

◎ 細かく現象を見る | 住友ゴム工業

うねうね動くゴム構造を再現 計測ビッグデータを高速解析

「タイヤにナノサイズのシリカ粒子を配合すると強度とグリップ性能が向上するが、同時に燃費性能が下がってしまう。それがなぜなのかは、よく分かっていなかった」(住友ゴム工業研究開発本部分析センターセンター長の岸本浩通氏)。原因が明らかになっていないこうした“経験則”のようなものが、タイヤのゴム材料開発ではいまだ多く存在するという。

そんな状況に一石を投じるのが、同社が導入した材料解析サービス「WAVEBASE」だ*1。同サービスを利用すれば、計測で得たビッグデータを活用してゴムの変形に伴う分子構造などのミクロな変化を連続的に解析できる。これまで技術者が推測していた現象の確度を高めたり、気づいていなかった変化を捉えたりと、ゴムの挙動に関わる様々な現象の解明に役立つ。ひいては高性能タイヤの開発につながるのが同社の狙いだ。

WAVEBASEは、材料の分析につかう赤外吸収分光法やX線回折法、走査型電子顕微鏡 (SEM) などで得た膨大な量の計測データ

を自動解析して、任意の特徴量を抽出できる。例えば、材料組織の大量のSEM画像から配合物の平均粒径などが分かる。住友ゴム工業は、このサービスをゴム材料の研究開発用に「システムを最適化した」(同社)上で導入した。具体的には、ゴム材料中の分子構造や添加剤の配置が分かる極小角X線散乱測定*2などに対応させた。

シリカ粒子の原因究明、解析時間は1/100

住友ゴム工業におけるWAVEBASEの活用は始まったばかりだが、同社は従来の解析プロセスと比較すると「試算では解析時間が100分の1以下になる」(岸本氏)とみている。というのも、10年前以上に行った冒頭のシリカ粒子の添加によって燃費性能が下がる現象の研究も、WAVEBASEを使えばより短期間に解析できたはずと分かったからだ。その解析とは次のようなもの。

クルマの走行時、タイヤのゴムは常に伸び縮みしており、ゴム分子やシリカ粒子は配置を変

*1

WAVEBASEは材料の研究・開発現場が抱える課題解決の支援を目的に、トヨタ自動車クラウドサービスとして提供している。

*2 極小角X線散乱

物質にX線を照射し、散乱角が極めて小さなX線を測定して物質の構造情報を得る手法。

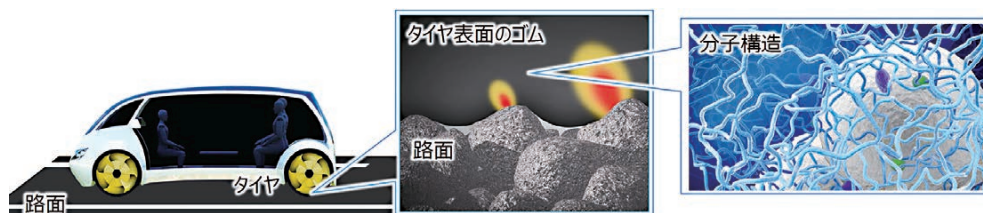


図1 走行時のタイヤの変形と分子構造のイメージ

クルマが走行すると路面の凹凸などの影響を受けてタイヤが変形する。するとゴム分子の形状やシリカ粒子などの添加剤の配置が変化する。タイヤの性能を分子レベルで解明できれば、高性能なタイヤの開発につながる。

(出所：住友ゴム工業)

