

湿式ペーパー摩擦材の接触面形状に及ぼす接触圧力の影響

Effect of Contact Pressure on the Contact Surface Profile of Paper-Based Wet Friction Materials

新潟大・工（正）*月山 陽介 新潟大・工（非）秋澤 亮輔 新潟大・工（正）新田 勇
ダイナックス（正）神田 航希, ダイナックス（正）瓶子 達也, ダイナックス（非）佐野 誠
ダイナックス（非）高倉 則雄

Yosuke Tsukiyama*, Ryosuke Akisawa*, Isami Nitta*

Koki Kanda**, Tatsuya Heishi**, Makoto Sano**, Norio Takakura**

*Niigata University, ** Dynax Corporation

1. はじめに

自動車用自動変速機(以下, AT)の湿式クラッチに用いられる湿式ペーパー摩擦材¹⁾(以下, 摩擦材)は, 繊維, 充填材, 樹脂(バインダー)などにより構成される。湿式ペーパー摩擦材は優れた耐摩耗性を有し, その摩擦特性は自動車の快適性や安全性に関わる重要な部品である。一般に, 摩擦材はセパレータプレートと AT 専用潤滑油(以下, ATF)中でしゅう動し, 変速動作中に摩擦材は係合状態～開放状態まで, 異なる潤滑状態において使用される。摩擦特性には構成する繊維の表面形状が関連するため真実接触面積の観点から研究が行われてきた²⁻⁴⁾が, 接触面の 3 次元形状(すなわち, 潤滑面の形状でもある)については十分に検討されていない。そこで本研究では, 摩擦材の接触面の 3 次元形状に及ぼす接触圧力の影響解明を目的とした。具体的には, 摩擦材の接触面の 3 次元形状を可能とする計測技術を開発した。また, セパレータプレートの代わりに透明なガラスプレートを異なる面圧で摩擦材に接触させた時の摩擦材の表面形状をその場観察し, 接触面形状やスキューネスなどの表面粗さパラメータを実験的に明らかにした。

2. 実験, 手法

異なる表面粗さにを有する 3 種類の摩擦材(それぞれ A, B および C とする)を金属板に張り付け試験片とした。摩擦材の寸法は外径 208 mm, 内径 185 mm, 厚さ 0.41 mm である。相手面にはドーナツ型の透明ガラス板を用いた。ガラスの寸法は外径 230 mm, 内径 170 mm, 厚さ 4 mm である。

装置外観を図 1 に示す。装置上方には共焦点レーザー顕微鏡(OLS3100, Olympus)があり, 摩擦材の接触面の 3 次元形状をガラス板越しに計測できるようになっている。観察用の窓は 90° 間隔に 4 箇所設置されており, 各計測箇所では一定間隔(横約 8 mm, 縦約 4 mm)離れた 9 エリア(3 x 3 の格子状)で接触面形状を計測した。計測エリア(観察視野)は 640 x 480 μm である。図 2 に示すようにガラス板はガラス保持プレートに固定されており, 摩擦材よりも上部に配置されている。摩擦材はガラス板の下側に配置し, 摩擦材保持プレートに固定されている。その下にあるロードセル保持プレートには, 4 つのロードセルが観察用窓と同じ位置に設置してあり, 下方の荷重負荷用こまによる垂直荷重とその分布を計測できるようになっている。接触圧力は 0.01 MPa, 0.14 MPa および 0.27 MPa の 3 水準とした。ガラス板の接触面には反射防止フィルム(モスマイト®, 三菱ケミカル)を使用し, ガラス表面からの反射光を抑えることでガラス越しの計測を可能とした。

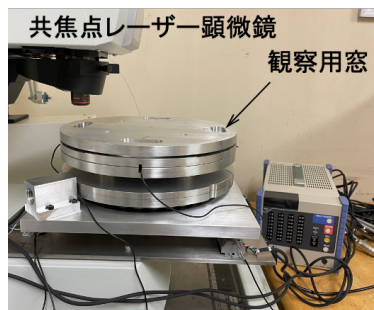


図 1 装置の外観

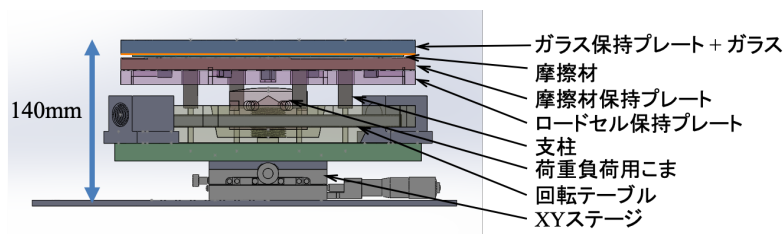


図 2 ジグ部分の模式図

3. 実験結果と考察

図 3 にガラス板を接触させながらその場計測して得られた, 摩擦材の接触面の表面粗さ(各条件の計測エリア数 $n=36$)を示す。なお, この原稿においてはサンプルの粗さは正規化して示すこととし, 具体的にはサンプル B (粗さ: 中) の 0.01 MPa における粗さで除した値 Ra' ($=Ra / Ra_{0.01\text{MPa}_B}$)を用いた。図 3 より, 全てのサンプルにおいて接触圧力 0.01

