

# 加速度センサ， 角速度センサのしくみ

用途によって求められる応答速度や検出範囲が変わる  
センサを適材適所に使いこなす

上田智章

ゲーム機に搭載されたことで注目が集まっている加速度センサと角速度センサだが、両者の違いを説明できる人は多くないだろう。これらのセンサの動作原理は全く異なる。ここでは、それぞれの動作のしくみや応用例について解説する。（編集部）

加速度センサや角速度センサというと、一体どんな機器に組み込まれているのかピンとこない人が多いかもしれません。身近なところでは、自動車のカー・ナビゲーション・システムやエアバッグ、手ぶれ補正機能の付いたビデオ・カメラやデジタル・スチル・カメラ、ゲーム機のコントローラなど、実に多くの機器に組み込まれています。

加速度センサや角速度センサ自体は、かなり以前からありましたが、これほどまでに普及したのは、近年になって発達したMEMS( micro electro mechanical systems )技

術のおかげです。MEMSは半導体製造技術を用いて、1枚のシリコン・ウェハ上に機械的な機構と集積化した電子回路を一体化した機能デバイスです。

写真1に米国 Analog Devices 社の加速度センサの内部を示します。MEMS技術を使うと小型軽量化、高精度化、広帯域特性、低価格を一度に実現できます。角速度センサや加速度センサはMEMS技術応用デバイスの代表格といえます。

## ● 加速度センサと角速度センサの特徴

加速度センサは、センサ自体の加速度、つまり1s(秒)当たりの速度の変化を検出するセンサです。重力加速度も検

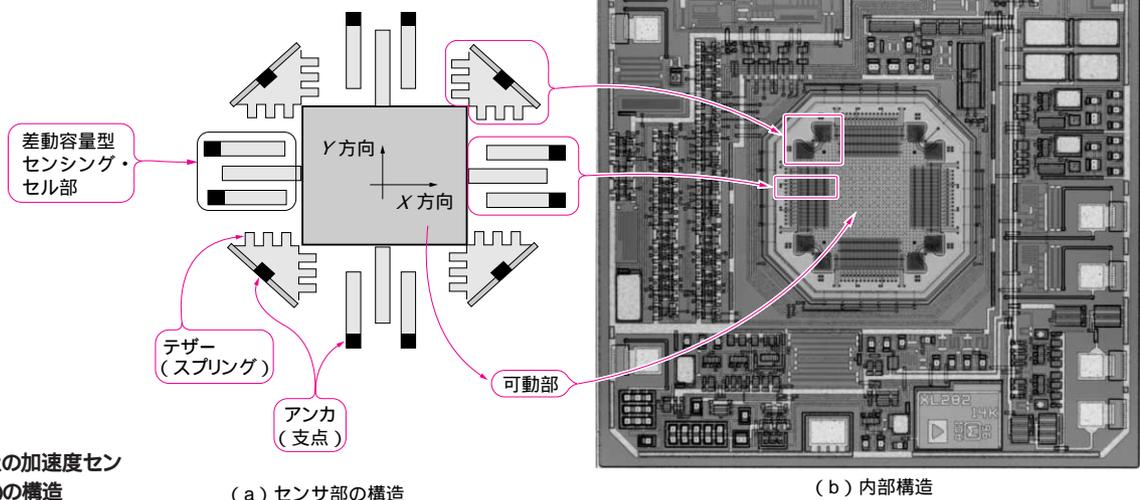


写真1(1)  
Analog Devices 社の加速度センサ(ADXLシリーズ)の構造

(a) センサ部の構造

(b) 内部構造

### KeyWord

MEMS, micro electro mechanical systems, ひずみゲージ, 圧電素子, 静電容量, ADXLシリーズ, PWM, ジャイロスコープ, ADXRS150, ADXL330

出できるので、人や物体の動きや地震などの振動を検出できます。3軸加速度センサであれば、水平状態も検出できます。

角速度センサは、基準軸に対して物体が1s間に何度回転しているのかを検出するセンサです。別名ジャイロ・センサと呼ばれています。これは初期の角速度センサがジャイロスコープと呼ばれたことに由来しています。

## ● 加速度センサの動作原理と種類

加速度センサは図1に示すように、ばね定数 $k$ のばねに支えられた質量 $m$ のおもりを使って、ばねの変位量 $x$ を基に加速度 $a$ を検出するセンサです。つまり、 $kx = ma$ が成立するので、 $a = kx/m$ と置き換えることで加速度 $a$ を検出できます。 $k$ と $m$ は既知なので、 $x$ が分かれば加速度が求まります。

