

小特集 微小重力環境を利用したプラズマプロセスへの誘い

8. 微小重力実験施設と利用方法

木暮和美

(財)日本宇宙フォーラム 技術・研究推進部

(原稿受付：2006年11月1日)

落下塔、航空機から宇宙ステーションまで、何種類かある微小重力実験施設を紹介し、利用方法をまとめた。一般的に見て、落下施設、航空機は比較的に利用しやすい実験手段であるが、ロケットやフリーフライヤー、ISS (International Space Station)などは利用する機会が極端に限られる。利用できる場合も面倒な交渉、手続きが必要である。しかし、JEMが打上げられ、現在開発中のサブオービタル、オービタルが実用化されれば、今後、微小重力実験を行う機会が増えるであろうと期待している。

Keywords:

drop tower, drop tube, parabolic flight, free flyer, recoverable capsule, sounding rocket, ISS, space shuttle, Soyuz

8.1 はじめに

微小重力実験施設には落下塔から宇宙ステーションまで、何種類が存在する。これらを重力レベルと微小重力時間で分類すると図1のようになる。この各々について、大学や企業に属する研究者が利用する際の条件、窓口等をまとめてみる。情報は主にウェブサイトからとったが、国内の施設については可能な限り電話などで確認をとるよう心がけた。海外についてはウェブサイト情報を主体にまとめたので、古い情報が含まれている可能性があるが、ご了解いただきたい。

8.2 微小重力実験施設利用方法

8.2.1 落下施設

外部の利用希望者を受け入れている落下実験施設は国内にいくつか存在する。それらの諸元を表1にまとめた。日本無重量総合研究所/MGLAB (<http://www.mglab.co.jp/>)

index.html) および北大/北海道宇宙科学技術創成センター/HASTIC (<http://www.hastic.jp/>)の落下施設は微小重力時間が各々4.5秒、2.5~3秒と、比較的長くとれる施設である。これらは外部から施設利用者が来ることを前提にしており、料金も公表している。そのほかの施設は受託・共同研究、施設貸与、施設利用と、利用方法が多岐に亘っている。最適な利用方法を見つけるためには窓口に連絡し、相談してもらいたい。また、東大工学部、静岡大理学部、日大生産工学部等、大学内部に設置された落下施設を利用できる可能性もある。これらについては施設を管理している各々の研究室に問い合わせる必要がある。

MGLABは従来までの本格実験だけでなく、その前段階にあたるフィージビリティ試験および学校・教育機関による教育プログラムのな実験を低料金で受けているが、本格実験と同様に所定の条件を満たす必要があり、実験回数などについて更にいくつかの制限事項が設定されている。MGLABと、次に述べる航空機を利用した微小重力実験は、JAXAから委託を受けて(財)宇宙フォーラムが募集している「宇宙環境利用に関する地上研究の公募 (<http://www.4.jsforum.or.jp/>)」に応募、採択される道もある。

ドイツの微小重力時間4.74秒のZARM (<http://www.zarm.uni-bremen.de/>)、2.2秒の米国グレン研究センター落下施設 (<http://microgravity.grc.nasa.gov/drop2/>)を始め、海外にもいくつか落下実験施設がある。日本から利用する場合は施設所在国の研究者と共同研究を行い、その研究者を通して利用するのが近道と考えられる。

8.2.2 航空機実験

国内で航空機による微小重力実験機会(パラボリックフライト)を提供している組織はダイヤモンドエアサービス(株)/DAS (<http://www.das.co.jp/>)のみである。航空機はGulfstream-IIとミツビシ式MU-300である。航空機実験は、

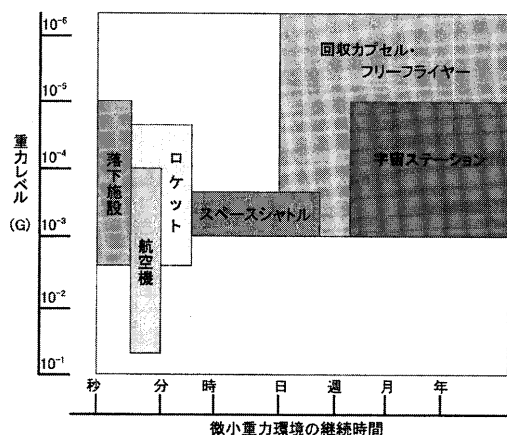


図1 実験手段と微小重力環境。

表1 落下実験施設.

