

宇宙航空研究開発機構特別資料

JAXA Special Publication

平成18年度 宇宙用部品技術委員会報告書
—第1期重要部品及び第2期重要部品の開発進捗状況—

宇宙用部品技術委員会

2007年3月

宇宙航空研究開発機構
Japan Aerospace Exploration Agency

宇宙航空研究開発機構特別資料

JAXA Special Publication

平成18年度宇宙用部品技術委員会報告書
—第1期重要部品及び第2期重要部品の開発進捗状況—

宇宙用部品技術委員会

2007年3月

March 2007

宇宙航空研究開発機構

Japan Aerospace Exploration Agency

目 次

1. はじめに	1
2. 勧告の進捗状況	2
3. 第1期重要部品の進捗状況	11
3.1 電子部品.....	11
3.2 機構部品・材料.....	15
4. 第2期重要部品の選定	17
4.1 電子部品.....	17
4.2 機構部品・材料.....	17
5. おわりに	19
参考資料	
(1) 宇宙用部品技術委員会 構成員	20
(2) 宇宙用部品技術委員会の開催経緯	21

1. はじめに

宇宙開発プロジェクトの確実な実施のためには、信頼性の高い宇宙用部品の継続かつ安定供給が不可欠である。宇宙システムの信頼性向上と自立性確保を目標において平成14年10月に第1回宇宙用部品技術委員会(以下「本委員会」という)が開催され、併せて、電子部品分科会及び機構部品・材料分科会が活動を開始した。宇宙用部品は、もともと他品種・少量生産のため大量生産を前提とする部品関連企業の生産体制とは整合を取りにくい、厳しい経済環境の中で採算がとれない宇宙用部品の生産を中止するなど深刻な状況が出現している。この状況は、日本のみならず欧州や米国においてさえも深刻な問題となりつつある。

これに加えて、米国が2002年から強化したITARによる事実上の輸出規制が日本・ヨーロッパなどの宇宙開発に深刻な問題を投げかけている。最恵国待遇の日本に対してさえも輸出許可に要する期間の増大、部品・コンポーネントなどに関する技術情報の開示に対する規制が厳しくなり、一部の部品については是非とも国産化すべきであるとの要求も強まりつつある。欧州ではITARフリーの部品調達方法が真剣に検討され、2004年2月5日付けのESA長官から各国代表へのレターによってECI活動が開始され、フェーズ1及びフェーズ2部品の開発が進められている。

このような状況を踏まえ、本委員会は両分科会の検討結果を踏まえて平成15年6月に「宇宙用部品技術委員会報告書」をまとめ、同時にJAXA全体として取り組むべき方策を含む10項目の勧告を行った。平成16年5月にこれらの勧告事項の進展状況をまとめて今後の取るべき方向を明らかにし、平成17年6月に両分科会を経て本委員会で決定しJAXAへ提案した第1期重要部品の開発進捗状況及び第2期重要部品の選定状況をまとめた。部品開発に割り当てる資源の制約から極度の重点化、及び開発ペースのスローダウンをせざるを得なかったものの、第1期重要部品として選定した5品種の電子部品・機構部品の開発を完了し、成果を達成することができた。

この報告書では、継続して開発中の第1期重要部品及び第2期重要部品を中心にこれらの進捗状況をまとめると同時に、勧告1の「プロジェクトの枠を越えて体系的に取り組む」活動概要を記載した。

部品の供給に関しては依然として米国に依存する状況が続いているが、自律性の観点からも長期的に見て重要な部品の自主開発及び開発を完了した重要部品の継続かつ安定供給を図るとともに、ESAなどとの開発分担による国際協力を推進することが必要である。また、開発を完了した重要部品が確実に使用される仕組みの確立、電子部品及び機構部品・材料の基盤技術の推進、先端的な部品(フロンティア部品)の研究・開発など、今後の課題もある。今後とも努力を惜しむことなく部品技術の維持・発展を図っていきたい。

2. 勧告の進捗状況

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。

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、ITAR 等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に従って、電子部品分科会において、より具体的な討議を行った。プロジェクトの枠を超えた体系的な取り組みとして次の事項に関する活動状況を紹介し、必要な意見を提供した。

(1) 電子部品分科会

- (a) 海外部品・コンポーネントの品質向上検討委員会
- (b) 鉛フリーコミュニティ
- (c) 宇宙用部品プログラムの見直し

(2) 機構部品・材料分科会

- (a) 宇宙用フライホイールバルブ
- (b) 高信頼性化タスクフォース

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。

重要部品の定義を以下の様に平成 14 年に定めた。

- (1) 暫新たなシステム設計を実施する上での必須の部品
- (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
- (3) 国際貢献及び国際競争力を確保していくための部品

第 1 期重要部品のうち、電子部品 3 品種、機構部品 2 品種については平成 18 年度に開発を完了した。残りの重要部品、及び第 2 期重要部品についても強力に検討・開発を推進している。

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。

(1) 認定部品データベース

- 平成15年4月より JAXA 認定部品に係る部品の概要、認定試験仕様書、部品製造業者などの情報を一般に公開した。開示情報の中に外為法で開示が規制されるものが一部あり、それらについては ID 及び PW を付与した登録者のみに開示を制限している。
- 平成19年1月末現在の登録者数は、国内登録者:約430名、国外登録者:約50名となっており、平成18年2月現在の登録者数(国内登録者:約400名、国外登録者:約50名)に対して国内登録者数が僅かに増加している。
- アクセス数は、データベースの利用の度合いを示す尺度であるページビューで見ると、国内向けが月平均約25,000ページビュー、海外向けが約5,000ページビューとなっており、昨年度(国内向け:月平均13,400ページビュー、海外向け:月平均約3,500ページビュー)に対して増加しており、特に国内向けは約1.8倍アクセス数が増加している。

(2) プロジェクト承認部品データベース

- 平成16年4月より JAXA 職員用として公開した DRTS、ADEOS-II、ALOS、ETS-VIII、WINDS などのプロジェクトで使用されたプロジェクト承認非標準部品のデータベースについて、改善点を反映し平成18年8月に一般向けに公開した。データにはシステムメーカーのノウハウなどが含まれているため、アクセス者(システムメーカー、一般ユーザ)に対応したデータ公開範囲を決め、希望者に ID 及び PW を付与してアクセスする仕組みとした。公開以降も継続してデータを追加し、平成18年1月時点で延べ2,400件である(図1参照)。
- WEB 上で登録・申請のできるプロジェクト承認部品データベースとして整備を進め、今年度から GPM/DPR、QZSS について実施することとした。これによって APL 及び NSPAR のスムーズな処理が期待される。

(3) 材料データベース

- 検索できるデータを増やし、引き続き公開中である。

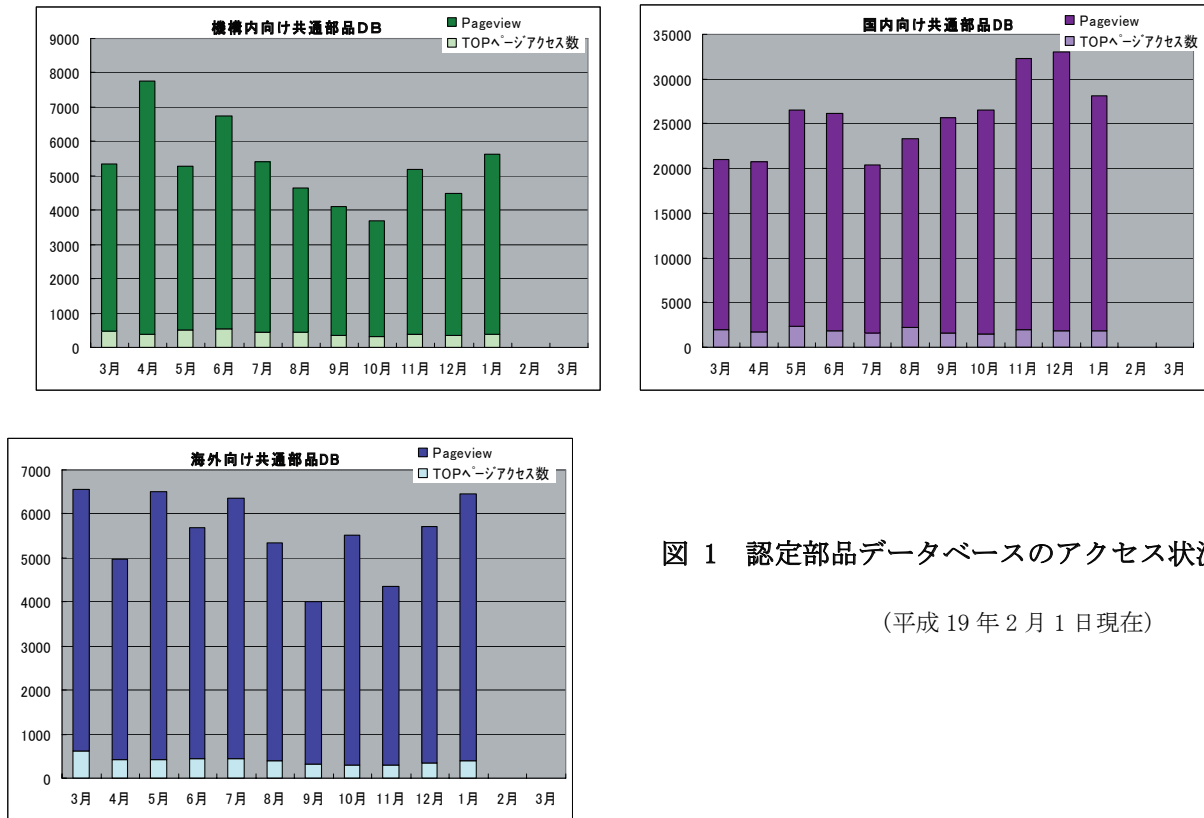


図 1 認定部品データベースのアクセス状況

(平成 19 年 2 月 1 日現在)

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。

－第1期重要部品及び第2期重要部品の開発進捗状況－

- (1) 第1期重要部品の研究開発スケジュールは図2の研究開発スケジュールに従って開発を進め、第1期重要部品として選定した電子部品・機構部品のうち、次のものについては開発を完了した。
- (a) 200MIPS級 64bitMPU
 - (b) DC/DC コンバータ
 - (c) パワーMOSFET
 - (d) 遮断弁
 - (e) 角度検出器
- (2) 第1期重要部品と同じ定義に従って選定された次の第2期重要部品について、検討・研究を継続中。
- (a) アナデジ混載 LSI
 - (b) 大電力ヒューズ
 - (c) 水晶発振器
 - (d) 基板実装技術 (FCP、BGA)
 - (e) スリップリング
 - (f) 低衝撃保持解放機構

	14FY (2002)	15FY (2003)	16FY (2004)	17FY (2005)	18FY (2006)	19FY (2007)
(1)200MIPS級 64bit MPU	設計	試作・評価 ▲ES品支給	QT品製造 プレQT	QT ▲QT品支給		
(2) DC/DC コンバータ	試作・評価	QT品製造	QT	▲QT品支給		
(3)パワー MOSFET	試作・評価	DC/DC用QT ▲QT品支給	試作・評価	QT		
(4)バースト SRAM		開発検討	ES製造・評価	最終製品版製造・評価 ▲ES品支給		QT
(5)プログラム 書換デバイス		開発検討		要素試作・評価 (SOI, HBDセル)		ES製造・評価
(6) フォトカブラ		開発検討	受光素子評価	一時中断		
(7-1) 受動部品 (積層セラミック コンデンサ)		開発				
(7-2) 受動部品 (その他)		開発 フィルム コンデンサ		大学との共同研究を予定 水晶発振器		

	14FY (2002)	15FY (2003)	16FY (2004)	17FY (2005)	18FY (2006)	19FY (2007)
(8) 減速歯車		設計	試作・評価		QM製作、QT	
(9) 角度検出器		設計	試作・評価	QM製作、QT		
(9) 遮断弁		設計		QM製作、QT		
(9) 20N推葉弁		調査	設計	試作・評価	QM製作	QT
(10)スリップ リング					設計	試作・評価
(11)低衝撃保持 解放機構					設計	試作・評価 QM製作

図 2 重要部品の研究開発スケジュール

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。

- (1) 開発連絡会を、必要に応じて非定期に開催し、ユーザとの連絡を密にしている。
- (2) プロジェクトへの優先的使用に関連し、JAXA 安全・信頼性推進部が実施中の宇宙用部品プログラム標準の見直し作業に、GBA-99010「電気、電子、電気機構(EEE)部品プログラム標準」をどのように盛り込むべきかの検討を実施した。
- (3) プロジェクト対応は次の通りである。
 - (a) WINDS : 部品プログラムの初期段階から支援、APL/NSPAR のレビューなどを継続中。
 - (b) GPM/DPR : 部品プログラムの初期段階から支援し、NASA/GSFC とのインターフェース調整にも参画して、部品基準書の制定を実施。引き続き、WEB による APL/NSPAR のレビューなどを実施予定。
 - (c) 準天頂衛星/測位システム (QZSS) : 部品プログラムの初期段階から支援し、部品品質レベルの適正化と部品基準書の設定を支援中。引き続き、WEB による APL/NSPAR のレビューなどを実施予定。
- (4) 開発が完了した機構部品について、JAXA 総合技術研究本部で制定されたコンポーネント登録制度に従って登録予定。

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る、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。

(1) 電子部品

(a) 電子部品の耐放射線性の研究

- ・ 微細化の進む半導体素子および太陽電池に対する放射線照射試験（重粒子イオン、プロトン、電子線、 γ 線）を実施し、特性劣化・誤動作・損傷に関するデータを取得するとともに、その発生メカニズムの解明と放射線耐性強化回路の試作評価を継続的に実施している。
- ・ 得られた成果を SRAM/FGPA の開発にフィードバックし、放射線耐性を向上させることに成功した。
- ・ 放射線耐性強化回路に関しては特許申請中。（日本原子力研究所、理化学研究所との共同研究）
- ・ Si フォトダイオードの低温下における中性子線照射損傷を評価及び半導体の劣化機構の比較検討のために、SOI (Silicon on insulator)MOS トランジスタの電子線照射試験による評価を実施した。現在、発光デバイスの評価を実施中。（熊本電波高等専門学校）

(b) 民生用電子部品・実装技術の宇宙適用性の研究

- ・ CNES、ESA との連携を強化し、放射線試験の相互実施、データの共有化を図るワーキンググループ会合を継続して実施している。
- ・ 民生用セラミックコンデンサの最新技術動向（誘電体製造方法とシート厚さ、及びすずめっき端子のウイスカ実験結果）と宇宙適用性について、米国の G11/G12 で発表し、NASA と意見交換を行っている。
- ・ 宇宙用バースト SRAM チップの3次元実装モジュールの設計・試作を行い、3次元実装技術の宇宙適用性の検討を進めた。

(2) 機構部品・材料

- ・ 宇宙トライボロジーWG を発足させ基盤技術の推進を加速させている。

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。

プロジェクトの不具合品を中心に輸入部品等の品質評価を行なった。

- (1) Actel 製 FPGA 信頼性評価試験の検討、支援
- (2) チップ抵抗器不具合解析支援

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。

(1) 電子部品

(a) SOI(Silicon on Insulator)

平成 17 年度より FeRAM/FPGA への適用に向け、試作評価を計画したが、採用を想定していた国内の企業が FeRAM から撤退したため、SRAM ベース FPGA をターゲットとした。今年度は、SOI ウェハに搭載予定の FPGA についてフィージビリティスタディを実施し、同一のチップ面積の場合、約 1/2 の面積で対抗企業の容量を実現できること、かつ消費電力は約 1/3、スピードは 15%程度速くなるという結果が得られた。したがって、RAM を当初の FeRAM から SRAM に切り換えた FPGA の研究を進めることとした。引き続き、SRAM ベース FPGA の設計及びその検証を進める予定である。

(b) SiC/GaN

ワイドギャップ半導体は、高温での動作が可能であり、電力制御素子の小型・高効率化が期待できる。現在、SiC ショットキーダイオードの基本的な耐放射線性評価を実施すると共に、GaN ダイオードの試作準備を進めている。

(2) 機構部品・材料

ナノテク・MEMS など新たなテーマについてはリソース不足もあり研究動向調査レベルに留まっている。しかし、形状記憶ポリマーやイオン性流体など、既に先行的・萌芽的研究として JAXA で進められていたテーマに関しては、宇宙適用性の基礎的な検討が進められている。

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。

- (1) 民生用部品の耐宇宙環境性の試験方法、評価方法を確立
 - (a) 民生用部品を評価し宇宙に適用できるガイドラインを CNES と共同で作成しており、具体的に JAXA の民生用部品評価プログラム(プロセス診断技術)で CNES から提供された民生用部品の評価を実施中である。
 - (b) CNES と宇宙放射線モデルの交換を行い、モデル作成のために足りないデータを取得するための衛星搭載計画を共同で検討中。
- (2) 宇宙実証計画の策定 (小型衛星等への搭載性の検討)
 - (a) 外国の打ち上げロケットも含めた宇宙実証を平成 17 年度から計画。JAXA 総研本部実証衛星に高性能 64bit MPU を搭載する。今年度は BBM を製作してソフトウェアを含む動作状態の検証を実施するとともに、フライト機器の設計・製造に着手。
 - (b) 東大阪のまいど 2 号(50Kg)に MPU/CIGS を、情報通信研究機構(NICT)の Smartsat 1 号に宇宙放射線モニタ装置を搭載予定。現在搭載コンポーネントを製作中。

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。

- (1) 認定部品メーカーへの品質評価活動支援
認定部品メーカーに対する品質評価活動を継続して支援している。
- (2) QML 認定制度の積極的推進
 - (a) QML 認定の推進
QPL から QML への認定移行については、平成 16 年度にコンデンサメーカーの移行完了に引き続き、平成 17 年度にトランス・コイルメーカーを指導して移行を完了した。
平成 17 年から 18 年度にかけて、プロジェクト品扱いであったトランス・コイルを QML 認定に移行した。
新規にアモルファスコア及びアウトガス対応のトランス・コイルを QML 認定した。
現在、ハイブリッド IC メーカー、抵抗器メーカー、他メーカーの QML 化に力を注いでおり、平成 20 年度までに全面的に QML 認定に移行する計画である。
 - ・ 認定部品点数－QML : 62 点 13 社、QPL : 110 点 18 社 (平成 19 年 3 月末見込み)
 - ・ 認定辞退申請受理－QML : 10 点 1 社、QPL : 15 点 2 社 (平成 19 年 3 月末見込み)
 - (b) JAXA 開発品の認定
平成 17 年度に開発を完了した重要部品 (200MIPS 級 64bitMPU、DC/DC コンバータ及びパワーMOSFET) について、QML 認定作業を実施している。
- (3) 部品登録制度の促進
平成 17 年度に非標準部品としてプロジェクトで承認する部品を含めたプロジェクト承認部品 (APL) データベースを構築し、今年度から公開して運用している。プロジェ

クトで使用実績のある部品を順次登録しそのデータをユーザに提供することにより、部品選定を容易にすることができる。また、このデータベースを拡大運用し地上評価試験で宇宙で使用可能と判定された部品の範疇を設けて提供すれば、実質的な部品登録制度となりうる。

なお、不具合発生時には、不具合に係る水平展開がこのデータベースを使うことにより容易に行えるようになる。

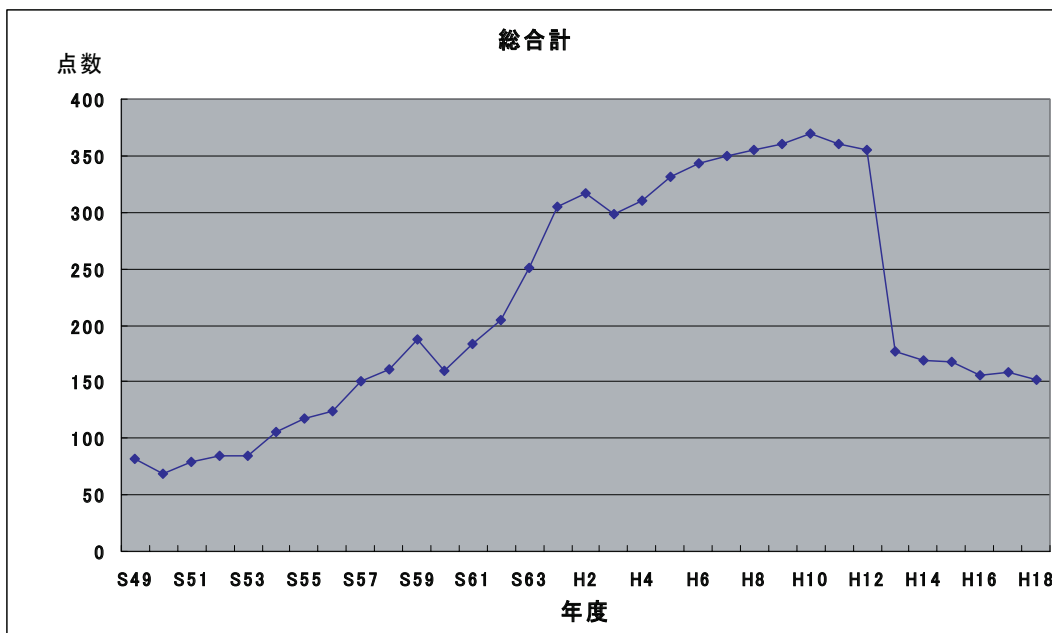


図 3 認定部品点数の総数の推移

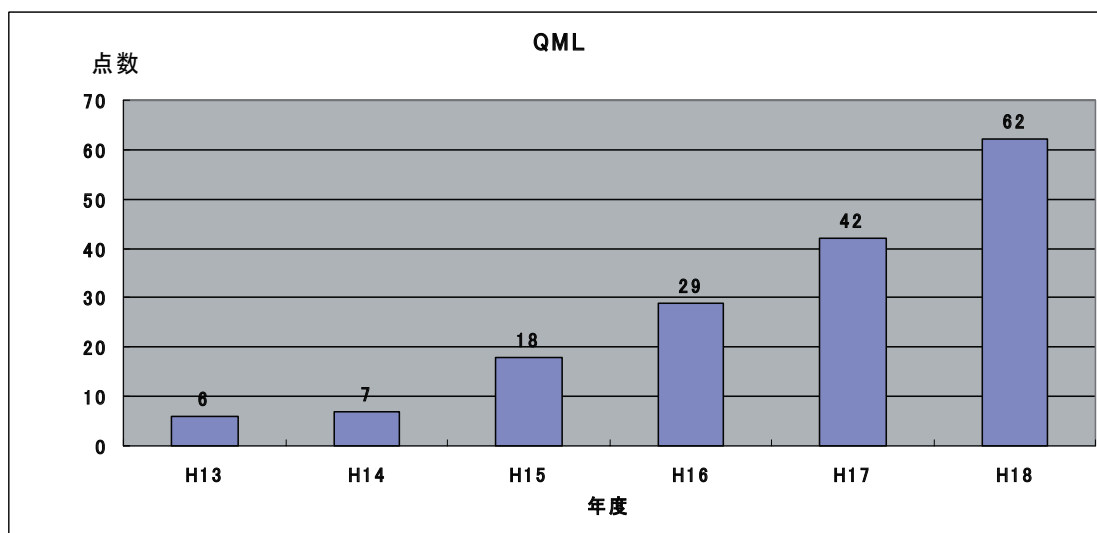


図 4 QML 認定部品点数の推移

3. 第1期重要部品の進捗状況

3.1 電子部品

JAXA では現在、第1期重要部品として計算機系及び電源系を担うキーデバイス(MPU、DC/DCコンバータ、パワーMOSFET、SRAM、FPGA、フォトカプラ)の開発を平成14年度から進め、3品種(MPU、DC/DCコンバータ、パワーMOSFET)については開発を完了した。

各デバイスの開発状況について次の各項で述べる。各デバイスに共通する基本的な開発方針として、技術的な優位性を確保するため最先端の技術を採用すること、及び少量多品種生産を前提とした低コスト化生産方式を採用することを意識している。また、各デバイスの開発について適宜「開発連絡会」を開催し、開発状況の説明や仕様の調整などを実施した上で開発を進めている。

(1) 宇宙用高速64bitMPU

将来の科学衛星や実用衛星プロジェクトにおいて、これまでにない大容量の情報を高速に処理することが可能な衛星搭載機器の開発が求められている。この要求を満たすことが可能な、小型高速の搭載コンピュータを実現することが出来れば、高分解能の画像センサや恒星センサ、GPS受信機、ロボット関節組込プロセッサ等、広範囲で利用が可能となり、衛星の小型高機能化・自動自立化に大きく寄与することが出来る。ところが、高速搭載コンピュータの中核を担うMPUに関しては、宇宙用として将来のプロジェクト要求を十分に満たす性能を有するものは、現状では宇宙用部品市場にはなく、衛星技術の高度化を阻害する大きな要因となっている。また、米国の宇宙用ペンティアム開発プロジェクトに代表されるように、MPUは宇宙機システムの成否を左右する戦略部品として認識されており、日本の衛星技術の高度化を進め、独自性を維持するためには、次世代の宇宙用高速MPUの開発に向けた技術研究に早急に着手する必要がある。

この背景を受け、第1期重要部品として200MIPS(Million Instructions PerSecond)クラスの高速度動作が可能な宇宙用64ビットMPUの開発を進めている。このMPUに関しては、平成16年度までに技術開発及び開発予備試験が既に完了している。また、OSやデバッグ等の開発支援環境についてもすでに整備済みである。MPUコアのアーキテクチャとしては、MIPS Technologies Inc. が提供する64bitMPU(MIPS64 5kf)を採用している。また、共通的に使用されると予想される周辺機能(PCIコントローラ、メモリコントローラ、DMAコントローラ、UART)に関しては、コアとともにワンチップ化し高速化を図っている。平成17年度に品質確認試験を問題なく終了し、開発を完了させることが出来た。

このMPUの軌道上での動作実証計画も進められている。東大阪宇宙開発協同組合にて開発が進められているSOHLA-1衛星では、本MPUを使った小型の計算機ボードを搭載し、その動作実証を行う予定である。また、JAXAでは小型衛星を利用した宇宙実証計画について検討が進められており、この中でより本格的な動作実証を行う計画である。

(2) DC/DC コンバータ

電源系のキーデバイスとなる DC/DC コンバータについては、その小型高信頼性化の実現が世界で望まれている。本開発品では、高性能・高信頼性化を図ることを目的として、従来にない斬新的な設計を取り入れている。

- (a) 従来の DC/DC コンバータの不具合は、使用巻線トランスのマイクロソルダリング部はんだクラック等により発生している。これら不具合を減少させるため、高多層配線基板を利用したシートトランスに置き換えることにより高信頼性化を図る。
- (b) シートトランスの両面に機能回路パターン配置及び部品の実装により、小型・高信頼性化を計るとともに回路設計を工夫し、効率 90% 目標の高性能を実現。
- (c) カスタム耐放射線性バイポーラ IC の採用により、部品点数の削減及び小型化を実現。
- (d) 放射線対策が不要な抵抗チップ、コンデンサーチップを QS-9000 認証部品（車載用部品）採用により、小型化、低コスト化、短納期化を図る。
- (e) DC/DC コンバータとして、最適なスクリーニング及び QCI を実現する。

第 1 期重要部品として開発した DC/DC コンバータ基本モデルについて開発確認試験を平成 19 年 3 月末に終了し、基本モデルの開発を完了した。今年度は、基本モデルをベースに軽量化・シリーズ化の検討を実施中である。

(3) パワーMOSFET

パワーMOSFET は、DC/DC コンバータと同様に電源系の要となる重要部品であり、低 on 抵抗でかつ高速動作が可能な部品が求められている。また、パワーMOSFET 固有の問題として、シングルイベントバーンアウト(SEB)やシングルイベントゲートラプチャ(SEGR)といった放射線による焼損現象があり、この発生を限りなく抑制するための対策が必要とされている。

開発中のパワーMOSFET では、低温酸化ゲートプロセス、多重ガードリング、2 層エピ基板等を採用することで高性能を保ったまま放射線耐性を実現している。

最初の開発品は DC/DC コンバータ内蔵用としてカスタマイズされ、DC/DC コンバータの効率性を改善するのに貢献している。平成 18 年度は、平成 17 年度度までに製造した 100/200/250V 定格のサンプルの開発確認試験を実施し、問題なく終了した。放射線耐性については、サンプルに対する放射線照射試験結果から、LET = 39MeV/(mg/cm²)において定格電圧まで SEB が発生しないことを確認した。各電圧定格について 3 種類の電流定格のサンプルがあるので、電圧・電流定格あわせて合計 9 品種の MOSFET について QML 認定取得のための支援を実施中である。

平成 19 年度は、SMD タイプへの拡張、及び 500V 定格のパワーMOSFET の一次試作を実施し、試作したサンプルについて放射線耐性等の評価を実施中である。

(4) バースト SRAM

バースト SRAM とは、バースト転送モードを有するクロック同期式の SRAM である。バースト転送モードとは、データ転送時にアドレス指定を最初の 1 回で済ませ、以後はデータを連続的に送信する方式のことである。この方式では、アドレス指定を省略する分、データの転送速度が速くなる。宇宙用計算機システムを構築するメモリとしては、簡潔な構成で低消費電力化が容易という観点から従来では非同期式 SRAM が用いられてきたが、100MHz 以上のデータバスによる高速アクセスには対応できないという問題があった。JAXA では現在、第 1 期重要部品として平成 15 年度よりバースト SRAM の開発を進めている。

平成 15 年度に行った部分試作では、SRAM メモリ部の回路構成について検討を実施した。レイアウトの容易性および低消費電力化の観点から、使用する SRAM メモリマクロを決定した。このマクロを使用した場合、10mm×10mm のチップに最大で 9Mbit のメモリ容量が実現可能であるとの見通しを得ることが出来、サンプル試作による動作確認を実施した。

宇宙用バースト SRAM の最終製品は、メモリの大容量化をはかるためにチップの積層を想定している。

平成 16 年度はこの積層化に必要となるチップ間の信号伝達を可能にするインターフェース回路の検討を行い、バースト SRAM モジュールとしての全体回路設計を実施した。

平成 17 年度は平成 16 年度に実施した上流設計を基に下流設計(レイアウト設計)を行い、タイミング解析を実施した後、ウェハ試作及びアセンブリを行った。ウェハ試作に当たっては高性能 64bitMPU と同一ウェハで製造し、製造コスト低減も図った。アセンブリサンプルは 1 パッケージにチップを 1 個搭載したチップ性能確認サンプルと 1 パッケージにチップを 4 個搭載した積層モジュールサンプル (36Mb) の二種を試作した。

平成 18 年度は平成 17 年度にアセンブリを行ったチップ性能確認サンプルと積層モジュールサンプル動作確認の結果、タイミング解析通りの性能を発揮することを確認し、平成 16 年度で実施した上流設計、及び平成 17 年度で実施した下流設計 (レイアウト設計) で製品化できる見通しを得た。引き続き、信頼性確認試験を実施するためのウェハを製造した。

平成 19 年度はサンプルのアセンブリ、信頼性確認試験を含む開発確認試験を実施する予定である。

(5) プログラム書換デバイス

FPGA (Field Programmable Gate Array) は、デバイス調達後にユーザーが回路を自由にプログラムすることが出来るという大きな特徴をもつことから、民生分野のみならず宇宙においても欠かせない存在となっており、FPGA に対する依存度も年々高くなってきている。FPGA は Actel 社、Xilinx 社等の米国企業がその動作原理に関する特許を数多く保有しており、宇宙用 FPGA の市場も事実上、米国企業の独占状態となっている。こうした状況は宇宙開発の自在性を大きく阻害する要因と考えられ、万が一、素子の供給がストップしてしまった場合や素子自身の不具合が発覚した場合、コスト・スケジュール両面で大きなインパクトを受けることになる。実際に平成 17 年度、Actel 社製の一部の FPGA において Anti-fuse の構造に起因する不具合が発覚し、日本のみならず世界中で問題となった。この問題に対し Actel 社は原因究明のための調査を実施するとともに、下地製造メーカおよび Anti-fuse 構造

を変えた代替製品をリリースした。日本でも独自に Actel 社製 FPGA の Anti-fuse 寿命試験評価を実施し、この問題に関わる会合等でその結果を報告した。最終的に、ユーザーはこれらの結果を元に、リスク判断で従来品を使用する、もしくは代替製品やゲートアレイへの置き換える等の判断を迫られることとなった。

このような背景のもと、JAXA では現在 FPGA の新規開発を重点的に推進している。これまでの実現性検討により、FPGA アーキテクチャを保有するメーカーと協力して開発を進めることが現実的であるとの判断から、平成 17 年 6 月に開催された「第 5 回日仏宇宙協力シンポジウム」において日本側より FPGA 共同開発に関する提案を行い、日仏共同で FPGA 開発を進めていくことで合意を得た。

平成 17 年度は FPGA 実現に必要な技術として検討を進めている、SOI (Silicon On Insulator) 構造素子および FeRAM の要素試作を実施した。適用した製造プロセスは、0.15um 設計ルール of 完全空乏型 SOI である。新 FPGA ではプログラム方式に FeRAM を採用し、回路情報を不揮発化することを考えている。FeRAM の回路構成に関しては、2T-2C 型 (トランジスタ 2 個+強誘電体キャパシタ 2 個で構成される回路) に従来の SRAM をあわせたタイプのメモリセル、もしくは 6T-4C 型のメモリセルの 2 タイプが考えら、試作ではこの両者の評価用回路を組み込んだ。

平成 18 年度は、平成 17 年度に試作した評価サンプルの電気的特性及び耐放射線性評価を行う計画であったが、想定した日本の企業が FeRAM の生産を撤退することとなったため、中断を余儀なくされた。

一方 FPGA の実現性検討に着手し、仏側から提案された Atmel 社の SRAM ベース FPGA による性能予測を検討した結果、高性能 64bitMPU や大容量バースト SRAM に導入した HBD 技術の回路を使用してもチップ面積がそれほど増大せず、同一のチップ面積の場合、約 1/2 の面積で対抗企業の容量 (250kgate) を実現できること、かつ消費電力は約 1/3、スピードは 15% 程度速くなるという SOI の特長を加味した結果が得られた。したがって、RAM を当初の FeRAM から SRAM に切り換えた FPGA の開発に向けて研究を進めることとした。

平成 19 年度から、SRAM ベース FPGA の設計及びその検証を開始する予定である。

(6) フォトカプラ

フォトカプラに関しては、高速応答でかつ放射線 (プロトン) による特性劣化が可能な限り少ないことが要求される。JAXA では平成 14 年度より、宇宙用として適用可能な高速フォトカプラの開発検討を進めている。発光部に関しては昨年度までの評価で、放射線劣化が少ないダブルヘテロ接合構造 LED を採用することとした。また、高電圧 (30V) / 高速度 (800MHz) のバイポーラプロセス (Sanyo) を光検出デバイスに採用することで放射線耐性の評価をすすめていたが、不幸なことに新潟中越地震の影響によって当該デバイスを製造していたプラントが打撃を受け、今後製造の見込みがなくなる事態となった。現在これにかわる代替ファウンドリを調査中で、目処が立ち次第、検討作業を再開する方針である。

(7) COT 生産方式

平成 17 年度に開発を完了した高性能 64bitMPU (200MIPS 級 64bitMPU) は COT (Customer Owned Tooling) と呼ばれる、回路マスク設計をユーザ側の責任で実施する方式であり、専門企業が得意とする工程を活用し、品質保証会社がとりまとめて品質保証を実行する宇宙用の COT 生産方式(宇宙用 LSI 工場システム(仮称))として、高性能 64bitMPU の開発と一体となって構築を進めた。

COT 生産方式による宇宙用 LSI 工場システム(仮称)は次の特長があり、少量・他品種の集積回路の生産及び長期安定供給に対応することができる。

(a) マルチプロジェクトラン方式

1 製品あたりのウェハ製造費を軽減(n 品種の製品を混載したとき、1 製品あたりのウェハ製造費は 1/n)

(b) ウェハバンク

ウェハ保管を実施し、必要の都度保管ウェハを使用することで、ウェハ製造費の新規発生を削減(10 年間保管を目標)

ウェハバンクについてはウェハの長期保管を開始し、定期的に取り出して組み立てて評価を実施中である。この長期保管データを QCI (品質確認試験) に利用することで、QCI 費を低減できる。

3.2 機構部品・材料

(1) 遮断弁

平成 15 年度より第 1 期重要部品として、既存認定部品である遮断弁に対して、運用性、利便性向上を目的とした逆圧リリース機能付加のための改修を実施してきた。昨年度までに改修後認定試験を問題なく終了し、平成 18 年 8 月に認定試験後審査会／開発完了審査会を実施し、改修作業及び TRL6 の認定を完了した。

また、技術データ蓄積を目的として、衛星システムとして組み上げた時の、他デバイスへの影響評価を目的に、真空プライミング時の水撃圧力特性について実測値、及び従来品との相関データをインハウスにて取得するとともに、総合技術研究本部のコンポーネント類登録制度に従い、技術文書、購入文書類の整備を実施した。

