

# 民生部品利用ガイドラインの提案

## PROPOSAL FOR GUIDELINE FOR COTS TO SPACE APPLICATION

PHILIPPE LAY, OJEAN-LOUS VENTURIN(CNES)

○松田純夫(SUMIO MATSUDA) (JAXA)

Key Words: Tsubasa, MDS-1, COTS, Space Application

### Abstract

This Paper has been written in the framework of a multipartnership between the French Space Agency (CNES) and the Japanese Space Agency (JAXA). One aim of this partnership is to encourage the production of common standards of benefit to the entire European space industry and Japanese space industry.

This proposal documents deal with the general requirements for using commercial parts in space applications. These requirements are defined in terms of what must be accomplished, rather than in terms of how to organise and perform the necessary activities. This allows existing organisational structures and methods to be applied where they are effective, and for the structures and methods to evolve as necessary without rewriting the standard.

This proposal documents define requirements for all aspects of the selection, procurement and usage of EEE commercial components for use in space applications.

This proposal documents are applicable to all parts which are defined and procured using specifications and qualification systems other than the ones traditionally associated with space quality parts (e.g. MIL level S or equivalent). It is also applicable for all actors involved either directly or indirectly and at any level in the design or production of hardware for use in all space segments and mission types.

The objective of this proposal documents are to define part selection, procurement, control and usage requirements which, when applied to a space project, will ensure that any commercial EEE components used do not prevent the project from meeting its defined functionality, environmental conditions, quality, reliability, schedule and cost.

### 1. はじめに

CNES (フランス国立宇宙研究センター) と JAXA は、協力して「民生部品利用ガイドライン」を作成することで合意している。その提案の概要について報告する。

#### (1) 宇宙における民生部品の使用

軍及び宇宙分野以外の地上用途向けに設計・製造された電子部品(民生部品)は、宇宙でますます使用されてきている。この傾向は、軍・宇宙用部品に対して急速に縮小しているサプライヤ市場、及び民生部品のほかに改善

された信頼性と低コストの結果である。その上、現代の“最新技術”部品の多くは、新しい部品、特に集積回路の多機能性と低消費電力を利用したいと思っている装置メーカーが民生部品の使用を強いられているように、民生部品としてのみ利用可能である。

小型及び超小型衛星では、これらのプログラムが低予算のため、しばしば従来の宇宙用認定部品の使用を阻害している。欧米の多くのプログラムが民生のプラスチック・パッケージ部品を利用してきた。それらは IRIDIUM のよう

な宇宙ベンチャー企業でも使用されてきていた。以前の宇宙での民生部品使用はそれらの有用性を実証してきたが、問題や故障もいくつかあった。有効な評価手順が、一般的な宇宙分野または特定のミッションに対する民生部品タイプの実行可能性を決定するために必要である。

宇宙用認定部品とは対照的に、多くの民生部品はより制限された温度範囲に対して設計され、プラスチック・パッケージのSMD品として提供されるが、ロットの識別がなく、販売業者を経由して調達しなければならない。その上、仕様書及びデータシートの値が十分に定義されていないことがよくある。また、部品のライフサイクルは短く、部品の放射線耐性は多くの場合未知である。民生部品に対するこれらの否定的側面は、民生部品の大量生産により今日成し遂げられた、優れた品質と信頼性によって大いに相殺される。実際、宇宙用部品はほとんどの場合手作業でパッケージング、接合及び試験が行われ、自動化された生産工程の利点から利益を得ることができないので、多くの民生部品の品質と信頼性は宇宙用部品に対して得られるものよりもよいものとなっている。

集積回路の品質と信頼性を改善するための印象的な手段が、メーカーで首尾よく実行されている。その手段は一般に、製品出荷時の欠陥部品数を減らすために、改善された設計、工程技术または測定・検査手順に結びついている。これらの手段の例としては、製造ウェハに関するウェハレベルの信頼性試験、チップの自動光学検査、電気測定の結果を分析するための優れた技術を用いて識別された異常なチップ、ウェハまたはロットの除去がある。非常に改善された製造工程全体の管理が、統計的な工程管理と工程内へのサンプリング技術の導入によって成し遂げられている。また、民生部品ユーザが、非常に改善された品質と信頼性に寄与してきた。例えば、特定用途試験やフィールド故障解析の結果をメーカーにフィードバックすることによって、これらの故障原因を除去することができる。一般に、民生半導体産業の巨大成長と部品の製造及び使用に関連した莫大な量のリソースによって、多くの部品が今日優れた品質

