



ISSN 1349-113X
JAXA-SP-07-015

宇宙航空研究開発機構特別資料 JAXA Special Publication

平成19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

2008年3月

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	1
3. 第1期重要部品の進捗状況	10
3.1 電子部品	10
3.2 機構部品・材料	12
4. 第2期重要部品	13
4.1 電子部品	13
4.2 機構部品・材料	13
5. 宇宙用部品総合対策	13
6. おわりに	14

参考資料

(1) 宇宙用部品技術委員会の開催経緯

付録－1 電子部品分科会

付録－2 機構部品・材料分科会

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的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、もともと多品種・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・欧州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い、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と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、及び開発ベースのスローダウンをせざるを得なかったものの、これまでに第1期重要部品として選定した9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、平成19年12月の「宇宙用部品総合対策」について記載した。

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的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り、2007年6月19日に締結した「日 ESA 部品協力協定」に基づき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及び維持、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・技術（フロンティア部品、MEMS、ナノテク）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。

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

鉛フリーコミュニティ

(2) 機構部品・材料分科会

宇宙トライボロジー WG

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

第1期重要部品のうち、電子部品5品種、機構部品4品種については平成19年度までに開発を完了した。残りの第1期重要部品、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。開示情報の中に外国為替及び外国貿易法（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20年1月末現在の登録者数は、国内登録者：約490名、国外登録者：約50名となっており、平成19年1月現在の登録者数（国内登録者：約430名、国外登録者：約50名）に対して国内登録者数が増加している。
- ・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34,000ページビュー、海外向けが約7,800ページビューとなっており、昨年度（国内向け：月平均約25,000ページビュー、海外向け：月平均約5,000ページビュー）に対して増加している。

(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20年1月時点で延べ約4,000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、昨年度から実施中の GPM/DPR、QZSS に加え、今年度から GCOM が加わった。これによって APL 及び NSPAR のスムーズな処理が加速するものと考ええる。

(3) 宇宙用部品データベース

- ・既にデータベース上に公開して情報を共有化できるようにした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、配付資料などに加え、今年度から JAXA 認定部品適用仕様書（JAXA-QTS）の公開レビューを加えた。

－ 第 1 期重要部品及び第 2 期重要部品の開発進捗状況－

(4) 材料データベース

・材料評価の結果を逐次登録し、引き続き公開中である。

(5) LSI プロセス診断技術

・開発中 LSI の信頼性・品質の向上を計るほか、実績の乏しい海外からの輸入部品の受け入れなどに適用して、潜在的な問題を含む部品を早期に排除してサブシステム・コンポーネントの信頼性・品質向上を図ることを目的とし、2004年度から診断技術の確立、データ蓄積、診断システムの構築などを実施している。今年度は90nm クラスのプロセス診断検査手法の確立、及び SOI 構造デバイスのプロセス診断を実施し、信頼性向上のために反映すべき貴重なデータの蓄積と90nm から0.8mm にわたる広範囲のプロセスについて一元的に適用可能な診断システムを構築した。

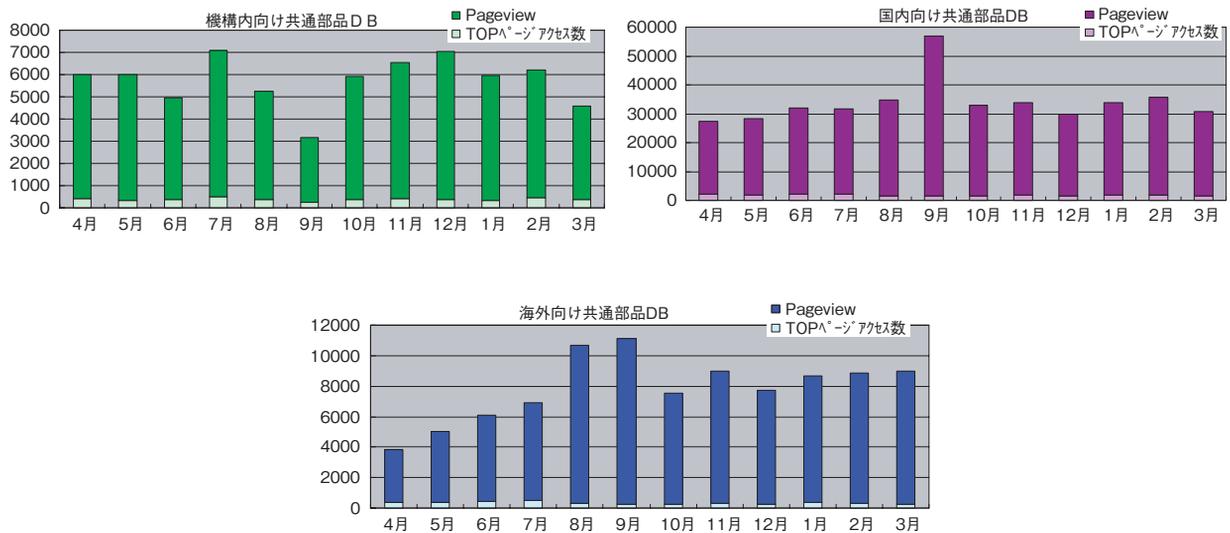


図 1 認定部品データベースのアクセス状況

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図 2 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) パワー MOSFET (500V 品、SMD)
- (e) 大容量バースト SRAM
- (f) 遮断弁
- (g) 角度検出器
- (h) 20N 推薬弁
- (i) 減速歯車

(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・研究を継続中である。

- (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)	20FY (2008)	21FY (2009)
(1) 200MIPS級 64bit MPU	設計	試作・評価	QT品製造	ブレQT	QT			
(2-1) DC/DC コンバータ	試作・評価	QT品製造		QT				
(2-2) POL DC/DCコンバータ					開発検討	試作・評価	QT	
(3-1) パワー MOSFET	試作・評価	DC/DC用QT	試作・評価	QT				
(3-2) パワー MOSFET (500V品、SMD)					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	QT		
(5) FPGA/ASIC					要素試作・評価 (SOI, HBDセル)	部分試作・評価	試作・評価QT	
(6) フォトカブラ		開発検討	受光素子評価		一時中断			
(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				

図2 重要部品の研究開発スケジュール (電子部品)

－ 第1期重要部品及び第2期重要部品の開発進捗状況－

	14FY (2002)	15FY (2003)	16FY (2004)	17FY (2005)	18FY (2006)	19FY (2007)	20FY (2008)	21FY (2009)
(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			
(10)遮断弁		設計			QM製作、QT			
(11)20N級推薬弁		調査	設計	試作・評価	QM製作	QT		
(12)スリップリング					設計	試作・評価		QM製作、QT
(13)低衝撃保持解放機構					設計	試作・評価	QM製作	QT

図2 重要部品の研究開発スケジュール（機構部品）

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。今年度は平成19年11月20日に開催した。
- (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」、欧米の宇宙機関が適用する部品プログラム要求文書（EEE-INST-002、ECSS-Q-60B など）、国際標準（ISO14621-1 及び ISO14621-2）とどのように整合性を図るかについての検討を実施した。
- (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 のレビューなどを実施し、平成20年2月に支援作業を終了。
 - (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、部品連絡会への参加、WEB による APL/NSPAR のレビューなどを実施中。
 - (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。引き続き、部品の調達・品質保証計画書のレビュー、部品連絡会への参加、WEB による APL/NSPAR のレビューなどを実施中。
 - (d) 地球環境変動観測ミッション（GCOM）：WEB による APL/NSPAR のレビューを実施中。
- (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を実施した。

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とあり、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

(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、得られた成果を SOI/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。
- ・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、昨年度から継続して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

- ・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、昨年度に引き続き米国の G11/G12 で発表し、NASA との意見交換を継続するとともに、これら技術動向に関連するセラミックコンデンサの MIL 仕様書に反映することを提案中である。
- ・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。
- ・システム・イン・パッケージ (SIP) の実現及び高性能 64bitMPU (200MIPS 級 64bitMPU) を用いた MPU ボードの小型化の検討を進めた。

(2) 機構部品・材料

- ・軸受、液体潤滑、固体潤滑に関して、東京工業大学、佐賀大学及び日本工業大学との共同研究を進めると共に減速歯車、スリップリング、低衝撃保持解放機構などの重要部品開発を通じて技術力の強化を図った。

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。

(1) 電子部品

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。

- (a) Actel 製 FPGA 信頼性評価試験の検討、支援
- (b) 純すず部品ウイスカ評価試験の支援

(2) 機構部品・材料

軸受の寿命試験、高速軸受の保持器の解析/評価、減速歯車の寿命試験、熱制御材の耐宇宙環境性評価などの活動を通じて、評価方法の向上に努めた。

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18年度に実施した、SOI ウェハに搭載予定のFPGAについてのフィージビリティスタディ結果を受け、SRAM ベース FPGA の設計及びその検証を進めた。

(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。

(c) MEMS (Micro Electro Mechanical Systems)

半導体微細加工技術を用いて、機械、電子、光、化学などに関する様々な機能を集積したデバイスであるMEMSは、小型、軽量であり宇宙機の小型・軽量化が期待できる。現在、民生品（加速度センサ、RFスイッチ、ジャイロセンサ）の評価と、設計・試作・評価実施環境の構築を進めている。

(2) 機構部品・材料

(a) ミッションロードマップを踏まえ、先端的な部品（フロンティア部品）を含め、機構・潤滑分野、材料分野について技術ロードマップの検討を進めている。

(b) 平成18年度に引き続き、宇宙トライボロジーWGで将来必要となる技術について検討を行った。

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) 電子部品

(a) 民生用部品の耐宇宙環境性の試験方法、評価方法を確立

- ・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。
- ・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。

(b) 宇宙実証計画の策定（小型衛星等への搭載性の検討）

- ・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総合研究本部実証衛星に高性能64bit MPUを搭載する。昨年度は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。今年度はフライト機器の製造及びシステム試験を進めている。
- ・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。

(2) 機構部品・材料

(a) 過去の分科会で、重要バス機器や大型展開構造物については有効であるが、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適切との整理を行った。

- (b) ユーザーの理解を得るために、小型衛星による宇宙実証の提案も行った。

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) 電子部品

- (a) 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。

- (b) QML 認定制度の積極的推進

・QML 認定の推進

QPL から QML への認定移行については、平成16年度のコンデンサメーカー、平成17年度のトランス・コイルメーカーを指導して移行を完了した。平成18年から19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。平成19年度はハイブリッド IC メーカー及び抵抗器メーカーの QML、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 QPL/QML 認定部品の推移は図3及び図4参照。)

認定部品点数－QML：71点16社、QPL：102点17社（平成20年3月末見込み）

認定辞退申請受理－QML：なし、QPL：25点6社（平成20年3月末見込み）

なお、認定辞退申請受理の QPL はすべて QPL から QML に認定を移行することによるものである。

・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、MPU 及びパワー MOSFET については平成19年3月、DC/DC コンバータについては平成19年6月に認定作業を完了し JAXA 認定部品として認定した。今年度は開発完了予定の大容量バースト SRAM 及びパワー MOSFET（耐圧500V 品及び SMD 品）の認定作業を実施し完了する予定である。

- (c) 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、平成18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。

当初、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ることで、実質的な部品登録制度となりうると想定したが、今年度は昨年度に引き続き QPL から QML への移行促進及び開発を完了した重要部品の QML 認定作業へ作業を注力したため、部品登録制度の詳細検討は進めていない。

来年度以降、部品登録制度の必要性を含め検討を再開する予定である。

(2) 機構部品・材料

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開発した重要部品の登録を進めている。

－ 第1期重要部品及び第2期重要部品の開発進捗状況－

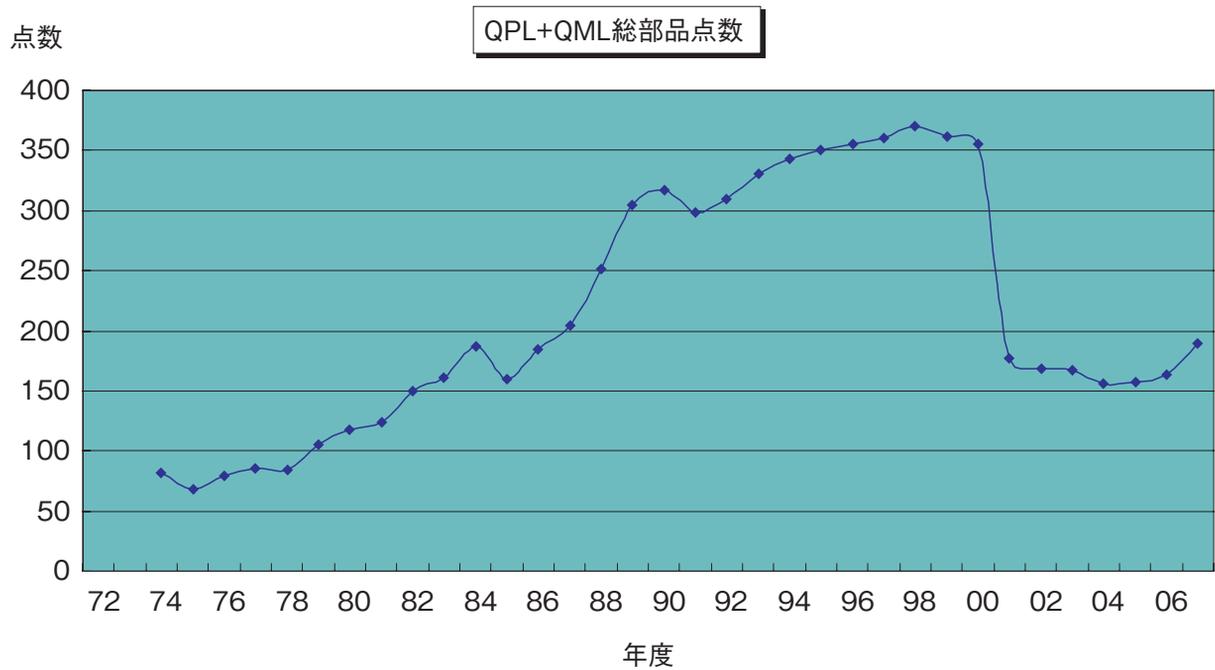


図3 認定部品点数の総数の推移

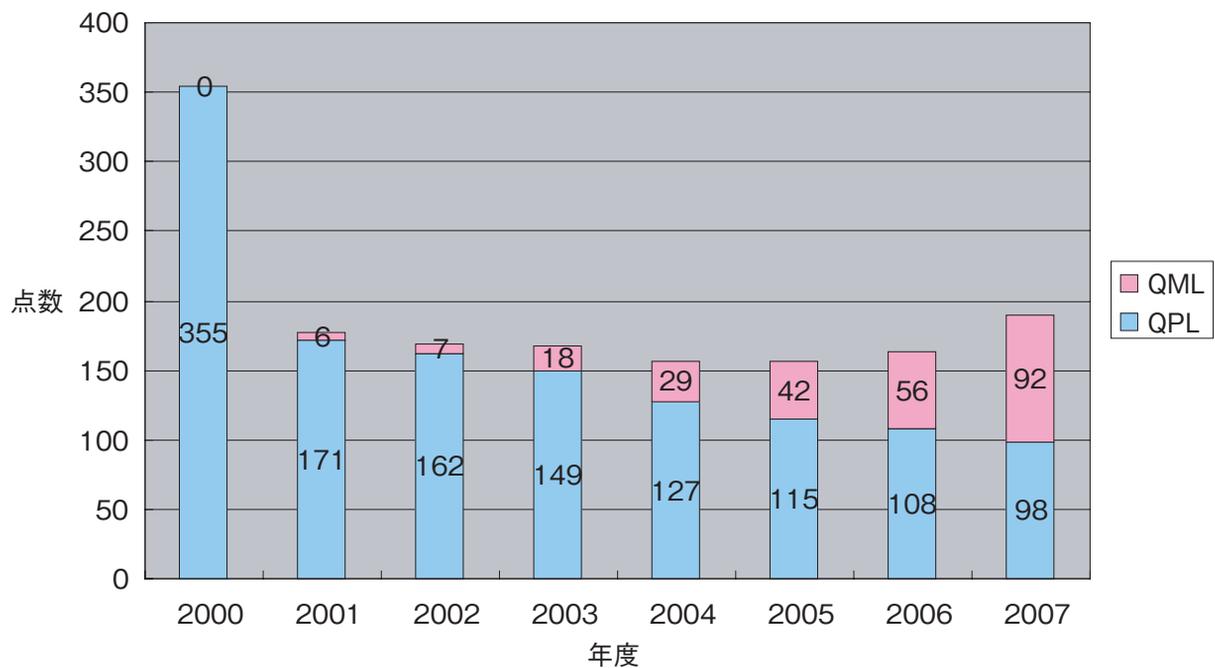


図4 QPL/QML認定部品点数の推移

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、バーストSRAM、SOI/FPGA、フォトカプラ）の開発を平成14年度から進め、4品種（MPU、DC/DCコンバータ、パワーMOSFET、バーストSRAM）については開発を完了した。

