

# 水膜除去により氷板路上での摩擦力を向上させたゴム材料の開発

## Development of rubber materials with improved frictional force on ice by water absorption

網野 直也<sup>a</sup>, 北村 臣将<sup>a</sup>, 岩井 智昭<sup>b</sup>, 小杉 裕太郎<sup>b</sup>  
Naoya Amino<sup>a</sup>, Takamasa Kitamura<sup>a</sup>, Tomoaki Iwai<sup>b</sup>, Yutaro Kosugi<sup>b</sup>

<sup>a</sup>横浜ゴム(株), <sup>b</sup>金沢大学大学院  
<sup>a</sup>YOKOHAMA RUBBER CO.LTD., <sup>b</sup>KANAZAWA UNIVERSITY.

スタッドレスタイヤの氷上摩擦機構解明のために、空孔を持ったゴム試料に水が浸入する様子を X 線イメージング法および高速度ビデオカメラを用いて観察した。これらの手法を組み合わせることにより、空孔に水が浸入する様子を 3 次元的に観察できた。また、水に炭酸カルシウム粉末を加えることで、水の流れを観察した。高速度ビデオカメラでは水の流れを観察できたが、X 線イメージング法では炭酸カルシウム粉末の識別ができなかった。

キーワード：X 線イメージング、摩擦、吸水

### 背景と研究目的：

近年の地球温暖化に伴って日本国内の積雪量は減少傾向にあるものの、寒暖の変動が激しくなっており大雪が観測されることもしばしばある。このような環境下において、積雪地域のみならず非積雪地域においてもスタッドレスタイヤの需要は未だに大きい。寒暖の変化が大きい場合には、雪氷が融解と凍結を繰り返すこととなり、特に夜間には氷板路が生じやすくなる。氷上でタイヤが滑ると氷が融解して表面に水膜が発生する。この水膜が潤滑剤として作用してタイヤと氷の実接触を妨げるために、氷の上の摩擦力は非常に小さくなる。従って、凍結路面は極めて危険な状態にあり、このような水膜に覆われた氷との摩擦力を向上させるためには、水膜を効率よく除去しゴムと氷との直接接触点を増やすことが重要になる。

水膜を除去する手法の一つとして、ゴム表面に空孔を形成させる方法がある。空孔が氷表面の水膜を除去し、空孔周辺のゴムが氷と直接接触可能となって摩擦力が向上する。しかしながら、空孔が水を除去するメカニズムは十分に解明されていない。従来は、ゴムと氷の接触状態を接地下面から可視光を用いて観察していた[1]。この手法では、水が空孔内部にどのように侵入するかを把握することは困難であった。

本研究では、表面にあらかじめドリルで孔を開けたゴム試験片と、濡れたプリズム面とを摩擦させることにより、空孔が吸水しながら摩擦するモデル実験を実施した。3 次元的に空孔に水が浸入する様子を捉えるために、接触状態を接地下面から可視光によって観察すると同時に、X 線イメージング法を用いて側面からも観察し、空孔の吸水メカニズムの解明を試みた。

### 実験：

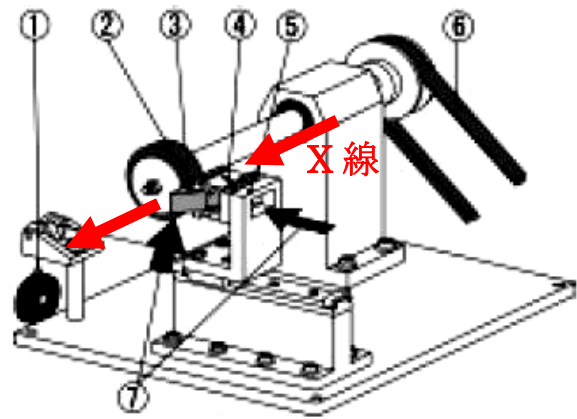
SPring-8 の BL19B2 において、X 線イメージング法を用いて氷上をゴムが転がる様子のその場観察を実施した。X 線のエネルギーは 20keV とし、カメラは C4742-95-12NRB を使い、ビームモニターは BM2 の f 値が 50mm のものを用いた。試料-カメラ間距離は 820mm とし、露光時間 27ms で、1 秒間に 10 枚のイメージング画像を取得した。画像のピクセルサイズは 10 μm であった。

