

**資料81-4**

科学技術・学術審議会  
研究計画・評価分科会  
宇宙開発利用部会  
(第81回)R6.1.15

# JAXA宇宙状況把握システム プロジェクト終了審査の結果について



# SSA

Space Situational Awareness

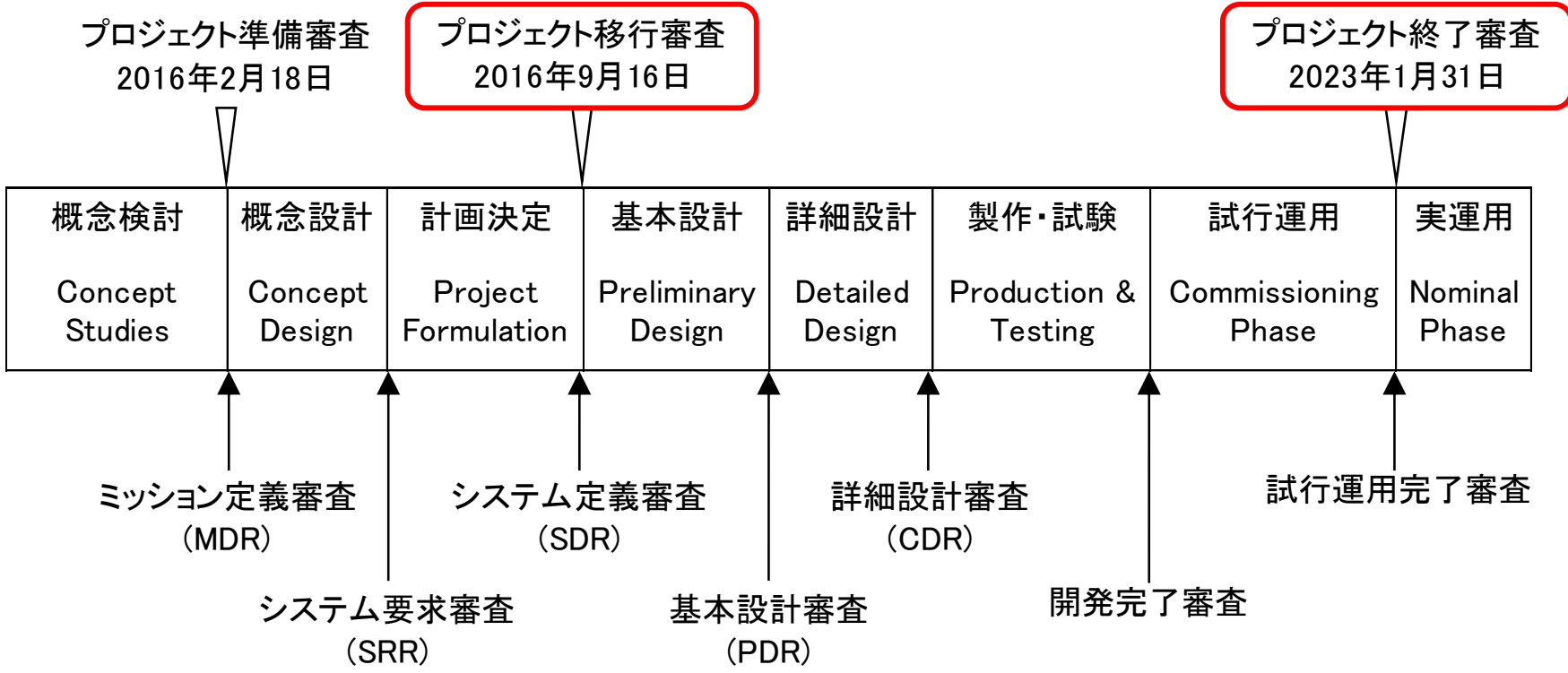
2024年1月15日

国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構  
理事 寺田 弘慈  
追跡ネットワーク技術センター長 井上 浩一

# はじめに: 事後評価と本資料の位置づけ

## 【本資料の報告内容と位置づけ】

- 本資料では、「宇宙開発利用部会における研究開発課題等の評価の進め方について」(令和5年(2023年)4月28日宇宙開発利用部会決定)を踏まえた事後評価を受けるため、JAXA自らが評価実施主体となって実施した本システムの事後評価結果を報告するものである。
- なお、本システムの目的、目標、開発方針、開発計画については、平成28(2016)年11月17日に宇宙開発利用部会による事前評価を受けた。