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年度又は平成18年度に開発を完了し、JAXA認定部品として認定した。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について進捗詳細を次に述べる。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。

(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。JAXA認定部品として認定した開発品では、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た。

- (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の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2006年3月末に終了したが、開発確認試験項目を構成する内部水蒸気量試験の試験方法について改善を行って再試験を実施し問題なく終了し、2007年6月にQML認定部品として認定した。今年度は、認定した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り、その1つとして平成18年度からPOL（Point of Load）DC/DCコンバータの開発に着手した。

平成18年度に民生用PWM（Pulse Width Modulation）ICを使ったBBMの試作評価を実施した。平成19年度は平成18年度の試作評価結果を踏まえ、宇宙用PWMの試作評価を実施した。

(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。

平成18年度に開発を完了しQML認定部品として認定したパワーMOSFETは、低温酸化ゲートプロセス、多重ガードリング、2層エビ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、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

－ 第1期重要部品及び第2期重要部品の開発進捗状況－

終了して JAXA 認定部品として認定した。今年度は、昨年度実施した SMD タイプ及び500V 定格のパワー MOSFET の試作評価結果を反映した開発確認試験用サンプルを製造して開発確認試験を実施し、問題なく終了した。3月末日までに JAXA 認定部品として認定予定である。

(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9 Mbit 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おり、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。ウェハ試作にあたっては高性能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し問題なく終了した。3月末日までに JAXA 認定部品として認定予定である。

(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 設計ルールの完全空乏型 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た。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年度は、SRAM ベース FPGA の設計に必要な Configuration Bit/FreeRAM Cell の試作評価を実施した。

平成20年度は、SRAM ベース FPGA の全体設計に着手予定である。

3.2 機構部品・材料

(1) 推薬弁

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。

今年度は、認定試験用供試体 3 式による認定試験を実施した。平成20年1月時点において、基本性能確認、機械環境試験、高温/低温時の作動確認を含めたサイクル作動寿命試験、温度サイクル試験までを成功裏に終えている。(全 QT 供試体に対して、総計100万サイクル作動を達成)

認定試験の最終フェーズとなる破壊圧力試験、破壊物理解析 (DPA: Destructive Physical Analysis) を完了した後、認定試験後審査/開発完了審査会を平成20年3月に実施して、TRL 6 達成を確認する計画である。この開発の完了により、衛星推進系の姿勢制御スラスタ向け推薬弁は、全て国内調達が可能となる。また今後、スラスタの噴射試験に供することで、アクチュエータとしての地上総合検証を実施する計画としている。

(2) 減速歯車

減速歯車は、一般的にはハーモニック・ドライブ・ギヤーと呼ばれている歯車であり、国内メーカが、NASA 火星探査車など海外のプロジェクトにも部品を供給している。これまでの国産減速歯車は、固体潤滑処理を行った製品が太陽電池パドル駆動機構や JEM ロボットアーム関節部などに使用されてきた。現在では高性能で比較的安価な液体潤滑 (真空用グリース) が入手可能であることから、高価な固体潤滑処理を切り替えることが可能となってきた。本開発では、特に、真空中での試験評価事例が少ないことから寿命データの取得を目的として取組んだ。

開発は、長期使用タイプと軽量タイプの 2 種類を選定し平成15年度より着手した。

長期使用タイプは、平成19年7月に認定試験後審査会/完了審査会を実施した。

軽量タイプは、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

－ 第1期重要部品及び第2期重要部品の開発進捗状況－

験を行い、2月に認定試験後審査会／完了審査会を実施し完了した。

今後は、開発の成果を適用データシートとして取りまとめ、コンポーネント類登録制度に従いJAXAホームページに登録し公開する。

4. 第2期重要部品

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た状態を継続しており、今年度は選定された4つの部品及び技術の検討に関する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。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、平成19年度にはリング／ブラシ材料の選定を目的とした事前確認試験、ブラシ押付け力などの詳細な設計パラメータ確定を目的とした特性評価試験を経て、寿命試験を行った。

(2) 低衝撃保持解放機構

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低衝撃保持解放機構により低減することで、機器搭載可能エリアが拡大し、結果として衛星の小型軽量化に寄与することができる。また、開発のポイントは、高信頼性、コスト競争力、使いやすさ（運用性）、分離機構の独自性である。

開発は平成18年度に着手し、今年度は、品質機能展開（QFD）により技術要求を見直し設計仕様を確定した。また、EM 試作試験を行い低衝撃化達成の目処を得た。更に、製造工程レビューや詳細設計審査会を経て認定試験供試体の製作を行った。

次年度は、認定試験を行い完了する計画となっている。また、高信頼性を検証するための評価試験を提案している。また、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. 宇宙用部品総合対策

平成20年1月の本委員会、電子部品分科会及び機構部品・材料分科会において、JAXA から「宇宙用部品総合

対策（宇宙用部品総合対策検討チーム）」の総合的な施策方針が報告された。JAXA の「宇宙用部品総合対策」は、大部分が宇宙用部品技術委員会において継続的に討議されてきた内容が数多く反映されている。その意味で宇宙用部品技術委員会活動の内容が JAXA 全体の重要な位置付けの文書に盛り込まれたことは、基盤技術である宇宙用部品の重要性が JAXA 全体として再確認された重要な出来事であると考えられる。

6. 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、パワー MOSFET 及び大容量バースト SRAM の開発確認試験が実施され完了し、JAXA 認定部品として認定された。しかし、SOI/FPGA 及びフォトカプラは第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4品種（遮断弁、角度検出器、推薬弁及び減速歯車）すべての認定試験後審査会/開発完了後審査会が実施され完了した。

今後 開発した部品のプロジェクトへの優先使用を継続的に働きかけることや、開発継続中の第1期重要部品及び検討・研究・開発段階の第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、「宇宙用部品総合対策」の総合的な施策方針が確実に遂行されることを期待する。

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。

平成19年度宇宙用部品技術委員会の開催経緯

1. 第9回（平成19年7月23日）
 - (1) JAXAにおける部品・コンポーネントの検討について
 - (2) 分科会の活動状況
 - (a) 電子部品分科会
 - (b) 機構部品・材料分科会
 - (3) 欧州との協調を含めた今後の部品開発・研究の方向性について

2. 第10回（平成20年1月16日）

宇宙用部品総合対策について

3. 第11回（平成20年3月19日）
 - (1) 電子部品分科会／機構部品・材料分科会報告
 - (2) 宇宙用部品総合対策に関する討議

電子部品分科会開催経緯

- 第12回 平成19年6月12日
第13回 平成20年1月16日

機構部品・材料分科会開催経緯

- 第13回 平成19年6月19日
第14回 平成20年1月23日

電子部品分科会 平成19年度報告書

平成20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	21
2. 電子部品分科会の任務	21
3. 電子部品の取り組みに関する基本方針	21
4. 宇宙用部品技術委員会勧告の進捗状況及び評価結果に対する処置状況	22
4.1 進捗状況	22
4.2 平成18年度活動内容評価結果に対する処置状況	28
5. 重要部品の現状	31
5.1 第1期重要部品の開発状況	31
5.2 第2期重要部品の開発状況	36
5.3 重要部品の JAXA QML 化	36
6. JAXA と欧州の電子部品開発協力	36
6.1 欧州における EEE 部品事情	36
6.2 部品分野での協力関係の構築	39
6.2.1 SCSB (Space Components Steering Board)	39
6.2.2 宇宙用部品分野における協力に関する協定	39
7. 体系的・組織的活動への取り組み及び状況	40
7.1 鉛フリーコミュニティ	40
7.1.1 動向調査や評価試験内容の事前検討	40
7.1.2 コミュニティ活動状況	40
7.2 宇宙用部品連絡会	41
7.3 プロジェクト承認部品データベース	42
8. 活動結果の評価と今後の課題	43
8.1 活動結果の評価	43
8.2 部品技術委員会活動と JAXA 宇宙用部品総合対策との関連	45
8.2.1 概要	45
8.2.2 部品技術委員会の勧告事項と宇宙用部品総合対策	46
8.2.3 勧告事項に入っていない重要事項と宇宙用部品総合対策	48
8.3 今後の課題	49
9. おわりに	49

1. はじめに

宇宙の開発及び利用の重要性は、安心・安全や、国際競争力の確保等のためにますます認識されるようになってきており、国家レベルでの戦略的方針の設定と推進の重要性が議論されるようになってきている。日本の宇宙開発利用を推進し、その自在性を確保するために、適切な品質、性能、価格、納期で必要とする宇宙用電子部品を調達できる能力をもつことは必要不可欠であり、このため平成14年度から宇宙用部品技術委員会に電子部品技術分科会を設置し、日本の国として開発、保有すべき重要部品の選定、開発や様々な施策を勧告、その実現をフォローしてきた。

この方針にしたがって、重要部品の開発及び認定、部品情報データベースの充実、QML認定制度の導入等の施策を展開、推進してきた。また、欧州との部品に関する協力を推進し、FPGAなど部品の共同開発を行うとともに、2007年6月にはJAXA-ESAで部品協力協定を締結した。環境意識の高まりから特に欧州を中心として推進されているRoHS規制についても、別途JAXAにて鉛フリーコミュニティ活動が推進され、電子部品分科会においてもその動向を注視しつつ活動を続けている。

この一方で、海外からの部品の調達において一部の部品の入手困難、部品の不具合発生等により、プロジェクトの遂行に影響が出るなどの問題が引き続き発生している。このため、部品確保の重要性はよりいっそう高まり、JAXAでは宇宙用部品総合対策チームを編成し、「宇宙用部品総合対策」をとりまとめ、実行に着手した。これにより、この電子部品分科会で提言してきたような事項についても、より着実に、組織的に推進されるようになってきている。この宇宙用部品技術委員会についても、この総合対策のもとで役割を位置づけられ、活動していくことになる。

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評価結果に対する処置状況

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。

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、「鉛フリーコミュニティ」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

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。開示情報の中に外国為替及び外国貿易法（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。

－ 第1期重要部品及び第2期重要部品の開発進捗状況－

平成20年1月末現在の登録者数は、国内登録者：約490名、国外登録者：約50名となっており、平成19年1月現在の登録者数（国内登録者：約430名、国外登録者：約50名）に対して国内登録者数が増加している。

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34,000ページビュー、海外向けが約7,800ページビューとなっており、昨年度（国内向け：月平均約25,000ページビュー、海外向け：月平均約5,000ページビュー）に対して増加している。

(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、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20年1月時点で延べ約4,000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、昨年度から実施中の GPM/DPR、QZSS に加え、今年度から GCOM が加わった。これによって APL 及び NSPAR のスムーズな処理が加速するものとする。

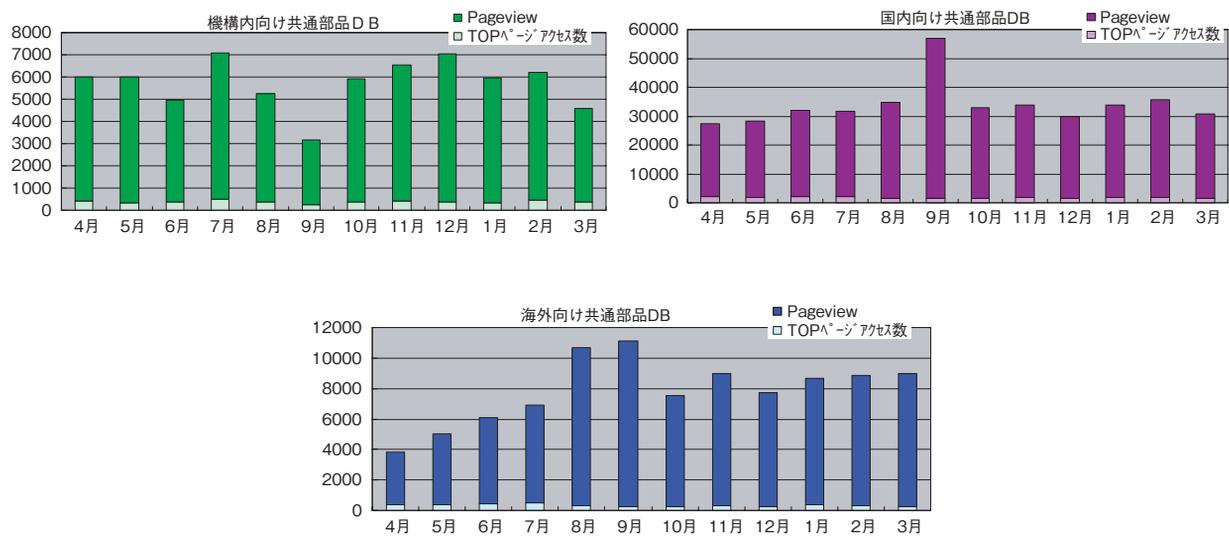


図 4-1 認定部品データベースのアクセス状況

(3) 宇宙用部品データベース

既にデータベース上に公開して情報を共有化できるようにした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、配付資料などに加え、今年度から JAXA 認定部品適用仕様書 (JAXA-QTS) の公開レビューを加えた。

(4) LSI プロセス診断技術

開発中 LSI の信頼性・品質の向上を計るほか、実績の乏しい海外からの輸入部品の受け入れなどに適用して、潜在的な問題を含む部品を早期に排除してサブシステム・コンポーネントの信頼性・品質向上を図ることを目的とし、2004年度から診断技術の確立、データ蓄積、診断システムの構築などを実施している。今年度は90nm クラスのプロセス診断検査手法の確立、及び SOI 構造デバイスのプロセス診断を実施し、信頼性向上のために反映すべき貴重なデータの蓄積と90nm から0.8mm にわたる広範囲のプロセスについて一元的に適用可能な診断システムを構築した。

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以下の第2期重要部品3品種及び基板実装技術を選定したが、今年度は予算の制約から研究開発を中断。
 - (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。今年度は平成19年11月20日に開催した。
- (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」、欧米の宇宙機関が適用する部品プログラム要求文書 (EEE-INST-002、ECSS-Q-60B など)、国際標準 (ISO 14621-1 及び ISO 14621-2) とどのように整合性を図るかについての検討を実施した。
- (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 のレビューなどを実施し、平成20年2月に支援作業を終了。
 - (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、部品連絡会への参加、WEB による APL/NSPAR のレビューなどを実施中。
 - (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。引き続き、部品の調達・品質保証計画書のレビュー、部品連絡会への参加、WEB による APL/NSPAR のレビューなどを実施中。
 - (d) 地球環境変動観測ミッション (GCOM)：WEB による APL/NSPAR のレビューを実施中。

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と、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。

－ 第 1 期重要部品及び第 2 期重要部品の開発進捗状況－

(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、得られた成果を SOI/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。

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、昨年度から継続して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

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、昨年度に引き続き米国の G11/G12 で発表し、NASA との意見交換を継続するとともに、これら技術動向を関連するセラミックコンデンサの MIL 仕様書に反映することを提案中である。

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。

システム・イン・パッケージ (SIP) の実現及び高性能 64bitMPU (200MIPS 級 64bitMPU) を用いた MPU ボードの小型化の検討を進めた。

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18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

FPGA 信頼性評価試験結果を海外に発表し、提案した PDI (POST PROGRAMMING BURN IN) (プログラム書き込み後のバーンイン) の有効性について賛同を得られた。

(2) 純ずず部品ウイスカ評価試験の支援

部品単体（実装によるストレスなし）及び機器メーカーが実装の際に適用しているプロセス（はんだ付け、コーティング）で実装したサンプルについて温度サイクル試験を実施し、ウイスカ成長による短絡、その他の不具合発生リスクを評価した。

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、先進的な部品（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。昨年度は、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。今年度は昨年度の結果を受け、SRAM ベース FPGA の設計及びその検証を進めた。

