小型、低消費電力、3軸、±3*g* *i*MEMS®加速度センサー

ADXL330

特長

3軸センシング
小型・低背型パッケージ
　4mm×4mm×1.45mm LFCSP
低消費電力
　V_S=1.8V時に180μA（typ）
単電源動作
　1.8～3.6V
10,000*g*の衝撃耐性
優れた温度安定性
1軸当たり1個のコンデンサで帯域幅の調整が可能
RoHS/WEEE準拠の鉛フリー製品

アプリケーション

低価格、低消費電力の動き／傾き検出アプリケーション
　モバイル機器
　ゲーム機
　ディスク駆動装置保護
　手ぶれ補正
　スポーツ／健康器具

概要

ADXL330は、シグナル・コンディショニング済みの電圧出力を備えた小型・低背、低消費電力の完全3軸加速度センサーで、すべての機能を1個のモノリシックICに集積しています。±3*g*の最小フルスケール・レンジで加速度を測定します。傾きセンシング・アプリケーションにおける重力の静的加速度のほか、動き、衝撃、振動による動的加速度も測定できます。

X_{OUT}、Y_{OUT}、Z_{OUT}の各ピンに、それぞれC_X、C_Y、C_Zのコンデンサを接続することで、加速度センサーの帯域幅を選択できます。用途に合わせて、X軸とY軸では0.5～1,600Hz、Z軸では0.5～550Hzの範囲で帯域幅を選択できます。

ADXL330は、小型、低背型、4mm×4mm×1.45mm、16ピンのプラスチック・リード・フレーム・チップ・スケール・パッケージ（LFCSP_LQ）で提供されます。

機能ブロック図

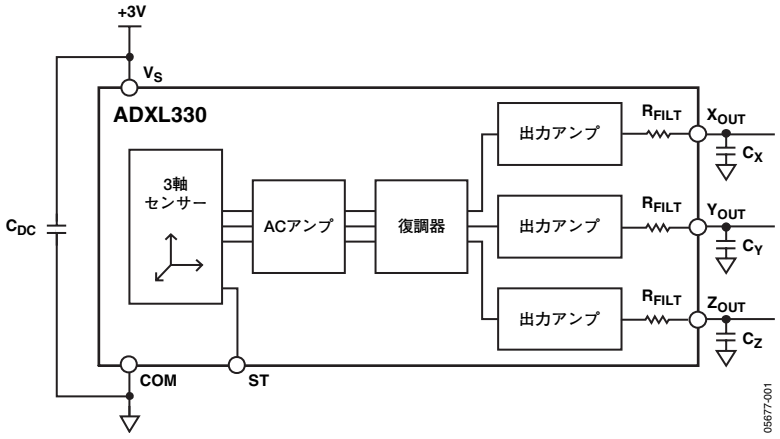


図1

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明示的または暗示的に許諾するものでもありません。仕様は、予告なく変更される場合があります。本紙記載の商標および登録商標は、各社の所有に属します。
※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。
© 2006 Analog Devices, Inc. All rights reserved.

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

目次

特長 1
アプリケーション 1
概要 1
機能ブロック図 1
改訂履歴 2
仕様 3
絶対最大定格 4
　ESDに関する注意 4
ピン配置と機能の説明 5
代表的な性能特性 6
動作原理 11
　機械式センサー 11
　性能 11
アプリケーション 12
　電源のデカップリング 12
　C_X、C_Y、C_Zによる帯域幅の設定 12
　セルフ・テスト 12
　フィルタ特性を選択するときの設計上のトレードオフ：
　　ノイズ／帯域幅のトレードオフ 12
　3V以外の動作電圧を使用する方法 12
　加速度検出軸方向 13
外形寸法 14
　オーダー・ガイド 14

改訂履歴

3/06—Revision 0: Initial Version

仕様

特に指定のない限り、T_A＝25℃、V_S＝3V、C_X＝C_Y＝C_Z＝0.1μF、加速度＝0*g*。仕様の最小値と最大値はすべて保証されています。代表値は保証されていません。

表1

パラメータ	条件	Min	Typ	Max	単位
センサー入力	各軸				
計測範囲		±3	±3.6		*g*
非直線性	フルスケールの%		±0.3		%
パッケージ・アライメント誤差			±1		度
軸間アライメント誤差			±0.1		度
交差軸感度[1]			±1		%
感度（レシオメトリック）[2]	各軸				
X_{OUT}、Y_{OUT}、Z_{OUT}における感度	V_S＝3V	270	300	330	mV/*g*
温度による感度変化[3]	V_S＝3V		±0.015		%/°C
ゼロ*g*バイアス・レベル（レシオメトリック）	各軸				
X_{OUT}、Y_{OUT}、Z_{OUT}における0*g*電圧	V_S＝3V	1.2	1.5	1.8	V
0*g*オフセット温度係数			±1		mg/°C
ノイズ性能					
ノイズ密度X_{OUT}、Y_{OUT}			280		μg/$\sqrt{\text{Hz}}$ rms
ノイズ密度Z_{OUT}			350		μg/$\sqrt{\text{Hz}}$ rms
周波数応答[4]					
帯域幅X_{OUT}、Y_{OUT}[5]	外付けフィルタなし		1600		Hz
帯域幅Z_{OUT}[5]	外付けフィルタなし		550		Hz
R_{FILT}許容誤差			32±15%		kΩ
センサー素子共振周波数			5.5		kHz
セルフ・テスト[6]					
ロジック入力ローレベル電圧			＋0.6		V
ロジック入力ハイレベル電圧			＋2.4V		V
ST駆動電流			＋60		μA
X_{OUT}における出力変化	セルフ・テスト0→1		－150		mV
Y_{OUT}における出力変化	セルフ・テスト0→1		＋150		mV
Z_{OUT}における出力変化	セルフ・テスト0→1		－60		mV
出力アンプ					
出力振幅ローレベル電圧	無負荷		0.1		V
出力振幅ハイレベル電圧	無負荷		2.8		V
電源					
動作電圧範囲		1.8		3.6	V
消費電流	V_S＝3V		320		μA
ターンオン時間[7]	外付けフィルタなし		1		ms
温度					
動作温度範囲		－25		＋70	°C

