

委 2 4 - 2 - 2

# 宇宙用部品技術委員会報告書

## 宇宙用部品の再構築に向けて

平成 1 5 年 6 月

宇宙開発事業団  
宇宙用部品技術委員会

## 目次

- 1．はじめに
- 2．宇宙用部品の現状と課題
  - 2．1 全般
  - 2．2 電子部品
  - 2．3 機構部品・材料
- 3．課題の検討とその対応
  - 3．1 宇宙用部品に関する基本方針の検討
  - 3．2 重要部品の選定基準
  - 3．3 部品・材料の評価技術
- 4．具体的方策
  - 4．1 宇宙用部品に関する基本方針
  - 4．2 重要部品
    - 4．2．1 重要部品の選定
    - 4．2．2 重要部品の供給方策
      - (1) 電子部品の研究開発計画
      - (2) 機構部品・材料の研究開発計画
  - 4．3 部品に関する技術の研究
    - (1) 部品の基盤技術の維持・継承
    - (2) 先端部品（フロンティア部品）の研究
  - 4．4 部品の円滑な流通方策
    - (1) 重要部品の利用促進方策
    - (2) 認定制度の見直し
    - (3) 民生用部品の活用
    - (4) 部品の情報データベースの整備
- 5．勧告事項
- 6．おわりに

## 1. はじめに

宇宙開発事業団（以下“NASDA”という）は、1990年代打上げ市場参入のコストダウン要求からも、また、当時の世界的な動向であった衛星・ロケットの製作コスト削減の動向に対応するためにも、部品コンポーネントの国産化路線の見直しが求められ、コスト効率が要求されるようになり、部品等の国産化の施策も転換されることとなった。さらにH-II ロケットの打上げ失敗などが相次いだため、宇宙開発投資が減少傾向になり、その影響を受けて宇宙開発の基盤技術の根元をなす宇宙用部品の需要が激減し、これと連動して、部品国産化率の低下、部品メーカー辞退によるNASDA認定部品の激減という大きな問題に直面している。これらの問題を真摯にとらえ、当面の緊急対応のみならず中長期的かつ体系的な視点に立ってこの問題に対処するために、NASDA内に宇宙用部品技術委員会（以下“本委員会”という）が設置された。本委員会では、宇宙関連システムメーカー及び部品メーカーの開発担当者のみならず、大学および公的研究機関からの学識経験者が一同に会し、技術上・管理上の諸課題について率直な意見交換を行った。

また、本委員会のもとに、電子部品分科会及び機構部品・材料分科会が設置され、それぞれの分科会において、問題点・課題の抽出、重要部品の選定・開発計画、今後の進め方への提案、具体的な解決方法の検討等をおこなった。両分科会は、おのおの個別の報告書をまとめた。それらの報告書は、本委員会に報告されると同時に、本報告書の参照文書として位置付けられている。

## 2. 宇宙用部品の現状と課題

### 2.1 全般

NASDA の創立当初は、国産技術の育成を目指して、部品分野においても国産化率の向上策をとってきた。その結果、一時期はロケット・人工衛星の部品国産化率は90%以上に達した。その後、経済性の向上・国際協調の政策へ移行したことにより、現在、部品の国産化率は30%程度にまで落ちている。

一方、NASDA 認定部品制度は、高信頼性部品の確保のため維持継続されてきたが、国内宇宙市場規模が小さいもとで、多品種少量生産を余儀なくさせており、生産性が悪く、高コストの構造を生み出す要因の一つとして指摘されている。最近の人工衛星及びロケットプロジェクト（以下“プロジェクト”という）に NASDA 認定部品が採用されないケースが頻発している（図2-1、図2-2参照）。また、NASDA 認定部品の製造設備の老朽化に伴う部品メーカーの認定自体、及び新しい時代に対応する新規部品開発の減少などにより、NASDA 認定部品は激減している（表2-1参照）。

これに伴い、輸入部品が増大しているが、輸入部品は米国の輸出許可審査等に多大な時間を要し、時には一方的な製造中止などの問題がある。また、不具合時には技術情報の開示制限から十分な故障解析が出来ず、供給面・技術面で不確定要素が大きくなってきている。

### 2.2 電子部品

#### (1) 能動部品（CPU 周辺・論理 LSI 等）

CPU 周辺は、衛星及びロケットの心臓部であり、高機能な宇宙機を実現するための必需品である。

一方、民生電子部品技術は、日進月歩で高機能化を遂げているため、それらの最新技術をベースに耐放射線性向上のための改良設計を行っても、時間遅れが生じ、部品開発完了時にはすでに陳腐化してしまう傾向にある。さらに、一般的に半導体製造装置は初期段階で膨大な投資が必要であるため、短期に投資費用を回収する必要がある。このような状況で少量の宇宙用部品を開発することは、高コストになる基本的構造を有しており、何らかの新しいブレークスルーが必要である。

このため、高性能な宇宙機を実現するための高機能部品を国内で確保することが困難になって来ており、部品政策上問題となりつつある。

#### (2) 能動部品（電力用部品）

電子用部品は宇宙インフラの重要な部分であるが、欧米では電子用部品の高効率化、小型化が著しく進み、日本はこの点で劣勢にたたされている。従って、プロジェクトの高機能化に必須の蓄電池、太陽電池セル、DC/DC コンバータな

ど主要な部品について重点的に研究を行い、世界に比肩できる技術レベルを保持する必要がある。

### (3) 能動部品 (実装技術)

民生用半導体部品のパッケージ形態は QFP (Quad Flat Package) から BGA (Ball Grid Array) へ、さらに CSP (Chip Size Package) へと小型化し、現在はベアチップ実装が視野に入ってきている。また、これら狭ピッチの部品を実装するために必要な高密度プリント配線板及び高密度実装技術が開発されている。

宇宙用電子機器の小型・高機能化を実現するため、実装技術としては上記小型パッケージ部品の宇宙適用を睨み、高密度プリント配線板及び実装技術の十分な耐宇宙環境性評価を実施する必要がある。この際、BGA等の小型、高密度実装における実装シミュレーション及び信頼性評価方法実装のシミュレーション技術を活用する必要がある。

また、民生用電子部品実装の鉛フリー化の流れに合わせて、宇宙用部品の実装についても鉛フリーに関する指針作りを実施する必要がある。

### (4) 受動部品 (抵抗・コンデンサ等)

受動部品は、能動部品に比べると技術革新のスピードは比較的穏やかであるが、小型化・チップ化へ向けて技術は急速に進展している。

民生用部品と共通に製造できる宇宙用部品は、比較的安定的な調達が可能であるが、高信頼性の確保または放射線の影響を受けにくくするため、専用ラインを必要とするものは、専用設備を維持するのが難しい状況にある。また、新規に宇宙用部品に参入する場合は、信頼性向上、品質管理技術の向上という観点で魅力があったが、長期的には使用数量の少ない宇宙用部品は会社経営では魅力に乏しい存在になっている。

