

「学術の中長期研究戦略」の名称（日本語）：惑星探査コンソーシアム

「学術の中長期研究戦略」の名称（英語）：Planetary Exploration Consortium of Japan

提案分野：理工・工学

分野融合の内容：

キーワード1：バーチャル中核拠点

キーワード2：搭載機器開発

キーワード3：惑星探査シミュレーション

キーワード4：地球外サンプル分析

キーワード5：惑星探査データアーカイブ

氏名：中村昭子

生年月（※若手研究者が提案者となる場合に限り記入してください。）：

年齢（令和5年3月31日時点）（※若手研究者が提案者となる場合に限り記入してください。）（※産前・産後休業、育児休業を取得した日数を加算する場合は、その日数も記入してください。）：

所属機関・部局又は学協会名：日本惑星科学会

役職：会長

日本学術会議の所属：所属していない

連絡先郵便番号：140-0014

連絡先住所：東京都品川区大井1-6-3 アゴラ大井町3階 日本惑星科学会事務局

連絡先電話番号：03-6410-7041

連絡先メールアドレス：staff@wakusei.jp

氏名：竝木則行

所属機関・部局又は学協会名：自然科学研究機構 国立天文台

役職：教授, プロジェクト長

日本学術会議の所属：所属していない

連絡先郵便番号：181-8588

連絡先住所：東京都三鷹市大沢2-21-1

連絡先電話番号：0422-34-3911

連絡先メールアドレス：nori.namiki@nao.ac.jp

所属部局長の承認：

所属部局長の氏名：

所属部局長の役職：

所属部局長のメールアドレス：

推薦者1 氏名：

推薦者1 日本学術会議の所属：

推薦者1 メールアドレス：

推薦者2 氏名：

推薦者2 日本学術会議の所属：

推薦者2 メールアドレス：

推薦者3 氏名：

推薦者3 日本学術会議の所属：

推薦者3 メールアドレス：

ビジョンの概要：近年の小惑星サンプル回収の成果から、今後20年で惑星探査と天文観測の接点が広がり、惑星系の分子進化から太陽系内の物質輸送を俯瞰する学術領域が生まれると予測される。他方で、国際宇宙探査の急激な進展は、月・火星の科学が純粋科学の枠を超えて「人類の宇宙進出」に貢献することを強く求めている。人類圏の宇宙拡大の中で分野融合、産学連携、国際協調を進めながら惑星の起源や生命生存環境の探究が発展する未来を描く。

ビジョンの内容：本申請は、2019年に公表された地球惑星科学分野の科学・夢ロードマップの中の宇宙惑星科学分野のロードマップ（補足説明資料の図1；以下では図1）に則っている。但し、2019年以降に惑星科学分野のビジョンを大きく変える2つの進展があった。第一に、2020年12月に「はやぶさ2」が地球に小惑星リュウグウのサンプルを持ち帰り、日本のみならず世界の惑星科学者、そして日本社会に衝撃を与えた。この成功は「はやぶ

さ」から「はやぶさ2」, 「はやぶさ2」延長ミッション, 火星衛星探査 (MMX), そしてふたご座流星雨の母天体フェートン探査 (DESTINY+) へと続く日本の小天体探査シリーズを加速させた。他方で, 電波望遠鏡の観測は天の川銀河内で今まさに生まれつつある惑星系外縁部でのダストの形成を明らかにし, 光赤外の大望遠鏡は我々の太陽系外側の海王星外縁天体の姿をとらえている (図2)。ダスト形成が海王星外縁天体に, 更には惑星探査機が持ち帰った小天体サンプルの分析に繋がることで, 天文学と惑星科学の境界に新しい学術領域が生まれようとしている (「3.7 学術的な意義」を参照)。この潮流にのって, 惑星科学のコミュニティは現在, 2030年代を目指した次世代小天体サンプルリターン計画を立ち上げようとしている。JAXA内での宇宙科学ミッションは宇宙科学研究所 (宇宙研) が取りまとめており, 次世代小天体サンプルリターン計画も宇宙研の戦略的中型ミッション枠 (10年間で3回程度) に応募する。採択されれば, JAXA外の研究者が大学の研究室単位で緩やかに協力して機器開発を行い, JAXAプロジェクトとして運用された後に, 獲得した観測データを解析をすることになる (3.9に詳述)。しかし, こうした従来型の惑星探査プロジェクトには課題がある。a) 学生が個別プロジェクトに入れ込みすぎて系統的な人材育成に適さない, b) 獲得された技術が分散されてコミュニティに蓄積しない, ことである。今後10年間でこれらの課題を克服し, 20年後には未来の研究者が新領域を開拓している環境を今から整えることが学術振興の基盤形成として必要である。

