

## ADXL311

### 特長

- 低価格
- 高分解能
- 2軸加速度センサーをシングルICチップに集積
- 5×5×2mmのCLCCパッケージ
- 低消費電力<400μA (typ)
- 0.1° (typ) 以内のX軸/Y軸アライメント
- 1個のコンデンサで帯域幅調整可能
- 単電源動作
- 優れた対衝撃性

### アプリケーション

- 低価格アプリケーションの傾斜/動作感知装置
- スマート・ハンドヘルド・デバイス
- コンピュータ・セキュリティ
- 入力デバイス
- 歩数計および動作モニター
- ゲーム・コントローラ
- 玩具類やエンターテインメント製品

### 概要

ADXL311は、信号調整された電圧出力を備え、1つのモノリシックIC上に必要な機能をすべて集積した低価格・低消費電力の完全な2軸加速度センサーです。ADXL311は、これまでに出荷された1億個以上のアナログ・デバイセズの加速度センサーと同様、検証済みのiMEMS®プロセスにより製造されており、1FIT (10億デバイス動作時間当たり1故障) の信頼性を実現しています。

ADXL311は、±2Gのフルスケール範囲で加速度を計測します。このデバイスは、動的加速度 (振動など) と静的加速度 (重力など) を計測することができます。出力は、加速度に比例したアナログ電圧です。

ノイズ・フロアは $300\mu\text{G}/\sqrt{\text{Hz}}$  (typ) で、10Hzの狭帯域幅を使用する傾斜感知アプリケーションで、2mG未満 (0.1°の傾角) の分解能で加速度を計測できます。

加速度センサーの帯域幅は、 $X_{\text{OUT}}$ ピンと $Y_{\text{OUT}}$ ピンにコンデンサ $C_X$ と $C_Y$ を接続することで設定します。アプリケーションに合わせて、1Hz~2kHzの帯域幅を設定することもできます。

ADXL311は、8ピンの5×5×2mmのハーメチックCLCCパッケージを採用しています。

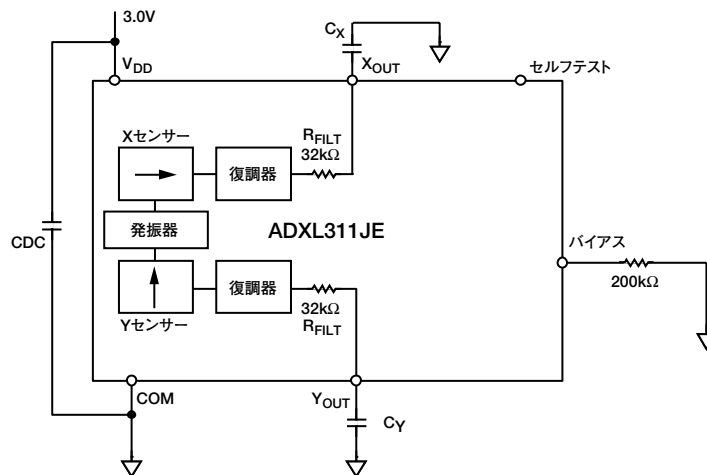


図1. 機能ブロック図

アナログ・デバイセズ社は、提供する情報が正確で信頼できるものであることを期していますが、その情報の利用に関して、あるいは利用によって生じる第三者の特許やその他の権利の侵害に関して一切の責任を負いません。また、アナログ・デバイセズ社の特許または特許の権利の使用を暗示的または明示的に許諾するものでもありません。記載の商標および登録商標は、それぞれの企業が所有するものです。  
※日本語データシートはREVISIONが古い場合があります。最新の内容については、英語版をご参照ください。

REV. 0

アナログ・デバイセズ株式会社

本社 / 〒105-6891 東京都港区海岸1-16-1 ニューピア竹芝サウスタワービル  
電話03(5402)8200  
大阪営業所 / 〒532-0003 大阪府大阪市淀川区宮原3-5-36 新大阪MTビル2号  
電話06(6350)6868 (代)

