

ゴム破壊現象の解明による 高性能・長寿命タイヤの開発 —タイヤ用ゴム材料の 大規模シミュレーション—

研究・開発機関 : 住友ゴム工業株式会社
 利用施設 : スーパーコンピュータ「京」、FOCUSスパコン
 計算規模 : 約 1.4 億粒子
 利用ソフトウェア : J-OCTA VSOP

Before

- 従来スパコンを用いて、ゴム内部の発熱を抑える新規ポリマーの動きを解明し高性能低燃費タイヤを開発しました。
- しかしタイヤの3大性能である低燃費性能、グリップ性能、耐摩耗性能という相反関係にある性能を同時に実現することは困難で、特に耐摩耗性能の向上が重要だが大変難しいとされていました。

After

- 「京」を活用することにより従来に比べて約1000倍の規模でシミュレーションが可能となり、分子がタイヤ用ゴム原材料であるフィラー表面から剥離し破壊が進む様子を可視化でき、摩耗に強い分子構造を解明することができました。
- 「京」利用前の2011年当時の代表的なタイヤのトレッドゴムに対し、低燃費性能とウエットグリップ性能は維持しながら耐摩耗性能200%を実現する「耐摩耗マックスレッドゴム」搭載タイヤを開発しました。

■背景と目的

2008年のG8北海道洞爺湖サミットにおいて、IEA(国際エネルギー機関)は次のように言及しました。

- ・運輸部門のエネルギー消費の80%程度が自動車によるもの。
- ・典型的な中型乗用車では、燃料のエネルギーの20%がタイヤの転がり抵抗を打ち消すために使われている。

省燃費性能に着目した結果、自動車が転がり抵抗の小さい低燃費タイヤを装着し、適切な空気圧で走行することにより、自動車部門全体での燃料消費が3～5%削減可能としました。

しかし、燃費性能だけを向上させるのは意外と簡単なことで、鉄道の車輪のように非常に固いタイヤをつくれれば、長く転がり続け抵抗なく進んでいきます。ところが、それではグリップが弱くブレーキが効かないタイヤになります。このように、低燃費性能、グリップ性能さらには耐摩耗性能という、相反する性能を同時に向上させるところにタイヤ開発の難しさがあり、ブレークスルーする技術開発が望まれていました。

■利用成果

○リアルなモデル作成

大型放射光施設「SPring-8」^{※1}でゴムの構造解析を行い、大強度陽子加速器施設「J-PARC」^{※2}で運動解析を行うことで、ゴムの内部構造と分子の運動を鮮明に観察することが可能となり、これまで見えなかったシリカ界面ポリマーの構造や運動、硫黄架橋の不均一性・硫黄架橋長さ分布、シリカネットワークの運動などを捉えることに成功しました。

ここで得られたモデルを「京」に適用し、広い領域を分子レベルでシミュレーションすることにより、ゴム内部のストレスや発熱が発生している箇所を同時に特定することが可能になりました。(図1)

○シミュレーションによる解析

今回開発した「ADVANCED 4D NANO DESIGN」と呼ぶ解析手法は、低燃費性能、グリップ性能、耐摩耗性能という相反するタイヤの三大性能を高い次元で実現するために、ナノからミクロンレベルまでのゴムの内部構造を連続的かつ鮮明に解析することを可能とする技術で、シミュレーションによりゴム破壊の詳細過程等の解析ができます。(図2)

○ストレスコントロールテクノロジーの確立

このシミュレーションを用いて原子、分子の動きを詳細に解析した結果、ゴム内部のストレスを発生させている原因がシリカネットワーク運動、架橋構造、シリカ界面ポリマー運動と密接に関係していることが分かり(図3)、このストレスを発生させる原因を低減することで、相反するタイヤの三大性能を向上させる技術を確立しました。

この成果により、低燃費性能とウエットグリップ性能を維持しながら、耐摩耗性能を200%に向上させたトレッドゴムの開発に成功しました。超ロングライフを目指したコンセプトタイヤを図4に示します。



図1. 国内最先端研究施設の連携活用イメージ

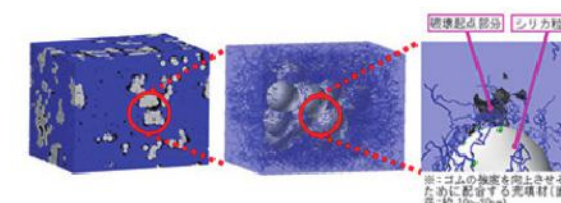


図2. ゴム破壊の大規模シミュレーション画像

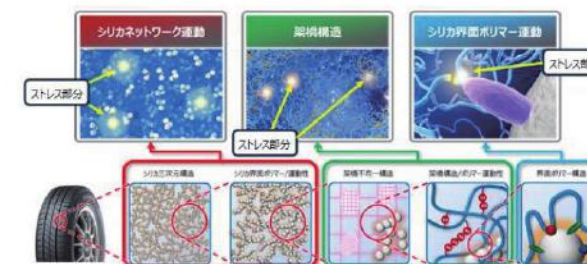


図3. シミュレーションによるゴム内部のストレス発生部分の特定



図4. 耐摩耗マックスレッドゴム搭載タイヤ

※1 世界最高性能の放射光を生み出すことができる大型放射光施設(兵庫県佐用郡佐用町)

※2 世界最高クラスの中性子・素粒子実験ができる最先端研究を行うための陽子加速器群と実験施設群(茨城県那珂郡東海村)