と信頼性を示しているように、それらの品質と信頼性の連続的改善につながってきた。

宇宙分野での民生部品タイプの実行可能性は、それらの使用に関する決定がなされる前に、論理的な方法で評価しなければならない。この提案は、部品に関する利用可能な文書化された情報に基づいた、民生部品評価のための計画であり、ユーザ及び調達代理店へのツールとして意図されている。不十分なデータが利用可能となる全ての領域を扱うために、詳しい分析や固有の試験を適用することによって、その手順を拡張することができる。

## (2)民生部品と宇宙用認定部品の等価性

民生部品の品質と信頼性の大進歩により、もし最適化した部品管理（選択、調達、組立及び使用）工程が行われるなら、多くの民生部品は宇宙用認定部品と同等もしくはそれ以上であると考えることができる。後述する評価手順の目的は、少なくとも宇宙用認定部品と等価な民生部品を識別することである。民生部品と宇宙用部品では、品質と信頼性を保証するために用いられるアプローチが完全に異なるため、ここでいう等価性とは、部品のコンフィデンスが同等であるということの意味している。宇宙用製品の品質と信頼性に対するコンフィデンスは、評価、認定、製造管理、スクリーニング及びロット試験によって得られる。民生部品の場合には、品質と信頼性のレベルが基本的に高く、宇宙適用性評価または試験の付加的な要求を満たす能力のある部品を選択しなければならない。この方法で選択された民生部品は、宇宙用認定部品に対して同等のコンフィデンスで使用できる。

## 2. 適用

この提案は、従来の宇宙用認定関連部品（例えば、MILのレベルS部品またはレベルS相当部品）以外について、仕様及び認定システムを用いて調達される全ての非標準部品（民生部品を含む）に適用することが出来る。

### 3. 目的

この提案の目的は、民生部品が宇宙プロジェクトに適用されたときに、どの民生用 EEE 部品を使用してもプロジェクトで要求される機能性、環境条件、品質、信頼性、スケジュール及びコストが要求を満たすことを保証する、部品プログラムの管理、部品の選択、評価及び承認、調達、取扱及び保管、組立及び実装、品質保証について定義することにある。

### 4. 基本アプローチ

#### 4.1 設計

宇宙プログラムにおける民生部品の使用は、従来の宇宙用認定部品に代わるものである。

それにもかかわらず、民生部品の利点から利益を得、またそれらの欠点を減らすために、設計、選択、調達、保管、実装工程及び使用に関して具体的な部品管理戦略を準備する必要がある。

- (1) システムのディペンダビリティを向上させるために、民生用 EEE 部品に基づいたシステム構造を開発することによって最新技術（機能、性能、質量、体積、電力消費量）を利用する。
- (2) “従来の宇宙用部品”を民生部品でそのまま代替するのは避ける。
- (3) 単発ミッションの場合には性能入手が重要となり、多量の場合にはコスト重視とみなされる。いずれの場合も、購入費だけでなく所有にかかる全てのコストを分析する。
- (4) “従来の宇宙用部品”と民生部品のトレードオフを行う。
- (5) 従来のディレーティング規則を維持し、規格外の部品は使用しない。

#### 4.2 選択

- (1) 多職種チームに基づいた、コンカレント・エンジニアリングを整備する。
- (2) 商用グレードのいくつかの群（例えば、リレー、ワイヤヒューズ）を避け、コネクタの確認に特に注意を払う。

(3) 重要な段階である部品タイプの削減に注意する。

- (4) 部品の系譜（すなわち、メーカーからのデータや評価試験データ）と制約条件（例えば、環境条件）及び必要性との比較に基づいたリスク解析プロセスを行う。
- (5) リスク解析を実施し、リスク低減／緩和のための実行プランを立てる。
- (6) 選択段階を定形式化し、根拠文書を準備する。

#### 4.3 放射線

“従来のアプローチ”に従って、放射線の束縛条件を考慮する。

放射線による全ての効果（トータルドーズ、SEE 等）に対して、全ての利用可能なデータと試験結果を解析し、それらに基づいて、試験（例えば、RVT）または（例えば、システムレベルでの）適合した耐性保証方針を準備するか、もしくはその部品を不可とする。

