



宇宙科学・探査に関する工程表 の進捗状況について

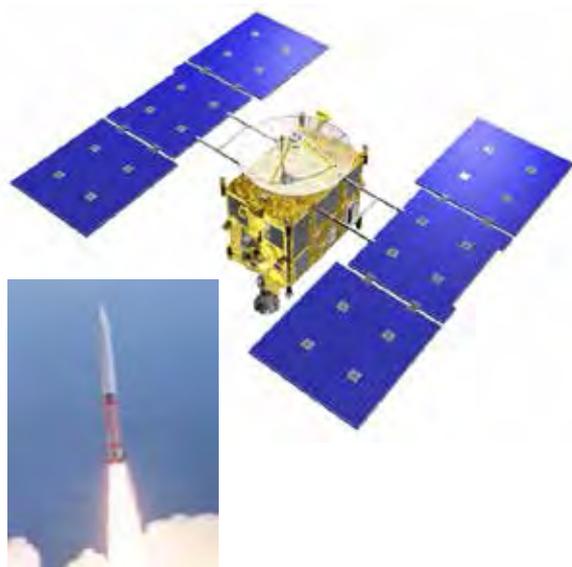
平成28(2016)年11月1日
国立研究開発法人
宇宙航空研究開発機構
宇宙科学研究所

はじめに

- 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所は、新宇宙基本計画及び工程表(平成27年1月9日 宇宙開発戦略本部決定)に従い、宇宙科学・探査の実行に取り組んでいる。
- これをベースに、前回本小委員会(平成28年6月1日)において、開発中プロジェクトの状況、「戦略的中型」及び「公募型小型」の選定状況について報告を行っているが、その後の進捗を「人材育成」に関する取り組みを含めて報告する。
- また、X線天文衛星「ASTRO-H」の運用断念による運用中及び開発中の科学衛星・探査機プロジェクトへの水平展開、及び、X線天文衛星代替機に向けた取り組みについても報告する。

今後の宇宙科学・探査プロジェクトの推進方策

宇宙科学における宇宙理工学各分野の今後のプロジェクト実行の戦略に基づき、厳しいリソース制約の中、従来目指してきた大型化の実現よりも、中型以下の規模をメインストリームとし、中型(H2クラスで打ち上げを想定)、小型(イプシロンで打ち上げを想定)、および多様な小規模プロジェクトの3クラスのカテゴリーに分けて実施する。



2000年代前半までの
典型的な科学衛星ミッション
M-Vロケットによる打ち上げ

戦略的に実施する中型計画(300億程度)

世界第一級の成果創出を目指し、各分野のフラッグシップ的なミッションを日本がリーダーとして実施する。多様な形態の国際協力を前提。

公募型小型計画(100-150億規模)

高頻度な成果創出を目指し、機動的かつ挑戦的に実施する小型ミッション。地球周回/深宇宙ミッションを機動的に実施。現行小型衛星計画から得られた経験等を活かし、衛星・探査機の高度化による軽量高機能化に取り組む。等価な規模の多様なプロジェクトも含む。

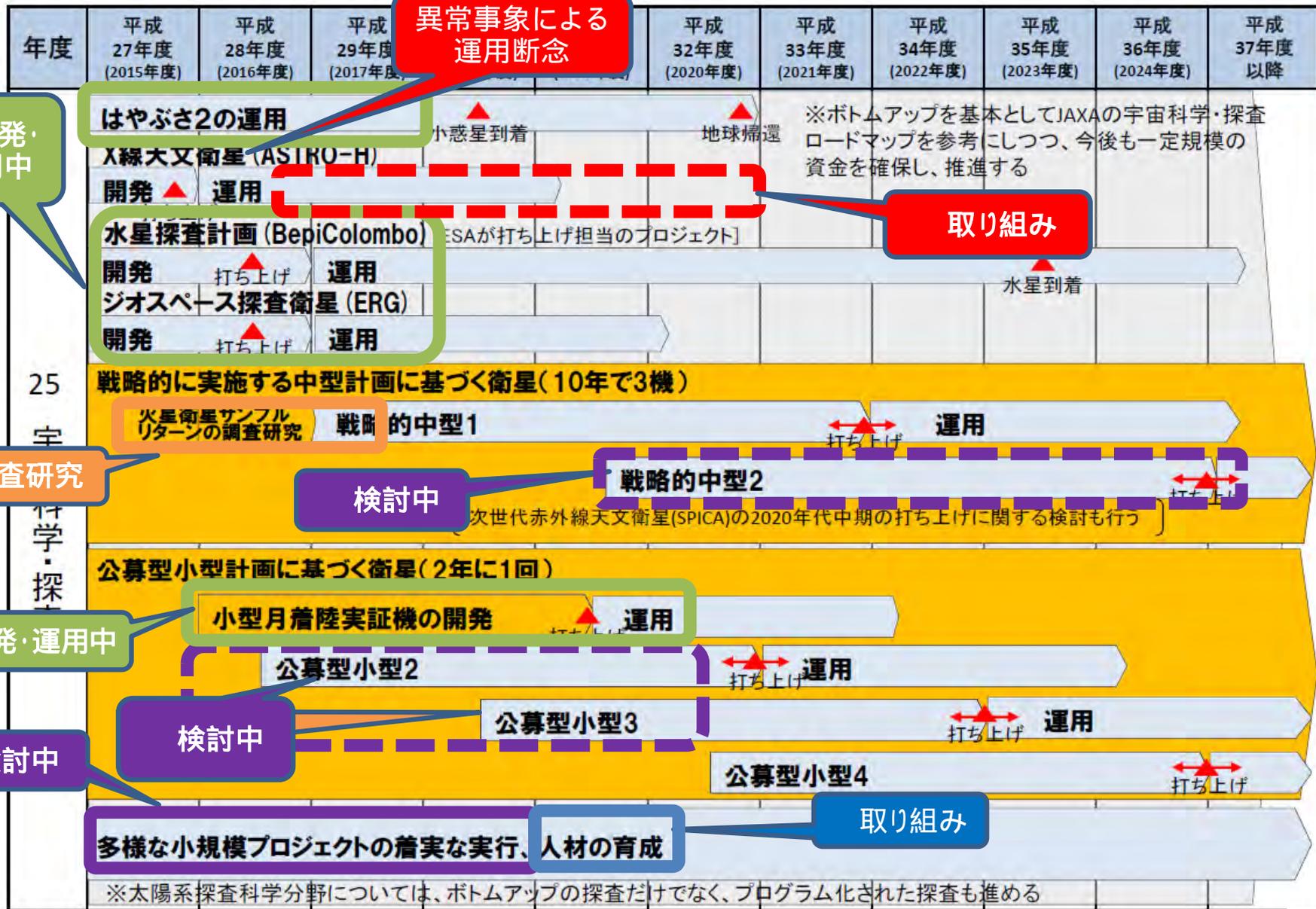
多様な小規模プロジェクト群(10億/年程度)

