

シリンダ壁面からの超音波入射によるピストンリングの油膜厚さ測定

超音波医・工活用研究室 1170080 善福 貴友

1. 緒言

近年、自動車は身近な交通手段であり、生活にかかせないものとなっている。しかし、自動車から排出される CO2 や石油資源の消費は、地球環境に及ぼす負荷の増大が問題視されている。特に、地球温暖化は重要な問題であり、温室効果ガスの中でも CO2 排出量の削減が進められている。そこで、より効率の良い自動車が求められており、自動車の燃費向上が重要な課題となっている。そのため、エンジンやトランスミッションの更なる効率化が求められている。低粘度油の使用や供給量の削減はその対策の一つであるが、油膜厚さの減少に伴う潤滑状態の悪化の危険性は、エンジンにとって深刻な問題となる。特に、シリンダとピストンリング間の潤滑状態は厳しく、トップリング周辺の潤滑油の量は制限され、油膜形成が難しい状況である。

本研究では、シリンダ壁面からの超音波入射によるピストンリングの油膜厚さを定量測定することで、潤滑状態の把握を試みた。¹⁾

2. 実験装置および測定原理

本研究では、図 1 に示す、シリンダ摺動型試験機を用いた。この試験機は、ピストンリングを装着したピストンを完全に固定し、シリンダ側を直動運動させることによりエンジン内でのピストンリングとシリンダの摺動状態を再現するものである。また、使用した超音波探触子は、水浸収束型探触子である。この探触子は一点に音波を焦点位置において収束させることができる探触子であるが、収束しきった位置においても一定の焦点径を持っている。本研究では、図 2 の左上に示すようにその焦点をシリンダの内面に結ばせ、その位置での潤滑状態を観測している。また、ピストンリング、探触子の仕様は、表 1 に示す。また、実験時に使用した潤滑油は、SAE:10W-30 である。

次に、測定原理を図 2 の右上と下に示す。シリンダ壁面から入射された超音波は、透過し、シリンダ内面からの第 2 反射波と、油膜中を多重反射して返ってくる波がある。この波と第 2 反射波が干渉する。この干渉の影響を受け、観測する第 2 反射波の波高値 h は、膜厚 L に依存して変化する。このため、第 2 反射波を測定することにより膜厚 L を推定できる。実際には、シリンダ内面が乾燥しているときのエコー高さ h_0 を基準とし、この h_0 で第 2 エコー高さ h を標準化する。この標準化したものをエコー高さ比 H と言い、エコー高さ H は、

$$H = h/h_0 \times 100 \quad (1)$$

からなる。

Table 1 Ring, specifications of probe

	Top ring	Oil ring	Probe	
Outer diameter	86mm	86mm	Frequency	50MHz
Width	3.1mm	2.3mm	Focus distance	25mm
Thickness	1.2mm	0.5mm	Focus diameter	0.2mm

