

宇宙環境利用科学のビジョン・戦略・ロードマップ（基調講演）

石川 正道（日本マイクロ重力応用学会）

The Vision, Strategy and Roadmap of Space Utilization Science

Masamichi Ishikawa

*JASMA, The Japan Association of Microgravity Utilization

E-Mail: masamichi.ishikawa@riken.jp

Abstract: JASMA has successfully boosted the progress of Space Environment Utilization, especially in the field of material processing and physical science under the corporation of Japanese industry. The scientific outputs are comparable with those of Europe and USA, and contributing to the continuing execution of Japanese ISS program. Now, we are required to answer the next target and plans of microgravity program since the planned ISS experiments have gone favorably, the remaining number of experiments diminishes and the larger number of life science/manned space missions is selected. In this talk, the roadmap of microgravity applied science is overviewed by reviewing/discussing the output of ISS researches, the emerging subjects of basic science, the educational aspects of microgravity environment, the industrial involvement in space tourism, etc. We are convincing that the JASMA's policy of using space environment to progress the science and technology of solving the global problems is still active and the participation of society member is strongly anticipated in this line.

Key words: Space experiment, International space station, Microgravity

1. はじめに

JASMAは、これまで産業界との協力のもと、物質・物理科学分野を中心に、次々と新しい実験アイデアとプロジェクトを創出してきた。これによって、欧米と比肩しうるレベルの微小重力科学研究を展開し、ISS計画の推進への貢献を果たしている。しかしながら、2008年にきぼう実験棟の運用が開始されて以降、当初想定した一連の宇宙実験が順調に実施、終了するに及んで、微小重力科学研究の方向付けを再考すべき時期に直面していると言わざるを得ない。すなわち、ISSの科学利用において、相対的に物質・物理科学分野の実験数は減少し、生命科学、有人技術に関連するミッションへの配分が多くなってきた。当初の目的を果たし、課題減少の時期を向かえようとしているのである。また、宇宙の産業利用は、一般市民を対象とした海外ベンチャー企業等を中心に宇宙観光に移行しようとしている。これら状況は、微小重力科学研究への期待は、アカデミア、産業界、一般においてその内容が変化しつつあることを示している。

本講演では、微小重力科学研究の意義をさらに深める新科学領域の探求とイノベーションに向けた科学技術の飛躍を目指して、次なる10~20年を見据えた宇宙環境利用科学のロードマップを展望したい。微小重力という宇宙でしか得られない環境を手段として、地球社会に貢献する科学技術を構築するというJASMAの行動原則を再確認すると共に、今後の研究パラダイム、プロジェクト立案、研究予算確保の

方策など、研究者コミュニティからのチャレンジングな提言を期待する。

2. 日本の宇宙実験史抄

日本の宇宙実験計画は、1979年にスタートした。この計画の眼目は、第1に有人宇宙実験計画であり、第2に無重力という宇宙の際立った特性を利用した宇宙環境の産業利用にあった。この計画は、第一次材料実験として1992年に結実し、毛利衛宇宙飛行士によって我が国初の本格的な宇宙実験が実施された。日本は、1988年に国際宇宙ステーション計画に正式に参加することを表明し、以降、落下塔、航空機、小型ロケット、回収型衛星等、多くの実験手段を整備しつつ、現在に至る国際宇宙ステーション計画の実施へと見事に発展してきた（表1参照）。

表1 日本の宇宙実験史抄

年代	実験ミッション	研究プログラム
1980	1979 日本初の有人宇宙実験計画開始	<ul style="list-style-type: none"> ・有人宇宙実験 ・新材料創成 ・宇宙の産業利用
	1980~1983 小型ロケット実験: TT-600A	
	1983 FMPT(第1次材料実験)計画開始	
	1983 GAS実験(朝日新聞、NEC)	
	1989~2003 地下無重力実験センター(JAMIC)	
1988 ISS 協力協定署名		
1990	1990~ パラボリック飛行(DAS)	<ul style="list-style-type: none"> ・短時間微小重力 ・軌道上研究所 ・応用化研究
	1991~1998 小型ロケット実験: TR-1A	
	1992~1997 スペースシャトル実験: IML-1, FMPT, D2, IML-2, MSL-1	
	1993~2010 日本無重力総合研究所(MGLAB)	
	1995 SFU実験	
2000	2000 USERS 実験(USEF)	<ul style="list-style-type: none"> ・ISS利用 ・国際研究協力
	2003 コロンビア号実験及び空中分解	
	2003~2009 ISS ロシアモジュール(応用化)	
	2008~きぼう実験: MEIS, IceCrystal, Facet	
	2012 NanoStep	
2010	2013~ Hicari, Alloy Semiconductor	<ul style="list-style-type: none"> ・重点課題研究 ・宇宙基本計画
	2014~ Dynamic Surf	