# ADXL311

## 目次

---

ADXL311 — 仕様.....	3	ADXL311を2軸傾斜センサーとして使用する.....	8
絶対最大定格.....	4	ピン配置と機能の説明.....	9
代表的な性能特性.....	5	外形寸法.....	10
動作原理.....	7	オーダー・ガイド.....	10
アプリケーション.....	7		
フィルタ特性の選択に関するデザイン上のトレードオフ；			
ノイズと帯域幅間のトレードオフ.....	7		

## リビジョンの履歴

リビジョン0：初期バージョン

## ADXL311 — 仕様 (特に指定のない限り、 $T_A=25^{\circ}\text{C}$ 、 $V_{DD}=3\text{V}$ 、 $R_{BIAS}=125\text{k}\Omega$ 、加速度=0G)

パラメータ	条件	Min	Typ	Max	単位
センサー入力	各軸				
計測範囲			$\pm 2$		G
非直線性	最適直線		0.2		FSの%
アライメント誤差 <sup>1</sup>			$\pm 1$		度
アライメント誤差	XセンサーとYセンサーの間		0.01		度
他軸感度 <sup>2</sup>			$\pm 2$		%
感度	各軸				
$X_{OUT}$ と $Y_{OUT}$ での感度	$V_{DD}=3\text{V}$	140	167	195	mV/G
温度による感度の変化 <sup>3</sup>	$25^{\circ}\text{C}$ からの変化		-0.025		%/ $^{\circ}\text{C}$
ゼロGバイアス・レベル	各軸				
ゼロG電圧 $X_{FILT}$ 、 $Y_{FILT}$	$V_{DD}=3\text{V}$	1.2	1.5	1.8	V
ゼロGオフセット対温度	$25^{\circ}\text{C}$ からの変化		2.0		mG/ $^{\circ}\text{C}$
ノイズ性能					
ノイズ密度	$25^{\circ}\text{C}$ 時		300		$\mu\text{G}/\sqrt{\text{Hz}}$ RMS
周波数応答					
3dB帯域幅	$X_{OUT}$ ピン、 $Y_{OUT}$ ピン		6		kHz
センサー共振周波数			10		kHz
フィルタ					
$R_{FILT}$ 許容誤差	公称32k $\Omega$		$\pm 15$		%
最小容量	$X_{FILT}$ ピン、 $Y_{FILT}$ ピン	1000			pF
セルフテスト					
$X_{OUT}$ 、 $Y_{OUT}$	0→1でセルフテスト		45		mV
電源					
動作電圧範囲		2.7		5.25	V
静止電源電流			0.4	1.0	mA
ターンオン時間			$160 \times C_{FILT} + 0.3$		ms
温度範囲					
動作範囲		0		70	$^{\circ}\text{C}$

<sup>1</sup> アライメント誤差は、感度軸の指定方向に対する真の軸方向のなす角により規定 (図1)。

<sup>2</sup> 他軸感度は、アライメント誤差と固有感度誤差の代数和。

<sup>3</sup> 周囲温度から最大温度、または周囲温度から最小温度における出力の変化として定義。

# ADXL311

## 絶対最大定格\*

加速度（任意の軸、電源切断時）..... 3,500G、0.5ms  
加速度（任意の軸、電源投入時、 $V_{DD}=3V$ ）... 3,500G、0.5ms  
 $V_{DD}$ .....  $-0.3\sim+0.6V$   
出力短絡時間（任意のピンをコモンに接続）..... 無限  
動作温度範囲.....  $-55\sim+125^{\circ}C$   
保存温度.....  $-65\sim+150^{\circ}C$

\* 上記の絶対最大定格を超えるストレスを加えると、デバイスに恒久的な損傷を与えることがあります。この規定はストレス定格のみを指定するものであり、この仕様の動作セクションに記載する規定値以上のデバイス動作を定めたものではありません。長時間デバイスを絶対最大定格状態にすると、デバイスの信頼性に影響を与えることがあります。

