

特集 エアコン制御システムのセンサ新技術*

Sensor Technology for the Air Conditioning System

本田 祐次
Yuji HONDA

道山 勝教
Katunori MITIYAMA

小野田 真稔
Michitoshi ONODA

Car air conditioner has a temperature sensor, humidity sensor, sun load sensor and air purity sensor. Some technologies to detect target value correctly are required to eliminate unexpected disturbance. This paper describes the recent sensor development situation for sun load sensor detecting thermal load of sun, humidity sensor for fuel economy, air purity sensor selecting air inlet mode for getting pure air and pressure sensor for controlling the refrigerant cycle stable in engine idling condition.

Key words : Sensor, Air conditioning, Solar sensor, Humidity sensor, Air purity sensor, Pressure sensor, Comfort

1. はじめに

近年、オートエアコンシステムの機能、性能は、ユーザの快適性への期待に応えるように高まっている。機能、性能を支えるセンサ技術は、温度、湿度、光、ガスといった対象物を検出する技術、種々の環境条件に対応する技術、かつ乗員の環境を認知する技術を持つことにより快適性を作り上げるオートエアコンを支えている。

今回、オートエアコンシステムから見たセンサの役割から高性能技術を備えるセンサの動向について紹介する。Fig. 1にオートエアコンシステムを構成しているセンサの個数の変遷についてまとめた。オートエアコンシステムは、内気温度を検出する内気温度センサ、外気温度を検出する外気温センサ、車室内に侵入する日射量を検出する日射センサなどを有する。そのセンサの車室内の設置位置をFig. 2に示す。エアコンECUは、これらのセンサ信号よりエアコンユニットを制御する目標値を算出し、室内を快適な空調状態になるようにコントロールする。エアコンユニット内では、エバポレータ出口温度センサが、エアコンの最大性能を引き出しつつ、エバポレータの凍結を防止するべくエンジンルーム内にあるコンプレッサの作動を制御する。水温センサは、ヒータの吹き出し口温度を推定し、特に水温上昇時、乗員足元に冷風を吹き出すことを防止しつつ暖房能力を最大限引き出す風量制御を行う。またFACE吹き出し口からの空調風は、乗員の温熱感に直接影響を与えるため、吹出口温度センサを用い、正確に制御される。

また冷風を作り出す冷凍サイクル側では、冷媒不足検出、コンデンサの電動ファン制御などのため、冷媒圧力スイッチが設定されている。これらは、複数の圧

力接点が必要なため、複数の圧力スイッチが用いられてきた。これを圧力センサに変換した。

本論文では、これらのセンサの概要と主な技術を紹介する。

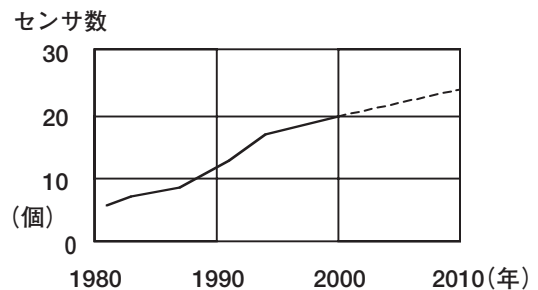


Fig. 1 The number of sensor

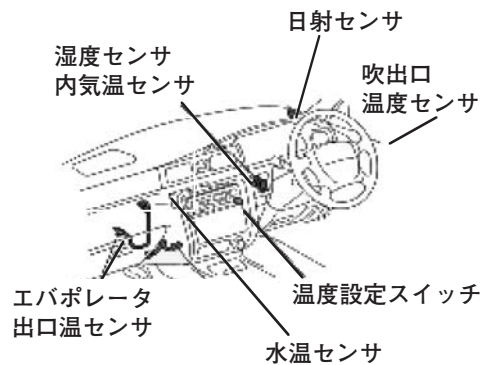


Fig. 2 Sensor position

2. エアコン制御システム

乗員の快適性を検出する要素技術は、温度、湿度、風速を感じる温熱感を検出する技術と臭い、ほこりなどを感じる空気質検出する技術から構成される。また快適感を作り出すエアコンユニットとエアコンユニッ

