

エンジン燃焼室の容積を“音”で測る

音響式容積計
(燃焼室容積計)

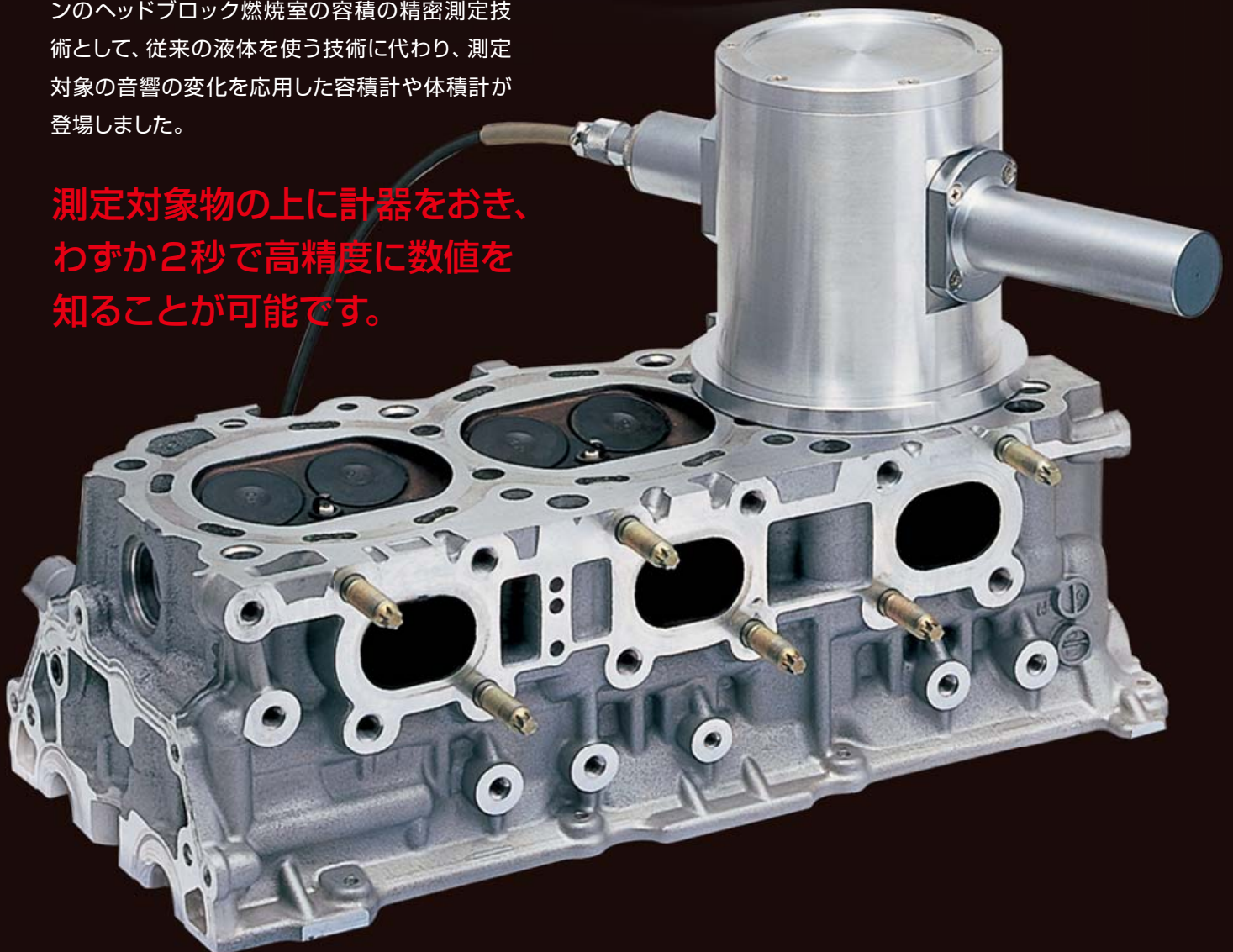
音響式体積計

計測時間

2秒

走行性能などに大きく影響する自動車用エンジンのヘッドブロック燃焼室の容積の精密測定技術として、従来の液体を使う技術に代わり、測定対象の音響の変化を応用した容積計や体積計が登場しました。

測定対象物の上に計器をおき、
わずか2秒で高精度に数値を
知ることが可能です。



自動車のように国際競争力の確保が至上命題となるメーカーでは、製品としての自動車を構成する個々の部品の質的な向上と、それらを全体的に集積したときの1台1台に絶対的な完成度の高さが求められています。このため先進的なメーカーでは、製造工程での品質管理や精密測定の体制構築に力を入れはじめています。



