

「学生と若手研究者に対する惑星探査に関するアンケート」結果について

高橋幸弘¹, 倉本 圭²

このアンケートは、惑星科学会とSGEPSSの若手メンバーを中心に、日本の惑星探査に寄せる若手の意識を調べようと、我々2名が一若手研究者の立場として実施しました。学会としての活動ではないことは、お断りしておきます。依頼は主に各学会若手の電子メール網などを通じて行われ、回答は惑星探査の興味が有る無しに関係なく協力をお願いしました。アンケートの集計結果は、仙台で99年11月に開かれた合同シンポジウム「惑星探査の将来」の会場でも紹介しました。本稿はアンケート結果について記録を残すことと、若干の分析を行うことを目的にしたものです。

回答は無記名として匿名性の確保に留意し、公表時はもちろん、集計時にも記入者に関する情報が漏れないよう特別注意を払いました。従って、回答に書かれた意見やコメントは、現在の大学院学生を中心とした若手研究者の生の声を伝えるものとなっています。中には、不適切ではないかという印象を与える表現も含まれているかもしれませんが、若手の率直な気持ちを表すものとして、あえて全ての回答を原文のまま掲載してあります。ただし、集計上困難な書式での回答については、こちらが適当と判断する方法で振り分けを行った部分のあることをご了承下さい。

最後に、アンケートの依頼に協力いただいた方とお忙しいところ回答をお寄せ下さった皆様に、深く感謝の意を表します。このアンケートの結果が、今後の日本における惑星探査を考える上で、

一つの参考になれば嬉しく思います。

1. 回答者の構成

博士修士課程の占める割合が高い。また大学や研究機関の職員の回答もかなり多いことは特筆できる。

普段よく参加する学会若干SGEPSSが約半数。惑星科学会とその他学会が残り半分。研究手法については実験観測、解析、理論シミュレーションの3カテゴリーにほぼ等分されている。個々の専門分野及び研究手法も多岐に渡っており、幅広く意見を集めているといえる。また、この種のアンケートにありがちな落書き的回答はほとんどなかった。

設問6と8では、地球と惑星のどちらに研究の重点を置くのかを、現在と将来の希望について聞いた。現在は、「地球のみ」或いは「地球に重点」が101人中31人（30%）、「半々」が11人（11%）、「惑星のみ」或いは「惑星に重点」が57人（56%）なのに対し、10年後に地球・惑星系の研究に携わりたいと思う82人のうち、「地球に重点」が10人（12%）、「半々」が25人（30%）、「惑星のみ」或いは「惑星に重点」が47人（57%）と、将来は地球中心が大幅に減少し、代わって「半々」という希望を持つ人が増えるという傾向にある。しかしながら、惑星のみと答えた人は、現在の101人中25人から、10年後の希望では82人中5人と大きく比率を下げているのが見られる。これは、後の設問の回

1 東北大学大学院理学研究科

2 北海道大学大学院理学研究科

答にも見られるような、ポストの問題も含めた惑星研究の将来への不安を反映しているのかもしれない。

表1 地球と惑星のどちらに研究の重点を置くのか

	現在 [人]	10年後 [人]
地球のみ、地球に重点	31	10
半々	11	25
惑星のみ、惑星に重点	57	45
合 計	99	82

2. 将来の惑星探査への参加意向

参加従事の意向に関する設問は2つある。設問 9 参加意志の有無の問いに対し、意志ありが103人中85人（83%）。さらにこのyesの者に「個人的に携わる」従事意志の有無を尋ねた設問10では、意志ありが83人中64人（77%）だった。

まとめると、表2のような振り分けになっている。

表2 惑星探査に参加、従事の意志の有無

内 容	回答者全体に占める割合
参加意志なし	約2割
消極的参加意志あり	約2割
従事意志あり	約6割

「参加、従事意志なし」については自由記入式でその理由が寄せられている。

これは現状への問題意識が込められている内容も多い。総数33寄せられた理由を傾向別に分け、そのうち頻度の高いものを並べたものが表3である。

表3 参加、従事の意志のない理由（総件数33）

傾 向	件数
進路（将来惑星科学分野にいない）	9
探査の仕事がきつい、敷き居が高い	9
探査に必要な技能を持っていない	4
他のテーマを持っている	4
漠然と	4

進路を理由にしたものは学部生、あるいは修士課程の院生が多いと思われる。

探査の仕事がきつい、敷き居が高いとする回答は、その文面から探査の現場をそれなりに見ている者から寄せられていることが伺える。いくつか引用すると、「あまりにも大変そう」「金も人手も不足しているけど根性だせばなんとかなる、と考えているとしか思えないようなプロジェクトには参加したくない。もちろん探査機がとべばうれしいことはたくさんあるけど、- 中略 - エネルギーを注入するコストに見合うだけのゲインがあるように思えない」

日本に惑星探査を根付かせるには、これらの疑問を邪魔なものとして退けるのではなく、よりよいシステム作りのための貴重なアドバイスとして受け止め、正面から答えてゆくことが必要であろう。

3. 希望する立場と分野・手法

惑星探査にどのような立場で参加したいかを質問した設問11（複数回答可）では、全員が理学系研究者を選択している。将来の希望分野・研究手法（複数回答可）については設問4及び5の結果とその比率を比較すると、その他を除く全ての項目で大きくなっている。これは、将来的には現在の分野・手法に捕らわれず、研究の幅を広げていこうという意欲の現れであるとも解釈できる。しかし絶対数としては、固体と大気・海洋が増加しているのに比べ、超高層大気・プラズマは減少しており、また手法では実験が増えている一方で理論・シミュレーションは減っている。

4. 探査してみたい天体

探査してみたい天体については、希望順位を含めた形で記入してもらった。第一位として最も人気が高かったのは木星（62人中20人）だが、二位、三位で多かったのは衛星であった。第一希望では

