

# スタッドレスタイヤにおけるサイプの吸水効果の研究

## A study of the water-absorbing effect of the sipes of studless tire

内山洋人<sup>1)</sup>  
指導教員 中島幸雄<sup>2)</sup>

- 1) 工学院大学 大学院 工学研究科 機械工学専攻 複合材料研究室  
2) 工学院大学 先進理工学部 機械理工学科

本研究ではスタッドレスタイヤの細いサイプ溝に毛管現象が起き、氷上の水膜が除去されることで氷上摩擦の向上に寄与する可能性に着目した。スタッドレスタイヤのゴムの表面は、接触角の計測では、濡れていない状態では撥水性を示し、濡れている状態で親水性を示した。更に毛管現象の数値解析を行い、サイプ溝を親水性にすることによって、吸い上げを促進させられる傾向を見出した。

キーワード : Studless tire , sipe , Hydrophilicity , Water absorption

### 1. 緒言

近年はタイヤ開発の進展や路面管理の改善、車両の運動制御等により冬季交通事故件数は減少しているが、スパイクタイヤが存在していた時と比べ、未だに約2倍の事故が発生している。そのためスタッドレスタイヤの氷上性能向上は重要課題と考えられる。

本研究では、サイプ溝が細いことから溝に毛管現象が起こり、氷上の水膜が除去されることで氷上摩擦性能の向上に寄与する可能性に着目した。

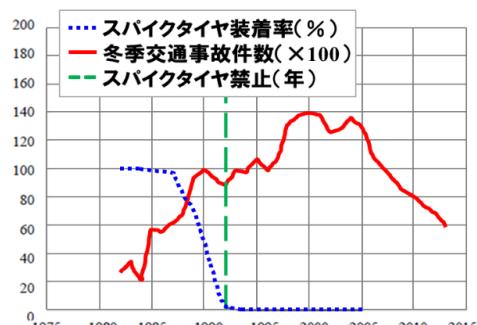


図1 スパイクタイヤ装着率と冬季交通事故件数の推移

### 2. スタッドレスタイヤと水の接触角

スタッドレスタイヤのサイプの溝幅が十分に狭いことから、ゴムに対する水の接触角が  $90^\circ$  より小さければ、毛管現象による吸水効果が期待できる。サイプとは、スタッドレスタイヤのブロックには細溝が刻まれているがその細溝の名称である。文献にはゴム全般に対する水の接触角は  $86.2^\circ$  もしくは  $100 \sim 130^\circ$  との報告があり、ゴムの濡れ性は明らかになっていない。そこで、接触角測定器を用いて乾いたスタッドレスタイヤのゴム表面の接触角を測定した。測定結果を図2に示す。各社のスタッドレスタイヤに用いられたゴムの接触角は  $100 \sim 120^\circ$  の値を示

しており、サイプ表面に何らかの工夫をしなければ毛管現象による吸水が望めない。

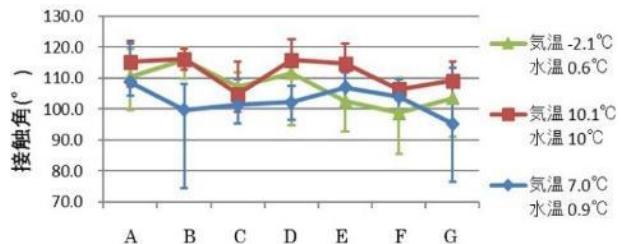


図2 各社スタッドレスタイヤの接触角値

### 3. タイヤ表面が濡れているときの接触角

スタッドレスタイヤを装着した車が雪氷路を走行する際、タイヤのサイプ内部は常に水で濡れていると考えられる。そこでサイプ壁面の内部に細かい凹凸をつけることでそこに水が留まり、効果的に吸水作用もたらすのではないかと考えた。スタッドレスタイヤのゴムの表面に凹凸がある場合とない場合に分けて濡れている状態で接触角を計測した結果を図3に示す。タイヤ表面(発泡面)に細かい凹凸がある状態では表面に水が残り、残った水の上で接触角を測定すると接触角値は  $3.6^\circ$  を示し、親水性を示した。

	表面状況	接触角測定図	接触角値
凹凸なし			$44.4^\circ$
凹凸あり			$3.6^\circ$

図3 タイヤ表面が濡れた状態の接触角

#### 4. 毛管現象の数値解析評価

転動中のタイヤのサイプの毛管上昇の数値解析を行った。第1ステップとしてサイプ付きブロックモデルに構造解析を実施してせん断変形を与えた。第2ステップとして変形後のサイプモデルに吸水に関する流体解析を行った。解析結果の概観を図4に示す。この結果より短い接地時間内に毛管現象による液体の十分な吸い上げを確認できた。また、吸水量を増加させるにはサイプ溝を接地面と平衡方向に屈曲させること、せん断変形を受けたときに溝幅が急激に拡大することのないサイプ溝形状にすること、毛管径を広げてオーバーシュートを利用することが効果的であることが分かった。