2. 宇宙実験の表と裏

この間、宇宙空間での材料実験という夢に向かって、多くの独創的な研究が考案され、実施された。人工雪の実験、高品質大型単結晶の作製、無容器実験、拡散・マランゴニ対流実験、結晶成長その場観察、燃焼実験など、どれをとっても無重力環境でしかできない学際的な魅力的な実験が、次々と実施された。図2には、その軌跡を宇宙実験の“表”と“裏”として表現した。巨額な経費を伴う宇宙実験では、計画を牽引する“表”向きのミッションの“裏”で、その裾野を広げ、成果を普及する利用促進活動がバランスよく配置されてきた。これが実に30年の長きにわたって日本の宇宙実験計画を支え続けた仕組みと言えらる。

そして、2020年には、これらの取組みは一旦全て幕を閉じようとしている。それでは、その先にはいったい何があるのか。それは、惑星探査計画なのであろうか。宇宙科学の一領域としての惑星探査計画に異議を唱えるつもりは全くない。ここで問題としたいのは宇宙環境利用に取組む研究者コミュニティの今後のあり方である。宇宙環境利用の科学をいかにして地上の社会活動、生産活動と結びつけるか、科学としての宇宙実験の成果を、いかに社会一般の人々と共有することができるのか。将来にわたってこのような宇宙環境利用科学の健全な発展を全うすることができるのか。議論したい論点はここにある。

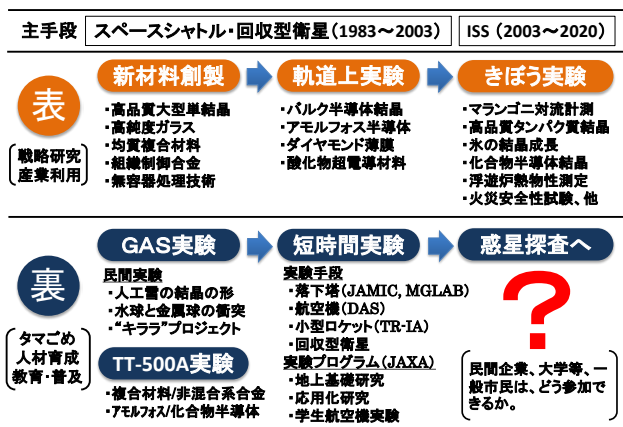


図2 宇宙実験の表と裏。

3. ISS 実験に出口はあるか？

論点を具体的にするために、「ISS 実験に出口はあるか」という課題を提起したい。なぜ、出口論か。最近の微小重力関連の研究発表を聞いて感じるのは、なぜ宇宙実験が必要なのか、という論点が実に希薄となっていることである。切実な必要性を持たない宇宙実験は、やがて認められなくなるという現実を再認識して頂きたい。表2には、最近行われたISSでの実験課題について、その応用および出口シナリオを想定してみた。研究の出口論は、人から与えられ