衛星プロジェクト／システムメーカ、推進系サブシステムメーカへの搭載働きかけを継続中である。

(2) 推薬弁

遮断弁改修と同様、平成 15 年度より第 1 期重要部品として、20N 級推薬弁の国産開発を実施している。

平成 18 年度においては、スラストメーカとの詳細インタフェース調整結果を反映したうえで、推薬弁の設計を確定し、10 月に詳細設計審査会を実施した。引き続き、製造移行前確認会を経て、認定試験用供試体の製造を実施した。

なお、SOLAR-B の打上前に確認された米国推薬弁の低温時内部漏洩不具合の原因究明結果を受けて、認定試験計画への追加取り込み、試験治具／ハンドリング手順の見直しを実施した。

平成 19 年度中に、認定試験を完了し、認定試験後審査／開発完了審査及び推薬弁として TR16 の認定を終了する予定である。また、アクチュエータとして、スラスタジェットモータとの組合せ噴射試験による地上総合検証計画の検討・立案を実施する計画である。

(3) 減速歯車

減速歯車は、長期使用タイプと軽量タイプの 2 種類の開発に取り組んでおり、平成 18 年度は長期使用タイプの認定試験として打上げや軌道上環境を模擬した振動試験、温度サイクル試験と真空中寿命試験を行った。また、試験データを補足するために、JAXA での寿命試験と並行して開発担当メーカーにおいても真空中寿命試験を行っている。

治具側制御用計算機の不具合などもあり寿命試験に時間を要したが、年度内に長期使用タイプの認定試験を完了した。次年度は引き続き軽量タイプの認定試験を行い、適用データシート等の成果を取りまとめて開発を完了する。

(4) 角度検出器

角度検出器は、平成 15 年度より開発に着手し、平成 16 年度に要素試作試験、平成 17 年度に詳細設計審査と供試体の製作を行った。平成 18 年度は、認定試験として角度検出精度測定や諸特性試験を実施し、7 月に認定試験後審査会／完了審査会を開催し開発を完了した。

(a) 認定試験

開発仕様書に規定した特性を検証するために打上げ及び軌道上環境を模擬した振動・衝撃試験や温度サイクル試験により負荷を加え、各試験の前後に機能確認を兼ねて角度検出精度の測定を行った。

(b) 角度検出精度

各試験の前後に行った精度測定の結果は、いずれも精度要求 (± 5 arcsec) を満足しており、低温条件 (-30°C) での測定結果が最悪であった。

開発の成果を適用データシートとして取りまとめて、総研本部のコンポーネント類登録制度に従い JAXA ホームページに掲載することで情報の公開を計画している。

4. 第2期重要部品の選定

4.1 電子部品

第2期重要部品は、平成16年度に分科会にて議論され選定されたものである。このときの選定基準は、基本的には第1期重要部品と同様に、

- (1) 斬新なシステム設計を実施する上での必須の部品
- (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
- (3) 国際貢献及び国際競争力を確保していくための部品

を遵守することとした。さらに、想定される次期プロジェクトを念頭においた積極的な部品開発に取り組む方針とし、平成17年度に分科会にて、アナデジ混載LSI、大電力ヒューズ、水晶発信器、基板実装技術（フリップチップ、BGA）の4つが選定された。現状では、予算の制約等により開発ペースのスローダウンを余儀なくされ、水晶発振器のみ検討に着手（放射線耐性に関する動向調査）した状況で、大幅な進捗は残念ながら図れなかった。次年度以降、可能な限り開発を加速させたいと考えている。

4.2 機構部品・材料

(1) スリップリング

国産スリップリングは、今後も衛星プロジェクト等において必要とされている。しかし、既に国産現行品の素材メーカーが撤退し、今後の安定供給が困難となっている。また、海外では新方式のスリップリングが登場し、国産現行品は国際的な価格競争力を失っている。今後の安定供給のためには、小型・軽量化、高信頼性化、低価格化等を図った国際競争力のある新型スリップリング開発が重要である。

平成16～17年度に衛星システムメーカー（2社）と共同研究を実施し、新型スリップリングのフィージビリティを確認したが、この成果を利用して、平成18年度より姿勢制御アクチュエータ用スリップリングの開発に着手した。

平成18年度は、ブラシ及びリングに係る評価パラメータ検討及び評価試験計画を確定させる。

(2) 低衝撃保持解放機構

本開発は、衛星搭載機器の制約条件となっている火工品の発生衝撃を緩和するために低衝撃分離機構を開発し、衛星の高信頼性化に寄与することを目的としており、その用途は衛星用太陽電池パドル保持解放機構を想定している。開発のポイントは、摺動部の材料及び表面処理、ラッチ機構、高信頼性、海外製品相当のコストの実現である。

共同研究の成果を受けて、平成18年度は開発（基本設計）に着手した。

・目標仕様（案）

- a. 方式：ボールネジ＋分離ナット方式
- b. 保持荷重：10 kN

- c. 発生衝撃：100 G(peak)
- d. 動作時間：100 ms
- e. 動作回数：100 回以上

平成 18 年度は、基本設計フェーズより軸力 10kN の開発に着手した。次年度は詳細設計を行い設計の確定を受けて認定試験を予定しており平成 20 年度中に完了する計画となっている。また、ユーザーの要求する軸力（負荷荷重）に応じた数種類の製品を開発することも想定される。更に、衛星分離部（マルマンクランプバンド）などへの採用は、既存火工品との互換性を確保することにより容易になるものと考えられる。

5. おわりに

第1期重要部品の開発のうち、電子部品系では200MIPS級64bitMPU、DC/DCコンバータ及びパワーMOSFETの開発確認試験が実施され完了した。しかし、SRAM、FPGA、フォトカプラは第2期重要部品に先駆けて開発し、完成を急ぐ必要がある。

一方、機構部品・材料系では、第1期重要部品の開発のうち遮断弁及び角度検出器について認定試験後審査会／開発完了後審査会が実施され完了した。残りの推葉弁及び減速歯車についても平成19年度に開発を完了する計画である。

今後、開発した部品のプロジェクトへの優先使用を働きかけることや、開発継続中の第1期重要部品及び検討・研究段階の第2期重要部品の開発作業を継続的かつ速やかに進めることが望まれており、JAXA内での体制の再見直しなども含め積極的な検討を期待する。

最後に、本委員会のために貴重な時間を割き、熱心に議論していただいた委員各位並びに関係各位に感謝の意を表します。

参考資料(1)

宇宙用部品技術委員会 構成員

委員長：原島 文雄（東京電機大学 学長）

委員長代理：狼 嘉彰（宇宙航空研究開発機構 顧問）

委員：

大西 一功（日本大学 理工学部 電子情報工学科 教授）（電子部品分科会長）

本田 登志雄（東京エレクトロニクスシステムズ株式会社 品質保証部 部長）
（機構部品・材料分科会長）

中原 綱光（東京工業大学大学院 理工学研究科 機械物理工学専攻 教授）

山口 真史（豊田工業大学大学院 工学研究科 教授）

前村 孝志（三菱重工業株式会社 名古屋航空宇宙システム製作所 宇宙機器技術部 部長）

藁科 彰吾（石川島播磨重工業株式会社 宇宙開発事業推進部 技術グループ 部長）

蒲地 安則（三菱電機株式会社 鎌倉製作所 宇宙総合試験部 部長）

大塚 誠（NEC東芝スペースシステム株式会社 技術本部 搭載機器2グループ マネージャー）

塩野 登（(財)日本電子部品信頼性センター（RCJ）調査研究部 理事兼部長）

針ヶ谷 誠（NECエレクトロニクス株式会社 第一システム事業本部 信頼性品質管理部 部長）

栗原 正英（(社)日本電子回路工業会 事務局長）

安井 英己（株式会社IHIエアロスペース 基盤技術部 電子技術室 部長）

伊藤 裕之（日本精工株式会社 技術開発本部 スペーシア事業チーム マネージャー）

佐藤 亮一（宇部興産株式会社 機能品・ファインカンパニー 航空宇宙材料開発室 室長）

千田 泰弘（JASPA株式会社 代表取締役社長）

鳥山 潔（新衛星ビジネス株式会社 上席常務）

緒形 俊夫（物質・材料研究機構 材料信頼性センター 極限環境グループ グループリーダー）

大山 高（(社)電子情報技術産業協会 電子部品部 部長）

金井 宏（(財)無人宇宙実験システム研究開発機構 理事）

小鮒 秀明（日本アビオニクス株式会社 顧問）

黒崎 忠明（HIREC株式会社 代表取締役社長）

渡辺 篤太郎（宇宙航空研究開発機構 総合技術研究本部 執行役）

中谷 一郎（宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究本部 宇宙探査工学研究系 教授）

長谷川 秀夫（宇宙航空研究開発機構 安全・信頼性推進部 部長）

中村 富久（宇宙航空研究開発機構 宇宙基幹システム本部 H-IIAプロジェクトチーム サブマネージャ）

上森 規光（宇宙航空研究開発機構 宇宙利用推進本部事業推進部 計画マネージャ）

平成18年度宇宙用部品技術委員会の開催経緯

1. 第7回（平成18年8月29日）
 - (1) 今後の活動計画(案)
 - (2) 重要部品開発等の進捗状況
 - (3) JAXA 部品戦略
 - (4) 宇宙用部品に対する問題と提案

2. 第8回（平成19年3月16日）
 - (1) 電子部品分科会／機構部品・材料分科会報告
 - (2) 勧告の達成度評価
 - (3) 業務提案の審議

電子部品分科会開催経緯

第10回 平成18年7月27日

第11回 平成18年12月13日

機構部品・材料分科会開催経緯

第11回 平成18年9月25日

第12回 平成18年12月11日

**電子部品分科会
平成 18 年度報告書**

**平成 19 年 3 月
宇宙用部品技術委員会
電子部品分科会**

付録－1 目次

1. はじめに	27
2. 電子部品分科会の任務	28
3. 電子部品の取り組みに関する基本方針	28
4. 宇宙用部品技術委員会勧告の進捗状況及び活動結果の整理	29
4.1 進捗状況	29
4.2 活動結果の整理と今後の方針	36
4.2.1 活動結果の整理	36
4.2.2 今後の方針	38
5. 重要部品の現状	39
5.1 第1期重要部品の開発状況	39
5.1.1 これまでの開発状況	39
5.1.2 開発計画と進捗状況	44
5.2 第2期重要部品の開発状況	46
5.3 重要部品のJAXA QML化	47
6. JAXAと欧州の電子部品開発協力	48
6.1 欧州におけるEEE部品事情	48
6.2 部品分野での協力関係の構築	50
7. 体系的・組織的活動への取り組み及び状況	51
7.1 海外部品・コンポーネント品質向上検討委員会	51
7.2 宇宙用部品プログラム標準検討状況	54
7.3 部品プログラム支援	56
7.4 宇宙用部品連絡会	56
7.5 鉛フリーコミュニティ	58
8. 部品戦略	61
8.1 背景と検討方針	61
8.2 活動状況	64
8.3 検討結果	65
8.4 施策（案）及び目標を達成するためのステップ	67
8.4.1 施策（案）	67
8.4.2 目標を達成するためのステップ	70
8.5 まとめ	71
9. 活動結果の評価と今後の課題	72
9.1 活動結果の評価	72
9.2 今後の課題	80
10. おわりに	81
付録1 宇宙用部品技術委員会／電子部品分科会 委員構成	
付録2 平成18年度 宇宙用部品技術委員会／電子部品分科会 開催スケジュール及び議題	
付録3 平成18年度 宇宙用部品技術委員会／電子部品分科会 執筆担当	

1. はじめに

情報化社会と呼ばれて久しいが、その形態も単なるコンピュータ通信の域を越えて、携帯電話やゲーム、医療、インターネットバンキングなど、あらゆる分野で大規模高密度集積回路や通信等の IT 技術を活用したイノベーションが進行している。このような中で宇宙開発は、GPS や気象衛星、衛星による地震や津波のような自然災害対策等にみられるように、高度情報化社会にとってますますその重要性が増している。

しかし、重要性の割には市場規模が小さく、また様々な理由で、わが国の宇宙開発で使われる電子部品の研究や開発に多くの困難が生じた。また輸入部品調達に係わる問題、必要部品の調達問題、さらに宇宙環境の特殊性から一般民生部品の使用に大きな制約があることから、かつて国産化率 100% 近くあった国産部品調達率が 30% 台に落ちた。

このような状況の中で、平成 14 年度に宇宙用部品技術委員会電子部品分科会が設置され、宇宙用電子部品の「自律性確保」「信頼性確保」「国際貢献および国際競争力確保」「民生部品の宇宙転用」「部品技術の継承」等の問題点を議論し、「10 の勧告」答申案作成に寄与し、4 年を経過した。これまでに、重要部品の選定、部品データベースの充実、国際協調などの議論を行ってきた。平成 18 年度は、第一期重要部品開発状況のその後の展開、海外部品開発協力、種々の部品問題への取り組み状況、「勧告」全般に対する状況を中心として議論を行った。

2. 電子部品分科会の任務

電子部品分科会の任務は、これまでの各年度の報告書にも記載されているが、ここで再確認する。

「宇宙用部品技術委員会設置規程について(規程 15-19 号)」に基づき、宇宙開発、応用等に必要な、システムの信頼性確保、自律性の確保、時代に即応した高機能性確保するための宇宙用電子部品に関し、次の各号に掲げる事項について審議し、宇宙用部品技術委員会に報告する。

- ・ 部品プログラムの基本方針設定に関する事項
- ・ 部品プログラムの要素分析及び重要技術の識別に関する事項
- ・ 国内で保持すべき重要部品技術の指定及び開発プロセスに関する事項
- ・ 国産部品の利用推進に関する事項
- ・ 部品に係る技術の継承及び蓄積に関する事項
- ・ その他必要な事項

3. 電子部品の取り組みに関する基本方針

わが国の人工衛星が国産部品使用率が 30%にまで低下している現状において、多くの電子部品を海外からの輸入部品に依存している状況に変化がなく、輸出制限、納期や供給の不安定性、関連技術情報入手の困難性といった問題に相変わらず晒されている。また、ミッションを実現できる高機能電子部品の大半が宇宙環境（広汎な温度範囲、強い放射線環境、真空など）を考慮していない民生部品であり、使いこなすための工夫が重要である。しかし、現在の社会生活において、通信衛星、気象衛星や GPS などの果たしている役割の重要性を考えると、宇宙開発に必要な電子部品及びそれに関連する技術（耐放射線性技術や実装技術）がいつでも必要なときに扱えるようにしておかなければならない。

そのためには、我が国の宇宙開発において、第一に我が国が必要なときに、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。第二に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。第三に人工衛星及び宇宙機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・利用が出来る能力を堅持することが重要である。以上の基本的な考えの下に、宇宙用電子部品の「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」の視点より方策を考え、また部品評価能力は、多様に進化する民生部品の宇宙転用や、輸入部品評価の観点から共通の基本的な問題として取り扱う必要があり、さらに様々な情報をデータベースとして取り入れ、有効に活用することが重要であると考えられる。

4. 宇宙用部品技術委員会勧告の進捗状況及び活動結果の整理

4.1 進捗状況

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。

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、ITAR等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に従って、電子部品分科会において、より具体的な討議を行った。プロジェクトの枠を超えた体系的な取り組みとして「海外部品・コンポーネントの品質向上検討委員会」、「鉛フリーコミュニティ」、「宇宙用部品プログラムの見直し」に関する活動状況を電子部品分科会で紹介し、必要な意見を提供した。

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。

重要部品の定義を以下の様に平成14年に定めた。

- (1) 暫新システム設計を実施する上での必須の部品
- (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
- (3) 国際貢献及び国際競争力を確保していくための部品

勧告2-10を踏まえた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。

(1) 認定部品データベース

平成15年4月よりJAXA認定部品に係る部品の概要、認定試験仕様書、部品製造業者などの情報を一般に公開した。開示情報の中に外為法で開示が規制されるものが一部あり、それらについてはID及びPWを付与した登録者のみに開示を制限している。

平成 19 年 1 月末現在の登録者数は、国内登録者:約 430 名、国外登録者:約 50 名となっており、平成 18 年 2 月現在の登録者数（国内登録者:約 400 名、国外登録者:約 50 名）に対して国内登録者数が僅かに増加している。

アクセス数は、データベースの利用の度合いを示す尺度であるページビューで見ると、国内向けが月平均約 25,000 ページビュー、海外向けが約 5,000 ページビューとなっており、昨年度（国内向け:月平均 13,400 ページビュー、海外向け:月平均約 3,500 ページビュー）に対して増加しており、特に国内向けは約 1.8 倍アクセス数が増加している。

(2) プロジェクト承認部品データベース

平成 16 年 4 月より JAXA 職員用として公開した DRTS、ADEOS-II、ALOS、ETS-VIII、WINDS などのプロジェクトで使用されたプロジェクト承認非標準部品のデータベースについて、改善点を反映し一般向けに公開した。データにはシステムメーカーのノウハウなどが含まれているため、アクセス者（システムメーカー、一般ユーザ）に対応したデータ公開範囲を決め、希望者に ID 及び PW を付与してアクセスする仕組みとした。公開以降も継続してデータを追加し、平成 18 年 1 月時点で延べ 2,400 件である。

また、WEB 上で登録・申請のできるプロジェクト承認部品データベースとして整備を進め、今年度から GPM/DPR、QZSS について実施することとした。これによって APL 及び NSPAR のスムーズな処理が期待される。

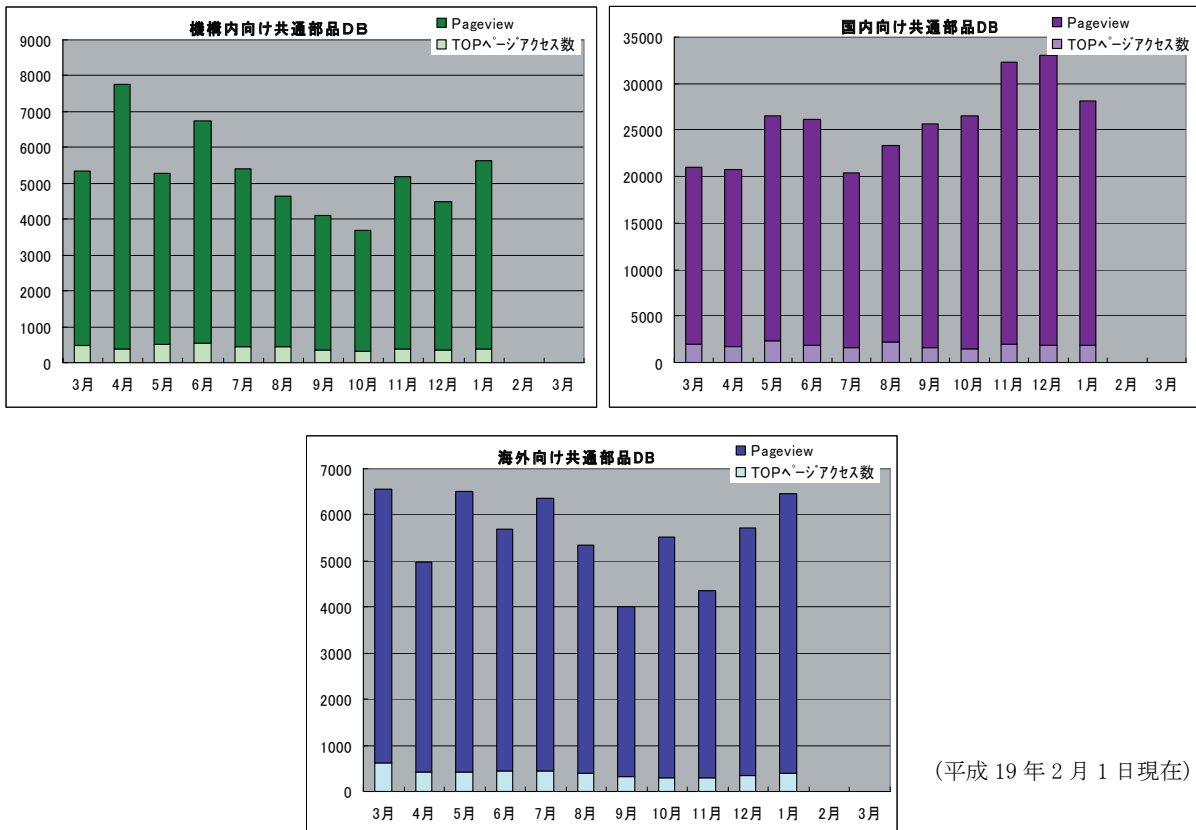


図 4.1-1 認定部品データベースのアクセス状況

(3) 宇宙用部品データベース

マイクロエレクトロニクスワークショップ(MEWS)、主任検査員研修、宇宙用部品連絡会などの開催案内、アジェンダ、配付資料などをデータベース上に公開し、情報を共有化できるようにした。また、公開の都度データベースのトップページに「What's new!」としてアナウンスし、アクセス者の目にとまるようにした。

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。

(1) 第1期重要部品の研究開発スケジュールは5.1項を参照。

(2) 第1期重要部品と同じ定義に従って選定された以下の第2期重要部品3品種及び基板実装技術のうち、今年度は予算の制約から昨年度に引き続き水晶発振器のみ検討に着手。

- (a) アナデジ混載 LSI
- (b) 大電力ヒューズ
- (c) 水晶発振器
- (d) 基板実装技術 (FCP、BGA)

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。

(1) 開発連絡会を、必要に応じて非定期に開催し、ユーザとの連絡を密にしている。

(2) プロジェクトへの優先的使用に関連し、JAXA 安全・信頼性推進部が実施中の宇宙用部品プログラム標準の見直し作業に、GBA-99010「電気、電子、電気機構(EEE)部品プログラム標準」をどのように盛り込むべきかの検討を実施した。

(3) プロジェクト対応は次の通りである。

- (a) WINDS : 部品プログラムの初期段階から支援、APL/NSPAR のレビューなどを継続中。
- (b) GPM/DPR : 部品プログラムの初期段階から支援し、NASA/GSFC とのインターフェース調整にも参画して、部品基準書の制定を実施。引き続き、WEB による APL/NSPAR のレビューなどを実施予定。

- (c) 準天頂衛星/測位システム (QZSS) : 部品プログラムの初期段階から支援し、部品品質レベルの適正化と部品基準書の設定を支援中。引き続き、WEB による APL/NSPAR のレビューなどを実施予定。

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。

(1) 電子部品の耐放射線性の研究

微細化の進む半導体素子および太陽電池に対する放射線照射試験（重粒子イオン、プロトン、電子線、 γ 線）を実施し、特性劣化・誤動作・損傷に関するデータを取得するとともに、その発生メカニズムの解明と放射線耐性強化回路の試作評価を継続的に実施している。

得られた成果を SRAM/FGPA の開発にフィードバックし、放射線耐性を向上させることに成功した。

放射線耐性強化回路に関しては特許申請中。（日本原子力研究所、理化学研究所との共同研究）

Si フォトダイオードの低温下における中性子線照射損傷を評価及び半導体の劣化機構の比較検討のために、SOI (Silicon on insulator) MOS トランジスタの電子線照射試験による評価を実施した。現在、発光デバイスの評価を実施中。（熊本電波高等専門学校）

(2) 民生用電子部品・実装技術の宇宙適用性の研究

CNES、ESA との連携を強化し、放射線試験の相互実施、データの共有化を図るワーキンググループ会合を継続して実施している。

民生用セラミックコンデンサの最新技術動向（誘電体製造方法とシート厚さ、及びすずめっき端子のウイスカ実験結果）と宇宙適用性について、米国の G11/G12 で発表し、NASA と意見交換を行っている。

宇宙用バースト SRAM チップの 3 次元実装モジュールの設計・試作を行い、3 次元実装技術の宇宙適用性の検討を進めた。

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。

平成 17 年度に引き続き、プロジェクトの不具合品を中心に輸入部品等の品質評価を行なった。

- (1) Actel 製 FPGA 信頼性評価試験の検討、支援
- (2) チップ抵抗器不具合解析支援

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。

(1) SOI (Silicon on Insulator)

全てのトランジスタが絶縁されているため、微細化されたLSIのSEL現象を完全に除去することができ、放射線環境下での高性能化が期待できる。現在、宇宙科学本部と共同で、沖電気製完全空乏型SOI技術を用いたシステムLSIの検討及び基本回路の耐放射線性評価等を実施し、放射線耐性を有することが確認できた。また、平成17年度よりFeRAM/FPGAへの適用に向け、試作評価を計画したが、採用を想定していた国内の企業がFeRAMから撤退したため、SRAMベースFPGAをターゲットとした。今年度は、SOIウェハに搭載予定のFPGAについてフィジビリティスタディを実施し、同一のチップ面積の場合、約1/2の面積で対抗企業の容量を実現できること、かつ消費電力は約1/3、スピードは15%程度速くなるという結果が得られた。したがって、RAMを当初のFeRAMからSRAMに切り換えたFPGAの研究を進めることとした。引き続き、SRAMベースFPGAの設計及びその検証を進める予定である。

(2) SiC/GaN

ワイドギャップ半導体は、高温での動作が可能であり、電力制御素子の小型・高効率化が期待できる。現在、SiCショットキーダイオードの基本的な耐放射線性評価を実施すると共に、GaNダイオードの試作準備を進めている。

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。

(1) 民生用部品の耐宇宙環境性の試験方法、評価方法を確立

- (a) 民生用部品を評価し宇宙に適用できるガイドラインをCNESと共同で作成しており、具体的にJAXAの民生用部品評価プログラム(プロセス診断技術)でCNESから提供された民生用部品の評価を実施中である。
- (b) CNESと宇宙放射線モデルの交換を行い、モデル作成のために足りないデータを取得するための衛星搭載計画を共同で検討中。

(2) 宇宙実証計画の策定（小型衛星等への搭載性の検討）

- (a) 外国の打ち上げロケットも含めた宇宙実証を平成 17 年度から計画。JAXA 総研本部実証衛星に高性能 64bit MPU を搭載する。今年度は BBM を製作してソフトウェアを含む動作状態の検証を実施するとともに、フライト機器の設計・製造に着手。
- (b) 東大阪のまいど 2 号(50Kg)に MPU/CIGS を、情報通信研究機構(NiCT)の Smartsat 1 号に宇宙放射線モニタ装置を搭載予定。現在搭載コンポーネントを製作中。

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。

(1) 認定部品メーカーへの品質評価活動支援

認定部品メーカーに対する品質評価活動を継続して支援している。

(2) QML 認定制度の積極的推進

(a) QML 認定の推進

QPL から QML への認定移行については、平成 16 年度にコンデンサメーカーの移行完了に引き続き、平成 17 年度にトランス・コイルメーカーを指導して移行を完了した。平成 17 年から 18 年度にかけて、プロジェクト品扱いであったトランス・コイルを QML 認定に移行した。また、新規にアモルファスコア及びアウトガス対応のトランス・コイルを QML 認定した。現在、ハイブリッド IC メーカー、抵抗器メーカー、他メーカーの QML 化に力を注いでおり、平成 20 年度までに全面的に QML 認定に移行する計画である。(認定部品点数の総数の推移と QML 認定部品の推移は図 4.1-2 及び図 4.1-3 参照。)

- ・認定部品点数－QML : 62 点 13 社、QPL : 110 点 18 社 (平成 19 年 3 月末見込み)
- ・認定辞退申請受理－QML : 10 点 1 社、QPL : 15 点 2 社 (平成 19 年 3 月末見込み)

なお、認定辞退申請受理の QML : 10 点のうち 6 点は、端子の仕上げが金めっきの部品であり、RoHS の影響により従来のカドミウム入り材料が入手できなくなり、代替材料を評価したものの認定部品としての信頼性を確保できないことから認定を辞退するに至った。10 点のうち 4 点はケースコンデンサであるが、部材の入手性が困難となったためである。QPL : 15 点のうち 6 点は、QPL から QML に認定を移行することによるものである。残りの 9 点は、生産量の僅少による生産撤退である。

(b) JAXA 開発品の認定

平成 17 年度に開発を完了した重要部品(200MIPS 級 64bitMPU、DC/DC コンバータ及びパワー MOSFET) について、QML 認定作業を実施している。

(3) 部品登録制度の促進

平成17年度に非標準部品としてプロジェクトで承認する部品を含めたプロジェクト承認部品（APL）データベースを構築し、今年度から公開して運用している。プロジェクトで使用実績のある部品を順次登録しそのデータをユーザに提供することにより、部品選定を容易にすることができる。また、このデータベースを拡大運用し地上評価試験で宇宙で使用可能と判定された部品の範疇を設けて提供すれば、実質的な部品登録制度となりうる。

なお、不具合発生時には、不具合に係る水平展開がこのデータベースを使うことにより容易に行えるようになる。

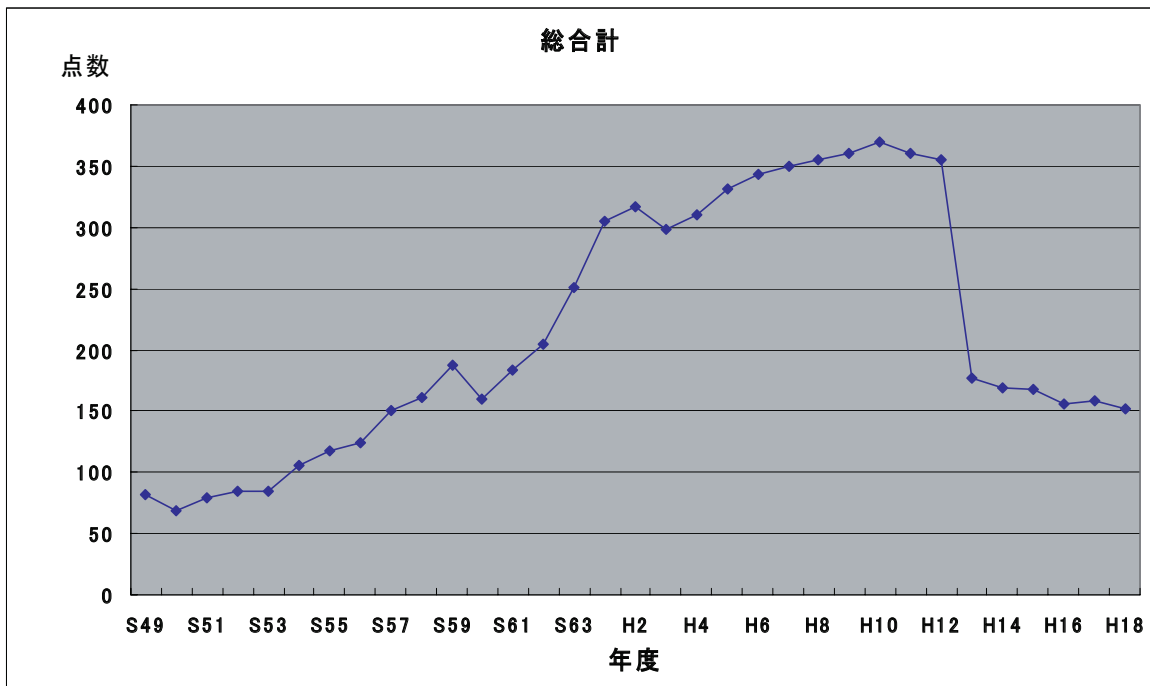


図 4.1-2 認定部品点数の総数の推移

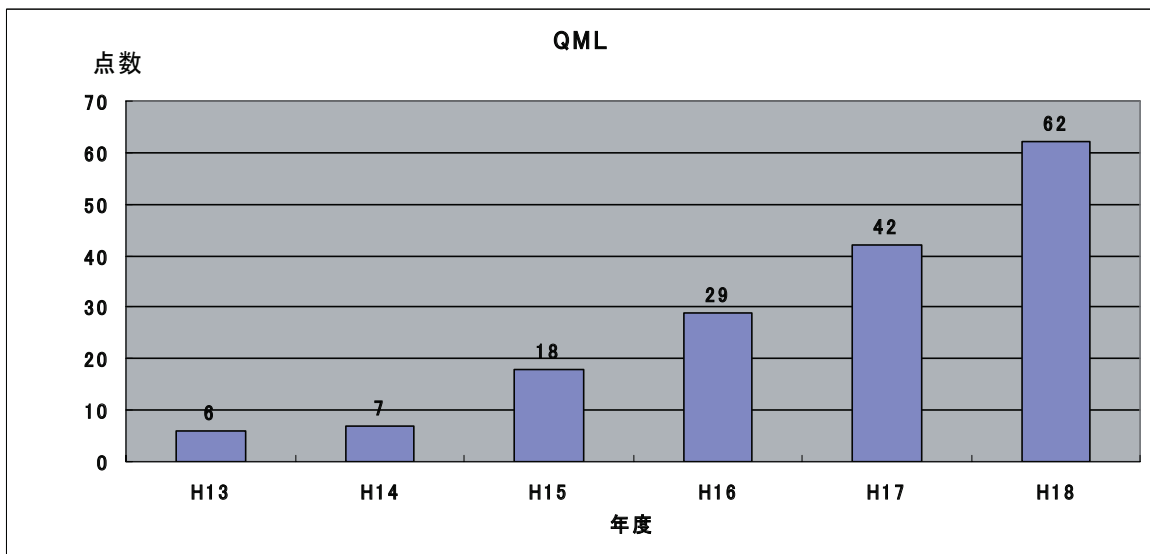


図 4.1-3 QML 認定部品点数の推移

4.2 活動結果の整理と今後の方針

4.2.1 活動結果の整理

平成 14 年度に宇宙用部品技術委員会が設置され、これまで 4 年間活動を実施し、第 1 期重要部品及び第 2 期重要部品の候補検討・提案・開発状況の確認、宇宙用部品開発推進センターの設置提案（後に部品・材料・機構技術グループとして再編）、欧州との協力体制の構築などについて議論を進め、第 1 期重要部品については 3 品種の開発が完了し、利用段階に進めることができた。一方、この活動における分科会の進め方は「事務局が資料を準備し、分科会開催当日に配布して出席者の意見を伺う」ことが中心であり、出席者が所属先内部と検討しその結果を発表するための時間が不足することを課題として認識した。この課題に対し、次に示す分科会の進め方を提案し、実効のある運営を目指すこととした。

(1) 活発な議論の促進

- 事前に議事次第／資料を各委員に配布し、内容を事前に検討する。
- 委員会当日に、検討結果を各委員から発表する。

(2) 今年度検討テーマの明確化

- 今年度検討テーマを初回委員会で討議、決定する。
- 各テーマの検討は、他委員会、連絡会、WG、必要あれば業務委託などで行い、その結果を委員会に報告する。
- 検討を実施した他委員会・連絡会などの活動状況を部品技術委員会で確認、審議する。その審議結果は各委員会、連絡会などへフィードバックする。

(3) 勧告の達成度評価と提案

- 勧告の本年度達成度を評価し、成果や改善点を抽出する。

(4) JAXA マネージメントレベルへの報告

- 本年度の審議結果や改善点を報告書にまとめ、具体的な業務提案を添えて JAXA マネージメントレベルに報告する。

これら分科会の進め方の提案にあたり、当分科会を含む宇宙用部品技術委員会から発信する報告・提案と、他委員会・連絡会・WG などの関連を図 4.2-1 のように整理した。

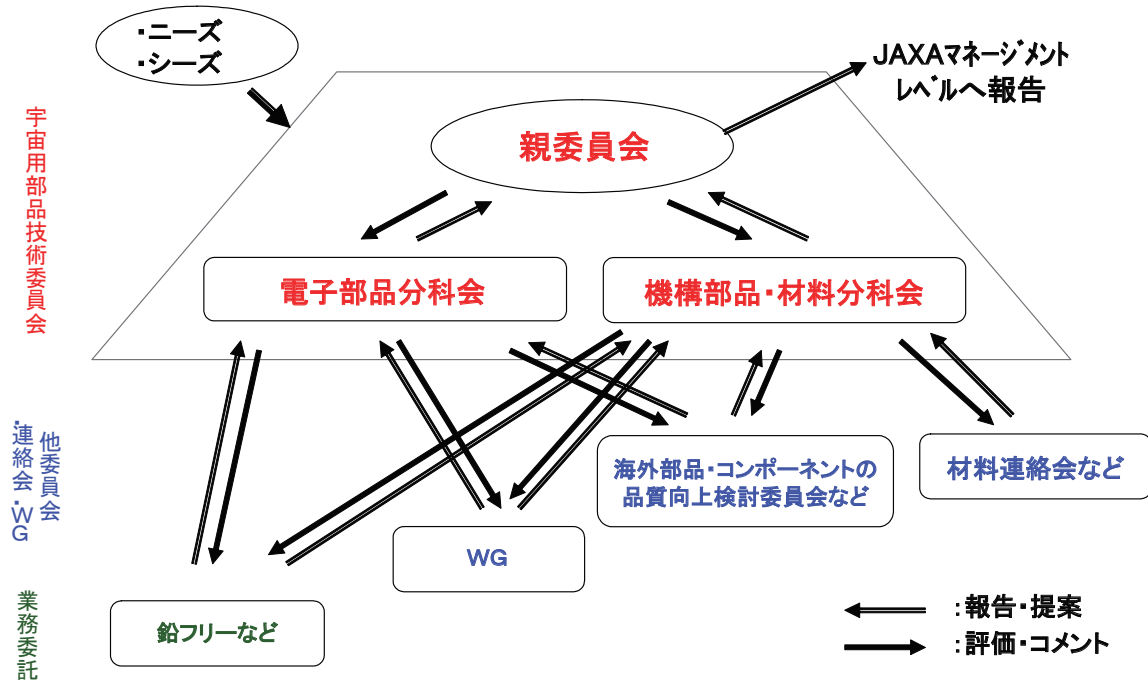


図 4.2-1 宇宙用部品技術委員会と他委員会・連絡会・WG などとの関連

今年度の分科会活動開始にあたり、分科会長と今年度の議題について検討し、次のスケジュール及び議題を設定し進めることとした。

	平成18年						平成19年		
	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
親委員会		△(8/29/JAXA芝分室) ・今年度の運営方針		他				△(TBD/TBD) ・分科会活動結果報告 ・勧告の達成度評価 ・業務提案の審議	他
電子部品分科会	△(7/27/JAXA芝分室) ・活動結果の整理と今後の分科会運営方針 ・重要部品開発の進捗状況 ・QML化移行シナリオ ・COT生産方式と導入の効果 ・欧州との協力関係の構築 ・海外部品・コンポーネント品質向上検討委員会 ・鉛フリーへの対応					△(TBD/TBD) ・重要部品候補の追加検討(ECIリストを含む) ・部品プログラム標準の見直し ・民生部品の活用にあたって ・Fy18分科会報告書		他	
機構部品・材料分科会			△(9/25/JAXA東京事務所) ・Fy17及びFy18親委員会状況報告 ・WG進捗状況 ・重要部品開発の進捗状況 ・機構部品の定義について		他		△(TBD/TBD) ・Fy18分科会報告書	他	

