

- 惑星科学コンソーシアム
- 問い合わせ先(竝木則行 nori.namiki@nao.ac.jp)
- 計画概要

### 3-1. 惑星探査における JAXA/宇宙研および国際宇宙探査センターとコミュニティの役割分担:現状と課題

日本の宇宙探査は構想段階から始まって、いわゆるフェーズ A(概念検討), B(開発研究), C(開発), D(運用)を経た後に、獲得データを使った成果創出に至る(図 1)。JAXA は『実行機関』として、フェーズ A~D に責任を持ってプロジェクトを実施するが、最初の構想段階と最後の成果創出は、原則として、個別の研究グループや個人研究者の自助に委ねられている。しかしながら、典型的な大型プロジェクトである宇宙探査では、多様なミッション提案、機器提案を JAXA がゼロから評価することはあり得ず、『コミュニティの合意』というフィルタを通して事前の選別を行うことが求められる。成果創出の段階においては、プロジェクト研究者のデータ利用優先と速やかなデータ公開のバランスをコミュニティが調整して科学成果の最大化を図らなければならない。このように、プロジェクトの入口と出口において、コミュニティは重い責任を負っているため、その責任を担うだけの体制が必要である。

※「コミュニティ」の定義は曖昧である。以下では日本惑星科学学会の構成メンバーをもって「惑星科学コミュニティ」と呼ぶことにしたい。実感として「惑星科学コミュニティ」は日本惑星科学学会以上に広がっているのだが、本提案が日本惑星科学学会から提出されることを鑑みて、「惑星科学コミュニティ」≒日本惑星科学学会とすることをご容赦頂きたい。今後、賛同いただける研究者が増えるに応じて、「惑星科学コミュニティ」の定義を拡大することがあり得る。また本案の提唱するコンソーシアムでは大学・研究機関の関与を想定している点にもご注意頂きたい。

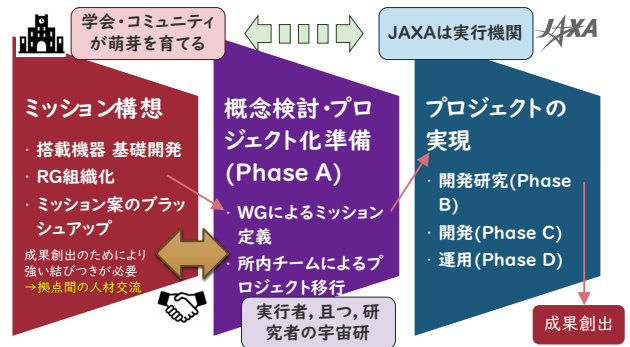


図 1 JAXA プロジェクトにおける責任分担の概念

#### 3-1.1. 惑星探査プロジェクトの実現

##### 3-1.1.1. ボトムアップ型の宇宙研プロジェクト

図 1 は宇宙研が実行する科学プロジェクトの責任分担を段階に分けて例示している。コミュニティはミッション構想段階において、搭載機器の基礎開発を行い、ミッション案をブラッシュアップして、コミュニティ内での優先順位をつける責任がある。一方、この段階で組織されたりサーチグループ(RG)が、概念検討・プロジェクト化準備段階でワーキンググループ(WG)⇒プリプロジェクトと発展するにつれて、コミュニティと宇宙研メンバーが緊密に協力して搭載機器開発やミッション定義を行わなければならない。特に、ミッション構想~概念検討段階においては、宇宙研における機器開発の経験を人材交流を通して宇宙研所外の大学・研究機関へ還流させて、多種多様な搭載機器の萌芽を育てることが重要である。反対に、コミュニティは現実的なシミュレーション研究(一般には“研究成果”として認められ難い)によって、宇宙研による概念検討・プロジェクト化準備を支援する。現状では、惑星科学コミュニティにおける責任体制が無く、宇宙研との連携に重大な支障がある。千葉工業大学と宇宙研は小惑星フライバイミッション DESTINY+において、時限付きの連携拠点を設立し、この課題に取り組んでおり、そのような連携の活動を今後さらに拡充させる必要がある。

##### 3-1.1.2. トップダウン型のアルテミス計画

アルテミスに代表されるトップダウン型のプロジェクトでは、原則として、個別の研究グループが一本釣りで直接 JAXA プロジェクトに組み込まれる(図 2)。コミュニティが分野ごとに持っている将来計画やロードマップを反映させるためには、宇宙研(アルテミスでは国際宇宙探査専門委員会)を通して JAXA(アルテミスでは国際宇宙探査センター)に働きかける必要があるが、そのような意思疎通のシステムの構築は現在模索中である。

