

蛍光法を用いたゴムブロック-実路面間の接地現象の可視化

Visualization for Ground Contact Phenomena of Rubber Blocks on Real Road Surface Using Fluorescence Method

TOYO TIRE（正）*諫山 直生 TOYO TIRE（非）石神 直大

Naoki Isayama*, Naohiro Ishigami,

*Toyo Tire Corporation

1. はじめに

自動車タイヤの制動性能にはタイヤ接地状態が大きく関わっており、タイヤ性能向上にはタイヤと路面間に生じている摩擦現象の把握が必要である。摩擦現象の把握には接触状態の可視化が有効であるが、一般に実路を走行中のタイヤ接地面を可視化することは困難なため、台上試験機でガラスなどの透明な板を路面に使用して可視化される場合が多い¹⁾。しかし、平滑面と粗さを持った凹凸路面では真実接触面積が異なり、より詳細な分析評価には凹凸面における可視化技術の検討が必要である。凹凸面での可視化を試みた研究として、エポキシ樹脂の凹凸面とゴム平板の接触に光誘起蛍光法を用いた事例²⁾や、ゴムと球状突起の接触に X 線イメージング法を用いた事例がある³⁾。また、ゴム材料の粘弾性特性には温度依存性があるので、タイヤには幅広い温度域で良好な接地状態を得ることが求められる、その評価手法が必要である。

そこで本研究では、実路の表面粗さを再現した透明材料のレプリカ路面を製作し、温度制御機能を持つゴムブロック台上試験機に組み込むことで、光誘起蛍光法を用いた可視化システムを構築した。ゴムブロックと凹凸路面間の接触状態を可視化し、低温から常温までの幅広い温度域でゴムブロックの接触面積の測定が可能となる。物性が異なるゴム試験片を用いて温度違いで計測を行い、妥当性検証を行った。

2. 実験装置と実験手順

本研究で使用した実験装置の光学系の概略図を Fig.1 に示す。路面サンプルは透明樹脂材料でできており、シリコン型にてアスファルト路面の表面形状を転写して、注型にて製作することで実路粗さを再現している。路面表面は蛍光剤の水溶液で満たされている。ゴム試験片は下面がΦ30mmの球台型形状のゴムブロックであり、SBR、カーボン配合にて3種用意した。ゴム試験片の物性値を Table1 に示す。光誘起蛍光法の光源には紫外線 LED ライトを使用した。水平に照射されたライトは、路面に対して角度 45° に設置されたダイクロイックミラーで上方に反射され、蛍光液中の蛍光粒子が励起されることで緑色波長の蛍光が発生する。その蛍光をダイクロイックフィルターで波長分離した後、下方に設置された高速度カメラにて撮影する。蛍光剤には、蛍光強度と波長分離性に優れた特性を持つ Pyranine⁴⁾を選定することで、高精度な光学撮影系を構築した。

ゴムブロックは瞬間接着剤で金属プレートに貼り付けられ、試験機に取り付けられる。ゴム試験片を路面に接触させ、一定時間ごとに所定量ずつ垂直変位を増加させて 10~20 回の繰り返しで荷重 0~500N を負荷する。路面表面温度を 5℃および 22℃とした。撮影した各接触面画像について、輝度ヒストグラム分布を基にした二値化処理から接触部の判定を行うことで接触面積を算出する。画像処理ツールには MATLAB を使用した。荷重ごとの代表値を抽出して接触圧力と接触面積の関係をj得る。接触圧力はゴム試験片の下面の面積と垂直荷重値より計算する。

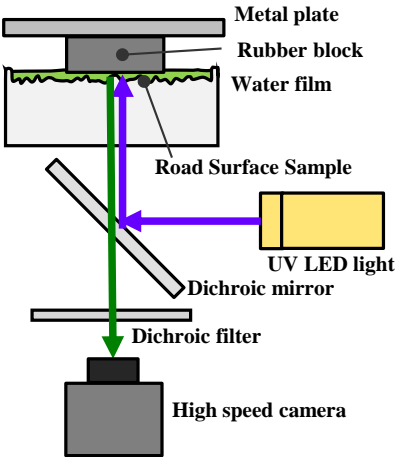


Fig.1 Optical system of experimental apparatus

Table 1 Rubber Specimen

| Sample No. | 1 | 2 | 3 |
|------------------------------|-------|-------|-------|
| Styrene-butadiene rubber,phr | 100 | 100 | 100 |
| Carbon black,phr | 30 | 50 | 80 |
| Young's modulus,MPa | 5.17 | 7.97 | 12.97 |
| Tanδ | 0.194 | 0.218 | 0.216 |

