

LDVによるニサイクルエンジン内流速測定



研究部 研究一課 松尾典孝

1. まえがき

昨今、二輪を含む自動車用エンジンは排ガス問題を克服し、低燃費、高出力へと再び飛躍を始めている。

このような時代には新しい、革新的エンジン技術の出現が期待されるが、これを生み出すために、エンジン内での様々な現象、プロセスを解明し理解することの必要性がますます高まって来ていることは言うまでもない。

一方、最近の光、エレクトロニクス技術の目覚ましい発達に伴い、それらを応用したエンジン計測技術もここへ来て急速な進歩を見せており、特に実機運転中のエンジンを非接触、実時間で測定することができる光学的測定、中でもレーザ光を応用した測定が広く行なわれるようになって来た。

筆者らはレーザドプラ流速計（LDV）を二サイクル機関へ適用し、測定上の問題を明らかにした上で、吸気、掃気、排気流の流速を駆動および発火運転において測定し、従来の圧力測定のみでは十分解明できなかった流れの様子をいくつか明らかにした。さらに電算シミュレーションによる計算結果とLDV実測値とを比較したところ良い一致を得ることができ、LDV、シミュレーション両者の実用性を確認することができたのでここに報告する。

2. LDVとは

本論に入る前に LDV の測定原理について簡単にふれておこう。LDV はレーザ光の「ドプラ効果」を応用した流速計で、つまり流れに乗せた散乱粒子にレーザ光を照射すると粒子から発する散乱光の周波数が「ドプラ効果」により粒子速度に比例して照射光周波数からずれる現象を利用して流速を測るものである。光学系の配列により方式はいくつかあるが、ここでは現在最も広く使われている、Dual Beam Mode について説明する。

図-1に示すようにA, B 2本のレーザビームを交差させる。交差点を粒子が速度Vで同図に示す方向に通過すると、レーザ光は広範囲に散乱するがその中の一部を光検出器で検出する。このときビームAに対し粒子は $VS\sin\theta$ の速度成分で遠ざかりつつあり、ビームBに対しては $VS\sin\theta$ で近づきつつあることになるため、各々のビームによる散乱光の周波数 f_{SA} , f_{SB} は発信周波数を f_0 , 光速をCとすると「ドプラ効果」により

したがって光検出器上では両方の散乱光の重ね合わせによる光強度のビート（うなり）が得られ、その周波数 Δf は

$$f_B = f_{SB} - f_{SA} = 2V \sin \theta / C \cdot f_0 \dots \dots \dots (3)$$

f_B を信号処理器で求めれば(3)式からVを求める

ことができるというわけである。

またレーザ光を用いるのは、測定原理から明らかなように、用いる光に要求される特性が、①単色性 (f_0 に幅がないこと)、②同位相性 (ビートを出す)、③指向性 (空間分解能) の三つであり、レーザ光の三特性そのものであるから、レーザ光が発明されたからこそ、この原理に基く測定が精度良くできるようになったと言える。

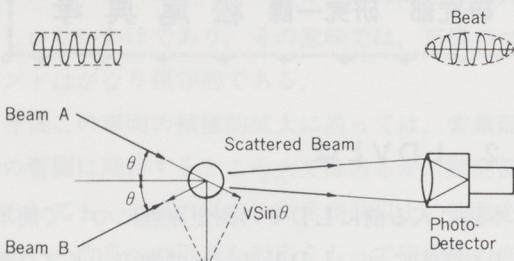


図1 測定原理

3. 実験装置および実験方法

3-1 供試機関

使用した機関はヤマハR X 125(3M5) エンジンであり主要諸元を表-1に、断面を図-2に示す。

化油器下流に吸気流速 (U_i) 測定用窓、および排気口直後に排気流速 (U_e) 測定用窓がレーザ入射および散乱光検出のため、各一組対面して設けられているが、管径、管長など原形機関とほぼ同様に作られている。排気系は実機のままであるが、吸気系はクリーナを取り外し、サージタンクに結ばれ、さらに層流型流量計が取付けられている。

図-2に示した吸気流速 U_i 、排気流速 U_e の測定は図-3のAに示す原形シリンダを使用したが、掃気流速 (U_s) の測定は測定用窓のレイアウト上の問題から同図Bに示す改造シリンダで行なった。Bシリンダ使用時の吸・排気流速はAシリンダ使用時と有意な差は認められなかったので掃気流以外はAシリンダでの測定値である。