安全保障や産業振興といった目的で実施されるトップダウンプロジェクトにおいて、惑星科学コミュニティが一貫した科学戦略を保つためには、多様な搭載機器の選択肢を常備していなければならない。そのためには惑星科学コミュニティに戦略的機器開発と情報流通を統括する指令塔が必要である。また、今後は宇宙理工学のみならず、医学や農学、人文社会学にわたる広い視野をもつ人材が求められる。学際的な人材の教育は宇宙技術に特化した JAXA よりも基礎教養を重んじる大学の務めであろう。

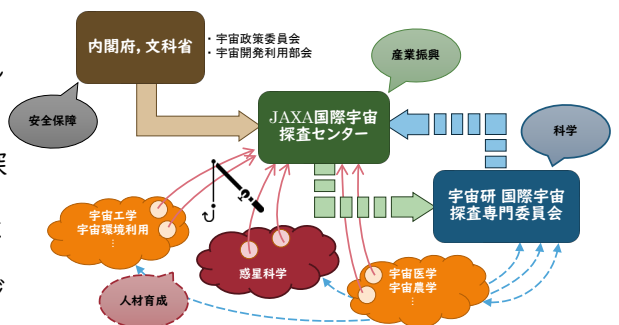


図 2 アルテミスにおける役割分担

#### 3-1.2. プロジェクト成果の創出

惑星探査において獲得された未加工データは永続的な保存と公平な公開の観点から JAXA が管理する。一方で、研究者が独自に較正や高次処理したデータを自由に公開するために、独立にデータ公開しなければならない。かつてデータ量が少ない時代は宇宙研と所外でのデータ公開の棲み分けは明確であったが、データ量が膨れ上がるにつれて、管理の境界が曖昧になっている。特に近年は「ビッグデータ」と呼ばれる大量のデータを処理するソフトウェアの開発と共有がますます重要になっている。そのような共有ソフトウェアは探査成果を生み出す研究に直結する一方で、汎用性や利用性に欠けている場合が多い。不完全で、しかし有用なオープンソフトウェア群と、それにより高次処理されたデータは自由度の高い大学・研究機関が維持するべきであろう。そのためには、惑星科学コミュニティがデータの管理・公開に一定の責任を持つ体制が必要となる。現在は会津大学が惑星探査データの拠点構築に向けて活動を続けている。

##### 3-1.3. 探査ロードマップの策定

探査の『実行機関』である宇宙研が、間違っても独善に陥ることがないように、宇宙科学のロードマップ提案は宇宙研が所外に諮問しなければならない。そのために、宇宙研では理工学委員会が多様な惑星科学コミュニティから各分野のロードマップを聴収し(RFI),取りまとめを行っている(図3)。日本惑星科学会の場合は、将来計画検討委員会が惑星探査のロードマップを作成し、RFIへの回答として理工学委員会へインプットしている。しかし、本来構成員に義務を負わせられない学会活動では多種多様な意見からロードマップの方向性を絞り込むことが非常に難しい。中核研究所における継続的で真摯な議論がロードマップの具体性や実現性を高める上で必須なのである。

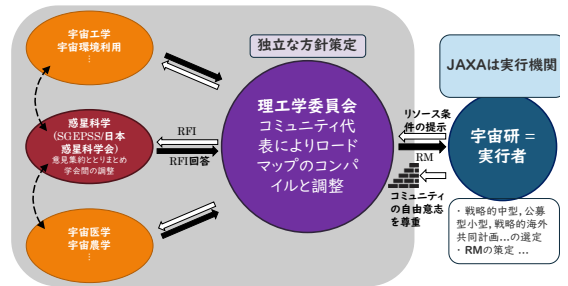


図3 ロードマップ策定における役割分担

### 3-2. コミュニティが担うべき役割: コンソーシアムの必要性

上記3-1の現状把握から、宇宙研とともに日本の惑星探査プロジェクトを実現するにあたって、惑星科学コミュニティに右記のような役割を求められていることが分かる。(1) ミッション構想~概念検討段階において、宇宙研と連携しうる責任体制を構築する。搭載機器開発を育成し、ミッション提案のブラッシュアップを実行するとともに、シミュレーション研究を通して概念検討やプロジェクト化準備を支援する。また、宇宙研との人事交流を可能にする。(2) トップダウンのプロジェクトに即応できる体制を構築する。積極的な情報流通により、戦略的な機器開発を統括する。(3) 宇宙理工学の殻を破り、医学や農学、人文社会学にわたる広い視野をもつ人材を大学において育成する。(4) データの管理・公開に一定の責任を持つ体制を構築する。研究目的で開発されたオープンソフトウェア群と、それにより高次処理されたデータを維持する。(5) コミュニティ内の将来計画提案を具体的に実現性の高いロードマップへ蒸留する中核研究所を構築する。

