

# 超音波法による壁面に存在する油膜の厚さ測定

超音波医・工活用研究室 1170072 新造 駿一

## 1. 緒言

近年、地球温暖化等の環境問題に目を向けられるようになり、CO<sub>2</sub>等の温室効果ガスの排出量削減が大きな課題となっている。自動車に関してはエンジンの高性能化が求められる。その開発において、ピストン部の摩擦低減が重要となっており、ピストン部は摩擦低減のために低粘度で微量なオイルで潤滑される傾向にあり、急激なオイル不足に陥る危険性を含んでいる。一方、シリンダ壁面のオイル量が多いと異常燃焼の原因となり、オイル消費も早くなる。異常燃焼によってすす等が生じることで環境負荷が高くなったり、生じたすす等が点火プラグに付着することでエンジンの性能の低下につながったりする恐れがある。そこでシリンダ壁面の残油量が重要であり、シリンダ壁面に付着した油膜厚さの測定技術が必要である。

## 2. 実験装置ならびに測定原理

図1に実験装置の模式図を示す。本研究では2種類の方法で実験を行う。一對の斜角型探触子(入射角45°)を用いる方法と1つの垂直型探触子を用いる方法である。

図2は使用した鋼の表面粗さを示している。今回の実験では最も薄い油膜が7[μm]であり、オイルが鋼の表面全体を覆った状態であることが分かる。

鋼に入射された超音波は鋼と油との界面で反射波(0)と透過波(1~n)に分かれる。周波数が5[MHz]の時の油中での波長は280[μm]である。波長に対して油膜が薄いため、油の中に透過した波は多重反射(1~n)を生じ、鋼と油の界面に到達するたびに鋼への透過波と油中への反射波に分かれる。鋼へと透過した波は、鋼と油の界面で生じた反射波(0)との干渉が生じる。膜厚によって位相の遅れや音波の元帥があるため、干渉波は油膜の厚さによる影響を受ける。このことから、干渉波のエコー高さを測定することで膜厚の測定が可能であると考えられる。

## 3. 斜め入射

斜め入射させることで垂直入射に比べて伝搬距離が長くなり、油膜中での1回の反射に要する時間が長くなる。鋼と油との界面での反射波(0)と油中からの透過波(1~n)の位相差が大きくなる。また、油膜中での音波の減衰も大きくなる。探触子同士の距離を離すほど油中の伝搬距離が長くなることから、油膜による影響が顕著に現れると考えられる。

## 4. 評価方法

油膜がない時(DRY)のエコー高さをh<sub>0,S</sub>、油膜がある時(WET)をh<sub>1,S</sub>とする。評価にはh<sub>1,S</sub>をh<sub>0,S</sub>で標準化したエコー高さ比Hを用いる。