(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。

(3) MEMS (Micro Electro Mechanical Systems)

半導体微細加工技術を用いて、機械、電子、光、化学などに関する様々な機能を集積したデバイスである MEMS は、小型、軽量であり宇宙機の小型・軽量化が期待できる。現在、民生品（加速度センサ、RF スイッチ、ジャイロセンサ）の評価と、設計・試作・評価実施環境の構築を進めている。

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 総合研究本部実証衛星に高性能64bit MPU を搭載する。昨年度は 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。今年度はフライト機器の製造及びシステム試験を進めている。
- (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年度のコンデンサメーカー、平成17年度のトランス・コ

－ 第1期重要部品及び第2期重要部品の開発進捗状況－

イルメーカを指導して移行を完了した。平成18年から19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。平成19年度はハイブリッド IC メーカー及び抵抗器メーカーの QML、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 QPL/QML 認定部品の推移は図4-2及び図4-3参照。)

- ・ 認定部品点数-QML：71点16社、QPL：102点17社（平成20年3月末見込み）
- ・ 認定辞退申請受理-QML：なし、QPL：25点6社（平成20年3月末見込み）

なお、認定辞退申請受理の QPL はすべて QPL から QML に認定を移行することによるものである。

(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 MOS-FET）について QML 認定作業を実施し、MPU 及びパワー MOSFET については平成19年3月、DC/DC コンバータについては平成19年6月に認定作業を完了し JAXA 認定部品として認定した。今年度は開発完了予定の大容量バースト SRAM 及びパワー MOSFET（耐圧500V 品及び SMD 品）の認定作業を実施し完了する予定である。

(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、平成18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。

当初、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ることで、実質的な部品登録制度となりうると想定したが、今年度は昨年度に引き続き QPL から QML への移行促進及び開発を完了した重要部品の QML 認定作業へ作業を注力したため、部品登録制度の詳細検討は進めていない。

来年度以降、部品登録制度の必要性を含め検討を再開する予定である。

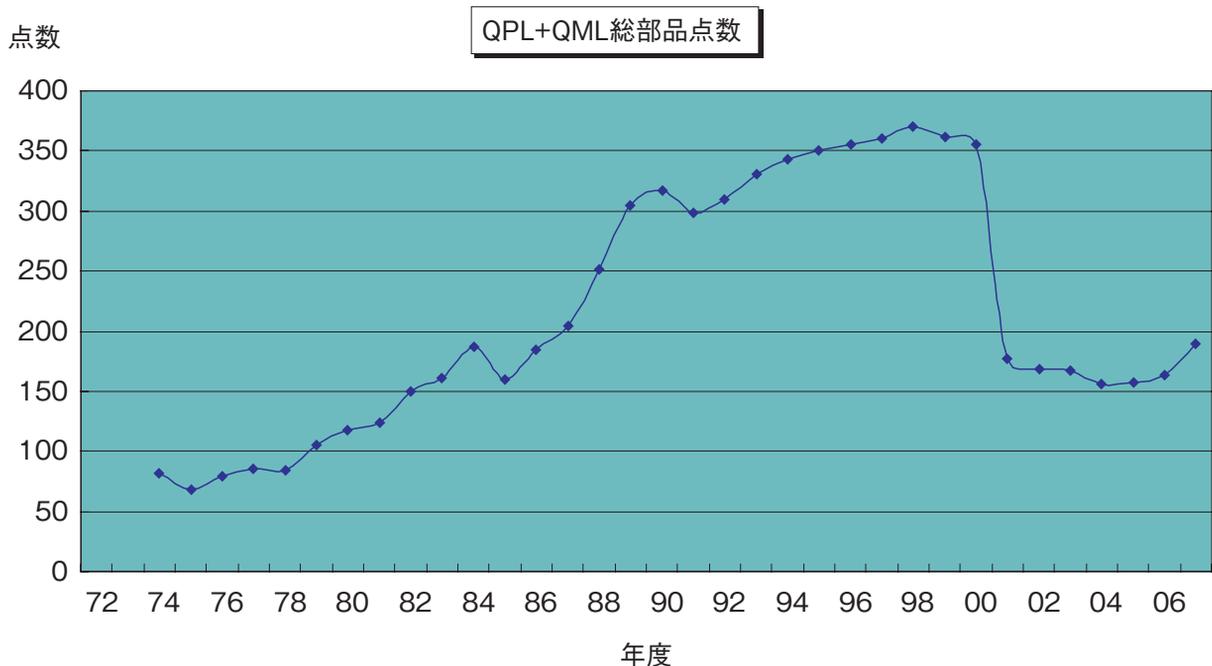


図4-2 認定部品点数の総数の推移

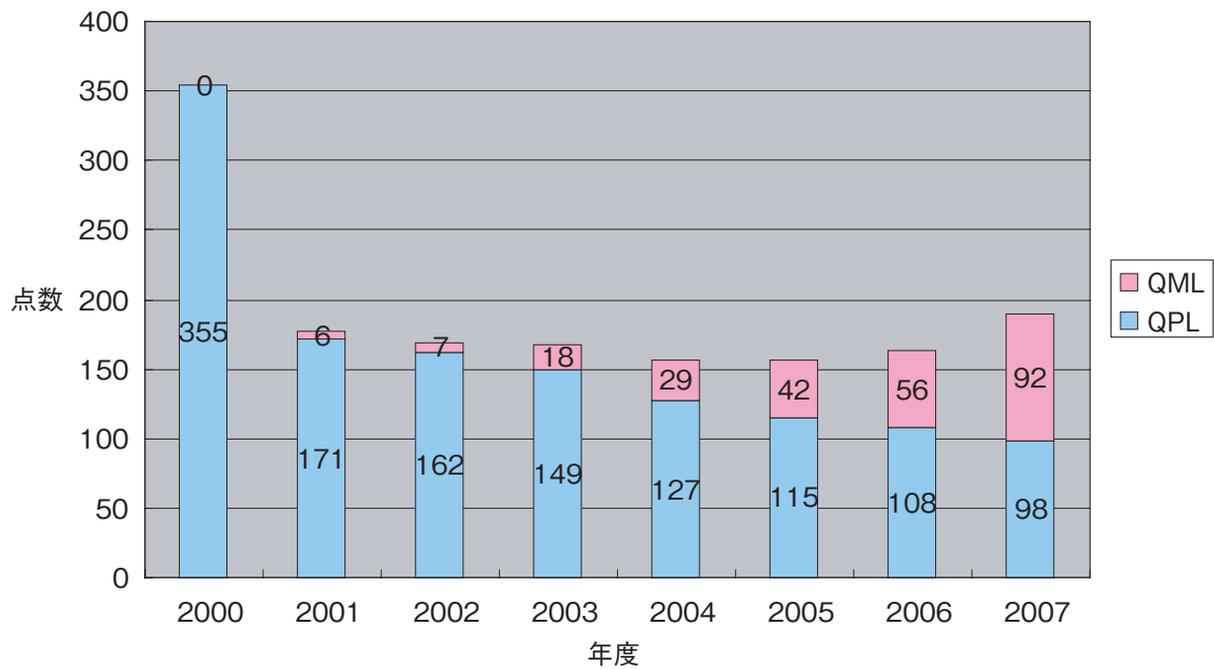


図 4-3 QPL/QML 認定部品点数の推移

4.2 平成18年度活動内容評価結果に対する処置状況

平成18年度の分科会報告書において、勧告1から10、及びその他に関する達成度評価を委員にお願いしその結果を報告した（主な評価結果を表4-1に示す。）

－ 第1期重要部品及び第2期重要部品の開発進捗状況－

表4-1 平成18年度活動内容に対する主な評価結果

(平成18年度 電子部品行科会報告書から抜粋)

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みだである。
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。

この評価結果のうち、改善が求められている事項に対する今年度の活動状況を表4-2に示す。

表 4-2 平成18年度主要評価結果に対する活動状況

勧告	主要評価結果 (改善が求められている事項のみ)	活動状況
1	(1) 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 (2) プロジェクトの枠を超えて体系的に取り組んでいるとは思えない	(1) 部品総合対策において、JAXA 開発戦略部品の原則使用の方針を設定し、了解された。部品プログラム標準の見直し等の中で要求として設定する方向。 (2) JAXA 内に「宇宙用部品総合対策推進会議」を設置し、横通しを図る
2	(1) 進捗が遅い (2) 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	(1) 部品開発の予算シナリオ等については、通常の研究開発のシナリオとは別に設定し、必要な部品開発のスピードアップを図る。 (2) 開発品の目標コストは海外同等品以下。
3	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みだである	海外動向調査も含め体制整備が必要。業界のニーズを再度検討する。
4	(1) 第二期重要部品選定に関する取り組みをもっと推進すべき (2) 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	(1) 新たな部品については ESA との協調体制の中で再整理を行う。 (2) 複数年度にわたる開発等、可能な契約の形態を含め検討する
5	(1) 確実に使用される体制にはなっていない	(1) 勧告 1 と同じ
6	(1) 実装工学は遅れている (2) 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 (3) 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	(1) 高密度実装研究の試作を開始した (2) 基盤技術全般について業界としてロードマップ設定要 (3) 鉛フリー化については RoHS コミュニティ活動を本格化 (安全・信頼性推進部)
7	(1) 体系的に評価技術の研究・開発は実施されていない (2) 積極的に宣伝しているとは思えない	(1) 海外部品のスマート・バイに対する対策を新たに行うことは了解を得た。系統的 DPA の実施等、具体策を推進する。 (2) プロセス診断等の情報の扱いについて検討する。
8	(1) ほとんど進んでいない (2) ビジョンが見られず、また積極的な宣伝も見られない	(1) MEMS プロセス確立中。SiC、GaN 等については扱いを検討 (2) ナノ、SiC、GaN 等については業界の意見集約が必要
9	(1) 若干手薄の感がある (2) 活動内容が見られない	民生部品については「入手性」が最大の課題。別途検討されている委員会活動 (ISO 化、等の検討) に参画し、活用を図る。
10	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	当面 QML 化推進を中心とし、登録制度については必要性を含め再検討する。

5. 重要部品の現状

5.1 第1期重要部品の開発状況

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 第1期重要部品の開発状況

	14FY (2002)	15FY (2003)	16FY (2004)	17FY (2005)	18FY (2006)	19FY (2007)	20FY (2008)	21FY (2009)
(1)200MIPS級 64bit MPU	設計	試作・評価	QT品製造	プレQT	QT	▲認定(3/8)		
(2-1)DC/DC コンバータ	試作・評価	QT品製造			QT	▲認定(6/29)		
(2-2)POL DC/DC コンバータ					開発検討	試作・評価	QT	
(3-1)パワー MOSFET	試作・評価	DC/DC用QT	試作・評価	QT		▲認定(3/16)		
(3-2)パワー MOSFET (500V品、SMD)					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	QT		
(5)FPGA/ASIC					要素試作・評価 (SOI, HBDセル)	部分試作・評価	試作・評価QT	
(6)フォトカプラ		開発検討	受光素子評価		一時中断			
(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年度又は平成18年度に開発を完了し、JAXA認定部品として認定した。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。JAXA認定部品として認定した開発品では、高性能・高信頼性化を図ることを目的として、従来にはない斬新的な設計を取り入れた。

- (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の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2006年3月末に終了したが、開発確認試験項目を構成する内部水蒸気量試験の試験方法について改善を行って再試験を実施し問題なく終了し、2007年6月に QML 認定部品として認定した。今年度は、認定した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り、その1つとして平成18年度から POL (Point of Load) DC/DC コンバータの開発に着手した(外観は図5-1参照)。

平成18年度に民生用 PWM (Pulse Width Modulation) IC を使った BBM の試作評価を実施した。平成19年度は平成18年度の試作評価結果を踏まえ、宇宙用 PWM の試作評価を実施した。

(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。

平成18年度に開発を完了し QML 認定部品として認定したパワー MOSFET 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、100/200/250V 定格のサンプルの開発確認試験を実施し、問題なく終了して JAXA 認定部品として認定した。今年度は、昨年度実施した SMD タイプ及び500V 定格のパワー MOSFET の試作評価結果を反映した開発確認試験用サンプルを製造して開発確認試験を実施し、問題なく終了した。3月末日までに JAXA 認定部品として認定予定である。(概略仕様は表5-2及び表5-3参照。)

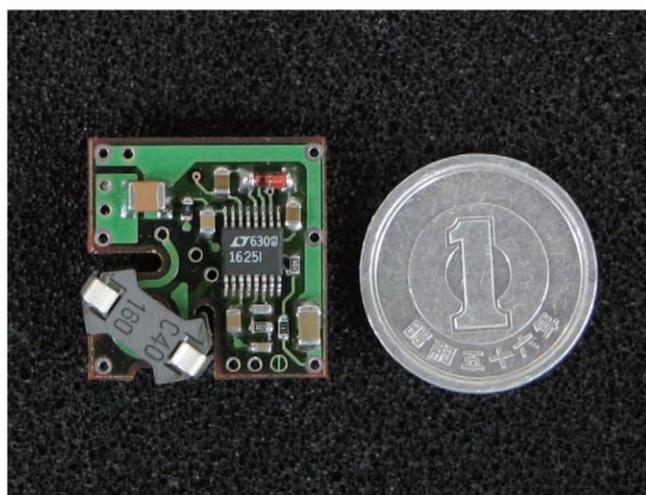


図5-1 POL DC/DC コンバータ外観

－ 第 1 期重要部品及び第 2 期重要部品の開発進捗状況－

表 5-2 パワー MOSFET (TO-254) 概略仕様⁽¹⁾⁽²⁾

Part Number	Package	Chip Size [a. u.]	VDS (V)	VGS (V)	ID (A)	VGS(th) (V)	RDS(on) (mΩ)
2 SK4048	TO-254	1	100	±20	42	2.5~4.5	18
2 SK4049		1 / 2			42		33
2 SK4050		1 / 4			15		69
2 SK4051		1	200		42		33
2 SK4052		1 / 2			33		69
2 SK4053		1 / 4			14		155
2 SK4054		1	250		42		45
2 SK4055		1 / 2			27		98
2 SK4056		1 / 4			12		230
2 SK4185		1	500		23		180
2 SK4186		1 / 2			10		480
2 SK4187		1 / 4			4.5		1150
2 SKxxxx		1	130		42		24
2 SKxxxx		1 / 2			35		46
2 SKxxxx		1 / 4			15		96

注⁽¹⁾ 太字の部分が平成19年度に開発確認試験を実施した部品である。

⁽²⁾ 「2 SKxxxx」は平成20年度以降に開発を計画している部品である。

表 5-3 パワー MOSFET (SMD) 概略仕様

Part Number	Package	Chip Size [a. u.]	VDS (V)	VGS (V)	ID (A)	VGS(th) (V)	RDS(on) (mΩ)
2 SK4152	SMD-2	1	130	±20	42	2.5~4.5	17
2 SK4153	SMD-1	1 / 2			39		39
2 SK4154	SMD-0.5	1 / 4			15		89
2 SK4155	SMD-2	1	200		42		26
2 SK4156	SMD-1	1 / 2			32		62
2 SK4157	SMD-0.5	1 / 4			14		148
2 SK4158	SMD-2	1	250		42		38
2 SK4159	SMD-1	1 / 2			26		91
2 SK4160	SMD-0.5	1 / 4			12		223
2 SK4188	SMD-2	1	500		23		180
2 SK4189	SMD-1	1 / 2			10		480
2 SK4190	SMD-0.5	1 / 4			4.5		1150
2 SK4217	SMD-2	1	100		42		13
2 SK4218	SMD-1	1 / 2			42		28
2 SK4219	SMD-0.5	1 / 4			15		64

(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 9 Mbit 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おり、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。ウェハ試作にあたっては高性能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 5-2 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し問題なく終了した。3 月末日までに JAXA 認定部品として認定予定である。