MPa における Ra' が最も大きく、面圧の増加に伴って減少した。また、粗さの上下の非対称性を示す無次元量であるスキューネス Rsk (粗さ凸部が凹部と比較して鈍化したり平坦化したりすると減少する) は、図 4 に示すように全てのサンプルで面圧増加に伴い減少した。これらのことから、摩擦材表面はガラス板に接触することにより圧縮され粗さが減少したことと、特に粗さの凸部が選択的に圧縮されて平坦化したことがわかる。次に、図 5 に全ての計測エリアにおける粗さの減少量 $\Delta Ra' (= Ra'_{0.01MPa} - Ra'_{0.27MPa})$ と 0.01 MPa における粗さ $Ra'_{0.01MPa}$ の関係を散布図で示す。各サンプルについて 36 プロット (4 計測箇所 \times 9 視野) あり、 $Ra'_{0.01MPa}$ が大きいほどその減少量 $\Delta Ra'$ も大きい傾向がある。また、 $Ra'_{0.01MPa}$ には大きなばらつきがあり、これは深い穴が計測視野内に含まれるかどうかで大きく変化するためである。また、粗さ減少量 $\Delta Ra'$ にも大きなばらつきがあり、中にはほとんど粗さが変化していなかった計測エリアもある。プロット色の濃淡はスキューネス変化量 $\Delta Rsk (= Rsk_{0.01MPa} - Rsk_{0.27MPa})$ を示す。濃色は ΔRsk が大きい (各条件の上位 15 プロット) ことを示し、濃色プロットは $\Delta Ra'$ の高値側に存在している。値のばらつきは摩擦材の表面のうねり形状による接触圧力のバラつきによるものと考えられる。最後に、摩擦材 C において表面形状に大きな変化が見られた箇所における等高線画像の一例を図 6 に示す。色は高さを示し、0.27 MPa では高い凸部が変形して平坦化している様子がわかる。

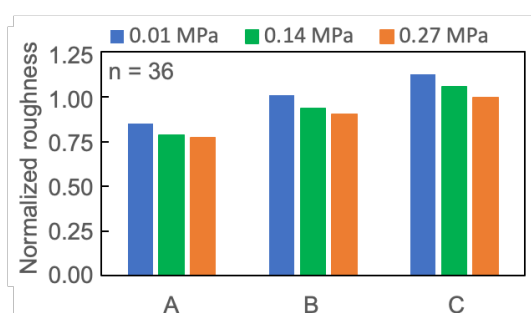


図 3 接触圧力と粗さの関係
(サンプル B-0.01 MPa の粗さを基準とし正規化)

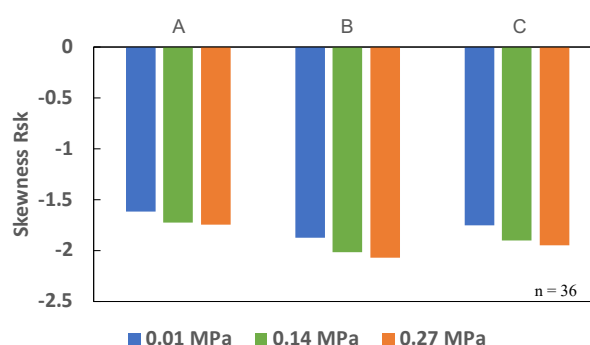


図 4 接触圧力とスキューネスの関係

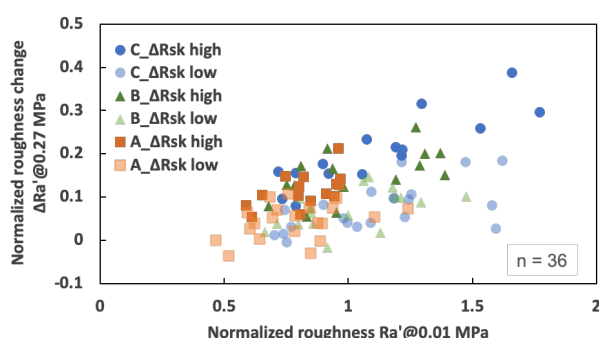


図 5 粗さの変化量と初期粗さ(0.01 MPa 時)の関係
(濃色はスキューネス変化量が上位 15 以内)

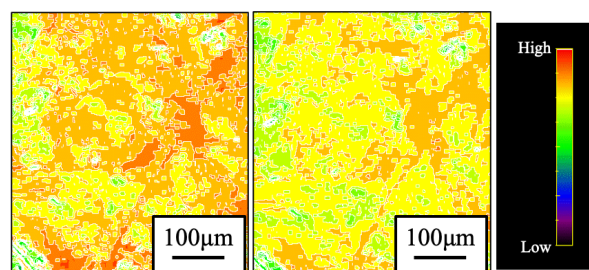


図 6 摩擦材 C の接触面形状の一例
(左 : 0.01 MPa, 右 : 0.27 MPa)

4. おわりに

本研究では、湿式ペーパー摩擦材の接触面の三次元形状をその場計測する方法を考案し、接触圧力が摩擦材の表面形状に及ぼす影響を明らかにした。その結果、算術平均粗さ Ra およびスキューネス Rsk は接触により有意に減少することが明らかとなった。本手法は静圧条件で計測するためしゅう動を伴う実際の動作条件とは異なるが、摩擦材表面の形状・機械的が潤滑下の摩擦特性⁴⁾に及ぼす影響の解明に役立つことが期待される。

謝辞

反射防止フィルムのモスマイト™をご提供いただいた三菱ケミカル株式会社に深く感謝申し上げます。

文献

- 1) 三本木嗣：湿式摩擦材の技術動向クラッチ，トライボロジスト
- 2) 黄志强・相原了・梅澤栄記・松本堯之，湿式ペーパー摩擦材のなじみ機構に関する研究—接触面の可視化による真実接触面積および表面形状の測定などに基づく検討—，トライボロジスト，(1997) 42, 3, 233
- 3) 江将弥ら：湿式ペーパー摩擦材の構成材料が接触に及ぼす影響，トライボロジー会議 2018 秋伊勢 予稿集，(2018)
- 4) 佐野誠ら：湿式ペーパー摩擦材の摩擦特性，トライボロジー会議 2018 春東京 予稿集，(2018)，pp114-115