

1999 JU3への打ち上げ好機が2014年であること

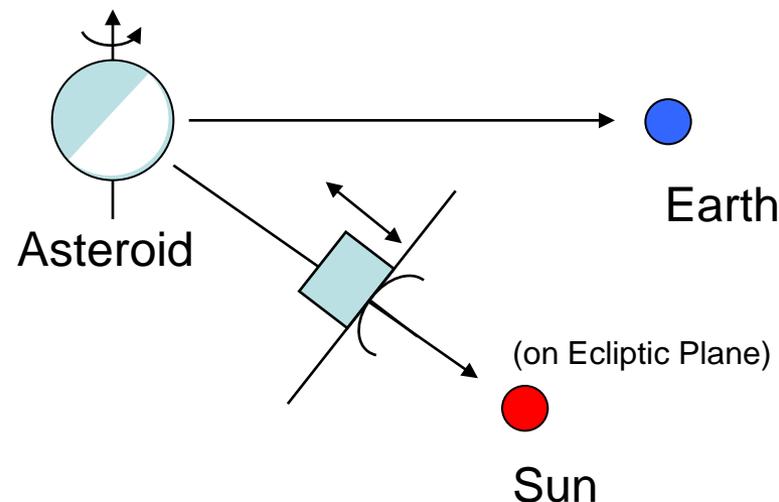
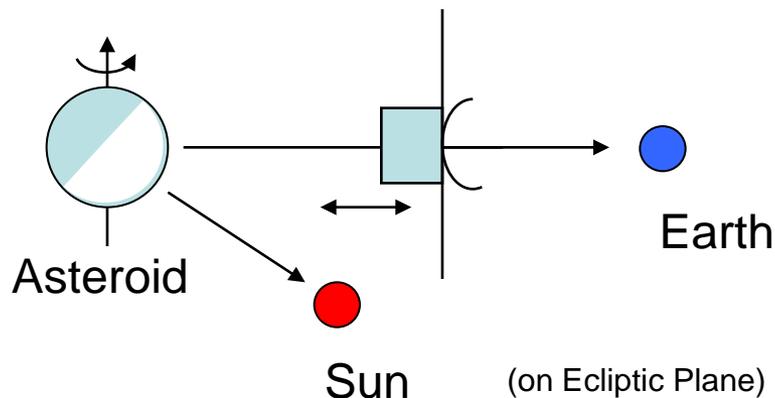


- 1999 JU3は、黄道面に対して、自転軸が横倒しに近いため、小惑星・探査機・太陽・地球の幾何学的位置関係によっては、永久日陰地域や地球からの永久非通信可能地域が存在する。仮に、タッチダウンできる地域がそのような場所にあった場合には、タッチダウンが行えないというリスクがある。
- タッチダウン時の影の付き方も、ミッションごとに異なり、ナビゲーションにとってリスクとなる場合もある。
- 2014年の打ち上げウインドウは、小惑星に到着してからの条件がよいが、2019年打ち上げでは、天体の幾何学的配置がよくない。
- 探査にとって次によい打ち上げウインドウは2024年に地球軌道を離脱するものとなり、2014年からは10年後となり、コミュニティーの維持は不可能となる。

太陽-対象天体-地球間の角度(SPE角)が大きいと、 降下・着陸運用に大きなリスクが存在する



参考資料

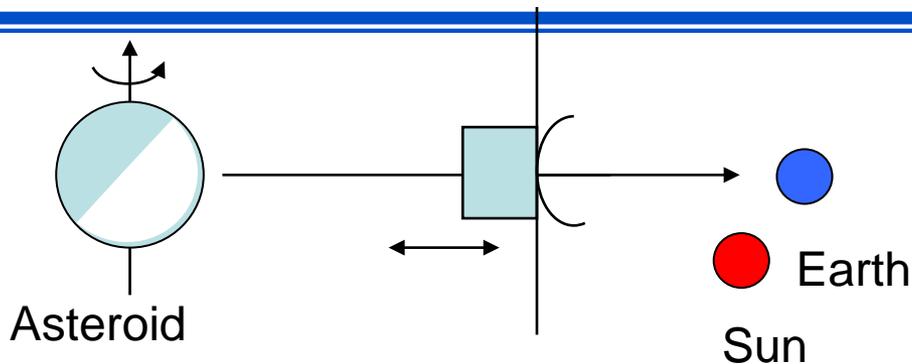


戦略-A : 地球指向降下

戦略-B : 太陽指向降下

電波情報で小惑星中心相対の航法情報は得られるが、太陽-対象天体-地球間の角度(SPE角)が大きいと、地形航法(レーザ高度計、地形情報)を校正できないため、リハーサルによる方策の確立は難しく、降下・着陸運用の信頼性は低く、リスクが高い。

永久日陰、永久交信不能域が存在すると、 降下・着陸運用に大きなリスクが存在する

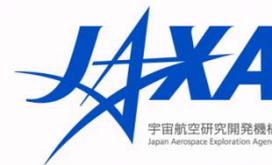


(太陽-対象天体-地球間の角度が
小さい場合.)

