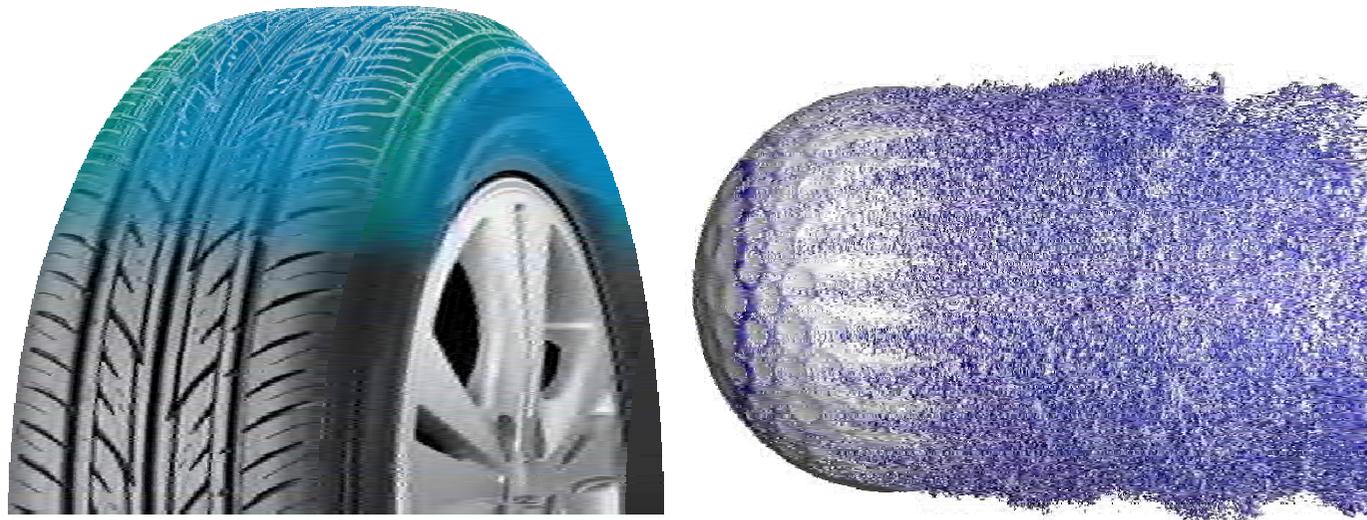


スパコンを使った 「タイヤ」や「ゴルフ用品」の開発



住友ゴム工業株式会社
研究開発本部 研究第一部

住友ゴムグループでは

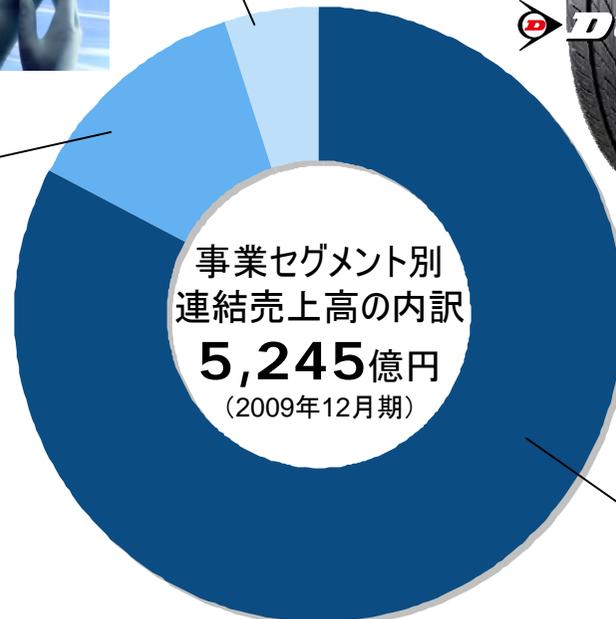
様々な商品開発にコンピュータシミュレーションを活用



スポーツ事業
12.4% (652億円)

SRIスポーツ

産業品・その他事業
4.9% (259億円)



事業セグメント別
連結売上高の内訳
5,245億円
(2009年12月期)



住友ゴム工業株式会社

住友ゴムグループ

住友ゴムシミュレーションの発展

DIGI-TYRE

Digital Rolling Simulation

デジコンパウンド

Digital Impact

初代スパコン導入 デジタイヤ デジタルインパクト デジタイヤII デジコンパウンド発表 デジタイヤIII発表

1990

2000

2010

シミュレーション
専門部門立ち上げ

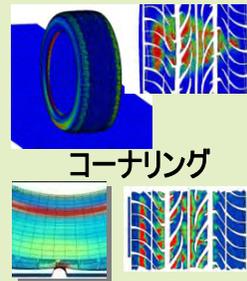
タイヤ
静解析



変形・剛性・耐久・RR

DRS I

タイヤ転動特性

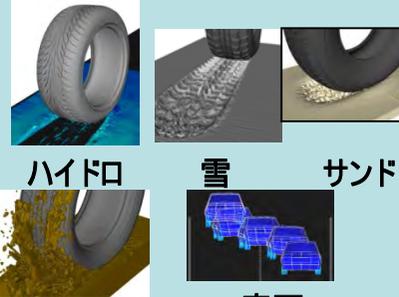


コーナリング

NVH 摩耗

DRS II

路面環境・車両



ハイドロ

雪

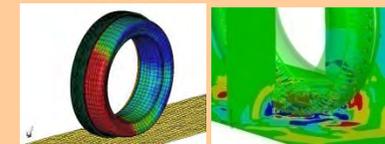
サンド

マッド

車両

DRS III

空気騒音

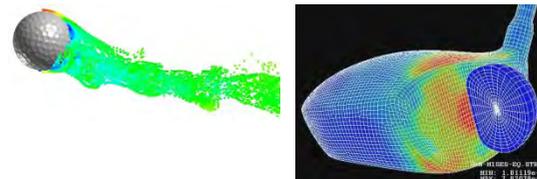


空洞共鳴

パターンノイズ

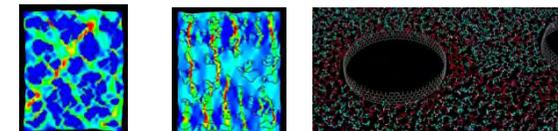
スポーツ用品

デジタル
インパクト



デジ
コンパウンド

ゴムのミクロナノレベル



転がり抵抗

グリップ

摩耗

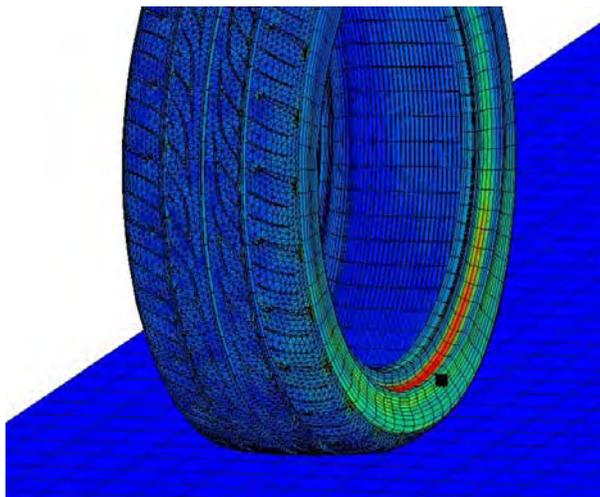
DRS : Digital Rolling Simulation

実際に見ることが困難な現象をシミュレーションで解析して観る

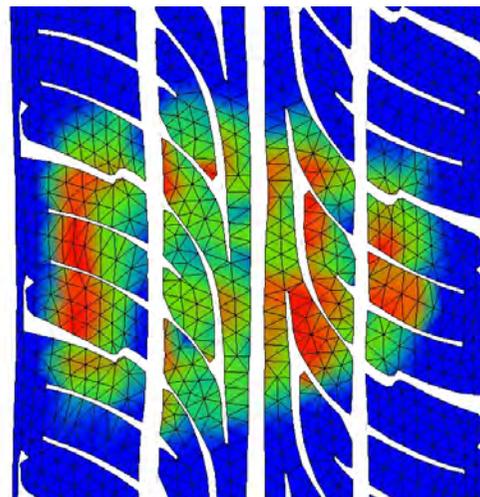
DRS (Digital Rolling Simulation)