(注)本システムは地上システムであることから、衛星と違い打上げに関連した射場整備作業や打上げ直後の初期運用ならびに後期利用といったフェーズは無い。

# 報告内容

1. JAXA SSAシステムの概要
2. プロジェクト目標の達成状況
3. アウトカム目標の達成状況
4. プロジェクト終了審査結果

# 1. JAXA SSAシステムの概要

# 1. JAXA SSAシステムの概要

## 【開発経緯】

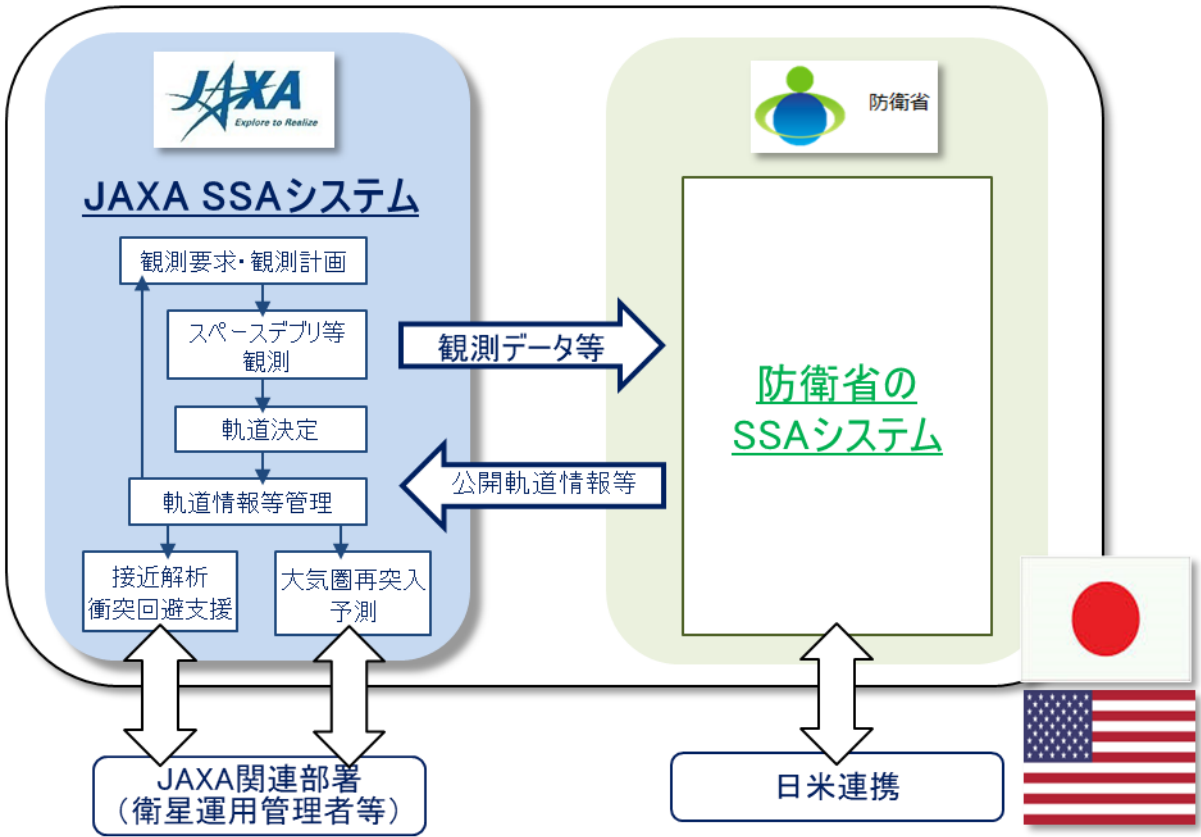
- 本システムは、2016年から開発に着手し、2022年3月に完成した。
- 2023年度初頭からの実運用を目指し、2022年4月より、防衛省航空自衛隊宇宙作戦群と共同で、本システムの試行運用を防衛省のシステムと接続して行い、同年12月に無事終了した。
- プロジェクトが定めたサクセスクライテリアについて、すべてのフルサクセスと一部のエクストラサクセスまで達成し、プロジェクトの終了について、2023年2月7日のJAXA理事会議において了承された。
- 2023年3月16日、計画より約2週間早く実運用を開始した。
- プロジェクトは2023年3月末日で解散し、2023年4月1日からはJAXA追跡ネットワーク技術センターにおいて、運用を継続している。

# 1. JAXA SSAシステムの概要

平成27(2015)年の宇宙基本計画に、『日米連携に基づく宇宙空間の状況把握のために必要となるSSA関連施設および防衛省やJAXAを始めとした関係政府機関が一体となった運用体制を、平成30年代前半までに構築する。』と示されたことを受け、2023年度からの運用開始を目指して、JAXAとしてのSSAシステム整備を実施した。