4.2.2 今後の方針

4.2.1 項の進め方に対し、分科会開催 1 週間前までにはほぼ全ての資料を電子メールで配信することができ、9 項に記載するが専門委員から肯定的な評価を戴いた。他委員会・連絡会の状況について「海外部品・コンポーネント品質向上検討委員会」、「鉛フリーコミュニティ」、「宇宙用部品プログラム標準の見直し」を関係者から紹介戴くことができた。一方で、1 回の分科会での議題が多く、開催回数の増加や個別案件に特化した WG で別途議論すべきとの意見もあり、次年度以降の課題として認識した。

5. 重要部品の現状

5.1 第1期重要部品の開発状況

5.1.1 これまでの開発状況

第1期選定重要部品のこれまでの開発状況一覧を表 5.1-1 に示す。各部品に共通する基本的な開発方針として、技術的な優位性を確保するため最先端の技術を採用すること、及び少量多品種生産を前提とした低コスト化生産方式を採用することを意識している。また、各部品の開発について適宜「部品開発連絡会議」を開催し、開発状況の説明や仕様の調整等を実施したうえで、開発を進めている。

表 5.1-1 第1期重要部品の開発状況

	14FY (2002)	15FY (2003)	16FY (2004)	17FY (2005)	18FY (2006)	19FY (2007)
(1)200MIPS級 64bit MPU	設計	試作・評価 ▲ES品支給	QT品製造 プレQT	QT ▲QT品支給		
(2) DC/DC コンバータ	試作・評価	QT品製造	QT ▲QT品支給			
(3)パワー MOSFET	試作・評価	DC/DC用QT ▲QT品支給	試作・評価	QT		
(4)バースト SRAM		開発検討	ES製造・評価	最終製品版製造・評価	▲ES品支給	QT
(5)プログラム 書換デバイス		開発検討	開発検討(その2)	要素試作・評価 (SOI, HBDセル)		ES製造・評価
(6)フォトカプラ		開発検討	受光素子評価	一時中断		試作・評価
(7)受動部品		開発 フィルム コンデンサ	開発 積層セラミック コンデンサ	大学との共同研究を予定 水晶発振器		

第1期重要部品のうち「200MIPS級64bitMPU」、「DC/DCコンバータ」及び「パワーMOSFET」は平成17年度に開発を完了した。ここでは、「DC/DCコンバータ」及び「パワーMOSFET」の派生モデルを含め今年度開発を継続した重要部品、及び関連するCOT生産方式について進捗詳細を次に述べる。

(1) DC/DCコンバータ

電源系のキーデバイスとなるDC/DCコンバータについては、その小型高信頼性化の実現が世界で望まれている。本開発品では、高性能・高信頼性化を図ることを目的として、従来にない斬新的な設計を取り入れている。

- (a) 従来の DC/DC コンバータの不具合は、使用巻線トランスのマイクロソルダリング部はんだクラック等により発生している。これら不具合を減少させるため、高多層配線基板を利用したシートトランスに置き換えることにより高信頼性を図る。
- (b) シートトランスの両面に機能回路パターンの配置及び部品の実装により、小型・高信頼性を計るとともに回路設計を工夫し、効率 90% 目標の高性能を実現。
 - (c) カスタム耐放射線性バイポーラ IC の採用により、部品点数の削減及び小型化を実現。
- (d) 放射線対策が不要な抵抗チップ、コンデンサーチップを QS-9000 認証部品（車載用部品）採用により、小型化、低コスト化、短納期化を図る。
 - (e) DC/DC コンバータとして、最適なスクリーニング及び QCI を実現する。

第 1 期重要部品として開発した DC/DC コンバータ基本モデルについて開発確認試験を 2006 年 3 月末に終了し、基本モデルの開発を完了した。今年度は、基本モデルをベースに軽量化・シリーズ化の検討を実施中である。

(2) パワーMOSFET

パワーMOSFET は、DC/DC コンバータと同様に電源系の要となる重要部品であり、低 on 抵抗でかつ高速動作が可能な部品が求められている。また、パワーMOSFET 固有の問題として、シングルイベントバーンアウト (SEB) やシングルイベントゲートラプチャ (SEGR) といった放射線による焼損現象があり、この発生を限りなく抑制するための対策が必要とされている。

開発中のパワーMOSFET では、低温酸化ゲートプロセス、多重ガードリング、2 層エピ基板等を採用することで高性能を保ったまま放射線耐性を実現している。

最初の開発品は DC/DC コンバータ内蔵用としてカスタマイズされ、DC/DC コンバータの効率性を改善するのに貢献している。今年度は、昨年度までに製造した 100/200/250V 定格のサンプルの開発確認試験を実施し、問題なく終了した。放射線耐性については、サンプルに対する放射線照射試験結果から、LET = 39MeV/(mg/cm²) において定格電圧まで SEB が発生しないことを確認した。各電圧定格について 3 種類の電流定格のサンプルがあるので、電圧・電流定格あわせて合計 9 品種の MOSFET について QML 認定取得のための支援を実施中である。

今年度は、SMD タイプへの拡張、及び 500V 定格のパワーMOSFET の一次試作を実施し、試作したサンプルについて放射線耐性等の評価を実施中である。

(3) バースト SRAM

バースト SRAM とは、バースト転送モードを有するクロック同期式の SRAM である。バースト転送モードとは、データ転送時にアドレス指定を最初の 1 回で済ませ、以後はデータを連続的に送信する方式のことである。この方式では、アドレス指定を省略する分、データの転送速度が速くなる。宇宙用計算機システムを構築するメモリとしては、簡潔な構成で低消費

電力化が容易という観点から従来では非同期式SRAMが用いられてきたが、100MHz以上のデータバスによる高速アクセスには対応できないという問題があった。JAXAでは現在、第1期重要部品として平成15年度よりバーストSRAMの開発を進めている。

平成15年度に行った部分試作では、SRAMメモリ部の回路構成について検討を実施した。レイアウトの容易性および低消費電力化の観点から、使用するSRAMメモリマクロを決定した。このマクロを使用した場合、10mm×10mmのチップに最大で9Mbitのメモリ容量が実現可能であるとの見通しを得ることが出来、サンプル試作による動作確認を実施した。

宇宙用バーストSRAMの最終製品は、メモリの大容量化をはかるためにチップの積層を想定している。

平成16年度はこの積層化に必要なチップ間の信号伝達を可能にするインターフェース回路の検討を行い、バーストSRAMモジュールとしての全体回路設計を実施した。

平成17年度は平成16年度に実施した上流設計を基に下流設計(レイアウト設計)を行い、タイミング解析を実施した後、ウェハ試作及びアセンブリを行った。ウェハ試作に当たっては高性能64bitMPUと同一ウェハで製造し、製造コスト低減も図った。アセンブリサンプルは1パッケージにチップを1個搭載したチップ性能確認サンプルと1パッケージにチップを4個搭載した積層モジュールサンプル(36Mb)の二種を試作した。積層モジュールの外観及びチップ積層イメージを図5.1-1に示す。

平成18年度は平成17年度にアセンブリを行ったチップ性能確認サンプルと積層モジュールサンプル動作確認の結果、タイミング解析通りの性能を発揮することを確認し、平成16年度で実施した上流設計、及び平成17年度で実施した下流設計(レイアウト設計)で製品化できる見通しを得た。引き続き、信頼性確認試験を実施するためのウェハを製造した。

平成19年度はサンプルのアセンブリ、信頼性確認試験を含む開発確認試験を実施する予定である。

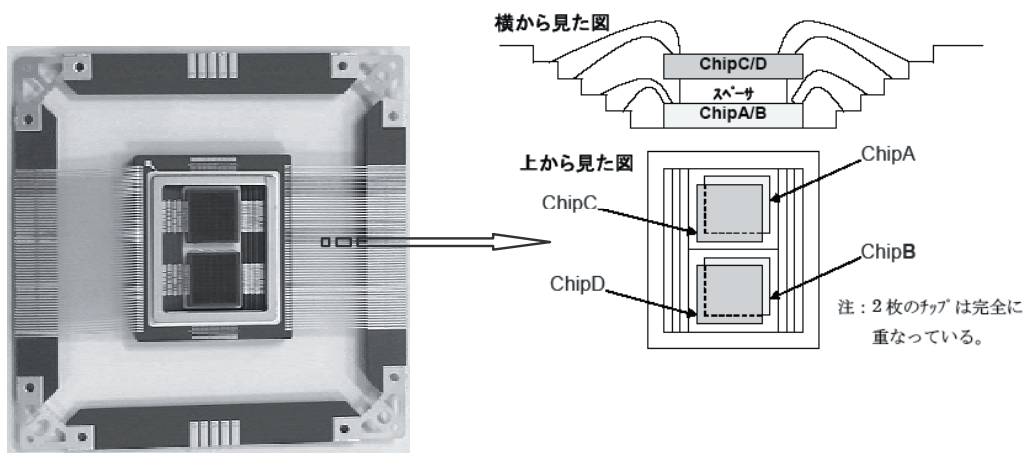


図 5.1-1 バーストSRAMモジュール構成

(4) プログラム書換デバイス

FPGA (Field Programmable Gate Array) は、デバイス調達後にユーザーが回路を自由にプログラムすることが出来るという大きな特徴をもつ事から、民生分野のみならず宇宙においても欠かせない存在となっており、FPGA に対する依存度も年々高くなってきている。FPGA は Actel 社、Xilinx 社等の米国企業がその動作原理に関する特許を数多く保有しており、宇宙用 FPGA の市場も事実上、米国企業の独占状態となっている。こうした状況は宇宙開発の自在性を大きく阻害する要因と考えられ、万が一、素子の供給がストップしてしまった場合や素子自身の不具合が発覚した場合、コスト・スケジュール両面で大きなインパクトを受けることになる。実際に平成 17 年度、Actel 社製の一部の FPGA において Anti-fuse の構造に起因する不具合が発覚し、日本のみならず世界中で問題となった。この問題に対し Actel 社は原因究明のための調査を実施するとともに、下地製造メーカーおよび Anti-fuse 構造を変えた代替製品をリリースした。日本でも独自に Actel 社製 FPGA の Anti-fuse 寿命試験評価を実施し、この問題に関わる会合等でその結果を報告した。最終的に、ユーザーはこれらの結果を元に、リスク判断で従来品を使用する、もしくは代替製品やゲートアレイへの置き換える等の判断を迫られることとなった。

このような背景のもと、JAXA では現在 FPGA の新規開発を重点的に推進している。これまでの実現性検討により、FPGA アーキテクチャを保有するメーカーと協力して開発を進めることが現実的であるとの判断から、平成 17 年 6 月に開催された「第 5 回日仏宇宙協力シンポジウム」において日本側より FPGA 共同開発に関する提案を行い、日仏共同で FPGA 開発を進めていくことで合意を得た。

平成 17 年度は FPGA 実現に必要な技術として検討を進めている、SOI (Silicon On Insulator) 構造素子および FeRAM の要素試作を実施した。適用した製造プロセスは、0.15 μ m 設計ルール of 完全空乏型 SOI である。新 FPGA ではプログラム方式に FeRAM を採用し、回路情報を不揮発化することを考えている。FeRAM の回路構成に関しては、図 5.1-2 に示す 2T-2C 型 (トランジスタ 2 個 + 強誘電体キャパシタ 2 個で構成される回路) に従来の SRAM をあわせたタイプのメモリセル、もしくは 6T-4C 型のメモリセルの 2 タイプが考えられ、試作ではこの両者の評価用回路を組み込んだ。

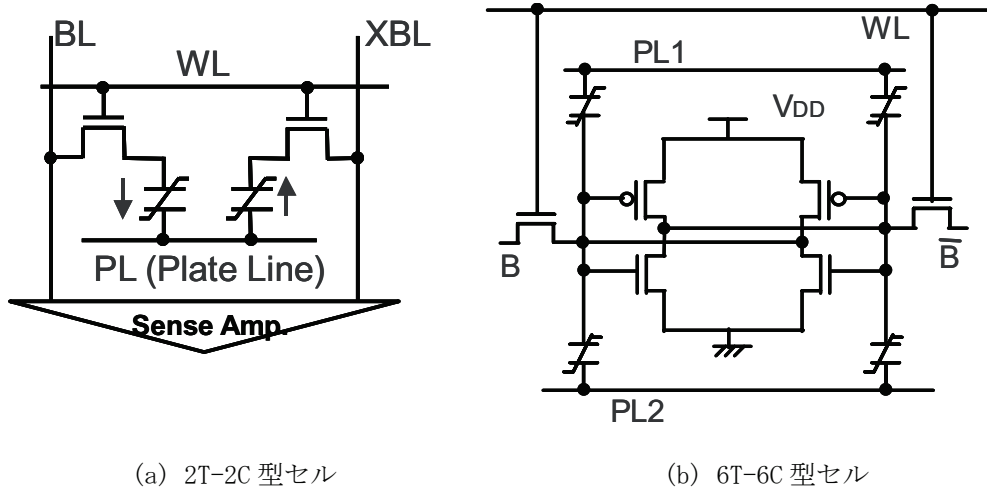


図 5.1-2 FeRAM 回路構成

平成18年度は、平成17年度に試作した評価サンプルの電気的特性及び耐放射線性評価を行う計画であったが、想定した日本の企業がFeRAMの生産を撤退することとなったため、中断を余儀なくされた。

一方FPGAの実現性検討に着手し、仏側から提案されたAtmel社のSRAMベースFPGAによる性能予測を検討した結果、高性能64bitMPUや大容量バーストSRAMに導入したHBD技術の回路を使用してもチップ面積がそれほど増大せず、同一のチップ面積の場合、約1/2の面積で対抗企業の容量(250kgate)を実現できること、かつ消費電力は約1/3、スピードは15%程度速くなるというSOIの特長を加味した結果が得られた。したがって、RAMを当初のFeRAMからSRAMに切り換えたFPGAの開発に向けて研究を進めることとした。

平成19年度から、SRAMベースFPGAの設計及びその検証を開始する予定である。

(5) COT 生産方式

平成17年度に開発を完了した高性能64bitMPU(200MIPS級64bitMPU)はCOT(Customer Owned Tooling)と呼ばれる、回路マスク設計をユーザ側の責任で実施する方式であり、専門企業が得意とする工程を活用し、品質保証会社がとりまとめて品質保証を実行する宇宙用のCOT生産方式(宇宙用LSI工場システム(仮称))として、高性能64bitMPUの開発と一体となって構築を進めた。(図5.1-3参照。)



図 5.1-3 COT 生産方式による宇宙用 LSI 工場システム(仮称)

COT 生産方式による宇宙用 LSI 工場システム(仮称)は次の特長があり、少量・他品種の集積回路の生産及び長期安定供給に対応することができる。

(a) マルチプロジェクトラン方式

1 製品あたりのウエハ製造費を軽減(n 品種の製品を混載したとき、1 製品あたりのウエハ製造費は $1/n$)

(b) ウエハバンク

ウエハ保管を実施し、必要の都度保管ウエハを使用することで、ウエハ製造費の新規発生を削減(10 年間保管を目標)

ウエハバンクについてはウエハの長期保管を開始し、定期的に取り出して組み立てて評価を実施中である。この長期保管データを QCI (品質確認試験) に利用することで、QCI 費を低減できる。

5.1.2 開発計画と進捗状況

第 1 期重要部品を平成 14 年度から開発を進めてから今年度で 5 年目となり、3 品種については開発を完了することができた。そこで、開発計画と進捗状況を図 5.1-4 の通り平成 18 年 8 月 29 日の第 7 回親委員会で報告した。

	14FY (2002)	15FY (2003)	16FY (2004)	17FY (2005)	18FY (2006)	19FY (2007)	開発計画と進捗状況 の差異に対する理由
(1)200MIPS級 64bit MPU	設計	試作・評価	最終 レイアウト	QT			●計画に対して約半年の遅れで開発完了。 ●遅れの原因はH16年度にプロジェクトの採用計画が変更となり、QTを遅延させたため。
	設計	試作・評価	QT品 製造	プレQT	QT		
(2) DC/DC コンバータ	試作・評価	QT	派生モデルの開発				●計画に対して約2年の遅れで開発完了。 ●遅れの原因は予算削減によるペースダウン。
	試作・評価	QT品製造		QT			
(3) パワー MOSFET	試作・評価	QT	派生モデルの開発				●計画に対して順調に開発を実施し完了。
	試作・評価	DC/DC用QT		試作・評価	QT		
(4) バースト SRAM		開発検討	開発/QT				●現在、計画に対して約2年の遅れで開発中。 ●遅れの原因は技術的課題の解決に時間を要したこと、及び予算不足による。
		開発検討	ES製造・評価	最終製品版製造・評価		QT	

上段: 開発計画
 下段: 進捗状況

図 5.1-4 第1期重要部品の開発計画と進捗状況

	14FY (2002)	15FY (2003)	16FY (2004)	17FY (2005)	18FY (2006)	19FY (2007)	開発計画と進捗状況 の差異に対する理由
(5) プログラム 書換デバイス		開発検討	開発/QT				●当初は米国FPGAメーカーとのライセンス契約を模索したが、目処が得られず、また、予算削減のため中断。 ●仏FPGAメーカーとの共同開発を策定するためのフィージビリティスタディを開始した。
		開発検討		要素試作・評価 (\$OI, HBDセル)		ES製造・評価	
(6) フォトコプラ		開発検討	開発/QT				●中断の理由は受光素子プロセスがH16年10月の中越地震で使用不可となり、新たにプロセスを選定する必要が生じたため。
		開発検討	受光素子評価	一時中断			
(7-1) 受動部品 (積層セラミック コンデンサ)			開発検討	試作・評価/QT			●計画に対して1年前倒しで開発完了。 ●前倒しの理由は候補とした車載用コンデンサの大幅な設計変更が不要となったため。
			開発				
(7-2) 受動部品 (その他)		開発		大学との共同研究を予定			
		フィルム コンデンサ		水晶発振器			
		開発		大学との共同研究を予定			
		フィルム コンデンサ		水晶発振器			

上段: 開発計画
 下段: 進捗状況

図 5.1-4 第1期重要部品の開発計画と進捗状況 (続き)

5.2 第2期重要部品の開発状況

第2期重要部品は、平成16年度に分科会にて議論され選定されたものである。このときの選定基準は、基本的には第1期重要部品と同様に、

- (1) 斬新なシステム設計を実施する上での必須の部品
- (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
- (3) 国際貢献及び国際競争力を確保していくための部品

を遵守することとした。さらに、想定される次期プロジェクトを念頭においた積極的な部品開発に取り組む方針とし、平成17年度に分科会にて、アナデジ混載LSI、大電力ヒューズ、水晶発信器、基板実装技術（フリップチップ、BGA）の4つが選定された。現状では、予算の制約等により開発ペースのスローダウンを余儀なくされ、水晶発振器のみ検討に着手（放射線耐性に関する動向調査）した状況で、大幅な進捗は残念ながら図れなかった。次年度以降、可能な限り開発を加速させたいと考えている。

5.3 重要部品の JAXA QML 化

重要部品は宇宙用部品技術委員会の勧告2に記載された「部品の維持・発展」及び勧告4の「供給体制の維持」に基づきユーザに長期かつ安定して供給することが重要である。第1期重要部品として選定された7種類のうち、受動部品（積層セラミックコンデンサ）については勧告10の「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」である JAXA-QTS-2000「宇宙開発用共通部品等一般共通仕様書」及び品種別共通仕様書に基づく QML 認定作業を実施済みである。今年度は、平成17年度に開発が完了した「高性能64bitMPU」（200MIPS級64bitMPU）、「DC/DCコンバータ」及び「パワーMOSFET」の QML 認定作業を実施した（平成19年2月現在の QML 認定作業スケジュールを図5.3-1に示す）。

	2006年	2007年				
	12月	1月	2月	3月	4月	5月
64bit MPU	▲ 共通仕様書の改定(12/28) ▲ 認定申請(1/23) 書類審査中 → △ 認定					
DC/DC コンバータ	共通/個別仕様書の検討 -----> △ 品プロ審査 △ 認定申請 △ 認定					
パワー MOSFET	▲ 共通仕様書の改定(12/28) ▲ 認定申請(1/4) 書類審査中 → △ 認定					

図 5.3-1 QML 認定作業スケジュール

第1期重要部品として選定され開発中の「大容量バーストSRAM」、「プログラム書換デバイス」についても、開発が完了次第、QML認定作業を実施する計画である。

6. JAXA と欧州の電子部品開発協力

6.1 欧州における EEE 部品事情

2004 年 2 月 5 日付けの ESA 長官から各国代表へのレターによってスタートを切った ECI (European Components Initiative) は、2007 年末にフェーズ 1 の活動を完了させる予定で精力的に進められている。フェーズ 1 について毎月活動報告書が作成され、フェーズ 1 で選定し開発する EEE 部品 35 アイテムについて進捗状況が記載された月報が作成されている (35 アイテムの進捗状況サマリは表 6.1-1 参照)。

表 6.1-1 フェーズ 1 選定部品進捗状況サマリ

(2006 年 7 月現在)

ESA activities						
Status	QPL/Delivery	Total delay baseline	Change last report	Contract status	Supplier	Tech. Officer Cont. Officer
EEPROM	2Q2008	9 mth	9 mth	Call off order 1	ATMEL (F)	A.Pesce, L. van Hilten
LEON Rad test	1Q2006	0 mth	0 mth	Complete	ATMEL (F)	A. Pouponnot
LEON FM	2Q2008	12 mth	12 mth	Call of Order	ATMEL (F)	A. Pouponnot, L. van Hilten
ASIC tools	Na	4 mth	1 mth	SOW in Prep	ATMEL (F)	L. Hili (TEC-EDM)
ASIC High pin Count	2Q2007	0 mth	0 mth	Contract (TRP)	ATMEL (F)	A. Boetti, C. Peters
MOSFET	1Q2007	0 mth	0 mth	Call off order 1	STM	R. de Marino, L. van Hilten
LVDS	1Q2007	0 mth	0 mth	Call off order 2	STM (I/F)	A. Pesce, L. van Hilten
Photovoltaic sensor	4Q2006	0 mth	0 mth	Contract	AME (N)	J. Hopkins, T. Halvorsen
Fuse P600L	4Q2006	0 mth	0 mth	Contract	Schurter (D)	J. Hopkins
TOS Relay	3Q2007	0 mth	0 mth	Contract	Deutsch (F)	J. Hopkins
PLL	3Q2007	0 mth	0 mth	Contract	Peregrine (F)	L. Marchand, I. Aupetit
Mixers MD124/MD149	2Q2007	0 mth	0 mth	Contract	CTM (UK)	L. Marchand, I. Aupetit
Cascadable Amp. A74-1	2Q2007	0 mth	0 mth	Contract	CTM (UK)	L. Marchand, I. Aupetit
MMIC	1Q2007	0 mth	0 mth	Contract	OMMIC (F)	L. Marchand
European Schottky Diode	4Q2007	3 mth	2 mth	Kick Off	UMS	L. Marchand, I. Aupetit
Image reject Mixer (IMF-2)	1Q2008	3 mth	3 mth	COA2 and clarification	TBD	L. Marchand, S. Fernandez
I553 Bus interface	4Q2007	2 mth	2 mth	COA2	EADS Astrium (F)	A. Boetti/ P. Roos, C. Pages
Optocoupler	1Q2008	5 mth	3 mth	TEB		K. Lundmark, P. M. Illmann
PWM, Mosfet driver (DC-DC)	TBD	3 mth	1 mth	SOW	Direct negotiation	J. Hopkins, D. Svanidze
DLR activities						
PPH15	3Q2006	0	0	contract	UMS	L. Marchand
CoolMOS transistors	4Q2007	0	0	ITT	Infineon	
Oscillator	1Q2008	0	0	contract	KVG	
Test house Qualific.	3Q 2008	0	0	ITT		
Regulator	1Q 2007	0	0	contract	Jena Optronik	
Thin film Resistors	1Q2007	0	0	contract	Vishay	
Shunt resistors	1Q2007	0	0	contract	Isabellenütte	
Specification - Hybrid Qualification	2Q2006	0	0	contract	Tesat	
Specification - Test house Qualification	2Q2006	0	0	contract	Tesat	
RF Connectors	2Q 2007	0	0	contract	Rosenberger	
CNES Activitie						
FPGA	2Q 2007	0	0	contract	ATMEL	J. Bertrand
Set Characterization	3Q2006	0	0	contract	ATMEL	J. Bertrand
HS ADC HS DMUX	Q2 2006	0	0	contract	ATMEL	F. Malou
MOSFET	4Q 2006	0	0	contract	STM	M. Belasic
SiGe	Q3 2006	6	0	contract	STM	J.L. Roux
MMIC	Q3 2007	6	0	contract	UMS	J.L. Roux

	特に問題なく進捗中
	課題が識別された。是正処置を行っている
	課題が識別された。主要な問題あり(プログラムスケジュールへのリスクあり)

フェーズ 2 について SCSB (Space Components Steering Board) で開発の優先順位を決定するときに利用できるよう、候補部品に対する宇宙用マーケットサイズの評価を実施している。

評価は次の 4 項目について、それぞれ重みをつけている。

- (1) ITAR/Single Source (全体の 40%)
- (2) Space Market Potential (全体の 20%)
- (3) Technology Maturity (全体の 20%)
- (4) Value for Money (全体の 20%)

フェーズ2 部品開発には多額の費用がかかることから、JAXA にも協力の可能性について打診があり、平成17年度の当分科会でフェーズ2 部品開発への寄与の可能性について検討を行い、第2期重要部品として抽出し日本側が貢献できる部品の品種として次の6品種を提示した。

- (1) フォトカプラ
- (2) ヒューズ
- (3) 高電圧パワーMOS FET
- (4) アナログ混載 LSI
- (5) 大容量メモリデバイス
- (6) 水晶発振器

このうち(3)高電圧パワーMOS FET については、第1期重要部品として開発を完了した100/200/250V クラス品を拡張した500V クラス品の評価を実施する計画である。

これらの部品については、欧州の ESCC (European Space Components Cordination) の仕組みの中で、「日本からの寄与」として議論に載せ、欧州においても正式に認知されるように働きかけている。

6.2 部品分野での協力関係の構築

平成 18 年 1 月 30 日から 2 月 3 日にかけて JAXA が欧州宇宙機関を訪問し、部品分野を中心とした協力関係の構築について討議が行われた後、(1)SCSB へのオブザーバ参加が認められ、2006 年 10 月 25 日に開催された第 13 回 SCSB、2007 年 1 月 19 日に開催された第 14 回 SCSB に出席した、及び(2)JAXA-ESA テレコンを定期的で開催(2 か月ごと)することの報告があった。第 13 回 SCSB で JAXA から仏 ST-Micro 社のパワーMOSFET に対する SEB 試験結果を提供した。ギブ・アンド・テイクの関係をベースとした国際的協力関係の構築の第一歩を踏み出した。この関係を維持する上において、重点化する作業項目は次の通りであり、実現できる体制作りを行う必要がある。

◆重点化する作業項目

①欧米部品情報の収集・分析・活用

- ・ESA認定部品情報の分析・部品ユーザへの提供
- ・国内部品戦略の検討

②JAXA保有の部品情報の海外宇宙機関への提供

- ・JAXA-ESA定例会議、NEPAG、G12等国际会合への定常的貢献
(ギブ・アンド・テイク)のための情報加工・提供

7. 体系的・組織的活動への取り組み及び状況

4項で示した今後の方針において、「他委員会・連絡会などの活動状況を部品技術委員会で確認、審議する。その審議結果は各委員会、連絡会などへフィードバックする」こととした。今年度の取り組み及び状況を次に示す。

7.1 海外部品・コンポーネント品質向上検討委員会

この委員会は、昨今の海外部品・コンポーネントの品質問題に関し、その課題を整理し、対応策を策定するために、平成17年11月にJAXA安全・信頼性推進部が事務局となってJAXAプロジェクト、各本部品質保証部門、部品・コンポーネントの専門家、ロケット・人工衛星の主要メーカーの信頼性・品質保証の担当者、部品メーカーから構成される『海外部品・コンポーネント品質向上検討委員会』として設置された。

この委員会の活動概要は次の通りであり、JAXA安全・信頼推進部においてこの委員会での検討を受けて今後の活動計画を立案し、平成18年12月にJAXA経営層に最終報告書としてまとめられ報告された。

- (1) 海外部品・コンポーネントの品質向上に関する一般的な課題と対処策に関し、委員会にて広く意見を集め、議論する。
- (2) 主要メーカーとは個別に意見交換を行い、各社の日頃の努力の状況を確認する。
- (3) 4件の重大な不具合に関し背後要因分析を実施し、その対処策に関しても検討を行う。
- (4) その結果を統合し、海外部品・コンポーネントの品質向上に関わる全般的な課題と対処策を検討する。

上記(3)の重大な不具合には米国のACTEL社製FPGAの特定の品種(RT54SX-Sシリーズ)において、内部回路の遅延時間が増大する不具合が含まれており、平成17年度の当分科会においても評価の計画、状況、結果、NASAとの打ち合わせ結果が報告され、第1期重要部品として選定したプログラム書換デバイスの開発を加速させる要因となった。

この委員会は表7.1-1に示すとおり7回の本委員会、及び1回の分科会を含む合計8回開催され、表7.1-2に示す委員会の提言(要旨)と対処方法、表7.1-3に示す実行計画(案)としてまとめられた。

平成18年7月27日に開催された第10回の当分科会で活動状況が説明され、次の意見が当分科会委員からあった。

- (1) 品質を確認する上で評価が非常に重要である。輸入部品の評価に対する考え方を盛り込む必要がある。

(2) 設計変更が生じた場合、個別の評価が必要になってくるが、コンポーネントメーカーが保証するスペックで使用する場合はどのように考えるのかを明確にする必要がある。

表 7.1-1 海外部品・コンポーネント品質向上検討委員会 作業スケジュール

	平成17年度			平成18年度						
	11月	12月	1月～3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月
検討会 日程	11/2 第1回 会合	11/17 第2回 会合	12/14 第3回 会合	4/4 第4回 会合	5/11 第5回 会合		7/4 第6回 会合		10/6 第1回 ロケット分科会	10/31 第7回 会合
JAXA 信頼性 改革 会議	11/28 第32回 信頼性 改革会議 第1回報告 (体制と検討方針)	1/24 H-IIAF8 /ALOS	2/18 H-IIAF9/ MTSAT-2	2/22 M-VF8/ ASTRO-F	5/23 第38回 信頼性 改革会議 第2回報告 (4件の不具合の分析)		8/22 第40回 信頼性 改革会議 最終報告 (活動計画案)	9/11 H-IIAF10/ IGS	9/23 M-VF9/ SOLAR-B	
活動 内容	作業 方針 設定	課題の抽出と対処案の整理			実行計画に関する検討			最終報告の整理		
	JAXA/メーカー 合同作業	4件の重大不具合の分析の実施								
	JAXA内作業	主要メーカー調 査			科学研究本部との意見交換			対処策に関する 関係各所との調整		
		現行プロジェクトへの水平展開と影響調査								

表 7.1-2 委員会の提言（要旨）と対処方法

委員会の提言（要旨）	対処方針
<p>【リスク評価能力及びリスク管理能力の不足】に対する改善</p> <ul style="list-style-type: none"> 海外(NASA,ESA等を含む)での部品評価試験結果等の収集・分析 部品選定時の専門部門による部品リストのレビュー実施 リスクが許容できることを判断するための部品レベル またはコンポーネントレベルでの評価等の実施 海外部品保証会社を経由した部品調達 設計変更に伴うリスク項目を明確化し、開発中での評価実施 日本側の必要な支援の実施 	<p>開発の早期からプロジェ クトを支援し、部品・コン ポーネントに関する リスクの早期発見と リスクの軽減を行う能力 の向上と仕組みの構築</p>
<p>【基本手順の未遵守】に対する改善</p> <ul style="list-style-type: none"> 調達コンポーネント内部品への部品プログラム基準の適用 部品プログラム基準が厳格に適用できない場合の処置の明確化 調達契約時の作業項目(SOW)設定や技術支援協定(TAA) の締結に際し、必要な技術情報の入手を確保 日本側での受入時または製造開始前に材料の健全性を確認 フライト品製造前のクーポン等による、設計、材料、製造 プロセスの事前確認 	<p>海外部品・コンポーネント の調達に関する基本手順 の整備とその遵守を行う 仕組みの構築</p>
<p>【海外部品・コンポーネントに関する技術情報の収集・分析・活用不足】に対する改善</p> <ul style="list-style-type: none"> 部品に関する過去の不具合発生状況等の収集・分析 部品の品質情報を収集・分析し、プロジェクト/メーカーを支援 過去に使用した海外コンポーネントの使用実績、 搭載環境等に関する技術情報を整備 海外コンポーネントに関する不具合情報を集約し、 タイムリーに水平展開 	<p>海外部品・コンポーネント に関する技術情報の 収集・分析と有効に活用 できる仕組みの構築</p>

表 7.1-3 実行計画 (案)

項目	予算年度	H18fy	H19fy	H20fy
? 衛星専門技術 コミュニティの構築		ホイール等に関する PLANET-Cプロジェクト支援		
	現状	▲発足		
②部品・コンポーネント 専任者の配置 (3名:安信部配置)		▼準備	▼4/1 配置希望	
	現状			
③海外部品・コンポーネント 品質向上ガイドライン 【安信部、総研他】		海外ホイール 購入ガイドライン	▼委員会開始	▼初版制定 改訂▼
④JAXA EEE部品 プログラム標準 【安信部、総研 部品G他】		▼原案作成	▼委員会開始	▼初版制定 改訂▼
	現状	・総研技術資料「EEE部品プログラム標準」 ・「科学衛星用部品基準書」 ・「H-IIAロケットアビオニクス機器用 電気部品に対するガイドライン」		
⑤ 衛星コンポーネント 技術情報の整備 【安信部、総研他】		作業開始▼	PLANET-C/準天頂衛星/GCOM対応整備	
対象プロジェクト		PLANET-C		
			準天頂衛星/GCOM	
			H-IIAロケット電子機器更新	

表 7.1-3 の実行計画 (案) に基づき、平成 18 年 12 月から「海外部品・コンポーネント品質向上ガイドライン」の作成、及び「衛星コンポーネント技術情報の整備」を実施するための検討委員会が設置され、表 7.1-4 に示すスケジュールで活動中である。

表 7.1-4 海外部品・コンポーネント品質向上ガイドライン委員会 作業スケジュール

	2006年度		2007年度		2008年度
	2006.12	2007.03	2007.04	2008.03	
海外部品・コンポーネント品質向上ガイドライン委員会 (技術開発室担当)	12/25 ★ 2/1	海外部品・コンポーネント品質向上ガイドライン委員会 (作業支援:HIREC契約) 3/27 ★ 2/26 ★ 3/16 ★ 3/23	海外部品・コンポーネント品質向上ガイドラインWG (JAXA内部委員会) ★ 4/中旬		海外部品・コンポーネント品質向上ガイドライン制定
海外コンポーネント技術情報データベース (技術開発室担当)	パイロットDB検討		技術情報の収集		技術情報の収集
	NASDA報告書に基づくコンポーネントリストの作成 IBNASDA衛星 MELCO/NTS IBISAS衛星		コンポーネントリストに技術情報を付加する。 IBNASDA衛星 MELCO/NTS IBISAS衛星		コンポーネントリストに技術情報を付加したものをDB化し、展開可能にする。 IBNASDA衛星 MELCO/NTS IBISAS衛星

