

## C55x IIRフィルタのサンプル・コード

アプリケーション技術統括部

### アブストラクト

デジタル・フィルタの基本形であるFIRフィルタ・IIRフィルタのサンプル・コードはTexas Instrumentsが提供するDSPLIBにて公開されています。しかし、一般的なIIRフィルタの係数が-2から2の間の定数で算出される一方で、上記DSPLIBで提供されているのは係数の値が-1から1の範囲に限定されたプログラムです。そこで本ドキュメントでは係数

の値をQ14フォーマットで正規化し、係数の値が-2から2の範囲で動作するC55x用IIRフィルタを提供します。また、上記DSPLIBでは16ビット幅のデータ入出力を基本としていますが、入出力のデータ幅や係数を32ビットの倍精度で製作したコードも提供します。

この資料は日本テキサス・インスツルメンツ(日本TI)が、お客様がTIおよび日本TI製品を理解するための一助としてお役に立てるよう、作成しております。製品に関する情報は随時更新されますので最新版の情報を取得するようお勧めします。TIおよび日本TIは、更新以前の情報に基づいて発生した問題や障害等につきましては如何なる責任も負いません。また、TI及び日本TIは本ドキュメントに記載された情報により発生した問題や障害等につきましては如何なる責任も負いません。

## 目次

1	はじめに.....	3
2	各関数の記述.....	4
2.1	IIR_CAS51_Q14 : IIR直接形 I .....	4
2.2	IIR_CAS52_Q14 : IIR直接形 II .....	5
2.3	IIR_CAS52_Q30 : IIR直接形 II (倍精度タイプ) .....	6
2.4	IIR_CAS52_Q30_d40 : IIR直接形 II (倍精度タイプ、ディレイバッファが40ビット) .....	7
3	付属サンプルコードの概要 .....	8
	参考文献.....	8

## 図

図 1.	付属サンプルコードの入出力データ .....	8
------	------------------------	---

## 表

表 1.	本ドキュメントで提供する関数 .....	3
表 2.	IIR_CAS51_Q14の構成 .....	4
表 3.	IIR_CAS52_Q14の構成 .....	5
表 4.	IIR_CAS52_Q30の構成 .....	6
表 5.	IIR_CAS52_Q30_d40の構成 .....	7

## 1 はじめに

デジタル・フィルタの基本形としては有限長インパルス応答フィルタ（Finite Impulse Response：以下FIRフィルタ）と無限長インパルス応答フィルタ（Infinite Impulse Response：以下IIRフィルタ）が知られています。TIではこれらの基本的なフィルタを効率よく実現するために、DSPライブラリ（DSPLIB）をWEB上で公開しています。

ところがこのDSPLIBで提供されている関数は入出力データ・係数・ディレイバッファなどのデータがすべてQ15フォーマットで正規化されています。これはFIRフィルタでは問題になりません。一方、IIRフィルタの係数は-2から2の間の値で算出されることが一般的であるため、これらの係数

を16ビット幅・Q15フォーマットで表現することはできません。本ドキュメントではこれを補完することを目的としており、C55x DSPのIIRフィルタにおける-2から2の範囲の係数値を扱えるように係数値をQ14で正規化したものを提供しています。

また、昨今オーディオを初めとしたデジタル・メディアのポータブル化に伴い、C55x上で32ビット演算を実現したいという要求が増えています。本ドキュメントではこの要求に応えるために32ビット化に対応したIIRフィルタのコードも提供しています。