パッケージ・タイプ	$\theta_{JA}$	$\theta_{JC}$	デバイスの重量
8ピンCLCC	120°C/W	TBD°C/W	<1.0グラム

## 代表的な性能特性

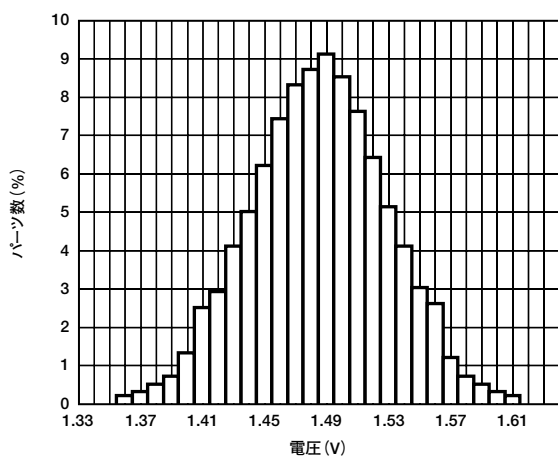


図2. X軸0Gバイアス出力分布

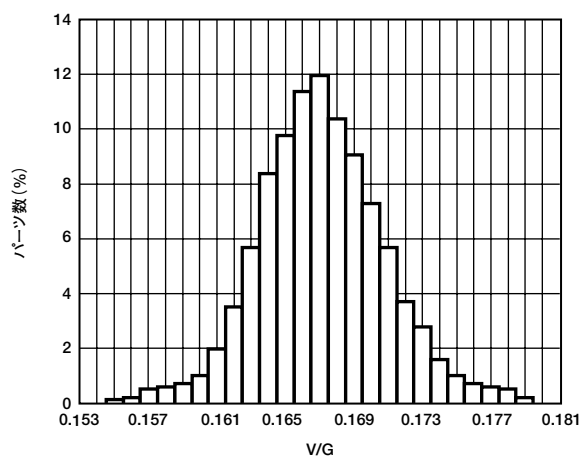


図5. Y<sub>OUT</sub>でのY軸感度分布

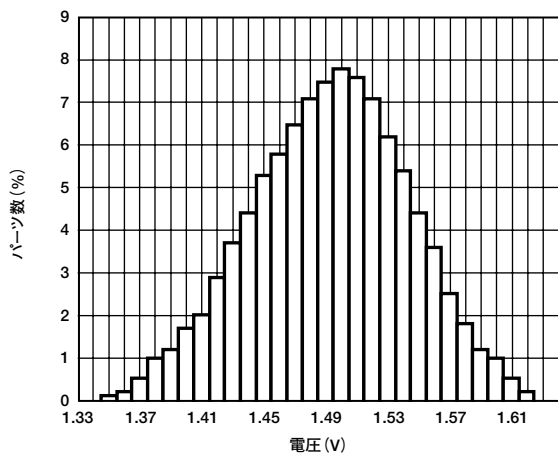


図3. Y軸0Gバイアス出力分布

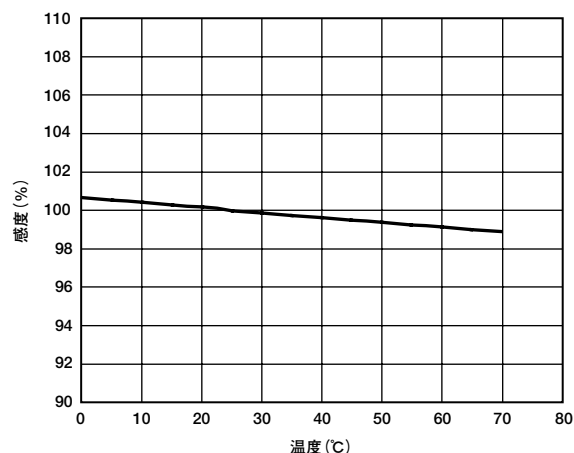


図6. 正規化した感度と温度の関係

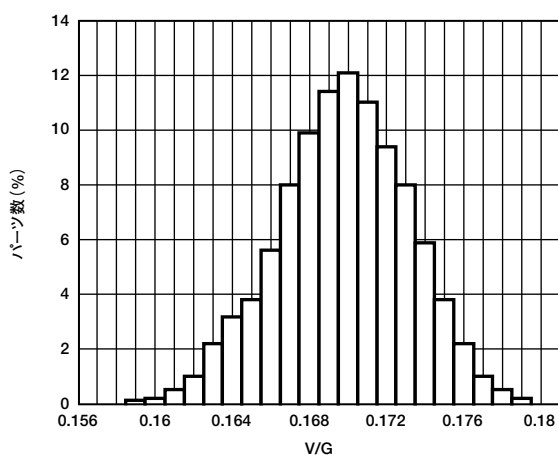


図4. X<sub>OUT</sub>でのX軸出力感度分布