海外ミッションへのジュニアパートナーとしての参加、海外も含めた衛星・小型ロケット・気球など飛翔機会への参加、小型飛翔機会の創出、ISSを利用した科学研究など、多様な機会を最大に活用し成果創出を最大化する。

宇宙科学・探査工程表

宇宙基本計画工程表(平成27年度改訂)(H27/12/8宇宙開発戦略本部決定)より抜粋

4. (2)① ix 宇宙科学・探査及び有人宇宙活動



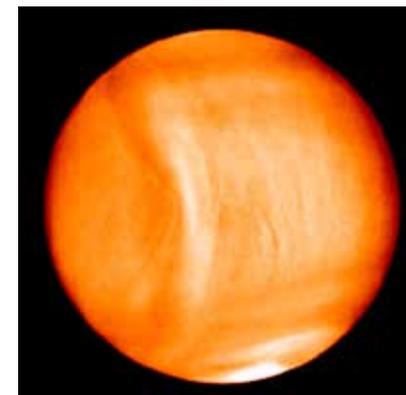
※太陽系探査科学分野については、ボトムアップの探査だけでなく、プログラム化された探査も進める

※以上すべて文部科学省

開発中・運用中の宇宙科学・探査プロジェクトの進捗状況

金星探査機「あかつき」【平成22年5月打上げ】

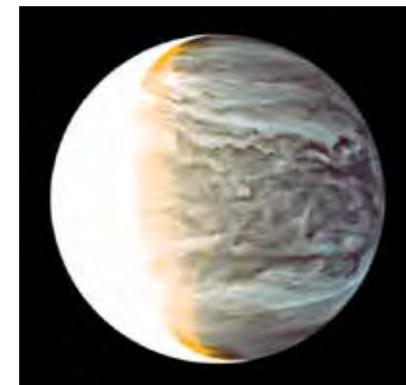
- ・ ASTRO-H異常事象を踏まえ、同様な事象発生の可能性を精査し、危険性が無い事を確認した。
- ・ 他の全科学機器についても正常に動作中。
- 金星雲頂高度における巨大な大気重力波*の発見
 - 平成27年12月7日にLIR撮影。12月11日まで現象の継続を確認。
 - 平成28年夏にも同じ構造の出現を検出。
 - 新たに発見された南北に伸びた弓状構造は、大気が100m/秒で一様に西向きに流れているにも関わらず、地表に対してほぼ静止している。このような特徴から、弓状構造は地形が大気に作用して作り出した大気重力波と想像されるが、地球ではこれほど巨大な大気重力波は見つかっていない。



LIRカメラがとらえた巨大な弓状の重力波(H27年12月)

大気重力波：大気が上下に揺すられると、浮力の働きによって、大気はバネに付けた重りのように振動する。この振動は波として大気中を伝わる。浮力は重力のもとで働く力であるため、この種の波を大気重力波と呼ぶ。

- 金星夜面で雲層の微細構造を可視化
 - 中低緯度には渦のような乱流状の構造、高緯度には波打つ筋状の構造、それらの上に重なる直線的な模様など、これまでの金星大気研究では想像されていなかった特徴が見られる。



