

超音波法によるピストン系の潤滑評価

トライボロジー研究室 伊藤 誠

1. 緒言

自動車の燃費向上が求められる中で、アイドリングストップ機能が普及しているが、そこでのピストン系全体の潤滑状態については、あまり明らかにされていない。

ここでは定常的な運転状態で、ピストンリング部、ピストンピン・ピンボス部、ピストンスカート部がどのような潤滑状態にあるか各部の相互の関係も含め検討した。

2. 実験装置

本研究では、図1に示す、2000cc 4気筒エンジンブロックのピストン、ピストンリング、ピストンピンを用いた。各部材背面に取り付けた超音波探触子により、油膜部からの反射エコー高さを測定し、膜厚に換算した。なお、実験では始動や停止のような低回転での潤滑状態の評価を行う目的から回転速度を 100rpm と低く設定した。

3. 各部膜厚の推定結果

膜厚の推定結果を図2に示す。ピストンリングとシリンダ間の膜厚は、ピストン上死点 (TDC) と下死点 (BDC) の中間の高滑り速度域で $6 \mu\text{m}$ 程度と厚くなるが、TDC と BDC では、固体接触を伴う混合潤滑状態にある。そしてピストンスカート部膜厚が急激に増大し、ピストンが大きく変位する下降行程や上昇行程中盤でも、その影響を受けず、連続的に緩やかな膜厚変化を示し、リング円周方向のそれぞれの角位置での膜厚もほぼ同じ値を維持している。

一方、ピストンスカート部の膜厚は、クランク各 α が $0 \sim 90^\circ$ までの下降行程(①~②)では薄く、(②~③)では急速に厚くなり、上昇行程(③~④)では一端薄膜になるが、 $\alpha = 270^\circ$ までに再び厚くなる。その後は減少をし TDC まで薄膜を維持しており、本実験のような低速・低温($\approx 24^\circ\text{C}$)の条件下では、滑り速度が高い上昇や下降行程中盤で厚膜とならず、スカート部での流体潤滑作用は顕著でないことが分かる。

このようなピストンの膜厚変化は、ピストンの傾きの他にピストンピンボス内のピンの動きとも関係が深いと考えられる。図3は図2のピストンピンの油膜厚さ変化からピンボス内でのピン軸心の軌跡を算定した結果である。例えば①~②では、ピストンピンはピストンに右方向への力(薄膜化)を及ぼしながら移動し、②~③の行程では逆に左方向への力(厚膜化)を及ぼし、③~④の途中で右上への急速な移動後(薄膜化)、再び左方向に移動(厚膜化)する。最後の④~①の行程では、右方向へゆっくりと移動(薄膜化)した後、ピストンの右方向への変位に伴い、元の TDC の位置まで移動している。このようにピストンピンの動きとピストンの動きは、ほぼ連動していることが分かる。

4. 結言

超音波法により低回転域のピストン各部の油膜形成状態やピストンピン軸心の軌跡を調べた結果、ピストンリングの膜厚は、ピストンの変位に影響されないが、ピストンの動きはピンボス内のピストンピンの挙動とほぼ連動していることが

明らかになった。

5. 参考文献

- 1) 金達雨 他5名, ディーゼルエンジン用スチールピストンの摩擦特性, 自動車技術会論文集 Vol. 41, No2, March. 2010, pp377~382.

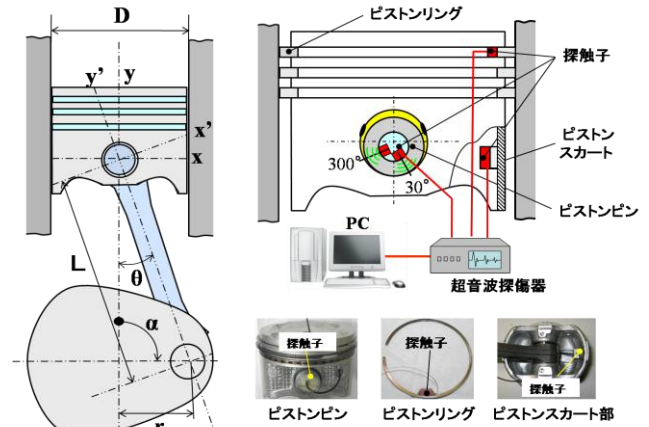


図1 ピストン部概略と油膜計測装置

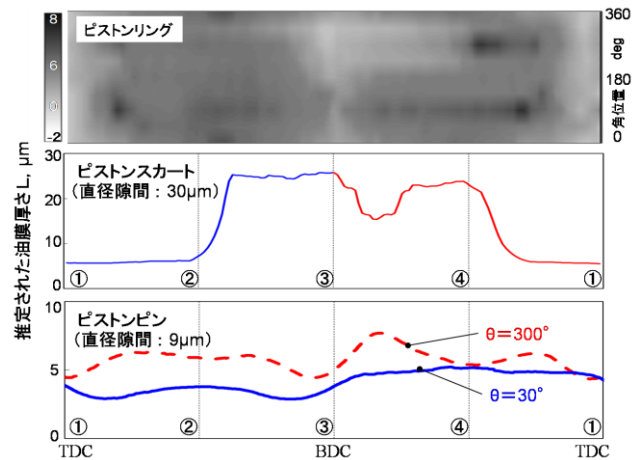


図2 ピストン各部の膜厚挙動

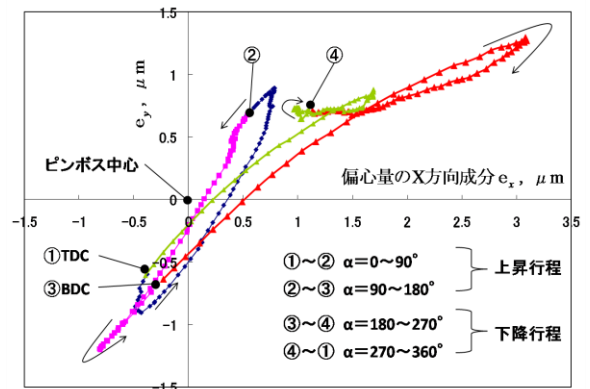


図3 ピン内でのピストンピンの軸心の軌跡