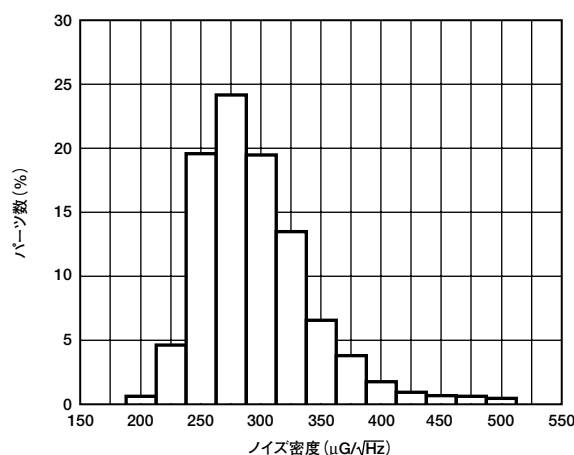


図7. ノイズ密度分布

# ADXL311

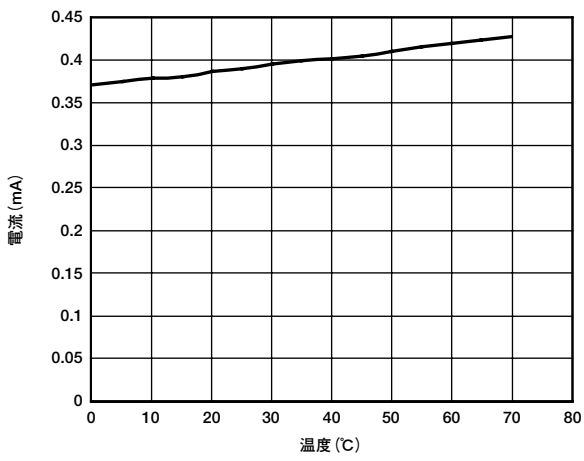


図8. 代表的な電源電流と温度の関係

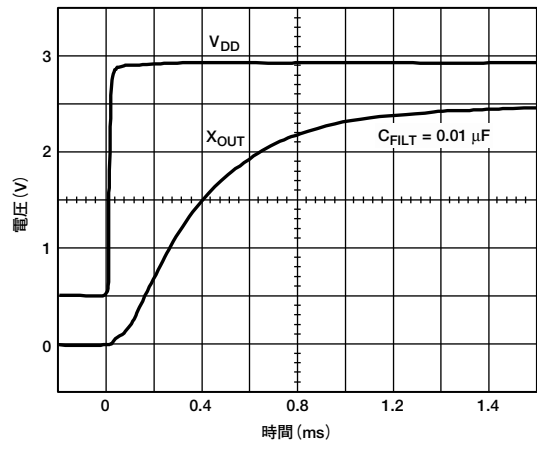


図9. 代表的なターンオン時間

## 動作原理

ADXL311は、1つのモノリシックIC上に必要な機能を集積した自己完結型の2軸加速度計測システムです。このICはポリシリコンの表面マイクロマシン・センサーと信号処理回路を内蔵し、オープン・ループの加速度計測アーキテクチャを実現しています。出力信号は、加速度に比例するアナログ電圧です。ADXL311は、正方向、逆方向の加速度を少なくとも±2Gまで計測する能力があります。また、重力等の静的な加速度を計測することも可能なので、傾斜センサーとして使用できます。