	運営機関	施設所在地	落下施設	稼働状況	分野, 用途	利用方法	備考
1	日本無重量総合研究所 (MGLAB)	岐阜県 土岐市	100 m 落下塔	稼働中		施設利用: 本格実験 (94.5 万円) フィージビリティ試験 (31.5 万 または 10.5 万円) 教育プログラム (10.5 万円) いずれも 1 落下あた り. 申込は0572-55-0408へ.	4.5 秒, 最大 搭載重量 400 kg
2	北海道宇宙科学技術創成 センター (HASTIC)	北海道 赤平市 (植松電機)	30-40 m 落下塔, 10^{-3} G 二重カプセル	稼働中	宇宙火災安全性研 究, 人工衛星切離挙 動確認, 流体科学, 燃焼科学基礎研究等	北大の施設を HASTIC が運用 (3 万円/1 落下) 申込は http://www.hastic.jp/droptower/ droptower_32.htm で.	2.5~3.0 秒 $\phi 50 \times 80$ cm 最大搭載重量 400 kg
3	(独)宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究本部	神奈川県 相模原市	特殊実験棟 無重 力落下試験設備/ 30 m 落下塔	稼働中	新規材料創成, 高品 質結晶, 物性値計測 ほか	問合わせ: 栗林一彦教授 (042-759-8262)	2.4 秒, 最大搭 載重量 100 kg
4	(独)産業技術総合研究所 物質プロセス研究部門 微小重力科学グループ (旧北海道工業技術研究所)	札幌市	10 m 落下塔, 鉄製 およびガラス製 13.6 m 落下管, 10^{-3} G	休止中	新規材料創成, 高品 質結晶, 燃焼, 物性 値計測	問合せ: 北海道産学官連携 センター (011-857-8405) 現在, 部外者への貸出休止中	1.2 秒, 最大搭 載重量 100 kg
5	(独)海上技術安全研究所	東京都 三鷹市	救命器具落下塔 18 m	稼働中	船用品の性能評価 法, 最大加速度の計 測法	受託・共同研究, 施設利用 (有料) 問合せ: 研究連携統括主幹 (0422-41-3582) 又は企画部業務班 (0422-41-3003)	プールへの落 下
6	(独)海上技術安全研究所 大阪支所	大阪府 交野市	救命器具落下塔 18 m	稼働中	船用品の性能評価 法, 最大加速度の計 測法	受託・共同研究, 施設利用 (有料) 問合せ: 管理課 (072-891-6272)	プールへの落 下
7	(独)産業安全研究所	東京都 清瀬市	フルハーネスの落 下試験装置 8 m	稼働中	落下衝撃試験時の案 全帯による人体への 衝撃評価	研究施設・設備の貸与 (有料), 共同研究・受託研究 問合せ: 研究企画調整部 (0424-91-4512)	
8	(独)日本船舶品質管理協会 製品安全評価センター	東京都 東村山市	落下試験塔 21 m	稼働中	救命具等の水面への 落下試験	依頼試験, 施設利用 (有料) 問合せ: 伊東研究員 (ito@rime.jp)	最大荷重 1 t



図2 MU-300 内部の写真.

「8.2.1 落下施設」で述べたように, 公募地上研究を通じ
て行うこともできるが, DASには個別の利用希望者に対応
する体制があり, そのような利用実績もある. 費用や装置
の制約については, 直接問い合わせていただきたい (東京
事務所03-6716-4353 本社技術部0568-28-6500).

DASでは研究者や装置開発メーカーを対象とした微小
重力実験とは別に, 年に何回か, 一般を対象とした「簡易
無重力実験」を行っている. これは搭乗者が手持ちできる
程度の実験器具を航空機に持ち込んでパラボリックフライト
を行うもので, 費用は Gulfstream-II の場合が 1 名
407,000 円, MU-300 の場合が 1 名 307,000 円である.

海外では欧州宇宙機関/ESA とフランス国立宇宙研究セ
ンター/CNES が Airbus A-300 (<http://www.novespace.fr>
/) で, 米国航空宇宙局/NASA が C9 (DC9 軍仕様) でパラ
ボリックフライトを行なっている. 日本の研究者がこれら

で実験を行う場合は, 海外の落下施設同様に, ESA や
NASA から資金提供を受けている研究者と共同研究を行
い, その研究者を通して航空機実験を行うのが近道であろ
う. 一方, 米国の民間会社 Zero Gravity Corporation (<http://www.nogravity.com/>) は Boeing 727-200 を使った研究目
的のフライトと一般人のパラボリックフライトを受付, 実
施している. 前者の搭乗・搭載条件や費用は直接相談する
必要があるが, 後者は DAS の簡易無重力実験と同程度の
費用が提示されている.

8.2.3 サウンディングロケット

NASDA (現 JAXA) が 7 回の TR-IA ロケット微小重力
実験を行った後, 国内にある唯一のサウンディングロケッ
ト計画が CAMUI (カムイ) 型ハイブリッドロケット計画で
ある. この小型ロケットは北大・永田教授が中心となって
開発したもので, 2002 年 3 月, 2003 年 1 月と 2 回続けて打
上げ試験に成功, 基礎技術は完成している. 現在, 前出の
HASTIC を通じて事業化途上にある.

