

次世代計算基盤に係る調査研究アプリケーショングループシンポジウム
～ポスト富岳で拓くアプリケーションの未来～

住友ゴムにおける京・富岳活用事例紹介と ポスト富岳への期待

2025年3月25日

住友ゴム工業株式会社
研究開発本部
計算科学研究部長 角田 昌也

目次

1

会社紹介

2

住友ゴムにおけるシミュレーション技術の紹介

3

富岳の活用事例

4

ポスト富岳への期待

会社紹介

【沿革】

1909年創業

1913年国産初の自動車用タイヤを生産

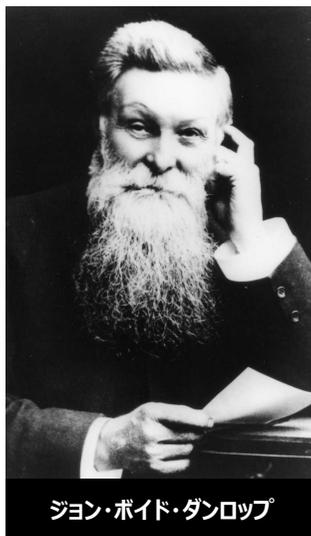
1963年～ 住友ゴム工業（株）

【本社】

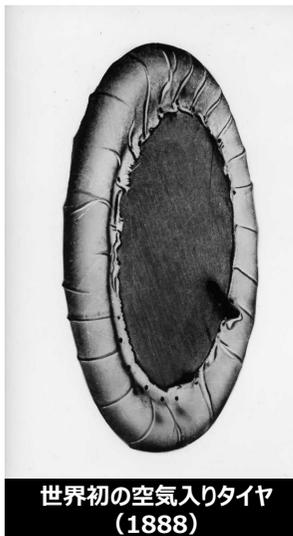
神戸市中央区脇浜町



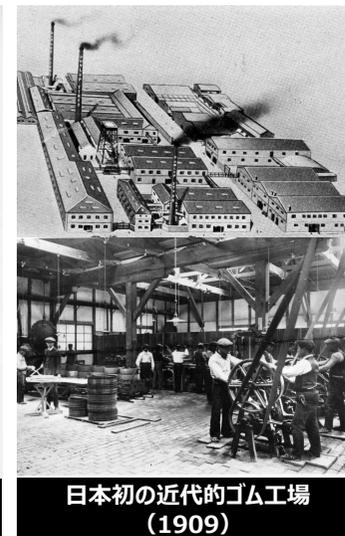
神戸本社



ジョン・ボイド・ダンロップ



世界初の空気入りタイヤ
(1888)



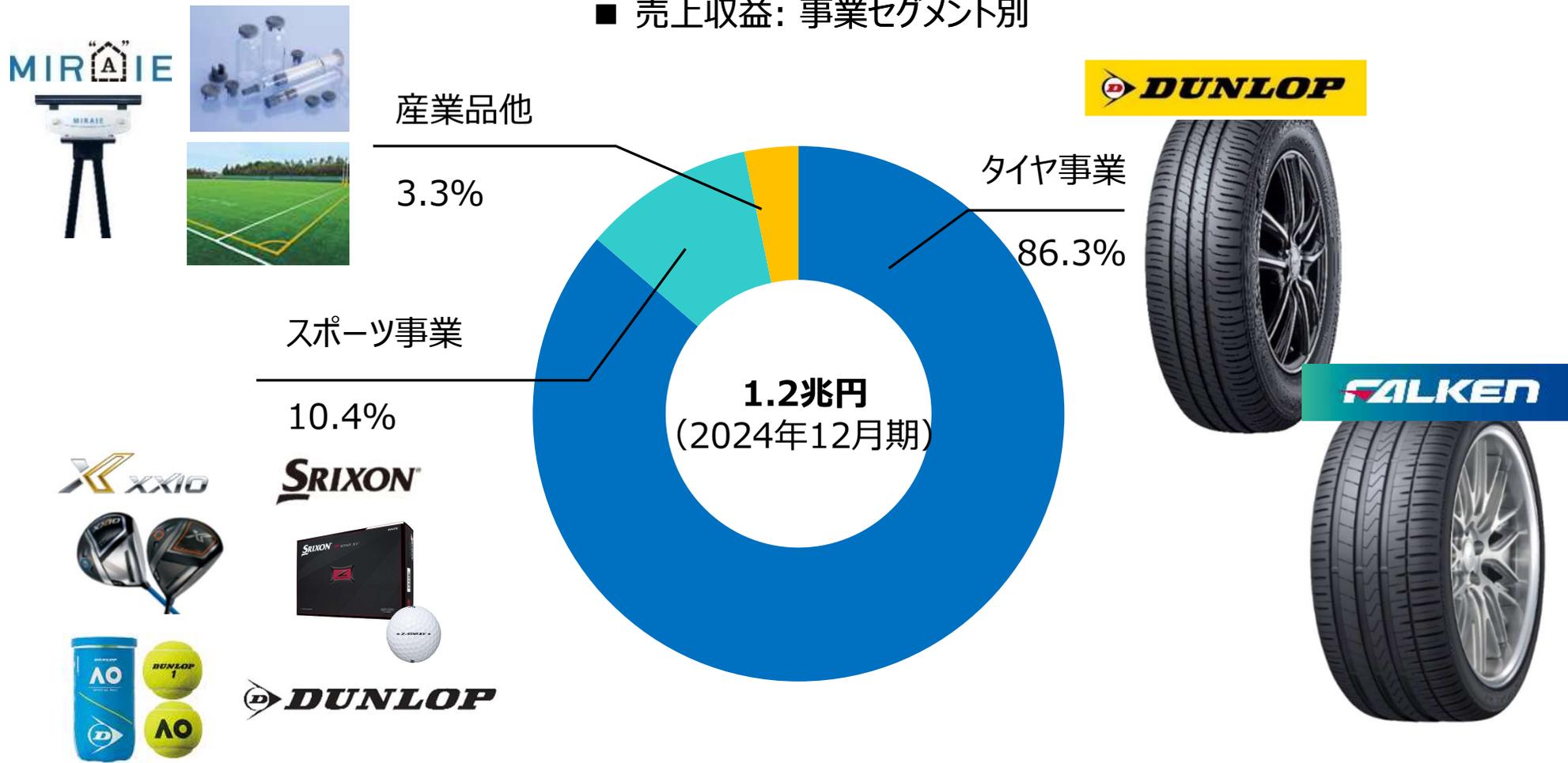
日本初の近代的ゴム工場
(1909)



創業80年1989年接地

会社紹介

■ 売上収益：事業セグメント別



会社紹介



会社紹介

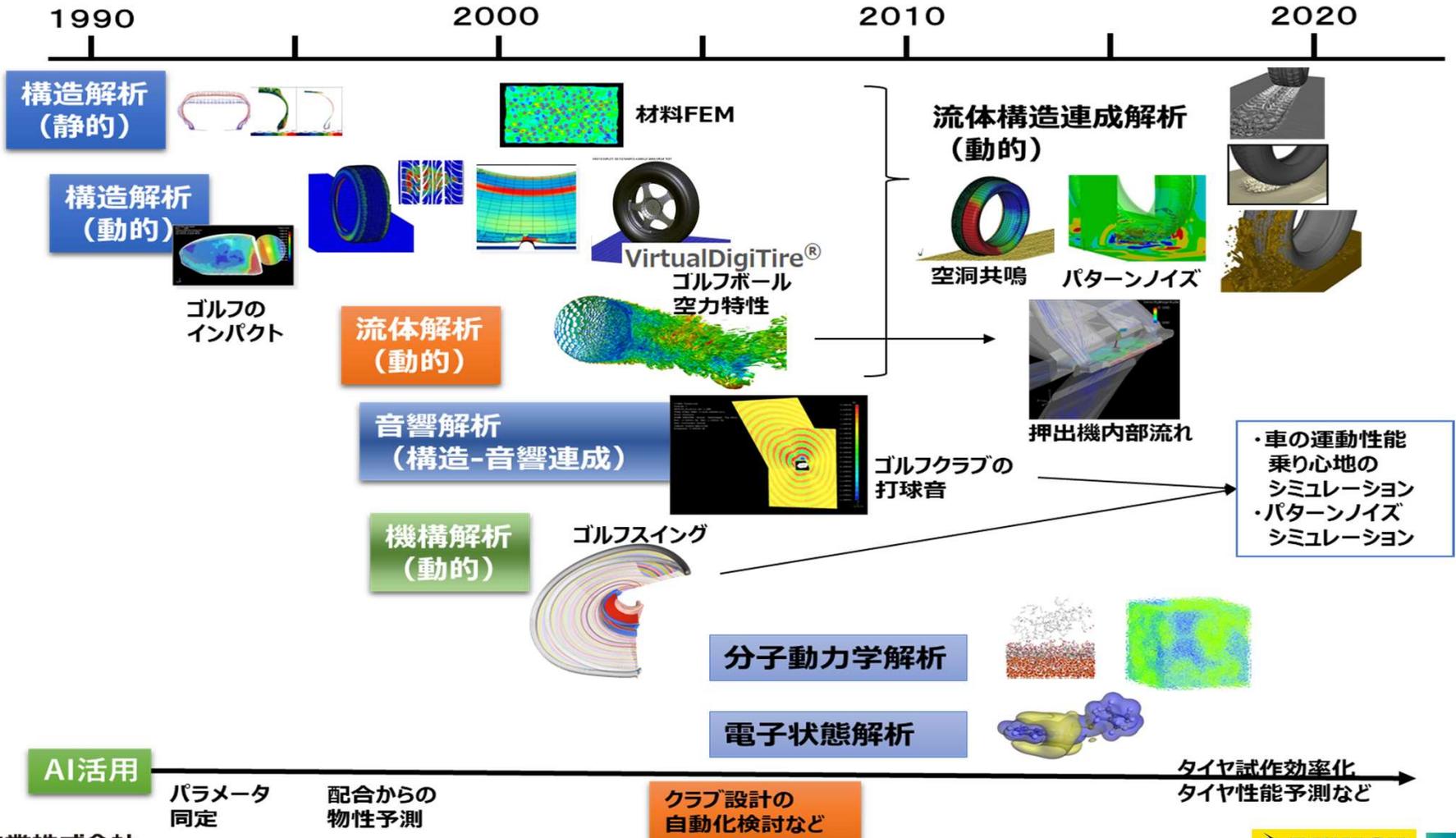


住友ゴムにおけるシミュレーション技術の紹介

弊社シミュレーションの歩み

VirtualDigiTire出典

<https://www.jsol-cae.com/product/tool/consulting/cases/caseA05/>

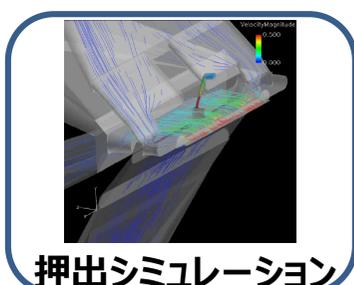
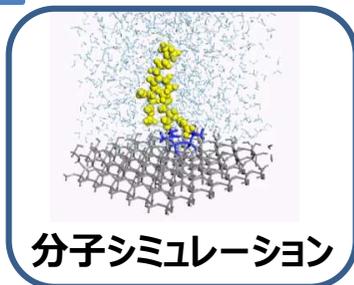