流速値との比較のため各測定部に近接した所での圧力、すなわち吸気管 (P_i)、掃気通路 (P_s)、

排気管 (P_e) およびシリンダ内 (P_c) 圧力を動歪み形指圧計で、またリード弁前後差圧 (P_r) も差圧計で測定した。

表1 機関諸元

Type of engine	Two-Cycle, Crankcase Compression.
Valve	single cylinder
Stroke Volume	Piston and Reed
Bore/Stroke	123 ml
Compression Ratio	56/50 mm
Exhaust Timing	6.7
Scavenge Timing	90° (B/A) TDC
Spark Timing	120° (B/A) TDC
Crankcase Volume	20° BTDC
Scavenging Type	470 ml
Fuel	Schnürle
Carburetor	Oil Mixed Gasoline
Max. Power/Revo.	VM24
	9.9 kW / 8500 rpm

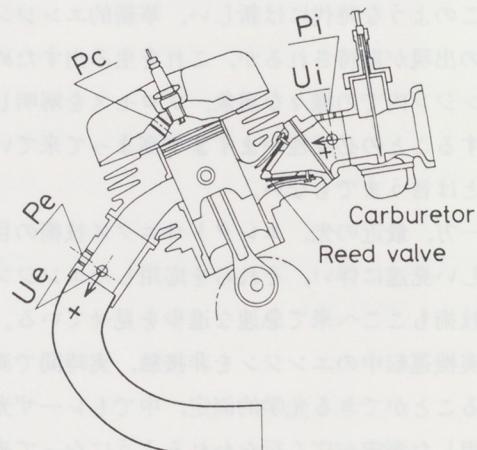


図2 供試機関

供試機関の化油器絞り弁全開の駆動および発火運転時の給気比 (K) を図-4に示す。吸気管は全長 $L_i = 0.5\text{ m}$ および 1.35 m の二仕様について比較した。

駆動運転時の吸気管長 $L_i = 0.5$ および 1.35 m の二例間で K の回転数による傾向はほぼ似ているが、 $L_i = 0.5\text{ m}$ の発火と駆動では大きく相違し流れが大きく異なることが予想される。

なお、駆動運転は可変速電動機で、発火運転の

動力吸収は水動力計で行なったが出力測定は省略した。

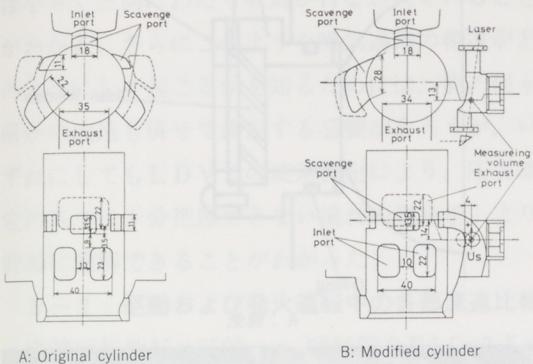


図3 掃気通路形状と掃気流測定位置

A: 原形シリンダ
B: 改造シリンダ

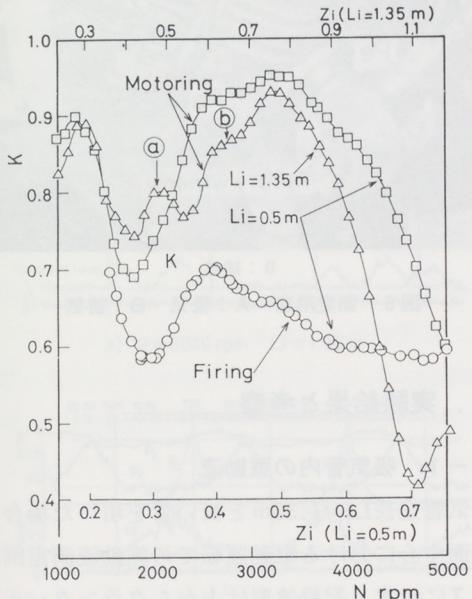


図4 給気比測定結果

3-2 レーザ流速計と測定上の問題点

(1) レーザドプラ流速計(LDV)

使用したLDV装置の仕様諸元を表-2に示す。光学系はDual Beam Mode 前方散乱方式のDISA Mark IIで、光源は15mW He-Neレーザである。なお掃気流測定時は図-3Bに示すように、空間的な制約から入射光路をプリズムにより曲げて

使用した。信号処理はトラッカ(DISAL55L37)を用い、出力はデータレコーダに記録した。

(2) 散乱粒子と供給法

吸気管流速測定には超音波加湿器の水滴⁽¹⁾を、掃気および排気流の発火運転時にはJIS試験用粉体11種⁽²⁾、および六方晶窒化ほう素⁽³⁾、駆動運転時にはシリコンオイル滴⁽⁴⁾も使用した。いずれの粒子も管内流の平均的な流動を求めるためには十分な応答性をもっている。図-5は粉体粒子供給用のタンクで、浮遊した粒子をサージタンクに供給し、平均化とともに大径粒子の除去に心掛けた。

