

科学研究費補助金（学術創成研究費）公表用資料  
〔事後評価用〕

平成16年度採択分

平成22年3月31日現在

研究課題名（和文） **高高度気球を用いた微小重力実験装置の開発**  
研究課題名（英文） **Development of Micro-gravity Experiment  
System using High-altitude Balloon**

研究代表者

氏名 **橋本 樹明** (HASHIMOTO TATSUAKI)

所属研究機関・部局・職 **宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究本部  
宇宙探査工学研究系・教授**



研究の概要：数十秒間の微小重力環境を中程度のコストで実現する手段として、高高度気球から微小重力実験装置を落下させ、自由落下中に微小重力実験を実施するシステムを開発した。飛行実験にて $10^{-4}G$ 以下の微小重力環境を約35秒間実現し、今後の定常運用に目処を立てた。

研究分野：工学

科研費の分科・細目：総合工学・航空宇宙工学

キーワード：微小重力、科学観測用気球、ドラッグフリー、制御工学

1. 研究開始当初の背景

微小重力環境を実現する手段は、低コストであるが数秒～十数秒の継続時間である落下塔、航空機実験と、数分～数日の長時間であるが高コストであるロケット実験、国際宇宙ステーションなどに2分されており、中程度のコストで数十秒間の微小重力環境を提供する施設が求められていた。

2. 研究の目的

気球を用いて40km程度の高度から実験装置を自由落下させることにより、数十秒の良質な微小重力環境を実現するシステムを開発する。微小重力科学に格段の進展を促すとともに、開発を通じて、高高度気球、ドラッグフリー制御、超音速飛行体制御等の技術分野の格段の進展もねらう。

3. 研究の方法

全重量数百kgの実験システムを40km程度の高度まで飛行させる高高度気球、空力抵抗が小さく超音速飛行する機体、2重殻構造によるドラッグフリー技術により非接触浮遊する微小重力実験部、機体の制御装置およびガスジェット推進装置、超音速から安全に減速する超音速パラシュートをそれぞれ開発し、実際に飛行させて数十秒の微小重力実験を行うことにより、システムの有効性を確認する。また、将来の定常運用に向けて、ユーザインターフェースの改良を行っていく。

特に、実験部に働く加速度擾乱を最小化するため、実験部を機体から非接触で浮かせ、機体を自由落下する実験部に衝突しないように制御するドラッグフリー技術により、

$10^{-4}G$ 以下の微小重力環境を実現することが本研究の特徴である。

4. 研究の主な成果

システム設計の結果、図1のような機体を開発し、その中に直径30cm程度の球形の微小重力実験装置を搭載することを可能としている。平成16年10月の新型気球の試験、平成18年5月のシステム動作確認のための1号機飛行実験に続き、平成19年5月の2号機と平成21年5月の4号機の2回の飛行実験により35秒間の微小重力環境を実現し、加速度レベルは図2に示すように $10^{-4}G$ 以下となっている。2回連続で同様な環境を実現できたことから、本システムの実用化の目処が立ったといえる。なお、3号機では将来のさらに長秒時の微小重力実現に向けて、大推力の空気吸い込み式エンジンを搭載した実験を実施する予定であったが、天候等の事情により飛行実験が延期になっており、機体の開発が終了した段階である。

本研究では、毎飛行機会に実際の微小重力実験を実施することにより、実験ユーザの利便性を考えたインターフェースの改良を行ってきた。図3に、2号機で実施した線香花火の燃焼実験映像を示す。航空機実験等、 $10^{-2}G$ レベルの擾乱が残る場合は対流により火球ができるが、 $10^{-4}G$ 以下の本システムでは完全に消えることが観察された。4号機ではアクセスパネルの大型化により、飛行直前まで微小重力実験部を操作することができるように配慮し、また、機上姿勢決定機能やリアルコマンド機能など、多様なユーザ要求に応えるべくシステムの改良を行った。

[ 4. 研究の主な成果 (続き) ]