IR2カメラによる金星夜面画像
(H28年3月、2波長の疑似カラー)

開発中・運用中の宇宙科学・探査プロジェクトの進捗状況

小惑星探査機「はやぶさ2」【平成26年12月打上げ】

- 平成27年12月3日に地球スイングバイを成功。
- 平成28年3月22日～5月21日に、第1期イオンエンジン連続運転を実施。同11月末から約半年、第2期運転を実施予定。
- ASTRO-H異常事象を踏まえ、小惑星の未知環境を考慮した小惑星近傍運用のシミュレータ整備等、小惑星近傍運用の準備を実施中。29年度には小惑星近傍運用フェーズを想定した訓練・リハーサルの実施を計画している。

X線天文衛星 (ASTRO-H) 【平成28年2月打上げ】

- 平成28年2月17日に打上げ。3月26日に通信異常が発生し4月28日に運用を断念。現在、ASTRO-H終了審査として、後続の衛星開発に活かせるようにプロジェクトの全期間におけるレッスンズラーンドの抽出を実施している。

開発中・運用中の宇宙科学・探査プロジェクトの進捗状況

ジオスペース探査衛星(ERG)【平成28年度打上げ予定】

- 10月6日に内之浦に到着し、衛星輸送後の組立・検査を終え、現在射場にて推進薬充填に向けた作業を実施中。
- ASTRO-H異常事象を受け、ALL JAXA体制で以下の視点で総点検を実施した。
 - ・ 異常事象を受けた4つの対策の視点(マネジメント体制見直し、企業との役割・責任分担見直し、文書化・品質記録の徹底、審査・独立評価の見直し)
 - ・ 衛星システムの開発に関する視点
衛星サバイバビリティ設計(衛星全損のリスクを最小にする設計)の妥当性確認
衛星の品質・信頼性
 - ・ 運用準備(運用準備計画、運用文書類)確認の視点
- 総点検の提言を受けて以下の対策を行う。
 - ・ 初期運用準備審査を新たに設け、運用準備の確認を確実に行う。
 - ・ 打上後約1ヶ月続くクリティカルフェーズは24時間運用を実施する。



振動試験の風景
(28年3月7日)

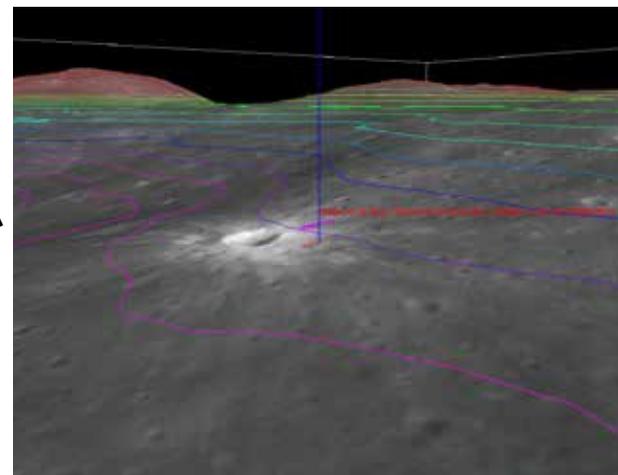
開発中・運用中の宇宙科学・探査プロジェクトの進捗状況

水星探査計画 (BepiColombo) 【平成28年度打上げ予定】

- 平成27年6月にESA側への引き渡しを完了。ESA担当作業の遅延により、ESAが実施する打上げが平成30年度に延期 (水星到着時期は約11か月遅れ)される事となった。
- ASTRO-H異常事象の反映として、打上げ約7年後に初めてクリティカル運用を開始する特徴を有しているため、人員の継続性に対する対策・運用文書の確実な準備・ソフトウェア独立検証等を追加実施する予定。

小型月着陸実証機(SLIM)

- 基本設計として、要求仕様に適合する探査機システムやクリティカル技術(エンジンや着陸脚等)に関する設計作業を実施している。
 - 着陸候補点については、本年4月にISAS内に新設した「月惑星探査データ解析グループ」からのデータに基づき、ピンポイント着陸技術実証に適し、かつ着陸後の搭載ミッションによる観測も見据えた選定作業を進めている。
- また候補点の地形・傾斜などに即した着陸条件の整理、抽出された制約条件を探査機設計へ反映する作業を実施中である。
- ASTRO-H異常事象後に本格開発を行う最初の科学・探査衛星として、先述の4つの再発防止対策を確実に取り込みながら開発を進めている。



