

NEDO再生可能エネルギー分野成果報告会2025 プログラムNo.4-2

新エネルギー等のシーズ発掘・事業化に向けた技術研究開発事業/
フェーズA（風力発電利用促進分野） /

風力発電機の潤滑界面のトライボ解析・ 診断システム開発

発表：2025年7月17日

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

鷺津 仁志

*（株）計算科学研究所，兵庫県立大学，鹿児島工業高等専門学校

問い合わせ先 株式会社計算科学研究所 <https://cslab.biz/> , mail : h@cslab.biz

1. 目的

風力発電機の主軸受・増速機の潤滑状態を解析・診断するシステムを構築する。洋上風力のダウンタイム最小化のため、潤滑状態を正確に予想する分子レベルからのシミュレーション技術を提案する。

2. 期間

フェーズA：2024/4 ～ 2025/3（フェーズB：2025/4 ～ 2027/3）

3. 目標（中間・最終）

シミュレータにより基本的な系のみならず一般的なグリース・添加剤について摩擦摩耗挙動を予測可能とすること。

4. 成果・進捗概要

○トライボ流動シミュレータ：分子レベルから粗視化粒子レベルまで、様々な粗視化シミュレーションが可能に。

○メソスケールトライボSPHシミュレータ：現実的な表面粗さにおいて、焼き付きの初期過程を解析可能に。破壊予兆の予測のための AI アルゴリズムの第一次モデルを作成。

目に見えない現象をシミュレーションで見よう！

計算科学研究所の受託計算サービス

分子シミュレーションは、目に見えない原子・分子の世界の挙動を可視化し、

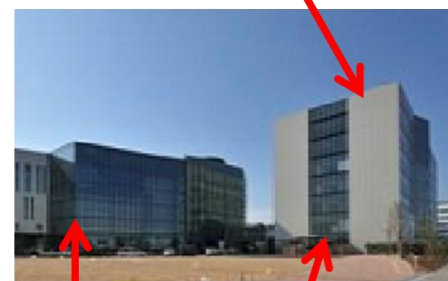
- ・ 実験結果の解釈の高度化
- ・ 新しい材料の性能予測
- ・ 分析では対応できなかった現象の理解

に威力を発揮します。



兵庫県立大学大学院
情報科学研究科
計算科学コース
研究, 教育

本社所在地	兵庫県神戸市
設立／資本金	2022年4月 2,000千円
従業員数	7名（西暦 2025年1月現在）
事業内容	分子シミュレーション解析, 分子シミュレーション関連のコンサルテーション



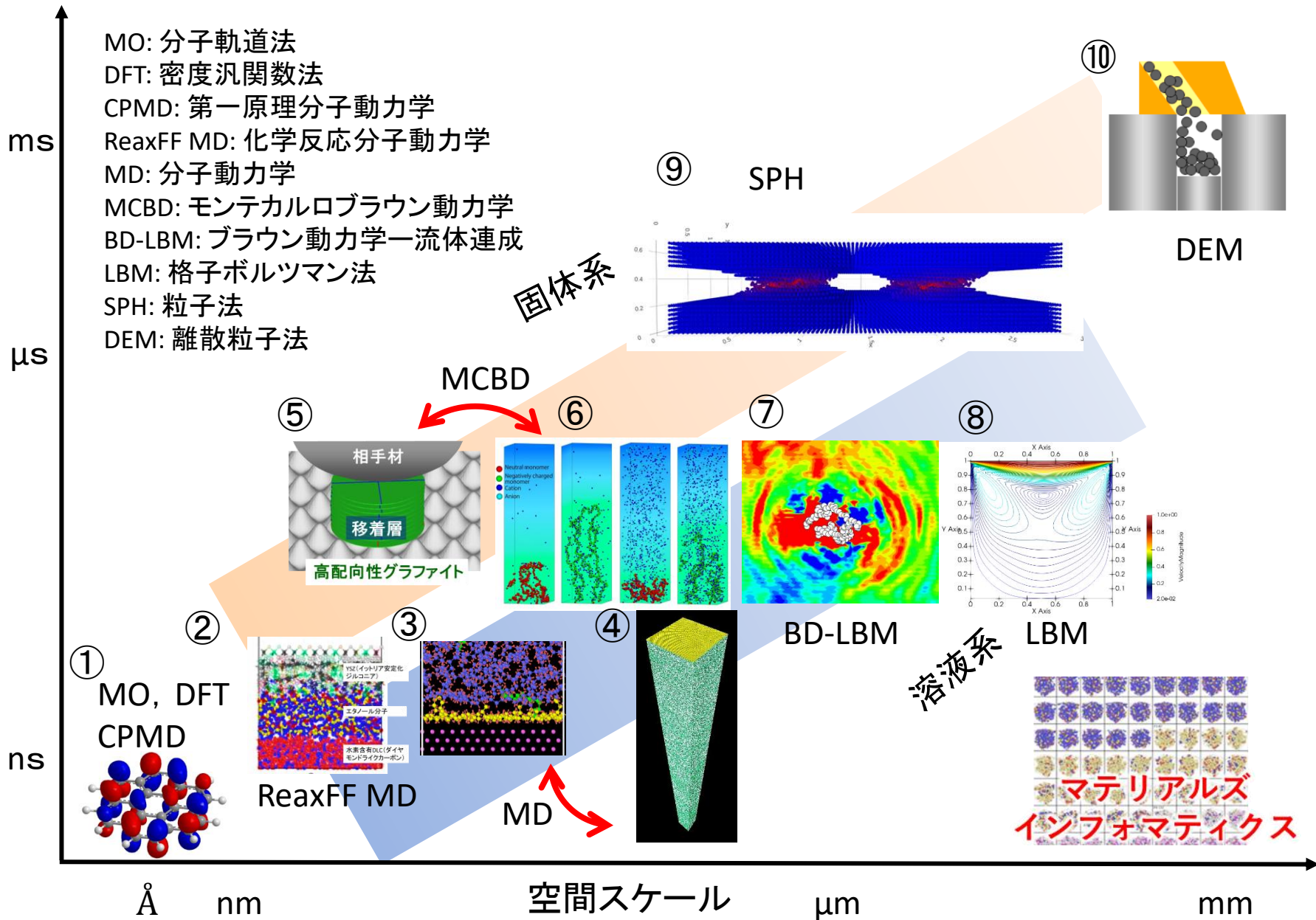
理研R-CCS FOCUS
(京コンピュータ(計算科学
→スパコン富岳)振興機構)
大規模計算 産業利用

