

IIII 座談会 IIII

30周年をむかえて～過去・現在・未来～

出席者： 澤岡 昭（大同大学 学長）
西永 頌（東京大学 名誉教授）
毛利 衛（日本科学未来館 館長）
石川 正道（日本マイクログラビティ応用学会 会長）
司 会： 石川 毅彦（同 副会長・IJMSA 編集委員長）
事務局： 村上 敬司，夏井坂 誠，永井 秀明，木暮 和美，田尻 麻奈
場所（開催日）：日本宇宙フォーラム 会議室 （2013年8月6日）

宇宙実験の現状と課題

石川（毅）：最初に，ご出席の先生がたからみた宇宙実験の現状についてお話を頂きたい。

澤岡：この4月から週一回，重点領域の研究総括として JAXA に勤務している。研究総括は，物質・物理科学が澤岡，宇宙医学が向井さん，生物が浅島先生。宇宙実験の予算はかなり減らされるようになっており，とても厳しい。

昨年，重点課題と一般課題の公募があり，選定を「きぼう」利用推進委員会が実施した。大勢としては生物・医学分野に勢いがある。当初，三分野の中から重点テーマを2テーマ選ぶ予定であったが，議論の末，三分野から1テーマずつが選定された。物質・物理科学分野では，北大藤田教授の有人の火災安全性向上に関するテーマが採択された。

宇宙開発戦略本部は，投資した額に見合うテーマを採択すべきとの意見を強くしている。さらに JAXA 理事長が交代し，この傾向に拍車がかかっている。例えば，静電浮遊炉など現在開発中の装置は，投資効果が十分に説明できなければ中止になるかも知れない。採択課題についても見直しの対象になっており，予算執行ができない状態にある。

西永：澤岡先生のご意見を聞き，発言する資格が無いかなと感じている。というのは，東大を退官したあと，豊橋技科大の学長になり，以来，研究者として宇宙実験からはずれていた。JSF からの依頼で公募地上研究選定および評価委員をやったことはあるが，外部から拝見していたに過ぎない。

ISS は大きな開発費，運用費をかけて進められたため，その利用には，今お話にあったように投資に見合う成果が求められるという制約がかけられる。しかし，ISS はマイクログラビティ研究の有力な手段ではあるが，唯一



石川 毅彦

（日本マイクログラビティ応用学会副会長・IJMSA 編集委員長）

のものではない。したがって，その制約にとらわれない基礎的研究の芽も育てて行くべきものと考え。また，ISS は基礎研究にも用いられるべきもので，そのような強い制限のもと産業应用到だけ押し込められることに，危惧の念を持った。

マイクログラビティ応用学会の会員の中で ISS に強くコミットしている人は一部だろう。それ以外の人をいかにエンカレッジし，学会につながり止めて行くかが大事だ。1980～1990年代は，もっともっと自由であった。ISAS の宇宙基地基礎実験費があり，額は大きくなかったが，いろいろな提案や実験ができた。今は，マイクログラビティサイエンスが成熟したこともあるが，ISS のみに絞られてきたことに危機感を覚える。

毛利：1985年に宇宙飛行士に選ばれた当時，すでに澤岡先生は研究者サイドでプログラムを支えるお立場にいらした。司会の石川先生は，その頃に JAXA に入り，今は副会長ということで，月日が経ったことを感じる。が，澤岡先生の立場はまったく変わらないで依然として現役であることに感心する。澤岡先生のお立場としてはいつ

も危機の連続だったのではないかと。米国内での NASA の ISS に関わる政治的な流れの変遷を見ると、これまで日本は研究を目的として ISS に関わってきたが、最近ではフェーズが違ってきたと認識せざるを得ない。NASA にとって宇宙開発は、NASA としての仕事があるならば、人間が行こうが行くまいが、軍事であろうがなかろうが、国家予算を投入するところ。建設のフェーズでは予算が潤沢につくので、それを研究費にも使わせてもらえる。したがって、NASA の変遷により、20 年前に沢山いた米国のマイクロ重力研究者は、今はあまりいない。

一方、日本における研究者は研究予算がない中で良くやってきたな、と感じる。マイクロ重力の発想に立てば、ISS に固執する必要はない。JAXA も NASA と同様の宇宙開発のための組織なので、ISS ばかりに依存せず、脱出する時期が来たと感じる。

30 年というのは、一つのプログラムとしては寿命であり、新旧交代の波にあるのではないかと。しかしマイクロ重力学会がそれに流される必要はない。だとしても組織が次の方向に転換するには単独では弱い。内外学会との連携強化や合併をも考える時期に来ているのではないかと。そういう意味で今日の座談会は、幕引きと同時に次の波を起こすためのものと感じている。

澤岡：わたしもそれに近いことを感じている。

石川（毅）：有難うございます。重い話ですが、次の波が起こせるのか。日本の宇宙予算 1600 億円のうち、その 1/4 を作り終わった ISS/JEM に持っていかれるのは困る、という意見もある。そもそも中でやっているサイエンスがどういふものかは関係ないように思われる。

毛利：NASA はそのあたりが合理的である。JAXA も NASA から学んでいるので、我々もサイエンスを進めるならば別のことを考える必要がある。

宇宙実験の“ワクワク感”

