

衛星ミッションサクセス“BMS100.00%”活動による衛星の品質向上と連続打ち上げ成功

森 康* 金井典子**
 中原雅一** 新田道英**
 安田真之**

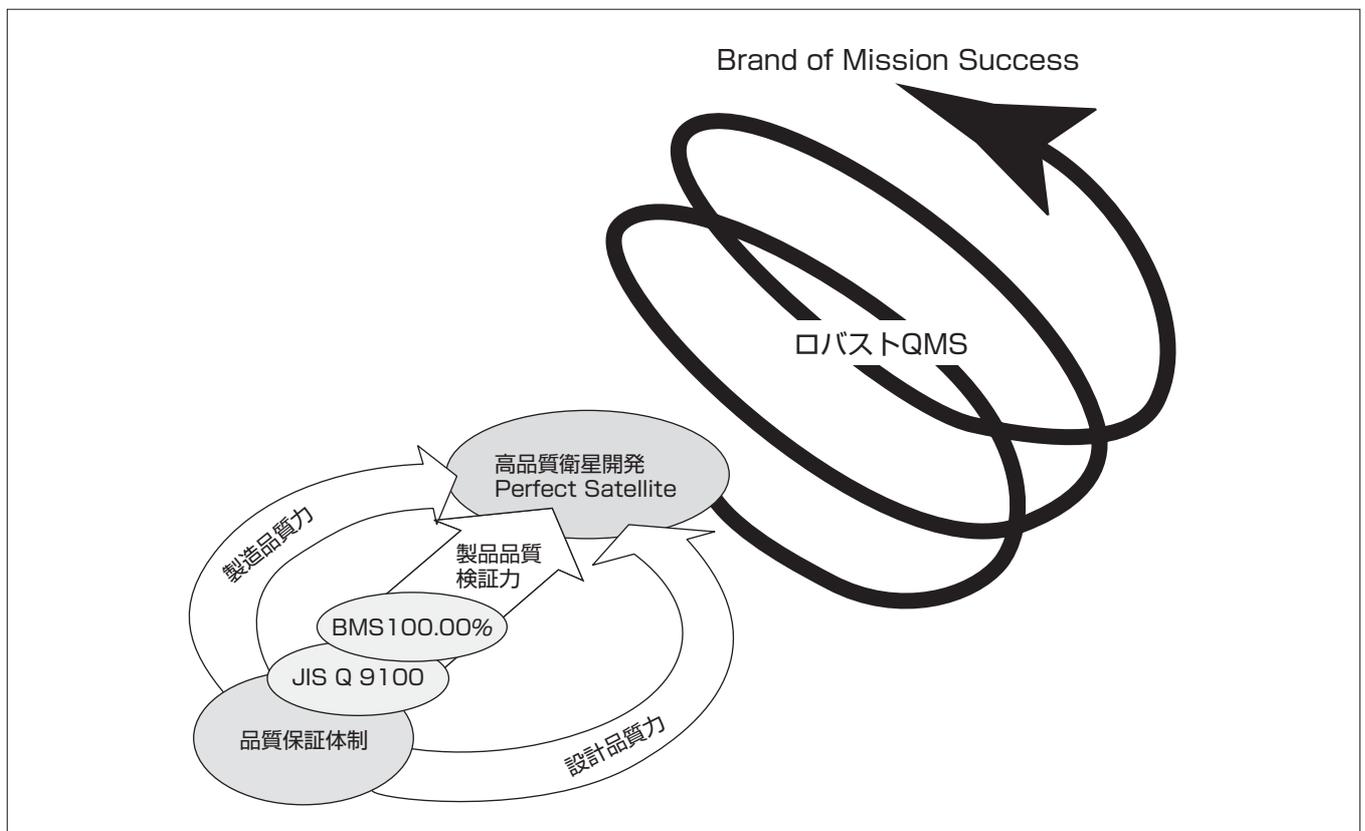
Satellite Quality Improvements and Consecutive Successes with Support of Mission Success Promotion Activities "BMS100.00%"
 Yasushi Mori, Masaichi Nakahara, Masayuki Yasuda, Noriko Kanai, Michihide Nitta

要 旨

三菱電機は、衛星の製品品質検証力向上の中心的な役割を担う組織としてBMS(Brand of Mission Success)推進センターを設立し、第三者の有識者による各種審査及び不具合予防活動からなる衛星ミッションサクセス活動(“BMS100.00%”推進活動)を展開してきた⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾。その結果、2002年9月から2015年10月にわたり衛星34機の打ち上げ及び軌道配置に成功するという大きな業績への貢献を果たした。