$$H = h_{1,S} / h_{0,S} \quad (S \text{ は探触子間の距離[mm]})$$

垂直探触子使用の時は、同じ反射回数の際のDRYで標準化を行う。

図3、図4に斜角入射、垂直入射したときの実際の観測波のエコー高さの変化の一例を示す。

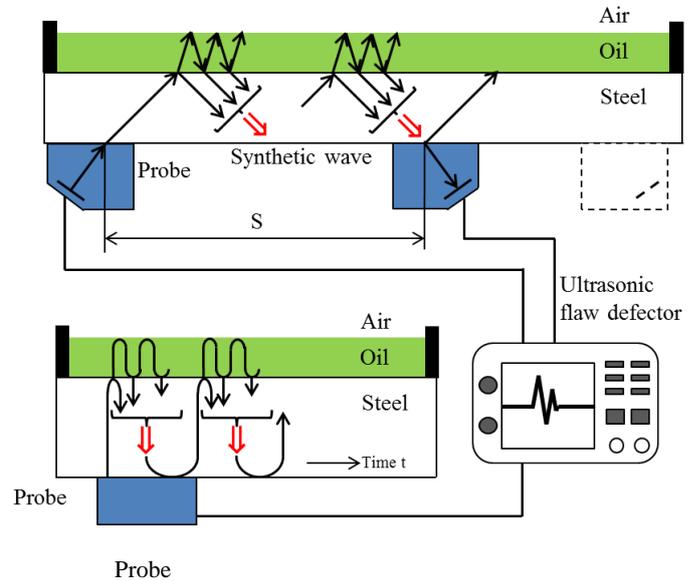


Fig.1 Equipment system

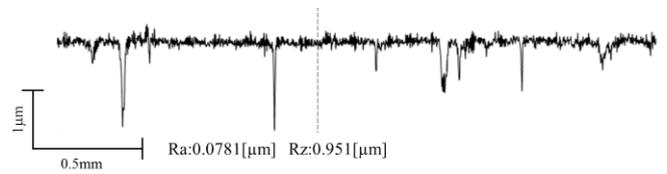


Fig.2 Surface roughness

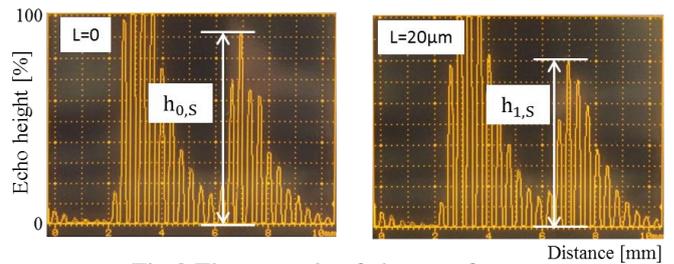


Fig.3 The example of change of echo height of oblique incidence

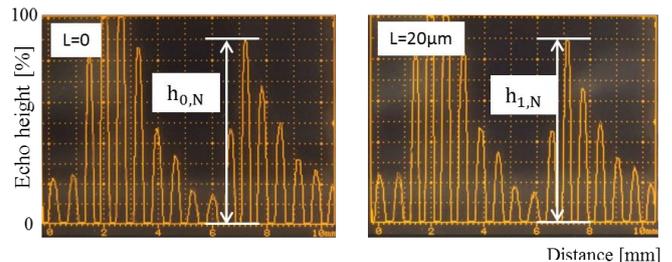


Fig.4 The example of change of echo height of vertical incidence

5. 実験結果

今回の実験では 5[MHz]の斜角型の超音波探触子と垂直型の超音波探触子を用いて油膜厚さを変化させて実験を行った。

図5に 5[MHz]の斜角探触子を用いた時の鋼の音軸方向の音圧分布を示す。図6に各点での実際の波形の写真を示す。実験の際には、ドライの時のエコー高さが100%になるようにゲイン(感度)を調整して実験を行った。

図7, 図8に 5[MHz]の斜角型探触子を用いた時の油膜厚さとエコー高さ比の変化を示す。図9に垂直型探触子を用いた時の油膜厚さとエコー高さ比の変化を示す。油膜厚さが厚くなるほど、エコー高さ比が下がっていることが分かる。また、斜角探触子を使用し、主ビームを受信したときにエコー高さ比の変化が大きくなった。

図10に斜角探触子を用いた時のドライと膜厚 20[μm]の時の実際の波形の写真を示す。S=40の時は油膜の有無による波形の変化がほとんど見られないのに対して、S=50の時は、油膜の有無で比較すると、最大波高の後ろの波形が異なっており、ほかの波による干渉が見られる。このことから、大きく変化したものと考えられる。

6. 結言

膜厚の変化によるエコー高さ比の変化が見られたことから、超音波を用いての膜厚測定が実現できる可能性が確認できた。また、斜角探触子を用いた時の方がエコー高さ比の変化量が大きく、膜厚測定には斜角探触子の方が適していることが確認できた。