(on Ecliptic Plane)

- レゴリス集積地域が存在する場合、極域に偏在している可能性がある。
- 永久日陰地域や、永久交信不能域への降下着陸は困難である。
- 片方の極については、日陰、交信域の確保は時期を選べば可能だが：
永久日陰、永久交信不能域が存在すると、(太陽-対象天体-地球間の
角度が小さくても、)特徴地形が、自転に連れて出現・消失するほか、影
の伸縮が大きく、地形航法を妨げ、降下・着陸は困難である。

「はやぶさ2」ミッションシナリオ

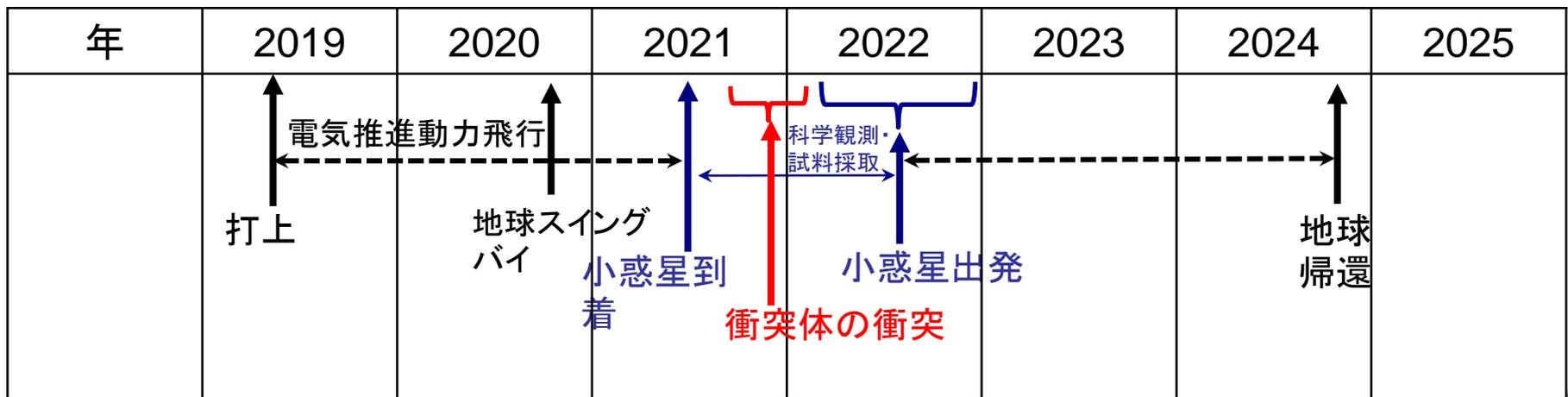


2014年打ち上げの場合

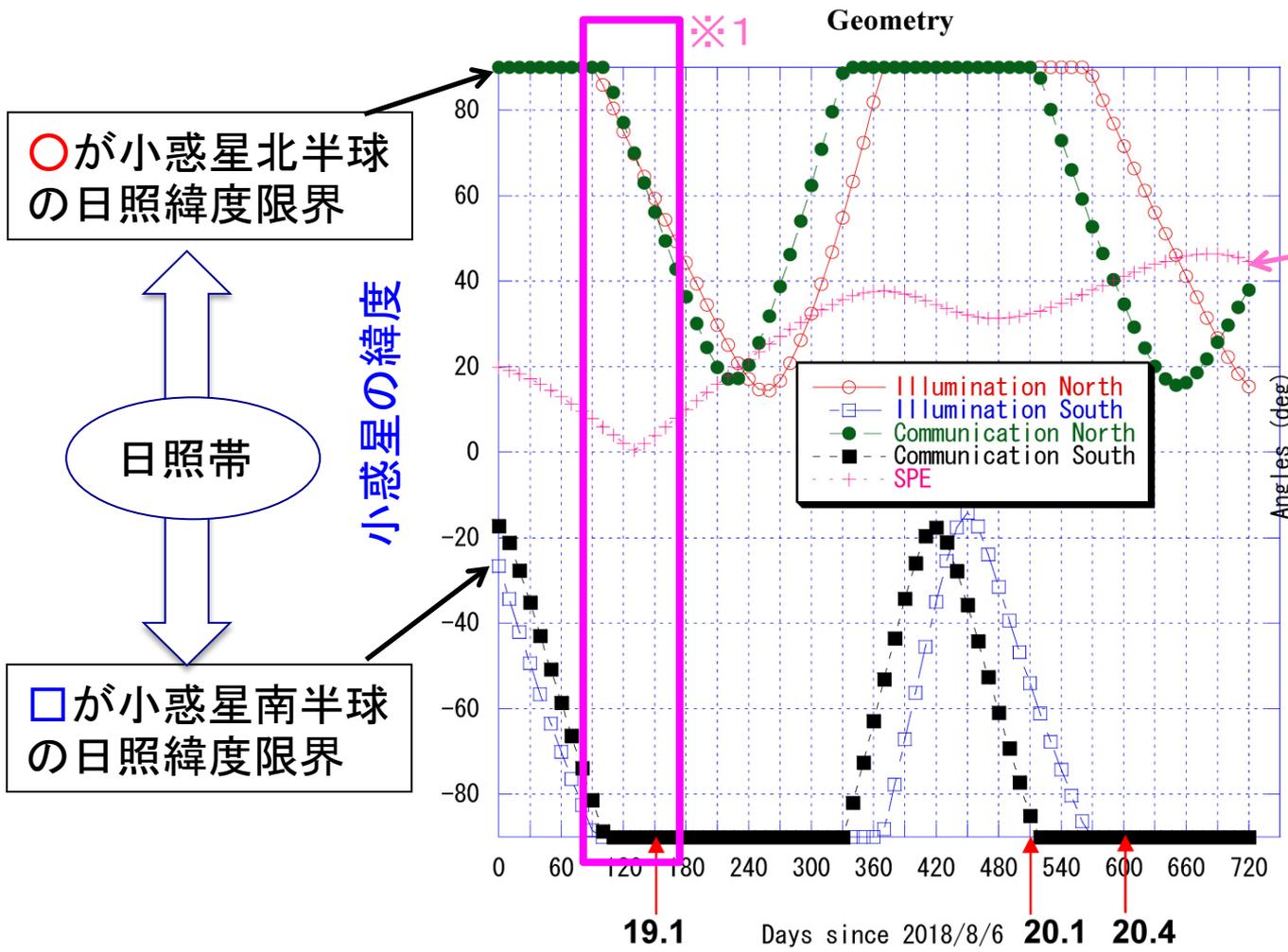


2019年打ち上げの場合

2019年打ち上げでは、天体の幾何学的配置上、ミッション困難



2014年打ち上げ(2015年地球軌道離脱)の場合

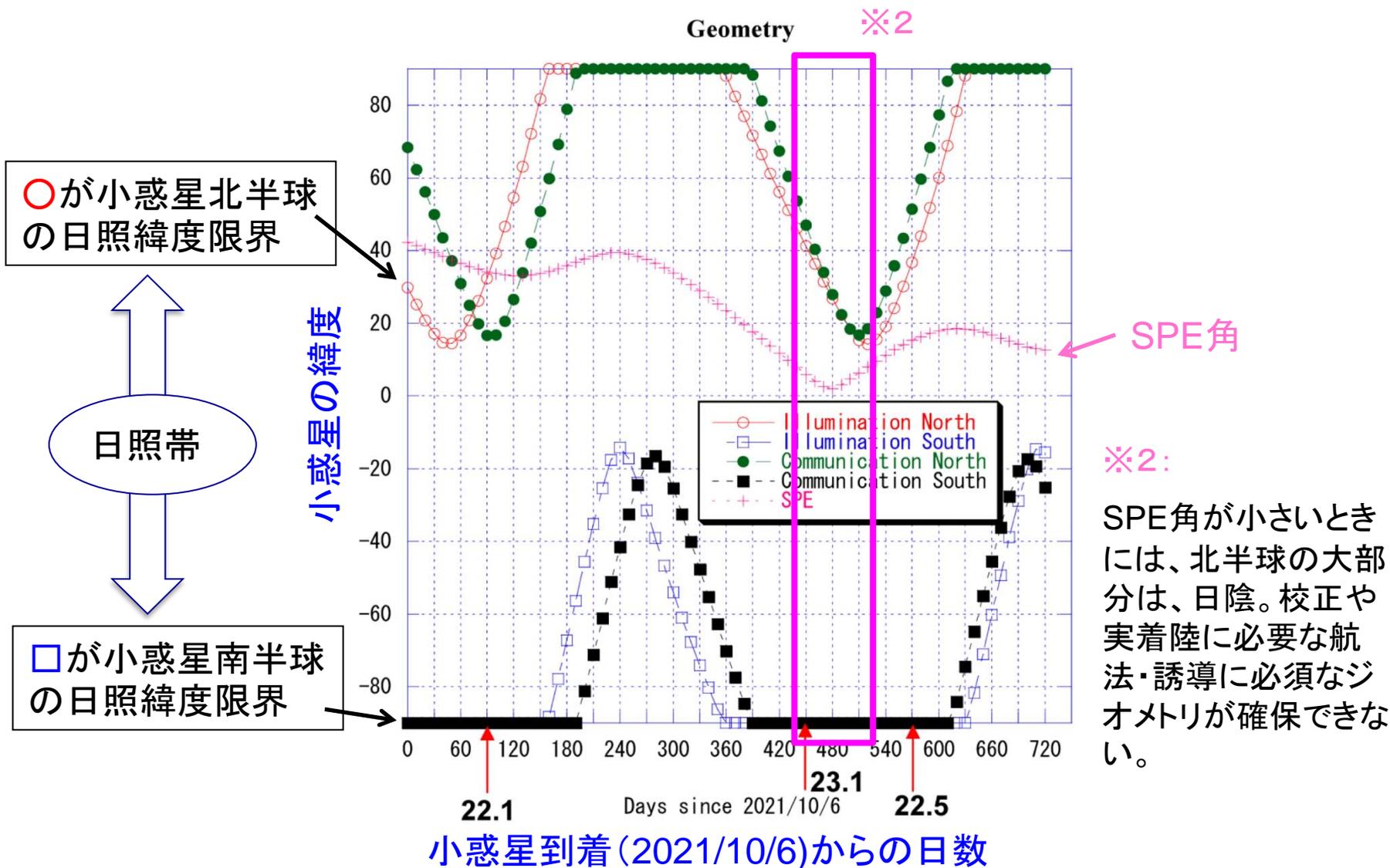


※1:
SPE角が小さいときに、小惑星の北半球から南半球までの全球が日照になる。

校正も実着陸でも、航法・誘導に必須なジオメトリを確保できる。

小惑星到着(2018/8/6)からの日数

2019年打ち上げ(2020年地球軌道離脱)の場合



