

航空機実験の概要

宇宙開発事業団	清水盛生、柳川孝二、楠瀬智宏、木村秀夫
(財)宇宙環境利用推進センター	大山 勝、石倉精三
三菱重工(株)	御所園利美

1. はじめに

宇宙開発事業団では、宇宙環境利用推進プログラムの一環として、JEM利用共通実験技術の開発を目的に、航空機や小型ロケット等を用いた微小重力実験手段の開発を行っている。

航空機による微小重力実験は、(財)宇宙環境利用推進センターが宇宙開発事業団から委託を受け、運航会社ダイヤモンドエアサービス(株)にて、既に平成2年9月から運用が開始され、今後、年間約6ヶ月(3期に分けて実施)の実験を継続的に実施していく予定である。

航空機実験は、簡便な微小重力実験手段として、海外では、フランスのカラベル機、米国のKC-135機が本格的に運用され、豊富な実験実績を有している。日本では、今まで実験実績は僅かであったが、MU-300による運用が本格化するとともに実験機会の提供と、実験データの蓄積がはかれるものと思われる。

以下に、宇宙開発事業団が開発した航空機実験及び航空機実験システムの概要を紹介する。

2. 航空機実験の概要

2.1 微小重力実験手段の比較

航空機実験は表1及び表2に示すとおり、他の微小重力実験手段と比較し、良質の微小重力環境は得られないものの、簡便、安価で実験機会が豊富であり、地上用の実験装置の手直し程度で搭載可能な場合が多いこと、実験者が搭乗でき、実験をその場で観察できることなど多くの特長を有している。

2.2 航空機微小重力環境

航空機の微小重力環境は、約 $5 \times 10^{-2} \sim 10^{-2} g$ を約20秒間継続することが可能であり、また、航空機内に実験装置を浮遊させて行うフリーフローティング実験では、約 $10^{-4} g$ を約3秒間継続する。

図1に航空機のパラボリックフライト(放物飛行)のパターンと微小重力環境の関係を示す。また、標準的な航空機の微小重力環境データの一例を図2に示す。

表1 微小重力実験手段の特徴比較

実験手段名称	長 所	短 所	特 徴
落下塔	安価 実験繰り返し可	μ G時間小 着地衝撃大	日常の感覚からは推論し得ない微小重力環境を経験するため、また、早い現象を扱う基礎実験のための最も安価な手段である。
航空機	実験繰り返し可 機器サイズ大	劣質 μ G	低価格の割に大きな機器が乗せられ、機器の開発・機能確認に適している。人間が（被検体、搭乗員訓練等に）必要な場合にも適する。
小型ロケット	良質 μ G μ G時間中	実験繰り返し困難	良質な微小重力により、本格的な実験（材料実験等）に必要な微小重力時間が得られるもの内で最も安価である。
回収カプセル	超良質 μ G μ G時間大	実験繰り返し困難 高価	最も良質の微小重力が得られ、完全無人システムにより安全基準が緩められることで安価に出来る反面、実験の自動化または地上からの遠隔操作が必要となる。
スペースシャトル /ラボ	μ G時間大 実験繰り返し可	高価 長期の準備期間	一週間程度の実験（パラメトリック実験等）に有効で、有人なので人間の介入が必要な本格実験が可能である。 高価ではあるが単位時間当りのコストは安くなる。
スペースシャトル/ フリーフライヤ	超良質 μ G μ G時間大	実験繰り返し困難 高価	最も良質の微小重力が得られ、長時間の超良質微小重力が必要な実験に適した手段である。 無人システムなので自動化または遠隔操作が必要となる。
宇宙 ステーション	μ G時間最大 実験繰り返し可	長期の準備期間	一週間以上の実験も可能で、人間の介入が必要な本格実験に最良である。

