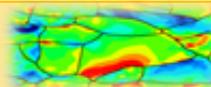
計
算

材料・プロセス開発の高速化による
素材産業への貢献 (市場効果)
1.5兆円規模

素材 (金属、化学、繊維・皮革、窯業・紙、
容器・放送、その他素材加工品) メーカー
大手10社の研究開発費の合計。各社の売上高
合計 (約63兆円) の2.5%に相当。

日本の強み = 基礎・基盤力

- ・日本発の技術群 (複合材料、超耐熱合金...)
- ・日本の匠の技 (鍛造、鋳造等)

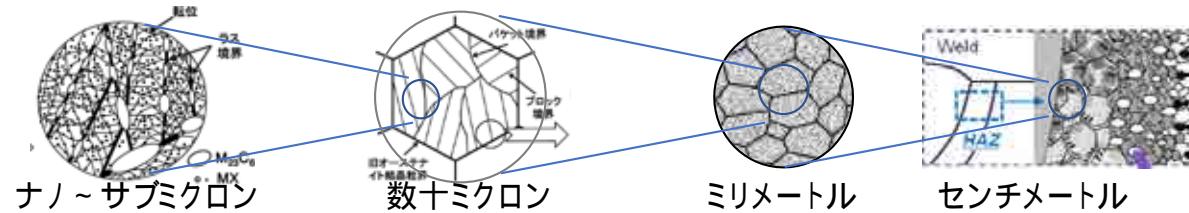


マテリアルズインテグレーションによる材料開発の加速

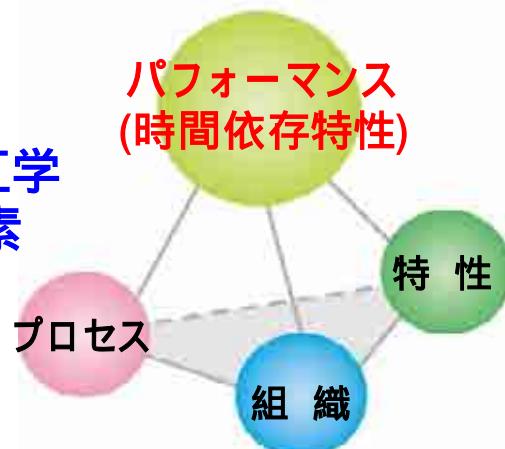
構造材料の使用期間は長い。実証試験を含む研究開発期間が長い



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



MI: 計算科学を用いた理論・実験
データベースの融合

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

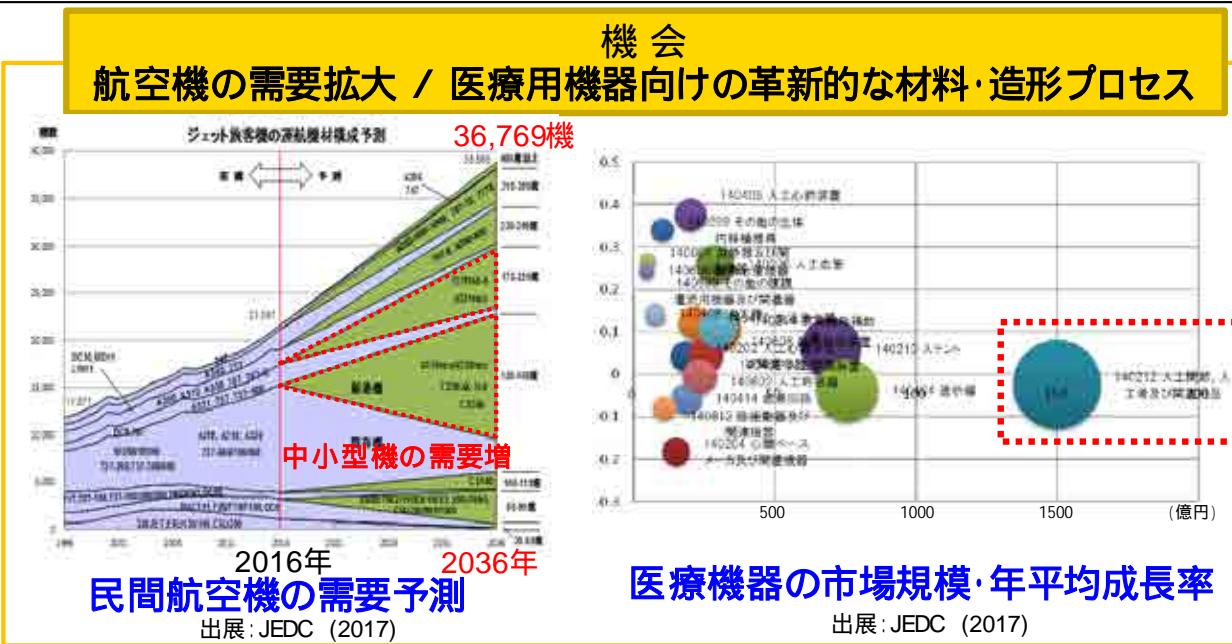
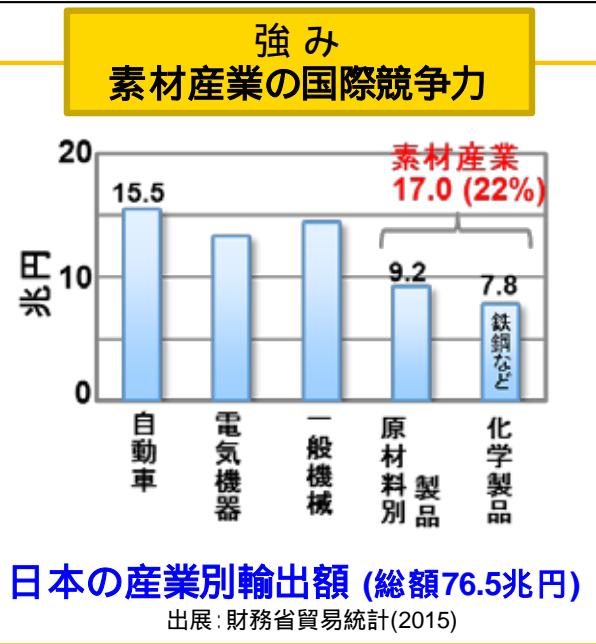
Society 5.0を支えるシステムの1つ「統合型材料開発システム」に対応

我が国の強みを活かした材料開発のゲームチェンジ

日本の強みを活かせる材料科学と情報科学の融合により、新材料・プロセス開発を加速
→ Society5.0実現に貢献