兵庫県立大学大学院情報科学研究科

鷲津研究室の分子シミュレーション技術の社会実装

兵庫県大鷲津研: マルチスケール粒子計算

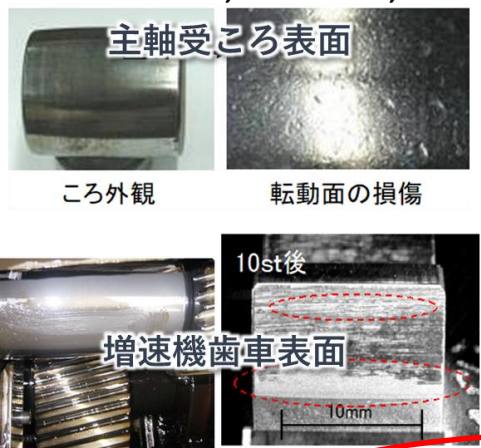
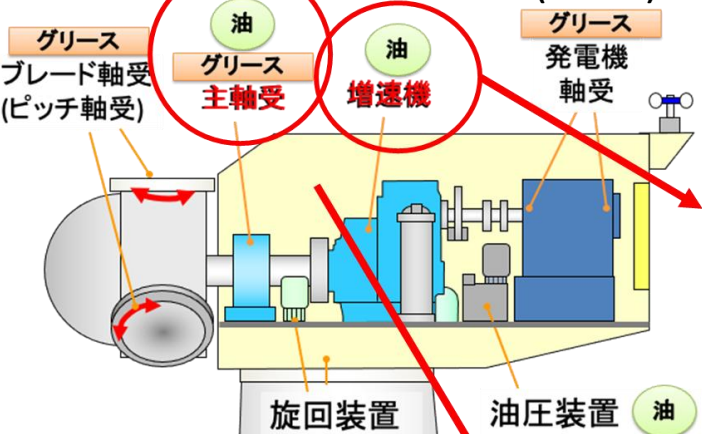
時間スケール



NEDO風車潤滑プロジェクト

2020~2023年 鷲津ほか, 月刊ソフトマター, No.031, 2020.10,

20-22 (2020).



