

# 「月惑星探査の来たる10年」 検討作業

平成22年8月5日 並木則行

目的: 惑星科学コミュニティの力量を自覚し, 探査  
将来計画を自主的に企画する.

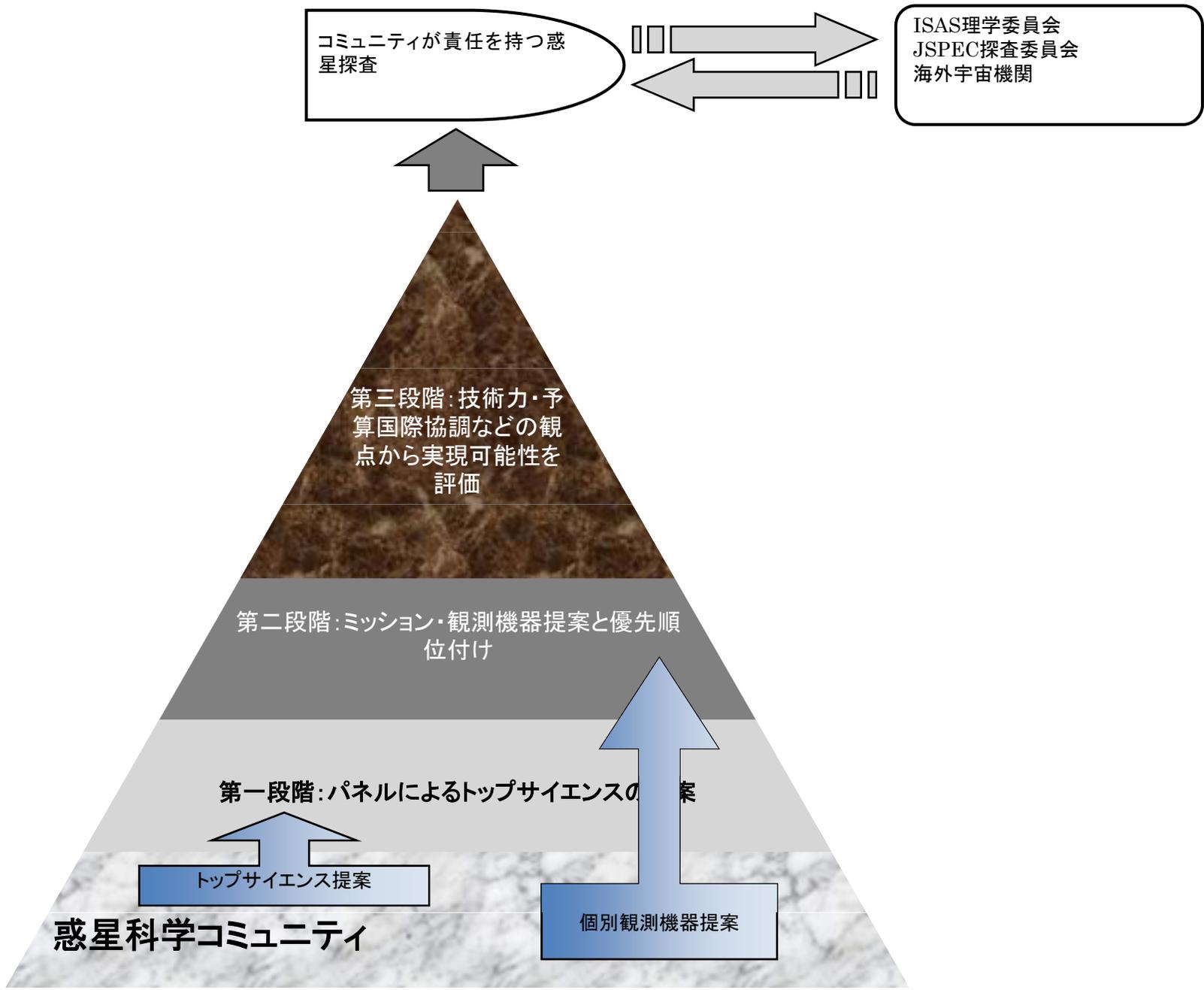
2.5~3年程度の作業

第一段階: 4つのパネルによるトップサイエンスの提案

第二段階: ミッション提案と優先順位付け

第三段階: 技術力・予算・国際協調などなどの観点から実現可能性を評価

- 各段階で学会・シンポジウム等での中間報告を繰り返して, 広く意見聴取を図る.
- 他の宇宙科学関連学会・コミュニティとの連携を図る.