ゴム試料は、カーボンブラック未充填の架橋天然ゴム試料を用いた。試料の形状は、厚みが 5mm で直径が 90mm の円筒状であり、その表面に直径および深さがそれぞれ 1mm の円筒状の空孔を空けたものとした。また、空孔には電極が設置されていて、水が電極に触れた際に電流が流れることによって、穴への水の浸入を感知できるようにした。このゴム試料を図 1 に示す摩擦試験機に取り付けて、濡れたプリズム上を円筒型ゴム片が転がるようにした。ゴム片の転がり速度は 1mm/s とした。プリズム面に滴下する水にはあらかじめ炭酸カルシウムの粉末を含ませておき、

粉末の動きを観察することによって水の流れをトレースする手法を試みた。ゴムとプリズムとの接触の様子を、プリズムの裏面方向に設置した高速カメラによって接地下面から観察し、さらに、X線イメージング法によって接地側面から観察した。

**結果および考察：**

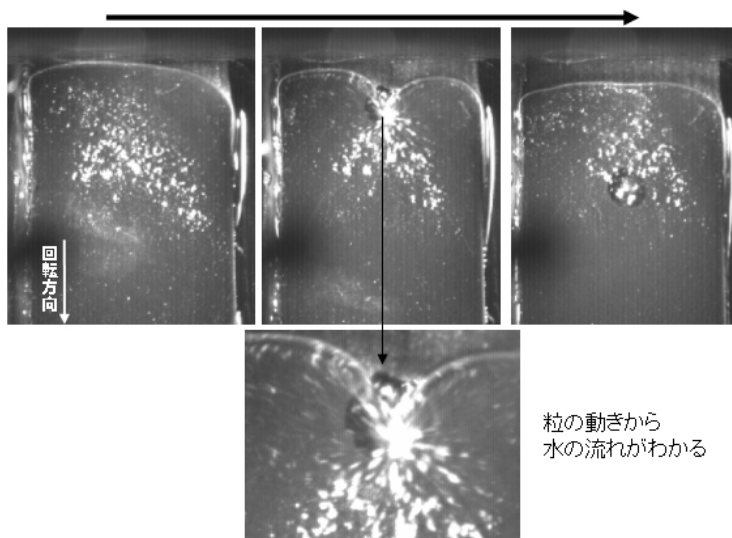
得られた高速カメラ画像およびX線イメージング画像を図2に示した。X線イメージング画像の左端の黒い部分がプリズム面であり、右端よりゴム試料内部に伸びる黒い棒状物が空孔内部に設置した電極である。これは、接地下面からの観察では、水が穴の奥まで浸入したかどうかを判断できないために設置している。図2の高速カメラの画像では、空孔が水と接触する位置で、水が孔に向かって流れていく様子が炭酸カルシウムの粉末の流れから観察することができた。一方、X線イメージング画像では、水が浸入していることは確認できたが、水の流れは観察できなかった。今回のX線イメージングの分解能では、炭酸カルシウムの粉末が識別できなかったものと考えられる。



①おもり②ゴム試料③プリズム  
④ストレインゲージ⑤プリズム  
固定台⑥ベルト⑦ビデオカメラ

図1. 実験装置概略図

**高速度カメラ画像**



**X線イメージング画像**

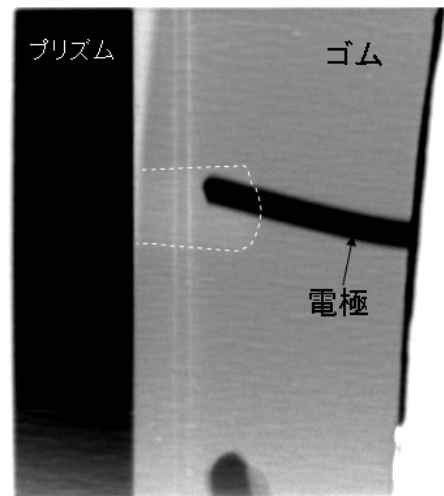


図2. 試料下面から観察した高速度ビデオカメラ画像(左)と試料側面から観察したX線イメージング画像(右)

**今後の課題：**

今回の実験では、3次元的に空孔に水が浸入する様子が観察できたものの、X線イメージング法においては、水の流れ、すなわち炭酸カルシウム粉末の流れを観察できなかった。次回以降の実験では、粉末の材質の検討が必要である。

**参考文献：**

[1] 小杉裕太郎、岩井智昭、正角豊、網野直也：トライボロジー会議 2008 秋 9月 16～18日 名城大学、No.E35(2008)