7.2 宇宙用部品プログラム標準検討状況

近年、ユーザ書き込み型集積回路 (FPGA) の動作遅延不良、T0-18 カン封入型トランジスタの異物混入問題など部品の選定や調達プロセスも遠因と考えられる問題があり、「海外部品・コンポーネント品質向上検討委員会」においても品質向上検討がされている。

民生用部品技術の進歩と宇宙機器への機能要求が高まるにつれ、宇宙開発用共通部品、つまり認定部品 (QPL、QML) で宇宙開発に必要な多様多品種の認定部品維持が困難な状況で、非共通部品の使用割合が増加して、選定や信頼性評価に係るプロジェクトの作業が増加している。

また、有人宇宙機器用、ロケット用、実用/技術試験衛星用、科学衛星用と部品の適用用途/ミッションが多様化しており、それぞれのミッション要求や重要性に応じた宇宙用部品の信頼性レベルなどについて議論が必要となっている。

現在、宇宙用部品プログラムは、「信頼性プログラム標準 (JMR-004)」の中で要求されている。より具体的な要求として JAXA 総合技術研究本部部品・材料・機構技術グループ (部品 G) の技術資料である「電気、電子、電気機構 (EEE) 部品プログラム標準 (GBA-99010C)」が多くの実用衛星開発で実質的に適用されている。

また「部品適用ハンドブック (JERG-0-035)」が旧 NASDA で制定された内容のまま JAXA ハンドブックとして暫定制定されている。JAXA 宇宙科学本部が開発する科学衛星等には、別途部品プログラム要求が適用されつつある。

これらの状況を受け、実質的なガイドライン、要求としてよく用いられてきた「電気、電子、電気機構 (EEE) 部品プログラム標準 (GBA-99010C)」を元にして、その他の要求事項、内容を整理、補足して整合性を図ると共に、各本部やプロジェクトの意見を反映して、実効性を確保する。

海外部品・コンポーネント品質向上検討委員会最終報告書の「部品プログラム標準の改訂」についても考慮する。

標準の見直しに合わせて、宇宙用部品に係る体制の充実を図り、部品 G と協力してミッションに応じた部品の選定基準、調達プロセス、非標準部品の適用評価プロセスを改善する。

なお、必要に応じて関係する共通技術文書の見直しを行う。

見直しによって、ミッション要求や重要性に応じた、柔軟かつ適切な部品プログラム要求を目指し、宇宙機の信頼性を確保しつつ部品の選定作業やリスク対応が迅速かつ効率的に出来る JAXA 及び関連企業の協力体制を構築する。

平成 17 年度に予備調査を実施済で、平成 18 年度に改訂一次案を作成し、平成 19 年度に宇宙用部品プログラム標準改訂検討委員会 (仮) で議論して改訂二次案をまとめる。平成 20 年度の早期に、改訂二次案を元に改訂版制定を目指す。

平成 18 年 12 月 23 日に開催された第 11 回の当分科会で検討状況が説明され、表 7.2-1 のスケジュールで活動中である。

表 7.2-1 宇宙用部品プログラム標準の見直し 活動スケジュール

	H17 年度	H18 年度	H19 年度	H20 年度
予備調査	→			
一次案		→		
二次案			→	
改訂版				→

7.3 部品プログラム支援

JAXA が進めるロケット・人工衛星等の開発に必要な宇宙用部品の安定供給及びそれらの信頼性・品質保証を行う上で、部品専門家の立場からのサポートが重要である。

また、7.1 項の「海外部品・コンポーネント品質向上検討委員会」の検討結果、プロジェクトからの支援要請の急増、欧米宇宙機関への情報提供と連携などが求められている。

これを受け、今年度からプロジェクトの部品ライフサイクルに適合した活動をより充実させ、部品情報の収集・分析・展開・反映機能の強化を目的に、オンサイト・コントラクター（カスタマーと同じ作業エリアで執務を行う）による作業形態で、JAXA 総合技術研究本部 部品・材料・機構技術グループがプロジェクトの部品プログラム支援活動を行うこととした。

これによってより効果的な活動が期待できる。

7.4 宇宙用部品連絡会

宇宙用部品コミュニティ関係者の情報共有の場とし、部品の安定供給、品質の確保などを議論する目的で宇宙用部品連絡会を平成 17 年度から開催している。今年度は次の議題で 4 回開催した。議題の資料は事前に宇宙用部品データベースに掲載するとともに公開している。

(1) 第 2 回（平成 18 年 5 月 9 日開催）

- (a) JAXA 認定部品の QML 化ロードマップ
- (b) 欧州との協力関係の構築
- (c) 海外部品情報の紹介
- (d) 主任検査員研修での部品メーカーの要望
- (e) 重要部品の開発状況
- (f) プロジェクト承認部品データベース
- (g) 部品ユーザからの情報（課題、不具合）

(2) 第 3 回（平成 18 年 8 月 28 日開催）

- (a) 部品ユーザからの情報（不具合、調達上の問題）
- (b) 部品メーカーからの情報（不具合、調達上の問題）
- (c) セラミックコンデンサ はんだコート品の開発
- (d) FPGA 使用上の注意事項
- (e) FPGA 開発フィージビリティスタディを開始
- (f) 海外の部品情報
- (g) 5 月の G12/G11 の報告
- (h) 重要部品の認定進捗状況
- (i) RoHS 課題検討コミュニティに係る進捗状況

- (j) プロジェクト承認部品データベースの紹介とデモ
- (k) 行事紹介（主任検査員研修、MEWS、MEMS、RASEDA）

(3) 第4回（平成18年11月29日開催）

- (a) 部品ユーザからの情報（不具合、調達上の問題）
- (b) 部品メーカーからの情報（不具合、調達上の問題）
- (c) JAXAプロジェクトからの情報
- (d) マイクロセミダイオードの不具合の件
- (e) 部品戦略の検討状況
- (f) 海外の部品情報
- (g) 9月のG12/G11の報告
- (h) 重要部品の認定進捗状況
- (i) 行事結果報告

(4) 第5回（平成19年2月14日開催）

- (a) 部品ユーザからの情報（不具合、調達上の問題）
- (b) 部品メーカーからの情報（不具合、調達上の問題）
- (c) JAXAプロジェクトからの情報
- (d) 部品戦略に係る周辺状況
- (e) 内外の部品情報（FPGAの開発を含む）
- (f) FPGA RTAX2000の評価試験計画
- (g) 重要部品の認定進捗状況（MPU、PMOSFET、DC/DC）
- (h) G12/11(1月)の報告
- (i) QPL/QML部品認定管理

7.5 鉛フリーコミュニティ

2006年7月1日に欧州で発効された有害物質使用制限(RoHS)指令等⁽¹⁾により鉛、カドミウム等の6物質⁽²⁾が欧州で新たに流通する家電製品等で使用禁止になった。これに対応して国内家電製品等の主要民生分野では海外への輸出対応のため、国内では使用禁止規制が無いにも拘らず、鉛フリー化⁽³⁾等への移行が殆ど完了しつつある。このような市場動向を受けて、部品材料メーカーは、RoHS対応品と非対応品の両方の製造ラインを維持することは困難であるため、鉛フリー化等のRoHS対応品へ移行することが主流化している。以上のような家電メーカーや部品・材料メーカーの動向を考慮すると、宇宙用部品・材料は民生部品・材料メーカーから調達しているため、次の問題が認識されている。

- (1) 従来の鉛等を使用した部品・材料の供給がすでに困難になりつつある
- (2) 鉛フリー化を図った部品・材料の使用には、信頼性に関わる新たな懸念がある

この問題に対し、現状は次の通りである。

(3) 市場の動向

- (a) 欧州では廃棄物不法投棄による環境汚染の問題から鉛を含む有害6物質を含む製品の販売を2006年7月1日から禁止
- (b) 米国では一部の州で家電製品への鉛等の使用を禁止
- (c) 中国でもRoHS指令と同じく使用禁止物質を含む製品の販売禁止を2007年3月に適用
- (d) 欧米の部品・材料メーカーは使用禁止物質を含まない製品へ移行中
- (e) 国内規制では使用禁止物質の使用有無の表示を義務付け、販売は禁止しない
(http://www.meti.go.jp/policy/recycle/main/3r_policy/policy/j-moss.html 参照)
- (f) 国内の部品・材料メーカーは使用禁止物質を含まない製品へ国外メーカーより早く移行

(4) 技術的動向

- (a) 1990年代からRoHS指令に対応するために鉛フリー化等への研究が活発化
- (b) 鉛フリー品等では部品・材料特性が異なり、品質信頼性へ影響を与える場合があり、メーカーで研究が進められている。

⁽¹⁾ RoHS(Restriction of the use of certain Hazardous Substance in electrical and electronic equipment) : 有害物質使用制限指令

http://europa.eu.int/eur-lex/pri/en/oj/dat/2003/l_037/l_03720030213en00190023.pdf

WEEE(Waste Electrical and Electronic Equipment) : 廃電気電子機器指令

http://europa.eu.int/eur-lex/pri/en/oj/dat/2003/l_037/l_03720030213en00240038.pdf

⁽²⁾ 鉛、カドミウム、水銀、六価クロム、ポリ臭化ビフェニール(PBB)、ポリ臭化ジフェニールエーテル(PBDE)

⁽³⁾ 電子機器の実装は鉛入りのはんだで部品と基板を接合しており、部品の端子は事前にはんだめっきされている。このため、鉛フリー化が進むと電極メッキとはんだの材料を変更する必要がある。

(c) (独)新エネルギー・産業技術総合研究開発機構において1990年代後半から鉛フリーはんだの試験方法等の研究が開始され、2005年11月に鉛フリーはんだの接合試験方法等の規格が制定し、JIS化予定(試験方法のみ。信頼性が保証されたわけではない)

一方、軍事・宇宙用途向け製品は、現時点ではRoHS指令対象外となっている。しかしながら、鉛フリー品等のRoHS対応品が市場に流通しており、従来品と混在している。このため、誤って宇宙機等に使用される懸念がある。将来、RoHS対応品が主流になった場合、対応が必要となる可能性があるため、検討が進められている。

NASA、ESA及びJAXAの動向は次の通りである。

【NASAの動向】

- ◆ RoHS対応品(特に鉛フリー品)は信頼性上に問題があるため、研究を実施
 - ◆ 鉛フリー品を宇宙機等に使用することは禁止*
 - ◆ 鉛フリー化等への移行スケジュールについては未定
 - ◆ 宇宙用部品に鉛フリー品が混入する不具合も発生
- *:その後の調査で使用禁止ではなく、使用しないことを推奨している

【ESAの動向】

- ◆ 鉛フリー品を宇宙機等に使用することは禁止している。
- ◆ 鉛フリー化等への移行スケジュールについては未定

【JAXAの動向】

- ◆ 鉛フリーはんだの使用は禁止
- ◆ 平成13年から鉛フリー化に対する基礎評価を開始
- ◆ 鉛フリー化等への移行スケジュールについては未定
- ◆ 動向調査、基礎評価を部分的に実施(平成17年)

平成18年7月27日に開催された第10回の当分科会で状況が説明され、平成18年12月13日の第11回分科会でその後の状況が説明された。鉛フリー化等のRoHS対応品に関わる対応については、図7.5-1のコミュニティにてスケジュールも含めて検討する予定だが、民生動向を考慮し表7.5-1のスケジュールが想定されている。

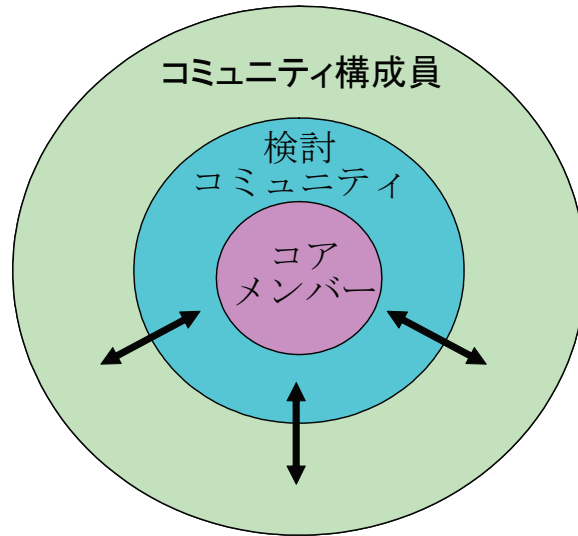


図 7.5-1 鉛フリーコミュニティ 概念図

表 7.5-1 RoHS 指令への対応スケジュール案

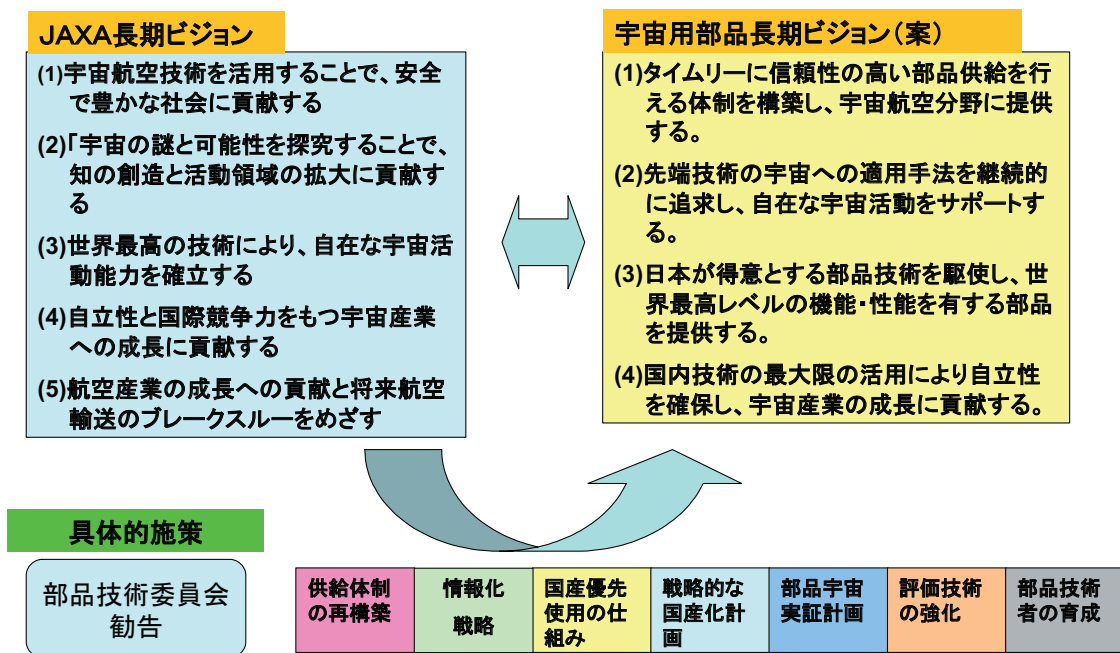
	平成16、17年度 (2004/2005年)	平成18年度 (2006年)	平成19年度 (2007年)	平成20年度 (2008年)	平成21年度 (2009年)
民生の動向		△RoHS始動 (2006/7/1) △日本版RoHS始動(2006/7/1)	順次適用除外対象を減らし、鉛フリー化等へ移行 △中国版RoHS始動(2007/3)		宇宙適用化△
世界の鉛フリー化対応割合予測	5~50%	50%以上	75%	75~90%	90%
鉛フリー化の動向調査	←-----→				
鉛フリー化の基礎評価	←-----→				
1 コミュニティでの活動		←-----→			
2 従来技術でのRoHS対応品対応方法の検討		←-----→			
3 RoHS対応に関わる検討		←-----→			

8. 部品戦略

平成18年6月にJAXA経営層から我が国を支える部品プログラム戦略策定が指示され、平成18年11月に検討結果をまとめ報告した。この項では部品戦略について記述する。

8.1 背景と検討方針

平成18年4月にJAXA長期ビジョンが策定され公開された。この長期ビジョンに対応する宇宙用部品の長期ビジョン（案）に基づき、具体的施策は宇宙用部品技術委員会で審議されJAXA経営層に報告されることとなる。



これに関連する宇宙用部品技術委員会の勧告及び重点化すべき事項、更に具体的な事項は次の通りである。

<p>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。</p> <p>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。 →スケジュール遅延(開発サイクルの短縮化、資金の重点的投入)</p> <p>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。 →宇宙実証等を通じて実績を積む工夫が必要</p> <p>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。 →評価は実施しているが、体系的となっていない。成果の活用が重要</p>
--

JAXA長期ビジョンの実現に向け、活力あふれる宇宙活動を展開するためには、その基礎を支える部品の高度化が必須の要件である。特に人工衛星用部品は

- ◆民生部品の開発動向に合わせた高機能・高速・小型化
- ◆耐環境性(特に耐放射線性)
- ◆長期運用要求に整合した品質保証

に係る技術を継続的に維持・発展させる必要がある。併せて、自在な活動の推進のため、

- ◆入手性の改善
- ◆適正価格

も図る必要がある。

現行の部品プログラムはこれらの要求に十分応えておらず、認定部品メーカーの撤退等、むしろ後退しつつある部分も見られる。将来の我が国の宇宙活動を更に活性化するため、早急に部品プログラムを見直し、長期にわたって要求に応えられる戦略を確立する必要がある。

この具体的な背景について、目的と検討プロセス、そして検討方針を次のように設定した。

【目的】

「我が国の宇宙活動を支える**部品プログラム戦略**」について、20年後(*)の「**あるべき姿**」を明確にし、それを**実現させるためにとるべき方策**を提案する。方策の具体化にあたっては、リソースの確保等、不確定要素もあることから、必要に応じて見直しが必要である。

(*)20年後の目標に対応した部品戦略は5年先行した設定が必要

【検討プロセス】

1. 「JAXA長期ビジョン」及び「宇宙開発利用の基盤技術」戦略と整合する目標を設定
 2. 設定した目標を実現させるための要素を分析
 3. 今後実行すべき施策として、
 - ◆国の政策として実施すべき事項
 - ◆JAXAの実施すべき事項
 - ◆システムメーカ(部品ユーザ)として実施すべき事項
- をまとめた。

[検討方針]

- ◆JAXA長期ビジョン・「宇宙開発利用の基盤技術」戦略と整合していること
- ◆All Japanの視点で検討すること(産・学・官の連携のあり方を考慮)
- ◆5年後、10年後の姿とそれを実現するためのプロセスを示すこと
- ◆国/JAXA/システムメーカ/部品メーカの責任範囲を明らかにすること
- ◆JAXA及びメーカの技術力の向上を考慮すること
- ◆海外との協力体制も考慮し、限られた資源を有効に活用すること



[検討のアプローチ]

- ◆JAXA長期ビジョンのターゲットである2025年の姿を実現するためには、部品は目標とする姿を2020年に実現する必要がある。
- ◆2020年のあるべき姿を表現し、それを構成する要素を分析し、必要な施策を示す。
- ◆成功事例の分析を行い、反映する。

8.2 活動状況

部品戦略の検討は、システムメーカーの代表（MELCO 及び NTS）、部品メーカーの代表（HIREC）及び JAXA（総合技術研究本部及び安全・信頼性推進部）で構成する戦略検討チームにて、次の月日で検討を実施した。並行して、産業界の電子部品の状況について官公庁や宇宙開発委員会から聞き取りを行った。

(1) 戦略検討チーム会合

- (a) 第1回 7月13日：検討方針
- (b) 第2回 7月31日：20年後のあるべき姿
- (c) 第3回 8月31日：目標とプロセス
- (d) 第4回 9月28日：目標とプロセス
- (e) 第5回 10月19日：施策検討
- (f) 第6回 10月30日：成功事例分析
- (g) 第7回 11月9日：報告書討議
- (h) 第8回 11月17日：報告書討議

(2) その他の打ち合わせ等

- (a) 宇宙開発委員長に対する宇宙用部品の状況ご説明(8月10日)
- (b) 防衛機器用部品の状況調査：防衛庁装備本部(9月5日)
- (c) 航空機用電子機器向け部品の状況調査：SJAC(9月28日)
- (d) 経済産業省打ち合わせ：宇宙産業室(11月14日)

8.3 検討結果

戦略検討チームの検討において、次のように「目標」を設定し、「主要課題」の識別を経て、「課題に対する対処」を次の通りまとめた。

(1) 目標の設定

【2020年の宇宙用部品のあるべき姿】

(案)必要とする部品を**タイムリー**に、かつ**適正価格**で利用できること^{(4)(b)}。また、(国内／外、宇宙用／民生用を問わず)部品に関する最新情報が効果的に収集・分析・評価され、国内プロジェクトの**リスク低減**が図られていること^{(1)(3)(a)}。また、**高度な部品技術**を使いこなす^{(2)(3)(4)(a)}、目的に応じた**適切なシステム信頼性**^{(1)(a)}を確保しつつ一定の**国際競争力**を獲得できていること^{(4)(c)}。(括弧内の数字は「JAXA長期ビジョン5項目との関連、英小文字は基盤技術戦略の方針3項目との関連を示す。)

キーワード

自律性・自在性の確保
 先端宇宙活動の推進
 高信頼性宇宙機の維持・推進

(注)ここで特に「部品を使いこなす技術」の重要性を強調しておきたい。現在の半導体技術は微細化が進み、航空機の飛行高度のみならず地上機器への応用においても宇宙放射線の影響が無視できないほどセンシティブであり、システム設計でロバスト性を確保する必要性が増している。また、微細化に伴う新たな不良モードが見られ、部品単独での長期信頼性の確保は困難となりつつある。

長期ビジョン

- (1) 「宇宙航空技術を活用することで、安全で豊かな社会に貢献する」
- (2) 「宇宙の謎と可能性を探求することで、知の創造と活動領域の拡大に貢献する」
- (3) 「世界最高の技術により、自在な宇宙活動を確立する」
- (4) 「自立性と国際競争力をもつ宇宙産業の成長に貢献する」
- (5) 「航空産業の成長への貢献と将来航空輸送のブレークスルーをめざす」

基盤戦略

- | | |
|---------------------|---------------|
| (a) 「信頼性の向上・長寿命化」 | →静止15年、周回7年以上 |
| (b) 「開発期間の短縮」 | →新規開発4年、再製造2年 |
| (c) 「ペイロード比率の飛躍的向上」 | |

(2) 識別された主要課題

1. 「入手性」の改善
(部品入手性の継続的改善)

- ◆部品メーカーが協力を継続できる環境整備
- ◆欧州との共同開発
- ◆まとめ発注・保管・標準化

2. 「使いこなす技術」の改善
(部品を使いこなす技術を磨き上げること)

- ◆情報収集・分析能力の向上
- ◆人材育成・確保
- ◆システムのロバスト設計推進

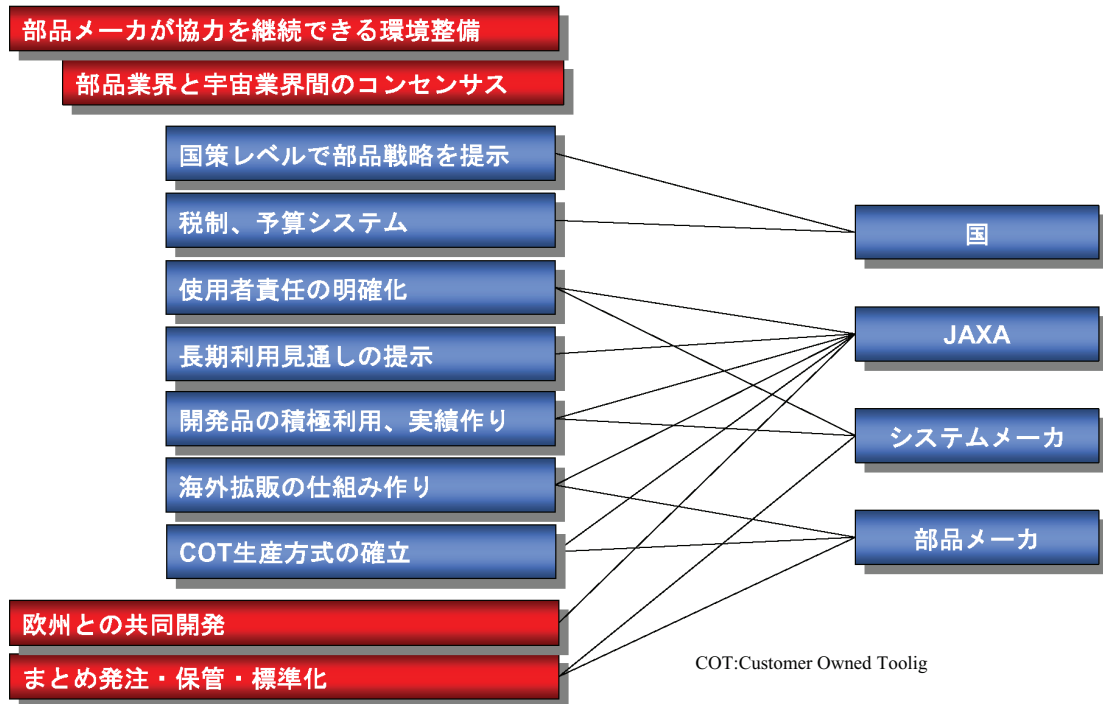
「課題」への対処にあたり考慮すべき事項

成功事例に学ぶ 共通的要因

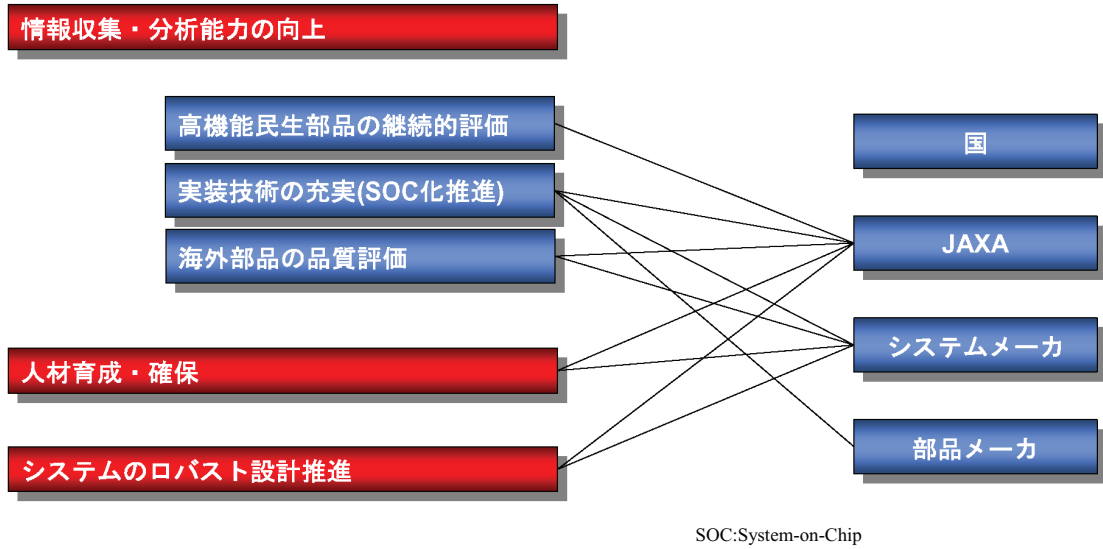
- ◆戦略／戦術の継続性
- ◆積極的にリードする人／体制の存在
- ◆発展の余地のある技術
- ◆企業のコストを意識した努力
- ◆JAXA衛星への継続的採用(実績)
- ◆宇宙実証による採用の容易性

(3) 課題に対する対処

(a) 「入手性」の改善



(b) 「使いこなす技術」の改善



8.4 施策（案）及び目標を達成するためのステップ

検討結果に対して、国レベル、JAXA、システムメーカ及び部品メーカの取るべき施策（案）、及び目標を達成するためのステップを次のようにまとめた。

8.4.1 施策（案）

(1) 国レベルの施策

国策レベルで部品戦略を提示

(1)MPU／メモリ／ASICを最重要部品と明確に位置づけ、継続的に維持・性能向上を図ること

(2)SOC(システム・オン・チップ)戦略立ち上げ・予算化

税制、予算システム

(3)宇宙用部品の開発・生産・保管に係る減税措置を行うこと

(4)予算システムの改善(3～5年程度の開発予算の認可)

- ◆ 今後10年間は戦略的にブレない方針設定を行う。
- ◆ 方針設定により、最重要部品の継続的供給体制を確実にする。
- ◆ 先端部品技術を駆使することによる画期的システムを指向
- ◆ 「先詰まり感」の打破
- ◆ 長期戦略として「SOC」を明示的に示し、先端技術の導入を促進する(チャレンジする／できる航空・宇宙産業)
- ◆ 10年計画として位置づけ、5年後に見直し

- ◆ 部品メーカの宇宙開発への参画を容易化する
- ◆ 当面5年間継続し、5年後に効果の評価を行う
- ◆ 保管に伴う費用リスクの減免により、安定供給を可能とする。
- ◆ 部品保管システムの構築により民生部品利用の活性化(民間を中心とした活動の積極推進)

- ◆ 予算執行を複数年度にわたり継続可能とし、短期開発を目指す
- ◆ 技術の陳腐化の回避・技術的優位性確保
- ◆ 国内技術の有効利用
- ◆ 部品メーカの協力取り付けを容易化

(2) JAXA の施策

(a) 入手性の改善

部品業界と宇宙業界間のコンセンサス

使用者責任の明確化

長期利用見通しの提示

開発品の積極利用、実績作り

海外拡販の仕組み作り(*次頁)

COT生産方式の確立

欧州との共同開発

- ◆ 国産民生部品を使用する場合の品質保証責任はユーザー側
- ◆ 国内部品メーカの不利益となる情報は出さないことを明言

- ◆ 認定部品については、継続的に利用することを約束
- ◆ COT生産方式と併せて具体的な方策を説明

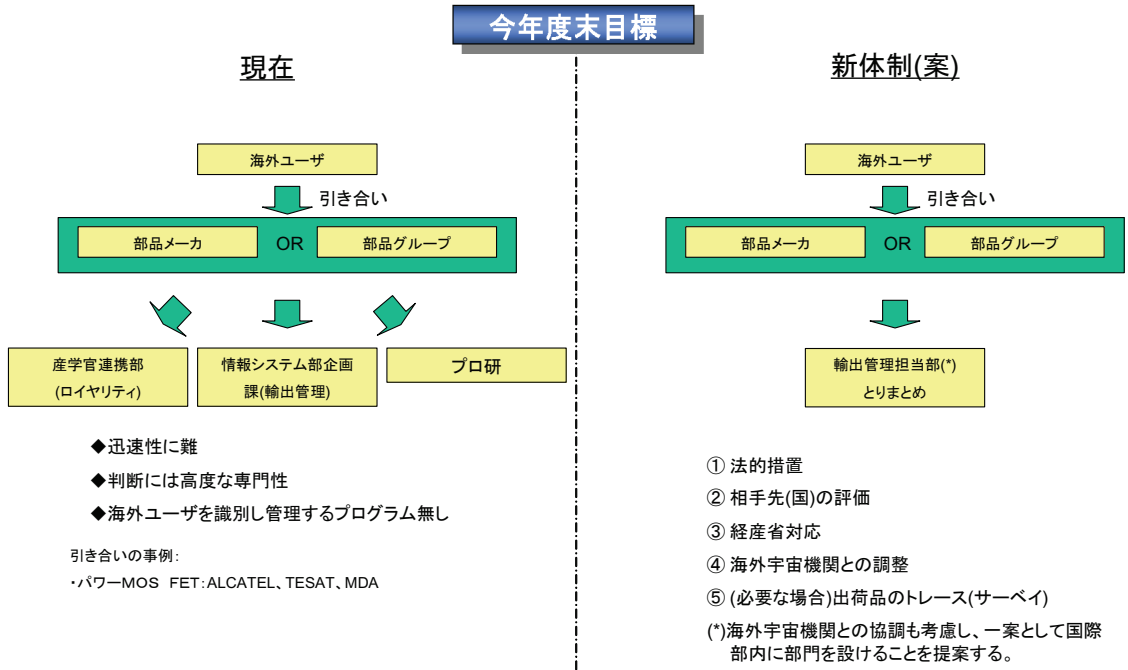
- ◆ JAXA開発部品の優先使用
- ◆ 部品選定基準上、上位に設定
- ◆ 機会がある毎に軌道上での実績を蓄積

- ◆ 拡販に係る諸手続き担当部署の一元化

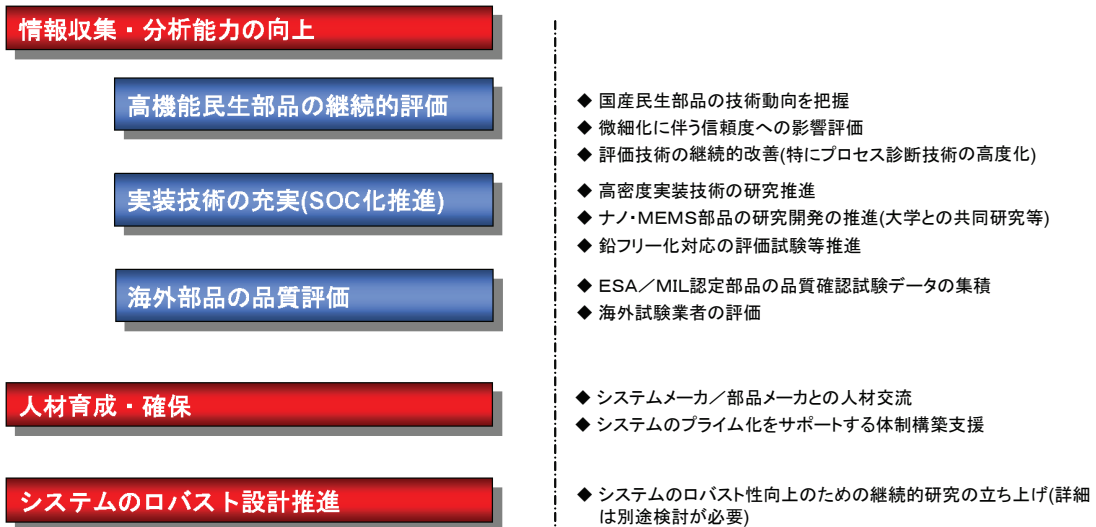
- ◆ 最重要部品の継続的供給を目的としたCOT生産方式を更に推進

- ◆ 欧州第二期部品開発計画と協調(重複開発の回避)
- ◆ 共同開発の推進(モデルケース: FPGA)

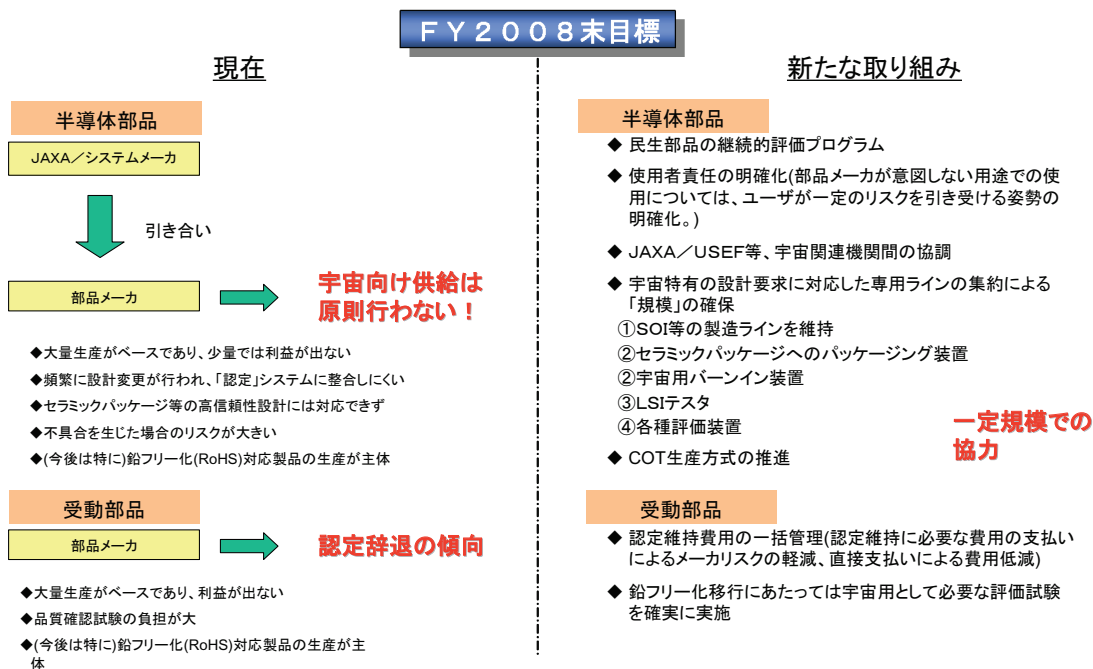
ー海外拡販の仕組み作りー



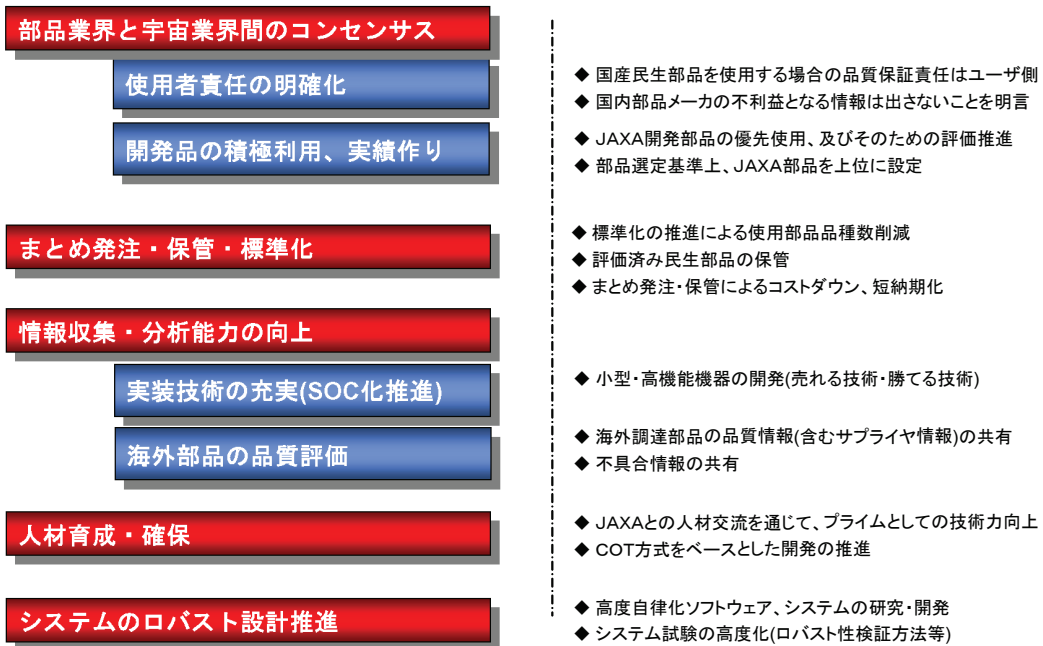
(b) 使いこなす技術の改善



ー部品メーカーの協力体制の構築ー



(3) システムメーカーの施策



(4) 部品メーカーの施策

部品業界と宇宙業界間のコンセンサス

海外拡販の仕組み作り

COT生産方式の確立

まとめ発注・保管・標準化

実装技術の充実(SOC化推進)