石川（正）：政治的な流れと研究の流れとを分けて考えてみたい。私は、澤岡先生のご活躍に刺激されて宇宙実験の世界にはいった。実際に微小重力実験に参加するようになり、大変ワクワクした。航空機、小型ロケット、フリーフライヤー、スペースシャトルでの実験を経験するにつけ、その都度強い高揚感を感じることができた。このような経験はいったい何だったのか、またこの時の感動が自分の宇宙実験の原点だ。このワクワク感をもう一度見極めたい。

ISS 計画がスタートして、四半世紀が過ぎた。世界および日本の科学者が取り組んだ ISS/JEM が、科学史の中で何らかの意義があったのであれば、それを明らかにしたい。それと自分のワクワク感の実体を元に宇宙実験の将来を見据えてゆきたい。人がいる限り、サイエンスはなくなる。人の宇宙への進出が続くのであるならば、宇宙環境でのサイエンス／宇宙実験がなくなることはない。以上のようなことを示せば、若い人に向けた宇宙環境



西永 頌（東京大学名誉教授）

利用の教育となるし、ひいては微小重力プログラムの充実となるのではないかと。これが、私が JASMA 発足の原点に立ち戻るといふ思いなのである。

西永：本来、サイエンスに終わりはない。新しい発見があり、それを深めていくと次の発見につながる。テクノロジーはある課題を解決すると終わってしまう。FMPT 計画の時は半導体結晶作りが社会的にも重要だった。それで半導体の研究が、米欧の宇宙プログラムでも活発に行われた。

一方、地上でも半導体結晶成長研究が進んだ結果、宇宙での研究の魅力が失われていった。しかし、宇宙実験は新しい知見を与えた。宇宙では対流がないと思われていたが、ドイツが行ったスペースシャトルによるシリコンのフローティングゾーン実験では、熱対流が消失した後、マランゴニ流が姿を現すことがはっきり示された。その後、温度勾配を変化させマランゴニ流の振舞いを調べる実験がロケットを用いて行われた。この実験が半導体産業を目に見えて進歩させた訳ではない。しかし、マランゴニ流の存在と振舞いを明らかにしたことは重要である。

サイエンスとは、何かを明らかにしたからといって、必ずしも実利にむすびつくようなものではない。例えて言えば、知識という建物をつくるための一個々の煉瓦をつくるのがサイエンスである。そのようにして作られた知識全体から何か新しいことが生まれる。マランゴニ流も物質科学という建物の煉瓦の一つであり、サイエンスの一要素である。サイエンスがないと研究は枯れていく。マランゴニ流や結晶成長も、それぞれが煉瓦となっており、それらを明らかにするプロセスは永遠に継続する。結晶成長も宇宙を利用することにより一歩一歩進んでおり、サイエンスとしては進んでいる。だが、ISS のような巨額の資金をかけると、それに見合った成果を出さなければならない、ということになる。資金とサイエンスは違うということを説得しようとするのは難しい。毛利：説得しようとするから難しい。個人研究のサイエンスをいくら説明しても、予算削減を目的とする人には、

資金投入の価値を理解してもらえないという認識も必要だ。その代り何に社会的価値があるのか探り、その中に新しいサイエンスを提案するのも解決策の一つだ。

普遍的なサイエンスというものは広がっていくとして、広がっていく中で、何が次の時代に来るのか。石川さんの言われたワクワク感は大変だ。研究者は新しい場で何かできるというワクワク感、例えば、かつての合金で比重の異なるものが混ざるといふ事実に基づく新しい現象への期待などのようなもの。

しかし、実際の宇宙実験を進めていくにつれ限界もわかってきて、 $10^{-4}G$ 以上の質がなければ流れをコントロールすることが出来ない。それを実現するにはあまりにもお金がかかりすぎる。わからなかった限界がわかってしまったために、宇宙工場は考えられなくなった。当初のワクワク感は多少失っても、無知の知を知ったのは凄く進化であり、無駄な投資はしなくなったということ。ネガティブに聞こえる面もあるが、日本の社会にとっては、これまでの投資は無駄でなかった事の証しといえる。

西永：知識として蓄積されていく。

毛利：それを体系的に残していく。我々の世代はそこまで終わっても、次の世代はそれを知った上でワクワク感を持ってどう新しい事を進めるかを考える。次の世代をどう巻き込んでいけば良いか、私たちがつなげる責任がある。

宇宙実験をリードするコンセプト

石川（正）：私は、産業界の立場から宇宙環境利用を考えることからこの世界に入った。当初はサイエンスが分かっていたわけではなく、産業界の面からもワクワクした。地上の産業界が宇宙まで広がるという、宇宙の産業界利用に強くひかれた。フロンティアとしての宇宙、そこに拡大していく人間の力を感じた。それを支える産業界を宇宙産業界として捉えていた。当時は、宇宙産業界が大きなキーワードであり、多くの人が同様のマインドを共有した。