## 2.3 機構部品・材料

機構部品・材料については、減速機、軸受、潤滑剤など、NASDA 認定部品以外に多種多様な部品・材料が各プロジェクトで使用されていることが特徴である。このため、NASDA 認定部品と認定部品以外の機構部品・材料に分けて、現状と課題を整理する。

### (1) NASDA 認定部品の現状と課題

機構部品・材料は、電子部品と比べ陳腐化のテンポが遅いが、近年に至り老朽化した製造設備の更新が必要となることが多くなっている。また、更新が必要となった時期には、すでに民生用部品用途での使用がなくなり、宇宙用部品用途のみで使用され

ている設備もあり、このため、製造設備の更新の問題がクローズアップされてきている。

センサ類、ヒータ、弁類等の部品は、多品種少量生産であるため、開発、製造が途切れると、製造技術や調達技術の維持、向上が困難となる。一方、熱制御材、接着剤等の材料は、国際競争力を有するものが多く、また部品メーカーは厳しい市場状況にかかわらず協力的である。しかし、多くのシステムメーカーは NASDA 認定部品の採用や切り替えに躊躇している。

さらに、NASDA 認定部品を開発したが、あまり使用されない場合もあり、海外から一旦調達されると、国内に優れた技術があるにも拘わらず、開発の機会が与えられないことも起こっている。これは、NASDA、システムメーカー、部品メーカー間の意見交換が不足していることから起こっているものと考えられる。

## (2) NASDA 認定部品以外の現状と課題

機構部品は単一故障点となることが多く、その不具合により人工衛星等のシステムに重大な支障をきたす場合が多い。しかし、海外からの輸入部品に不具合が発生した場合、技術情報の開示制限により、十分な原因究明、再発防止策を実施することが困難である。また、品種によっては、シングルソースとなるものも多く、代替品の調達も困難となる。

国内には、海外の宇宙機関やシステムメーカーからも注目される高いレベルの民生技術があるが、宇宙用機構部品・材料としての開発の機会が与えられず、また、一度開発されると、引き続き新しい技術開発に挑戦する機会が与えられない。特に機構部品は、新たな開発、評価に長期間を要する場合が多いため、世界レベルに追いつくことが困難となっている。