見えないもの(実際に観測、計測できないもの)

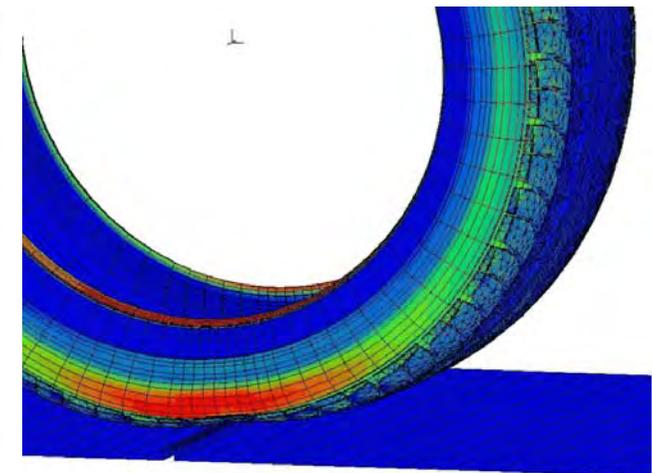
: **転動中**のタイヤの接地面やタイヤ内部の挙動



転動中にタイヤに
発生する力



転動中のタイヤ
接地面



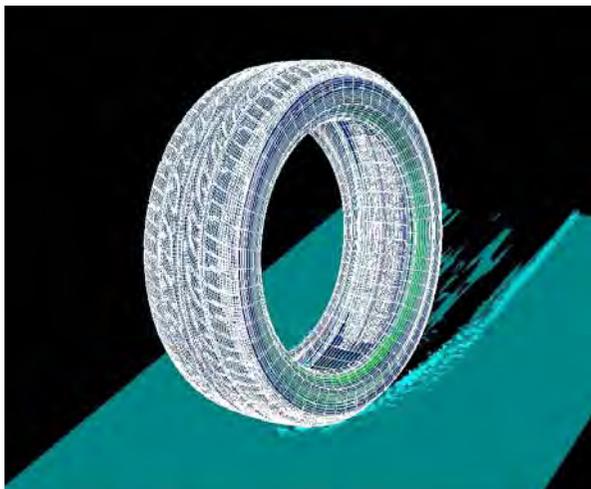
突起乗越時に
タイヤにかかる応力

実際に見ることが困難な現象をシミュレーションで解析して観る

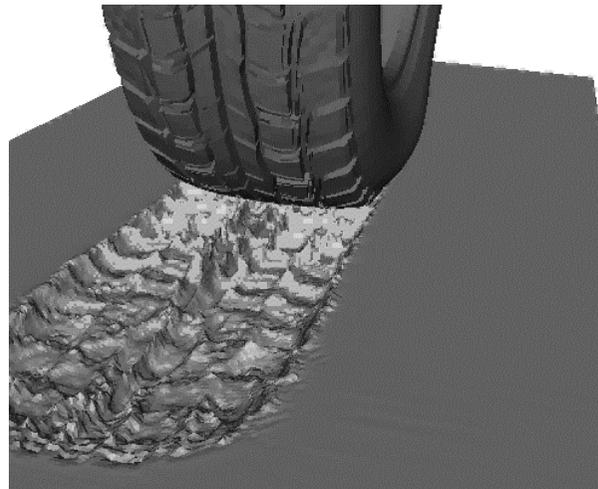
DRS II

見えないもの(実際に観測、計測できないもの)

: **路面環境**とタイヤの相互作用



ハイドロプレーニング現象



雪上走行



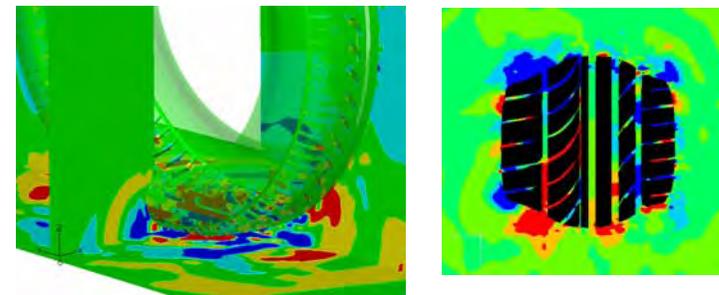
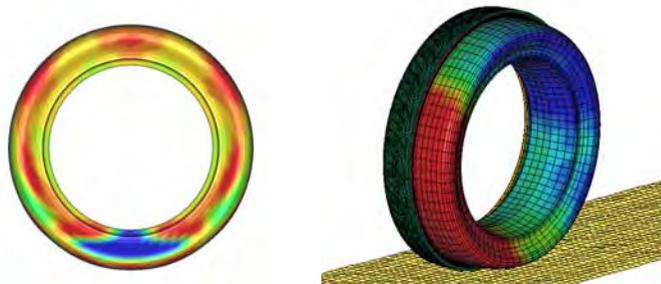
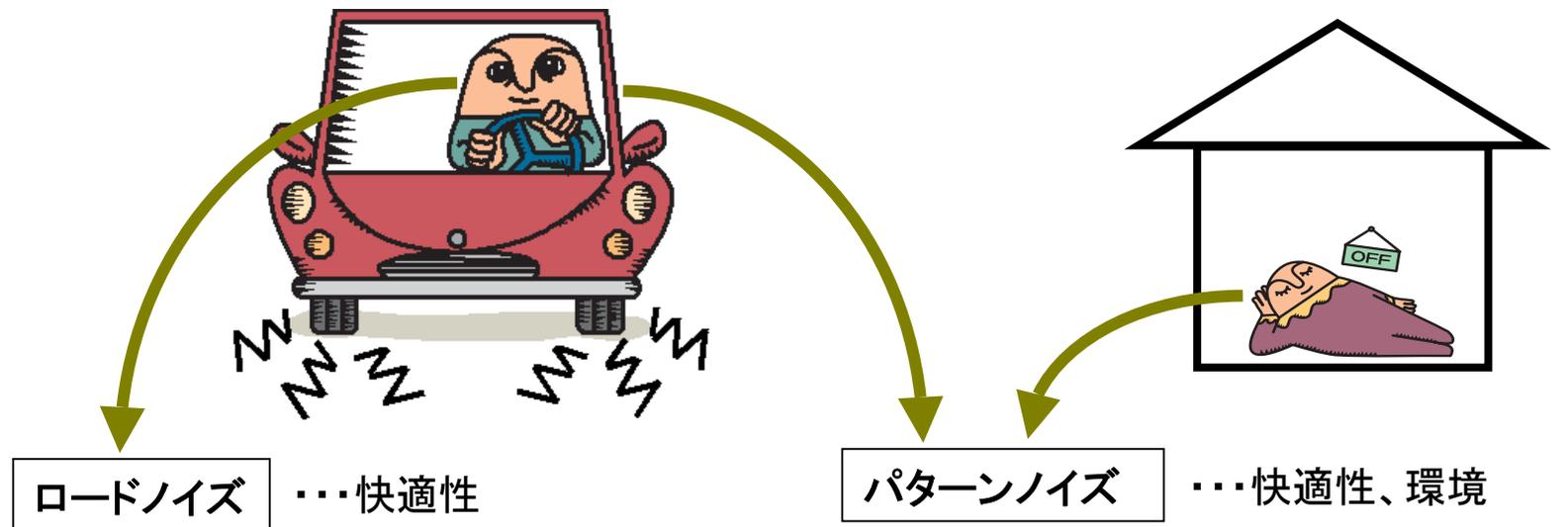
泥濘地走行