第二に, 宇宙政策委員会の工程表が令和2年度に改定され, 米国主導の国際宇宙探査 (※) が詳細に記載されて今後の月・火星探査は国際宇宙探査の枠組みの中で進められることになった。元々惑星科学分野では「かぐや」月探査の実績を生かして「惑星系形成の仕組みの解明」を行い, 火星地下水圏の探査から「生命を育む環境の普遍的理解」に向かうための議論が行われている。国際宇宙探査は科学貢献を通して日本のプレゼンスを高める絶好の機会になる (3.7参照)。(※紛らわしいが, 国際共同の宇宙探査一般ではなく, 月と火星へ人類を送り込むための特定プロジェクトを指す固有名詞。アルテミス計画による有人月探査はその一部。) 一方で, 「人類の宇宙進出」を掲げる国際宇宙探査は政策主導のトップダウンプロジェクトであり, 民間事業者の参入とその基盤強化, 裾野の拡大が科学に並ぶ重要項目であることに深く注意すべきである。20年後の月科学は純粋科学の域を超えて, 資源探査, 土木工学, 宇宙農学...との異分野間融合や産学連携, 国際協調を中心に展開される (図3)。その場合は, 表層環境の理解と浅い地下構造の探査が月と火星に共通する探査技術の中心課題になるだろう。そうした「実学」とともに, 惑星の起源や生命生存環境探究という純粋科学を並立させるために, まずは惑星科学分野として強固な中核を形成し, トップダウンの目まぐるしい転換に遅れを取らない体制を建てる必要がある。

名称 (日本語) :

名称 (英語) :

提案の種別: 施設計画

総経費: 10年間で37.5億円(後述の3.12, 及び表1を参照)

学術研究構想の概要: 惑星探査コンソーシアムは, 今後20年間の惑星科学分野の発展を見据えて, 研究基盤を整備し, 共同利用するためのバーチャル中核研究所である。既存の小拠点ネットワークを活用して, 効果的に, 迅速に惑星探査科学の中核拠点を形成する。また,

バーチャル拠点の可塑性を生かして、分野融合や産学連携、国際協調を進めて、ボトムアップ型とトップダウン型両方のプロジェクトが併存する20年後の宇宙開発において日本が世界最高水準の科学成果を創出しているための環境を形成する。コンソーシアムは搭載機器開発、惑星探査シミュレーション、地球外サンプル分析、惑星探査データアーカイブの4部門からなり、部門間の連携と運営、評価のために本部を置く。また他分野との連携を促進するための部を設置する。各部門の活動はハブ機関が取りまとめ、研究活動の資金は独自に外部から獲得する。各部門が共同利用を受け付け、成果物は原則全て公開して、コミュニティに提供する。今後10年間の活動目標は、第一に、政策型ミッションの行方に注視しつつ国際宇宙探査の一部であるLEADミッションにおいて観測機器の月面実証を目指し、多様な観測装置の開発を継続して国の方針と社会のニーズに応えること、第二に、2030年代半ばの火星地下水圏探査に向けて火星の気象・気候モデルを作成し公開すること、第三に、MMXサンプルの受け入れ環境を整備し、高次キュレーションを実施すること、第四に、将来の宇宙研ミッションから得られる観測データをアーカイブし、解析ツールを作成することである。また、コンソーシアムは個人のアイデアをミッションとして具現化し、選別と洗練化を行うためのプロセスをコミュニティから踏襲し、コミュニティと協力してロードマップの策定・改訂を行う。惑星探査コンソーシアムの成果は研究目的に加えて、科学振興のため民間事業者はもちろん、海外、一般も利用できるように情報発信を行う。