JAXAは、本システムの整備により、上述の運用体制の構築に貢献し、主として技術的な観点から政府のSSAの取り組みを支援する。

政府のSSAへの協力体制

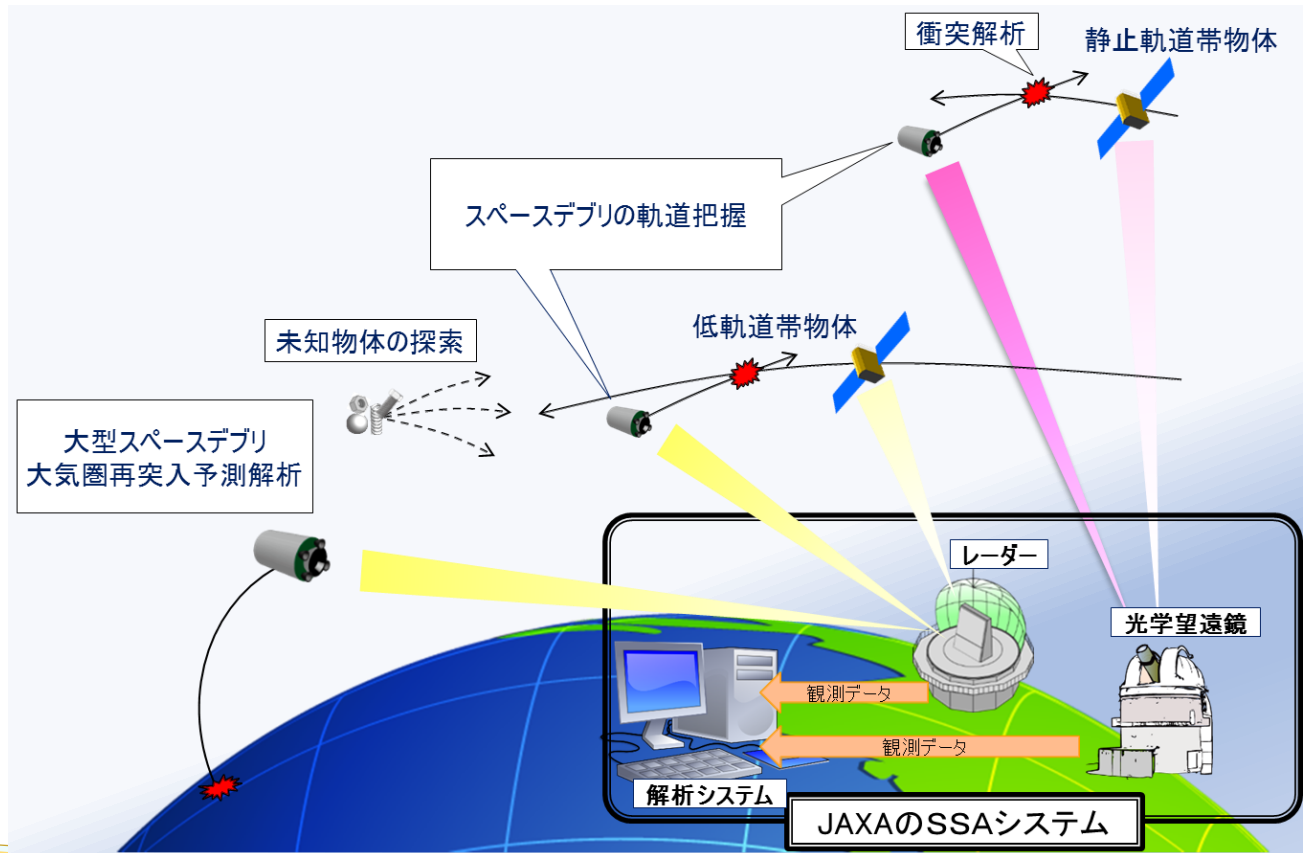


# 1. JAXA SSAシステムの概要

JAXA SSAシステムは、低軌道帯のスペースデブリ等を観測するレーダー、静止軌道帯のスペースデブリ等を観測する光学望遠鏡、及びこれらの観測センサからの観測データにより対象物体の軌道を把握し、分析等を行う解析システムからなる。

具体的には下記の機能を有する。

- ①地球周回軌道上物体の把握(スペースデブリ等の観測、軌道情報等のカタログ管理)
- ②JAXA衛星とスペースデブリ等との接近解析
- ③スペースデブリ等接近時の衝突回避運用支援
- ④JAXA由来の軌道上物体が大気圏再突入する場合の予測解析
- ⑤研究開発機能



# 目標性能

		JAXA SSAシステム	旧デブリ観測システム
レーダー	整備方針	現行レーダーと同じ敷地内に能力を向上した <b>新規レーダー</b> を整備する	
	観測能力	10cm級(高度650km)	1.6m級(高度650km)
	同時観測物体数	最大 <b>30</b>	最大10
光学望遠鏡	整備方針	現行の光学望遠鏡の <b>老朽化更新</b> を行う	
	検出限界等級	1m望遠鏡 : 約18等級 50cm望遠鏡 : 約16.5等級	1m望遠鏡 : 約18等級 50cm望遠鏡 : 約16.5等級
	視野角	1m望遠鏡 : 2.4×1.2度 50cm望遠鏡 : 1.7×1.7度	1m望遠鏡 : 2.4×1.2度 50cm望遠鏡 : 1.7×1.7度
	観測対象	LEO～GEO物体 (速度の速い物体にも対応)	GEO物体(速度の遅い物体)
解析システム	整備方針	主にレーダーの能力向上による観測物体数増大に伴う、機能向上をした <b>新規システム</b> を導入する	
	管理対象物体数	最大 <b>100,000</b> 物体	最大30,000物体
	観測データ数(レーダー)	<b>10,000</b> パス/日	200パス/日
	観測計画立案等	<b>自動</b> 処理	手動
	他機関とのインタフェース	<b>政府のSSAシステム</b>	なし

プロジェクトの総開発費は101億円である。



# 1. JAXA SSAシステムの概要

## 【システムの構成と整備結果】

- レーダー：既設レーダーと同一敷地内に新設し、既設設備は撤去。
- 光学望遠鏡：1m望遠鏡は老朽化更新、50cm望遠鏡は流用、データ処理設備等は更新。
- 解析システム：筑波宇宙センターに新規整備。



上齋原スペースガードセンター  
(KSGC)

★既設レーダーに隣接して新規レーダーを整備



岡山県

茨城県

JAXA  
(筑波宇宙センター)

★新しい解析システムを整備

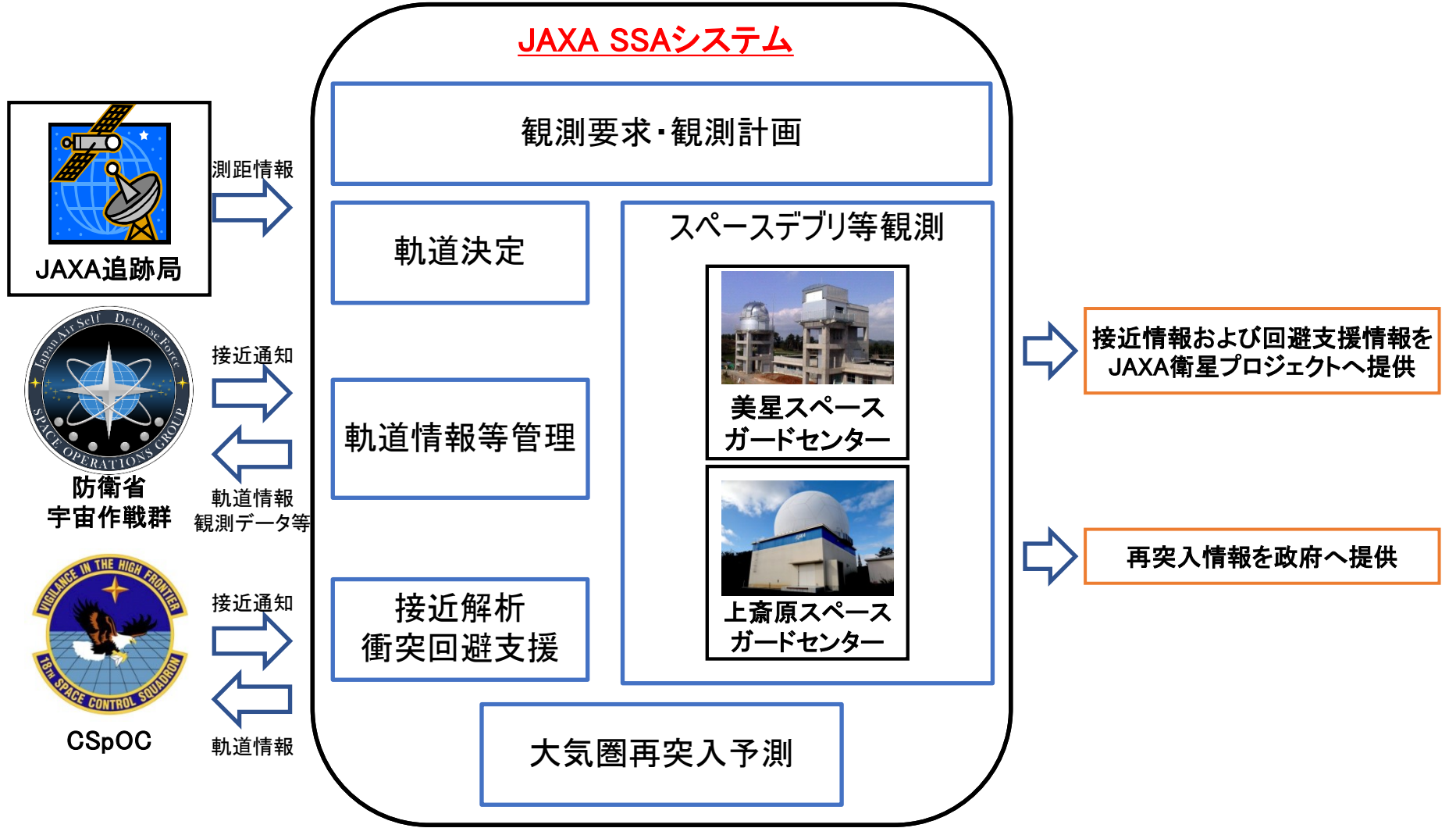
美星スペースガードセンター  
(BSGC)