注：「実験繰り返し」とは、実験期間中に実験結果を見て、パラメータ変更等による再実験が可能なることを意味する。

表2 微小重力実験手段の比較

実験手段名称	μ Gレベル	μ G時間	装置寸法	装置重量	実験前後環境	安全要求
落下塔	$10^{-2} \sim 10^{-6}g$	1~10秒	$1m^3$ 程度	~1ton	20~50g (停止時)	多少緩い
航空機	$10^{-1} \sim 10^{-3}g$	~30秒	$1m^3$ 程度	~600kg	2~3g	やや緩い
小型ロケット	$10^{-4}g$ 以下	6~7分	0.4~1.1m ϕ x 数m	~750kg	10~20g	緩い
回収カプセル	$10^{-3} \sim 10^{-6}g$	数カ月	~2.1m ³	~1.2ton	~20g (輸送中)	緩い
スペースシャトル /ラボ	$10^{-4}g$ 以下	6~10日	0.5m ϕ x 0.7m程度	~2ton	$\pm 3 \sim 6g$ (輸送中)	非常に緩い
スペースシャトル /フリーフライヤ	$10^{-3} \sim 10^{-6}g$	数カ月	$1m^3$ 程度	~数ton	$\pm 3 \sim 6g$ (輸送中)	緩い
宇宙ステーション	$10^{-4}g$ 以下	半永久	$1m^3$ 程度	~2ton	$\pm 3 \sim 6g$ (輸送中)	非常に緩い

2. 3 飛行システム

- ① 飛行は通常1日1回行い、1飛行中に約5~10分間隔でパラボリックフライトを通常6回実施する。
- ② MU-300には、宇宙開発事業団が開発した共通ラック(700×450×900mm)が2個搭載でき、1ラック当り約100kgの実験装置が搭載可能である。
- ③ 飛行空域は、通常名古屋空港周辺空域であるが、天候等により能登半島周辺空域等への変更もある。
- ④ 実験者は、搭載した実験装置を自ら操作することが可能であり、また、データ収録等のための航空機実験システムも整備されており、この操作は運航会社によって行われる。