#### 4.4 調達

- (1) 調達参考文書（すなわちデータシート、もしあれば参照日と発行物）を識別する。
- (2) メーカーまたは販売業者から部品を調達する。
- (3) 戦略的調達と“現状”の調達（すなわち、付加的な試験がメーカー／販売業者に要求されない）を考える。
- (4) リスク解析によって試験が決定される場合には、フライト・ロット品について試験を行う。
- (5) 抜取ロット判定とスクリーニングのトレードオフを行う。
- (6) ヒューズ及びアンチヒューズのプログラミング・テクノロジー（例えば、PROM、FPGA）については、書き込み後のスクリーニング試験を維持する。

#### 4.5 組立

組立工程（取扱、リライフ、保管、実装）の適合性の確認と認定を行う。

- 加えて、次の原則を適用する：
- (a)トレーサビリティ、試験／データの代表性
  - (b)公表部品リスト
  - (c)NSPAR
  - (d)不具合、アラート

## 5. 必要性（ニーズ）の定義

従来の宇宙用認定部品の代わりに民生部品を捜す決定がなされたら、あるいは民生部品を使用するしかないなら、第一段階として真の必要性を正確に定義する必要がある。これらの必要性は、特定のプロジェクトの要求または宇宙分野では一般的な要求に基づくものである。

必要性の定義は、リスク解析に必要な入力データとなる。

必要性の定義は、次の段階に従わなければならない：

- (a)機能要求の識別：部品の機能、包装、電気的特性、重要パラメータ、温度範囲
- (b)産業要求の識別：実装工程、保管能力、取扱制限、製品戦略、購買方針
- (c)プロジェクト要求の識別：部品の方針（品質水準、民生部品の承認・非承認）、調達遅延、コスト／資本
- (d)運用要求の識別：熱、気象、電気、機械及び放射線に対する要求、故障率の要求、軌道、有効期間

### 5.1 選択及び評価

一度、必要性を完全に確立し定義してしまえば、潜在的に適したメーカ及び部品に関する公に利用可能な全ての情報を得ることができる。その時には、供給された文書や情報の種類、及びそこに含まれる詳細な事実が定義された要求に準拠しているかを検討し、評価しなければならない。要求に対する不適合が明らかに1つ以上あるどんなメーカまたは部品も不可としなければならない。

不具合がなく、要求に完全に従っているとされるメーカ及び部品は全て、宇宙用としての

承認・調達候補とみなされる。

### 5.2 リスク解析及び承認

情報が欠けているために定義された要求に100%従っているのか確認できない領域を正確に確立するために、候補となったメーカ及び部品に対して利用可能な全ての情報をより詳細に検討し、分析しなければならない。そして、完全に従っているのか確認できない領域に関連したリスクについて、付加的な承認試験が承認に必要なのか、それともリスクが管理されたり、許容できるようになる方法が他にあるのかを評価しなければならない。リスク管理の適切な方法には、発注時にメーカに付加的な要求を行う、フライト部品の引渡後に付加的なスクリーニングを行う、引き渡されたロット毎に抜取ロット判定を行う、部品が用いられる回路に付加的な設計要求を行う、部品に対する特別な取扱、保管及び組立手順を指定するなどがある。要求に100%従っているのを確認できた部品、または100%未満の場合に関連したリスクが許容可能であると実証された部品は全て、宇宙用として承認されたものとみなされる。部品要求の完全な詳細及び部品タイプの許容度を支持する情報や解析結果と共に、部品タイプとメーカを示す根拠文書を準備しなければならない。

### 5.3 調達

部品タイプが宇宙用として承認されたらすぐに、適切な調達文書を準備し、発注しなければならない。これは、一般に従来の宇宙用認定部品の調達に類似しているが、次の点に注意が必要である：

- (a)調達は、販売業者を経由して行われることがかなり多いと思われる。できればメーカにより特別に承認された販売業者を経由して行う。
- (b)最小発注量、ロット間の均一性に関する問題、メーカ独自の包装を保持したいという要望などにより、特定のアプリケーションに必要な量よりもはるかに多く

の部品を調達し、超過分を貯蔵品として  
持つておくことが望ましい。

- (c) “調達仕様書”は従来の宇宙用認定部品の仕様書に似ていないかもしれないが、用いられる文書は固有に識別でき、参照付けされるものでなければならない。
- (d) 一般に、発注において日付コードが複数ある、または日付コードの古い供給品に制限を置かなければならない。

## 6. 部品プログラムの管理

サプライヤは、契約期間中に部品プログラムを策定し実行しなければならない。またそのプログラムは、この標準に従って顧客により定義されたプロジェクトの要求に完全に従っていることを保証するものでなければならない。

それ以外に、リスク解析に要求される必要/制約条件の識別について特に強調しなければならない。この必要/制約条件の識別には、次の項目を含む：

- (a) プロジェクト要求 (品質レベル、部品方針、製造及び引渡のスケジュールと経費、数量、...)
- (b) 設計要求 (部品タイプ、ケース、寸法、材料、...)
- (c) 生産要求 (パッケージング、熱及び保管の制約、部品実装工程、...)
- (d) 運用要求 (電氣的、機械的、放射線、信頼性、組立、寿命、...)