るものでないことは当然のことであり、今後、研究者自らが問いを投げかけ、自らの意思として何をすべきかを考える、討議する場を積極的に設けていきたい。

表2 ISS 実験の出口シナリオ

分野	研究分野	ISS実験(含、計画中)	応用(出口シナリオ)
応用科学	・材料プロセス ・熱物性計測	・高品質結晶作製 ・浮遊溶解実験	材料開発・製造技術(熱電材料、3Dプリンタ)
応用科学	・非定常流体力学 ・気液混相系伝熱過程	・マランゴニ対流実験 ・沸騰・二相流実験	省エネデバイス設計(加熱冷却システム)
応用科学	・燃焼	・固体燃焼実験	火災安全性向上(安全基準の改訂)
基礎科学	・タンパク質結晶成長 ・コロイド界面科学	・結晶成長その場観察 ・コロイド結晶成長	バイオ・医療技術向上(マリン・検査技術)
生命科学	・重力生物学	・細胞の重力感受性	高齢者対策(骨粗鬆症治療)
生命科学	・放射線生物学	・ガン化の重力依存性	放射線被曝リスク(被爆影響の評価)
教育	・宇宙教育	・学生提案実験	人材育成(教育がキャリア化)
一般	・宇宙旅行	・ジオビジュアル宇宙観光	宇宙ビジネス(案内、キット制作)

4. 宇宙環境利用科学ロードマップ

宇宙実験を志す以上は、宇宙科学研究に関心を持ち支持して下さる社会一般の方々に向けて、社会に役立つと信じる研究目標を積極的に示していくことが必要となる。さらに言えば、その目標は、どのような手順により、いつ頃を目指して、どんな風にやってみようのかを、ロードマップ(工程表)として整理し、様々な機会をとらえて公表していきたいと考える。

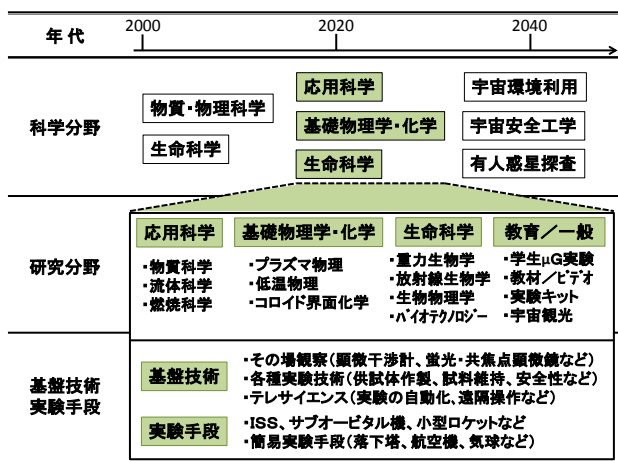


図3 宇宙環境利用科学ロードマップ。

図3には、ロードマップを作成するにあたっての考え方を、必要な要素をまとめてみた。一般の研究者にとっては、ロードマップという形式で自らの研究プランを示すことは必ずしも馴染みがないかもしれない。大型研究プロジェクトを提案するにはこれが常套手段となっていることをご理解いただきたい。図3は、非常に“大きくくり”になっているので、個別課題毎にブレークダウンしていただくことが必要である。ロードマップ作成の考え方は、次のようで

ある。まず、自分が働く科学分野はどこか。さらに、具体的にどんな研究テーマか。どのような実験技術、実験手段を用いるのか。これまでどんな成果が生み出されており、未来のどのような課題に発展するのか。もちろん、ここに合致するキーワードがなければ、新しく設定することになる。

4.まとめ

JASMA は、宇宙環境利用科学が今後どのような出口に向けて研究活動が続けるのか、関係機関の要請に必要な応じて開示できるロードマップの作成に着手した。現在とりまとめ途中ではあるが、宇宙関連学会、専門学会等との連携により、今後以下の方針につきさらに精査し、実現性の高いロードマップへとブラッシュアップする予定である。

- (1) 研究分野が多く細分され、比較的独立したミッションが多数提案された。これらミッション間でのプライオリティ付けを可能とする総合的な研究構想を創出したい。
- (2) 専門学会、宇宙関連学会との組織的連携体制を構築し、関連機関に働きかけるなど、地上研究費、装置開発費、運用費の獲得に向けたしたたかな発想と行動を心がけたい。
- (3) 実験手段（ISS、観測ロケット、気球など）の選択肢及び実験機会（国際協力ミッションを含む）の確保に向けて柔軟な連携体制を構築したい。
- (4) ミッション遂行を可能とする持続的かつ強力なコミュニティ形成及び人材の確保を進めたい。
- (5) 大学院研究室からの幅広い参加を可能とするため、落下塔など、簡易実験手段の相互融通を促進するサービス体制を構築したい。