目的と実施内容：「2.2 ビジョン」に述べたように、惑星探査科学はこれから宇宙研戦略的中型ミッションや国際宇宙探査に挑む。これらは巨大資金と膨大な人手を要する大型プロジェクトであり、その実現には海洋開発機構や核融合科学研究所のような中核研究所が惑星科学分野にも必要である。宇宙研はプロジェクト運用の実行組織（3.9参照）であって、特定分野のための中核研究所ではない。やむなく惑星科学分野ではこれまでプロジェクトごとに小拠点を形成し、搭載機器の開発やミッション立案のためのシミュレーション、回収されたサンプルの分析、獲得されたデータのアーカイブ化を実施してきた（3.14参照）。これらの小拠点で培ってきた知見や経験、加えて個人のアイデアをミッションとして具現化するために学会有志が築いた「月惑星探査の来る10年」という選別と洗練化のプロセス（3.14に詳述）を統合して、次の20年に備えることが本構想の第一の目的である。更に、国際宇宙探査を通して日本のプレゼンスを高めるためには、惑星探査科学が惑星の起源や生命生存環境探究という純粋科学の枠を超えて、異分野間融合や産学連携、国際協調を進める必要がある。その実施体制の構築が第二の目的である。（3.8と3.10に詳述）。

既存の小拠点や学会活動を無駄なく活用するために、バーチャルな中核研究所＝惑星探査コンソーシアムを提案する。バーチャルな組織には、サイズが自由に変えられるという利点もあり、分野融合・産学連携・国際強調に適している。発足時の構成要素は搭載機器開発、惑星探査シミュレーション、地球外サンプル分析、惑星探査データアーカイブの4部門として、各部門の取りまとめとなるハブ、ハブの中心に本部、その下に分野融合のための部署を置いて共同利用に供する（3.15参照）。コンソーシアムは人的、物的資源と知見経験を集約して開発効率を向上させ、同時に分野の多様性を担保する。

学術的な意義：「2.2 ビジョン」でもふれたように、他の惑星系でのダスト形成（電波天文観測）と海王星外縁部の天体のサイズと軌道（光赤外天文観測）、そして惑星探査が持ち帰るサンプルの分析結果を繋ぐことで、「原始惑星系円盤内の化学進化と物質輸送を明らかにして惑星系形成論を実証する」という新たな学術領域が生まれる。我々の太陽系から遙か

遠方の惑星系までを俯瞰して宇宙生物学を議論する土俵ができあがる(図2)。ただし、そのためには天文観測の精度・分解能を向上させるとともに、惑星探査がメインベルト小惑星や、さらに遠くの木星以遠の小天体まで到達してサンプルを持ち帰らなければならない。とりわけ、太陽系形成の鍵を握ると言われる雪線(※)の位置をサンプルの同位体分析から明らかにすることが新たな学術領域でのブレークスルーとなる。現在の日本の宇宙探査技術からすれば大きな挑戦であるが、決して不可能ではない。本構想はそのような大目標を夢で終わらせないための基盤形成を企図している。(※太陽近傍の高温領域と遠方の低温領域の境目。水蒸気(ガス)が氷(固体)になることで、惑星形成の材料が急増するとともに、有機物などの生命原材料が保存される。)

国際宇宙探査(「2.2 ビジョン」)における月探査の惑星科学的意義は、第一に、46億年前の地球・月系の痕跡を探し出し、生命誕生以前の地球の姿を明らかにすることである。プレートがリサイクルする地球にはもはや46億年前の痕跡はどこにも見つからない。もし残っているとすれば、月面上の太古の地殻のみである。とはいえ、その痕跡がどこに見つかるか未だ誰にも分からないので、広域の調査が必要となる。第二に、地球型惑星に固有の大規模火成活動の変遷を月は明らかにすることができる。月の海の玄武岩サンプルについて年代測定と化学分析を行うとともに、月震観測から深部内部構造を決定することで、月の海を形成した巨大噴火を解明できるだろう。同様な巨大噴火は地球や火星でもおきており、特に火星では温暖湿潤から寒冷乾燥の気候システムに切り替わった要因と考えられている(図4)。その火星でブレークスルーとなる探査は地下水圏と大気散逸の調査である。太古の火星を覆っていた大量の水は、現在の地表には存在していない。地下に潜ったか、宇宙に逃げたかのいずれかに違いない。火星表面を広く移動調査し、掘削を行う(地下水圏探査)とともに、大気下層から超高層までの物理と輸送過程を解明し現在から太古に遡る火星気候モデルを構築することで生命生存環境の探究に重要な制約を与えるだろう。地下掘削は月の水探査にも必須の重要技術である。

