

第1章 宇宙環境利用の展望創刊の頃

慶應義塾大学大学院システムデザイン・マネジメント研究科

日比谷 孟俊

When the “JSUP Review of Space Utilization” was started

Keio University, Graduate School of System Design and Management

Taketoshi Hibiya

ABSTRACT Space utilization experiments were defined by the Space Activities Commission as one of values expected through participation to the International Space Station (ISS) Program proposed by the US. Utilization of space environment was a kind of fever all over the world. Science and Technology Agency and National Space Development Agency were responsible to scientific experiments in microgravity environment. Ministry of International Trade and Industry promoted space utilization by industries. In order to activate utilization, experts of space utilization contributed to this publication, which was issued in 1992 for the first time. Articles not only on materials science, fluid mechanics, combustion sciences but also life science appeared. Technology necessary for operation of the ISS, i.e., telepresence was also discussed.

1. はじめに

わが国の宇宙環境利用実験への本格的取り組みは、米国の宇宙基地(宇宙ステーション)利用計画によって動機づけられ、宇宙開発委員会宇宙基地特別部会において、国際宇宙基地利用参加の意義の一つとして、「宇宙環境利用の実用化」が定義されたことに始まる。宇宙環境の産業利用を目指し、通商産業省と科学技術庁との共管の財団である宇宙環境利用推進センターJSUPが設立され、宇宙環境利用の普及と啓蒙を目指し、特に研究者の層を厚くしようとの意図で刊行されたのが「宇宙環境利用の展望」であり、専門的な内容の論文を掲載している。わが国の宇宙環境利用実験開始の経緯を詳しく紹介し、宇宙環境利用の展望がどのような趣旨と内容で刊行されていたかを紹介する。

2. 宇宙環境利用実験のはじまり

わが国の宇宙環境利用の経緯については、JAXAが2010年度に取りまとめた「宇宙にかかるきぼう - 国際宇宙ステーション計画参画活動史 - 」があるので参照頂きたい[1]。

日本の本格的宇宙環境利用は、1985年4月に宇宙開発委員会宇宙基地特別部会(1982年に設置)が取りまとめた報告に基づく政策としてスタートしている。国際宇宙ステーション計画への参加の意義を、「高度技術の習得」、「次世代の科学技術の促進」、「国際協力への貢献」、および「宇宙環境利用の実用化」の4つと規定している[2]。一方、アポロ計画による月探査を成功裏に実施していた米国では、1981年4月に予定されたスペースシャ

トルによる初の宇宙往還飛行を目前にして、宇宙の産業化(Industrialization of Space)[3]が宇宙開発の次のターゲットとして取り上げられ、政府と産業界の役割、宇宙での材料プロセス(Materials Processing in Space: MPS)[4]、さらに、宇宙での製品(Space Products)[5]などが議論された。この考え方の妥当性を強く支持したのがMITのWittらによってアポロ・ソユーズ計画の一環として実施された、成長縞と呼ばれる欠陥のないInSb単結晶育成実験[6]であろう。これにより、無重力状態においては無欠陥の単結晶が育成できるというストーリーが、独り歩きを始めたと言っても過言ではない。無欠陥結晶が得られる理由として、宇宙における浮力対流の抑制が考えられていたが、現在では、平衡酸素分圧が低いInSb融液表面の酸素吸着あるいは、極めて薄い酸化膜の存在により、マランゴニ効果が抑制されていたのではとの解釈が妥当であろう。

また、1985年頃には、次世代のオプトエレクトロニクス材料として喧伝されたGaAs単結晶において、転位が導入され易く、これが製品の歩留まりを低くしているという問題があった。Wittらの宇宙実験の成果、すなわち、無対流においては欠陥の無い結晶が得られるという結果は、GaAs単結晶を微小重力環境下で育成すれば無転位化するというストーリーに転化され、世界的に独り歩きしてゆく。GaAs結晶に転位が導入され易いのは、GaAsにおける物性値である臨界せん断応力の大きさによって支配されているのであり、対流とは直接に結びつかない。しかしながら、このようなストーリーは、我が国の宇宙開発事業団および経済産業省の関係者のみならず、世界の宇宙関係者の間でもっともらしく語られた。その結果、多くの材料研究者が宇宙実験に関して懐疑の目を向けたのも事実である。

国際宇宙ステーション計画参画活動史にも報告されているように、米国におけるMPSおよびSpace Productsの概念は、宇宙開発委員会第二部会報告書[7]においても資料として触れられ、宇宙での製造あるいは「宇宙工場」という概念が、わが国における宇宙環境の民間利用の駆動力となり、さらに、日本の学会においても取り上げられるようになってゆく[8, 9]。