住友ゴムにおけるシミュレーション技術の活用紹介

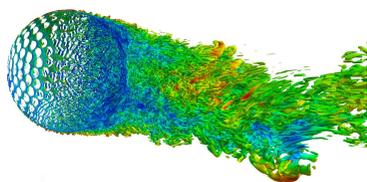
Computer Aided R&D

メカニズム解明→新規アイデア創出

タイヤ



スポーツ用品

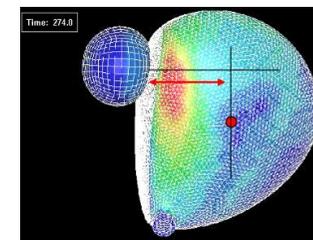
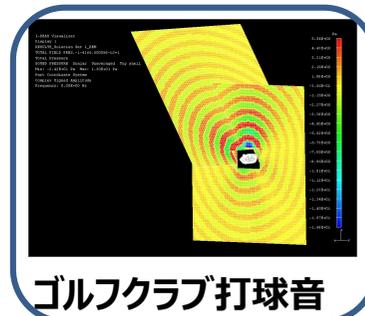
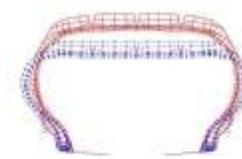
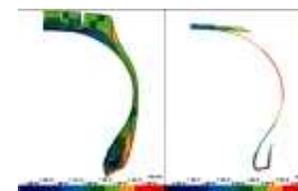
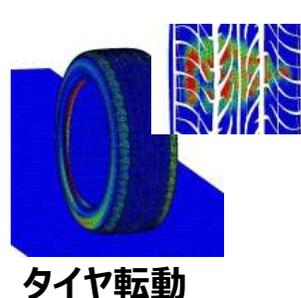


相対予測



Computer Aided Engineering

試作削減、評価工数削減



高精度化

絶対予測

住友ゴムにおけるシミュレーション技術の紹介

予測精度を上げる

- 空間解像度を上げる
要素分割数を増やす
- 支配方程式の中で考慮する項を増やす
例：温度変化を考慮する
- 近似精度を上げる
例：一次近似から高次近似に変更
- 収束計算で許容誤差を小さくする(陰解法)
- 時間刻み幅を小さくする(陽解法)
- 物性の非線形性を考慮する
例：温度依存性を考慮する
- 境界条件の非線形性を考慮する
例：自己接触を考慮する

実際に起こっている現象をより忠実にシミュレーションする

計算量が増える

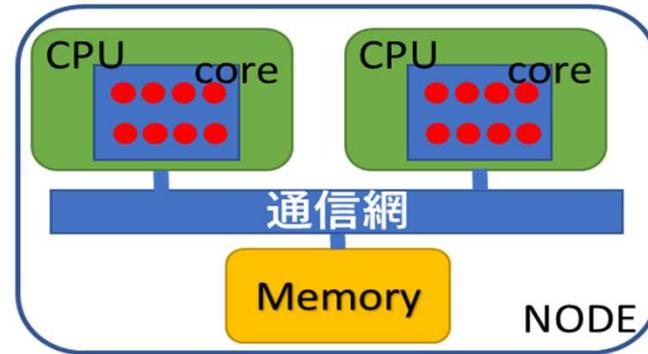
高速化が必要

- ソフト改良(並列性能を高める)
- ハード更新、増強
クラウドを活用する

シミュレーションの並列化による高速化

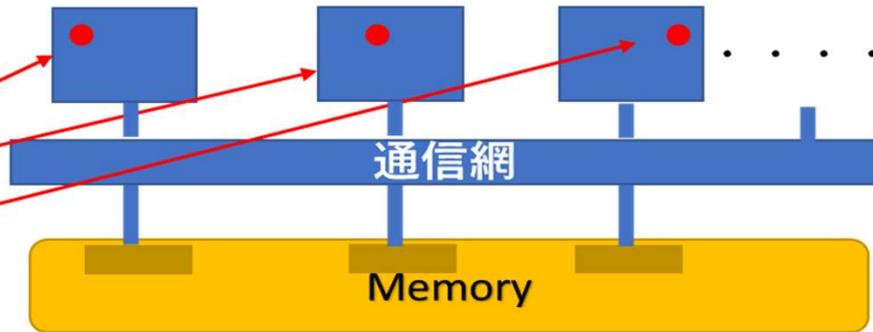
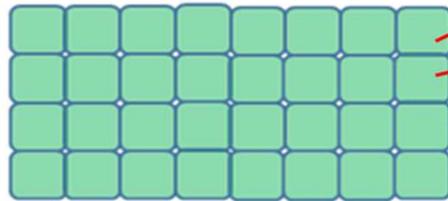
共有メモリー型 SMP(Shared Memory Parallel)

計算モデル



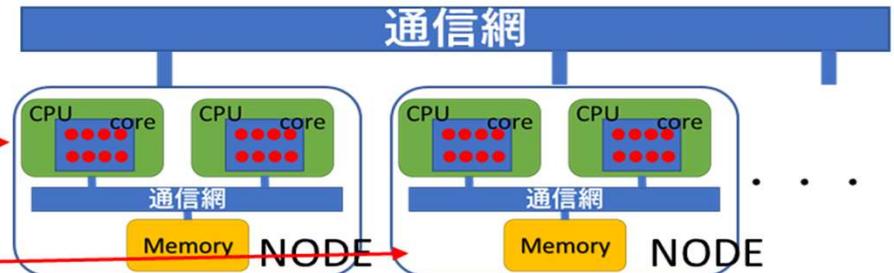
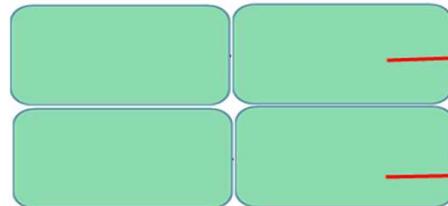
分散メモリー型 MPI(Message Passing Interface)

計算モデル

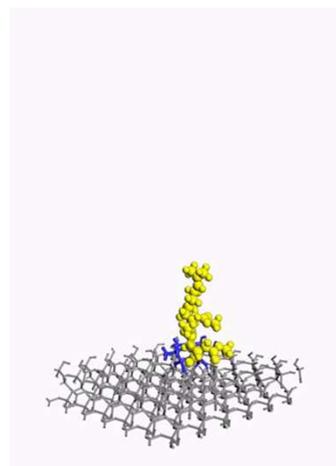
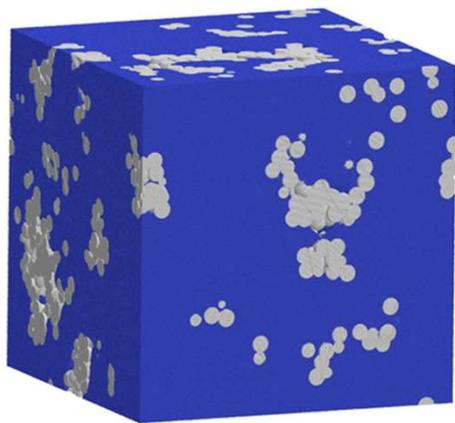


分散共有メモリー型 DSM(Distributed Shared Memory)

