

弾性流体潤滑膜の厚さ測定に及ぼす超音波照射領域の影響

トライボロジー研究室 堀井 将太

1. 緒言

高面圧の過酷な潤滑状況下での、鋼製転がり軸受の EHL 膜厚とその挙動の解明は、安定で安全な軸受系の設計・開発に有効となる。本研究では、超音波法により EHL 膜厚を観測しているが、そこからの反射エコー高さは、照射領域(焦点)内で平均化された値となるため、局所的な膜厚との対比が困難とされている。そこで、ここでは、上記照射領域の大きさやそこでの音圧分布がエコー高さに及ぼす影響を検討した。

2. 油膜測定原理および実験装置

図 1 左側に示すように、超音波探触子から送信された超音波は鋼円板底面で反射し、一部は透過して潤滑油膜内で多重反射する。本研究では鋼円板が空気と接している場合の円板底面からの反射波のエコー高さ h_0 により、EHL 部からの反射エコー高さ h を標準化した、エコー高さ比 $H = h/h_0 \times 100[\%]$ により EHL 膜厚の推定を行っている。図 1 右側に示した厚さ 5mm の鋼製の回転円板に潤滑油を介在させて 1 インチ鋼球を純転がりさせ、荷重を負荷した場合に形成される EHL 膜を超音波観測する。

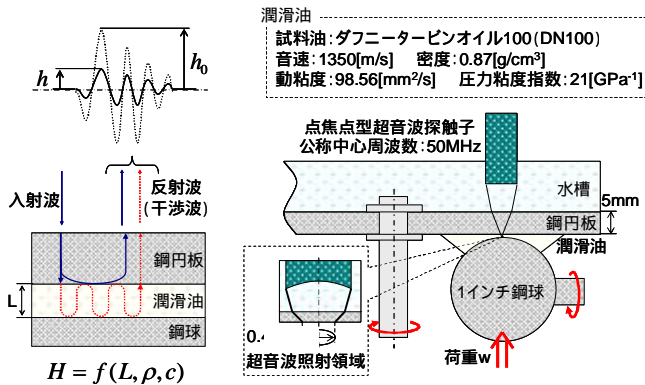


図 1 測定原理および実験装置

3. 超音波照射領域がエコー高さ分布に及ぼす影響

図 2 には超音波法で計測されたエコー高さ比分布と、有限要素法により計算された EHL 部の膜厚分布を示してある。荷重は $W=200\text{N}$ 、転がり速度は 300mm/s 、計算される EHL 部中央の膜厚は $L=170\text{nm}$ であり、サファイアディスクと鋼球の組み合わせで行われた他の研究者の光学膜厚測定において、実験と理論が比較的良く一致するとされている領域である。それにもかかわらず、超音波のエコー高さ比分布は、EHL 膜厚とは大きく異なっている。

実験に用いた超音波探触子の焦点部の音圧は、図 3 中の実測値に示すように、照射領域 D において正規的な分布をもっているため、領域内の異なる膜厚部からの反射エコーに対し、その重み(強度比)に応じた平均化がなされたエコー高さ比 H として観測されると考えられるが、その詳細は明らかにされていない。そこでここでは、上記のほぼ正規的な分布を含む、

任意の分布を表現できる関数 $[= \exp(-a|r|^b) - D|r|]$ を定め図 3 のように形状を変化させながら、平均化後のエコー高さ比 H の分布に及ぼす影響を調べた。

図 2 の EHL 膜厚(計算)に対し、そこでの圧力に依存した密度や音速を加味して計算した局所的なエコー高さ比 H の分布図において、図 3 の照射領域内での音圧分布を仮定して、平均化したエコー高さ比の、転がり方向(X-X)断面での分布を図 4 に示す。

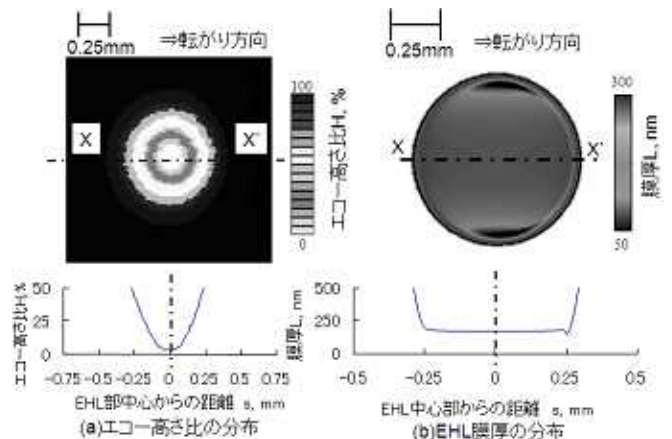


図 2 エコー高さ分布と EHL 膜厚分布

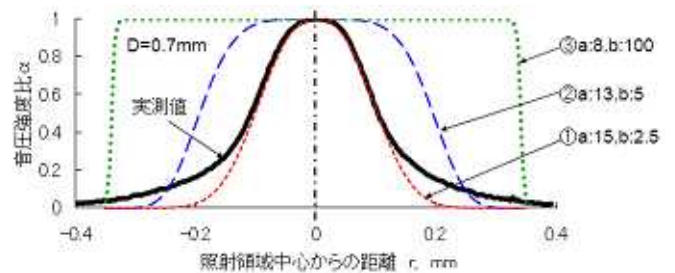


図 3 超音波照射領域内の音圧分布

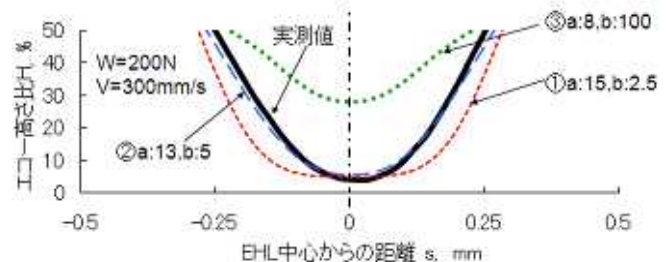


図 4 推定された EHL 部のエコー高さ比分布

4. 結言

従来の平均化で用いられていた正規分布ではなく、より平坦な分布(図 3 の)において、実測したエコー高さ比 H の分布とよく一致することが明らかになった。