[1] 任意の2軸間のカップリングとして定義。
[2] 感度は基本的にV_Sに対してレシオメトリックです。
[3] 常温から最高温度または常温から最低温度までの出力変動として定義。
[4] ユーザ支給の外付けフィルタ・コンデンサ（C_X、C_Y、C_Z）で制御する実際の周波数応答。
[5] 外付けコンデンサによる帯域幅＝1/(2×π×32kΩ×C)。C_X、C_Y＝0.003μFの場合、帯域幅＝1.6kHz。C_Z＝0.01μFの場合、帯域幅＝500Hz。C_X、C_Y、C_Z＝10μFの場合、帯域幅＝0.5Hz。
[6] セルフ・テストの応答性は、V_Sの変化の3乗に比例して変化します。
[7] ターンオン時間はC_X、C_Y、C_Zに依存し、およそ160×C_XまたはC_YまたはC_Z＋1msです。ここで、C_X、C_Y、C_Zの単位はμFです。

絶対最大定格

表2

パラメータ	定格値
加速度（任意の軸、電源未投入時）	10,000*g*
加速度（任意の軸、電源投入時）	10,000*g*
V_S	−0.3～+7.0V
他のすべてのピン	（COM−0.3V）～（V_S+0.3V）
出力短絡期間（コモン対全ピン間）	無制限
動作温度範囲	−55～+125°C
保存温度範囲	−65～+150°C

左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でのデバイス動作を定めたものではありません。デバイスを長時間絶対最大定格状態に置くと、デバイスの信頼性に影響を与えることがあります。

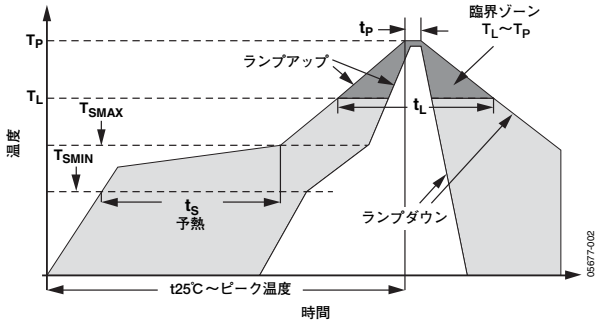


図2. 推奨するハンダ付けプロファイル

表3. 推奨するハンダ付けプロファイル

主要特性	Sn63/Pb37	鉛フリー
平均ランプ・レート（T_L～T_P）	3°C／秒（max）	3°C／秒（max）
予熱		
最小温度（T_{SMIN}）	100°C	150°C
最大温度（T_{SMAX}）	150°C	200°C
時間（T_{SMIN}～T_{SMAX}）（t_S）	60～120秒	60～180秒
T_{SMAX}～T_L		
ランプアップ・レート	3°C／秒（max）	3°C／秒（max）
液化温度（T_L）を超える温度条件が続く時間		
液化温度（T_L）	183°C	217°C
時間（t_L）	60～150秒	60～150秒
ピーク温度（T_P）	240°C+0°C/−5°C	260°C+0°C/−5°C
実際のピーク温度（t_p）の5℃以内の時間	10～30秒	20～40秒
ランプダウン・レート	6°C／秒（max）	6°C／秒（max）
25℃からピーク温度までの時間	最大6分	最大8分

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4000V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ることがあります。本製品は当社独自の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。



ピン配置と機能の説明

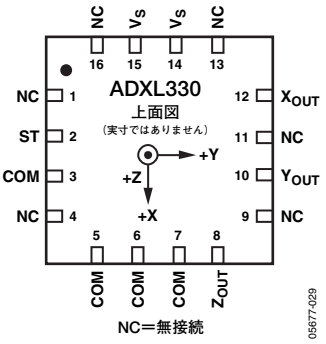


図3. ピン配置

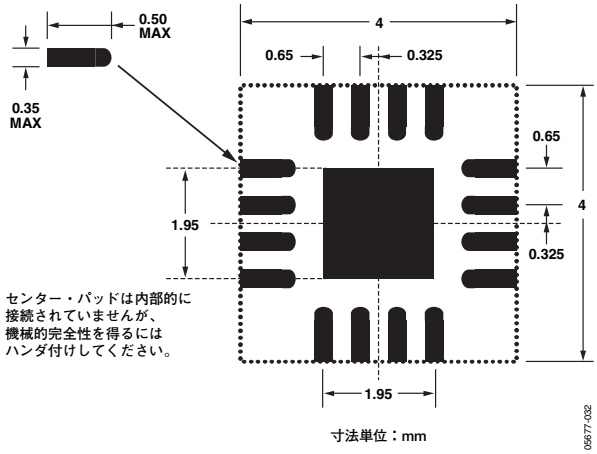


図4. 推奨するPCボードのレイアウト

表4. ピン機能の説明

ピン番号	記号	説明
1	NC	無接続
2	ST	セルフ・テスト
3	COM	コモン
4	NC	無接続
5	COM	コモン
6	COM	コモン
7	COM	コモン
8	Z_{OUT}	Zチャンネル出力
9	NC	無接続
10	Y_{OUT}	Yチャンネル出力
11	NC	無接続
12	X_{OUT}	Xチャンネル出力
13	NC	無接続
14	V_S	電源電圧（1.8～3.6V）
15	V_S	電源電圧（1.8～3.6V）
16	NC	無接続