(3) 測定用窓

LDVによる機関内流れの測定上の問題は前項の粒子の供給と測定用窓の汚れである。特に二サイクル機関では、ガソリン、潤滑油、燃焼生成物、および供給粒子のため汚れは極めて激しい。そこで測定用窓にはいろいろな汚れ防止対策を行なった。

まず吸気系では図-6Aに示すように窓は汚れたら即交換できるよう交換プラグに組込み式とし、プラグは吸気管本体にOリングで止めて、ワンタッチ交換可とした。さらに窓ガラス背面にはセラミックヒーターを重ね、運転前に200°C程度になるよう予熱を行なった。これにより散乱粒子として水滴を用いた場合には数分間、測定可能状態を保つことができた。

表2 LDV装置仕様諸元

L.D.V. Model	DISA 55 L Mark II
Laser Wave Length/Power	632.8 nm / 15 mW
Beam Diameter at Focusing Lens	1 mm
Focal Length of a Focusing Lens	120, 300, 600 mm
Total Angle of Intersection	1.9° - 19°
Number of Fringes	32 - 127
Intersection Volume Length (e ⁻²)	0.7 - 36 mm
Intersection Volume Diameter	0.12 - 0.6 mm
Collecting Lens Aperture	3 - 26 mm
Focal Length of a Collecting Lens	105 + (120, 300, 600) mm
Distance from Intersection Volume to Collecting Lens	120 - 600 mm
Photomultiplier Pinhole Aperture	100 μm
Magnifying Power in a Receiving Optics	0.9 - 0.2
Frequency Shifter	Bragg Cell (40 MHz)
Signal Processor	Tracker (DISA 55L37)
Total Signal Processing Range	2.25 kHz - 15 MHz (7 steps)
Frequency Response of Processor	120 kHz (Max.)

次に排気系は吸気、掃気に比べ排気中のオイルやカーボンにより窓の汚れが著しいことがわかった。特に機関始動時に発生するカーボンにより窓が真黒くなり全く測定ができないというような状態であった。このため吸気系と同じような交換プラグ式では窓交換が余りにも頻繁になること、また窓交換の度に機関を停止、再始動を行なう必要があることなどから、排気系への適用は無理と考えた。

そこで排気系では運転中に窓を交換できるよう、図-6 Bに示すロータリ式の交換窓を採用した。これはロータリディスク上に二個の窓を設け、ディスクに設けたハンドルを回すことにより二個の窓が交互に入れ替り測定に供せられるようになっている。またその時汚れた方の窓は清掃することができる。

この方式により窓のクリーンな状態を10秒程度保つことができ、何度か窓を交代させながら受光系や信号処理系の調整、そしてデータ取込みが可能となった。

掃気についてはレイアウト上の問題から交換プラグ、ロータリ交換窓の方式ともに適用ができなかったが汚れが少しでも少なくなるよう、工業用ドライヤを用いて窓の予熱を行なうなどの工夫を行なった。

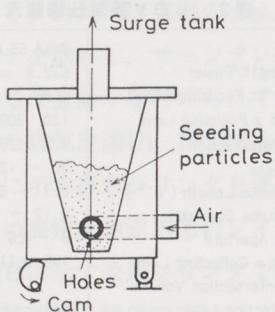
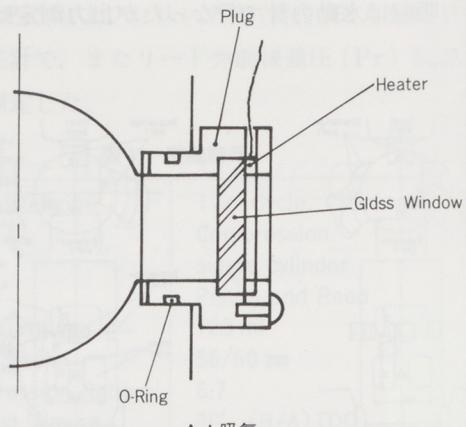
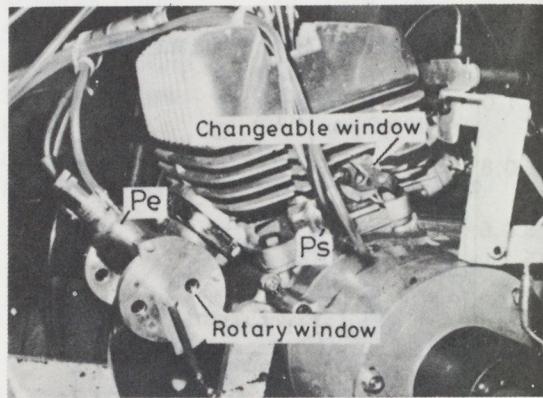