## (3) その他

最近、機構部品・材料の基盤技術である機械要素の研究者、教育者が少なくなり、宇宙用機械要素などの基盤技術を維持、発展、継承させる戦略が不可欠である。

図2-1 NASDA認定部品(能動部品)の出荷状況

NASDA-QPL 半導体の出荷数量

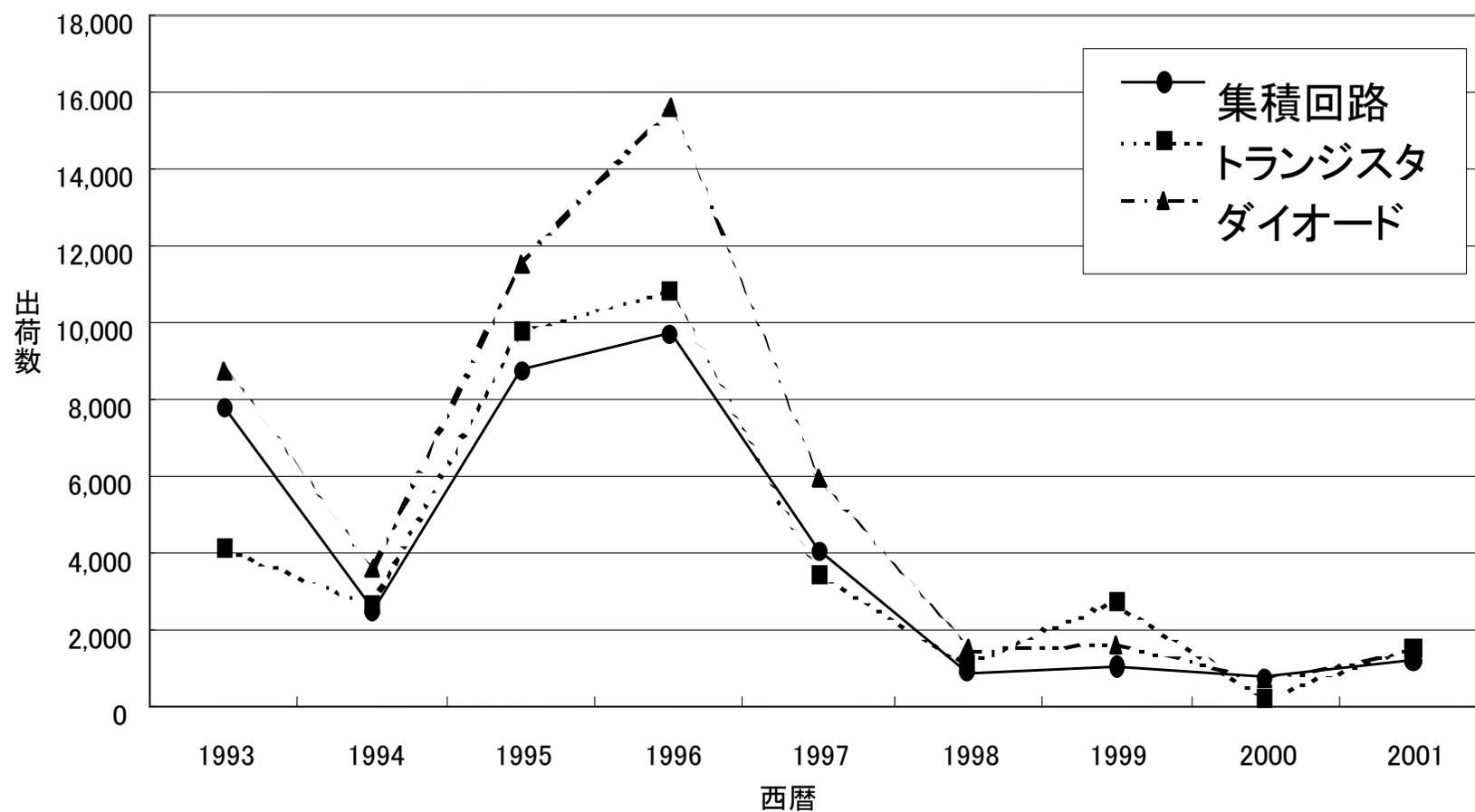


図2-2 NASDA認定部品(受動部品)の出荷状況

NASDA-QPL 受動部品の出荷数量

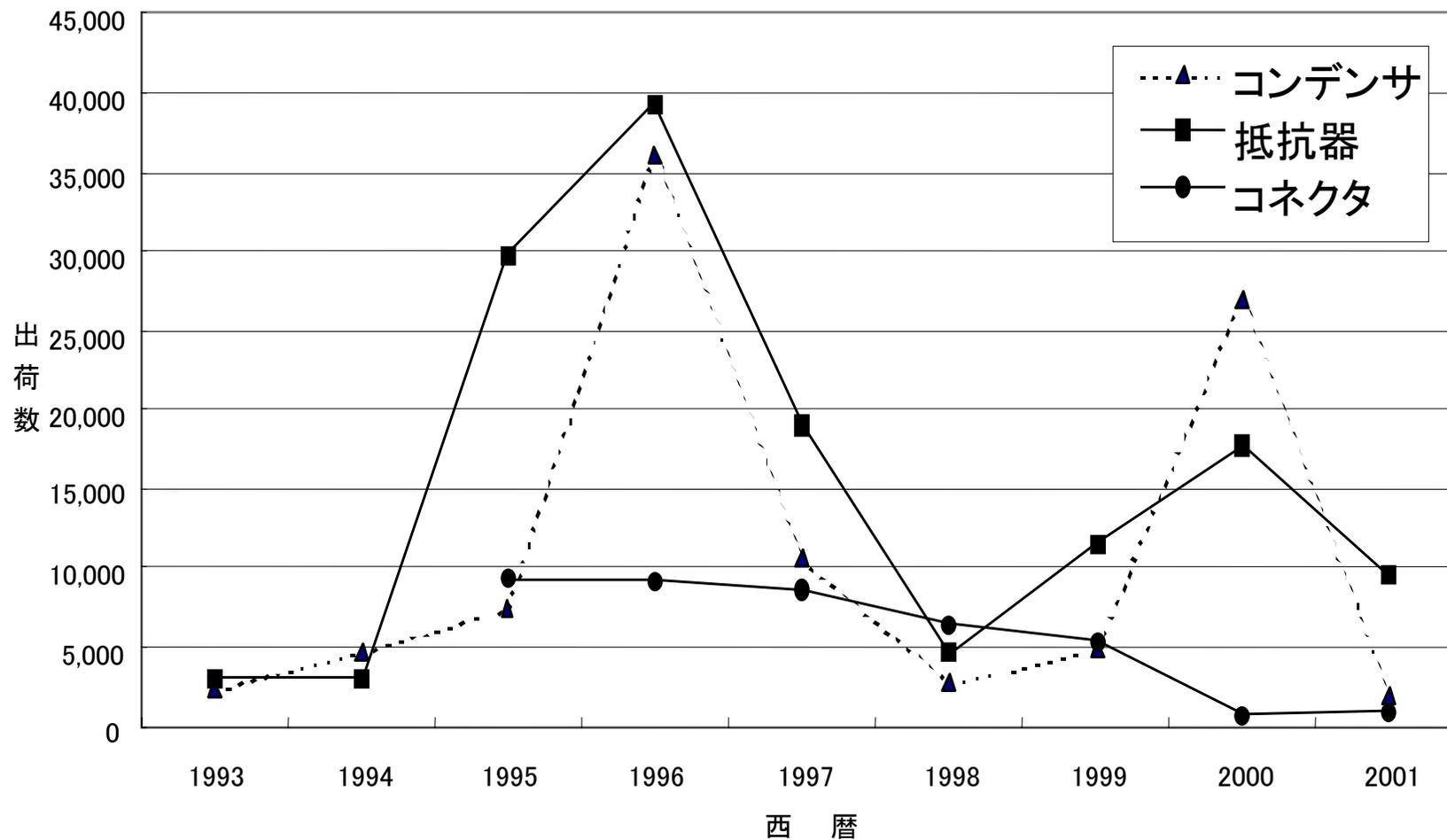


表2-1 NASDA認定部品の現状

	取消	取消予定	継続認定
集積回路	111		11
トランジスタ	14		2
ダイオード	12		5
コンデンサ	2		19
抵抗器	7		48
コネクタ	9		6
水晶振動子	4		
フィルタ	2		2
リレー			6
スイッチ			
トランス	1		17
電線		5	14
太陽電池セル			6
プリント			5
弁	1		1
サーミスタ	4		
ヒータ	1		
センサ	4		10
熱制御材料			5
接着材料	1	1	2
(計)	173	6	159

### 3. 課題の検討とその対応

#### 3.1 宇宙用部品に関する基本方針の検討

今後、我が国の宇宙開発を進めていくためには、我が国が必要な時に独自に宇宙機システムを展開できる能力を将来にわたって維持すること、我が国で開発する宇宙システムの品質は国内の技術で確認・評価すること、人工衛星及び宇宙輸送系を全体システムとして、技術的にも世界レベルで設計・製造・運用・利用が出来る能力を国内に維持することが重要である。

このためには、“**自律性の確保**”、“**信頼性の確保**”が重要課題であり、また、すべての部品を国内だけで賅うことは現実的でないことから、“**国際協調及び国際競争力の確保**”を図る必要がある。

このため、部品について中長期的かつ体系的に基本方針を定める必要がある。また、そうすることが、プロジェクト全体から考えると、経済的にも得策であることをリスクマネジメントにより定量・明確化する必要がある。

限られた資金を有効に活用するためには、我が国として維持・発展していくべき部品を明確化する必要があり、これに不可欠な部品を重要部品と位置付ける。また、やむを得ず海外から輸入する部品の品質については国内の技術で評価できる評価技術を確立する必要がある。また、耐放射線性や真空潤滑等、宇宙用部品特有の基盤技術については、部品故障の原因解明・信頼性向上には不可欠であり、試験が簡単に出来る仕組みを整備する等、産学官が協力して基礎的な研究を続けることが必要である。さらに、部品開発において世界から取り残されないためには、今後10年先を見据えて世界をリードする将来性のある先端的な部品（フロンティア部品）を産学官が協力して研究・開発することが必要である。

#### 3.2 重要部品の選定基準

重要部品の選定基準は、以下のとおりとする。

##### (1) 暫新システム設計を実施する上で必須の部品

暫新プロジェクトを成立させるためには、高性能化、小型軽量化、高品質化を図り、国際競争力を持つ部品の国産化が必要である。これは、自律性の観点から極めて重要であるため、重要部品とする。

##### (2) 機器の品質保証をする上で、特に重要な基本技術を構成する部品

海外からの輸入部品の中には、不具合が多発しているものや調達性が悪く納期的にクリティカルなものがある。輸入部品に不具合が発生した場合、原因究明に制約があり、時間もかかり、開発スケジュールに大きな影響を及ぼすことがあり、これらに該当する部品を重要部品とする。また、上記の問題がない部品でも、単一故障点となる部品は信頼性上極めて重要であるため重要部品とする。

海外から輸入している部品の中には、供給または品質情報の提供が危ぶまれる部品、及び部品の入手ルートがシングルソースであり、入手不能になりかねない部品もある。これらの部品は財政上許容できる範囲で早期に国産化することが望ましい。

### (3) 国際貢献及び国際競争力を確保していくための部品

日本の優れた技術を利用した、将来的に市場性のある部品は、国内のシステムメーカーに利用されるのみならず、国際貢献をすることができる。このようなバーゲニングパワーとして、国際発言力を増すことができる部品を重要部品とする。