このセンサーは、シリコン・ウェハー上に作られた表面マイクロマシン技術ポリシリコン構造になっています。ポリシリコンのスプリングが、この構造をウェハー表面から浮かせ、加速度による力への抵抗になっています。その構造のふれを、独立し固定された電極と可動部に取り付けられた中心電極からなる差動コンデンサを使って測定します。固定電極は180°位相のずれた方形波でドライブします。加速度によりビームにゆれが起こり、差動コンデンサにアンバランスが発生します。その結果、加速度に比例した振幅の方形波が出力されます。位相検出復調技術を使ってその信号を整流し、加速の方向を求めます。

復調器の出力は増幅され、32kΩの抵抗を通してチップ外部に出力されます。この時点で、ユーザーはこのピンにコンデンサを接続することにより、デバイスの信号帯域幅を設定することができます。このフィルタリングによって測定の分解能を改善し、エイリアシングによるノイズを低減します。

## アプリケーション

### 電源のデカップリング

大部分のアプリケーションでは、1個の0.1μFのコンデンサCDCにより、電源上のノイズから加速度センサーを十分にデカップリングすることができます。しかし、場合によっては、特に100kHzの内部クロック周波数（またはその高調波成分）にノイズが存在する場合は、電源上のデジタル・ノイズがADXL311の出力に影響を及ぼすことがあります。デカップリングの追加が必要な場合は、100Ω（またはそれ以下）の抵抗もしくはフェライト・ビーズをADXL311の電源ラインに接続します。また、もっと大きなバルク・バイパス・コンデンサ（1~4.7μFの範囲）をCDCと並列に接続することもできます。

### C<sub>x</sub>とC<sub>y</sub>による帯域幅の設定

ADXL311では、X<sub>OUT</sub>ピンとY<sub>OUT</sub>ピンの帯域制限を行うことができます。これらのピンにコンデンサを接続して、アンチエイリアシングとノイズ除去用のローパス・フィルタを構成する必要があります。3dB帯域幅は、次式で表すことができます。

$$F_{-3dB} = 1 / (2\pi(32k\Omega) \times C_{(x, y)})$$

これを簡略化すると、次のようになります。

$$F_{-3dB} = 5\mu F / C_{(x, y)}$$

内部抵抗（R<sub>FILT</sub>）の許容誤差は、公称値32kΩに対して±15%のばらつきがあります。したがって、帯域幅もこれに応じて変化します。C<sub>x</sub>とC<sub>y</sub>に対しては、いかなる場合でも、最小1000pFの容量を必要とします。

表1. フィルタ・コンデンサ（C<sub>x</sub>とC<sub>y</sub>）の選択

帯域幅	コンデンサ (μF)
10Hz	0.47
50Hz	0.10
100Hz	0.05
200Hz	0.027
500Hz	0.01
5kHz	0.001

### セルフテスト

STピンは、セルフテスト機能を制御します。このピンをV<sub>DD</sub>に接続すると、静電気力が加速度センサーのビームに加わり、ビームが移動します。このビームの移動により、ユーザーは加速度センサーの機能をテストすることができます。出力の代表的な変化は、270mG（45mVに相当）となります。このピンはオープンのままにしておくか、コモンに接続して通常通り使用します。

### R<sub>BIAS</sub>の選択

バイアス抵抗（R<sub>BIAS</sub>）は必ず使用します。抵抗がないと、ADXL311の機能は正常に見えても、ノイズ性能が低下します。使用する抵抗の値は重要ではありません。50kΩ~2MΩの範囲内であればどの抵抗でもかまいません。ただし、50kΩではなく2MΩの抵抗を使用すれば、約25μAの電源電流を節約できます。

