

閉じ込め油膜の観測

1. 緒言

ボールベアリングの場合、ボールと軌道面の間はきわめて狭い領域に高い圧力が生じる点接触状態にあり、2 面の間に介在する潤滑油にも高い圧力が負荷される。こうした高接触圧力下では潤滑油の粘度は増加し、2 面に弾性変形を生じる。結果、油膜厚さが保持される EHL(弾性流体潤滑)状態になる。また衝撃荷重下においても、2 面の間の潤滑油は瞬間的に高粘度化し、油膜が閉じ込められるような形状を生じる。これら高接触圧力下での潤滑油の特性は未だ正確には把握されていない。

本研究では、衝撃荷重下での閉じ込められた油膜を、油種の違いなどによる閉じ込め状態、およびその挙動を、光干渉法を用いて観測することを目的とする。

2. 光干渉法

ガラス板越しに入射した光は、ガラス円板底面と鋼球面で反射した光との干渉により、油膜厚さに応じた干渉縞を生じる。縞と縞の間の膜厚の変化は、 $\Delta d = \lambda / 4n$ で変化する。従って縞と縞の間隔を測ることで簡便に膜厚を測定することができる。

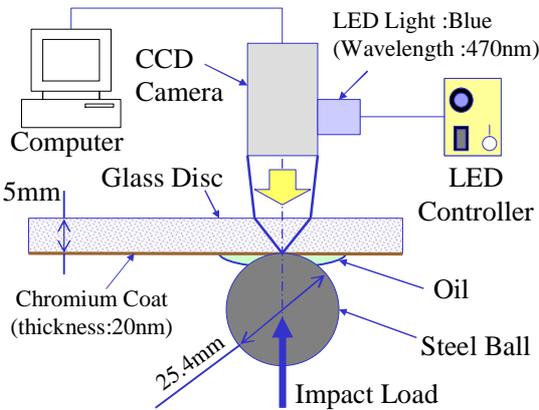


図1： 光干渉法の原理および実験装置の構成

3. 実験装置および方法

図1右に実験装置の構成を示す。20nmのクロムコーティングを施した厚さ5mmのガラス板に直径25.4mmの鋼球を衝撃荷重で負荷した場合に形成される干渉縞を、波長470nmの青色LEDを光源としたCCDカメラで観測した。荷重は15~30N(/5N)、油種はサントラック基油(ST)、ダフニータービンオイル32(DN32)、ダフニータービンオイル100(DN100)の3種類を使用した。油種の基本特性を表1に示す。今回、最低縞次数に対応する検定膜厚は83nmである。

表1：油種の基本特性

	[mm ² /s]	[g/cm ³]	[Pa·s]	[GPa ⁻¹]
ST	20.4	0.8671	0.0177	30
DN32	31.27	0.8652	0.0271	19.5
DN100	98.56	0.872	0.0859	21

は動粘度、 は密度、 は粘度、 は圧力粘度指数である。

4. 実験結果および考察

以下に衝撃荷重30N下での閉じ込め油膜の光干渉による観測画像と測定結果を示す。衝撃荷重30N時の負荷速度は230N/sである。観測画像は、STおよびDN32の負荷開始と負荷終了時の画像であり、スケールは0.1mmである。

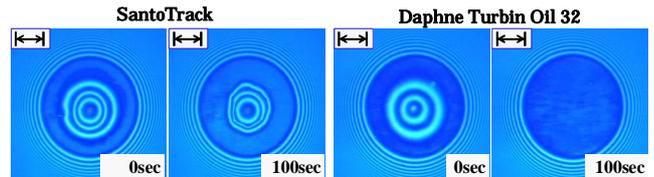


図2： 閉じ込め油膜の観測画像

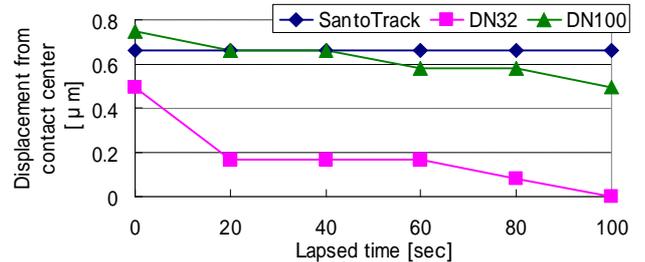
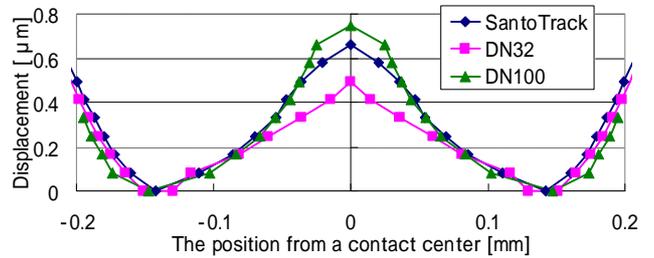


図3： 30N下での測定結果

図3より、最大変位はDN100が一番大きい結果となった。これは、DN100の大気圧下での粘度が他の油種に比べて大きいからであると考えられる。また、STも圧力粘度指数が他の油種に比べて大きいため、高圧化で粘度が増大し、大きな閉じ込め変位を生じている。しかし、図2の観測画像、図3の時間経過を表すグラフでは、DN系の油種は、STに比べて比較的早くに閉じ込められた油膜が接触域外に抜けている。これは、高圧下において圧力粘度指数の高いSTが閉じ込め域内で固化しているためであると考えられる。また、油膜の閉じ込め状態は負荷速度に大きく依存すると考えられる。

5. 結言

閉じ込められた油膜は荷重の大きさ、負荷速度、閉じ込め開始からの経過時間、油種の違いによって大きく異なることが確認された。

6. 参考文献

兼田禎宏・鈴木裕・西川宏志・松田健次, “EHL下における表面粗さと潤滑油の粘弾性および固化特性との動的相互作用”, 平成2年度科学研究費補助金(一般研究(B))研究成果報告書, (1991)