

超音波式ガスメーター

Ultrasonic Gas Meter

宇山 浩人 鮫田 芳富 石野 仁朗

■ UYAMA Hiroto ■ SAMEDA Yoshito ■ ISHINO Masaaki

東芝は、東京ガス(株)、東邦ガス(株)、及び愛知時計電機(株)と家庭用超音波式ガスメーターを共同開発した。

都市ガス用として用いられる現在の家庭用ガスメーターは機械的にガスの流量を測る膜式ガスメーターで、機械式のため形状が大きく、部品点数が多いものであった。今回開発した超音波式ガスメーターは、機械式可動部をなくし、超音波の伝播(でんぱ)時間を利用してガスの流量を計測する。これにより、高信頼性で小型のガスメーターを提供することができる。

Toshiba has developed a household ultrasonic gas meter in a joint project with Tokyo Gas Co., Ltd., Toho Gas Co., Ltd., and Aichi Tokei Denki Co., Ltd. Presently used gas meters have a large number of moving mechanical components and are very large in size because they measure gas volume by a diaphragm mechanism. The newly developed ultrasonic gas meter measures gas volume with no moving components, but instead uses electronic parts to measure the propagation time of an ultrasonic wave in the gas flow. This technology allows highly reliable and downsized gas meters to be realized.

1 まえがき

東芝は、東京ガス(株)、東邦ガス(株)、及びガスメーター製造メーカーである愛知時計電機(株)と超音波式ガスメーターの共同開発を行った。東京ガス(株)と東邦ガス(株)が仕様と規格部分の策定を、愛知時計電機(株)が本体ケースと流路構造の設計と製造を、当社が電子回路基板の設計と製造をそれぞれ担当した。

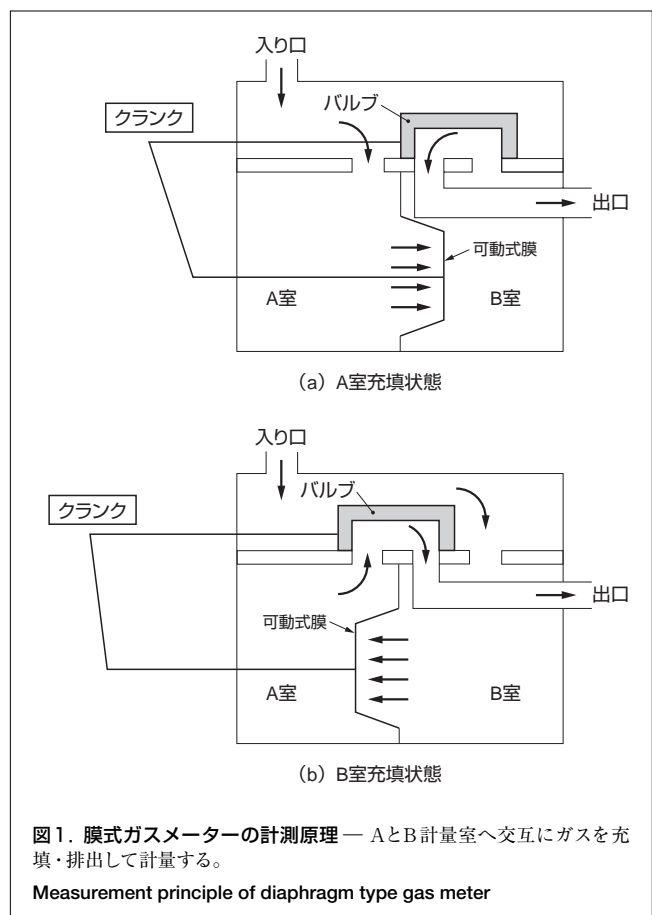
2004年12月の一次フィールドテストに続き、2006年7月から二次フィールドテストを行っており、2007年度に実用化の予定である。

2 膜式ガスメーターの計測原理

ガスメーターは、計量法に規定される特定計量器であり、1台ずつ検定に合格したものでなければ使用できない。一般家庭用に使用されるガスメーターは検定有効期間が10年で、検定有効期間ごとに交換される。