技術成熟度(TRL)

「特定の技術の成熟度の評価を行い、異なったタイプの技術の成熟度の比較をすることのできるシステムティックな定量尺度」

表 JAXA/TRL基準の「レベル判定早見表」(スタンダード版)

	アイテムのレベル(*1)	環境	実証レベル	宇宙機搭載コンポーネントの場合の判定の目安
TRL9	実際のモデル	宇宙	ミッションの成功を通じた、「フライト・ブループリン」	・実際の運用条件の定常運用状態において、宇宙機システムの一部として、技術仕様で規定する機能・性能を実証
TRL8	実際のモデル	地上か宇宙	試験ないし実証を通じた「フライト認定」	・実際の運用条件において、宇宙機システムの一部として、初期機能確認が完了
TRL7	フライトモデル(FM)	宇宙(*2)	実証	・実際の運用にある程度近い運用条件において、宇宙機システムの一部として機能
TRL6	プロトタイプモデル(PM)	地上か宇宙(*3)	実証(フライトモデルとほぼ同一のコンフィギュレーション)	・QTが完了 ・事前実証用のフライトモデルで宇宙実証(小型衛星による事前宇宙実証等)
TRL5	エンジニアリングモデル(EM)	相当環境	実証(フライトモデルとは異なるコンフィギュレーション)	・開発試験完了
TRL4	ブレッドボードモデル(BBM)	実験室環境	検証	・コア技術の設計仕様の検証
