

# 微小重力場における煙の拡散

京都府立洛北高等学校サイエンス部地学班

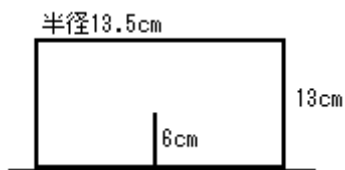
## はじめに

地上における火災死亡原因で最も多いのは、煙により酸欠状態に陥り、死亡するというケースである。国際宇宙ステーション（ISS）やスペースシャトル内においても、同様の被害が起こりうると考えられる。

微小重力場において、燃焼が抑制されるという実験結果はあるが、煙に関する研究は行われていない。よって私たちは、微小重力場における煙の広がる速度、挙動、広がり方を、地上実験とシミュレーションの結果から予測した。

## 地上実験

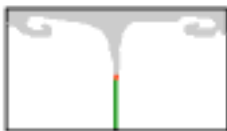
### 【手法】



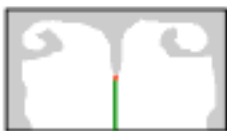
- ・円柱状の透明な水槽を使用
- ・下に黒い画用紙を敷き、更に水槽の半分に黒い画用紙を貼る
- ・線香(画用紙にボンドで垂直に立てたもの)を水槽の中央に設置
- ・室内を暗くし、全体に光が当たるように懐中電灯を両側から当てる
- ・水槽の正面中央にカメラを設置し、動画機能で撮影

### 【結果】

#### 煙の広がり方



まっすぐ上に上っていき、天井に沿いながら均一に広がる



壁に沿いながら、下降していく



下降してから、底に沿って広がる



そして、全体へと広がってゆく

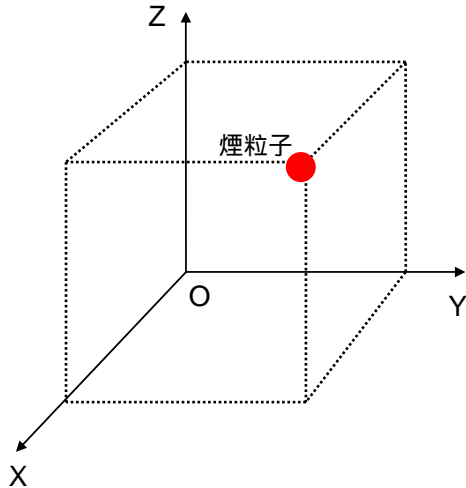
## 煙の速度

線香から水槽の天井まで、7cm	速度...秒速 3.27cm	計測回数...7回
水槽の半径(天井部位)、13.5cm	速度...秒速 2.37cm	計測回数...12回
水槽の高さ、13cm	速度...秒速 1.44cm	計測回数...14回
水槽の半径(底部位)、13.5cm	速度...秒速 0.94cm	計測回数...6回

煙の進む順である

撮影した動画が見え辛く、計測できなかった事があり、回数に誤差がある

## シミュレーション



### 【手法】

- ・表計算ソフトウェアを用いる
- ・線香の燃えている部分を原点とした座標空間を設定し、煙の広がる速度と挙動を、X軸、Y軸、Z軸の3成分に分けて試算
- ・煙粒子の初速度  $v_0$  は線香の燃焼部の温度を 4000 K として計算
- ・煙粒子の速度の時間変化は以下の式で計算

$$v = v_0 \cdot a^{n \cdot \Delta t} + v_{\text{平衡}} (1 - a^{n \cdot \Delta t})$$

ここで、 $a$  は煙分子と空気分子との衝突により平衡状態になることを考慮したものであり、

$v_{\text{平衡}}$  は煙分子が平衡状態に達したときの速さである

- ・煙粒子の移動方向は以下の式で計算

X 軸方向の角度  $\dots \cos(R \cdot \dots)$

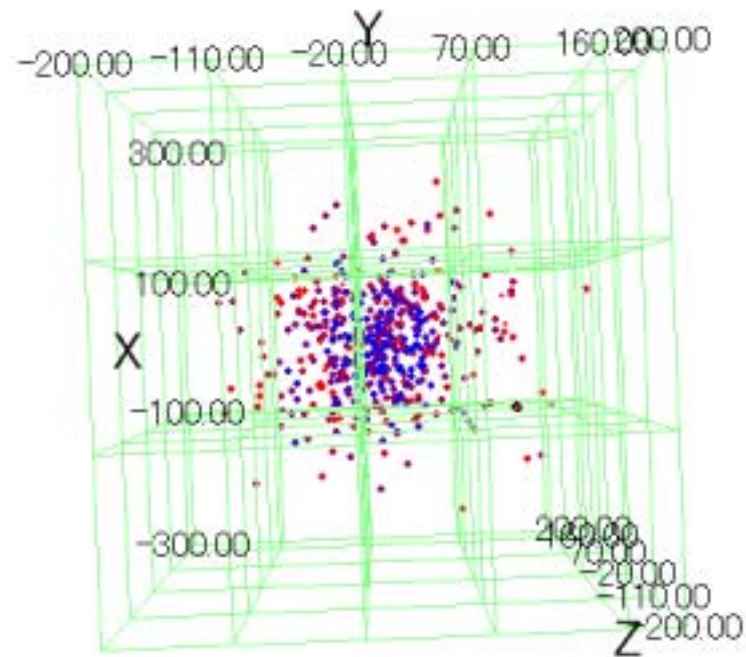
Y 軸方向の角度  $\dots \sin(R \cdot \dots) \cdot \cos(R \cdot 2 \cdot \dots)$

Z 軸方向の角度  $\dots \sin(R \cdot \dots) \cdot \sin(R \cdot 2 \cdot \dots)$

ただし、 $R$  は 0 から 1 までの範囲で発生させた乱数である

### 【結果】

結果を三次元のグラフに表示した。



#### 今後の課題

煙の粒子の大きさは様々であるので、考慮してしていく  
 上昇気流を考慮して、実験を再現する

#### 文献

よい煙わるい煙を科学する 谷田貝 光克 著 中経出版 2002年9月  
 微小重力環境を利用した宇宙火災安全性研究 藤田 修 著  
 改訂版 高等学校 物理 数研出版 2006年3月  
 改訂版 高等学校 物理 数研出版 2007年3月