

加速度センサモジュール回路

㈱ワコー・岡田 和廣*

最近、自動車産業を中心にエアバック、ABSおよびシャーシ制御などに代表されるように、車の安全性や快適性制御のために、また阪神大震災以来、地震検出のために高性能な加速度センサの要求が高まっている。

これに応じ、新しくピエゾ抵抗効果や静電容量の変化を利用した種々の加速度センサが提案され、従来から一般に提案されている圧電形やサーボ形加速度センサと合わせ、幅広い分野で使用されつつある。さらに最近では、1つの検出素子で3軸の加速度成分を検出する3軸加速度センサが商品化されている。

加速度を測定する手段として、ピエゾ抵抗効果、静電容量の変化そして圧電素子を利用する方法があるが、ここではピエゾ抵抗効果を利用した加速度センサ用の信号処理回路について説明する。

1. ピエゾ抵抗形加速度センサ

ピエゾ抵抗形加速度センサは半導体技術とマイクロマシニング技術によって作られる。加速度が重錘体に作用すると、ダイアフラムを介してピエゾ抵抗素子に応力が発生する。

(1) 検出原理

本センサの検出原理は応力に比例して抵抗率が変

る現象、すなわちピエゾ抵抗効果を利用したものである。検出感度を高め、かつ温度変化の影響を少なくするため、図1に示すとおり、ピエゾ抵抗素子はSi基板上に4つ形成され、ホイートストンブリッジ回路(図2参照)に組まれている。また、各ピエゾ抵抗素子は加速度によって抵抗値が増減するように可撓部上に配置されている。ピエゾ抵抗形加速度センサは片持ち形と両持ち形があり、いずれもセンサ単体(信号処理回路なし)で入手することができる。

ピエゾ抵抗形加速度センサは温度によって出力が変動する。そのため、温度変動が大きい場合や仕様が厳しい場合は温度補償する必要がある。センサの温度特性は信号処理回路によって変わるので、回路設計する場合、十分注意する必要がある。次に温度特性について述べる。

(2) 温度特性

ピエゾ抵抗形加速度センサの温度特性は、零点温度特性と感度温度特性で表わすことができる。零点温度特性は加速度が作用しないときのブリッジ出力(オフセット電圧)の温度変動をいい、感度温度特性は検出感度の温度変動をいう。

① 零点温度特性

零点温度特性は加速度センサの構造に起因している場合が多い。たとえば、図1に示すようにSi基板は台座ガラスと陽極接合されている。そのため、Si基板と台座の線膨張係数が違えば、温度の変動によってSi基板は歪む。そのため、ゲージ抵抗値は変わり、零点出力も温度によって変わる。また、零点温度特性