代表的な性能特性

特に指定のない限り、すべての代表的な性能グラフはN＞1000とします。

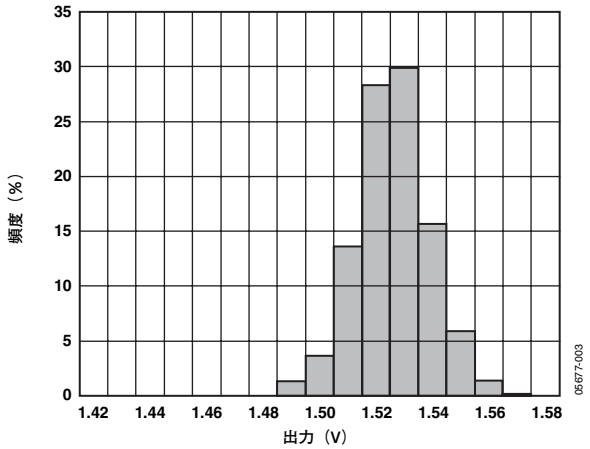


図5. X軸のゼロ*g*バイアス（25℃、V_S=3V）

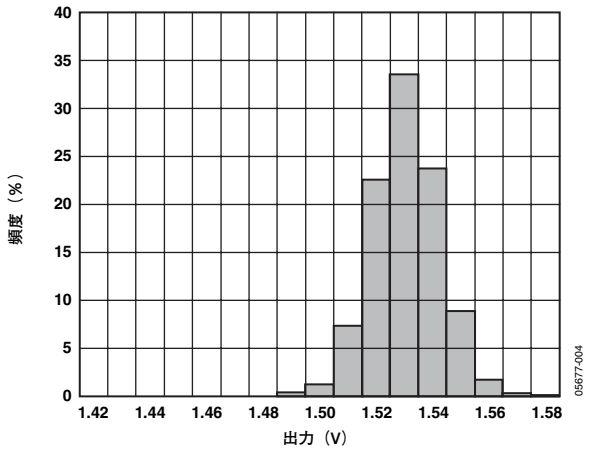


図6. Y軸のゼロ*g*バイアス（25℃、V_S=3V）

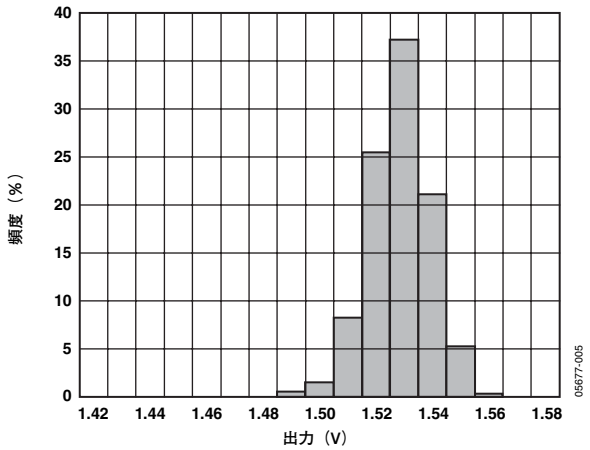


図7. Z軸のゼロ*g*バイアス（25℃、V_S=3V）

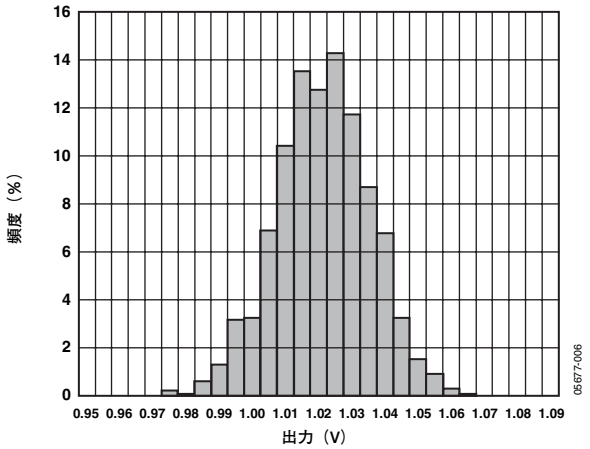


図8. X軸のゼロ*g*バイアス（25℃、V_S=2V）

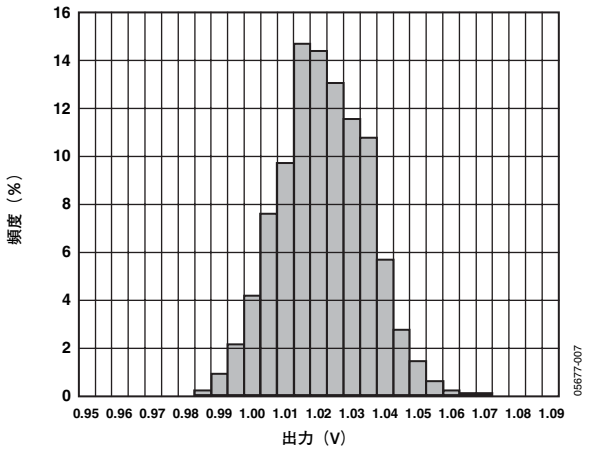


図9. Y軸のゼロ*g*バイアス（25℃、V_S=2V）

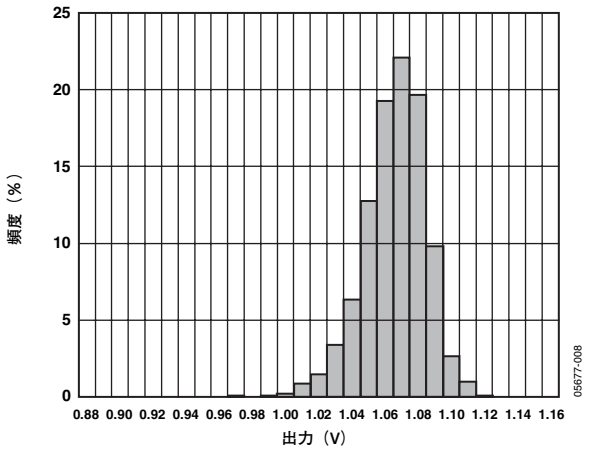


図10. Z軸のゼロ*g*バイアス（25℃、V_S=2V）

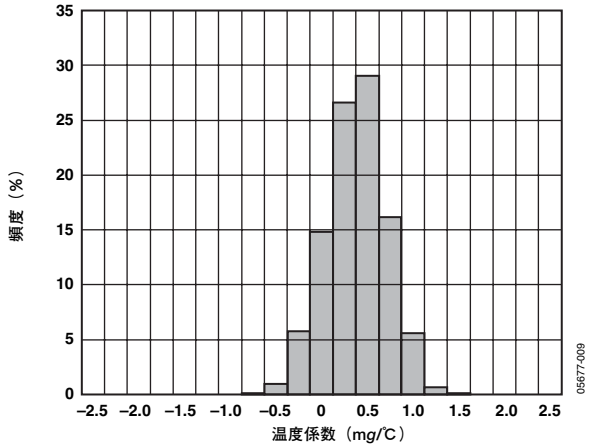


図11.　X軸のゼロgバイアス温度係数（V_S=3V）