実際に見ることが困難な現象をシミュレーションで解析して観る

DRSⅢ

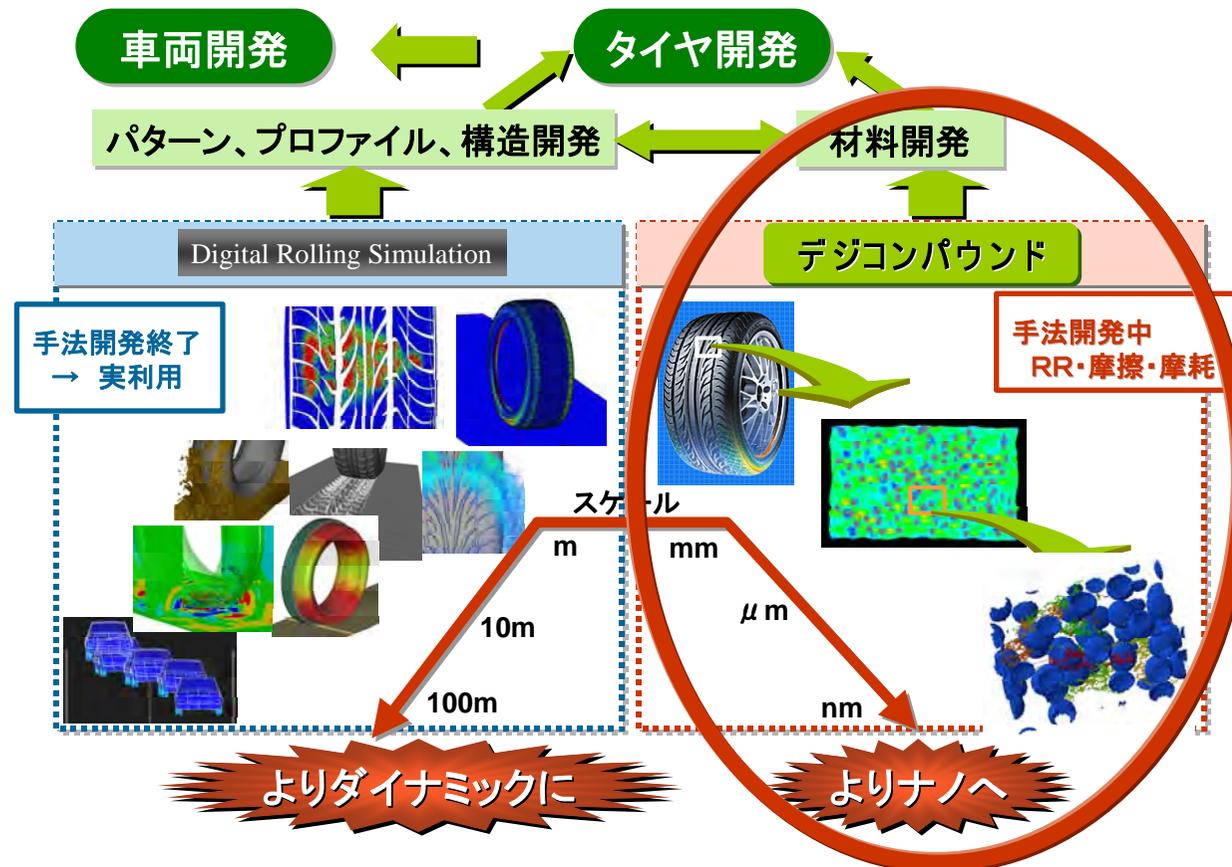
見えないもの(実際に観測、計測できないもの)