国際宇宙探査という巨大国家プロジェクトに参加することで、広範な波及効果が期待できる。第一に、月面での資源開発は、原理的には地球の資源開発と同じ手法を用いて、同じ段階を経て発展していくと予測される。従って、月有人探査はいずれは惑星科学に留まらず、地球惑星科学分野全体の対象に拡大するであろう。無論、地球と月の環境には確たる相違があり、惑星科学は地球惑星科学者を適切に誘導する役目がある。政策との仲介役はコンソーシアムという責任体制が果たすことが望ましい。第二に、国際宇宙探査は宇宙産業を育成する。民間事業者が提案するムーンビレッジ(※)には多くの非宇宙産業が関心を寄せている。地球惑星科学は、月面環境と資源の利用、基地建設、人間活動の安全性確保など、様々な場面で貢献することができる。産業と科学のスムーズな連携のために、コンソーシアムは非常に重要な機能となる。(※月面に常時数百人の人間が居住できる空間の建設計画。)

分野融合の意義・効果：惑星探査コンソーシアム自体は惑星科学分野『内』の統合である。しかしながら、「2.2ビジョン」を実現するためには他分野との融合、産学連携、国際協調へと進むべきであり(3.7, 3.10)コンソーシアムはその礎石となる。探査技術開発の観点からは、宇宙工学との連携により天体表面の広域移動、地下掘削、多点観測、急斜面へのアクセス等が可能になると期待できる。実際に月や火星の探査では科学と技術のマッチングが進んでいる(図5)。「はやぶさ2」という、理工連携により海外では実現しない科学成果をあげた好例もあり、日本独自の先鋭的な効果が実現するだろう。科学の観点からは、電磁気圏・プラズマ圏科学分野との連携が火星科学の深化をもたらし、電波や光赤外による天

文地上観測との融合が新しい学術領域を創生する（3.7参照）。こうした分野融合を促進するために、コンソーシアム本部の下に分野融合担当の部署を置く（3.11参照）。

国内外の研究動向と当該構想の位置付け：本構想に深く関わる宇宙研プロジェクトは原則的にボトムアップ型である。ミッション構想段階においてコミュニティは1搭載機器の基礎開発を行い、2ミッション案を洗練化して、優先順位をつける（3.14）。概念検討・プロジェクト化準備段階では3現実的なシミュレーション研究によって宇宙研を支援し、4機器開発やミッション定義を行う（図6）。ミッションがJAXA内でプロジェクト化されれば開発と運用の資金が確保され、宇宙研が主体となる。最終的に観測データは研究者に渡って解析される。この従来型スキームでは、宇宙研の探査経験を大学・研究機関へ還流させてアイデアの実現性を高めていくことが肝要であるが、現状では受け入れを斡旋する責任体制が無く、宇宙研との連携が滞っている。トップダウン型の国際宇宙探査では、変化の激しい政策要求にコミュニティが臨機応変に対応しなければならない。学会の「来る10年」をコンソーシアムに取り込み強化して、多種多様な観測提案を用意しておきたい。海外では米国にSSERVIというバーチャル研究組織がある。本構想も手本としているが、NASAの資金支援を受けている点では自立的な本構想と異なっている。

国際協力・国際共同：現段階では具体的な国際協力・国際共同の予定はない。しかし、宇宙研の戦略的中型ミッションでも国際宇宙探査でもプロジェクトの国際化は必然である。特に後者では、宇宙安全保障や産業振興の観点からインド太平洋地域での国際協力が求められる可能性が高い。コンソーシアムはその準備を進める。中でも、JAXAの月極域探査のパートナーであるインド、国産の月探査機を2022年に打ち上げた韓国、地球周回に複数の人工衛星を上げて次は深宇宙への活動拡大を希望する台湾は、科学においてもビジネスにおいても、将来の国際協力の有望な相手国である。

コンソーシアムは宇宙新興国への技術支援に貢献する。但し、国外への技術移転には厳しい制約があるので、教育・人材育成面での連携から開始する。惑星探査科学では有志により、日本と韓国、中国の学生を集めて、2016年から2019年まで毎年『東アジア惑星科学夏の学校』を開催してきた。参加学生や、欧米から招聘した講師らから高い評価を得ていたが、コロナのために2020年以降中止を余儀なくされている。コンソーシアムではこのような活動を積極的に支援し、国際交流を国際協力、国際共同へと発展させていく。