★既設望遠鏡(1m口径、50cm口径)の老朽化更新



# 1. JAXA SSAシステムの概要

JAXA SSAシステムと外部とのインタフェースの概要を以下に示す。



# 整備スケジュール(実績)

年度	FY28 (2016)	FY29 (2017)	FY30 (2018)	FY1 (2019)	FY2 (2020)	FY3 (2021)	FY4 (2022)	FY5~ (2023~)	
マイルストーン	<ul style="list-style-type: none"> <li>▲プロジェクト移行審査</li> <li>▲宇宙開発利用部会(事前評価)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▲基本設計審査</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▲詳細設計審査</li> </ul>				<ul style="list-style-type: none"> <li>▲開発完了審査</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▲試行運用終了審査</li> <li>▲プロジェクト終了審査</li> </ul>	
	基本設計	詳細設計	製造・現地据付			インテグレーション	試行運用	実運用	実運用(当初計画)
レーダー 観測棟整備	基本設計	詳細設計	製造・開発試験		据付				
	地盤調査	施設設計・建築申請	土地造成・局舎工事						
光学望遠鏡	基本設計	詳細設計	1m望遠鏡製作	50cm望遠鏡製作	据付				
			処理機能製作・試験						
解析システム	基本設計	詳細設計	製造・開発試験						

当初、2023年度からの実運用を目指していたところ、宇宙作戦群の体制変更(第2宇宙作戦隊の発足)に合わせ、2023年3月16日より実運用を開始した。

## 2. プロジェクト目標の達成状況

## 2. プロジェクト目標の達成状況

SSAプロジェクトでは、ミッションを達成するために5つのタスクを定義し、それぞれに対してミッション要求を設定した。以下に、各タスクごとのミッション要求達成結果の概要をまとめる。

#	ミッション要求項目(タスク)	達成	結果
1	<p><b>既知物体の軌道把握</b></p> <p>軌道上の既知物体をレーダー及び光学望遠鏡により定常的に観測し、解析システムにて軌道決定・軌道予測・カタログ更新を実施する。カタログに登録された物体の軌道情報は、軌道予測誤差が設定した閾値以下となるように、継続的に観測およびカタログ更新を実施し維持・管理を行う。JAXA のSSA システムの観測能力・観測資源では観測することが困難な一部の物体の軌道情報に関しては、可能な範囲でJSpOCにて管理されている軌道情報を利用し、同時にJSpOCへも観測データ等を提供することで、JSpOCのSSAにも貢献する。</p>	レーダー、光学望遠鏡、解析システムの整備により実現。	達成
2	<p><b>未知物体の検出と軌道把握</b></p> <p>既知物体として維持・管理されていない軌道上の未知物体をレーダー及び光学望遠鏡により新たに検出し、得られた観測データから軌道決定・軌道予測・カタログ登録を行う。カタログ登録後は、既知物体と同様に再帰観測によって軌道情報の維持・管理を行う。</p>	レーダー、光学望遠鏡、解析システムの整備により実現。	達成
3	<p><b>接近解析と衝突回避運用支援</b></p> <p>接近解析では、解析システムで軌道情報を維持・管理しているスペースデブリとJAXA 衛星の軌道予測に基づき、対象衛星へ接近する危険性がある接近事象のふり分け(スクリーニング)を行い、接近のリスクを評価する(接近評価)。接近解析結果に基づき、所定の基準で接近警報を発行する。接近警報に基づき衛星管理者が衝突回避運用の要否を判断するために必要となる回避制御後の軌道情報、回避制御による他スペースデブリとの接近状況評価等の補足情報を提供する。</p>	解析システム整備により実現。	達成
4	<p><b>大気圏再突入予測解析</b></p> <p>解析システムで維持・管理しているJAXA 由来の宇宙物体について、軌道情報に基づき大気圏に再突入する時期を予測する。大気圏再突入間際は、SSAレーダーの観測データも用いることで精度の高い予測を行う。</p>	レーダー、解析システムの整備により実現。	達成
5	<p><b>SSAによる研究開発</b></p> <p>JAXA は、政府の宇宙開発利用を技術で支える実施機関として、これまでのSSA 業務や研究開発で得た知見等を最大限に活用し、本ミッションを達成するための技術開発、研究開発を行う。</p>	レーダー、光学望遠鏡、解析システムの整備により実現。	達成