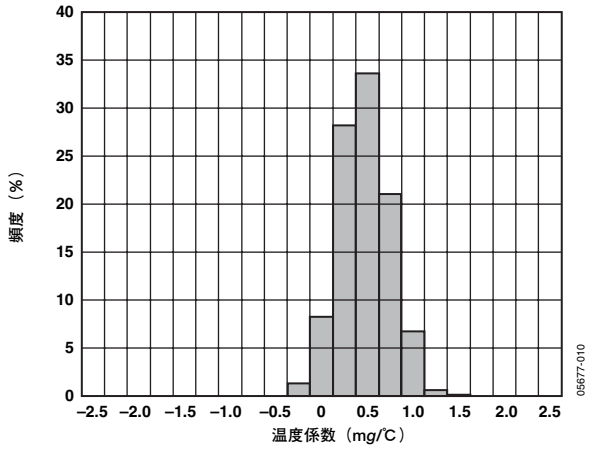


図12.　Y軸のゼロgバイアス温度係数（V_S=3V）

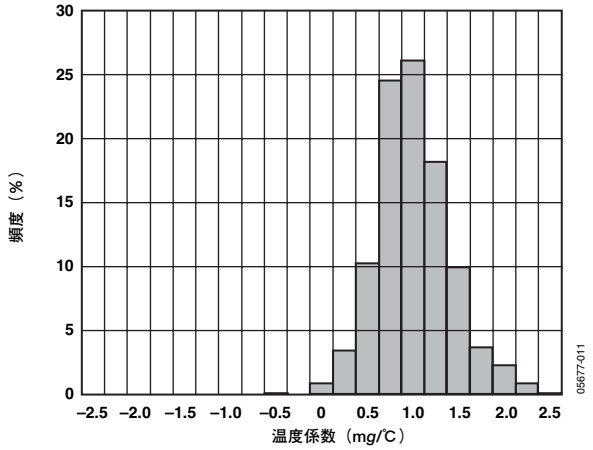


図13.　Z軸のゼロgバイアス温度係数（V_S=3V）

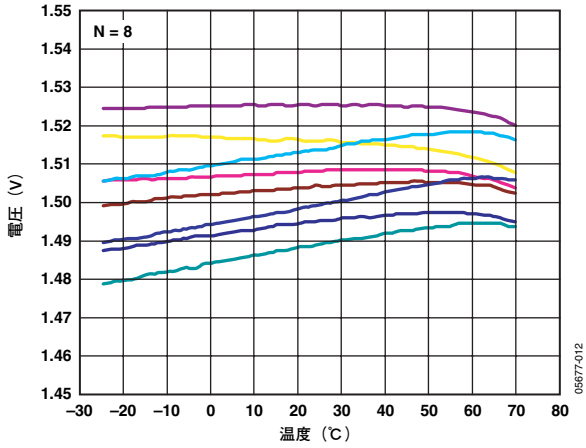


図14.　X軸のゼロgバイアスの温度特性（8個のデバイスをPCボードにハンダ付け）

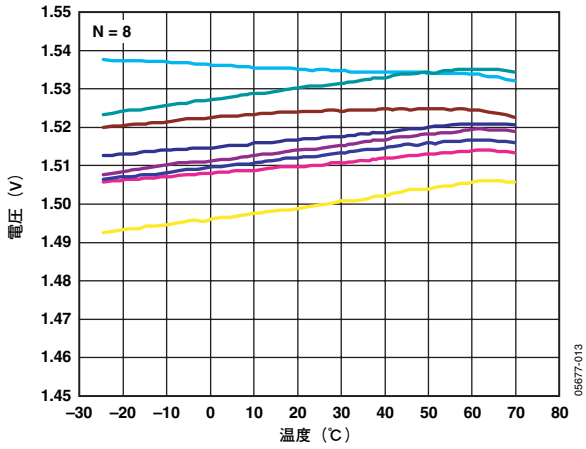


図15.　Y軸のゼロgバイアスの温度特性（8個のデバイスをPCボードにハンダ付け）

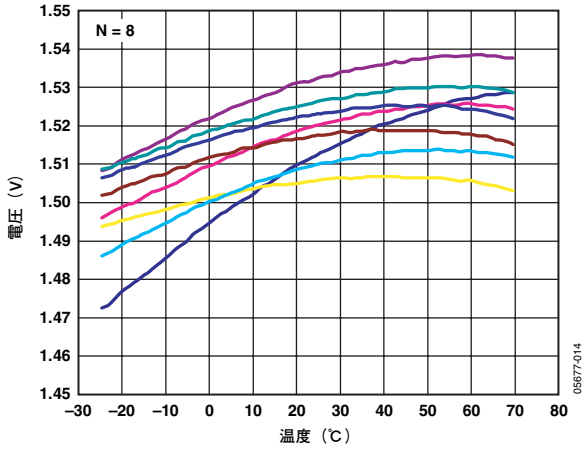


図16.　Z軸のゼロgバイアスの温度特性（8個のデバイスをPCボードにハンダ付け）

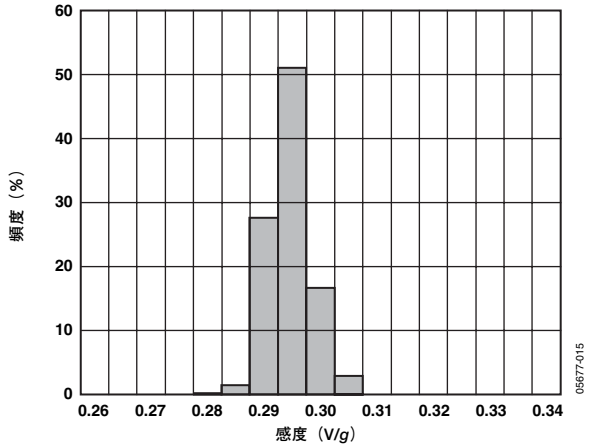


図17. X軸の感度（25℃、V_S=3V）

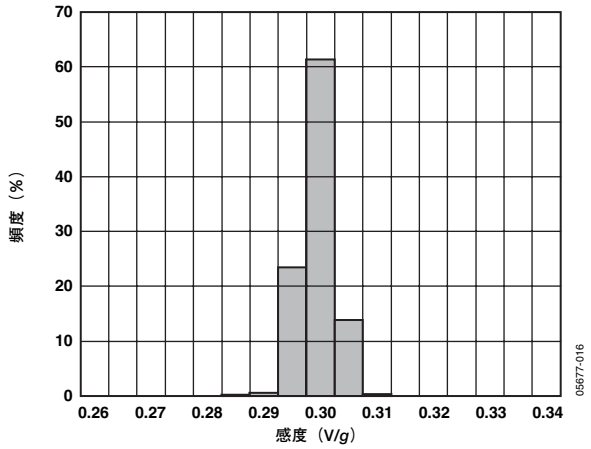


図18. Y軸の感度（25℃、V_S=3V）