実施機関と実施体制：全体構成は図7を参照。

-搭載機器開発部門は独自の機器開発と新規参入グループへのノウハウ伝授を行う。

実施機関：立命館大学の施設センター（ハブ）、千葉工業大学、東京大学、立教大学、宇宙研

-惑星探査シミュレーション部門は探査情報基盤を支える専門家を育成し、オープンソースコードを開発・管理する

実施機関：神戸大学CPS（ハブ）、東北大学、宇宙研

-地球外サンプル分析部門はサンプル回収装置の設計と検証、帰還サンプルの高次キュレーションを行う。

実施機関：宇宙研（ハブ）、MMX及び国際宇宙探査の回収サンプル分析チーム

-惑星探査データアーカイブ部門はデータ処理パイプラインの作成と維持、データ公開、アーカイブサイエンスを実施する。

実施機関：会津大学（ハブ）

-実施体制：各部門に1名の特任教授（任期5年，3.12参照）

更に，以下の項目は4部門が共通して実施する。

1共同利用を受け付け，共同研究を実施（3.15参照）

2各部門内での情報交換（定期的な打合せの開催）

3他部門との情報共有のために2年に一回の技術講習会を主催（3.15）

4各部門独自の資金獲得

-本部：部門間の連携，調整を行う。

1人材育成と分野連携，産学連携のためのスクール主催（年1回）

2運営協議会を開催（年4回）

3外部評価を開催（3年ごと）

4ロードマップ策定・改訂の会議（3年に一回）を主催（3.15参照）

5広報・普及活動

実施機関：国立天文台RISE

実施体制：特任教授1名（同上），事務支援員1名

-更に，国際協力（3.10参照）と他分野（生物学，生命科学，物理学，工学...）との連携強化（3.8参照）のために分野融合・海外協力を専門に担当する部を本部の下に設置し，分野融合ワークショップ（年1回を目標）を開催し，1を支援する。

実施機関：東京工業大学ELSI

実施体制：特任教授1名（同上）

-コンソーシアムの全体方針は年に4回の運営協議会を開催して決定する。協議会委員は本部，分野融合・海外協力部，各部門の代表が1名ずつと，日本惑星科学会選出委員1名とする。また外部アドバイザー（3.15参照）がオブザーバー参加できる。協議会が各部門のダイバーシティ状況（目標は女性研究者25%以上）を確認し，勧告を出す。4部門+本部の活動にPDCAサイクルを回すために3年ごとの外部評価を実施する（3.15参照）。

所要経費：コンソーシアムはバーチャル組織であるが，地球外サンプル分析は温度や湿度，清浄度が一定の環境で一貫した分析を実現するため，地球外サンプル分析部門の宇宙研ハブにサンプル分析施設を建設し，分析装置を集約する。

建設費：サンプル分析施設（装置，設備等を含む）20億円

各部門には研究開発環境の保守維持費として合計7.5千万円/年を，また，学位のための共同研究，人材育成スクール，技術講習会，運営協議会，外部評価，広報普及（3.11参照）のために合計0.5千万円/年を配分する（内訳は補足説明資料の表1）。

運営費：10年間で8億円

各部門には1名の特任教授を配置する（表1）。その第一の目的は惑星探査に関わる知見と経験を広めることで，そのために他機関や海外・産業界からエキスパートを招聘して雇用する。第二の目的は分野内の人材交流を流動化させることで，あえてポスドク研究員ではなく，任期付きの特任教授としている。同一機関に長期間在職する経験豊富なスタッフが移籍することで周囲にも人事が波及していくことを期待している。また，本部には事務支援の短期職員1名を置く（表1）。

人件費：10年間で9.5億円

実施計画・スケジュール：2023年度にコンソーシアム活動資金の獲得を目指して，研究拠

点形成事業や産学融合拠点創出事業に応募する。以下は2024年度以降の活動費を確保した場合の計画である。

搭載機器開発部門は、国際宇宙探査のLEADミッションをターゲットとする。LEADは2020年代後半に1, 2号機で月からのサンプル回収と地震計設置を計画中だがまだ不確定で、コミュニティが開発する観測装置（図5）を売り込む余地はありそうである。24-25年度はLEADミッションの科学検討を注視しながら、有力装置を絞り込み、開発中の装置を修正してLEADへ適応させる。LEAD以外にも月・火星探査の機会を伺いながら各機器の開発を継続する。特に30年代から本格化しそうな民間主体の高頻度月着陸機会を活用して多地点観測を実現するためである。