# 2. プロジェクト目標の達成状況

前掲の各ミッション要求に対して、以下のとおりサクセスクライテリアを設定した。

#	ミッション		フルサクセス	エクストラサクセス
1	既知物体の軌道把握	レーダー	<ul style="list-style-type: none"> <li>●高度650kmで直径10cm級の既知物体を同時に最大30物体、捕捉・追尾ができること。</li> <li>●高度1000kmで直径30cm級の既知物体を最大30物体、捕捉・追尾ができること。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●老朽化更新後の光学望遠鏡を用いて、観測手法・画像処理の工夫により、検出限界等級以上である明るさ約20等級(直径10cm級)の物体の観測ができること。</li> </ul>
		光学望遠鏡	<ul style="list-style-type: none"> <li>●老朽化更新後の光学望遠鏡を用いて、静止軌道帯において現状観測可能な既知物体(1m望遠鏡で明るさ18等級(直径数10cm級)、50cm望遠鏡で明るさ16.5等級(直径1m級))を引き続き観測ができること。</li> <li>●高度200kmの物体追尾を可能とする。</li> <li>●観測手法・画像処理の工夫により、検出限界等級を改善することができること。</li> </ul>	
2	未知物体の検出と軌道把握	レーダー	<ul style="list-style-type: none"> <li>●未知物体の探知ができること。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●新規に整備するレーダーを用いて、探知した未知物体(先見情報の無い物体)の観測データを基に、再帰観測を実施し、既知物体と同等の精度で軌道決定・軌道予測ができること。</li> </ul>
		光学望遠鏡	<ul style="list-style-type: none"> <li>●未知物体を検出し、同夜内の追観測、翌日以降の再帰観測ができること。</li> </ul>	
3	接近解析と衝突回避運用支援	解析システム	<ul style="list-style-type: none"> <li>●独自の接近警報発信ができること。</li> <li>●衝突回避制御計画立案においては、再スクリーニングが自立的に実施できること。</li> </ul>	
4	大気圏再突入予測解析	解析システム	<ul style="list-style-type: none"> <li>●独自の大気圏再突入警報発信ができること。</li> </ul>	
5	SSAによる研究開発	レーダー	<ul style="list-style-type: none"> <li>●相関処理の各種パラメータ調整ができること。</li> </ul>	
		光学望遠鏡	<ul style="list-style-type: none"> <li>●多色測光観測を可能とすること。</li> </ul>	
		解析システム	<ul style="list-style-type: none"> <li>●軌道予測に用いる関連パラメータや誤差共分散の最適化を継続的に推進する関連パラメータの調整ができること。</li> </ul>	

# 2. プロジェクト目標の達成状況

フルサクセスのすべてとエクストラサクセスの一部を達成した。未達成のエクストラサクセスは、引き続き実運用期間中に達成を目指す。

#	ミッション		サクセスクライテリア(アウトプット目標) 達成結果	備考
1	既知物体の軌道把握	レーダー	【フルサクセス】 達成 高度650km (1000km) で直径10cm級 (30cm級) の既知物体を同時に最大30物体、捕捉、追尾できるようになったことを確認した。	旧レーダーでは、高度650kmの場合、直径約1.6m以上のものしか観測できなかった。
		光学望遠鏡	【フルサクセス】 達成 既存望遠鏡と同様、静止軌道帯において18等級 (1m望遠鏡) 、16.5等級 (同50cm) の既知物体を観測できることを確認した。 【エクストラサクセス】 達成に向け検討継続中 画像処理等により、明るさ約20等級の物体の信号識別を目指している。19.1等級の光度信号まではノイズとの分離ができた。	望遠鏡の老朽化更新を実施し、これまでと同じ性能が維持されることがフルサクセスのゴールだった。
2	未知物体の検出と軌道把握	レーダー	【フルサクセス】 達成 未知物体が探知できるようになったことを確認した。 【エクストラサクセス】 達成 いったん探知した未知物体の観測データを基に、繰り返し観測を実施して、既知物体と同等の観測運用ができることが確認できた。	試験では、実際は軌道が分かっている既知物体を、仮想的に未知物体と仕立てて、探知、追尾を確認した。
		光学望遠鏡	【フルサクセス】 達成 これまで通り、未知物体を検出し、追観測、再帰観測ができることを確認した。	-
3	接近解析と衝突回避運用支援	解析システム	【フルサクセス】 達成 独自の接近警報発信ができること、衝突回避制御計画立案で再スクリーニングが実施できることを確認した。	-
4	大気圏再突入予測解析	解析システム	【フルサクセス】 達成 独自の大気圏再突入警報発信ができることを確認した。	-
5	SSAによる研究開発	-	【フルサクセス】 達成 レーダー、解析システムについてはパラメータ調整ができること、光学望遠鏡システムについては、多色測光観測等ができることを確認した。	-

# 3. アウトカム目標の達成状況



# 3. アウトカム目標の達成状況(1/2)

プロジェクトの活動を通して得られたアウトカム目標の達成状況を以下に示す。  
 なお、本アウトカム目標は、今後のSSAシステムの実運用や、研究開発を進めていくことで実現していくものである。