木星の約半数の火星も、順位を無視した全体では24人（39%）が票を入れており、これは木星と並んで最も多い。全体では、以下、衛星（37%）、金星（29%）、小惑星（26%）、彗星（26%）、カイパーベルト（24%）と続く。もちろん、探査する天体はただ飛ばしてみたいといった人気投票で決まる類のものでは当然ない。しかし、人気の集まる天体にはそれだけの魅力があるということであり、いわばプロの研究者と一般の人たちの中間に位置する若手の感覚は、サポーターである一般の人たちの興味の指向を代弁している面もある。例えば、木星はその衛星も含めると36（回答62人：複数回答可）という得票になるが、現在の日本の学会では真面目に話題として取り上げられることすら珍しいのが現状であり、今後の議論のあり方に一石を投じるものである。また、探査したい理由や測ってみたいものについては、実に様々な意見をいただいた。その場の思いつきも含まれているかもしれないが、これだけのアイデアと意欲が若手の中に眠っていることに、あらためて可能性の大きさを感じさせられる。

5. 探査できる年

探査に出発できる年については天体毎の平均をとってみたが、概ね20から30年以内にだいたいの天体に旅立ちができると感じているようである。つまり、若手にとって惑星探査は、自分の現役時代に十分実現できるものであり、夢物語とは考えていない。

6. 惑星探査推進に必要なこと

設問12「日本が惑星探査で世界的業績をあげていくためには何が一番必要だと思いますか」には93の回答があった。これは参加／従事の意志があ

ると回答した人数（85名）を超えている。参加／従事の意志に関係なく、惑星科学の将来を支える支柱として惑星探査への期待が高いことが伺える。

回答は自由記入式なのでバラエティに富んでいるが、あえて傾向別に分類したものが表4である。

表4 日本の惑星探査に一番必要だと思うこと

	件数（重複あり）
人材育成	22
資金調達	23
技術開発	14
国家国民の理解	15
教育研究開発体制の改善改革	17
独創性・ビジョン	13
情熱	8
国際協力	5

この設問へ寄せられた回答は、研究・教育・開発の現状の問題を鮮やかに映し出していると言える。「必要なもの＝今ないもの」だからだ。寄せられた回答は惑星探査のためという枠を超え、広く高等教育システムへの問題意識に通じるものも多い。

惑星探査は巨大プロジェクトである。それゆえにどうしてもなくてはならないものはマンパワーと資金である。その必要性を直接に指摘した回答が多い。また教育研究開発体制の改善改革と国家国民の理解は、それぞれ、人を養成し資金スポンサーからの拠出を得るために必要な事柄であり、これらを指摘した回答も多数にのぼっている。「ひと」も「かね」も現状では不足しており、その原因として啓蒙活動、教育研究開発の基盤整備の遅れがあることが、若手共通の認識になっていることが見て取れる。

また、情熱・独創性・ビジョンの必要をあげた回答も多い。これらがなくてはそもそも探査はおろか、それを支えるさまざまな基盤（環境、人、ポスト、資金、技術）整備も始まらない。これらを挙げた回答の割合が高いことは、惑星探査に関

する業界としての熱意と創意の不足を多くの若手が感じていることを示している。NASAをはじめとする惑星探査先進国の単なる後追いではないものが必要だが、その切り札がまだないと受け止められている。

将来の惑星探査の推進させる良いアイデア・哲学が、本当は存在するのに表に見えていないだけなのか、実際に存在しないのか、また、どちらにせよ、その原因はどこにあるのか。その構造をしっかりと分析し、将来設計に活かす必要がある。これは日本の惑星探査の推進を望む、全ての人への宿題である。

付録1. アンケート依頼文

学生と若手研究者に対する惑星探査に関するアンケートのお願い

倉本 圭（惑星科学会）・高橋幸弘（SGEPSS）

このアンケートは、惑星科学会とSGEPSSの若手会のメンバーを中心にお送りしています。来る11月12日仙台で開かれる、SGEPSSと惑星科学会の合同シンポジウム「惑星探査の将来」をひとつのきっかけとして、日本の惑星探査に寄せる若手の意識を調べようというものです。

惑星探査（ここでは、地球以外の太陽系天体の飛翔体を用いた実験・観測を指すことにします）に興味のある方はもちろん、ない方にも、是非同様にご協力いただければと思います。アンケートの集計結果は、合同シンポジウムの会場で紹介するとともに、若手会メーリングリストなどでも公表いたします。

付録2. 集計結果全記録

1. 御身分は何ですか？

回答者数103人 以下、()内は人数。学部学生(13)、

修士課程学生(33)、博士課程学生(31)、学振・COE等の博士研究者(5)、大学職員(11)、文部省の共同利用研究機関(大学附置研以外)職員(6)、その他の国立研究機関職員(2)、その他(2)[研究生(2)]

2. 差し支えなければ年齢、性別を教えてください

<年齢>

回答者数101人 無回答2人。20歳以下(1)、21-24歳(38)、25-28歳(36)、29-32(18)、33-36歳(7)、37-40歳(1)、41歳以上(0)、平均年齢=26.3歳(但し無回答を除く)

<性別>

回答者数100人 無回答3人。男性(82)、女性(18)

3. よく参加する学会は？(複数回答可)

回答者数102人 無回答1人。惑星科学会(38)、SGEPSS(49)、その他(29)

[天文学会(10)、参加経験なし(5)、気象学会(3)、合同学会(1)、大気電気学会(1)、火山学会(1)、AGU(1)、COSPAR(1)、特になし(1)、無回答(3)]

4. 現在携わっている地球・惑星系分野と研究テーマは何ですか？(複数回答可)