惑星探査シミュレーション部門は2030年代半ばに計画されている火星地下水圏探査を念頭に、火星の気象と気候の数値計算コードを開発する。24-26年度はデータ同化により火星大循環モデルの精度を上げ、27-29年度には電磁気圏・プラズマ圏科学分野との協働により大気散逸を組み込む。30-32年度には地下水圏と大気の相互作用モデルを作成し、オープンソースとして公開する。

地球外サンプル分析部門はMMXが2029年度に持ち帰る火星衛星サンプルを分析すべく、拠点の整備を行う。24-25年度にサンプル分析施設の設計を行い、26-28年度に建設する。同時に測定装置の較正を実施する。29年度にサンプルが獲得されれば、分析と高次キュレーションを行って成果創出に注力する。

惑星探査データアーカイブ部門は、2024-31年度の宇宙研ミッション（24年月極域探査、25-29年MMX、26年DESTINY+、26と31年「はやぶさ2」拡張ミッション）に対してデータ公開とデータ解析ツールの提供、データアーカイブを行う。

これまでの準備状況：本構想は「2）研究者グループの具体的検討による企画書段階」にある。

日本惑星科学会では「惑星科学／太陽系科学 研究領域の目標・戦略・工程表」を作成しており、その中で「太陽系における生命生存可能環境の理解（CHASE）」というビジョンを掲げている。また、同学会は「月惑星探査の来る10年」という活動を行っている。これは、i) 個人や個別グループの持つアイデアを持ち寄って、ii) CHASEの観点で科学的意義を評価し、iii) 取捨選択してiv) ミッションプランを策定し、v) 有識者の助言を受けて洗練化する、という作業である（2022年からの「来る10年2」ではiv) までを実施）。本構想はCHASEを出発点として、「来る10年」を取り込んでいる。

搭載機器開発部門のメンバーは「はやぶさ2」やMMXのカメラ、レーザー高度計などを手掛けた開発実績がある。また、千葉工大PERCは宇宙研連携拠点に指定されてDESTINY+の観測機器とりまとめを行っており、東京大学UTOPSは超小型衛星の開発拠点である。惑星探査シミュレーション部門の神戸大学CPSは金星探査機「あかつき」のために大気力学計算を実施する一方で、長らくコミュニティへの情報インフラの提供を行ってきた。惑星探査データアーカイブ部門では会津大学が文科省の大学共同利用共同開発拠点に認定され、コミュニティに共同利用サービスを提供してきた。ただし、いずれも時限付きの資金のため恒久的な拠点には至っていない。

人材育成に関しては、「東アジア惑星科学夏の学校」（3.10）に加えて、国内では神戸大学CPSが「探査ミッション立案スクール」を開催して、理学系大学院生と企業の若手エンジニアが協力しながら実践的に探査を学ぶ場を提供した。加えて、会津大学では日本惑星科学会の支援により、惑星データ初心者のための「?惑星探査データ解析実習会」を長年継続し



て実施している。広報・普及活動としては、学会有志により、最新の月科学成果をまとめた「月サイエンスブック」が2022年にオンライン出版され、大学院教育に利用されている。民間事業者との連携では、2022年度から日本惑星科学会の将来探査専門委員会が民間事業者の団体「月面産業ビジョン協議会」の代表と検討を続けている。コミュニティとの対話は春と秋の学会で毎回実施している。本構想に関連して過去に予算化された大型研究は無い。

共同実施体制：バーチャル中核研究所としてコンソーシアムは共同利用を受け付ける。窓口は本部と各部門のハブとし、運営協議会が審査して、各部門が共同研究として対応する。研究は申請者が外部資金を獲得して行うことが原則であるが、学生の学位に関わる研究についてはコンソーシアムが支援する。各部門に蓄積されたノウハウを部門間とコミュニティで共有するために、年2回の技術講習会（各部門は2年に1回）を実施する（3.11参照）。また、惑星探査シミュレーション部門と惑星探査データアーカイブ部門で開発された数値計算コードやデータ利用ツールはオープンソースとして公開し、コミュニティの利用に供する。地球外サンプル分析部門でのサンプル高次キュレーション結果は惑星探査データアーカイブ部門から公開する。惑星科学分野のロードマップ策定は、日本惑星科学会と共催で3年に1回公開シンポジウムを行い、「目標・戦略・工程表」（3.11, 3.14参照）を改訂する。各部門の共同利用状況の評価は3年毎の外部評価（3.11参照）に含める。評価は日本惑星科学会選出委員1名と外部アドバイザー3名（宇宙研 中村正人, 東京薬科大学 山岸明彦, TBD）が実施する。