MI適用例：航空機材料【比強度、耐熱性、信頼性のいずれも最高レベルが要求。他産業への波及効果も大】

- 航空機業界の主導権は大手機体メーカー (Airbus, Boeing...) やその一次サプライヤーが掌握。
- 次期機体の仕様検討が水面下で始まっており、日本企業の受注割合が脅かされるおそれ。
ピンチをチャンスに転換
- MIの導入で革新的な材料・プロセスの開発を加速し、来るべき仕様変更に対応
 - 開発・制作期間の大幅短縮、コスト大幅削減
 - 競争が始まっている粉末プロセス技術の早期確立・サプライチェーン構築により、受注シェア拡大
 - 中小型機市場への日本メーカー参入 (MRJ, HONDA JET) にも商機



MIを適用する材料・プロセスについて

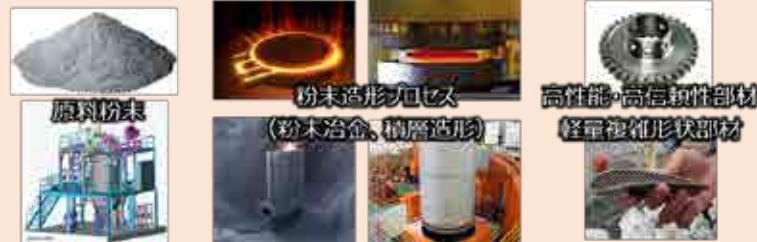
最先端材料

- | 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



最先端の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pon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: 日本の产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

研究開発体制(案)

- 逆問題に対応したMI基盤の開発と、MIの適用例としての先端材料・プロセス開発を一体的に実施。
- 適用する各材料・プロセスごとに、サイバー(MI)とフィジカル(材料開発)の実質的な連携を構築。
- 原則各チームで企業・大学(国研)双方のCo-leader制を敷き、産学連携を着実に実施。