TRL3	コンセプト実証のための機能モデル	----	クリティカル機能や特性の分析的及び実験的なコンセプト証明	
TRL2	テクノロジーコンセプトやアプリケーション	----	明確化	
TRL1	基本原理	----	観察、報告	

サブシステム	構成機器	開発実績	TRL	備考
通信系	HGA、その他	あかつき	6-8	平面型に変更 ポインティングメカニズム追加
Ka通信系	TRP、その他	きずな、商用衛星	6-8	
電源系	SAP、BAT、PCU、SBD、APR	はやぶさ	8	
データ処理系	DHU	はやぶさ／小型科学衛星	6-8	高速処理化
	DR	はやぶさ	6-8	容量増加
	その他	はやぶさ	8	
航法誘導制御系	ONC-W1	はやぶさ	6-8	JU3への適合化
	ONC-W2	はやぶさ	6-8	JU3への適合化
	ONC-T	はやぶさ	6-8	JU3への適合化
	LRF	はやぶさ	6-8	直下ビーム追加
	LIDAR	はやぶさ	6-8	枯渴部品対応
	WDE	はやぶさ	6-8	RW 4個に変更のため
	FLA	はやぶさ	6-8	枯渴部品対応
	TM	はやぶさ	6-8	JU3への適合化・再帰反射特性変更
	着陸航法ソフトウェア	はやぶさ	6-8	JU3への適合化、試料採取運用のロバスト化
その他	はやぶさ	8		