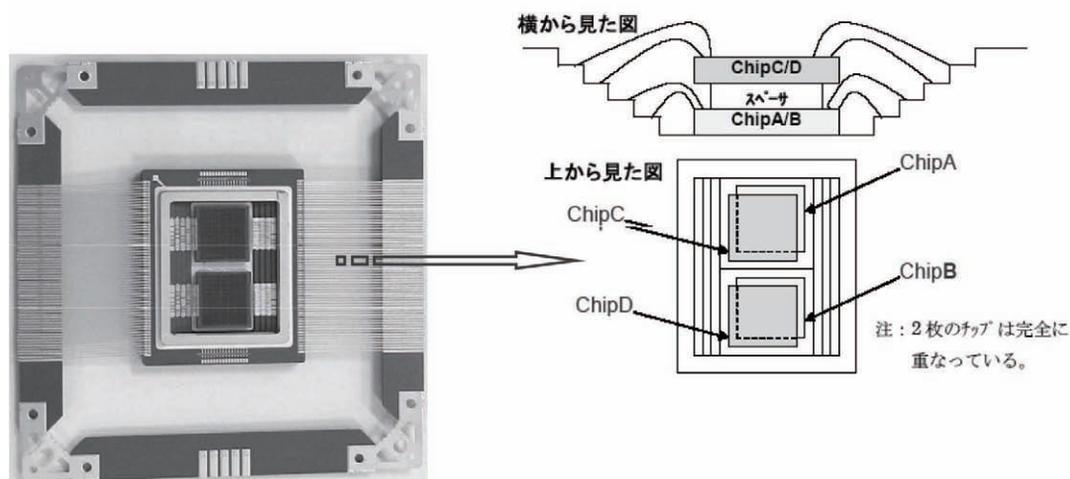


図 5-2 バースト SRAM モジュール構成

－ 第1期重要部品及び第2期重要部品の開発進捗状況－

(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 μm 設計ルールの完全空乏型 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た。FeRAM の回路構成に関しては、図5-3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。

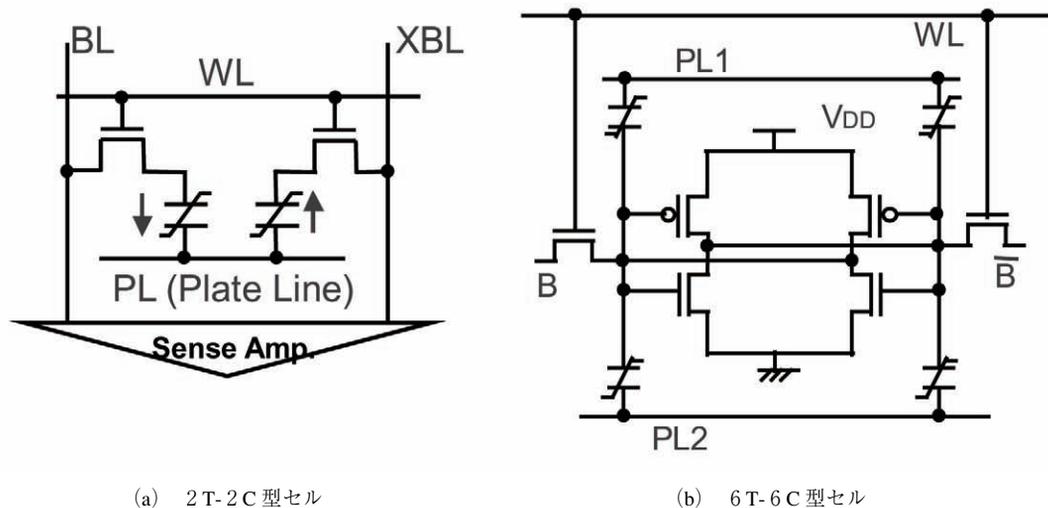


図5-3 FeRAM 回路構成

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

ブ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年度は、SRAMベースFPGAの設計に必要なConfiguration Bit/FreeRAM Cellの試作評価を実施した。

平成20年度は、SRAMベースFPGAの全体設計に着手予定である。

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た状態を継続しており、今年度は選定された4つの部品及び技術の検討に関する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、次の品種について受動部品(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。

- (1) 積層セラミックコンデンサ
- (2) 高性能64bitMPU(200MIPS級64bitMPU)
- (3) パワーMOSFET

今年度は、平成18年度に開発が完了した「DC/DCコンバータ」、今年度に開発を完了した「大容量バーストSRAM」及び「パワーMOSFET(500V品、SMD品)」のQML認定作業を実施した。

第1期重要部品として選定され開発中の「SOI/FPGA」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ている。ESA、CNES及びDLRが開発を担当するアイテムの進捗状況サマリを表6-1、表6-2及び表6-3に示す。

－ 第 1 期重要部品及び第 2 期重要部品の開発進捗状況－

表 6-1 フェーズ1 選定部品進捗状況サマリ (ESA 担当分)

WBS	Activity,		PPL	QPL	Slip
1	STM Frame Contract Direct Negotiation				
1.1	Rad Hard Power MOSFETS family	Activity Ongoing	tbc	tbc	
1.2	Radiation Hardened Line drivers (LVDS31)	Activity Ongoing	4Q2007	1Q2008	
1.3	Radiation Hardened Line Receivers (LVDS32)	Activity Ongoing	4Q2007	1Q2008	
2	ATMEL Frame Contract Direct Negotiation				
2.1	ASIC "High Pin Count" package	Qualification part of the TRP activity	1Q2008	3Q2008	3 months
2.2	RH LEON FT Microprocessor	Activity Ongoing	2Q2008	4Q2008	
2.3	FPGA AT 40KEL280 RT 280 K Gates	Activity Ongoing (CNES)	4Q2007		
2.4	Rad Hard 4Mbit Serial EEPROM	Activity Ongoing (Parallel on hold)	2Q2008	3Q2008	
2.5	10 bit MUX-DAC	Complete			
	Mixed Bag				
3	DC-DC Converters (PWM and MOSFET)				
3.1	Hybrid PWM	Contract in place : ETCA (B)	4Q2007	1Q2008	
3.2	MOSFET drivers	Open Tender	2Q2008	3Q2008	
4	Photodiode- Photovoltaic Sensor (5DP/SB)	Complete : OSI (N)	Available	Available	
5.1	TO5 Relays (T)	Contract in place : Deutsch (F)	4Q2007	1Q2008	
5.2	TO5 Relays (TL)	TL to follow evaluation of the T Relay	1Q2008	2Q2008	6 Months
6	Fuse (P600L)	Complete : Schiurter (CH)	Available	Available	
7	Hybrid double balance mixers (MD124/149)	Contract in place CTM (F)	4Q2007	n.a	1 month
8	European Schottky Diode (MA4ST520D-186)	Contract in Place UMS (F)	1Q2008	2Q2008	3 months
9	Cascadable Amplifier (A74-1)	Contract in place CTM (F)	4Q2007	n.a	1 month
10	Phased lock loop PLL (PE 9601)	Contract in place Paregrine (F)	4Q2007	1Q2008	2 months
11	Optocoupler (4N49)	Contract placed with ISOCOM (UK)	tbc	tbc	
12	1553 Bus Interface	Contract in place EADS Astrium (F)	4Q2007	1Q2008	
13	MMIC (128/129)	Contract placed with OMMIC (F)	4Q2007	n.a	
14	Microcircuit (Image Reject Mixer IMF-29)	Contract in place CTM (F)	2Q2008	4Q2008	6 months

表 6-2 フェーズ1 選定部品進捗状況サマリ (CNES 担当分)

Dev #	Line	Chan	Main Perfo BDVSS / Ron	First ST R H Commercial	Package	Main performances BDVSS / Ron / Qgate	ST Rad Hard designation	IR Rad Hard Reference	Main performances BDVSS / Ron / Qgate
1	HG6F	N	60V / 25mOhm	RH6N30SY3	SMD0.5	60V / 30mOhm / 50nC	STRH40N6SY3	IRHNJ57034	60V / 30mOhm / 45nC
2	HG6K	N	60V / 12mOhm	RH6N12FSY3	TO254AA	60V / 12mOhm / 155nC	STRH100N6FSY3	IRHM57064	60V / 12mOhm / 160nC
3	HG0C	N	100V / 160mOhm	RH10N160STF3	TO39	100V / 160mOhm / 25nC	STRH8N10STF3	IRHF7130	100V / 180mOhm / 50nC
		N			TO39			IRHF57130	100V / 80mOhm / 50nC
		N			SMD0.5			IRHNJ67130	100V / 42mOhm / 35nC
4	HG0K	N	100V 24mOhm	RH10N24FSY3	TO254AA	100V / 24mOhm / 180nC	STRH100N10FSY3	IRHMS67160	100V / 11 mOhm / 165nC
5	HN25	N	200V / 200mOhm	----	SMD0.5	200V / 200mOhm / 50	STRH13N20FSY3	IRHNJ57230	200V / 200mOhm / 50nC
6	HN2S	N	200V / 34mOhm	RH20N34FSY3	TO254AA	200V / 44mOhm / 180nC	STRH60N20FSY3	IRHMS67260	200V / 29mOhm / 240nC
7	HNB2	N	250V / 580mOhm	----	TO257AA	250V / 550mOhm / 30nC	STRH10N25ESY3	IRHY57234CMSE	250V / 410mOhm / 28nC
8	HNB8	N	250V / 70mOhm	----	TO254AA	250V / 70mOhm / 220nC	STRH40N25FSY3	IRHM57264SE	250V / 66mOhm / 165nC
9	HP6H	P	60V / 50mOhm	----	TO254AA	60V / 50mOhm / 150nC	STRH50P6FSY3	IRHM9064	60V / 50mOhm / 300nC
10	HP6M	P	60V / 18mOhm	----	TO254AA	60V / 18mOhm / 320nC	STRH80P6FSY3	IRHMS597064	60V / 16mOhm / 160nC
11	HP0D	P	100V / 280mOhm	----	TO257	100V / 300mOhm / 40nC	STRH12P10ESY3	IRHY9130CM	100V / 300mOhm / 45nC
12	HP0J	P	100V / 70mOhm	RH10P70FSY3	TO254AA	100V / 60mOhm / 192nC	STRH40P10FSY3	IRHM9160	100V / 73mOhm / 290nC
		P			TO254AA			IRHMS597160	100V / 50mOhm / 170nC
13	HP23	P	200V / 500mOhm	----	SMD0.5		STRH8P20SY3	IRHNJ597230	200V / 505mOhm / 40nC
14	HP2M	P	200V / 100mOhm	RH20P100FSY3	TO254AA	200V / 100mOhm / 260nC	STRH30P20FSY3	IRHMS597260	200V / 103mOhm / 175nC

表 6-3 フェーズ1 選定部品進捗状況サマリ (DLR 担当分)

Activities	Status	Budget / T€	Remarks
Detailed Analysis of Radiation Damages, PowerMOSFET (2nd study)	running	786	Further investigation on irradiated samples finalized: PCM test structures and process flow change concept developed. Mask set available since 9/07, first wafer run since mid of September, first test structures end of October, MOSFET Devices in December 2007. End of project May 2008
PowerMOSFET Redesign + Qualification	planned	tbc	Depends on the detailed analysis
Quartzes and Oscillators	running	674	Test on design samples finalized. Minor problems with start up performance. Start of Evaluation tests delayed to 11/2007 Line Survey for Oscillators expected for 01/08 End of project scheduled March 2008 (mid of 2008)
ATH Specifications	finished	98	Set of specifications available (8 of 9) General comments received and discussed at 30th PSWG, ESA counterproposal under evaluation
Assembly u. Test House	running	993	Preparation of PID and Capability Domain description in progress. ATH Capability Approval for assembly process discussed at 30th PSWG, not supported by ESA, but requested by national users. End of project Dec 2009

表 6-3 フェーズ1 選定部品進捗状況サマリ (DLR 担当分) (続き)

Activities	Status	Budget / T€	Remarks
Qualification Shunt Resistors	running	250	Qualification tests finalized. Final report in preparation EPPL entry open (scheduled for Issue 12, turn of the year) End of project Oct 2007
Commercial Power MOSFETs, Radiation Characterization	running	220	Total Dose tests finished. SEE test parts selected and test plan prepared SEE-Test will be finished in 11/2007. Final report expected for 12/2007 End of project Nov 2007
GaN 1000 V Switching Transistor	running	2000	Project launched July 2007 Current Step: Investigation of several design options (feasibility study) End of project Dec 2010
MMIC Local Oscillator	running	476	Project launched September 2007 Next Step: Investigation of several design options (feasibility study) End of project April 2009
Commercial ICs, Radiation Characterization	post-poned	800 (tbc)	Start in 2008

－第1期重要部品及び第2期重要部品の開発進捗状況－

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、平成17年度に第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 クラス品のサンプルを平成18年度から提供して相互評価を実施している。

6.2 部品分野での協力関係の構築

6.2.1 SCSB（Space Components Steering Board）

2006年10月25日に開催された第13回SCSBからオブザーバとして参加しており、今年度は次の月日にSCSBが開催された。

- (1) 第15回：2007年4月25日
- (2) 第16回：2007年7月11日
- (3) 第17回：2007年10月18日
- (4) 第18回：2008年2月28日

第16回SCSBにおいて、重要部品として開発を完了したパワー MOSFETを例に宇宙用部品の輸出に適用される「外国為替及び外国貿易法」の概要を紹介した。

第17回SCSB会議後、ESAが保有する不具合情報データベースをJAXAが閲覧することに関する討議を実施した。

第18回SCSBにおいて、JAXAが開発中及び開発を完了した重要部品の概要を紹介するとともに、会議後、ESA-JAXA協定の一環で計画している共有データベースに関する討議を実施した。

6.2.2 宇宙用部品分野における協力に関する協定

欧州も日本と同様に、宇宙用部品の安定供給の一環としてESA加盟各国による宇宙開発用部品の開発に注力しており、6.2.1項に記載したとおりフェーズ1及びフェーズ2の2段階に分けて開発を実施している。しかしながら、ESA加盟各国のみでは全ての宇宙開発用部品の開発着手は予算上の制約及び開発完了部品の維持に必要な状態が欧州市場のみでは対応できないため、平成18年度に欧州から宇宙開発用部品の共同開発に関する打診があり、SOI／FPGAについて共同で開発を実施している。

この、共同開発を加速させるとともに、今後日欧の宇宙用部品分野における協力を確固たるものとするため、次の目的を達成するために2007年6月19日にJAXA-ESA部品協力協定として正式に締結した。

- (1) 宇宙用部品の入手性、応用及び標準化に関する情報交換及び共同調査を実施すること。
- (2) 戦略的に重要な宇宙用部品について、ESA 及び JAXA 内で進行中及び新規に開発を行うものに関して、重複を避けかつ安定供給に資するための共同ワークプランを設定すること。
- (3) 宇宙用部品の適切な産業化を図り、その生産能力の維持を目的として共同歩調をとること。

今年度はステアリングコミッティを2回（第1回：2007年10月26日／第2回：2008年1月24日）に開催し、ステアリングコミッティの下に次のワーキンググループ（WG）を設置することとした。

- (1) WG1：技術的事項（部品の開発等を中心に協調。サブグループとして鉛フリー化関連、標準化活動を含む）
- (2) WG2：ポリシー、輸出規制関連等、マネジメントに係る作業

7. 体系的・組織的活動への取り組み及び状況

昨年度の分科会で提示した今後の方針である「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」ことについて、今年度の取り組み及び状況を次に示す。

7.1 鉛フリーコミュニティ

7.1.1 動向調査や評価試験内容の事前検討

平成19年度に設置する「鉛フリー等 RoHS 問題検討コミュニティ」で議論するために必要な動向調査や評価試験内容を事前に検討するため、平成18年度後半に「RoHS 問題コミュニティ準備委員会」が設置され検討が行われた。その結果は次の通りである。

- (1) 短期的視野で、鉛共晶はんだを継続して使用し、入手不可等の状況でやむを得ず鉛フリー等の RoHS 対応部品を使用する際の対応策（技術面、管理面）を検討する。
 - (a) 混載実装について調査し、評価項目／方法並びに対策の検討
 - (b) 部品／材料鉛フリー化動向の調査
 - (c) Sn-Pb はんだによる HSD の調査
- (2) 長期的視野で、RoHS 対応品（鉛フリー対応品）を使用した鉛フリー化への完全対応を図る際の必要な対応策（技術面、管理面）を検討する。
 - (a) 鉛フリー部品／材料の実装関連検討
 - (b) 対環境性・信頼性評価方法の検討及び基準化／文書化
- (3) 鉛以外の RoHS 指令特定規制物質に対し、継続調査を実施し、その必要性に応じて対応策（技術面、管理面）を検討する。
 - (a) カドミウム／6 価クロム関係の調査継続