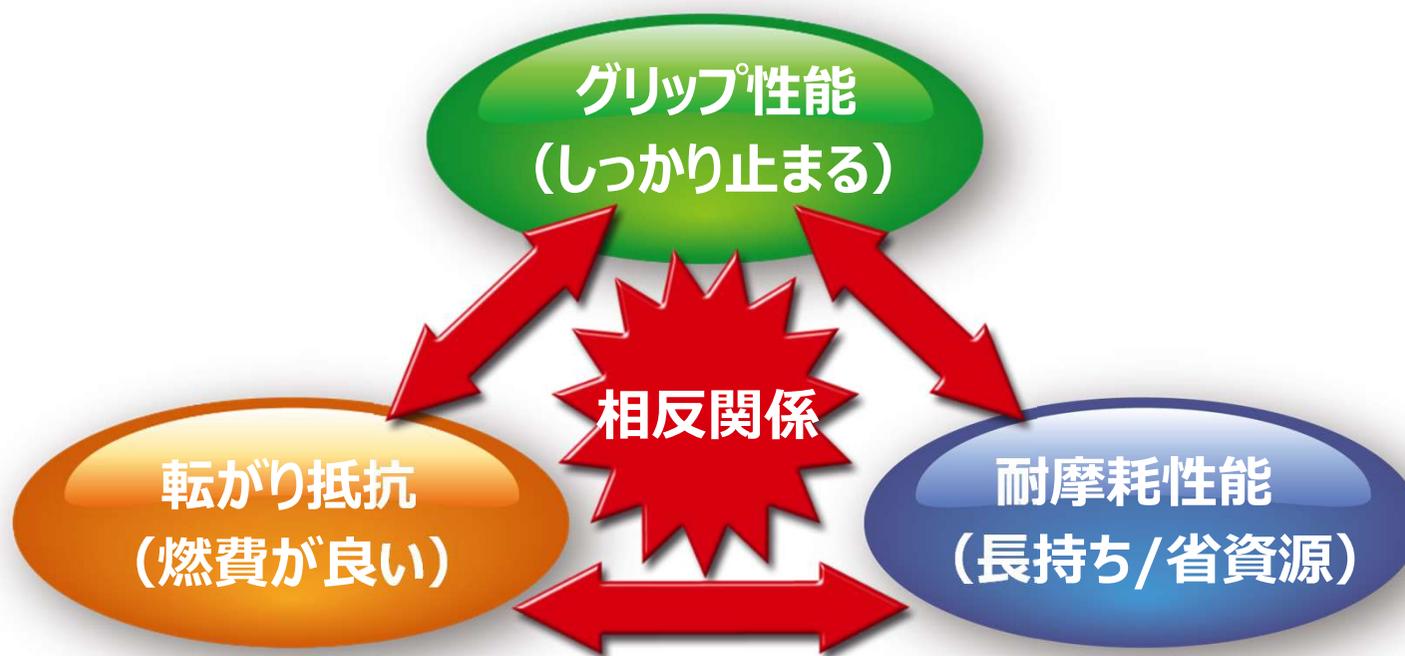
計算モデル



材料設計における「京」「富岳」の活用事例紹介



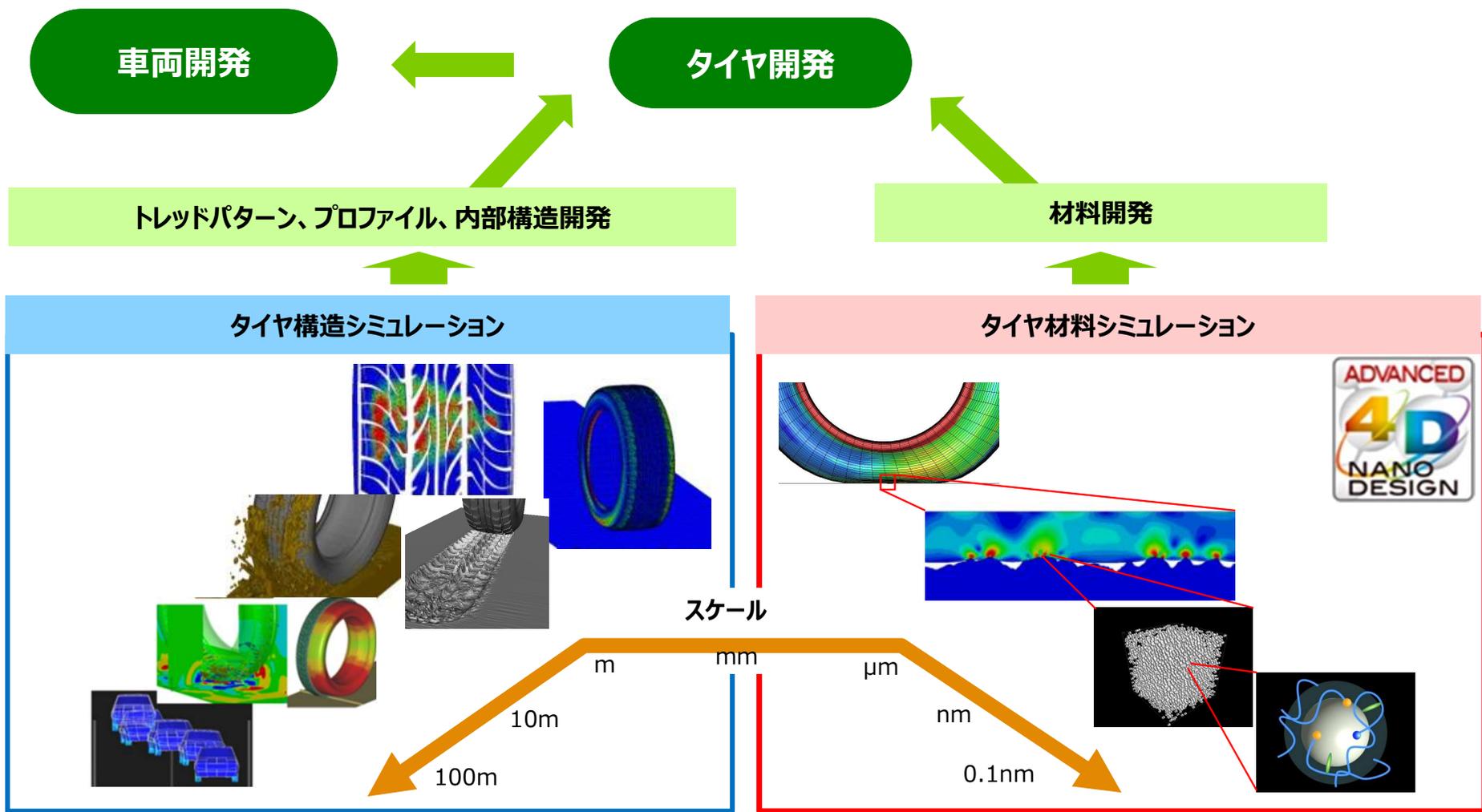
材料開発におけるシミュレーション技術の紹介



高度化するタイヤ開発 = 3つの性能をそれぞれ向上

コンピューターシミュレーションを活用

シミュレーションを利用したタイヤ開発



タイヤの構造（例）

トレッドゴム

…燃費、グリップ、強度への
性能寄与率が高い

スチ



この素材開発が
最も重要

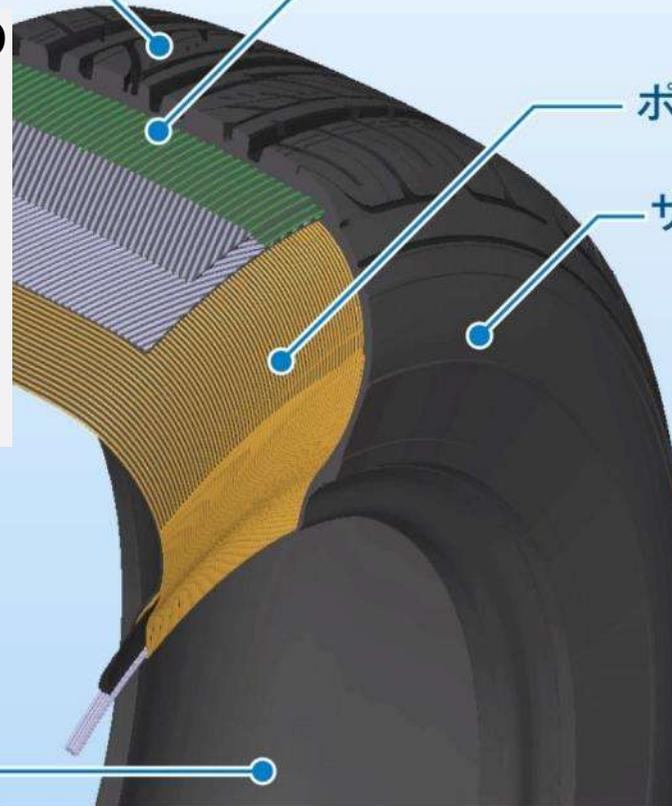
ナイロンバンド

ポリエステルケース

サイドウォールゴム

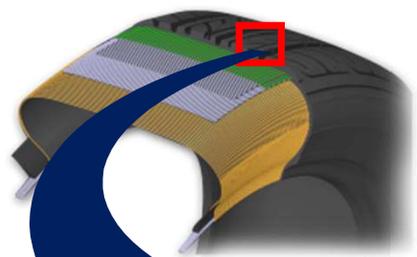
ビードワイヤー

インナーライナーゴム

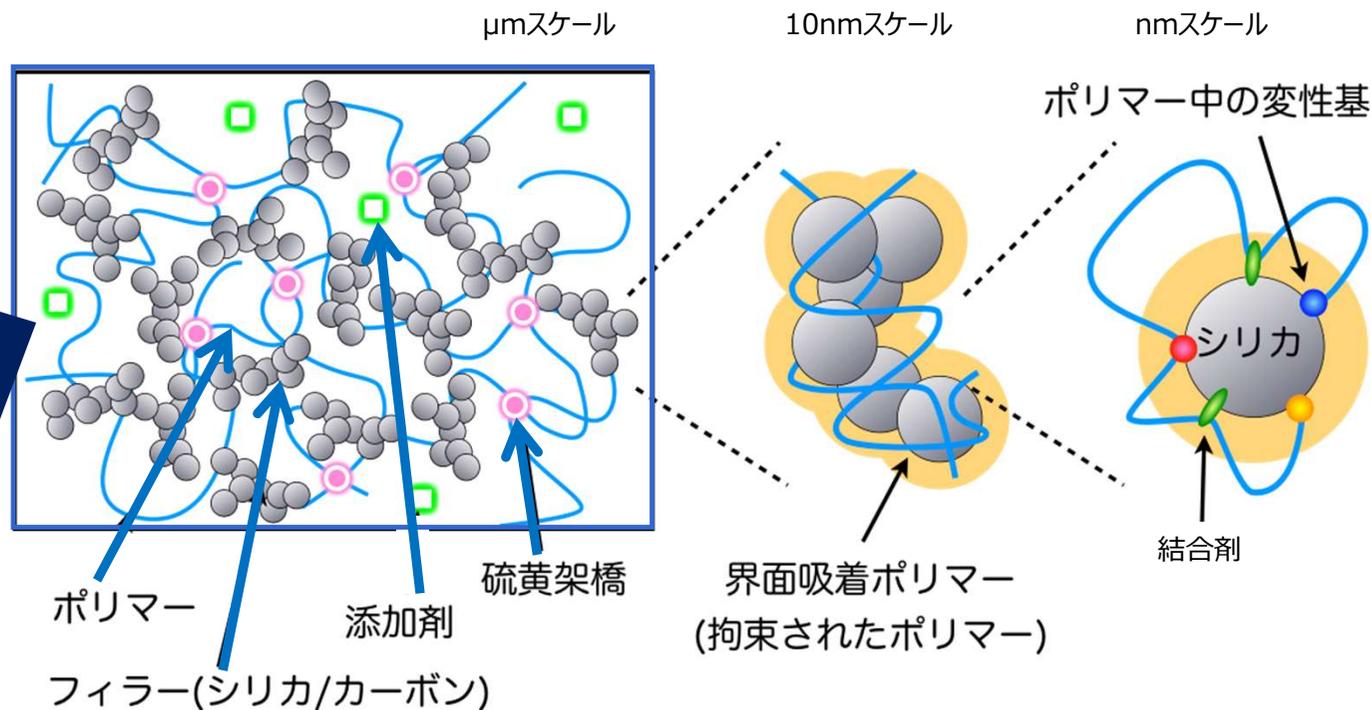


タイヤ用ゴム

タイヤの構造 (例)

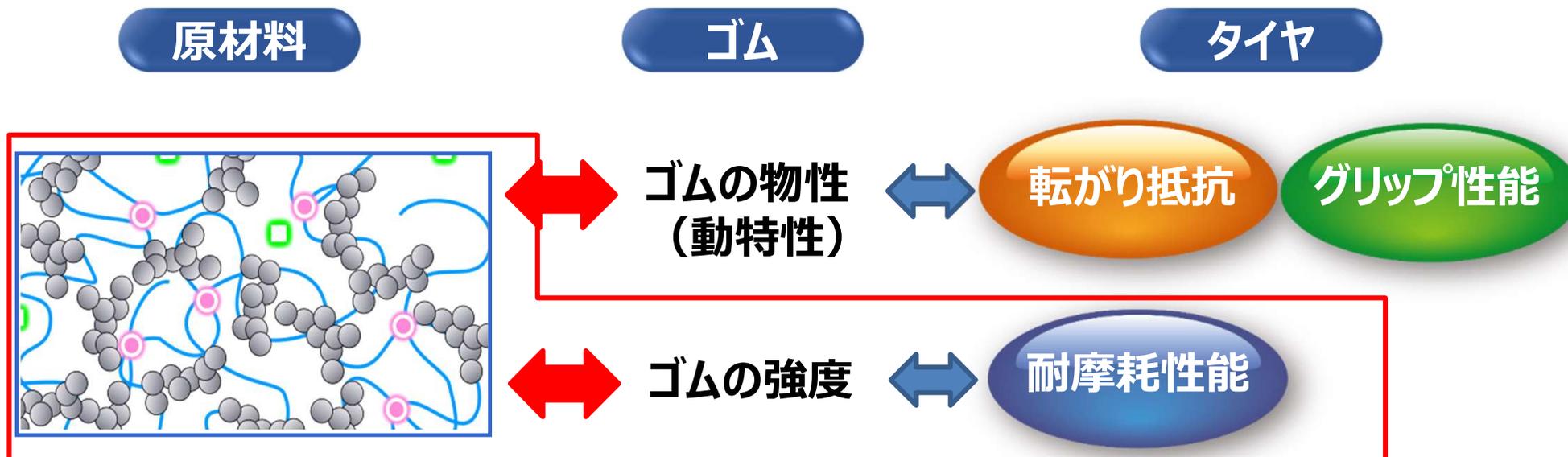


ゴムの中



原材料が複雑に相互作用しゴムの特性を発現

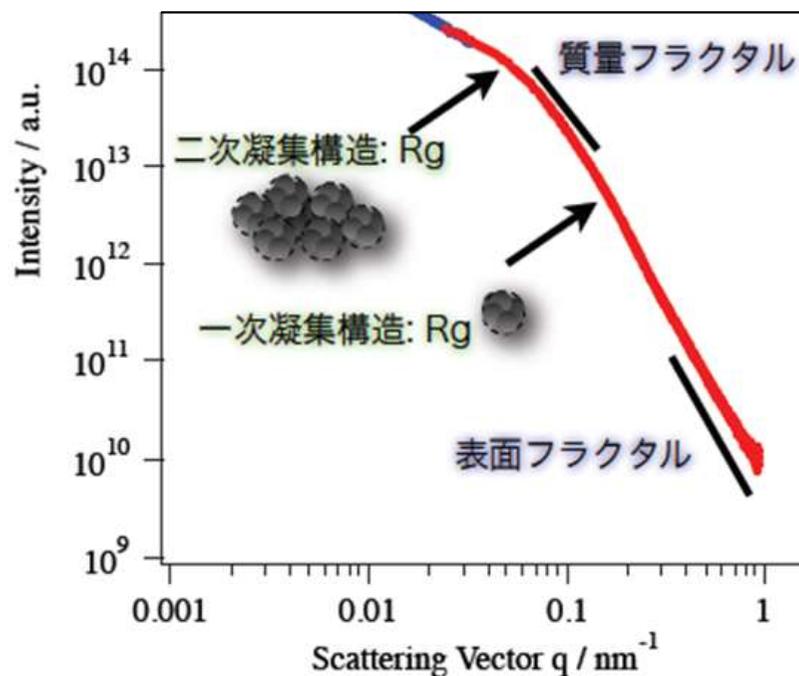
タイヤ用ゴム



ゴムの『材料』と『ゴムの物性・強度』の関係をより詳しく理解することが重要

大規模分子シミュレーションの必要性

SPring-8で得られたフィラーの不均質構造・偏りの大きさ



岸本ら, SPring-8シンポジウム2012, 2012年8月.