	アウトカム目標	達成状況
1	<p><b>政府のSSA 活動への継続的な貢献</b>                      JAXA_SSA システムの運用、研究開発を通じて、将来にわたって政府のSSA 活動を技術で支えることで、政府の取り組み（日米連携に基づいた宇宙空間の安定的利用を妨げるリスクの監視及び回避）に貢献する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 防衛省～JAXA間で多岐にわたる技術・運用調整、意見交換等を実施し、<u>機関間のチームワークは深まっている。新たにSSA運用調整会も立ち上がり、将来にわたって政府によるSSA 活動を技術で支えるための基盤が構築できた。</u></li> <li>● 防衛省SSAシステム整備に対し、<u>JAXAのSSAシステムのアルゴリズムや設計情報、ソフトウェアを共有。防衛省SSAシステムの構築に、技術で貢献した。</u></li> <li>● 2022年12月に改定された防衛力整備計画の施策のひとつとして、<u>「JAXA等との交流による人材育成を始めとした連携強化」</u>が示されたように、防衛省からの派遣要員受け入れにより、<u>人材育成にも寄与した。</u></li> </ul>
2	<p><b>JAXA SSAシステムを通じた国際プレゼンスの向上</b>                      JAXA_SSAシステムによる運用や研究開発による観測能力や軌道把握能力の向上等に関して、海外機関との連携を強化し、世界のSSAにおけるJAXA の国際プレゼンス向上を図る。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● JAXAのSSAシステムは、国連宇宙空間平和利用委員会(COPUOS)や、海外機関が参加する場において周知されており、<u>その存在は広く認識されている。</u></li> <li>● プロジェクト活動期間中、米国を中心とする同盟国のSSA関係機関等が参加して行う宇宙状況把握机上演習に防衛省と共に参加し、<u>将来のSSA運用を見据えた防衛省・JAXA間の連携要領、手順の検証や演習の訓練サイドの支援等を行って、防衛省を通じ日本の国際プレゼンスの向上に貢献した。</u></li> <li>● 当初の計画通りにシステム整備を完了させ、かつ防衛省・JAXA間のシステムの接続を確立させたことは、防衛省が米国と実施している今後のSSAに<u>関連する協議の後押しとなり、国際プレゼンスの向上の一役を担ったと考えられる。</u></li> </ul>

# 3. アウトカム目標の達成状況(2/2)

	アウトカム目標	達成状況
3	<p><b>デブリ接近警報通知による日本の人工衛星の安定的な運用への貢献</b></p> <p>自立的なデブリ接近解析を行う能力が確立し、より迅速なデブリ接近警報の通知が可能となることから、衝突回避運用の適正化を実現できる。これにより、衛星の安定運用や不要な回避運用の削減により衛星の長寿命化に寄与する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●これらの目標は、整備後のシステムを用いて防衛省との連携運用を行うことで達成することを意図したものである。プロジェクトとしては、追跡ネットワーク技術センターとの連携により、2022年度の試行運用にて、デブリ接近警報、再突入予測情報提供に関する運用試験を実施。同年10月には旧システムからSSAシステムに移行させ、<b>2023年度からの実運用開始に先駆けて、その運用を開始し、本目標を達成するための基盤を構築した。</b></li> </ul>
4	<p><b>再突入予測情報提供による我が国の危機管理業務への貢献</b></p> <p>独自の観測データや協力機関の観測データ等による軌道決定に基づく再突入予測を行うことで、迅速に再突入予測情報を発信することが可能となる。より迅速な再突入予測情報の提供により我が国の危機管理業務に貢献することで、国民の安全等に寄与する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●今後、本運用を長期にわたって着実に継続するとともに、JAXAが技術開発を継続して進めることによって、本目標は達成される。</li> </ul>

## 4. プロジェクト終了審査結果

# 4. プロジェクト終了審査結果

## 宇宙状況把握(SSA)プロジェクト終了審査 判定結果

2023年1月31日  
審査委員長 石井 康夫

プロジェクトマネジメント規程・実施要領に従ってプロジェクト終了審査を実施し、プロジェクト終了可否について確認した。

審査項目及び審査結果を以下に示す。

### 1. 審査項目

- プロジェクト目標(サクセスクライテリアを含む)の達成状況
- 社会的/政策的/国際的貢献状況やアウトカム及びインパクト(波及効果)
- 投入した経営資源(資金・人員)、実施体制、スケジュールの実績
- 調達マネジメントの実施結果及び資産の引継先
- レッスンズラーndの取り込み状況
- 機構横断的に継承すべき教訓・知見等の識別
- 人材育成結果
- 研究開発部門等によるプロジェクトへの貢献
- プロジェクト終了後に移行する事業

### 2. 審査結果

上記の審査項目に沿って審査した結果、プロジェクト終了は妥当と判断した。

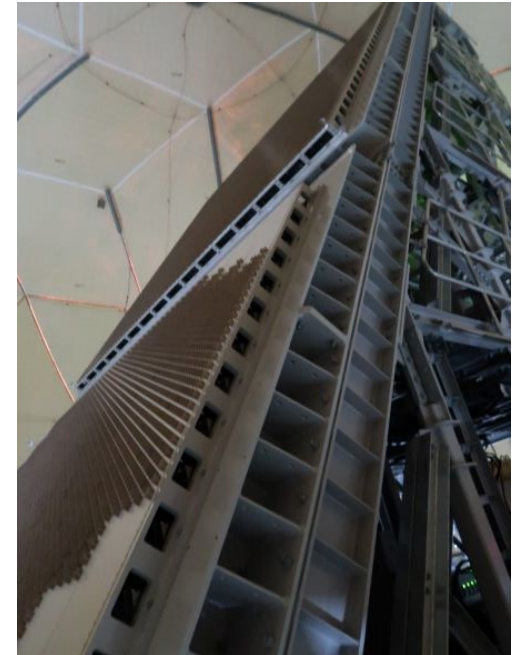
SSAシステムプロジェクトは、宇宙基本計画にも掲げられている防衛省と接続を持つ初めての機構プロジェクトとして立ち上がり、システムの構築においてJAXAシステム(光学望遠鏡、レーダ及び解析システム)の能力向上及び防衛省とのシステム接続を着実に実施し、スケジュール通りプロジェクトの目標を完遂できていることを確認した。