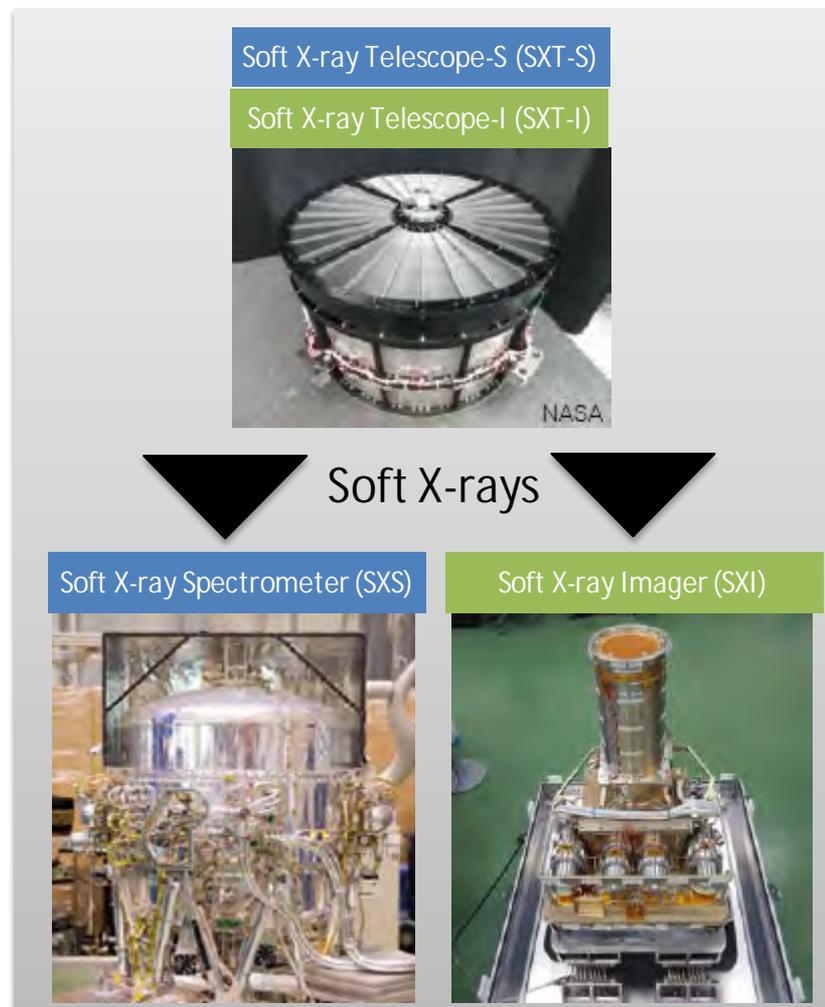
着陸候補地点の例 (かぐや取得データに基づくCG画像)
本候補地点における着陸目標点はクレータ近傍であり、
斜度は緩い場所で5deg程度。カラー線は等高線。

X線天文衛星代替機に向けた取り組み

・ 平成28年5月以降、宇宙開発利用部会や、宇宙政策委員会でASTRO-H異常事象の原因究明や再発防止のための対策について御議論・御指摘頂き、8月26日の宇宙政策委員会において、「今後政府において、代替機の開発を目指した作業を進めていくことが適切である。」と纏めて頂き、平成29年度は「開発」として概算要求して頂いている。

・ 代替機については、平成32年度打上、SXSを中心としてSXIとSXTを搭載する事をベースとし、機構内で検討チームを立ち上げて検討を開始している。

・ 9月下旬に、JAXA/NASA合同で「レスンズラウンド会合」と「ASTRO-H代替機に関する会合」を実施し、ASTRO-Hでの問題点の確認、過去のレスンズラウンドの共有、代替機開発の体制及び進め方の調整を行った。



火星衛星サンプルリターン計画の調査研究

- 「工程表改訂に向けた中間取りまとめ」(H27/6/24政策委決定)の方針に沿い、平成28年度は「調査研究」として認可されている。
- 本計画の打上時期は2年延期するものの、フロントローディングによるクリティカル技術(新規サンプリング機構等)のリスク低減を目的とし、平成29年度は「開発研究」として概算要求して頂いている。



火星衛星サンプルリターン想像図

- 科学成果の最大化およびコスト削減を目的とし、海外機関との国際協力を重視している。これまで、NASAを含む複数の機関と調整をしているが、火星衛星探査の国際的な関心の高さや、「はやぶさ」における国際協力の実績を踏まえ、各機関は当初より参画に前向きである。
- ASTRO-H異常事象を受け、プロジェクト管理に責任を持つProject Managerとサイエンス成果の創出に責任を持つPrincipal Investigatorに別人をあてる方針で検討している。
- 10/29(土)の公開シンポジウム「惑星科学の長期展望と将来の探査計画」において、本計画を中心とした惑星探査に関する議論を実施した。

戦略的中型衛星候補の検討状況

公募によるミッション候補選定の状況

- 平成26年12月公募(応募件数は5件)。宇宙理学・工学委員会、及び宇宙研選考委員会を経て、平成27年9月に以下の二候補を選定。
 - 「宇宙マイクロ波背景放射偏光観測衛星 LiteBIRD」
 - 「ソーラー電力セイル探査機による外惑星領域探査の実証」
- 現在は、宇宙研支援による概念設計(Phase-A1) 活動として、衛星としてのシステム要求をまとめる為に必要な要素やシステムの検討を進めており、それぞれ7～8月に所内の審査を経て所内プロジェクト準備チームに移行している。
 - 理工学委選定から、宇宙研によるシステム要求審査(SRR)迄の複数候補が存在する検討期間