本ドキュメントで提供する関数の一覧を表1に示します。

表 1. 本ドキュメントで提供する関数

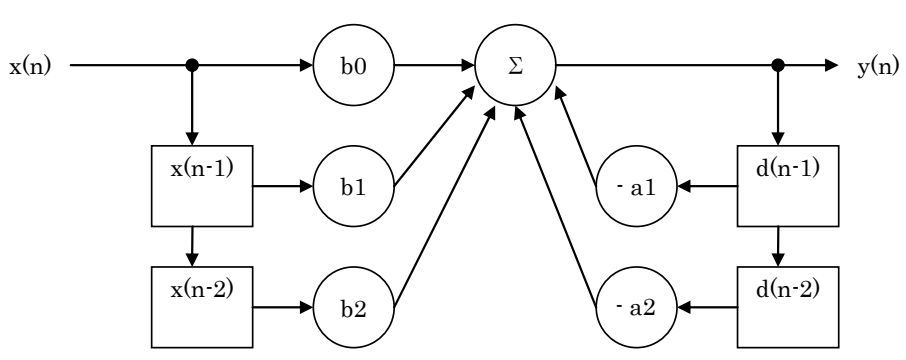
関数名	機能	データフォーマット
IIR_CAS51_Q14	IIR直接形 I (Q14係数)	入力：16ビット (Q15)、出力：16ビット (Q15) 係数：16ビット (Q14)、ディレイバッファ：16ビット (Q15)
IIR_CAS52_Q14	IIR直接形 II (Q14係数)	入力：16ビット (Q15)、出力：16ビット (Q15) 係数：16ビット (Q14)、ディレイバッファ：16ビット (Q15)
IIR_CAS52_Q30	倍精度IIR直接形 II (Q30係数)	入力：32ビット (Q31)、出力：32ビット (Q31) 係数：32ビット (Q30)、ディレイバッファ：32ビット (Q31)
IIR_CAS52_Q30_D40	倍精度IIR直接形 II (Q30係数、40ビットディレイバッファ)	入力：32ビット (Q31)、出力：32ビット (Q31) 係数：32ビット (Q30)、ディレイバッファ：40ビット (Q31)

## 2 各関数の記述

本章では各関数の入出力の詳細について概説します。各関数により引数の順番や係数の正負が異なりますので注意してください。

### 2.1 IIR\_CAS51\_Q14 : IIR 直接形 I

表 2. IIR\_CAS51\_Q14の構成

項目	内容	
フィルタ構造		
関数	<code>ushort oflag = iircas51_q14(short *x, short *h, short *r, short *dbuffer, unsigned short nbiq, unsigned short nx)</code>	
引数	<code>x[nx]</code>	入力バッファへのポインタ 16ビット幅 (Q15形式)
	<code>h[5 * nbiq]</code>	フィルタ係数へのポインタ 16ビット幅 (Q14形式で-2~2の値を扱う) 係数の並び順はb01, b11, b21, a11, a21 ..... b0i, b1i, b2i, a1i, a2i
	<code>r[nx]</code>	出力バッファへのポインタ 16ビット幅 (Q15形式)
	<code>dbuffer[4 * nbiq + 1]</code>	ディレイバッファへのポインタ 16ビット幅 (Q15形式)
	<code>nbiq</code>	バイカッドの数
	<code>nx</code>	入力バッファ x と出力バッファ r のデータ数
	<code>oflag</code>	オーバーフロー検知フラグ。途中計算でオーバーフロー発生時に"1"が返る。
式	$y(n) = b_0 * x(n) + b_1 * x(n-1) + b_2 * x(n-2) - a_1 * y(n-1) - a_2 * y(n-2)$	
概算サイクル数	$62 + nx * (5 + 9 * nbiq)$	
コードサイズ	165 byte	