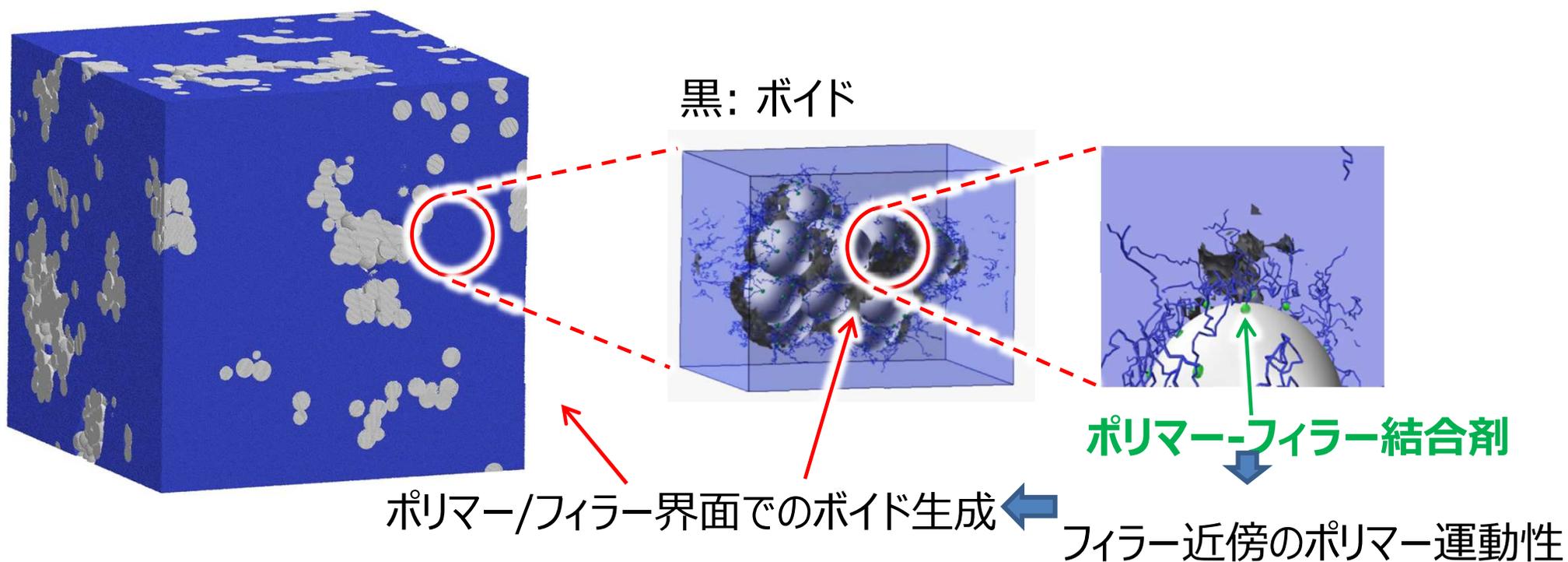
SPring-8での測定から大きなモデルサイズ(サブ μm)が必要なことが分かった

ゴムの粘弾性発現機構はフィラーの分散状態の影響大

高解像度かつ広視野の大規模シミュレーションが必要

京スーパーコンピュータを活用した高強度ゴム材料の開発

高強度、高い耐摩耗性能を有するゴム材料の開発



解析・シミュレーションに基づく高強度ゴムの開発

2016年上市



ADVANCED 4D NANO DESIGN
採用第1弾商品

エナセーブ NEXT II

エナセーブネクストツー

商品コンセプト
ラベリング制度の最高峰[AAA-a]を達成し、さらに「ロングライフ」も実現した低燃費タイヤ

特長

- ダンロップ史上極限にまで高めた低燃費性能
- 高次元のウェット性能
- 耐摩耗性能を向上させたロングライフ

販売サイズ
195/65R15 91H

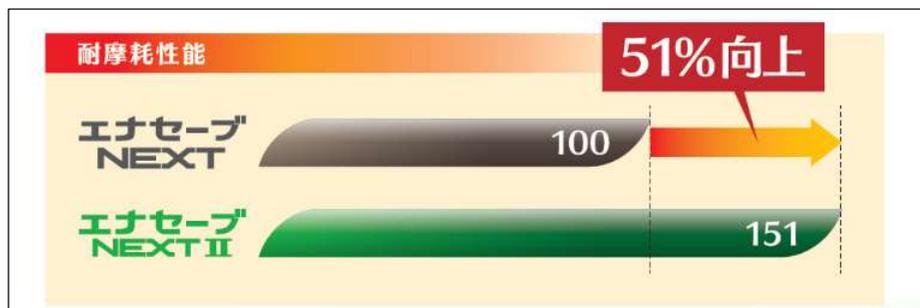


低燃費タイヤ

AAA	AA	A	B	C
a	b	c	d	



グリーン購入法適合商品



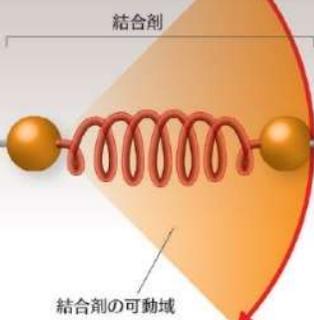
新フレキシブル結合剤



シリカ

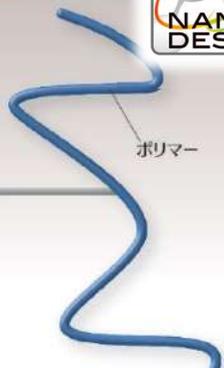


結合剤



結合剤の可動域

ポリマー



※イメージ

結合剤が長い
結合力は同じ

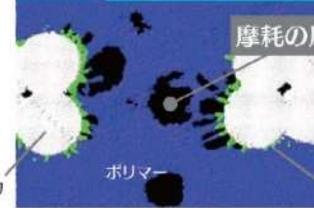
→

可動域が大きい(耐摩耗性能、グリップの両立)
燃費はキープ

確認 シミュレーション

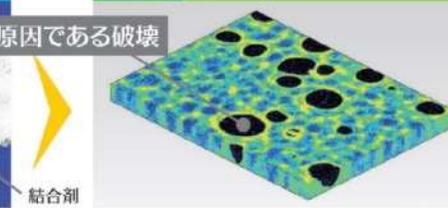
検証 実験

シリカ



ポリマー

摩耗の原因である破壊



結合剤

※イメージ

2017年 日経地球環境技術賞
最優秀賞 受賞



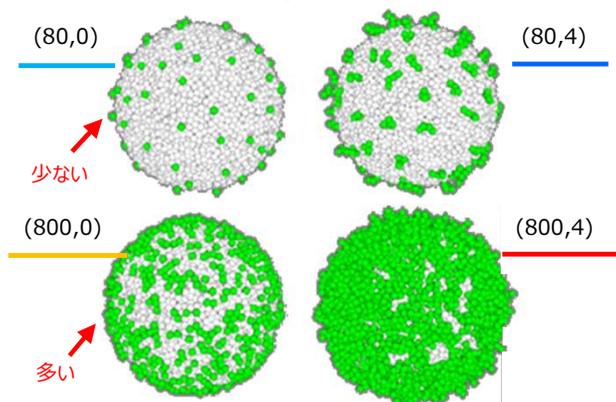
tire
TECHNOLOGY
INTERNATIONAL 2017
AWARDS
FOR INNOVATION AND EXCELLENCE



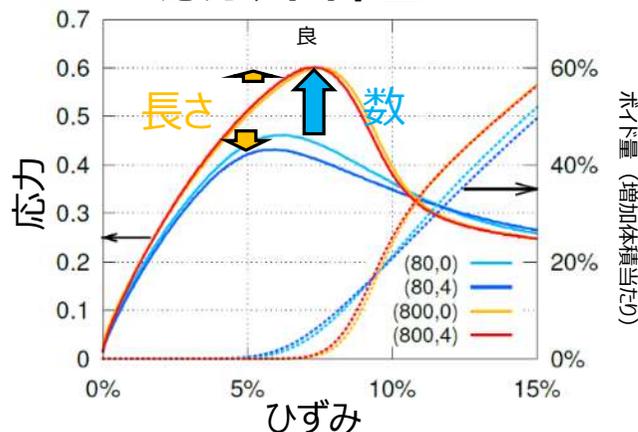
2020年 HPCI利用研究課題優秀成果賞

充填剤/高分子間の構造がゴム強度に及ぼす影響評価

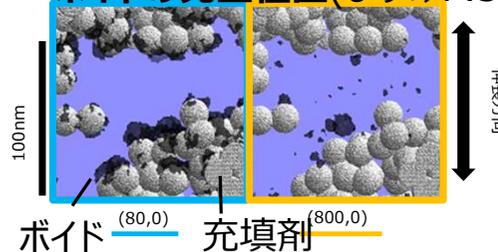
カップリング剤（数, 長さ）違い 4モデル



応力、ポイド量



ポイドの発生位置(ひずみ7.5%)



ソフトウェアの変更により、
従来比2倍のコア当たり性能を達成
(高並列時の効率改善)

結合数の制御により更に高強度化できる可能性



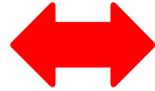
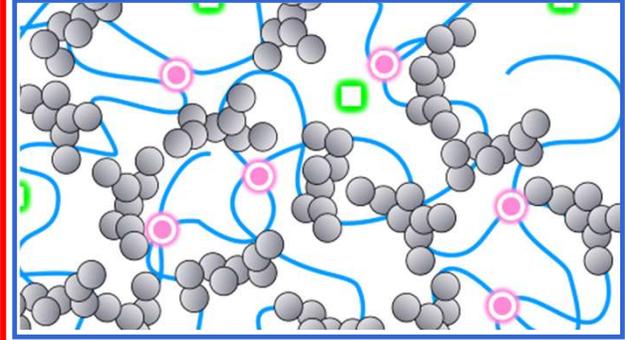
FOCUS様
2021年4月発行
スパコン シミュレーション利用事例集にも掲載

タイヤ用ゴム

原材料

ゴム

タイヤ

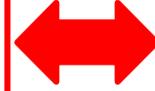


ゴムの物性
(動特性)