コミュニティが責任を持つ惑星探査

ISAS理学委員会  
JSPEC探査委員会  
海外宇宙機関

第三段階: 技術力・予算国際協調などの観点から実現可能性を評価

第二段階: ミッション・観測機器提案と優先順位付け

第一段階: パネルによるトップサイエンスの案

トップサイエンス提案

個別観測機器提案

惑星科学コミュニティ

# 経過

- 第一段階パネル確定(1/14~2/4)
  - (1-1) 地球型惑星固体探査パネル (大谷栄二, 倉本圭)
  - (1-2) 地球型惑星大気・磁気圏探査パネル (渡部重十, 寺田直樹, はしもとじょーじ)
  - (1-3) 小天体探査パネル (伊藤孝士, 塚本尚義, 荒川政彦, 渡部潤一)
  - (1-4) 木星型惑星・氷衛星・系外惑星探査パネル (中島健介, 高橋幸弘, 中本泰史, 木村淳)
  - (1-5) アstroバイオロジーパネル(小林憲正)

2/4 全体会

連合大会特別セッションから活動開始

9月10日 公開討論会(於 神戸大学(CPS後援))

# パネルの構成

	水星	金星	月	火星	小惑星	彗星	木星型惑星	氷衛星	系外惑星
内部構造探査	○	○	SELEN E-2, -X	MELO S	Hayabusa-2	○	○	○	---
地質調査	○	○	SELEN E-2, -X	MELO S	はやぶさ	○		○	
サンプルリターン	○	○	SELEN E-X	MELO S	はやぶさ Hayabusa-2	○	○	○	
大気観測		あかつき		MELO S			○	○	○
磁気圏探査	MMO/Bepi-Columbo	○	かぐや	MELO S		○	JMO/EJSM		
アストロバイオロジー			○	MELO S	○	○	---	○	?

1

3

4

2

5

# 第二段階の予定

- **困難**：例えば「火星のサンプルリターン」と「氷衛星の内部構造探査」のように、全く質的に異なるミッション提案や観測機器提案を比較し、評価
- **第二段階メンバー確定**  
向井正(委員長), 杉田精司, 中村智樹, 田村元秀, 笠羽康正  
メールアドレスで申請書フォーマットを議論
- **応募案の評価は第一段階のレポートに基づく**  
第二段階への応募を希望する個人・グループは何らかの形で**第一段階のパネルへ**自分たちの**科学目的を反映**させておかなければならない  
自分たちの科学目的が各テーマ中で**“トップサイエンス”**に**ランクされるように**, 積極的に**アピール**

# 意見聴取

- OML (3/10), tennet, SGEPSS.
- 惑星圏学会で活動紹介(3/15)
- 将来の月科学探査検討会で活動紹介(3/19)
- 連合大会 P-P007セッション「将来の月惑星探査に向けた構想と戦略」(5/26)
- 月惑星シンポジウム(8/5 相模原)
- 公開討論会(9/10 於 神戸大学(CPS後援))
- **提案書は文書でも受付**(OML 4/5)
  - 惑星科学会トップページ(<https://www.wakusei.jp/>)より
    - > ニュース
    - > 学会から
    - > 月惑星探査の来たる10年 資料
- **秋季講演会で骨子が決まる予定**

# 提案評価の流れ

第一段階：トップサイエンスの抽出

理論的，実験的研究の観点からの提案

月着陸，火星火山，…の重要性

ミッションの科学目標

技術的課題，開発費用見積もり

ミッショングループからの提案（例）

第二段階：ミッション提案と優先順位付け

第三段階：技術力・予算・国際協調などなどの観点から実現可能性を評価

月地殻の元素分析…の意義

観測機器固有の科学目標

開発体制，国際競争力

個別観測機器開発グループからの提案（例）



# 課題

- 評価される**機器開発者にとってメリット**のある格付け
  - (案)連合 / 宇宙惑星科学セクションの活動として公認要請
  - (案)JAXA基礎開発研究費選定やWG承認過程へのインプット
- 国際協力体制との整合

ミッション, プリプロジェクト, WGからの提案・応募を期待

- 第一段階提案書×切は8月末日
- 自由形式 3ページ
- 惑星科学会HP ニュースよりダウンロード

## 1. 検討作業の目的

日本惑星科学会 将来惑星探査検討グループでは、日本の惑星探査の長期的な展望を検討し、その検討結果をまとめた報告書の作成を目指している。この検討活動は惑星科学のコミュニティが、惑星科学会会員、非会員を問わず、自らの責任において将来像を描いていく作業である。著者らは事務局としてこの検討作業を支援している。（なお、以下の記事は2010年8月6日時点での予定に基づいている。記事の出版までに、また出版後に予期せぬ変更があり得ることをご了承頂きたい。）

こうした検討作業を開始した背景には、われわれ惑星科学コミュニティが、はやぶさ、かぐやの探査を経ても未だに将来探査計画に関する合意形成過程や責任あるサポート体制の確立においてまだまだ不十分である、という内部からの自省と外部からの批判がある。近年では上述の探査の成功もあって宇宙開発を政策的に推し進めようという機運があり、惑星探査の機会が増えつつある。しかしながら、我が国の惑星探査科学の長期的な成功・発展のためには、科学的視点に立った探査計画の立案のみならず、人材育成や関連基礎研究の推進を含め、惑星探査科学を強力に推進する体制の確立を、惑星科学コミュニティとして進めて行くことが不可欠であり急務である。今、個々の研究者はもちろん、コミュニティ全体が強い意志で自律的かつ主体的に探査を推進していくことが求められている。