回答者数103人

<分野>

固体(25)、大気・海洋(13)、超高層大気・プラズマ(50)、その他(21)[太陽系起源、岩石磁気学、磁区構造、Day Plot、太陽系：可視黄道光の観測&モデル計算、惑星間塵、宇宙化学、惑星科学、彗星、太陽系外惑星、比較惑星学、惑星系形成、太陽系、分光]

<研究テーマ>

地球・惑星電磁圏電場・磁場観測、惑星探査機による電波掩蔽観測、地球惑星のプラズマ波動、木

星型惑星の形成過程, 火星超高層大気, Plasma environment around the moon, 火星の初期進化, 惑星形成論, 雷放電に伴う ULF/ELF 波動観測, 木星電波, 火星大気対流の数値シミュレーション, MITA カップリング, 光学大気リモートセンシング, 雷放電に伴う中層・超高層大気発光, プロトンオーロラの観測, のぞみ UVS 観測, 惑星の地上観測, 小天体の衝突進化, 大気光・オーロラを用いた大気物理の観測研究, 微惑星の衝突・クレーター形成, 大気の大気対流, 固体細粒層の反射特性, プラズマ波動, ダスト・衝突破壊, 極域電離圏, 惑星探査, 太陽系小天体の進化, 惑星形成論, 地球型惑星の初期地殻進化に及ぼした微惑星衝突の影響, AKR 雷 (スプライト・エルプス), のぞみ UVS による星間水素観測, 測定器開発, 磁気圏尾部, 赤外分光法による惑星大気のリモートセンシング, 惑星オーロラ・大気光, 分析機器の開発, ion outflow and proton aurora, オーロラと磁気圏脈動, 磁気嵐, 火星水循環, 惑星大気, 惑星圏高エネルギー電子加速に関する研究, 固体微粒子, イオ起源ナトリウムの近傍におけるダイナミクス, 熱圏下部における窒素振動温度の研究, 氷衛星の地表再生, Observation for distant minor bodies, 小惑星形状／表面地形・分光観測, 宇宙空間プラズマ波動, 金星探査計画検討, 惑星地形・地質学, 固体惑星探査・装置開発・データ解析, 熱圏大気ダイナミクス, 氷衛星の進化, 木星デカメーター電波, 内部重力波, 惑星大気初期進化, TEC と GPS, 太陽系始原天体, 宇宙塵, オーロラ・大気光観測, ER 法による月磁場測定シミュレーションについて, 惑星気象学, 成層圏エアロゾル, 隕石, 黄道光の観測・最近固体の冥王星の表面近赤外分光もしている, 惑星形成論, 流星痕の発生プロセス, 地球型惑星の起源と進化, 野辺山ミリ波干渉計による原始惑星系の観測的研究, 彗星ダストトレイルの観測, 太陽風ダイナミクス・太陽コ

ロナおよび惑星間空間磁場構造, イオプラズマトーラスの光学観測, 小惑星, 小惑星帯小惑星のサイズ分布・空間分布・物質分布の解明, 超新星爆発時の元素合成, ダスト質量分析器の開発, 火山雷・放電現象・火山物理, 木星型惑星の形成, クレーター, 惑星探査画像の解析, 彗星ダストトレイルの測光観測, ダストの空間分布, 火星の熱史, 雲観測, 熱圏電離圏の大気シミュレーション, 磁気圏境界層のプラズマ物理, 宇宙線の輸送, 地球プラズマ圏, 中間圏・熱圏の大気力学, 電離圏・熱圏カップリング, geocorona, 未定

5. 現在の主な研究手法は次のどれですか? (複数回答可)

回答者数101人 無回答2人. 実験 (17), 観測 (48), データ解析 (38), 理論・シミュレーション (45), その他 [未定 (2) 探査 (2) 分析 (1) 宇宙実験 (1) なし (1)]

6. 現在の研究の重点は、地球と地球以外の惑星系 (太陽を含む) のどちらにありますか?

回答者数101人 無回答2人. 地球のみ (19), 地球に重点 (12), 半々 (11), 惑星に重点 (32), 惑星のみ (25)

7. 現在、惑星探査に何らかの形で関わっていますか? 関わっているとすればプロジェクト名を教えてください

回答者数100人 無回答3人. Yes (31), No (69)

<プロジェクト名>

NOZOMI・PLANET-B (21), MUSES-C (8), Venus mission WG (5), LUNA-A (4), SELENE (3), SELENE2 (2), Mercury mission WG (2), Rosetta (1), 無回答 (1)

8. 10年後にも地球・惑星系（太陽を含む）の研究
に携わってみたいと思いますか？もしYesなら、
どちらに重点を置きたいと思いますか？

回答者数101人 無回答2人.. Yes (82) No (16)

<Yesと答えた方の内訳>

重点：地球のみ (0), 地球に重点 (10), 半々 (25),
惑星に重点 (42), 惑星のみ (5)

9. (実現性は別にして) 将来惑星探査に参加した
いと思いますか？Noの場合、特に理由があれば
お書き下さい

回答者数103人. Yes (85), No (18)

<Noと答えた方の理由>

「就職するから」「就職希望」「別の仕事に就く」
「大変そう」「ピンとこない」「直接関わるより、見
ている方が楽しい」「書類を書くのが嫌い」「何と
なく」「他にやりたい仕事があるから」「結果・成
果が出るまで時間がかかりそうだから」「特にはな
いが、プロジェクトに関わるといろいろと研究以
外の仕事がまわってくるので、あまり深くは関わり
たくない」「衛星（MDS-CPRなど）のプロポー
ザルを書いている方を見ると、あまりにも大変そ
うなので、しかも雑用が無茶苦茶多い。衛星は高
いから仕方ないのしょうけれど過労死しそう」
「全面的に参加するつもりはない、という意味で
No。地球の現象に興味があり、まだまだ未解決の
問題が多くあるから」「日本には探査機を飛ばす基
盤がない。金も人手も不足しているけど根性だせ
ばなんとかなる、と考えているとしか思えないよ
うなプロジェクトには参加したくない。もちろん
探査機がとべばうれしいことはたくさんあるけど、
現在の状況は惑星探査にエネルギーを注入するコ
ストに見合うだけのゲインがあるように思えない。
ちょっとひねくれた言い方では、探査機とばすな
んて夢のまた夢という時代の日本の惑星科学の教
育を受けたため、探査機がとばなくても困らない