転がり抵抗

グリップ性能

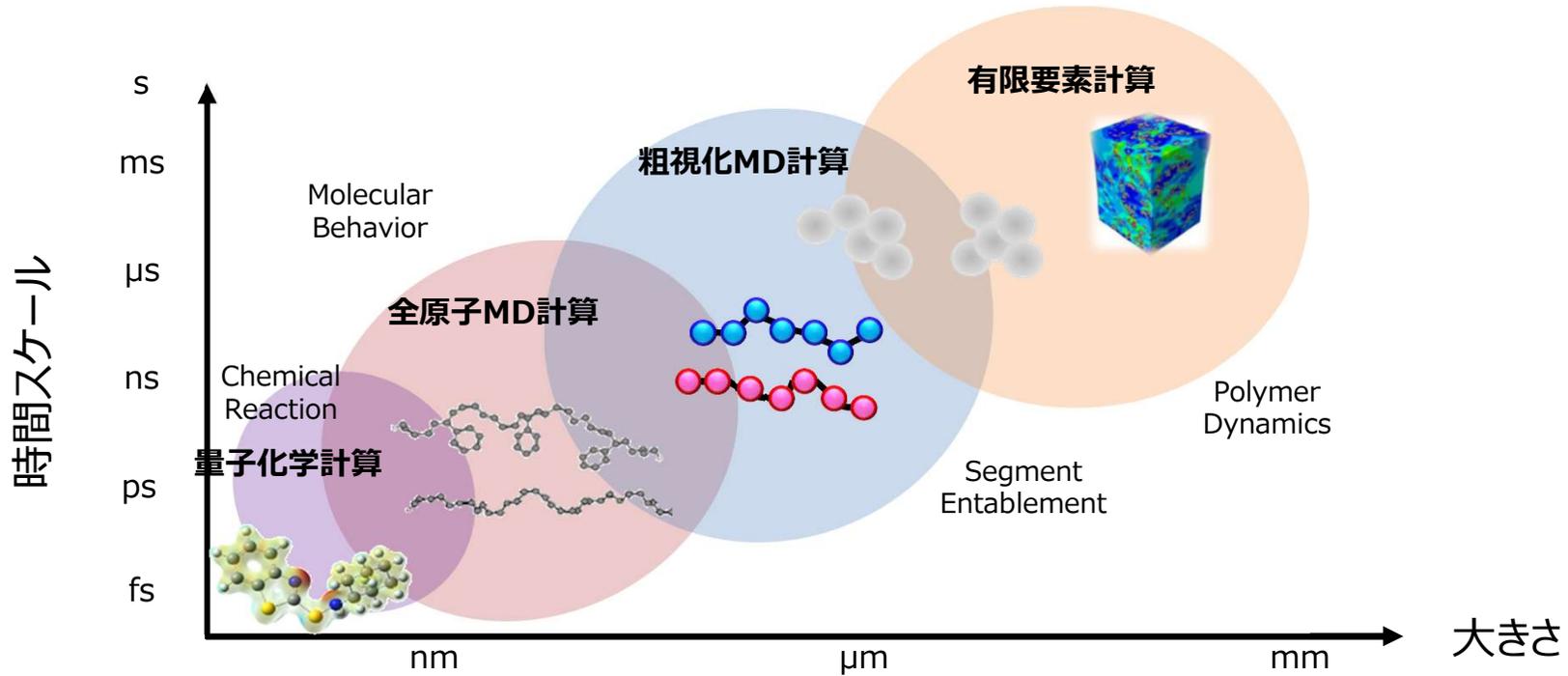


ゴムの強度



耐摩耗性能

マルチスケールシミュレーションの必要性



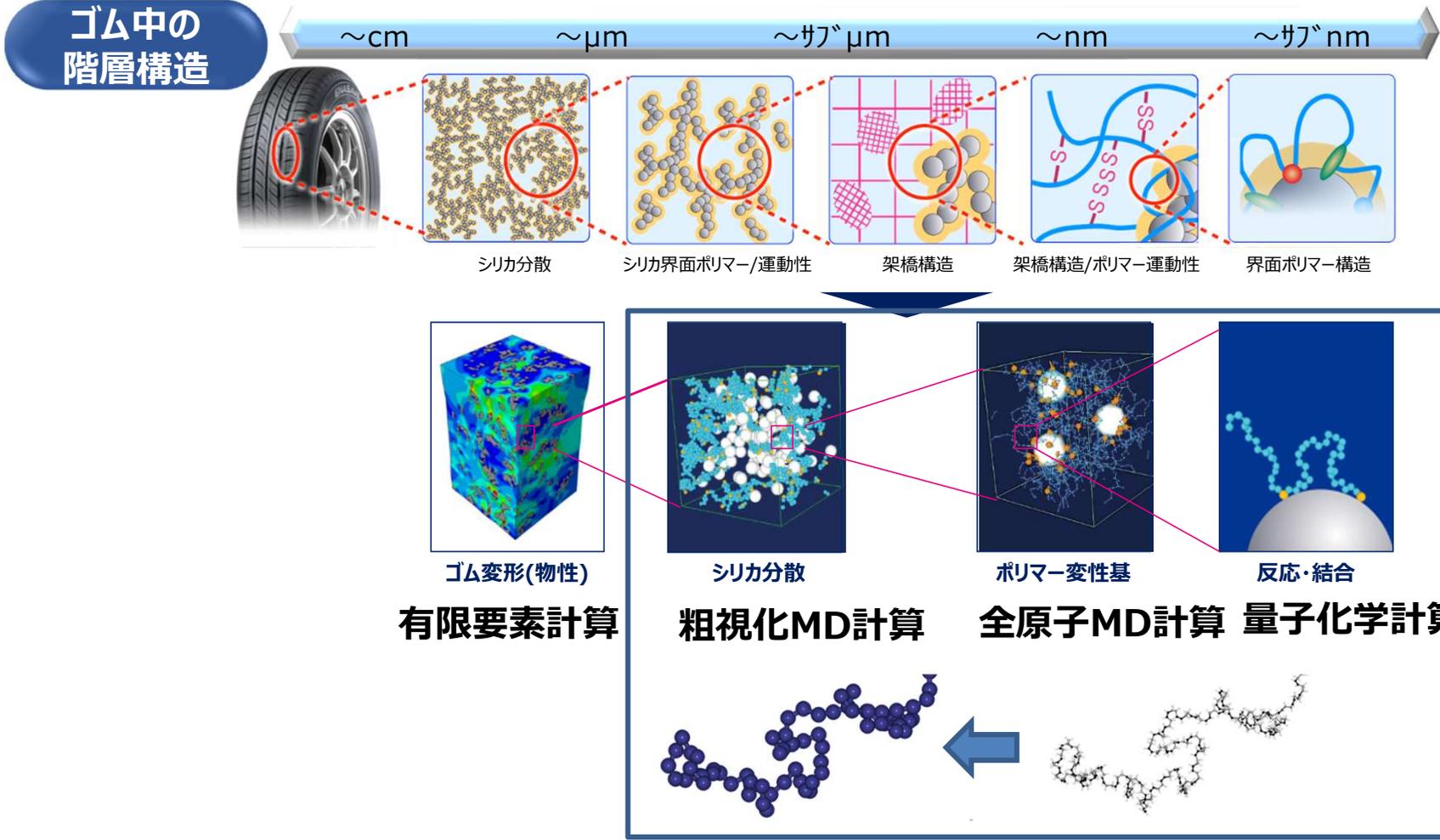
物性(粘弾性特性)を予測するには、大規模かつ長時間の非定常シミュレーションが必要

富岳の活用



「京」の20~30倍の速度で粗視化MD計算が可能

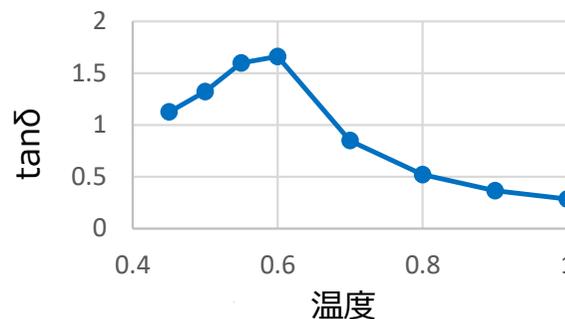
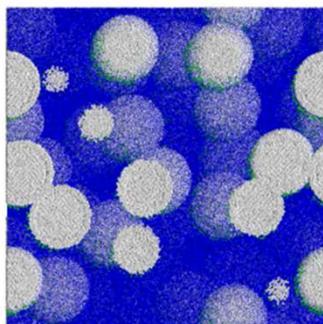
粗視化MDシミュレーションで予測するゴムの粘弾性特性



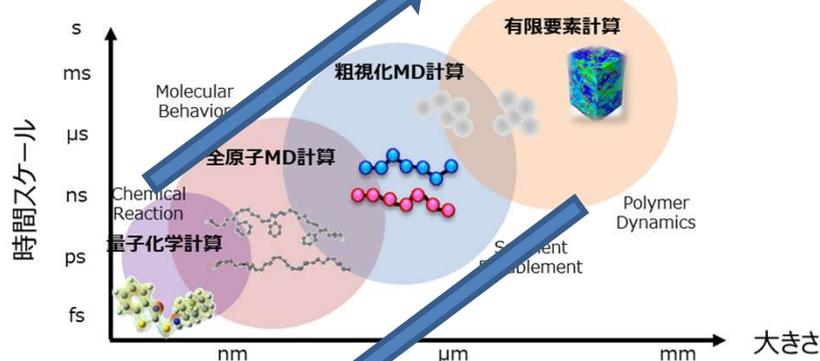
粗視化MDモデルの構築には高精度シミュレーションで得られる情報必要

粘弾性特性予測シミュレーション

計算速度が速くなったことで、長時間の現象をシミュレートできるようになった



分子レベルでの変化が物性などの様に影響するかが分かる



所望の物性を実現できる
分子構造を検討できる

アクティブトレッドの開発背景



様々な要求性能
(路面環境変化、使用用途)

複数のタイヤカテゴリー

性能バランスを変えることにより安全を担保

アクティブトレッドの開発背景

路面の環境変化を利用して性能をスイッチさせる

アクティブトレッド (イメージ)



路面環境により
レーダーチャートが
変化する

1つのタイヤに複数の性能を持たせる “新しい発想”

粘弾性特性予測シミュレーション（実例紹介）

TYPE WET

ACTIVE TREAD

開発コンセプト DRY=WET

雨の日はブレーキ距離が長くなる(不安)