次世代赤外線天文衛星(SPICA)の状況

- 2020年代中期の打上げを目指し、日欧の国際共同ミッションとして、ESAのMクラスミッション「Cosmic Vision M-class」 に応募した。これより、SPICAの国際的な準備が加速する。一次選抜の結果は、平成29年6月頃に発表の見込み。

ESAの長期宇宙科学計画における中規模ミッション。

5回目にあたるSPICAにおけるESA側の拠出資金の上限は550Mユーロ。

公募型小型計画の検討状況

2号機・3号機の検討状況

- プロジェクトの早い段階での技術検討の充実と、研究コミュニティにおけるミッション機会の予見性の確保のため、1号機(SLIM)に続く公募型小型計画の早期の募集を目指し、平成27年12月に公募型小型計画の募集を開始した。
- 2号機・3号機合わせて5件の提案があり、宇宙理学・工学委員会で評価した結果、3件は不採択とされた(28年5月)。残る2件は、識別された課題の解決後に改めて委員会にて審議する。

2号機・3号機の検討(イメージ)

工程表より抜粋し、追記



多様な小規模プロジェクト群の検討状況

- 宇宙科学・探査ロードマップにおいて、海外大型計画への参加については「多様な小規模プロジェクト群」の枠で実行するとしていた。
- 他方で、高精度・高機能の観測が求められて衛星規模は大きくなり、一国での実施が難しくなりつつあること、海外の大型計画では各方面から日本の得意分野での参加を求められ、同時に複数の参加要請があることなどといった昨今の情勢を踏まえ、戦略的に国際プロジェクトに部分参加する「戦略的海外協同計画」と、多様な飛翔機会を用いた「小規模計画」の2つのカテゴリーに分けて、小規模プロジェクトを推進する事とした。
- 「戦略的海外協同計画」では、ESAのLクラスミッション(*)の木星氷衛星探査計画(JUICE)への観測機器開発参加計画について、宇宙科学研究所内のプロジェクト準備審査を5～6月に実施し、所内プリプロジェクトチームへの移行を妥当と判断している。 ESAの長期宇宙科学計画における大規模ミッション(900Mユーロ級)
- 「小規模計画」では、海外サブペイロード、海外の観測ロケット・大気球、国際宇宙ステーション(ISS)などの飛翔機会を利用した計画等を、公募により幅広く提案を受けつけることを想定している。11月に公募文を発出する予定。

人材育成に向けた取り組み

- 宇宙政策委員会 宇宙産業・科学技術基盤部会 宇宙科学・探査小委員会におけるこれまでの議論の中で、「プロジェクトマネージャーや衛星の機器等の開発を担う人材の育成の重要性」が指摘されている。その背景には、プロジェクトの大型化による参加機会の減少や、天体アクセスに長時間を要する探査分野での、技術や知見の蓄積と継承の困難さ等が考えられる。
- 戦略的中型衛星・公募型小型衛星・観測ロケット・大気球実験など、大学院生が活動する多様な人材育成の機会が宇宙科学研究所には存在する。
- それらに加え、「多様な小規模プロジェクト」のうちの「戦略的海外協同計画」において、国際プロジェクトに部分参加する小規模ミッションを推進し、一級の科学に触れながら一連の機器開発プロセスを経験し、ノウハウを蓄積していく機会を確保していく。
 - 木星氷衛星探査計画(JUICE)同様に、米国・欧州の衛星への参加検討等
- また、「多様な小規模プロジェクト」のうちの「小規模計画」において、多様な飛翔機会を利用した計画等を公募により推進し、一連の宇宙機システム開発プロセスを経験し、ノウハウを蓄積していく機会を確保していく。
- JAXA内においては、その他の案も含めた検討を行っている。