現在、一般のガス需要家宅には膜式ガスメーターが取り付けられている。膜式ガスメーターの計測原理を、図1の模式図に従って述べる。ガスメーター内部は、可動式の膜で仕切られている計量室(A室とB室)、クランク、バルブで構成されている。

バルブの位置がA室充填(じゅうてん)状態にある場合、ガスがA室に充填され可動式の膜をB室側に押しやる。このとき、B室内のガスが出口より排出される。膜の動きはクランクでバルブに伝えられ、B室の排出が終わるとバルブが移動



し、ガスがB室充填状態に切り替わる。次に、B室にガスが充填され可動式の膜をA室側に押しやる。このとき、A室内のガスが出口より排出される。A室の排出が終わるとバルブが

移動し、ガスがA室充填状態に切り替わる。

このように、ガスの充填及び排出がA室とB室で交互に繰り返される。A室及びB室の容積と動作回数からガスの使用量が計測される。クランクの動作を回転運動に変換し、機械式レジスタを動かしてガス積算量を表示する仕組みになっている。

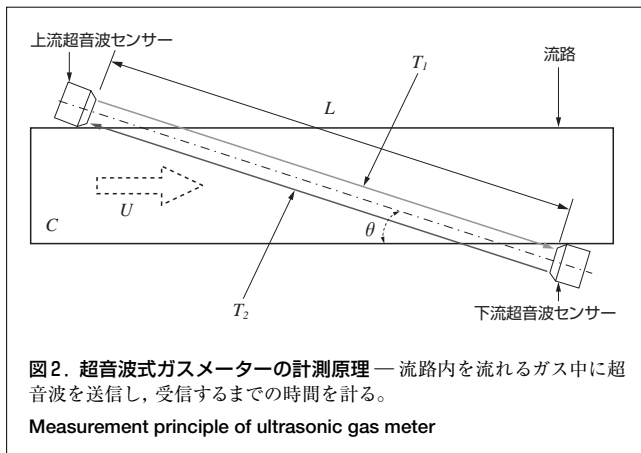
このような機械式の膜式ガスメーターは、約100年前から計測の原理は変わっていない。膜式ガスメーターは、計測原理上、計量室の容量が必要なため小型化ができず、一般家庭に取り付けられる他の計量器と比べて外形が大きく、小型化が要望されていた。

3 超音波式ガスメーター

3.1 計測原理

今回開発した超音波式ガスメーターは、ガスが流れる流路の上流と下流に超音波センサーを設け、流路に流れるガスの流速を超音波の到達時間差で計測し、ガスの流速からガス流量を計算してガスの使用量を計量する。

超音波によるガス流量の測定原理を図2に示し、以下に述べる。



二つの超音波センサーがガス流路を挟んで対向して取り付けられており、それぞれの超音波センサーで送信と受信が行われる。

上流の超音波センサーから超音波を送信し、下流の超音波センサーに到達するまでの時間を測定する。このときの下流側到達時間を T_1 とする。次に、下流の超音波センサーから超音波を送信し、上流の超音波センサーに到達するまでの時間を測定する。このときの上流側到達時間を T_2 とする。

T_1 は、超音波がガスの流れに乗り早く到達するため、ガスの流れがないときに比べ短い時間になり、 T_2 は、超音波がガスの流れに逆らい遅く到達するため、ガスの流れがないときに比べて長い時間になる。

このことから、次式でガスの流速 U と流量 Q が計算できる。

$$T_1 \approx \frac{L}{C + U \cos \theta} \quad (1)$$

$$T_2 \approx \frac{L}{C - U \cos \theta} \quad (2)$$

$$\therefore U \approx \frac{L}{2 \cos \theta} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right) \quad (3)$$

$$Q = A \times K \times U \quad (4)$$

C ：音速、 L ：センサー間距離、

A ：流路断面積、 K ：補正係数

式(3)に示すとおり、 T_1 と T_2 を測定することにより C が消えるため、音速の変動要因であるガスの温度や圧力、比重の影響を受けずに U を測定することができる。