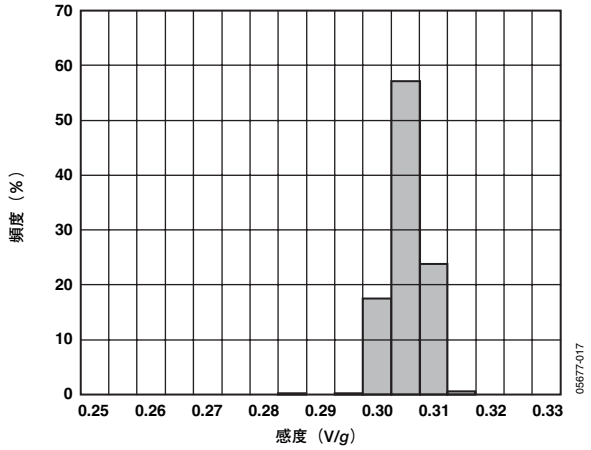


図19. Z軸の感度（25℃、V_S=3V）

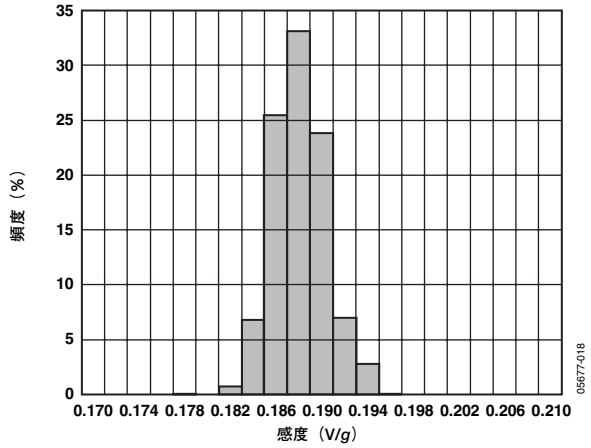


図20. X軸の感度（25℃、V_S=2V）

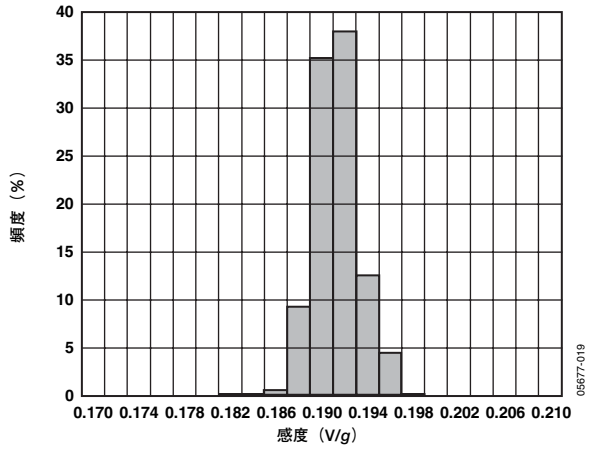


図21. Y軸の感度（25℃、V_S=2V）

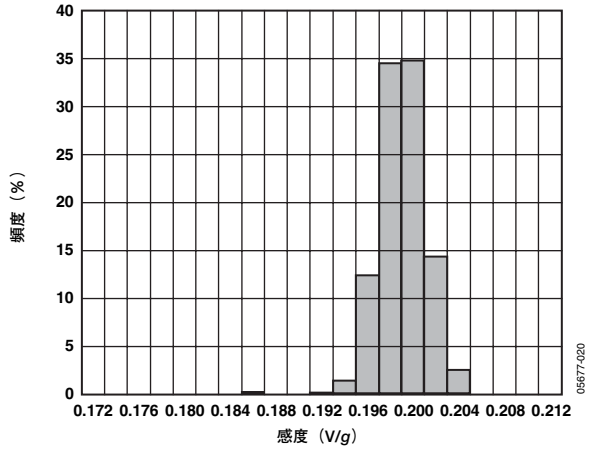


図22. Z軸の感度（25℃、V_S=2V）

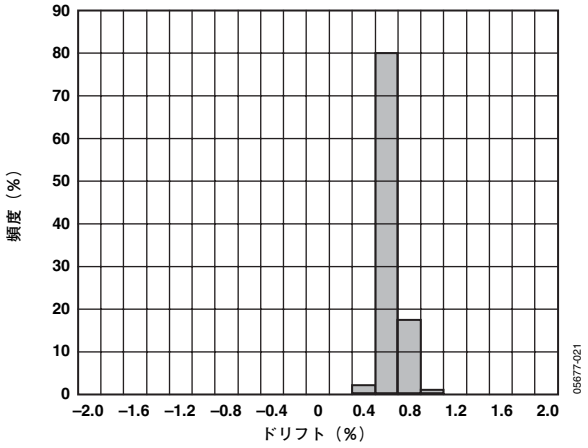


図23. X軸感度の温度ドリフト（V_S=3V）

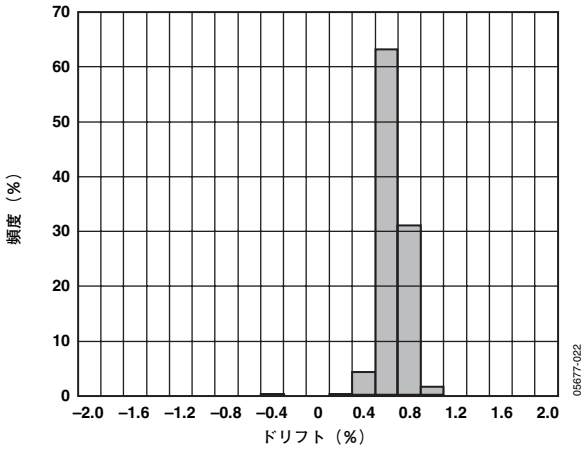


図24. Y軸感度の温度ドリフト（V_S=3V）

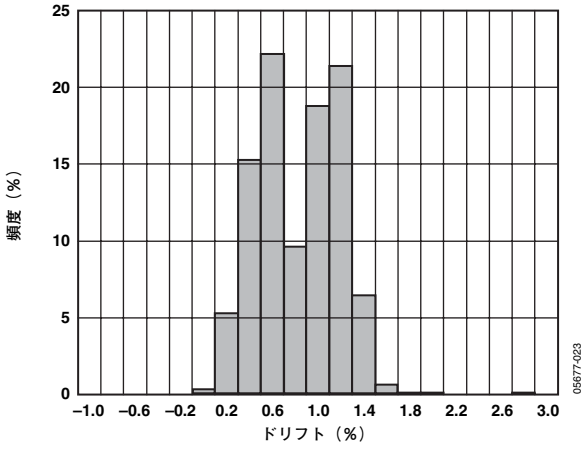


図25. Z軸感度の温度ドリフト（V_S=3V）

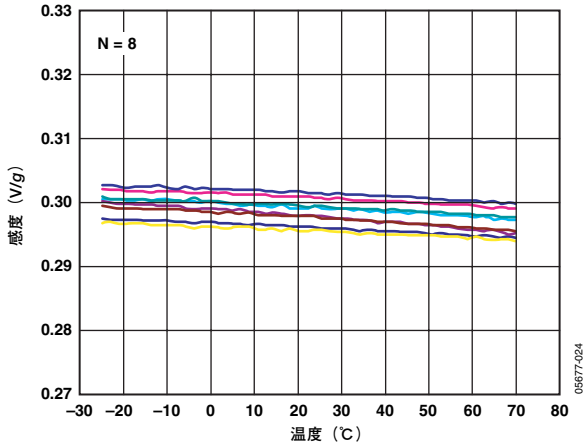


図26. X軸感度の温度特性（8個のデバイスをPCボードにハンダ付け、V_S=3V）