長期ビジョンの策定を開始するにあたり、我々は以下の5点を検討方針の要点と考えた。(1) 惑星科学コミュニティの力量を自覚し、2017年から2027年までの惑星探査将来計画を自主的に検討することを目的とする。(2) 惑星科学の第一級の科学(“トップサイエンス”)を抽出するとともに、観測機器提案・ミッション機器提案を募って評価を実施する。(3) 評価は三段階に分けて行う(図1)。第一段階ではトップサイエンスを抽出し、第二段階ではミッション提案と観測器提案を科学的重要性に基づいて推薦順位付けし、第三段階ではミッション提案と観測器提案の実現性評価を行う。(4) 各段階で学会・シンポジウム等での中間報告を繰り返して、広く意見聴取を図る。(5) 他の宇宙科学関連学会・コミュニティとの連携を図る。これらを達成するために、検討作業全体には2.5~3年程度がかかると想定している(図2)。

この検討作業を惑星科学会の内外へ周知するために、惑星科学会のOMLに呼びかけた(2010年3月10日)ほか、天文学会やSGEPSSのメーリングリストにも投稿した。また、惑星圏研究会(3月15日、於ける東北大学)、将来の月科学探査検討会(3月19日、於ける宇宙科学研究所)、惑星科学会総会(5月25日、於ける幕張メッセ)でも活動紹介を行ってきた。しかしながら、いずれも字数の限られたメールか、短い時間内での報告であったのでまだまだ広く十分に理解が浸透してはいない。そこで今回改めて、紹介記事を投稿してその概要を紹介するとともに、惑星科学に関わる多くのメンバーへ、検討作業への積極的な参加を呼びかけたい。

## 2. 第一段階：トップサイエンスの抽出

惑星探査においては対象天体と観測手法・分野に応じて、様々な組み合わせが考えられ得る。まずはこれまでに終了したミッション、現在提案中のミッション、そして将来探査の主要なターゲットを考慮して、大きく5つにグループ分けし、それぞれにパネルを構成した(表1)。各パネルの名称とパネルリーダーは下記の通りである。

- (1) 地球型惑星固体探査パネル (大谷栄治, 倉本圭)
- (2) 地球型惑星大気・磁気圏探査パネル (渡部重十, 寺田直樹, はしもとじょーじ)
- (3) 小天体探査パネル (伊藤孝士, 坂本尚義, 荒川政彦, 渡部潤一)
- (4) 木星型惑星・氷衛星・系外惑星探査パネル (中島健介, 高橋幸弘, 中本泰史, 木村淳)
- (5) アストロバイオロジーパネル (小林憲正)

なお、(5) アストロバイオロジーパネルは2010年5月連合大会の時点では、(1) 地球型惑星固体探査パネルと合同していたが、その後のパネルリーダーと事務局の議論で、独立したパネルに移すこととした。また、今回は海外の研究者にはパネルリーダーを依頼していない。これは、本検討作業には資金的バックアップがないため、パネルリーダーに会議参加費用を工面する当てがなかったためである。

パネルの役割はテーマ毎のトップサイエンスを抽出することである。同様なまとめとして既に1996年の日本惑星科学会将来検討委員会報告書、JAXAの月惑星探査推進チームと太陽系探査ロードマップ検

討小委員会が2007年にまとめた報告書「太陽系探査科学の進むべき方向」、日本学術会議による2009年の「天文学・宇宙物理学の展望と長期計画」（参考資料は惑星科学会ホームページ <https://www.wakusei.jp/news/activities/decade/index.html> からダウンロードできる）があるが、今回の検討作業は以下の3点で従来とは異なる。(i) 惑星科学のコミュニティが自主的に行うこと、(ii) いわゆる「総花的」にはせず、優先順位をつけること、(iii) 可能な限りコミュニティ全体から意見を吸い上げること、である。

上のような前提において、パネルリーダーの役割はコミュニティの意見を集約し、とりまとめ、各テーマ内でのトップサイエンスを選び出すことである。このことについて、パネルリーダー間の認識を調整するために2010年2月10日にパネルリーダーと事務局による全体会（TV会議）を開催した。そして、2010年5月の地球惑星科学関連連合大会のP-PS007「将来の月惑星探査に向けた構想と戦略」というセッションで、まずパネルリーダー達が考えるトップサイエンスを提案して頂いた。