### 3-3. コンソーシアムの体制案

上記3-2の役割を、日本惑星科学会が担うことは困難である。学会は構成員のボランティアによって支えられており、学会の決定を義務・遵守事項として構成員に強制することができないからである。惑星科学コミュニティが持ちうる最も責任ある体制はリアルな中核研究所である。一方で、宇宙研のボトムアップ科学探査や、トップダウンのアртеミス計画が今後発展を続け、大きく方針変更される可能性は十分にあり得る。宇宙探査を取り巻く状況の変化に素早く対応するためには、バーチャルな中核研究所(コンソーシアム)が望ましいと考えられる。なお、同様な宇宙科学のバーチャル組織の好例として、海外ではNASAを中心に設立されたSSERVI(Solar System Exploration Virtual Institute; <https://sservi.nasa.gov/>)が存在する。

コンソーシアムには(a) 機器開発拠点、(b) シミュレーション拠点、(c) データ活用拠点、の3部門を設ける。各拠点は複数の大学・研究機関から構成され、宇宙研との強固な協力により、ミッション構想~概念検討段階と成果創出に責任をもって参加する。同時にコミュニティをリードして、搭載機器提案やミッション提案の萌芽を育成する。さらに3部門の活動を評価し、3-5年ごとにPDCAサイクルを回すための統括部門を設置する。

各種の搭載機器提案、ミッション提案は、日本惑星科学会の「月惑星探査の来る10年」活動を通して、ブラッシュアップされる(図4)。「来る10年」では、将来10-20年を見通して最重要な科学テーマを選定し、その評価軸の下に惑星科学コミュニティにとって最も重要性の高い提案を具体的なミッションプランへと具体化する。統括部門は「来る10年」を資金的に支援するだけでなく、それまでの探査経験を活用して実現性の高いミッション立案を手助けする。

統括部門は宇宙開発人材育成のために、コンソーシアムに参加する大学・大学院と(a)~(c)の3部門の連携を推進する。

### 3-4. 予算計画

コンソーシアムの統括部門は、参加する大学・研究機関からの代表者によって構成されるものとする。神戸大学CPS、もしくは国立天文台RISEに事務局を設置して、事務員1名と担当教員1名をおく。費用は2名分の人件費6千万円/年である。(a)~(c)の3部門には、担当教員1名を配置する。費用は3名分の人件費9千万円/年である。加えて、研究開発のための設備・事業費として(a)5億円/年、(b)3億円/年、(c)3億円/年を配分する。以上の合計は12.5億円/年となる。

なお、上記の担当教員は全て任期5年以内の特任教授とする。これは宇宙研や大学・研究機関で経験・実績を積んだ研究者を各部門に配置して、人材交流を促進するためである。加えて、コミュニティに属する研究グループのトップが移動することで、上位から下位へと玉突きによって人事の活性化を図っている。

(a)~(c)の3部門は3-5年に1回、統括部門が評価を行う。それぞれの評価年度は1年ずつずらして重ならないように実施する。コンソーシアムは5年を1期として全体評価を行う。第1期の評価により、2期10年間まで延長を可能とする。

### 3-5. 学術会議での評価基準について

#### 1) 計画の学術的意義(国際性や国際連携についても観点に含める)

本提案の第一の意義は、フラッグシップミッションの推進母体として研究基盤強化を行うことである。いずれ開始されるであろうPost-MMXミッションの検討において、国際競争に打ち勝つだけの研究基盤を整備する。第二に、トップダウンの国家プロジェクトに対応するシステムを構築する。巨大プロジェクトの中で地球惑星科学が科学であり続けるためには、揺るぎない軸と高い適応力を兼ね備えたシステムが必要である。以上のように、統合的な科学検討の推進と機器開発、基盤整備と人材確保を実現することにより、本格的太陽系探査時代の到来に学術コミュニティとして責任をもって対応しこれを推進、生命生存環境形成と維持に関する実証的研究を実現する。