# 参考

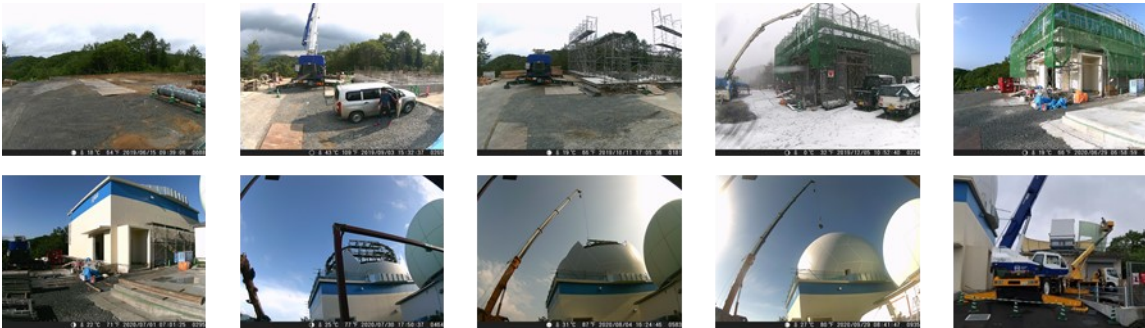
# SSAレーダー 外観



上齋原スペースガードセンター 観測棟Ⅱ



レーダー空中線



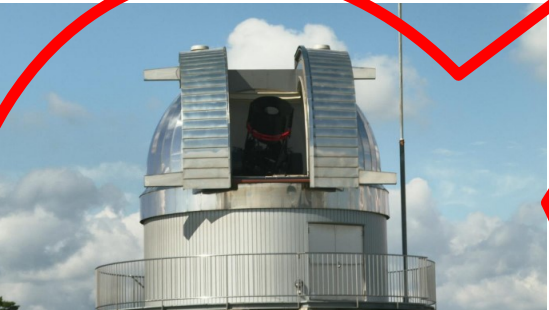
レーダー建設中の記録



上齋原スペースガードセンター  
外観

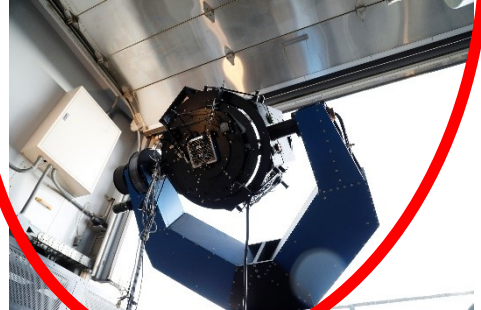
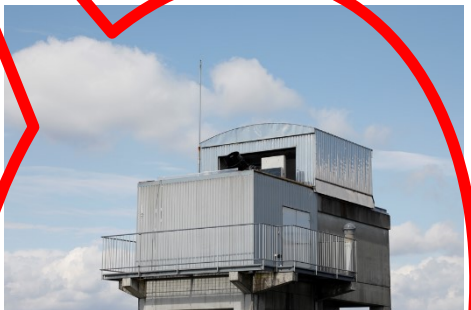
# SSA光学望遠鏡 外観

1m望遠鏡



美星スペースガードセンター  
建物外観

50cm望遠鏡



# 解析システム(SSA運用エリア) イメージ



追跡管制棟内 SSA運用エリアイメージ図



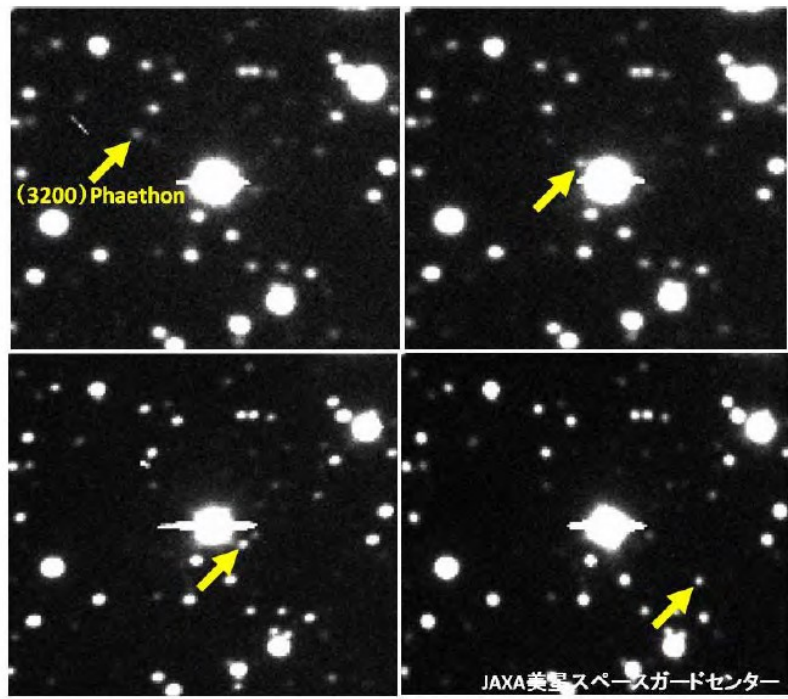
SSA運用エリア 運用風景



# 最近の活動(光学観測)

美星スペースガードセンターの光学望遠鏡は、スペースデブリ観測だけではなく、人工衛星の緊急時対応、天文現象把握、地球近傍物体観測(NEO観測、Planetary Defenseと呼ばれることもある)などにも活用している。以下に実施例を列挙する。