ピーリング解析

既存分子サイズ添加剤

金属球

金属基板

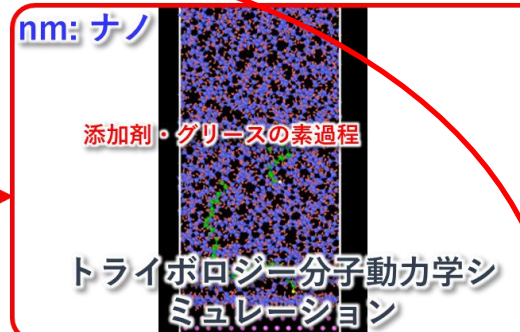
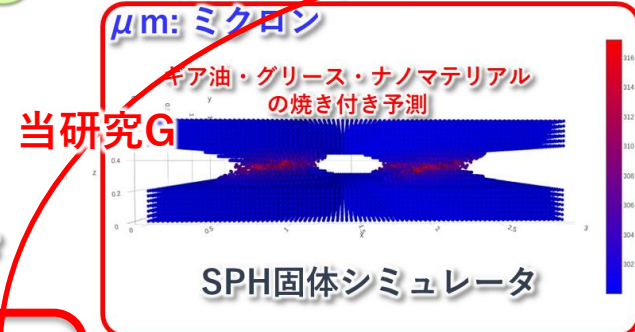
薄く金属接触防止効果は限定的

トライボナノ材料添加剤

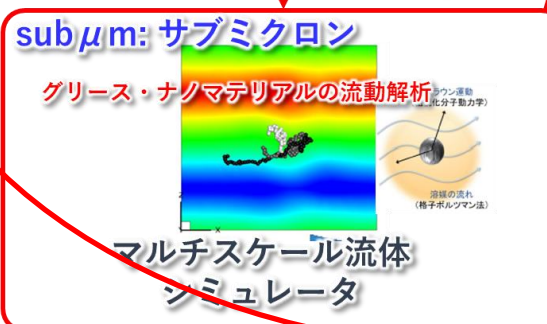
・厚く金属接触防止効果は非常に高い。
・摩耗防止だけでなく疲労破壊防止にも効果的

トライボナノ材料添加剤
(兵庫県大・岡山大)

Step 1: Driving cylinder surface (Asperity indentation, Driven cylinder surface, Rolling direction)
Step 2: Pass through of asperity (Plastic deformation)
Step 3: Another asperity indentation
Step 4: Initial crack (Protrusion flattening, Strain folding)



当研究室のマルチスケールトライボ解析



マテリアルズインフォマティクスによる最適化

理研R-CCS (京コンピュータ → 富岳コンピュータ) 大規模計算

富岳

兵庫県立大学 シミュレーション科学研究科 研究, 教育

最適化極圧剤 (出光)

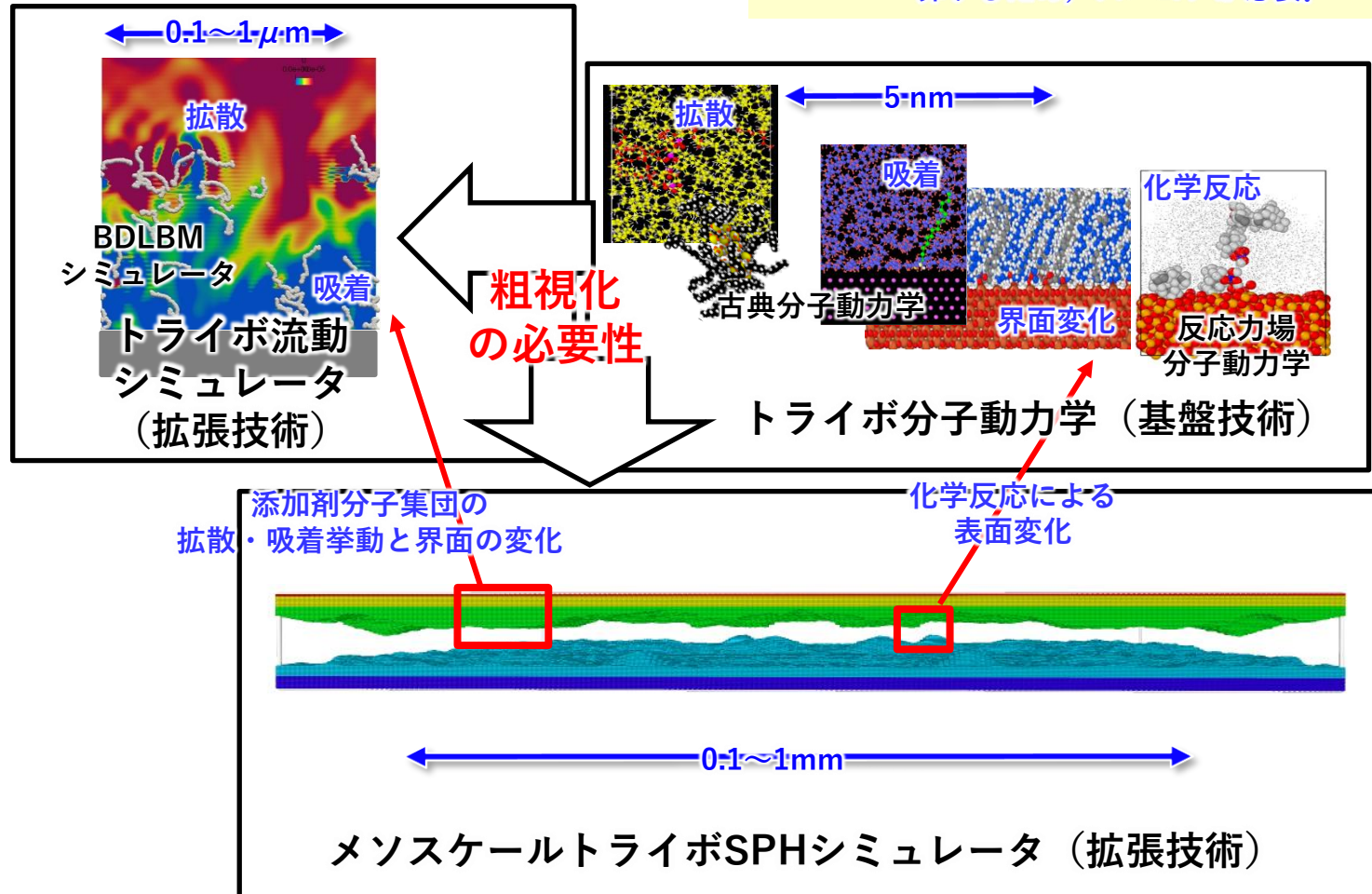
耐荷重性グリース (出光)