#### 2) 科学者コミュニティの合意(コミュニティの拡がり及び合意のレベルも観点に含める)

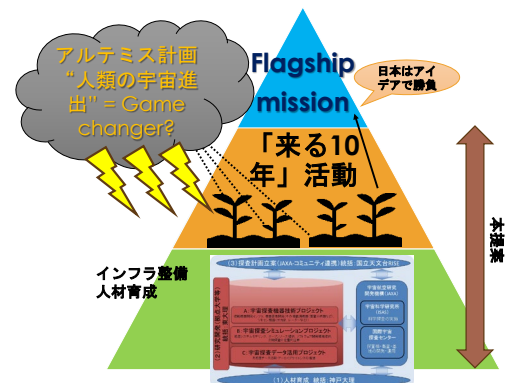


図4 学会とコンソーシアムの関係

本提案は日本惑星科学会, SGPSS から 2017 年, 2020 年マスタープランに提案されている. 今回はあらためて宇宙研の固体惑星研究者と議論を行い, 宇宙研と惑星科学コミュニティの役割分担を整理した.

3) 計画の実施主体の明確性 (合意のレベルについても観点に含める)

ネットワーク型組織の事務局は神戸大 CPS, もしくは国立天文台 RISE 月惑星探査プロジェクトにおく. 統括部門は, コンソーシアムの参加機関と日本惑星科学会 将来計画委員会が代表を出し, 連携して運営する. (a)~(c)の 3 部門は統括部門の下で拠点大学の特任教授が管理・運営する.

4) 計画の妥当性 (装置等の開発・制作・設置だけでなく, 運用計画とその後の計画, それぞれに必要な期間や予算措置についても含める)

本案は 2013 年の惑星科学研究教育コンソーシアム提案に始まって, マスタープラン 2014 (第 22 期) (代表 田近英一), マスタープラン 2017 (第 23 期) (代表 倉本圭), マスタープラン 2020 (第 24 期) (代表 林祥介) とブラッシュアップを重ねてきた, 十分に成熟した計画である. また, 今回の提案で新たに取り込むこととなった「月惑星探査の来たる 10 年」は, 日本惑星科学会 惑星探査専門委員会 (旧 将来惑星探査検討グループ) が第 1 回を 2010-2013 年に実施している. この活動で育まれたミッション提案が, 後の MMX, DESTINY+, LUPEX プロジェクトとして結実している. 現在は第 2 回が 2021 年 3 から開始しており, 第 1 回の反省を踏まえて順調に進められている.

5) 共同利用体制の充実度

完全な惑星科学コンソーシアムは未だ実現していないが, 部分的には全国の大学, 研究機関で草の根活動として時限付きでスタートしている. (a) 機器開発拠点としては千葉工大惑星探査研究センターと宇宙研連携事業や東京大学宇宙惑星科学機構 (UTOPS) が, (c) データ活用拠点としては会津大学 月惑星探査アーカイブサイエンス拠点が現在稼働している. ネットワークの協業運営は, 神戸大学 CPS により, すでに 10 年以上の実践が行われている.

6) 社会的価値 (国民の理解, 知的価値, 経済的・産業的価値, SDGs への貢献等)

国民に負託された巨費を要する惑星探査を推進し, 成果を最大限に引き出し, 我が国が世界から期待される人類知構築への貢献を実現し, 担当コミュニティとしてその責務を果たす. 人材育成においては, 2015-218 年に宇宙研-神戸大学 CPS の連携事業として, 探査ミッション立案スクールを実施した. このスクールは理工学の大学院学生と宇宙関連企業の社会人が同じテーブルで仮想的なミッション計画を立案するもので, 参加者から高い評価を得た. 会津大学では「宇宙リモートセンシングデータを利活用した課題解決型 ICT 学習の実践」を行うとともに, 日本惑星科学会と共同で月惑星探査データ解析実習会を毎年開催している. こうした宇宙教育のノウハウはアルテミス計画における産学連携と人材育成に生かすことができる. また, この活動とは独立に, 月科学の啓蒙のため, 月研究者有志による出版事業を実現した. (月サイエンスブック第一部 [https://ir.library.osaka-u.ac.jp/repo/ouka/all/search/200250180500/?lang=0&cate\\_schema=3000&mode=0](https://ir.library.osaka-u.ac.jp/repo/ouka/all/search/200250180500/?lang=0&cate_schema=3000&mode=0))

7) 大型研究計画としての適否

上記 1) を参照.

8) 成熟度

上記 4) を参照.

9) 我が国としての戦略性, 緊急性

上記 1) を参照.