* (社)自動車技術会の了解を得て、「自動車技術」Vol.56, No.4, 2002 より一部加筆して転載

トの熱源には、エバポレータ、ヒータコアがあり、これらをコントロールし、性能を引き出す制御技術、センサ技術がある。

今回特に、それぞれの分野で近年、技術進展がある、乗員の温熱感を検出するための日射センサ、湿度センサ、空気質を検出するための排気ガスセンサ、冷凍サイクルでの制御性を維持する圧力センサについてまとめた。

3. 日射センサ

エアコン制御に使用されている光センサとして、日射センサおよびライトセンサを紹介する。

ライトセンサとは日射センサとオートライト用センサを統合化した光センサである。

3.1 日射センサ

日射センサは、通常ダッシュパネル上に取付けられており、日射量を検出して温度補正を行なうためのセンサである (Fig. 3)。日射センサには光検出素子としてフォトダイオードが使用され、日射強度を電流として出力する。

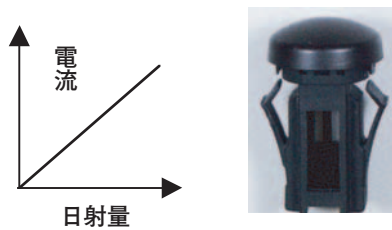


Fig. 3 Sun load sensor characteristic

日射センサの基本機能は、日射強度を検出することであるが、近年エアコンを最適制御するために、日射強度だけでなく指向特性に特徴を持たせたもの、あるいは太陽方位を検出できるような日射センサが実用化されている。

Fig. 4に日射センサの高機能化についてまとめた。

3.2 日射センサの高機能化

自動位置に対して太陽がどの方向、角度にあるかというのはエアコン制御にとって重要な情報である。Fig. 4をもとに日射センサの高機能化について述べる。

3.2.1 仰角特性の改良：Fig. 4(b)

日射センサは当初、Fig. 4(a)のように、仰角感度が不足していたため、太陽高度が低い間、エアコンによる日射補正制御が不十分となっていた。そのため、Fig. 4(b)に示すような、斜め上方の仰角感度を高めた日射センサを開発した。

3.2.2 2方向検出型日射センサ：Fig. 4(c)

よりきめ細かいエアコン制御を考えると、例えば太陽が運転者側にあった場合、運転者側へのエアコン制御を冷却側へシフトさせる必要がある。そのためには左右独立のエアコン制御が必要となるが、同時に太陽方位を検出できるセンサが必要となる。左右席への日射量を検出するために、センサを2個使用した車両や、2素子を内蔵したセンサが使用されている。

3.2.3 位置検出型日射センサ：Fig. 4(d)

さらに太陽角度、方位を検出するための日射センサも実用化されている。Fig. 4(d)に示すセンサは、受光素子を4個配置し、また太陽位置情報は多重にて通信している。