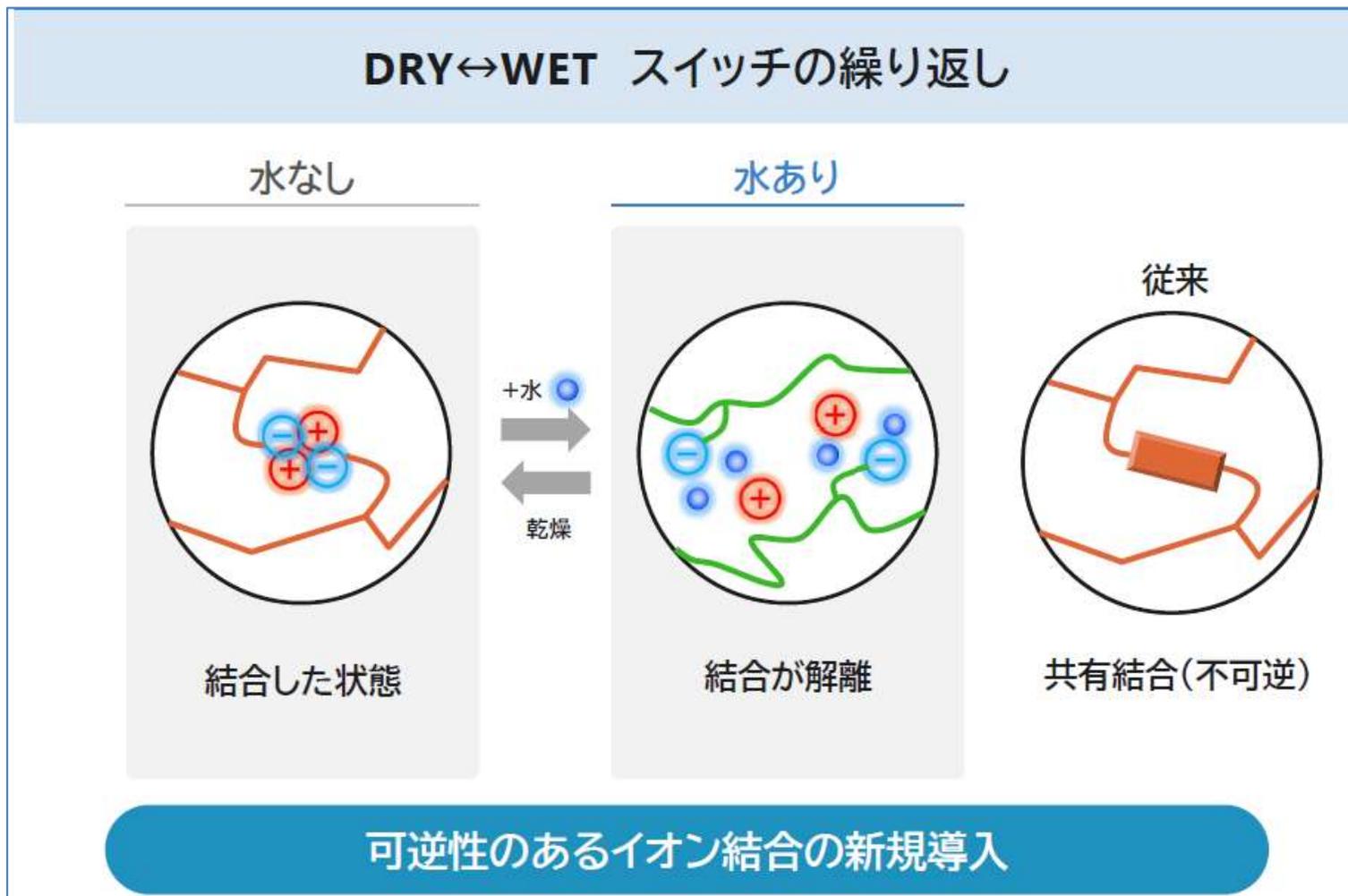
いつでもブレーキ距離が同じ(不安の解消)

水によるスイッチ(TYPE WET)
2023年コンセプトタイヤ発表
@ Japan Mobility Show 18

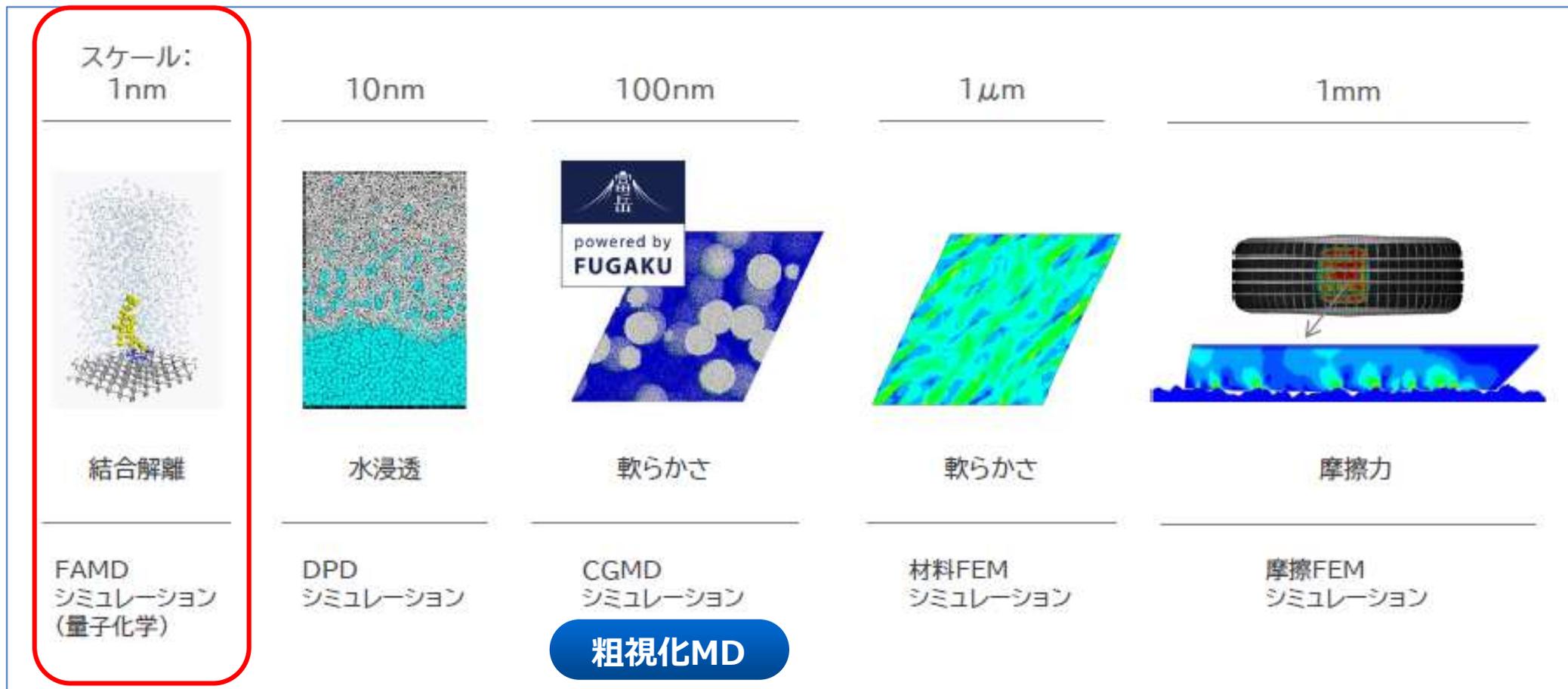
可逆 水

ゴムが水で柔らかくなる
(表面層のみ変化)

粘弾性特性予測シミュレーション（実例紹介）



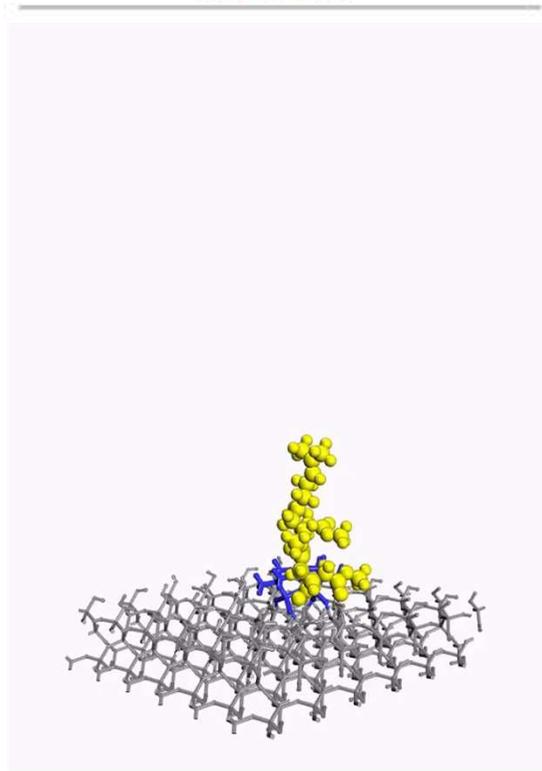
粘弾性特性予測シミュレーション（実例紹介）



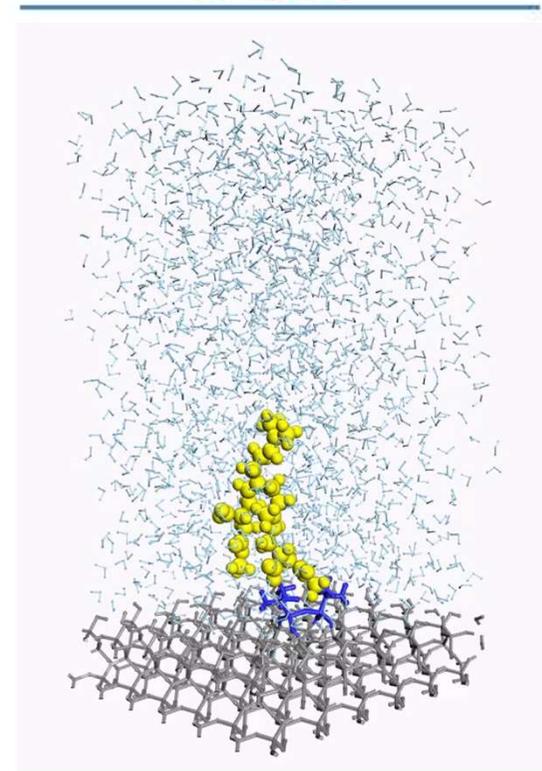
粘弾性特性予測シミュレーション（実例紹介）

フィラー界面 水による結合変化のシミュレーション(全原子MD)

