



## はじめに

さあ、テクノロジーに関するクイズを始めましょう。用意はいいですか。

アビオニクス(航空電子工学)や宇宙および防衛システムのような、ミッションクリティカルなコンピュータシステムの要件を、15秒以内でリストアップできますか？

長寿命、高い信頼性、厳しい環境への適応性、耐用年数...などの答えが出てきたでしょうか。

Teledyne e2v社は35年以上にわたり、エアバス、ボーイング、米航空宇宙局(NASA)、欧州宇宙機関(ESA)など、アビオニクス(航空電子工学)、宇宙および防衛産業に向けて高信頼性マイクロプロセッサを供給してきました。

この資料では、まず航空宇宙・防衛産業における主なニーズを挙げ、Teledyne e2v社のマイクロプロセッサがそのような高信頼性用途になぜ適しているのかを説明します。当社の高信頼性マイクロプロセッサが適していることを、深くご理解いただけるはずです。

## アビオニクスや宇宙・防衛産業に特有のニーズについて

### 電子機器や機械製品の拡張温度範囲に対する完全性

アビオニクス、宇宙および防衛システム産業向けシステムは乗用車や携帯電話などの日常品に比べ、より過酷な環境でも動作するよう設計されています。

幅広い温度範囲に対応することがまず第一だということは、すぐお分かりでしょう。

高度1万メートル(3万5千フィート)を飛行する飛行機や地球の影に入る人工衛星は、氷点下の温度にさらされます。

もちろん、電子システムは厳重に保護されていますのですが、標準的なシステムに比べてかなり低い温度環境で設計通りに動作する必要があります。

その一方で、灼熱の温度環境でも設計通りに動作しなければなりません。高温にさらされる環境での使用や、筐体に入れたり信頼性を保つべくファンレスの設計にすることによる熱のこもりなど、最悪の搭載条件であっても、システムの完全動作が求められるのです。

このため、図1に示すように、電子機器は(ミリタリ・グレードと呼ばれる)-55℃~125℃という広範囲温度対応品として設計と認証が行われます。

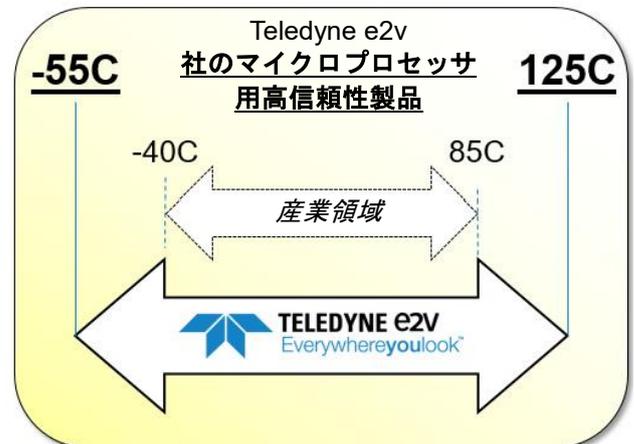


図1:アビオニクスおよび宇宙防衛向け製品と一般産業向け製品の対応温度範囲の違い

### はんだボール仕上げ

航空宇宙産業や宇宙防衛産業においては、はんだボールも重要です。集積回路のパッケージング用はんだボールは、デバイスとプリント基板(PCB)とをはんだ付けする際の接点です。

システムメーカーは長年、錫と鉛の(Sn-Pb)共晶はんだボールを使用してきました。メカニズムは定かではありませんが、鉛がスズのウィスカ形成を抑制すると言われています。



この鉛含有のはんだボールは錫鉛(SnPb)共晶はんだと記載し、その他の鉛を含まないはんだボールと区別します。

特定有害物質使用制限指令(RoHS)によりほとんどの消費者向け製品での鉛含有量が制限されるようになったことを契機に、鉛フリー、または RoHS と呼ばれる、**錫・銀・銅の合金によるはんだ付けプロセスが開発**されるようになりました。

何年にもわたり、マイクロプロセッサなどの部品メーカーは共晶(SnPb)および鉛フリー(RoHS)のどちらにも対応してきましたが、**ここ10年ほどはRoHS対応のもののみを提案する傾向**になっています。

鉛フリーはんだの特性はまだ未知の部分が多く、航空宇宙や宇宙防衛産業など極めて重要な用途への使用はまだ一般的ではありません。共晶はんだの技術から鉛フリー技術への移行は、やはり、かなり時間がかかります。