7.1.2 コミュニティ活動状況

「RoHS 問題コミュニティ準備委員会」での検討結果を受け、平成19年度からコミュニティ活動を開始した。このコミュニティでは鉛フリー化等の RoHS 対応品に関わる課題を明確にした上で検討し、情報の共有化を実施するとともに、図7-1に示すように RoHS 問題を検討するための中心的な役割を担う JAXA 等のコアメンバーと、検討を行う際に適宜必要に応じて参画するメンバーとで構成され、RoHS 問題の情報の収集、共有化、発信を目的としている。

第12回分科会においてコミュニティ活動状況を報告し、図7-2に示す5つのカテゴリに分割して進めている。

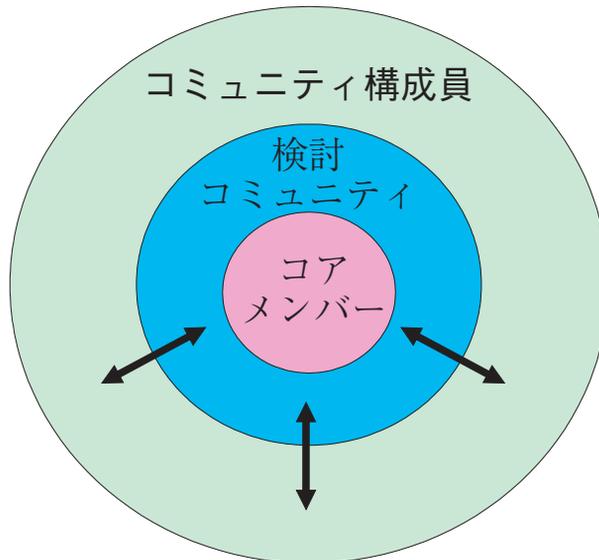


図7-1 コミュニティの概念図

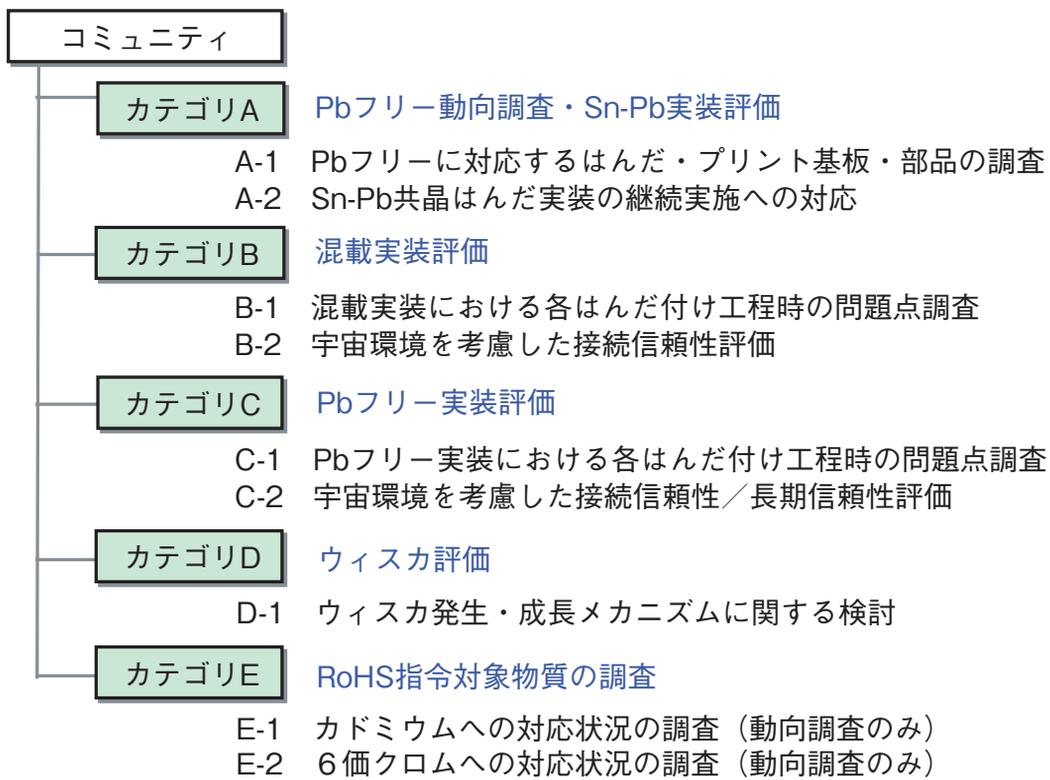


図7-2 コミュニティの構成と作業内容

7.2 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3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6回（平成19年6月4日開催）

(a) 部品ユーザからの情報（不具合、調達上の問題など）

- (b) 部品メーカーからの情報（不具合、調達上の問題など）
 - (c) JAXA プロジェクトからの情報
 - (d) SPWG（5月開催）報告
 - (e) G12/11（5月開催）報告
 - (f) 重要部品の認定進捗状況
 - (g) 重要部品の開発状況について
 - (h) QPL/QML 部品認定管理
 - (i) 海外部品情報
 - (j) 行事紹介
- (2) 第7回（平成19年10月12日開催）
- (a) 部品ユーザからの情報（不具合、調達上の問題など）
 - (b) JAXA プロジェクトからの情報
 - (c) G12/11（9月開催）報告
 - (d) 重要部品の認定進捗状況
 - (e) QPL/QML 部品認定状況
 - (f) 評価試験状況
 - (g) 海外部品情報
 - (h) 仕様書レビュー仕組みの立上げ ー提案ー
 - (i) 行事紹介
- (3) 第8回（平成20年1月29日開催）
- (a) 部品ユーザからの情報（不具合、調達上の問題など）
 - (b) G12/11（1月開催）報告
 - (c) 開発状況
 - (d) QPL/QML 部品認定状況
 - (e) 海外部品情報
 - (f) JAXA-QTS 仕様書レビューの仕組みについて
 - (g) 行事紹介
 - (h) 平成20年度開催予定

7.3 プロジェクト承認部品データベース

平成17年度に構築し、平成18年度から公開して運用中のプロジェクト承認部品データベース（PAPDB：Project Approved Parts Database）は、デモンストレーションを通じてユーザであるシステムメーカー及びJAXA 宇宙利用本部へ利便性をアピールし利用を推進している（PAPDB トップページは図7-3参照）。また、利用に先駆けてユーザのテストランを依頼し、テストランにて提案を受けた改善事項を逐次反映して利便性の向上を図っている。PAPDBはセキュリティを考慮してあらかじめ登録されたユーザにのみ閲覧可能とし、またユーザの区分に応じてPAPDBに登録された情報の閲覧範囲を決めている。

－ 第 1 期重要部品及び第 2 期重要部品の開発進捗状況－

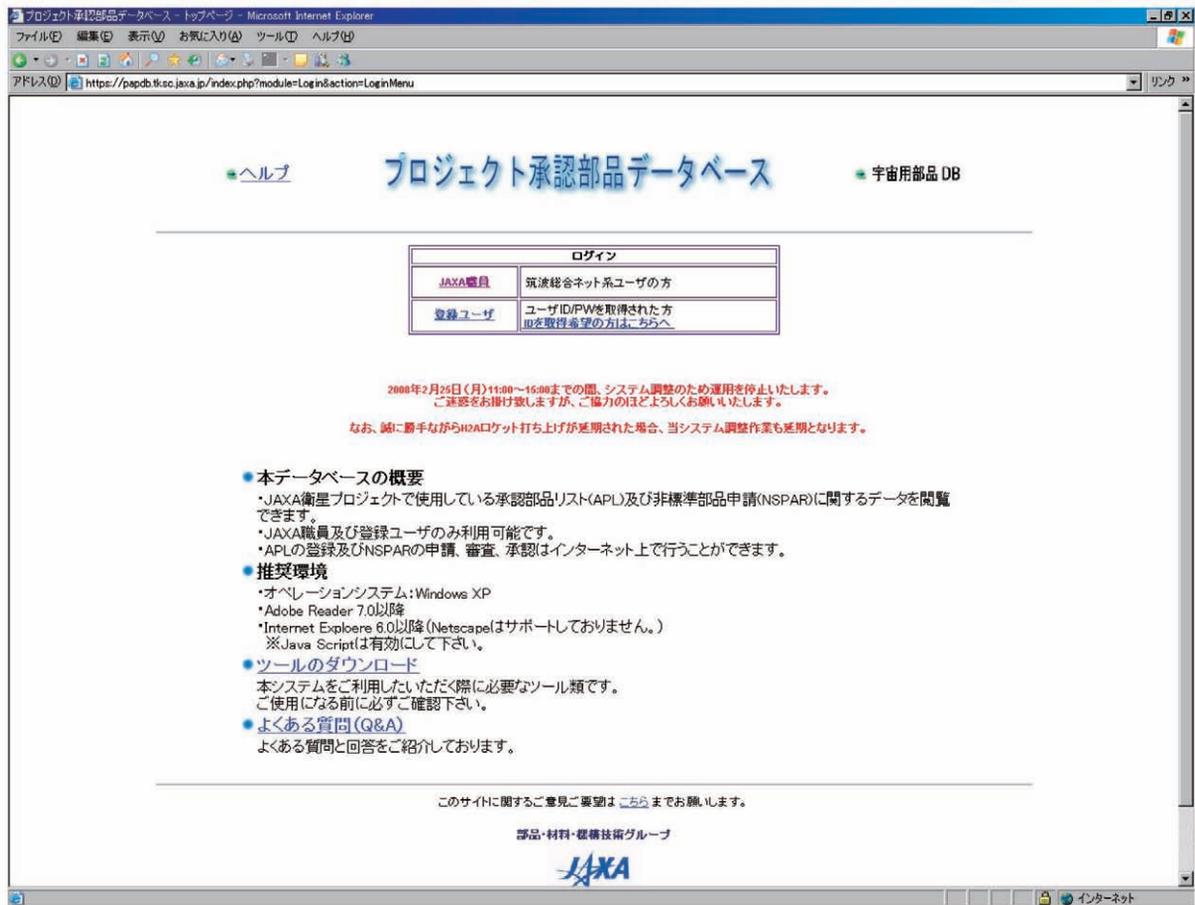


図 7-3 PJPDB トップページ

8. 活動結果の評価と今後の課題

8.1 活動結果の評価

第13回の分科会において、分科会委員から今年度の分科会活動結果に対する評価を意見として寄せて頂いた。分科会委員各位の意見を宇宙用部品技術委員会の勧告 1 から10、及びその他全般に分類した結果を次に示す。

(1) 勧告 1 関連

- ・「部品の視点ではなく、プロジェクトやプログラムの視点で考えるべし」との発言があったが、プロジェクトが少なく、利用も少ないのも事実である。ある程度「部品の視点でもキチンとしたものを作る」という土台があって世界に打って出ても良いのではないか。「こんな部品があったら」がスタートでも良いと思う。
- ・国内でも供給基盤の強化などが ALL JAPAN として進められている。ALL JAPAN としてどのような動きか、その中で JAXA がどのように動くのか何を決めるのかに関連し、うまく繋げることが必要ではないか。
- ・課題はプロジェクトの部品選定と総合技術研究本部の役割を適切に詰めないと「部品を開発してもプロジェクトで採用されない」状況が続くのではないか。これは部品メーカーにも責任の一端、すなわち部品メーカーの提案がうまくプロジェクトに伝わっていないと感じている。部品技術のバリエーション、部品会社のバリエーション、宇宙のバリエーションなど情報交換を密にすることで対応したいし、自社としては民生用部品をベースに提案したい。数量、価格についても JAXA とより協議してブレイクスルーできるやり方を見つ

けたい。

(2) 勧告 2 関連

- ・軍需と宇宙との境界がなかなか見えないが、日本としてどのように関わるべきかも議論したい。

(3) 勧告 3 関連

- ・RoHS はコミュニティが立ち上がりキャッチアップされつつあるが、部品ごとに沢山の解がある。着実な実施を望む。
- ・（希望する）電子部品の検索に大きな労力がかかる。プロジェクト承認部品データベースに、回路設計に利用できるエキスパートシステムを組み込んだらよいのではないか。例えばあるトランジスタを選択したとき、その性能や外形が出力できれば便利である。利便性を持ったデータベースにしてほしい。

(4) 勧告 4 関連

- ・部品メーカーの立場から「こういう部品がある」と提案してもなかなか採用されない。視点を変えるのは重要であり当然である。宇宙用は開発期間が長いので見直しの仕組みがあると思うが外からは見えにくい。

(5) 勧告 5 関連

- ・日本の宇宙プロジェクトは多岐にわたるので相当苦労している。これも時間がかかるようなので部品選定に対する強制力又はそれに代わるものが必要ではないかと感じている。
- ・部品の戦略は上位とプロジェクト単体の戦略がずれるため、（開発した部品が）使用されない理由となる。またプロジェクトの戦略はコストにも大きく左右される。今後双方が同じ立場に立てればよいと考える。

(6) 勧告 6 関連

- ・実装・材料・接合技術面から見た場合、「実装技術は遅れている」との指摘があり悲しいが「生産量に合わせて最適化する」のが実装技術である。その上で RoHS 対応では問題発生時にどのように対応するか、実装技術、配線、解析技術を含め上流から下流全部を見て最適化を図るべきである。

一方、実装用設備はなかなか導入できない。というのも宇宙用は20年前に導入した設備をメンテナンスしつつ使用しており、例えばセミオートボンダはもはや日本製、米国製がない。設備自身の陳腐化によって製品が製造できなくなる。民生用は月産数十万個である一方、宇宙用は数十個で規模が違うことを考慮してほしい。

ユーザがどのような実装を求めているかは調査する必要があるものの、特段の要求はないと感じている。宇宙用として求められている実装を整理し、その上で進むべき方向を決めてはどうか。

- ・宇宙分野の市場がいわばニッチ領域である。既存技術の展開による効率化を図るが宇宙用に特化する部分がある。大学と協力して深められれば良いと考えている。

(7) 勧告 7 関連

- ・今年度は「海外部品・コンポーネントのガイドライン」などが活動しているが、海外部品の品質及び納期間問題について、問題が発生した時に敏捷性のある活動を期待する。発生時迅速に対応出来る予算が組まれるとよいと思う。

(8) 勧告 8 関連

- ・MEMS、ナノテクについてもかなり先の技術であり実現化はまだだと思うので、地に足をつけた取り組み、例えば大学との共同研究を進めてはどうか。
- ・ワイドバンドギャップについて、米国は材料面からも進んでいるので取り込んではどうか。ロードマップを見えるような形でアナウンスすれば進めやすいし議論も深まると思う。可視化して欲しい。

(9) 勧告 9 関連

- ・民生用部品は適切な利用に関して進められる方策がほしい。ロケット／実用衛星／技術試験衛星など一本化してはどうかという意見もあったが、これをやると余りにもいろいろな意見が出て大変である。数年前から

－ 第1期重要部品及び第2期重要部品の開発進捗状況－

活動しているが結果は芳しくない。

- ・ 部品メーカーとして「宇宙用に民生用部品を使用する」にあたり、「ユーザ責任で使う」の一言だけでは提供できない。様々な取り決めが必要だが実態は進んでいない。
- ・ 民生用部品は価格競争に常に晒されており、使用材料も日進月歩で変わっておりキャッチアップが必要である。
- ・ 民生用部品の使用にあたり打開策が必要であり、ユーザの声を聞くことが活動のベースとなる。このような場所でお話を伺い、それを聞いて対応を考えたい。