### 6.1 部品管理プログラム

#### 6.1.1 組織

サプライヤは部品プログラムの管理に責任を負う組織を識別し、効率的に部品要求を実行し管理する組織の能力について記述しなければならない。

多職種選抜チームの設置を奨励する。

顧客に対して行われる一般的な定期中間報告の中で、EEE 部品の選択、調達及び使用に関する情報を示す、中間報告書の定期的発行を各ユーザに要求する。発行周期はプログラム要求に従うものとする。

サプライヤは、自社の EEE 部品管理計画の中に、プログラムの枠内で EEE 部品の調達を扱うよう提案された計画を示さなければならない。

個々の可能な方法 (メーカーでの直接調達、販売業者の利用、代理店の利用、社内調達の利用、...) に対して、異なる調達実体を選択し管理するための組織について記述しなければならない。

#### 6.1.2 部品管理計画書

サプライヤは、品質保証プログラムを策定し、維持しなければならない。またサプライヤは、自社で採用するアプローチ、方法、手順及び組織について詳細に記述された、部品管理計画書 (全面的なプロジェクト PA プランの一部でもよい) を作成しなければならない。この計画書は次の項目に対する詳細な記述を含むものとするが、これだけに限るものではない：

- (a) 組織構造、責任記述、管理手法及びコンカレント・エンジニアリング
- (b) 下層サプライヤ、調達代理店 (もしあれば) 及びメーカーの管理
- (c) 選択の根拠を含む調達システム
- (d) 放射線管理プログラム
- (e) 部品選択の標準化と管理のためのプログラム
- (f) 部品評価及び関連する試験方法
- (g) 部品の試験及び検査
- (h) 部品の品質保証活動
- (i) 問題の通知及び警告に関する評価
- (j) プログラムのマイルストーンにつながる作業スケジュールとプログラムの立案
- (k) スケジュール、品質あるいは技術的な問題の証拠を常に示すことのできる、明確な部品管理とバックアップのプラン
- (l) 報告及び引渡

## 7. 部品の選択、評価及び承認

### 7.1 メーカー及び部品の選択

サプライヤは、顧客に対して民生部品に関連した部品技術の専門知識及び経験を証明しなければならない。経験に制限のある場合には、顧客は商用グレードで認められたファミリーの数を減らしてもよい。

サプライヤは、許容可能なリスクレベルがプログラムに対して定義された運用、安定性、環境、放射線、材料、安全、品質及び信頼性の条件に関して適当であることを保証するために、メーカーが保証プログラムまたは品質管理システムを確立していることを確認しなければならない。

上記の事柄が実証されない場合には、適切な評価プログラムをプログラムに対して指定された要求に従うように実行しなければならない。

サプライヤは、部品タイプの削減/標準化プログラムを管理しなければならない。

どんな利用可能なデータも、フライト・ロット品（もしあれば、サブロット品）について示されたものでなければならない。

メーカー及び部品は、一般に次の基準を満たす場合に、潜在的に宇宙向きとして単に選択される：

- (a)メーカーは、考慮中の部品タイプに対して世界をリードする企業として商業市場で認められている。
- (b)日本・欧州のメーカーであることが強く推奨される。
- (c)メーカーは、工程特性及び工程管理に対して有効なシステムを導入し、維持している。
- (d)メーカーは、工程及び製品の認定に対して有効なシステムを導入し、維持している。
- (e)メーカーは、工程及び製品に対する信頼性データを生成するために、信頼性試験プログラムを持っている。
- (f)メーカーは、連続工程の改善を保証するために設けられた、有効な方針を持っている。

(g)考慮中の部品タイプは、成熟した技術を使用している。

(h)部品タイプは、大量・連続生産状態にある。

### 7.2 耐放射線性

EEE 部品に対する放射線要求はプロジェクト固有のものであり、この製品の設計に責任を負うサプライヤによって特定のハードウェアに使用される、全ての部品に対して決定されなければならない。これらの要求は、宇宙線（重イオン）、電磁波、捕捉放射線（放射線帯の荷電粒子—電子、陽子）及び太陽放射線（フレア）を含む全ての放射線に対して確立されなければならない。シールドのような全ての防護方法だけでなく、ミッションの軌道、継続期間、関連する放射線環境の空間的・時間的変化に対しても慎重に考慮する必要がある。