毛利：北大の藤田先生の燃焼研究が採択されたのは火災安全のためであり、サイエンスが直接の目的ではないかもしれない。そこでワクワクするという事は、基礎研究で分かる知識を求めることではなく、一般市民が宇宙に行けるという内容に質が変わっていると私は思う。若い世代が「宇宙兄弟」を読んで自分も宇宙に行けるかもしれないと思うこと。それを実現するための安全が大切なので、テーマとして採択されたのかもしれない。この場合、安全を研究することが新しいワクワクかも知れない。

澤岡：火災安全の研究の必要性は次の点にある。現在はNASAが作った基準に基づいて材料を決める必要があり、これを満たすための試験に大変な労力を伴う。これから民間が宇宙開発をやるときに対応する、もっと簡単な基準のガイドラインを日本発でつくる必要がある。そうならば、ベンチャー企業が宇宙に参入できるというシナリオだ。

最初の1980年代、ワクワクの良い夢を見せてもらった。

1990年に入り、地上技術が加速的に進歩したのに比べて宇宙実験のスケジュールは非常に遅れた。さらに、バルク結晶から薄膜結晶へと時代の流れが変わるなどで、当初のシナリオに疑問が出され、宇宙工場の限界が見えて来た。

ISSが完成した後、時の経過とともにこれまで研究者たちが言ってきたことが嘘であったとメディアや財政当局から叩かれるときが来る、その時には産業界に役立つ何かを見せることが必要と考え、2000年頃から応用利用推進委員会を設置し、ISS利用枠の10%くらいを使って有用性を発信するテーマを実施した。しかし、これも2010年以降は行き詰まっている。

石川（正）：米国がナノテク全盛にある時、似たような話をUCLAのナノテク研究所長から聞いた。所長によると、米国がナノテクにフィーバーする状況は、ハイブ(hype, ほら)と表現できる。ハイブには良いハイブと悪いハイブがあり、ナノテクは良いハイブということだ。なぜなら、良いハイブは、周りの人を巻き込んで新しいチャレンジに向けてやる気を起こさせる。アメリカ人はこういったハイブが好きということだ。大学や企業のやる気を引き出し、社会を元気にするハイブであれば、大いに語ってもらいたい。宇宙のワクワク感はそのようなスピリットを育てていかないと続かない。

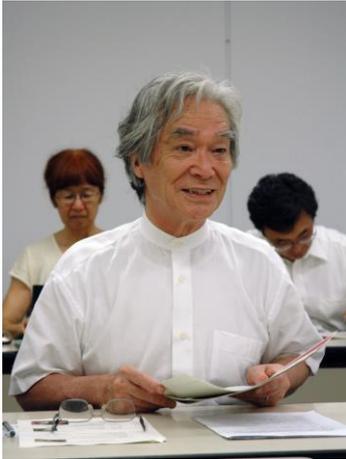
西永：産業界という切り口での話しであるが、産業界は“作る”ということの先に有るものであり、作ったものが売れてはじめて産業界となる。サイエンスの“知る”ということの成果は論文であり、それを使って何かを“作る”ことができる。宇宙でなければ作れないものもある。しかし、それが産業界になるかどうかはスケールとコストの問題だ。もし、プロトタイプのようなものができれば、宇宙で産業界にはならなくても産業界の方向には向かっていることになる。

澤岡：それを元に類似のものが地上で出来るようになるという結果もあってよい。

西永：作ることに對する宇宙の利用という未来を指し示した時に宇宙での産業界の可能性が生まれる。ただし、その場合、コストが重要なポイントになる。これを無視して可能性だけを強く主張するとペテン師になる。ISSではだめかも知れないが、もっと先に行けばコストの問題は解決できるかもしれない。ISSで産業界にならないからだめという事にはならない。

日本人の発想が生み出す宇宙実験

澤岡：民主党政権になる前の自民政権の時に、自民党の宇宙族による朝食会があって、ISS利用について話し合った。私は宇宙飛行士の排泄と高齢者の排泄を結びつけて、新しいトイレ、排泄システムを提案した。将来の日本の産業界に結びつけられないか。日本には、寝たきりあるいは寝たきりになる間近の高齢者を抱える家庭が少なくとも100万軒はある。その家庭にとっては、新規な排泄システムは年間100万円以上の価値はあるはずで、100万円×100万軒=1兆円だから、ISSにその位のお金



澤岡 昭 (大同大学学長)

をかけても安いくらいと主張した。

高齢の議員には割と好評で、是非やりなさいと言われたが、自民政権がつぶれて、全部吹っ飛んだ。国民の目から見て役立っているねというのを短期間で発信していかないと ISS は続けられない。その流れでずっと来ていて、今でもやろうとしているが、荒唐無稽すぎるだろうか。

石川 (正)：そのマインドをもっと色々な側面で共有してみたい。澤岡先生の排泄の話にしても、観点を代えれば宇宙にワクワクを感じられる人がいる。その観点として、サイエンスもあれば、生活もあり、産業もある。それらは全体としてかつてあったような宇宙ハypeを引き起こすのだと思う。経済的に成り立つかどうかについては厳しい評価があるかもしれないが、そういったものの中にも、今取るべきもの、伸ばすべきもの、例えば、宇宙工場や宇宙産業の芽はどこにでもあると信じている。