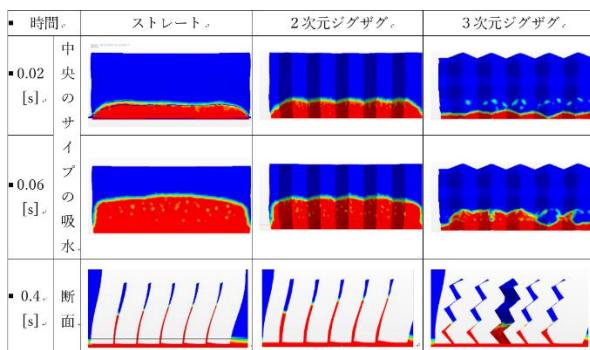


図4 毛管内の液面上昇の時刻歴の概観

#### 5. ブレードへの微細加工方法検討

スタッドレスタイヤを製造する金型には、サイプを生成する為にブレードと呼ばれるステンレス製の板が用いられる。そこでブレードに細かい凹凸をつけることを試みた。表1に微細加工方法まとめを示す。ポンチ加工とマイクロデボ加工は、加工の容易性、凹凸のコントロールがしやすいため採用した。マイクロデボとは放電加工機の原理を応用した機械部品、金型等への予防保全目的のコーティングと肉盛補修に使われる加工機械である。ブレードに電極材が肉盛されることで、微細な凹凸を施すことができる。

表1 微細加工方法まとめ

	加工写真	加工の容易性	凹凸のコントロール	加工深さの確保(μm)	加工穴の径の確保(μm)
型彫り 放電加工		△ → ✕	○	△	○
やすり		○	✗	✗	✗
ポンチ		○	△	○	△
マイクロ デボ		○	○	△	△

#### 6. シリコンゴム用いた吸水実験

吸水実験には吸水の可否を可視化でき、タイヤと同程度の接触角を持つシリコンゴムを使用した。ポンチとマイクロデボで加工を行ったブレードで型を

取ったシリコンゴムと、やすり(40、60、80、100、120番)の表面を型に取ったシリコンゴム、やすりでスムースなシリコンゴム表面を削ったゴムブロックの作成を行い、表面が濡れた状態と濡れていない状態で吸水実験を行った。

表面が濡れていない状態はいずれも吸水せず、ポンチとマイクロデボ加工で作成したシリコンゴムの表面が濡れた状態も吸水が確認できなかった。

一方、やすりでスムースなシリコンゴム表面を削った40、60、80番のブロックは、表面が濡れている状態で図5に示すように吸水を確認することができた。やすりでシリコンゴム表面を削ることで、表面状態が単純な凹凸ではなく、周方向と幅方向に溝ができ、格子状の表面になったために水が留まり、吸水を確認することができたと考えられる。

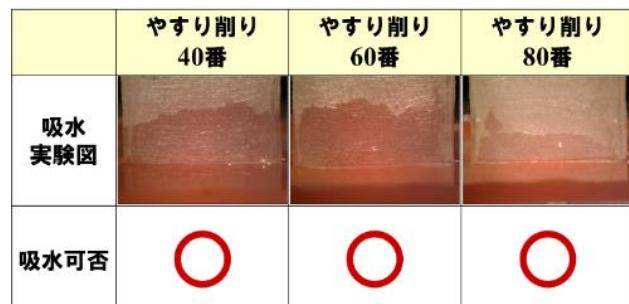


図5 シリコンゴム表面をやすりで削り  
表面が濡れた状態

#### 7. 結論

本研究では、サイプ溝の幅が十分細いことから毛管現象による吸水が生じ、摩擦係数の増加に寄与する可能性がある点に注目した。毛管現象によるサイプへの吸水性の可否と、毛管現象を促進させる方法の検討を目的に数値解析を実施し、毛管現象の力学モデルをもとに考察を行った。またサイプ溝に微細形状を施した吸水実験を行った。以上で得られた知見を以下に示す。

1. 毛管現象は短い時間の間にも十分に作用するため、接地時間の短いタイヤのサイプへの吸水は期待できる。
2. 毛管形状の不均一性は毛管現象に大きな影響を与え、特に接触角が高い場合は管径の拡大が毛管上昇を止めてしまうことから、せん断を受けて変形したときに溝幅が広がらないようなサイプ形状を設計することが吸水量の増加につながる。
3. タイヤの発泡面(穴の径、深さ共に80~150μm)とシリコンゴム表面をやすりで削った格子状の溝(溝の径406~464μm、深さ40~87μm)は、表面が濡れている状態で吸水をしたことを実験的に確かめた。

今後、吸水性に優れたサイプの形状と表面の凹凸のあり方について検討する。