

## 別紙A 「自由テーマ」応募フォーム詳細

- ・ A4 サイズ 10 ページ以下とします。
- ・ 以下の各項目について記入してください。

### 1. 実験テーマ名

無重力仮想宇宙空間における多孔質模擬天体衝突破壊実験

### 2. 実験の目的・概要

(実験のねらい、その基本となる仮定、期待する成果などを記載してください)

#### ・ 実験の背景

我々が住む太陽系は、太陽、惑星、衛星、そして彗星や小惑星といった小天体から構成されている。それら諸天体は、お互いに衝突を繰り返して、分裂や合体の末に成長してきた。例えば、地球をはじめとする惑星は、原始太陽系星雲から原始惑星として成長するまでに、微惑星という段階を経ているが、この微惑星は他の微惑星との衝突合体を繰り返すことで巨大化していったと考えられている。また、小惑星の中には、元々は一つの天体だったものが衝突破壊で粉々になったとされているものもある。これらは似たような特徴を示し、「族」と呼ばれるいくつかの小天体のグループを形成している。このように、**太陽系の形成や惑星の進化の過程を説明する上で、衝突現象の正しい理解と解明は非常に重要なものである。**

我々の実験グループは、小天体に多いとされる多孔質の物質の衝突物性を調べるために、模擬天体に対する衝突破壊実験を行ってきた。宇宙空間での実際の衝突と同じスケールでの現象を実験室で再現することは困難であるが、諸天体間の衝突物理を支配している基礎的な物理過程を実験によって解明することで、我々の太陽系の進化の歴史を再現するための数値シミュレーションに応用させることを目的としている。

また、近年の観測によって、小惑星の中には自転周期が1時間以下という、高速回転体が見つっている。このような天体表面では重力よりも遠心力が卓越しており、衝突現象に対する遠心力の影響は無視できない。しかしながら、回転する標的に対する衝突実験は過去にほとんど行われていない。我々のグループは、このような回転体に対する衝突実験も行い、衝突現象に及ぼす遠心力の効果を考えてきた。

#### ・ 実験試料

これまで我々が地上の実験室で行ってきた実験は、 $\text{SiO}_2$  を含むソーダライムガラスビーズを焼結させた試料を用いたものである。焼結とは、粉体を融点以下で加熱させて、結合させることであるが、この現象を利用することで、内部に空隙を含む多孔質な模擬天体を作成することに成功している。太陽系内の小天体には、一枚岩の天体ではなく、例えば小惑星 ITOKAWA のように、ラブルパイルと呼ばれる「いくつかの岩石

が集積してできた1個の小天体」という構造を持つものの存在が立証されている。我々が実験で用いるガラスビーズ焼結体は、このラブルパイル構造を持つ小天体を模擬しているのである（焼結体 SEM 画像参照）。



我々が用いている模擬天体の内部電顕画像。粒径は $50\mu\text{m}$ 。黒い部分が空隙であり、電顕観察のためにエポキシで満たされている。

#### ・ これまでに得られた結果

この焼結体をターゲットにした衝突実験は、地上重力下では既に何度も行われている。ヘリウム軽ガス銃や二段式軽ガス銃を用いてガラスやナイロンの弾丸を衝突させて様々な物性を測定しており、以下のような結果が得られている。

- **低速衝突により、模擬天体の静的圧縮強度と衝突破壊強度の関係を導いた。**  
同じ速度条件下では、エネルギー密度から算出する衝突破壊強度は一軸性圧縮強度のほぼ1乗に比例するという結果を得た。
- **速度条件の異なる実験の結果、衝突破壊強度の絶対値は、大きく異なった。**  
速度が異なると、同じエネルギーでも壊れやすさに差が生じた。これは内部の空隙が影響していると考えられる。
- **焼結体内部の圧力減衰率は、速度条件や空隙率による差が見られなかった。**  
衝突実験で発生する粒子速度から、焼結体内部を伝わる圧力の減衰率を計算したところ、高速衝突実験と低速衝突実験でほぼ同じ値を示した。  
また、空隙率の低い焼結体を用いての実験でも、圧力減衰率はほぼ同じだった。
- **回転体の遠心力が衝突破壊に及ぼす影響が顕著に見られた。**  
回転する標的に対する衝突実験の結果、標的強度に対して遠心力が10%程度でも、回転なしの場合に比べて破壊の程度が大きくなることが分かった。

これらの実験成果は、過去の研究結果から一歩進んだものであり、**現在の太陽系小天体の進化の歴史を解明するための数値シミュレーションに応用が期待される**ものである。しかし、これらは全て地上重力下での実験であり、今回パラボリックフライトの実験に応募するにあたって、より宇宙空間で衝突現象に近い状況を再現しようと試みるものである。

