空気圧方式による自動車燃料計測[†]

——実装における諸問題と新しい方式——

鈴木 廣 志*・渡 辺 嘉二郎*・田 中 晴 人**
西 野 潤**・大 塚 伸 夫**

Automobile Fuel Gaging by Pneumatic Methods ——Problems in Implementation and New Strategies——

Hiroshi SUZUKI*, Kajiro WATANABE*, Haruto TANAKA**,
Jun NISHINO** and Nobuo OHTUKA**

This paper describes how to implement volume measurement effectively using the pneumatic method for automobile fuel gaging.

The pneumatic method estimates the remaining fuel in a closed tank by subtracting the gas volume in the tank from the tank capacity. The gas volume is calculated by applying the ideal gas law to the relation between the gas volume and the pressure in the tank. The gas volume is inversely proportional to the amplitude of the pressure change due to a small change in tank capacity.

In implementing this method, we faced the following basic problems:

- (1) Bias error due to the flexibility of the fuel tank.
- (2) Noise due to tank wall vibration and liquid sloshing.
- (3) The measurement system must be compact and simple.

Problem (1) and (2) are substantial causes of error and noise in using this method and problem (3) is a specified prerequisite for automobile equipment.

We investigate how the flexibility of the tank influence the bias error and show the strategy used to solve it. We present a new compact sensing system composed of a loud speaker and two microphones and investigate the robustness of the system for noise in the tank when driving. Experiments using a real 55 liter tank verified the validity of the gaging system. The maximum error when driving on a very rough road was found to be ± 1.5 liters.

Key Words : level meter, pneumatic method, automobile sensor, implementation technique

1. はじめに

タンク内の残留液量はそのレベルで計測される場合がほとんどである¹⁾。自動車燃料タンクのようにタンクが異形状でその姿勢が変化する場合、どんなに優れたレベル計測法を用いてもその精度に限界がある。

レベル計測とは別な異形状タンクに有効な方法としてロードセルを利用する方法²⁾、タンク内の気体体積を計測する方法^{3)~7)}がある。これらはそれぞれ残留液量の重量と体積を計測する方法である。このうちロードセルを利用する方法は静止タンクでも4点以上の支持法でない⁸⁾と精度がでない。姿勢変化によりタンクの重心が大きく変化する場合、各ロードセルへの負荷分布が大きく変わり大きな誤差が現れる。さらに激しい振動を伴う自動車タンクでは大きな雑音に乱されその利用は極めて困難である。

残留液量の体積を計測する方式は、気体の圧力、温度、体積の関係を表わす気体の状態方程式を基礎とする計測

[†] 第28回計測自動制御学会学術講演会で発表(1989・7)

* 法政大学工学部 小金井市梶野町3-7-2

** (株)カンセイ 大宮市日進町2-1910

* Faculty of Engineering, Hosei University, Koganei

** Kansei Co., Omiya

(Received June 24, 1991)

(Revised October 23, 1991)

法である。この方法は密閉タンクの容積をわずかに変化させ、それに伴い変化する圧力の大きさからタンク内気体体積を推定する。これは密閉タンクを気体ばねと考え、ばね定数から空気の体積を推定する方法とも考えられる。ばね定数は気体体積に逆比例する。この原理は文献 2) ではじめて紹介され文献 3), 4) で詳しく検討されている。この原理を基礎に様々な計測法が提案され文献 5) に整理されている。これらは、温度変化などに伴うタンク内の静圧の変化、ガスの組成の変化による影響の補正のしかたに異なった工夫を加えたものである。これらの方法は圧力振幅から気体体積を推定している。

おなじ気体ばねを利用する他の方法として、ヘルムホルツ共振の共振周波数から体積を測る方法もある⁷⁾。この方法は反共振周波数から体積を推定しており雑音に弱い可能性がある。

これらのうち、

- ① 燃料タンクに体積補正用小タンクを取りつけ、
- ② 補正タンクと燃料タンクの間に体積変化機構を取りつけ体積変化を与え、

この体積変化に伴う

- ③ 補正タンク内の圧力変化を計測し、
- ④ 燃料タンク内の圧力変化も計測し、

これらの圧力信号から燃料タンクの気体の体積を推定する方法は一つの安定な方法である^{5), 6)}。文献 6) ではこの方法の自動車燃料計への応用の可能性について述べてある。