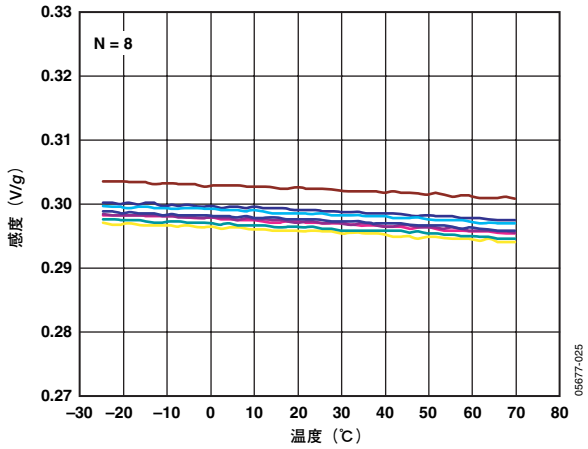


図27. Y軸感度の温度特性（8個のデバイスをPCボードにハンダ付け、V_S=3V）

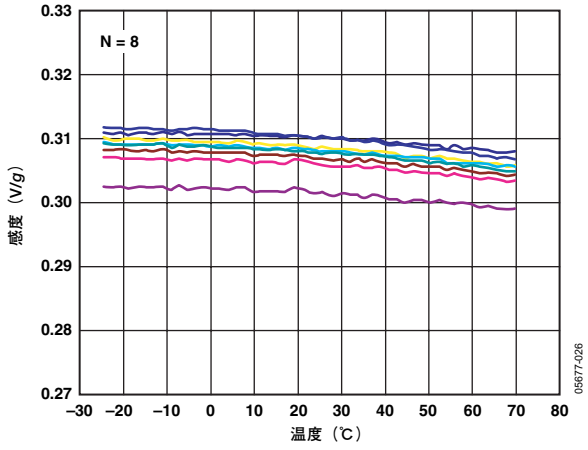


図28. Z軸感度の温度特性（8個のデバイスをPCボードにハンダ付け、V_S=3V）

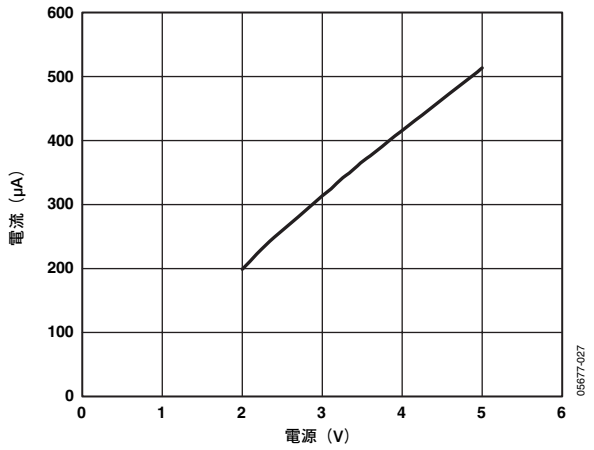


図29.　代表的な消費電流と電源電圧の関係

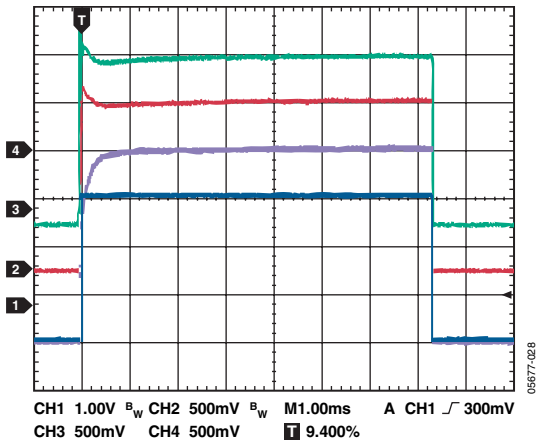


図30.　代表的なターンオン時間（C_X、C_Y、C_Z=0.0047μF、V_S=3V）

動作原理

ADXL330は、1個のモノリシックIC上に機能を集積した完全3軸加速度計測システムで、計測範囲は最小±3*g*です。ポリシリコン表面マイクロマシン・センサーとシグナル・コンディショニング回路を内蔵することにより、オープンループ加速度測定アーキテクチャを実現しております。出力信号は、加速度に比例するアナログ電圧です。この加速度センサーでは、傾き検出アプリケーションにおける重力の静的加速度だけでなく、動き、衝撃、振動による動的加速度も測定できます。