図5 粉体粒子供給装置



A : 吸気



B : 排気

図6 測定用窓 A : 吸気 B : 排気

4. 実験結果と考察

3-1 吸気管内の脈動流

吸気管全長 $L_i = 1.35m$ と長い管を用いた場合の管断面中心における駆動運転での脈動流測定例を図-7に示す。記録波形は上からクランクパルス(3°毎)、吸気管圧力(P_i)、リード弁差圧(P_r)、シリンダ内圧力(P_c)、吸気流速(U_i)およびドップラ信号の状態を示すドロップアウト信号である。

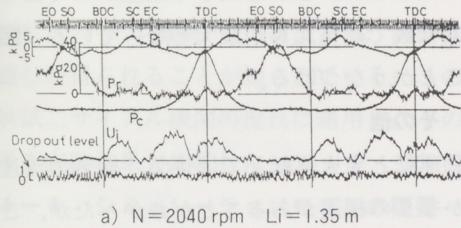
まず P_i や P_r に注目するとa)とb)で圧力脈動の様子が大きく異なることがわかる。しかしこれらのデータから流れの様子、例えば流れの向き、流速変化などをイメージすることは困難である。

これに対し LDVでの流速測定結果 U_i を見ると、a)ではBDCからTDC数十度の間に流速の山が三回見られるのに対し b)では多少の凸凹はあるが

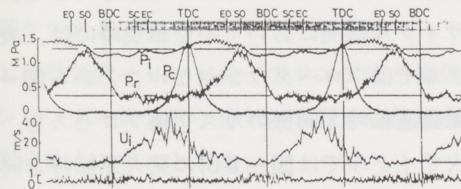
大きな山が一回見られるだけである。つまり b) では大きく一回の吸気が行なわれるのに対し、a) では小さく三回にわたり吸気が行なわれていることがわかる。さらにこのような吸気過程の相違がどのようにして起こるかを知るために、別の何ヶ所かの流速も併せて測定する必要があろうが、いずれにしても LDV での流速測定により、圧力測定のみでは十分把握できない流れの現象を、より詳細に理解できることがわかった。

3-2 駆動および発火運転中の各部流速比較

機関回転数 $N = 2500 \text{ rpm}$, 吸気管全長 $L_i = 0.5 \text{ m}$ の場合の駆動および発火運転時における各部の流速: 吸気(U_i), 掃気(U_s), 排気(U_e), 圧力: シリンダ(P_c), 吸気管(P_i), リード弁差圧(Pr), 掃気通路(Ps) および排気管(Pe) の測定値を図-8 に示す。



a) $N = 2040 \text{ rpm}$ $L_i = 1.35 \text{ m}$



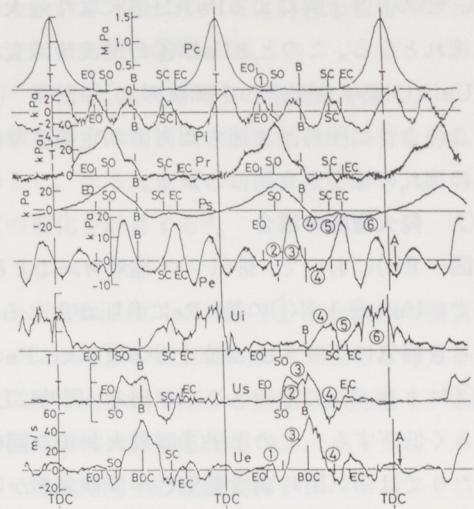
b) $N = 2760 \text{ rpm}$ $L_i = 1.35 \text{ m}$

図 7 吸気流速測定例 (駆動運転、 $L_i = 1.35 \text{ m}$)

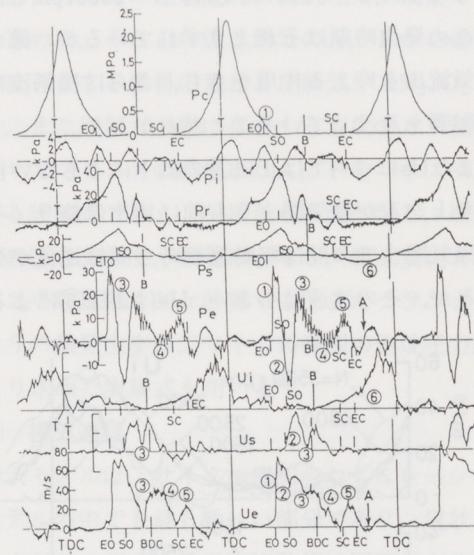
各流速は吸気から排気へ通常の流れ方向を正とし、この上流軸方向の流れ成分を測定したものである。