この変位量 $x$ を計測する方式には、ひずみゲージ、圧電素子、あるいは静電容量を計測する3方式があります。ただし、ばねを使ったセンサは周波数 $f$  [Hz]が、

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$$

で共振する性質があるため、おもりの重さを小さくしないと高い応答特性が得られません。

MEMS技術を用いて小さく作ることによってこれを解決し、2kHz程度の周波数応答特性を実現しました。Analog Devices社の静電容量方式「ADXLシリーズ」の場合、写真1や図2に示されるように、おもりの側面にくし状のコン

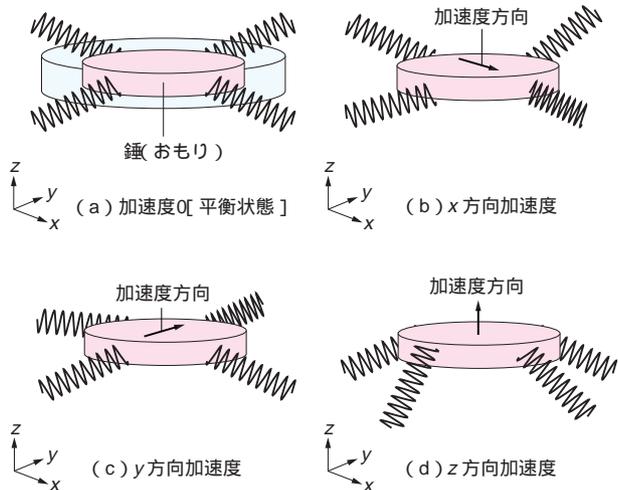


図1 3軸加速度センサの検出原理

ばね定数 $k$ のばねに支えられた質量 $m$ のおもりを使って、ばねの変位量 $x$ を基に加速度 $a$ を検出する。

デンサが形成されており、電子回路により静電容量の変化を加速度に対応する電気信号に変換しています。

製品化されているほとんどの加速度センサはアナログ出力であり、少数の外付け部品だけでA-Dコンバータに接続できます。PWM(pulse width modulation)出力のタイプもありますが、タイマ・カウンタでパルス幅を検出する回路を用意しなくても、LPF(low-pass filter)を通してキャリア周波数をカットすれば、アナログ量が簡単に取り出せます。抵抗( $R$ )とコンデンサ( $C$ )だけの簡単なフィルタでもアナログ量に変換できます。

直接シリアル・インターフェース(SPI)に直結できるように工夫された品種も登場しています。大別すると測定レンジが $\pm 20g$ 以下の汎用計測用と、 $\pm 20g \sim \pm 250g$ の衝撃衝撃検出用があります( $g = 9.8m/s^2$ )。

## ● 角速度センサの動作原理と種類

角速度センサは力学的な慣性を利用する品種と光学的な干渉を利用する品種に大別されます。

### ▶ ジャイロスコープ(gyroscope)

ジャイロスコープは、いわゆる「地球ゴマ」が組み込まれた大掛かりな装置で、回転している物体はその回転状態を維持し、いつも同じ方向を向く「回転慣性力」を利用しています。コマが大きく重いほど高精度であるため、以前は船舶や航空機の慣性航法システムに採用されてきました。

ジャイロスコープには起動時間が長いという欠点やベアリングの摩耗などといったメンテナンスの問題があります。

### ▶ 光ファイバ・ジャイロ(fiber optic gyro)

シングル・モード光ファイバをリング状に巻いて、それぞれの端面にレーザ光を分離して入射し、リングに角速度が与えられると分離された光に光路差が生じます(サニャッ

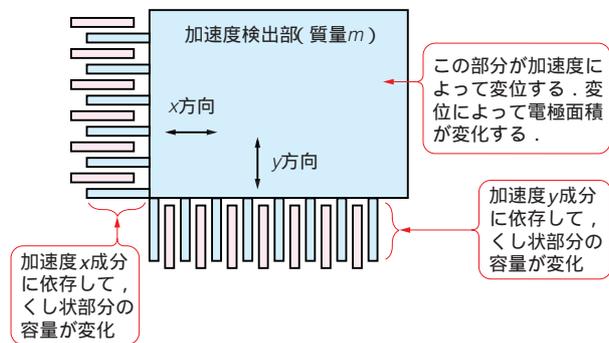


図2 Analog Devices社ADXLシリーズの構造

おもりの側面にくし状のコンデンサが形成されており、電子回路により静電容量の変化を加速度に対応する電気信号に変換する。

1