

これまでの ISS 利用成果「物質・物理科学分野」

日本マイクログラビティ応用学会 会長

理化学研究所 イノベーション推進センター 事業開発室 室長

石川 正道

スライド 1

「物質・物理科学分野」は、宇宙実験計画の最初期から、実験機会を最も多くいただいた分野でありますので、ISS に限定せず、過去の実験ミッションの成果全体を振り返りながら、宇宙実験の意義と課題について述べてみたいと思います。

スライド 2

日本の有人宇宙実験計画は、1979 年に発足、実質 1980 年初頭より開始されました。最初期の宇宙実験は、TT-500A という追尾機能試験を目的として設計された小型ロケットにより実施されました。当時の金属材料技術研究所が合金製造、理化学研究所が半導体製造を担当しました。

これら実験を通して明らかにされたのは、宇宙での新性能を有する材料の創製という、全く新たな科学技術の可能性です。また、NASA が 1981 年にスペースシャトルを投入したことにより、人が宇宙に行って仕事をする、宇宙の産業利用の機運が一気に高まったことは、皆様のご記憶にあるとおりです。

90 年代は、1986 年のチャレンジャー事故により、宇宙へのアクセスが、当初計画と比べて大きく制限され、宇宙の産業利用は大きな後退を迫られました。幸い日本では、TR-1A という TT-500A よりも一回り大きい小型ロケットによる宇宙実験が開始され、シャトル実験の不足を補うに足る、本格的な微小重力実験が始まりました。1992 年には FMPT も成功し、その後はスペースシャトルがこの 90 年代を牽引しました。

加えて、地上で簡易に無重力実験ができる、落下塔、航空機の利用が始まり、無重力実験が一般にも普及するようになりました。これらは、スペースシャトル実験と比べると地味ですが、研究者が思いついた様々なアイデアを手軽に試験できることから、裾野を広げる大きな役割を担いました。

このとおり 90 年代は、宇宙実験が最も躍進した年代です。1996 年に改訂された宇宙開発政策大綱は、宇宙実験施設を「軌道上研究所」と呼びました。この考えは、宇宙実験の成果を地上研究にフィードバックすることによって、地上の科学技術、産業技術に貢献しようというものです。これを後押しするために、先導的応用化研究という制度も始まりました。

2000 年代はいよいよ ISS の時代となります。しかしながら、2003 年に再びコロンビア号の空中分解という、重大事故が発生し、宇宙の産業利用はいつそう遠のきます。かわりに基礎研究シフトが起こり、科学的成果への要請が強くなりました。実験機会の減少に対する対応として、この基礎科学シフトはある程度有効に働き、一つの実験装置を皆で使い回す、国際共同研究の機運をつくりだしました。

次に、これら 30 年に及ぶ宇宙環境利用の成果を俯瞰して、2010 年代及びそれ以降に向けた ISS 利用のあり方を予見してみたいと思います。

スライド 3

まず、宇宙の産業利用を牽引した「新材料創製」とは何だったのかをみてみます。

当時、産業界は宇宙環境での材料実験に強い関心を示しました。このスライドには、FMPT で実施された具体的な材料とその産業応用への期待をまとめました。当時の先端材料のほとんどの分野に及んでおり、間違いなく最高水準の材料研究を目指すものであったと思います。

スライドに示しますとおり、半導体では低欠陥、高品質の単結晶育成、無機材料では高純度ガラスの製造、複合材料では超電導線材などの高機能化、超硬合金の組織制御、無用器処理技術など、現在においても材料技術の根幹をなすテーマが目白おしです。

しかしながら、宇宙へのアクセス制限は、「第2次材料実験」の実施を不可能としました。幸いにも当時の日本企業にはまだ余力があったことから、半導体製造実験は、回収型衛星による再実験へと引き継がれました。それでも宇宙へのアクセスが遠のいたという事実は、産業利用にとって致命的な障害であることを痛感しました。

スライド4

次に、「軌道上研究所」について見てみます。宇宙で物を作る代わりに、地上での生産技術に役立つ有用な知識を得ようとする考え方です。実験手段には、小型ロケット、スペースシャトル、衛星、ISSを含みます。実際に物を作らなくて良いとなると、小型ロケットのような短時間実験手段を用いて達成できるテーマも射程に入ります。

取り上げられたテーマは、結晶成長のその場観察、コロイド、液柱形成とマランゴニ対流、沸騰、気泡、熱物性測定、燃焼などです。これらの成果により、日本の宇宙実験技術は、欧米に勝るとも劣らないレベルに達しました。

