

210 α 形スターリングエンジンの駆動音特性

Drive noise characteristic of Alpha-Type Stirling Engine

○学 堀 崇晃 (室蘭工大院) 正 松本 大樹 (室蘭工大) 正 齊當 建一 (室蘭工大)
Takaaki TSUTSUMI, Muroran Institute of Technology, 27-1, Mizumoto, Muroran, Hokkaido
Hiroki MATSUMOTO, Muroran Institute of Technology
Ken-ichi SAITOH, Muroran Institute of Technology

Keywords: Stirling engine, Ross mechanism, Alpha-type, Drive noise, Air duct volume, Crank angle

1. 緒言及び目的

現在、地球規模での「省エネルギー・環境汚染」が深刻な問題となっている。地球温暖化や化石燃料の枯渇もその例である。そのため、従来のガソリン、ディーゼルエンジンに代わる、「人や環境にやさしいエンジン」の開発が要求されている。この要求に応えられる動力源として、外燃機関であるスターリングエンジンに着目する。スターリングエンジンの特徴は①温室効果ガスの排出、騒音の問題が少ない②太陽光や他の熱機関の排熱など、あらゆる熱源が利用可能③理論熱効率が低い、などが挙げられる。従来のスターリングエンジンの研究としては、機関の高性能化を目的とした熱効率や軸出力に関する研究がほとんどである。しかし、スターリングエンジンの高性能化は、内燃機関より優れた低騒音特性を持つとされるスターリングエンジンでも、騒音および振動の増加に結びつく場合が多い。そこで本研究では α 形スターリングエンジンから発生する駆動音の特性を明らかにし、エンジンの設計・製作方法の問題との関連を検討する。また、エンジン出力向上と共に駆動音抑制に結びつけ、駆動音の発生源を明確にすることを目的とする。

2. α 形スターリングエンジンの設計、製作

Fig.1 に製作した α 形スターリングエンジンの概略図、Table1 にエンジンの仕様をそれぞれ示す。エンジン機構部はロス機構を採用した。クランク部はT字クランクを採用し、中央を支持リンクで固定することによって、ピストンがほぼ直線的な運動する仕組みになっている。この機構部の構成はエンジンの小型化、機械損失の低減を目的としている。また、エンジンの膨張空間と圧縮空間の空気流路の役割を果たすシリンダの連結板は3枚で構成した。これによって、中央の1枚はエンジンの膨張空間と圧縮空間の空気流路の役割を果たすように製作した。また、中央の1枚には圧力測定を行えるように圧力センサを取り付けた。

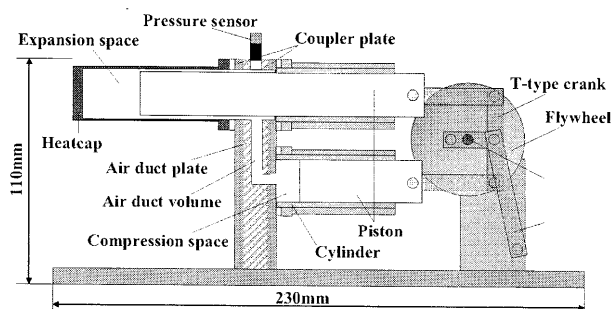


Fig.1 Production of alpha-type stirling engine

Table1 Specifications of alpha-type stirling engine

Engine type	α -type
Ross machinery	T-type crank
Expansion side swept volume (bore×stroke)	8.6cm ³ (ϕ 25.4mm×18mm)
Compression side swept volume (bore×stroke)	8.6cm ³ (ϕ 25.4mm×18mm)
T-type crank radius	27mm
Dead volume	12.9cm ³
Phase angle	90°
Flywheel (diameter×thickness)	brass (ϕ 60mm×10mm)
Mean pressure	110kPa

3. 実験装置及び方法

3・1 実験概要

Fig.2 に測定実験のモデル図を示す。エンジンの作動ガスは空気として、熱源にはアルコールランプを使用し加熱時間は5[min]とする。冷却は自然冷却である。加熱後にエンジン駆動音を測定する。測定は半無響室で行った。