水なし



水あり



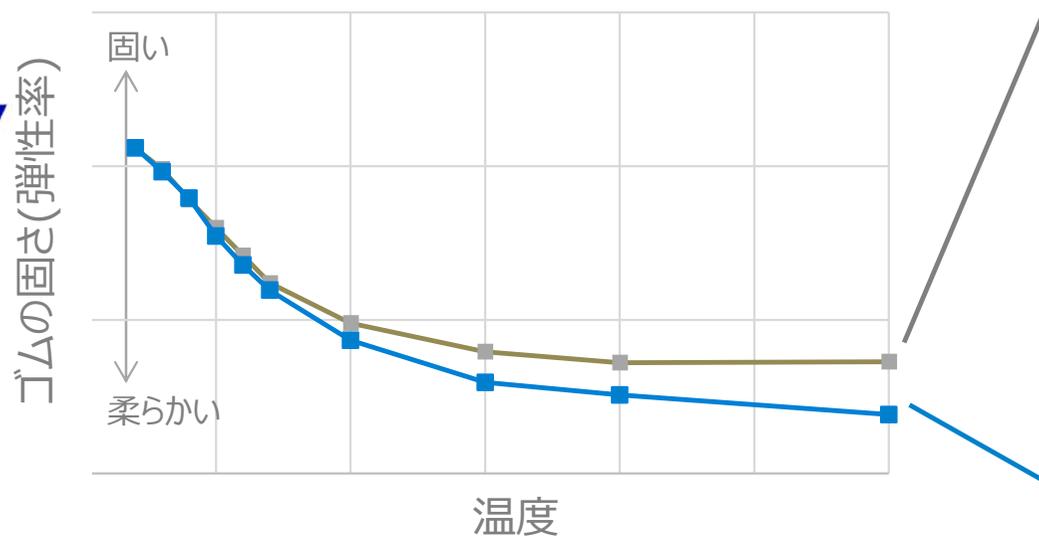
粘弾性特性予測シミュレーション（実例紹介）



粘弾性特性予測シミュレーション（実例紹介）

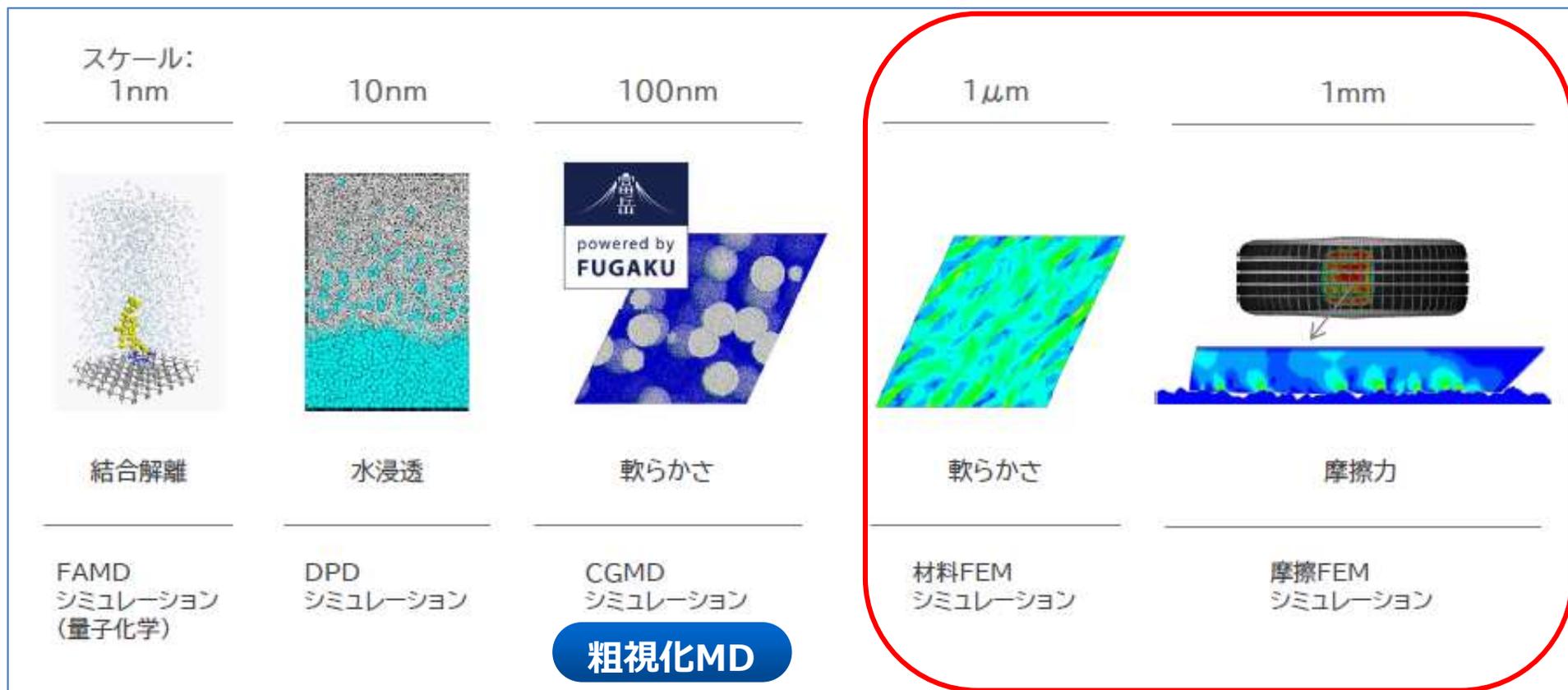


シミュレーション結果



※イメージ

粘弾性特性予測シミュレーション（実例紹介）



分子スケールから実スケールを繋ぐ肝

「富岳」による粘弾性特性予測シミュレーションによって開ける世界

実際のタイヤのゴムはもっと複雑

他にも配合物が有る

- ・ポリマーブレンド（2種類以上のポリマー）
- ・架橋剤
- ・レジン
- ・オイル
- ・老化防止剤
- ・フィラー（シリカ+カーボン）
- ・etc.

工程によって物性が変化する

- ・混練り条件、ミキサーの種類など
フィラー分散、カップリング剤の反応率
ポリマーブレンドの状態など
- ・加硫条件
加硫反応の経路、架橋密度
架橋の分布など

よりリアルなモデルに

より具体的な配合最適化

より具体的な工程最適化

「高い機能・安全性能」の実現と性能維持、「環境負荷低減」を両立した材料設計

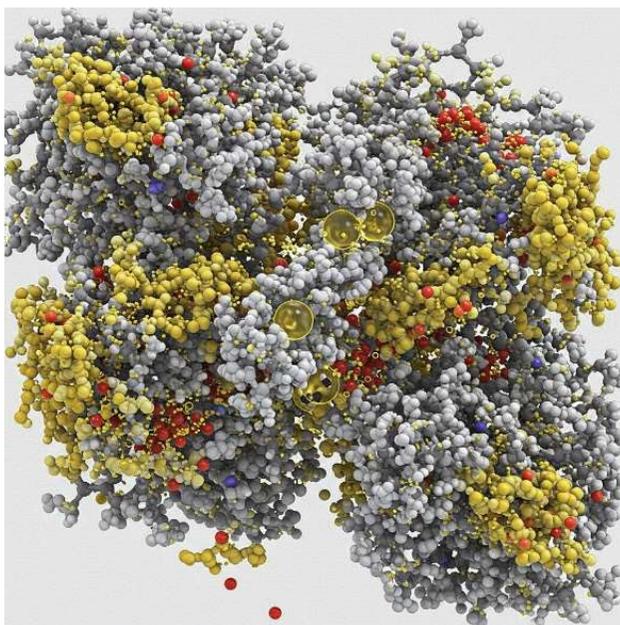
材料開発におけるシミュレーション技術活用メリット

- ① 仮説の検証ができる
実験結果から立てた仮説の確からしさを評価できる
⇒メカニズム解明（何故良くなるのかの裏付けが取れる）
- ② 仮説通りにならない場合、その原因を特定しやすい
他の仮説を立てることに繋がる
⇒次回どんな実験をするべきかの検討に繋がる
- ③ 苦労して有機合成しなくても、いろいろとシミュレーションで
検討できる

ポスト富岳への期待

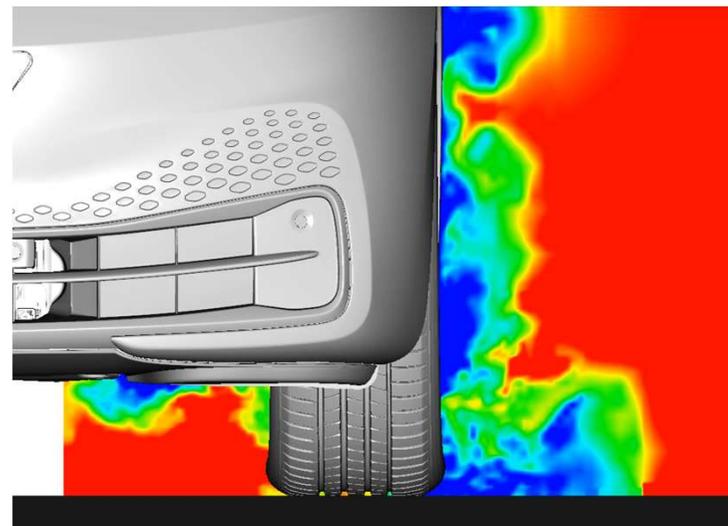
大規模、超並列化で未踏領域をシミュレーション

材料の分子レベルシミュレーション



よりリアルなモデル（イメージ）

空気流体シミュレーション



空力抵抗だけではなく、騒音や振動など他の特性との関連を解析



更に実際の現象に近づけてメカニズム解明

より付加価値の高い製品開発に繋げる

生成AI活用(AI for Science)

基盤モデルに多様な科学研究データを学習させる手法の開発

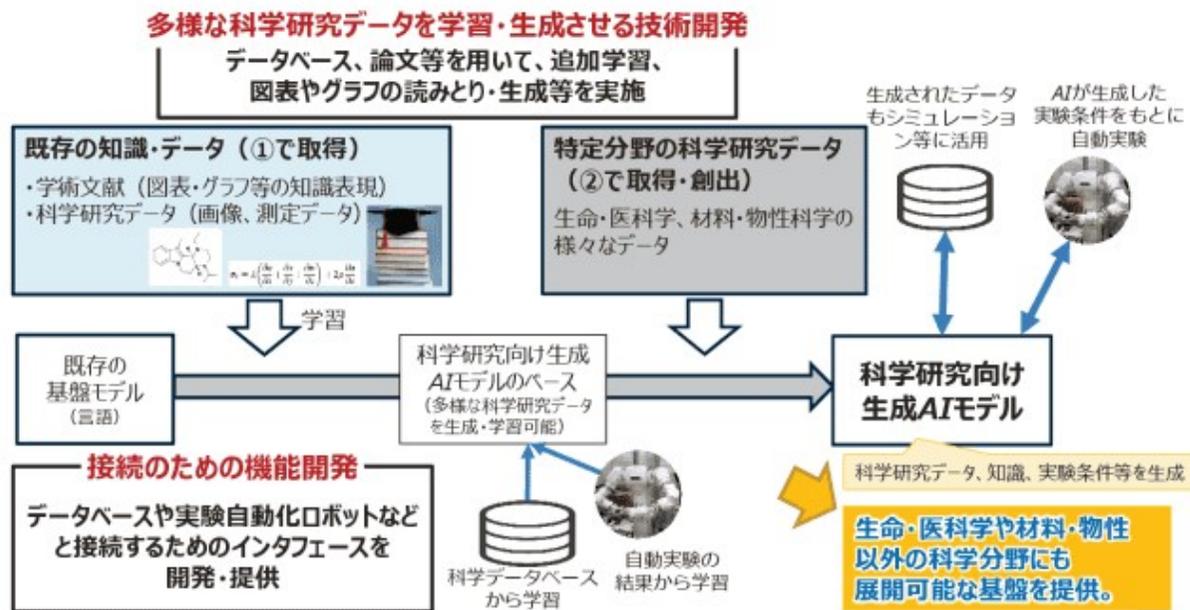


① 科学研究向け生成AIモデル開発・共用の共通基盤技術

- ◆ 科学研究では、言語に加えて、図表やグラフなどの数値情報のほか、様々な種類のデータや知識を使用。このため、既存の基盤モデルも活用しながら、多様なデータ・知識を学習・生成可能とするための技術開発を実施。
- ◆ また、「②特定科学分野の科学研究向け生成AIモデルの開発・共用」で開発する特定科学分野の科学研究向け生成AIモデルと、データベースや実験自動化ロボットを接続するための機能開発を実施。



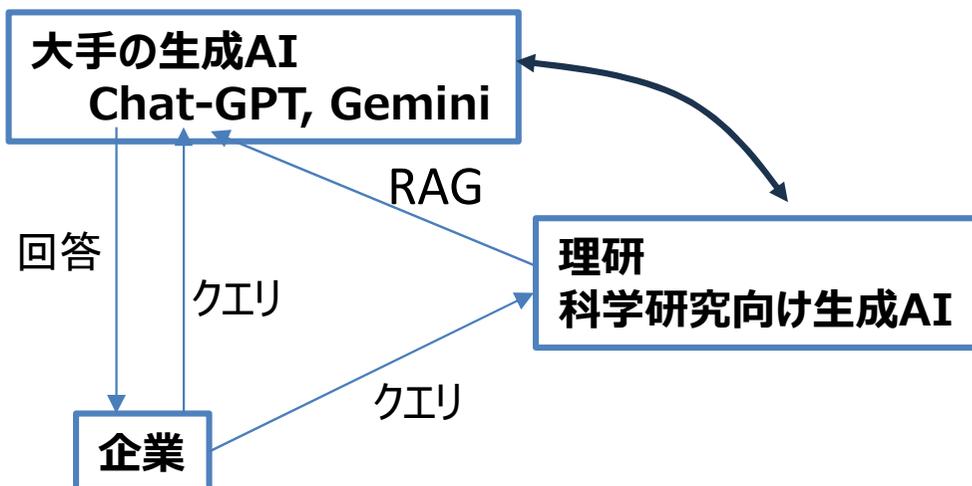
牛久祥孝
(Omron
SinicX/
理研BDR)