1983年6月の宇宙基地計画特別部会中間報告を受けて、科学技術庁および宇宙開発事業団は、宇宙環境を利用する科学実験に関して、国立研究機関、大学、民間企業等の専門家に要求調査を依頼している。チャレンジ精神の旺盛な研究者や技術者から約160件が提言され、利用要望38テーマ領域が分類された。後の1992年の毛利宇宙飛行士による、スペースシャトル「エンデバー」上での、第一次材料実験「ふわっと'90」につながる。宇宙先進国である米国およびソ連邦(当時)以外にも、スペースラブを利用したヨーロッパでの宇宙材料実験SL-1[10]、および、ドイツがシャトルを借り切ったとも言えるSL-D1[11]の成果が報告され始めており、宇宙環境利用への関心が高まってゆく。

国内の企業の動きについて着目すると、経団連が設置した「宇宙基地計画参加推進特別部会」や、グループ企業内ごとに商社を中核にした宇宙基地の民間利用を検討する研究会が設けられてゆき、宇宙フィーバーとして過熱する。科学技術庁だけではなく、産業界を所管する通商産業省においても宇宙環境を新しい産業の場として捉え、宇宙環境利用による材料開発を促進すべきと、1986年には民間企業の協力のもと、科学技術庁と通商産業省共管の(財)宇宙環境利用推進センター(JSUP)が発足した。1985年には(社)日本電子工業振興会において、エレクトロニクス材料の

結晶成長研究を宇宙の微小重力環境下で実施することを検討するための「宇宙環境利用専門委員会」(委員長:前川 稔 電子技術総合研究所材料部長)が設けられ、エレクトロニク産業界の研究者を集めて詳細な検討がなされた。この成果は1986年3月に「宇宙環境と結晶成長技術」(61-M-249)[12]として報告された。ここでは、材料研究者が、微小重力環境が結晶成長に及ぼす効果を思考実験により、結晶成長の方式ごとに検証している。

1986年5月には、政府保有のNTT株式の売却益を利用した資金を用い、大蔵省、経済産業省および郵政省が共管する(財)基盤技術研究促進センター(KTC)が出資する、(株)宇宙環境利用研究所(STC)が発足した。通商産業省宇宙産業課の指導のもと、石川島播磨重工業(株)を幹事会社として、電子機器メーカー5社(東芝、日本電気、日立製作所、富士通、三菱電機)が参加し、民間企業による宇宙環境利用研究が本格的にスタートした。宇宙環境を利用した材料および材料プロセス研究に、大学、国立研究所および民間企業の各分野から関わってゆく体制が出来上がった。通商産業省系の実験施設として、1991年には北海道上砂川に無重力落下実験施設(JAMIC)が作られ、10秒という短時間ではあるが、手軽に微小重力実験を実施することが可能となった。また、ダイヤモンドエアーサービス社が運航する、航空機の放物線飛行による20秒の微小重力環境の利用も可能となり、微小重力実験手段が充実した。また、文部省宇宙科学研究所、宇宙開発事業団、通商産業省が省庁の壁を越えて協力して、回収型衛星によるフリーフライヤ実験も実施されてゆく。

一方、1991年に旧ソ連で開催されたInternational Symposium on Hydromechanics and Heat/Mass Transfer in Microgravityにおいて、欧州宇宙機関(ESA)における宇宙実験の責任者であったWalterが、”Finding in space, Production on earth”という言葉を用い、宇宙環境利用実験に過剰な期待感が高まることに対して警告を発している。

3. 宇宙環境利用の展望創刊

このような状況の中、第一次材料実験「ふわっと'90」の成果も報告が始まりつつあった1992年度より、宇宙環境利用の啓蒙と促進を目指し、特に、宇宙環境利用に参加する研究者の獲得を目指して、宇宙環境利用における高度な科学的な情報を提供する目的で、JSUPから発刊されたのが宇宙環境利用の展望である。研究者を集めた委員会が形成され執筆された。

1990年の「ふわっと'90」は、わが国の本格的宇宙環境利用実験のさきがけであり、宇宙環境利用実験の初期の成果を取りまとめた論文が掲載されている。創刊の1992年度から1998年度までに掲載された論文を分野別に俯瞰した結果を表1に示す。主として材料・流体・燃焼分野を中心に、解説が書かれている。1992年度における論文のタイトルを表2に示す。生命科学分野の論文は、掲載される時とそうでない時があり、一定していない。1993年には10件の論文があり、生命科学分野の宇宙環境利用研究が網羅された。1992年の宇宙ステーション第1期テーマ提案募集や、宇宙環境利用フロンティア共同研究が開始されたこともあり、1994年頃からは物理系、生物科学系ともに論文の内容が充実してくる。さらに、1998年度には、宇宙ステーションの利用を準備すべく、g-jitter,