海外にはドイツ・ESA が実施している TEXUS ロケット
計画, ドイツおよびスウェーデンの共同実験である
MAXUS および REXUS ロケット計画がある. いずれもス
ウェーデンの Esrange で打ち上げられている. これらのロ
ケット実験に参加するには, 落下実験施設や航空機実験と
同様に, ドイツ航空宇宙センター/DLR や ESA 等から資金
提供を受けている研究者と共同研究を行う必要がある. た
だし, スウェーデン宇宙公社/SSC は各国宇宙機関だけで
なく, 個々の研究者の依頼によるロケット実験も受け付け

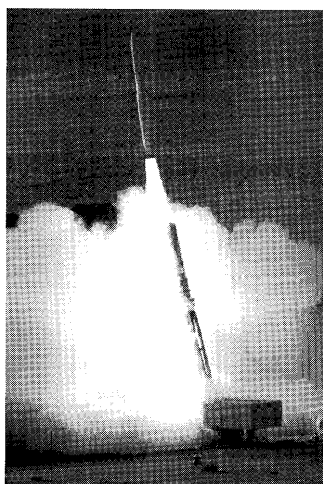


図3 TR-IA 打上の写真.

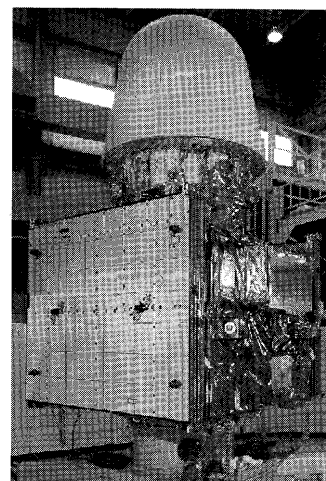


図4 USERS 全体の写真.

ているとのことである (<http://www.rymboalaget.com/default.asp?groupid=2002042417515564315182>). しかし、高額な費用を要することは容易に想像がつく。また、フロリダ宇宙公社/FSA は米国防省から払い下げられた小型ロケットを何基も所有しており、学生実験用ロケットを年数回ケネディ宇宙センター/KSC から打上げている (<http://www.floridaspaceauthority.com/>). FSA は、以前、最大 500 g を 25,000 ドル以下で打上げる計画を公表したことがあるが、本計画が進捗しているか否かは不明である。

8.2.4 回収カプセル、フリーフライヤー

我が国では無誘導無人宇宙実験システム研究開発機構/USEF が、スペースシャトル回収による長期間の宇宙実験・観測フリーフライヤー (SFU) での結晶成長実験、ならびに短期間の自立帰還型無人宇宙実験システム (EXPRESS) での触媒創成実験を経て、自律帰還カプセルによる次世代型無人宇宙実験システム (USERS) の技術を確立している。第 1 回目の USERS では、高度 500 km で 9 ヶ月にわたる超電導材料製造実験を終了し、2003 年 5 月にカプセル部分 (リエントリーモジュール) が無事帰還した。USEF では USERS の商用化を目指し、次回打上げの利用者を募っている。費用などの利用条件は今後明らかにされるであろう。

中国は 1975 年以来、20 回以上も回収型科学探査・技術実験衛星の打上、回収に成功している。中国回収型衛星を利用するには、今のところ JAXA を通じた交渉に頼らざるを得ない。しかし、環境が整えば、中国の研究者と共同研究をすることにより日本から利用できる道が開ける可能性はある。また、ロシアは 1970 年代から無人回収カプセル Bion を使い、1985 年以降は Foton も加えて科学実験を行なっている。ロシアの回収カプセルは欧州研究者および ESA 駐ロシア代表部を通じて利用する道が考えられる。

8.2.5 宇宙ステーション、宇宙往還機

宇宙ステーション ISS およびスペースシャトル、ソユーズ

等を利用する道は、(1)JAXA が今後募集するフライトテーマ公募に採択される、(2)ISS 計画参加国、ESA や NASA が認定・採択したフライトテーマを持つチームに加わる、(3)スペースハブ社 (三菱商事) 等を通して有料で打上げる、(4)ロシアのエネルギー社またはロシア宇宙庁と交渉する、(5)サブオービタル、オービタル開発会社と直接交渉する、といくつか考えられる。

(1)は近々公募予定とのこと、(2)は JAXA 科学研究本部を通すか、直接、ESA の研究チームメンバーと交渉することになる。(3)は既に受付体制があり、弁当箱 1 個分 4 千万程度で (!) 利用できる。スペースハブ社 (三菱商事) (<http://www.spacehab.com/>) が窓口である。また、NASA Goddard Space Flight Center の Wallops Flight Facility (<http://sspp.gsfc.nasa.gov/about/index.html>) も受付ける可能性がある。(4)はロシアとの交渉の実績のある商社などのコンサルティングサービスを受けるのが現実的である。(5)は有人飛行を目指す UP エアロスペース社 (<http://upaerospace.com/>) やロケットプレーン社 (<http://www.rocketplane.com/en/company/default.asp>) があるが、まだ、開発段階にある。また、ロシアサービスモジュールを利用した蛋白質結晶生成実験に関しては、民間会社 (有)コンフォーカルサイエンス (<http://www.confsci.co.jp/index.html>) が受託業務を開始している。

8.3 まとめ

微小重力実験施設と利用方法をまとめてみたが、微小重力実験にはかなり費用がかかり、面倒な手続きが多いことがおわかりいただけたことと思う。しかし、微小重力実験は学問上重要な手段であるから、関係各機関には今後とも実験機会を維持できるよう配慮願いたい。最後に当財団職員、特に桜井直子氏に沢山の情報を提供してもらったことに心より感謝し、結びとする。