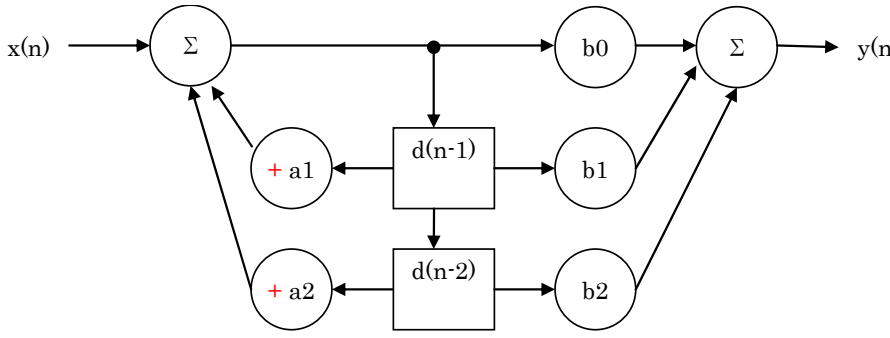
2.2 IIR\_CAS52\_Q14 : IIR 直接形 II

表 3. IIR\_CAS52\_Q14の構成

項目	内容	
フィルタ構造		
関数	<code>ushort oflag = iircas52_q14(short *x, short *h, short *r, short *dbuffer, unsigned short nbiq, unsigned short nx)</code>	
引数	<code>x[nx]</code>	入力バッファへのポインタ 16ビット幅 (Q15形式)
	<code>h[5 * nbiq]</code>	フィルタ係数へのポインタ 16ビット幅 (Q14形式で-2~2の値を扱う) 係数の並び順はa11, a21, <b>b21, b01, b11</b> , ..... a1i, a2i, b2i, b0i, b1i <b>係数の並びに注意</b>
	<code>r[nx]</code>	出力バッファへのポインタ 16ビット幅 (Q15形式)
	<code>dbuffer[4 * nbiq + 1]</code>	ディレイバッファへのポインタ 16ビット幅 (Q15形式)
	<code>nbiq</code>	バイカッドの数
	<code>nx</code>	入力バッファ x と出力バッファ r のデータ数
	<code>oflag</code>	オーバーフロー検知フラグ。途中計算でオーバーフロー発生時に"1"が返る。
式	$d(n) = x(n) - a1 * d(n-1) - a2 * d(n-2)$ $y(n) = b0 * d(n) + b1 * d(n-1) + b2 * d(n-2)$	
概算サイクル数	55 + nx * ( 5 + 7 * nbiq )	
コードサイズ	133 byte	

2.3 IIR\_CAS52\_Q30 : IIR 直接形 II (倍精度タイプ)

表 4. IIR\_CAS52\_Q30の構成

項目	内容	
フィルタ構造		
関数	ushort oflag = iircas52_q30(long *x, long *h, long *r, long *dbuffer, unsigned short nbiq, unsigned short nx)	
引数	x[nx]	入力バッファへのポインタ 32ビット幅 (Q31形式)
	h[5 * nbiq]	フィルタ係数へのポインタ 32ビット幅 (Q30形式で-2~2の値を扱う) 係数の並び順はb21H, b21L, b11H, b11L, b01H, b01L, a21H, a21L, a11H, a11L ..... フィルタ演算はすべて加算方式になるので、フィードバック係数 (a**) は <b>予め -1倍</b> してください。
	r[nx]	出力バッファへのポインタ 32ビット幅 (Q31形式)
	dbuffer[4 * nbiq + 1]	ディレイバッファへのポインタ 32ビット幅 (Q31形式)
	nbiq	バイカッドの数
	nx	入力バッファ x と出力バッファ r のデータ数
	oflag	オーバーフロー検知フラグ。途中計算でオーバーフロー発生時に"1"が返る。
式	$d(n) = x(n) + a1 * d(n-1) + a2 * d(n-2)$ $y(n) = b0 * d(n) + b1 * d(n-1) + b2 * d(n-2)$	
概算サイクル数	40 + nx * ( 18 + 19 * nbiq )	
コードサイズ	183 byte	

2.4 IIR\_CAS52\_Q30\_d40 : IIR 直接形 II (倍精度タイプ、ディレイバッファが40ビット)

表 5. IIR\_CAS52\_Q30\_d40の構成

項目	内容	
フィルタ構造		
関数	<code>ushort oflag = iircas52_q30_d40(long *x, long *h, long *r, long *dbuffer, unsigned short nbiq, unsigned short nx)</code>	
引数	<code>x[nx]</code>	入力バッファへのポインタ 32ビット幅 (Q31形式)
	<code>h[5 * nbiq]</code>	フィルタ係数へのポインタ 32ビット幅 (Q30形式で-2~2の値を扱う) 係数の並び順は <b>b21H, b21L, b11H, b11L, b01H, b01L, a21H, a21L, a11H, a11L</b> ..... フィルタ演算はすべて加算方式になるので、フィードバック係数 (a**) は <b>予め -1倍してください。</b>
	<code>r[nx]</code>	出力バッファへのポインタ 32ビット幅 (Q31形式)
	<code>dbuffer[4 * nbiq + 1]</code>	ディレイバッファへのポインタ 40ビット幅 (Q31形式) <b>ディレイバッファの結果が"1"を超えてもいいように、Q31形式で40ビットの有効ビットをもちます。</b>
	<code>nbiq</code>	バイカッドの数
	<code>nx</code>	入力バッファ x と出力バッファ r のデータ数
	<code>oflag</code>	オーバーフロー検知フラグ。途中計算でオーバーフロー発生時に"1"が返る。
式	$d(n) = x(n) + a1 * d(n-1) + a2 * d(n-2)$ $y(n) = b0 * d(n) + b1 * d(n-1) + b2 * d(n-2)$	
概算サイクル数	40 + nx * ( 23 + 36 * nbiq )	
コードサイズ	246 byte	