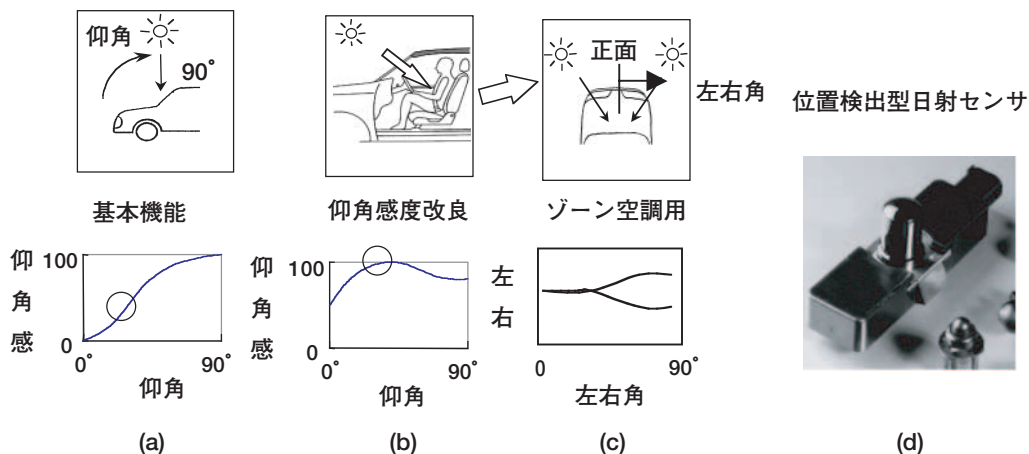


Fig. 4 High level function of sun load sensor

3.3 ライトセンサ<光センサの統合化>

自動車用の光センサとしては、日射センサの他にオートライトが知られている。オートライトは周囲光の明るさによりテール、ヘッドライトの点消灯制御を行ない、運転者の利便性を図っている。

ライトセンサは、日射センサとオートライト用の光センサ部を統合した光センサである。ライトセンサにより従来ダッシュパネル上に2個設置されていたセンサが1個となり意匠上も改善されている。

日射センサに比べ、オートライトセンサは、被検出光量が3桁以上低いため、オートライト用光センサは、検出精度向上のため、増幅回路が必要となる。Fig. 5のライトセンサは、1チップ光ICを使用し小型化を図っている。また、分光感度特性においても、日射センサおよびオートライトセンサ両方に成立するように最適化を図っている。

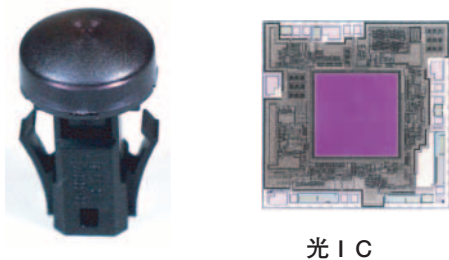


Fig. 5 Light sensor

4. 湿度センサ¹⁾

従来、エアコン制御は、温度制御を中心としてきたが、最近、温熱感向上および燃費向上を目的とした湿度制御が行なわれている。湿度制御を行なうにあたって必要である湿度センサについて紹介する。

4.1 湿度センサの種類

電子式湿度センサは、湿度検出材料として高分子感湿膜を使った物と、多孔質セラミックを使った物の2種類に分けることができる。さらに検出原理において素子のインピーダンスが変化する抵抗変化型と誘電率が変化する容量変化型に分けることができる。

ここでは、民生・自動車用として一般的な、高分子感湿膜を使った抵抗変化型と容量変化型を紹介する。

4.1.1 抵抗変化型湿度センサ：インピーダンス変化

このタイプのセンサは、感湿膜のイオン伝導効果を利用して、感湿膜中の水分量により、可動イオンの遊離量が増加し、その結果、感湿膜のインピーダン

スが増加する。可動イオン量は相対湿度と一定の関係があるので、そのインピーダンスを換算することにより湿度を測定できる。この構造をFig. 6に示す。セラミック基板にくし型電極を焼成し、感湿膜をディップ等により形成する。

インピーダンス特性は湿度に対し指数関数的に変化する。相対湿度の低い領域においては高抵抗となるため低湿度側を精度よく検出するためには回路上の工夫が必要となる。次の容量式に比べ構造が簡単で生産性も高いためコスト的に有利であり、家庭用エアコンの湿度検出用としても広く使われている。

- ①基板 ②くし型電極 ③保護コート
- ④電極 ⑤リード線

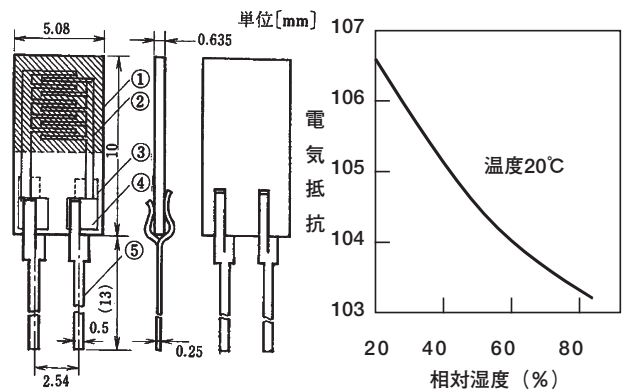


Fig. 6 Humidity sensor in resistance type

4.1.2 容量変化型湿度センサ

Fig. 7に容量変化型湿度センサの構造を示す。このタイプのセンサは、感湿膜の誘電率変化を利用している。感湿材の比誘電率は3程度となっている。それに対し、水の比誘電率は80であるため、この感湿膜中に水分が含まれた場合、水分量により比誘電率が変化する。そのため、静電容量を測定することにより相対湿度を検出することができる。

