10 月にリリースしたロードマップを 11 月の宇科連で議論する

所長　　藤本　正樹
副所長　津田　雄一
副所長　澤井　秀次郎

10 月頭にロードマップをリリースした。E 改訂ということになっているが、実質は書下ろし。理工委のメンバーも巻き込み、執行部メンバーが自ら筆を取って、本気で書いた。ここの 3 名は 2025 年 4 月にそれぞれの役職に就任して以来、いくつかの文章による発信をこのウェブページで行ってきた。中でも 2026 年初に書いた「このままではうまくいかない」を掲載通知する X ポストは 30 万もの閲覧数を獲得し、さらには、ネットに解説記事が出版されている。ロードマップは、それらにおいて記述してきた問題意識や解決方策へのアイディアの集大成であり、他のメンバーの参加も得て宇宙研のクレジットで制定したものである。

11 月に宇都宮で開催された宇宙科学技術連合の講演会において、ロードマップに関する議論を開催した。ここでは、そこでの議論の要点を再現すべく、

（1）　（スライドを使わずに講演した）藤本による＜ロードマップ文書の読み方＞を以下に掲載。

（2）　津田による、主に中型計画に関する考察を記したスライドを掲載（別紙１）。

（3）　澤井による、主に小型計画に関する考察を記したスライドを掲載（別紙２）。

とした（なお、別紙０はロードマップそのものである）。

＜別紙０・ロードマップ文書の読み方　藤本＞

【全体構成】

1 ページにあるように三部構成である。

3 ページにあるように、

・第 I 部では、宇宙科学とは何か、日本の宇宙科学はどうあるべきかが議論されている。

・第 II 部では、日本の宇宙科学が持つツール群が記載されている。

・第 III 部では、これらを踏まえ、日本の宇宙科学の将来構想が記述されている。前半では今後 10 年間の計画を述べているが、それが後半で記載されている～20 年間を見据えた上で検討されたものであることを、第 III 部の構成から読み取られたい。

・また、第 III 部後半はコミュニティからのインプットを自由形式で書いたものとなっている。これは、

このロードマップはアップデートされていくもの

であり、それに貢献するには、

まずは第 III 部後半へのインプットをすること
が期待されているということを物語る。

【第 I 部】
５ページ、
・第 2 段落では、産業界との向き合い方についての言及がある。これは、過去の振る舞いに対しての大きな反省に基づいたものである。
・第 4 段落では、日本の宇宙科学が世界からの期待に応えて活躍するには、自らの強みを活かす態度が必然的に求められるし、強みが何であるのかとの見究めにおいては厳しい態度が求められることを述べている。
７ページ、
・宇宙科学への視座について、理学ベースのものだけでなく工学ベースのものも明記した。これは理工連携こそが日本の強みの基盤であるとの認識に基づくものである。従来、工学目線での語りが（少なくともロードマップにおいて）なかったことは、不思議である。
・第 5 段落では、その強みを生かして新しい問いにチャレンジしていくようなミッションを世界において最初にやることが日本の役割である、と述べている。それでこそ、宇宙科学が日本の宇宙開発を先導することに貢献できるのだと考える。
8、9 ページでは「宇宙科学とは」ということを、理学視座、工学視座、それぞれで述べている。
10 ページには現代宇宙科学における典型的な問いを記載し、それぞれに対して世界の動向と日本の取るべき戦略を記載した。
11 ページ、
・伝統的な宇宙科学の枠組みの外に「拡張された宇宙科学」と呼ぶべきテーマ（地球防衛、宇宙天気）が生まれていることを記載した。
・月火星探査というテーマにおいては、無人探査と有人探査とのシナジーが鍵となること（より具体的には、小型無人探査を大型有人探査に先行して行うことが不可欠であること）を述べている。
12 ページ、ここでは月火星探査についてより踏み込んで、
・月においては、宇宙科学が主導するわけではない有人与圧ローヴァが目玉であり、その成功に向けて宇宙科学は積極的に支援をしていくべきで、そうであれば、段階的に進めていくことが大事であることが記述されている。
・火星については、MMX→火星着陸探査 STEP1 という具体案が検討されていること、そこでは宇宙戦略基金の成果物を効果的に活用することが述べられている。