- ◆ JAXA開発品の海外ユーザへの積極的紹介
- ◆ 長期契約締結に向けたコストダウン努力
- ◆ COT生産方式への理解と協力
- ◆ ファウンドリとしての協力
- ◆ 宇宙用部品の製造、組立、試験等の分業体制の構築
- ◆ 部品ユーザによるまとめ発注への対応
- ◆ 保管システムの構築(システムメーカーと協力)
- ◆ 最新パッケージング技術の情報提供
- ◆ 高密度実装技術の開発

8.4.2 目標を達成するためのステップ

施策（案）を実現するためのステップを、5年単位で次のようにまとめた。

第一フェーズ: ~2010年(JAXA中心)

- ◆ 国内部品業界の協力取り付け(協力を継続できる環境整備: 国、JAXA中心)
- ◆ 欧州との相互補完体制の確立(JAXA中心)
- ◆ 情報収集ルートの確立、分析・評価能力の飛躍的拡充(JAXA中心、システムメーカーの協調)
- ◆ 民生部品評価手法の充実、宇宙適用ガイドライン設定(JAXA/システムメーカー)
- ◆ 「部品の使いこなし」に係る検討・研究の充実(システムメーカー中心)

第二フェーズ: 2010~2015年(システム技術の拡充・人材)

- ◆ 主要部品の自在性を確立
- ◆ GaN、MEMS等の先端部品の実用化
- ◆ 民生部品の評価体制確立
- ◆ 有人/深宇宙への新たな展開(全体計画の見直し)

第三フェーズ: 2015~2020年

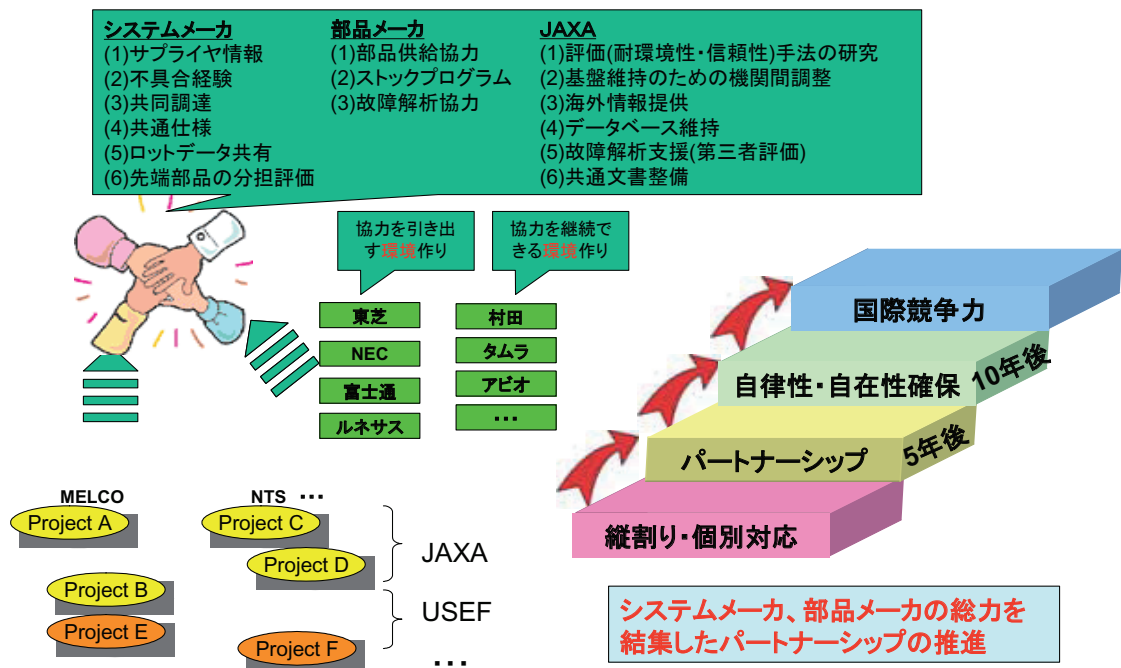
- ◆ 目標とする姿を達成→部品プログラムの有効性を評価し、見直し
- ◆ 地球周辺から深宇宙への本格的展開

8.5 まとめ

この検討を通じて、宇宙・航空分野で高度な技術力を駆使し、JAXA 長期ビジョンに示された「安全」で「安心」な社会の実現に貢献するためには、その基盤となる部品の入手性、及びそれを使いこなす技術が重要であることを示した。

現在直面している宇宙用部品の問題は、平成14年のJAXA 内部部品プログラム検討タスクチームによる報告以降、部分的には改善されているものの、依然として解決を図るべき課題が多い。

今回、将来の健全な宇宙開発を指向した部品プログラムの設定を図るため、国策レベルで対応が必要と思われる事項についても敢えて提案することとした。ここに示した提案の実現により、部品メーカ、システムメーカ、国(JAXA等の国の機関を含む)のパートナーシップを形成することにより、我が国の宇宙活動の継続的発展に貢献できるものとする。



9. 活動結果の評価と今後の課題

9.1 活動結果の評価

今年度の運営方針の1つとした「勧告の達成度評価」に基づき、委員に勧告1から10、及びその他に関する達成度評価を事前にアンケートを行い集約した。集約すると、立場（ユーザ側委員／部品メーカ委員／内部専門委員）によって視点が異なるため評価結果が割れている勧告があるものの、おおよそ表 9.1-1 のようにまとめられる。（評価結果の詳細を表 9.1-2 に示す。）

表 9.1-1 主な評価結果

勧告の番号	達成度 ⁽¹⁾	主な評価結果
1	○	<ul style="list-style-type: none"> ・「部品戦略プログラム」でよく検討されている。 ・体系的に取り組む仕組みができた。 ・JAXA の部品部門のプロジェクトに対する部品選定に関しての強制力がない。 ・プロジェクトの枠を越えて体系的に取り組んでいるとは思えない。
2	△	<ul style="list-style-type: none"> ・サンプル提供し国際貢献の第一歩を踏み出した。 ・進捗が遅い。 ・部品コストについてどのように考えているか、基本的なスタンスが JAXA 内で確立していない。
3	○	<ul style="list-style-type: none"> ・部品のデータベースは充実している。 ・部品評価技術、部品基盤技術に関するデータベースの充実はまだまだである。
4	○	<ul style="list-style-type: none"> ・第1期重要部品の一部は予定通り開発が進んでいる。 ・適用拡大を狙いSMD製品の開発に着手した。 ・第2期重要部品選定に対する取組をもっと推進すべきである。 ・開発が断続的になるため、効率的な開発の進行ができない。
5	△	<ul style="list-style-type: none"> ・低コスト化の努力は評価できる。 ・サンプル展開のシステムを構築した。 ・確実に使用される体制にはなっていない。 ・“確実に使用される仕組み”については、まだ確立されていない。 ・議論は進んでいるが、具体的には課題が山積している。
6	△	<ul style="list-style-type: none"> ・放射線工学はかなり進捗・蓄積されている。 ・実装工学は遅れている。 ・電子部品の基盤技術としての開発がスタートしていない。 ・議論が少なく、産学官の連携についても具体的内容に乏しい。
7	△	<ul style="list-style-type: none"> ・データベースが整備されているが、体系的に評価技術の研究・開発は実施されていない。 ・積極的に宣伝しているとは思えない。
8	△	<ul style="list-style-type: none"> ・勧告の中では最も進展がない。 ・議論する機会がなく、ほとんど進んでいない。 ・ビジョンが見られず、また積極的な宣伝も見られない。
9	△	<ul style="list-style-type: none"> ・若干手薄の感がある。 ・活動内容が見えない。
10	◎	<ul style="list-style-type: none"> ・仕組みは整備された。 ・制度上の不具合はないと考える。 ・部品登録制度は、どのような観点でどのような登録制度となるのか、QPL との相違を含めて明確にする必要がある。

注⁽¹⁾ ◎：「達成できた」と評価した委員が多い。

○：「達成できた」と「達成できていない」と評価した委員がほぼ同数である。

△：「達成できていない」と評価した委員が多い。

また、勧告事項全般やその他について寄せられた評価結果を次に示す。

- (1) 通信、画像処理等、に使われている技術を宇宙用に取り入れることができないかという検討もしていく必要がある。
- (2) 絶対的な審議時間が不足していると考え。個別課題についてはWGによるきめ細かい検討も必要である。
- (3) 部品使用者側に重大な過失があるとは思えないアラート情報に対する取り組み・処置の仕組みも検討する必要がある。
- (4) ウェブサイト「宇宙用部品データベース」の中に資料、議事録の公開をお願いします。
- (5) 経済産業相傘下のSJAC、JEITAとの協力関係構築は重要だと考える。是非有効な意見交換の場を構築して頂きたい。
- (6) GBA-99010の改訂は部品プログラムの中でも重要な位置を占めるものと思われる。ロケット系も含めたオールジャパンとして恥ずかしくないものを出来るだけ前倒しで制定して欲しい。
- (7) 一旦開発した部品が、少なくとも海外調達部品より安価に早く少数で調達できる仕組みの構築が肝要と考える。
- (8) 民生機器サイドの情報（例えば実装技術動向）などレクチュアも盛り込んだらどうか。
- (9) 勧告事項の各項目について達成目標と達成させるための計画の設定を提案したい。
- (10) 部品戦略が有効に推移できるかどうかの鍵は、予算確保の程度に依存する。予算規模に応じたどのような成果が期待できるかケーススタディを実施した上で、予算確保に向けて調整を実施してはどうか。
- (11) 既開発部品を含め、安定供給体制の見直しが必要と考える。（例えばHIRECの強化）
- (12) “プロセス診断技術”の高度化等の対策を検討する必要がある。

表 9.1-2 勧告に対する評価結果詳細 (勧告 1)

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して位置付け、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。
評価結果
「部品戦略プログラム」でよく検討されていると思われるが、これらを達成するに当たっての予算と人材まで踏み込む必要があるように思われる。 体系的に取り組む仕組みができたと思います。今後は、予算を増やして、部品開発のサイクルを継続的に回して頂きたい。
本分科会、部品連絡会等を通じて実施されていると評価する。
(1)評価:「部品プログラム戦略」がJAXA殿で承認されたことを評価します。 (2)要望:上記戦略を具体化していくにあたっては、旧ISAS殿及びUSEF殿のプロジェクト分も(極力)包含してオールジャパンとして展開することを希望します。
体系的な取り組み施策を更に明確化すべき。この観点で、宇宙用部品プログラム標準が科学衛星/実用衛星、衛星/ロケットを網羅できる標準として見直されるものと理解する。
内容自体はこれまで、議論してきたことのみであり、これを部品委員会からの勧告とし、より強い主張として打ち出すことには賛成です。しかし、部品メーカー側からすれば、QPL→QMLへの移行、自動車部品の宇宙用高信頼性部品への転用等、より安定供給し易い体制に改善してきたが、受注の方が伴っていない。 これには、いくつか理由があるのは認識しているが、JAXAの部品部門のPJTに対する部品選定に関しての強制力がないということも大きな理由と考えられます。勧告ではあくまでもサービス供与する位置付けでありますが、これでトータル的な信頼性確保が出来るのかどうか、業界に対するリーダシップをJAXA部品部門が維持できるかどうか、一抹の不安を感じます。
部品レベルでの短・長期戦略が検討され、体系的効率的な部品開発のシナリオができてきた。
部品メーカーの立場から、JAXA衛星プロジェクト(衛星システムメーカーのプロジェクト)における初期の設計段階で、このような部品があれば、等々の情報が非常に少ないのが現状である。また、システム内容のわからない部品メーカーの立場からの提案には限度がある。 電子部品委員会において情報が得られるようになったが、生の声(無理かもしれないが)が伝われば効果が大いと考ええる。(ニーズとシーズの整合)
さらに、現行の部品開発は技術研究本部主体であり、プロジェクトの枠を越えて体系的に取り組んでいるとは思えない。そのため、新規開発品が開発完了間近となっても使用するプロジェクトが一つもない事態となっていると考える。プロジェクトと技術本部との連携をさらに強化する方策を検討したかどうかと考える。
部品問題を根元的なものとして位置づけるために長期的「部品プログラム戦略」が明文化された事は高く評価できる。今後この戦略を継続的に実行する為の体系的な仕組み作りが重要と考える。
課題として認識されているが、具体的取組において劣後しているようである。
勧告内容は、部品供給・開発の状況を踏まえ、進むべき方向を明確にあらわしており、適切な内容と思われる。 一方、どの勧告も重要ではあるが、現実的には優先度をつけざるを得ないのではないかと考える。短期に取り組むべき事項と長期に取り組む事項の識別を行い、今後の検討アプローチとの対応がわかるように整理してはどうか?
プロジェクトの枠を越えての体系的取組は、EEE部品選定基準が全JAXAの基準として採用されつつあり、信頼性確保の点で効果的な活動となりつつあり評価したい。(○)

表 9.1-2 勧告に対する評価結果詳細 (勧告 2)

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。
評価結果
他の勧告が実行に移されることにより、ある程度満たされると考えられる。 一般的には勧告の方向で進んでいるが、進捗が遅いと思います。
自律性確保と日本の国際社会に対する貢献の仕方として現状推進されている差別化部品の国内開発、ESAとの連携、低価格化のための仕組み作りは適切であると考ええる。
(1)評価:日本製部品の維持・発展には部品メーカーに協力してもらえようにするための追加施策が必要だと思います。 (2)要望:部品メーカーが生産継続を維持できるよう国策レベルでのインセンティブを与える施策実行を希望します。 (例えば、衛星の数を増やす 又は、部品メーカーに開発費、維持費の支払い、税制優遇等)
当分科会の活動は本勧告の趣旨に則り進められていると理解でき、評価する。
重要部品を選定し開発を実施。第一期重要部品で成果が開始された。宇宙用パワーMOSFETで海外へのサンプル提供し国際貢献の第一歩を踏み出した。
システムメーカーからの部品(例えばDC/DC)数量要求は、FM品として1個or2個の最低数量となり、品質確認試験コストを割掛ける方法では海外製品に競争できないコストとなり、システムメーカーから非難されている。このような状況が続くと安定供給に問題が生じる。 よって、割掛け数量で海外製品と競争できるコストとなる数量で生産できる方法(JAXAでまとめ買いができる方法等)を考えないと安定供給に問題が生じる。
DC/DCの場合、種々の特性要求があり、JAXA及びシステムメーカーとの情報交換から標準品の考え方が必要と考えて、電子部品委員会、部品連絡会の場を借り考慮している所である。
部品コストについてどのように考えているか、基本的なスタンスがJAXA内で確立していないように感じる。そのため、最後には部品コストが問題となってくる。どうすれば部品コストと安定供給を考慮した部品の維持・発展ができるか、もう少し具体的な検討が必要である。
さらに、ここでポイントとなる標準部品の検討においては、システムメーカーの意見を集約しつつ最適な方向が探れるJAXAプロジェクトサイドのリーダシップとそれを働きかけられる技術研究本部の提案力が鍵を握ると考える。
宇宙用部品の認定辞退が続いていることから、部品メーカー等への支援方策を具体化して、実行する事が必要。 なお、総合科学技術会議(H16.9.9)の「我が国に於ける宇宙開発の基本戦略」にも基盤技術の維持・強化として「基盤技術の強化として、機器・部品産業の強化が重要である。基盤技術を担う企業の撤退が進んでいる現状への対応として、必要な宇宙用機器・部品を厳選した上で製造ライン維持のための支援方策などを検討する」とある。
半導体部品のストック方式の検討、実施が行われている。
新規開発中の重要部品を含め、部品コスト(価格)、納期を重視した安定供給体制構築が必要と考える。(△)

－第1期重要部品及び第2期重要部品の開発進捗状況－

表 9.1-2 勧告に対する評価結果詳細（勧告3）

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。
評価結果
データベースの整備が進められているように感じられるが、部品評価技術、部品基盤技術に関してのアピールが少ない。具体的な形で報告が欲しい。
部品のデータベースは勧告どおり充実しているが、部品評価技術については未整備であるため、今後整備をお願いしたい。
部品評価技術、部品基盤技術に関するデータベースの充実はまだだと考える。評価技術、基盤技術の識別と投資が必要で、分科会においても掘り下げるべき。
(1)評価: 部品に関する情報データベースは、期待通りに蓄積されていると評価します。 (2)要望: 蓄積されたデータの情報開示に更に力を入れて頂き効果的な活用・運用ができることを期待します。さらに、外販強化を図るためにデータベースの必要部分の英訳化を促進していただくことを希望します。
部品評価技術、部品基盤技術は更に充実を図るべき。情報データベースは充実が図られつつある。今後は部品種/仕様(例えば、A/Dコンバータ、XXヒット等)で内外の宇宙用として適する部品が検索できるシステム構築が望まれる。
データが蓄積され充実されつつある。
情報データベースの充実化は目覚ましいものがある。また、電子媒体での情報伝達が主流であるが、この電子媒体の伝達は、容易である反面、情報を得る側としては、見落としもある。
したがって、データベースの一覧や検索などの使い勝手の向上や別の手段として郵便物等のハードな情報展開による周知も必要ではないか。(部品評価技術・基盤技術についての情報データベースは、開示制限情報である場合には工夫が必要かもしれない)
部品情報データベースは構築の段階からデータ蓄積と利用の利便性へと移行してきたと思う。入力データを取得する部品評価技術の強化と評価実行促進を図る事が望まれる
海外との相互協力体制の構築が進んでいる。
情報DBは内容が充実し、ユーザフレンドリなものとなりつつあり評価したい。部品評価技術については民生品、輸入品、新規開発品の検討において“プロセス診断技術”の更なる活用が望まれる。(○)

表 9.1-2 勧告に対する評価結果詳細（勧告4）

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。
評価結果
必ずしも全てが満足のものではないが、第1期に関しては80%程度の評価ができる考えられる。
第1期重要部品の一部は予定どおり開発が進んでいますが、全体的には遅れ気味であり、予算を強化する等、推進して頂きたい。
第2期部品選定に対する取組みをもっと推進すべきである。
(1)評価: 第1期重要部品の開発を評価します。第2期重要部品の開発進捗の遅れは残念に思います。 (2)要望: 第2期重要部品の進捗促進を希望します。そのために確実な予算確保をお願いします。
開発中の重要部品は概ね計画通りの進捗であり、開発・供給体制が確立されつつあると評価する。
第2期重要部品の選定、開発が始まった。宇宙用パワーMOSFETにおいては、適用拡大を狙いにSMD製品の開発に着手した。
重要部品は、JAXAとの共同開発であり、部品メーカーの技術力に加えJAXAの技術及び予算に負う所が大となり、開発期間が年度の予算(単年度契約)に左右される所が大である。
JAXAが計画されている「単年度予算による開発だけでなく、多年度予算による開発の実施。」により、安定な開発期間の確保が可能となり、安定供給体制の維持も可能となると考える。
3～5年で開発は、単年度契約では現実的にその半分の期間でしか契約ができず、開発が断続的になるため、効率的な開発の進行ができない。ぜひ、検討中の予算システム(多年度契約)見直しの実現により、本勧告を実現すべきと考える。
重要部品開発は若干の遅れがあるものの着実に進められていると評価出来る。一部の部品の開発中断による遅れの反省から、今後更なる開発促進を計るために開発完了までの一括開発契約等による予算確保が必要。
重要部品の分類、将来動向の分析が進んでいる。
第1期重要部品の開発は、予算の関係で当初計画より遅れたが、ほぼ狙い通りの部品が得られていることを評価したい。勧告5、2に関係するが、今後は各プロジェクトで採用してもらえるように宇宙実績を積んでデータの充実を図ると同時に、価格適正化、納期短縮を志向した活動を進めてもらいたい。(◎)

表 9.1-2 勧告に対する評価結果詳細 (勧告 5)

<p>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。</p>
評価結果
<p>徐々にではあるが進められていっており、今後の重要部品の開発や、他の勧告との関連で環境が整備されていくことが期待される。開発した部品のPRは実施されていますが、詳細情報・サポート体制等の情報が使用者側に行き届いておらず、確実に使用される体制にはなっていないと思います。同部品が確実に使用されるよう、改善して頂きたい。</p> <p>低コスト化の努力は評価できる。今後は、魅力ある部品に仕上がったことの認知度向上、部品を安心して使いこなすための試策の具体化が必要。1案としてはES品／実装リファレンスカード等のシステムメーカーにおける評価。評価時点からのサポート体制の充実(アプリケーションノート)の充実、使い勝手の良い開発環境の提供、レスポンスセンターの設置)も必要。</p> <p>(1)評価:開発された部品が使用されないケース(があるとすれば)最大の課題は、コストと適用時期であると思われます。(規則/仕組みだけでなくこの点に対する検討・配慮が必要であると思います。</p> <p>(2)要望:コンポーネント開発に連動した部品開発がなされていると理解していますので、新しく立ち上がる人工衛星プロジェクトに積極的に採用できる仕組みを構築していただくことを強く希望します。コスト等阻害する要因がある場合には、プロジェクト側と部品開発側で知恵を出し協力して解決できるようお願いいたします。</p> <p>開発された重要部品が確実に使用される仕組みが現在は不透明感がある。例えば、プライスリストの開示等、一個でも一定のコストで買える仕組みが必要。特に単発の科学衛星等、手が出せないコストでは使いたくても使えない。</p> <p>宇宙用パワー-MOSFETで国内プロジェクト案件2件にサンプル提供。また、海外主要システムメーカーへもサンプルを提供。JAXA殿でサンプル展開のシステムを構築した。今後、適用の拡大をJAXA殿のご指導・ご協力を得て推進して行きたい。</p> <p>“確実に使用される仕組み”については、まだ確立されていない。</p> <p>システムメーカーから問合せ(DC/DC)はあるが、FM品1個or2個の最低数量では、品質確認試験コストの割掛け方法では海外製品に競争できないコストとなり、システムメーカーが躊躇する。海外製品と競争できるコストとなる割掛け数量で生産できる方法、JAXAでまとめ買い必要時に支給等の“確実に使用される仕組み”が早急に必要である。</p> <p>現時点で本勧告の効果が感じ取れないため、JAXAは、“確実に使用される仕組み”に関する具体策の提示及び実施を早急に検討すべきと考える。</p> <p>また、アフターケアにもコストが発生するため、部品メーカーとしても一定の受注継続や対価が得られる見込みがなければ義務付けることは困難であり、現実的に効果のある何らかの仕組みが必要である。</p> <p>部品連絡会等において開発品の状況説明がなされているが、現実には開発品が使用されないケースがある。部品連絡会等にJAXA内ユーザ(プロジェクト等)が積極的に参加する仕組みも必要では？</p> <p>部品の販売コストを低減する方策として、部品メーカーの製造ライン維持等のためのJAXA支援を早急に実行して頂きたい。</p> <p>議論は進んでいるが、具体的には課題が山積している。</p> <p>小型実証衛星(SDS)を利用しての宇宙実績を積める仕組みができつつあり、評価したい。(○)</p>

表 9.1-2 勧告に対する評価結果詳細 (勧告 6)

<p>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。</p>
評価結果
<p>勧告6、勧告7に関してはこれまでの取り組みの中では、あまり活発とはいえないように思う。</p> <p>これまでに蓄積されている技術で十分であるとの見方があるかもしれないが、一般産業用部品の宇宙転用の研究や海外部品に対する評価技術をもっと充実させる必要があると考えられる。特に部品不具合の発生件数に対して、損失が大きいことや、不具合対策を海外情報に頼る状況は改善すべきである。これらは勧告10とも関連させて積極的に取り組むべきではないかと考えられる。</p> <p>電子部品の基盤技術については分科会での議論が少なく、産学官の連携についても具体的内容に乏しいと思います。今後、強化が必要です。</p> <p>産学官連携をより強力に推し進めるべきである。特に学との連携強化。</p> <p>(1)評価:放射線工学はかなり進捗・蓄積されていると思います。実装工学は遅れていると思われます。</p> <p>(2)要望:「部品プログラム戦略」に示された部品を使いこなす技術の具体的な施策(オールジャパンとしてのコミュニティ活動等)で対応されることを期待します。</p> <p>放射線工学は国際的にもかなりのレベルにあると感じるが、実装工学は宇宙機器適用の観点で更なる推進が必要と感じる。いずれも、産学官の連携・強化を望む。</p> <p>開発中の宇宙用パワー-MOSFETのSEE耐量やSOAのデータ取得のためのサンプルを提出した。</p> <p>第2期重要部品に基板・実装技術が候補として上がっているが、電子部品の基盤技術としての開発がスタートしていない。部品メーカーからの提案も重要と考えるが、JAXAとしての開発方針も必要ではないかと考える。</p> <p>つまり、部品メーカーに「システム側の要望を考慮して提案せよ」というのは無理があり、システムとして将来必要となる電子部品の基盤技術のビジョンはJAXAが示すべきと考える。</p> <p>部品メーカーにとって、宇宙開発は今や夢のある領域ではない。つまり、部品メーカーの技術者が夢を持てるような開発目標とそれを支える企業としてのモチベーションが持てるビジョンが必要である。</p> <p>基盤技術の一つであるLSIの放射線対策等はJAXA主導と大学・原研等の協力により高いレベルにきている。一方、実装技術は宇宙特有の環境もあり高密度実装技術や鉛フリー問題など精力的に取り組まなければならない。</p> <p>MPU、FPGAの開発、耐放射線技術の改善が進んでいる。</p> <p>耐放射線に関わる評価技術の充実の評価したい。鉛フリー化への対応は、安全・信頼性推進部を中心に検討が開始されたが、乗り遅れないように外部機関との連携体制を構築して検討を進めていただきたい。(○)</p>

－第1期重要部品及び第2期重要部品の開発進捗状況－

表 9.1-2 勧告に対する評価結果詳細（勧告7）

<p>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。</p>
<p>評価結果</p>
<p>勧告6、勧告7に関してはこれまでの取り組みの中では、あまり活発とはいえないように思う。これまでに蓄積されている技術で十分であるとの見方があるかもしれないが、一般産業用部品の宇宙転用の研究や海外部品に対する評価技術をもっと充実させる必要があると考えられる。特に部品不具合の発生件数に対して、損失が大きいことや、不具合対策を海外情報に頼る状況は改善すべきである。これらは勧告10とも関連させて積極的に取り組むべきではないかと考えられる。</p> <p>プロジェクトの部品不具合についてデータベースが整備されているが、体系的に評価技術の研究・開発は実施されていない。</p>
<p>品質評価技術において、何が問題で何に投資すべきか、より具体的な議論が必要。</p> <p>(1)評価: 宇宙用部品連絡会等での部品情報の発信を評価いたします。</p> <p>(2)要望: 部品使用者側に重大な過失があるとは思われないアラート情報に対する取り組み・処置の仕組みを検討願えば幸いです。また、評価技術の蓄積には地道な努力とスピードが必要です。専門家の育成を希望します。</p> <p>部品の品質評価技術は着実に評価データ蓄積がされているものと思われるが整理が必要。また、その活用方法(情報データベースとのリンク、海外メーカへのフィードバック等)も重要と考える。</p> <p>特にコメントはありません。</p> <p>評価手法や評価データの開示方法(進捗状況、公開/非公開)の周知・徹底が必要である。</p> <p>公開状況を部品メーカが知らないだけなのかも知れないが、積極的に宣伝しているとは思えない。</p> <p>評価技術は部品技術革新の進展に対応して行かなければならない、従って、継続的な研究・開発が必要、特に民生部品の活用に於いては最新部品に対する評価技術を早く確立出来る体制整備が望まれる。</p> <p>今後の課題が山積している。</p> <p>海外部品調達に必要な品質評価技術として、“プロセス診断技術”の活用とデータの蓄積が望まれる。(△)</p>

表 9.1-2 勧告に対する評価結果詳細（勧告8）

<p>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。</p>
<p>評価結果</p>
<p>これまでに何度も指摘されているが、勧告の中では最も進展のない部分で、現在の最先端技術を使った部品を宇宙用部品として使うと何が問題であるか、MEMSなどの活用等を考えてみるべきであると思われる。</p> <p>フロンティア部品については、議論する機会がなく、殆ど進んでいない。</p>
<p>10年後を見据えて、特に学が進めている新材料物性研究、プロセス技術に関し、ヒアリング・審議を経て、積極的に学に投資を行い開発を進めるべきである。</p> <p>(1)評価: 「部品プログラム戦略」により取り組みが示された事を評価します。</p> <p>(2)要望: フロンティア部品への取り組みは今後に期待します。目先にとらわれず、MEMS等の宇宙用としてのアプリケーション技術の研究もお願いいたします。</p> <p>部品戦略検討チームの活動が始動している。今後の活動結果を評価したい。</p> <p>今後、実装技術のフロンティアテーマ選定の具体化を期待したい。</p> <p>勧告6、7のコメント同様にビジョンが見られず、また積極的な宣伝も見られない。</p> <p>ナノテク、MEMSの宇宙適用に関する研究促進を望む。</p> <p>「売れる部品」という観点では、種々の課題がある。</p> <p>フロンティア部品として、MEMS、GaN部品、等の調査・研究が具体化しつつあるが今後期待したい(△)</p>

表 9.1-2 勧告に対する評価結果詳細（勧告9）

<p>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。</p>
<p>評価結果</p>
<p>できるだけ機会を捉えて行われるべきである。特に大学や民間の実験・科学衛星に積極的に働きかける努力をするべきである。</p> <p>民生部品の評価方法・宇宙実証については、全体の方向は定まっているので後は具体的な計画を立てて頂きたい。</p>
<p>宇宙実証と国際競争力の確保のため重要であり、今後とも推進していく必要がある。</p> <p>(1)評価: 民生部品を宇宙機に適用する為の試験方法・評価方法は確立しつつあると思われませんが、評価が完了した民生部品を活用するプロジェクトが必要と思います。</p> <p>(2)要望: 小型実証衛星プログラム(SDSプログラム)を確実に年2機乃至3機打ち上げられることを期待します。</p> <p>民生部品の宇宙適用は必要不可欠な技術であり、積極的に取り組むことが必要と考えられる。この分野が若干手薄の感がある。ユーザーが容易に地上で試験できる環境(あるいは仕組み)と宇宙実証計画が必要。</p> <p>特にコメントありません。</p> <p>民生用部品の宇宙転用については、民生用部品メーカからの供給ルートの確立が必要である。以前から言われているとおり、最終使用が宇宙と言うことで、現在は部品を供給してくれない状況の打破が先決である。</p> <p>民生用部品の宇宙機使用時の責任所在を明確にすべきで、本件が決着しない限り宇宙転用は困難と考える。まずは、具体的な売買契約の雛形を作り、それをシステムメーカや部品メーカと協議し始めることが必要であろう。</p> <p>これらを明確にした上での勧告9の実施が重要であると考えられる。</p> <p>部品宇宙実証の機会を2回/年程度で計画出来る様にして頂きたい。</p> <p>宇宙実証用の小型衛星プロジェクトに期待する。</p> <p>民生用部品の宇宙機への適用を志向した地上での耐宇宙環境性の試験方法、評価方法の確立に関しては、活動内容がみえません。</p> <p>(×)</p>

表 9.1-2 勧告に対する評価結果詳細 (勧告 10)

<p>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。</p>
<p>評価結果</p>
<p>勧告6、勧告7に関してはこれまでの取り組みの中では、あまり活発とはいえないように思う。これまでに蓄積されている技術で十分であるとの見方があるかもしれないが、一般産業用部品の宇宙転用の研究や海外部品に対する評価技術をもっと充実させる必要があると考えられる。特に部品不具合の発生件数に対して、損失が大きいことや、不具合対策を海外情報に頼る状況は改善すべきである。これらは勧告10とも関連させて積極的に取り組むべきではないかと考えられる。</p>
<p>QML認定制度・部品登録制度の促進については、仕組みは整備されたので推進して頂きたい。</p>
<p>制度上の不具合は無いと考える。今後とも促進。</p>
<p>(1)評価: QML認定部品が増加していることを評価いたします。 (2)要望: 日本製部品の確保のためには、現状でQPLのままの分が認定辞退とならないための施策が必要と思われます。 (部品メーカー・部品ユーザの負担が大き過ぎないようにすることが必要だと思います)</p>
<p>活動継続に期待。</p>
<p>QML取得の実績が出始めた。宇宙用パワーMOSFETは今年度中にQML取得の予定。</p>
<p>JAXAは、QML化移行の決断を実行するのか。今後もQPL/QMLの並行運用を継続していくのか。 QML化とコスト低減の相関性がある説明をされるが、これを明確にしてほしい。 現状で考慮している部品登録制度は、どのような観点でどのような登録制度となるのか、QPLとの相違を含めて明確にする必要があると考える。 部品メーカーは、現状のQPL認定ハイブリッドICはDC/DCの追加認定時、プリント板は層数、銅箔厚、層を跨ぐIVHの拡張認定時に現状の2種から全4品種のQML化を考慮している。なお、部品メーカーが実施するパワーMOSFET担当メーカー組立工程に関してはQML認定の工場審部品登録制度の推進状況と今後の計画を教えてください。</p>
<p>QML認定制度のシナリオが策定され、進行中である。</p>
<p>QML化は部品メーカー、他の協力によりほぼ計画通りに進捗しており評価したい。部品登録制度も情報DBの拡張整備により仕組みはできたと判断される。今後の運用に期待したい。(◎)</p>