5 μm 程度の長さの繊維が絡みあっている

本事業:新規シミュレータの市販化

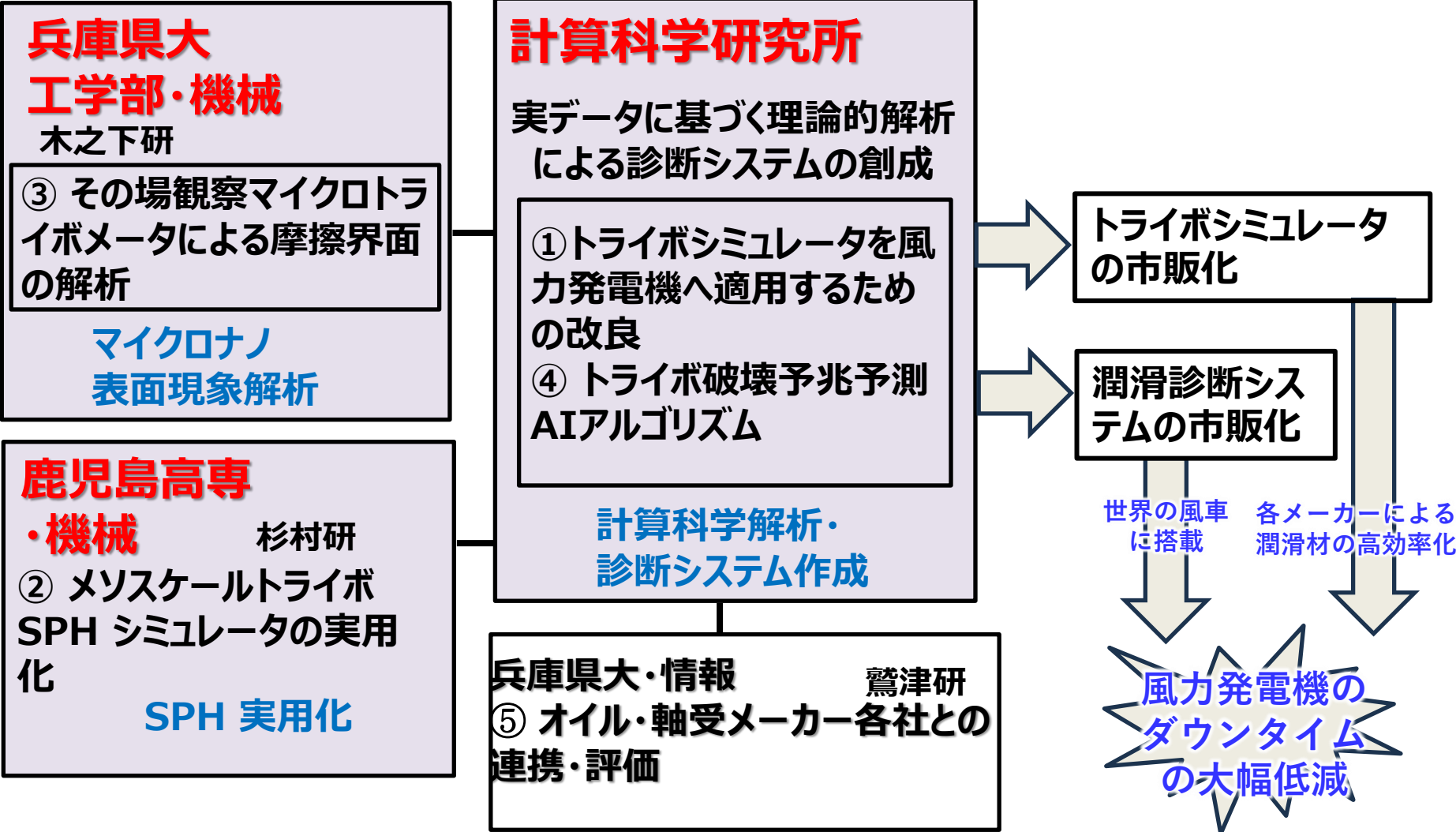
新しいシミュレータでは、基油を「流れ」として扱うので、非常に軽い！
“ダム”のシミュレータを作るのです。