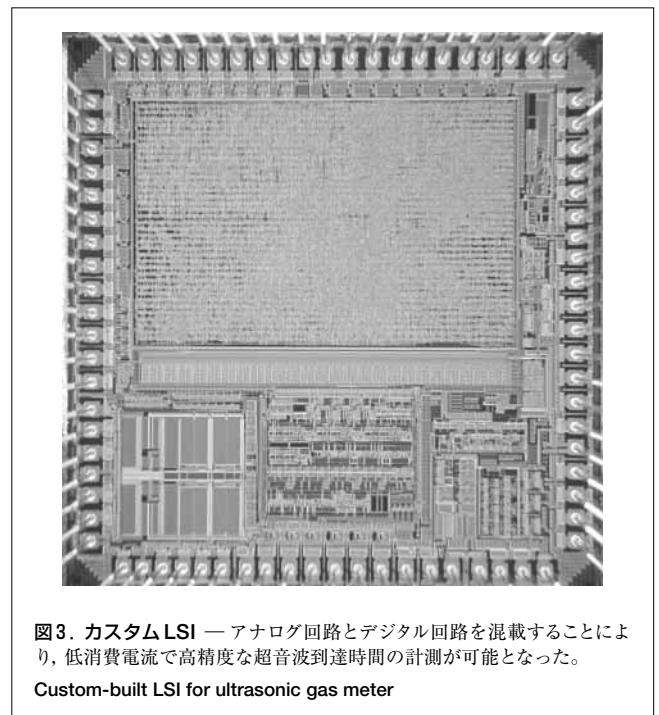
3.2 超音波計測用回路

前記の計測原理は、以前から工業用の計装システムの超音波式流量計として使用されている。しかし、超音波式流量計の計測回路は消費電流が大きく、そのまま一般家庭用のガスメーターに使用することはできない。

一般家庭用のガスメーターは、10年間電池交換なしで動作しなければならないため、低消費電力で動作しなければならない。一方、微小な流量の計測が必要なため、測定時間分解能は1 nsオーダーと高精度な測定を要求されている。

そこで今回、超音波計測専用のカスタムLSIを開発した(図3)。

このカスタムLSIは、低消費電力で高精度な超音波流量測定が可能なアナログ回路と、 T_1 及び T_2 を計測する動作を



シーケンシャルで行うデジタル回路を1チップで構成した、Bi-CMOS (Bipolar Complementary Metal Oxide Semiconductor) 技術を使用した。

計測用カスタム LSI の特長は次のとおりである。

- (1) アナログ回路の低消費電力化
- (2) 低クロックで数 ns オーダーの計測が可能な高精度到達時間計測回路
- (3) 超音波センサーの高電圧駆動による高出力化

3.3 構成と特長

超音波式ガスメーターは、膜式のような容量が必要な計測原理ではなく、また、機械的な可動部分がない構造で、その外観を図4に、構成を図5に示す。

主な構成部品は、メーターケース、ガス流路、超音波センサー、電池、電子基板、遮断弁、及び圧力センサーである。電子基板には、計測用カスタム LSI、マイコン (CPU)、I/F