－第1期重要部品及び第2期重要部品の開発進捗状況－

表 9.1-2 勧告に対する評価結果詳細（その他）

評価結果
<p>重要部品の開発において大きな成果があったと考えます。また開発部品を供給する努力もなされて、関心も高まっている点は評価されると考えます。また情報データベースもアクセス数が増加している点は評価されると考えます。さらに使いやすくて、便利なデータベースを目指して工夫されることを期待します。</p> <p>しかし、個人的には、部品評価技術、基盤技術において成果が少なかったように思います。一般産業部品の宇宙転用に関する研究や輸入部品に故障に関する解析情報などもっと積極的に行うことが必要ではないかと思えます。</p> <p>フロンティア部品に関して、もっと積極的に産官学の連携を深めて勤めるべきではなかったかと思われま。</p> <p>現在民間で使われている先進的な技術、例えば、携帯電話の技術革新は非常に進んでおり、これからも変化してくると思われま。通信、画像処理等、に使われている技術を宇宙用に取り入れることができないかというような検討もしていく必要があるのではないかとお思います。</p> <p>最後に、委員皆様のご支援で電子部品分科会を勤めさせていただきましたが、力不足で残り残したことが多くあることを残念に、また申し訳なく感じております。</p>
<ul style="list-style-type: none"> ・ 全般的には概ね満足できる活動ができていると思えます。 ・ 部品開発については概ね満足できる状況だと思えますが、部品を使いこなす技術(実装技術や部品評価技術)については議論する機会も少なく、成果がでていないので、今後はこの技術の強化をお願いしたい。 ・ 宇宙用部品開発に関し、若い人に夢を与える為に、是非、フロンティア部品の開発を推進して頂きたい。
<p>本委員会は、宇宙開発に関し、日本が自律性を保ち、かつ対等な国際協調を行っていくための国家戦略の根幹となる部品開発/利用促進についての提案と審議を行う場であると認識しているが、そのための絶対的な審議時間が不足していると考え。対策としては、既に分科会でも提案されたように、フットワークのよい小委員会(W/G)形式が挙げられる。</p>
<p>(1) 宇宙用部品連絡会、BUHIN-JAPAN等で(海外の)部品不具合に関する情報が開示されますが、部品使用者側に重大な過失があると思われぬアラート情報に対する取り組み・処置の仕組みも検討願えれば幸いです。</p> <p>(2) 全体的に見てメンバー構成が妥当かどうか検討をお願いします。日本が強いといわれている受動部品関係会社の追加が必要だと思えます。</p> <p>(3) 開催回数を2回にするのは議論があまり深まらないと思われま。最低3回は必要だと考えま。また、個別課題につきましては、ワーキンググループによるきめ細かい検討も必要だと思えます。</p> <p>(4) ウェブサイト「宇宙用部品データベース」の中に資料、議事録の公開をお願いします。(親委員会、機構系も含めまして)</p> <p>(5) オールジャパンの観点から、経済産業省傘下のSJAC,JEITAとの協力関係構築は重要だと考えま。是非有効な意見交換の場を構築していただきたいと思えます。</p> <p>(6) GBA-99010の改訂は部品プログラムの中でも重要な位置を占めるものと思われま。ロケット系も含めたオールジャパンとして恥ずかしくないものを出来るだけ前倒しで制定していただきたいと思えます。</p>
<p>各委員の方々の積極的な活動に大いに明日の宇宙開発に希望を感じま。この観点からも当分科会を高く評価しま。</p> <p>[以下要望]</p> <p>一旦開発した部品が、少なくとも海外調達部品より安価に早く少数で調達できる仕組みの構築が肝要と考えま。</p> <p>活動は多分に衛星志向であり、ロケット搭載機器もミッション時間は短いものの、衛星と同じように品質と信頼性が求められており、一旦不適合が発生すると扱いは衛星と全く同じと思われま。従って、衛星と同レベルである必要はないが、同じ土俵で論じられるべきであり、宇宙用部品プログラム標準の見直しには是非盛り込みをお願いしたい。</p> <p>また、ロケットは一旦採用した部品は打ち上げが続き限り使い続ける必要があります。まとめ購入がコスト(及び枯渇対策)に効果があるのは自明の理ではありますが、ボックスメーカがまとめ買いをして在庫として持つのは現実としては厳しく、この観点からも安定供給の仕組みを早期に構築して頂きたい。海外クラスB品を追加ロット評価試験及びアップスクリーニングするよりも、国産のクラスS品が安く安定的に調達できれば、確実に国産品を選択しま。</p>
<p>JAXAへの部品供給に関し、業界に広く意見を求め、JAXAの意向と業界の本音をすり合わせ、部品委員会の総意を業界+JAXAの総意という形で提案・勧告出来る仕組みは、これまでにない、画期的な仕組みと考えま。</p> <p>その中で、具体的にプログラムも進んでおり、大いに評価してよいと思えます。</p> <p>今後の進め方として、民生機器サバの情報(例、実装技術動向)などレクチャアなども織り込んだら如何でしょうか？</p>
<ul style="list-style-type: none"> ・ 会議の前に資料が送られてくるようになり良いことと思。 ・ 部品戦略については、継続的に見直し、見えるようにし、分科会で紹介・議論を続けて行って欲しい。 ・ 開発した部品は品質の維持・低コスト化・安定供給に努めなければならないが、部品メーカーとしてはJAXA殿の協力なしでは宇宙用事業の維持が困難になる。部品の戦略には、複数年に渡る必要ウェハー枚数や必要製品個数などを明らかにし、少数の単発発注にならないような工夫を入れて頂きたい。また、海外市場への部品展開が今後の部品維持に重要であるとの認識から、現在及び今後ともJAXA殿のご指導ご支援を頂きながら進めて行けるとの姿を分科会で示して頂いた点も良いと思。
<p>1. 委員会の開催回数と期間について</p> <p>平成18年度は審議する期間と回数が少ないため議論不足の感がある。</p> <p>例えば、期間を7月～2月、分科会開催回数は4回程度(WGを活用する場合は3回程度)を提案する。</p> <p>2. 委員会勧告事項のフォローについて</p> <p>勧告事項の各項目について達成目標(年、中期?)と達成させるための計画の設定を提案したい。</p>
<p>電子部品分科会では、宇宙部品技術委員会の10の勧告のうち、部品の安定供給(勧告2)、重要部品の開発(勧告4)、確実に使用される仕組み(勧告5)、基盤技術(勧告6)の諸項目に注目し、これらを「部品入手性の継続的改善」と「部品を使いこなす技術を磨き上げること」の二つの課題として集約し、現状の分析および背景の立案を行っており、評価に値する。</p> <p>部品戦略が有効に推移できるかどうかの鍵は、予算確保の程度に依存する。予算規模に応じてどのような成果が期待できるかMAX、MIN、その中間の3ケースぐらいを想定したケーススタディを実施した上で、予算確保に向けて調整を実施してはどうか。</p>
<p>1. 分科会の資料の簡素化を要望しま。アクションアイテムも一覧表化し継続的にフォローして頂きたい。(資料の要約をA4版2枚程度にまとめ、詳細は付属資料とする)</p> <p>2. “宇宙実績”だけが新規開発部品の使用阻害要因ではないと思えます。“開発完了・ES品提供時期”、“適正価格・納期”の点で輸入部品に対抗できるレベルを目標にすることが望まれま。“宇宙実績”は小型実証衛星で積めるようになるが、地上評価で足りない点を明確にする必要があります。また、静止衛星の寿命15年(目標)に対応可とするための追加評価も必要と考えま。</p> <p>3. 部品レベルで全ての要求を満足することは困難になりつつあり、部品を使いこなす技術の検討が必要と考えま。例えば、コンポーネントレベルでの冗長設計を要望する等、プロセス等の協力を得る必要があると考えま。</p> <p>4. 既開発部品を含め、安定供給体制の見直しが必要と考えま。(例えばHIRECの強化)</p> <p>5. 半導体部品は設計ルールの微細化に伴い、新しい故障モード・メカニズムの出現が予測されています。“プロセス診断技術”の高度化等の対策を検討する必要があると考えま。</p>

9.2 今後の課題

今年度は活動結果の整理を行い、宇宙用部品技術委員会を構成する親委員会及び分科会の役割、他委員会やWGとの関連を整理し、重要部品の現状、国際協力、体系的・組織的活動への取り組み及び状況、部品戦略など広範囲に取り組んだ。特に第1期重要部品の開発では、高性能64bitMPU、DC/DCコンバータ、パワーMOSFETの開発が完了し、JAXA QML認定部品としてプロジェクトへの積極的な使用とさらにそのファミリーへの展開などに結びつけることができた。プログラム書換デバイスについては欧州との協力関係の第一歩として着実に開発を進めている。しかし、少量多品種という宇宙用の特殊性の理由で、開発半ばで中断しているものもあり、必ずしも全てが順調とはいえない。しかし、制約された予算、限られた製造環境を考えると致し方ない面もある。今後は第二期重要部品の開発と併せて、より多方面の協力を得ることにより、重要部品の開発を進めるとともに、実行方法や費用負担の方策の検討及び実行を含め開発が完了した部品の確実な使用を積極的かつ確実に推進する必要がある。

勧告案について、昨年度の分科会では勧告2、勧告4、勧告5、勧告6を重点的なものとするという意見が多かったことに対し、今年度の評価結果から相対的には勧告4が比較的着実に進んでいるものの、勧告2、勧告5、勧告6については停滞していたと思われる。また、他の勧告についても部品データベースの充実やQML認定制度の積極的取り込みについては着実に進めている一方、フロンティア部品、実装技術、産学官との連携、部品登録制度などについては歩みが遅いものがあり、勧告の見直しを含め議論を行う必要がある。議論を行うにあたり、個別の課題を識別し、優先順位の高いものを選びWGで集中的に議論し、その結果を分科会で確認することが考えられる。

海外、特にESAとの協力関係は部品プログラム支援を精力的かつ継続的に進めることで進展し、勧告の確実な実行に繋がると考えられる。

部品戦略で提示した施策（案）及び目標を達成するためのステップ、そして部品メーカ、システムメーカ、国（JAXA等の国の機関を含む）のパートナーシップの形成も同時に進める必要がある。

日本の宇宙用部品のトップポリシーを立案する委員会として、宇宙用部品に関する最上位の委員会として活動していくために、部品業界（JEITA等）、部品メーカとの密な連携が重要である。

ポリシー立案とともに、宇宙用部品供給体制の再構築を図るため、具体的な施策、体制案等も検討する。また、これを実現するために文部科学省はもとより経済産業省とのルートも確保していく。

その他多くの部品メーカの協力や人材育成、民生用部品の宇宙転用の問題など発展的に積極的な展開が望まれる。

10. おわりに

平成18年度の電子部品分科会は2回(2006年7月27日、12月13日)開催した。審議した内容としては、1. これまでの活動の見直しと今後の活動方針について、2. 第一期重要部品の開発状況とその後の展開、さらに部品プログラムの中での位置づけ、3. 電子部品に関する各種委員会、ワーキンググループの活動状況の報告、4. 国際協調、特に欧州との協力関係の報告である。特に挙げるとすると、第一期開発重要部品のうち、64bit MPU、DC/DC コンバータ、パワーMOSFET は QML 認定へ向けて進んでいることまた、部品の種々の問題を専門的に扱う委員会活動として、宇宙用部品連絡会、鉛フリーコミュニティ、海外部品・コンポーネント品質向上検討委員会などの活動報告、また、我が国の宇宙用部品の長期ビジョンとして、部品戦略について報告などがある。

電子部品分科会の4年間の活動を振り返ってみたとき、実質的な成果としては、第一期重要部品開発、データベース構築があり、また、まだ今後の推移を見なければならぬが、欧州との開発協力、また、踏み出したばかりで評価することは難しいが、体系的・組織的な取り組みや長期ビジョンの策定など、今後の活動に期待できるものがある。

しかし、一方で、さらに広い視野で考えるならば、「技術の継承」や「フロンティア部品に対する取り組み」についてもっと積極的な取り組みの必要性を感じる。そのためには、多くの若い研究者、特に博士研究者(PD)が活躍できる環境の整備、さらに欧州の部品プログラムで取り上げているワイドギャップ半導体素子などの耐放射線性素子フロンティア素子や宇宙用 MEMS 部品開発への取り組みが必要である。また予算がないために実施が遅れている、第二期重要部品開発への取り組みとしてFPGAの開発が計画されているが、そのほかの部品についても、積極的に行われるべきである。

現在衛星を利用して、環境問題や作柄予測、災害予防などに使われようとしており、今後の宇宙開発の多様性を考えたときに、民生部品の積極的な宇宙転用が不可欠になることは必然的であり、現在ある先端的な技術の宇宙転用可能性を積極的に行うべきである。例えば、現在最も技術革新が進んでいる技術の一つである携帯電話は、電話機能だけでなく、デジタルカメラやGPSなど様々な付加的な機能や低消費電力技術などに優れた技術が使われている。このような技術の中から転用も検討に値するのではないだろうか。

海外の宇宙航空情報専門誌によると民生用通信衛星の発注は、2004年に12機で2005年は19機であった。2005年の受注の63%は米国であるが、米国以外では中国が少なくとも2機受注し、我が国は三菱電機が1機受注したと報じている。衛星市場はせいぜい1兆円規模である。しかし、その波及効果は計り知れない。今後の宇宙開発技術の多様性を考えるとき、必要かつ重要部品は我が国でいつでも調達できる体制を整える必要がある。そのためには国策としてもっと積極的に取り組み、衛星産業によって生み出される波及効果を考慮した、国家としての予算措置をとる必要があり、宇宙用部品開発への恒常的な投資と人材育成が非常に重要である。

宇宙用部品技術委員会／電子部品分科会 委員構成

分科会長：

大西 一功（日本大学 理工学部電子情報工学科 教授）

分科会長代理：

田村 高志（宇宙航空研究開発機構 総合技術研究本部
部品・材料・機構技術グループ グループ長）

委員：

山口 真史（豊田工業大学 大学院工学研究科 教授）
柴山 直樹（三菱重工業株式会社 名古屋誘導推進システム製作所
誘導・電子機器技術部 主幹技師）
中山 師生（株 I H I エアロスペース 基盤技術部 電子技術室 課長）
山口 勉（三菱電機株式会社 鎌倉製作所 宇宙システム部 部品エンジニアリング課 専任）
三ツ石 進（NEC東芝スペースシステム株式会社 信頼性品質保証統括センター
部品グループ グループリーダー）
沖倉 晴彦（日本航空電子工業株式会社 航機事業部 第一技術部 シニア・マネージャ）
田中 雪夫（株福井村田製作所 コンポーネント事業本部 技術開発統括部 実装技術部 部長）
桐畑 文明（富士電機デバイステクノロジー（株） 半導体事業本部 基盤技術統括部
アセンブリ開発部 次長）
中谷 直人（日本アビオニクス株式会社 製造装置事業部 基礎開発部長）
大園 勝博（NECエレクトロニクス（株） 第一システム事業本部
プラットフォームASIC事業部 プロジェクトマネジャー）
北 明夫（沖電気工業株式会社 半導体事業グループ研究本部 本部長）
有光 敏史（HIREC株式会社 技術参与）
田島 道夫（宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究本部 宇宙探査工学研究系 教授（兼）研究主幹）
池田 博一（宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究本部 宇宙探査工学研究系 教授）
佐藤 哲夫（宇宙航空研究開発機構 宇宙利用推進本部 WINDS プロジェクトチーム 主任開発員）
渡辺 次男（宇宙航空研究開発機構 宇宙利用推進本部 安全・ミッション保証室 室長）
泉 達司（宇宙航空研究開発機構 宇宙基幹システム本部
H-II A プロジェクトチーム ファンクションマネジャー）
内川 英憲（宇宙航空研究開発機構 総合技術研究本部
部品・材料・機構技術グループ 主幹開発員）

木内 和夫（宇宙航空研究開発機構 総合技術研究本部
部品・材料・機構技術グループ 主幹開発員）

久保山 智司（宇宙航空研究開発機構 総合技術研究本部
部品・材料・機構技術グループ 技術領域リーダー）

根本 規生（宇宙航空研究開発機構 安全・信頼性推進部 技術開発室 主任開発員）

事務局：

松岡 毅（宇宙航空研究開発機構 総合技術研究本部
部品・材料・機構技術グループ 主任開発員）

今泉 充（宇宙航空研究開発機構 総合技術研究本部 電源技術グループ 主任開発員）

新藤 浩之（宇宙航空研究開発機構 総合技術研究本部
部品・材料・機構技術グループ 主任開発員）

事務局支援：

天野 幸男（H I R E C株式会社 技術部 部長）

浦野 幹彦（H I R E C株式会社 技術部 副主任技師）

松田 美恵子（H I R E C株式会社 技術部 係長）

<p style="text-align: center;">第10回</p> <p style="text-align: center;">宇宙航空研究機構 芝公園厚生施設 洋室</p> <p style="text-align: center;">2006/7/27 14:00～17:20</p>	<p style="text-align: center;">第11回</p> <p style="text-align: center;">宇宙航空研究機構 芝公園厚生施設 洋室</p> <p style="text-align: center;">2006/12/13 14:00～17:20</p>
<p>(1) 活動結果の整理と今後の方針について</p> <p>(2) 鉛フリーへの対応</p> <p>(3) 重要部品開発の進捗状況</p> <p>(4) QML化移行シナリオ</p> <p>(5) COT生産方式と導入の効果</p> <p>(5) 欧州との協力関係の構築</p> <p>(6) 海外部品・コンポーネント品質向上検討委員会活動</p>	<p>(1) FPGAフイージビリティスタディの進捗状況</p> <p>(2) 部品戦略検討状況</p> <p>(3) 海外部品事情</p> <p>(4) 宇宙用部品プログラム標準検討状況</p> <p>(5) 鉛フリーコミュニケーション活動状況</p> <p>(6) 平成18年度分科会報告書</p>

平成18年度 宇宙用部品技術委員会／電子部品分科会 執筆担当

1. はじめに (大西分科会長)
2. 電子部品分科会の任務 (事務局)
3. 電子部品への取り組みに関する基本方針 (事務局)
4. 宇宙用部品技術委員会勧告の進捗状況及び活動結果の整理 (事務局)
 - 4.1 進捗状況
 - 4.2 活動結果の整理と今後の方針
 - 4.2.1 活動結果の整理
 - 4.2.2 今後の方針
5. 重要部品の現状
 - 5.1 第1期重要部品の開発状況 (部品メーカー・事務局)
 - 5.1.1 これまでの開発状況
 - 5.1.2 開発計画と進捗状況
 - 5.2 第2期重要部品の開発状況 (部品メーカー・事務局)
 - 5.3 重要部品の JAXA QML 化 (事務局)
6. JAXA と欧州の電子部品開発協力 (事務局)
 - 6.1 欧州における EEE 部品事情
 - 6.2 部品分野での協力関係の構築
7. 体系的・組織的活動への取り組み及び状況
 - 7.1 海外部品・コンポーネント品質向上検討委員会 (安全・信頼性推進部／東原主任)
 - 7.2 宇宙用部品プログラム標準検討状況 (安全・信頼性推進部／篠崎副室長)
 - 7.3 部品プログラム支援 (事務局)
 - 7.4 宇宙用部品連絡会 (事務局)
 - 7.5 鉛フリーコミュニティ (根本内部専門委員)
8. 部品戦略 (事務局)
 - 8.1 背景と検討方針
 - 8.2 活動状況
 - 8.3 検討結果
 - 8.4 施策(案)及び目標を達成するためのステップ
 - 8.4.1 施策(案)
 - 8.4.2 目標を達成するためのステップ
 - 8.5 まとめ
9. 活動結果の評価と今後の課題

- 9.1 活動結果の評価 (システムメーカー・部品メーカー)
- 9.2 今後の課題 (事務局)
10. おわりに (大西分科会長)

**機構部品・材料分科会
平成18年度報告書**

**平成19年3月
宇宙用部品技術委員会
機構部品・材料分科会**

付録－2 目次

第1章 概要	91
1.1 はじめに	91
1.2 活動概要	91
第2章 第1期重要部品の開発	92
2.1 遮断弁	92
2.2 推薬弁	92
2.3 減速歯車	93
2.4 角度検出器	94
第3章 第2期重要部品の開発	96
3.1 スリップリング	96
3.2 低衝撃保持解放機構	97
第4章 WG活動	98
4.1 WG活動の進め方	98
4.2 宇宙トライボロジー	98
第5章 部品技術委員会勧告の進捗状況、活動結果の整理及び評価	102
5.1 進捗状況	102
5.2 活動結果の評価	104
第6章 結言	106
付録1 トライボロジー WGアンケート回答	
付録2 機構部品・材料分科会活動に対する外部専門委員による評価結果	
付録3 宇宙用部品技術委員会／機構部品・材料分科会 委員構成	
付録4 平成18年度 宇宙用部品技術委員会／機構部品・材料分科会 開催スケジュール及び議題	
付録5 平成18年度 宇宙用部品技術委員会／機構部品・材料分科会 執筆担当	

第1章 概要

1.1 はじめに

平成17年度は、現状までの活動状況を再認識し、最近までの環境変化を踏まえ、日本の宇宙開発における機構部品の開発のあり方を原点に戻って検討することに審議の重点をおいた。その結果、長期ビジョンを踏まえた新たな機構部品の研究開発戦略の必要性や、JAXAが開発すべき機構部品の分類、位置づけなどについて分科会委員で共通認識が得られたとともに、現在の分科会が抱える課題を再認識した。

平成18年度の方科会としては、第一期重要部品4品目がほぼ順調に開発が進んでおり、第二期重要部品2品目もほぼ順調に開発に着手していることより、前年度の本分科会が抱える課題の再認識を踏まえ、今後の活動計画について議論し、中でもより詳細な議論が出来るように少人数によるワーキンググループの設置を提唱し活動を実施した。また、課題の一つである研究開発コンポーネント類の登録・運用制度についても現状での案文の問題点などについて議論した。その他、横との繋がりを深めるために本分科会以外でのJAXA機構・材料関連分野における活動紹介を実施した。

今年度も、出来る限り報告より審議に時間をかける事を念頭に分科会を運営した結果、お忙しい中ご出席いただいた各委員においては、非常に活発な本質的な議論がなされ、有益な意見が多く出された。

1.2 活動概要

平成18年度の活動結果は次の通りである。

- (1) 第1期重要部品4品目は、2品目(角度検出器及び遮断弁の改修)について開発を完了した。また、残り2品目(20N推薬弁及び減速歯車)は平成19年度に開発を完了する見通しが得られた。
- (2) 第2期重要部品2品目(スリップリング及び低衝撃保持解放機構)は、基本設計に着手した。
- (3) 当分科会の下位組織として「宇宙トライボロジーワーキンググループ(WG)」を設け、今後あるべきトライボロジー研究に関する検討を開始した。

第2章 第1期重要部品の開発

2.1 遮断弁

2.1.1 開発状況

平成 15 年度より第 1 期重要部品として、既存認定部品である遮断弁に対して、運用性、利便性向上を目的とした逆圧リリース機能付加のための改修を実施してきた。昨年度までに改修後認定試験を問題なく終了し、平成 18 年 8 月に認定試験後審査会／開発完了審査会を実施し、改修作業及び TRL6 の認定を完了した。

また、技術データ蓄積を目的として、衛星システムとして組み上げた時の、他デバイスへの影響評価を目的に、真空プライミング時の水撃圧力特性について実測値、及び従来品との関連データをインハウスにて取得するとともに、総合技術研究本部のコンポーネント類登録制度に従い、技術文書、購入文書類の整備を実施した。

(注) TRL6：技術仕様書に規定した機能・性能を打上・軌道上環境相当の地上試験により検証する。

2.1.2 今後の予定

衛星プロジェクト／システムメーカ、推進系サブシステムメーカへの搭載働きかけを継続中である。

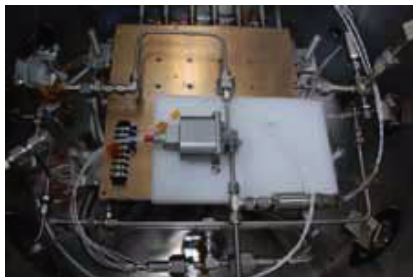


図 2-1 水撃圧力特性取得試験
セットアップ

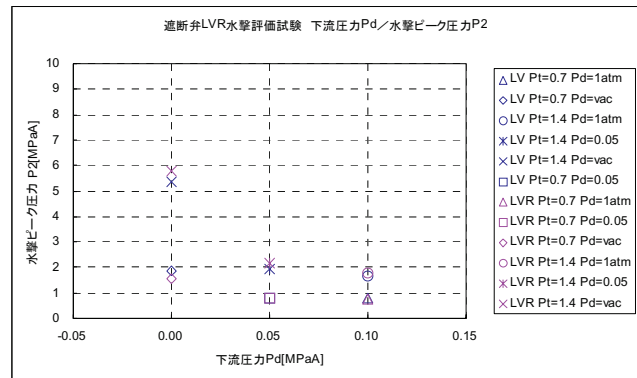


図 2-2 水撃圧力／下流圧力特性

2.2 推薬弁

2.2.1 開発状況

2.1.1 項、遮断弁改修と同様、平成 15 年度より第 1 期重要部品として、20N 級推薬弁の国産開発を実施している。

平成 18 年度においては、スラストメーカとの詳細インタフェース調整結果を反映したうえで、推薬弁の設計を確定し、10 月に詳細設計審査会を実施した。引き続き、製造移行前確認会を経て、認定試験用供試体の製造を実施した。

なお、SOLAR-B の打上前に確認された米国推薬弁の低温時内部漏洩不具合の原因究明結果を受けて、認定試験計画への追加取り込み、試験治具／ハンドリング手順の見直しを実施した。

2.2.2 今後の予定

平成 19 年度中に、認定試験を完了し、認定試験後審査／開発完了審査及び推薬弁としてTRL6 の認定を終了する予定である。また、アクチュエータとして、スラストジェットモータとの組合せ噴射試験による地上総合検証計画の検討・立案を実施する計画である。

表 2-1 20N 推薬弁主要諸元

項目	開発仕様	備考
構造様式	サスペンデッド・アーマチャ方式	無摺動
適合流体	N_2H_4 , MMH, GHe, GN_2 , H_2O , IPA	
最大使用圧力 (MEOP)	2.76MPa	
保証圧力／破壊圧力	7MPa / 10MPa	サージ圧耐性確認
圧力降下	$\leq 0.172MPa @ 12.7g/sec H_2O$	
定格流量	12.7gram/s @20degC, N_2H_4	
内部漏洩	$\leq 1 \times 10^{-5} sccl/min @ MEOP, GHe$	
入力電圧	23.5 ~ 32 Vdc, 28Vdc nominal	
コイル抵抗値	65 ohm $\pm 10\%$ @20degC	
応答特性 (開応答)	$\leq 15msec @ 28Vdc, MEOP, 20degC$	
作動寿命	$\geq 1,000,000$ cycle @Wet&Dry	限界値把握
温度範囲	4 ~ 121degC @Operating ~149degC @Heat soak-back	高温耐性把握
質量	$\leq 0.35kg$	冗長型



図 2-3 推薬弁供試体

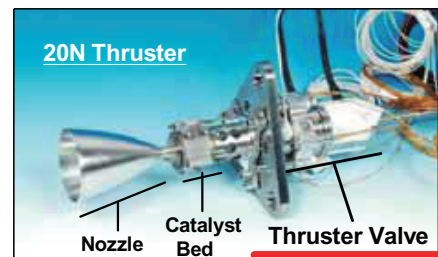


図 2-4 20N スラストモジュール

2.3 減速歯車

2.3.1 開発状況

減速歯車は、長期使用タイプと軽量タイプの 2 種類の開発に取り組んでおり、平成 18 年度は長期使用タイプの認定試験として打上げや軌道上環境を模擬した振動試験、温度サイクル試験と真空中寿命試験を行った。また、試験データを補足するために、JAXA での寿命試験と並行して開発担当メーカーにおいても真空中寿命試験を行っている。

図 2-5 に減速歯車を組み込んだ供試体と振動試験及び寿命試験のコンフィギュレーションを示す。

また、図 2-6 に真空中寿命試験結果を示す。

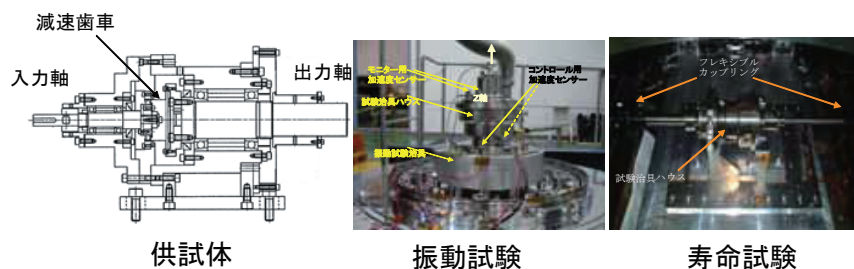


図 2-5 試験コンフィギュレーション

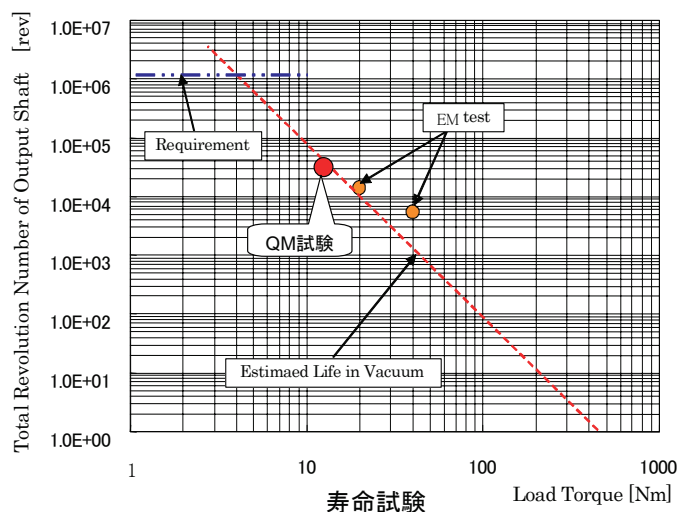


図 2-6 長期使用タイプ寿命試験結果

2.3.2 今後の予定

治具側制御用計算機の不具合などもあり寿命試験に時間を要したが、年度内に長期使用タイプの認定試験を完了した。次年度は引き続き軽量タイプの認定試験を行い、適用データシート等の成果を取りまとめて開発を完了する。

2.4 角度検出器

2.4.1 開発状況

角度検出器は、平成 15 年度より開発に着手し、平成 16 年度に要素試作試験、平成 17 年度に詳細設計審査と供試体の製作を行った。平成 18 年度は、認定試験として角度検出精度測定や諸特性試験を実施し、7 月に認定試験後審査会/完了審査会を開催し開発を完了した。

(1) 認定試験

開発仕様書に規定した特性を検証するために打上げ及び軌道上環境を模擬した振動・衝撃試験や温度サイクル試験により負荷を加え、各試験の前後に機能確認を兼ねて角度検出精度の測定を行った。

(2) 角度検出精度

各試験の前後に行った精度測定の結果は、いずれも精度要求(±5arcsec)を満足しており、低温条件(-30℃)での測定結果が最悪であった。



図 2-7 認定試験供試体

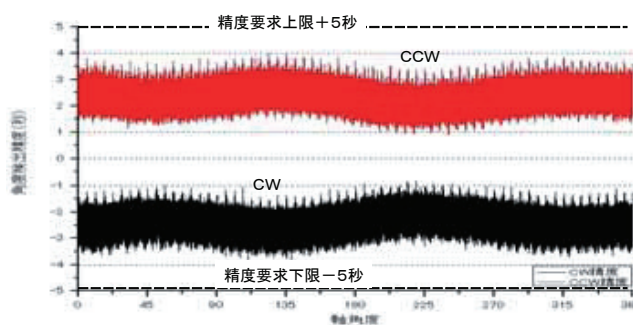


図 2-8 角度検出精度測定結果

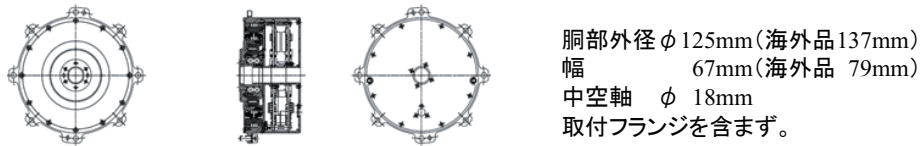
低温条件での角度検出精度を図 2-8 に示すが、CW、CCW の回転方向を切り替えても±4arcsec の範囲内にある。

2.4.2 今後の予定

開発の成果を適用データシートとして取りまとめて、総研本部のコンポーネント類登録制度に従い JAXA ホームページに掲載することで情報の公開を計画している。

開発の結果、確定した角度検出器の仕様を表 2-2 に示す。

表 2-2 角度検出器主要諸元



項目	仕様	海外製品	備考
検出方式	レゾルバ(電磁誘導)式	エンコーダ(光学)式	高分解能・小型、耐環境性向上
角度検出精度	±5 arc sec	同左	
分解能	21bit	18bit	
質量	2.0kg以下(1.82kg)	2.2kg以下	
消費電力	2.6W以下(1.2w)	5W以下	
入出力	ディファレンシャル形式(EIA RS422準拠)	同左	エンコーダと互換性を確保

(注)仕様のかっこ内数値は認定試験供試体の実測値を示す。

第3章 第2期重要部品の開発

3.1 スリップリング

3.1.1 進捗状況

国産スリップリングは、今後も衛星プロジェクト等において必要とされている。しかし、既に国産現行品の素材メーカーが撤退し、今後の安定供給が困難となっている。また、海外では新方式のスリップリングが登場し、国産現行品は国際的な価格競争力を失っている。今後の安定供給のためには、小型・軽量化、高信頼性化、低価格化等を図った国際競争力のある新型スリップリング開発が重要である。

平成 16～17 年度に衛星システムメーカー（2 社）と共同研究を実施し、新型スリップリングのフィージビリティを確認したが、この成果を利用して、平成 18 年度より姿勢制御アクチュエータ用スリップリングの開発に着手した。

新型スリップリングの概念図を図 3-1 に、開発仕様（案）を表 3-1 に示す。また、開発スケジュールを表 3-2 に示す。平成 18 年度は、ブラシ及びリングに係る評価パラメータ検討及び評価試験計画を確定させる。

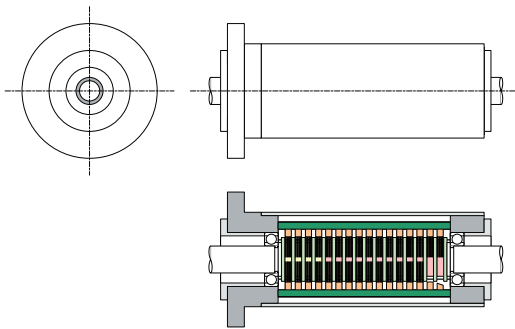


図 3-1 新型スリップリング概念図

表 3-1 新型スリップリング開発仕様（案）

a.	方式		マルチワイヤブラシ型
b.	静抵抗値	信号用	100 mΩ 以下
		電力用	8 mΩ 以下
c.	動抵抗値	信号用	100 mΩ 以下
		電力用	8 mΩ 以下
d.	駆動トルク		0.02 Nm 以下
e.	リング段長	電力用	2 mm 程度
f.	質量		500 g 以下
g.	寿命		10 ⁶ サイクル以上

表 3-2 スリップリング開発品の開発スケジュール

マイルストーン	FY18 (2006)		FY19 (2007)			FY20 (2008)		FY21 (2009)		
					PDR	CDR1	CDR2			PQR
1 設計パラメータ検討、評価計画立案					▽	▽	▽			▽
2 供試体の設計・製作	←→	←→								
3 試験装置、治具等の設計・製作	←→	←→								
4 供試体の特性評価試験			←→	←→						
5 供試体の寿命試験				←→	←→					
6 EMの設計				←→	←→					
7 EMの製作						←→	←→			
8 EMの特性評価試験						←→	←→			
9 QMの設計							←→	←→		
10 QMの製作								←→	←→	
11 QMの耐環境性試験									←→	←→
12 維持設計									←→	←→

3.2 低衝撃保持解放機構

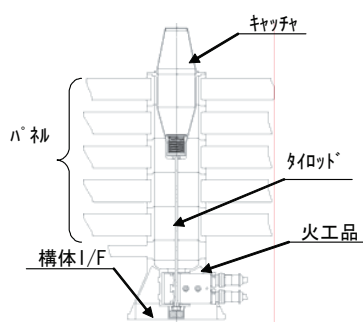
3.2.1 開発状況

本開発は、衛星搭載機器の制約条件となっている火工品の発生衝撃を緩和するために低衝撃分離機構を開発し、衛星の高信頼性化に寄与することを目的としており、その用途は衛星用太陽電池パドル保持解放機構を想定している。開発のポイントは、摺動部の材料及び表面処理、ラッチ機構、高信頼性、海外製品相当のコストの実現である。

共同研究の成果を受けて、平成18年度は開発（基本設計）に着手した。

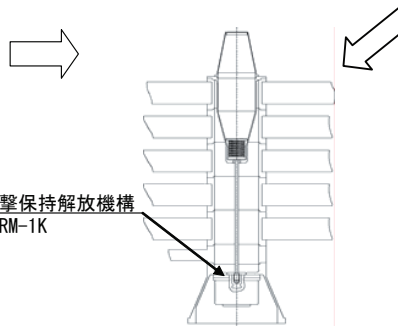
・目標仕様（案）

- a. 方式：ボールネジ+分離ナット方式
- b. 保持荷重：10 kN
- c. 発生衝撃：100 G(peak)
- d. 動作時間：100 ms
- e. 動作回数：100 回以上



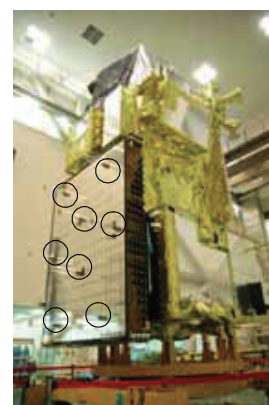
〈火工品式パドル保持機構概略〉

◎ロッドを切断



〈パドル保持機構への適用例〉

◎ボールねじ部を分離



地球観測衛星

3.2.2 今後の予定

平成18年度は、基本設計フェーズより軸力10kNの開発に着手した。次年度は詳細設計を行い設計の確定を受けて認定試験を予定しており平成20年度中に完了する計画となっている。また、ユーザーの要求する軸力（負荷荷重）に応じた数種類の製品を開発することも想定される。更に、衛星分離部（マルマンクランプバンド）などへの採用は、既存火工品との互換性を確保することにより容易になるものと考えられる。なお、今回着手した軸力10kNの低衝撃保持解放機構の開発計画を表3-3に示す。

