



2025年3月13日

NIMS（国立研究開発法人物質・材料研究機構）

データを隠したまま機械学習モデルを構築

6社2国研の産学データ連携で幅広い耐熱材料の長期耐久性を予測

NIMS は、株式会社 IHI、川崎重工業株式会社、関西電力株式会社、株式会社神戸製鋼所、電源開発株式会社、国立研究開発法人日本原子力研究開発機構、三菱重工業株式会社、株式会社 Elix と共同で、各機関のデータを秘匿した状態で機械学習を実施し、幅広い種類の耐熱鉄鋼材料の長期耐久性を予測するモデルを開発しました。本研究成果は、2025年2月6日付で「鉄と鋼」誌にて web 先行公開されています。

研究成果の概要

■従来の課題

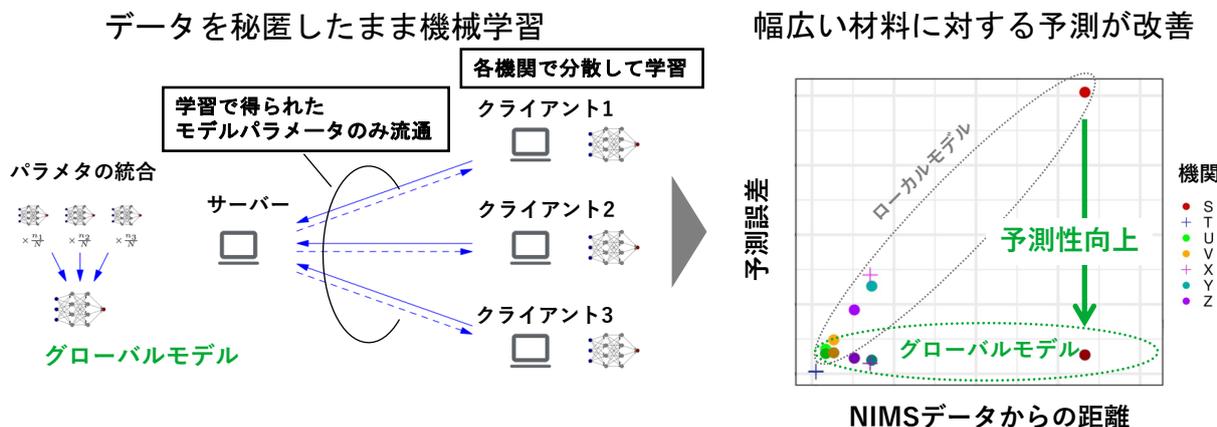
材料データは機密性が高く、他機関と共有することが困難です。しかし、取得には多大な時間とコストがかかり、機関を超えた活用が望まれます。特に、発電設備の耐熱材料寿命データは、取得に10年以上かかる場合があり、産学連携が求められています。

■成果のポイント

NIMS は、データを秘匿したまま各機関で分散して機械学習を行うシステムを開発し、6社2国研のデータをお互いに開示せずに秘匿したまま機械学習を実施。耐熱鉄鋼材料の長期耐久性を予測するモデルを構築しました（図）。このモデルは、NIMS データのみを用いたローカルモデルよりも予測精度が大幅に向上しています。データを共有せずに産学間で連携する事例は、これが初めてです。

■将来展望

今回の事例を契機に、材料分野全般で産学データ連携が広がることが期待されます。NIMS が開発したデータを秘匿したまま分散して機械学習を行うシステムはオープンソース化されており、誰でも利用可能です。今後は、NIMS が連携のコーディネート役となり、産学連携の需要に応えていきます。



図：各機関で分散学習を行い、データを秘匿したまま統合して耐熱材料の寿命予測精度を向上

■その他

- 本研究で使用した、データを秘匿したまま分散学習を行うシステムは、NIMSと株式会社 Elix が内閣府 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」の支援によって開発し、オープンソース化 (<https://github.com/nims-federated-learning/NIMS-FL>) されています。本取り組みは、文部科学省データ創出・活用型マテリアル研究開発プロジェクト事業 JPMXP1122684766 の支援のもと、NIMS 構造材料 DX-MOP の枠組み内で実施されました。
- 本研究成果は、2025 年 2 月 6 日に「鉄と鋼」誌のオンライン版で早期公開されました。

研究の背景

材料データは取得に時間とコストがかかり、各社の競争力の源泉であるため、他機関と共有することが困難です。しかし、機関間でデータを統合できれば、研究開発の効率が向上し、社会全体の利益につながります。特に、機械学習技術の進展により、産学データの連携による産業競争力の向上が期待されています。この背景から、データを秘匿したまま機械学習を可能にする技術の開発が進められていますが、これまでは同一機関内での検証にとどまり、材料分野における産学データ統合の事例はありませんでした。