エンジン燃焼室容積を精密測定

例えば機能中枢である自動車エンジンでは、ヘッドブロック燃焼室内の容積を精密測定する工程がありますが、複雑な曲面をともなうエンジンはアルミ合金やマグネシウム合金の鋳造によるため、製品の内部容積は一個一個にバラツキがあり、それぞれが微妙に異なる数値を示すこととなります。

4サイクルエンジンの行程は周知のように①吸気②圧縮③燃焼(爆発)④排気の順に進行します。例えば4気筒エンジンの場合、4つの燃焼室の内部容積の機差が少ないほど、燃焼効率が高くなります。内部容積のバラツキが大きい場合には、不完全燃焼を起こしやすくなり、燃費にも悪影響を及ぼすことになるため、厳密な測定が不可欠です。

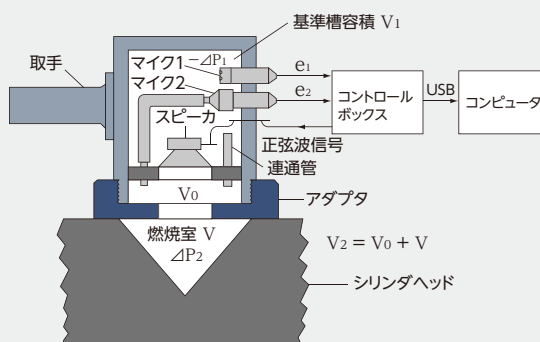
エンジン製造工程での1個ごとの容積の計量は、従来から油などの液体を空隙部分に流し込み、その量を測る方法(ピュレット法)が一般的に使われてきました。ただ、この計量手法には、①4気筒分の計量に約1時間を要する②測定後に油など粘性の液体を洗浄・乾燥させ原状に戻す必要があるなど作業効率低下を招く技術課題がありました。

そこで、燃焼室の容積などの測定には音響式容積計が使われるようになってきました。エンジンヘッドブロック燃焼室キャピティの上に直接容積計の測定ヘッドを載せ、音響的手法で燃焼室の容積を測る仕組みです。①被測定物の形状にかかわらず測定できる②液体を使わない状態(乾燥状態)のまま、約2秒で測定を終了するなどが特長。エンジン製造工程での測定シーンとの関係から、点火栓連結パイプと連結パイプ用アダプタを併用、組み立て終了後のエンジン燃焼室の容積測定も可能です。

音響式容積計の測定原理は、容積計内部の基準槽と測定対象の間に設けたスピーカを正弦波信号で駆動すると、2つの槽に絶対値の等しい、符号が反対の微小体積が与えられ、内部に圧力変動を生じさせます。この圧力振幅はそれぞれ基準槽の容積と測定対象の容積に反比例します。ここでの圧力変動をコンデンサマイクロホンで検出、それらの比から容積を算出する仕組みです。ポイル・シャルルの法則とおりの原理を応用しています。

燃焼室容積計は自動車用エンジン(もとより、オートバイ用エンジン、モーターボート用エンジン)などのほか、耕耘機などの農業用機械に搭載されるエンジンなどにも測定対象を拡大してきました。大手自動車メーカーによる設備投資が積極的に行われています。

容積測定断面図



“非アルキメデス”的に測る

音響式容積計と共通の測定原理を応用した「音響式体積計」という測定器も活用されます。体積の測定はこれまで、アルキメデス (BC287-212ごろ) の原理 (「固体の全部または一部を流体中に浸すと、それが排除した流体の重さに等しいだけの浮力を受ける」) による古典的かつ原始的な手法 (水中重量法) が2000年以上も使われてきました。しかし近年では、物体の体積や容積の測定も音響式体積計を使い、測定対象物を液体などの流体に浸漬することなく乾燥状態のまま測れる技術革新が進行しています。

前述のように容積が既知の容器内に被測定物を入れ、既知容積との差から体積を知ることができます。測定対象物の形状を問わず、入り組んだ複雑な形の物体の体積を高精度で測定できるのが特色。電子秤計を併用することにより密度の測定も可能です。

エンジン燃焼室容積を精密測定



音響式容積計 (燃焼室容積計)

エンジン製造工程において、エンジンヘッドブロック燃焼室キャビティの上に容積計の測定ヘッドを載せて、音響的方法で燃焼室容積を、その形状にかかわらず測定できます。



組み立て済みのエンジンでは、専用アダプタで容積計を点火プラグホールに連結すれば、燃焼室容積を測定できます。



音響式体積計

音響式体積計を用いると、乾燥状態のままですぐに物体の体積・密度を測定できます。

音響技術の意外な応用展開

音響式容積計・体積計の仕組みは、東京大学工学部音響研究室の石井教授（故人）とそのグループが考案したものです。最新の音響技術とコンピュータとの融合により、生産ラインでも使いやすいシステムを構成することができます。また、産業技術総合研究所・計測標準研究部門と石井教授が共同研究を行い、測定誤差を誘発しやすい空気浮力を補正するための分銅専用体積計と呼ばれる測定器を開発・製品化しています。これは、音響的な方法により、被測定分銅と同種同形の体積既知の標準分銅との体積差を空气中で精密測定できる体積計で、フランスにある国際度量衡局でも採用されています。