ここで、上記の(iii)について補足しておきたい。この検討作業の最も大事な点はコミュニティからの声を集めて、コミュニティに提案する、双方向の議論である。これは第一段階には限らない。このために、後述するように講演会・シンポジウムでの特別セッション開催や、惑星科学会サーバを通しての資料公開、電子的な提案書の受付（上記URLを参照）、など多くの機会を設けている。したがって、P-PS007「将来の月惑星探査に向けた構想と戦略」セッションでパネルリーダー達が提案した“トップサイエンス”は、あくまでもこれからの議論の叩き台であって、既定方針ではない。多くの関係者からパネルへ、積極的なインプットをお願いしたい（図3）。

第一段階トップサイエンスに対する電子的な提案書の受付も開始した（惑星科学会 OML4月5日を参照）。この原稿が遊星人に出版されるのは締め切り後となるが、惑星科学会会員、非会員を問わず学会サーバから資料と提案書のひな形をダウンロードすることができるようにアップロードされた。2ページ目以降は自由記述形式になっており、締め切りは2010年8月末日とし、提出は電子ファイル（WordまたはPDF形式）で「月惑星探査の来たる10年」事務局（decade\_sec@wakusei.jp）へ送られた。頂いた提案は事務局で取りまとめて、パネルリーダーに展開されている。

意見聴取のための学会、シンポジウムでの特別セッションとしては、まず月惑星シンポジウム中に特別セッションを開催し（8月5日13:30-15:10）、活発に議論して頂いた。（質疑の一部は6章のFAQを参照のこと。）次に、CPSの支援の元、9月10日に公開討論会を神戸大学にて開催する。この会では、各パネルリーダーにも参加を要請しており、一日かけて、踏み込んだ議論を行いたいと考えている。最後に惑星科学会秋季講演会において、1時間ほど会場を借りて、各パネルリーダーがトップサイエンスの検討結果の報告を行う予定である（原稿執筆時点）。この報告会で、第一段階の検討報告がまとめられる。各パネルからは、トップサイエンスについてのレポートをまとめてもらい、遊星人に発表する。

### 3. 第二段階：ミッション提案の策定

第二段階のミッション策定委員会（仮称）の役割は具体的なミッション提案、観測機器提案を公募し、その科学的重要性を評価することである。委員会メンバーは向井正（委員長）、杉田精司、中村智樹、田村元秀、笠羽康正の5名である。応募母体は大学・研究機関の研究者グループでも構わないし、プロジェクトやワーキンググループからの応募も歓迎する。共同研究者に海外研究者を含んでも構わない。また、打ち上げ機体も宇宙機関も日本には限定しない。

ただ一つ注意してほしい点は、応募案の評価は第一段階のレポートに基づくということである。したがって、第二段階への応募を希望する個人・グループは何らかの形で第一段階のパネルへ自分たちの科学目的を反映させておかなければならない（図3）。のみならず、自分たちの科学目的が各テーマ中で“トップサイエンス”にランクされるように、積極的にアピールしなければならない。

第二段階の困難は、例えば「火星のサンプルリターン」と「氷衛星の内部構造探査」のように、全く質的に異なるミッション提案や観測機器提案を比較し、評価しなければならない点である。このために、早めに委員会メンバーを決定し（2010年5月）、評価基準の検討を開始した。評価は、PIを含め

た提案チームの熱意・熟練度（ヒアリングなどで審査）や、国際的な位置付けなども含めて、総合的に判断する。また、必要な場合は、コミュニティからの意見聴取（「多くの人が情熱を傾けることができるか」という評価基準）も行なう。もしコメントや要望があれば上記の第二段階委員メンバーに直接、あるいは事務局を通して、ご意見をお寄せ頂きたい。

第一段階パネルと同様に、学会講演会、シンポジウムでの中間報告と意見聴取を行い、委員会の報告は遊星人誌上で公表する。その際には、最上位にランクされない応募に対しても将来につながる評価・提言を加えていきたい。

#### 4. 第三段階：ミッション提案の評価

第三段階のミッション提案評価委員会（仮称）の役割は、実現性の観点からミッション提案を再評価することである。ここでいう実現性には、

- ・技術的難易度
- ・開発グループが持っている機器開発の習熟度
- ・ミッション全体のコスト予想
- ・国際競争力

などが含まれるであろう。この評価委員会の判断にしたがって、第二段階でのミッション優先順位が修正される可能性がある。約4名程度の委員会を想定しているが、メンバーはまだ決まっていない。第一段階、第二段階と同様に学会講演会、シンポジウムでの中間報告と意見聴取、遊星人誌上でのレポート公表を予定している。