研究をしているから」

10. 9でYesと答えた方にお尋ねします。自分が探
査に携わることができるような気がしますか？

Noの場合、その理由は何ですか？

回答者数83人 無回答2人. Yes (64), No (19)

<Noと答えた方の理由>

「就職してない。ポストを用意してくれるというの
なら、参加できるような気もする」「いまのところ
研究分野が違うので」「就職が難しそう」「現在、
地球で手一杯なので、惑星探査に手を出せるのは
10年以上後だと思うから」「10で、Noと回答した
のですが、他の惑星の重力波も見てみたいとは思
います。特に、木星とか激しそうなので、逆巻く
空気の波などあれば是非見てみたいです。ただ、
研究するのか、と言われると、考えてしまいます。
やはり、人工衛星に取って貰ったデータより、自
分の手で取ったデータの方がかわいいです。くだ
らないコメントでした。失礼しました」「機会いじ
りが苦手なのでデータをもらうことはあっても実
際に観測器を作ることはなさそうな気がする」「怖
い」「ごく限られた人が関わるができるという
イメージが強いので」「敷居が高そうだから」「自
分が研究者などでその道に残っているか確信がな
い（就職先どうなるかわからない）」「惑星探査は
自分にとって漠然とし過ぎているため」「全然知識
がないため」「今はまだ、研究成果がないから」
「就職してしまうから」「それほど参加したいと考
えていないから」「進路との関わり」「自分にはそ
の存在能力がないように感じられるから。SPACE
CRAFTのパイロットなら出来るような気がするけ
れど・・・度胸あるから」「惑星を研究するのは学
生のうちだけだから」「技術を持っていないし、専
門の勉強も全くしていない為」「LMSAなど電波天
文学のプロジェクトの方に重点を置きたいと考
えているため」

11.1 どのような立場で参加したいですか？（複数回答可）

回答者数64人。学部又は大学院の学生として（11）、大学・研究機関（NASDA, ISAS, NASA, etc.）などの理学系研究者として（64）、大学・研究機関（NASDA, ISAS, NASA, etc.）などの工学系研究者・技術者として（7）、ロケットや衛星を作るメーカーの技術者として（2）、その他（3）[プロジェクトマネジメントとして（1）、宇宙飛行士（1）、無回答（1）]

11.1 で1または2と回答された方にお尋ねします どの分野の研究者として参加してみたいですか？（複数回答可）

回答者数64人。固体（33）、大気・海洋（24）、超高層大気・プラズマ（37）、その他（2）[無回答（2）]

また、どのような研究手法を使って参加したいですか？（複数回答可）

回答者数64人。実験（24）、観測（51）、データ解析（39）、理論・シミュレーション（35）、その他（3）[企画（1）、探査・宇宙実験（1）、無回答（1）]

<11.1に対する意見>

「立場なんて関係あるの？真理追及したいならどこでも関係ないと思うのですが。まーハード面のこととかなら別だと思えますけれど」

11.2 探査するならばどの天体に飛ばしてみたいですか？またその理由と測ってみたいものは何ですか？（複数回答可。希望順位の高いものから順に記入）

<第一位>

回答者数62人。木星（20）、火星（11）、金星（6）

<第二位>

回答者数49人。衛星（12）、金星（8）、火星（5）

<第三位>

回答者数31人。衛星（7）、カイパーベルト（5）、金星（4）、火星（4）

<全体の合計>

回答者数62人、無回答2人。太陽（4）、水星（10）、金星（18）、火星（24）、小惑星（16）、木星（24）、土星（7）、天王星（3）、海王星（3）、冥王星（5）、衛星（23）[エウロパ（5）、タイタン（4）、木星衛星（3）、イオ（2）、トリトン（2）、月・月などの固体地殻がある天体（2）、ガニメデ（1）、カリスト（1）]、彗星（16）、カイパーベルト（15）、その他（5）[小彗星（フランクがその存在を信じているもの）（1）、惑星間空間（1）、外惑星（1）、近地球型小惑星（スペクトルタイプの異なるものを複数、また、枯渇した彗星核）（1）、太陽系に進入してくる星間塵（1）]

<理由>

太陽：「表面&内部の化学組成&内部構造」「太陽の直接計測を行う」「とりあえず惹かれる」「太陽系存在度を直接測定したい」

水星：「Not surveyed well before. The interaction between the dense solar wind and magnetized but no atomospheric body」「水星近傍での太陽風特性、水星磁気圏構造」「世界初が狙える。太陽系初期探査完了間際に日本が滑り込めるかどうかの象徴的な意義のため。画像（パターン、分光（スペクトル））」「内部構造」「固体惑星、衛星表面からの衝突起源放出粒子」「基本的なことすらほとんどわかっていないので、そういった性質を知りたい」「磁気圏構造」「Mystery: heat flow, Composition of Atmosphere」「形成時の地質的痕跡を残している可能性の高い天体だから。初期の地殻を残している可能性が高く、惑星進化の観点で重要な天体であり、なおかつまだ詳しい観測がなされていないから。測ってみたいものとしては、基礎的なことですがTopography dataや重力があげられます」