(10) 勧告10関連

- ・ ここ3年間の間に自動車用コンデンサを活用してJAXA認定を取得した。QPLからQML化した事によりメーカーの負担も軽くなり良かった。

(11) その他

- ・ ESAとの協業が大きく進んでおり今後期待が持てる。
- ・ JAXAが頑張ってESAと協力協定を締結したことに関連し、ESAは組織的に対応する一方、JAXAは一枚看板でALL JAPANとしての動きが物足りない。規則類の文書について（ESAより）少し遅れているように感じる。ESAは体系立てて展開しており、（JAXAも）全体（ALL JAPAN）として活動すべきである。
- ・ ESAとの協力は好ましいと思う。評価した。
- ・ ESAとの連携は10年前と比べると考え方が違ってきている。
- ・ この分科会に参加し有益な情報を入手させていただいた。
- ・ ここ2～3年（電子部品に関する議論が）盛り上がっているような感触である。
- ・ 電子部品に対する活動は活発だと思う。電子部品分科会は年2回だが、その他の活動も入れるとかなり活発にやっていると思う。次年度以降も期待できる。
- ・ 昨年あたりのロケット打ち上げ失敗から部品に対する見方が変わってきた。このような良い風（部品に着目する雰囲気）のとき、打ち上げが順調になるとまた風向きが変わることを心配する。一気にここの活動を活発化し成果を見せる事ができるような形にしたい。
- ・ 10項目の勧告それぞれに対する最終目標をどこに設定しどのように達成するのかを見えるようにし、それを一つのテーマとして審議する方法もある。
- ・ 最初、訳のわからない状態（宇宙用部品の現状を十分に把握できていない状態）で参加した。意見交換の場として勉強させていただき認識の場として良かった。
- ・ 部品は現在着目され注力されるようになったこと、そしてESAとの協力は良いことであり、この分科会の場による情報交換は評価されるべきである。
- ・ 日本の宇宙が目指す部品に対する仕組みとして、このような委員会は必要であり、JAXAのみならず組織的に対応できる。一方、民生用部品については課題もある。

日本の開発全体として、どのような部品が困っているかをこの場で提起し議論すべきではないか。

8.2 部品技術委員会活動とJAXA宇宙用部品総合対策との関連

8.2.1 概要

平成20年1月16日、第13回分科会において、JAXAから「宇宙用部品総合対策（宇宙用部品総合対策検討チーム）」の総合的な施策方針が報告された。JAXAの「宇宙用部品総合対策」は、大部分が宇宙用部品技術委員会において継続的に討議されてきた内容が数多く反映されている。その意味で宇宙用部品技術委員会活動の内容がJAXA全体の重要な位置付けの文書に盛り込まれたことは、基盤技術である宇宙用部品の重要性がJAXA全体として再確認された重要な出来事であると考えられる。

ここでは、宇宙用部品技術委員会／電子部品分科会で行われてきた活動とJAXAの宇宙用部品総合対策との

関連について記述し、部品総合対策に反映された事項、されなかった事項、勧告事項には入っていないが反映された重要な事項について、その内容の確認と全体の整理を行う。

8.2.2 部品技術委員会の勧告事項と宇宙用部品総合対策

宇宙用部品技術委員会は、JAXA 理事長に10項目の勧告を行うと同時に、随時その活動内容を確認し、その後の状況のモニタを継続している。その結果、現時点においても重要な課題としての位置付けは変わっていない。以下、順番に勧告事項と「宇宙用部品総合対策」との関連について述べる。

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

宇宙用部品総合対策8章のまとめにおいて、下記のような事項が盛り込まれている。

- (1) 司令塔・事務局組織の強化。
- (2) 必要資金の確保。
- (3) 全 JAXA（経営層、部品利用組織／開発組織）の強固かつ継続的なコミットメント及びモニタ。

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。

宇宙用部品総合対策2章の達成すべきゴールにおいて、下記のような事項が盛り込まれている。

- (1) 「宇宙用部品の安定的確保とは（達成すべきゴール）」として、JAXA ないし日本の企業が、「自在な宇宙活動」を行うことができる。
- (2) 必要な部品を、必要な時に、適切な価格で入手できる状態が持続的に維持されること。

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。

宇宙用部品総合対策5章の具体的な部品対策(3)において、下記のような事項が盛り込まれている。

- (1) スマート・バイ促進の事項で、技術情報の収集、分析、活用を充実する必要がある。
- (2) 現地品質管理会社や国際協力のチャンネルを活用した情報収集ルートの確保。
- (3) 部品例、汎用トランジスタ、ダイオード。

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－

宇宙用部品総合対策5章の具体的な部品対策(1)において、下記のような事項が盛り込まれている。

- (1) 選定された部品を JAXA の部品開発計画に取り込み確実に開発する。
- (2) 製品価格は同等輸入部品相当以下を目標とする。(使われる部品の開発)
- (3) 部品例、MPU、メモリ、ASIC。

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。

宇宙用部品総合対策6章の実施体制/しくみにおいて、下記のような事項が盛り込まれている。

- (1) 開発した部品を原則使用するしくみ
 - ・戦略部品として開発した部品の JAXA プロジェクトの使用。
 - ・欧州と分担して開発した部品の JAXA プロジェクトへの使用。

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6は宇宙用部品総合対策に触れられていない。

この勧告は、宇宙用部品を支える基盤技術であり、総合技術研究本部の重要な研究業務として取り組んで活動を行っている。放射線については独立行政法人日本原子力研究開発機構、独立行政法人理化学研究所などと幅広い技術交流を行いながら進めている。このため宇宙用部品総合対策に反映されていなくとも支障のある事項ではないが、より研究を促進するよう勧告されたものとして JAXA は取り組んでいる。

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。

宇宙用部品総合対策5章の具体的な部品対策(3)において、下記のような事項が盛り込まれている。

- (1) 米国から輸入せざるを得ない汎用半導体部品等で高い品質を確保するために、調達の基本手順を明確化し、技術情報の収集、分析、活用を充実する。
- (2) 部品例、汎用トランジスタ、ダイオード。

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。

宇宙用部品総合対策5章の具体的な部品対策(5)において、次のような事項が盛り込まれている。

- (1) 先行的技術開発（ブレイクスルーを目指す部品）を行い、革新的な技術開発に取り組む。
- (2) 現状技術を凌駕する高い目標に向けた研究開発の継続的实施。
- (3) 部品例、MEMS。

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9は宇宙用部品総合対策には触れられていない。

この勧告は、宇宙用部品を支える基盤技術であり、総合研究本部の重要な本来業務として取り組んでいる。この勧告は、耐宇宙環境性の試験方法、評価方法の重要性を勧告するものであり、JAXAは積極的に人工衛星を使った宇宙環境計測を実施している。加えて、「つばさ」のように電子部品の宇宙実証ミッションに特定した実験の成果も地上評価手法のシステムの向上に大きく貢献している。このため宇宙用部品総合対策に反映されていなくとも支障のある事項ではないが、より研究を促進するよう勧告されたものとしてJAXAは取り組んでいる。

ただし、宇宙実証の重要性については、現状SDS-1の宇宙実証計画があるものの、その後の継続的実証機会は未だ目処が立っていないことが課題として残っている。

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。

勧告10は宇宙用部品総合対策に触れられていない。

この勧告は、宇宙用部品を支える基盤技術であり、総合技術研究本部の重要な本来業務として取り組んでいる。従来のQPL部品認定制度から、QML認定方式に移行を促進している。QML方式は、部品製造メーカーの負担が軽くなることからコスト低減と品種の増大が期待されている。電子部品では、近年急速にQML部品の登録が増加しており、QML化促進の活動は進みつつある。このため宇宙用部品総合対策に反映されていなくとも支障のある事項ではない。

8.2.3 勧告事項に入っていない重要事項と宇宙用部品総合対策

- (1) セカンドソースの確保（3項 具体的な部品対策2）

部品技術委員会では、リソースの制約から、全ての宇宙用部品の国産化は困難であることを前提として検討を進めてきた。言葉を変えればある比率の部品は海外輸入部品に依存せざるを得ないことを前提に検討を進めている。

従来実施してきた検討結果として、国内で製造体制を維持できない宇宙用部品については、自在性を損なわない範囲の部品入手方法を確立することが優先事項である。この点、ITARの制約がない欧州部品は自在性確保に適していると判断され、積極的に推進すべきとしている。これらの意見は5章(2)セカンドソースの確保（欧州との相互補完部品）の記述として反映されている。

- (2) 汎用受動部品の維持（3章 具体的な部品対策4）

JAXAの認定部品では、汎用受動部品は現在も安定的に部品供給されている。宇宙用部品技術委員会の課題として表向き比較的小さい課題となっている。しかしながら、部品製造メーカーからの意見を聴くと、部品生産ラインの維持が困難、設備の老朽化が著しい、宇宙用部品製造のための技術者の維持が困難など底辺に

－ 第1期重要部品及び第2期重要部品の開発進捗状況－

大きな課題があることがクローズアップされている。

この点で、部品供給を続ける努力をしている汎用受動部品の問題の根を除去する工夫が必要であると指摘されてきた。これらの活動については、5章(4)汎用受動部品の維持（即時性・柔軟性確保に必要な部品）の対策の中に、「受動部品の維持は・・・部品プログラムの一環として体系的に実施する」と記述されており、部品技術委員会の意見は十分に反映されている。

8.3 今後の課題

今年度の分科会は JAXA 総合技術研究本部が主体となって重要部品の選定及び開発、欧州との部品関連に関する協力の実施を中心に進めてきた。

一方、宇宙用部品総合対策検討チームにより、宇宙用部品の安定的確保を真に実効的に実現するための総合的な対策として体系的に取りまとめられ、今後の宇宙用部品技術委員会の位置付け、役割について検討された。

分科会としても、宇宙用部品技術委員会の勧告1から10に対する実施結果、評価結果、問題点などを引き継ぎ、新たに位置づけられた宇宙用部品技術委員会の役割に基づき定められるこの分科会の役割に従って再編成の上、課題を解決するための方策の検討、実行、評価及び改善について提言する必要がある。

9. おわりに

平成19年度の電子部品技術分科会は、第1回を2007年6月12日、第2回を2008年1月16日に開催し、限られた時間ではあったが重要部品開発の進捗状況、海外との連携／欧州との協力関係の構築等について有益な議論が行えた。また、RoHS対策としての鉛フリーコミュニティ活動状況についての報告や、JAXA内外の状況の報告、宇宙用部品総合対策の報告等を行った。宇宙用部品技術委員会の勧告については、その進捗状況及び評価結果に対する処置状況をフォローした。

重要部品については、第1期重要部品について、DC/DCコンバータの認定を完了するとともに、パワー MOS FET 及びバースト SRAM の認定試験を実施、3月末に認定予定となっている。また、POL DC/DCコンバータの試作評価、FPGAの部分試作・評価を実施した。特にFPGAはフランスとの協力のもとSRAMベースで試作評価を実施し、平成20年度に全体設計に着手予定である。第2期重要部品については、予算の制約等により開発ベースのスローダウンを余儀なくされたが、今後は、必要な予算を確保したうえで新たな推進が図られることを期待する。

宇宙用電子部品の抱える課題に対する対策の一つとして、欧州との協力関係が推進されて、認定部品や相互に貢献できる部品等に関する情報の交換、宇宙用部品の開発における協力等がおこなわれている。2007年6月19日にはJAXA-ESA部品協力が締結された。

今後は、新しく設定された宇宙用部品総合対策のもとで、体系的に宇宙用部品の安定的確保を目指した活動が推進されることになる。電子部品についても重要部品の開発、部品の品質の確保、調達性の改善等について検討を進めていくことで、その一翼を担っていくことが期待される。

機構部品・材料分科会 平成19年度報告書

平成20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	55
1.1 はじめに	55
1.2 活動概要	55
第2章 第1期重要部品の開発	55
2.1 推薬弁	55
2.1.1 開発状況	55
2.1.2 今後の予定	56
2.2 減速歯車	56
2.2.1 開発状況	56
2.2.2 今後の予定	57
第3章 第2期重要部品の開発	58
3.1 スリップリング	58
3.1.1 開発状況	58
3.2 低衝撃保持解放機構	59
3.2.1 開発状況	59
3.2.2 今後の予定	60
第4章 WG 活動	60
4.1 宇宙トライボロジー	60
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	62
第6章 結言	64
付録1 トライボロジーWG「ハードルを越える技術」,「技術の維持」の提言	

第1章 概要

1.1 はじめに

平成18年度の分科会としては、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。

平成19年度の分科会としては、第一期および第二期重要部品開発が順調に進んでいることより、前年度に提唱したワーキンググループとして「宇宙トライボロジー WG」を設置し、宇宙トライボロジー技術について議論した。また、新規 WG の項目についても議論した。その他、宇宙用部品技術委員会の勧告事項の進捗状況、活動結果について議論した。

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、非常に活発で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

今年度の活動結果は次の通りである。

- (1) 第1期重要部品の残り2品目（20N 推薬弁及び減速歯車）は平成19年度中に開発を完了した。
- (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、計画通り開発を進めた。
- (3) 機構・潤滑分野および材料分野の技術ロードマップ案を検討した。

第2章 第1期重要部品の開発

2.1 推薬弁

2.1.1 開発状況

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

本年度は、認定試験用供試体3式による認定試験を実施した。平成20年1月時点において、基本性能確認、機械環境試験、高温/低温時の作動確認を含めたサイクル作動寿命試験、温度サイクル試験までを成功裏に終えている。（全 QT 供試体に対して、総計100万サイクル作動を達成）

図2-1に認定試験のセットアップ状況を示す。

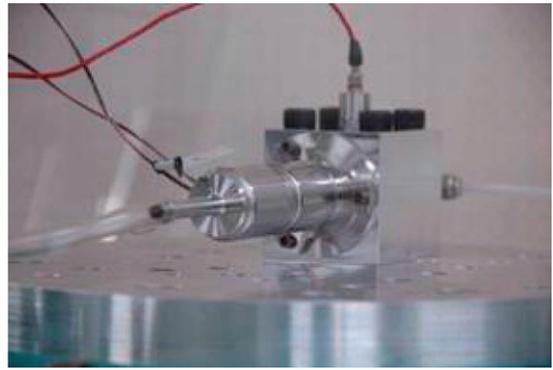
現在、認定試験の最終フェーズとなる破壊圧力試験、破壊物理解析（DPA：Destructive Physical Analysis）を完了した。



(a) QT 供試体



(b) ランダム振動試験



(c) 衝撃試験



(d) サイクル作動寿命試験

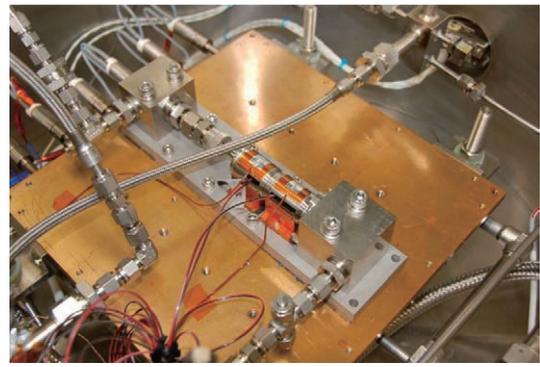


図 2-1 20N 級推進弁 認定試験セットアップ

2.1.2 今後の予定

20N 級推進弁は、認定試験後審査／開発完了審査会を平成20年3月に実施予定であり、TRL 6 達成を確認する計画である。本開発の完了により、衛星推進系の姿勢制御スラスタ向け推進弁は、全て国内調達が可能となる。また今後、スラスタの噴射試験に供することで、アクチュエータとしての地上総合検証を実施する計画としている。

2.2 減速歯車

2.2.1 開発状況

減速歯車は、一般的にはハーモニック・ドライブ・ギヤーと呼ばれている歯車であり、国内メーカーが、NASA 火星探査車など海外のプロジェクトにも部品を供給している。これまでの国産減速歯車は、固体潤滑処理を行った製品が太陽電池パドル駆動機構や JEM ロボットアーム関節部などに使用されてきた。現在では高性能で比較的安価な液体潤滑（真空用グリース）が入手可能であることから、高価な固体潤滑処理を切り替えることが可能となってきた。本開発では、特に、真空中での試験評価事例が少ないことから寿命データの取得を目的として取組んだ。

開発は、長期使用タイプと軽量タイプの2種類を選定し平成15年度より着手した。

長期使用タイプは、平成19年7月に認定試験後審査会／完了審査会を実施した。

軽量タイプは、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い、2月に認定試験後審査会／完了審査会を実施し完了した。