以降補足

ASTRO-H「ひとみ」異常事象の背後要因を含めた対策について ～プロジェクト運営の改革

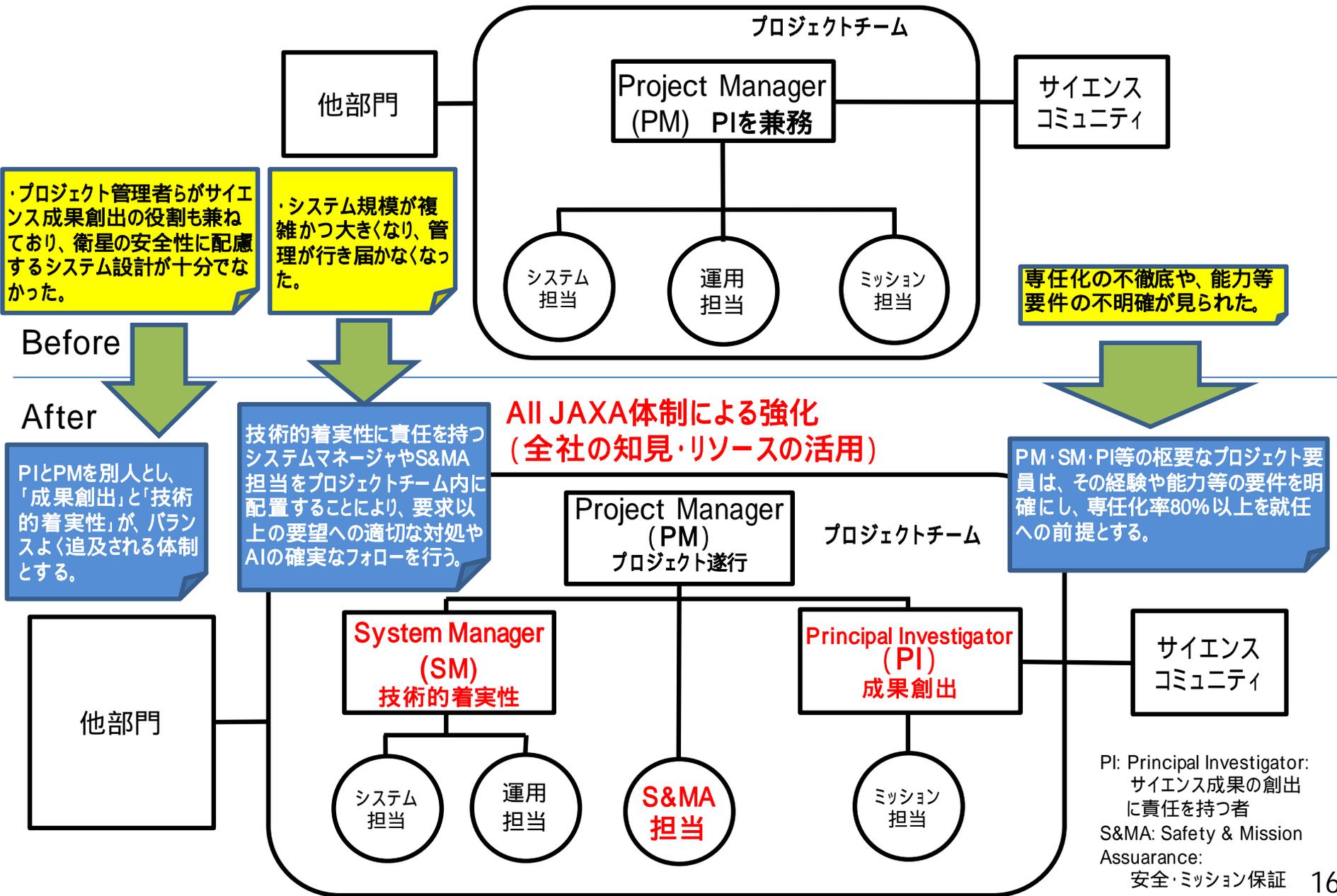
異常事象調査報告書6.2章記載の「背後要因を含めた対策」に対し、プロジェクト運営改革の方向性やより具体的な実行計画を、宇宙科学研究所の様々なメンバー(*)で議論した。