潤滑油の中で、添加剤やグリースは“ダム”（分子集合体）を作る。ダムの出来具合で機能発現する。
従来法だと、基油、添加剤、増稠剤の全ての粒子を計算するため、スパコンが必要。



トライボシミュレータの構成

研究開発体制



実用化・事業化へ向けたプラン

事業化スケジュール

助成期間終了後 研究開発項目	2027年度	2028年度	2029年度	2030年度	2031年度	予想される 重大な障害
①予測精度向上						◇精度向上がない ◇顧客の確保 ◇開発失敗
②シミュレータβ版製品設計		◇β版配布				
③シミュレータver. 1 製品設計			◇ver. 1 配布			
④シミュレータver. 2 製品設計					◇ver. 2 配布	
⑤破壊予兆アルゴリズム 製品設計			◇継続判断			
投資金額(百万円)	1	3	4.8	6	7	
売上高 (百万円)	7.7	28.8	48.8	68.8	98.8	
収益 (百万円)	1.08	12.3	26.1	39.6	61.5	
直接新規雇用者数(累積人)	1	2	3	2	2	
間接雇用数を含む 新規創出雇用者数(累積人)	6	7	7	8	8	

1シミュレータあたり買取1千万、年間サブスクリプトで200万とする。また、ソフトウェアの売上が発生するまでは、従来通りのコンサルティングにより収益を上げる。

	市場規模	提案者の シェア	販売単価	販売数	売上	製品原 価	収益
プロジェクト終了時 (2026年)	1440百 万円	2%	1,200円/L	24kL	28.8百万円	21.6百 万円	7.2百万円
2029年度	2400百 万円	32%	1,200円/L	640kL	768百万円	576百 万円	192百万円

風車潤滑油の市場予測（出光興産殿の試算に基づく）

シミュレータは、軸受メーカー、
オイルメーカーにおいて研究開発
用のソフトウェアとして提供する。
破壊予兆アルゴリズムは実機搭
載を目指す。

研究開発成果（１）

研究開発目標①

(a) United-Atom モデルについて、新たにコーディングを実施し、基本的なテストを開始した。また、粗視化モデルの元となる全原子モデルにおいて、グリース増稠剤分子の違いによる凝集体構造の違いが明らかとなり、この知見を元に粗視化モデリングの方針を立てることができた（図１）。