当社の衛星事業を担当する鎌倉製作所では、高品質という企業イメージを確立して維持するために、設計品質力、製造品質力、製品品質検証力のそれぞれに対して競争力向上施策を展開・継続してきた。また、組織体制を見直して、

業務改善、ピアレビュー充実やより早い段階での第三者の有識者によるレビュー機会の増加を図ることで、品質・信頼性の作り込み強化を推進している。さらに、国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構(JAXA)を始めとする国内外の関係機関から得られる品質情報や受注プロジェクトでの不具合・課題を“Lessons Learned”等として他プロジェクトへ水平展開することで、より効果的な不具合予防活動の展開や課題の早期解決への組織的取組みの強化を図り、ロバストな品質管理システム(ロバストQMS(Quality Management System))を構築する活動を継続している。



衛星ミッションサクセス活動の継続的スパイラルアップによる“BMS100.00%”推進活動

“BMS100.00%”推進活動を継続するに際して、国内外の関係機関から得られる品質情報や受注プロジェクトでの不具合や課題を“Lessons Learned”等として他プロジェクトへ水平展開することによる、より効果的な不具合予防活動の展開やロバストな品質管理システム(ロバストQMS)構築のための継続的活動状況を示す。

1. ま え が き

当社は、衛星の製品品質検証力向上の中心的な役割を担う組織としてBMS推進センターを設立し、第三者の有識者(以下“有識者”という。)による各種審査及び不具合予防活動からなる衛星ミッションサクセス活動(“BMS 100.00%”推進活動)を展開してきた⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾。その結果、2002年9月から2015年10月にわたって衛星34機の打ち上げ及び軌道配置に成功するという大きな業績への貢献を果たした。

この間、通信衛星や気象観測衛星などの分野を中心に、ひまわり7号^{*}、Super Bird-C2^{*}、みちびき^{*}、ST-2^{*}、TURKSAT-4A^{*}/4B^{*}、ひまわり8号^{*}/9号^o、準天頂衛星3機^o、Es'hail 2^o、その他プロジェクトでの受注を重ね、当社が独自開発した静止衛星の標準衛星バスであるDS2000をベースにした国内外の衛星製作を進めるとともに、ロケット調達、射場での管理、軌道上初期運用などを含むより広範な業務の経験と実績を蓄積してきた(☆印は軌道配置済み、○印は設計、製造、試験中)。

本稿では、ミッションサクセス活動の歩みと成果及び今後の活動の展望について述べる。

2. ミッションサクセス活動

2.1 高品質衛星開発の取組み

当社の鎌倉製作所では、顧客満足を得るためのより高い品質向上目標として品質レベル100.00%を目指し、要旨の図に示すように製品品質検証力の柱として衛星のミッションサクセス活動(“BMS100.00%”推進活動)を継続している。

この活動では、有識者が、いわゆる“独立した確認と検証”といった活動に従事して、各種審査及び不具合予防活動を展開する。また、各プロジェクトで“開発段階での確実な実施の確認”“衛星ミッションの喪失に至らせない確認”“不具合予防活動”の観点から、BMS推進センターを中心に宇宙関連部門が行う全ての活動を監視し、品質に関する問題が生じると警告、追跡調査に取りかかる。この活動は、鎌倉製作所の所長室に週一回報告される。主なミッションサクセス活動を図1に示す⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾。

2.2 商用衛星での活動事例

DS2000バスをベースにした商用衛星での高品質維持に向けた活動事例を述べる。

2.2.1 ミッションサクセスレビュー

製品の難易度や過去の経験から抽出された衛星の性能やミッションの成功に大きな影響を与えかねない部分に対しては、有識者、電気設計技術者、機械設計技術者によるサブシステム、システムの各階層における現品の出来栄を確認する自主的チェックを実施・継続している。特に、単一の故障点に関連する場合や定量的な管理が難しいケーブ

ルや熱制御材などの実装状態、機構部のクリアランスや動作状態については、設計者の意図や有識者の指摘を各関連の設計者、現場作業者との間で協議し合うことで、不安点を取り除いた確実な状態に製品を仕上げている。また、これらを有識者の経験やノウハウなどの暗黙知を形式知に変えて認識共有する機会として役立てたり、ミッションと衛星システム間での技術者の相互理解増進に役立てたりしている。