金星：「火山活動，大気循環」「気候など，地球との比較が出来得るので」「大気が惑星におよぼす影響全般・地球との相違，類似をみるため」「地球との比較と言う見地で重要」「海洋的高密度大気から超高層大気への，現象，物理量の移行過程に興味あり．アイオノボウズ，大気温度，風速（3成分），電子密度分布（電気伝導度分布）」「スーパーローテーション・角運動量輸送」「金星近傍での太陽風特性」「ここしばらく探査されてないし，探査の計画も火星ほど熱が入っていない．最近の研究の進歩で新しい研究の切り口が見えてきており，まだ観測されてない大事なものが何であるかわかってきた．測れるものはなんでも測りたいけど，特に大気微量成分と地面の化学組成（同位体組成も含む）」「プローブによる大気中電場と放電による電波」「プラズマ，太陽風と惑星大気が直接相互作用をするという点は，超高層物理のみならず天体プラズマの分野においても関心のあるところである」「雷放電，オーロラ発光」「距離的に近く，成功する可能性が高いから．地殻・内部構造，大気・地殻」「雲の中を見てみたい」「地球型惑星だが，地球とは全く異なる大気があるから．風速（スーパーローテーション），火山活動」「地球に近いし，似ていると思うから」「大気組成や大気発光現象」「金星のイオン流出」「スーパーローテーションの原因を解明するのがおもしろそう」「地球大気の起源を知る手がかりを得るため・下層大気同位体比」

火星：「もしかしたら住めそうだから」「凍土層，地下水，生命圏（？）」「テラフォーミングの研究対象として一番実現性が高いので」「気候研究の上で地球との比較が（太陽系内では）議論しやすそうなので（特に過去の状態と言う意味で）．詳細な気候データ（温度，風，気圧etc.）を高い頻度で測定してみたい」「地球との比較と言う見地で重要」「クレーター・火山といったものの，地球の知見が

どの程度通用するかを確認するため，可動性のある着陸機で詳細調査，ボーリング，スペクトル画像」「表面＆内部の化学組成＆内部構造」「プラズマ，太陽風と惑星大気が直接相互作用をするという点は，超高層物理のみならず天体プラズマの分野においても関心のあるところである」「内部構造」「有人探査機を送り込み，ある程度長期に観測を行う」「固体惑星，衛星表面からの衝突起源放出粒子」「距離的に近く，成功する可能性が高いから．地殻・内部構造」「地熱流量及び地震波：内部構造のより詳細な情報入手のため」「地球に近いし，似ていると思うから・大気組成や大気発光現象」「大気中のダスト量，大気の放射収支」「生命存在の可能性を探りたい」「火星のイオン流出」「プラズマ密度分布」「人類移住計画が実現可能なのか検証したい」「固体惑星の分化過程について手がかりを得るため：内部構造探査」

小惑星：「採掘のための資源」「鉱物資源になりそうだから」「大きさ，質量，アルベド，スペクトル，偏光など，小惑星帯小惑星だけでなく，NEAs, ケンタウルス族も含めて構成鉱物の違いを調べたい」「密度，化学組成，力学的強度」「内部構成・組織」「トロヤ群を研究することにより，太陽系の進化の歴史の一部を知ることができると考えるから．ダストカウント，表面特性．「世界初が狙える．太陽系初期探査完了間際に日本が滑り込めるかどうかの象徴的な意義のため．画像（パターン，分光（スペクトル））」「化学組成を測定し，その起源・進化について調べたい」「形状，地形，表面スペクトルマップ」「放出・衝突破壊起源の微粒子」「（同一族起源の複数の小惑星）：自転周期，スペクトルタイプ，大きさ，密度，表面状態など，破壊された母天体の内部構造・衝突破壊の年代，履歴の解明・組成；始原物質の組成とその後の進化」「サンプルリターン，元素の微量分析」「酸素同位体」「より詳しい天体のサイズ分布，空間分布，地核構

造」「前生命的有機物進化の解明」「有機物分布と循環」「現実に行けそうで隕石との関連が深い隕石タイプとの対応と有機物」

木星：「極軌道周回衛星にして、デカメーター電波を受信すること」「プローブを極域に投入して、電子密度分布などの未知パラメータを求めること」「極軌道での電波観測」「木星電波、木星電離層（サウンダー、プローブ）観測」「波動」「X線、ダスト、高エネルギー粒子」「対象が衛星も含め大量にある」「惑星物理学から天体物理学的スケールへの一般化がはかれそう」「大気温度、風速（3成分）、電子密度分布（電気伝導度分布）」「磁氣的諸現象大気の巨大渦と木星磁場とは関係があるのか？」「プラズマ、大気、イオなどの興味深い衛星がある」「雷放電、オーロラ発光、雲」「木星雷バルーンに搭載した観測器をに木星に数十機降下させて電場・磁場を直接観測してみる。同時に大気組成も計る」「固体惑星、衛星表面からの衝突起源放出粒子」「磁気圏が壮大でおもしろそう」「オーロラ」「共回転」「大規模な大気循環がありそうで非常に興味がある。オーロラ、大赤斑の構造」「太陽系最大の惑星であること、大気組成」「大気組成、上層雲の様子、水平風速分布」「大気振動」「磁気圏、電離圏の研究」「でかいから」「木星のイオン流出」「プラズマ波動」「光」「オーロラ・オーロラ粒子・磁場」

土星：「土星のリング・新たな発見を求めて」「対象が衛星も含め大量にある」「リングの周辺」「土星オーロラ」「大気振動」「磁気圏、電離圏の研究」

天王星：「Not surveyed well before. Are Voyager II's results (interpretations) resonable? general? precise?」「基本的なことすらほとんどわかっていないので、そういった性質を知りたい」

海王星：「Not surveyed well before. Are Voyager II's results (interpretations) resonable? general? precise?」「基本的なことすらほとんどわかっていないので、

そういった性質を知りたい」

冥王星：「衛星カロンとの関わり方」「表面の化学組成を分光器を使って、ついでに黄道光も」「世界初が狙える。太陽系初期探査完了間際に日本が滑り込めるかどうかの象徴的な意義のため。画像（パターン、分光（スペクトル））」「基本的なことすらほとんどわかっていないので、そういった性質を知りたい」「Medium body between Planetesimal and Planet: heat flow, Composition of Surface & Interior」「大気内部構造、表面特性」「わかっていないから」

