

火の鳥「はやぶさ」未来編 その5 ～はやぶさ2統合サイエンスの理念～

小林 直樹¹

(要旨) はやぶさ2ミッションのようなビッグサイエンスでは事業者はその正当性を人々に示し続ける義務がある。本稿では、「統合サイエンス」を、各機器のデータを統合解析して科学成果を引き出すという本来の字義に加えて、はやぶさ2ミッションを惑星科学コミュニティにつなげる活動までを含めて定義する。そして「統合サイエンス」が公共性、奉仕性、および高い遂行能力という正当性を構成する3要素の向上にいかに関与するかを論考する。

1. はじめに

はやぶさ2も総合試験が始まり、いよいよ打ち上げに向けて大詰めを迎えている。そんな中、連載を始めて5回目を迎える火の鳥「はやぶさ」未来編の執筆が回ってきた。そこで本稿では「はやぶさ2」を通じて行なわれている統合サイエンス活動を紹介する。100億円規模のサイエンスミッションの義を尽くす活動として「統合サイエンス」の意義がある。しかし十分な執筆時間が取れた訳でもないため統合サイエンスのA to Zを紹介するのではなく、この連載シリーズが永きに続くことを信じて、先ずはその理念について紹介する。

2. 100億円のサイエンスの義

宇宙政策委員会宇宙科学・探査部会の第7回部会会議資料として提出された「宇宙科学・探査ロードマップについて」には今後の宇宙科学ミッションの規模について記載がある。それによれば100 - 150億円規模のものを小型計画、300億円程度までのものを中型計画、それ以上のものを政策的な大型計画として分類している。その分類によれば「はやぶさ2」は中型計画にあたる。いずれにしろ100億円規模という巨額な費用を投じての事業である。人というものは個人の財布に

入らない額になると経済感覚が途端に無くなるものだが、100億円という規模を改めて実感してみよう。

国税局の統計によるサラリーマンの平均年収は409万円であるが概算のため500万円としよう。勤労年数を40年とすると生涯収入は2億円になる。単純計算では100億円というお金は50人分の人生と同じである。あるいは個人の労働に置き換えると、平均収入で働き続けるとすればそれは2000年間働き続けなければ得られない金額である。再生医療技術が進んでもそんなに働き続けるのはうんざりであろう。もう少し研究者の実感が得られる研究費で比較してみよう。個人研究者にとってもっとも馴染みのある外部資金は日本学術振興会の助成金である科研費の基盤研究(C)であろう。その一課題あたりの支給上限額は500万円である。100億円を500万円で割るとその額は基盤研究(C)の2000課題に相当する。1課題あたりの研究期間が平均2年だとすると4000年分に相当し、如何に研究が好きでも競争下に置かれた状況でそんなに研究するのはうんざりなことと思う。また少なくとも1課題あたり1本の欧米誌への査読論文が生産されると仮定するとこれは2000本の論文数にあたる。果たして宇宙科学ミッションにそれだけの価値があるのかを問われれば必ずしも自明なことでは無いであろう。筆者の考えでは100億円規模の科学事業は論理的には公平な正当性は論じ得ず、そこには何らかの政治的な判断が必ず必要になる。間接民主制の賜物である。しかし、

1. 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所
kobayashi.naoki@jaxa.jp

それに甘んじて事業を受ける訳にはいかない。事業者には正当性を示し続ける必要が生じる。

ではここで正当性とは何であろうか。一つは公共性であろう。「はやぶさ2」というミッションを持つ科学意義を、一般国民に理解してもらうよう努力することはもとより、直接利害関係にある広い科学コミュニティで事業を共有することであろう。少なくともこの「遊・星・人」を手を持つ人が「はやぶさ2」は自分に関わるミッションという意識を持つことは最低限期待される。

もう一つは奉仕性であろう。行動の判断基準として個人の利益ではなく他者の利益を最大化することが求められる。いわゆる賢政に求められる姿勢と同じである。中・大型計画規模の「はやぶさ2」はそれ自体政治的な判断が必要な政策であり、その実施にあたっては当然賢政の姿勢が求められる。三つ目は高い遂行能力である。どんなに高い志があっても実施者が事業を遂行する能力に欠けていれば、国民は安心して政策を付託できない。他にも大型事業に求められる道義は多々であろうが本稿では特にこの三つの点を取り上げる。