#### 5. 課題

この検討作業は、惑星科学コミュニティのほとんどのメンバーにとって未体験の活動であり、われわれ事務局はじめ、第一段階パネルリーダーも第二段階ミッション策定委員会も暗中模索しながら進めている。したがって、現段階でこの検討作業の結果がどのような実際的な効果をもたらすかは予測できない。事務局としては最終報告をまとめるまでに、この検討作業が提案者とコミュニティ全体にとってメリットのあるものになるような仕組みを提案していきたい。例えば、連合の宇宙惑星科学セッションへ働きかけて、日本学術会議の長期計画にコミュニティの意見が反映されるようにしたいと考えている。また、観測機器の開発研究費の選定やミッションWG承認過程へ検討結果がインプットされるようにアピールしていきたい。

第二の課題は、今後は国際協力体制をベースに開発される探査計画が増えていく中で、国際世論といかに整合的にわれわれの将来像を描いていくか、である。宇宙機関間での宇宙開発協調体制は急速に進んでいる。一方で、研究室単位での国際協力も今や常識となりつつある。二つの国際性の狭間で、日本の惑星科学コミュニティが独自性と自主性を維持し、発揮していくためには何をすべきか？が大変重い課題として突きつけられている。検討活動の一環として、いずれ海外動向調査も必要になるかも知れない。

第三の課題は、他学会、多分野の研究者コミュニティ、宇宙機関との調整である。特に天文学会とSGEPPSは宇宙探査の先輩であり、彼らの活動から学ぶべき点は多い。且つ、彼らの描く未来像とわれわれの検討活動が齟齬を来すことがないようにこまめな調整が必要となるだろう。

最後に、身も蓋もない話であるが、この検討作業には資金援助がない。海外動向調査どころか、パネル・委員会の会議参加費用すらままならない状態である。2~3年という長丁場を乗りきっていくための資金調達を事務局として検討する。

#### 6. FAQ

この検討活動について、いろいろな機会で様々な質問・疑問を頂いている。いくつかの代表的な質問とその回答を簡単にまとめておく。読者の理解の一助となれば幸いである。

(検討の目的について)

Q1. 日本の惑星ミッションの策定は、それらを責任持って担うことが期待されている JAXA の専決事項である。その観点からして、コミュニティのレベルで、ミッション提案策定を行なうことの意義がよく判らない。JAXA (宇宙科学研究所) では、ミッションを立ち上げる道筋が決まっている (ワーキンググループ→ミッション提案→評価委員会→上部委員会→, , ) 従来のルートを変えずに、新たに「ミッション提案策定委員会」を実施する必要性があるのか?

A1. 今回の提案の背景には、従来の、そして将来の惑星探査に対してわれわれコミュニティが責任ある支援体制を作れていない、という批判がある。現在企画中の次期月探査、小惑星探査に対して多くの惑星科学者の手があがっているが、

「真に科学的に重要な観測提案がなされているか？」

「惑星科学コミュニティの中でしっかりと採まれた観測提案であるか？」

「惑星科学コミュニティのサポート体制は十分か？」

「手を挙げている全てのミッションを完遂する体力をコミュニティは備えているのか？」

等々の疑問と批判が宇宙理学委員会や基礎開発研究費審査の場で惑星科学の代表者に投げかけられている。そこで、ISAS/JAXA (あるいは海外宇宙機関) でミッションを立ち上げる道筋の前段階として、まず惑星科学コミュニティとして本当に自分達がやりたいミッション、やれると思うミッションを提案しよう、という趣旨で今回の活動が始まっている。

Q2. この検討活動による評価・順位付けを受けるメリット (提案者から見て) はあるのか? 提出書類等の膨大な準備が無駄にならないか?

A2. . 第一に、これから新たに探査の分野に踏み込む者にとっては導入の意味がある。第二に、コミュニティ内部でしっかりとした議論を事前に行うことで、基礎開発研究費への申請やワーキンググループ設立申請に際して探査計画全体の中の位置づけが明確で且つ完成度が高い申請書できあがってくることを期待している。

Q3. 評価する側 (パネル, 委員会メンバー) とされる側 (提案者, 応募者) を分けた基準は何か?

A3. 目指しているのはコミュニティの自己評価であり、評価する側もされる側もコミュニティメンバーである。そのために、各段階で中間報告と意見聴取の機会を少しでも多く作り、広範な意見を反映したい。パネル, 委員会メンバーへ意見をどんどんインプットして欲しい。

(パネル・委員のメンバー選定について)

Q4. ○○さん, ××さんは加えないか?

A4. 今後必要に応じてメンバーを追加したい。

Q5. パネラー・委員には既存ミッション関係者が少ない。既存ミッション関係者を『サイエンティスト』として評価していないのか?