衛星：「生命は存在するか？」「表面組織、内部構造」

<イオ>

「イオとトラスの相互作用」「周回衛星から電波観測」

<ガニメデ>

「ガニメデ磁気圏」

<エウロパ>

「氷の下の海の組成、循環」「生命探査」「氷床下の有機物・生命起源物質」「レーダー等で内部海の存在の有無の調査、全球をほぼカバーする高解像度の表面画像の取得」「サイエンス全体に残されたフロンティア生命の起源論への貢献：生命探査」

<木星衛星>

「新たな発見がありそう」「大気及び地質組成」「わかっていないから」

<タイタン>

「惑星にとってN₂主成分大気は普通？光化学過程に関わる組成、大気温度分布」「地球以外で唯一、主成分の窒素」「前生命的有機物進化の解明・有機物分布と循環」「ハビタブル領域以外には生命は誕生しないのか知りたいので、大気と地表、海の成分を観測したい」

<月など固体地殻がある天体>

「月探査のデータが降りてくるから、と言う受動的

な理由。機会があれば」「画像（パターン，分光（スペクトル）），レーダー」

<月>

「地殻進化に関わる情報」「固体惑星，衛星表面からの衝突起源放出粒子」

<トリトン>

「プローブによる大気中電場と放電による電波」

「Medium body between Planetesimal and Planet: heat flow, Composition of Surface & Interior」

<土星衛星>

「固体惑星，衛星表面からの衝突起源放出粒子」

<カリスト>

「レーダー等で内部海の有無の調査，全球をほぼカバーする高解像度の表面画像の取得」

彗星：「ダストカウンター，表面組成」「昔の状態をよく留めているから」「密度，化学組成，力学的強度」「内部構成・組織」「太陽系内の始源的物質であるから，反射光特性」「放出・衝突破壊起源の微粒子」「（特にフレッシュな長周期彗星）：表面・深度の微細構造，有機物の複雑さ，表面のスペクトルタイプ，形状，表面状態など」「組成；始原物質の組成とその後の進化」「小学生のときにハレー彗星を見てからずっと興味があるから。よく分からないけど彗星の組成」「Planetesimal or not? : Composition of Surface & Interior and its Coma」「水中の有機分子」「前生命的有機物進化の解明・有機物分布と循環」「太陽系形成時の化石」「有機物と氷，強度」「プラズマ波動」「太陽系の形成過程を知りたいので，コマを形成していない彗星の表層と地下の成分を観測したい」

カイパーベルト：「表面の化学組成を分光器を使って」「密度，化学組成，力学的強度」「内部構成・組織」「世界初が狙える。太陽系初期探査完了間際に日本が滑り込めるかどうかの象徴的な意義のため，画像（パターン，分光（スペクトル））」「化学組成を測定し，その起源・進化について調べ

たい」「放出・衝突破壊起源の微粒子」「サンプルリターン，元素の微量分析」「Planetesimal or not? :

Composition of Surface & Interior, exist atmosphere or not」「表面構造特性，天体のサイズ分布，空間分布」「前生命的有機物進化の解明」「有機物分布と循環」「太陽系形成時の化石」「有機物と氷，強度」「primitiveな太陽系天体なので成分を知りたい」「まだまだ未解明であり，原始太陽系を反映しているから」

その他：

<小彗星（フランクがその存在を信じているもの）>

「その存在を証明/否定することは科学的な意義が大きいから」

<惑星間空間>

「太陽から飛んでくるコロナガス（CME）や彗星や原始太陽系起源のダスト」

<太陽系に進入してくる星間塵>

「星間塵のサイズ分布，フラックス，進入方向，組成」

<外惑星>

「分からないことが多すぎる」

<近地球型小惑星（スペクトルタイプの異なるものを複数，また，枯渇した彗星核）>

「表面・深度の微細構造，有機物の複雑さ，表面のスペクトルタイプ，形状，表面状態など」

11.3 上の質問で答えた天体には，いつ頃出発できそうな気がしますか？（複数回答可）

<平均値>（）は回答者数。

太陽（3）2023年，水星（4）2014年，金星（18）2008年，火星（16）2013年，小惑星（9）2027年，木星（20）2014年，土星（6）2011年，天王星（3）2022年，海王星（3）2022年，冥王星（4）2020年，衛星（15）〔月（1）2010年，木星衛星（7）2019年，土星衛星（4）2020年，海王星衛星（1）

2008年, 具体的な名前なし (2) 2016年], 彗星 (13) 2013年, カイパーベルト (7) 2025年, その他 (1) [地球型小惑星, 太陽系に進入してくる星間塵 (1) 2010年]

<11. 3に対する意見>

「日本が?という問いでしょうか。2010年を超えると、今よりいっそう国際協力がすすんでいて、日本独自で、というのは少なくなっているのでは? カイパーベルトに探査機をおくりこもうとすると、原子力が必要、ということになりますから日本独自で、というのは難しそうです。他方、アメリカでは冥王星に探査機を飛ばそうとしていますから、世界的な技術レベルとしては可能なのでしょう。ということは、国際協力がすすんだあかつきに日本の研究者が、カイパーベルト天体探査ミッションにかかわることは可能と思われます」「正直なところ、現在の日本の研究開発体制では、予想がつかない。(厳しいと思う。) 圧倒的に人材不足か技術不足。誰がリーダーとしてやっていくのか?」