: タイヤから発生される騒音源と伝達経路



今後

- タイヤ形状設計に寄与するシミュレーションは完成
- 今後の低燃費化に対応→高機能ゴム材料開発が必要
→ナノ材料シミュレーションの開発



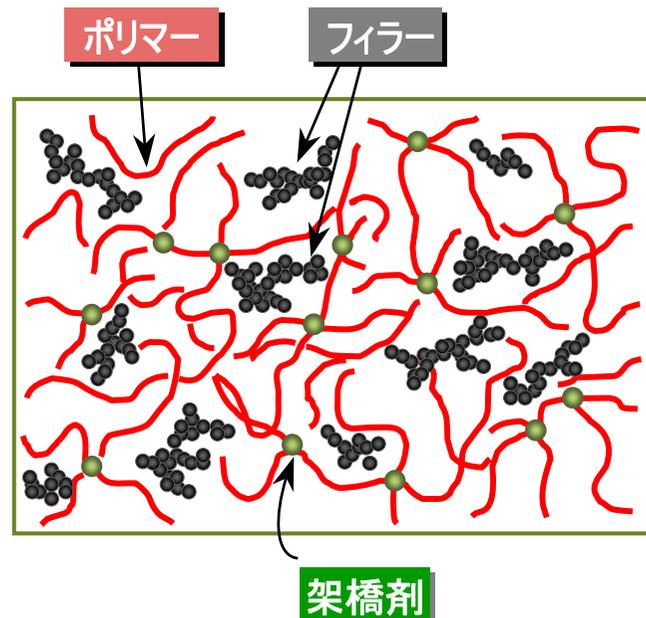
ナノ材料シミュレーション

DIGI-TYRE

デジコンパウンド

ゴムとは

ゴム中のイメージ図



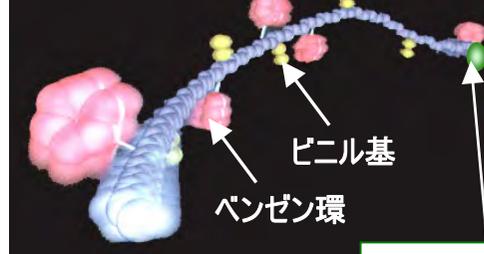
原材料

ポリマー ゴムの骨格材料

天然ゴム、合成ゴム
⇒ 柔らかく良く伸びる

マイクロ構造、分子の長さ、変性

合成ゴム



末端変性

フィラー ゴムの補強材料

カーボン、シリカ
⇒ ①強く→摩耗性能を上げる
②エネルギーロスを生じる
→燃費やグリップに影響する

大きさ、形、表面活性

カーボンブラック

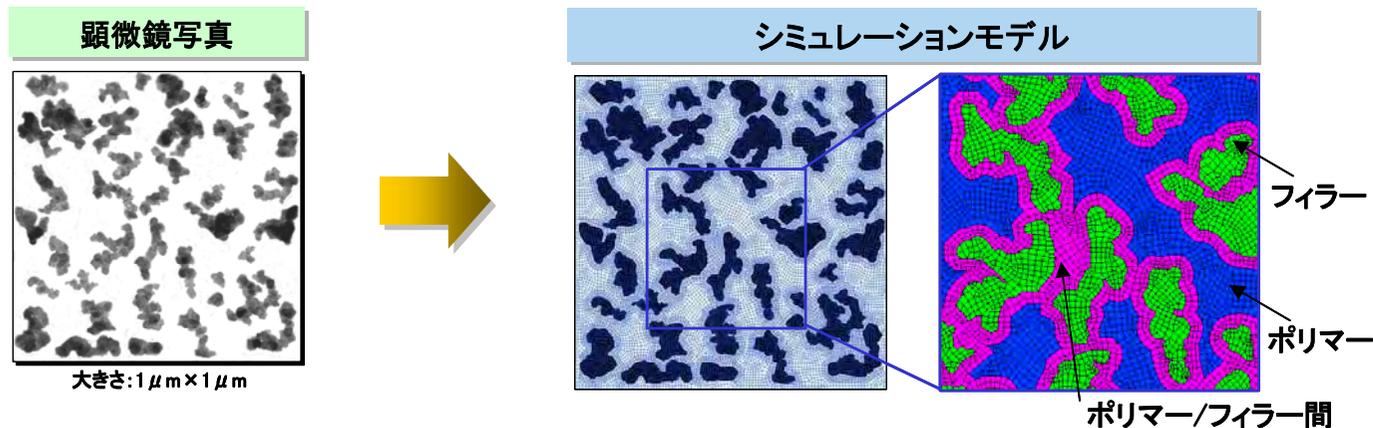


表面官能基

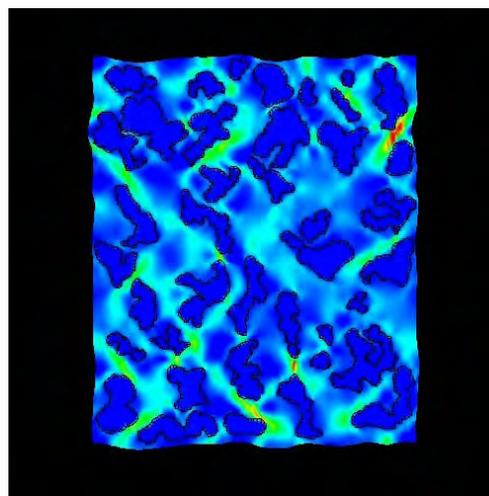
架橋剤 タイヤに仕上げる添加剤

硫黄、加硫促進剤

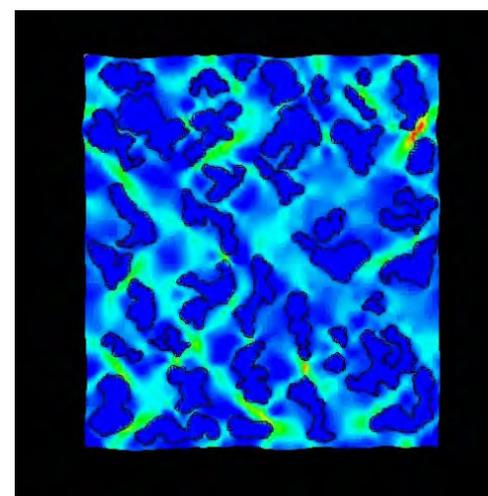
これまでのナノ材料シミュレーション



エネルギーロス



グリップ条件



燃費条件

住友ゴム：ダンロップタイヤ

DIGI-TYRE

デジコンパウンド

高性能・快適性タイヤ



2006年発売

LEMANS
LM 703

吸音スポンジ付き
コンフォートタイヤ



2007年発売

VEURO
VE302

吸音スポンジ付き
プレミアムタイヤ

低燃費・エコタイヤ



2008年発売

ENASAVE 97

97%石油外天然資源使用
ころがり抵抗35%低減
(EC201比)



2009年発売

ENASAVE
RV 503

ころがり抵抗20%低減
(RV502比)



2009年発売

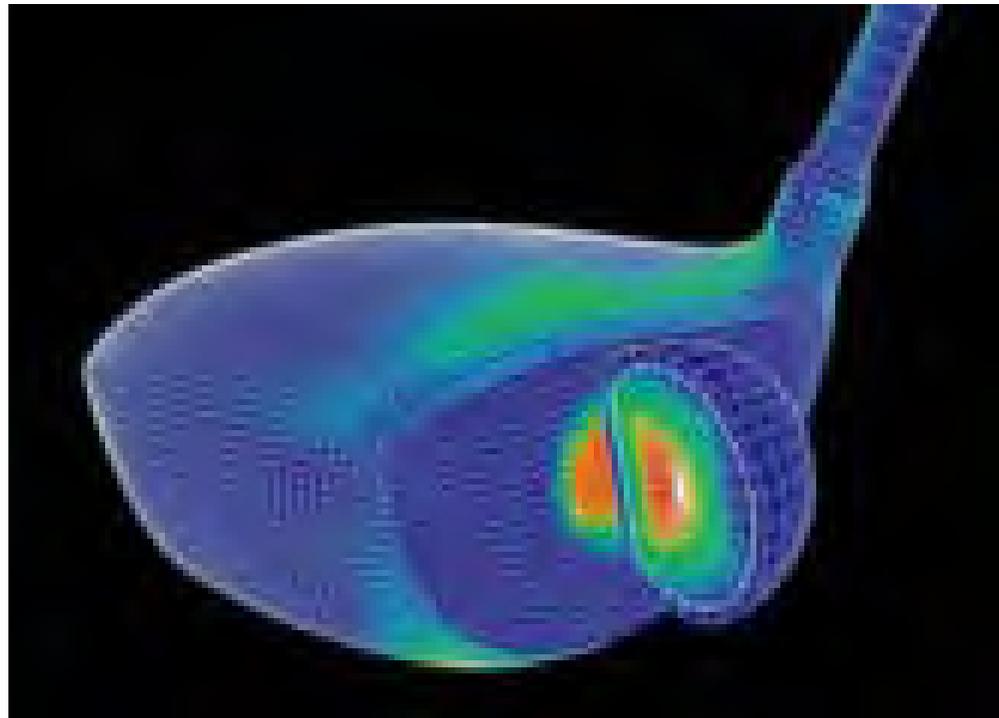
ENASAVE
EC202

ころがり抵抗20%低減
(EC201比)

実際に見ることが困難な現象をシミュレーションで解析して観る
デジタルインパクト

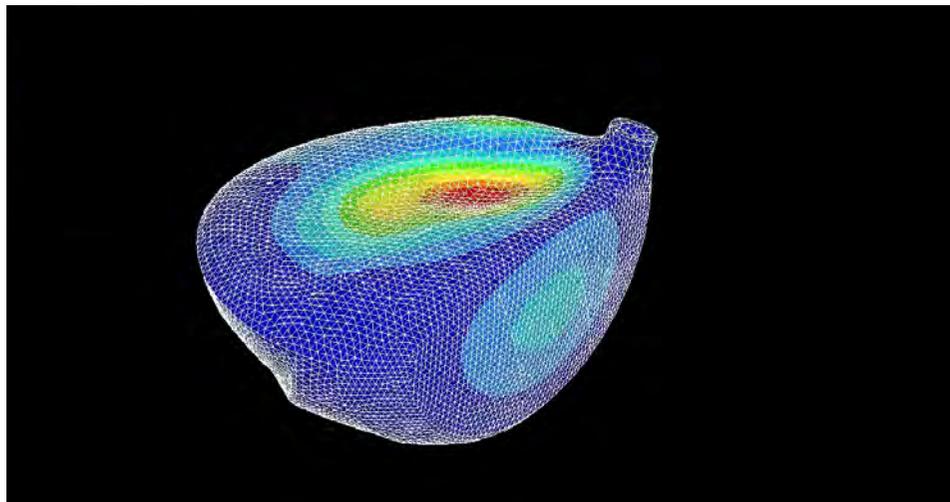
見えないもの(実際に観測、計測できないもの)