A5. 既存の、あるいは従来のミッション関係者を除外したのは、この報告書があからさまに順位付けや評価を行おうとしているからである。パネラーも既存ミッション関係者もともにみな立派な『サイエンティスト』であり得る。これまでのミッション経験も生かすようなメンバー追加について、今後配慮したい。

Q6. 地上観測では系外惑星観測で惑星科学と天文学がかなり密接に融合しつつあり、スペースでも今後重要になる。系外惑星科学の次のマイルストーンである地球型惑星に関しては、SPICA でもまだ手が届かない。次回以降でもかまわないので、「惑星科学の将来計画の立場から見た系外惑星の将来計画」を議論の俎上に載せて欲しい。

A6. 系外惑星の観測は第一段階のパネル「木星型惑星・氷衛星・系外惑星探査パネル」で議論する。そのためのパネラーは、系外惑星探索ミッションに直接関わって居る方よりは、一歩離れた立場から科学目標を評価・批判できる方を最優先に探した。

(第二段階の「ミッション提案策定委員会」について)

Q7. ISAS 理学委員会では、ミッション提案に合わせて、関連する研究者を評価委員に選考し、委員会を立ち上げている。もし、本検討活動の第二段階における「ミッション提案策定委員会」を常設の委員会として機能させるとすると、委員は、すべてのミッションについて、評価できることが要求される。これは、たいへんな負担である。単なる人気投票にならずに、多くの提案の中から、ミッション提案を策定することは、時間のかかるハードな作業となる。

A7. ミッション提案策定委員会は常設ではないが（9ヶ月程度の活動期間と見積もっている）、委員が大きな負担を負うことは間違いない。それでも第二段階のミッション提案策定こそが今回の活動の中心であり、何としてもやり遂げたい。

Q8. 第二段階で行うミッション提案・観測機器提案の評価では、将来性の高い萌芽的な提案もポジティブに評価し、コミュニティの育成・拡大を進めて欲しい。

A8. コミュニティの育成・拡大についても配慮したい。具体的方策を第二段階のミッション提案策定委員会と事務局で議論し、提案したい。

（今後の進め方）

Q9. 天文学会、SGEPSS 以外にも地球化学会や鉱物学会、測地学会、地震学会を入れる必要があるのではないかと惑星科学会との距離はこれらの学会でありあまり差異はない。

A9. 天文学会と SGEPSS を調整相手として特に挙げているのはこれまで日本の宇宙ミッションを支えてきた実績からノウハウを学び、第二、第三段階での提案・評価に生かしたいからである。地球化学会・鉱物学会、その他もろもろの学会を含めていないのは、将来的には「学会」としての活動というよりも、「連合」（あえて言えばその中の宇宙惑星科学セクション）としての取り組みとして訴えていく可能性があるからである。この意味でも本検討活動の周知は他学会にも広く行っていきたい。

Q10. トップサイエンスの抽出は継続して行うべきではないか？

A10. パネル、委員会を常時維持するのは困難であるが、本件等終了後も連合大会セッションを継続するなどして、「次の次の10年」までバトンが渡るように進めていきたい。

地球型惑星固体探査パネル

表1 第一段階パネルの区分

小天体探査パネル

木星型惑星・氷衛星・系外惑星探査パネル

	水星	金星	月	火星	小惑星	彗星	木星型惑星	氷衛星	系外惑星
内部構造探査	○	○	SELENE-2, -X	MELOS	Hayabusa-2	○	○	EJSM	
地質調査	○	○	かぐや, SELENE-2, -X	MELOS	はやぶさ	○		EJSM	
サンプルリターン	○	○	SELENE-X	MELOS	はやぶさ Hayabusa-2	○	○	○	
大気観測		あかつき		MELOS			JMO/EJSM	EJSM	○
磁気圏探査	MMO/Bepi-Columbo	○	かぐや	MELOS		○	JMO/EJSM	EJSM	
アストロバイオロジー				MELOS	○	○		EJSM	○