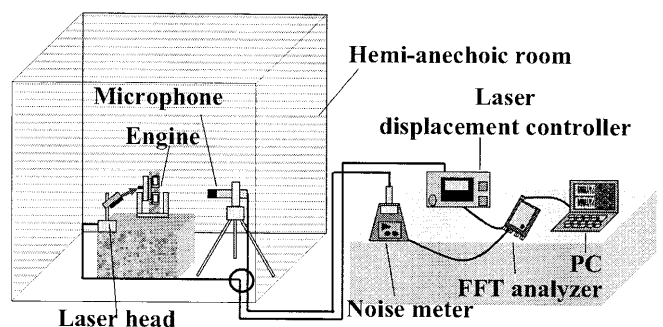


Fig.2 Schematic diagram of experimental setup

3・2 音圧レベル・回転数・クランク角度・圧力測定

エンジン駆動音の音圧レベルはマイクロフォンを用いて測定し、FFTアナライザを介してPCに取り込む。FFTアナライザの設定はサンプリング間隔が 1.95×10^{-4} [sec]である。放射音計測方法の概略図をFig.3に示す。エンジン駆動音測定における、マイクロフォンの位置は地面から1000[mm]、エンジンのフライホイール中心軸に対して垂直に置き、その距離を500[mm]とした。Fig.4に回転数計測方法の概略図を示す。エンジン回転数においては、フライホイールの円周方向の面を基準面として、その面に厚みのあるプレートを接着し、レーザ変位計を用いてプレートの

厚みをパルス波として測定し、PCに取り込む。Fig.5に測定したエンジン駆動音の音圧レベルと変位を示す。パルス波の立ち下がり位置を任意の $\theta=0$ のクランク角度とし、次のパルス波の立ち上がりまでを1サイクルとする。よって、この1サイクルの間を360[deg]としてデータ数で割り、各測定点でのクランク角度を算出する。また、1サイクルに要した時間から回転数を算出する。なお、任意の $\theta=0$ の位置はFig.6の①とした。圧力測定においては圧力トランスデューサで計測し、直流増幅器を介してPCに取り込む。圧力の測定はFig.1中の連結板の圧力測定孔で行っている。