本論文は、高精度、シンプル、コンパクト、安価な計測系を実現するための体積変化機構、圧力センサ、信号処理について述べる。このような条件を満たす計測システムを提案し、その妥当性を検討する。

2. 計測原理

2.1 システムの記述と仮定

Fig. 1 に原理を説明するためのモデルを示す。このモデルは容積 V_T の燃料タンクと体積を補正する容積 V_S の補正タンクから構成されている。燃料タンク内は体積 V_F の燃料と体積 V_G 、比熱比 γ 、絶対圧力 p_0 の燃料蒸気で満たされている。補正タンクと燃料タンクは細いオリフィスで連通しており、両タンクの静圧、気体の静的状態は等しい。両タンク間に体積変化を与える機構が設置され、その体積変化を $v_0(t)$ とする。この体積変化により燃料タンク内で $\Delta p_M(t)$ の圧力変化、補正タンクで $\Delta p_S(t)$ の圧力変化が生じる。補正タンクは剛体であり圧力変化に伴い容積は変化しない。一方、燃料タンクは軟構造である。タンク壁面の一部は圧力変化に伴い変位しタンクの容積は変化する。変位する壁面を **Fig. 1** の左上

Fig. 1 Tank system

の図のように断面積 A で質量 m のピストンとシリンダからなるモデルで表わす。ピストンはタンクの硬さを表わすばね定数 k のばねとタンク壁面の減衰特性を表わす係数 d のダンパで支えられている。ピストンの変位を $x(t)$ とする。

Fig. 1 のタンクシステムにおいてつぎの仮定を設ける。

- (A 1) タンク内の気体は理想気体として取り扱える。
- (A 2) $v_0(t) \ll \{V_S, V_G\}$
- (A 3) $v_0(t)$ の変化の速さは、タンク内の圧力変化が集中定数的に取り扱える程度でかつタンクの固有周波数に比較して十分遅い。
- (A 4) $v_0(t)$ に伴う圧力変化は断熱変化とする。
- (A 5) タンク内の気体は一塊とする。

2.2 タンク内圧力特性

補正タンク内で $v_0(t)$ に伴う圧力変化は、仮定 (A 1), (A 2), (A 3) および (A 4) より次式で与えられる^{4)~6)}。

$$\Delta p_S(t) = \frac{\gamma p_0}{V_S} \cdot v_0(t) \quad (1a)$$

軟構造燃料タンクでは、 $v_0(t)$ の変化に伴いタンクの一部の壁面が変位する。**Fig. 1** のモデルからタンク内の正味の体積変化は $\{v_0(t) - Ax(t)\}$ となる。全仮定より、燃料タンク内の圧力変化はつぎのようになる。

$$\Delta p_M(t) = \frac{\gamma p_0}{V_G} \cdot \{v_0(t) - Ax(t)\} \quad (1b)$$

ここで、ピストン（壁面の一部）の変位は

$$m \frac{d^2 x(t)}{dt^2} + d \frac{dx(t)}{dt} + kx(t) = A \Delta p_M(t) \quad (1c)$$

$$x(0) = x_0, x'(0) = x'_0$$

なる運動方程式で与えられる。初期条件をすべて 0 とし (1b), (1c) 式をラプラス変換し、 $v_0(s)$ から $\Delta p_M(s)$ までの伝達関数を求めるとつぎのようになる。

$$\Delta p_M(s) = \frac{\gamma p_0}{V_G + \gamma p_0 \frac{A^2}{ms^2 + ds + k}} \cdot v_0(s) \quad (1d)$$

2.3 体積計測法

体積 $v_0(t)$ を振幅 v_0 , 角周波数 ω の正弦波状

$$v_0(t) = v_0 \sin \omega t \quad (2a)$$

に変化させる。角周波数は仮定(A3)より,

$$k \gg \{(d\omega)^2 - (m\omega^2)\}^{1/2} \quad (2b)$$

とする。このとき, 補正タンク内の圧力と燃料タンク内の圧力はつぎのように与えられる。

$$\Delta p_s(t) = \frac{\gamma p_0}{V_s} \cdot v_0 \sin \omega t \quad (2c)$$

$$\Delta p_m(t) = \frac{\gamma p_0}{V_G + \gamma p_0 \cdot \frac{A^2}{k}} \cdot v_0 \sin \omega t \quad (2d)$$