図4. 超音波式ガスメーター — 超音波式ガスメーターは、機械的稼働部分がないため小型化が可能となった。

Newly developed ultrasonic gas meter

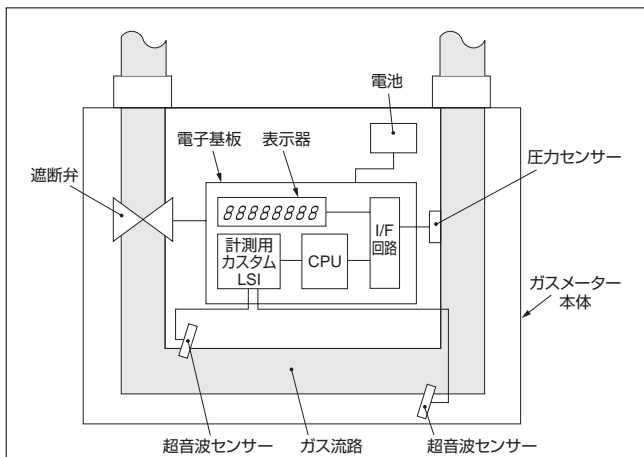


図5. 超音波式ガスメーターの構成 — ガスが流れる流路の中には、超音波センサーだけが設置されており、従来の膜式ガスメーターに比べて簡単な構造である。

Configuration of ultrasonic gas meter

(InterFace) 回路、及び表示器が搭載されている。

計測の手順は、計測用カスタム LSI によって超音波センサーが駆動され、超音波が流路内を通過して対向する超音波センサーに到達する。計測用カスタム LSI は送信から受信までの到達時間を計測する。CPU はその到達時間を読み込んで演算処理し、瞬時流量に変換して流量の積算を行い、積算量を表示器に表示させる。圧力センサーと遮断弁は、保安機能に使用される。

超音波式ガスメーターの特長を以下に示す。

- (1) 超音波式計測により計量室の容量と可動部分がなく小型・軽量
- (2) 計測手順の高度化により、ガスの瞬時流量計測
- (3) 計測用カスタム LSI による低消費電力で高精度な超音波流量計測技術の確立により、電池で10年間動作
- (4) 計測用カスタム LSI により、部品点数の削減と高信頼性化

膜式ガスメーターと超音波式ガスメーターの外形寸法の比較を図6に示す。

3.4 性能

計測性能として器差 (計測器の計量誤差) 特性を図7に示

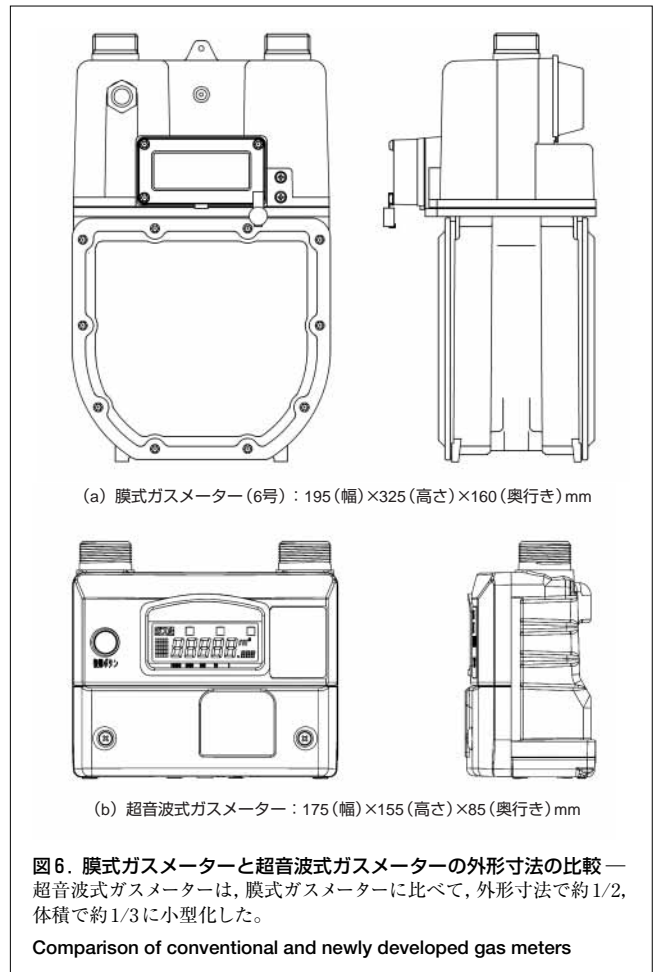


図6. 膜式ガスメーターと超音波式ガスメーターの外形寸法の比較 — 超音波式ガスメーターは、膜式ガスメーターに比べて、外形寸法で約1/2、体積で約1/3に小型化した。