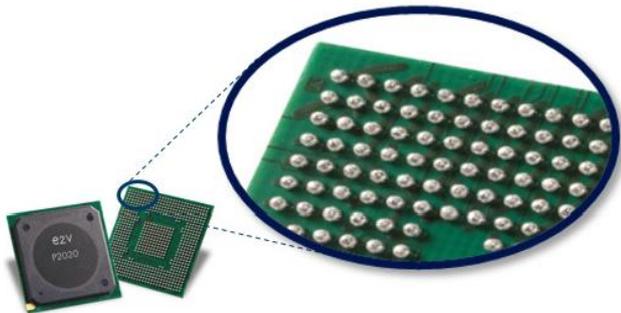


図2：はんだボール仕上げ

今日では、米国やアジア太平洋地域に比べ、ヨーロッパでは鉛フリー技術を採用している比率は高いものの、100%にはほど遠いのが現状です。ヨーロッパのアビオニクスおよび防衛システム産業でも、鉛フリーの比率はまだ100%ではありません。

米国やアジア太平洋地域のアビオニクスおよび防衛システム産業では鉛フリー技術の採用比率はかなり低いままにとどまっています。

このため市場では、共晶はんだによる部品の製造や品質保証がまだ必要なのです。

### 長寿命

製品が長寿命であることは、アビオニクス、宇宙および防衛システムのキーポイントでしょうか、それとも重荷でしょうか...おそらくその両方でしょう。

これには次のような理由が考えられます。

アビオニクスでは安全性が最重要のシステムを構築するため、かなりの投資をすることになります。またシステムの構築と検証、そして航空当局からの認証を得るのに(5~10年という)非常に長い時間がかかります。このため、メーカーとしては、一度認証されたシステムを全く変更することなく再利用できるのが望ましいのです。

電子機器の調達という観点で見れば、認証済みのシステムを全く変更することなく製造し続けるためには、システムを構成する個々のデバイスが何十年にもわたり調達可能であることが必要です。周りを見れば、古いままの、あるいは旧式の航空機が現役で飛行していますが、安全性を妥協しているわけではありません。

### Teledyne e2v 社の誇る高信頼性マイクロプロセッサの品質認定

Teledyne e2v 社は 35 年以上にわたり、高信頼性マイクロプロセッサを製造してきました。アビオニクスおよび宇宙防衛産業界向けとして、以下の条件に対応しています。

- 拡張された温度範囲：-55~125°C
- 鉛フリー(RoHS 対応)および(SnPb)共晶はんだボール製品群の双方の品質認定
- 長期間にわたる供給(15年以上)
- 過酷環境で使用する高信頼性用途向けの Teledyne e2v 社の製品保証
- 以下の規格にも準拠しています：AS / EN / JIS Q 9100 航空規格準拠(グルノーブル、フランス)

**Teledyne e2v 社の高信頼性用途の品質認定は、4つの段階で行われます。**

これらの段階を見てみましょう。



新たな製品を当社の高信頼性マイクロプロセッサに組み入れることが決定すると、Teledyne e2v 社は以下の段階で製品の評価および認証を行います。

### 1. 製品の移行

最初の段階は、市販のマイクロプロセッサが、拡張温度範囲で使用できることを証明する鍵となります。

そのためには、メーカー独自の試験プログラムを利用し、同じ試験装置を使用することが重要です。これにより、(-55~125°Cという)高い信頼性が要求される用途に関して、メーカーと同じ試験範囲、試験条件における完全動作が保証できます。

Teledyne e2v 社は高信頼性用 NXP マイクロプロセッサに関し、従来の製品から新しい製品まで対応する品質評価試験に継続的に投資しています。図 3 に、これまで何年も Teledyne e2v 社が調達し使用してきた、長期間の供給とプロセッサ技術の導入が保証される試験装置を示します。製品カテゴリーと対応する試験装置も示しています。

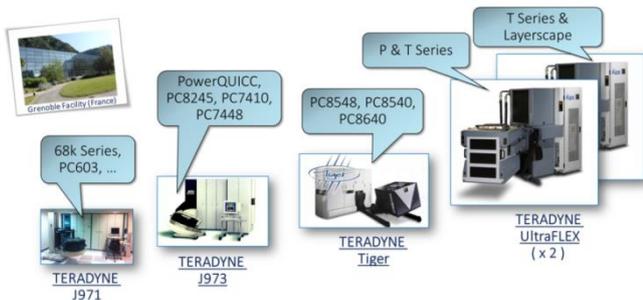


図 3 : 試験装置

### 2. 特性評価

この重要な段階の狙いは、あらゆる重大なパラメータ (CPU 周波数、電圧、消費電力、シリアル/パラレル変換回路、PLL 回路など) が -55~125°C という過酷な温度範囲でどう変化するのかを判断することです。