: **5/10000秒**という短いインパクトの瞬間での現象

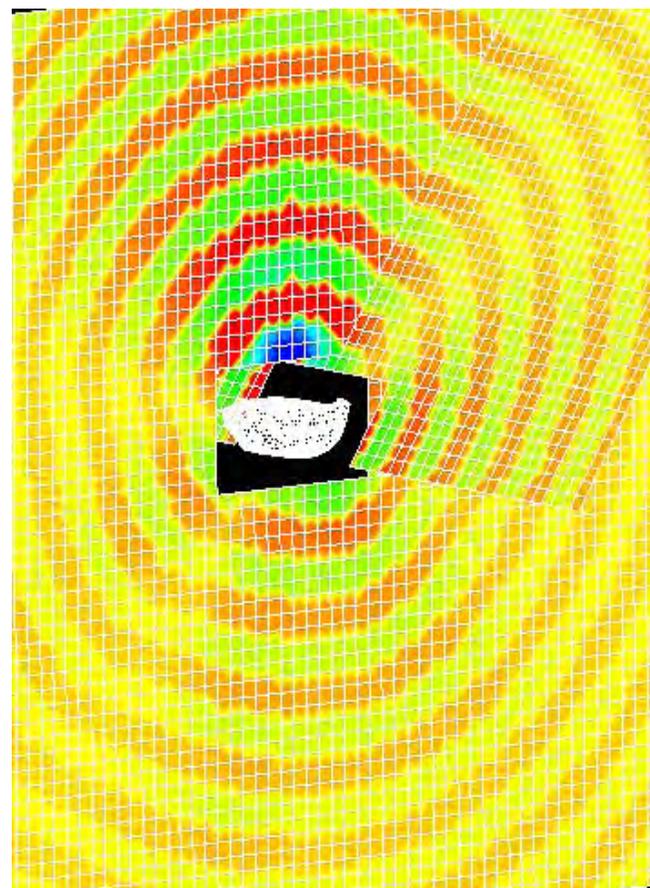


実際に見ることが困難な現象をシミュレーションで解析して観る デジタルインパクト

見えないもの(実際に観測、計測できないもの)
： 音の発生メカニズム



クラブのモード解析



打球音の伝達解析

住友ゴムシミュレーションの活用：ゴルフ

Digital Impact

ゴルフクラブ商品

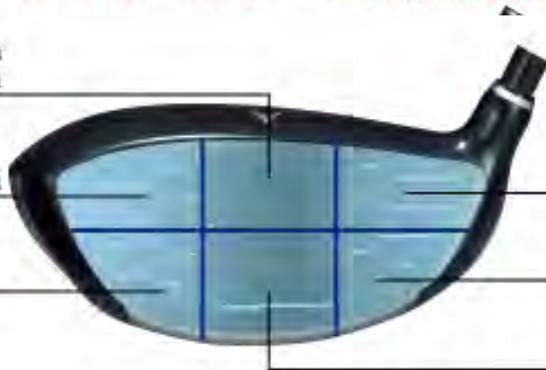


フェースのバルジとロールを6分割に設計

バルジ半径:15.5inch
ロール半径:12.5inch

バルジ半径:15inch
ロール半径:12.5inch

バルジ半径:15inch
ロール半径:16inch

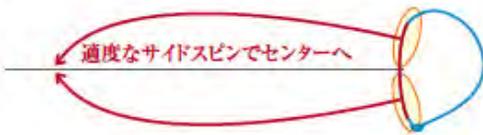


バルジ半径:16inch
ロール半径:12.5inch

バルジ半径:16inch
ロール半径:16inch

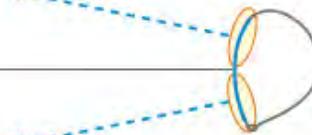
バルジ半径:15.5inch
ロール半径:16inch

【バルジ設計の効果】トゥ・ヒールでの打点の場合



新・XXIO

サイドスピンの少なくセンターに戻りきらない



一般的なドライバー

【ロール設計の効果】フェース下部での打点の場合

高い弾道で伸びる



新・XXIO

弾道がドロップ

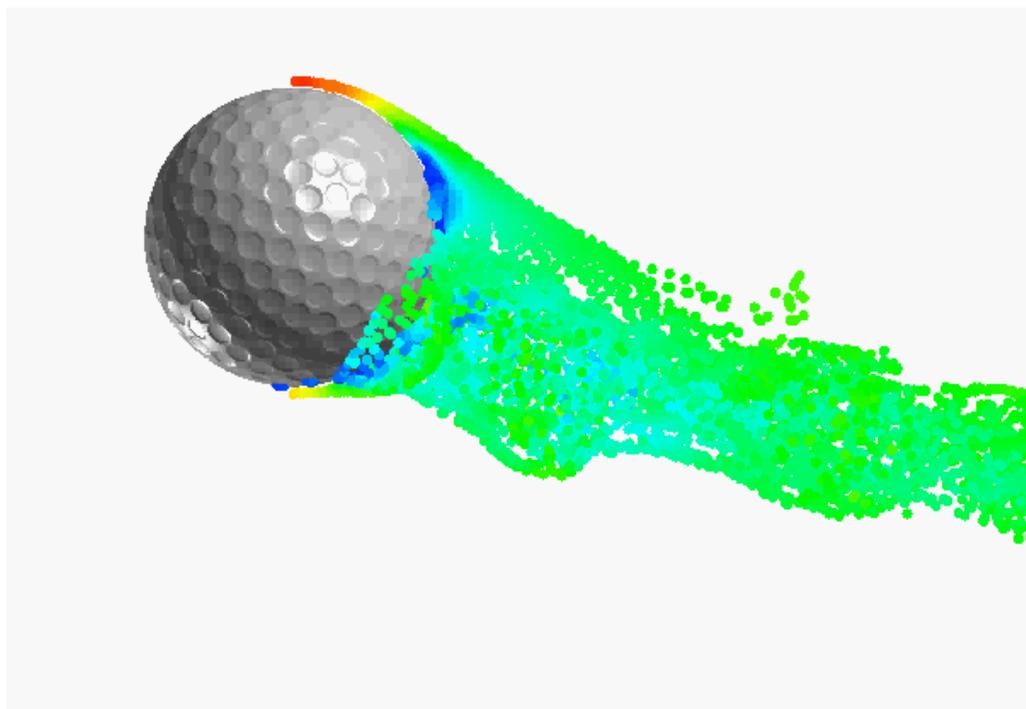
一般的なドライバー

【弾道イメージ図】

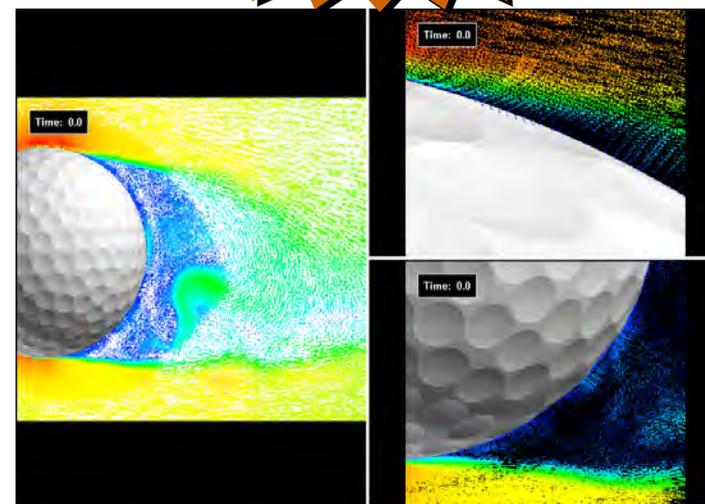


今後

- インパクトシミュレーションは完成
- さらに飛びを追求するためには
 - 反撥にはルール規制あり→ボール飛行性能向上が必要
 - GB(ゴルフボール)空力シミュレーションの開発



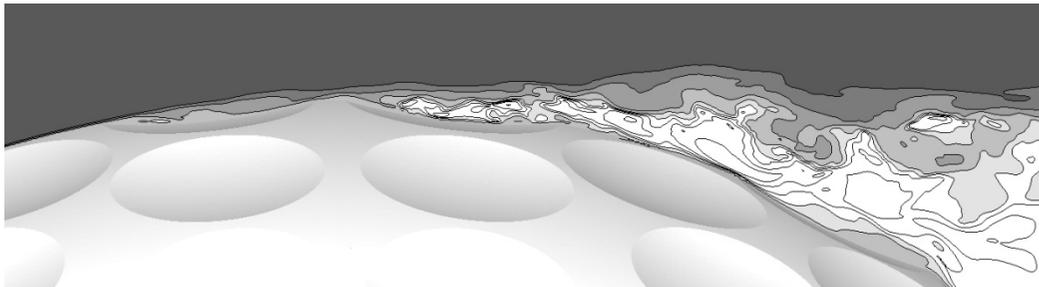
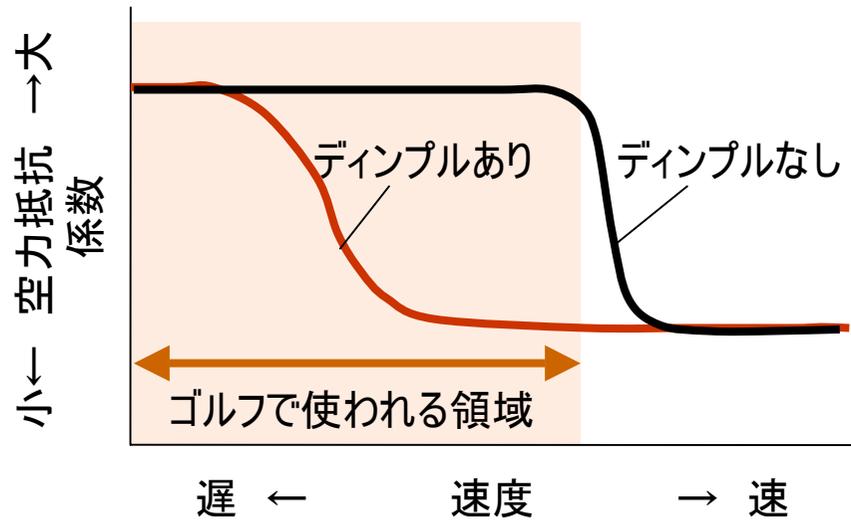
見えない
空気の流れを
観る