(*)各研究主幹、各プロジェクトマネージャ(経験者を含む)など関係者による検討チーム会合を4回、宇宙研全職員を対象としたタウンミーティングを2回実施。

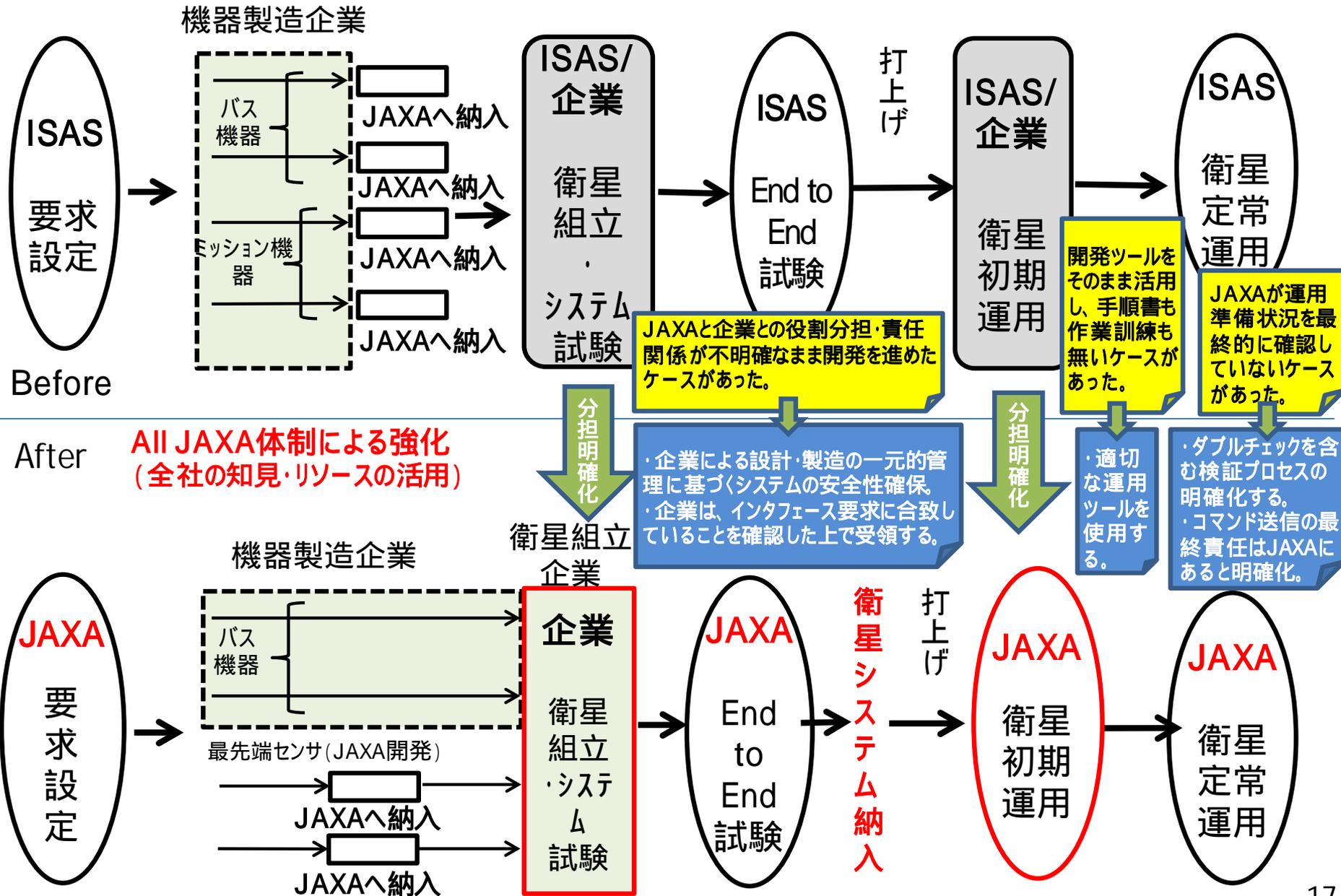
次頁以降に、上記議論で導き出したプロジェクト運営改革の方向性について、その概要を記載する。