研究内容と成果

NIMS は Elix 社と共同で連合学習 [1] システムを開発し、秘密計算の基盤を整備。その後、素材、重工、電力の民間 6 社、NIMS、日本原子力研究開発機構の 2 国研がアライアンスを組み、耐熱鉄鋼材料のクリープデータ [2] を秘匿したまま統合・学習することで合意しました。NIMS が設計したデータフォーマットを各機関に提供し、細かな調整を行った後、連合学習を実施。その結果、参画機関の幅広いデータに対して高い予測性能を有するグローバルモデルの構築に成功しました。

- 開発した連合学習システムについて NIMS クリープデータシートを用いて技術検証を行い、秘匿状態で学習しても、非秘匿状態と同等の予測性能を実現できることを確認しました。
- NIMS が設計したデータフォーマットを各機関に配布し、細かい調整を経た上で、共通のデータフォーマットを作成しました。データフォーマットを共有することが、秘密計算を進める上で重要なステップであることが改めて確認されました。
- クラウド上に各機関向けの専用領域を用意し、データを秘匿した状態で連合学習を実施することができました。
- 連合学習で得られた予測モデル（グローバルモデル）は、参画する全ての機関の検証用データに対して高い予測性能を示すことが確認されました（図）。一方、NIMS のデータだけで学習した NIMS ローカルモデルは、NIMS データからの距離が離れるに従って、予測性能が低下することが確認されました。
- データは秘匿状態のため、主成分分析 [3] を実施し、第一主成分、第二主成分を用いてデータの距離を表現しました。

今後の展開

- 今回の取り組みをきっかけに、さまざまな材料分野で産学データ連携が拡大することが期待されます。
- 秘密計算の実施を通じて、データフォーマットの共有方法や予測性能の評価方法に関する知見を得ました。今後、NIMS がコーディネーターとなり、産学データ連携の需要に応じていきます。

■掲載論文

題目	クリープ破断時間および高温引張強度予測モデルの連合学習
著者	櫻井 惇也, 鳥形 啓輔, 松永 学, 高梨 直人, 日比野 真也, 木津 健一, 森田 聡, 井元 雅弘, 下畠 伸朗, 豊田 晃大, 中村 忠暉, 橋本 憩太, 大久保 達矢, ベヘシティ ロイック, リチャル ヴァンサン, 出村 雅彦
雑誌	鉄と鋼
DOI	10.2355/tetsutohagane.TETSU-2024-124
掲載日時	2025年2月6日

■用語解説

- [1] **連合学習**：データを開示せず、各機関で分散して機械学習を実施し、得られた機械学習モデルのパラメータのみをやり取りして統合したモデルを得る手法。秘密計算技術の一つで、データを共有せずに、統合して学習した場合と同等の効果を得られます。
- [2] **クリープデータ**：材料が高温で応力を受け続けると、微小な変形が蓄積し、最終的に破断に至る現象（クリープ）を記録したデータ。材料の長期耐久性や寿命を評価するために用いられます。
- [3] **主成分分析**：多次元データを低次元に要約する統計分析手法。本研究では、NIMS データを基に主成分変換用の行列を作成し、各機関に配布しました。第一・第二主成分の平均値を用いて、データを秘匿したままデータ間の距離を比較しました。

本件に関するお問い合わせ先

研究内容について	NIMS 技術開発・共用部門・部門長 氏名 出村雅彦 E-mail DEMURA.Masahiko@nims.go.jp TEL: 029-860-4847 URL: https://samurai.nims.go.jp/profiles/demura_masahiko
報道・広報について	NIMS 国際・広報部門 広報室 〒305-0047 茨城県つくば市千現 1-2-1 E-mail: pressrelease@ml.nims.go.jp TEL: 029-859-2026, FAX: 029-859-2017

NIMS とは？

NIMS（ニムス）は、国内で唯一、物質・材料科学の研究に特化した国立研究開発法人です。世界を構成する様々な「物質」。その中で私たちの生活を支えているのが「材料」です。その材料も、大きくは有機・高分子材料、無機材料に分類でき、無機材料はさらに金属材料とセラミックス材料とに分けられます。石器時代から産業革命を経て現代まで、人類の発展はこの材料の進歩とともにありましたが、近年では、地球規模の環境や資源問題の解決手段のひとつとしても注目が高まっています。NIMS はその物質・材料に関する研究に特化した国立研究開発法人として、「材料で、世界を変える」をテーマに、未来を拓く物質・材料の研究に日々取り組んでいます。

【NIMS を掴む参考ページ】

NIMS はこんな研究所！ <https://www.nims.go.jp/nims/introduction.html>

NIMS ビジョン <https://www.nims.go.jp/nims/profile.html#vision>