サプライヤは、トータルドーズ、変位損傷及びシングルイベント効果（例えば、SEB、SEGR、SEL、SET、SEU）の観点から放射線要求に従うように選択された部品の、実際の放射線耐性を評価しなければならない。放射線要求に完全には準拠していない、あるいは単に条件付きで準拠している部品は、放射線の影響を受けやすい部品として扱わなければならない。

サプライヤは、放射線の影響を受けやすい部品に対して耐放射線性保証プログラムを実行し、文書化しなければならない。このプログラムは全ての関連情報の収集を含み、予防/是正策（例えば、反ラッチアップ・システム、エラー検出/訂正、シールド、ディレーティング等）、評価・調達試験（例えば、放射線検証試験）、計画立案及び管理の観点から必要な行動を指定しているものとする。

サプライヤは、承認用に放射線の影響を受けやすい部品のリストを作成しなければならない。

### 7.3 ディレーティング

民生部品に対して、サプライヤは宇宙特有の熱伝導に関する環境制約の下で指定された電氣的性能を保証することが要求される。

## 7.4 信頼度

故障率に関する基礎データを収集することが要求される。

## 7.5 リスク評価

サプライヤは識別された致命度によりリスク評価を行い、評価結果によって行動プランを策定しなければならない。この行動プランには以下を含む：

- (a)設計段階での緩和（設計マージン、電氣的構成、熱制御、共通設計等）
- (b)在庫品、戦略的調達、先行調達
- (c)具体的な調達条件（梱包、トレーサビリティ、パッキング量等）
- (d)補足試験
- (e)スクリーニング、選別、受入検査
- (f)ロット試験
- (g)耐放射線性保証（評価、ロット試験、システム保護、冗長性、シールド等）
- (h)具体的な保管条件、組立及びパッケージング工程の適応と認証
- (i)他の解決策に関するトレードオフ（性能、コスト、引渡）

## 7.6 NSPAR(Non-Standard Parts Approval Request)

サプライヤは、承認に際して根拠文書の要約版を用意しなければならない。この文書は“部品番号/メーカー”の組合せを照会するものとし、最低限として以下を含むこと：

- (a)部品（ダイ技術、パッケージ技術、温度範囲、製造場所[ウェハ製造、組立、最終試験]、ESD クラス、水分量、梱包及び検品、電氣的及び熱的モデル、...）、性能及び特性（電氣的、熱的、機械的、放射線等）に関連した技術的な記述
- (b)メーカー及び販売業者に関連した情報（品質保証システム、メーカー内の認定結果）
- (c)メーカーの信頼性データ
- (d)メーカーの工程管理、最終試験及び QA 出荷記録

(e)工程変更通知の有用性

(f)衰退情報の有用性

(g)入手性及び納期

(h)ロット間の均一性、トレーサビリティ、刻印及びコードに関する情報

(i)評価または補足試験を含む、リスク解析に基づいた付帯の行動プラン

## 8. 調達

### 8.1 概要

(1)宇宙用として、調達する民生部品は、主に販売業者から購入しなければならない。それゆえ、そのような部品の宇宙での使用に際して必要となる付加的なデータや信頼性に関する情報に対して十分な権限を持ち、またそれらを手に入れる認定済のあるいは特権行使を認可された販売業者を選択することが不可欠である。

(2)その上、部品が単一プロジェクトのみに必要とされているのか、それとも戦略的調達が様々かつ将来的なプログラムに役立つとみなされているのかどうかを知ることが重要である。というのは、それが部品に対する評価及びあらゆるリスク管理手段の戦略に影響を及ぼすからである。さらに、部品が CPPA を通して調達されるのか、サプライヤ自身によって調達されるのかを識別しなければならない。

(3)サプライヤは、部品の性能特性変化及び不十分な設計によってミッションの成功を危険にさらすリスクを最小限にするために、単一ロットの日付コードからの部品入手を追求しなければならない。またサプライヤは、サブロットの状態を考慮しなければならない。放射線耐性や耐放射線特性はロット間でかなり変化するため、これは能動部品にとって何よりも重要である。