- ・ 予定されている実験と期待される成果

#### A 球状模擬天体の衝突実験

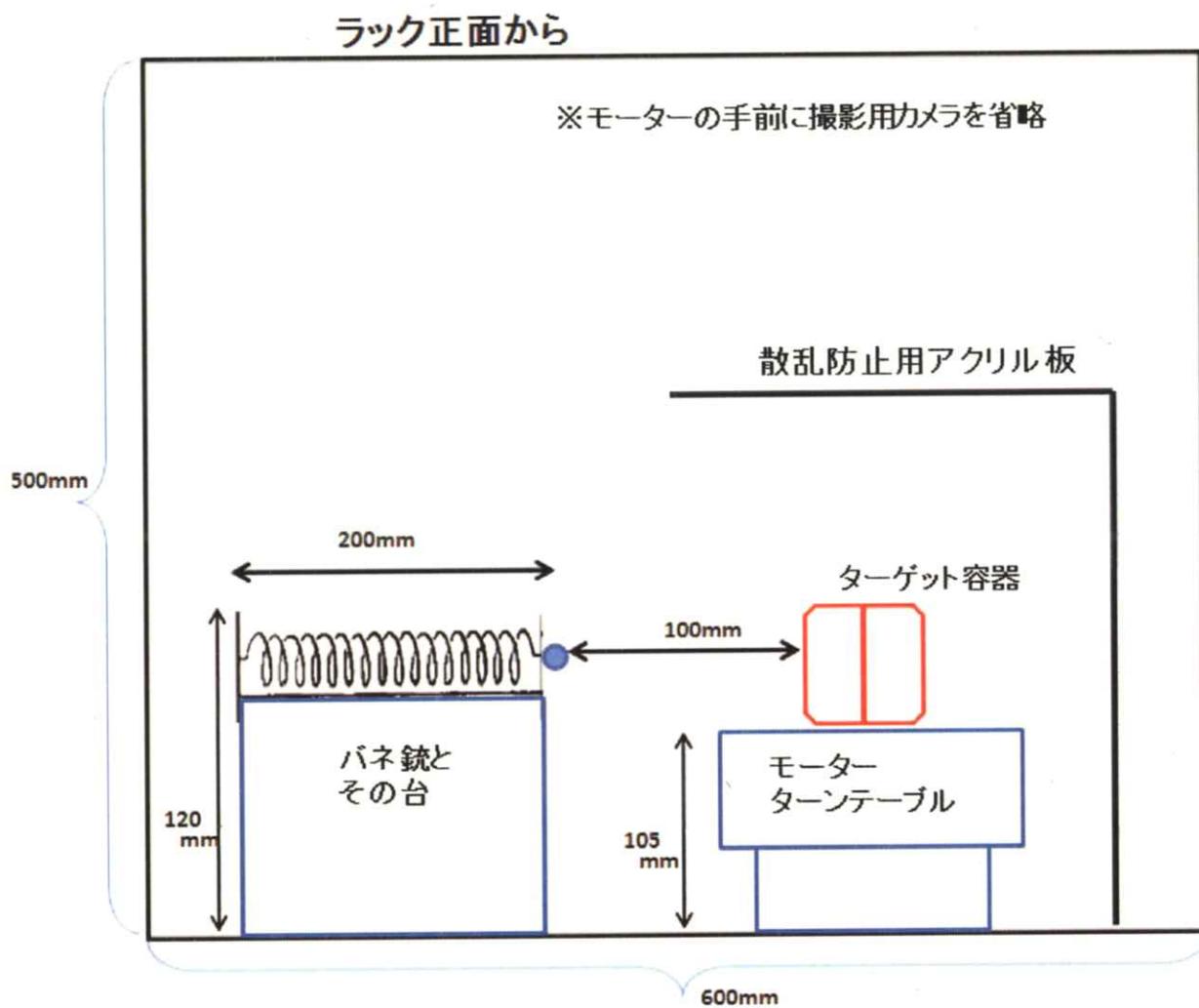
地上重力下では、ガラスビーズのような粉体は流体同様のふるまいをするため、焼結や圧縮なしでは球状を維持させることは難しいが、微小重力下では球状のまま衝突実験が可能であると考えられる。球状のガラスビーズ粉体及び焼結体に対して、バネ銃で弾丸を衝突させ、実験の一部始終をカメラで撮影することで、衝突で発生する粒子速度を測定し、内部での圧力の減衰がどのように行われているかを調べる。その結果が地上重力下での実験と一致するか、異なるとすればどのように異なるのか、これらの疑問に対する定量的な議論は、**多様な重力下、圧力下にある諸天体の衝突現象の解明のために役立つ**と思われる。