### 3 付属サンプルコードの概要

本ドキュメントでは4つのIIRのアセンブラコードと共にIIRをコールするCのサンプルコードも提供しています。

この4つのサンプルコードでは、次のようなデータを予め用意しています。

入力データ：サンプリング周波数を1kHzと仮定した場合、100Hzに相当する矩形波データを100サンプリング用意しています。

係数データ：8次のIIR係数（2次Biquad型×4段）のIIR係数。カットオフ周波数は180Hz近傍に相当。

上記のデータを用意しておきIIRのコードをCallすると期待する出力データは100Hzに相当する正弦波データになります。

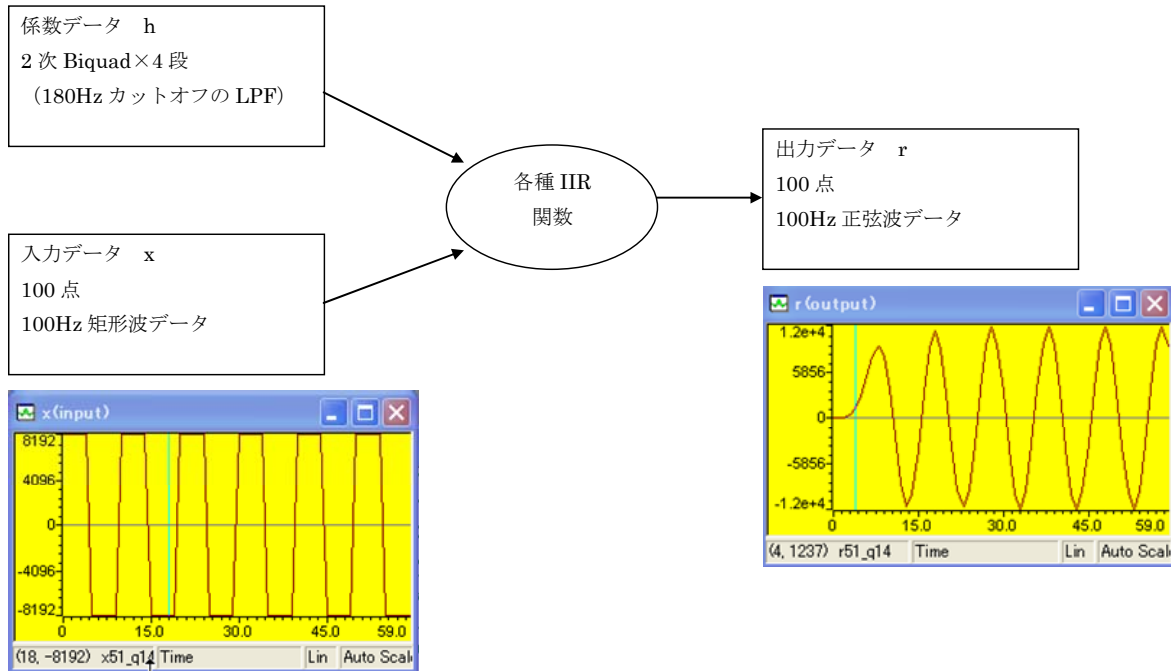


図 1. 付属サンプルコードの入出力データ

### 参考文献

1. *TMS320C55x DSP Library Programmer's Reference (SPRU422)*



# ご注意

日本テキサス・インスツルメンツ株式会社(以下TIJといひます)及びTexas Instruments Incorporated(TIJの親会社、以下TIJおよびTexas Instruments Incorporatedを総称してTIといひます)は、その製品及びサービスを任意に修正し、改善、改良、その他の変更をし、もしくは製品の製造中止またはサービスの提供を中止する権利を留保します。従ひまして、お客様は、発注される前に、関連する最新の情報を取得して頂き、その情報が現在有効かつ完全なものであるかどうかご確認下さい。全ての製品は、お客様とTIとの間に取引契約が締結されている場合は、当該契約条件に基づき、また当該取引契約が締結されていない場合は、ご注文の受諾の際に提示されるTIの標準契約約款に従って販売されます。