遠心加速機Centrifuge, テレサイエンスなど, 国際宇宙ステーションの利用を前提に, 宇宙実験技術を詳細に検討した論文が掲載された. 特に, g-jitterはマランゴニ対流のような流体を扱う精緻な実験に及ぼす影響が懸念され, 詳細な検討がなされている. Centrifugeは, 宇宙における微小重力の効果と放射線の影響とを切り分けるために, 1G環境における宇宙放射線の影響(地上においては大気の効果により放射線は遮蔽されている)を調べるために遠心力による疑似1G環境を作り出す装置である. テレサイエンスは, 宇宙飛行士の時間の確保が困難な状況の中, 実験を極力自動化しようとする試みから生まれた実験運用技術であり, 画像データの取得や, これに基づく遠隔制御技術などが中心となっている. これらの論文は, 国際宇宙基地利用の盛り上がりを期待せるものがあつた.

「宇宙環境利用の展望」に掲載された論文の一部は, さらに内容をブラッシュアップし, 日本マイクログラフィティ応用学会誌に, 学術的価値の高い総合解説論文として掲載されるようになってゆく.

表 1 宇宙環境利用の展望創刊 における分野別論文数

年度	材料・流体・ 燃焼分野	生命科学分野	理工学分野/ 宇宙実験技術
1992	5	1	1
1993	5	10	--
1994	9	1	--
1995	5	--	--
1996	3	4	--
1997	4	2	--
1998	1	--	5

表1 1992年度の宇宙環境利用の展望創刊号における著者と論文名

宮田保教 (長岡技術科学大学)	微小重力下における流体・輸送現象
河野通方 (東京大学)	微小重力下における燃焼研究
牧原正記 (大阪工業技術試験所)	微小重力環境を利用したガラスの研究
濱川圭弘 (大阪大学)	宇宙における電子材料の創製
安宅光雄 (生命工学工業技術研究所)	微小重力下における蛋白質結晶成長
佐藤温重 (東京医科歯科大学)	宇宙における細胞培養

参考文献

1. 「宇宙にかかるきぼう - 国際宇宙ステーション計画参画活動史 - 」 国際宇宙ステーション計画参画活動史編集委員会, 2011年3月.

2. 宇宙開発委員会宇宙基地特別部会報告 1985年4月.
3. "The Industrialization of Space", ed. Richard A. Van Patten, Paul Siegler and Edward V. B. Stearns. *Advances in the Astronautical Sciences*, **36**, Proceedings of the 23rd Annual AAS Meeting, Oct. 18-20, 1977, San Francisco, CA., (1978).
4. R. J. Neumann, in "The Industrialization of Space", ed. Richard A. Van Patten, Paul Siegler and Edward V.B. Stearns, *Advances in the Astronautical Sciences*, **36**, Proceedings of the 23rd Annual AAS Meeting, Oct. 18-20, 1977, San Francisco, CA., (1978) 349.
5. R. L. Hammel and D. M. Walts, in "The Industrialization of Space" ed. Richard A. Van Patten, Paul Siegler and Edward V.B. Stearns, *Advances in the Astronautical Science*, **36**, Proceedings of the 23rd Annual Meeting, Oct. 18-20, 1977, San Francisco, CA., (1978) 363.
6. A. F. Witt, H. C. Gatos, M. Lichtensteiger, M. C. Lavine and C. J. Herman, *Journal of Electrochemical Society*, 122 (1975) 276.
7. 宇宙開発委員会第二部会, "宇宙開発委員会第二部会報告書(その1) 附属資料", 1979年6月19日.
8. 山中龍夫, 日本航空宇宙学会誌, **34** (1986) 18.
9. 日本金属学会, 「夢の材料ファクトリー宇宙特集号」, 「まてりあ」 **33**, (1994).
10. Proc. 5th Europ. Symp. Mat. Sci. Microgravity, Schloss Elmau, 1984 ESA SP-222.
11. Proc. Norderney Symp. Sci. Results of German Spacelab Mission D1, August 1986.
12. 宇宙環境利用専門委員会, 「宇宙環境と結晶成長技術」(61-M-249), 1986. 社団法人日本電子工業振興会.