

氷板路での水膜除去機能を強化したゴムの開発 Development of rubber compound improved ability of absorption for water on ice

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

^a横浜ゴム株式会社, ^b金沢大学大学院
^aYokohama Rubber Co.Ltd., ^bKanazawa University.

濡れたプリズムと空孔を持ったゴムとを摩擦させ、空孔に水が浸入する様子を X 線イメージングと高速度ビデオカメラを用いて観察した。ゴム試験片とプリズムとの接触部を側面と下面から同時に観測することによって、摩擦時の様子を 3 次元的に観察することが可能となった。これにより、水が空孔に浸入する様子を明らかにすることができた。

キーワード： X 線イメージング、摩擦、氷、天然ゴム

背景と研究目的：

日本の積雪地域においてスタッドレスタイヤは必需品である。ゴムが氷の上を滑る場合は、表層の水が融解して表面に水膜が発生し、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、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、タイヤメーカー各社では、スタッドレスタイヤの氷上摩擦力向上が急務となっている。

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、ゴムと氷の接触の様子を観察するために、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、空孔に水が浸入しながら摩擦するモデル実験を実施した。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水が空孔に入り込む様子を側面から観察した。これにより、空孔が水を除去するメカニズムを解明し、スタッドレスタイヤの氷上摩擦力向上手法に適用することを目的とした。

実験：

SPring-8 の BL19B2 において、図 1 に示す摩擦試験機を用いて、濡れたプリズム上を円筒型ゴム片が滑る時のゴムとプリズムの接触の様子を観察した。

ゴム試料は、カーボンブラック未充填の架橋天然ゴムを用いた。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 2mm、深さ 1mm の円筒状の空孔を設けた。ゴム片とプリズムの間に水を滴下し、荷重 0.98 N でゴム片を押しあてた状態で回転させて、滑り速度 1mm/s でゴムとプリズムとを摩擦させた。

円筒型ゴム片の側面に X 線を入射させ、X 線イメージング法によって、水で濡れたプリズム上をゴムが滑る様

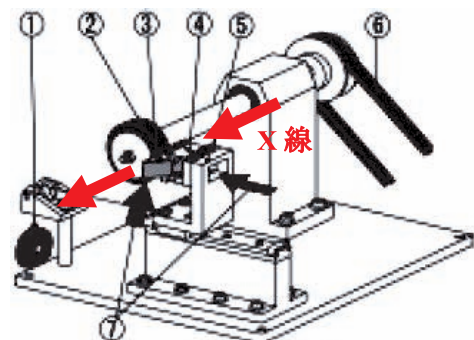


図1 実験装置概略図

- 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

子を側面から観察した。実験に用いたゴム試験片は不透明であるが、X線イメージング法を用いることにより試験片の空孔に水が浸入する様子をその場観察することが可能である。X線のエネルギーは20KeVとし、カメラはC4880-41S、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520mmとし、露光時間20msで、1秒間に7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 $10\mu\text{m}$ とした。

これと同時に、接地下面の接触の様子を、プリズムの裏面方向に設置した高速度カメラによって観察した。接地下面からの観察だけでは、水が空孔にどの程度浸入したか判断できないため、空孔に電極を設けて、水が浸入すると通電するようにして、水の浸入を検知するようにした。X線イメージングの観察結果と通電による水の浸入の検知を比較することとした。

図1に示す摩擦試験機は、プリズムを支持する平行板ばねにストレインゲージが取り付けられてあり、接触状態観察と共に摩擦力の測定も行った。

結果および考察：

得られたX線イメージング画像を図2に示した。図2は、わかりやすいように空孔の輪郭を白線でトレースしてある。図2左端の黒い部分がプリズム面であり、空孔を持ったゴムが回転し、プリズムとゴムの間に存在する水と接触することによって、水が空孔内に浸入する様子が観察された。図2に示す通り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、穴への水の浸入を検知できるようにしてある。図2の場合は、水が電極に触れていないために通電していない。従って、接地下面からの観察では、水の浸入を正確に判断することは困難な状況であった。しかしながら、図2に示したX線イメージング法では、水の浸入を明確に観察することができた。