11.4 これは面白い、と思えるような探査・観測のアイデアがあれば自由にお書き下さい

回答者数27人。

「流星のサンプルリターン、燃える前に捕まえて組成分析する」「大気自由励起振動による惑星内部構造探査 (東工大小林直樹さんたちの発案)」「insituだけの観測でなく、気球を沢山落としたりして複数地点の観測を行う」「火星への有人探査。南極で1年半生活できるなら、火星探査で2, 3年過ごすのも不可能ではないと思う」「短周期彗星にペネトレーターをぶち込んで、長期にわたって彗星そのものの観測を行う。日心距離によってどう彗星コマや温度、磁場が変わるかを測定。彗星の一周期以上の長い観測を行いたい」「有用な資源などの探査」「木星に周回衛星を飛ばして、大気の振動を調べる。そのデータと太陽震研究の手法を使っ

て内部構造を知る新しい手がかりにする」「彗星、小惑星を丸ごと地球の静止衛星軌道に持ってくる、そこで分析」「SELENE/LRSの技術を用いて、惑星の衛星の地下探査」「月面干渉計、クラスタ衛星、電磁場6成分観測」「金星の低高度を飛ぶ気球から火山を分光撮像観測」「小惑星帯に探査機を送りこんで、いくつかの小惑星を巡り、調査後そのまま小惑星帯に放置し、ダストとカウンターでフラックスを測る」「木星のラグランジュ点に探査機を送り、そのまま探査機の寿命が尽きるまで、トロヤ群を調査する」「惑星観測用の地球周回衛星or月面基地」「経済的feedbackも作れば自動的に進むが、果たして????」「彗星や小惑星に、多数のマイクロプローブを落として、組成を調べる。あるいはSolar sailを取り付けて、地球近傍まで連れてくる」「小惑星同士を衝突させる」「彗星塵の捕獲」「水星軌道から太陽へ向けて小型プローブを射出」「水星内部構造探査。水星の地下 (例えば深さ1mは、地球の常温程度で安定) に測定器を置き、太陽潮汐で励起される地震 (?), 熱流量、物質の組成等を測定する」「窒素が主成分のトリトンでは、大気の絶縁破壊強度が小さいため、弱い雷放電が多く発生している可能性がある。数億年前の地球大気の類推として観測事実を収集することが必要」「極めて多数のマイクロマシンによる総合的探査」「Europaの生命探査、小型カメラ・小型探査機を用いた小惑星のマルチフライバイ・複数探査機ミッション」「光・雷波領域でコーナーキューブ作り、複数個ばらまいてオカルテーション観測を行う」「惑星観測汎用スペースステレスコプまたは月面天文台を持つべき」「100-1000のオーダーの軽量・単純なプローブと、それらからのデータを送受信する複数のステーションからなる、惑星軌道・表面上のネットワーク式計測。10-20%ほど不具合があっても科学的成果にあまり影響しない。これまでのたった一機で行う探査計画とでは、根本的

にシステムの設計思想が異なる」「有人探査、金星、木星で気球を浮かべる。細菌（生命の源）をまき生物が生きられるか調べる」「Deep Impact Again! (by Japan)」

12. 日本が惑星探査で世界的業績をあげていくためには何が一番必要だと思いますか？}

回答者数93人。

「人、時間」「狭い専門分野に閉じこもらない、幅広い教養」「競争」「古い型に囚われない実行力」「マンパワー」「なるべくターゲットを絞った観測に重点をおく。そのため、ある観測技術の開発に対し明確なサイエンス的目的を持つ」「若手の育成」「企業などとの提携をより活性化して、研究環境をより良くする」「外国のように研究費を国が出すのではなく自分たちでスポンサーを探して行なうようにして研究室間の競争を加熱させる」「決断力」「行動力」「実力のある閣僚」「マンパワーと核の安全利用技術の確立」「国の理解」「人材を育成すること」「惑星を探査したいという全体的な意気込みとそれを実行できるだけのお金」「英語力」「NASDAと宇宙研の統一」「予算のアップ」「ロケット技術」「目的を絞ったコンパクトな探査機」「特色ある研究室が多く存在すること」「基盤整備、教育の充実、大学と研究所との連携」「探査計画のプロポーザルの参加体制が、もっと簡潔にもっと気軽にできることが必要。なにか若手でいいアイデアを持つ者があっても、それを形作るのにいたらないのが現状だと思う。実際にプロポーザルを出すためには多大な時間と労力が必要で、アイデアだけあっても、力（能力もしかりお金、発言力もしかり）のない者にはしきい値が高すぎるので、あきらめてしまうのが現状である。また、探査に興味がありアイデアを持っても、ただその意気込みを認められるにすぎず、結局労働力としてしか扱われないと若手がおそれているのも事

実である（あながち間違いとも思えない現状にも問題あり）。そのため、何か意見をもっているのに気軽に発言できない雰囲気がある。下手に発言すると「物を分かっていない」と叩かれるか、労働者にされてしまうと恐れているからだ。結局、現状では探査への取り組みはデジタル的に1かゼロかでしかあり得ない。そうではなく、もっと広くもっと適当に気軽に言える場があって、（初期値は無責任でもいいではないでしょうか？）そこから取捨選択的に採用されるような形があってもいいと思う」「人：機器開発を小人数で行なうのは現実的ではない」「残念ながら日本の衛星も海外のものよく知らないのではありません」「プロジェクトの立ち上げから実行までのスピードアップ」「諸外国との協力」「多額のお金が必要なので、一般の人々の惑星探査の意義、科学への理解など」「ハードウェアの開発、ある種どろくさい、とても続けられんと思われるような仕事でも根気強く継続していくことができる人材、それと、お金」「地道な努力と足元を見る勇気」「探査目的の絞り込み。ASAの追従ではなく、すき間を埋めていくような、それでもサイエンス的に面白いことをしっかり探す」「（良かれ悪かれ）自国の探査機の性能」「目的」「実績のみだと思います」「学生に対する給与」「パワーでは勝てないから、より細かな部分の観測を行っていく」「衛星をきちんと目的地まで飛ばせる技術力」「惑星探査の回数（経験）」「明確なビジョンを打ち出せるマネジメントグループ。国を挙げての予算的取り組み。責任者を明確にすること。（宇宙研の場合PIがキッチリと決まっていって明確だが、事業団は打ち上げ失敗が誰の責任なのかなかなか見えてこないように感じる）」「Budget (including the understanding from the government), Manpower and Spirit」「現在の様な大型衛星ではなく、小型衛星をたくさん打ち上げ、多点観測によるデータを集める。観測機器の精度（時間分解能