いま, $\Delta p_s(t)$ の振幅と $\Delta p_m(t)$ の振幅の比を V_s 倍する。

$$\frac{\text{Amplitude of } \Delta p_s(t)}{\text{Amplitude of } \Delta p_m(t)} \cdot V_s = V_G + \gamma p_0 \cdot \frac{A^2}{k} \quad (2e)$$

これより, 燃料タンク内の気体体積は

$$V_G = \frac{\text{Amplitude of } \Delta p_s(t)}{\text{Amplitude of } \Delta p_m(t)} \cdot V_s - \gamma p_0 \cdot \frac{A^2}{k} \quad (2f)$$

と求められ, 残留燃料は

$$V_F = V_T - \frac{\text{Amplitude of } \Delta p_s(t)}{\text{Amplitude of } \Delta p_m(t)} \cdot V_s + \gamma p_0 \cdot \frac{A^2}{k} \quad (2g)$$

となる。(2f)式を考察する。タンクが剛体の場合,

$$k = \infty, A = 0, \gamma p_0 \cdot \frac{A^2}{k} = 0 \quad (2h)$$

となり, V_G は振幅比のみに比例しバイアス項 $\gamma p_0 A^2/k$ は存在しない。

軟構造タンクの場合, バイアス項 $\gamma p_0 A^2/k$ はタンクの材質および構造から定まるタンクの軟らかさに比例して大きくなる。この項はタンク内の気体の絶対圧力 p_0 と比熱比 γ に比例し, 気体の組成, 圧力の変動に伴うドリフト雑音の原因となる。ドリフト雑音は複雑な波形を示す。さらに仮定(A3), あるいは(2b)式を満たさない周波数で体積変化機構を駆動すると, この項はさらに複雑な現象を起こす。タンク構造に工夫を加えタンクを硬くすることで上の問題を解決する。

3. 計測システム

3.1 計測システムの開発指針

このシステムに必要な要素は Fig.1 に示したように

- ① 補正タンク
- ② 体積変化機構
- ③ 両タンク内のゲージ圧センサ
- ④ (2g)式の処理回路

である。走行自動車のタンク内には大きな圧力雑音が存在する。この雑音に対して十分な S/N 比をもつ計測システムを作らなければならない。

そのための最も安易な方策は本方式のテスト信号とな

る体積変化 $v_0(t) = v_0 \sin \omega t$ を大きくすることで S/N 比を上げることである。 v_0 を大きくするためには, 体積変化を起こさせる駆動源に大電力を供給し, 補正タンクを大きくしなければならない。これは小型, 軽量, 低パワーが必須である自動車センサには適合しない。

自動車燃料計測で問題を簡単にできる唯一の点は計測応答が遅くてよいことである。たとえば 1ℓ 当り 7km 走る自動車が速さ 100 km/h で走行する場合, 1ℓ 燃料が減少するのに 4.2 min の時間がかかる。

以上を考慮して高精度な計測システム開発の指針をつぎのようにする。

- ① 補正タンクは大きくしない。
 - ② 体積変化駆動源のパワーを小さく抑える。
- これより体積変化量はわずかになり, そのため
- ③ 圧力 $\Delta p_s(t)$, $\Delta p_m(t)$ センサの感度を大きくする。
 - ④ 圧力 $\Delta p_s(t)$, $\Delta p_m(t)$ の処理における平均時間を十分長くして雑音成分を抑える。

3.2 計測システム

指針をもとに Fig. 2 に示すシステムを開発した。

[圧力センサ] 計測すべき圧力は微圧で微圧センサが必要である。音響機器として大量に製造され, コスト低減の製造体制がすでに確立されているマイクロホンで微圧センサとして利用する。現在使用されているマイクロホンはエレクトレットフィルム型コンデンサマイクロホン, ダイナミックマイクロホン, 圧電セラミックマイクロホンが主である。コンデンサマイクロホンではエレクトレットフィルムにガソリンが付着すると, フィルム内