### フィルタ特性の選択に関するデザイン上のトレードオフ：ノイズと帯域幅間のトレードオフ

加速度センサーの帯域幅の選択により、計測分解能（検出可能な最小加速度）が決定されます。フィルタを使用してノイズ・フロアを下げることにより、加速度センサーの分解能を上げることができます。分解能は、X<sub>OUT</sub>とY<sub>OUT</sub>にあるアナログ・フィルタの帯域幅によって決まります。

ADXL311のアナログ出力には、5kHz（typ）の帯域幅があります。ユーザーは、ここで信号をフィルタリングしてエイリアシング誤差を制限する必要があります。エイリアシングを最小にするには、アナログ帯域幅をA/Dサンプリング周波数の半分以下にする必要があります。アナログ帯域幅をさらに狭くすることで、ノイズの低減と分解能の改善を図ることができます。

ADXL311のノイズは、ホワイト・ガウス・ノイズ特性を示すため、全周波数帯域に均等な成分があり、μG/√Hzの単位で表されます。すなわち、ノイズは、加速度センサーの帯域幅の平方根に比例します。アプリケーションで必要とされる最小の周波数に帯域幅を制限して、センサーの分解能とダイナミックレンジを最大にすることをお勧めします。

# ADXL311

1極のロールオフ特性を使用すると、ADXL311のノイズ (typ) は、次式で与えられます。

$$\text{ノイズ (RMS)} = (300\mu\text{G} / \sqrt{\text{Hz}}) \times (\sqrt{\text{帯域幅} \times 1.6})$$

帯域幅が100Hzの場合のノイズは、次のようになります。

$$\text{ノイズ (RMS)} = (300\mu\text{G} / \sqrt{\text{Hz}}) \times (\sqrt{100 \times 1.6}) = 3.8\text{mG}$$

ノイズのピーク値が必要な場合がよくあります。ノイズのピークtoピーク値は、統計的な方法でのみ評価が可能です。表IIは、RMSを基準とした特定のピーク値を超えるノイズが発生する確率を求める場合に利用できます。

表 II. ピークtoピーク・ノイズの推定

ピークtoピーク値	ノイズが公称ピークtoピーク値を超える時間の%
2×RMS	32
4×RMS	4.6
6×RMS	0.27
8×RMS	0.006

この場合、ノイズのピークtoピーク値は、1回の計測における不確定性に対して最も近い推定値を示します。表IIIは、 $C_x$ と $C_y$ の種々の値に対するADXL311のノイズ出力 (typ) を示しています。

表 III. フィルタ・キャパシタの選択 ( $C_x$ ,  $C_y$ )

帯域幅 (Hz)	$C_x$ , $C_y$ ( $\mu\text{F}$ )	RMSノイズ (mG)	ピークtoピーク・ノイズ推定値 (mG)
10	0.47	1.2	7.2
50	0.1	2.7	16.2
100	0.047	3.8	22.8
500	0.01	8.5	51

## ADXL311を3V以外の動作電圧で使用方法

ADXL311は $V_{DD}=3\text{V}$ でテストされ、仕様規定されていますが、それより低い電圧の2.7V、または高い電圧の5.25Vで起動することもできます。一部の性能パラメータは、電源電圧に応じて変化します。

ADXL311の出力はレシオメトリックなので、出力感度 (スケール・ファクタ) は電源電圧に比例します。 $V_{DD}=5\text{V}$ の場合、出力感度は312mV/G (typ) となります。

ゼロGバイアス出力もレシオメトリックなので、ゼロG出力の公称値は全電源電圧で $V_{DD}/2$ となります。

出力ノイズはレシオメトリックではなく絶対電圧なので、電源電圧が増大するとノイズ密度は低くなります。これは、一定のノイズ電圧に対してスケール・ファクタ (mV/G) が増大するからです。