(4)部品が最新技術の工程で製造されたものであることを保証するために、引き渡された部

品の日付コードは 1 年以内でなければならない。

(5) サプライヤは、フライト・ロット品に関してスクリーニングより抜取試験を優先しなければならない。

(6) サプライヤは、戦略的調達を考慮しなければならない。

## 8.2 調達仕様書

仕様書は、調達または試験された、あるいはされるべき部品を定義するコンフィギュレーション管理された文書である。(販売業者を通じて) メーカーにより引き渡される部品が満たさなければならない要求の契約上の定義として、それを使用することができる。仕様書は、潜在的な調達者が、調達部品がアプリケーションに必要なものであり、調達したどの部品も評価データを生成するために用いられた部品と本質的に変わらないことを確信するために、部品を十分詳細に定義したものでなければならない。

民生部品に対しては、どんな利用可能な“仕様書”も通常メーカーのデータシート形式を採用し、個々のデータシートかデータブックの一部となっている。データシートは 1 つの部品タイプに固有のものであったり、タイプ固有のデータが抜粋されている部品の範囲を含んだものである。データシートは、形式的にサプライヤによるコンフィギュレーション管理下に置くものとする。

そのような仕様書あるいは調達文書はサプライヤによって分析され、最低限として以下を含むものとする：

(a) 部品の刻印

(b) 機械的要求

(i) パッケージの種類及びピン配列

(ii) パッケージ全体の最大寸法

(c) 電気的要求

(i) 外部適用条件に対する制限

(ii) 致命的な全ての DC パラメータ

(iii) 致命的な全ての AC パラメータ

(d) 熱的要求

(i) 損傷のリスクなしに部品を保管できる  
最大外部温度

(ii) 損傷のリスクなしに部品を運用できる  
最大外部温度

(iii) 損傷のリスクがない部品の最大許容  
内部消費電力

サプライヤの仕様書は根拠データファイルの一部とすることができ、データシート上で与えられていないどんな情報もリスク評価で扱われなければならない。

さらに、販売業者の再梱包処理を回避し、メーカーの最初の梱包に通常含まれているトレーサビリティ情報を保護するために、民生部品はパック単位で発注しなければならない。

## 8.3 書き込み後のスクリーニング

ヒューズまたはアンチヒューズ技術を利用した、ユーザが書き込み可能な能動部品は、プログラミング工程の後に部品の安定性と信頼性を確認するために、全ての部品について書き込み後のスクリーニングを受けなければならない。

サプライヤの責任において、そのような書き込み後のスクリーニングが指定されたデバイスの絶対最大定格を超えないように実行されていない場合、そのようなスクリーニングがメーカーによって提供されていない場合(プログラムが既に固定され、発注時に凍結された時のオプションとなっているような場合)には、認可された/承認されたテストハウスでスクリーニングを行わなければならない。

注：適用可能なものとして、100%未満の可能な書き込み歩留まりに対処するために、ユーザは、実際の必要量が定義されている場合に部品サプライヤの推薦に従って適切な消耗部品を考慮しなければならない。

## 8.4 受入検査

### 8.4.1 概要

サプライヤからの部品受領に際して、受入検査員は員数及び外観検査を行わなければならない



ない。可能ならば、組立工程に対するキッティングより前に部品の補足処理(開梱、目視検査、電気試験及びその他の取扱)を行うことを回避するか、最低限に留めなければならない。次の場合に、この規程からの例外が認められる。

- (1)部品は、致命的な寸法あるいは他の機械的特性に対して確認されるように意図されている(その場合には、抜取確認または検査が十分でなければならない)。
- (2)部品は、リードフォーミングあるいはトリミング操作に従うように意図されている。
- (3)部品は、特別なパラメータの選択または分配に対して電氣的に試験されなければならない。
- (4)空洞デバイスに対する粒子の自由度は、PIND 試験によって確認されるように意図されている。
- (5)プラスチック封止デバイスは、特別な保管または組立前の処理段階に従うように意図されている。

#### 8.4.2 部品検査及びP/O 要求確認との適合

可能ならば個々の容器またはトレイは開かずに、部品に関して次の項目を確認し、発注書及び対応する調達仕様書または文書で定義された注文内容に従っていることを証明しなければならない。これらの詳細から適切な記録を作成し、適宜保存するものとする：

- (a)部品番号またはリファレンス及び刻印
- (b)部品量及び梱包単位またはトレイ当たりの量
- (c)パッケージの種類
- (e)日付コード及びトレイサビリティに関する補足情報(例えば、ウェハのロット番号、組立設備等)
- (f)注文内容に対する適合証明書
- (g)注文内容に対する梱包の妥当性