TIは、そのハードウェア製品が、TIの標準保証条件に従ひ販売時の仕様に対応した性能を有していること、またはお客様とTIとの間で合意された保証条件に従ひ合意された仕様に対応した性能を有していることを保証します。検査およびその他の品質管理技法は、TIが当該保証を支援するのに必要とみなす範囲で行なわれております。各デバイスの全てのパラメーターに関する固有の検査は、政府がそれ等の実行を義務づけている場合を除き、必ずしも行なわれておりません。

TIは、製品のアプリケーションに関する支援もしくはお客様の製品の設計について責任を負うことはありません。TI製部品を使用しているお客様の製品及びそのアプリケーションについての責任はお客様にあります。TI製部品を使用したお客様の製品及びアプリケーションについて想定される危険を最小のものとするため、適切な設計上および操作上の安全対策は、必ずお客様にてお取り下さい。

TIは、TIの製品もしくはサービスが使用されている組み合わせ、機械装置、もしくは方法に関連しているTIの特許権、著作権、回路配置利用権、その他のTIの知的財産権に基づいて何らかのライセンスを許諾することは明示的にも黙示的にも保証も表明もしておりません。TIが第三者の製品もしくはサービスについて情報を提供することは、TIが当該製品もしくはサービスを使用することについてライセンスを与えたり、保証もしくは是認することを意味しません。そのような情報を使用するには第三者の特許その他の知的財産権に基づき当該第三者からライセンスを得なければならない場合もあり、またTIの特許その他の知的財産権に基づきTIからライセンスを得て頂かなければならない場合もあります。

TIのデータ・ブックもしくはデータ・シートの中にある情報を複製することは、その情報に一切の変更を加えること無く、且つその情報と結び付けられた全ての保証、条件、制限及び通知と共に複製がなされる限りにおいて許されるものとします。当該情報に変更を加えて複製することは不正で誤認を生じさせる行為です。TIは、そのような変更された情報や複製については何の義務も責任も負いません。

TIの製品もしくはサービスについてTIにより示された数値、特性、条件その他のパラメーターと異なる、あるいは、それを超えてなされた説明で当該TI製品もしくはサービスを再販売することは、当該TI製品もしくはサービスに対する全ての明示的保証、及び何らかの黙示的保証を無効にし、且つ不正で誤認を生じさせる行為です。TIは、そのような説明については何の義務も責任もありません。

Copyright © 2007, Texas Instruments Incorporated  
日本語版 日本テキサス・インスツルメンツ株式会社

## 弊社半導体製品の取り扱い・保管について

半導体製品は、取り扱い、保管・輸送環境、基板実装条件によっては、お客様での実装前後に破壊/劣化、または故障を起こすことがあります。

弊社半導体製品のお取り扱い、ご使用にあたっては下記の点を遵守して下さい。

### 1. 静電気

- 素手で半導体製品単体を触らないこと。どうしても触る必要がある場合は、リストストラップ等で人体からアースをとり、導電性手袋等をして取り扱うこと。
- 弊社出荷梱包単位(外装から取り出された内装及び個装)又は製品単品で取り扱いを行う場合は、接地された導電性のテーブル上で(導電性マットにアースをとったもの等)、アースをした作業者が行うこと。また、コンテナ等も、導電性のものを使うこと。
- マウンタやはんだ付け設備等、半導体の実装に関わる全ての装置類は、静電気の帯電を防止する措置を施すこと。
- 前記のリストストラップ・導電性手袋・テーブル表面及び実装装置類の接地等の静電気帯電防止措置は、常に管理されその機能が確認されていること。

### 2. 温・湿度環境

- 温度：0～40℃、相対湿度：40～85%で保管・輸送及び取り扱いを行うこと。(但し、結露しないこと。)