## 3.3 部品・材料の評価技術

部品の評価は、開発部品・輸入部品に拘わらず、基本的に重要な項目であり、以下の評価技術及び評価データを蓄積していく必要がある。

### (1) 宇宙固有の必要な評価技術

#### (a) 放射線評価技術

宇宙の放射線環境は、半導体部品に悪影響を与えるが、半導体技術は日進月歩であり、新たなプロセスで開発・製造される部品を評価する放射線評価技術を研究し、評価設備を含めた評価技術を最新化しておくことが必要である。

#### (b) 熱・真空・無重量評価技術

宇宙空間の温度環境、真空環境、無重量環境は、有機材料及びその技術を利用した部品、ハーマチックシール等を採用している中空部品、可動部を持つ機械的構造部品等に影響を与えるので、評価設備を含めた評価技術を最新化しておくことが必要である。

#### (c) アウトガス、オフガス、原子状酸素等の評価技術

宇宙で使用される有機材料に必要な評価技術である。新材料の採用に当たって十分な評価を行うとともに、評価結果及び関連情報をデータベースとして整備することが必要である。

#### (d) 寿命評価技術

(a)(b)の環境下で使用される部品に対し、加速性を含めた効率的な寿命評価技術が必要である。特に、真空環境下における寿命評価には、チャンパー等を含めた評価設備について検討が必要である。

### (2) 輸入部品を調達する上で、必要な評価技術

#### (a) DPA (Destructive Physical Analysis) 技術

輸入部品の品質を正しく評価するために必要な技術であり、部品の進展に

合わせて更新しておくことが必要である。

(b) 信頼性評価技術

調達時に提出される各種データを解析し、信頼性に関する問題点の有無を解析する評価技術が必要である。この技術を確保することにより、水際で不良ロットの混入を防ぐことが可能となる。

(c) 非破壊検査技術

封止前の写真、X線写真評価、PIND (Particle Impact Noise Detection) 試験評価は、それぞれに対応する部品に対して実施されており、そのデータを解析する技術が必要である。

(d) 製造プロセス評価技術

部品・材料の源泉検査等においてロット管理表をレビューし、製造プロセスを評価できる技術が必要である。

(3) 部品を評価する上で、必要となるサポート技術

(a) 適用技術

部品を宇宙空間で使用する場合に、必要となる放射線、熱・真空等への適用技術が必要である。

(b) 故障解析技術

機器等の試験中に生ずる故障に対し、その原因究明、対策等を立案する技術が必要である。

(c) 評価ボードの適用技術

重要部品を使いこなす上で、周辺回路を付加し、評価するための適用技術が必要である。

(d) アセンブリを含む実装技術

部品、プリント基板、コネクタ等を半田・接着剤等により接続するための実装技術が必要である。

(e) 定格外使用に対する支援技術

民生部品等については、部品の保証範囲を超えて使用する場合があり、その適用に対する支援技術が必要である。

## 4. 具体的方策

### 4.1 宇宙用部品に関する基本方針

宇宙用部品に関する基本的考え方は、以下の2点とする。

- (1) 我が国の宇宙用部品については、“自律性の確保”・“信頼性の確保”・“国際貢献及び国際競争力の確保”の3つの視点から方策を採る。
- (2) 部品評価能力の向上は、部品の変遷に拘わらず、多種の部品に普遍的・共通的な問題解決の効果をもたらすため、最も重要な課題である。部品評価能力の向上のためには、部品評価技術、部品基盤技術及びこれらを支える情報データベースの充実を図る。

上記基本的考え方に基づき、以下の方策を実施する。

- ・ 我が国として維持・発展していくべき部品を重要部品として位置付け、部品コストと安定供給の2点に視点をおき、今後3 - 5年程度の開発/維持計画を第1期計画として立案する。
- ・ 輸入部品については、部品の品質を国内の技術で評価出来る評価技術を確立すると共に、耐放射線性や真空潤滑等、宇宙用部品特有の基盤技術については、産学官が協力して基礎的な研究を続ける。
- ・ 今後10年先を見据えて世界をリードする将来性のある先端的な部品(フロントティア部品)を産学官が協力して研究開発する。
- ・ 部品の円滑な流通のため、重要部品の利用の促進・NASDA認定制度の見直し・民生用部品の活用・情報データベースの整備を行う。
- ・ 以上の具体的方針の推進は、技術研究本部・宇宙用部品開発推進センタが行う。

### 4.2 重要部品

#### 4.2.1 重要部品の選定

3.2項の重要部品の選定基準に基づき、表4-1を重要部品として選定する。

#### 4.2.2 重要部品の供給方策

##### (1) 電子部品の研究開発計画

電子部品の研究開発計画については、CPU周辺の能動部品(MPU、メモリ、FPGA等)、CPU周辺以外の能動部品(電力用部品、DC/DCコンバータ等)、受動部品(抵抗器、コンデンサ等)の3つに分類し、それぞれの対応策を確立する。

CPU周辺の能動部品については、世界に比肩する国内技術が必要であるとともに、システム構築(ソフトウェアを含む)の高度化を果たすため必須であり、技術性能を第一優先とする。

CPU周辺以外の電源系等の能動部品については、市場競争力の強化を図るための開発を進め、品質確認検査、製造ラインの維持などを支援し、安定供給できるシステム構築を目指す。

受動部品については、CPU 周辺以外の能動部品と同様の方法で部品の引き渡し価格を低減しつつ安定供給できるシステム構築を目指す。

具体的対応は以下の通りである。

#### ( a ) 能動電子部品

CPU 周辺の能動部品の開発方式として、部品コスト低減のため、COT ( Customer Owned Tooling : 顧客設計マスクによる生産方式 ) システムを採用すると共に、従来の設計・製造・試験 / 検査・品質保証を、それぞれ個々の作業を得意とする専門的中小企業に分担させる。また、CPU 周辺以外の能動部品については、少量多品種の製造を効率よく低コストで実施するため、定格混合ロット製造方式を確立する。

最先端の民生用高集積高機能部品及びその実装方式は、宇宙機システムの小型・高機能化にとっては大きな魅力である。宇宙用としての用途を考慮していないこれらの部品及び方式を宇宙に適用するための技術を確立する。具体的には、最先端の民生用半導体部品を宇宙用高信頼性部品に転用するために、民生用半導体チップをプロセス診断技術による信頼性評価を実施したうえで、宇宙用高信頼性パッケージにアセンブリする技術を積極的に推進する。

小型化を実現するための要素技術として、ベアチップ実装およびビルドアップ配線板技術がある。ベアチップ実装としては実装面積が最も小さい FCA ( Flip Chip Attach ) 技術を中心に研究を進める。