構造：ベースとなるガラス等の基板上に下部電極と感湿膜を形成し、その上に透湿性の上部電極を形成する。

特性：相対湿度に対する容量変化はリニアであり、ほぼ0～100%RHの範囲を測定することができる。

特徴：その構造上、水分透過性を持たせた電極が必要となることから、製造工程が複雑となり高価となる。低湿度領域からの測定が可能ことから計測器等にも使用されることが多い。

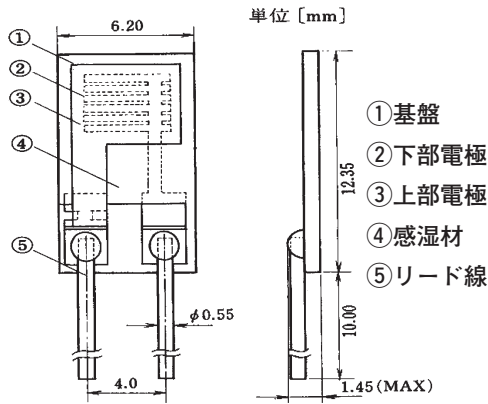
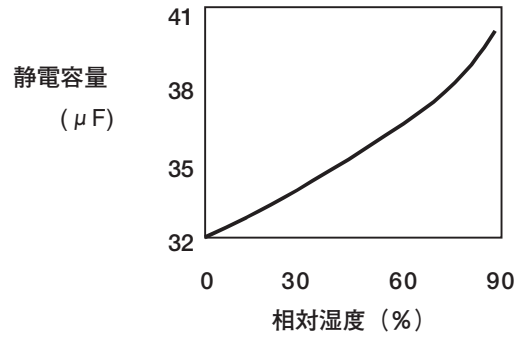


Fig. 7 Humidity sensor in capacity type



4.2 自動車用湿度センサ例

Fig. 8に自動車用湿度センサおよび取付け例を示す。従来の室内温度センサ内に湿度センサを実装したことにより、エアコン制御に必要な温度と湿度を同時に検出することが可能となり、さらに搭載性を向上させている。

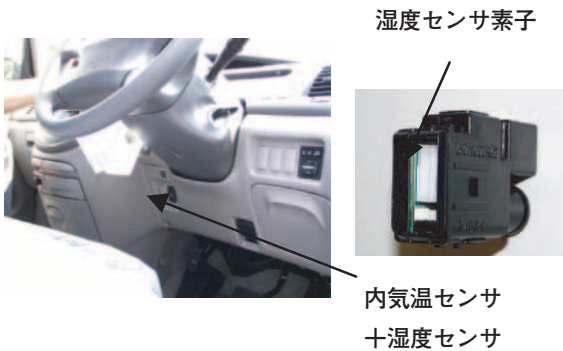


Fig. 8 Installation sample of humidity sensor

5. 空気質-排気ガスセンサ²⁾

車室内の空気質で乗員へ影響を与えるものは、Table 1に示すようなものがある。花粉やほこりは、フィルタで浄化できる。タバコなどは、空気清浄器の光センサまたはガスセンサにより検知し、フィルタにて浄化する。乗員にとって最も敏感に感じるものとしては、トラックなどディーゼル車の排気ガスがあり、排気ガスセンサにより検知し、内外気ドアの開閉をコントロールするオート内外気システムがある。

Table 1 Air purification technology

	対象物質	センシング技術	対応技術
外気	花粉	光センサ	フィルタ
	ほこり	光センサ	フィルタ
	排気ガス	排気ガスセンサ	オート内外気
内気	たばこの煙	光センサ ガスセンサ	空気清浄器 フィルタ
	乗員呼気	CO ₂ センサ	換気