Fig. 2 Measurement system

の永久電荷が放電し動作しなくなる。ダイナミックマイクは低周波領域でハイパス特性をもち低周波感度が低くこの用途には不向きである。

ここでは低周波領域での感度、耐ガソリン性の構造を考慮して圧電セラミックマイクロホンを利用した。

[体積変化機構] 信頼性を考慮し、部品点数の少ない正弦波変位発生駆動装置としてムービングコイル方式のアクチュエータを採用した。構造は音響用のスピーカとまったく同じである。スピーカのコーン、接着剤などを耐ガソリン性の素材を選べばよい。この構造は磁石とコイルとコーンから構成され極めて単純である。

[雑音処理と残留燃料計算] マイクロプロセッサを用いて雑音除去、残留燃料計算を行った。処理アルゴリズムはつぎのとおりである。

- ① 圧力信号 $\Delta p_s(t)$, $\Delta p_M(t)$ をサンプル間隔 τ で A/D 変換しプロセッサに取り込む。

$$\{\Delta p_s(t+k), \Delta p_M(t+k), k=0, 1, 2, \dots, K-1\} \quad (3a)$$

- ② 体積変化 $v_0(t) = v_0 \sin \omega t$ と同じ周波数 ω において離散値フーリエ変換 (DFT) を行い $\Delta p_s(t)$ と $\Delta p_M(t)$ の振幅を求める。

$$\text{Amplitude of } \Delta p_M(t) = A_M(t) = \text{DFT}[\Delta p_M(t+k)]$$

$$\text{Amplitude of } \Delta p_s(t) = A_s(t) = \text{DFT}[\Delta p_s(t+k)] \quad (3b)$$

この処理は中心周波数を ω とする Q の高いバンドパスフィルタを施し、振幅を求めたことになる。

- ③ これらの振幅についてさらに平均を求める。

$$\overline{A_M} = \frac{\sum_{t=0}^{n-1} A_M(t)}{n} \quad (3c)$$

$$\overline{A_s} = \frac{\sum_{t=0}^{n-1} A_s(t)}{n} \quad (3d)$$

- ④ 残留燃料は (3c), (3d) 式の振幅より (2g) 式に基づき計算する。

以上の処理はすべてアナログ電子回路でも実行できるが、量産向きにマイクロプロセッサを用いた (日立 6301)。この場合、上の処理だけではプロセッサの能力に一部しか使わない。その他、燃料計としての機能向上の処理の余地を残してある。

4. 提案する計測システムの特性

4.1 要素のパラメータと特性

Photo. 1 に使用したタンクを示す。タンクは金属製であり異形状かつ軟構造である。このタンク上部センサ取付け部に **Fig. 3** のように計測システムを実装する。センサ取付け部は直径 10 cm 程度の開口スペースがある

Photo. 1 Fuel tank

Fig. 3 Measurement system developed

Table 1 Parameters of the system implemented

Capacity of fuel tank V_r	53.20 (liter)
Capacity of reference tank V_s	0.398 (liter)
Diameter of orifice	1.0 (mm)
Length of orifice	5.0 (mm)
Frequency of volume change	5.0 (Hz)
Amplitude of volume change v_0	2.0 (cm ³)
Sampling interval	4.0 (ms)
Number of data of DFT	1000
Maximum averaging time	300 (s)

が、そのスペースの半分近くはエンジンへの燃料供給配管で占められる。また補正タンクの燃料タンクの上部への突出は自動車内の省スペースに対して望ましくなく、補正タンクは燃料タンク内に設置した。

実装した計測システムのパラメータを **Table 1** に示す。振幅計算時間はデータのサンプリング 4 s と DFT の演算時間 1 s と合せた 5 s であった。

Fig. 4 に使用した圧電セラミックマイクロホンの周波数応答を示す。図中感度の高いマイクロホンは燃料タンクの圧力計測に、感度の低いものは補正タンクの圧力計測に利用した。**Fig. 5** にはスピーカの周波数応答を示す。

Fig. 4 Frequency response of microphones

Fig. 5 Frequency response of the loud speaker

この周波数応答は別に用意した容積 10 ℓ の金属性剛体タンクに設置し、計測用標準マイクロホンで計測した。両者とも使用する周波数範囲において平坦な特性をもつ。

4.2 計測システムの周波数特性

Photo. 1 に示すように計測システムをタンク上部に実装し、タンクに 0 ℓ, 3 ℓ, 4 ℓ の水を入れた場合について周波数特性を調べた。Fig. 6 に体積変化機構の変位から、それぞれのタンク内に設置したマイクロホンの出力電圧までの周波数応答を示す。