#### ( b ) 受動電子部品

製造・販売・品質保証に対する支援として、部品コストの低減及び安定供給のために、製造設備の維持支援、生産計画立案や販路拡大に関する支援等を実施する。さらに、製造設備の更新・移転・技術維持など、認定の維持に対し重要と思われるものに対しては、必要に応じて部品の品質を確認するための品質保証評価活動を計画する。

データベース構築による支援としては、TR ( Technical Review Board ) 支援を行う知的データベースシステムを構築する。加えて、需要予測支援システムを構築し、確度の高い長期需要予測を提供し、生産の効率化を図る。

部品コストの低減のために、QML ( Qualified Manufactures List : 製造ラインの認定リスト ) 移行に伴う部品仕様書作成を支援する。また、品質維持を目指したサンプル評価試験を実施する。さらに、ロット買いによるコスト低減へ向けての方策を検討し実施する。

#### ( 2 ) 機構部品・材料の研究開発計画

機構部品・材料の研究開発計画については、以下の開発・維持方策を採る。

入手性、自在性、継続性の観点から選定された重要部品については、デュアルソースの原則、国内製造能力の保有、国産品の優先使用の処置をとる。また、開発後の認定維持に関して発生するコストについては、それを支援する仕組みを検討する。

高性能、高機能、高品質で海外市場が期待できるとの観点から選定された重要部分については、開発を支援する。

需要が絶対的に少なく、採算上の課題を抱える熱制御材・塗料等については、国内外市場の拡大支援の処置を執る。また、宇宙用仕様の緩和や製造設備・更新支援の仕組み等についても検討を行う。

第1期開発部品に対する具体的対応は以下の通りである。

(a) 弁

弁は、典型的な技能・伝統技術関連製品であり、開発体制は部品メーカーがやり易い体制の提案を求め、宇宙用部品開発推進センターを中核とした産学官の連携・協力を強化する、既存の認定品で発生している問題点を部品メーカーとよく調整して対策を決めてからスタートする、などについて配慮した上で、特殊な技能を有する小メーカーが中心となって開発を行うのが適当である。

(b) 角度検出器等

角度検出器、減速歯車、ステップモータ、軸受については、海外レベルと同等以上の国内技術がある。また、これらを組合せたコンポーネント(アクチュエータ)は、高精度の制御が必要な回転駆動部に対し広く使用される可能性がある。開発に当たっては、部品メーカーがその市場で生き残るための戦略を描き、個々の部品単位での開発を主とするが組合せコンポーネント(アクチュエータ)としての開発についても検討を行う。

#### 4.3 部品に関する技術の研究

##### (1) 部品の基盤技術の維持・継承

機構部品・材料に関する基盤技術は、摩擦、潤滑、洩れ(シール)、締結などの機械要素の基礎となる技術である。これらの機構部品・材料に関する基盤技術の維持、継承に当たっては、NASDAは個別の基盤技術に対し専門的知識をもつ産学官の外部機関と積極的な連携・協力を図るべきである。関連学会においても産官との協力で活動を広げる動きがあり、これらとの連携も考えられる。例えば、次のようなものが挙げられる。

- ・日本トライボロジー学会シンクタンク研究会が検討中のセンター構想
- ・日本機械学会宇宙工学部門の産官との連携活動

電子部品に関する基盤技術は、放射線工学、実装工学、信頼性工学の3本にまとめることが出来る。放射線工学は、照射設備の問題があり、関係機関との協調体制の維持に注力する必要がある。また専用設備を確保することも視野に入れ、欧米の宇宙機関、国内大学との協力関係の維持も重要である。また、実装工学は、小型・軽量化、低消費電力、高機能化、コスト低減化に繋がる極めて重要な技術であり、積極的に産学官の連携を図り、設計標準等のガイドラインにとりまとめ公表するこ

とが重要である。関連学会として、電子情報通信学会、エレクトロニクス実装学会、日本信頼性学会が挙げられる。

これらの基盤技術の維持・継承は、宇宙用部品の拠点とすることを目的として設けられた NASDA 宇宙用部品開発推進センターに明確なグループを組織し、活動の中核として推進すべきである。

## (2) 先端部品（フロンティア部品）の研究

民生部品技術の発展に合わせ、10年後を見据えた“世界をリードする将来性ある部品技術”を研究し、“売れる部品”を開発することにより、魅力ある世界をリードし、世界の宇宙開発に貢献することが必要である。また、宇宙用部品の研究開発から民生技術へのスピノフ効果も併せて視野に入れる。部品技術毎に宇宙機関・大学・企業の中から、世界をリード出来る専門家を選任し、産学官の連携による時限的な研究チームを宇宙用部品開発推進センターに組織し、開かれた組織として時限研究を進めることが機動性の面から適切である。

研究テーマは、例えば MPU (SOI) / 高効率・長寿命・薄膜太陽電池 / 燃料電池 / MEMS (Micro-Electro Mechanical Systems) 等が考えられるが、いずれも、中長期的な研究ロードマップに基づく一貫性のある研究開発を行う。

## 4.4 部品の円滑な流通方策

### (1) 重要部品の利用促進方策

重要部品の選定については、宇宙用部品技術委員会の勧告を尊重して、NASDA が機関決定する。これらの選定された重要部品が広く使用されるためには、以下の方策を採ることが必要である。

- ・ 部品の品目毎に部品メーカ・システムメーカ・プロジェクト管理者を交えた開発連絡会を開催し、技術仕様・品質レベル・進捗状況・納入条件等の調整を行う。この際、国内及び海外市場を考慮したビジネスモデルを立てるのが望ましい。
- ・ 重要部品の開発は関係者に開かれた場所で行い、重要部品の普及啓蒙を徹底する。
- ・ 重要部品の優先的使用をプロジェクトの部品選定基準 (GBA-99010 など) に明記し、契約に適用する。
- ・ 重要部品の調達、基本的には契約会社が行うものであるが、宇宙用部品開発推進センターは各プロジェクトを開発初期から横断的に概観し、調達コストの低減化、部品技術・適用について協力・支援を行う。
- ・ サポート体制を整え、アフターケアが行き届くようにする。

例えば、選定した重要部品 (MPU / メモリ / 外部インタフェース等) を使用した汎用ボードを部品提供側で開発し、ソフトウェア開発環境と共に機器メーカに

- 提供する。また、仕様変更に伴う技術検討・評価について積極的に支援する。
- ・ 重要部品の選定、仕様、開発状況などの情報を部品技術情報データベースで、タイムリーに提供・公開し、関係者の便宜を図る。
  - ・ 国内外を含め、重要部品の市場拡大に努める。

## (2) 認定制度の見直し

部品の認定制度については、米国で始められた QML (Qualified Manufactures List : 製造ライン毎の認定リスト) 認定制度を積極的に取り込み、部品製造者側の自主性を尊重し、コスト低減、新規部品 / 製造ラインの採用が容易に出来るシステムとする。

この効果として、低コスト認定部品の入手が可能となり、製造ラインの維持が容易になる。また、民生部品の製造ラインの認定化が可能になり、品種拡大に繋がる。さらに、管理等を部品メーカーの判断 (TRB) で行うことが可能となり、製造・検査等に関する懸案事項をスピーディに処理することが出来る。