さらに、AI力場を用いたグリース増稠剤モデリングも進めており、これを元にした粗視化モデル設計案も作成した（図２）。

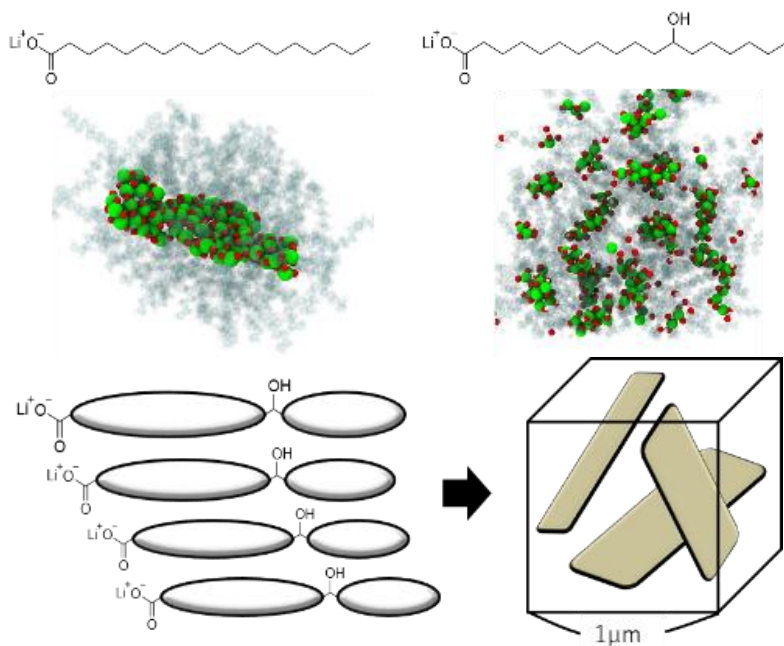


図１ 全原子モデルによる増稠剤の凝集構造解析と粗視化モデル案.

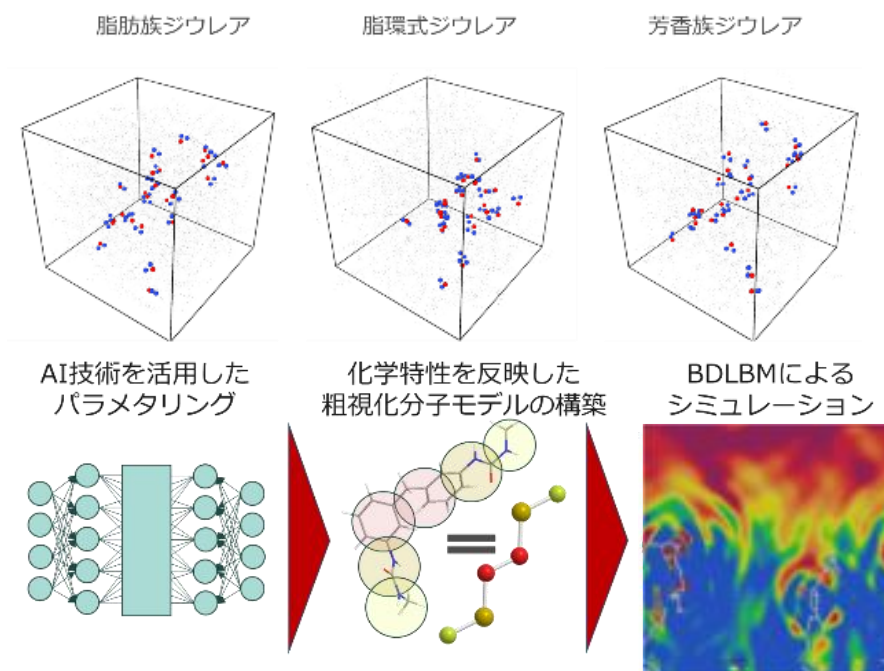


図２ AI力場を用いたウレア系増稠剤の凝集構造解析と粗視化モデル案.

研究開発成果（2）

研究開発目標①(b), ②

SPH シミュレータを各種金属および高分子に対して応用し，モデル突起間の摩擦に伴う発熱および熱輸送について詳細解析できることを確認した．さらに，実表面形状モデルに適用することにより，焼き付きの初期過程を模擬することが可能となる（図3）．