など)の向上」「idea & money」「経験」「資金」「一番、と言われると難しい。技術、人材、熱意でしょう。どれが欠けても惑星探査はできません」「技術力」「基礎研究費」「観測技術の基礎開発、惑星研究者人口の増大、幼児」「児童への惑星科学教育」「よく検討したアイデアと計画、そして予算」「データをとる人と使う人の交流」「地球物理全分野を意識した惑星研究施設や環境の設立。スタッフの充実。スタッフのポスト」「探査に関わることのできる人材」「組織をしっかりとつこと」「第一位：ビジョン。第二位：パブリックサポート(その結果としての予算増も含む)。第三位：自らの手で創ったもので宇宙の謎を解きたいという情熱を持つ若手研究者の増加。第四位：惑星探査を提案できる実力を持った、宇宙研とNASDA以外の研究機関」「技術力の底上げをすること(含む技術スタッフを増やすこと)。無駄なプロジェクトをやめること。プロジェクトを索引できるリーダーを育てること」「現在学会毎にばらばらになっている研究者が新たな協体制を作る」「メーカーを含めた技術レベルの向上と蓄積、関わる研究者の領域を異分野に広げること」「惑星探査を行うことの出来るポスト」「世間の支持を得る裏付けとなる哲学(なぜ探査するか)。若手(というより青少年)の育成」「若い力」「今まであまりデータのとられていない惑星(例えば水星)に探査機を飛ばす」「人間の数を大幅に増やす(人を雇うのを簡単にできるようにする)。外部評価を真面目にやる。NASDAにもう少し頑張ってもらう(←5時前から飲むって本当?)」「独創性」「アメリカにはないアイデアと地に足をつけた観」「そもそも日本が惑星探査なんてできるのでしょうか?日本に惑星探査を実行するだけの体力があるとは思えません。世界的業績うんぬんの前に、もっと一般社会における認知度を高めるように広報活動に力をいれるべきではないでしょうか?人々に夢を売らねば

ならない職業であるはずなのに、あまりに広報活動がお粗末であると思います。きちんと社会的なコンセンサスをつくり、惑星探査のための基盤(ポスト、金)をつくる必要があると思います。サイエンスで世界と張り合うために必要であると思うのは、やはり日々の研究レベルの引き上げであると思います。普段の研究で世界をリードする研究ができれば、探査機とばしてもろくな研究はできないでしょう」「人材の育成(特にミッションをリードする理論家)、基礎的技術の開発」「蓄積、チームプレー精神、小型ロケットや野外実験等で開発の経験を積み重ねる」「技術・科学の交流の場としてNASA, ESAとの合同探査計画」「未踏の惑星への着陸、もしくは突入」「やる気」「画期的な発想で、外国の研究者の追従を許さないような観測器を作ること」「予算と熱意」「やる気のある若い学生を増やすこと 高校で地学を専攻できるようにすること。地学・天文系の大学・大学院に進学しやすくすること」「世界初のことを安く速くすること」「1. 惑星物理・化学等の初等教育の充実。1.5. 惑星物理・化学等の大学院教育の充実。2. 組織の体質改善、意識改革。3. 研究者のウケ皿->「惑星」の市民権。4. 強力なリーダーシップ。5. 技術・学問的バックグラウンドのレベルアップ。6. お金。7. 国威発揚、宇宙空間利用などの国民、他国へのプロパガンダ。8. アメリカ(NASA)の没落。9. アジア諸国との連帯。10. 時間。注) 1~10は非線型相互作用を伴うので、どれから始めたら良いかは不明。またそれぞれが独立ではありえない。そう考えると、4あたりが一番重要かもしれない」「NASDAとISASの協力、合体」「簡単だと思われるミッションでもとにかく自前の経験と実績をつんでいく。それとともに、探査の背景・ドライビングフォースとなるような基礎研究をしっかりと行う」「独創性、自己主張の強い人間の養成」「やる気のある多くの若者」「確実性(打ち上げ、スイ

ングバイ等)」「複数書きますが…回答0 [世論と他分野研究者の支持。それを得ることのできる spokesman.] 回答1 [必要性和戦略を明確にすること。ストーリーがないと始まん.] 回答2 [何と云ってもコスト圧縮.] 回答3 [何と云っても基盤となる要素技術.] 回答4 [何と云っても人的資源]] 「目的意識を持った継続的な惑星探査計画」「資金力」「斬新なアイデア」「たしかにそれも大事でしょうが、業績をあげることや、他の国に勝つことに一生懸命になるのは本末転倒と言うかなんというか。それよりも世界との協力の方が大事なのではないでしょうか」「時間的、人材的な余裕（つまり予算と言うことになるのでしょうか）子供への天文惑星関係（地学）教育の充実を訴える。一般の関心が薄らぐほど、国としての探査の優先順位も低下してしまうように思います」「資金調達」「納税者の理解」「予算とリーダーシップ」「研究者達の意識の向上、世間への認知」「信頼度、どれくらい予算を取れるか」「積極的なチャレンジ」「“のぞみ”の教訓をきちんと生かすこと」「やる気」「楽しむ」「基礎研究」「独自の視点と技術」「お金と云ってしまえば簡単だが、やはりアメリカのアポロ計画のように政府だけでなく一般人が興味を持つこと」「国民の理解」「国民の関心=>お金」