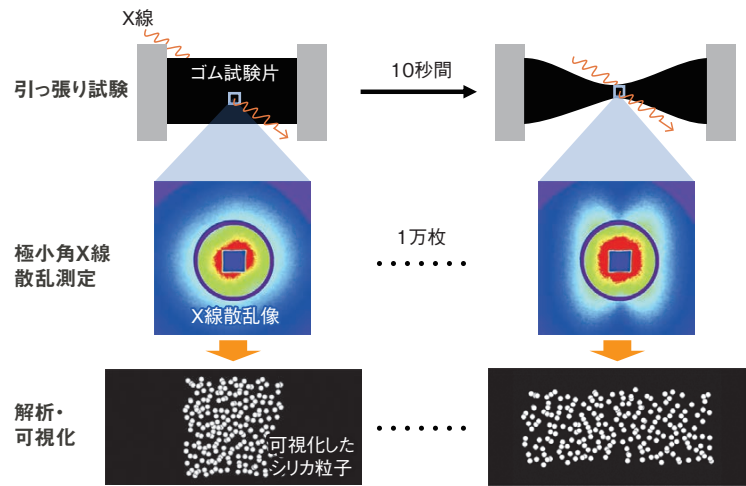


図2 ギョムを引っ張った時のシリカ粒子の動きのイメージ

極小角X線散乱測定では約10秒間かけてギョムの試験片を引っ張る。その間、毎秒1000枚ほどのX線散乱像を取得する。1枚1枚のX線散乱像はシリカ粒子の配置の情報をもち、時系列でつなげると、シリカ粒子の動きを可視化できる。
(出所：住友ギョム工業の資料を基に日経ものづくりが作成)

えながらうねうねと動いている(図1)。従って、タイヤの性能をきちんと説明するには、ギョムを変形させながらギョム分子や添加剤の挙動を観察するほかない。同社はかねて、大型放射光施設「SPring-8」(兵庫県・佐用町)の極小角X線散乱測定を使ってそれらの挙動を解析し、研究を進めてきた。

同測定ではギョムの試験片を約10秒間引っ張りながらX線散乱像を毎秒1000枚、計1万枚ほど取得し、その散乱像から材料中のシリカ粒子の分散の様子を調べる(図2)。

X線散乱像を1枚1枚解析して時系列に並べると、まるで動画のようにシリカ粒子が動く様子を観察できる。ただし、1万枚のX線散乱像全てを従来手法で解析しようとすると4年ほどかかり現実的ではない。

そこで、当時は大量のX線散乱像から数枚を選んで解析し、研究を進めた。「とびとびのシリカ粒子の状態から、技術者がその間の動きを考察して現象を推定していた」(岸本氏)。それでも、ギョムの伸び縮みに伴ってシリカ粒子の高次凝集体*3が回転している様子を確認できた。クルマの走行時に、この高次凝集体の回転運動によってエネルギーロスが生じ、燃費性能の低下を招いていたのだ。同社はその結果を基に、シリカ粒子の凝集を抑制する工夫を施した低燃費タイヤを2012年に発売している*4。

しかし、今ならWAVEBASEを使って1万枚のX線散乱像を2週間で解析できる。4年と比べれば期間にしておよそ100分の1というわけだ。当時は、せっかく取得した大量のデータを生かし切れなかったが、「WAVEBASEの導入によって、推定ではなくリアルな動きをより詳細に観察できるようになった」(岸本氏)と、今後

の活用に期待を込める。

EV普及に向けたタイヤ開発に注力

そうした活用先の1つが、現在、住友ギョム工業が注力している耐摩耗性能の高いタイヤの開発だ。「電動化によってクルマが重くなっている。そのためタイヤには高い耐摩耗性能が求められるとみて開発を進めている」(同社研究開発本部分析センター主査の間下亮氏)。

耐摩耗性能に優れたタイヤの開発で重要となるのがギョムの破壊現象の解明。「ギョムを引っ張った時、戻ろうとする力と耐えようとする力が発生する。これらの力がどこから発生するのか明らかになれば、破壊しにくい(耐摩耗性能が高い)ギョムが作れるはずだ」と岸本氏は意気込む。

同氏は「今後は極小角X線散乱測定だけでなく、様々な計測の結果を組み合わせた分析が必須となる。WAVEBASEをはじめとしたマテリアルズ・インフォマティクス(MI)のツールを活用しないと社会のニーズには到底ついていけない」とみて、MI活用を推進する考えだ。

(石橋拓馬)

関連Web記事

うねうね動くギョム構造を再現、住友ギョムがトヨタのシステムで開発加速
 日経クロステック ▶ <https://nkb.jp/3QwBsfQ>

*3 高次凝集体

複数のシリカ粒子が凝集して数百nmの塊となった状態。シリカ粒子は通常、ギョム材料中に粒子1つ1つが分散しているのではなく、数十の粒子がぶどうの房状の塊(1次凝集体、アグリゲート)で存在する。高次凝集体は、1次凝集体がさらに集まった状態を指す。

*4

2012年に「エナセーブPREMIUM」を発売した。当時の従来製品比でギョムの発熱性能を約39%低減でき、自動車の燃費は約6%向上した。