澤岡：私は違った面で未だにワクワクが続いている。何とかやって、驚かせたいという気持ちでいる。

毛利：宇宙工場は、スペースシャトルが 2 週間に 1 度上がって、シナリオ通りに行っていれば実現出来た。一応、シミュレーションは成功している。排泄物については地上にいてもシミュレーションできることであり、高額な打ち上げ費用をかけても価値がある研究かどうか、きちんと客観的な議論をしなくてははいけないと思う。

澤岡：地上での技術開発を進める上で、宇宙利用がドライビングフォースとなり得る。

毛利：宇宙でなくともできる部分を、羊頭狗肉的に研究費を請求すれば、宇宙へのこじつけが見えてしまいかえって逆効果だと思う。

石川 (正)：排泄システムには批判があっても、テーマが違えば新規なニーズを掘り起こす話題となる。最近の話として、理研の大野さんによる宇宙飛行士の糞便を対象とした腸内細菌に関するテーマが宇宙医学分野の重点課題として選ばれた。インフルエンザ菌が乳酸菌で殺されるというキャッチーな話題で有名になったテーマではあるが、宇宙でやって新しい知見が得られるかどうかにつ

いては未知だと思う。しかし、日本人の健康管理、予防医療に関する新しいアイデアを得るという観点で、大野さんは宇宙にワクワク感をもったと思う。

澤岡：排泄についての高齢の方の評判は悪くないが宇宙関連の専門家の評判はすこぶる良くない。向井さんなら理解してくれるかと思ったが、排泄の話は聞きたくないと思われた。

食、睡眠、排泄と癒しについて、7000 万円の予算で 2 年間の FS を行った。癒しについてはロボガレージの高橋さんがワクワクする課題を提案したが、JAXA の中では評判が悪く、蹴られてしまった。その後、トヨタがこれに目を付け、有償利用として「こうのとりのり」4号で打ち上げられた。排泄が受け入れられなければ、残る課題の食と睡眠が当面のターゲットである。

石川 (正)：澤岡先生の宇宙をポジティブに捉える視点を支持したい。宇宙実験の原点は、宇宙だと何か違いがあるだろうといった直観にある。実際に微小重力実験はやってみると必ず地上実験との違いを見いだす。それはなぜだろうと考えを巡らすところから、深いセオリーに導かれる。サイエンスだと実際に議論が展開できるが、他の分野にも同じような深まりがありはしないか。宇宙に行くと間違いなく違った感覚を持つし、確実に違った現象が起こる。それが新しいアイデアの出発となる。生活スタイルであろうが技術であろうがサイエンスであろうがなんだったとよく、それが宇宙のワクワクだろうと思いたい。

西永：宇宙あるいはマイクログラビティというキーワードあるいはバックグラウンドを元に、何が出来るか、どんな意味のある研究ができるかという発想が必要。日本の多くの研究者に関心をもってもらい、マイクログラビティという場があれば何が出来るかということを考えてもらえれば、その中からおもしろい実験が出てくる可能性がある。

また、日本の中だけではなく、世界中の研究者がどのようなマイクログラビティの利用を考えているかを知っておくことは重要。そのなかでも、ドイツやロシアは過去



石川 正道

(日本マイクログラビティ応用学会会長)

の積み重ねやステーションを持っていたという強みを持っており、それらの国の研究者が何を考えているか。日本の中から新しい芽を探し出すだけでなく、そういう国の行き方にも注目したい。

石川（正）：ロシア，ドイツ，フランスなど，宇宙開発ほど世界中の人々と親しく，深い交流を可能とする分野は他にあるだろうか。これが宇宙の持つ魅力であり，包含性，広がりである。色々な人がいろんな観点で興味を持ち得ることから，場合によっては課題を共有でき，一緒にプロジェクトができる。そういう意味では，グローバル化のキーワードは宇宙であろう。

毛利：まだ，宇宙研究を良く知らない国ではビジネスとして成功するかも知れない実験も，日本ではかなりの人たちがビジネス的に不可能とわかってきている。しかし，まだわかっていない部分こそビジネスとして利用する発想があっても良いのかもしれない。

石川（正）：それは経済学的概念とも通じるところだ。市場の先頭を走る人の価値は，続く人には見えない。そこにビジネスチャンスがある。そこでビジネスモデルを作ったものが最大の利潤を得て，二番手はずっと減る。おそらく，JAXA を含めて日本全体として宇宙の価値を引き伸ばせない事が，今の手詰まり感につながっている。

冒険の場としての宇宙

毛利：私から見ると，かなりいい加減な内容かなと思う「宇宙兄弟」は，あんなに売れている。サイエンスは別にして，20年前の我々のワクワク感に一般の国民がおいついてきた。その次はというと，宇宙観光になると思われる。前のNASDAの理事長であった大沢さんが今から30年前に言われており，先見の明があった。

石川（正）：最近，宇宙服を着た人がバルーンで地球が丸く見える，ほぼ宇宙の高度（3万9千メートル）まで行き，超音速ダイビングして無事に戻ってきた映像が放映された。一般的な感覚からすれば荒唐無稽なことかもしれないが，その飛び降りる，という行動に対して衝撃を覚えた。これこそ宇宙だと感じた。宇宙に取り組むということは絶えず新しい感覚を磨いて行くこと。それを支えるマインドというものは宇宙実験を行うことによっても養われていると思う。今ここに至って私たちが普通のマインドに埋没するのでは，宇宙実験をやらせてもらった甲斐がないかな，と感じる。