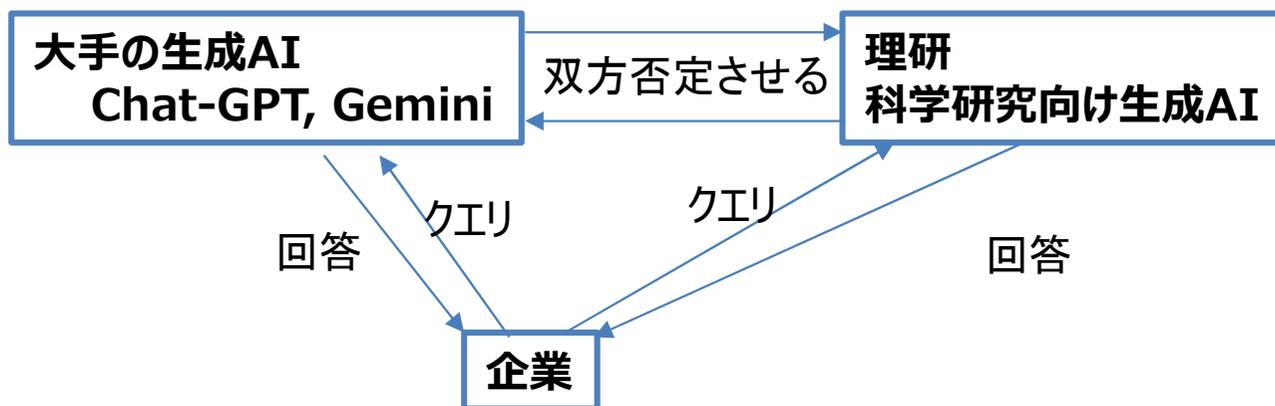
「科学研究向け生成AI」を製品性能向上にも活用したい

RIKEN生成AIの活用イメージ

① RAGとして活用する



② 同じ質問を投げかけてユーザーが選択 (or 問いかける内容で使い分け)



企業、業界を超えた情報共有の場の提供

- 業界内で競争領域と非競争領域を明確化
 - 非競争領域は業界内で協力して環境負荷低減などに取り組む
- 例えば、SCMなどは業界全体で協力することで
CO2排出量の削減、カーボンニュートラルに貢献できないか？



世界中の物流モデルをクラウド内にデジタルツ윈で構築

企業を超えたデータ連携(@EU)

目的: **業界共通の土台、仕組みづくり**

欧州のデータ主権を確立・米国や中国の巨大テック企業への依存を減らす

分散型Cloud Data共有システム



目的: **製造業のデジタルトランスフォーメーション**

(DX) を加速
生産性向上、コスト削減、
イノベーション創出などを
目指す

Catena-Xを土台に産業横展開

目的: **自動車産業のバリューチェーン全体でのデータ共有を促進**

サプライチェーンの効率化、品質向上、トレーサビリティの確保などを
目指す

各業界における土台・仕組みづくり

企業を超えたデータ連携(@EU)

ドイツ : SAP, Siemens, BMW, Bosh etc.
フランス:Dassault Systems, Atos, Orange etc.
他 : TNO(オランダ) , Aruba(イタリア) など

テクノロジープロバイダー : Microsoft, AWS,
Google Cloud, IBM, HPE, Dell, Cisco
コンサルティング: Accenture, Capgemini,
Deloitte
その他: Continentalなども

gaia-x



ドイツ連邦経済エネルギー省が主導
業界団体・研究機関:

VDMA(ドイツ機械工業連盟)

ZVEI(ドイツ電気・電子工業連盟)

Fraunhofer-Gesellschaft

Acatech (ドイツ工学アカデミー)

IT・テクノロジー企業:

SAP, Siemens, Microsoft etc.

製造業:

Volkswagen, **DMG MORI**

自動車メーカー : BMW Group, Mercedes-Benz AG, Volkswagen AG, Ford-Werke
GmbH, Renault, Volvo Cars

自動車部品サプライヤー : Robert Bosch, Schaeffler, Continental, BASF, Henkel,
Gestamp, Magna

IT・テクノロジー企業 : SAP, Siemens, Microsoft, AWS, IBM, Atos, Capgemini

NTT Communications

他多数の企業が参画 (ドイツ政府が支援しており、ドイツ企業が多数参加)

企業を超えたデータ連携(@EU)

技術的な基盤の構築が進み、
各分野でのデータベース構築開始

データ連携のネットワーク拡大



GAIA-X基盤を活用したセキュアな
データ共有基盤（データスペース）
の構築進行中

ユースケース

- ・サプライチェーン最適化
- ・機械設備の余地保全
- ・工場でのエネルギー消費量最適化
- ・製品ライフサイクル全体でのデータ共有
→リサイクル率向上、資源有効活用

Manufacturing-Xの取り組みをグ
ローバルに広げるための
**International
Manufacturing-X**
協議会発足

・データ主権を確保しつつ、セキュアなデータ共有を実現するためのルールやガイドライン策定

・データ共有のための標準的なデータモデル（例：CO2排出量）が開発・適用

トレーサビリティ：一部のサプライチェーンで実証実験中

→リコール発生時の迅速対応、品質問題の原因特定につなげる

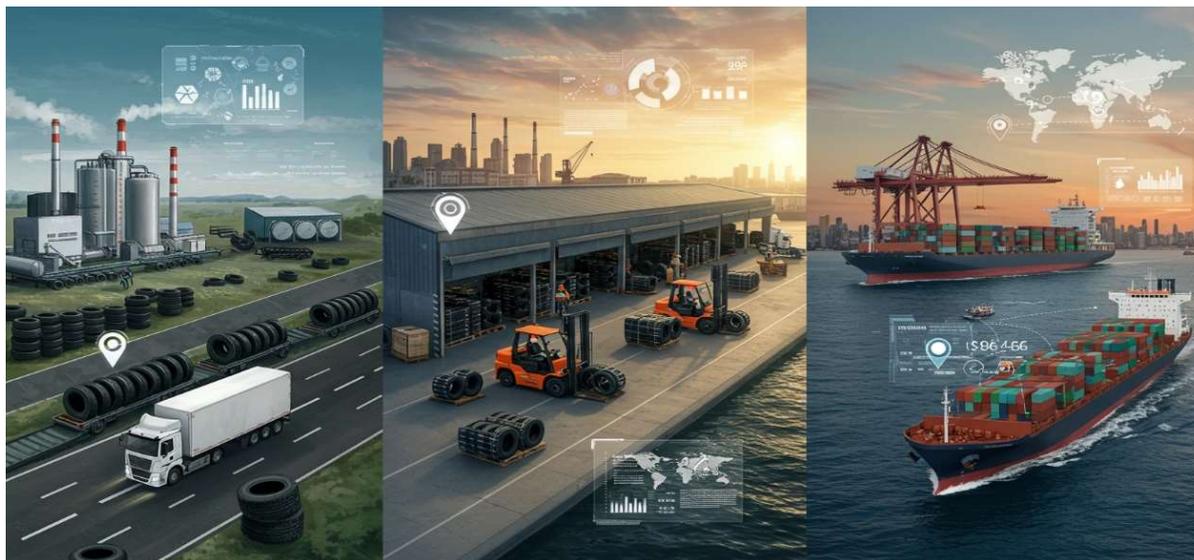
CO2排出量可視化：サプライチェーン全体のCO2排出量可視化⇒削減目標設定、対策の具体化

→サプライチェーン全体での脱炭素化を推進

需要予測：販売データ、生産計画などの共有⇒サプライチェーン全体の効率化に貢献

グローバルスタンダードになる可能性も？

企業・業界を超えて製品Life-cycle全体を最適化



各社工場から倉庫

倉庫から港

港から港



最適ルートを自動探索
→CO2排出量削減

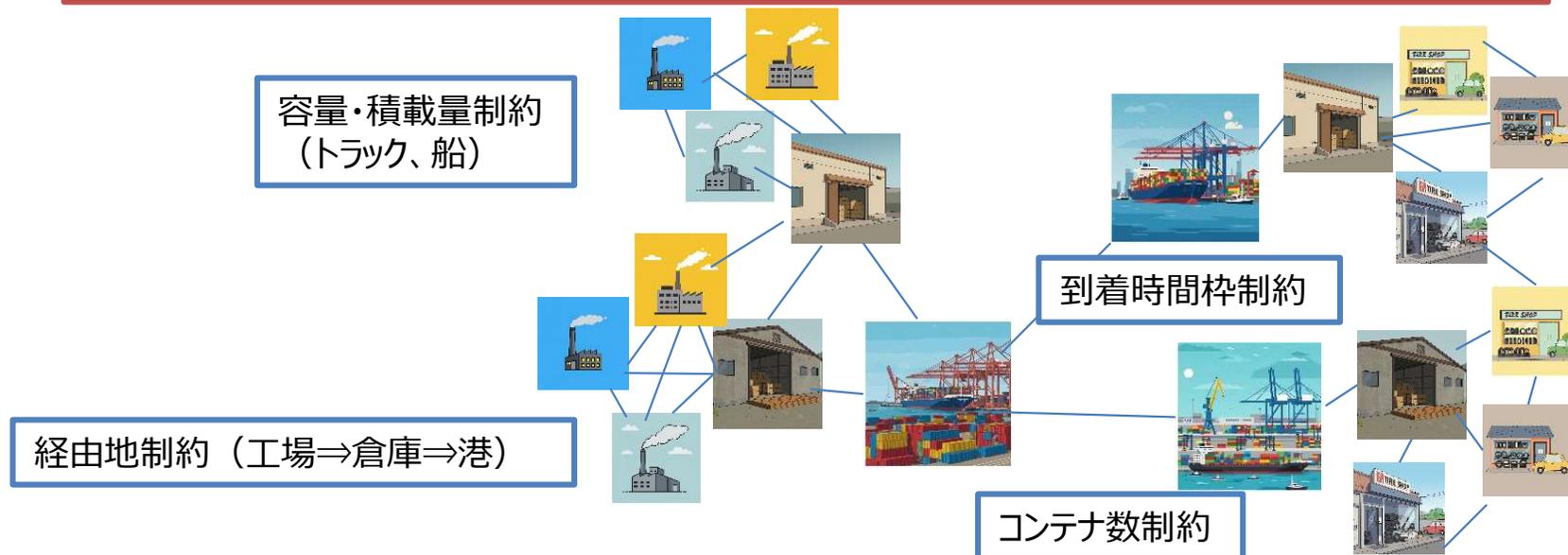
最適な組み合わせ探索に計算リソース必要

サプライチェーンにおける大規模輸送最適化問題

⇒巡回セールスマン問題 (TSP) + ナップサック問題 の変種

⇒ 最適解探索が困難になる

総移動コスト（距離、時間、費用、CO2排出量など）を最小化する経路を探索



複数の配送先への配送ルートと積載計画を同時に最適化する問題

最適な組み合わせ探索に計算リソース必要

業界、業界もまたいで全体での最適解を求める⇒大規模化
(会社数×工場数×倉庫数×(販売店数、工場数))

配送ルート最適化+輸送におけるパッケージング最適化

⇒メタヒューリスティック解法が有効
遺伝的アルゴリズム(GA)、Simulated annealing など



組合せ最適化問題

並列化効率上げやすい
量子コンピュータの有効活用も可能

計算時間が短いと、パンデミック時の対応でも活用できるかも？

ポスト富岳への期待まとめ

ポスト富岳への期待

① 高速演算性能

大規模モデルを高精度で計算

② 科学に特化した生成AI

科学研究向け生成AIに期待

③ 企業、業界を跨いだ情報連携プラットフォーム
と大規模なモデルでの最適解探索機能



社会課題の解決に貢献

材料開発におけるシミュレーションで紹介したものには、理化学研究所のスーパーコンピュータ「京」および「富岳」を利用して得られたものが含まれています。

課題番号 : hp120032, hp140049, hp150183, hp160182
hp170063, hp180064, hp190006
hp210040, hp220033, hp230023



ゴムの先へ。はずむ未来へ。



以上