さらに、部品登録制度では、現状 NASDA の発行した部品リストの PPL、QPL(Qualified Products List : 製品毎の認定リスト)、QML に加えて、プロジェクト毎に NSPAR(Non-standard Parts Approval Request : 非標準部品承認申請書) による承認された部品の中から、引き続きプロジェクトで使用される可能性のある部品を、部品仕様書とデータが公開できることを条件に順次登録し公開する。また、部品メーカーからの登録要請に対しても、部品仕様書とデータが公開できることを条件に順次登録・公開する計画である。この結果、宇宙用部品の品種の拡大を図ることが可能となる。この考え方にに基づき、部品登録制度を促進するものとする。

登録する部品は以下のものを考えている。

- ( a ) NASDA が開発した宇宙用高信頼性部品 ( 軌道上で長期間のミッションに対応できる部品 )
- ( b ) これまでに認定された NASDA 認定部品 ( 従来の QPL、QML 部品 )
- ( c ) NASDA が評価し宇宙用と認められ、また所要の情報が準備できて高信頼性部品と判断できる部品 ( 輸入部品も含む )
- ( d ) プロジェクトで認定した部品で宇宙用高信頼性部品と判断できる部品。( 現在適用されている NSPAR(Non Standard Parts Approval Request : 非標準部品承認申請書) の部品を指す。輸入部品も含む )
- ( e ) 国内の NASDA 以外の宇宙機関が宇宙用と認めた部品で所要の情報が提供される部品
- ( f ) 部品の供給者が自ら仕様を定め、それによる試験データが提供でき、必要な品質管理基準により製品が供給できると認められる部品

### (3) 民生用部品の活用

民生用部品を宇宙用として適用することは、小型高機能化、軽量化およびコストダウンの課題をクリアするために最も有効な方策の一つである。しかし、最近の民生用部品は高性能・高機能であるが、宇宙用に設計・製造された部品ではないため、宇宙用の高信頼性部品に比べて設計変更が多く一部品質も安定していない面もある。このため、民生用部品について耐放射線性を含む耐宇宙環境性の試験方法、評価手法を確立し、宇宙用としての的確に評価するための技術が必要であると共に、品質及び信頼性を十分考慮した上で、民生用部品を宇宙で使いこなす技術の確立を行う。これらの成果をもとに、放射線等の宇宙評価、選定ガイドラインを制定し、広く活用を図る。

また、民生用部品を宇宙用に使いこなすために、地上評価結果の妥当性を確認することを目的とした宇宙機での実証を継続的にかつ計画的に行うことは、極めて重要である。

民生用部品を活用する上で解決すべき代表的課題としては、以下のものがある。

- ・ 民生用チップの宇宙用パッケージ実装技術
- ・ 光回路部品の放射線異常劣化現象の解明
- ・ 高密度実装の信頼性評価技術
- ・ プラスチックパッケージ IC の宇宙適用性の検討

### (4) 部品の情報データベースの整備

「部品データベース」は、部品に係るデータ/情報を、ユーザの要求を満たしつつ、一元的かつ効率的に管理/運用することにより、宇宙用部品の信頼性、品質及び調達性を確保し、もって宇宙機システムの信頼性確保に寄与させることを目的としている。

部品データベースシステムの整備目的は、以下の3点である。

#### (a) 部品の適正な使用の推進

NASDA のプロジェクトを強力に支援するとともに、システムメーカーの適正な部品（信頼性部品）使用を図るべく、必要な部品データ/情報の開示及び教育/啓蒙を行うことにより、宇宙機システムの信頼性を確保することに資する。

#### (b) 品質システムの再構築

部品メーカーに対し、品質保証プログラム計画書データベースシステムの導入/運用を図ることにより、QML 部品の品質を確保する。

#### (c) 部品国際間協力/調達の場の拡大

認定辞退部品の代替品、海外 QML 部品等に係るデータ/情報を開示して、システムメーカー等の部品調達を支援するとともに、海外機関には、NASDA

PPL(Preferred Parts List : 推奨部品リスト)に係るデータ / 情報を開示することで、NASDA 認定部品のクラス格差を是正させ、もって部品の国際間協力 / 調達のを拡大することに資する。

公開される部品データの内容により、以下の4つの公開サーバにより、ユーザ向けに構成する。

- ・ NASDA 社内向けサーバ (NASDA 版サーバ)
- ・ 国内向け公開サーバ
- ・ 海外向け公開サーバ
- ・ 品質保証プログラム計画書データベース公開サーバ群

公開する情報は以下のものとする。

- ・ 認定部品情報
- ・ 部品仕様書等の文書情報
- ・ 部品メーカー等の情報
- ・ 部品認定の管理情報
- ・ 部品の不具合情報
- ・ 部品に関連する総合的な情報
- ・ 部品に関する一般技術情報

なお、公開する情報については、セキュリティを十分考慮したシステムとする。

表4—1 重要部品一覧

区 分		部品名	備 考	
電 子 部 品	能 動 部 品	CPU 周辺	CPU (マイクロプロセッサ)	第1期で開発
			ISSP or FPGA(FeRAM) FPGA(SRAM)	// (比較検討を行い、1種に絞り込む)
			SRAM(メモリ)	//
		電 力 用 部 品 等	実装技術	//
			アナログ マルチプレクサ	//
			トランジスタ 電力トランジスタ	//
			高速フォトカプラ	//
			DC/DCコンバータ	//
			受 動 部 品	コンデンサ
	抵抗			
	コネクタ			
	オシレータ			
	機 構 部 品 ・ 材 料	衛星 コンポーネント	ジャイロ스코ープ	
			ホイール	
ロケット/衛星		遮断弁	第1期で開発	
		逆止弁		
		推薬弁	第1期で20N級を開発	
		調圧弁		
		圧力センサ		
		温度センサ		
ロケット		ポンプ軸受		
		ポンプ軸封シール		
衛星/ 宇宙 ステー ション		パ ドル ・ アン テナ 系	角度検出器	第1期で開発  これらを組合わせたアクチュエータとしての開発も検討
			減速歯車	
			ステップモータ	
			軸受	
ロケット/衛星		熱制御材		
		塗料		
		推薬		

## 5 . 勧告事項

4章の具体的方策を踏まえ、以下の事項を勧告する。以下の勧告を確実に実施することにより、3章に示した課題の解決が図れるものと確信する。

### 全般的勧告

勧告1：部品問題を我が国が宇宙開発を展開する上での根元的なものと位置付け、プロジェクトの枠を越えて**体系的に取り組む**ことが、経済性・開発の効率性の観点からも望ましい方向となる。但し、全体の仕組みに不具合があったときにフィードバックが出来る仕組みを考えるものとする。