毛利：そういう意味で，過去30年間の宇宙実験の結果を体系化してまとめようということは意義がある。それを見て，若い人が勉強すれば，埋めるべき穴が見えるはず。そこにブレイクスルーが生まれてくるのではないかな？

石川（正）：そこから引きだせる物を，誰かが読みとることを期待している。

毛利：「おむつ」に関しては新しい世代の研究者が，どれだけ可能性があるのか十分検証できるように書いてもらいたい。



毛利 衛（日本科学未来館館長）

澤岡：私の最後のライフワークだと思っている。自分が必要になる前に完成したい。そのおむつに JAXA ロゴがつけば，商品価値が上がるのでは，と思っている。

石川（正）：結果的にヒットして，それをうまく使う人は宇宙に関係なく事業として行うかもしれない。その人は宇宙と関係なくできたよ，というかもしれない。それが今の宇宙実験の状況ではないか。しかし，それを最初に宇宙を使ってやっていくことに宇宙利用の価値がある。

澤岡：どうやってイメージを高めるのか，別な意味でワクワクしている。

石川（正）：毛利さんも一時期，冒険家としての立場に立たれていましたよね。

毛利：やはり，知らないことを知りたいという気持ちだった。南極に行ってワクワク，深海6500に乗ってワクワク，自分への挑戦もあった。深海に関しては，単純に宇宙の暗さと深海の闇がどう違うかもかなり執着していた。6500メートルの深海に赤いエビがいて，素早く動いていたことには本当におどろいた。

石川（正）：宇宙飛行士が深海に行くことに，広がりを感じる。宇宙を忘れることなく，何かしらの意義，つながりが見いだせれば，そこに宇宙からの発展がある。

毛利：地球は宇宙の一部であるので，すべての体験はやはり宇宙につながる。それをもとに自分なりの宇宙観を，ユニバソロジーという概念で構築できたことは，科学者としてうれしい。

西永：我々の世代は，ワクワクを十分感じた世代。1974年，結晶成長国際会議が日本で開催された時，引き続き開催された国際スクールで米国の H. Gatos (MIT) によるスカイラブでの結晶成長に関する報告を聞き，こういう研究に係わりたいと思った。このワクワク感を今の人が持っているのか，持てるのか，役に立つのかとキリキリやられたら，ワクワク感はでにくいのではないかな。ISSのワクワクは澤岡先生にお任せし，JASMAは，ワクワク感をどのように継続して若い人に伝えるかに注力する必要がある。

教育の場としての宇宙

石川（正）：「役に立つ」ことをギリギリやっていったら、ISSには空きスペースができるのでは？そこに、「無重力でクモは巣を張るか」のような、簡単ではあるが教育的な科学ミッションを入れることはできないだろうか？

澤岡：最近の運用のやり方でいくと、2015～2020年にはJEM利用の枠に空きが出て、批判される時期が来ると思う。それを見越し、JASMAは良質なサイエンス宇宙実験をたくさん準備しておくべきだ。ただし、最低の研究費でやれと言われるかもしれない。

毛利：そこでいわれるサイエンスというのは、「クモの巣をはる」という意味の教育目的のサイエンスなのか、あるいは研究論文を志向してのサイエンスなのか？

澤岡：論文に書く仕事というのは、科学者が自分なりの仮説をもっており、それを宇宙で試すもの。

毛利：「クモの巣」というのは、象徴的な意味で現象を追うものであり、サイエンスを深めようという研究とは少し違うのではないか。教育目的にするならきちんと教育効果が上がるようにJASMAが意味づけをして支援する必要があると思う。

石川（正）：理研には寺田寅彦という物理学者がいて、寺田物理学という、日本人の感性が生み出すサイエンスをはじめようとした。寺田が取り組んだ研究対象は、気体放電、割れ目、墨流し、雪の結晶、その他日常に観察される諸現象であり、これらをサイエンスとしていかに取り扱うかの研究を続けた。当時は、最先端の研究者からは顧みられず、まっとうな雑誌には発表されなかったようで、理研の所報に掲載されたにすぎなかった。しかし、これらの現象は、非平衡科学として総称される物理学の重要な課題として多くの研究者が今なお研究に取り組んでいる。このような日本人独自の視点と感性が光る宇宙実験をISSでやってみたい。

西永：学生や若手研究者がそのような発想をした時、それがISSで出来る時代が来るだろうか。

村上：現時点でも、宇宙飛行士が行くたびにTryZeroGということで一般の人から募集をしている。

西永：もう少しレベルの高い実験にしたいところ。

石川（正）：そういうものを論文でなくてもいいので、記録に残したい。残さないと単なる予算の浪費に終わってしまう。

澤岡：研究費を削れば良いだけという現実が続いているが、その反動はいずれ来る。将来に備えてシステムティックに積み上げ、それを記録に残すことは重要だ。

JASMA誌はその役割を担える。

毛利：日本には、微小重力関係の学会が三つある。JASMA、宇宙生物学会、航空宇宙医学会である。それぞれの学会が、タコつばにならないよう協力し、場合によっては統合することも考えた方がよい。さらに、海外とも協力する道を模索したい。例えば、中国人研究者が日本人と研究すると良いなと思えるようにしたい。