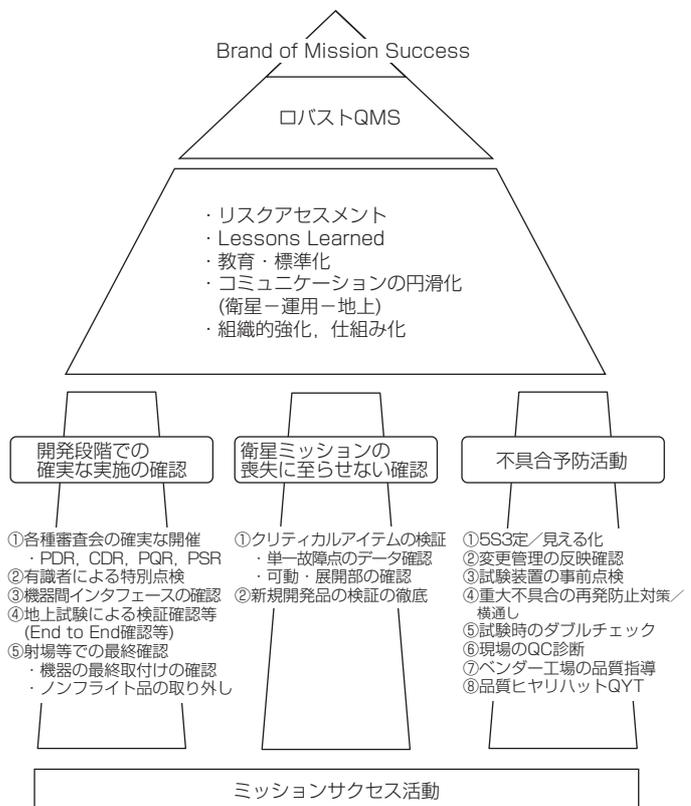
2.2.2 衛星運用準備確認会

有識者を交えた第三者検証としては、運用準備の状況確認を行うフェーズ移行前確認会を実施している。

過去のプロジェクトを含めて取り組んできたこの確認会は、その有効性から近年では関連部門の本来業務の1つとして取り込まれ、運用準備委員会(Orbit Raising and Operation Control Board: OROCB)の場で進められている。追跡管制チーム発足以降、複数回のフェーズ移行前確認会が開催され、有識者は衛星のインタフェース、地上設備のインタフェース、オフノミナルフロー、等を確認している。

2.3 更なるミッションサクセス活動の展開

衛星システムで高い信頼性を確保していても、射場への輸送や射場での作業でトラブルが発生したとした場合、衛星ミッションを成功に導けないどころかプロジェクト自体が存続し得ない。また、標準化が進んでいる世界の商用衛



PDR: Preliminary Design Review, CDR: Critical Design Review, PQR: Post Qualification test Review, PSR: Pre Shipment Review, QC: Quality Control, QYT: 品質予知訓練

図1. 主なミッションサクセス活動

星市場でさえも、設計や製造の致命的不具合によっていまだに失敗する衛星が一定数ある。これらの不具合やトラブルの中には、設計段階から注目して対処すべき品質・信頼性上の課題やプロジェクト遂行上のリスク管理として対処すべき事柄が存在している。

当社では、先に述べた従来実施・継続されているミッションサクセス活動に加えて、新たな施策として次に述べる取組みを展開している。

2.3.1 リスク低減活動支援の取組み

2014年度は衛星打ち上げが多く予定されていたため、衛星プロジェクト部門、技術部門、品質管理部門で実施している試験検証状況、輸送準備状況、軌道上初期チェックアウト体制・要領書準備状況等に対して、有識者による点検や状況確認を実施する追加の点検活動(Perfect Satellite活動)を展開した。

プロジェクトのリスク管理は、プロジェクトごとのリスク管理ボード(Risk Management Board : RMB)でリスクアセスメントに基づき抽出して管理されているが、この活動に加えて、有識者の経験や過去の課題から抽出された観点リストを作成・展開し、プロジェクトごとの状況確認をフォローすることでより抜けのないリスク管理活動の展開を支援した。対応した各プロジェクトからは、項目ごとにポイントを絞ってリスク低減活動を確認、対策反映でき、この活動は有効であったとの評価を受けている。

2.3.2 不具合横通し会議の取組み

各衛星の製造中、試験中に発生した不具合の情報は、QIM(Quality Information Management)システムに登録されて管理されている。品質保証担当部門では、QIMシステムに登録される不具合情報を全件再確認する不具合横通し会議を毎週実施しており、そこに有識者も参画して横通しする活動を継続している。この活動を通じて抽出された不具合に対して、発生頻度や傾向に基づく包括的な対策の提案として、設計部門が検討している対策処置内容に追加検討を要請したり、品質管理部門や品質保証部門の担当者へアドバイスが出されたり、有識者会議へ上申して検討支援を求めることが推奨されたりする。