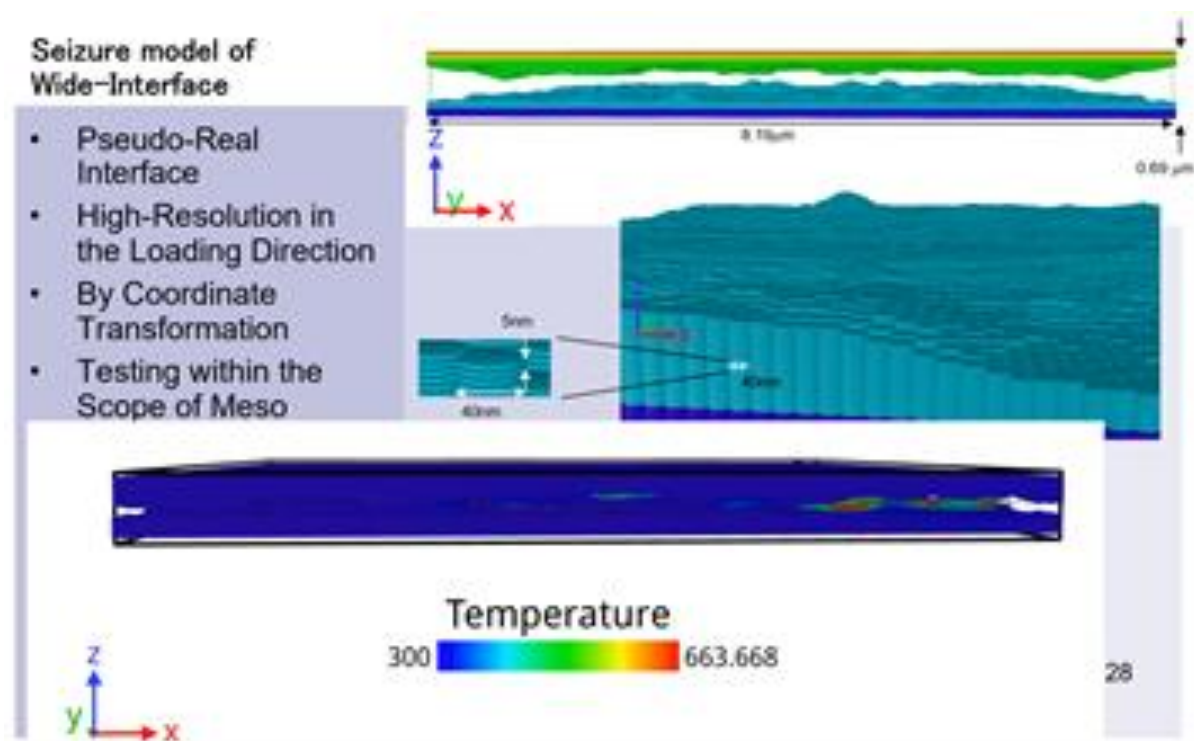
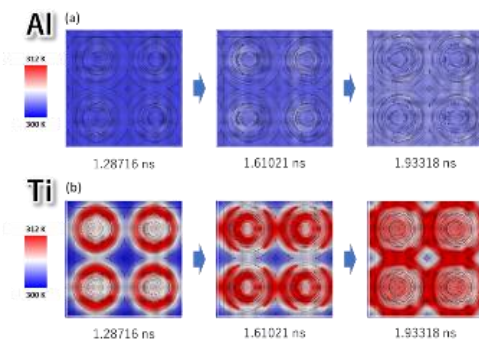
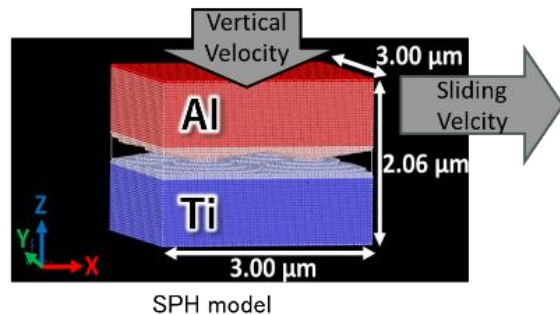


図3 SPH シミュレータにおける，発熱・熱輸送の詳細解析（左）と実表面モデリング例（右）．

研究開発成果（3）

研究開発目標③

その場観察SEM※系において、潤滑剤の可視化に成功した（図5）。

※ SEM: 走査電子顕微鏡

研究開発目標④

その場観察SEMと連携することにより、画像データから摩擦係数を予測すること成功（図6）。

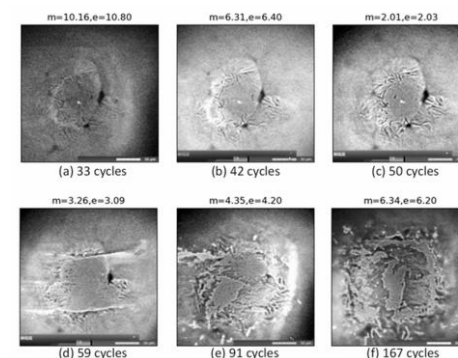
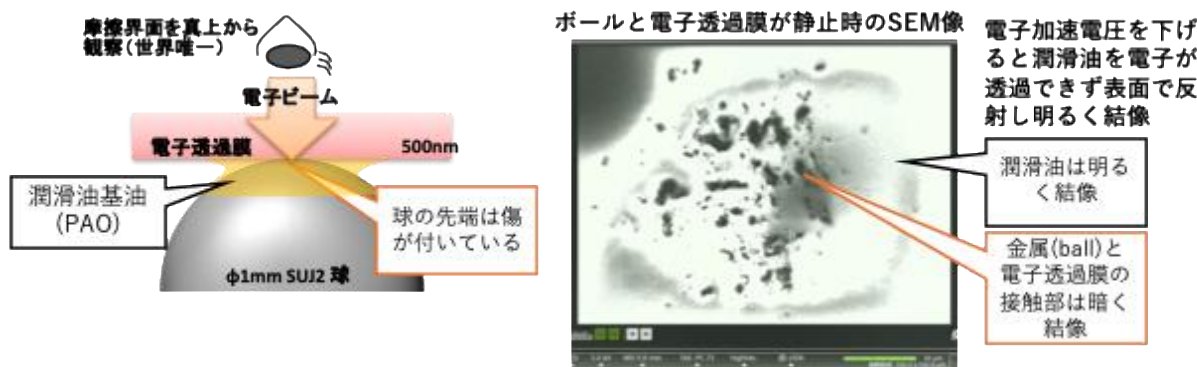