補正タンクの圧力の応答は、燃料タンクの水の量によらず同じで、ほぼ平坦である。燃料タンクの圧力の周波数特性は 15 Hz 以下の周波数でほぼ平坦で加えた水の量に比例して圧力レベルが大きくなっている。

50 Hz 付近の周波数において (1 d) 式の伝達関数の反共振共振現象が起こる。また、50 Hz 付近以上で複雑な周波数応答が観測されるが、実際のタンク壁面形状の複雑さによる副次的な共振や音響現象が総じて現れてくる。さらに計測システムの体積変化機構の周波数を選ぶに当たって注意を要する共振が 20 Hz 付近で起こる。これはタンクの空気ばねとタンク自体のばねの合成ばねと振動壁面の質量による共振であり、タンク内の空間体積によって共振周波数が変化する。以下、すべての液量について

Fig. 6 Frequency response of the system

Fig. 7 Estimated space volume vs. real space volume

仮定 (A 3) を必ず満たし、センサの性能を損わない 5 Hz を体積変化機構の周波数として選ぶ。

4.3 タンクの軟らかさの特性

Photo. 1 に示すタンク内の中央部に支柱を建てて上下壁面を押し上げ押し下げて、①タンクを硬くした場合と、支柱を建てないで②軟らかいタンクの場合で実験を行った。タンクに 10 ℓ ずつ 40 ℓ まで水を加え、

$$\frac{\overline{A_s}}{A_m} \cdot V_s$$

を求めた。結果を Fig. 7 に示す。この結果はいずれも実空間体積に対して正のバイアス成分をもち (2 f) 式に従っている。上の結果から (2 f) 式に基づき $\gamma p_0 A^2/k$ を差し引くことで正しい空間体積が計算できる。

①の硬いタンクの場合、

$$\gamma p_0 \cdot \frac{A^2}{k_{\text{hard}}} = 7 \ell$$

と推定され、②の軟らかいタンクの場合、

$$\gamma p_0 \cdot \frac{A^2}{k_{\text{soft}}} = 17 \ell$$

となり、理論と同じ傾向をもつ。(2 g) 式の検量式に上の値を代入してタンク内の液体量と誤差を求めた。その結果を Fig. 8 に示す。線形性が保たれ、最大誤差は硬いタンクの場合も柔らかいタンクの場合も $\pm 0.1 \ell$ 以内であった。

Fig. 8 Estimated liquid volume vs. real liquid volume

Photo. 2 The rough road

Fig. 9 Microphone output signal from the fuel tank when the automobile is parked

4.4 タンクを自動車に搭載した実験

支柱を入れ硬くしたタンクを4輪駆動の自動車に搭載した。実際に燃料タンクを車体に固定する場合と同じように固定した。タンクに1ℓ, 11ℓ, 21ℓの水を入れ、それらの水の量を推定した。検量式は4.3節の実験のものを使用した。

自動車の走行状態はつぎのとおりである。

① エンジンのかけたまま自動車は駐車している。

② Photo. 2 に示す悪路を 30 km/h で走行する。

悪路の度合いは乗員がかなりの不快を感じる程度で、4

(a) The acceleration output

(b) The microphone output

Fig. 10 Acceleration and microphone output signals when the automobile runs on the rough road by 30 km/h

Fig. 11 Error after the noise filtering by DFT

輪駆動車でなければ 30 km/h の走行は困難である。このような状況は本計測システムにとって最悪の環境といえる。補正タンク内の圧力についてはそれを乱す原因は少なくきれいな 5 Hz の正弦波が観測される。燃料タンク内では圧力雑音が存在する。Fig. 9 は①の駐車中の燃料タンクの圧力変化である。タンク内には 21 ℓの水が入っている場合である。この信号は雑音には乱されていない。

Fig. 10(a) は②の悪路を 30 km/h で走行した場合のタンク設置場所での上下方向振動加速度である。大きな振動が加わっている。Fig. 10(b) は燃料タンク内の信号であり、雑音にかなり乱されている。この影響は 5 s ごとに計測される未処理の圧力振幅信号から液量を算出すると 300 ℓ程度にまで及ぶ誤差となる。しかし、①、②の場