西永：中国の宇宙ステーション計画は2020年以降も続くと思われる。日本のISSの電気炉を使い、中国の研究者と共同研究をやって、2020年以降は中国の宇宙ステーションを使わせてもらうようにはできないのか？ISSを使わせるから、中国のステーションを使わせてほしい、ということではないか？

石川（毅）：それは難しい。研究者同士はできても、宇宙機関間の利用調整は難しい。

毛利：現在は米国、中国の関係が難しい。両国とも宇宙は軍事が絡んでいる。特に中国はすべて軍事が中心になっている。民間ベース、研究者同士でやるなら道はあるかもしれない。

澤岡：最初の日中の微小重力会合は北京で開催されてそこに参加した。中国から戻ってくると、いろいろなところで、日本の技術を中国に流すなど叱られた。最近の日中韓シンポジウムの写真を見て、これこそがJASMAの道であると感じる。

石川（正）：日本が宇宙実験のレベルを上げるにあたって、日独の国際協力関係がおおいに役立った。このような国際連携を継承して、これから伸びようとしている中国、韓国とのパートナーシップを模索したい。

澤岡：それと、毛利ポスターセッションによる学生参加の増加がJASMAの柱となるのでは？

石川（正）：奈良で開催した微小重力国際シンポジウムISPSが発端となり、学生ポスターセッションが国際スタンダードになりつつある。

毛利：私の担当した宇宙実験をきっかけに、学生に影響できるポスターセッションを考えてくれたJASMAに感謝したい。

澤岡：JASMAが発足して、2、3年たったところで生物の研究者は宇宙生物学会を作って出て行ってしまった。そろそろ一緒にやっても良いのではないか。微小重力をキーワードにしてなんでもあり、とした方がいいのではないか？

これからのJASMA

石川（毅）：これまでの議論のまとめとして、学会のこれからを話したい。

JASMAとしては、ISSは重要ではあるが、微小重力実験手段の一つ。ISSがある限り、研究予算が少なくとも工夫をして、使えるだけ使って成果を出して行こうということ。将来は中国の宇宙ステーションもできるので、そちらへの道も開いて行きたい。また、ワクワク感というか、やはり宇宙実験はおもしろいということの後世に伝えない手はない。こういったところから、学会の将来像についてご意見いただきたい。

(1) 利用可能な実験手段

石川（正）：これからの宇宙ステーション利用の見通しについてご紹介ください。

石川（毅）：以前は大きな共通実験装置とその中に入れる供試体を作っていたが、それがなかなか作れなくなった。今は多目的ラック（ある空間を作り、そこに研究者固有の装置を入れるもの）が主流になりつつあり、研究者の自由度はかなり高くなっている。先ほど話題に出た藤田先生のテーマもその空間に燃焼装置を入れて行う。

また、設計当初、多目的ラックを使う際はクルータイムが潤沢な予定だったので、あまり実験装置を作りこまないでクルー操作に頼れば良いとか、民生品を搭載して安くするというコンセプトだったが、実際にはクルータイムが非常に少なくなってしまう。一旦、実験装置が多目的ラックに入ってしまうと、なかなか交替させる時間をとることができない。

2015年以降、ISS実験はテーマ数こそは増えていないが、一旦始まった実験テーマはパラメータを変えるなどして、かなり長期間継続してできることになった。例えば、マランゴニ対流の実験はかれこれ5年間にわたり、100回以上の実験をやっている。古川先生の最初の氷の成長実験も134回繰り返し、供試体が壊れて終わりになった。稲富先生のファセット結晶の成長実験も、最初は干涉縞がうまくとれなかったが、実験を組み立て直すことによって実施できた。このように、一旦始まった実験は、従来の宇宙実験と比べて格段の実験数をこなすことができるが、テーマ数自体を増やすことは難しい。ただ、小さい空間が空くと、新しい募集があるだろう。

石川（正）：別の実験手段はどうか。

石川（毅）：名古屋でやっている航空機実験の資金は、ISSに含まれるので、これが減ると比例して減る関係にあり、だんだん航空機実験の機会も減りつつある。

気球実験用のカプセルを作って北海道で実験を行っている。これまでISASグループは三陸沖で気球実験をやっており、風が読めるようになっていたが、それが北海道となり気象条件が大きく変わった。それに最近の異常気象が加わり、ここ2年トライしているが気球を打てていない。気球は頻度高く使える手段になっていない。

将来的には、ベンチャー企業が実験手段を提供するようになることを期待している。ベンチャーの話はあまり具体化していないようではあるが、本当に飛ぶようになれば1千万円程度の資金を用意すればよいようである。

石川（正）：HTVを利用できる可能性はあるか？

村上：HTVには空き空間がある。そこに最初に入れてしまえば、ドッキング中あるいは飛行中に実験できる。ただし、打上げの1年くらい前に実験装置をHTVに入れておかなければならない。しかも、コマンドなど実験を支援する仕組みがないので、誰かがこれを準備しなければならない。したがって、実際にはいろいろと調整が必要となる。