7. 参考文献

- 1) 栗栖徹, 木村昇平, 白井裕久, 管近直範: エンジンの省燃費を支えるトライボロジー解析技術 マツダ技報 No. 32 (2015) P203-209

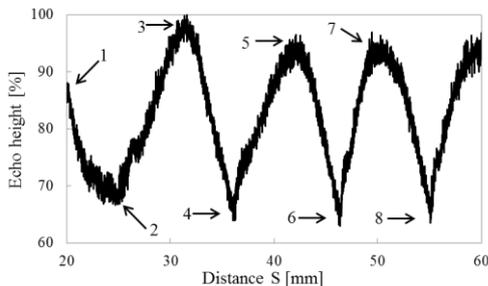


Fig.5 Relationship between distance and echo height

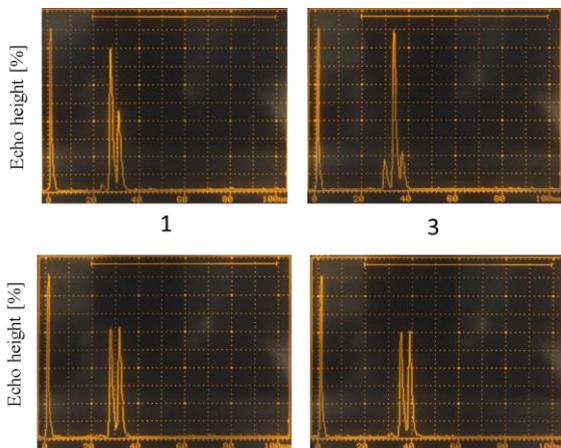


Fig.6 The example of waveform

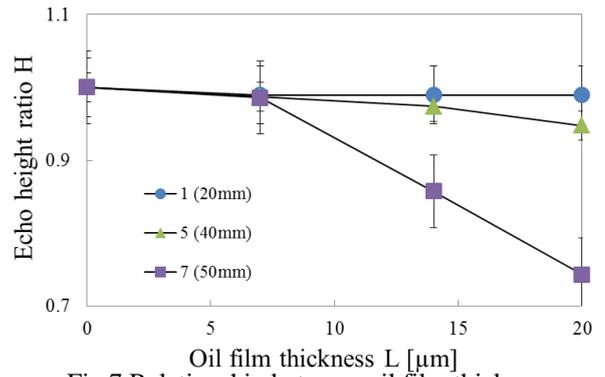


Fig.7 Relationship between oil film thickness and echo height ratio change

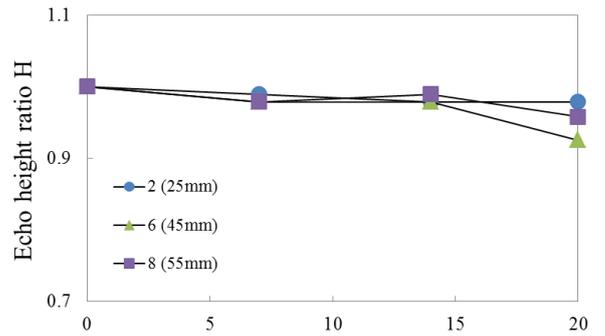


Fig.8 Relationship between oil film thickness and echo height ratio change

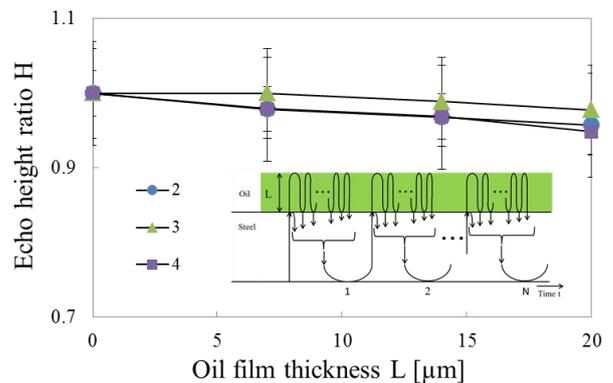


Fig.9 Relationship between oil film thickness and echo height ratio change

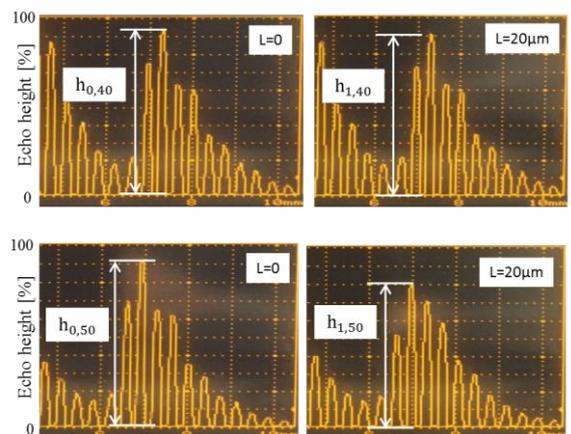


Fig.9 The example of change of echo height