このオート内外気システムは、欧州車から始まり、国内でも高級車から展開されている。Fig. 9に排気ガスセンサの構造を示す。排気ガスのほこりは、フィルタにて浄化し、透過したガスは、ガスセンサにて検出する。ガスセンサはセンサ素子がヒータにより加熱され、活性化された状態でガスに対して、素子の抵抗値が変化するのを検出する。

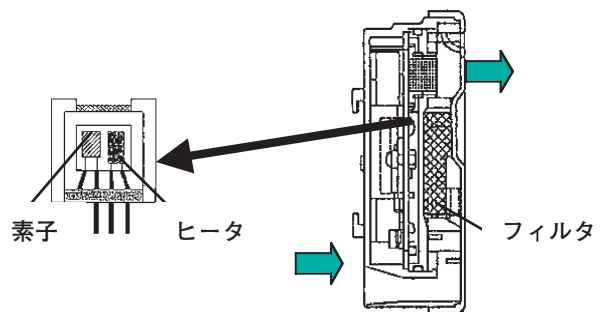


Fig. 9 Exhaust gas sensor

Fig. 10に排気ガスセンサの設置位置例を示す。Fig. 10に示すように、カウル内に排気ガスセンサを設けた場合、エアコン吸い込み口が外気モードの場合、

確実に排気ガスを検知できる位置にあるが、排気ガスを検知し、内気モードになった場合、外気が清浄となったかの判断が課題となる。またフロントグリルに排気ガスセンサを設置した場合、前方車両の排気ガス発生源に近い位置で検知できるが、側方からの排気ガスがフロントグリルに到達せずにカウルから車室内に吸い込まれる可能性がある。

オート内外気システムは、防曇、クールダウン性能などエアコンシステムの機能を考慮する必要がある。冬場、外気温が低い時は、コンプレッサを駆動できないため、内気モードにすると窓が曇ってしまう。防曇機能を最優先させる必要があるため、エアコンが作動し、除湿機能があるときに内外気制御を作動させる必要がある。

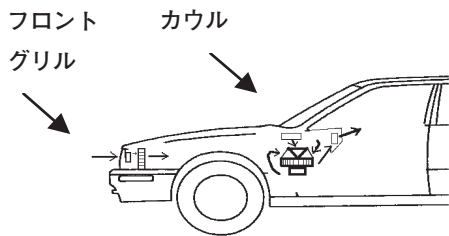


Fig. 10 Establish exhaust gas sensor position

本システムは、センサの性能だけでなく、オートエアコンシステムでの性能が重要となる。ユーザの使い勝手、視覚、臭覚とのずれなど配慮する必要がある。

6. 圧力センサ³⁾

本センサは1チップ集積化素子を用いたオイル封じ型で、フロン冷媒のシール性に優れた高精度な冷媒圧検出用圧力センサである。その全体構造をFig. 11に示す。圧力を検出する1チップ集積化素子は、コネクタケースプラグ内に固定され、封入オイル中に置かれる。フロン冷媒の圧力はステンレスダイヤフラムと封入オイルを介して1チップ集積化素子へ伝達される。Fig. 12に示すように1チップ集積化素子は、センシング素子と増幅回路を1チップ上に配置したものである。