Comparison of conventional and newly developed gas meters

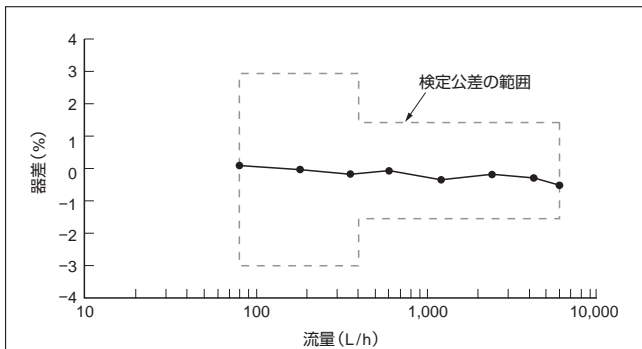


図7. 器差特性—各流量での計量誤差を示す器差特性は良好であり、計量法の規格である検定公差に対して十分なマージンがある。

Meter error curve

す。各流量ごとの計量誤差を示す器差特性は良好であり、各流量とも検定公差を十分に満足している。

また、瞬時流量測定の実現により、ガス機器使用時の流量変化を正確に計量することが可能となった。一例として、このメーターの瞬時流量計測値からプロットした、ガスFF (Forced draft balanced Flue) 暖房機の瞬時流量測定グラフを図8に示す。

この超音波式ガスメーターは、高精度な超音波計測が可能のため微量なガスの漏れも短時間に検出可能になるなど、保安機能の拡張や付加機能の拡充が期待できる。

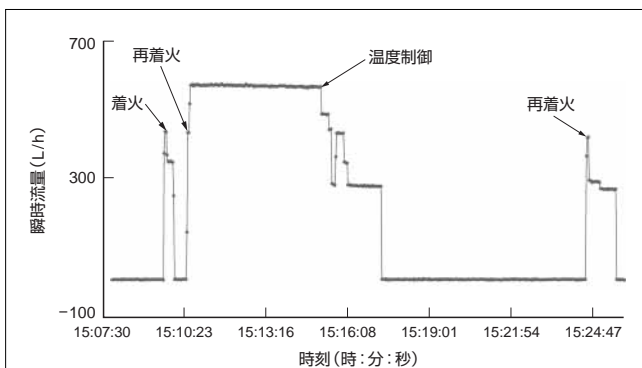


図8. ガス機器の瞬時流量—ガス使用時の流量変化を正確に測定している。

Measurement of instantaneous gas flow rate

3.5 フィールドテスト

実環境での計量性能を確認するために、東京ガス(株)及び東邦ガス(株)の供給エリアで、フィールドテストを実施している。都市ガス会社のフィールドデータ収集用センター装置では、通信回線を使用して定期的にフィールドの計量値を読み出し、膜式ガスメーターとの差異を観測している。

フィールドテストでのガスメーターの設置例を図9に示す。



図9. フィールドテストのガスメーター設置状況—フィールドテスト中の超音波式ガスメーター(下側)の設置状況を示す。膜式ガスメーター(上側)に比べて、超音波式ガスメーターが小型であることがよくわかる。

Field test with tandem operation of conventional and newly developed gas meters

4 あとがき

今回開発した超音波式ガスメーターの概要を述べた。

今後は、2006年度末までフィールドテストを行い、本格的な導入の検討を行う。また、瞬時流量計測を生かし、ガス器具ごとの使用流量特性を利用した保安機能の精度向上の検討を行っていく。



宇山 浩人 UYAMA Hiroto

産業システム社 浜川崎工場 計器部主務。
超音波式ガスメーター回路設計に従事。
Hamakawasaki Operations



鮫田 芳富 SAMEDE Yoshito

電力システム社 電力・社会システム技術開発センター 制御・ネットワークシステム開発部グループ長。計測・制御システムの開発に従事。

Power and Industrial System Research and Development Center



石野 仁朗 ISHINO Masaaki

産業システム社 浜川崎工場 計器部主務。
超音波式ガスメーターソフト設計に従事。
Hamakawasaki Operations