また、このような確認活動を通じて関係者間の情報共有の機会を増やしてコミュニケーションの活性化につなげるとともに、不具合が発生しているプロジェクト以外への水平展開の要否や設計標準等へのフィードバックの要否に関する気付きを得ることも役立っている。

2.3.3 設計品質会議の取組み

軌道上の衛星運用に関連して発生した事象の情報や製造・試験中の各衛星プロジェクトの進捗状況について、JAXAを始めとする国内外の関係機関から得られる品質情報や受注プロジェクトの進捗情報をベースに、所長室、技術部門、品質保証部門が課題を協議する設計品質会議の取

組みを開始した。図2に示すような、軌道上の事象の情報展開や各プロジェクトの課題検討の有識者会議は従来も開催していたが、そのような目的の会議を定期的で開催することで、コミュニケーションの活性化を図るとともに仕組みとしても整備して活動を強化することを目的としている。

この活動を通じて抽出された共有すべき過去のトラブル情報は、リスト化を図って展開するとともに、難易度の高い課題は有識者への検討依頼による早期解決に向けた支援強化や他プロジェクトへの水平展開活動を促すトリガーにもなっている。また、この活動の水平展開の一環として、課題として抽出されたテーマに沿った注意喚起の情報発信の場を月に1度設定し、宇宙関連部門のプロジェクト部門及び技術部門の全関係者を対象にした全体会議を開催することで情報発信、コミュニケーション活性化に取り組んでいる。

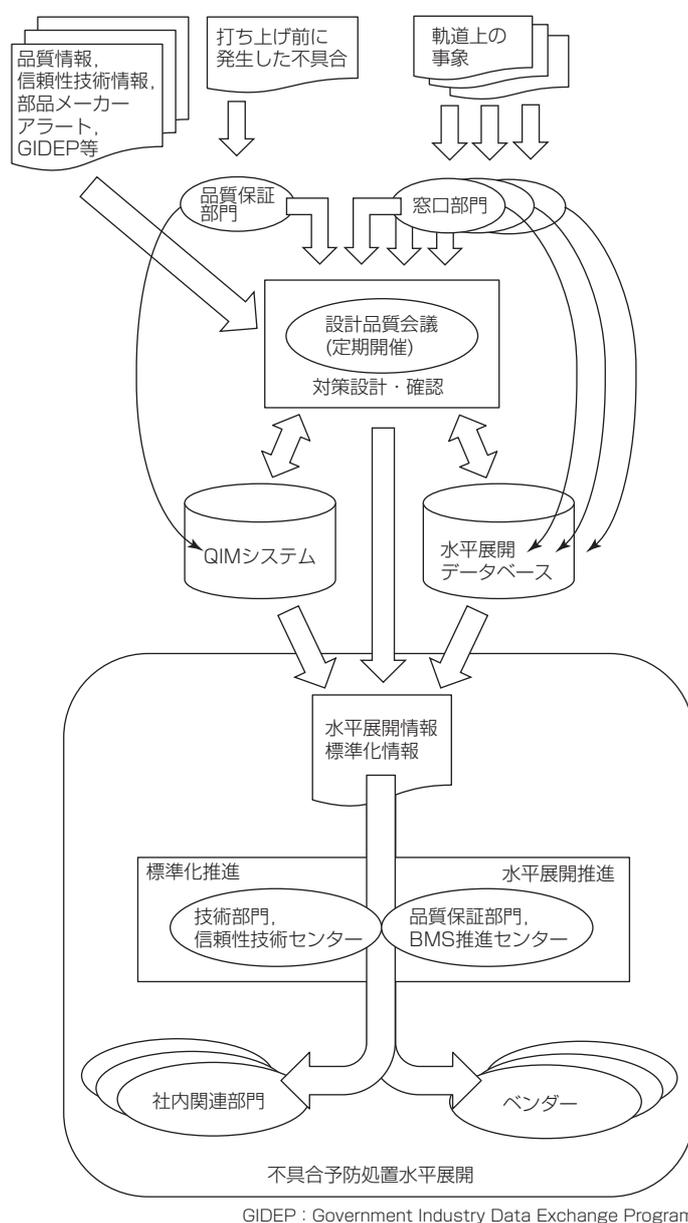


図2. 設計品質会議による業務フロー強化

2.3.4 設計フロントローディング会議の取組み

設計結果や試作モデル、エンジニアリングモデル等の製造・試験の結果は、PDR、CDR等の各設計審査会で審査を実施している。不具合情報から得られる過去のトラブル等への対策反映や開発要素へのリスク対策の確認も同様に審査会で実施されているが、リスク低減の観点からは、設計作業のより早い段階から関係者間で課題抽出を進めて協議・対応を図ることが望ましい。また、このような議論に社内研究所の専門家や有識者等が参画して検討を充実させることは非常に重要である。