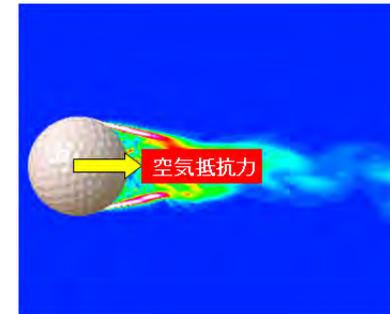
ゴルフボール空力シミュレーション

Digital Impact

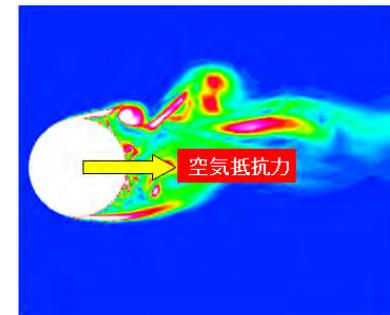
ディンプルの役割



ディンプルが無いと、
半分しか飛ばない



ディンプルあり



ディンプルなし

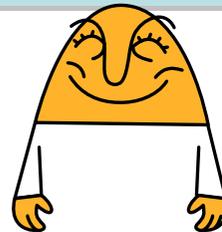
ディンプルが空気をかき乱して前方空気を後方へ送り込み、
前方と後方の圧力差を少なくする

住友ゴムシミュレーションの活用：今後

複雑・大規模なシミュレーションの実施
ナノ材料シミュレーション
ゴルフボール空力シミュレーション

メカニズム解明 → 新材料や新技術創出

世界競争に勝つ！！



そのためには

社外リソース活用

高速大規模コンピュータ

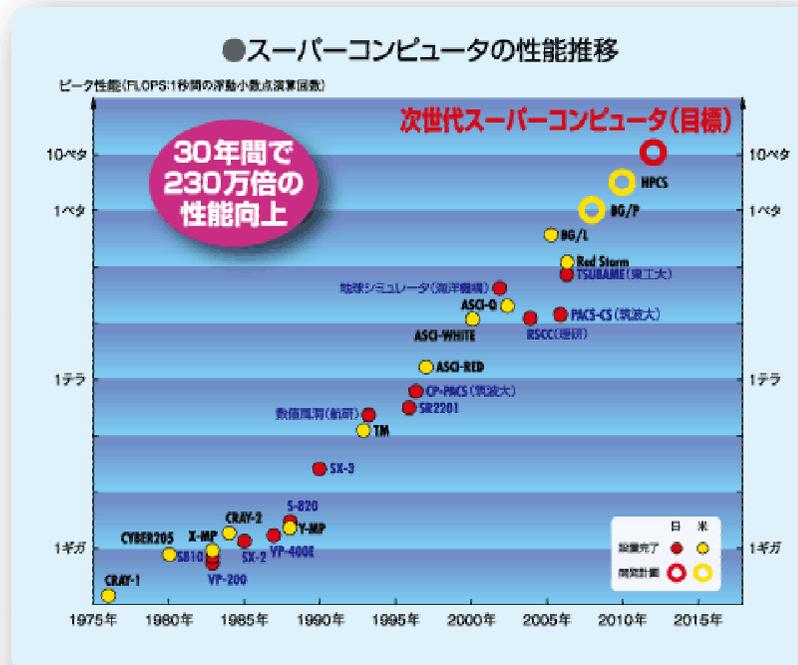
国家プロジェクト

産学連携

最近のコンピュータシミュレーション動向

計算速度の飛躍的な向上

1995年比で
現在約1万倍の計算速度



(独)理化学研究所次世代スーパーコンピュータ
開発実施本部ホームページより掲載

シミュレーションの国家的取組み

- 世界一の次世代スーパーコンピュータ建設 (神戸ポートアイランド)

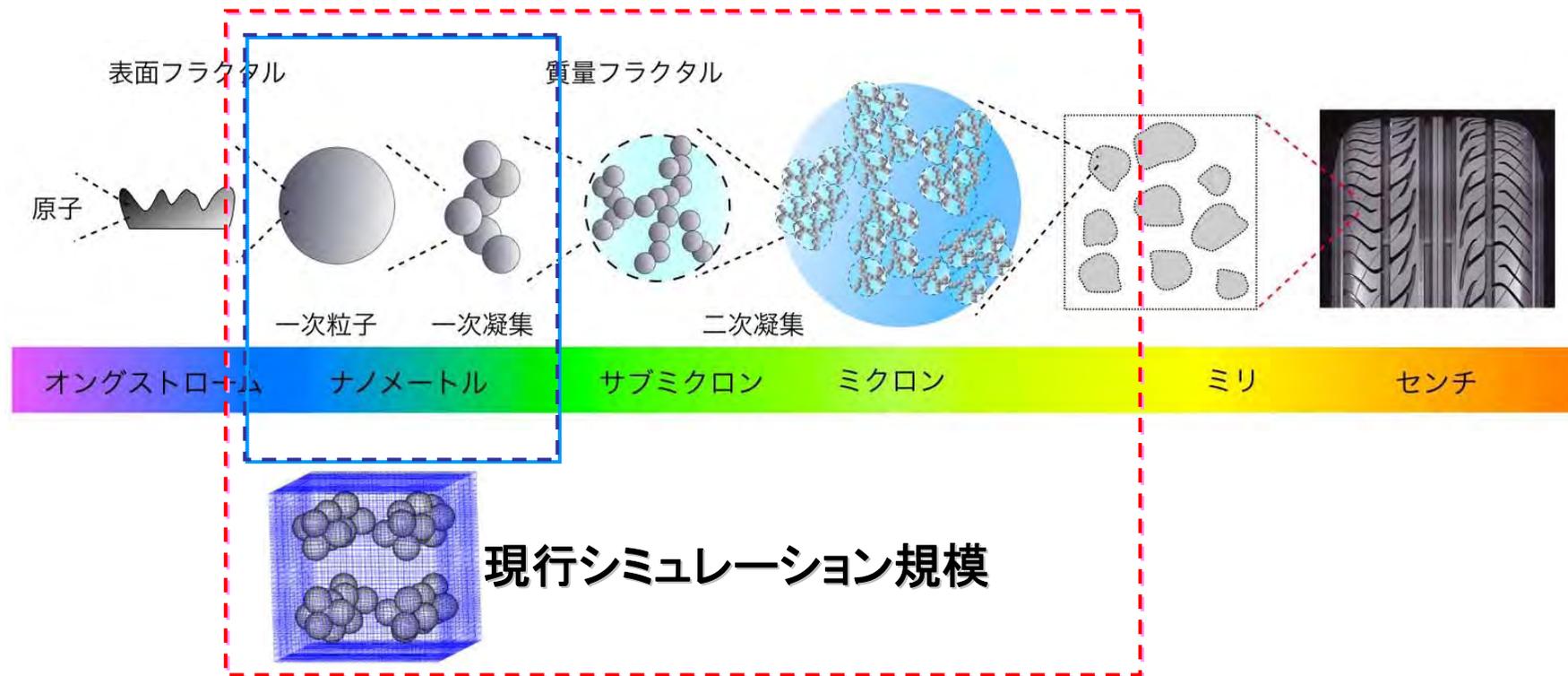


(独)理化学研究所
次世代スーパーコンピュータ
開発実施本部
ホームページより掲載

- 文部科学省次世代IT基盤構築のための研究開発
→ **RSS21**
(革新的シミュレーションソフトウェアの研究開発)
- 研究所や大学スーパーコンピュータの
企業利用
(例) 地球シミュレータ産業戦略利用
先端的大規模計算利用サービス
など

ナノ粒子がゴム中で形成する階層構造

各階層構造が発現する物理が複雑に関係しゴムとしての物性を発現させている



大規模シミュレーションによる詳細なメカニズム解明が必要 !!