当該構想の国際的な我が国の優位性：日本の宇宙科学への取り組みは他の宇宙先進国とは体制が異なるために、本構想を単純に他国の組織（例えば3.9のSSERVI）と比較することは難しい。米国ではNASAと個人研究者の間に応用物理研究所やジェット推進研究所（JPL）が入って、探査機システムの設計・開発や観測機器開発を推し進めている。欧州ではヨーロッパ宇宙機関（ESA）と研究者の間にドイツ航空宇宙センターやフランス国立宇宙研究センターなどが介在する。日本ではNASAがJAXA, JPLが宇宙研という対応関係を期待するが、実際にはNASAやESAの役割の大部分を宇宙研が担っており、大学研究者を支援するだけの人的、資金的余裕がない。本構想はその欠落を補うための提案であり、必要性（3.17参照）はあっても、国際的な優位性は（現状では）少ない。ただし、国際宇宙探査により宇宙開発に参加する国家が増えれば、日本よりも厳しい環境で宇宙科学に挑む海外コミュニティも現れるだろう。そうした国々には、日本的な小規模で大胆な宇宙開発が高い価値を持つかもしれない。本構想はそのような将来像の下で、日本の特殊性を生かした競争力向上を企図している（3.10参照）。

当該構想に我が国が取り組む必要性：3.16に述べたように、本構想は日本の宇宙科学への取り組みの特殊性を発端としている。国内的な状況は3.9で説明しているが、国際的には近年の中国の台頭が今後の見通しを極めて不透明にしている。周知のごとく中国が猛烈な勢いで、しかも独自技術によって、欧米の宇宙開発を追いかけており、日本は既に宇宙開発の第三極という地位を失った。他方で、宇宙進出の敷居が下がったことで、韓国やイスラエル、アラブ首長国連邦など宇宙開発の新規参入国家が増えている。深宇宙探査には莫大な費用が必要なことは自明であり、いずれは多くの国々が国際協力・連携へ向かうはずである。米国中心の枠組みと中露が牽引する宇宙利用の狭間で、日本は月・小惑星・金星などの探査で、宇宙科学の価値創出という点で高い評価を得てきた。この評価を将来の小天体・月・火星探

査でも発展させ、宇宙平和利用を先導することが宇宙科学における日本のプレゼンスを高める最上の方策であろう。本構想は惑星科学分野の統合から異分野融合を誘導し、新たな国際協力（3.16参照）を模索している。日本の特殊性を生かして宇宙科学における日本の地位向上と探査の競争力強化を目指す戦略である。

社会的価値：本構想では、2種類のアウトプットにより惑星科学の社会的価値に貢献する。第一は、民間の宇宙開発事業者に向けたアウトプットである。搭載機器開発部門では装置開発に民間企業との共同技術開発を取り入れる。また、宇宙実証を経た機器は、宇宙開発に新規参入する民間事業者とペアを組んで小型化・軽量化を行い、技術とノウハウの移転を行うことを推奨する。惑星探査シミュレーション部門と惑星探査データアーカイブ部門で開発する数値計算コードやデータ利用ツールでも可能ならば開発に民間企業を導入し、オープンソースの民間利用を支援する。第二は、科学振興のためのアウトプットである。惑星探査データアーカイブ部門で開発するデータ利用ツールは国内外の一般の方々でも利用し易いようにインターフェースの簡素化に務める。会津大でのグラフィック産業との連携実績（3.14参照）を活用する。地球外サンプル分析部門は全国の科学館・博物館と協力して、地球外サンプルの一般公開を促進する。また、コンソーシアムとして、小・中・高の教育支援のための出前授業（国立天文台の「ふれあい天文学」を真似る）やSNSを利用したオンライン講演会を導入して普及に務める。