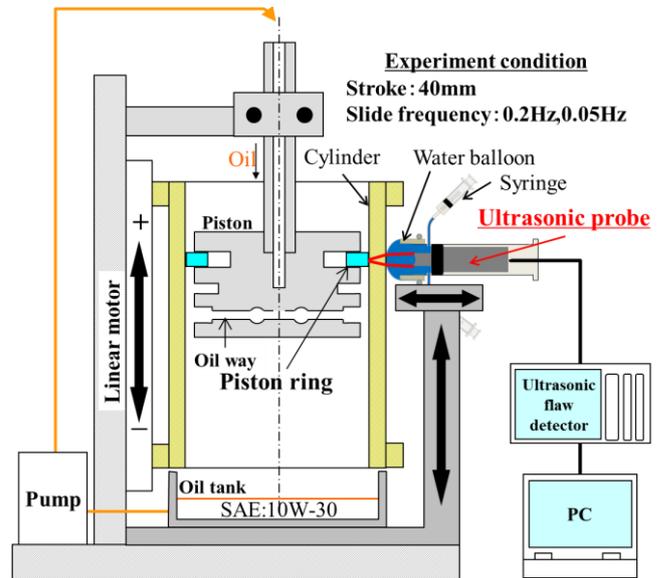


Fig. 1 Experimental device

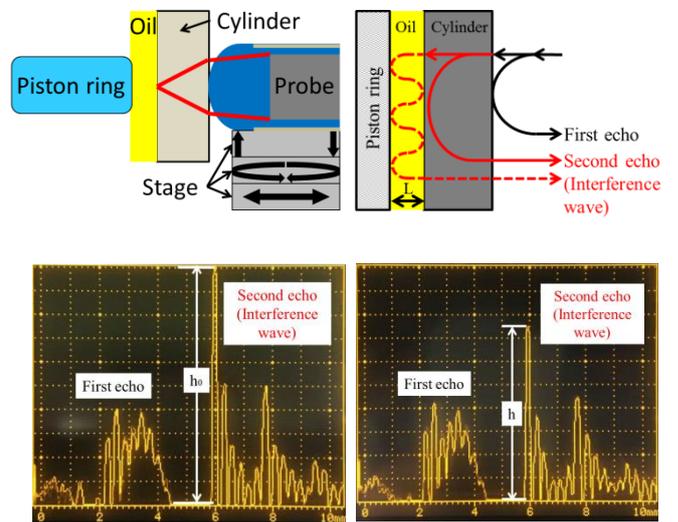


Fig.2 Principle of measurement

3. リングの厚さ測定

図 1 に示したシリンダ摺動型試験機のピストンを取り外し、ピストンリングのみを装着し、シリンダと共に摺動させ測定を行った。ここでは、シリンダ内面が乾燥状態であり、リングを装着していない状態をドライとする。このドライを基準にし、リング装着後のエコー高さの変化を評価する。実験条件は、振幅 40mm、摺動周波数 0.2Hz、0.05Hz で行った。

卒業論文要旨

実験結果を図3～8に示す。リングを通過したときに、エコー高さが下がっていることが分かる。このエコー高さの下がり幅が実際のピストンリングの厚みと一致するのである。しかし、実際の厚みよりもエコー高さの下がり幅の方が大きくなる結果となった。この原因は、探触子の焦点が絞られていないことと考える。

また、摺動周波数によって、リング通過時のエコー高さの下がり方に変化がある。この原因は、探触子先端を覆っている水風船が摺動中に变形し、接触面積の変化が原因と考える。