【第 II 部】
14 ページにはツールを使うことを考える際に意識すべきことが記述してある。ここで特記しておきたいキーワード：技術のフロントローディング、その出口としての小規模宇宙実証機会、産業界との共用も含めた実験場の活用。
15 ページにはミッションカテゴリを記載した。
・中型：世界からの期待に応えるもの、世界をあっ！と言わせるものであるべき
・小型：ちょうどよいものをテンポよく実施していくクラスとしたい
・小規模宇宙実証実験：世界をあっ！と言わせることのできる人材を育成する場でもある
18 ページには小型において「ちょうどよいものをテンポよく」実施していくための構想として、セミオーダー式標準バスを考えていることを記述している。
20 ページ、
・技術のフロントローディング（技術 FL）の出口として小規模宇宙実証実験を設置することを構想する。
・これは、日本の宇宙科学を支えるような将来ミッションのコア技術を技術 FL で開発した後、本格ミッション実現までの待ち時間に、小規模であっても宇宙環境で動作することを実証する場を提供しようとするものである。
・同時に、このための宇宙機には新しい作り方を適用し、新たな宇宙機開発手法を試す場ともする。
・これらの技術実証という成果だけでなく、その経験を通じて中型ミッションを担う中核人材の育成も行う。
24 ページには月火星探査における有人部門との連携の必要性が述べられている。有人与圧ローヴァのような有人計画が科学のチャンスを与えてくれる一方で、その機会を真に生かし有人与圧ローヴァの成功に寄与すべきことを指摘している。

【第 III 部】
26 ページには将来像を考える上でどのような大きな流れが意識されているかを記載した。それらは、
・生命惑星をキーワードとする太陽系観測と天文観測の合流
・工学における「新しいやり方」の開拓が宇宙科学と産業界との接点を作り出すこと
・月探査において有人との連携を最も効果的に生み出す無人小型探査の在り方
29 ページでは今後の 10 年間の将来構想を概観した。項目を並べると：中型計画で実施されるべきテーマ、あるべき形の小型計画を実現する新共通バス、系外惑星をキーワードとする大型海外計画への参加、MMX の先に日本ならではの火星着陸探査を見据えること、地球防衛や宇宙天気といった「拡張された宇宙科学」への注力、月面インフラ活用における宇宙科学への期待と責任、技術のフロントローディングの重要性、全く新しい宇宙輸送機を開発する活動に注目。

30 ページ以降、
・コミュニティからのインプットが自由形式で書かれている。
・35 ページにあるものが典型例だが、コミュニティからの新しい提案は、まず、この部分で受け付けたい。
・このようにロードマップはどんどん改訂される文書であると考える。また、ロードマップは ISAS リーダー層とコミュニティとのコミュニケーションツールであるとも考える。

【ふと思ったこと】
上の要約は AI によるものよりも優れているのだろうか？

【要するに】
他の乱暴な言い方が許される場では言ってきたように、中型計画で「どうにかしてみせる」ことで世界にあっ！と言わせ、そのための中核人材を育成するのに「やってみなはれ」なプログラムを持つのが ISAS だ。このロードマップは、それをあらためて宣言したものだと捉えていただいてよい。
宇宙科学ミッションを立ち上げる時には「やりたいこと」がある。だが、「やりたい、やりたい」だけでは通ることはない。「やりたいこと」をコアに持ちながら、「やるべきこと」という言い方にしていく作業が重要である。これは言葉のお化粧だけでは決してない。「やるべきこと」へと進化させる際には、そのミッションだけに注意を集中させるのではなく、宇宙科学を俯瞰し、全体におけるそのミッションの位置づけを確認し、世界から日本への期待に応えることに貢献することになるのかを考え、宇宙科学の将来像を形作る上での役割を考えることになる。さらには、宇宙科学の持続的発展ということに考えが及び、日本の宇宙開発を先導する宇宙科学という側面を考察することから産業界との関係性を強く意識し、中核人材に求められる高い資質を認識することから人材育成を強く意識するだろう。「やりたいこと」をコアに持ちながら「やるべきこと」へとパッケージングする過程は、まさに、宇宙科学全体にコミットするマインドを醸成する。
宇宙科学技術連合講演会での議論では、ISAS の活動に産業界から「サークル活動」的に参加していただくのがよいのではないか、宇宙科学で「儲ける」ことはしていただけないが「稼ぐ力をつける場」とできる可能性はあるのではないか、という話をした。さらに、そのような場が日本の宇宙産業にとって必要であるという主張を打ち出していき、例えば小型宇宙実証実験のための打ち上げスロットの確保を win-win な形で行うことなんかも狙えると、「サークル」設立の意義もより高いものとできるのではないか、とアジ演説した。それにいくつかの前向きな反応をいただいたと理解している。いずれにしても、宇科連セッションではメーカーの方々との議論ができ、かつ、そのような議論をオープンな場でできたことはおそらくは初めてであり、今後とも（これまでの態度への反省を忘れることなく）産業界との連携ということを意識して宇宙科学プログラムを進める努力をしていくことに手応えを感じている。

＜別紙１スライドで言いたいこと　津田＞

今回の宇宙科学技術連合講演会では、私から次世代小天体サンプルリターン計画（NGSR）について紹介した。NGSR は、今回策定した宇宙科学・探査ロードマップの議論と並行して、2030 年代前半の戦略的中型計画として検討を進めていくことになった計画である。

ここで私がお話ししたかったのは、NGSR の意義は個別ミッションを超えたところにもあるということである。むしろ、そのような視点を強く意識して構想された計画と言ってよい。NGSR には、今回のロードマップの考え方が色濃く反映されている。