○は将来ターゲットの可能性を示す。

アストロバイオロジーパネル

地球型惑星大気・磁気圏探査パネル

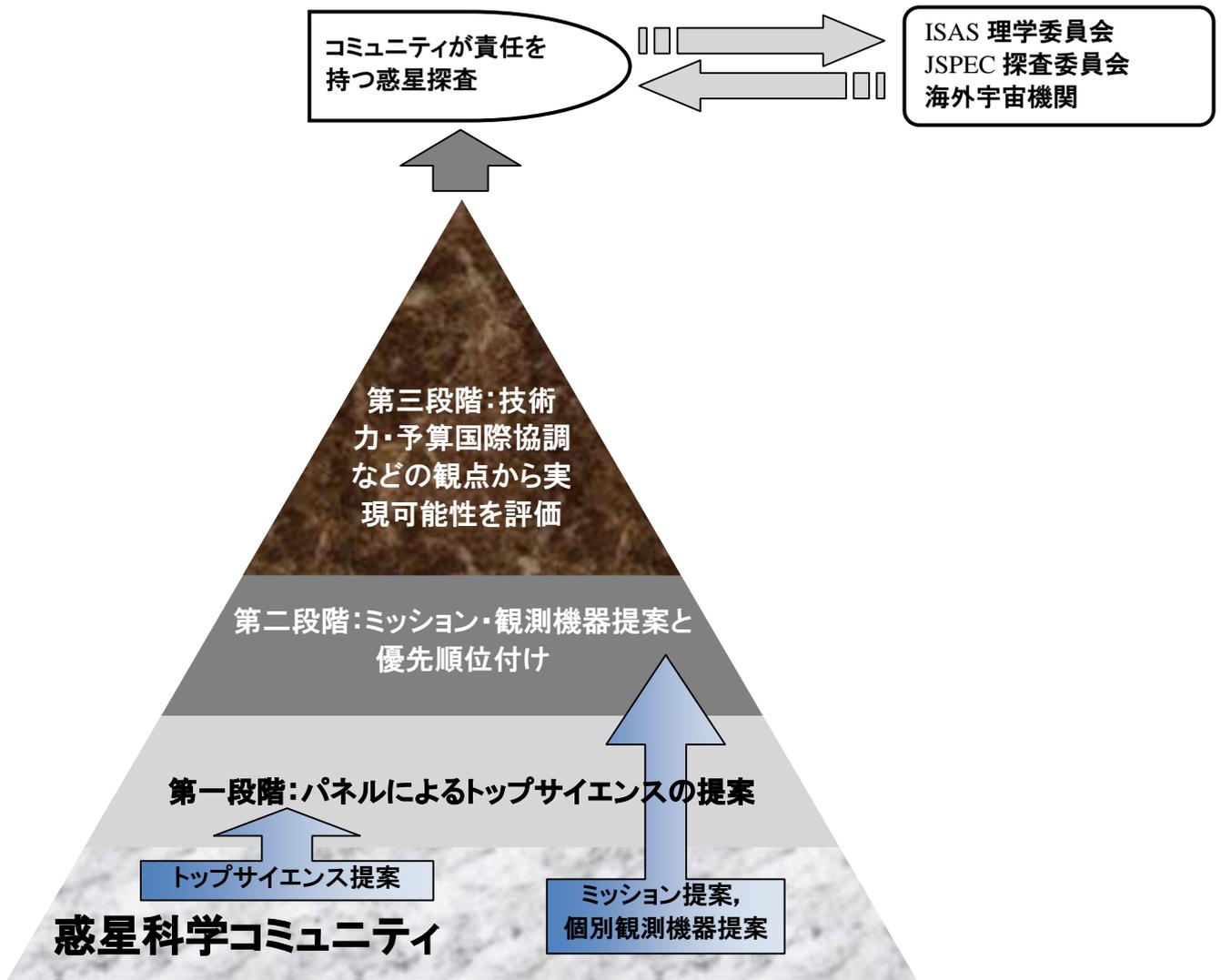


図 1. 三段階の検討作業の概念.