#### 8.5 DPA

サプライヤは、ロット毎に DPA を実施しなければならない。

#### 8.6 放射線検証試験 (RVT)

##### 8.6.1 概要

宇宙適応性評価により結果が不十分である、あるいは分析した部品タイプに試験試料間でかなりの変動があると判明した場合には、放射線の影響を受けやすい部品は放射線検証試験(RVT)を受けなければならない。

放射線の影響を受けやすい能動部品とは、その固有のトータルドーズ耐性が受けた線量の1~2 倍であるものをさす。受けた線量は、専門プロジェクトにおける顧客の環境仕様で定義された深部線量曲線(DDC)から計算される：

DDC [Gy (Si)] = f (アルミニウムの厚さ

または  $g/cm^2$  換算でのシールド効果)

要求された部品関連の安全マージンは典型的にプロジェクトに依存し、様々な顧客かつプログラムによってその定義はまちまちとなる。

さらに、衛星あるいは宇宙船の軌道がシングルイベント効果(SEE)を考慮しなければならないものであるとき、また技術、メーカ、生産ライン、工程、設計等が宇宙用としてみなされた民生部品の典型であるという確信が得られないときには、これらの効果に対するある種類の検証試験を行う必要がある。その上、宇宙船あるいは衛星の軌道が陽子環境に曝露される場合には、変位損傷による劣化効果を考慮し、説明しなければならない。したがって、適切な特性または検証試験が、適当な特性データの無い状態で要求されることになる。

##### 8.6.2 トレーサビリティ要求

能動部品の耐放射線性能はウェハの製造工程に強く依存しているので、RVT 候補の部品に対してウェハのロットあるいはウェハ自体までロットのトレーサビリティを確立するこ

とが不可欠である。放射線検証試験が引き渡されたロットに必要なと考えられるなら、トレーサビリティは、引き渡された全ての部品が評価された部品と同じ工程で造られていることを保証するのに十分でなければならない。

### 8.6.3 RVT の試験方法及び試料サイズ

サプライヤは、RVT に対する手順（試料サイズ、バイアス、線量率、受入基準等）を確立しなければならない。

## 8.7 リライフ

以下の場合に、在庫から民生部品を使用することができる。

- (1)部品が、一般的な宇宙用あるいは特定のプロジェクト用として宇宙適応性評価を首尾よく満たしている。
- (2)部品が、新規プログラムの性能要求を満たすことができる。
- (3)部品が、(制御環境、PED に対するドライチェーンでの) 保管中に部品固有の電気的能力、機械的能力及び組立能力に関して特性劣化していない。
- (4)部品に未解決の不具合処理や日付コードに関するアラートがない。

保管室内の気候条件（温度と相対湿度）にどんな異常もみられないという記録の検討と証明は、要求を満たさなければならない。

製造日付コードから飛行ハードウェアへの搭載日までで計算された保管期間が、顧客の製品保証要求によって定義された期間を超過する場合には、民生部品に対してリライフ検証試験または検査が必要となり、その範囲とサンプリング・プランを定義しなければならない。これには以下が含まれる：

- (a)完全な梱包単位またはトレー及び（容器やトレーから部品を取り出さずに）それらに含まれる EEE 部品に対する目視検査

(b)パッケージの種類に対して適用可能な場合：（既に DPA に含まれていないなら）試料に対する気密性試験

(c)DPA の報告書が在庫部品の日付コードから利用できない場合、また恐らく保管中に劣化が生じている場合には、3 個の試料について DPA

(d)応用回路/PCB への実装が不可能な場合には、（既に DPA に含まれていないなら）はんだ付け性試験

(e)主要な電気的パラメータの電気試験

## 9.取扱及び保管

サプライヤは、プラスチック・パッケージの使用を考慮して、どんな劣化も防止するために EEE 部品の取扱及び保管手順を作成し、実行しなければならない。

これらの手順は検討に利用できるものとし、最低限として次の範囲を含むこと：

- (a)温度 ( $22^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ )、湿度（最大 RH65%）、清浄度のような保管環境の制御
- (b)受入検査、保管及び引渡の間に部品を隔離し保護するための適切な手段と設備
- (c)静電気放電 (ESD) に敏感な部品が、帯電防止包装、ツール及び他の手段を用いて適切に訓練された人員によってのみ識別され、扱われることを保証するための、手順を含む管理手段。