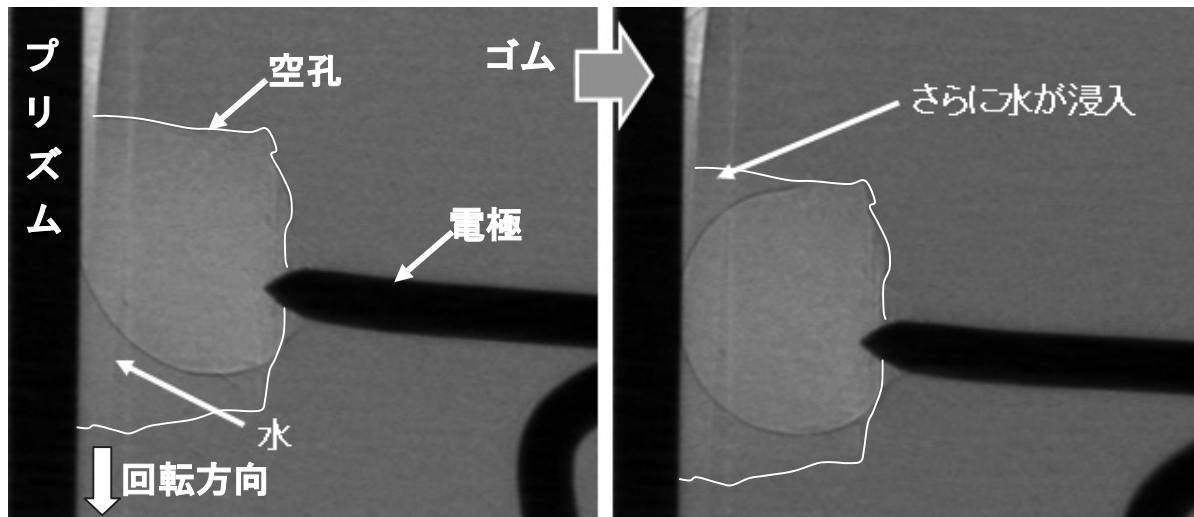


図2. 試料側面から観察したX線イメージング画像

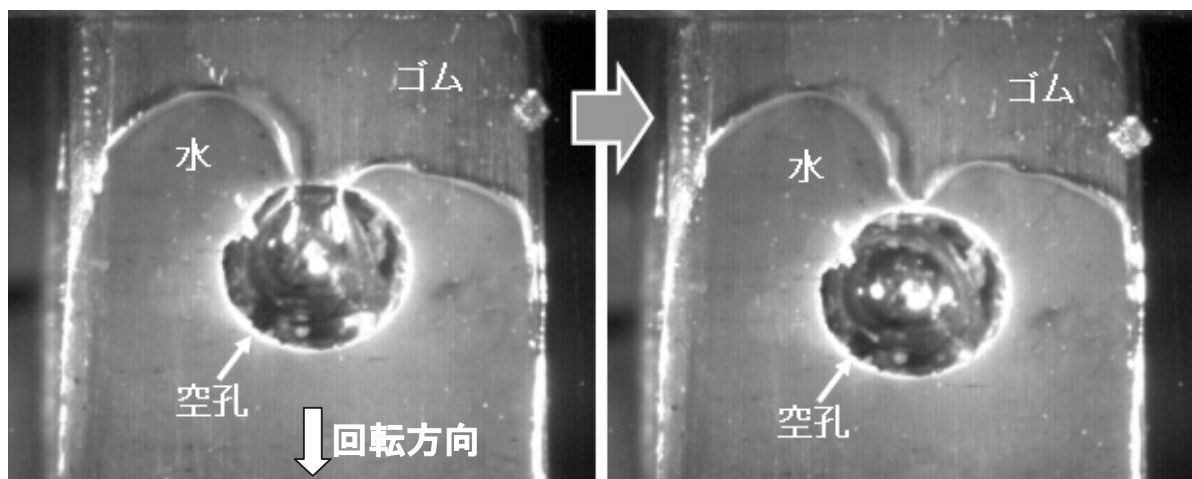


図3. 試料下面から観察した高速度ビデオカメラ画像

さらに、高速度ビデオカメラで観察した図2と同じ試料位置での接地下面の画像を図3に示した。図3では、水が空孔にどの程度浸入しているかは判断できないものの、水が空孔の輪郭に沿ってU字状に存在し、最後に空孔の最後端が閉じられている様子が観察された。従って、水は、空孔前端から空孔の縁を回り込むように浸入していくことがわかった。

このように、側面および下面からの同時観察によって、ゴムとプリズムの接触の様子を3次元的に観察することが可能となり、空孔に水が浸入する様子を明確にすることができた。この手法を用いて空孔の配置などをさらに検討することによって、水の除去量を増加させる手法を見出し、スタッドレスタイヤの氷上摩擦力向上に貢献することができると考えられる。

今後の課題：

実際のスタッドレスタイヤの制動時の滑り速度は、本実験の滑り速度よりも高速である。滑り速度によって水の浸入の仕方が変化する可能性があるため、X線イメージング観察をさらに高速で実施することが課題として挙げられる。

また、今回はモデル実験として氷の代わりにプリズムを用いたが、実際には氷とゴムの接触の様子を観察する必要がある。その場合は、平滑な氷を作成し、その状態を長時間保持することが課題である。

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)