3. 統合サイエンスの意義

それでは「はやぶさ2」の事業化にあたってはこの3つの正当性に基づいてそれが決定されたのだろうか。もちろん、プロジェクトの関係者の多大な努力の上に事業化が目前に来ていたのであるが、最後の振り返りは初号機「はやぶさ」の満身創痍の帰還による劇場型の盛り上がりによると思われる。筆者は対立候補でもあった月着陸探査計画SELENE-2に関与していたが、「はやぶさ」帰還まではSELENE-2に軍配があるものと思っていた。そういう思いは筆者だけではないであろう。少なからぬ惑星科学者が「はやぶさ2」を降って来たミッションという感覚で捉えていたのではないだろうか。(もちろんSELENE-2は資金規模が更に大きいのでそう簡単ではないことも理解していたが。)そのため、プロジェクト化が決まったがミッションを心配する声は惑星科学コミュニティからも生じ、現プロジェクトサイエンティストの渡邊誠一郎、SCI/DCAMチームのサイエンスPIである荒川政彦を中心に「はやぶさ2から考えるサイエンス研究会」という研究会がプロジェクトから独立した形で「はやぶさ2」や惑星

探査の意義をより高めて行く目的のもと行なわれたのをご記憶されていることと思う。また宇宙科学研究所理学委員会においても「はやぶさ2タスクフォースチーム」が設置され「はやぶさ2」の科学意義の整理・再構築が行なわれた。事業化の後で生じたこれらの活動は筆者の感想が独りよがりのものではないことを支持していよう。

しかし、持続的に正当性を向上し続けるのも並大抵の努力では行ない得ないのも事実だと思う。現実的な制約の中、開発には不具合が付きものの上、対象天体の軌道の問題で打上期間に制限のある惑星探査ではプロジェクトに直接関わる惑星科学者だけで三つの正当性を向上し続けることは不可能である。三つ目の正当性である遂行能力にも関わる点であるが、プロジェクトに直接タッチしない惑星科学コミュニティのメンバーが「はやぶさ2」への関心をいかに高め、サポートする体制を作り得るかが重要であろう。特に惑星科学コミュニティにとっては「はやぶさ2」というプロジェクトを通して惑星探査を遂行する能力を高めることが後継ミッションを実現して行く上でも大切である。目前の問題を処理しなければならないプロジェクトチームだけでは長期的な視点での成長戦略には限りがある。逆にコミュニティにそうした動きが作れないのであれば惑星探査になんか手を出すべきではない。とは言え、既に事業化されたという現実の中、理想的な状況に歩を進める方策は必要である。その方策の一つとして筆者が考えるのが「統合サイエンス」という活動である。機器間のデータを統合解析し衛星データのもたらす科学成果を引き出す活動としては月周回衛星「かぐや」でも「統合サイエンス」というものが意識されていた。ここで言う「統合サイエンス」は更に言葉を拡大解釈し、本来の意味に加え特定の惑星探査ミッションを惑星科学コミュニティの活動として統合して行くものとして再定義されている。100億円規模のサイエンスミッションを遂行するコミュニティにおいて、「はやぶさ2」の「統合サイエンス」はそのミッションを上に掲げた三つの正当性の獲得に近づける役割を担うものである。これらの点について順次はやぶさ2の統合サイエンスが正当性向上に果たす役割について論考してみよう。

3.1 公共性

科学コミュニティにおける公共性を獲得するために

はミッションの持つ科学意義をより高い次元で、より広い分野において構築する必要が先ずあるであろう。そのため「はやぶさ2」では「小惑星の科学」よりも「小惑星からの惑星科学」という視点を重視している。この点は第一回「統合サイエンスチーム」会議で提示されたチームの目的の一つにも掲げられている。そこでは「サイエンスの裾野を広げる：『小惑星からの惑星科学』を考え尽くす」と謳われている。これは他の目的である「はやぶさ2のサイエンスの全体像の構築」、「科学的制約／科学的評価を明確にする」などを考える上での基盤とも言える理念的な目的である。その目的のため「統合サイエンスチーム」メンバーは各サイエンス機器チームのメンバーのみならず、理学委員会タスクフォースチームで活躍したメンバーも加え、少し「はやぶさ2」から離れた視点でもの言うように構成されている。先に紹介した「はやぶさ2から考えるサイエンス研究会」の主要メンバーが今では「はやぶさ2」のサイエンス面での主要メンバーとなっており、その活動での理念がプロジェクトサイエンスにおいても定着してきていると言えよう。