図 2-2 に長期使用タイプと軽量タイプの外観を示す。

図 2-3 に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。

図2-4に真空中寿命試験結果を示す。

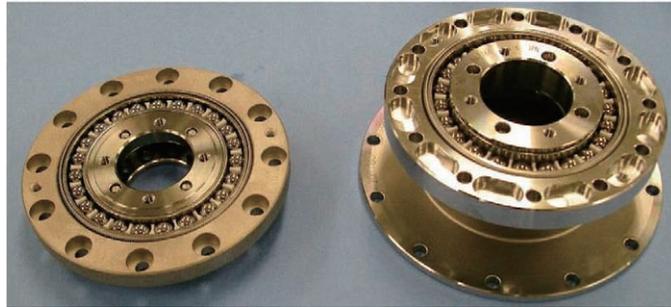


図2-2 軽量タイプ、長期使用タイプ減速歯車

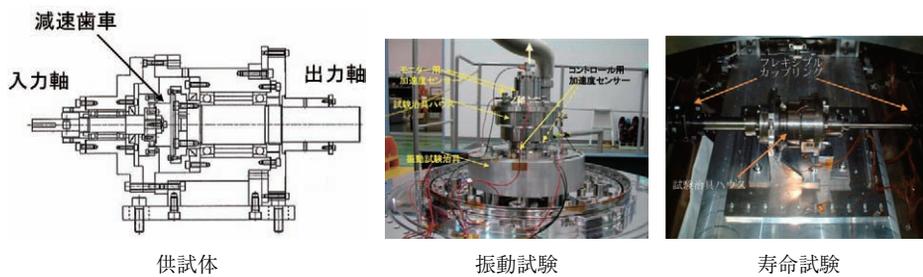


図2-3 供試体、振動試験及び寿命試験のコンフィギュレーション

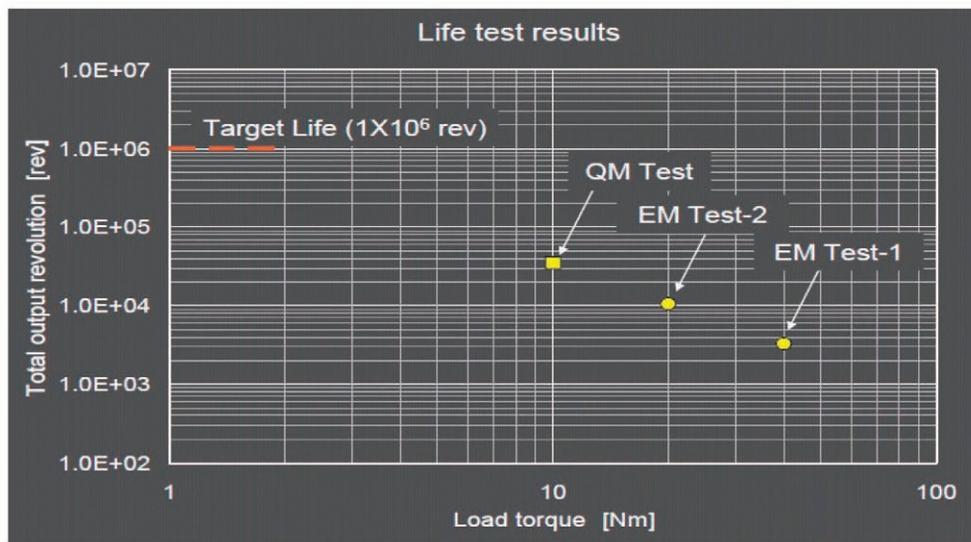
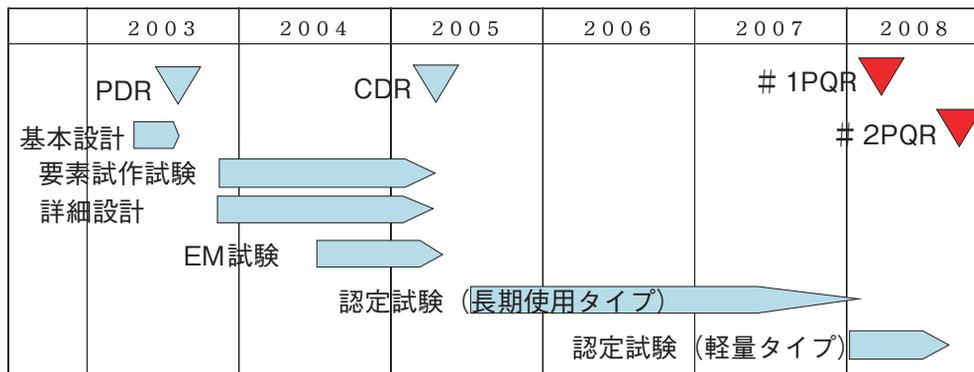


図2-4 長期使用タイプ寿命試験結果

2.2.2 今後の予定

開発は、平成20年2月の認定試験後審査会/完了審査会を持って終了した。
 今後は、開発の成果を適用データシートとして取りまとめ、コンポーネント類登録制度に従いJAXA ホームページに登録し公開する。これまでの開発スケジュールを表2-1に示す。

表 2-1 減速歯車の開発スケジュール



- ・基本設計審査会 :平成15年 9月26日、筑波宇宙センター
- ・詳細設計審査会 :平成17年 4月28日、筑波宇宙センター
- ・長期使用タイプ認定試験後審査会/完了審査 :平成19年 7月24日、筑波宇宙センター
- ・軽量タイプ認定試験後審査会/完了審査:平成20年 2月28日、筑波宇宙センター

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 開発状況

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。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、平成19年度にはリング/ブラシ材料の選定を目的とした事前確認試験、ブラシ押付け力などの詳細な設計パラメータ確定を目的とした特性評価試験を経て、寿命試験を行った。

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。

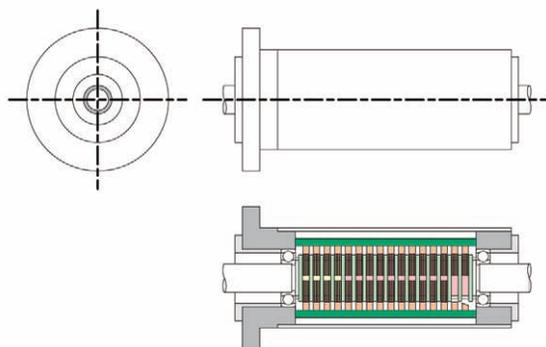


図 3-1 新型スリップリング概念図

表 3-1 新型スリップリング開発仕様(案)

方式	マルチワイヤブラシ型
抵抗値	500mΩ 以下
抵抗ノイズ	15mΩ 以下
駆動トルク	0.025Nm 以下
質量	500g 以下
寿命	106サイクル以上

－ 第 1 期重要部品及び第 2 期重要部品の開発進捗状況－

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 ▽		CDR ▽			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 供試体の事前確認試験及び特性評価試験			←→	←→						
5 供試体の寿命試験					←→					
6 EMの設計					←→					
7 EMの製作						←→				
8 EMの開発試験						←→	←→			
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

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低衝撃保持解放機構により低減することで、機器搭載可能エリアが拡大し、結果として衛星の小型軽量化に寄与することができる。また、開発のポイントは、高信頼性、コスト競争力、使いやすさ（運用性）、分離機構の独自性である。

開発は平成18年度に着手し、今年度は、品質機能展開（QFD）により技術要求を見直し設計仕様を確定した。また、EM 試作試験を行い低衝撃化達成の目処を得た。更に、製造工程レビューや詳細設計審査会を経て認定試験供試体の製作を行った。

表 3-3 に開発仕様案、図 3-2 に EM 供試体の外観、図 3-3 に振動試験、図 3-4 に温度試験、図 3-5 に分離試験の状況を示す。

表 3-3 開発仕様案

方式	ボールネジ+分離ナット
保持荷重	10kN 以下
発生衝撃	100Gsrs 以下
動作時間	100ms 以下



図 3-2 EM 供試体



図 3-3 振動試験



図 3-4 温度試験

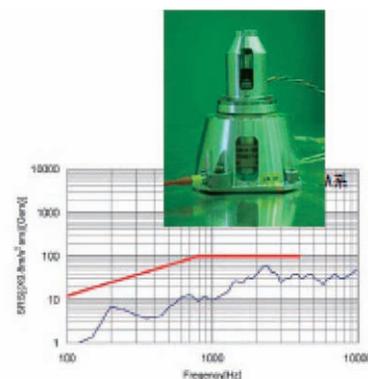


図 3-5 分離試験

3.2.2 今後の予定

本年度は、詳細設計を完了し、次年度は、認定試験を行い完了する計画となっている。また、高信頼性を検証するための評価試験を提案している。また、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スケジュールを図3-6に示す。

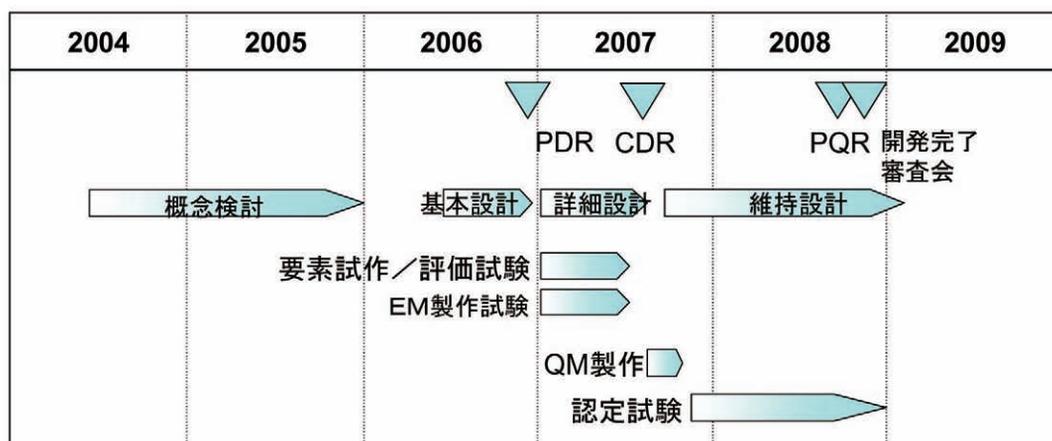


図3-6 低衝撃保持解放機構の開発スケジュール

- ・基本設計審査会 :平成19年2月26日、筑波宇宙センター
- ・詳細設計審査会 :平成19年12月20日、筑波宇宙センター

第4章 WG 活動

4.1 宇宙トライボロジー

(1) 昨年度の活動経緯

宇宙トライボロジー WG は、平成18年9月25日の第11回機構部品・材料分科会で設置が決められた。より詳細な議論が出来るように少人数の専門家メンバーで構成し、検討結果を適宜分科会に報告し、分科会での全体議論の種とすることを目的とした。

昨年度は、まず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、自由形式で回答するアンケートを実施し、その結果を踏まえて第1回 WG 会合を平成19年1月17日に開催した。自由討論の結果、

- ・ハードル（技術課題）を越えること
- ・確立した技術を維持すること

という2つの側面から、宇宙トライボロジー分野で緊急度が高い課題を整理してみることで合意された。

なお、昨年度の活動の詳細は、平成18年度部品技術委員会活動報告（研究開発資料 JAXA-SP-06-024）を参照されたい。

(2) 第1回 WG 会合（メール審議）

本年度は、昨年度の検討を受け、まずメールベースで WG 委員から「ハードルを越える技術」、「技術の維持」について提案をしていただいた。提案内容を付録1に示す。以下は、提案の概要である。

(a) 「ハードルを越える技術」

*ホイール軸受

多くの委員が 「ハードルを越える技術」に取り上げた。

－ 第1期重要部品及び第2期重要部品の開発進捗状況－

- ・職人芸の世界から、潤滑メカニズムを把握する研究を行った成果を踏まえて課題を解決する等の取り組みが必要である。
 - ・信頼性向上、性能向上、低コスト化という切り口で、ハードルを越えるための具体的かつ詳細な課題の提案があった。
 - ・高速化、低擾乱化の実現へ向けた取り組みを行う必要がある。
 - ・20年レベルの寿命の実時間確認が望ましい。
 - ・将来的に、リテーナ材・オイルの国産化が望ましい。
- * スリップリング**
- ・高速回転センサー用の長寿命（1億～10億 rev）、低ノイズ（10mΩ）スリップリング。
 - ・太陽電池パドル用、センサー用の金合金系スリップリング。
 - ・スリップリングの摩耗メカニズムの解明と寿命予測。
- * 高温用潤滑要素、潤滑剤**
- ・水星探査用など200℃以上で常時使用可能な長寿命潤滑の実現。
- * 月・惑星探査を目指した潤滑要素、潤滑剤**
- ・ローバ用アクチュエータ（ハーモニックドライブ）の高トルク化、長寿命化
 - ・耐環境性の砂塵シール
 - ・耐高温、低温環境の潤滑要素、潤滑剤
- * 減速歯車（ハーモニックドライブ）**
- ・耐焼付き性が高く、繰り返し曲げに強い固体潤滑・表面処理
 - ・疲労強度、耐焼付き性が高い材料、潤滑性能の良い低蒸気圧潤滑剤
- * その他の潤滑要素**
- ・ポテンショメータ：長寿命（1億～10億 rev）
 - ・軸受：トルク増大後の延命、予防のためのトルク微小変化の検知
 - ・推薬弁の耐焼付き性定量評価法
- * 高分子潤滑油、固体潤滑膜の技術ベース確立に向けた基礎研究**
- ・寿命に及ぼす種々の環境因子、材料因子の把握
- (b) 「技術の維持」
- * 技術・データの維持**
- ・既開発の現状の設計技術、製造技術を確実に維持する必要がある
 - ・現状の実力データ、寿命データを把握するため、長期寿命評価、加速試験などにより継続的にデータを取得する基礎研究が必要
- * 技術を維持するための方策**
- ・課題はリソース不足（人材、マンパワー、資金）
 - ・若手の育成が必要
 - ・定常的に発注し、雇用を確保
 - ・誇りを持って仕事ができる表彰制度
 - ・宇宙機構技術士などの国家資格などの制定
- (3) 第2回 WG 会合
- 各委員の提案内容を踏まえ、ハードルを越える技術の中で緊急度が高い宇宙トライボロジー技術について具体的な議論を実施した。議論の概要は以下の通り。

*ホイール

- ・現状ホイールでは、短期的には耐機械環境性向上や軸受の歩留まり向上などの課題は残っているものの、解決に向かって収束しつつある状況。中、長期的には、寿命データの蓄積、低コスト化が課題である。
- ・今回、種々の問題を克服した経験を、確実に技術として維持することが重要。
ハードルを越えた技術は、維持すべき技術でもある。維持活動は、ホイールメーカ、軸受メーカ、JAXAが協力しなければならない。
- ・長期的な観点で、基礎研究は継続して行う必要がある。保持器インスタビリティの恒久的対策、微量油潤滑のメカニズムや、微量油潤滑に適した表面とは物理的・化学的にどのような表面かというアプローチが必要。評価法の研究も必要。
- ・より高速で長寿命のホイールの要求が想定される。高速軸受の研究を進める必要がある。
- ・基礎研究は、メーカではなかなかできない。JAXAに期待する。
- ・メカの部分がキーであり、メカが専門の技術者が中心となって研究を進めるのが適している。

*スリップリング

- ・開発中の金合金系リング／ブラシは、アクチュエータをターゲットとしているが、この技術の延長線上で太陽電池パドル駆動機構用は何とか行けるのではないか。
- ・高速回転センサー用の長寿命（1億～10億 rev）スリップリングは、金合金系で到達できない可能性もあり、見通しを得るために基礎研究レベルに着手すべきではないか。

*月・惑星探査等の過酷環境

- ・水星探査機の高温、月のローバなどでは、寿命要求などはまだ明確でないが、過酷環境を想定した基礎レベルの研究をおこなう必要がある。
- ・ローバに使用されるハーモニックドライブは、今後、確実に長寿命が要求されるので、既に進めている真空中での潤滑メカニズムの研究を進展させ、長寿命化研究を進めるのがよい。
- ・レゴリス（月の砂塵）に関しては、ごく基礎的な摩擦摩耗やシールの研究が始められているので、継続して基礎レベルの研究を進めるのがよい。

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

勧告事項に対し、平成19年度は以下の通り活動を行った。

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。

- *プロジェクトの枠を越えて体系的に取り組むために、宇宙用部品総合対策が承認され、安全・信頼性推進部を事務局とした宇宙用部品総合対策推進会議が発足することとなった。（勧告1）

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。

－ 第1期重要部品及び第2期重要部品の開発進捗状況－

- * “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”の観点から選択した重要部品の開発を着実に進め、部品の維持・発展に努めた。(勧告2)

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。

- * 評価技術、基盤技術については、センサー用軸受の寿命試験、フライホイール用軸受の保持器安定性の解析／評価、減速歯車の寿命試験、熱制御材の耐宇宙環境性評価など、技術蓄積を進めた。また、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)