勧告2：“**自律性の確保**”・“**信頼性の確保**”・“**国際貢献及び国際競争力の確保**”の観点から、部品コストと安定供給を考慮し、部品の維持・発展を進めていくものとする。

勧告3：部品評価能力の充実・向上のため、**部品評価技術**、**部品基盤技術**及びこれらを支える**情報データベース**の充実を図るものとする。

勧告4：**重要部品**は、3年程度を目処に見直しを行うと共に、今回提示された重要部品については、今後**3 - 5年間で開発・供給体制の維持**をしていくべきである。この際、技術性能を優先するもの・市場競争力の強化を優先するものに分類し、安定供給が可能なシステム構築を進めるものとする。

勧告5：開発された重要部品が**確実に使用される仕組み**を確立すべきである。すなわち、開発連絡会の設置・プロジェクトへの優先的使用・プロジェクト間の横断的調整・アフターケアのサポート体制の充実・国内外を含めた市場の拡大等のシステムを早急に整備するものとする。

さらに上記勧告を支える具体的・技術的勧告は以下の通りである。

勧告6：機構部品・材料の**基盤技術**である摩擦・潤滑・締結などの技術及び電子部品の**基盤技術**である放射線工学・実装工学等は、部品故障の原因究明・品質向上のため推進する必要があり、産学官の外部機関と積極的な連携・強化を図るものとする。

勧告7：海外部品を調達する上で必要な品質評価を行う技術（非破壊検査技術等）の**評価技術**の研究・開発を進め、評価データの蓄積をはかるものとする。

勧告 8 : 10 年後を見据えた “ 世界をリードする将来性のある部品技術 ” を研究し、“ 売れる部品 ” を開発するため、先端的な部品（**フロンティア部品**）を産学官の連携による時限的な研究プロジェクトチームにより研究・開発するものとする。

勧告 9 : 民生用部品を宇宙機へ適用するためには、地上での耐宇宙環境性の試験方法、評価方法を確立すると共に、地上評価試験の妥当性を確認する事を目的とした**宇宙実証**を継続的かつ計画的に行うものとする。

勧告 10 : コスト低減・新規部品/製造ラインの採用が容易になる QML 認定制度を積極的に取り込むと共に、宇宙用として使用できる品種の拡大を図ることを目的とした、**部品登録制度**を促進するものとする。

これらの勧告を実現するため、宇宙用部品開発推進センターの人的・資金的充実が望まれる。

## 6. おわりに

本委員会は、宇宙用部品の供給側である部品メーカーとユーザー側であるロケット・人工衛星システムメーカー、学識経験者ならびに宇宙開発事業団のプロジェクト担当者・部品開発担当者が、一堂に会して率直な意見交換を行うことから開始された。従来は、部品供給側とユーザー側相互の意志疎通が必ずしも十分ではなかったが、本委員会では委員諸氏が率直に意見を出し合うことにより、相互の理解が深まると同時に、現在抱えている問題を一致協力して解決しようという機運が盛り上がったことは、特筆すべき成果であると思われる。

宇宙用部品生産量が米国とは文字通り桁違いに少なく、かつ、各種の規制に拘束される中で、「宇宙開発の自律性確保」の観点からも十分議論を重ね、開発シナリオと短期的な基本戦略の策定を行った。また、電子部品と機構部品・材料の二分科会を設置し、より具体的な討議を行った。両者の間には、製品ライフサイクルや基本技術が根本的に相違することも認識されたが、委員全員の努力により、両分科会の結論を統合した形で本報告書をまとめることが出来た。このような体系的な検討の結果、本報告書では、今後3年間程度の計画に重点を置いて具体的な方策を提示した。しかしながら、全体の仕組みが万全であるわけではなく、今後の実行段階において、その一部に不具合や不整合があった場合には、それをフィードバック出来る仕組み（フィードバック効果のオープン化）が重要である、と認識している。

また、宇宙用部品問題は、単に宇宙産業だけの問題ではなく、我が国の製造業の縮図でもあり、多方面からの考察が今後とも必要である。

今後の我が国の宇宙開発においては、如何に部品問題に取り組んでいくか、がその成否の鍵を握ると言っても過言ではない。従って、本報告書における提言に宇宙開発事業団が真摯に取り組むと共に、産学官が連携して宇宙開発事業団の取組みに協力していくことが肝要である。

最後に、本報告書の内容が広く国内外から理解されると共に、宇宙開発事業団（10月からは宇宙航空研究開発機構）において確実に実施されることを期待する。

## 宇宙用部品関連用語の解説

### 2. 宇宙用部品の現状と課題

#### NASDA 認定部品

NASDA が、認定した部品。認定の条件として、仕様書が公開されていること、その仕様書に基づき認定試験を実施され、合格していること、部品の設計・製造・品質保証に関して、品質保証プログラムが設定され、継続的に運用されていること、が挙げられる。

#### システムメーカ

衛星・ロケット等のシステム及びサブシステムを製造する会社のことを指し、部品製造会社と区別している。

#### 部品メーカ

衛星・ロケット等に使用する部品を製造する会社のことを指し、システム会社と区別している。

#### 能動部品

主に集積回路・トランジスタ・ダイオード等のことを指し、部品ひとつで機能するもの。

#### 受動部品

抵抗、コンデンサ、コイル等のことを指し、それ単体では機能しないもの。

#### CPU (Central Processing Unit)

コンピュータの中で、各装置の制御やデータの計算・加工を行う中枢部分。メモリに記憶されたプログラムを実行する装置で、入力装置や記憶装置からデータを受け取り、演算・加工した上で、出力装置や記憶装置に出力する。

#### QFP (Quad Flat Package)

IC チップのパッケージ方法の一つ。外部入出力用のピンをパッケージの四辺に配したものの。

#### BGA (Ball Grid Array)

IC チップのパッケージ方法の一つ。平たいパッケージの下面に外部入出力用のパッドが

並んでいるタイプのもの。

CSP (Chip Size Package)

チップサイズと同等の大きさもしくはそれに近いサイズのパッケージの総称。

携帯電話等の通信機器、カメラ一体型VTR、携帯情報機器等、多種多様な携帯機器の超コンパクト化に対応した超小型のパッケージのことを指す事が多い。

ベアチップ (Bare Chip)

パッケージングされていない裸の状態のシリコンチップ。

### 3 . 課題の検討とその対応

自律性

他国の影響を受けることなく、独自に目標とするシステムを設計・製造・品質保証できる能力を有していることを指す。

DPA (Destructive Physical Analysis)

破壊物理解析。完成品の部品を分解し製造に起因する潜在的問題点を解析する手法のこと。

非破壊検査

対象物を破壊することなく検査する方法。X線、超音波、電磁誘導、蛍光染料などを利用する方法がある。これらの方法の総称である。対象物を変形、変質させることなく検査できることが長所である。

PIND (Particle Impact Noise Detection)

非破壊検査のひとつ。ハイブリットICに代表される中空部品に対して、部品を分解することなく、中空部分に存在する異物について衝撃・振動を与え、音・ノイズ波形をモニターすることにより、検査する手法のこと。