表 3-3 低衝撃保持解放機構の開発計画

2004	2005	2006	2007	2008	2009
	(共同研究) 概念検討	基本設計	詳細設計	維持設計	
		要素試作/評価試験 EM製作試験	QM製作		
			認定試験		
			PDR CDR	PQR	開発完了 審査会

第4章 WG 活動

機構部品・材料分科会が対象とする専門分野は広く、分科会の中では専門的・技術的な議論が活発とはなりにくい面があった。そこで平成 18 年度から、個別の専門分野の WG(ワーキンググループ)を設置し、少数の専門委員による活発なディスカッションを行い、その検討結果を適宜分科会に報告するという WG 活動を開始することとした。

4.1 WG 活動の進め方

WG は、分科会での全体論議よりも特定の分野の専門家による議論をまず行うのが適切な場合に分科会が設置することにした。WG 委員の負担を考慮し、E メールを活用し WG 会合は年 2 回程度を目安としている。専門家の集まりであり、より深い活発な議論が期待される。検討結果は適宜分科会に報告し、分科会での全体論議の種とする。

本年度は「宇宙トライボロジーWG」を設置し、今後の研究開発の方向性などについて議論を進めている。

4.2 宇宙トライボロジー

(1) アンケート

宇宙トライボロジーの技術レベルや今後の方向性について、委員の間の意見の相違・類似性をおおまかに把握するために、まず事務局で作成したアンケートに自由形式で回答するという形で議論を開始した。アンケート結果を付録 1 に示す。

以下に、設問の概要と代表的な回答を紹介する。

(a) 必要技術を予測するためアンケート調査は有効か？

- ・単純なアンケートでは必要技術の抽出は難しい。
- ・その技術の必要性をブレインストーミング的会議で議論するのが不可欠。
- ・ロケット、衛星、月/惑星/深宇宙探査等のミッションイメージの前提をつければ、アンケートするまでもなく必要技術はほぼ明らかになるものと思う。

(b) 過去に研究が必要とされた技術が、その後必ずしも順調に研究成果が上がっていないように思われる。その要因は何か？

- ・基礎研究が十分行われていない、現状の技術レベルをはるかに超える要求だった、人員・予算などリソース不足、などが要因。
- ・個々のアプリケーションに対しては成果が出ているはずで、成果につながらなかったと見えるのは、①想定した状況が変化したか、②違う手段で目的を達成されたため。
- ・①発生した問題を解決するための研究と、②将来プロジェクトのために必要とされる技術の研究に分類し、研究開発を進める。メーカでは②を行えない場合が多い。
- ・リソースの理想は、10 億円/年規模で大学、公的研究機関、メーカの 20-50 人規模の研究者/技術者に資金援助（共同研究、委託）。

(c) 今後の宇宙用機構部品の開発におけるトライボロジー技術の研究を進める重要性は？

- ・重要性は高い。
 - ・トライボロジー技術は高度に専門化していく傾向にあり、技術の大部分は共通性が低くなるように思われる。
 - ・宇宙トライボロジー技術の定型化が必須。宇宙トライボロジー技術を深く知らない部品/コンポーネントメーカーでも、競争力のある機構を開発できるような定型化、データベース化を JAXA が行うべき。
- (d) 現状の国内の宇宙トライボロジー技術は、海外のレベルと比較してどの位置にあるか？
- ・固体潤滑の分野では世界最高レベル、学術研究では世界レベル。
 - ・固体潤滑剤、液体潤滑剤共に大幅に遅れている。特に潤滑剤の開発、製造とバックデータ不足が大きい。
 - ・平均以上のレベルだがそれは技術力に限られ、経験・データ不足。基油やリテーナ材などが輸入品、人材の層の薄さ、潤滑システム設計能力、月・惑星探査等などの未知の環境への対応、有人宇宙機の高度な信頼度要求などへの対応については、すべて遅れている。
- (e) 必要なトライボロジー技術・機構部品を検討するには、どのような方法がよいか？
- ・優先度の高いのは現状あるいは近い将来の信頼性向上。不具合が発生した事例や設計者が不安に思っている事項を調査し、その課題を解決できる技術の抽出をまず行うべき。
 - ・これまでに経験がない環境条件、要求などを想定し、現状のトライボロジー技術のレベルを考慮して必要な技術を抽出していくことも並行して進めるべき。
 - ・時間軸の識別が必要。地道な標準化・データベース化と、将来の先進技術開発のバランスをとって議論すべき。
- (f) トライボロジー技術の研究をどのように進めるのがふさわしいか？
- ・リソース等の現実的な側面を考慮すると、複数の機関が参加する共同研究、分担研究で実施するのが効率的。
 - ・ハード開発であれば、同一のグループがニーズ研究、シーズ研究を一定の比率で実施。
 - ・リソース不足で手がつけられるものは限られてくるので、全体を継続的に俯瞰しつつ直近に必要な領域に優先的にリソースを投入するしかない。
 - ・困難な課題は公的機関で実施されることを期待。
- (g) トライボロジーでは基礎的な研究とデータ蓄積が重要。このような地道な研究を継続的に進めるための方策は？
- ・リソースの確保が第一。そのために存在をアピールする必要がある。
 - ・設計等に生かせる形で成果をまとめる。作動条件をパラメータとして寿命を示したマップに集約し、設計ガイドラインとして発行するなど。
 - ・JAXA のような公的研究機関が実施すべき。JAXA でカバーできないところはメーカーに適切な形態で委託すべき。
 - ・産学官協調で進めることがベスト。公立研究機関と大学が中心となって推進。

(h) 宇宙トライボロジーに関しての自由な意見は？

- ・国内メーカ、大学、公的研究機関のリソースを考えると、単独で、網羅的な研究開発を進めることは不可能。オール JAPAN 的な取り組みが必要。ナショナルセンターとしての JAXA に期待。
- ・宇宙機の場合、固体潤滑、液体潤滑それぞれ使用する潤滑剤は数種のみで、必要な基本特性、基礎データ、寿命データはほぼ取得済み。社内での定型化、標準化は進んでおり、システムメーカーに対しては JAXA の標準化、データベース化は必須ではないともいえる。しかし、部品メーカやコンポーネントメーカが新たに製品開発に踏み切るには、上記標準化やデータベースが必須。

(2) WG 会合

上記のアンケート結果を踏まえ、WG 会合を開催し自由討論を行った。議論の概要は以下の通り。

- ・今後の宇宙活動とトライボロジーへの要求について、委員から以下の 3 項目が提示された。
 - ①月、小惑星、金星、火星などの探査：地球近傍より厳しい環境で未知の環境要因。
 - ②マイクロ衛星：低コストで民生品の活用が想定され、トライボロジー技術に対して従来とは異なる視点が必要か。
 - ③実用衛星：高度化、高機能化、高信頼性がキーワード。
- ・科学衛星をターゲットにしてトライボロジーの新技术の研究はできない。資金が限られており新技术の研究に使用できる資金はない。既存技術の範囲でミッションを構築している。
- ・高信頼性、高機能、長寿命の追求には際限がない。限界を明確にして、ニーズに合致するトライボロジー技術が必要。
- ・トライボロジー技術には 2 つの側面がある。①ハードル（技術課題）を越えること、②確立した技術を維持することである。
- ・トライボロジー技術では、基礎的な研究とデータ蓄積が重要。基礎的な研究では、極微量の潤滑油を供給する潤滑システム、小型高速ホイールを想定した軸受の高速化、種々の回転部に使用される低速軸受の評価、スリップリングのような通電下での寿命特性など、いくらかでもテーマがある。
- ・寿命データの蓄積は非常に重要。時間がかかる評価なので、地道ではあるが早急に着手する必要がある。
- ・信頼性確保は保険に似た面がある。ヘルスマニタリングも重要な基礎研究の課題。
- ・技術の維持では、人材不足は深刻な問題。上記のような基礎研究を実施することにより人材育成ができる。
- ・直面するハードル（不具合対策）では研究資金を獲得しやすいが、（将来を見据えた、あるいは技術を維持するための）基礎研究ではなかなか予算が確保できないのが現状。

以上の議論を踏まえ、宇宙トライボロジー分野で緊急度が高い①ハードルを越える技術、②技術の維持、に該当する具体的事項について各委員が提示・提案することにした。また、軸受の寿命データの蓄積など基盤技術の底上げの方策を WG の JAXA 委員が検討し、提示することにした。

今後、メールベースでの検討を進め、平成19年度早々に WG 会合を開催して議論をまとめ、平成19年度第1回の分科会に報告することを目標に活動を進めている。

第5章 部品技術委員会勧告の進捗状況、活動結果の整理及び評価

5.1 進捗状況

全般的な勧告

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して位置付け、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。

全般的な勧告を支える具体的、技術的勧告

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る。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。

上記勧告事項に対し、平成18年度は以下の通り活動を行った。

- * 重要部品開発の進捗により、プロジェクトの枠を超えた部品開発が形になりつつある。開発品はすでに複数のプロジェクトへ採用予定である。開発仕様や評価項目の調整をユーザを含めた連絡調整会で行うことが、使われる部品の開発に有効と考えられる。(勧告1、5)
- * 第1期重要部品の開発を着実に進め、遮断弁及び角度検出器の開発を完了した。引き続き推葉弁及び減速歯車の開発を推進する。また、第2期重要部品として選定されたスリップリングと低衝撃保持解放機構の開発に着手した。(勧告2、4)
- * 評価技術、基盤技術研究については、軸受の寿命試験、固体潤滑剤への保管湿度の影響、熱制御材の耐宇宙環境性評価、減速歯車の潤滑メカニズム解明、高速軸受の保持器の解析/評価など、技術蓄積を進めた。材料評価の結果は、材料データベースに登録し、公表している。(勧告3、6、7)
- * JAXA 長期ビジョンから将来性のある部品（フロンティア部品）へのブレークダウンは、システム、サブシステムの仕様が明確になっていない現時点では難しいことから、まず基盤技術であるトライボロジーについてWGを発足させ、必要なトライボロジー技術についての検討を開始した。(勧告8)
- * 宇宙実証については、昨年度までの分科会で、重要バス機器や大型展開構造物については有効であり、一方、ミッション機器のコンポーネントや機構要素については地上試験を確実に進めることが有益との整理をしており、本年度ではさらに深めた議論は行っていない。(勧告9)
- * JAXA 総研でコンポーネント登録制度が制定された。本制度の概要について、分科会で説明を行った。(勧告10)
- * 機構部品、材料に関連するJAXAの活動が見えにくいという指摘があり、「宇宙用フライホイール」、「バルブ高信頼性化タスクフォース」の活動を当分科会で紹介した。また、材料に係わる活動の概要を紹介した。

5.2 活動結果の評価

5.2.1 外部専門委員の評価結果

平成 18 年度の分科会活動について、外部専門委員に勧告 1 から 10、及びその他に関する達成度評価を事前にアンケートを行った（評価結果を付録 2 に示す）。評価結果を集約すると、おおよそ次のようにまとめられる。

勧告の 番号	達成度 (1)	主な評価結果
1	○	<ul style="list-style-type: none"> 不具合発生時などでの状況を見てもプロジェクトの枠を越えた体系的な取り込みは不十分である。 ホイールに関しても議論できるようになった。 重要部品に選定された部品は、進捗状況からプロジェクトの枠を超えた活動となっている。
2	◎	<ul style="list-style-type: none"> MEWS（マイクロエレクトロニクスワークショップ）などを含め NASA、ESA/ESTEC などとも連携を深めた。 部品開発は順調であった。 部品コストと安定供給の議論が今ひとつ見えない。
3	○	<ul style="list-style-type: none"> 情報データベースも整備されてきた。 データベース管理方法の検討が不十分である。
4	◎	<ul style="list-style-type: none"> 第 1 期重要部品の開発をほぼ完了した。 第 2 期重要部品の開発を開始した。
5	○	<ul style="list-style-type: none"> 角度検出器はプロジェクト／システムメーカーへの事前 PR が功を奏した。 確実に使用される仕組みが、強制を伴わない形で徐々に出来つつあると感じる。 宇宙実証を含め根本的な開発された重要部品が確実に使用される仕組みの確立は不十分である。
6	◎	<ul style="list-style-type: none"> 宇宙トライボロジーWG を発足させ基盤技術の推進を加速させている。 重要部品の開発を通じて、基盤技術の産学官の連携・強化による充実が図られた。
7	△	<ul style="list-style-type: none"> ホイール用軸受保持器の解析／評価、減速歯車の潤滑メカニズム解明等の成果があった。 評価データの蓄積管理が不十分である。
8	△	<ul style="list-style-type: none"> JAXA 長期ビジョンなどから、世界をリードする将来性のある先端的な部品へのブレークダウンを実施する体制が出来ていない。 10 年後を見据えた技術・フロンティア部品の研究・開発については十分な提言ができなかった。 世界をリードすることと売れることは異なる課題と思う。
9	△	<ul style="list-style-type: none"> 妥当性確認での宇宙実証の検討対応が不十分。 宇宙実証に関して実質的な討議がなかった。
10	◎	<ul style="list-style-type: none"> 研究開発コンポーネント類の登録・運用制度案を完成した。 部品登録制度の発足に向けて制度面の検討整備で進展があった。

注(1) ◎：「達成できた」と評価した委員が多い。

○：「達成できた」と「達成できていない」と評価した委員がほぼ同数である。

△：「達成できていない」と評価した委員が多い。

勧告事項全般やその他について寄せられた評価結果を次に示す。

- (1) 宇宙用部品技術委員会は、JAXA 内では小さな委員会の一つのような状況であり、全 JAXA で
の全部品問題を検討して行くには全く不十分である。

- (2) 緊急に、また近い将来に対応すべき部材がほかにもあるのではないか。どのような問題点をどの程度、どれくらいの数を確認し、重要性を選定したかを JAXA 外部の評価委員に確認していただくことが必要ではないか。
- (3) 勧告の1項目でも多く早期に実行に移すことが重要である。機構部品・材料分科会では、進んでいる項目、遅れている項目、多少のこぼこはあるが、全体としては確実に良い方向に進んでいると感じる。
- (4) 対象となる課題（勧告）も多岐に渡っており、年2回の分科会会合だけでは、つっこんだ議論をすることが不可能である。
- (5) 年度の一回目の会議開催は早い時期に設定して、年度内の活動期間を充実させるようにしていただきたい。
- (6) 類似のタスクフォース、標準化分科会、WG等の活動との連携が不十分で非効率的な印象である。
- (7) 事務局業務が JAXA 総合技術研究本部の専門Gに集中しており、リソース不足と資金面のバックアップ体制も不十分な印象がある。
- (8) 将来必要な技術の設定は JAXA が行うことが必要であると思う。
- (9) 本分科会は、数少ない会合の中であるが、JAXA とシステムメーカー、部品メーカーが率直な議論を展開し、意思疎通を図れる場所として、有意義に機能して来ていると考える。
- (10) 本年度発足した「宇宙トライボロジーWG」では、日本の宇宙開発に必要なトライボロジー技術課題をより広い視野で見据えて、具体的な議論を今後、早急に進めて行かねばならないと考える。
- (11) JAXA、システムメーカー、部品メーカーで、まだまだ宇宙用途における認識、知識、経験（宇宙で何が起きているのか、何が問題となっているのか等）に差がある。このギャップを埋める活動があっても良いと思う。但し分科会を重ねるにつれ、このギャップも少しずつ埋まってきた感もあり、分科会の成果とも考えられる。
- (12) 材料単独で世界をリードするという進め方は、難しいのではないか。
- (13) 今年度はかなり踏み込んだ議論がなされたと思われる。今後は WG 活動の有効な進め方が本委員会の目的達成のカギとなろう。

第6章 結 言

委員会活動は2回各3時間との非常に短い期間であったが、昨年が増えて委員各位の努力により活発な本質的な議論がなされ、今後の活動に向けた貴重な意見が多々得られた。JAXA内での体制の再見直しなども含め積極的な検討を期待する。

トライボロジーWGアンケート回答 (1/11)

付録1

1. 過去の必要技術の予測事例(添付資料(2))や、研究が必要とされた技術のその後の研究現事例(事務局が執筆した添付資料(1))を読んでいただき、以下についてご意見をお願いします。

(1) 添付資料(2)では、必要技術を予測するためアンケートによる調査を行っていますが、このような手法は有効だったでしょうか？
 <回答例>

(a) 有効であり今回のWGでも同様の手法で検討を行うべき。
 (b) このようなアンケートでは各分野・各担当ミッションから多数の要望が寄せられることになるが、これらの要望に対して技術上の観点から優先度を設定することは不可能である。アンケート方式は、必要技術を絞り込むという目的には適さない。
 (c) その後の経緯を見ると、この調査で結果的に必要技術の予測ができていない。その理由は〇〇と思われる。

回答者A	「正しい回答を得るためには正しい質問をせよ」という格言があるように、アンケートによる調査が有効か否かは設問しだいです。本アンケートはブレインストーミング的なもので、設問者が気付かない点を期待していると思います。皆さんの回答を見ますと本アンケートは有効だと思います。「設問」について一度ブレインストーミングを行うとさらに良いアンケートが行えると思います。
回答者B	時間軸の識別が必要。直近～5年先まで、～10年先まで、その先数十年、のように3段階ぐらに分けて議論すべき。
回答者C	まず、直近～5年先までに必要な技術は、現在各メーカーが直面している問題であるため、アンケートで実態把握は可能。ただし、正直な実態が出てくるかどうかは不明。
回答者D	次に、～10年先までに必要な技術は、各メーカーが技術戦略として取り組もうとしている技術であり、これもアンケート調査は可能。ただし実態把握は厳しいかもしれない。
回答者E	最後に、10年先のその先の必要技術については、単純にアンケートをしてもアプリケーションから考えると同義であり、無意味。それでも将来必要技術を予測するには、ロケット、衛星、月/惑星/深宇宙探査、等のミッションイメージの前提をつければ、アンケートは可能。ただし、前提をつけられた時点で、アンケート上すらも、必要技術はほぼ明らかになるものと思う。
回答者F	回答例の(b)だと思います。現状の問題点の把握、分析は必要とおもいますが、これをアンケート形式で行うのは回答側の意識や抱える問題に差異があり、意味ある結果を導くのはむずかしいと考えます。
回答者G	とおおむね(b)について言っていると(b)です。スペースコロジの分野で求められているがなかなか解決されていない技術は添付資料で取り上げられている80年代～90年代の調査と余り変りないと考えています。現状の日本の技術水準も、初期性能や比較的短期の寿命(3～5年程度)は十分クリアできていると思いますが、10年以上の長期寿命や惑星/太陽系外探査のように長期間稼働させないで目標に到達してから確実に稼働させるといったような機器の潤滑、あるいはリアクションホイールのベアリングのリテーナインスタレーションのように、メカニズムの解明が困難な事象は「永遠のテーマ」となってしまう気がします。
回答者H	従って、技術課題に関してはアンケートをとらなくても、ブレインストーミングを1回やれば掘り起こせると考えます。問題は、それを限られたリソース(予算、人員)の範囲でどのように優先順位をつけ、定量的な目標仕様(多分過去の事例から外れる可能性が高いですが)を設定するかということではないでしょうか。
回答者I	アンケートによる調査も有効で有るが、アンケート回答だけから必要技術を絞り込むより、その技術の必要性の説明(ブレインストーミングの会議)を聞いた後で絞り込むのが以下の理由で良いと思います。 ① アンケートの文面からだけでは背景まで読み取れない場合がある。 ② 他のテーマと緊急性、重要性の比較が出来る。 アンケートの方法とその後のフォローの仕方による。必要技術を予測し決定する」為には、アンケートだけでなくその後の議論が不可欠と考えます。(アンケートだけでは一方的な意見の出しつ放しになるのだ)
回答者J	(b) アンケートでは、その必要性や背景、実現性、実現による効果などが伝わりづらく単なる意見要望で終わる可能性が高い。逆にそれらがわかる形態のアンケートであれば重要な資料となりえる。たとえば過去のアンケートと合わせ、何が実現し何が要望から消えたかとか、その時代背景と合わせ分析を継続すれば将来に向けた何らかの指標が見つかるかもしれない。

トライボロジ-WGアンケート回答 (2/11)

回答者 J	<p>JAXAの場合、研究成果は、既存品の信頼性向上や将来の開発につなげていかなければならないので、宇宙機器メーカーからのアンケート結果は有益と考える。アンケートの要望は各分野では確かに重要な課題であるが、ミッションの重要度・優先度を第1に、続いて、共通性、将来性を考慮して優先順位を決めていかなければならない。</p>
回答者 K	<p>アンケート結果は、トライボロジ-を専門とする大学や公共の研究機関にとってもテーママを検討する上で有益と思われる、宇宙トライボロジ-の裾野を広げることにつながる。アンケート結果については、公表することが望ましい。</p> <p>アンケートの実施には二つの意味合いがあります。一つは今後必要と考えられる技術のサーベイであり、一つはWGでの検討作業の客観性の根拠とすることである。将来の宇宙トライボロジ-について長期ビジョンをもとにとまでは要求せず、回答者の想定する範囲での今後必要となるトライボロジ-関連技術について回答してもらおうことは先に述べた二つの意味合いで必要なことと考えます。アンケートで寄せられた要望などは各々が必要なことと考えられるので優先度を設定するなどはせず、全てを網羅した技術マップを作成するなどして今後の研究開発のベースラインとしては何らかと考えます。</p>

トライブロジ―WGアンケート回答 (3/11)

(2)研究が必要とされた技術について、その後の研究現状の事例を紹介しました。添付資料で事例として取り上げられていない技術項目も含め、必ずしも順調に研究成果が上がっていないケースがあるという印象があります。その要因は何が、今後はどのように研究開発を進めるべきかについて、お考えをお聞かせ下さい。

<回答例>

- (a)研究が必要とされた技術は、基礎研究が十分行われていないなど、短時間では元々解決が難しい技術であり、ただちに成果があるものではなかった。地道な研究は継続して進められており、成果は徐々にあがっている。
- (b)現状のトライブロジ―の技術レベルをはるかに超える要求が設定されたため、きわめて困難な課題があり、必ずしも成果につながるものではなかった。現状の技術レベルが要求を策定する部門に正確に伝わる方策や、ステップバイステップで技術開発を進めるなどの方法が必要である。
- (c)人員・予算などリソース不足が主たる要因である。このため十分な研究を実施できず、結果的に、ただちに成果につながるならなかった。

回答者A	<p>ホイール軸受のタスクフオースWGに参加した印象では、ホイール軸受の技術はNASAの研究員が言っているように、また職人芸の世界であり、職人芸の世界に対する科学的アプローチが未熟であることが、その要因だと思います。今回のタスクフオースWGで科学的方法が見えてきました。</p> <p>成果につながらなかったのは、①想定した状況が変化したが、②違う手段で目的を達成されたためか、のどちらからか、その技術が必要とされなくなつたからである。真に必要な国産技術は、どんな困難があろうとも、例えば高速スピンドル軸受のリテーナーインスタビリティ問題のように、必ず解決され成果となる。</p> <p>この意味において、真に必要な技術の見極めが肝要であるが、見極めの難しい10年先の先の必要技術については、読みが外れたときのあきらめも必要である。</p> <p>大凡、回答例の(a)だと思っています。但し、「地道な研究は継続して進められており、成果は徐々にあがっている。」とは思えない。また、リソース不足も事実でしょう。</p> <p>(a)や(b)のようなことが理由にあるかと思っています。寿命問題などは実時間試験がどうしても必要になり、人や金の問題が大きいです。一方、海外ではホイールやアクチュエータなど、ある程度専門的な部品製造に特化したメーカーがあり、技術的な課題のすり込みができるためか、基礎的な検討や評価もそれなりに進んでいるように思います。ようするに宇宙産業に対する裾野の広さ(人数)も問題かと思えます。この点、補う上では、やはりJAXA殿など公的な機関である程度、業界を引っ張る意味で、継続的かつ公開可能な評価を実施していかれることが必要かと思えます。</p> <p>短期的あるいは特定のプロジェクトの予算・実働期間の範囲内でないと研究遂行体制が維持できない状況になっているのではないかと。研究者は、「永遠のテーマ」とされるような問題に関しては、継続性を確保する財政的支援が必要であり、一方、その分野の(援助を受ける)研究者は、最新の状況を広く学会・実業界に継続的に発信する努力をすべき。</p> <p>(c)と考えます。</p> <p>後進を育成しきれなかった私にも責任がありますが、学会、研究会を見回してもここ10年(20年前から?)スペーストライトロジ―に従事している研究者、技術者はほとんど同じ顔ぶれです。その原因はやはりこの分野に投入される研究開発費が少なすぎる(10年前と同程度の金額?)ことです。学生や若手研究者、技術者は宇宙開発に夢とロマンを感じており非常に興味を持っていますが、資金不足の現実と直面すると予算のたたくさんつく自動車、デイスク記憶装置(HD、DVD等)といった分野に移ってしまっています。</p> <p>JAXAが頭になって10億円/年規模で大学、公的研究機関、メーカーに20-50人規模の研究者/技術者に資金援助(共同研究、委託)いただけたらいいです。</p>
回答者B	
回答者C	
回答者D	
回答者E	
回答者F	
回答者G	<p>1. 研究テーマに ①発生した問題を解決するための研究と ②将来プロジェクトのために必要とされる技術的研究があると思います。</p> <p>データベース化はメーカーの立場で言うと、製品性能が合レベルに改善されるとそれ以上の研究は人的、予算的に行えない場合が多い。広く使える保持器材料は固定された条件での研究であり、保持器材料の研究には至っていない。基礎研究が十分行われていないところがあります。</p> <p>2. 材料、形状を含めた、保持器インスタビリティの高ロバスト性の研究は②になると思います。</p>

トライボロジ-WGアンケート回答 (4/11)

回答者H	<p>・ 研究成果が上がらない原因は多々あるのですが、基本的な事として「設定されたテーマ・目標は適当か否か」という大前提があります。また、一旦決定してスタートした研究テーマも逐次フォローして、より成果を上げるべく軌道修正したり、テーマそのものを改訂して行く事が一番重要な事と考えます。</p> <p>・ そのために、従来から言われている事ですが、「開発目標の進捗管理、成果の評価等の見える化」を実現し、関係者が的確にフォローして行くことだと考えます。</p>
回答者I	<p>事例により (a) から (c) どれも当てはまると思われます。弱小メーカーとしては、夢だけでは食えないので、基礎研究からじっくり長期間にわたって研究を継続することは難しく、産学官の共同作業、公的機関からの補助が重要と考えます。産学官の共同作業には若手の育成も期待されま</p>
回答者J	<p>個々のアプリケーションに対しては成果が出ているはずで、汎用的な解決策を見出せていないことが結果的に研究成果が上がっていないと判断されているのではないかと。何十年も汎用解が得られていないリテナーナインスタビリティに代表される課題は、各アプリケーションに対してその都度解決していくしかない。それを積み上げることが成果であり、この意味では徐々に上がっている。</p> <p>技術レベルの向上とともにトライボロジ-上の課題が増えているのは当然と思われ (技術が進歩している証し)。これに合わせてリソースを増やしていくのは無理なので、優先順位を付けるしかない。</p>
回答者K	<p>高温潤滑とリテナーナインスタビリティでは要因は異なると考えますが上記 (a) ~ (c) は妥当と考えます。加えて宇宙開発プログラムの継続性・先見性の問題もあるものと考えます。</p>

―第1期重要部品及び第2期重要部品の開発進捗状況―

トライボロジーWGアンケート回答 (5/11)

2. 長期ビジョンを踏まえ、必要な宇宙トライボロジー技術、あるいは具体的な機械機構部品について、ご意見をお聞かせ下さい。

(1) 今後の宇宙用機構部品の開発を進めていく上で、トライボロジー技術の研究を進める重要性をどのようにお考えですか？

<回答例>

(a) 共通的な基盤技術であり重要性は最も高い。

(b) ○○(機構、コンポーネント名など)に対しては重要性は高いが、他については低い。

(c) 共通的な基盤技術として、○○技術の方が重要性が高い。

回答者A	回答例の「(a)共通的な基盤技術であり重要性は最も高い。」と思います。なぜなら、可動部だけでなく、固定シール、嵌めあい部、ボルト締結部などあらゆる接触部はトライボロジーの範疇であるからです。
回答者B	共通の基盤技術で、重要性は高いが、それだけで将来の(昔も今も)機構開発はできない。機構開発に必要な他の多くの技術同様、宇宙用トライボロジー技術についても定型化が必須である。特に機構分野は他の製品分野に比べ必要な技術分野が多義にわたり、開発に携わる技術者の大きな負担となっている。宇宙用トライボロジー技術そのものを深く知らない部品/コンポーネントメーカーや、システムメーカーの技術者でも、性能/コストで競争力のある機構が十分開発できるような定型化、データベース化を、JAXA殿には避けて通ってほしくない(論文にならない評価試験等を避けるべきではない)。自社内は自助努力の範疇だが、他社である部品/コンポーネントメーカーの育成はJAXA殿の所掌である。これをやらなると、日本の宇宙用機構開発の裾野が広がらず、真の力がつかない。
回答者C	一方、宇宙用トライボロジー技術の占める比率の高い機構の開発においては、先進的トライボロジー技術でリードして欲しい。
回答者D	大凡、回答例の(a)です。但し、最重要かどうかは難しい、機器開発のためのトライボロジー技術ですから。
回答者E	(a)で、国産化をすすめる上で普通重要と考えます。
回答者F	基盤技術として重要度が高い。
回答者G	(a)です。但し、経験5年以上の中堅技術者/研究者には、例えば機構システム/メカトロ全般の素養も身につけて技術課題の解決策を「トライボロジー」だけに頼らずにバランスのとれた機器/システムの開発を目指して欲しいです。
回答者H	メカ部品(機構)は可動部を有する物が多く、その意味でトライボロジー技術は共通基盤技術として重要性が高い。但し、現在及び将来必要(要求)されるトライボロジー技術は高度に専門化していく傾向に有り技術の大部分は共通性が低くなるように思われる。従って研究テーマは多くなくなるので、正確な長期ビジョンからの研究テーマの選定と順位付け(計画)が重要と考えます。(宇宙開発の全体を見られるJAXA殿に期待するところが大きいです)
回答者I	・ 液体潤滑(微量油) ・ 無重力空間での油・ゲル潤滑
回答者J	・ これらの技術は、機械機構部品が寿命を全うして使用出来る為に必要不可欠な技術と考えます。 ・ 機構部品に稼動部が存在する限り共通的な基盤技術であり重要性は最も高い。但し機構ごとに要求は異なっており、現実には共通性は低いのかも ・ 後開発される新たなメカニズムにおいては、基本的にはトライボロジーの重要性は高いと考えるべきである。一方、これまでに大きなトラブルを生じていないメカニズムのトライボロジーについては、技術面ではなく、品質管理の面で重点を置くのがよい。
回答者K	トライボロジーは機構成立の上で重要な基盤技術の一つと考えますので注力すべきと考えます。

トライボロジーWGアンケート回答 (6/11)

(2) 現状の国内の宇宙トライボロジー技術は、海外のレベルと比較してどの位置にあると考えていますか。

<回答例>

(a) 世界最高レベル：〇〇 (部品名、コンポーネント名、トライボロジーの分野名など)

(b) 平均的なレベル：〇〇

(c) 遅れている：〇〇

回答者 A	わかりません。
回答者 B	総合的に見て明らかに遅れている。システムメーカー、コンポーネントメーカーの一部では、ここ数年ようやく世界の技術レベルまで平均的に追いついてきた観があるが、部品/コンポーネントメーカーの多くは未だに尻込みする等、技術として広く開放、定着していない。妙に閉じた技術分野であり、なぜこうなっているのかは推察はつくが、最近、徐々にこの状況は改善に向かっている。潤滑剤のほとんどは、(E)対象品でないからいいよなもの(米国からの輸入であり、潤滑処理部品、コンポーネントは、まだほとんど輸出されていない。部分的には先端レベルの技術も保有しているが、これから裾野を広げ、体力を養う時期と思う。
回答者 C	全般的に回答例(b)の平均的だと思います。
回答者 D	技術力の点では同等レベルにあるとおもいますが、経験、実績データと言った点では遅れているように思えます。(これも含め、技術という点で遅れているとの答えになります。)
回答者 E	不明
回答者 F	固体潤滑の分野では(a)世界最高レベルと思います。油/グリース潤滑の分野では基油を海外メーカーに抑えられていることもあり、海外品の受け売り(物まね)段階の(b)のレベルです。但し、最近では添加剤や潤滑メカニズムの研究も徐々に成果が上げられてきて欧米に追いつきつつある技術分野も出てきました。
回答者 G	ジャイロスコープ及びフライホイール用ボールベアリングのオイル潤滑に限れば、平均以上と考えている(自社製品の性能から見ても)。しかし使っている潤滑油、リテナー材料は輸入品であり総合的なトライボロジー技術のレベルとなるともっと低いと思われる。
回答者 H	固体潤滑、グリース潤滑、オイルの多い潤滑に関しては経験が無し。 ・液体潤滑(特に微量油潤滑)、グリース潤滑された転がり軸受の性能――特に、汎用される油、グリースに対するデータが不足している。 ・セラミックス材料(線膨張係数が金属とは異なる窒化珪素、線膨張係数が金属に近い部分安定化ジルコニア、等)を宇宙機構部品に応用する為の基礎研究――宇宙での使用データ・経験が無いからと積極的に使用されていないが、軽量、耐焼付き性など利点は多く明らかで、工作機械・極超環境用塗(高温、腐食環境、真空)など民生用途の実績は積み重ねられている。 (c) 固体潤滑剤、液体潤滑剤共に大幅に遅れていると思われる。特に潤滑剤の開発、製造とバックデータ不足が大きい。
回答者 I	欧米と比較する。
回答者 J	(a) 世界最高レベル： ・MoS2スパッタリング膜、焼成膜など、従来使われている固体潤滑技術。 ・トライボロジーの学術研究。ほとんどの分野で先進の成果を上げていくが、物作りへの成果の反映は十分でない。 (b) 平均から世界最高レベルの間： ・ホイールなど、超高精度コンポーネントの潤滑技術は最高レベルに近いが、寿命・限界データ等の基礎データの不足、技術・人材の層の薄さの点で劣っている。 (c) 遅れている： ・潤滑設計のパラメータを判断する能力(コストを掛けるべき部分と掛けない部分の判断力)。 ・トライボロジーの研究開発に関する産学官の連携体制。 ・宇宙用潤滑剤、摺動部品の種類の多様性、先進性。
回答者 K	(b) & (c) と考えます。月・惑星探査等では遅れていると考えます。また、有人宇宙機で高度の信頼度を要求される機器の潤滑についても経験が無いと考えられます。

－第1期重要部品及び第2期重要部品の開発進捗状況－

トライボロジーWGアンケート回答 (7/11)

<p>(3) 必要なトライボロジー技術・機構部品を検討するには、どのような方法、観点がふさわしいでしょうか？ <回答例> (a) これまでに経験がない環境条件，要求などを長期ビジョンから想定し，現状のトライボロジー技術のレベルに関する検討を踏まえ，必要な技術を抽出していく。 (b) 長期ビジョンレベルから具体的な環境条件，要求を想定するのは困難であり，将来プロジェクトに関しては，もう少し具体化が図られてから検討すべき。 (c) 優先度の高いのは現状あるいは近い将来の信頼性向上である。不具合が発生した事例や設計者が不安に思っている事項を調査し，その課題を解決するよう地道かつ継続的に進めるべき技術の抽出をまず行うべき。</p>	<p>回答者A ① 先ず，ロケット本体を含めて，宇宙機器全ての“接触部”を洗い出す。 ② 次に，その“接触部”の環境(雰囲気，温度)，表面性状，表面形状精度(粗さ，うねり，平面など)，接触圧力分布，すべり速度(マイクロスリップを含む)などを明確化する。 ③ 不具合が発生した箇所の“接触部”を特定し，どのような接触状態が不具合を起し易いかを明らかにする。 ④ 不具合を起し易い“接触部”に対して，解決策を検討する。 回答者B 先にも述べたように，時間軸の識別が必要で，直近～5年先まで，～10年先まで，その先数十年，のよう3段階ぐらいに分けて議論すべき。その中で，地道な標準化，データベース化と，将来の先進技術開発を，きちんとバランスをとって議論すべきであり，施策を決定すべき。まずどんな機器が必要かという観点が大事だと思います。その機器を実現(性能，信頼性ともに)するためにトライボロジー技術を構築することだと思います。よって，回答例(c)に近いかと思えます。 回答者D アメリカや他国と比べ，予算的な問題を考えるとやはり(c)をメインに考えざるを得ないかと考えます。これは，(a)や(b)につながるものだと思います。 回答者E 設計の側からすると，解明されていない問題点があればそれを回避するよう設計を行うことでもある。不具合事例のみならず，設計者の「願望」を吸い上げ，その課題を基礎から地道に継続的に解明していくことが望まれる。 回答者F リソース(資金，人員)を考えると(c)を中心に(a)の分野をとり入れるのが良いと考えます。 回答者G 1. 研究が必要な将来技術の抽出方法 ① 長期ビジョン策定 ② 必要となるコンポーネント ③ 要求されるトライボロジー ④ 現有技術を進化で対応可能な技術か，新たな開発か 2. 今後もしも使用し続ける技術で研究が必要な技術の抽出方法 ① 高性能化が必要な技術 ② 不具合が予想され対策が必要な機器の技術 回答者H 月面探査など今後予定されるミッションで，必要不可欠なトライボロジー/機構部品技術を具体的に挙げ，そこで共通にどんな潤滑材料技術が重要であるかをまとめ。 回答者I (a)を官学中心で今無いものに挑戦 (c)を産学官で現状技術の改良の継続 回答者J 両者を同時に進めるのが良いと思います。 (a)については，トライボロジーはハードウェアの仕様や作動条件などがあってレベルで具体化されていないと研究を進めることができない分野であり，リスクが大きい。(b)については，このように進められればと考ええるが，将来プロジェクトから具体的な仕様にブレークダウンしたときには研究を実施する時間的余裕がなくなる可能性がある。 将来プロジェクトは現在の技術レベルから想定した延長線上の技術で対応できると思われ，現実的には(c)を進め，さらに高精度，高機能，長寿命あるいは低コストの観点で既存の技術を進歩させることが確実で成果が上がると考えます。 回答者K (a)と各専門分野の技術者が将来必要と想定する技術をアンケートで調べ全体像を明らかにしてはどうでしょうか。</p>
---	--