今後は、宇宙研の組織運営・プロジェクト運営の改革を進め、最終的には、契約ルールを含め、JAXAの共通的な規程、規則、ガイドラインに取り込む。

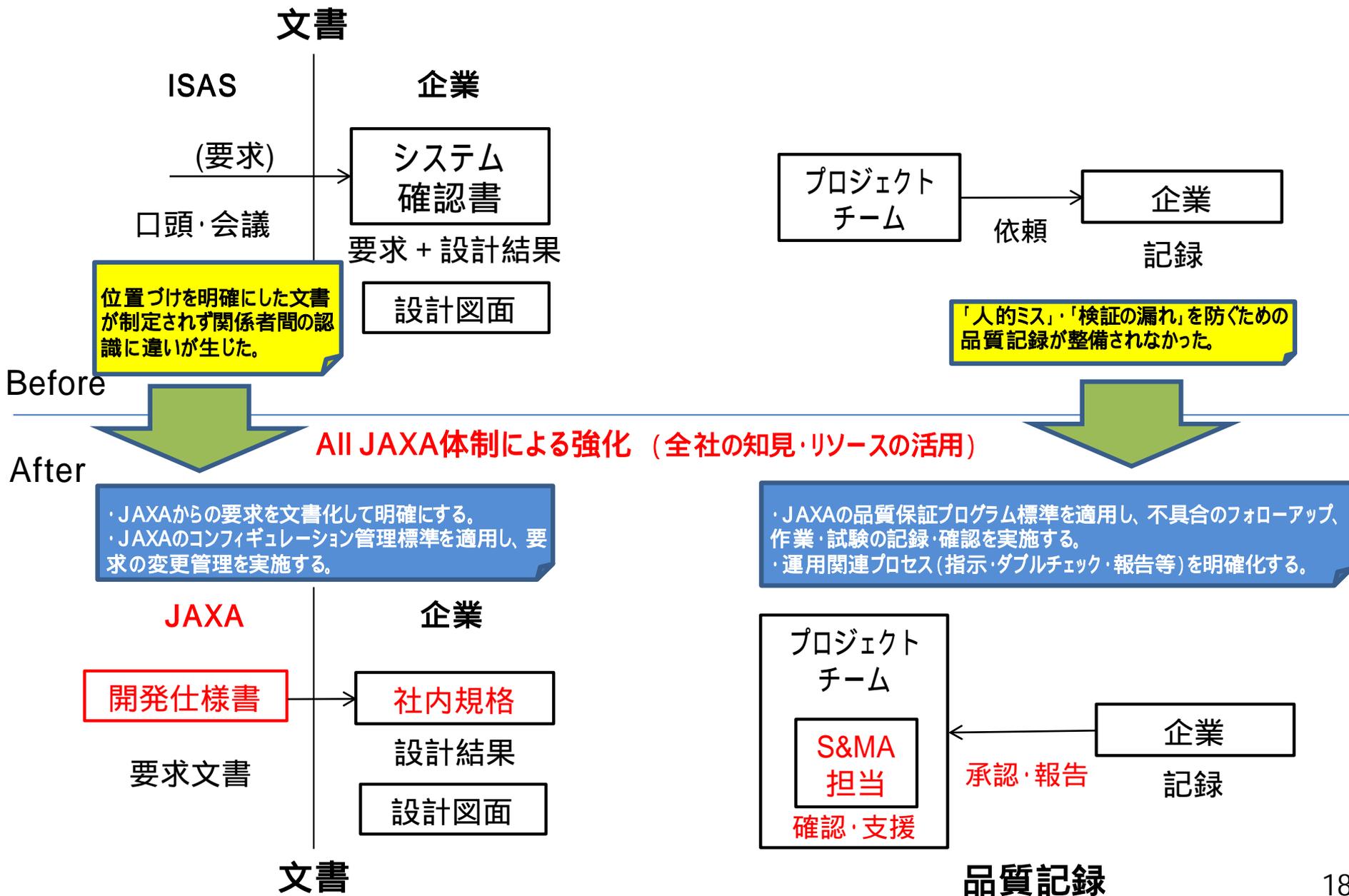
(1) プロジェクトマネジメント体制の見直し



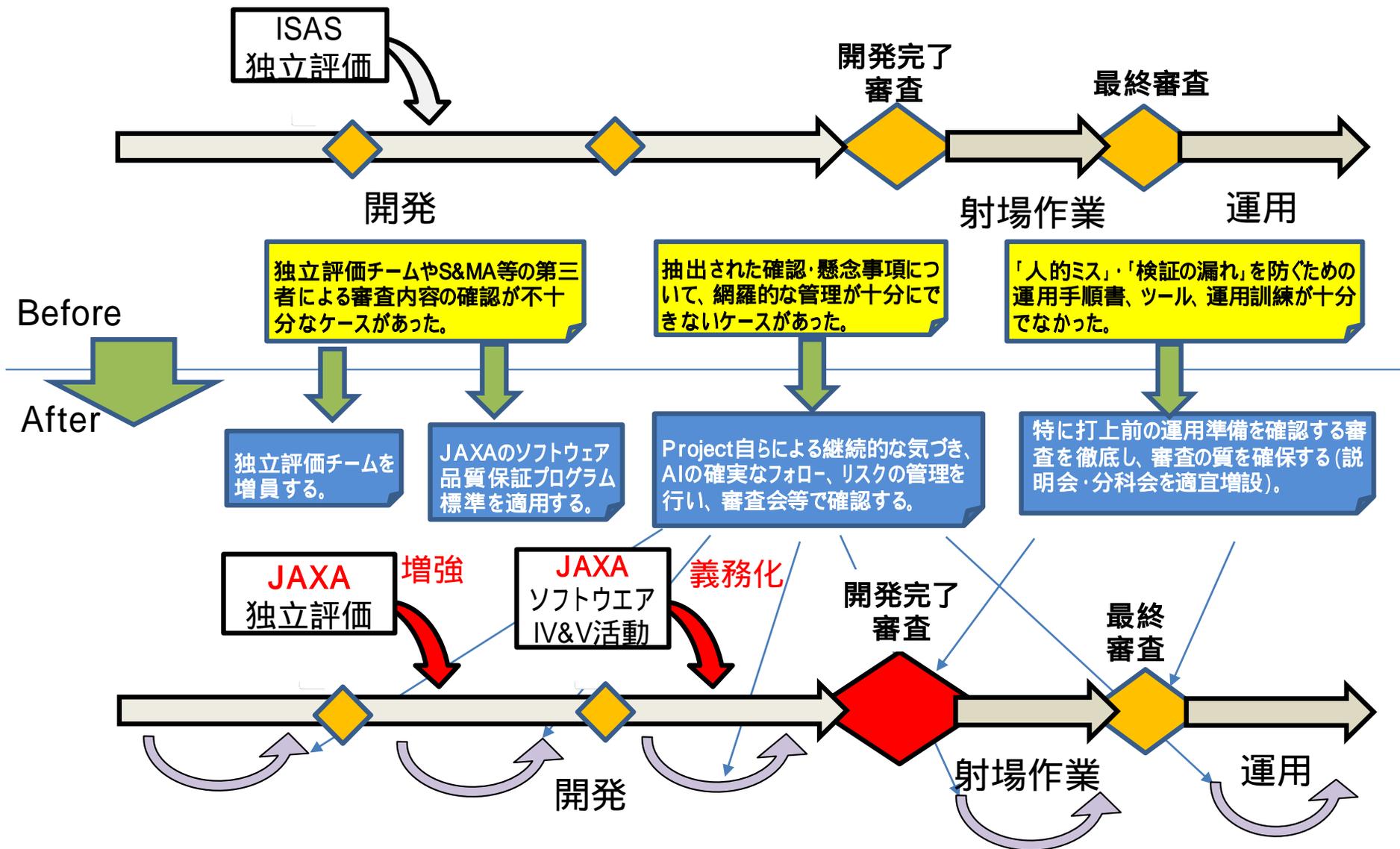
(2) 企業との役割・責任分担の見直し



(3) プロジェクト業務の文書化と品質記録の徹底



(4) 審査/独立評価の運用の見直し



All JAXA体制による強化 (全社の知見・リソースの活用)