### 4 . 具体的方策

MPU (Micro Processing Unit )

コンピュータ内で基本的な演算処理を行う、いわばコンピュータの心臓部に当たる半導体チップ。歴史的には、コンピュータの演算処理は複数の半導体チップが連携して行っており、この半導体チップ群を「中央処理装置(CPU)」と呼んでいた。マイクロプロセッサは中央処理装置を1個の半導体チップに集積した部品として生まれたが、現在はマイクロプロセッサが全ての演算を担当するのが当然になっているため、CPUという言葉

も MPU と同じ意味として使われている。

FPGA (Field Programmable Gate Array)

ユーザが設計した回路をチップ製造後にプログラミングすることが可能な LSI のこと。

ISSP (Instant Silicon Solution Platform)

早く、簡単に、しかも低コストで高性能なシステム LSI を実現できるデバイス

COT 生産方式 (Customer Owned Tooling)

回路マスク設計とチップの生産を分離して発注する方式で、特に自社で製造装置を持たないメーカーの大半はこの方式を採用している。

TRB (Technical Review Board)

QML 認定されたメーカーに於いて設置を義務づけられている委員会である。本委員会では、部品の製造工程・設計等に変更が生じた場合、その変更内容が信頼性に影響を与えないかを審査する機能を持っている。

QML (Qualified Manufacturers List)

部品を製造する工程を認定することにより、その工程で製造される部品を認定する方式で、ライン認定といわれている。部品単体に対する認定よりも効率がよく低コストで高信頼性が得られるため、米国を中心に普及しつつある。

COTS (Commercial Off-The-Shelf)

民生用部品を指す総称。商品棚に陳列(Off-The-Shelf)されているものというのが語源。

PPL (Preferred Parts List)

推奨部品リスト。宇宙用に使用することが認められた部品を集めてリスト化したもの。

QPL (Qualified Parts List)

認定品目表。各種ロケット、人工衛星等に使用する部品及び材料について、特定機関が認定した部品リストを指す。

角度検出器

太陽電池パドル、アンテナ等の駆動機構において、回転位置決めや速度制御を行うために回転角度や速度を検出するセンサ部品を指す。検出原理の違いから、光の透過、反射、

回折の変化を検出する光学方式、磁気の極性（N / S）の変化を検出する磁気方式、電磁誘導起電力の変化を検出する電磁誘導方式等がある。

#### 減速歯車

ここでは、ハーモニックドライブのことを指す。ハーモニックドライブは、小型軽量でありながら大きな減速比が得られる減速機である。また、安定した高剛性が得られるため、優れた角度伝達精度と回転精度が得られる。フレクスプライン（薄肉カップ状外歯歯車）、サーキュラスプライン（円筒内歯歯車）、ウェーブジェネレータベアリング、ウェーブジェネレータプラグから構成される。

#### ステップモータ

一般的に、外部から与えられるパルス信号を受け、ステータ巻線に生ずる電磁力でロータを吸引し、このパルス信号数に比例した角度だけ出力軸が回転するモータを言う。回転速度は入力パルス信号の周波数（パルス頻度）により、回転角度は入力パルス信号総数により、単位ステップ角はロータとステータの機械的構造により決まる。

#### コンポーネント

機構部品・材料分科会では、次のように定義した；接続端子あるいはポートをもち、他の部品と接続できる部品（バルブ、半導体など）あるいはサブシステム（ジャイロ、ホイールなど）。元来は、電気・電子部品を対象に用いられていたが、最近では、推進系、機構系でも用いられている。

#### トライボロジー

相対運動をしながら互いに干渉し合う2面、並びにそれに関連した諸問題と実地応用に関する科学と技術、として定義されている。

#### SOI（Silicon On Insulator）

絶縁膜上のシリコン薄膜に回路を形成するもので、素子の動作可能領域が酸化膜によって完全に分離されている特殊な構造を持つ。耐放射線性のうちシングルイベント現象に強い構造になっている。また、次世代低消費電力デバイスとして注目されている。

#### MEMS（Micro Electro-mechanical Systems）

マイクロ構造体、マイクロセンサ、マイクロアクチュエータ、マイクロ機械もしくはマイクロシステムに関する技術の総称である。我が国で一般的に用いられている「マイクロマシン技術」とほぼ同様の意味をもち、寸法がマイクロメートルからサブミリメートルのオーダーの部品で構成された機械に関する技術を言う。

NSPAR ( Non-Standard Parts Approval Request )

NASDA 認定部品以外の部品等、システムへの適用基準を満足しない部品を、何らかの理由によりシステムへ適用したい場合に、適用可能であることを示す根拠を添えて、適用の承認を求めて行う申請（非標準部品承認要求）を指す。

MMIC ( Monolithic Microwave Integrated Circuit )

日本語では、モノリシックマイクロ波集積回路と呼ばれ、ひとつの半導体基板の上に、“能動素子”と“受動素子”を混在させて作った集積回路のことをいう。

ジャイロスコープ

慣性空間に対して運動する物体の角速度を検出する機器で、回転体の回転軸まわりの剛性や歳差運動を利用するもの（機械式ジャイロ）、回転の際の振動体へのコリオリ力を利用するもの（振動ジャイロ）、回転体中の光の光路差を利用するもの（光学式ジャイロ）など様々な方式のものがある。

ホイール

円盤を回転させることでその反力や回転軸まわりの剛性により宇宙機の姿勢を制御する機器で、反力を利用するものをリアクションホイール、回転剛性を利用するものをモーメントムホイールと呼ぶ。通常は玉軸受が用いられるが、磁気軸受を用いるものを磁気軸受ホイールと呼ぶ。

遮断弁

配管の途中に設置され、系の接続・分離を司る。信号により開 閉 開と状態を変化させる。

推薬弁

エンジン部品の1つ。燃焼室または触媒部へ推進薬の供給を制御するためのバルブ。通常は閉状態であるが、エンジン作動時には開となって推進薬を通し、噴射する。

SRAM ( Static Random Access Memory )

メモリの一種。蓄積しているデータを保持するための操作（リフレッシュ操作）が不要なく、高速動作が可能である。しかし、回路が複雑となり、集積度を上げにくいという欠点を併せ持つ。

## ヒドラジン

$\text{N}_2\text{H}_4$ 。融点は 274.3K、比重 1.01、水に近い無色透明な液体であるが、毒性が強い。常温貯蔵が可能。触媒分解反応を利用した一液式推進薬、もしくは酸化剤と組合せた二液式推進薬の燃料として使われる。

## NTO

$\text{N}_2\text{O}_4$ 。四酸化二窒素。比重 1.44、黄褐色液体。常温貯蔵が可能だが、蒸気圧は高い。酸化剤として多くの燃料と自発火性がある。純粋な場合侵食性は弱いですが、水分を吸収すると強力な酸を生成し侵食性が強くなる。