逆問題MI基盤技術開発



逆問題解析
チーム



プロセスデザイン
チーム



原子・構造体デザイン
チーム



統合システムチーム

最先端材料

【適用例】

- ・鉄鋼材料
- ・アルミニウム合金
- ・多機能複合材料
- ・超耐熱複合材料

最先端プロセス (3D造形等)

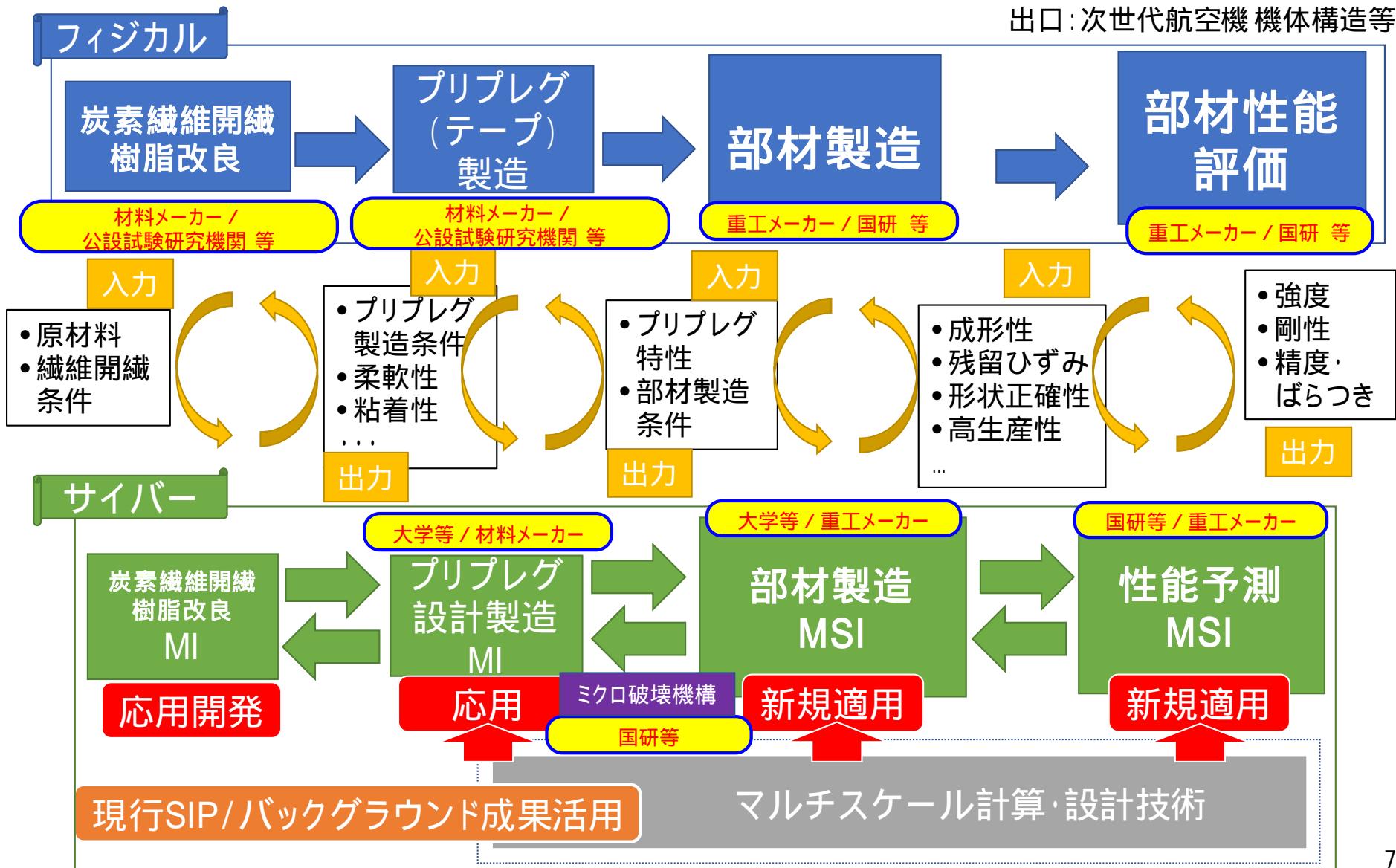
【適用例】

- ・合金3D積層造形
- ・金属間化合物粉末射出成形
- ・複合材料自動積層技術

データベース支援・国際連携チーム

薄層高自由度CFRPにおけるフィジカルとサイバーの融合

原料製造から部材性能評価まで、プロセスの各段階にMIを適用し、产学で開発効率化を実証



Ni積層造形におけるフィジカルとサイバーの融合

原料製造から部材性能評価まで、プロセスの各段階にMIを適用し、产学で開発効率化を実証

フィジカル

出口：産業用ガスターピン燃料供給系部品

粉末製造・リサイクル

材料メーカー / 国研等

3D積層造形

重工メーカー / 大学等

部材性能評価

重工メーカー / 大学等

入力

- ・組成
- ・プロセス条件

入力

- ・粒度分布
- ・真球度
- ・密度
- ・均質性
- ...

入力

- ・形状再現性
- ・組織
- ・残留歪み
- ・欠陥分布

- ・クリープ寿命
- ・耐酸化性

サイバー

データ科学専門家

粉末製造プロセスMI

新規開発

国研等 / 重工メーカー

3D積層造形プロセスMI

応用

国研等 / 重工メーカー

性能予測MI

応用

溶接プロセス
MI