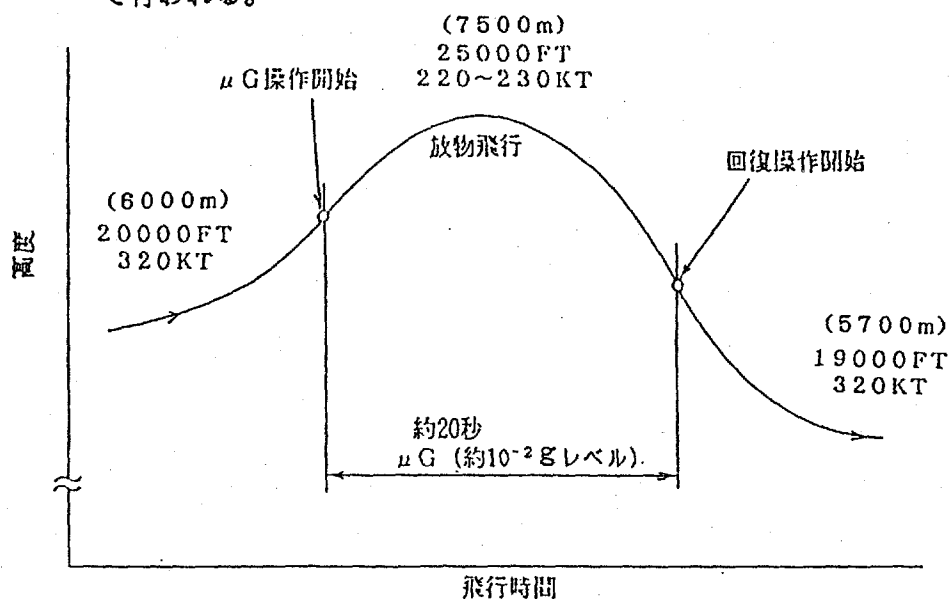


図1 パラボリックフライト(放物飛行)パターン

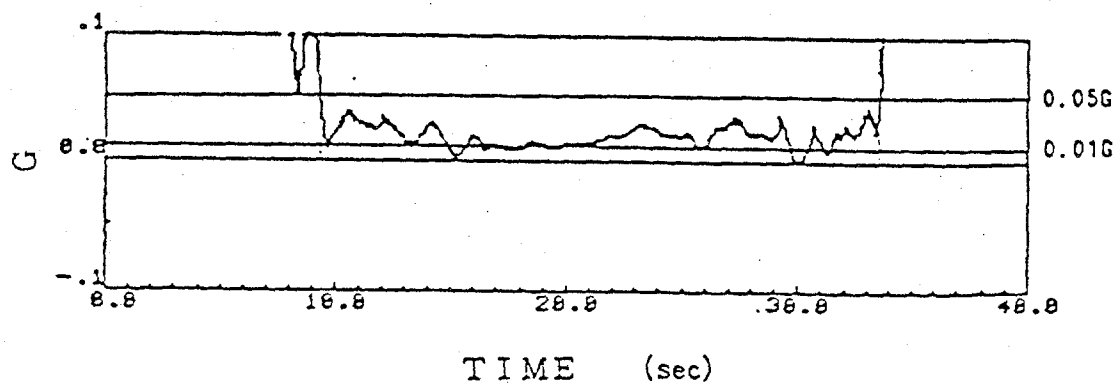


図2 微小重力環境の測定例

3. 航空機実験システムの概要

宇宙開発事業団では、宇宙環境利用推進プロジェクトの一環として、JEM利用共通実験技術の開発を目的とし、航空機実験システムの開発を行った¹⁾。以下に、航空機実験システムの概要を紹介する。

3.1 航空機実験システムの構成

本実験システムの構成を図3及び図4に示す。このうち、データ収録装置、G表示装置は、実験中は必ず航空機に搭載されるが、標準ラック及び微小重力環境改善装置（フリーフローティング装置）は実験内容に応じて使い分けが可能である。

3.2 機能の概要

(1) データ収録装置

- ① システム作動の電源は、航空機から供給されるDC28VをAC100V-60HzとDC12Vに変換して使用する。
- ② ユーザにAC100V-60Hzを供給する。
- ③ ビデオ動画（2ch分）とスチルビデオ画像を録画する。