図1 微小重力実験用機体の外観

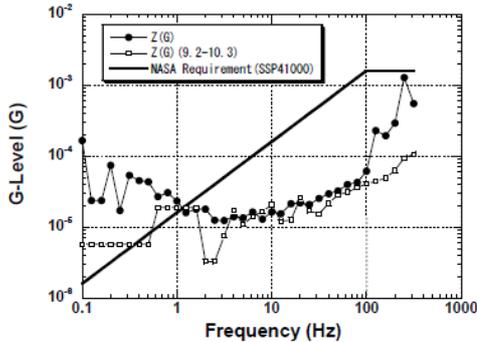


図2 本システムの微小重力環境

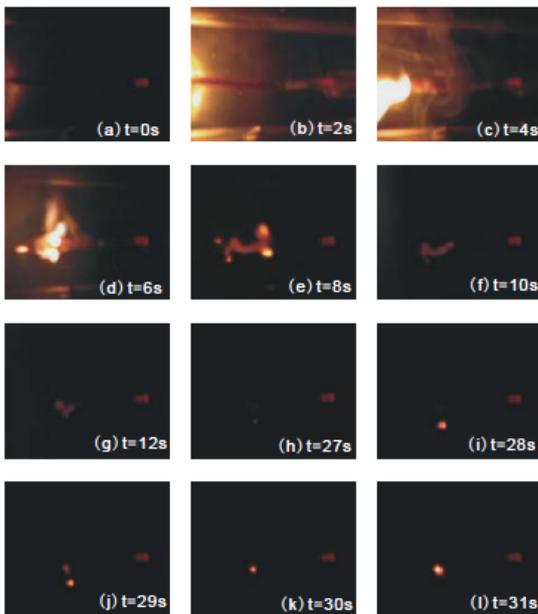


図3 線香花火燃焼の映像

また、本研究において開発された技術は他分野の発展にも貢献している。薄膜高高度気球の開発および重量級ゴンドラの放球方式の開発は、気球による科学観測一般の進展につながる。空気吸い込み式エンジンについては、将来の極超音速旅客機や宇宙への低コスト輸送手段として期待されているが、その飛行実証手段として本システムが活用できる。

5. 得られた成果の世界・日本における位置づけとインパクト

このクラスの微小重力環境実現手段は現在のところ世界唯一であり、外国からも共同研究の依頼が来ている。また、ドラッグフリー技術や、空気吸い込み式エンジンの超音速飛行実証機会など、本研究の成果が世界最先端の研究に貢献することになる。

6. 主な発表論文

(研究代表者は二重線、研究分担者は一重下線、連携研究者は点線)

1. 橋本樹明, 澤井秀次郎, 坂井真一郎, 坂東信尚, 小林弘明, 石川毅彦, 稲富裕光, 藤田和央, 吉光徹雄, 斎藤芳隆, 福家英之: 高々度気球を用いた微小重力実験システムの開発、日本マイクログラビティ応用学会誌, Vol.26, No.1, pp.9-14, 2009
2. 斎藤芳隆, 井筒直樹, 石川毅彦, 稲富裕光, 橋本樹明: "微小重力実験に向けた軽量高高度気球の開発", 日本マイクログラビティ応用学会誌, Vol.26, No.1, pp.15-20, 2009
3. 澤井秀次郎, 橋本樹明, 坂井真一郎, 坂東信尚, 吉光徹雄, 石川毅彦, 稲富裕光, 福家英之, 鎌田幸男, 長江朋子, 小林弘明, 藤田和央, 小島孝之, 上野誠也, 宮路幸二, 門岡昇平, 平木講儒, 鈴木宏二郎, 上原聡: "微小重力実験用機体の開発", 日本マイクログラビティ応用学会誌, Vol.26, No.1, pp.21-28, 2009
4. 稲富裕光, 石川毅彦, 橋本樹明, 澤井秀次郎, 斎藤芳隆, 吉光徹雄, 坂井真一郎, 小林弘明, 藤田和央, 坂東信尚, 後藤雅享, 神保至, 山川宏: 高高度気球からの微小重力実験用自由落下カプセルの第一回飛行試験: 日本マイクログラビティ応用学会誌 Vol.23, No.4, pp197-203, 2006
5. 石川毅彦, 稲富裕光, 橋本樹明, 澤井秀次郎, 斎藤芳隆, 吉光徹雄, 坂井真一郎, 小林弘明, 藤田和央, 坂東信尚, 後藤雅享: 高高度気球を利用した微小重力実験 (第2回飛行試験): 日本マイクログラビティ応用学会誌 Vol.25, No.1, pp3-10, 2008
6. 丸祐介, 澤井秀次郎, 橋本樹明, 坂井真一郎, 坂東信尚, 福家英之, 藤田和央, 小林弘明, 小島孝之, 田口秀之, 上野誠也, 宮路幸二, 門岡昇平: "高高度気球を用いた超音速空気吸込式エンジンの飛行実験計画", 日本マイクログラビティ応用学会誌, Vol.26, No.1, pp43-50, 2009

ホームページ等

<http://www.isas.jaxa.jp/home/hashimoto-lab/Hashimoto-lab-research-j.html#bov>