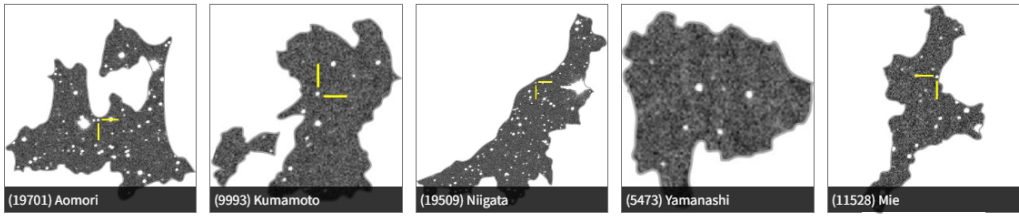
- 衛星リオービット時の軌道検証や衛星との通信途絶時の衛星探索
- 衛星打上げ時にバックアップとして軌道把握を実施⇒XRISM/SLIMの撮像に成功
- はやぶさ2拡張ミッションにおけるフライバイ天体(小惑星2001 CC21)の画像及びライトカーブデータの取得
- 深宇宙探査技術実証機Destiny+(2025年度打上げ予定)の目的地”Phaethon(フェイトン)”(小惑星(3200)の画像及びライトカーブデータの取得
- 広報活動の一環として、月食や星食などの天文現象を撮影しSNSへ投稿
- 都道府県名を冠した小惑星を撮影しライブラリを公開  
(<https://track.sfo.jaxa.jp/gallery/index.html>)  
現在21府県を掲載



## 小惑星 (都道府県)

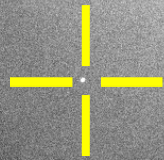
\*美星スペースガードセンターで撮影した小惑星

小惑星の写真をクリックすると、詳細説明が表示されます。  
 (※)メインベルトとは火星の公転軌道と木星の公転軌道の間にある、小惑星が多く集まっている領域のことで、小惑星帯とも呼ばれます。  
 (なお、いまのところ都道府県名がついた小惑星は全てメインベルトです。)



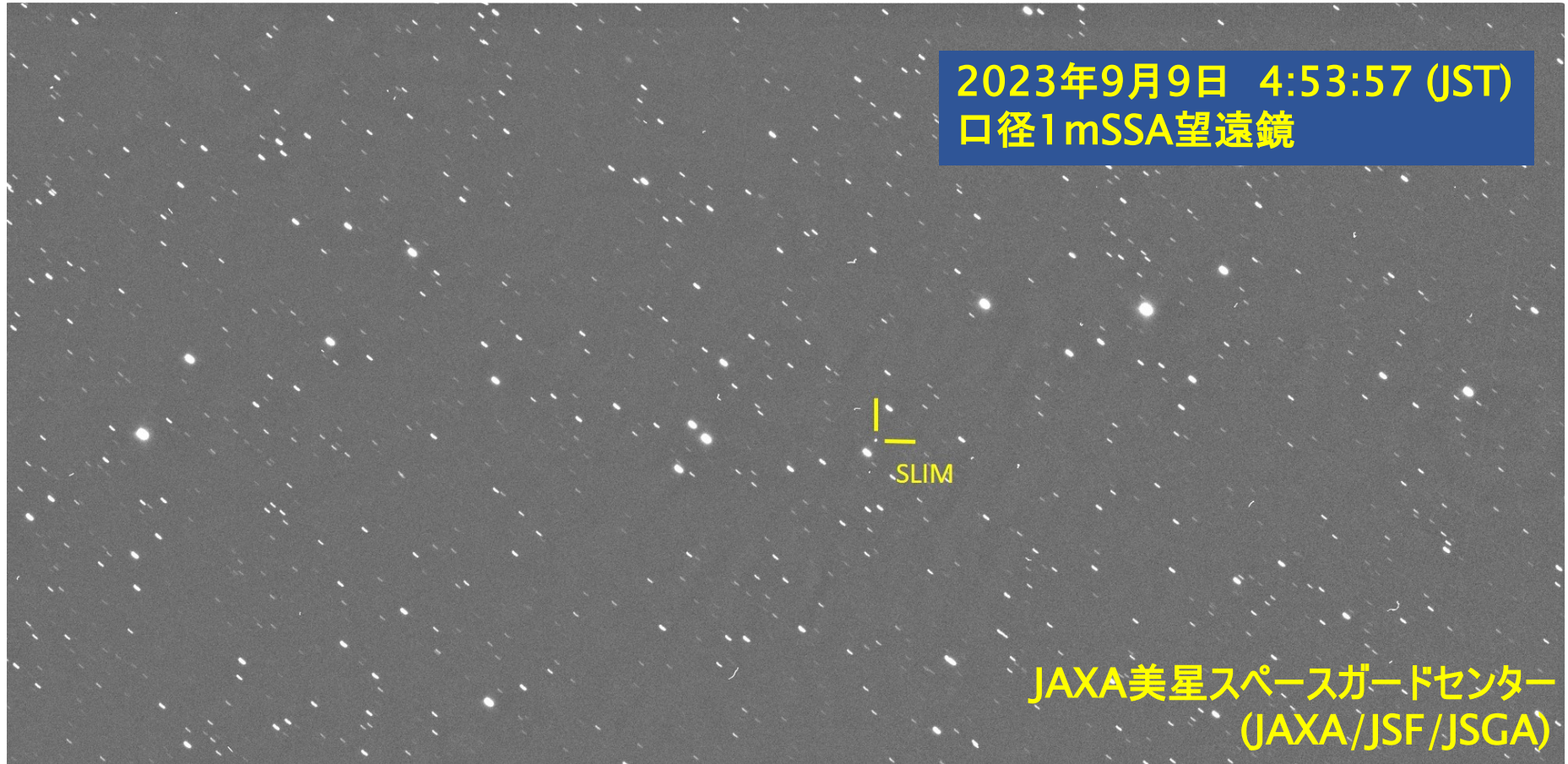
# XRISMの光学観測結果

2023年9月8日 3:45:22 (JST)  
口径1mSSA望遠鏡



JAXA美星スペースガードセンター  
(JAXA/JSF/JSGA)

# SLIMの光学観測結果



2023年9月9日 4:53:57 (JST)  
口径1mSSA望遠鏡

JAXA美星スペースガードセンター  
(JAXA/JSF/JSGA)