合について3章で述べた処理を施し流量を推定すると誤差は大幅に低減される。推定誤差をFig. 11に示す。①の場合の誤差は $\pm 0.15 \ell$ であり実験室における振動のない環境における誤差 $\pm 0.1 \ell$ に対して $\pm 0.05 \ell$ の精度低下に抑えられる。また②の最悪環境下においても $\pm 1.5 \ell$ の誤差であり、十分実用範囲内である。

5. む す び

本論は空気圧方式体積計測法を自動車燃料計に実装する場合の諸問題とその解決策について検討した。

空気圧方式を自動車燃料計として実装する場合、そのシステムは一定のコスト上の制約があり、コンパクトで単純な構造ではがって安価であることが必須条件である。これらの条件を満たし、空気圧方式の主要な誤差と雑音の原因を明らかにし、高精度な計測システムを提案しその妥当性を検証した。

① シンプルでコンパクトな構造をもつシステムの実現のために体積変化機構にスピーカと同じ構造をもつムービングコイル方式にした。また補正タンク、燃料タンク内の圧力計測センサとして圧電セラミックマイクロホンを利用し微圧を感度良く計測できるようにした。この結果、体積変化機構で発生すべき体積変化は $\pm 2 \text{ cc}$ 程度で十分で、そのためシステムをコンパクトにまとめあげることができた。体積変化機構にスピーカ、微圧センサにマイクロホンを採用した。これらは音響機器として大量に製造され、コスト低減の製造体制がすでに構築されている。

② 空気圧方式の主要な誤差の原因はタンクの軟らかさにあることを明らかにした。タンクに支柱を建てタンクを硬くするだけでこの誤差が軽減できる。

③ 体積変化の大きさを $\pm 2 \text{ cc}$ の場合、タンク内雑音による誤差はアイドリング時で $\pm 0.15 \ell$ 、悪路での30 km/h走行で $\pm 1.5 \ell$ 程度であった。

マイクロプロセッサによる処理では、その処理能力を十分活用していない。自動車の走行状況、たとえば悪路走行の場合、アスファルト道路の走行の場合、停止している場合など状況によって雑音処理のための平均時間を調整やカルマンフィルタ処理などのより高度にその残った能力を使える。

参 考 文 献

- 1) 宇和川澄編：レベル計測，計測自動制御学会（1986）
- 2) 鳥越，鈴木，石井：圧力変動を利用して容積測定，第22回SICE学術講演会予稿集，751/753（1983）
- 3) 渡辺，鈴木，山田：異形状タンク内の液量計測—自動車燃

料計への応用—，計測自動制御学会論文集，23-9，881/888（1987）

- 4) K. Watanabe and Y. Takebayashi: Volume Measurement of Liquid in a Deformed Tanks-Application to the Fuel Meter of Automobile, SAE 87 1964（1987）
- 5) K. Watanabe, Y. Takebayashi and D. M. Himmelblau: Volume Measurement of Deformed Materials in Tanks, ISA Trans., 27-4, 9/18（1987）
- 6) 渡辺，鈴木，竹林，川：空気圧方式による自動車燃料計測，計測自動制御学会論文集，24-12，1232/1237（1988）
- 7) 柳田，石井，鳥越：音響インピーダンスの零点推定による体積計測，第29回SICE学術講演会予稿集，315/316（1990）

〔著 者 紹 介〕

鈴木 廣 志（正会員）

1953年，東京理科大学物理科卒業。1950年法政大学工学部物理実験室助手。1975年法政大学工学部電気工学科計測制御専攻兼任講師となり現在に至る。機械振動の絶縁，免震装置の制御，空気圧計測器などの研究に従事している。

渡 辺 嘉二郎（正会員）

（Vol. 28, No. 3 参照）

田 中 晴 人

1973年，広島大学大学院電気工学専攻修了。同年日産自動車（株）入社。エンジン制御装置，スーパソニックサスペンション制御装置の開発に従事。1986年（株）カンセイ出向。電子機器の開発，設計に従事，現在に至る。

西 野 潤

1981年，東京農工大学工学部電気工学科卒業。同年（株）カンセイ入社，現在に至る。自動車用自動速度制御装置，非接触車間距離センサなどの研究開発に従事。

大 塚 伸 夫

1983年，群馬工業高等専門学校機械工学科卒業。同年（株）カンセイ入社。現在に至る。自動車用各種表示装置，加速度センサなどの研究開発に従事。