- 直射日光があたる状態で保管・輸送しないこと。
3. 防湿梱包
    - 防湿梱包品は、開封後は個別推奨保管環境及び期間に従ひ基板実装すること。
  4. 機械的衝撃
    - 梱包品(外装、内装、個装)及び製品単品を落下させたり、衝撃を与えないこと。
  5. 熱衝撃
    - はんだ付け時は、最低限260℃以上の高温状態に、10秒以上さらさないこと。(個別推奨条件がある時はそれに従うこと。)
  6. 汚染
    - はんだ付け性を損なう、又はアルミ配線腐食の原因となるような汚染物質(硫黄、塩素等ハロゲン)のある環境で保管・輸送しないこと。
    - はんだ付け後は十分にフラックスの洗浄を行うこと。(不純物含有率が一定以下に保証された無洗浄タイプのフラックスは除く。)

以上

# ご注意

日本テキサス・インスツルメンツ株式会社(以下TIJといひます)及びTexas Instruments Incorporated(TIJの親会社、以下TIJないしTexas Instruments Incorporatedを総称してTIといひます)は、その製品及びサービスを任意に修正し、改善、改良、その他の変更をし、もしくは製品の製造中止またはサービスの提供を中止する権利を留保します。従ひまして、お客様は、発注される前に、関連する最新の情報を取得して頂き、その情報が現在有効かつ完全なものであるかどうかご確認下さい。全ての製品は、お客様とTIJとの間に取引契約が締結されている場合は、当該契約条件に基づき、また当該取引契約が締結されていない場合は、ご注文の受諾の際に提示されるTIJの標準販売契約約款に従って販売されます。

TIは、そのハードウェア製品が、TIの標準保証条件に従ひ販売時の仕様に対応した性能を有していること、またはお客様とTIJとの間で合意された保証条件に従ひ合意された仕様に対応した性能を有していることを保証します。検査およびその他の品質管理技法は、TIが当該保証を支援するのに必要とみなす範囲で行なわれております。各デバイスの全てのパラメーターに関する固有の検査は、政府がそれ等の実行を義務づけている場合を除き、必ずしも行なわれておりません。

TIは、製品のアプリケーションに関する支援もしくはお客様の製品の設計について責任を負うことはありません。TI製部品を使用しているお客様の製品及びそのアプリケーションについての責任はお客様にあります。TI製部品を使用したお客様の製品及びアプリケーションについて想定される危険を最小のものとするため、適切な設計上および操作上の安全対策は、必ずお客様にてお取り下さい。

TIは、TIの製品もしくはサービスが使用されている組み合わせ、機械装置、もしくは方法に関連しているTIの特許権、著作権、回路配置利用権、その他のTIの知的財産権に基づいて何らかのライセンスを許諾するということは明示的にも黙示的にも保証も表明もしていません。TIが第三者の製品もしくはサービスについて情報を提供することは、TIが当該製品もしくはサービスを使用することについてライセンスを与えるとか、保証もしくは承認をすることを意味しません。そのような情報を使用するには第三者の特許その他の知的財産権に基づき当該第三者からライセンスを得なければならない場合もあり、またTIの特許その他の知的財産権に基づきTIからライセンスを得て頂かなければならない場合もあります。

TIのデータ・ブックもしくはデータ・シートの中にある情報を複製することは、その情報に一切の変更を加えること無く、かつその情報と結び付けられた全ての保証、条件、制限及び通知と共に複製がなされる限りにおいて許されるものとします。当該情報に変更を加えて複製することは不正で誤認を生じさせる行為です。TIは、そのような変更された情報や複製については何の義務も責任も負いません。

TIの製品もしくはサービスについてTIにより示された数値、特性、条件その他のパラメーターと異なる、あるいは、それを超えてなされた説明で当該TI製品もしくはサービスを再販売することは、当該TI製品もしくはサービスに対する全ての明示的保証、及び何らかの黙示的保証を無効にし、かつ不正で誤認を生じさせる行為です。TIは、そのような説明については何の義務も責任もありません。