ナノ材料シミュレーション

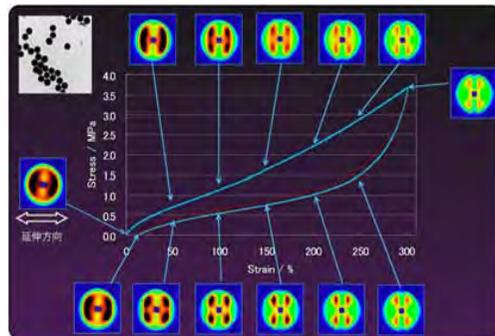
DIGI-TYRE

デジコンパウンド

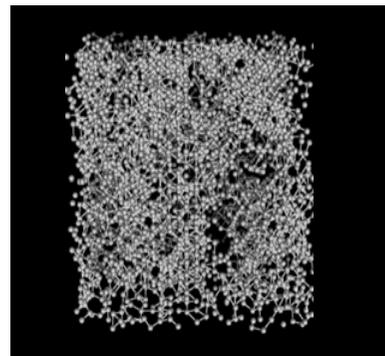
◆大規模三次元構造モデル

◆超並列スーパーコンピュータ + 大規模計算プログラム

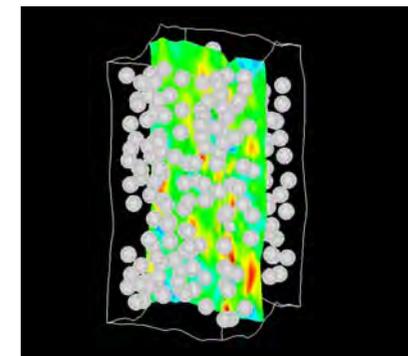
高精度散乱データ



ナノ粒子構造モデル



大規模FEMシミュレーション



SPring-8

地球シミュレータ

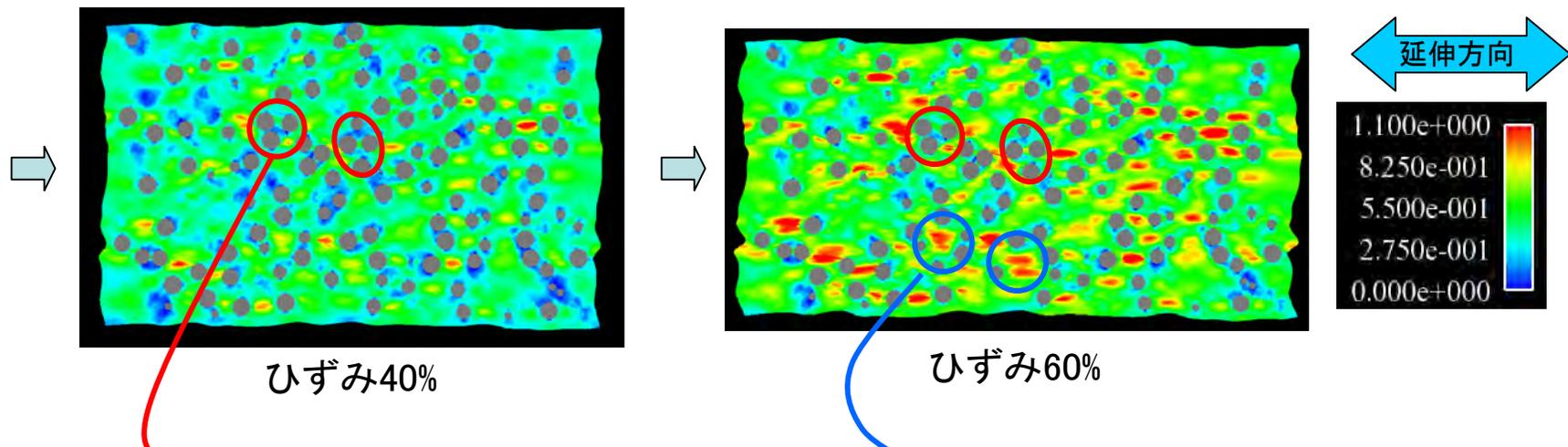
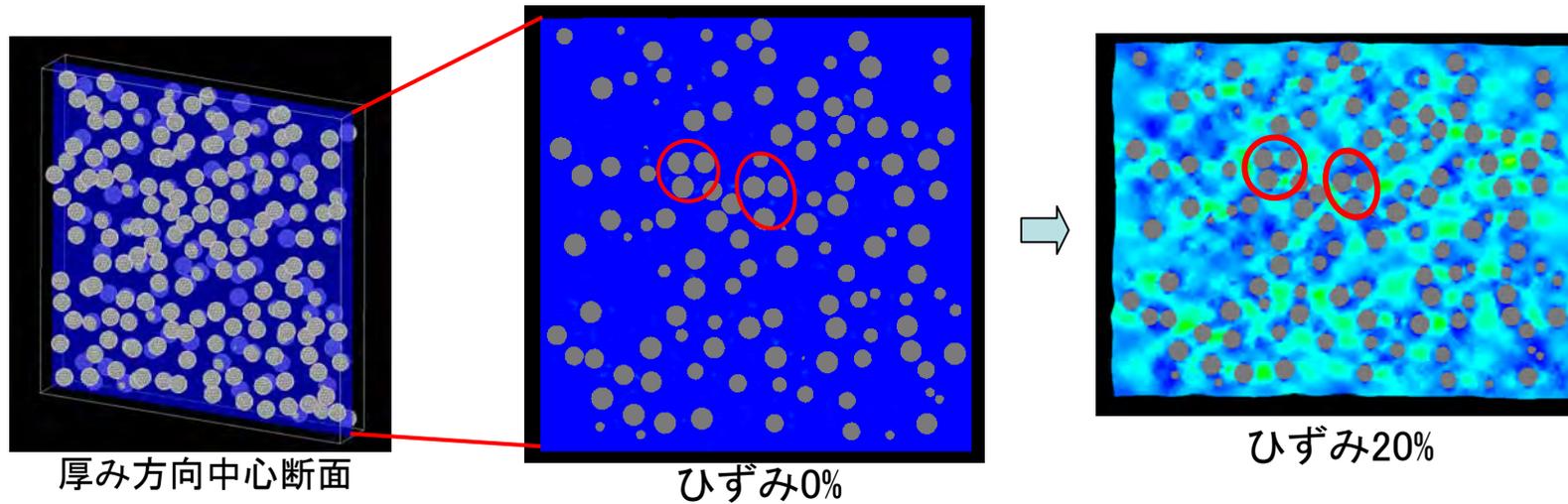
相互利用が不可欠