サブシステム	構成機器	開発実績	TRL	備考
熱制御系		はやぶさ	8	
構造系	構造体	はやぶさ	6-8	構造体強化
	その他	はやぶさ	8	
電気推進系		はやぶさ	8	
化学推進系	配管系統	はやぶさ	6-8	配管経路の変更
	その他	はやぶさ他	8	
電気計装系		はやぶさ	8	
サンプリング機構	ホーン・プロジェクタ・搬送部	はやぶさ	6-8	機能追加・変更
	その他(キャッチャ・コンテナ)	はやぶさ	6-8	JU3試料に適合化
地球帰還カプセル		はやぶさ	8	
衝突装置	弾頭部	新規	4	予備実験済
	点火回路・安全機構・エレキ	新規	4-6	過去の衛星・ロケットの実績品の利活用
	分離機構	はやぶさ	6	はやぶさのカプセル分離機構相当
小型ローバ		はやぶさ	8	
理学観測機器	近赤外分光計	新規	3	はやぶさ搭載機器からの素子及び光学系の変更
	中間赤外カメラ	あかつき	6	温度範囲変更、フィルタ追加を検討中
	レーダ、蛍光X線分光計、小型ローバ(二機目)、ランダ	はやぶさなど	3-8	オプション機器
地上系		はやぶさ	8	

2009年12月24日 はやぶさ2 SSR科学技術評価委員会からの答申

- ・委員長： 塚本尚義
- ・委員： 18名（構成員は次ページ参照のこと）

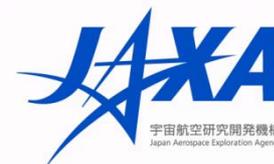
抜粋：

「・・・ 結局のところ、独立衝突機による計画はその物理的不確定さからサンプルリターンミッションと融合するには困難が予想され、逆に、搭載型衝突体による計画はサンプルリターンを確実にし、小惑星の新鮮な内部物質探査（うまくいけばサンプル採取も）の可能性もあると結論された。そのため、「はやぶさ2」において搭載型衝突体を付加するというプリ・プロジェクトチームの結論は、極めて合理的であったと本委員会は評価する。・・・」

「・・・ 当委員会は、本計画のシステム要求は人類の根源的な疑問に解決の糸口を与える第一段階の実現可能なミッションとなっており、サイエンスコミュニティーに十分支援されていると評価する。・・・」

はやぶさ2 SRR科学技術評価委員

18名：JAXA10名(JSPEC3名)、大学8名、
理学8名(固体惑星2名)、工学7名、ジャーナリスト1名



委員(五十音順)	探査委員	理学委員	工学委員
塚本尚義(委員長)	○		
上野宗孝(幹事)			
海老沢研(幹事)		○	
藤本正樹(幹事)	○	○	
岩田隆敬			
上野誠也	○		○
佐藤毅彦	○	○	
杉田精司	○	○	
高島 健			
趙 孟佑			
常田佐久		○	
寺門和夫	○		
戸田知朗			
西田信一郎	○		
花田俊也			
日比谷孟俊			
村上 浩		○	
吉田和哉	○		

学協会関連

ミッションの要求の背景となる事項として、学協会から寄せられた支援の声明文、要望書を示す。

学協会	年・月・日	文書	主要コメント
地球電磁気・地球惑星圏学会	2006年12月4日	要望書 (1)	とくに世界初のサンプルリターンへの再挑戦として“はやぶさ2”を遅滞なく計画され、実行されようとしていることは、国民の期待に応えるという意味からも重要なことです。
日本鉱物科学会	2008年10月15日	声明文 (2)	現在世界の最先端にいる我が国が、このアドバンテージを最大限活かして「はやぶさ2」によるサンプルリターンミッションを主体的・継続的に行っていくことが極めて重要なことだと思われます。
	2009年7月	声明文 (3)	内部構造探査として極めて意義深い。 太陽系の物質科学的な研究にとって新しい時代の幕開けとなる。
日本地球化学会	2008年10月28日	声明文 (4)	小惑星試料を実験室内で再び手にする機会を実現することにより、世界から尊敬される科学技術立国日本の推進を強く希望する。
	2009年7月7日	声明文 (5)	C型小惑星の実体が何であるか突き止めることは、・・・その実現は夢でもあります。 太陽系外の銀河空間にいたる銀河規模の起源をもつもの。
日本スペースガード協会	2008年11月3日	声明文 (6)	スペースガードの視点で、「はやぶさ」に続く「はやぶさ2」の計画は重要な鍵となる。
	2009年7月7日	声明文 (7)	その(=衝突回避)ための基礎実験を行うことができ、スペースガードとして、高く評価することができます。