澤岡：HTV-R（回収機能付加型HTV）をやると決めれば良いのだろうか。

村上：HTV-Rのための改修の一項に加えられる可能性はある。現状のHTVでは、飛行後に大気圏で燃やしてしま



座談会の様子

うことから、基本的にはデータだけをとる実験になる。

澤岡：H-II Bは打上げ費用が150億円、HTVの費用と合わせて250億円かかる。しかし、この価格でできるのは部品のまとめ買いをしていたストックがある限りと聞いている。5号機でストックはなくなると価格は大幅に上がるのでは。

(2) 研究費の確保

石川（正）：JASMAでは、教育プログラムも含めて微小重力研究のテーマを広げ、微小重力のサイエンスを充実させる取り組みを進めようとしている。

西永：かつての宇宙基地基礎実験費のプログラムには大学の先生が沢山参加した。生物分野も一緒だった。それで基礎的な実験ができたが、今はない。

石川（毅）：公募地上研究を始めた時に役所のところで予算が一緒にされて、無くなった。

西永：学生会員はともかく、正会員の180名はどういう環境で研究をサポートされているのか。180名は結構な人数、どこから資金を得て、どういう将来展望なのか。

石川（正）：180名と言っても実際に学術講演会に参加するのは100名弱。そのうち主要なメンバーはJAXAから研究費を一部もらっている人で、そこがいまどんどん細っている。PI/CIでさえも研究費はショートしている。

西永：つまりISS関連の予算で180人は食いつないでいるということか。

石川（毅）：JAXAの宇宙環境利用委員会が従来の宇宙基地基礎実験費の規模よりは少ないが、若干のファンディングを行っている。支給する研究費の使い道は宇宙環境利用なので、直接ISSと関係がない。

西永：一応サポートはあるが、それが減りつつあるということか。その後は宇宙に関する科研費といったものは？

木暮：科研費にテンポラリーに宇宙生物の分野ができたが、生物分野だけか？

澤岡：JSPS理事の浅島先生が立ち上げたもの。学術会議に2年ほど働きかけて実現した。3年間で実績を出す必要がある。微小重力科学に関してこの枠を獲得するには、学術会議で必要性を説明し切れるかどうかが課題。

石川（正）：人材育成・教育枠というのはないのか？

澤岡：宇宙開発戦略本部が宇宙の利用の裾野を広げることを目標に年間2億の宇宙科学技術推進調整委託費を確保し、文部科学省が実施を担当している。予算の半分（1億円）が宇宙と教育を組み合わせた人材育成プログラムに割り当てられており、3年間で最大6,000万円がグループ研究に支給される。宇宙利用の裾野を広げるという観点で、教育が入っている。今年の公募では約60件の応募があり、10テーマが選ばれ、その選定委員会の主査を私が務めた。

石川（正）：その公募に向けて、JASMAとしてもなにかしか取り組んでみたい。

澤岡：NPOでも大学でも応募できるが、JASMAは法人格が無いので応募できない。

石川（正）：学会にこだわらない。学会員にメリットのある参加方策を考えたい。

(3) 日-中-韓国際連携

毛利：装丁を新たにしたIJMSAは、学会が変わったというシンボルとなる。国を超えて研究者を統合するために、学会誌をうまく活用したい。ところで、国際誌であるIJMSAの言語は日本語だけなのか？

石川（正）：英語と日本語の混合で発行している。

毛利：これから勢いがある宇宙実験が延びるのは中国。中国語に対応するなど、中国に学会誌ができる前に、成果報告の場としてIJMSAを利用してもらえる戦略はないか。

石川（正）：まずは中国、韓国の研究者を海外編集委員として招聘し、編集に加わってもらおう。徐々に英語論文の比率を高めていき、その発展形として英文ジャーナルとする。もっとドラスティックな案として、日中韓の共同編集体制のもとに別のジャーナルを作ってしまうことも考えられる。

毛利：それは中国、韓国の合意が得られるのか？

石川（正）：IJMSAは、我々の大事な資産なので、JASMAの学会誌であることを足場にして、こちらから中国、韓国から参加してもらえるよう呼びかけている。

石川（毅）：宇宙生物学会の方は、年間10編くらいですが、早々に学会誌を英文化した。どこに重きを置くか。和文論文誌のかたちを維持しつつ、会員の拡大を目指すか、インパクトファクターを得るのを目指すか、中国からの投稿を目指すか、今は舵の方向を決め難い。

毛利：質より量だという気がする。中国語でも投稿できるようにしたらどうか。中国の研究が増えてくるのは確実だから。しばらくは論文の質は中国、韓国の編集委員にお任せして掲載し、投稿が増えてきたところで英語版にして行くというのはどうか。

石川（正）：そこまでの働きかけには至っていない。

毛利：そうでないと、日本からの投稿数がジリ貧になるのは目に見えているのではないか。

石川（正）：まずはインパクトファクター取得に向けて行動し、2、3年のうちには達成したい。今年より学会誌をオーブ

ンアクセス化したので、これからは他学会とのコラボも容易になる。このような働きかけを強化して、読者数を増やしたい。例えば、今進めているISS総合レビューの著者に、学会外の有力研究者も引き込む。我々は学際学会なので、専門学会との連携をこちらから求めて行くという活動を、ここ1、2年やってみることから始めたい。