センサーは、シリコン・ウェーハの上面に構成されるポリシリコン表面マイクロマシン構造となっています。ポリシリコンのスプリングがこの構造部をウェーハ表面上に支え、加速力に対する抵抗を与えます。構造部の偏位は、独立した固定プレートと可動部に取り付けられたプレートで構成される、差動コンデンサによって測定します。固定プレートには、180°位相のずれた矩形波が印加されます。加速度は可動部を偏向させ、差動コンデンサを不平衡にするため、センサー出力の振幅は加速度に比例します。次いで、位相検波方式の復調技法を用いて、加速度の大きさと方向を決定します。

復調器の出力は増幅され、32kΩの抵抗を経由してチップの外部に送られます。ここでコンデンサを追加することで、デバイスの信号帯域幅を設定できます。このフィルタ処理によって計測分解能が向上し、エイリアシングの防止に役立ちます。

機械式センサー

ADXL330では、X軸、Y軸、Z軸の検出に1つの構造を使用します。その結果、3軸の検出方向は、直交性が高く交差軸感度が小さくなります。主な交差軸感度源は、パッケージに対するセンサー・チップの機械的なずれです。もちろん、機械的なずれはシステム・レベルで調整できます。

性能

ADXL330では、温度補償のための回路を追加することなく、革新的な設計技術の採用によって高い性能が得られるようになっています。その結果、本質的に量子化誤差や非単調増加性が生じることなく、温度ヒステリシスも非常に低くなります（−25～＋70℃の温度範囲で一般に3mgを下回る値）。

図14、図15、図16に、−25～＋70℃の温度範囲における、PCボードにハンダ付けされた8個のデバイス（X軸、Y軸、Z軸）のゼロ*g*出力性能を示します。

図26、図27、図28は、3Vの電源電圧における代表的な感度の温度特性を示しています。感度安定性は、−25～＋70℃の温度範囲で一般に±1%よりも優れた値になります。

アプリケーション

電源のデカップリング

ほとんどのアプリケーションでは、1個の0.1μFコンデンサC_{DC}をADXL330の電源ピンの近くに外付けするだけで、電源ノイズから加速度センサーを十分にデカップリングできます。ただし、内部クロック周波数である50kHz付近（または、その高調波）のノイズが発生するアプリケーションでは、このノイズが加速度計測の誤差の原因になることがあるため、電源のバイパスにさらに注意が必要です。デカップリングを追加する必要がある場合は、100Ω（またはそれ以下）の抵抗もしくはフェライト・ビーズを電源ラインに挿入してください。さらに、容量の大きいバルク・バイパス・コンデンサ（1μF以上）をC_{DC}に対して並列に接続することもできます。グラウンドを通じて伝送されるノイズには、V_Sを通じて伝送されるノイズと同様の効果があるため、ADXL330のグラウンドから電源グラウンドへの接続は必ず低インピーダンスになるようにしてください。

C_X、C_Y、C_Zによる帯域幅の設定

ADXL330には、X_{OUT}、Y_{OUT}、Z_{OUT}の各ピンの帯域幅を制限する機能があります。これらのピンにコンデンサを追加し、ローパス・フィルタ処理回路を形成し、アンチエイリアシングとノイズの低減を行う必要があります。3dB帯域幅は、次の式で求めることができます。

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

さらに簡略化すると、次の式になります。

$$F_{-3dB} = 5\mu F/C_{(X, Y, Z)}$$

内部抵抗（R_{FILT}）の許容誤差は、公称値（32kΩ）の±15%となっており、帯域幅もこれに応じて変動します。いずれの場合にも、C_X、C_Y、C_Zには最低0.0047μFの容量が必要です。

表5. フィルタ・コンデンサC_X、C_Y、C_Zの選択

帯域幅（Hz）	コンデンサ（μF）
1	4.7
10	0.47
50	0.10
100	0.05
200	0.027
500	0.01

セルフ・テスト

STピンでセルフ・テスト機能を制御します。このピンをV_Sに設定すると、静電気力が加速度センサーのビームに加えられます。その結果ビームが移動することから、加速度センサーが正しく機能するかどうかをテストできます。出力変化の代表値は、X軸で−500m*g*（−150mVに対応）、Y軸で500m*g*（または150mV）、Z軸で−200m*g*（または−60mV）です。通常の使用時は、このSTピンを開放にしておくか、コモン（COM）に接続してください。

STピンにはV_S+0.3Vを超える電圧を印加しないでください。システム設計でこの条件を保証できない（たとえば、複数の電源電圧を使用する）場合は、V_Fの低いクランピング・ダイオードをSTとV_Sのピンの間に接続することを推奨します。

フィルタ特性を選択するときの設計上のトレードオフ：ノイズ／帯域幅のトレードオフ

計測分解能（検出可能な最小加速度）は、選択する加速度センサーの帯域幅によって最終的に決まります。フィルタ処理によってノイズ・フロアを低減し、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_{OUT}、Y_{OUT}、Z_{OUT}に接続されるアナログ・フィルタの帯域幅に応じて変化します。

ADXL330の出力の帯域幅（typ）は500Hz以上です。エイリアシング誤差を制限するために、この帯域幅で信号をフィルタ処理する必要があります。エイリアシングを最小にするには、アナログ帯域幅がA/Dサンプリング周波数の1/2を超えないようにする必要があります。アナログ帯域幅をさらに低くすれば、ノイズが低減され、分解能が向上します。

ADXL330のノイズには、すべての周波数に等しく影響するホワイト・ガウス・ノイズの特性があり、これは$\mu g/\sqrt{Hz}$の単位で表すことができます（すなわち、ノイズは加速度センサーの帯域幅の2乗平方根に比例します）。加速度センサーの分解能とダイナミック・レンジを最大化するには、アプリケーションで必要とされる最低周波数に帯域幅を制限する必要があります。

単極ロールオフ特性におけるADXL330のノイズ（typ）は、次の式から求めることができます。

$$rmsノイズ = ノイズ密度 \times (\sqrt{BW \times 1.6})$$

場合によっては、ノイズのピーク値が必要になることがあります。ピークtoピーク・ノイズは、統計的手法でなければ推定できません。表6を使用すれば、与えられたrms値に対して、さまざまなピーク値を超える確率を求めることができます。