なお横軸のクランク角に記入された文字は T D C(上死点), E O(排気口開), S O(掃気口開), B D C(下死点), S C(掃気口閉), E C(排気口閉)であり、T D C を T, B D C を B と略して示しているところもある。

また駆動運転の場合について、各部の流れに対する回転数の影響を図-9 に示す。



a) $N = 2500 \text{ rpm}$ $L_i = 0.5 \text{ m}$



b) $N = 2500 \text{ rpm}$ $L_i = 0.5 \text{ m}$

図 8 駆動および発火運転における各部流速と圧力の比較 a) 駆動 b) 発火

(1) 駆動運転の場合

図-8 a)において排気が開くと P_c 負圧により Pe も負圧となり、 U_e には逆流が生じる①。掃気口開により U_s が発生し②、 U_e も排出流となる。 Pe の急上昇により U_s と U_e にへこみがみられる③。続いてピストン上昇による Ps 負圧④により U_s と U_e は逆

流となり、リード弁も開いてUiが発生する。しかしこのUiはPs, Peの再上昇によりいったん低下し⑤、ピストン上昇によるPs負圧⑥により最大の吸流入れとなる。このときUsは④の逆流後減衰するがUeはしばらく脈動している。

このように圧力、流速の両方の測定値より機関内の流れの様子が克明にわかる。

(2) 発火運転の場合

図-8 b)において、排気ブローダウンによるPeおよびUeの急上昇①の後、Peに負圧が生じる。このとき掃気口が開きUsが立上がる②。次にPeの正圧③により、Ueに強いへこみが出る。同時にUsも大きく低下する。この正圧③は最大トルク回転数あたりでは掃気閉時期に発生し、シリンダからの新気の押し出しを抑える効果を持つと考えられているものである。今回の測定は、N=2500rpmと低速のため発生時期はそれよりずれているが、確かに排気流出を抑える作用をもち、さらに掃気流にまで影響を及ぼしていることがわかった。

またUsについては正圧③の低下にともない再び立ち上がるが掃気閉よりも前に流出は終り、その後掃気閉までの間は駆動運転時と同様逆流が発生するが、その流速は小さい。Ueは正圧③によるへ

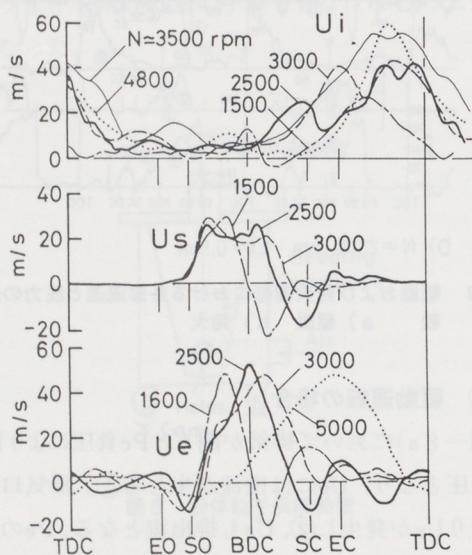


図9 各部流速に対する回転数の影響
(駆動運転)

こみの後、再び立上がる④。これは掃気流の二回目の立上がりによるものと考えられる。また掃気閉後、Ueには三回目の立上がりが見られ、排気閉時まで続くがこれがいわゆるピストン上昇によるシリンダ内ガスの押し出しを示しているもので、やはり新気を含んだかなりの量のガスがこの期間に排気へ流出していることがわかる。

Uiについては駆動運転の場合と異なり、大きく一山だけが見られる。これはクランク室圧力を代表すると考えられるPsの変動が駆動の④におけるほど大きくないためであろう。