これらの音響を利用した測定器は、体積が規定の範囲内であることを把握することが必須の工業部品の測定に使われます。はめ合い部分に組み込まれる部品などは、形状が正確であることが重要になります。その把握は技術的に困難ですが、測定器で体積を測定した結果、規定範囲外のものは形状も規定外である可能性が高いことから、不良品として迅速に判別することができます。

また、ゴルフボールのディンプルのパラツキの検査にも使われます。ディンプルが規則的に配列されるだけでなく、溝の深さの均一性や球面上に確保された高さの均一性が重要で、一定していない突出した部分が存在すると、そこでの空気抵抗が高くなり“飛び”に微妙に影響を与えるため、ディンプルが正確に成形されたボールは低弾道で飛ばすことができ、あるいは逆に高く飛ばすことができるとされています。

変わった測定例としては、果物の糖度検査があります。果物の糖度は密度と相関関係があり、双方の数値はグラフ上で直線状となります。そこで、密度を測定すれば適正な出荷時期を正確に判断することに応用できます。つくばにある国立の果樹試験場や各県の農業試験場などの研究用として盛んに使われてきましたが、現在では果物産地の出荷場への導入が進んできました。

これらの測定原理は、従来の測定技術では不可能だった測定分野の開発を促すことになりました。さらに、本測定法と同じ原理に基づいて、音響インピーダンスを測定して物体の表面積を求める装置*1や容器のピンホールを検出する装置*2の実用化に向けた研究も行われています。

自動車を構成する基幹部品であるエンジン燃焼室の容積を、最新技術である音響変化で測るテクノロジーは、製品差異化・環境負荷低減の双方を同時に満足します。自動車の生産技術には従来技術とは発想の視点を変えた測定システムが続々と登場しはじめています。

*1 鳥越一平：音を利用した計測技術、騒音制御 vol.38, pp.6 (2014)

*2 平尾・井関・岩橋・鳥越：音響インピーダンスを用いたピンホールテスト、日本音響学会講演論文集2012年9月, pp.717-718 (2012)



<http://svmeas.rion.co.jp/>



当社は、認定基準としてISO/IEC 17025 (JIS Q 17025)を用い、認定スキームをISO/IEC 17011に従って運営されているJCSSの下で認定されています。JCSSを運営している認定機関 (IAJapan) は、アジア太平洋試験所認定協力機構 (APLAC) 及び国際試験所認定協力機構 (ILAC) の相互承認に署名しています。当社の品質・環境統括センターは、国際MRA対応JCSS認定事業者です。JCSS0197は品質・環境統括センターの認定番号です。

ISO14001 本社・東海営業所・西日本営業所 認証取得
ISO9001 本社・東海営業所・西日本営業所・九州リオン・リオンサービスセンター 認証取得



*本カタログに掲載されている価格はメーカーが希望する小売価格です。*本カタログ掲載の会社名、商品名は一般に各社の登録商標または商標です。*本カタログ掲載の各製品のデザイン・仕様などは予告なく変更する場合があります。

技術相談受付 ☎ 0120-26-1566

当社の休日および土・日・祝日を除く
9:00～12:00 / 13:00～17:00

本社・営業部	〒185-8533 東京都国分寺市東元町 3 丁目 20 番 41 号 TEL.042-359-7887 FAX.042-359-7458
西日本営業所	〒530-0001 大阪府北区梅田 2 丁目 5 番 5 号 横山ビル TEL.06-6346-3671 FAX.06-6346-3673
東海営業所	〒460-0002 名古屋市中区丸の内 2 丁目 3 番 23 号 和波ビル TEL.052-232-0470 FAX.052-232-0458
九州リオン(株)	〒812-0039 福岡市博多区冷泉町 5 番 18 号 TEL.092-281-5366 FAX.092-291-2847
上海理音科技有限公司	郵編200233 中国上海市徐匯区宜山路900号 科技産業文化大樓 C区501室 TEL.021-5423-5082 FAX.021-5423-5266
リオンサービスセンター(株)	〒192-0918 東京都八王子市兵衛 2 丁目 22 番 2 号 TEL.042-632-1122 FAX.042-632-1140