宇宙科学コミュニティでは、個々のミッションの実現が目標になりがちである。しかしロードマップが目指しているのは、個別ミッションを積み上げることではなく、日本の宇宙科学全体として持続的に成果と挑戦を生み出す仕組みを構築することである。重要なのは、どのミッションを実施するかだけではない。そのミッションが何を残し、次の発展や挑戦につながるかである。

その視点に立つと、日本の宇宙科学が世界の中で果たすべき役割も見えてくる。私たちが目指すべきは、「世界に答えを出す」ことだけではなく、「答えの出し方を発明する」ことである。まだ誰も着目していない問いを見つけ、新しい観測や探査の方法を示し、新しい研究の流れを切り拓く。そのような先駆的な挑戦こそが、日本の宇宙科学の価値だと考えている。戦略的中型計画に期待されているのも、まさにその役割である。

しかし、そのような挑戦は単発では持続しない。挑戦だけを追い求めればコミュニティは疲弊し、逆に確実な成果だけを求めれば新しい学問領域を切り拓く力は失われる。重要なのは、その両方を成立させることである。

ロードマップでは、将来につながる発展の流れを意識的に作りながら、その上で世界をあっと言わせる挑戦を実現していくことを重視している。前のミッションで得た経験や能力を次へ受け継ぎ、その蓄積の上に新たな挑戦を重ねていくのである。

今回の NGSR は、そのようなロードマップが描く世界観の縮図とも言える。親機・子機による役割分担、漸進的技術進化と不連続な技術革新の両立、そして産業界への予見性とアカデミアの挑戦性のバランスなど、その考え方が随所に織り込まれている。このような発展の流れがあれば、研究者は毎回すべてをゼロから立ち上げる必要がなくなり、新しい科学や探査コンセプトへ挑戦しやすくなる。持続的な発展の仕組みを作ることは、挑戦を減らすためではない。より多くの挑戦を生み出し、その敷居を下げるためなのである。

ロードマップは、単なるミッションの計画表ではない。日本の宇宙科学がどのように発展し、どのように新たな挑戦を生み出していくのか。そのためのプログラム運営の考え方を示したものである。

＜別紙２スライドで言いたいこと　澤井＞

今回の宇宙科学・探査ロードマップの改訂に書かれている、「今後の日本の宇宙科学をどのような考え方で進めるべきか」をプロジェクト視点で整理した。

個別の宇宙科学ミッションは、それぞれが独立した存在ではなく、ロードマップを実現するための手段であることを踏まえて、打上ロケットの状況や国際協力の進捗、さらには関連する産業界の事情を勘案しつつ、プログラム全体の戦略を意識する必要がある。

その上で強く認識すべきは、現在の状況では、海外の巨大プロジェクトに正面から闘うのは得策ではないということである。それでは、如何にすべきか？海外の巨大プロジェクトは巨大であるが故に、一般的には、実現までに長い時間が掛かり、また、大きなリスクをとりにくい傾向がある。そのことを考えると、日本としては、比較的短期間で、挑戦的なミッションに取り組むことがひとつの方策となる。これにより、諸外国と相補的になり、たとえば、日本が挑んだ新たな観測により発現した新たなサイエンスの問いを海外の巨大な国際共同プロジェクトで解決する、というループを実現するのがゴールイメージとなる。

このような考えのもとで、宇宙科学ミッションのカテゴリごとに、採るべき道を以下のように提案している。

まず、「戦略的中型計画」は我が国としてはフラグシップミッションであり、「世界をあっと言わせる」成果が求められる。ただし、ここでもう一度強調すべきは、海外の巨大ミッションと同じ土俵で成果の多寡を競うのではなく、新たな観測、新たな分野を開拓するような成果を挙げることで、海外巨大ミッションの呼び水となることを目指すという姿勢の重要性である。これにより、人類全体の宇宙科学の知の増大を効率的に成し遂げるとともに、我が国が世界の中でプレゼンスを示し続けることにも繋がると期待する。

「公募型小型計画」については、頻度がキーと位置づけている。そのこともあり、このカテゴリのミッションには、「すごく良い」よりも「ちょうど良い」を目指すことを期待したい。それによって、個々のミッションの成果は減じたとしても頻度が上がることで結果として、プログラム全体でみた場合の成果の最大化を目指すものである。

カテゴリには明示的には示されていないが、「高頻度計画」も重要である。特に挑戦性が高く、失敗の懸念がある場合、ミッション規模を小さくすることでリスクを限定化でき る。

その中で、新たな衛星開発手法の模索とキー技術の実証を目的とした SHIRAHA 計画と、宇宙輸送系に「機械環境が不要になる」という新たな価値の創造を目指した CRAFT計画は重要な挑戦と位置づけている。なお、失敗を許容するといっても、凡ミスをしてよいという意味ではない。過去の宇宙機の不具合を分析しても、類似のものが多いことから、過去に経験した不具合を適切に学習した情報処理システムを構築することで、「意味のない失敗」を防止した挑戦が可能になると考えている。