特筆できるのは、回収型衛星 SFU 及び USERS による実験です。これら無人衛星では、シャトル、ISS と比べて安全性基準が大幅に緩く、産業界が要求する実材料を用いることができます。実際に、ダイヤモンド薄膜、化合物半導体、酸化物高温超電導材料を宇宙空間にて製造するという、宇宙工場の実現に迫る、意欲的な取り組みとなりました。

スライド5

このスライドには、2014年以降計画されているISS実験につき、関連する応用分野とイノベーションへの期待を示します。これまでの宇宙実験の成果として、ここにあげた8つの実験対象：結晶、自由液体、濡れ、拡散、分散・凝集、気泡、化学反応、プラズマは、どれも微小重力下で顕著な現象を示すことが分かっています。また、それぞれが、情報、創薬・医療、エネルギー、医療機器、安全安心、環境分野の技術革新と深い関係をもっています。

スライド6

最後に、これからの ISS 利用のあり方を、提言としてまとめます。

私たち宇宙実験の仲間内では、宇宙実験を水面に出た氷山の頂上にたとえます。見えない水面下にある、多くの地上実験と緻密な計画、関連する宇宙実験の知見などに支えられて、はじめて、優れた成果が得られるのです。このスライドには、このような経験を宇宙実験の「表」と「裏」という考え方で整理しました。

「表」の宇宙実験とは、産業競争力を高めるような、戦略的国家研究を指します。注意すべきは、これらの研究は、最先端の実験装置と実験手段を使って、まだだれもやることがない実験を実施することから、失敗のリスクが大変高いことです。実際に、スペースシャトルや回収型衛星を使った実験では、必ずしも全ての実験が成功した訳ではなかったのです。

このような「表」の失敗を防ぐために、「裏」方の実験が必要となります。アイデア・新技術などの“タマごめ”、人材の育成、さらには関与する研究者の裾野を広げる努力がこれに相当します。スライドにまとめましたとおり、過去、「表」の実験を支える多くの「裏」の実験が行われてきたという事実が、日本の宇宙実験の成功を支えた最善の姿を物語っています。

私の危惧は、これから行われる ISS 実験が、様々な要請から一発勝負の実験を短時間の準備で進めることにならないかという点です。多額の公的資金を使う宇宙実験の失敗は、さらに悪循環を生み、未来の芽を摘むこととなります。

このような状況を回避するために提案したいのが、「準軌道実験」の導入です。宇宙ベンチャーの活動は確実に進展し、今年サブオービタルの宇宙飛行ビジネスが解禁される年となります。この新しい実験手段が活用できれば、格安に多くの ISS 予備実験が可能となります。

私見ではありますが、一般市民による“サブオービタル宇宙旅行”が普及することになれば、様々なアイデア実験が行われるに違いありません。2020年代 ISS 実験は、ひょっとしたら、日本、世界の一般市民によって支えられているかもしれません。

パネルディスカッション説明資料：

新規コミュニティを広げる努力として、日本マイクロ重力応用学会の活動戦略についてご紹介いたします。

スライド6

重点化戦略の第1は、宇宙実験総合レビューです。これは、単なる実験成果のレビューではなく、宇宙実験の経験のない一般の研究者に科学技術の発展に貢献する宇宙実験の魅力を伝えることが目的です。アカデミア、産業界の垣根を越えて、もっと多くの研究者が宇宙実験に参加できるきっかけをつくることを狙います。

ここに表紙を示した JASMA 誌は、1700 件を超える宇宙実験記事を収録し、オープンアクセスの電子ジャーナルとして一般に公開されています。総合レビューにつきましても、インターネット上にて積極的に情報発信をしたいと思えます。

スライド7

第2に、教育研究プログラムの推進です。これまで30年間の蓄積が、教育の現場で自由に活用されるよう、ビジュアル、プレゼン資料などを学会員の協力を得て収集し、教材化を促します。次代を背負う若手研究者に、宇宙へのワクワク感を実感してもらい、自ら実験者として宇宙に飛び出すための実験力を養ってもらうことが狙いです。

スライド8

最後は、国際協力プログラムの推進です。日本は、宇宙実験の分野で確かに後発国としてスタートしました。しかし30年を経て JASMA の活動は、世界をリードする立場に立っています。

第1に、今年10月にアジア7カ国の協力を得て、「アジア微小重力シンポジウム」を開催いたします。1992年に日中間で始めた「日中微小重力科学シンポジウム」が母体となって組織されました。これから宇宙利用を進めようとしているアジア諸国との競争と協調を目指したいと思えます。

第 2 に、来年 9 月には、京都にて伝統ある ISPS を主催いたします。これら活動を通して、ISS の国際共同プログラムとして国際教育研究ミッション枠の運用を提案するなど、日本の活動を発信していく予定です。

以上