共同研究 : 東大、防衛大、神戸大、地球シミュレータセンター、住友ゴム

ナノ材料シミュレーション

DIGI-TYRE

デジコンパウンド



「延伸しても変化しないクラスターの存在」

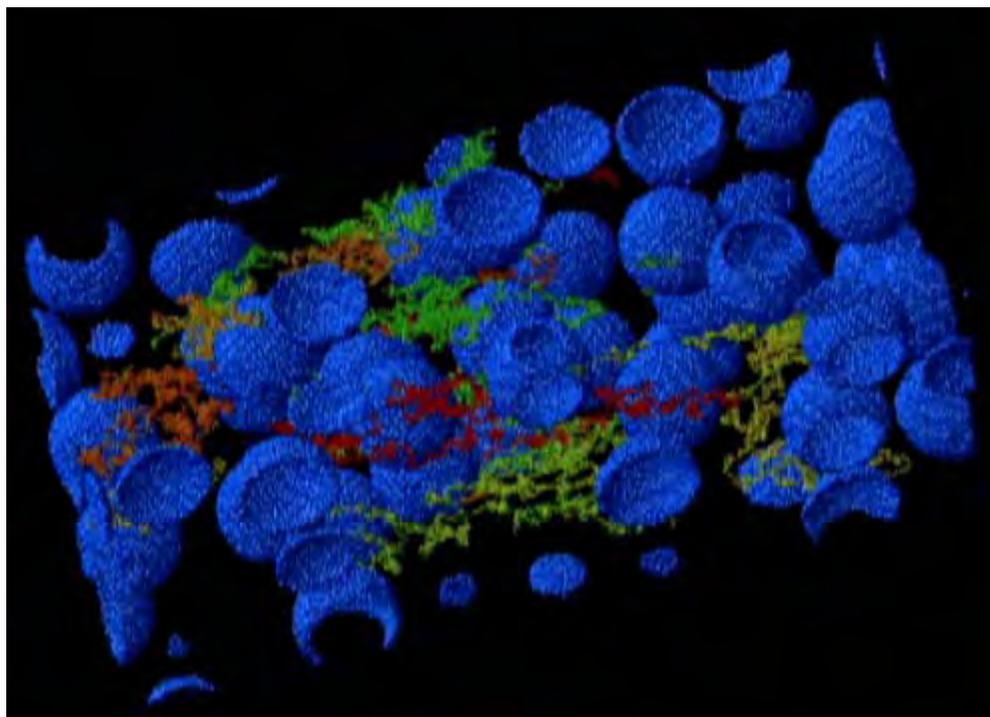
「よく伸びるゴムの存在」

これからのナノ材料シミュレーション

→ ポリマーの分子レベル挙動を表現できるシミュレーション技法

: **より大きな領域を、より細かく観る**

→ 超大規模な粗視化分子動力学(MD)シミュレーション計算が必要



ゴムのナノスケールシミュレーション

文部科学省
産業利用プログラムにて、
地球シミュレータ
を利用して、基盤を構築
(2007年～2010年継続中)

慶應大、産総研、東大、
北大、防衛大、
地球シミュレータセンター、
住友ゴム

超大規模シミュレーションの実現には、

超並列コンピュータを明確に意識した先導的な取組が必要

概念設計では、現在のコンパイラやライブラリでできないことも先取りして考えておくことがポイント。

● 並列アルゴリズム(プログラミングモデル)の設計 (超並列分散入出力)

- ・プログラム中でのデータの分散管理・交換の方法
- ・MPI/OpenMP下での、ノード間通信の隠ぺい方法／同時通信方法
(同時通信については、MPIやOpenMPの規格やライブラリの実装に依存?)
- ・ノード間の計算インバランスの解消手法

● データファイルのデータ構造

- ・大規模な、解析や可視化のための、空間多階層的なデータの保管方法
例: Octree的なデータの保存

● シミュレーションコードの実装 (段階的な取り組み)

- ・超並列性の実現 (全体通信の少ないコード、効率的な隣接通信)
- ・要素計算のチューニング (ベクトル最適化や、スカラー最適化)

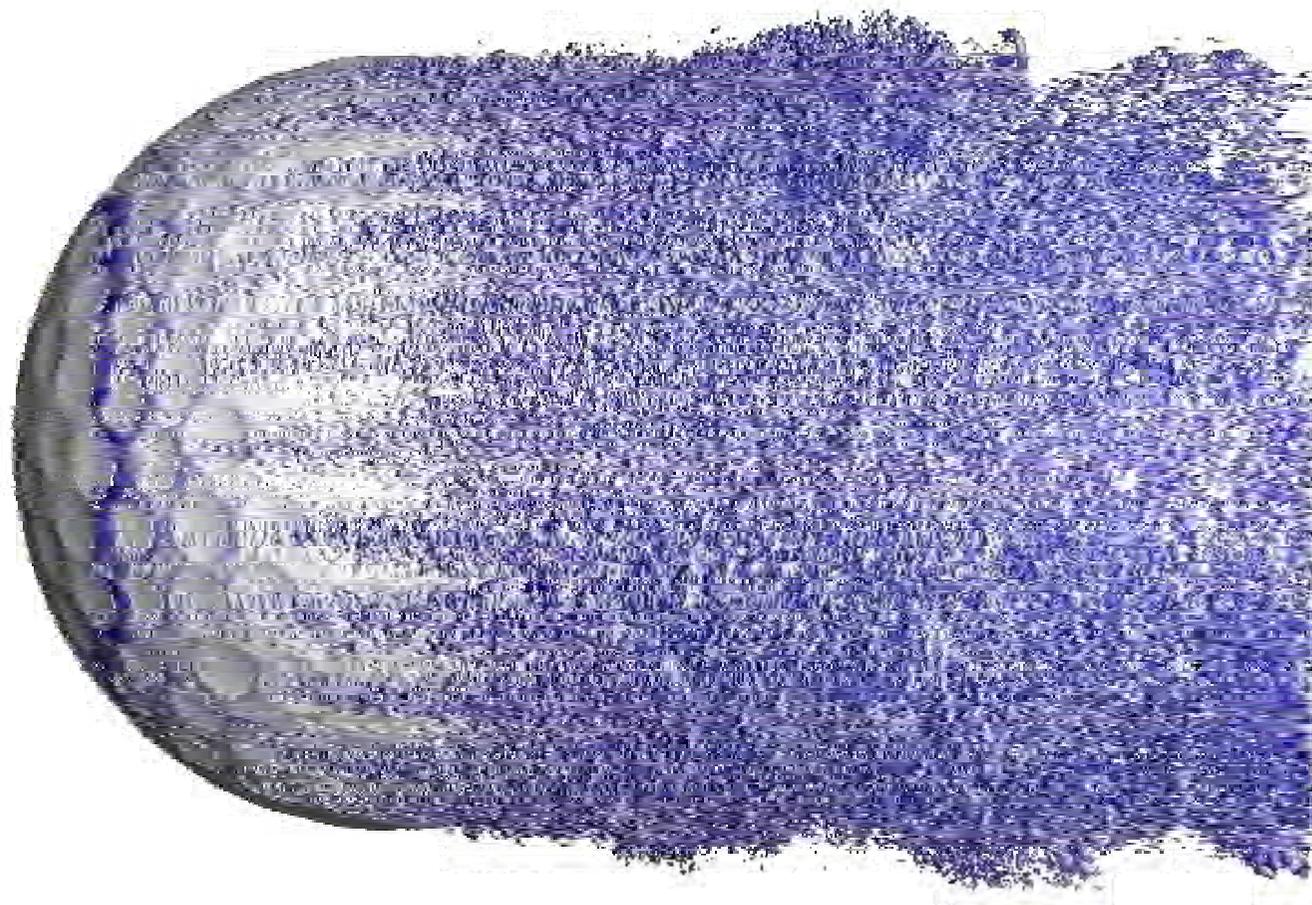
ゴルフボール空カシミュレーション

Digital Impact

これからのゴルフボールシミュレーション

細かな空気の渦をさらに正確に緻密に表現するシミュレーション

→ 超大規模計算が必要



シミュレーションの活用目的

(製品開発の場合)