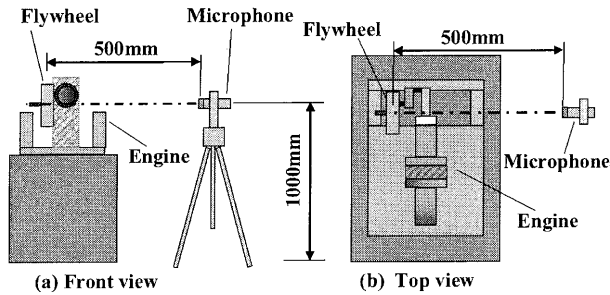


Fig.3 Schematic diagram of measuring drive noise

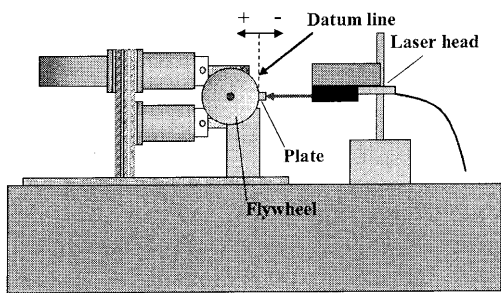


Fig.4 Schematic diagram of displacement measurement

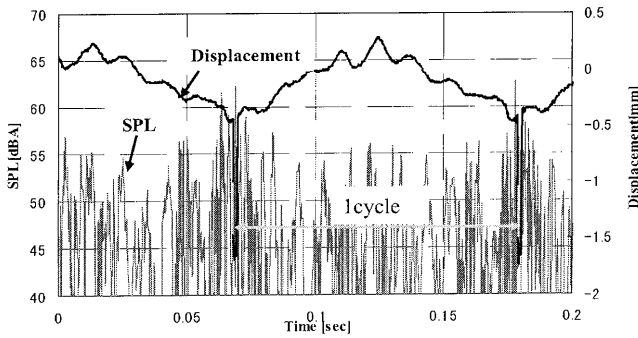


Fig.5 Sound pressure level per 1 cycle

4. 実験結果及び考察

Fig.6にエンジンの1サイクルのピストン位置関係およびクランク角度モデル図を示す。Fig.6の①の状態をクランク角0[deg]として、①~④の動作を繰り返してエンジンは駆動する。また、Fig.7にエンジン駆動音の音圧レベル、1サイクルのクランク角度の位置、時間の関係をFig.8にエンジン内の1サイクルにおける圧力と容積とクランク角の関係をそれぞれ示す。まずFig.7をみると、音圧レベルは時間とともに規則的に変動していることがわかる。その最大値を示すタイミングはレーザー変位計の出力のパルス波とほぼ一致していることがわかる。すなわち、フライホイールのクランク角 θ が0[deg]にもどる、Fig.6に示す④→①のエンジン動作時のタイミングである。また、Fig.8にみられるようにクランク角 θ が0[deg]にもどるタイミングはエンジン内の瞬時容積が最小となり、かつ、圧力が最大となる瞬間となっていることがわかる。以上のことをふまえて駆動

音のピークがみられる原因としては、この瞬間はクランク角が330~360[deg]であり、すなわち、Fig.6での④→①の動作時に相当する。このとき、圧縮側ピストンが下死点から膨張空間内へ作動流体を押し出す動作に移るときであり、またエンジン内の圧力は上昇する過程となっていることがFig.8からわかる。したがって、エンジン内の圧力上昇にともない、機構部に伝わる力が大きくなっていることによつて、騒音が大きくなっていると考えられる。また、圧縮側のピストンとシリンダに多くの摩擦傷がみられたことから、この動作のタイミングで摩擦が生じ、騒音となっていると考えられる。

5. 結言

本研究での実験結果より以下のことが明らかになった。

- ・本研究で製作した α 形スターリングエンジンでは音圧レベルのピークのタイミングはクランク角がおよそ330~360[deg]でみられ、圧縮ピストン-シリンダ間の摩擦や圧縮側空間の圧縮力が機構部に伝わることで騒音源となっていることが考えられる。

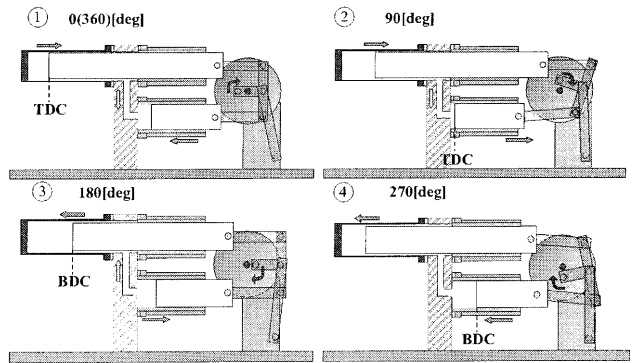


Fig.6 Schematic diagram of crank angle and piston

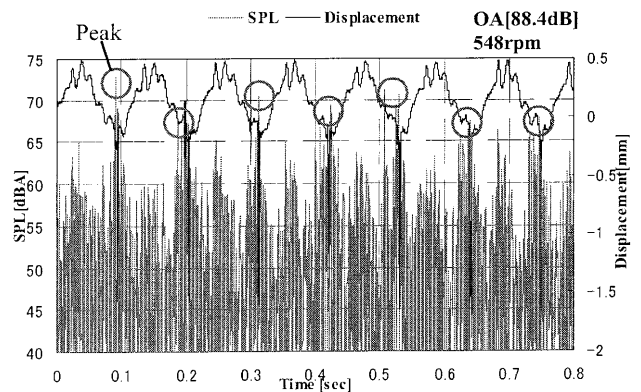


Fig.7 Crank angle position and sound pressure level

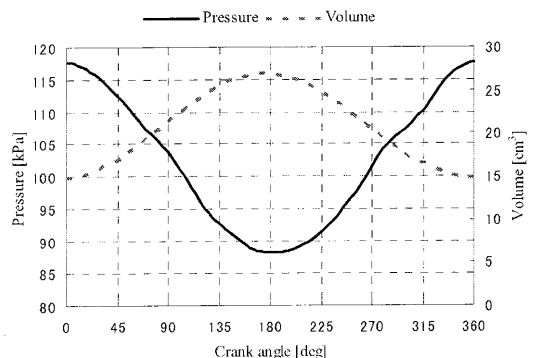


Fig.8 P-V diagrams per 1 cycle