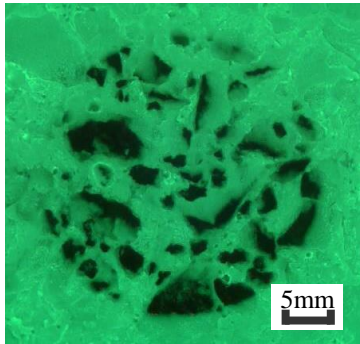


Fig. 2 Contact surface of rubber sample 2

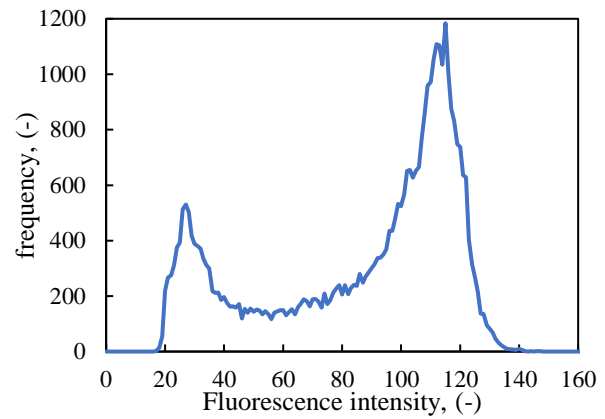


Fig. 3 Intensity histogram

3. 実験結果および考察

接触圧力 300kPa 付近におけるゴム試験片 No.2 の接触面画像を Fig.2 に示す。その輝度ヒストグラムを Fig.3 に示す。低輝度側のピークは蛍光液膜が薄い黒色の接地部、高輝度側のピークは液膜が厚い緑色の非接地部をそれぞれ表している。この 2 つのピーク中間付近の任意値をしきい値に 2 値化処理を行うことで接触面積を算出する。肉眼で見たイメージに近くなるようしきい値を 60 として全面像に対して適用した。

路面表面温度 22℃における各ゴム試験片の接触圧力と接触面積の関係を Fig.4 に示す。0~60kPa のデータは微小な傾斜による接触面の片当りの影響が出やすいため除外している。ゴムのヤング率が小さいほど接触面積が大きい結果が得られている。Fig.5 は接触圧力 300kPa の温度 22℃の接触面積を 100 としたときの温度 5℃の接触面積の比率を表している。ゴム試験片 No.1 と No.2 では面積減少量は 5%程度だが、ゴム試験片 No.3 では 12%と減少量が多い。この結果は、路面との接触部位に No.3 ゴムを採用したタイヤでは温度変化に伴う真実接触面積の変化量が大きくなるため、常温では良好な接触状態であっても低温環境では十分な接触面積を確保できない可能性を示している。本手法ではこのようにしてタイヤ試作前のゴム配合開発段階からゴムブロックで実路との接触状態を温度依存性込みで評価できる点に利点があり、コスト面と納期面に優位性がある。

4. 結言

タイヤゴムの摩擦現象把握のために光誘起蛍光法を用いてゴムブロック-凹凸面間の接触面積を測定する手法を構築して、妥当性検証から以下の結果を得た。

- (1) 荷重増加で接触面積は非線形で右上がりに増加していき、ゴムのヤング率大小と順位が対応する。
- (2) 接触面積に温度依存性が見られ、ヤング率の大きい低温 5℃では、常温よりも接触面積が 5~12%低下する。

文献

- 1) Sakai, E. H., Tire Science and Technology, 23,4 (1995)
- 2) 江口正夫, トライボロジスト, 58 (2013)
- 3) 網野直也, 日本ゴム協会誌, 84,4 (2011)
- 4) 日高有美, 表面技術, 64,4 (2013)

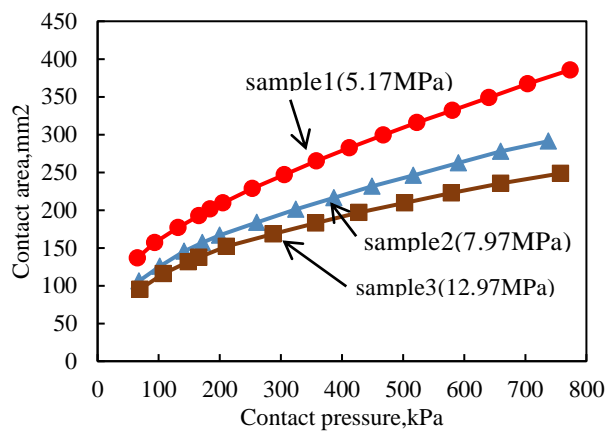


Fig. 4 Relationship between contact pressure and contact area

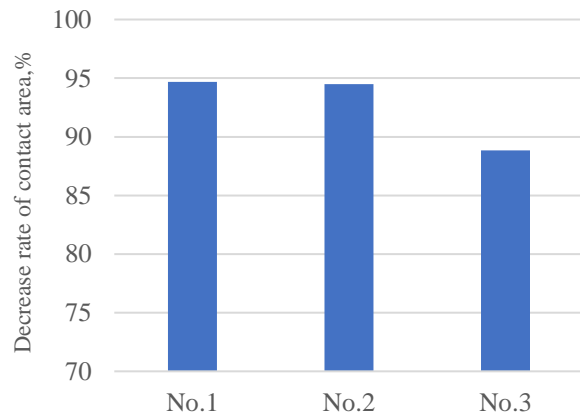


Fig. 5 Decrease rate of contact area