- 125°Cにおける消費電力はどの程度か
- PLL は 105°C以上や-55°Cでロックされるか
- デバイスは 125°Cにおいても最大周波数で動作するか

特性評価段階ではこれらの疑問に答えます。Teledyne e2v 社のデータシートに過酷環境における実際の測定値データが記載されております。

同時に、特性評価により、Teledyne e2v 社が確実に長期間の供給を続け、しっかりと製造して、時間やプロセスを調整して出荷します。

図 4 に、(105~125°Cの)拡張温度範囲における消費電力への影響を示します。Teledyne e2v 社の特性評価により得られた値が製品データシートに反映されています。

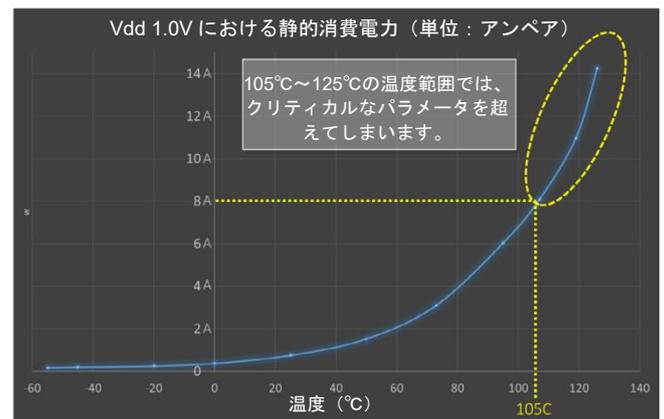


図 4 : 温度と消費電力の関係

また、次の図では拡張温度範囲における CPU 周波数に対する供給電圧を示します。上の曲線では、 $V_{min}$  が  $V_{id\ max}$  の最小仕様と交差してしまうため、周波数 1.8 GHz の場合は動作保証できず、拡張温度範囲対応としては製造できません。その代わりに、周波数 1.6 GHz までは拡張温度範囲に適合していますので、Teledyne e2v 社としては周波数 1.6 GHz の構成で製造します。

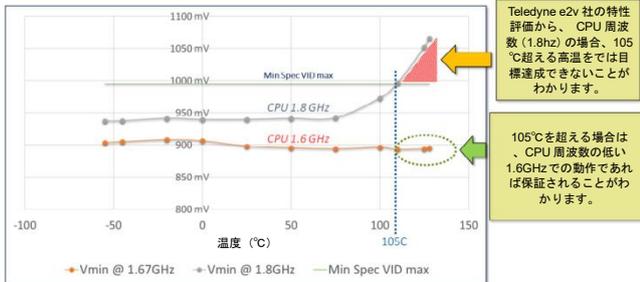


図 5 : CPU 周波数と供給電圧との関係

### 3. はんだボール交換(デボール/リボール)

この段階では、Teledyne e2v 社は製品のはんだボールを交換します。

- 第 1 の構成は元の鉛フリー (RoHS) はんだボールです。
- 第 2 の構成は共晶はんだボールに付け変えたものです。

これはいわば、ある合金のボールを取り外して別の合金のボールに付け替えるだけのプロセスということになります。

しかし実施するのは極めて複雑であり、お客様にもたらされる価値もとても重要です。まずマイクロプロセッサによっては 2 千個ものはんだボールがあること、そしてもっと重要なのは、デボール/リボール後に Teledyne e2v 社が製品の機械的・電氣的な動作を保証しているからです。

お客様がこのデボール/リボールプロセスを自社(あるいは第三者機関)で実施すると、元のメーカー保証が受けられなくなります。

この件については後述のケーススタディで取り上げます。

### 4. 品質認定

この段階は製品の寿命期間全体にわたる信頼性を確保するためのもので、加速劣化プロセスによりデバイスを評価します。

図 6 に、Teledyne e2v 社の実施する高信頼性マイクロプロセッサ用の品質検査試験を示します。製品品質認定は通常、全体でおおむね 4~6 か月かかります。7 つのステップで構成され、以下の 4 つの試験を実施します。