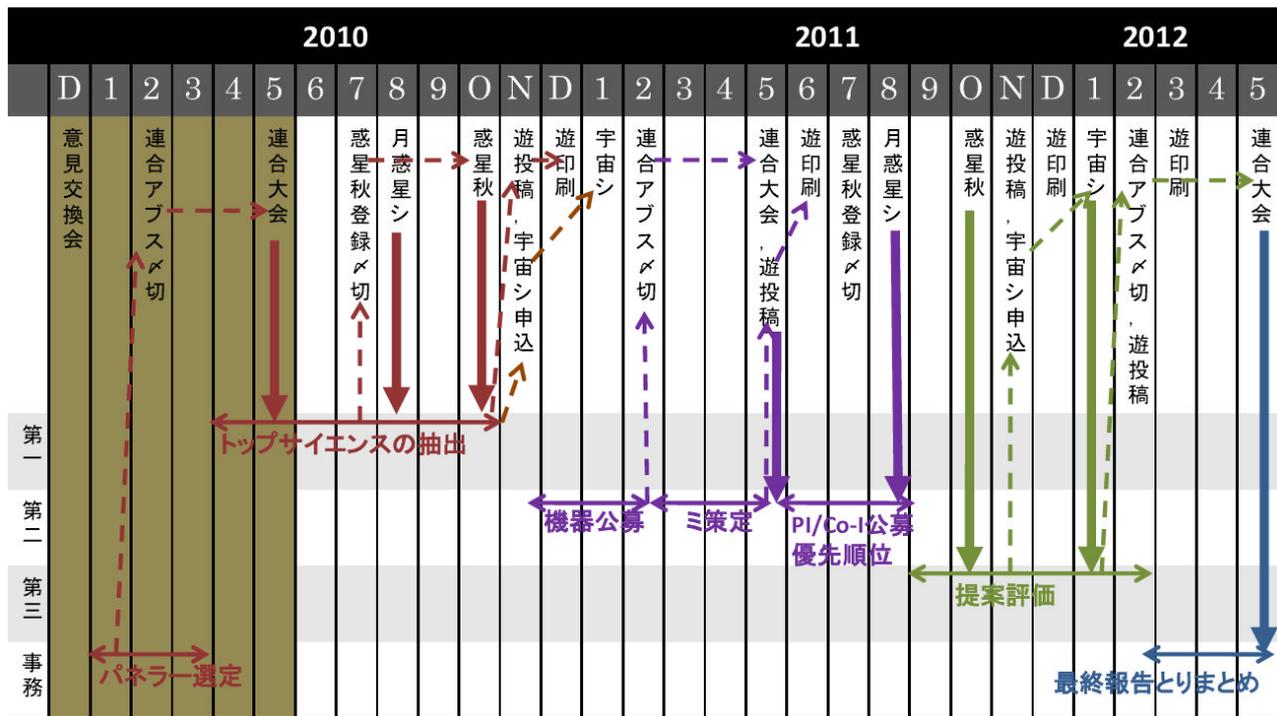


図2. 検討作業のスケジュール.

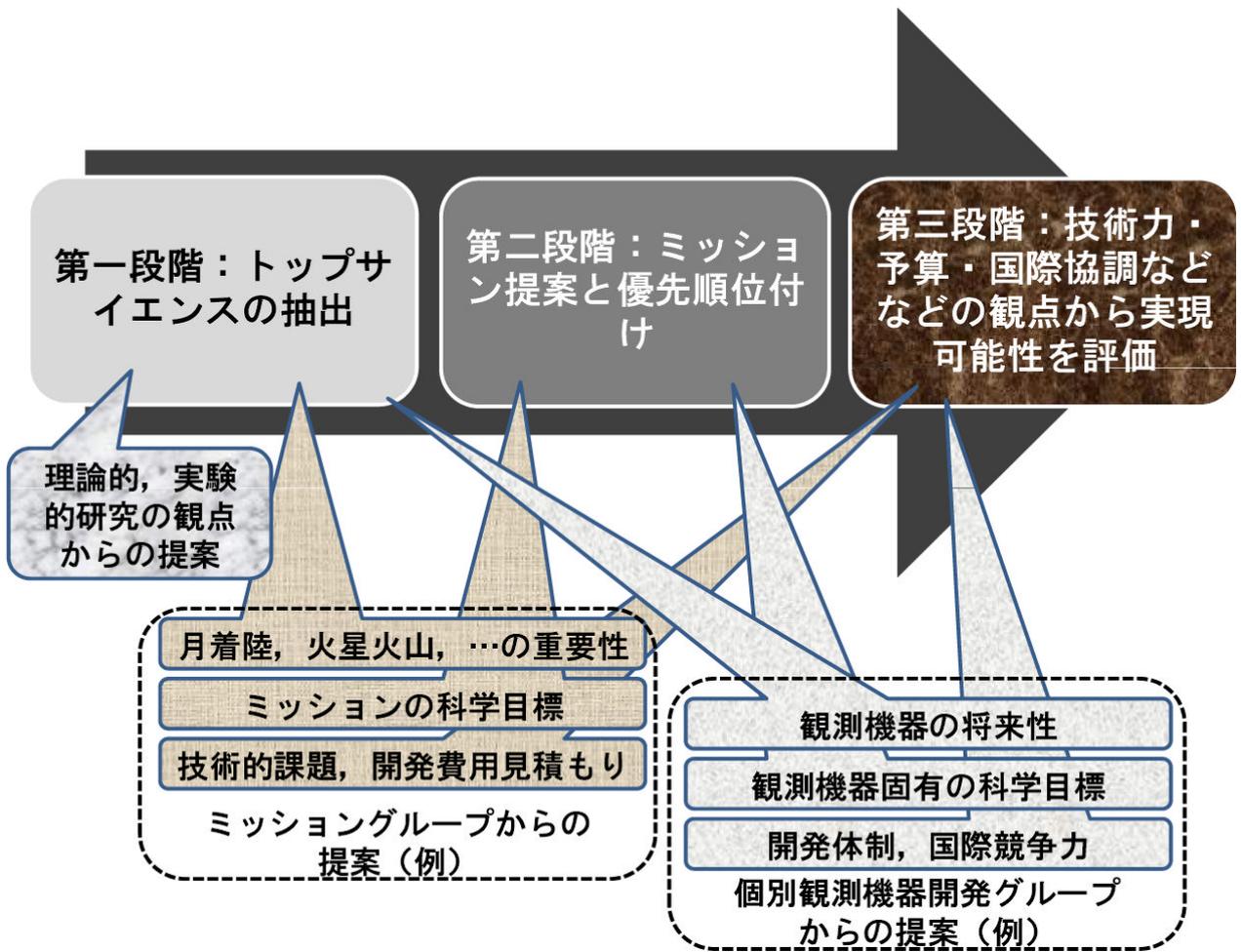


図 3. 提案と評価の流れ.