西永：日本語ジャーナルでもインパクトファクターはつくのか。

石川（正）：それは問題ない。要は学会誌が引用されることが重要で、会員には論文執筆にあたってできるだけIJMSAを引用してほしいと呼びかけている。

西永：中国、韓国の人に質の高いレビューペーパーを英語で書いてもらえば、ヨーロッパの人にも読まれるようになる。

石川（正）：国際誌化して、査読体制は2名に増員して厳しくした。レビューも査読を入れることにした。学会誌としての質を向上する努力をしっかりと続けたい。

西永：エディターもさきほどの中国、韓国の方にしっかりとやって頂ければよい。原著はともかくとしても、レビュー論文は英語で執筆頂くようにすれば、世界中に読んでもらえる。

石川（正）：総説は引用され易いので、いろんな記事を集集し、うまくインパクトファクターの向上につなげたい。

西永：信頼のおける中国の人を編集委員として参加していただくことが必要。過去、中国物理研究所の副所長の方は、研究所の国際関係の担当で、しかも微小重力に理解のある人がいた。そういう素晴らしい人を探すと良い。

石川（正）：IJMSAをオープンアクセス雑誌にしたことなど、JASMAの努力をアピールして、中国をはじめ、韓国、さらに広くアジアの研究者の論文投稿を働きかけていきたい。

(4) JASMA 活性化の方策

毛利：今後さらに正会員を増やし、微小重力研究の裾野を広げる方策は、何か秘策はあるのか。

石川（正）：そこが一番苦しいところ。実際のところISSで宇宙実験をどんどん進めている方々はかならずしも当学会のメンバーではない。JASMA離れが起きている。JAXAに働きかけてJASMA学術講演会での発表や学会誌への投稿をお願いするというような状況にある。

西永：マイクロ重力応用学会が自身で伸びていかなければならない。学会のコアになる優れた人、40代から50代前半の人を5～6人を選び、マイクロ重力に関係するトピックスをしばらく考えてもらう。その後、何日か泊まりこんでとことん話し合っ、それを核にマイクロ重力を使ったサイエンスとテクノロジーの芽を作る。それを学会としてレビューするというのはどうか。

石川（正）：ISS実験成果の総合レビューにそういう内容を入れられるだろうか。幾つかアイデアが浮かんだので編集長と議論してみたい。

澤岡：ところで、アカデミックな一般会員を増やすのとワクワク会員を増やすのは、逆のアプローチが求められるのではないかと。その折り合いをどうつけるか。専門家でないマニア、宇宙好きはたくさんいる。その人々の1/100でも協賛学会員になってもらえれば、1000人くらいになる。そういう人々にとって、年間会費5000円に見合うものがあるか。宇宙少年団は小学校低学年では今でも盛ん。高学年になるにつれて減る。マイクログラビティをキーワードとして宇宙好きな大人を何とか呼びこむことができれば面白い。一つのジャーナルの中でインパクトファクターを求めるところと、ワクワクを求めるところが混在しているとどうしようもないので、学会誌を分けてやるのはどうか。

石川（正）：会員数増加に向けて二つのアプローチは避けて通れないと思っている。何とか任期にあるうちに知恵を絞りたい。

澤岡：無責任なことを言って申し訳ないが、是非実行して欲しい。あなたは何をやるのと言われたら、自分は排泄をやる。毛利さんが「うーん」と唸るものを書いてみたい。そのうちに総説に挑戦したい。

石川（正）：学会活動の質を高める方向ではJAXAとの連携は有効だ。ただ、JAXAの仕事が細ってきている以上、この方針は今後さらに10年続くモデルではない。やはり、澤岡先生が言われたようにワクワクの裾野を広げ、会費で賄える存在感のあるJASMAを考えざるを得ない。

毛利：今はシニアには結構余裕があるので、広げるには良い時期だと思う。お金を払ってでも参加したい講演会、学会と思ってもらえるよう、いかにしてこの層に宣伝するか、工夫が必要となる。

石川（正）：JASMACのあり方にも関係する。そこは引き続き、検討を行いたい。学術講演会に一般向け講演会を併設することでJAXA広報との連携を強化している。集客にはJAXAのブランド力を借りたい。

毛利：学生に対しては、毛利ポスターセッションをうまく使えるかもしれない。

石川（正）：毛利ポスターセッションはJASMA活性化の大きな柱だ。

毛利：このポスターセッションは自分にとっても大事な仕事だと思っている。しかし、次の世代に広げる意味で、新しい宇宙飛行士にも参加してもらおうと良い。

石川（正）：ジャンルを広げる過程で、そういった方策も考えさせてもらいたい。また、JASMACの開催場所を有望そうな大学間で回して、そこでの認知を広めるやり方も考えられる。

毛利：学生は全員が研究者になるわけではないので、就職したら離れてしまう。でも、学会ではみんなワクワクして研究成果を発表しているのを聞いて、いつも私は感動している。一時、宇宙実験に関係していたということで、将来社会に出て宇宙利用の応援団になってもらえるはず。

石川（毅）：本日は、長時間にわたりありがとうございました。



座談会を終えて