このため、検討段階で設計部門が開催する内部の打合せに専門家や有識者が参加する設計フロントローディング会議の取組みがなされている。そのような場で、設計案のトレードオフや設計根拠の充実化を図る作業に、先に述べたミッションサクセス活動の成果をより活用できるように連携を深めていくことがポイントである。

2.3.5 商用衛星向け製品保証要求のISO提案

ミッションサクセス活動に対する気付きを得るための試みの1つとして、2011年からISO(International Organization for Standardization)の場で“商用衛星向け製品保証要求”の規格提案活動を開始している。

宇宙システムに対する既存のISO規格の製品保証要求は、有人システム、無人システム、打ち上げ機を包含した広範な適用範囲で品質保証、ディペンダビリティ、安全、部品、材料・プロセス等の各管理を個別のISO規格を参照する形で規定しており、テーラリングによる調整が必要となる。そこで、今後新たに衛星を持つ新興国等のオペレータが規格参照の際の利便性向上のため、これらの管理項目から商用衛星の設計、製造、試験に必要な“Best Practice”的製品保証項目を集約した“商用衛星向け製品保証要求”を提案し、現在、2016年1月中のCD登録(ISO規格制定手順6段階中の3段階目)の調整を参加各国と鋭意実施中である。

3. ミッションサクセス活動の展望

過去のミッションサクセス活動で得た多くの情報をより効果的に、また、より積極的に活用できるように工夫し、次の世代の実務担当者に生きた知恵として伝えていくことが大切である⁽³⁾。そのために我々が対応すべき課題としては、①知見の活用促進、②教育・訓練へのフィードバック、③標準化活動・変更管理へのフィードバックがある。

今回、①、③の課題に対応する活動事例について述べた。この各活動は、情報の水平展開やコミュニケーション活性

化の中で知見の活用を行い、標準化活動・変更管理へのフィードバックへとつながることを狙って推進している。

また、課題②の教育・訓練へのフィードバックは、今後取組みを加速させる必要のある課題と認識している。日々蓄積されるプロジェクトの課題に関わる情報は、我々の大切な資産である。この大切な資産を無駄なく有効活用するために、新たに実施している各活動から得られる情報と融合させて、関係者が受ける教育資料や根拠資料に反映することで、情報の受け手が直面している課題をより正確に把握できるようにすることを目指している。その際、関係者の世代構成が変化して、有識者・経験者と若手の技術者・作業員での認識・意識やコミュニケーション方法に差異があることに配慮して、木目細かい工夫を加えることが必要である。

4. むすび

当技報2014年2月号⁽³⁾で報告した2002年9月から2013年8月の開発以降2013年9月から2015年10月までの25か月間に7機の衛星、宇宙機の軌道配置に成功するという成果を挙げることができた。このような頻度での打ち上げに対応できるのも、関係者の日頃からの不断の努力と地道な業務遂行、そして、BMS100.00%”推進活動の成果によるところが大きいと考える。今後、更なる高頻度での打ち上げに対応する必要もあり、ミッションサクセス活動の更なる進化は待ったなしの状況にある。

ミッションサクセス活動を取り巻く国内外の事業環境は激しい変化や競争にさらされており、平坦(へいたん)な道程ではない。様々な影響因子と背後要因を見極めながら調和を図るためには、従来の枠組みを超えて異業種や異なる専門分野から得られる有用な知見なども貪欲に吸収して、新たな改善や仕組みの創造を続ける攻めの姿勢が必要である。当社の宇宙事業のミッションサクセス活動は、更に一段高いレベルを目指し、衛星ミッションサクセスの品質ブランドを追求する。

参考文献

- (1) 稲川美之：衛星開発における品質信頼性向上活動，三菱電機技報，79，No.8，559～562（2005）
- (2) 稲川美之：衛星の品質力向上施策，三菱電機技報，83，No.3，231～234（2009）
- (3) 佐々木俊昌，ほか：三菱電機の衛星ミッションサクセス“BMS100.00%”活動の歩みと成果，三菱電機技報，88，No.2，139～142（2014）