(3) 回転数の影響

図-9よりNが3000rpm以下ではUeとUsの流れはほぼ同様に立上りはそろっているが、だいに位相遅れが大きく、逆流は少なくなっている。

Uiは低速では二つの山が見られるが、3500rpmでは一山となり、しかも大きく立上がっており、この回転数で給気比Kが最大となっている(図-4)ことがうなづける。

(4) その他

駆動運転と発火運転とでは排気、掃気の流速変化にかなりの相違があることがわかったが、これより例えば次のような興味ある推察もできる。

二サイクル機関において不整燃焼時には、失火サイクルではブローダウンがないことから図-8 a)の駆動運転時と同様のガス交換プロセスを、また着火サイクルでは図-8 b)の発火運転時と同様のガス交換プロセスをたどると考えられる。すると失火サイクルでは排気開直後には排気管からシリンダへの、新気を含むガスの吸戻しがあると同時にシリンダ内に掃気に先立つ流れを作り出し掃気流挙動にも影響することは十分に考えられる。また排気閉直前も着火サイクルではシリンダ内ガスの流出があるのに対し、失火サイクルでは逆に排気側からのガスの吸戻しがある。このように不整燃焼時には、ガス交換過程で通常の連続着火運転時には見られない面白い現象が起きていることが推察される。別途、さらに詳しく調べてみたい

ものである。

5. シミュレーション計算値との比較検討

前章までの実験と検討により、二サイクル実用機関における管内流の実時間測定に一応の見通しを得ることができた。しかし機関のあらゆる運転条件、あるいは構成要素の変更に応じて、すべての流れ特性を LDV で求めるることは困難であり、実際的でもない。よって機関管内流れのシミュレーションモデルを作り、広範囲の予測計算、机上実験を可能とした上で、それを検証するために要所々々で LDV での流速値を利用するというのが本来望まれる姿であり、今後のエンジン研究、開発にそのような形で両者が利用される可能性は大いにあると考えられる。

またすでに管内の圧縮性非定常流れの定量的解析に用いられている特性曲線法（四サイクル機関^{(5),(6)}や二サイクル機関^{(7),(8),(9)}）によると、かなりよい見通しが得られることが知られている。この手法を供試二サイクル機関の流れに適用し、その計算結果を実験結果と比較した。

4-1 シミュレーションモデルの概要

図-10にモデルの構成を示すが、その概要は次の通りである。

1. 吸気管—リード弁—クランク室—掃気通路—シリンダー—排気管—排気消音器から構成される機関全体をモデルとする。

2. 吸気管、掃気通路および排気管は圧力、流速などに分布をもつ、いわゆる管部として扱う。このため各管ごとに内部をメッシュで分割し、各メッシュ節点ごとに圧力 P、流速 V、温度 T、エントロピー S などの量を持たせる。

3. クランク室(Vcc)、燃焼室(Vc)、排気消音器(Vs₁～Vs₃)は容積部として扱い、内部のガス流動は考えない。

4-2 計算方法

(1) 管部の流れ

管内流れは一次元流れとし、特性曲線法により、

各メッシュ節点のリーマン変数入、βを求め、これより圧力 P、温度 T、流速 V などの時間変化を計算する。計算方法については詳細な報告^{(7),(8),(9)}があるので、ここでは省略する。

(2) 容積部(燃焼期間中の燃焼室を除く)

容積部のガス交換はすべて断熱的に行なわれるものとし、エネルギー式と状態方程式から、圧力と温度の変化を計算する⁽¹⁰⁾。

(3) リード弁部

リード弁はクランク室とリード弁直前の吸気管内メッシュ節点の圧力差によって生じる外力を受けて振動する片持ちはりと仮定し、先端リフト、有効開口面積の計算を行なう。

(4) 燃焼期間中の燃焼室内

排気口、掃気口の開口期間中の計算過程において、排気口閉時の燃焼室内の新気ガス、残留ガス量を求める。それらの値と新気の A/F から燃焼室内に存在する燃料の量および新気ガス N₂, O₂ の量を、また残留ガス中に存在する各成分ガス量はガスサンプリングの結果より A/F をパラメータとする実験式で与え、圧縮から燃焼へ至る、燃焼室内の圧力、温度、燃焼によるガス組成変化およびガス平均比熱を刻々計算する⁽¹¹⁾。またクランク角あたりの熱発生率は二サイクル機関の燃焼圧力解析より求めた実験式を用いる⁽¹²⁾。

(5) 掃気過程

掃気モデルは二サイクル機関のシミュレーションモデルの中でも最も難しい部分であり、現状では三次元のモデルによる直接計算は困難である。そこで近似的に次のような簡易モデルを用いた。まず掃気開口後は完全層状（新気と残留ガスが全く混合しない）にて掃気が行なわれ、あるクランク角にて完全混合（新気と残留ガスが均一に混合する）に切り換わるものとする。実験的に掃気流を可視化して調べたところ、この仮定はある程度妥当なようであるが、完全層状から完全混合へ切り換わるタイミングを機関回転数、さらに個々の機関で変える必要があり、それを予測することが

