

# 超音波透過法によるピストンリング油膜厚さ測定

トライボロジー研究室

飯沼 大我

## 1. 緒言

近年の地球環境問題の中で、特に温室効果ガス問題は深刻である。身近なところでは、自動車の内燃機関からの排出を抑えることが考えられる。内燃機関の損失の多くは熱と摩擦とであることから、最近の内燃機関では潤滑油の低粘度化やテクスチアリングによる摩擦抵抗の低減などが進められている。

内燃機関のピストンリングとシリンダ間には、極めて薄い油膜がある。油膜厚さを計測する事で潤滑状態の把握ができ、良好なピストンリングの開発に繋がると考えられる。

本研究では、ピストンリングとシリンダ間の油膜厚さを、従来から行われてきた超音波反射法ではなく、ピストンリング幅の中央部での局所的な油膜厚さに敏感な超音波透過法を用いて行い、固体接触の状態とも併せて潤滑状態を評価した。

## 2. 超音波透過法の測定原理

超音波をシリンダ外側から入射すると、油とシリンダの境界面で音波の透過と反射がおこる。また、薄膜部において音波は多重反射し、その振幅は油膜厚さに依存して変化する。その中からリングを透過して受信側探触子に初めに到達した波（第1透過波）を観測波として用い、その音圧振幅（エコー高さ  $h$ ）により油膜の厚さを測定する。

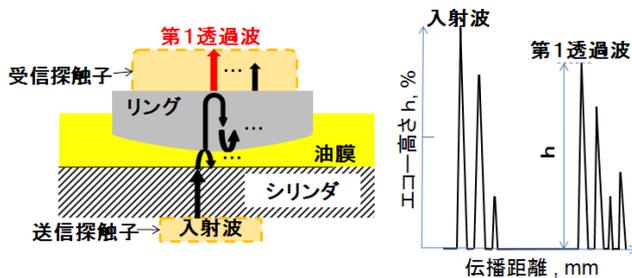


図 1. 透過法での膜厚測定原理

## 3. 較正機と較正曲線

エコー高さと膜厚の関係を明らかにするために図2の装置により較正を行った。リングと模擬シリンダの個体接触開始点を膜厚ゼロとし、マイクロメータヘッドにより、それら2面間の膜厚を変化させた時のエコー高さ  $h$  を測定した。尚、膜厚の測定にはリングが完全乾燥した状態でのエコー高さ  $h_0$  で標準化したエコー高さ比  $H=h/h_0$  を用いた。

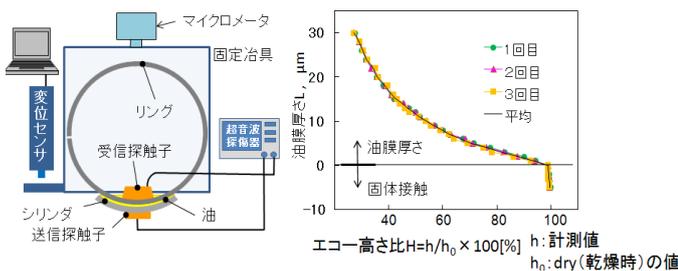


図 2. 較正機

図 3. 較正曲線

## 4. 表面粗さを考慮した膜厚換算

摺動実験には、シリンダ摺動型のピストンリング試験機を用い、シリンダを  $\pm 40\text{mm}$ 、振幅周波数  $0.25 \cdot 0.5 \cdot 1\text{Hz}$  で摺動させた。使用したリングは、先に較正を行ったトップリング（外径  $86\text{mm}$  幅  $1.2\text{mm}$ ）であり、リング背面には、受信用探触子を取り付けてある。一方、シリンダの周方向には  $45^\circ$  間隔に送信探触子（幅  $10\text{mm}$ 、長さ  $100\text{mm}$ ）が計 8 本取り付けられている。

ピストンリングとシリンダの表面には、細かな溝がある。これにより超音波の透過量は細かく変動する。較正曲線(図3)では粗さの影響が含まれていない。図5は、リングとシリンダ内面の粗さを考慮しており、各角度ごとに違う表面粗さを、この処理を行い粗さを含んだ計算をした。

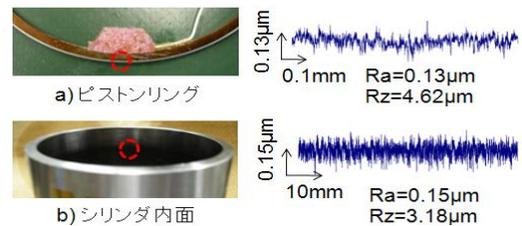


図 4. 表面粗さ

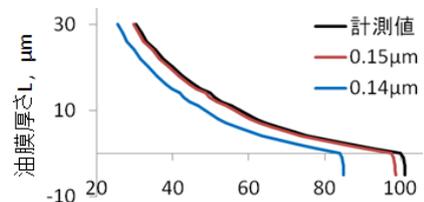


図 5. 表面粗さの違いによる較正曲線

## 5. 実験結果および考察

縦軸はシリンダ周方向の角度別、横軸は1周期で膜厚分布を示した。測定された膜厚は、 $\Delta t$  に対し大きな挙動を示す(図6下、代表線図)。これは透過法により、局所的に膜厚を捉えた為と考える。

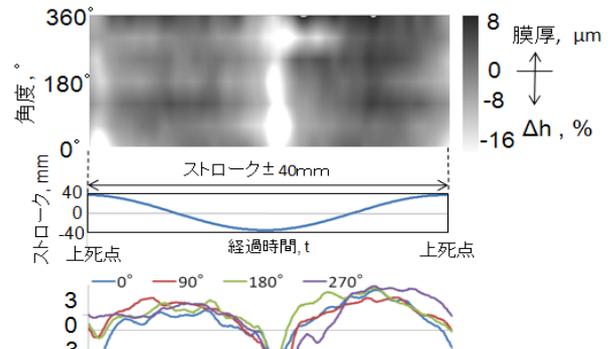


図 6. 1 Hz 膜厚測定結果

## 文献

(1) 松岡広朗：トライボロジー学会 2008 会議予稿集