表6. ピークtoピーク・ノイズの推定

ピークtoピーク値	ノイズがピークtoピークの公称値を超えるときの割合（%）
2×rms	32
4×rms	4.6
6×rms	0.27
8×rms	0.006

3V以外の動作電圧を使用する方法

ADXL330はV_S=3Vの条件でテストが行われ、仕様が規定されていますが、最低2Vまたは最高3.6VのV_Sを電源に使用できます。電源電圧を変更すると、一部の性能パラメータも変わります。

ADXL330の出力はレシオメトリックであるため、出力感度（またはスケール・ファクタ）は電源電圧に比例して変動します。V_S＝3.6V時の出力感度は360mV/*g*（typ）、V_S＝2V時の出力感度は195mV/*g*（typ）です。

ゼロ*g*バイアス出力もレシオメトリックであるため、ゼロ*g*出力の公称値はすべての電源電圧でV_S/2に等しくなります。

出力ノイズはレシオメトリックではなく、電圧換算で一定であるため、ノイズ密度は電源電圧の増加に伴って減少します。これは、ノイズ電圧が一定であるのに対し、スケール・ファクタ（mV/*g*）が増加するためです。V_S＝3.6V時のX軸とY軸のノイズ密度は230µ*g*/$\sqrt{\text{Hz}}$（typ）ですが、V_S＝2V時のX軸とY軸のノイズ密度は350µ*g*/$\sqrt{\text{Hz}}$（typ）です。

*g*換算でのセルフ・テスト応答は、電源電圧の2乗にほぼ比例します。ただし、感度のレシオメトリック性をともに考慮する場合、電圧換算のセルフ・テスト応答は、電源電圧の3乗にほぼ比例します。たとえば、V_S＝3.6V時のADXL330のセルフ・テスト応答は、X軸では約−275mV、Y軸では約＋275mV、Z軸では約−100mVに等しくなります。

V_S＝2V時のセルフ・テスト応答は、X軸では約−60mV、Y軸では約＋60mV、Z軸では約−25mVとなります。

電源電流は、電源電圧の減少に伴って低下します。消費電流（typ）は、V_S＝3.6V時に375µA、V_S＝2V時に200µAです。

加速度検出軸方向

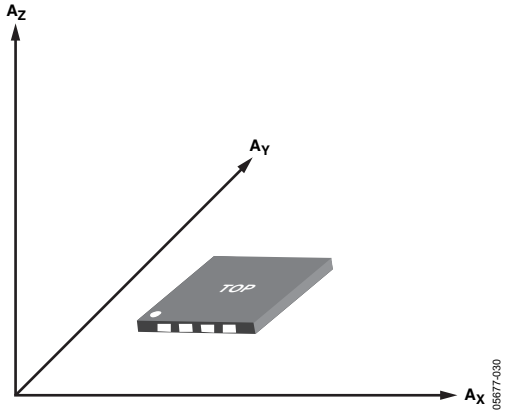


図31. 加速度検出軸方向
（検出軸に沿って加速されると、対応する出力電圧が増加）

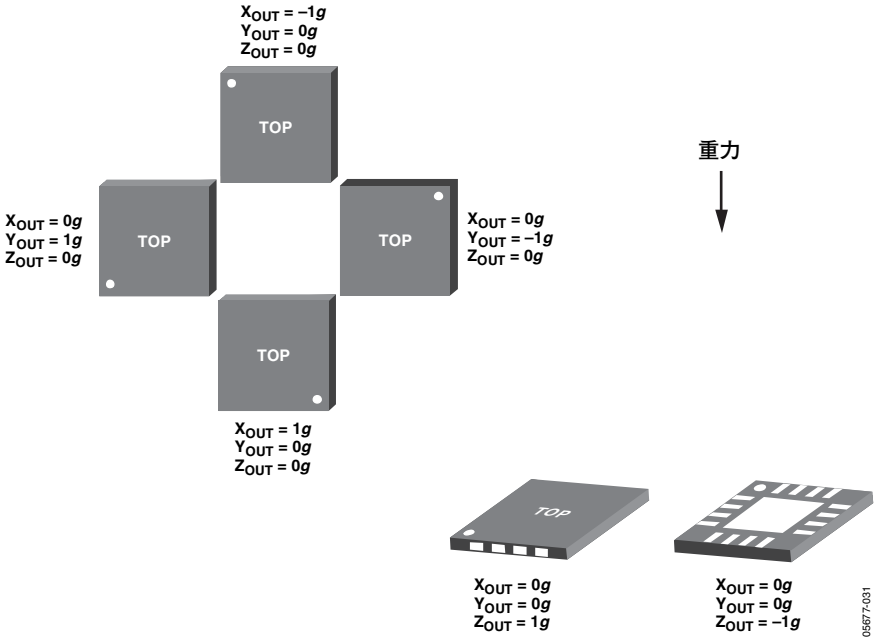


図32. 出力応答と重力方向の関係

外形寸法

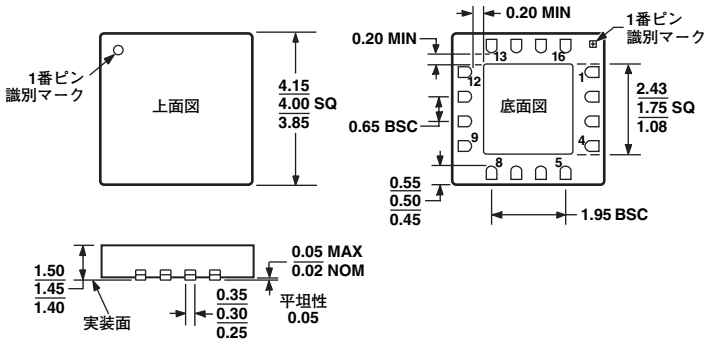


図33. 16ピン・リード・フレーム・チップ・スケール・パッケージ［LFCSP_LQ］
4mm×4mmボディ、クワッド
（CP-16-5）
寸法単位：mm

オーダー・ガイド

モデル	計測範囲	規定電圧	温度範囲	パッケージ	パッケージ・オプション
ADXL330KCPZ[1]	±3*g*	3V	−25～+70°C	16ピンLFCSP_LQ	CP-16-5
ADXL330KCPZ-RL[1]	±3*g*	3V	−25～+70°C	16ピンLFCSP_LQ	CP-16-5
EVAL-ADXL330				評価用ボード	

[1] Z=鉛フリー製品

D05677-0-3/06(0)-J