はやぶさ2立ち上げ当初から謳われていた水や生命の起源へのアプローチと言う視点でのC型小惑星における水・有機物・岩石の相互作用の理解のみならず、インパクトの衝突実験から微惑星のアナログ物質としての小惑星の衝撃応答の理解、対象天体である1999JU3の履歴を読み解き地球近傍への物質供給のメカニズムへの制約など、惑星形成論にも波及する視点で「はやぶさ2」のサイエンスはより多くの惑星科学者を巻き込む形に展開されつつある。また「統合サイエンスチーム」ではそうした研究テーマに結びつく科学成果を現実的なミッション制約の下にどう実現して行くかを議論している。個々のテーマは「はやぶさ2」の複数の機器、システム運用の上に実現されるものであり、機器チームを超えた段取りがそれぞれに要求される。個々の利害を超えより広く価値の高い科学的な成果を創出すること、そのために必要な段取りを組むことが「はやぶさ2」の統合サイエンスの大きな目的である。

3.2 奉仕性

二つ目の正当性である奉仕性についてはどうか。この奉仕性についてもいくつかの段階がある。

プロジェクトの中心的メンバーのプロジェクトメンバーへの奉仕、特定の機器チームの他機器へのあるいはプロジェクトに対する奉仕、「はやぶさ2」プロジェクトチームの惑星科学コミュニティへの奉仕、プロジェクトチームを含む惑星科学コミュニティの一般国民への奉仕などである。ここで重要になるのは立脚している足場のもう一段階上の視点での利益を考えて行動することである。各サイエンス機器チームは各々の機器の開発に多大な時間を費やしている。特にチームをまとめる立場の者は所属チームのメンバーの個々の努力が目に見えており、それに報いるためにも自機への利益誘導への誘惑が常にある。しかし、科学的な公共性を上げるために、より広く高い科学成果の実現を目指すには各機器チームがチームを超えた視点でサイエンスや運用を調整し、「小惑星からの惑星科学」の実現のためにはどうすれば良いかを考えて判断していく必要がある。「統合サイエンスチーム」は個々の機器の利益を超えて機器間の連携や調整のもと「はやぶさ2」の惑星科学を最大化する場でもある。

奉仕性という点で二番目に言及したい点はプロジェクトチームの科学コミュニティへの奉仕でもあるデータ公開・利用に向けた取り組みである。始めに述べた通り単純計算では一つのミッションは2000本以上の科学論文の成果にあたる。惑星探査の場合は複合探査である場合がしばしばで搭載機器は複数に渡る。仮に10機器あったとしても機器あたり200本以上の論文にあたる。普通に考えたら機器チームメンバーのみでは生産はおぼつかない。機器チーム外、プロジェクト外の科学者のデータ利用や成果創出は機器開発の時点、科学データの取得の時点、データ公開の時点のそれぞれに於いて折り込み済みでなければならない。即ち、個人は自分の論文だけではなくチームの論文、チームはプロジェクトの論文、プロジェクトは科学コミュニティの論文数が増えることを意識して、より使い易いようにデータ利用のあり方を考え、整えて行く必要がある。データ利用のユーザビリティを上げることも統合サイエンスの重要な課題である。

もう一つ取り上げておきたい奉仕は将来への奉仕とも言えるドキュメント化である。機器開発などの現場での諸問題は飽きること無く生じて来る。それに対応するため、どうしてもその場その場の対応になりがちである。個別の報告書は多数生産されるが、それらを

俯瞰して教訓や系統的な経験を文章として蓄積していく余裕はない。しかし、小型衛星ミッションが軌道に乗ったとしても宇宙科学への参入分野は年々増えており、100億円規模のミッションの獲得機会は今後もそう多くは無いであろう。惑星科学コミュニティにおける探査の遂行能力の維持発展のためにも、個人の経験を共有する方策を考えて行く必要がある。これを実現して行く方策を考えるのも統合サイエンスの大きなテーマである。

3.3 遂行能力

三つ目の正当性であるミッションの遂行能力の獲得について論じてみよう。しかしここで取り上げる遂行能力は現在のプロジェクトの持つ能力ではなく、惑星科学コミュニティが将来のミッションに備えて遂行能力をいかに増強して行くかと言う点である。その目的のために「はやぶさ2」をどのように利用して行くのかという視点である。遂行能力の成長戦略の問題である。将来的にもミッション機会は多くは無い状況の下では、場当たりの対応では政策に振り回されてしまうであろう。そうならないためにも将来に備えて人材・科学・機器の整備が必要である。

自立した惑星探査の実現という目的のために惑星科学会では2010年に「月惑星探査の来る10年」という将来構想に乗り出した。これは惑星探査による惑星科学の実現のために、ミッション経験の少ない惑星科学コミュニティのために探査参入の敷居を下げステップバイステップでミッションプランを作り上げる経験をさせること、一方で政策に振り回されない探査のためコミュニティで押すべき探査カードを揃えておくことが目的であった。現在、第三段階の終盤を迎えて3つのフラッグシップミッション候補(中・大型ミッション規模)に絞られ、これ迄に練り込まれたミッション提案に対してある種の成績評価をする段階にある。「来る10年」にはその進行具合や進め方について批判もあるが、既出の惑星探査ミッションと惑星科学コミュニティの乖離を埋めるべく一定の役割を果たして来た。このような活動は惑星探査の現状の分析から生まれて来たものであり、「はやぶさ2」においてもそれをプロジェクト外から評価し、そこから得られる教訓を今後の方策に活かす取り組みがコミュニティには求められよう。