JAXA外からの評価・声明・要望

学協会からの要望(1)

2006年12月4日 地球電磁気・地球惑星圏学会・要望書(会長 本蔵 義守)

- ・学会員概数： 700名
- ・送付先： JAXA理事長 立川 敬二
- ・参照資料： 「JAXA 月惑星探査センターの新設に関わる要望書」

抜粋：

「・・・ 月・惑星探査のシリーズ化(はやぶさ2, セレーネ2, のぞみ2, などの実施)は, 技術目標の着実な実現のために重要であり, 高く評価できます。とくに世界初のサンプルリターンへの再挑戦として“はやぶさ2”を遅滞なく計画され, 実行されようとしていることは, 国民の期待に応えるという意味からも重要なことです。さらに, 探査のシリーズ化は, 研究対象の観測機会を大きく増すという点で, 科学的にも重要であります。・・・」

JAXA外からの評価・声明・要望

学協会からの要望(2)

2008年10月15日 日本鉱物科学会・声明文(会長 松原 聡)

- ・学会員概数： 1000名
- ・送付先： JAXA理事長 立川 敬二
- ・参照資料： 「宇宙航空研究開発機構の「はやぶさ2」計画に関する声明文」

抜粋：

「・・・S型・C型は最も代表的な反射スペクトルタイプであり、それぞれ普通コンドライト・炭素質コンドライト隕石に対応している・・・また、太陽からの距離と関係を持って分布しており、太陽系の物質分布と構造を理解する上でも、大きな意味を持っています。・・・固体惑星探査におけるサンプルリターンという分野での国際競争の中で、現在世界の最先端にいる我が国が、このアドバンテージを最大限活かして「はやぶさ2」によるサンプルリターンミッションを主体的・継続的に行っていくことが極めて重要なことだと思われます。

・・・自然科学及び技術科学のコミュニティーの維持・連続性や次世代の人材育成を考えると是非とも本年度中に予算措置がなされ、「はやぶさ2」計画が速やかに実現されることを、強くお願いいたします。・・・」

JAXA外からの評価・声明・要望

学協会からの要望(3)

2009年7月 日本鉱物科学会・声明文(会長 松原 聡)

- ・学会員概数： 1000名
- ・送付先： JAXA理事長 立川 敬二
- ・参照資料： 「はやぶさ2拡大ミッションについての声明文」

抜粋：

「・・・今回の拡大ミッションは内部構造探査として極めて意義深いものであると認識します。さらに、このような深さから物質が採取できた場合には、宇宙風化などを受けていない新鮮な物質がC型小惑星から回収される可能性があり、アポロ計画による月のサンプルリターンにも匹敵する画期的なものになると考えられます。・・・「はやぶさ2」拡大ミッションにより、隕石のみの研究では決して到達できない研究レベルへの到達がなされ、太陽系の物質科学的な研究にとって新しい時代の幕開けとなると確信します。・・・「はやぶさ2」の早期の実現を切にお願いするとともに、その成果を最大限に引き出すために、学会を挙げて協力することをお約束致します。」

JAXA外からの評価・声明・要望

学協会からの要望(4)

2008年10月28日 日本地球化学会・声明文(会長 蒲生 俊敬)

・送付先: JAXA理事長 立川 敬二

・参照資料: 「サンプルリターンプロジェクトの早期実現に向けた声明文」

抜粋:

「・・・(はやぶさ)回収サンプルの初期分析チーム(HASPET)には本学会の会員も少なからず参加しております。・・・サンプルリターンミッションが継続的に実施される事は、・・・社会的、経済的にも大きなプラス効果があると信じます。例えば、リターンサンプルの分析には最先端分析技術のイノベーションが必要不可欠であり、産業を活性化させる動機付け効果が大きいと思います。・・・

はやぶさ後継ミッションにより、小惑星サンプルリターン技術を日本の惑星探査の「お家芸」として確たるものとし、さらには小惑星試料を実験室内で再び手にする機会を実現することにより、世界から尊敬される科学技術立国日本の推進を強く希望するところです。こうした成果の積み重ねによって、固体惑星科学を含めた日本の宇宙科学が世界をリードすることを夢ではないと確信するとともに、日本地球化学会挙げてそうする努力を惜しまないことをお約束いたします。」

JAXA外からの評価・声明・要望

学協会からの要望(5)

2009年7月7日 日本地球化学会・声明文(会長 蒲生 俊敬)

- ・送付先: JAXA理事長 立川 敬二
- ・参照資料: 「はやぶさ-2実現に向けた声明文」

抜粋:

「…このミッションの目的であるC型小惑星の実体が何であるか突き止めることは、40年にわたる宇宙化学の最大の疑問であった「隕石のふるさとが小惑星かもしれない」に直接的な答えを与えることにもつながり、その実現は夢でもあります。…しかも、21世紀に入ってより、これらの微細鉱物は太陽近傍から太陽系外縁のみならず太陽系外の銀河空間にいたる銀河規模の起源をもつものであって、この多起源の物質が顕微鏡で観察した一つの視野中に混在している事が初めて判明してきました。…世界の宇宙地球化学者の夢の実現に向けて、日本地球化学会挙げて協力を惜しまない事をお約束するとともに、「はやぶさ2」ミッションの実現を強く希望しておりますことをここに表明いたします。」

JAXA外からの評価・声明・要望

学協会からの要望(6)

2008年11月3日 日本スペースガード協会・声明文(理事長 高橋典嗣)

送付先: JAXA理事長 立川 敬二

学会員概数: 400名

・参照資料: 「「はやぶさ2」計画の実施を要望する声明」

抜粋: 「太陽系はその誕生から現在に至る生成過程において、天体の衝突を絶えず繰り返しており、地球はもちろんその例外ではありません。人類は幸いにも今までに大きな天体衝突現象をその歴史に留めていません。しかし小天体の衝突は近い将来においても起こり得る現象であり、しかもそれは地球上の生物に深刻な影響を及ぼし、多くの種の生存を危険にさらす可能性を持っているのです。

こうした、スペースガードの視点で、「はやぶさ」に続く「はやぶさ2」の計画は重要な鍵となると考えています。是非とも、「はやぶさ2」を実施していただきますよう、強く要望します。」

JAXA外からの評価・声明・要望

学協会からの要望(7)



2009年7月7日 日本スペースガード協会・声明文(理事長 高橋典嗣)

送付先: JAXA理事長 立川 敬二

学会員概数: 400名

・参照資料: 「はやぶさ2拡張ミッション実現に向けての声明」

抜粋: 「・・・天体の地球衝突問題を扱うスペースガードにとりましては、これは非常に重要なミッションとなりますので、改めて「はやぶさ2」に対する支援を表明いたします。・・・当然、衝突回避を行わないといけないこととなります。今回の「はやぶさ2」の拡張ミッションでは、そのための基礎実験を行うことができ、スペースガードとして、高く評価することができます。・・・スペースガードの活動として拡張された今回の「はやぶさ2」ミッションは、非常に重要かつ先駆的な課題であることから、日本スペースガード協会として是非ともその実現をお願いする次第です。」

JAXA外からの評価・声明・要望



2006年 はやぶさ後継機外部評価委員会

実施時期： 2006年9月13日～11月17日 計5回

委員会構成： 委員長： 水谷仁(ニュートンプレス編集長)

副委員長： 荒川義博(東京大学大学院工学系研究科教授)

政策関連委員： 3名(宇宙法、作家、教育)

探査技術委員： 6名(推進、材料、ロボティクス、精密、化学)

理学研究委員： 10名(惑星科学、鉱物学、天文学)

(うち日本惑星科学会会員は、水谷仁、海老原充、土山明、山本哲生、渡部潤一、井田茂、杉田精司の7名、占有率37%。)

・参照資料： 「はやぶさ後継機」外部評価報告書 水谷仁委員長 著

抜粋：「・・・C型小惑星はS型小惑星と並び、小惑星帯の主要な小惑星タイプで、有機物や水を多く含んだ物質からなり、太陽系の天体の中でもっとも始原的な天体のひとつであると考えられる。したがって提案されているミッションの実施が太陽系の起源を探る上で貴重な情報をもたらす事に疑いの余地はない。・・・」

「・・・以上の観点から、標記ミッションの提案は、高い科学的意義と、十分な技術水準のもとに設定されていることが確認でき、本委員会は全員一致の結論として、宇宙航空研究開発機構が早急に行うべき次惑星ミッションとして適当であると判定する。また、同時に、我が国で開発された「はやぶさ」型探査の主導性を維持すべく、本ミッションの速やかな実現を同機構に助言するものである。」

世界の太陽系小天体探査(1/2)