TIは、TIの製品が、安全でないことが致命的となる用途ないしアプリケーション(例えば、生命維持装置のように、TI製品に不良があった場合に、その不良により相当な確率で死傷等の重篤な事故が発生するようなもの)に使用されることを認めておりません。但し、お客様とTIの双方の権限有る役員が書面でそのような使用について明確に合意した場合は除きます。たとえTIがアプリケーションに関連した情報やサポートを提供したとしても、お客様は、そのようなアプリケーションの安全面及び規制面から見た諸問題を解決するために必要とされる専門的知識及び技術を持ち、かつ、お客様の製品について、またTI製品をそのような安全でないことが致命的となる用途に使用することについて、お客様が全ての法的責任、規制を遵守する責任、及び安全に関する要求事項を満足させる責任を負っていることを認め、かつそのことに同意します。さらに、もし万一、TIの製品がそのような安全でないことが致命的となる用途に使用されたことによって損害が発生し、TIないしその代表者がその損害を賠償した場合は、お客様がTIないしその代表者にその全額の補償をするものとします。

TI製品は、軍事的用途もしくは宇宙航空アプリケーションないし軍事的環境、航空宇宙環境にて使用されるようには設計もされていませんし、使用されることを意図されていません。但し、当該TI製品が、軍需対応グレード品、若しくは「強化プラスチック」製品としてTIが特別に指定した製品である場合は除きます。TIが軍需対応グレード品として指定した製品のみが軍需品の仕様書に合致いたします。お客様は、TIが軍需対応グレード品として指定していない製品を、軍事的用途もしくは軍事的環境下で使用することは、もっぱらお客様の危険負担においてなされるということ、及び、お客様がもっぱら責任をもって、そのような使用に関して必要とされる全ての法的要求事項及び規制上の要求事項を満足させなければならないことを認め、かつ同意します。

TI製品は、自動車用アプリケーションないし自動車の環境において使用されるようには設計されていませんし、また使用されることを意図されていません。但し、TIがISO/TS 16949の要求事項を満たしていると特別に指定したTI製品は除きます。お客様は、お客様が当該TI指定品以外のTI製品を自動車用アプリケーションに使用しても、TIは当該要求事項を満たしていなかったことについて、いかなる責任も負わないことを認め、かつ同意します。

Copyright © 2009, Texas Instruments Incorporated  
日本語版 日本テキサス・インスツルメンツ株式会社

## 弊社半導体製品の取り扱い・保管について

半導体製品は、取り扱い、保管・輸送環境、基板実装条件によっては、お客様での実装前後に破壊/劣化、または故障を起こすことがあります。

弊社半導体製品のお取り扱い、ご使用にあたっては下記の点を遵守して下さい。

### 1. 静電気

素手で半導体製品単体を触らないこと。どうしても触る必要がある場合は、リストストラップ等で人体からアースをとり、導電性手袋等をして取り扱うこと。

弊社出荷梱包単位(外装から取り出された内装及び個装)又は製品単品で取り扱いを行う場合は、接地された導電性のテーブル上で(導電性マットにアースをとったもの等)、アースをした作業者が行うこと。また、コンテナ等も、導電性のものを使うこと。

マウンタやはんだ付け設備等、半導体の実装に関わる全ての装置類は、静電気の帯電を防止する措置を施すこと。前記のリストストラップ・導電性手袋・テーブル表面及び実装装置類の接地等の静電気帯電防止措置は、常に管理されその機能が確認されていること。

### 2. 温・湿度環境

温度: 0 ~ 40 °C、相対湿度: 40 ~ 85%で保管・輸送及び取り扱いを行うこと。(但し、結露しないこと。)

直射日光があたる状態で保管・輸送しないこと。

### 3. 防湿梱包

防湿梱包品は、開封後は個別推奨保管環境及び期間に従ひ基板実装すること。

### 4. 機械的衝撃

梱包品(外装、内装、個装)及び製品単品を落下させたり、衝撃を与えないこと。

### 5. 熱衝撃

はんだ付け時は、最低限260 °C以上の高温状態に、10秒以上さらさないこと。(個別推奨条件がある時はそれに従うこと。)

### 6. 汚染

はんだ付け性を損なう、又はアルミ配線腐食の原因となるような汚染物質(硫黄、塩素等ハロゲン)のある環境で保管・輸送しないこと。はんだ付け後は十分にフラックスの洗浄を行うこと。(不純物含有率が一定以下に保証された無洗浄タイプのフラックスは除く。)

以上