惑星探査を進める人材の増進のためには「惑星探査による惑星科学」の発展が無ければならない。人が集まれば経済が起り、経済が活発になれば利潤を求め人が群がる。探査に於いてもそうした正の循環を生み出す必要がある。その第一歩が既存ミッションで得られたデータの利用促進であろう。だがこれ迄惑星探査のデータ利用の経験の無い研究者や学生の諸君には利用せよと言っても敷居が高いものである。この点についても惑星科学コミュニティでは「月惑星探査データ解析実習会」という初心者向けにデータ解析のイロハを教える取り組みを会津大学ARC-Spaceを始め各大学で探査データを解析・研究している研究者のご尽力により継続して行なっている。惑星探査データの利用者の促進は直接的な受益者の増進による探査への動機付けの強化に繋がるだけでなく、次のミッションに繋がる科学成果の創出を増進するものである。統合サイエンスチームには「はやぶさ2」とデータ解析実習会の実施の両方で活躍する研究者も複数含まれる。「はやぶさ2」のデータ公開・利用を進めて行く上で、「月惑星探査データ解析実習会」での経験は活かされるべきであろう。

第三の点は機器開発体制の整備である。「はやぶさ2」での機器開発は初号機ベースであるため、大きな自由度が無い。まずは打ち上げに開発を間に合わせる事が第一であり、将来を見越したサイエンス機器開発という視点から離れた開発になっている。こうした問題は「はやぶさ2」に限らない。ミッション機회가少なくなれば、持続的・発展的な機器開発やそれに伴う人材育成も進め難くなり、単発のミッションをこなすことで手が一杯となる。こうした問題に対処するため、特定の機器や技術を特定のミッションに落ち込むことなく育てて行く仕組みが必要となる。そうした狙いで打ち出されたのが「惑星科学コンソーシアム」提案である。これは惑星科学会会長名で日本学術会議が取りまとめている大型研究計画マスタープランに盛り込むべく提案されたもので、先の将来計画委員長であり現副学会長の倉本圭を中心に提案が取りまとめられた。その要は特定のミッションではなく、現行ミッションも含めた将来のミッション群における機器開発を持続的・発展的に行なう術を作り出すことである。このコンソーシアム案自体はそうした場を大型研究計画として獲得することにあるが、既存の研究機関のリソースと同様

な意図で持続的な機器開発環境を作り上げるための議論が将来惑星探査検討グループ長の並木則行を中心に始まっている。

4. 人そして人

このように「はやぶさ2」を取り巻く問題やそれに内在する問題を惑星科学コミュニティの問題として取り上げ、分析し、次の手を考え打つような活動が「はやぶさ2」プロジェクトの外部の惑星科学コミュニティに求められている。そうした活動を持続的に行なうには問題を掘り下げ議論する場が必要である。プロジェクト外の議論の場として「月曜放談会」という場がある。先に挙げた「惑星科学コンソーシアム」の提案内容はこの放談会で随分議論されたものである。また、昨年末に始まった「惑星探査と理論モデルに関する研究会」も放談会で企画され実現されたものである。その活動はミッションの持つ科学的な意義を高めるため、あるいは新規探査につながるだろう理論的な研究やアイデアの萌芽を期待したものである。不定性の大きな(行ってみないと分らない)惑星探査では事前に様々な理論的なアイデアを吟味しておくことがミッションを成功させる要である。これはまた現在は探査に関わっていない理論研究者を巻き込む仕組みでもあり、「小惑星からの惑星科学」を標榜する「はやぶさ2」の統合サイエンスを後方支援する活動でもある。「月曜放談会」の自由な議論の場は惑星探査の持続的な展開に必要であろう。「月曜放談会」に興味を持たれた方は是非ご参加いただきたい。筆者にご連絡いただければ「月曜放談会」の案内をお知らせする。

本稿では「はやぶさ2統合サイエンス」についての紹介記事を書いた。最初に述べたように打上から帰還まで長期に渡る「はやぶさ2」に於いてこの連載も長期に渡るであろう。そこで本稿では「統合サイエンス」が持つ理念の面についてのみ筆者の視点でまとめた。今後の連載で具体的な「統合サイエンスチーム」の活動成果についても順次報告することになる。以降の連載を期待されたし。