トライボロジージャーWGアンケート回答 (8/11)

(4) 必要な技術が抽出されたとして、具体的にトライボロジージャー技術の研究をどのように進めるのがふさわしいでしょうか？
 <回答例>

- (a) 同一のグループがニーズ研究、シーズ研究を一定の比率で実施するのが効率的である。
- (b) 複数の機関が参加する共同研究、分担研究で実施するのが効率的である。
- (c) 最も困難な課題について研究を重点的に行うのがよい。

回答者A	一つの案として、博士論文になりそうなテーマがたくさんある中で、博士の学位を取ることを目標にすれば、大いに進展すると思います。
回答者B	(a) です。JAXA殿に日本の宇宙用トライボロジージャーを牽引する情熱と、諸外国に負けないいたたかな戦略と、潤沢な資金、があれば問題ありません。が、そうもいかないのので、「オールドジャパン」の一員として企業倫理を超えない範囲で最大限協力させて頂きます。
回答者C	ただし、「オールドジャパン」の美辞麗句のもと、押し付け召し上げただ乗り等があるとは思いません。
回答者D	回答例 (a) だと思います。最も困難な課題は国研で実施されることを期待しますが、課題の内容に依存するように思います。テーマベース化のような課題なら (b) で、ハード開発的な課題であれば (a) のような方法になるかと思えます。
回答者E	(b) 但し単なる予算配分だけの分担にならないように。
回答者F	リソースを考えると (b) が良いと考えます。また、設計にいかせようなら研究の進め方をすべきと考えます。
回答者G	例えば、潤滑剤A、Bがあったとして、ピン/ディスク試験、転がりすべり試験、往復動試験といった基礎試験、玉軸受、歯車、リニア要素 (ボールねじ、リニアガイド) 等の要素試験により系統的 (一方向連続、揺動、正逆反転、間欠駆動、速度、負荷、温度等パラメータはたくさんありますが) に取得する。
回答者H	単独グループでの研究は複数の要素技術が関係するトライボロジージャー研究では効率が悪いと思うので (b) の方法が良いと思う。進め方の一案を以下に示します。
回答者I	① 開発のイニシアチブを持つ主開発グループを決める。 ② 関連する知識・技術を有するグループの協力を得る。(技術マップを有するJAXA殿の協力が必要) ③ 開発グループが必要とするデータ以外のデータも必要により収集する。(データの有効活用範囲を広げられるが、主開発グループの利害が絡む可能性があり、ここでもJAXA殿の協力が必須) JAXA殿主導の研究推進では、EUでもやっている様な関連する複数の企業・機関を参加させて、そのテーママを分担研究で推進するのが良い。(というのは、色々な企業が参加出来、技術の裾野を広げられる。)
回答者J	(a) を官学中心で今無いものに挑戦
回答者K	(a) を官学中心で進めるのが良いと思います 両者を同時に進めるのが良いと思います 情報の共有しやすさ、スケジュールの専門領域の集合体であることから、多くの機関・企業・大学で分散して研究開発を進めるようなものではないかと考えます 今後研究開発が必要な分野は複数多数あるものと考えられます。それら全てが地道に継続して研究されるべきであると考えますが、リソース不足で手がつけられないものは限られてくるものと考えられます。ニーズ全体をマップ化し、どの分野はどの機関が対応可能か、リソース投入状況はどうか、現状の技術レベルはどうか等整理し、全体を継続的に俯瞰しつつ直近に必要な領域に優先的にリソースを投入するしかないと考えます。 オールドジャパンとしての取り組みが必要となります。現在のスペースコロニー研究を発展的に利用するのにも有りかと考えます。 宇宙トライボロジージャー全体の状況把握と情報発信をJAXAが担うことはできるかもしませんが、マンパワーの維持継承・資金の調達までは手を出せないのが現状でしょう。名案は無いものでしょうか？

－第1期重要部品及び第2期重要部品の開発進捗状況－

トライボロジーWGアンケート回答 (9/11)

(5) トライボロジーでは基礎的な研究とデータ蓄積が重要と思われれます。このような地道な研究を継続的に進めるための方策について、ご意見がお聞かせ下さい。

回答者A	JAXAの中で一部を実施、カバーできないところを他の国研やメーカーに有償/無償適切な形態で委託すべき。データは、全てJAXA殿内で一元管理、公開。
回答者B	国研で地道にやっつて頂くのがいい方法だと思います
回答者C	十分な高用ベースにのらないと、メーカーとしては限度があるかと思えます。国策としてのいつそののバックアップや、
回答者D	JAXA、公的研究機関での継続的な実施が、現時点では不可欠だと思います。
回答者E	基礎的な研究、データ蓄積は国研で実施し、積極的に発信し、有用性についても継続的に評価を受けるようにすべき
回答者F	最初に、技術課題とその解決策を得るための試験シナリオを策定し、次に実施順位を決めて(研究チーム内での討議)進めては如何でしょうか。当然進めていくうちに直に見直し(新たな技術課題の出現、緊急性、資金リソース等考慮して)が必要になると思えますが。
回答者G	宇宙開発長期ビジョンから ① 将来必要な技術 ② 今後とも使い続ける技術で高性能化が必要な技術 ③ 今後とも使い続ける技術で不具合が予想され対策が必要で必要な機器の技術 で、継続的な研究及びデータの蓄積が必要であることを示し、予算を獲得していただきたい
回答者H	・産官学の連携の中で、特に、公立研究機関と大学が中心となって推進してもらいたい。 ・また、基礎データは、登録した国内の主要企業には開放し、利用出来るようにすべきである。
回答者I	JAXAが十分な予算を持ち、産官協調を進めることがベスト。 このためにも国家戦略となりうるように働きかけが重要。今までも十分ご努力されていると思いますが、どのようにならぬか、技術屋同士の腹を割った相談も必要か か、従来とは違う手法を取らねばならぬかもしれないかも
回答者J	・データ蓄積を行う目的とゴールを明確にする。既存データまたは従来の研究範囲の全体像を描き、抜けている部分の研究実施によりどのような効果があるのかを説明しなければならぬ。 ・設計等に生かせる形で成果をまとめ、作動条件をパラメータとして寿命を示したマップに集約し、設計ガイドラインとして発行するなど。 ・開発品については、仕様に規定された寿命を地上デモンストラーション試験で継続するよう計画に取り込む。
回答者K	・開発品について、そのためには社内での活動実績をもって存在をアピールする必要があると考えます。 トライボロジーが関連する開発を行う部署にトライボロジー担当を置いてもらい啓蒙活動を行い、プロジェクトからの支援要請が多数継続的に出てくるよう努力するの一手かと考えます。啓蒙活動の内容は、過去・現在協力して実施しているプロジェクト支援作業の成果、通常業務で得られた成果等の発表を各部署の担当に紹介する。設備の紹介、外部機関やメーカーの見学等。

トライボロジ- WGアンケート回答 (10/11)

3. 宇宙トライボロジ-技術に関して、ご意見があればご記入下さい。どのようなトピックでも結構です。

回答者A	<p>以前にトライボロジ-のデータベース構築の試みがありました。理由は説明されておりませんが、私が思うに、トライボロジ-が科学しにくい現象であること因ると思います。すなわち、トライボロジ-現象は外乱に敏感であるということです。科学は、例えばガリレオによる力学の誕生でも摩擦や空気抵抗を無視することにより力学の法則を見出してきたように、外乱を取り除くことにより本質を見出してきました。そして、外乱に比較的鈍感な現象に対して科学の成果が出ました。しかし、外乱に敏感な非線形の世界では成功していません。そのよい例が気象予報、地震予報、トライボロジ-です。天気予報の例をみれば、気象衛星、気球、地上観測などあらゆる世界のデータを使って世界最高のコンピュータを使っても1週間後でさえ予報はととき外れます。</p> <p>しかし、条件が絞られればそれなりの再現性が得られますので、とにかく、設問2(3)で回答しましたように、宇宙機器の接触状態を明確にすることが先決だと思います。</p>
回答者B	<p>日本の宇宙用トライボロジ-技術にとつて、初の国産技術によるボイール用高速スピンドル軸受のリテナーインステンスタビリティ問題が、長年の研究の成果により、ひとつの解決策を見出せたことは、誠に喜ばしいことだと思います。開発メーカー関係者として、ご指導頂きました皆様改めて深く感謝致します。</p> <p>これで、一時期海外メーカーに奪われていた国内市場も国産品に戻るものと思いますし、軌道上実績を積み、低コスト化を達成すれば海外へも出て行けるものと思います。</p> <p>また、今回の解決策で今後5年は大丈夫でしょうが、将来に向けて現状で立ち止まらず、更なる国産技術の向上を戦略的に指向すべきと考えています。</p> <p>一方、低軌道および静止軌道の宇宙機の(特殊なミッション機器を除く)範囲では、現在JAXA殿が取り組みられている、高精度角度検出器(開発完了)、ハーモニックギア、金系スリップリング、低衝撃床特開放機構、等が開発されれば、ほとんどの機構部品/コンポーネントが国産品となります。後は、推進系機器と、特殊なミッション機器(特に極低温のセンサ機器や、高速スリップリング等)、細かなところでビスコスタダンパ、RFロータリースイッチ、等が残るぐらいです。また、ハーモニックギアの更なる長寿命化も、将来必要です。</p> <p>基礎データ等の観点では、宇宙機の場合使用する潤滑剤が限られており、固体潤滑、液体潤滑それぞれ数種のみで、必要な基本特性の基礎データや寿命データはほぼ取得済みであり、社内での定型化、標準化は進んでいます。後は部品のサイズや構成が変わったとき等に再度特性確認や寿命確認を実施する程度で、どちらかという信頼性を保証するデータの取得に重点がおかれます。</p> <p>が、現実はどういうまじはいいというのが実情です。これは、どのシステムメーカーでも事情は同じだと思います。この意味において、システムメーカーに対しては、JAXA殿の標準化や、データベース化は、必須ではないともいえません。</p> <p>しかし、部品メーカーやコンポーネントメーカーが新たに製品開発に踏み切るには、上記標準化やデータベースが必須となりますし、システムメーカーやそれを審査するJAXA殿においても、当該機器のトライボロジ-技術がJAXA殿の標準に準拠しているという安心観、議論の効率化は、何者にも変えたいものだと思います。</p> <p>個人的には、宇宙機搭載機構のトライボロジ-技術にそろそろ飽きが来始めているところで、月面、惑星、深宇宙探査などに必要な特殊な機構の特異なトライボロジ-にも興味を持っています。</p>
回答者C	<p>国研に地道な長期のデータ取得とトライボロジ-現象のメカニズムの解明を期待します。民間は開発品に特化したトライボロジ-技術の構築しかできないと思われまので。</p>
回答者F	<p>現在の国内のメーカー、大学、公的研究機関のリソースを考えると、単独で、網羅的な研究開発を進めることは不可能です。企業エゴを捨ててオールJAPAN的な取り組みをしないと欧米(中国も脅威?)との格差を埋めることはできません。その意味でナショナルセンターとしてのJAXA A. [総技研] / 「宇宙研」に期待します。</p>

トライボロジーWGアンケート回答 (11/11)

<p>回答者G</p>	<p>宇宙トライボロジー（ボールベアリングのオイル潤滑）について述べさせて頂きます。 1. 長い間、外国（主に米国）メーカーからの技術導入で製品を開発・製造してきましたが、導入技術や外国文献からのデータ・情報の中での仕事が多く、自前の要素開発及び基礎データの蓄積が少なかったと感じていますし、反省も有ります。開発コストと開発期間の制限から外国からの技術導入も必要な選択だと思いますが、以下の背景（原因）が有ったのではないかと思えます。 ① 自前技術に置き換えて行くという考えが開発依拠側、開発担当側に無かった（希薄だった）。 ② 開発する側も予算（受注額）、技術力、マンパワーで無理な環境だった。 2. トライボロジー先進国に追いつくには、今後産学官の共同で効率良い開発が必要と考えます。それには産学官をまとめるJAXA殿のリーダーシップが不可欠と思えます。</p>
<p>回答者H</p>	<p>・ 日本でも、E.S.A.が主催するEuropean Space Mechanisms & Tribology Symposiumや米国のAerospace Mechanisms Symposiumのような宇宙トライボロジーに関する学会を隔年でも良いので開催すると良いと考える。 ・ また、JAXA殿監修の「Space Tribology Handbook 日本版」の刊行やそれをテキストとした「宇宙トライボロジー講習会」を企画して欲しい。</p>

機構部品・材料分科会活動に対する外部専門委員による評価結果

A. 勧告 1 から勧告 10 に対する評価結果をご記入下さい。

委員 A

分科会での活動だけで評価をすると、勧告 4 以外ほとんどが不十分といわざるをえないが、かといって JAXA 全体の動きは分科会委員としては情報不足となっているので、分科会委員に全体の評価をさせるのは酷な気がします。とはいえ分かる範囲にて記入しました。

勧告 1：不具合発生時などでの状況を見てもプロジェクトの枠を越えた体系的な取り込みは不十分である。

勧告 2：マイクロエレクトロニクスワークショップ (MEWS) などを含め NASA, ESA/ESTEC, CNES などとも連携を深め、分科会としても MEWS にて現状報告を実施した。

勧告 3：重要部品や不具合データベース発により、部品評価技術、部品基盤技術の継続的な研究など着実に進めているが、これらのデータベース管理方法の検討が不十分である。

勧告 4：第一期重要部品の開発として、遮断弁の改修、20N 級推薬弁、角度検出器および減速歯車の開発をほぼ完了し、第二期重要部品開発としてスリップリングと低衝撃保持開放機構の開発を開始した。

勧告 5：開発連絡会、プロジェクト間の横断的調整、アフターケアのサポート、国内外を含めた市場の拡大など事ある毎での対応を実施したが、宇宙実証を含め根本的な開発された重要部品が確実に使用される仕組みの確立は不十分である。

勧告 6：宇宙ドクトリン技術 WG を発足させ基盤技術の推進を加速させている。

勧告 7：プロジェクトでの海外部品不具合解決にて品質評価技術の蓄積を実施したが、評価データの蓄積管理が不十分である。

勧告 8：10 年後を見据えた JAXA 長期ビジョンなどから、世界をリードする将来性のある先端的な部品へのブレークダウンを実施する体制が出来ていなく不十分である。

勧告 9：地上で耐宇宙環境性の試験方法や評価方法については第一期重要部品開発やプロジェクトでの不具合部品評価にて確立を進めているが、妥当性確認での宇宙実証の検討対応が不十分である。

勧告 10：まだ多々問題はあつるものの研究開発コンポーネント類の登録・運用制度案を完成した。

委員 B

勧告 1 から勧告 10 に対しては、JAXA の対応体制に依存することなので、全体の評価として、B に記す。

委員 C

勧告 1：角度検出器、ハーモニックギア、遮断弁、推薬弁、ホイール等の開発が形になり、プロジェクトの枠を越えた体系的な部品開発への取り組みが、成果を上げている。

勧告 2：“自立性の確保”・“信頼性の確保”・“国際貢献及び国際競争力の確保”の観点は、十分議論されているが、部品コストと安定供給の議論が今ひとつ見えない。

勧告 3：リソース（主に資金と実施主体）の制約を理由に、ほとんど議論が前に進まないと感じる。

勧告 4：重要部品の開発・供給体制の構築は成果を上げているが、分類の議論（特に技術性能を優先するもの）は不十分。

勧告 5：確実に使用される仕組みが、強制を伴わない自然な形で、徐々にしかし確実にできつつあると感じる。

勧告 6：基盤技術に関する産学官の積極的な連携・強化は、ホイール軸受問題など、一部の技術分野で認められるが、勧告 3 同様リソースの制約から、幅広い展開には至っていない。

勧告 7：評価技術については、TAA の壁等に阻まれているのか、あまり議論された記憶がない。

勧告 8：将来部品技術の議論はされ始めたが、フロンティア部品の具体的イメージを明確にするには至っていない。

勧告 9：機構部品・材料の民生用部品の宇宙機適用の議論は、ほとんどされた記憶がない。また、宇

宙実証についても、そのハードルの高さ（特にコスト面）を克服する方策の議論などを、今後望みたい。

勧告10：部品登録制度の運用が開始され、具体的な展開と成果に今後期待する。

委員D

勧告1：ホイールに関しても議論できるようになったので「良」。例外を残しておくのはよくなく、今後はロケット関連部品・材料もオープンに討議できるようにすることが肝要。

勧告2：部品開発は順調で「良」。但し、QPL品維持のための公的援助（設備更新、ストック保管）等は法的制約もあり今後の課題。

勧告3：技研での部品評価、基礎研究／共同研究等も進められており情報データベースも整備されてきたので「良」。

勧告4：第一期重要部品のうち、遮断弁、角度検出器は開発完了審査を終え、特に後者は各種PJでの採用も決定し、出色の出来といえます。推薬弁、減速歯車も着実に進んでおり「優秀」。

勧告5：角度検出器はPJ／システムメーカーへの事前PRが功を奏した。「良」

勧告6：今回トライボロジーWGも発足したので「良」。

勧告7：評価技術に関しては技研によるホイール用軸受保持器の解析／評価、減速歯車の潤滑メカニズム解明等の成果もあり「優秀」。

勧告8：フロンティア部品に関しては実質的な討議がなかったので「N/A」。

勧告9：宙実証に関しては実質的な討議がなかったので「N/A」。

勧告10：部品登録制度の発足に向けて制度面の検討整備で進展があったので「良」。但し、余り管理面を厳しくすると登録されなくなる懸念があります（今後の調整事項）。

委員E

自身の関与が少なく評価できない勧告については「なし」としました。

勧告1. 重要部品に選定された部品は、進捗報告からプロジェクトの枠を超えた活動となっていると思う。

勧告2. ホイール、ジロスコープのベアリングでは設計、製造の技術は自立性がかなり確保されてきているが、リテーナ材料、潤滑剤は輸入依存で自立していない。リテーナ材に関しては国内メーカーの製造材評価の可能性も有るが、潤滑剤はハードルが非常に高いと思われる。

勧告3. 部品評価技術、部品基板技術及びデータは、部品開発、不具合対策の過程で確実に得られていると思う。但し得た情報を利用可能なデータベースになっているかは疑問。

勧告4. 分科会で進捗報告、追加部品の要否の審議が行われている。

勧告5. 「なし」

勧告6. 潤滑技術では、トライボロジーWGを設置して活動を開始した。各メンバーの知見を出し合い相乗効果で技術力アップが期待できる。産学官（オールジャパン）の連携強化が図れる。

勧告7. 「なし」

勧告8. 「なし」

勧告9. 「なし」

勧告10. 「なし」

委員F

勧告1について→

部品問題をプロジェクトの枠を越えて体系的に取り組むために、宇宙トライボロジーをテーマとしたWG活動を開始出来た事は大変良かった。今後の活発且つ実効的な議論を経て具体的な課題を掘り下げたい。

勧告2,4,5について→

第一期、第二期重要部品の開発を通して、「自律性・信頼性・国際貢献・国際協力」の確保、重要部品の開発・供給体制維持、開発部品が使用される仕組みの確立を推進して来ている。特に、遮断弁はH18/8月に開発を完了し、さらに、ハードウェア開発と基礎研究の良好な関係も構築された。減速歯車、角度検出器、推薬弁の開発も進展した。

勧告3について→

データベースの充実が推進されているが、機構部品・金属材料分野と部品利用時のフィードバック情報データベースの更なる充実が必要と考える。現在、JAXA内限定というデータベースも、制限付き

で徐々に宇宙関係メーカーにも閲覧可能なようにして欲しい。

勧告 6, 8, 9 について→

当分科会や JAXA プロジェクトとして推進されている重要部品の開発を通じて、基盤技術の産学官の連携・強化による充実が図られたと考える。但し、10 年後を見据えた技術・フロンティア部品の研究・開発については、当分科会として十分な提言が出来なかったのではないかと思う。今後の宇宙開発を見据えて、必要となる技術・部品・材料の開発マップを作成し、各課題について、宇宙実証を含めた具体的な取り組みを検討・開始する必要があると考える。

勧告 7 について→

当分科会では、非破壊検査技術を含めた品質評価技術の具体的な議論は十分出来なかった。ワーキンググループにおける、より具体的な課題検討の中で、本評価技術の議論もなされるべきと考える。

勧告 10 について→ 部品登録制度については特にコメントはありません。

委員 G

勧告 1：特に無し

勧告 2：特に無し

勧告 3：部品メーカーにとって評価技術の充実は部品の改善、改良、次期開発のための重要な情報源となり部品メーカーの実力向上にもつながり評価します。

勧告 4：今後重要部品は常に見直しがされ、開発、供給体制の維持の活動が継続されるべきと思います。この動きが始まった意味で評価します。

勧告 5：特に無し

勧告 6：宇宙トライボロジーWG が発足し、より専門的かつ具体的な取り組みが模索されてきた。将来に向け効果が期待されます。

勧告 7：特に無し

勧告 8：特に無し

勧告 9：勧告 3 と共に成果が公開されることにより、部品メーカーにとって大変重要な情報になりえます。

勧告 10：勧告 5 と関連しますが、登録された部品に対しシステムメーカーの個別特殊要求等に答えられる柔軟なシステム運用が今後望まれます。

委員 H

勧告 1～5：全般的な勧告ですが、ありたい姿を実現するために必要な投入資源についての記載がありません。計画を実現していくための、JAXA 内部の資源配分の改革方向の論議があると良いかと思います。

また、JAXA・官・学・産、それぞれの分担・負担をどのように考えていくべきか、従来通り儲かることを中心にテーマを選択して行けばよいのか、論議を進めて言うてはどうかと思います。

勧告 6～10：具体的勧告として、6、9 などは必要なことと思います。研究開発が実際に進んだかどうかは別にして、委員には重要性の認識が出てきていると見ます。

勧告 8 に関連して、“世界をリードする将来性のある”・・・“売れる部品”とありますが、世界をリードすると、売れるとは異なる課題と思います。

本当に必要な部品の論議が表面に出ていないのでしょうか。

委員 I

勧告 1、プロジェクト間や関係各社内事業所間における情報の共有は十分とはいえない現状の中で勧告 5 も含めての核心となる体系的な取り組みの有効な方法の具体的化をつめる必要がある。

勧告 3、的確な評価技術を支える基盤技術の育成、ネットワークの構築を如何に図るか。

勧告 6、9 について特殊分野の宇宙や極低温領域は有効な試験技術、評価には国・JAXA による外部機関基礎技術の育成が必須である。

断熱・耐熱シールド、膜構造など部品ではないがフロンティア材料として開発できれば世界をリードと思われる技術は長期ビジョンを見据えた継続的な基礎技術開発が必要で、それを支えるべきと考えます。

B. その他、機構部品・材料分科会全般に対する評価結果をご記入下さい。

委員A

分科会全般としては、委員会での議論も活発になっており各委員の機構部品・材料に対する問題点などの認識がより高まってきているが、実質的な勧告に対する成果としては目に見えるものがほとんど出ていない。

機構部品・材料分科会は、部品問題は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づけられて設置され、権限としても親委員会の宇宙用部品技術委員会を通して理事長へ審議結果を直接報告出来ることになっていますが、現状を見ると JAXA 内では単なる小さな委員会の一つのような状況であり、この状況では勧告1～10に要求されているような全 JAXA での全部品問題を検討していくには全く不十分である。本気で全部品問題を解決していくのであれば、少なくとも委員会の基盤をなしている実行部隊である事務局の権限や体制を強化し、より体系的に全 JAXA 内での部品に関する業務全体を統括でき、他の本部やプロジェクトなどをより横断的に使えるような組織を構築する必要があると思う。

現状の如く部品・材料などでの問題があれば支援的にはせ参じたり、他部署での何らかの部品・材料に関する動きを取り込んだりするよう一部他力本願的な落穂拾いの進め方ではうまくいくとは思えなく、単に外部に対する体裁を繕っているだけとしか思えない。これらを打破するためにも、より活動の重要性や必要性を上部に対して声高に PR を積極的に進め、予算・人を含め是が非にでも拡大させていく必要がある。

現状のままだとせいぜい勧告4が少しずつ進んで行き、他の勧告は分科会以外での何らかの部品問題などで活動した結果を拾い集め、全体の部品問題解決を使命とされた分科会での成果とすりかえて行くしか方法は無いように思える。

委員B

これまで重点的に検討・開発されてきた部材は、これまでトラブルがあり迅速な対応が必要な機構部品であると理解しているが、以下のような疑問と必要性を感じている。

1. 緊急にまた近い将来に対応すべき部材は他にもあるのでは、エンジンはもう大丈夫なのか？
2. 対応や開発に時間がかかりすぎているのでは？
3. 特に宇宙ロケットは、システムから部材まで全てを掌握している責任者が必須であるが、現在の担当者の存在感が弱い、またリーダーシップを取る後継者の養成も必要である、
4. 機構部品の開発とともに、使用材料の選定と調達技術的背景を見直す必要がある。

1に対しては、どのような問題点をどの程度、どれくらいの数を確認し、重要性を選定したかを JAXA 外部の評価委員に確認していただくことが必要。

2に対しては予算の問題点はあると思うが、技術力への不安につながるので、予算措置を含めて改善する必要がある。

今後は、今までの活動の成果を基に、JAXA 殿で用意された資料の議論だけでなく、JAXA 内部にも実際に立ち入れるような分科会とし、外部の意見が得易く反映し易い形態で発展させることが望ましいと考える。

委員C

勧告の細かな文言はともかく、1項目でも多く早期に実行に移すことが重要との部品委員会（親委員会）ASBC 鳥山委員のご意見に賛同する。機構部品・材料分科会でも、上記のように、進んでいる項目、遅れている項目、多少のこぼこはあるが、全体としては確実に良い方向に進んでいると感じる。

遅れている項目については、リソース（主に資金と実施主体）制約の影響を受けている分野と考えられるが、最近、各種 WG やコミュニティ等、委員会/分科会/JAXA 殿のご尽力により、横の繋がりが

が増えてきており、リソース不足を徐々にカバーしつつあるようで、日本の宇宙開発において、明るい兆しと嬉しく感じられる。

今後とも、この新たな歩みを確実に継続して頂けるよう、分科会関係者の皆様をお願いしたい。

委員D

全般の評価としては「良」です。下記要望事項があり「減点」評価となりました。

対象となる課題（勧告）も多岐に渡っており、年2回の分科会会合だけでは、突っ込んだ議論をすることが不可能です。

一方で、目的は違うものの機構部品・材料／システム／コンポーネンツを対象とした類似のタスクフォース、標準化分科会、WG等（主要メンバーは大部分同じ）が多数あります。現状、これらの活動との連携が不十分で非効率的な印象をもっています。

従って、これらのWG等を適宜統廃合して個別課題を討議する場とし、最上位に宇宙用部品技術委員会、機構部品・材料分科会、電子部品分科会を位置づけるのが良いのではないのでしょうか？

また、事務局業務が技研の専門Gに集中しており、リソース不足と資金面のバックアップ体制も不十分な印象を持っています。やはり、経営企画部門、QA部門も含めた事務局体制の確立が急務と考えます。

委員E

1. 前回会議でも審議されましたが、将来必要な技術の設定はJAXA殿が行うことが必要と思います。開発期間の設定、リソースの確保確保からも重要なことと思います
2. 年度の一回目の会議開催は早い次期に設定して、年度内の活動期間を充実させるようにしていただきたい。2006年度の活動計画案の配布は9月25日と遅かった。
3. 年度始めと、まとめは全体会議が必要と思うが、個別のテーマはWGで十分審議するのが良いと思います。

委員F

- ・ 本分科会は、数少ない会合の中であるが、JAXA 殿とシステムメーカー、部品メーカーが率直な議論を展開し、意思疎通を図れる場所として、有意義に機能して来ていると考える。
- ・ 特に、本年度発足した「宇宙トライボロジーWG」では、日本の宇宙開発に必要なトライボロジー技術課題をより広い視野で見据えて、具体的な議論を今後、早急に進めて行かねばならないと考える。これまで、ややもすると部品の最終仕様が先行し、それを実現する技術の裏付けが不十分なまま開発を開始し、結果として開発問題が浮上した事もあったと認識しており、特に、今後の宇宙開発に必要な機構部品に求められる性能を実現する為の基礎技術、評価技術を洗い出し、それらの内、未熟な技術を産学官で開発推進するような仕組み作りと、その第一歩を踏み出したい。

委員G

JAXA、システムメーカー、部品メーカーで、まだまだ宇宙用途における認識、知識、経験（宇宙で何が起きているのか、何が問題となっているのか等）に差があり、部品メーカーとして積極的な議論に参加しづらい場面もあります。このギャップを埋めるような活動があっても良いとおもいます。但し分科会を重ねるにつれ、このギャップも少しずつ埋まってきた感もあり、分科会の成果とも考えられます。

委員H

“材料部品”開発については、本年度進め方が改善されたようには思いません。具体的にもテーマの議論がなされたとは思えません。私の知り得る範囲でのことですが、重要部品としての位置付けも無

かったように思います。材料単独で世界をリードするという進め方は、難しいと思います。

委員 I

今年度はかなり踏み込んだ討論がなされたと思われる。今後は WG 活動の有効な進め方が本委員会の目的達成のカギとなろう。

宇宙用部品技術委員会／機構部品・材料分科会 委員構成

分科会長：

本田 登志雄（東京エレクトロニクスシステムズ株式会社 品質保証部 部長）

分科会長代理：

鈴木 峰男（宇宙航空研究開発機構 総合技術研究本部
部品・材料・機構技術グループ 技術領域リーダー）

委員：

中原 綱光（東京工業大学大学院 理工学研究科 機械物理工学専攻 教授）
 緒形 俊夫（物質・材料研究機構 材料信頼性センター 極限環境グループ グループリーダー）
 秋山 勝彦（三菱重工業（株） 宇宙機器技術部 主席技師）
 小口 英男（石川島播磨重工業（株） 宇宙開発事業推進部 技術グループ 主査）
 秋山 正雄（（株）I H I エアロスペース 宇宙技術部 宇宙利用技術室
宇宙利用インフラグループ 課長）
 中川 潤（三菱電機（株） 鎌倉製作所 宇宙システム部 機械技術第一課 主席技師長）
 佐々木 彰（NEC東芝スペースシステム（株） 宇宙システム本部 宇宙システムグループ
エキスパートエンジニア）
 名取 和雄（三菱プレシジョン（株） 宇宙機器部 機械技術課 参事）
 河村 久（日本精工（株） 産業機械軸受技術センター 鉄道・航空技術部 部長）
 清沢 芳秀（（株）ハーモニック・ドライブ・システムズ 精機本部 本部長）
 中田 富雄（多摩川精機（株） 第1事業所 スペースロニクス研究所 回転機器課 主任技師）
 山口 昌八郎（日本ペイント（株） 技術センター 部長）
 横田 力男（元宇宙航空研究開発機構 元宇宙科学研究本部
宇宙構造・材料工学研究系 共同研究員）
 今野 彰（宇宙航空研究開発機構 宇宙基幹システム本部 宇宙輸送システム技術部 部長）
 富岡 健治（宇宙航空研究開発機構 宇宙利用推進本部
ALOS プロジェクトチーム プロジェクトマネージャ）
 今川 吉郎（宇宙航空研究開発機構 宇宙基幹システム本部
JEM 開発プロジェクトチーム プロジェクトマネージャ）
 樋口 健（宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究本部 宇宙構造・材料工学研究系 助教授）
 梶原 堅一（宇宙航空研究開発機構 総合技術研究本部 衛星推進技術グループ グループ長）

小原 新吾 (宇宙航空研究開発機構 総合技術研究本部
部品・材料・機構技術グループ 技術領域リーダ)

川島 教嗣 (宇宙航空研究開発機構 総合技術研究本部
部品・材料・機構技術グループ 主幹研究員)

本委員会事務局長：

田村 高志 (宇宙航空研究開発機構 総合技術研究本部
部品・材料・機構技術グループ グループ長)

事務局：

宮馬 浩 (宇宙航空研究開発機構 総合技術研究本部
部品・材料・機構技術グループ 主任開発員)

櫛木 賢一 (宇宙航空研究開発機構 総合技術研究本部 衛星推進技術グループ 主任開発員)

石田 雄一 (宇宙航空研究開発機構 総合技術研究本部 複合材技術開発センター 主任開発員)

田中 康夫 (宇宙航空研究開発機構 総合技術研究本部 部品・材料・機構技術グループ 開発員)

長田 泰一 (宇宙航空研究開発機構 総合技術研究本部 衛星推進技術グループ 開発員)

事務局支援：

天野 幸男 (HIREC株式会社 技術部 部長)

浦野 幹彦 (HIREC株式会社 技術部 副主任技師)

松田 美恵子 (HIREC株式会社 技術部 係長)

平成 18 年度 宇宙用部品技術委員会／機構部品・材料分科会 開催スケジュール及び議題

第 11 回	第 12 回
<p>宇宙航空研究開発機構 東京事務所 2006/9/25 14:00～17:30</p> <p>(1) 今後の活動計画(案) (2) 重要部品開発の進捗状況 (3) WG について</p> <ul style="list-style-type: none"> ・長期ビジョンに向けた宇宙トライボロジー技術 ・角度検出器開発での気付き事項 <p>(4) 研究開発コンポーネント類の登録・運用制度 (5) 機構・材料関連分野における JAXA の活動</p>	<p>宇宙航空研究開発機構 芝公園厚生施設 洋室 2006/12/11 14:00～17:00</p> <p>(1) 重要部品開発の進捗状況 (2) WG 進捗状況</p> <ul style="list-style-type: none"> ・WG 活動の進め方 ・長期ビジョンに向けた宇宙トライボロジー技術 <p>(3) 機構・材料関連分野における JAXA の活動紹介</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ホール関連 ・バルブ高信頼性化タスクフォース <p>(4) Fy18 分科会報告書</p>

平成18年度 宇宙用部品技術委員会／機構部品・材料分科会 執筆担当

1. 概 要
 - 1.1 はじめに (本田分科会長)
 - 1.2 活動概要 (事務局)
2. 第1期重要部品の開発
 - 2.1 遮断弁 (事務局)
 - 2.2 推薬弁 (事務局)
 - 2.3 減速歯車 (事務局)
 - 2.4 角度検出器 (事務局)
3. 第2期重要部品の開発
 - 3.1 スリップリング (事務局)
 - 3.2 低衝撃保持解放機構 (事務局)
4. WG 活動
 - 4.1 WG 活動の進め方 (事務局)
 - 4.2 宇宙トライボロジー (WG メンバー)
5. 部品技術委員会報告の進捗状況、活動結果の整理及び評価
 - 5.1 進捗状況 (事務局)
 - 5.2 活動結果の評価 (全員)
6. 結言 (本田分科会長)

宇宙航空研究開発機構特別資料 JAXA-SP-06-024

発行 平成19年3月30日

編集・発行 宇宙航空研究開発機構

〒182-8522 東京都調布市深大寺東町7-44-1

URL: <http://www.jaxa.jp/>

印刷・製本 株式会社 実業公報社

本書及び内容についてのお問い合わせは、下記をお願いいたします。

宇宙航空研究開発機構 情報システム部 研究開発情報センター

〒305-8505 茨城県つくば市千現2-1-1

TEL : 029-868-2079 FAX : 029-868-2956

©2007 宇宙航空研究開発機構

※本書の一部または全部を無断複写・転載・電子媒体等に加工することを禁じます。



宇宙航空研究開発機構
JAXA
〒260-8503
東京都文京区本郷5-1-8
JAXAビルディング

宇宙航空研究開発機構
JAXA
〒260-8503
東京都文京区本郷5-1-8
JAXAビルディング