*: 同社 代表取締役

〒338 埼玉県与野市上落合2-2-11

TEL(048)857-7027

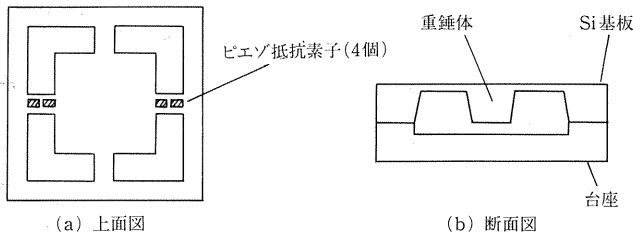


図1 ピエゾ抵抗形加速度センサ

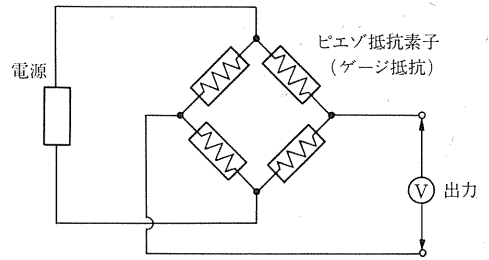


図2 ブリッジ回路

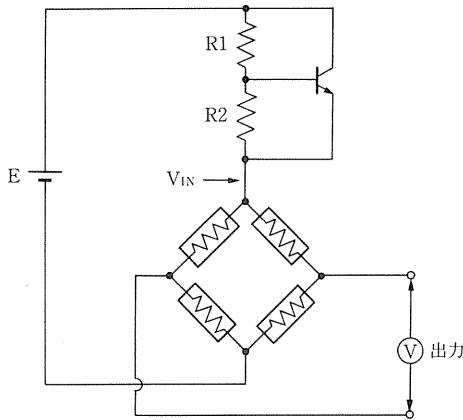


図3 定電圧駆動のときの温度補償

は零点出力と相関関係があり、零点出力が小さいほど零点温度特性がよくなる傾向がある。加速度センサを使う場合、注意する点である。

② 感度温度特性

感度温度特性はブリッジ回路を駆動する方法（定電圧駆動または定電流駆動）に依存する。

定電圧駆動の場合、感度温度特性は次式で与えられる。

$$dS/dT \propto d\pi/dT \cdot V_{IN} \dots\dots\dots(1)$$

ここで、 S は感度を、 π はピエゾ抵抗係数を、 V_{IN} は駆動電圧を表す。

上式より、定電圧駆動の場合、感度温度特性はピエゾ抵抗係数の温度係数と一致し、 $-1,000 \sim -3,000$ ppmと大きな値となる。

一方、定電流駆動の場合、感度温度特性は次式で与えられる。

$$dS/dT \propto (R \cdot d\pi/dT - \pi \cdot dR/dT) \cdot I \dots\dots\dots(2)$$

ここで、 I は駆動電流を表す。上式より感度温度特性は、ピエゾ抵抗係数の温度係数とゲージ抵抗の積とゲージ抵抗の温度係数とピエゾ抵抗係数の積との差となる。

ゲージ抵抗およびピエゾ抵抗係数の温度係数は、

ゲージ抵抗形成時の不純物濃度で変わるので、感度温度特性 (2式) を零にすることができる。

(3) 温度補償

通常、加速度センサは定電流駆動の場合に感度温度特性が零になるように作られている。そのため、定電流駆動で使うのが一般的である。ただし温度範囲が広く、精度が求められる場合、感度温度特性は直線的ではなく温度補償が困難となる。定電圧駆動の場合は感度温度特性はピエゾ抵抗係数の温度係数のみに依存するので、直線的に変化する。そのため温度範囲が広く、精度が求められる場合、定電圧で駆動し温度補償するのが一般的である。

ここでは、定電圧で駆動し簡単な回路で感度温度特性を補償する場合と、定電流駆動の場合について述べる。

① 定電圧駆動

定電圧駆動の場合の感度温度特性はピエゾ抵抗係数と一致し、 $-1,000 \text{ppm} \sim -3,000 \text{ppm}$ と大きな値となる。これを簡単に補償する場合の回路を図3に示す。

(1)式からわかるとおり、感度温度特性は $d\pi/dT$ が負であるため、駆動電圧 V_{IN} に正の温度特性を持たせればよい。図3に示したブリッジ回路の駆動電圧は、

$$V_{IN} = E - V_{BE} (1 + R1/R2) \dots\dots\dots(3)$$

となる。ここで V_{BE} の温度係数は負であるので、 V_{IN} の温度係数は正となり、感度温度特性を補償することができる。

ブリッジ電圧の増幅と零点温度特性の補償方法については、次に説明する図4の回路を用いればよい。

② 定電流駆動

定電流駆動の場合、先に述べたとおり感度温度特性は自己補償されるので、あらためて外部回路で温度補償する必要はない。

ここでは増幅回路と零点温度補償回路について述べる。定電流駆動の場合の回路を図4に示す。駆動電流 I は $V_{ref}/R1$ で決まる。増幅は2段で行われ、前段で25倍、

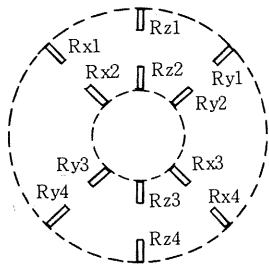


図5 ゲージ抵抗素子配列

後段ではR2で調整され1~6倍にされる。また、オフセット電圧はR3で調整される。零点温度特性が無視できる場合は図4の回路のブロックAの回路だけでよい。零点温度特性を補償する場合ブロックBの回路を追加する必要がある。零点出力は温度によって正または負方向に変動し、センサによってばらつき一様ではない。

そこで、感温素子は+電源または-電源側のいずれにもいられるようにしておく。図4では+電源側にいれた場合を示す。感温素子の温度係数とセンサの零点温度特性をR4で合わせる。点Aの温度特性(センサの温度特性)と点Bの温度特性(感温素子によって作られた温度特性)を一致させる。ブロックCの回路で点Aの信号と点Bの信号の差分がとられ、センサの零点温度特性は除去される。