## 10.組立及び実装

サプライヤは、様々なパッケージ技術と材料の使用に関して自社の実装及び組立規程の妥当性を実証できなければならない。

最低限として、関連手順は以下を取り扱うものとする：

- (a)PCB または EEE 部品の支持体の設計（熱的要求、EEE 部品の配置規則、...）
- (b)組立ライン上での保管及び取扱
- (c)実装前の EEE 部品の準備
- (d)実装工程
- (e)目視検査に対する基準

#### (f)PCBの保管条件

ポップコーン現象を回避するためには、ドライ環境の管理または実装前のベーキングが必要である。その条件は、サプライヤによって定義されなければならない(例えば、50°Cで最低1週間とか125°Cで6~12時間)。

### 11.部品の品質保証

#### 11.1 不具合及び故障

サプライヤは、不具合管理システムを確立し、維持しなければならない。

適用可能な調達仕様書及び対応する文書と図面で定義された要求に関して民生部品上で認められた不具合及び故障は、不具合管理システムによって管理され、適宜分類されるものとする。

このシステムは、次の間に民生用 EEE 部品に発生する(故障、誤動作及び欠陥を含む)全ての不具合を扱うものとする:

- (a)製造(利用可能な場合)及び付加的なスクリーニング、試験または検査
- (b)受入検査
- (c)装置の組立、インテグレーション及び試験
- (d)取扱及び保管

#### 11.2 アラート

サプライヤは、正しい日付コードをもつ提案された部品に既知のアラートがないことを確認しなければならない。アラートが後の段階で利用可能になる場合には、サプライヤはアラートを分析し、プロジェクトのリスク解析を行って、承認用に実行プランを提案しなければならない。

サプライヤはアラート・コーディネータを任命し、確立されたアラートシステムに参加しなければならない。アラート・コーディネータは以下を担当するものとする:

- (a)技術的妥当性の調査と選別、及び永久的な記録である全ての警告レポートの整理と維持。

- (b)プログラムに関連した他のアラート・コーディネータ及び部品メーカ(適用可能ならば、販売業者を経由して)への予備アラートの伝達。

- (c)未解決のアラートに関する情報の組織内での配布。

- (d)関連メーカ及びその他(関連する全てのユーザと顧客)がとった適切な意見と行動を反映するためのアラートレポートの更新。

このアラートシステムは、他の組織により発行されたアラートについても取り扱うものとする。

### 11.3 トレーサビリティ

#### 11.3.1 概要

民生部品は典型的にシリーズ化されずに引き渡されるので、個々の部品に対するトレーサビリティは一般には実現不可能である。しかしながら、宇宙適応性評価の結果、特に放射線特性の結果を無効にしないように、販売業者を経由して、または部品メーカから直接、どんなフォーマットでも引き渡された部品に対する適切な情報を得ることが不可欠である。

#### 11.3.2 要求

- (a)民生部品には、製造ロットコードまたは日付コードが最低限必要である。

- (b)放射線効果に敏感な能動部品については、引き渡された部品に対してウェハのロット番号または実際のウェハ番号を得るように調達しなければならない。

- (c)サプライヤによって行われる受入検査は、引き渡された部品が能動部品に対してたった1つの製造ロットまたはウェハロットから始まっていることを確認しなければならない。そうでなければ、適用可能なものとして、必要と考えられるどんな補足試験、検査またはRVTも、個々のサブロットまたはその試料について実行しなければならない。

(d)製造ロット、日付コードまたはウェハのロット番号に対するトレーサビリティは、サプライヤによりプログラムのPA要求に従って、受入検査、保管、及び組立または取付を通じて維持されなければならない。

(e)適用可能なものとして、トレーサビリティ情報の適切な記録は、システム試験や発射台上での最終飛行準備完了試験の間に、プログラムのPA要求に従って飛行ハードウェアで発見された欠陥部品を瞬時に識別するために、各装置、部分組立品またはPCB用に作成され、保存されなければならない。

## 12.おわりに

CNESとJAXAは、民生部品を宇宙に適用するための共通の方針及びガイドラインを作成することで協力関係を結んでいる。

具体的には、下記のとおり作業を進める計画である。

- (1) 共通要求文書をチェックし、同文書を更新することを平成16年6月末までに実施する。
- (2) 人工衛星に使用された民生部品を平成16年6月末までリストアップする。
- (3) CNES/JAXAの共通の方針及びガイドライン文書を平成16年12月末までに作成する。
- (4) 新しい衛星プログラムに(3)で作成した共通の方針及びガイドラインを適用する。
- (5) 2年ごとにこのガイドラインの見直しを実施する。