セルフテスト応答は、電源電圧の二乗にほぼ比例します。 $V_{DD}=5\text{V}$ の場合、セルフテスト応答は約800mG (typ) となります。

電源電流は、電源電圧の上昇に伴って増大します。 $V_{DD}=5\text{V}$ のときの消費電流は600 $\mu\text{A}$  (typ) となります。

## ADXL311を2軸傾斜センサーとして使用方法

ADXL311が最も広く採用されているアプリケーションの1つは、傾斜計測です。加速度センサーは、重力を入力ベクターとして使い、空間内の物体の方向を決定します。

加速度センサーの検出軸が重力に垂直な場合、すなわち地表に平行な場合に、加速度センサーは傾斜に対して最も敏感になります。この方向で、傾斜の変化に対する感度が最高になります。加速度センサーの検出軸が重力の方向に一致する場合、すなわち+1Gまたは-1Gに近い値を出力する場合、傾斜角に対する出力加速度の変化は非常に小さくなります。加速度センサーの検出軸が重力に垂直な場合は、傾斜角1°当たり約17.5mGで出力が変化しますが、45°付近では、傾斜角1°当たり12.2mGしか変化せず、分解能が低下します。

### 2軸傾斜センサー：加速度から傾斜への変換

X軸とY軸がともに地表と平行になるように加速度センサーを配置すると、ロール軸とピッチ軸を持つ2軸傾斜センサーとして使用できます。加速度センサーの出力信号を-1~+1Gの間で変化する加速度に変換した後、度数で表した出力傾斜を次のように計算します。

$$\text{ピッチ軸} = \text{ASIN} (A_y/1G)$$

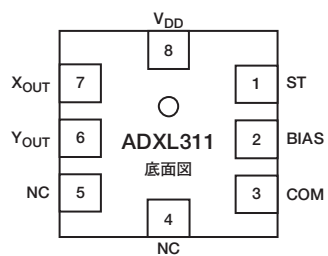
$$\text{ロール軸} = \text{ASIN} (A_x/1G)$$

オーバーレンジについても考慮する必要があります。加速度センサーは、振動や衝撃、またはそれ以外の加速度により、±1Gを超える信号を出力することがあります。



## ピン配置

## 8ピンCLCC



## ピン機能の説明

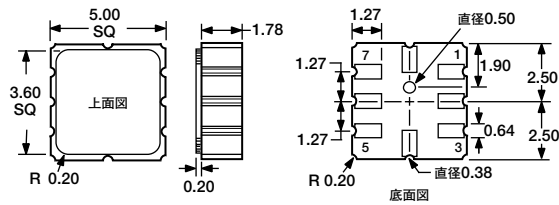
ピン番号	記号	ピンの説明
1	ST	セルフテスト
2	BIAS	バイアス抵抗 (約200kΩ)
3	COM	コモン
4	NC	接続なし
5	NC	接続なし
6	Y <sub>OUT</sub>	Yチャンネル出力
7	X <sub>OUT</sub>	Xチャンネル出力
8	V <sub>DD</sub>	2.7~5.25V

# ADXL311

## 外形寸法

8ピンCLCC（セラミック・リードレス・チップ・キャリア）（E-8）

寸法はミリメートルで表示



## オーダー・ガイド

ADXL311製品	軸数	規定電圧	温度範囲
ADXL311JE	2	3V	0~70℃
ADXL311JE-REEL	2	3V	0~70℃

## 注意

ESD（静電放電）の影響を受けやすいデバイスです。人体や試験機器には4,000Vもの高圧の静電気が容易に蓄積され、検知されないまま放電されます。この製品は当社独自のESD保護回路を内蔵してはいますが、デバイスが高エネルギーの静電放電を被った場合、回復不能の損傷を生じる可能性があります。したがって、性能劣化や機能低下を防止するため、ESDに対する適切な予防措置を講じることをお勧めします。