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4品目、第2期重要部品2品目の開発を進め、開発を完了した角度検出器は複数のプロジェクトに採用された。また、遮断弁、減速歯車についても内外のユーザへ公開するために部品登録作業を進めている。(勧告4)

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。

- * 確実に使用される仕組みについては、「プロジェクトが開発した部品を原則使用する。」ことを施策とした宇宙用部品総合対策が承認された。(勧告5)

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。

- * 機構部品の基盤技術については、軸受、液体潤滑、固体潤滑に関して、東京工業大学、佐賀大学及び日本工業大学との共同研究を進めると共に減速歯車、スリップリング、低衝撃保持解放機構などの重要部品開発を通じて技術力の強化を図った。(勧告6)

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。

- * 評価技術については、軸受の寿命試験、高速軸受の保持器の解析／評価、減速歯車の寿命試験、熱制御材の

耐宇宙環境性評価などの活動を通じて、評価方法の向上に努めた。(勧告7)

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。

* ミッションロードマップを踏まえ、先端的な部品（フロンティア部品）を含め、機構・潤滑分野、材料分野について技術ロードマップの検討を進めている。また、昨年度に引き続き、宇宙トライボロジーWGで将来必要となる技術について検討を行った。(勧告8)

勧告9：

民生用部品を宇宙機に適用するためには、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。

* 宇宙実証については、過去の分科会で、重要バス機器や大型展開構造物については有効であるが、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適切との整理を行った。一方、ユーザーの理解を得るために、小型衛星による宇宙実証の提案も行った。なお、機構部品をミッション機器として宇宙実証するためには、コンポーネントレベルの搭載実験装置を新たに開発する必要がある。(勧告9)

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。

* JAXA 総研で制定されたコンポーネント登録制度に開発した重要部品の登録を進めている。なお、登録制度については、要求事項やファミリー部品の扱いについて緩和すべきとの意見があった。(勧告10)

第6章 結言

委員会活動は、昨年に増し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。これらの活動の結果として JAXA 内に宇宙用部品総合対策の推進体制が設置されつつあり、実質的な体制強化が考えられている。本分科会は設置されて6年が経過しているが、問題点の洗い出しが出来た程度であり、未だ難問が山積みされているのが現状である。宇宙用部品総合対策の推進体制により一層の問題解決への加速を実施し、宇宙用機構部品・材料の発展・向上に期待する。

トライボロジー WG 「ハードルを越える技術」, 「技術の維持」 の提言

[A 委員]

1. 緊急度の高い「ハードルを越える技術」

(1) ホイール用玉軸受の信頼性確保

ホイール用玉軸受のハードル：低い摩擦トルクを安定に保つ技術がまだ確立しておらず、いまだに職人芸の世界。

アクションアイテム＝解決すべき課題への取り組み

摩擦トルクに及ぼす影響因子の相互作用の明確化とそれらの因子が及ぼす影響度の定量化、すなわち、多体動力学（シミュレーション）におけるトライボ要素解析の精度向上

アイテム1：油量と与圧の関係を定量的に明らかにする

アイテム2：潤滑油の循環メカニズムを解明する

アイテム3：軸受転走面上の油膜厚さのモニタリングシステムを衛星に搭載可能に小型軽量化する。

(2) スリップリングの寿命予測

スリップリングのハードル：スリップリングの摩擦のメカニズムおよび摩擦量予測がまだ未知

アイテム1：摩擦率を低いまま変化しない条件を見出し、摩擦率の予測精度を向上させる。

アイテム2：摩擦のメカニズムを解明

(3) 推薬弁しゅう動部の耐焼付き性定量的評価法の確立

推薬弁のハードル：一般に焼付きのメカニズムは現在も諸説あって定説がない状態であるため、しゅう動部の耐焼付き性を定量的に評価する方法が確立していない。

アイテム1：推薬弁しゅう動部に限定して、焼付きのメカニズムを確定し、材料の選定基準を作成する。

アイテム2：焼付きのメカニズムに基づいて推薬弁しゅう動部の耐焼付き性定量的評価法の確立する。

(4) 打ち上げに対する各機器の固定法の基準確立？

固定法のハードル：打ち上げ時の振動によって生じるトライボ要素接触部の影響が明らかになっておらず、明確な固定基準がない？

アイテム：各機器接触部の接触面圧分布に及ぼす固定法の影響を明らかにする。

2. 「技術の維持」について

(1) 表彰など：表彰や機器に技能者の名前を刻印するなど、名前が残るようにする。

(2) 雇用の確保：人件費分の定常的発注を行う。

[B 委員]

1. 緊急度の高い「ハードルを越える技術」

(1) 人工衛星姿勢制御系のリアクションホイール（RWA）の（サイズ変更を伴わずに）高トルク化要求を実現するための軸受／ロータの高速回転化

→現状6000rpm程度に対して10000rpm以上

→軸受、潤滑剤（添加剤）の改良

(2) RWAの低擾乱化

→ロストルク変動0.0001Nm以下？

- リテーナインスタビリティ、オイルジョグ発生頻度を極力抑える
- 軸受、リテーナの改良
- (3) 水星磁気圏探査機 (MMO: Mercury Magnetospheric Orbiter) 等の高温環境耐性が要求される観測衛星搭載機構コンポーネントの潤滑要素、潤滑剤
 - 200℃以上で常時使用可能
 - 摩擦損失変動の少ない長寿命な高温固体潤滑剤
 (水星大気はナトリウムを主成分とするので金属ナトリウム、同系イオン性液体は使用不可? 他に適当な液体潤滑剤は?)
 - Ex) 4秒周期でスピンする衛星の地球指向アンテナ駆動機構
 - 電場・磁場計測用のワイヤアンテナ (15m級)、磁場計測用マスト (5m級) の伸展機構
- (4) 電波観測センサ用の長寿命、低ノイズのスリップリング
 - $1 * 10E8$ 回転以上、出来れば $1 * 10E9$ 回転以上の回転寿命
 - $10m\Omega$ 以下 (100kHz) のダイナミックノイズ

2. 「技術の維持」について

- (1) トライボロジー単独ではパイが少ないので、せめて宇宙機構技術士、宇宙機構技能士を国家資格として制定し、JAXA、大学、メーカーの優秀な研究者、技術者、技能者を指導員に認定し、メーカー、JAXAの当該分野の技術者、技能者にそこでの講習 (座学、演習) 受講を義務付ける。
 - そのための人的、設備リソースは国 (経産省/文科省等) が負担?

[C委員]

1. 緊急性の高い「ハードルを越える技術」

- (1) ホイール用軸受 (ジャイロ用軸受も同様)
 - a) 歩留向上 (100%)
 - b) 耐機械環境性向上 (共振点ノッチ無し)
 - c) 寿命の確認 (20年)
 - d) 高速化 (~9,000rpm)
 - e) 低コスト化 (定量目標は控える)
 - f) 低擾乱化 (定量目標は下名では不明)
 - g) リテーナ材国産化
 - h) オイル国産化
 - i) 軸受鋼の使用
- (2) スリップリング
 - a) 太陽電池パドル駆動機構用金合金系リング/ブラシ (3万~20万 rev)
 - b) センサ用金合金系リング/ブラシ (100万~1,000万 rev)
 - c) 高速回転センサ用リング/ブラシ (1億~10億 rev)
- (3) ローバー用アクチュエータ (ハーモニックギア)
 - a) 高負荷長寿命化 (出力軸100万 rev@民生品定格トルクレベル)
 - b) 耐環境性シール
 - c) 高温環境動作
 - d) オイル (グリース基油) 国産化、低温低粘度化

－ 第1期重要部品及び第2期重要部品の開発進捗状況－

- e) 軸受鋼の使用、低コスト化
- (4) ポテンシオメータ
 - a) 長寿命化（1億～10億 rev）
- (5) ビスコスタンパ、振動アイソレータ
 - a) シール、低摩擦トルク、脱気
- (6) 軸受
 - a) 軌道上寿命の延伸（トルク増大後の延命、トルク微小変化の検知による予防）
 - b) 数日周期のトルク脈動対策
- (7) 螺子
 - a) 強度区分とマイクロイールド
 - b) 完全脱脂螺子のトルクと軸力

2. 「技術の維持」

- (1) 維持すべき技術
 - a) ホイール用軸受のリテーナインスタビリティ抑制技術を含む現状の設計、製造技術
 - b) 一般軸受の現状の設計、製造技術
 - c) 固体潤滑の現状の設計、製造技術
 - d) ハーモニックギア、ポテンシオメータ、アクチュエータ等の現状の設計、製造技術
 - e) レゾルバの現状の設計、製造技術
 - f) 各種寿命データベース
 - g) etc
- (2) 維持するための工夫
 - a) 予算獲得の理由、シナリオを全員参加で知恵を出し、考える。
 - b) JAXA 標準部品をどんどん増やす。
 - c) この設計と製造ならこれだけは持つと、JAXA 殿が判断できるだけのデータベースを JAXA 殿自身で持つ。
メーカーは自身で持てるデータベースは持っているが、ないものは JAXA 殿に頼りたくなる。
 - d) 予算が少なくても JAXA 殿データベースに自主的に参加できる枠組みを作る。

[D 委員]

1. ハードルを超える技術

ホイール（CMGを含む）用玉軸受に関連したハードルを下表にまとめました。（緊急性は、各欄の番号順、アルファベット順に書きました。又ハードルは、ホイール等の微量潤滑の軸受では、転がり疲れ寿命以前に潤滑トラブルが起きることが多いことに注目しました。）

大ハードル	中ハードル	ハードルを超えるための技術	技術内容
1. 信頼性向上	1) 保持器インスタ ビリティのロバ スト性向上	①保持器デザイン	a. 案内方式、案内形状、ポケット形状、加工方法等の研究
		②保持器材料	a. 綿ベースフェノール材の最適仕様決め（国産化） b. 多孔質ポリーミド材評価
	2) 微量潤滑技術	①微量潤滑油に適したレース面加工	a. 真実粗さと油膜厚さ b. 油保持の良いレース面
		②保持器材料	a. 1) の②保持器材料に同じ
		③保持器デザイン	a. 1) の①保持器デザインに同じ
		④洗浄技術	a. 洗浄剤と洗浄方法 b. 洗浄表面の化学的評価
		⑤潤滑油	a. 潤滑特性評価
	3) 長寿命化	①ヘルスマニタリング	a. 潤滑状態（油膜厚さ）の高感度センシング方法（AM 変調方式等） b. 軸受け地上試験の効率化に使用利用、小型で信頼性を上げ給油システムと組み合わせ実機に搭載する。
		②給油システム	a. 高精度計量液体供給システム（PZT アクチュエータのようなインクジェット技術の利用）
	2. 性能向上	1) 低擾乱	①金属部品の寸法精度
②保持器デザイン			
③軸受け組込み精度			
④微量潤滑技術			
2) 低トルク		①微量潤滑技術	1の2) 微量潤滑技術に同じ
3) 高速化		①微量潤滑技術	1の2) 微量潤滑技術に同じ
		②給油システム	1の3) の②給油システムに同じ
4) 動作温度範囲拡大		①潤滑油	a. 高低温潤滑特性評価
	②保持器デザイン	a. 1) の①保持器デザインに同じ	
3. 低コスト化	1) 必要な要求事項のクライテリアの設定	①部品寸法精度と性能の関係を把握する	a. 寸法精度と擾乱 b. 寸法精度と寿命 c. 保持器寸法精度とインスタビリティ
		②必要な検査項目、試験項目の確立	a. 検査結果、試験結果と性能の関係をデータで評価する。

－ 第1期重要部品及び第2期重要部品の開発進捗状況－

2. 技術の維持

1) 今まで、海外技術を活用した開発が多く、独自技術が育ちやすい環境でなかった（低コストで早い開発要求）、又独自技術を育てるには資金が不足していたのではないか。

しかし1項のような独自技術確立のための研究テーマを実際に達成しようとするに人材とマンパワーが必要となり、技術の維持／向上につながるものと思います。問題は費用でしょうか。

[E 委員]

1. ハードルを超える技術

波動歯車装置（ハーモニックドライブ 以下 HD）を中心に検討いたしました。

● HD の効率は焼き付きが生ずるまでは、無潤滑時が最も高い（粘性抵抗が無いため）。効率向上は装置全体の軽量化に大きく寄与する。また、超低温、高温の環境下では、液体潤滑は期待できない。

以上から焼き付き寿命を要求寿命まで延ばす、固体潤滑、表面処理技術が望まれる。

さらに表面処理技術では、HD の場合、曲げ変形をする部材があり、繰り返し曲げに強いものが望まれる。

● 疲労強度が高く焼き付きの無い材料開発。または材料組み合わせ技術

● 潤滑性能が一般潤滑剤並みの低蒸気圧潤滑剤。潤滑性能が一般潤滑剤並みであれば許容負荷容量が上げられ、装置の小型化に貢献する。

2. 技術の維持

現状潤滑技術の実力のデータ蓄積。特に実使用条件での長期評価と加速試験の妥当性確認試験問題は一企業では、人的および物理的費用の確保がまったく困難。

[F 委員]

宇宙トライボロジーの「ハードルを超える技術」について

姿勢制御機器用軸受は、真空や不活性ガス下での低トルク・低擾乱が求められ、推薬弁の摺動部や支持軸受は、極低温での高面圧・耐焼き付き性が求められており、これらの条件は、民生機器の使用条件を超えた宇宙機器特有のものである。これらのトライボロジー環境に適合する潤滑材、構造材に関して、従来のものだけでなく革新的な材料も含めた基礎トライボロジーの研究が先行してなされる必要がある。例えば、次のようなテーマが産官学共同で JAXA 殿主導で実施される事が希望される。

つまり、今後、宇宙探査機器やより高度な制御機器の開発が始まるだろうが、その時、利用できる技術ベース（“技術の引き出し”）を作る基礎研究を直ぐに開始する事が望まれる。特に、革新技術、民生で先行した有望な新技術を宇宙に自信を持って応用する素地を作る必要があると考えます。

(1) 高分子潤滑油の寿命に対する環境・材料の影響――

- ・ 高分子潤滑油
- ・ 材料：耐蝕軸受鋼、表面硬化耐蝕鋼、セラミックス、軸受鋼など。
- ・ 環境・雰囲気；大気、N₂ ガス、炭酸ガス、真空、温度、レゴリスなどのコンタミ
- ・ 耐摩耗性被膜の影響

(2) 固体潤滑膜の寿命に対する環境・材料の影響――

- ・ 固体潤滑剤
- ・ 材料：耐蝕軸受鋼、表面硬化耐蝕鋼、セラミックス、軸受鋼など。
- ・ 環境・雰囲気；大気、N₂ ガス、炭酸ガス、真空、温度、レゴリスなどのコンタミ
- ・ 耐摩耗性被膜の影響

[G 委員]

1. ハードルを越える技術

(1) ホイール用液体潤滑玉軸受

- ・保持器インスタビリティ対策：シミュレーションの精度向上，保持器の改良（摩擦部の形状，材質）など
- ・長寿命：潤滑メカニズム（油移動など）の解明，潤滑油補給法など
- ・信頼性向上とコスト低下対策：軸受の限界性能（摩擦，寿命など）把握し，性能要求を適正化することによる信頼性向上・コスト低下

(2) 月探査を目指したトライボロジー

- ・極低温～極高温環境への対策：熱膨張・収縮に対応したトライボ要素設計，固体潤滑剤・潤滑法の評価・選定
- ・レゴリス（月の砂塵）対策：トライボ要素へのレゴリスの影響の見極め

2. 技術の維持

(1) 人材育成

- ・宇宙トライボロジーへの若手の勧誘：魅力あるテーマの設定，採用枠の確保（きわめて難しい）（マイクロ衛星を対象とした小型高速固体潤滑軸受，その場生成酸化潤滑膜などは魅力あるテーマとなり得るか？）
- ・周辺の宇宙技術者（特に若手）へのトライボロジー知識の普及：口コミ，講習会？（効果的な方法を思いつかない）

(2) 技術・データの維持・蓄積

- ・データの継続的取得，メカニズム解明のための基礎的・基盤的研究の持続的な遂行（近年，特に予算が得にくくなってきた）
- ・体系的なデータ蓄積，技術の見える化：ハンドブック，データ集など誰もが利用できる形で残し，定期的に改訂増補する（適切な人材，資金・マンパワーなどリソース不足．言うは易く行うは難し）