センシング素子は化学エッチングによって加工されたシリコンダイヤフラム上にゲージが形成してある。圧力センサの作動原理をFig. 13に示す。圧力が印加

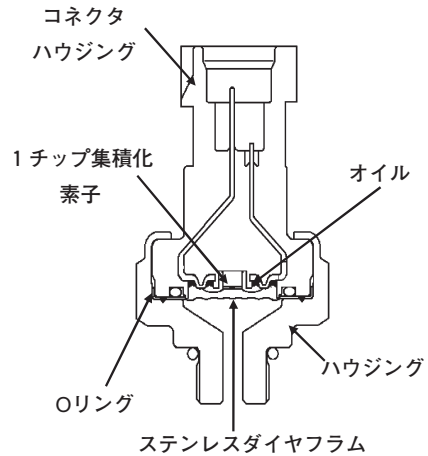


Fig. 11 Pressure sensor

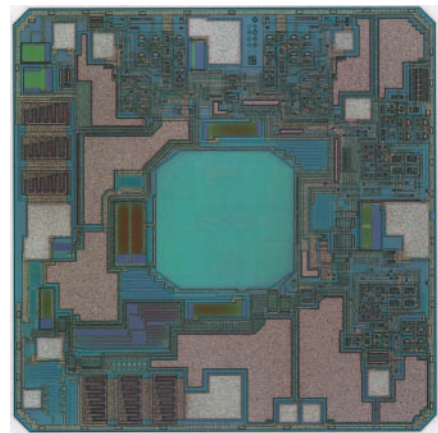


Fig. 12 Integrated circuit of 1 tip type

されると、センタゲージ (Rb, Rc) には圧縮応力が印加され、サイドゲージ (Ra, Rd) には引っ張り応力が印加される。このときゲージの抵抗値は、(2)式に示すピエゾ抵抗効果により変化する。また、4本のゲージはFig. 14に示すブリッジ回路を形成してあるので、(1)式により媒体の圧力に比例したアナログ信号を出力する。増幅回路は、センシング素子からの信号を増幅するもので、回路の入出力段には、ノイズフィルタと静電気保護素子を集積化してある。

本センサは、シリコンおよびステンレスの2重ダイヤフラム構造となっているため、1チップ集積化素子が外部の圧力媒体から隔絶される。このため、フロン冷媒以外の様々な圧力媒体に適合できる特長を有している。

$$V_o = \frac{(R_a \cdot R_d) - (R_b \cdot R_c)}{R_a + R_b + R_c + R_d} \cdot I \quad (1)$$

$$\Delta R = \frac{1}{2} \cdot R \cdot \Delta \sigma \cdot \pi 44 \quad (2)$$

ΔR : ゲージ抵抗変化量

R : ゲージ抵抗

$\Delta \sigma$: ゲージに発生する応力

$\pi 44$: ピエゾ抵抗係数

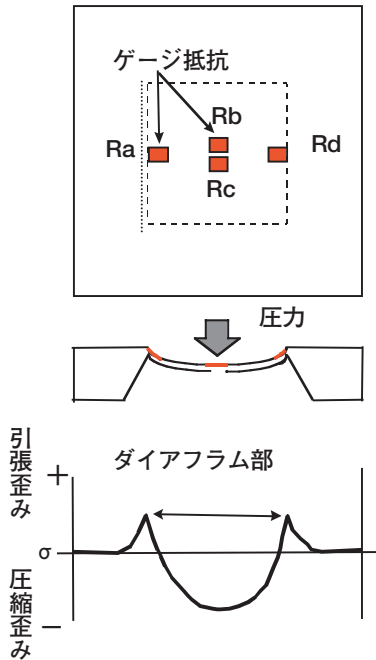


Fig. 13 Operation principle

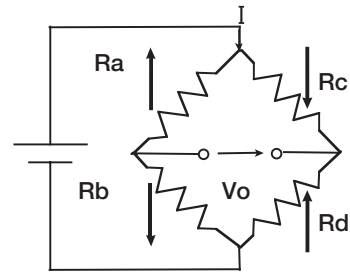


Fig. 14 Bridge circuit

7. おわりに

センサは、快適性としてのうれしさだけでなく、車両用として必要な耐久性、安全性、省動力といったニーズに応える必要がある。さらに近年各システムのレベル向上とともにセンサ個数がますます増加しており、低コスト化、モジュール化が進められている。

<参考文献>

- 1) 学献社「湿度計測・センサのマニュアル」
湿度計測・センサ研究会
- 2) 本田祐次ほか 自動車技術会学術講演会前刷集,
9739868 1997-5
- 3) S.Otake et al "Automotive High pressure Sensor"
SAE980271

<著 者>



本田 祐次
(ほんだ ゆうじ)
冷暖房開発 1 部
自動車用エアコンの開発に従事



道山 勝教
(みちやま かつのり)
IC技術 2 部
半導体センサ関連の技術開発に従事



小野田 真稔
(おのだ みちとし)
IC技術 2 部
半導体センサ関連の技術開発に従事