図5 潤滑下の可視化に成功.

研究開発目標⑤

オイル、軸受の各社から、事業化に向けた前向きなコメントをいただいた。世界各国の状況を調査して優位性を確認した。

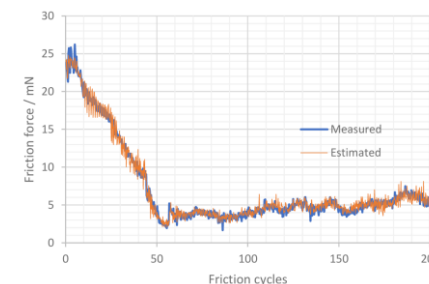


図6 画像データを基にした摩擦係数予測.

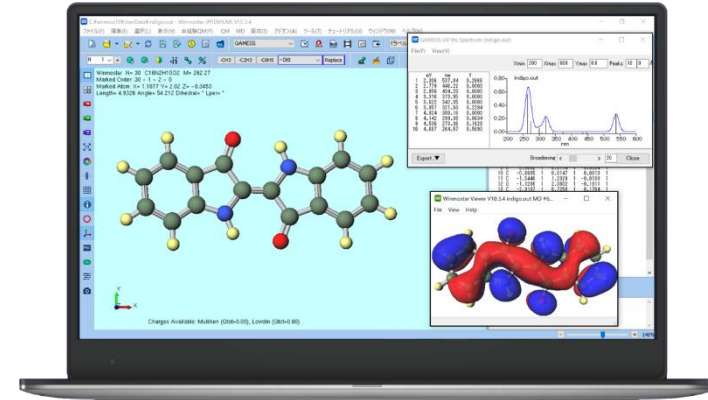
今後の研究開発計画（フェーズB）

研究開発項目	目標（値）	実施担当者
① トライボシミュレータを風力発電機へ適用するための改良		
(a) トライボ流体シミュレータ（BDLBM）の改良	増稠剤ミセルについて粗視化モデリングの実装および基本的な系について予測可能とする.	（株）計算科学研究所
(b) トライボSPHシミュレータの改良	表面性状の変化について粗視化モデリングの実装および基本的な系について予測可能とする.	（株）計算科学研究所
② メソスケールトライボSPHシミュレータの実用化	界面相互作用の新規決定手法により風力発電機の基本的な系において摩擦摩耗予測する.	鹿児島工業高等専門学校
③ その場 SEM 観察マイクロトライボメータによる摩擦界面の解析	一般的な摺動条件においてグリースおよび添加剤による表面の変化を実測する.	兵庫県立大学工学部
④ 破壊予兆の予測のための AI アルゴリズム作成	実機搭載を見据えたアルゴリズムにより破壊予兆を予測可能とする.	（株）計算科学研究所
⑤ オイル・軸受け等のメーカー各社との連携，事業実現性の確認・評価	本シミュレータ・予兆アルゴリズムについて，適宜指導をいただき，市販化に耐えうる製品にする.	（株）計算科学研究所

今後の展開：ユーザーインターフェースの作成

- メーカー側と予備的な協議をしております、
- 現状の全原子モデルを拡張して、United Atom モデルを設計できるようにする。
 - 粗視化分子モデルについては、現状の散逸粒子動力学モデルをベースに、本プロジェクトのシミュレータ用に拡張する。
 - 流体側（格子ボルツマン法）は、フェーズBでは任意の設計とせず、典型的な流路（固体に挟まれたシェア、ポアズイユ流れなど）についてテンプレートを使用するにとどめる。
- であれば予算内で作成できそうだと考えております。

SPHシミュレータ、破壊予兆予測アルゴリズムのUIは自社開発予定です。



UIの例（Winmostar）

**軸受・オイルメーカー様への展開を中心に、
風力発電機の摩擦・摩耗予測を通して、
日本の次世代エネルギー技術の
根源的活性化を目指します。**

株式会社 計算科学研究所

CSlab