難しいという問題が残されている。

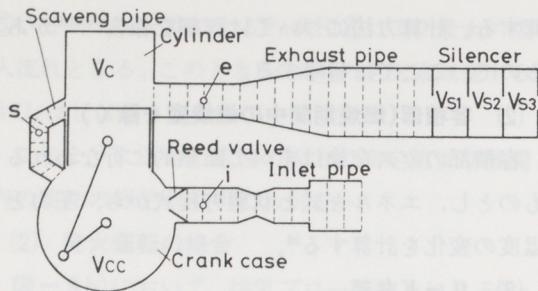


図10 シミュレーションモデルの構成

4-3 実験結果との比較検討

化器絞り弁全開、機関回転数 $N = 2500\text{rpm}$ における各管部の流速シミュレーション計算値（点線）と LDV 実測値（実線）との比較を図-11に示す。計算値は一次元モデルであることから注目する点を含む断面の平均流速を求めていることになる。一方実測値は管中心付近の流速であり平均流速ではない。このような誤差要因を考慮の上、比較してみる。

(1) 駆動運転の流れ

吸気管の流れ U_i は実測の方が少し高めであるが流速変化の全体的傾向は合っている。また掃気流 U_s と排気流 U_e は細部の特徴まで非常に良く合っている。

給気比も実測値の 0.9 に対し、計算値は 0.86 と良い一致を示している。

(2) 発火運転の流れ

駆動運転と同一条件の発火運転での比較を図-11b)に示す。駆動運転の場合より少しずれがある。計算では発火運転時の排ガス温度変化が大きく流速変化に影響するが、排気管からの放熱量の見積りにまだ若干誤差があり、排気管内ガス温度の予測が十分でないことが原因しているのではないかと考えられる。

しかし全体的にみた山や谷の傾向はよく合っており給気比も実測値で 0.7、計算値で 0.66 である。

(3) LDV およびシミュレーション計算の実用性について

LDV は現在、機関管内流の全てを発火運転の条件で測定できる唯一の計測法であり、他の計測法によって検証することはできない。またシミュレーション計算はあくまでも予測手法である。したがって各々単独でその結果を評価するのは難しい。そのような意味で、今回の実験および計算の比較結果は LDV とシミュレーションの相互検証と言えるものである。こうして比較結果全体を通してみると、細部に至るとずれている所も見られるが、かなりのレベルで良い一致が見られ、一応両方の結果の信頼性が立証されたものと考えられる。

こうして LDV、シミュレーション計算とともにエンジン内の諸現象の解明のための「ツール」として考えた場合、十分実用性を有していると言える。もちろん両方ともさらに実用性を高めるためいくつかの課題が残されている。LDV で測定するのは空間の一点での流速であるが、エンジン筒内などの流れでは流速分布が大きな意味をもつ場合が多い。今回、測定に用いた LDV 装置では測定点、つまりレーザビーム交差点の位置を変えるのに、レーザ投光器を、それを保持する台ごと移動する必要があり、操作性が悪い。またエンジンの被測定部にはヒーターで加熱できるようにした窓を入光側、散乱光検出側に一組づつ設ける必要がありエンジン側の準備にも手間がかかる。このような測定上の効率を良くすることが LDV 計測の最大の課題である。これについては「光ファイバ LDV 流速ピックアップ」の開発等が試みられている¹⁴⁾。これは図-12 に示すように、測定用窓、受光部を組み込んだもので、これをエンジン測定部に取付け、レーザ光を光ファイバーで導くもので、測定効率の大巾な向上が期待できる。

一方、シミュレーション計算では、さらに燃焼、放熱などに関わる係数の実験式化や、掃気流の実験的研究を通しての掃気モデル改良などが大きな

課題である。また四サイクル筒内流などの解析に際しては二次元、さらには三次元のシミュレーションも必要となろう。

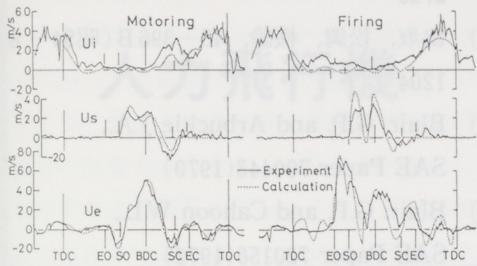


図11 吸気、掃気、排気流の実測値と計算値の比較
(N=2,500vpm)