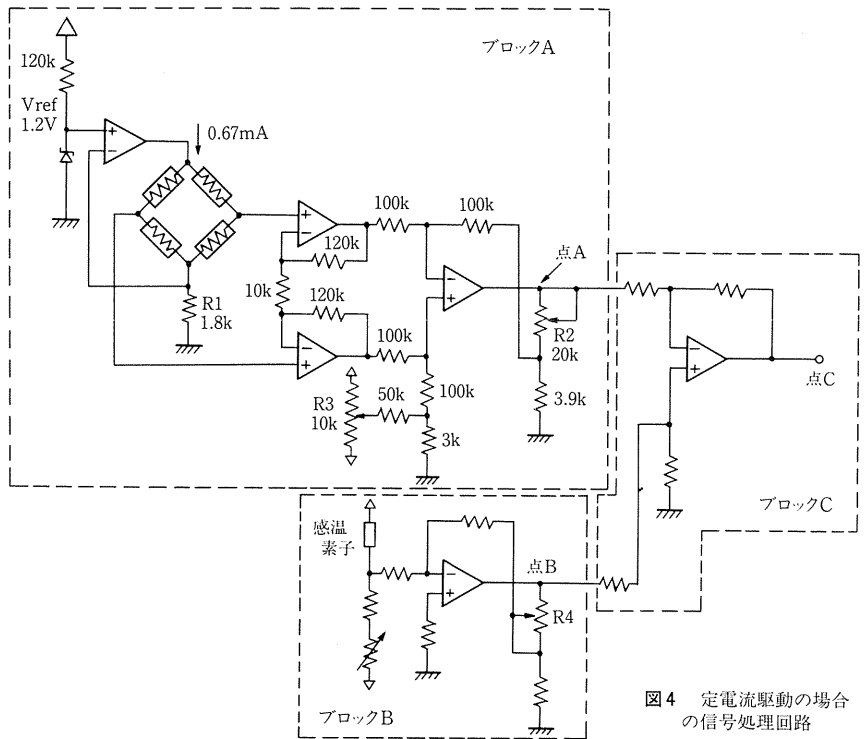


図4 定電流駆動の場合の信号処理回路

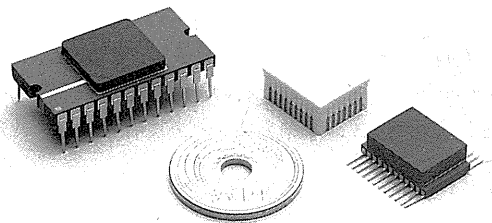


写真1 ピエゾ抵抗形3軸加速度センサ(株ワコー製)

2. 3軸加速度センサ

最近になり、1つの検出素子で加速度Aの3軸成分(A_x , A_y , A_z)を検出できる piezoresistive 3軸加速度センサが商品化されている。これを写真1に示す。

piezoresistive 3軸加速度センサは1軸センサと同様、半導体技術とマイクロマシン技術で作られる。Si基板表面には図5に示すように3組(12本)の piezoresistive 素子が形成されている。裏面には、環状のダイヤフラムが形成され、さらに中央と周辺部には重錘体と台座が接合されている。

重錘体にX, Y, Z軸方向に作用すると piezoresistive 素子は表1に示すように変化する。表中“+”は抵抗値の増加を、“-”は減少を、“0”は変化しないこと

表1 piezoresistive 素子の各加速度による変化

	X軸検出				Y軸検出				Z軸検出			
	R_{x1}	R_{x2}	R_{x3}	R_{x4}	R_{y1}	R_{y2}	R_{y3}	R_{y4}	R_{z1}	R_{z2}	R_{z3}	R_{z4}
A_x	+	-	+	-	0	0	0	0	+	-	+	-
A_y	0	0	0	0	+	-	+	-	+	-	+	-
A_z	-	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-

を示す。これら piezoresistive 素子を図6のようにブリッジ回路に構成することで、他軸感度の無い各軸加速度(A_x , A_y , A_z)が検出される。

3軸加速度センサは1個のセンサで加速度の3軸成分を一度に測定できることから、物体の動的解析には便利である。仕様を表2に示す。3軸センサの使い方は1軸センサと同じであり、図4に示した回路を3台用意すればよい。3軸センサの場合、Z軸出力の零点