#### B 回転体への衝突実験

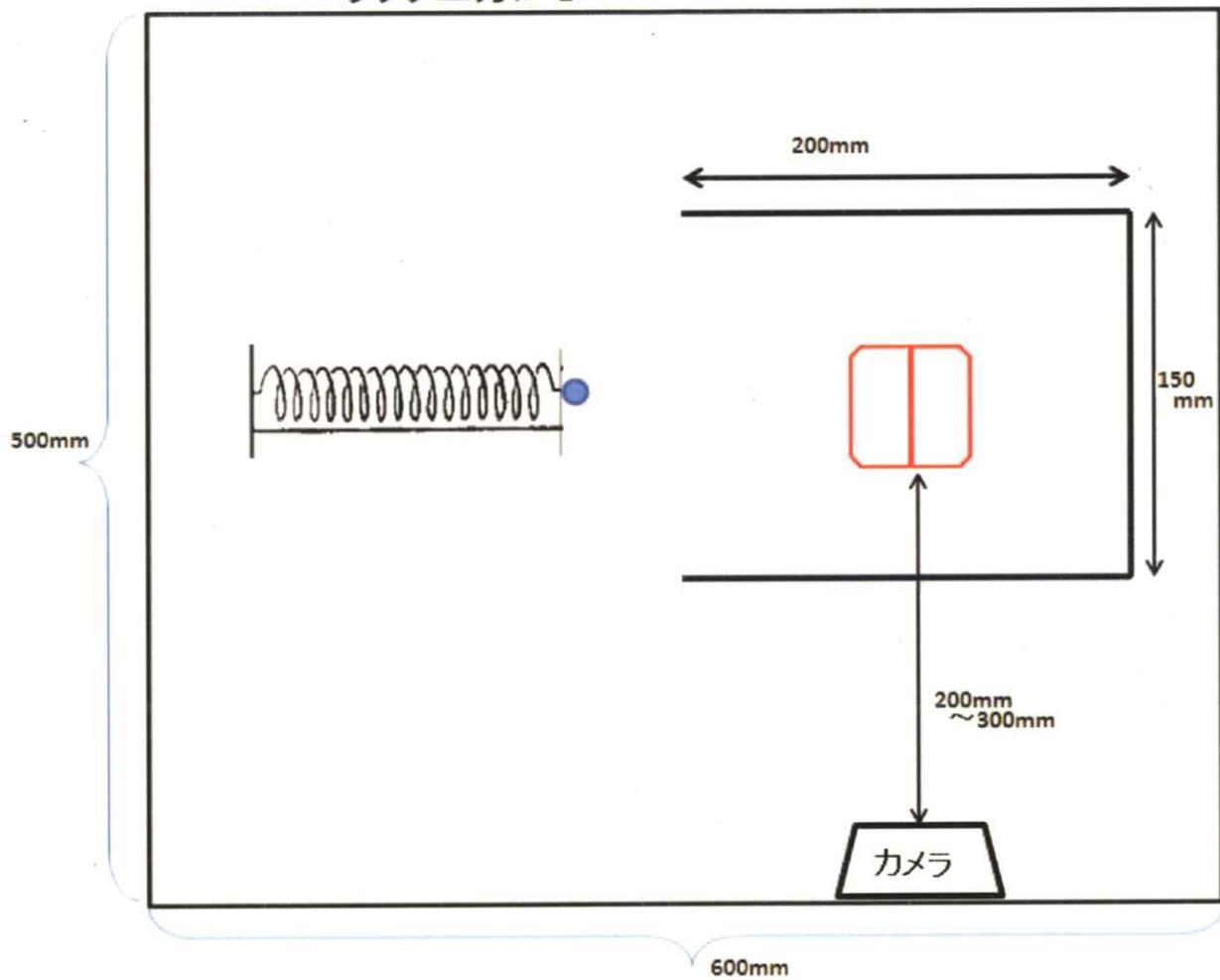
これまで行われてきた地上重力下での実験では、標的を回転させるために、回転用のテーブルを底面に設置することが必要であり、衝突時の応力波の（底面による）反射の影響を受けてしまう。そこで今回の微小重力下に置いて、テーブルとの接触をほとんどなくした状態での実験を行い、宇宙空間で高速回転する小天体に非常に近い環境での実験を再現することを目的とする。その結果を用いて、**衝突現象における遠心力の効果を定量的に議論**する。



5. 実験装置概要  
(可能な限り詳細に図示してください)



ラック上方から



6. 実験装置のサイズ／重量概算

バネ銃：幅 200mm×高さ 120mm×奥行き 50mm：約 1kg

標的回転用モーター：幅 80mm×高さ 105mm×奥行き 80mm：1kg

標的：円柱焼結体×5 個および球状焼結体×2 個

ガラスビーズ粉体を球形に収めた容器×3 個

いずれも 5cm 四方に収まる大きさ、総重量 3kg 以内

衝突後の標的の飛び散りを防ぐための、アクリル板の囲い：1kg 以内

撮影用カメラ：幅 127.7mm×高さ 79.6mm×奥行き 130.1mm

約 671g＋バッテリー＋メモリー

7. 必要な電源容量概算

(AC100V：最大 3 アンペア，DC28V：最大 5 アンペア)

AC100V：2.4 アンペア

8. 実験支援装置の利用要望（要望するものに○をしてください）

- ・実験開始信号（微小重力開始時点知らせる 5V, 12V 等の信号）
- ・計測データの収録装置（データレコーダ）
- ・その他（ )

9. 危険物等の搭載の有無

(高圧ガス・可燃物・毒物・その他)

特になし

10. 実験実施時の航空機への搭乗希望有無

(  有 ) ・ 無 )

11. 役割分担

(チームメンバーの役割分担が決まっていたら記入してください)

未定

12. その他特記事項