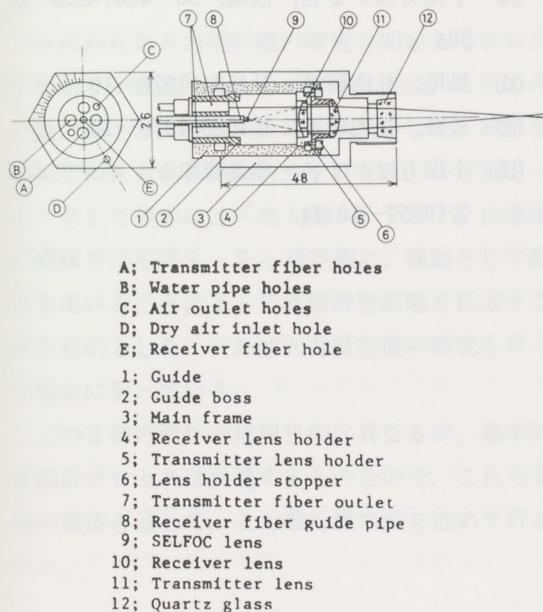


図12 LDV用流速ピックアップ

6.まとめ

二サイクル機関における吸気、掃気、排気流速をレーザドプラ流速計(LDV)により実測した。また特性曲線法を用いたシミュレーション計算を行ない、実測と計算の比較を行なった。結果をまとめると次のとおりである。

LDVの実機への適用について

1) 駆動運転時の吸気、掃気流速測定用粒子に

は超音波加湿器の水滴、シリコンオイル噴霧の連続供給で十分である。

2) 駆動から発火運転の全流速において、従来から使用している関東ローム層粉や六方晶窒化ほう素を散乱粒子としてサージタンク内に供給することにより、測定可能である。

3) ガソリン、オイル、供給粒子、燃焼生成物などによる窓の汚れを防ぐには、窓ガラスの加熱も効果はあるが根本的な解決ではなく、プラグ式交換窓(吸気で数分使用可)あるいは回転窓(排気で十秒程で汚れるが運転中でも窓の交代可)により汚れたら取替える方式を採用した。

吸、掃、排気流の測定結果について

4) 流速の直接測定により、従来の圧力測定のみでは知り得なかった流れの現象を克明に理解することができる。

5) 各部の流れは駆動と発火運転でかなり様子が異なっている。排気流は発火運転においては圧力脈動に応じた流速変動がはっきりと認められ、また掃気閉から排気閉に至る期間のピストンによる「新気押し出し」の流れも認められる。これに対し駆動運転では、発火運転ではない、排気開直後および排気閉直前の排気管からシリンダへの逆流が認められ、不整燃焼時の排気系の影響等を考える上で興味深い。

掃気流は特に駆動運転時にはBDC以後、シリンダからクランク室へかなりの逆流が認められるが回転数が高くなるにつれその量は減少する。また排気管内の圧力脈動は掃気流速の変動まで影響している。

特性曲線法によるシミュレーション結果について

6) 吸気管—リード弁—クランク室—掃気通路—シリンダー—排気管—消音器と、エンジン全体を管と容積系でモデル化し、管内脈動流を計算したところ、駆動および発火運転時とも、実験値との良い一致を得、LDV、シミュレーションの相互検証ができ、各々の実用性を確認できた。

7. おわりに

本報告は、日本機械学会論文集、50—450(昭59—2)に掲載された「小形二サイクル火花点火機関における管内流のLDVによる測定」[小保方富夫(群馬大学);松尾典孝, 平野嘉男(ヤマハ発動機)]よりその内容の多くを引用したことをおことわりしておく。また実験に用いたLDV装置は全て群馬大学所有のものである。

研究に際し多大の御世話と御指導をいただいた小保方先生および同研究室の方々、また研究の端緒、実験装置の準備に協力をいただいた当社研究一課の方々に心から感謝致します。

参考文献

- (1) 小保方ほか2名, 内燃機関合同シンポジウム講演前刷集, 第2回(昭56—1)73
- (2) 小保方, 機習教, 468(昭53—6)111
- (3) 梶山ほか4名, 小松技報, 25—2(昭54)
- (4) Melling A. and Whitelaw J.H., DISA Information 15(1973—10)5
- (5) 鴨本ほか2名, 栎論, 43—371(昭52—7)2726
- (6) 田坂, 松岡, 機論, 45—396B(昭54—8)1204
- (7) Blair, G.P. and Arbuckle J.A., SAE Paper 700443(1970)
- (8) Blair, G.P. and Cahoon W.L., SAE Paper 720156(1972)
- (9) 梶, 八田, 東大宇宙研報告, 8—4(昭47—10)1003
- (10) 小保方ほか2名, 栎論, 50—450(昭59—2)504
- (11) 松尾, 社内研速, U4564(1978—10)
- (12) 後藤, 社内研速, U4520(1978—10)
- (13) 小保方ほか1名, 燃焼現象シンポジウム報告(昭59—10)44