

環境負荷低減高性能タイヤの開発 ゴム中のナノ粒子ネットワーク構造の モデル構築による高性能タイヤの開発

研究・開発機関 : 住友ゴム工業 (株)
 利用施設 : (独) 海洋研究開発機構 地球シミュレータ
 計算規模 : 最大512ノード(32Tflops)利用
 利用ソフトウェア: 粗視化MDシミュレーション*

Before

- 自動車低燃費化を図るために、タイヤの転がり抵抗を大幅に低減する試みは、ゴム材料にシリカ・ナノ粒子を配合することにより進められてきましたが、実験による材料探索は限界に近づきつつあります。
- これまでは、ゴム材料のナノ構造と特性の関係をシミュレーションにより解明することはできませんでした。

After

- スーパーコンピュータを利用することにより、分子動力学法を用いた1億個レベルの粒子の大規模シミュレーションが可能になりました。
- これにより、ナノ粒子のゴムへの配合によるゴム強度の増加、繰り返し変形時のヒステリシスロスの増加のメカニズムが解明できるようになりました。

背景と目的

タイヤの転がり抵抗は車の燃費の約20%で、これは日本のCO₂排出量の約3%に相当します。低炭素社会づくりの観点から、大幅な低燃費化が強く求められると同時に、安全性(高グリップ)への要求を両立させることが必要です。

タイヤ業界では、充填材としてカーボンブラックからシリカ・ナノ粒子への転換により、低燃費性と高グリップの両立を図ってきましたが、今後求められる性能(転がり抵抗を50%以上削減)は、過去達成した性能をはるかに超えるものです。

環境対応高性能タイヤを開発するためには、ナノ粒子のネットワーク構造やそれらが生み出す補強のメカニズムを解明する必要があります。ナノ粒子のゴムへの配合によるゴム強度の増加、繰り返し変形時のヒステリシスロス(グリップや転がり抵抗に関係)の増加のメカニズムは、ゴム中に形成された階層的フィラー構造が発生起源ではないかと考え、このメカニズムを解明することを目的としました。

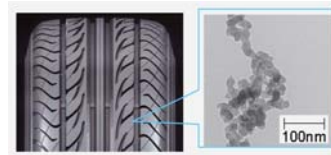


図1. タイヤ中に分散されたカーボンブラック

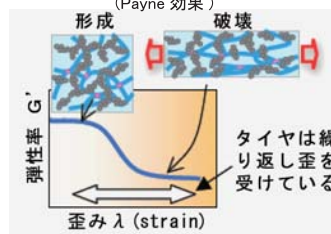


図2. ナノ粒子配合ゴム特有の現象

利用成果

ナノ粒子が数個~10個入る空間は200nm×200nm×200nmで、この空間中のゴムを形成するポリイソプレンの原子総数は約8億個ですが、イソプレン単位で粗視化した場合の粒子数は約6400万個になります。1億個レベルの粒子を対象とした分子動力学法によるシミュレーションプログラム(超並列・分散出力)を開発し、地球シミュレータを用いてシミュレーションを実施できるようになりました。

さらに、ゴム高分子とナノ粒子が混在する系の大規模な粗視化分子動力学モデルを開発し、高輝度放射光(SPring-8)によるナノ粒子構造の測定データを地球シミュレータで構造解析した結果と併せ、ゴム中に形成された階層的フィラー構造によるエネルギーロス発現メカニズムが解明できると期待されます。これらにより、フィラーの形状や分散状態を最適設計して、転がり抵抗を大幅に低減させたタイヤを開発することが可能になります。

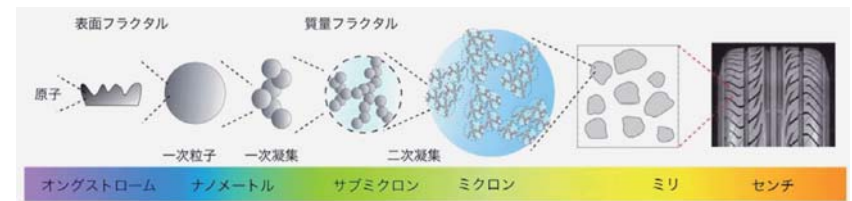


図3. ゴム中の階層的なフィラー凝集構造のモデル図

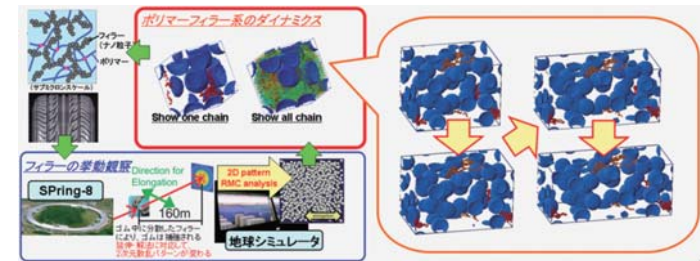


図4. SPring-8実験とスーパーコンピュータによるシミュレーションのタイヤ開発への活用イメージ

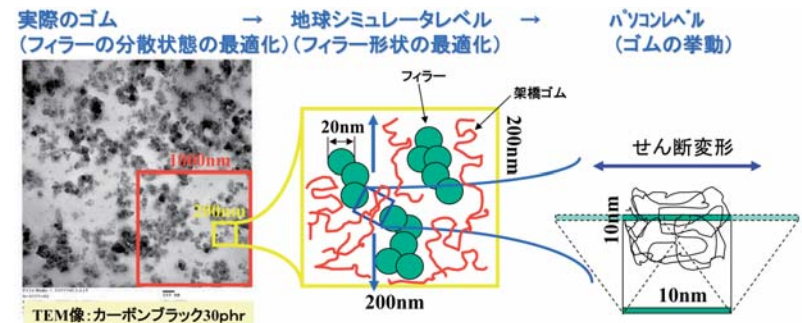


図5. 超大規模粗視化分子動力学シミュレーション