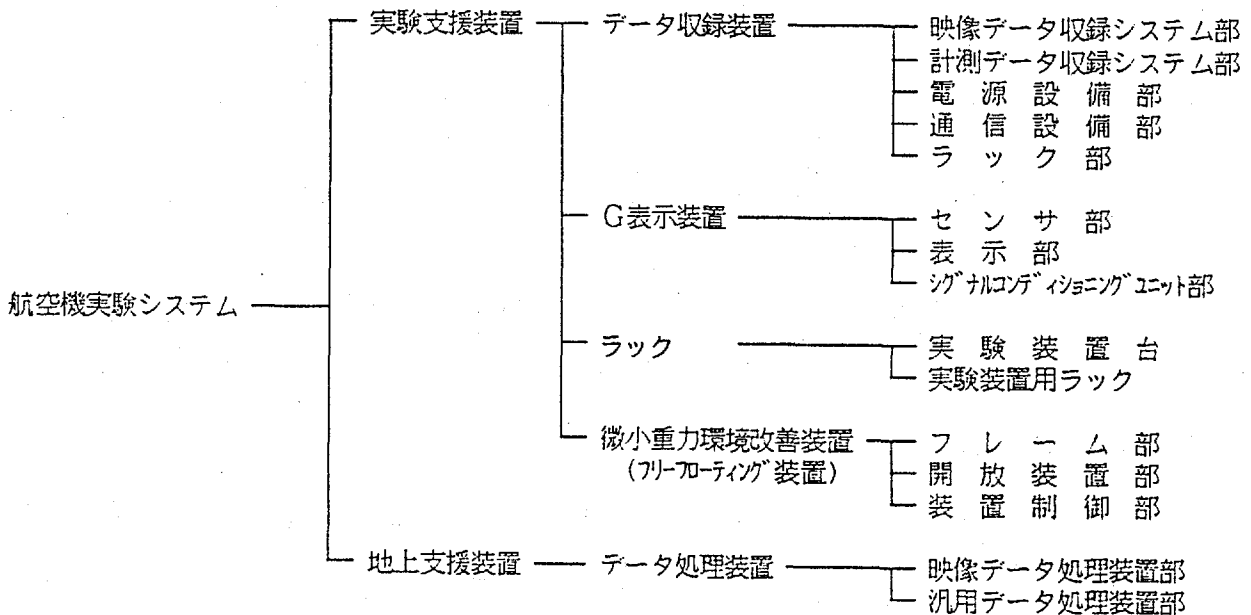


図3 システム構成ツリー

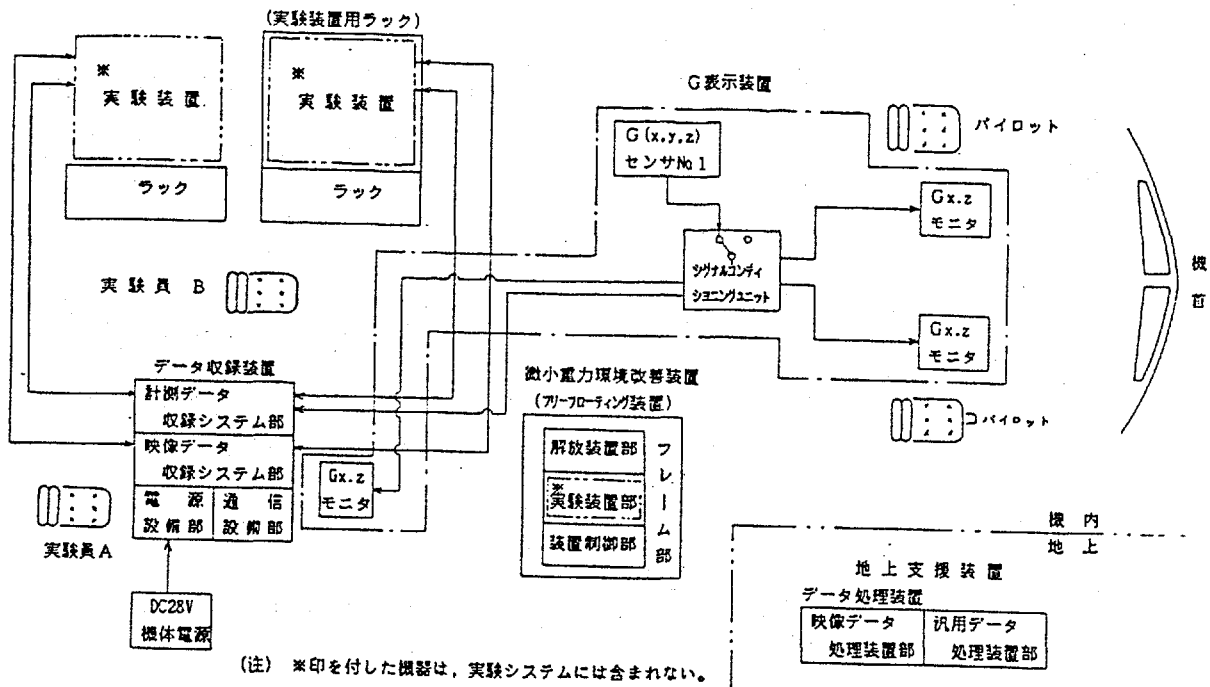


図4 システム構成図

- ④ 重力加速度、温度、圧力等の実験中に計測されるデータをデータレコーダ又はデータロガーに記録する。アナログデータには12ch分あり、デジタルデータ用には72ch分ある。データロガーの最大サンプリングレートは100回/秒である。
- ⑤ 搭乗実験者の音声をデータ収録部へ入力する。

これらの機能を持つ構成品は4台のラックに分配搭載され、搭乗実験者はそのうちの2台のラックによって主な操作を行う。

(2) G表示装置

機体の重心位置付近の床上に3軸方向の加速度センサを設置し、計測されたG信号はシグナルコンディショニングユニットを介し、航空機の操縦席及びデータ収録システム部へ送られる。操縦席には、機長用と副操縦士用各々にGメータが設置され、操縦士はその指示値を見ながらパラボリックフライトを行うことが出来る。