- 超音波顕微鏡、T0 においてデバイス組立品を検査します。この試験は他のステップの後にも実施し、デバイスの完全性を検査します。
- 吸湿耐性水準(MSL)試験、3 つのデバイスリフローを実際に模擬します。
- 電気試験、-55°C、25°C、および 125°C で実施し、デバイスの性能と、製品を使い続けた際の性能の変化を検証します。
- 信頼性試験、これには湿度試験と温度サイクル試験が含まれます。デバイスを使い続けた際の動作をモニターするための試験です。

本来、製品の品質認定は製品群、つまり鉛フリー製品と(デボール/リボールした)共晶はんだの製品の両方で実施します。

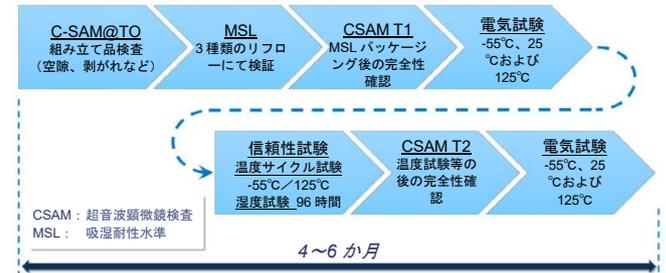


図 6 : Teledyne e2v 社の品質認定フロー

Teledyne e2v 社が規定するすべての品質および認定条件をクリアした製品だけが、品質を確保していると認定されるのです。

### ケーススタディ-デボール/リボール認定プロセス

当社では超音波顕微鏡による検査を重視しています。マイクロプロセッサ搭載デバイスをデボール/リボールし、共晶はんだ製品とする場合を考えます。製品の品質認定の第一段階として、まずリボール済みのデバイスの超音波顕微鏡検査を実施します。

図 7 では、同じマイクロプロセッサに対し、あるデボール/リボールプロセスを実施したものを《プロセス A》、別のプロセスを実施したものを《プロセス B》として示しています。

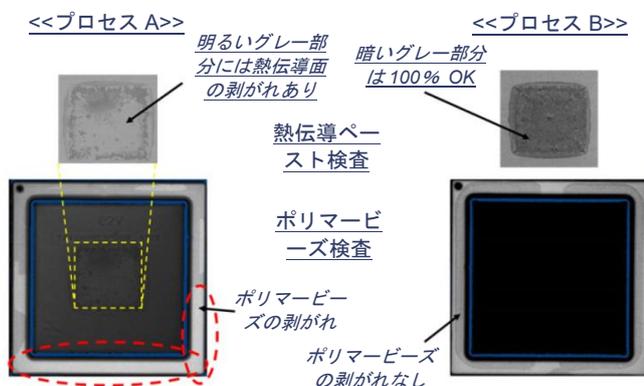


図7：デボール／リボール後のパッケージ組み立ての完全性確認

Teledyne e2v 社の品質認定では、まずマイクロプロセッサ製品 A と B の超音波顕微鏡検査を実施します。

- プロセス A：超音波顕微鏡検査から、デバイスがデボール/リボールプロセスで損傷していることがわかります。熱伝導ペーストやポリマービーズの剥がれが見られます。
- プロセス B：結果は良好です。

#### 結論：

- Teledyne e2v 社ではプロセス B による製造を実施します。
- プロセス A では Teledyne e2v 社の要求する製品の完全性が満たされないため、をプロセス A による製造は行いません。

#### 詳細について：

- > [Teledyne e2v helps reduce power consumption in commercial processors.](#)
- > [Teledyne e2v is introducing Quad ARM® Cortex® A72 for Space applications.](#)
- > [Qormino packaged processing solutions will operate in a 100% Aerospace product application environment.](#)
- > [Download our Space Flows Comparison Chart or order your free printed copy.](#)



お問い合わせはこちら：  
トーマス・ギルマン  
マーケティング&ビジネス部門  
データプロセッシングソリューション  
[thomas.guillemain@teledyne.com](mailto:thomas.guillemain@teledyne.com)



お問い合わせはこちら：  
ステファン・ラフォン  
上級テクニカルスタッフ  
データプロセッシングソリューション  
[stephane.Laffont@teledyne.com](mailto:stephane.Laffont@teledyne.com)



For further information, please contact:  
**Jane Rohou,**  
Marketing & Communication Manager.  
[jane.rohou@teledyne.com](mailto:jane.rohou@teledyne.com)