耐熱鋼溶接部
クリープ予測MI

現行SIP成果活用

(参考) 現行SIPの成果と第2期SIPにおける課題・取組

現行SIP-MIの成果

標準材料を対象に、プロセスから性能を一貫予測する統合システムを開発



- 一貫予測には複数のモジュールを組み合わせることが必須。
- しかし、モジュール相互接続は世界で未踏の挑戦的課題

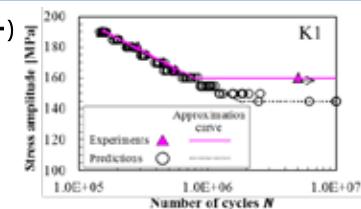
SIP-MI1.0 (2018年度末)：モジュールの自動接続を達成見込み

鉄鋼溶接部の性能予測(疲労・クリープ等)

疲労予測(モジュール群及びワークフロー)

- き裂発生・進展からモデリングした予測は世界に例がない

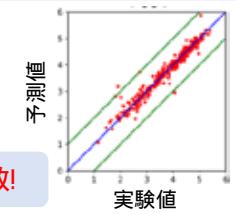
実験値を高精度に再現!



高温部材のクリープ寿命予測

- NIMSデータシートを活用した高精度予測を実現

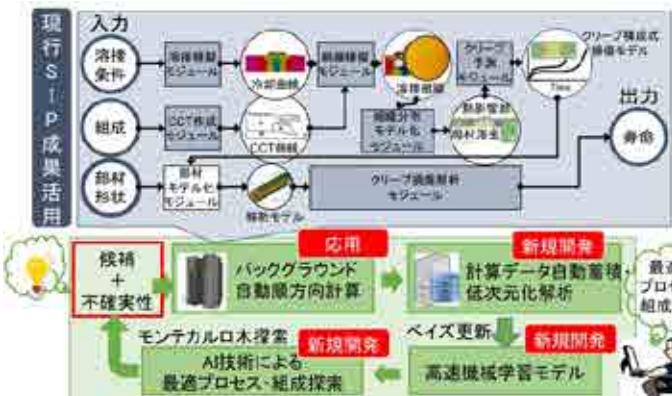
実験値とよく一致!



次期SIP-MIの課題と取組

逆問題アプローチの実現

- 欲しい性能から材料・プロセスを最適化する手法は世界で勝つ鍵技術
- 一方、実材料は因子の数が多く、組合せが爆発。効率的な探索技術が必須



先端材料・プロセスへ展開し開発効率化

MI技術による開発効率化の成功事例の創出が社会実装の鍵

産業波及効果の大きな材料・プロセスを選定し、**MI技術開発と材料開発を垂直統合で実施**

材料・プロセス毎の開発へ展開(適用例)

高比強度
材料

超耐熱材料

3D 積層造形
プロセス