さらに、データ収録システム部へ送られたG信号は、ラックパネルのGメータ及びモニターTVに表示されるとともに収録され、実験後のデータ処理に使われる。

(3) ラック

実験装置台の寸法は、420mm \times 700mmLであり、50mmピッチの孔があけてあり、重量100kg以下の実験装置を取り付けることが出来る。

実験装置用ラックには、共通ラック（寸法700mm \times 450mmL \times 900mmH、最大搭載重量約100kg）と標準ラック（寸法700mm \times 310mmL \times 850mmH、最大搭載重量約90kg）の2種類が用意されている。

(4) フリーフローティング装置

本装置は図5に示すように、搭乗員や機体を保護するためにフレーム構造となっている。供試体の開放は、制御部からの信号により、適切なG環境下で行い、数秒間の良質な微小重力環境が得られる。尚、供試体重量は7kg以下に制限されている。

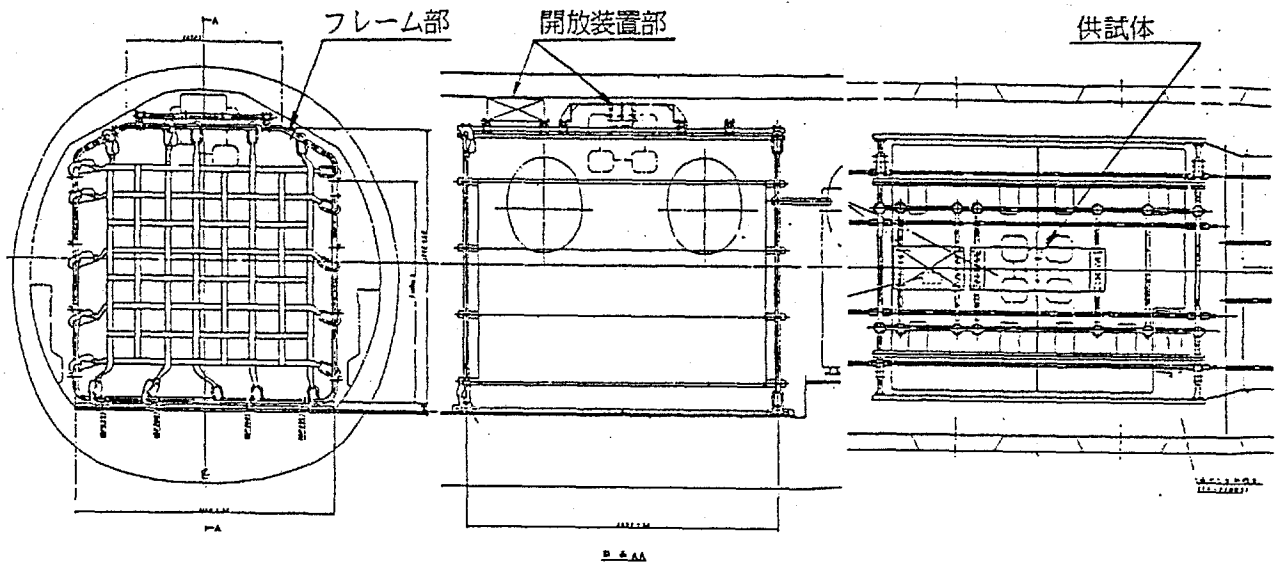


図5 フリーフローティング装置

(5) データ処理装置

- ① 汎用データ処理装置部は、データ収録部からのアナログ及びデジタルデータを処理し、アナログデータチャート、プリントデータ、X-Yプロッタチャート及びハードディスクとして出力出来る。
- ② 映像データ処理装置部は、データ収録装置部からの動画ビデオ及びスチルビデオ画像に対し内蔵ソフトによって、強調、輪郭抽出等の一次解析画像処理を行い、画像情報を数値情報に変換すること、スチルビデオプリンタ、シリアルプリンタ及びハードディスクに編集することが出来る。また、キャラクタジェネレータにより、必要な文字や記号をスーパーインポーズ編集することも可能である。

尚、これらのデータ処理は、実験者所有のソフトを導入してデータ処理することが出来る。

以上の航空機実験システムは、平成2年9月の航空機実験から運用が開始されている。今後、多くのユーザに本実験システムを有効に活用して頂きたい。

<参考文献>

- 1) 柳川他、第7回宇宙利用シンポジウム「航空機を用いた微小重力実験システム（その1）」