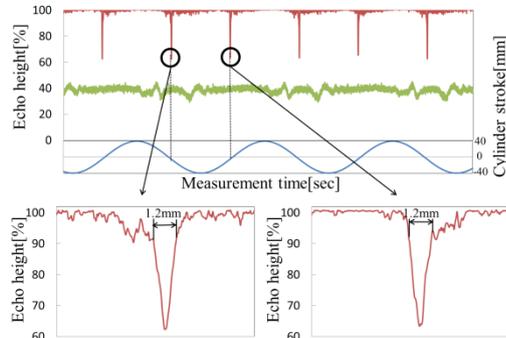


Fig. 3 Top ring Sliding frequency 0.2Hz

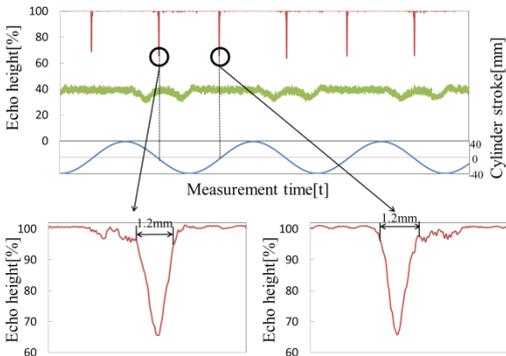


Fig. 4 Top ring Sliding frequency 0.05Hz

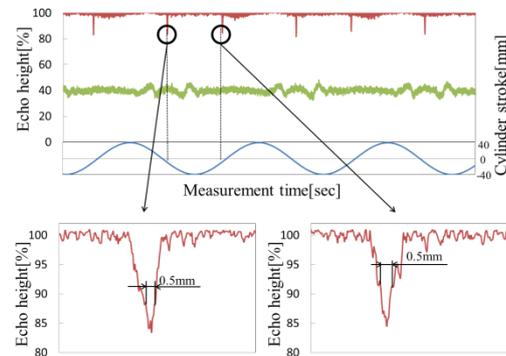


Fig. 5 Oil ring Sliding frequency 0.2Hz

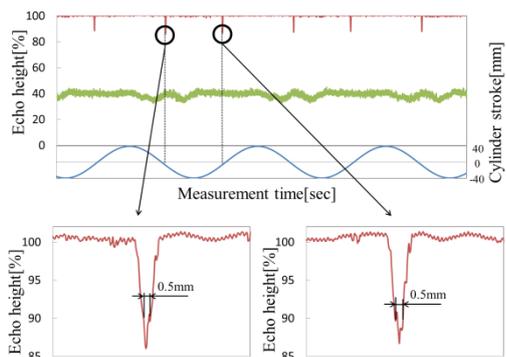


Fig. 6 Oil ring Sliding frequency 0.05Hz

4. シリンダとリングの油膜の挙動観測

図1に示した装置を用いて、トップリングのみピストンに取り付け、摺動周波数 0.2Hz, 0.05Hz で実験を行った。

実験結果を図7, 8に示す。シリンダとピストンリングの油膜厚さは、摺動速度が一度ゼロになる上死点, 下死点では、油膜が薄くなり、摺動速度が速くなる中央地点では、油膜は厚くなることから、油膜が厚くなるとエコー高さは大きくなり、薄くなると小さくなる、一般的な傾向を示している。また、シリンダ上昇時のほうが、下降時に比べてより厚い油膜が形成され、エコー高さが大きくなっている。これは、リング下側から供給される油が、シリンダの上昇に伴ってリングとの間に積極的に持ち込まれるためであると考えられる。

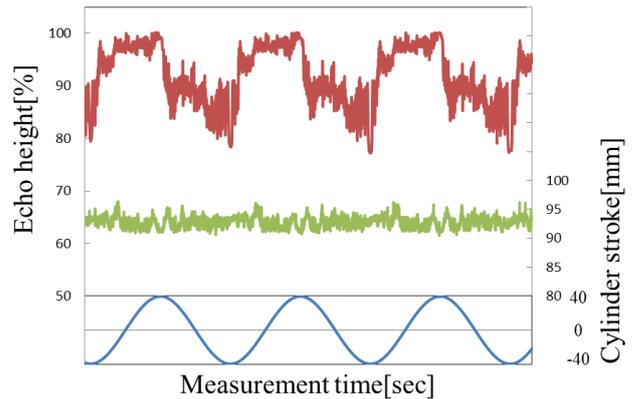


Fig. 7 Top ring Sliding frequency 0.2Hz

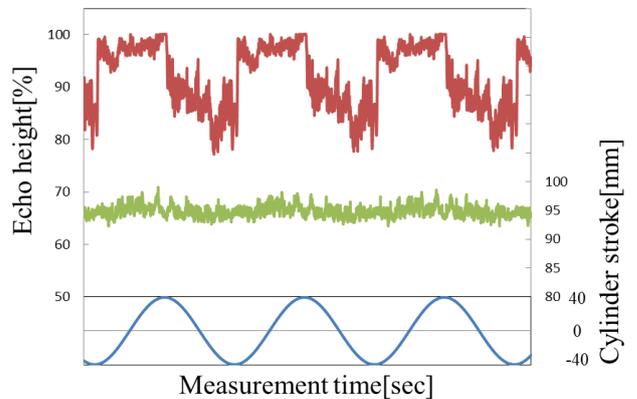


Fig. 8 Top ring Sliding frequency 0.05Hz

5. 結言

ピストンリングが通過したときに、エコー高さが下がることが確認でき、ピストンリングの厚み測定の可能性を示した。また、シリンダ壁面からでも超音波を入射することで、ピストンリングの油膜の挙動を観測することができ、油膜厚さ測定の可能性を示した。

参考文献

1)古川由容, 超音波法による油膜厚さ測定, 高知工科大学大学院平成18年度修士論文