表2 ピエゾ抵抗形3軸加速度センサ仕様

項目	仕様 (typical)		
	高感度用	低感度用	単位
定格加速度	2~5	30~50	G
検出感度	X, Y : 1.0 Z : 0.7	X, Y : 0.15 Z : 0.11	mV/V _{DD} /G
応答周波数	DC~0.2	DC~1.0	kHz
ゲージ抵抗	4		kΩ
直線性	1.0		% FS ^{*1}
零点出力	X, Y : ±30 Z : ±40		mV
干渉出力 (他軸感度)	±5		% FS ^{*1}
駆動電圧	5		V (DC) ^{*2}
零点温度特性	X, Y : ±10 Z : ±30	X, Y : ±10 Z : ±20	% FS ^{*3}
感度温度特性	-0.20±0.2		% FS/°C ^{*3}
温度範囲	-40~+85		°C

[注] 仕様は断りなく変更することがある。

- * 1 : FS (Full Scale) は定格加速度を意味する。
- * 2 : 定電流駆動でも可能。ただし、上記仕様は5VDCの定電圧駆動を前提としている。
- * 3 : 温度範囲-40~85°Cについて、温度補償なしの条件で規定している。

温度特性は1軸センサの温度特性とほぼ同じであるが、X、Y軸出力の温度特性は1/2以下程度である。3軸センサを使い1軸または2軸の加速度を測定する場合、Z軸を使わず、X、Y軸を使うと温度特性に優れた加速度センサができる。

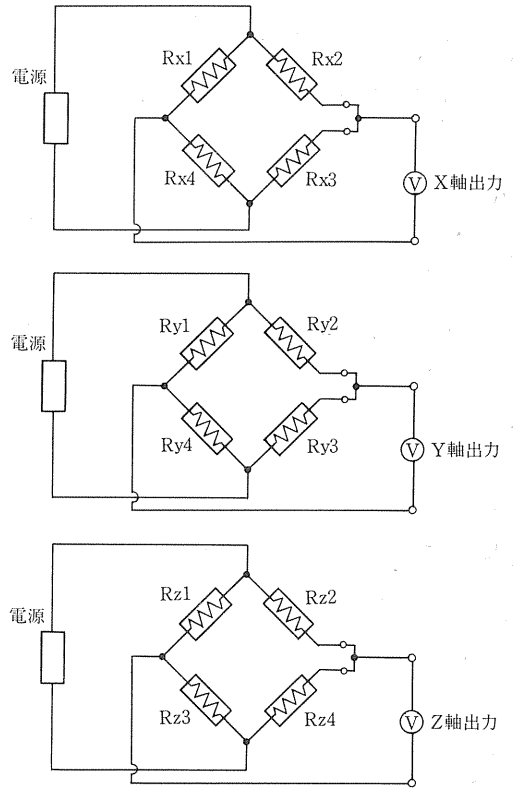


図6 3軸加速度センサ

中小企業のロジスティクス構築

——共同物流効率化資金導入のすべて——

高田 茂男 編著/A5判・258頁 定価2,500円 円310円

生き残りを賭けて壮烈な戦いを強いられているロジスティクス関連・中小企業経営者のための書。ほとんどの中小企業者は、国の支援制度についてよく知らず、また公的支援を受けるためには面倒な事務手続きや資格などがあり、簡単には支援を受けられないと思っているのが実情であろう。本書は画期的な支援内容を盛り込んだ「中小企業物流効率化法」を中心に、その他の支援制度、公的資金導入手法のすべてを詳しく、わかりやすく解説している。

主要目次

- 【第I編 戦略編】 1章：ロジスティクスがすべての始まりである / 2章：今なぜロジスティクスが必要か / 3章：ロジスティクスの構築・構成 / 4章：中小企業のロジスティクス
- 【第II編 戦術編】 5章：中小企業はなぜ共同化が必要か / 6章：中小企業の共同化に向けての重要ポイント / 7章：中小企業の共同ロジスティクスシステム
- 【第III編 実務・支援解説編】 8章：事業協同組合とは / 9章：事業協同組合への国の支援制度 / 10章：中小企業物流効率化法の支援内容
- 【第IV編 実践編】 11章：協同組合定款(例) / 12章：認可申請書類一式 / 13章：支援体制

工業調査会

〒113 東京都文京区本郷2-14-7 電話 (03) 3817-4706・FAX (03) 3817-4709