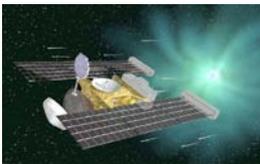


	1980	1990	2000	2010
フライバイ	<p>1986<ハレー彗星> ベガ1号・2号、さきがけ、すいせい、ジオット、ICE</p> <p>1985<ジャコビニ・ツィナー彗星> ICE</p>	<p>1991<ガスプラ>ガリレオ 1992<グリグ・シェレル彗星>ジオット 1993<イダ>ガリレオ</p> <p>1996<マチルダ> ニア・シューメイカー 1999<ブレリュ> ディープ・スペース1</p>	<p>2001<ボレリー彗星> ディープ・スペース1 2002<アンネフランク> スター・ダスト 2008<シュテインス> 2010<ルテティア> ロゼッタ</p> <p>2004<ビルト2彗星> スター・ダスト</p> <p>2005<テンペル1彗星> ディープ・インパクト</p>	<p>2015<冥王星> ニューホライズンズ 2011<テンペル1> NEXT 2010<ハートレイ2> >EPOXI</p>
衝突				<p>2019<1999 JU3> はやぶさ2</p>
ランデブー・着陸			<p>2000<エロス> ニア・シューメイカー</p>	<p>2014<チュルモフ・ゲラシメンコ> ロゼッタ 2011<ベスタ> 2015<セレス> ドーン</p>
サンプルリターン			<p>2005<イトカワ>はやぶさ (2010年帰還)</p> <p>2004<ビルト2彗星> スター・ダスト(2006年帰還)</p>	<p>2018<1999 JU3> はやぶさ2</p>

※年は天体に到着した(する)年を示す
※この他、火星衛星のフライバイ等あり

* はやぶさ2以外は、過去・現在に宇宙で運用されている探査プロジェクトのみを記載。

世界の太陽系小天体探査(2/2)

天体	国	探査機	図	結果および状況
冥王星・EKBO	米	New Horizons		フライバイ 2015年に冥王星・キロンをフライバイ観測。その後、EKBOフライバイを目指す。
小惑星	日	はやぶさ		ランデブー&着陸&サンプルリターン 2005年6月小惑星イトカワ到着、2010年6月地球帰還。
	米	Dawn		ランデブーx2 2011年にベスタ、2014年にセレスにランデブー。
彗星	欧	Rosetta /Philae		ランデブー&着陸 2008年シュテインス、2010年ルテティア、フライバイ。2014年にチュリュモフ・ゲラシメンコ彗星到着、着陸。
	米	Stardust >NeXT		フライバイ&サンプルリターン 2011年テンペル第一彗星フライバイ。ヴィルト第二彗星フライバイ時に彗星塵を採集後、2006年1月、地球帰還。
	米	Deep Impact >EPOXI		フライバイ&インパクト 2005年テンペル第一彗星核に子機を衝突。2010年ハートレイ第二彗星フライバイ。

略語表(1/2)

ACM	Accelerometer	加速度計
AOCP	Attitude & Orbit Control Processor	姿勢軌道制御電子回路
AOCU	Attitude & Orbit Control Unit	姿勢軌道制御電子回路
APM	Antenna Pointing Mechanism	アンテナ指向機構
APR	Array Power Regulator	
BAT	Battery	バッテリー
CMD	Command	コマンド
DE	Digital Electric	デジタル回路
EDISON	-	衛星運用工学データベースの名称
EPNAV	-	電気推進による探査機誘導計画立案ソフト
FBS	Fan Beam Sensor	ファンビームセンサ
HGA	High Gain Antena	高利得アンテナ
IRU	Inertia Reference Unit	慣性基準装置
ISACS-DOC	-	科学衛星異常監視・診断システム
ISACS-PLAN	-	科学衛星異常監視・計画システム
Ka	Ka-band	Ka通信帯
KaSW	Ka-band Switch	Ka帯スイッチ
KaTRP	Ka-band Transponder	Ka帯中継器(トラポン)
LGA	Low Gain Antenna	低利得アンテナ
LRF	Laser Range Finder	レーダーレンジファインダー
MGA	Middle Gain Antenna	中利得アンテナ

略語表(2/2)

ODC	Ordnance Controller	火工品制御装置
PA	PreAmprifier	プリアンプ
PCU	Power Control Unit	電力制御器
QL	Quick Look	テレメトリ表示装置
RCS	Reaction Control System	推進系
RW	Reaction Wheel	リアクションホイール
RX	Reception	受信(回路)
SAP	Solar Array Panel	太陽電池パドル
SCI	Small Carried Impactor	衝突装置
SIB	Satellite Information Base	衛星情報データベース
SIRIUS	-	科学衛星テレメトリデータベースシステム
STT	Star Tracker	スタートラッカー
SW (SWT)	Switch	スイッチ
TLM	Telemetry	テレメトリ
TM	Target Marker	ターゲットマーカ
TRP	Transponder	中継器(トラポン)
TX	Transmission	送信(回路)
XDIP	Xband Diplexer	ダイプレクサ、分波合波回路
XSW (XSWT)	X-band Switch	X帯スイッチ
XTRP	X-band Transponder	X帯中継器(トラポン)