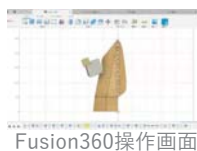


解析方法

- ・実験にて得た画像からCADソフト (Fusion360) を用いて 3Dモデル作成。
- ・画像からモノリスの材質を特定。
- ・長さ計測アプリ (scale post) を使用した、モノリスの主な部分の寸法比の測定。

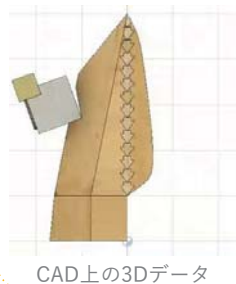


Fusion360操作画面



Scale post
で寸法測定

3Dデータ



CAD上の3Dデータ



作成した3Dデータを
三角投影法で表した図

材質の推定



木の円盤

銀の立方体
パネルorシール

金の立方体
紙orシール

外身
木目付きシール

寸法比

銀の立方体の1辺を10と決めて測定

- ・銀の立方体：金の立方体 = 2 : 1
- ・円盤大：円盤中：円盤小 = 7.5 : 7.0 : 6.5
- ・銀の立方体：円盤大 = 4 : 3



Scale postで
2点間の距離
を計測



立方体と円盤

今回の成果

- ・達成度⇒全て達成

✓ ミニマムサクセス	全体画像の取得
✓ フルサクセス	周回撮影⇒"立体構造"の把握
✓ エクストラサクセス	近接撮影⇒"表面構造"の把握

- ・追加成果

画像からモノリスの"寸法"を測定

⇒"おおまかな"3Dモデル (CAD) "を描画

まとめ・今後の展望

- ・今回の成果
画像取得⇒モノリスの概形、表面の材質の推定に成功

- ・今後の展望

撤去 or 放置 or 観光資源として利用？

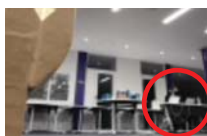
⇒モノリスの対処を決めるため追加調査



観光地となったモノリス
(想像図)

今後の展望

- ・考えられる追加調査
人がモノリスに近寄って調査



モノリス横で
PC作業する人

内部に何か入っていないかの調査 (赤外線カメラ、内視鏡)

- ・もし観光地化するなら (←観光地の必要があるか理科大学生にアンケート?)
安全性の確認(ex. 定点観測、温度、磁場、電波など)

自主的な取り組み、工夫点

- ・締切に応じて「調整さん」
→全員が集まれる日時にzoom mtg (計13回 (各回2-3h程度))
- ・mtgが有意義になるよう事前に議題をGoogleドキュメントへ
- ・議事録、資料作成の担当→立候補制で割り振ったが均等に
- ・参加できなかった人→議事録を読んでもらいLINEで意見
- ・プレスト、議論が行き詰った際→SlackやLINEを利用

- 全員で協力してミッションを
成し遂げることができた！

16



C-4 Ὠρίων (Orion)



1章 ・ 背景
・ 目的
・ サクセスクライテリア
・ 実験計画

2章 ・ 実施内容
・ 結果
・ 解析

3章 ・ 考察
・ まとめ



2

▶ 1章	・ 背景 ・ 目的 ・ サクセスクライテリア ・ 実験計画
2章	・ 実施内容 ・ 結果 ・ 解析
3章	・ 考察 ・ まとめ



<https://www.sanwakikou.co.in/feature/crane/newtype>

<https://www.sanwakikou.co.jp/feature/crane/newtype>



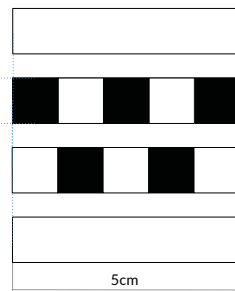
<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%8C%8F%E5%A4%A%E5%9E%8B%E3%83%B8%E3%83%A0%E3%83%B3%E3%83%A0>

4

4

正九角形を描きながらモノリスを撮影

A diagram of a rectangular prism with dimensions 0.5cm by 0.5cm by 0.5cm.



6

概要

2章・実験内容

- ・目的-実験内容
- ・カメラ-撮影地点図・エリア
- ・実験計画
- ・結果
- ・実施内容
- ・結果-実験評価
- ・解析

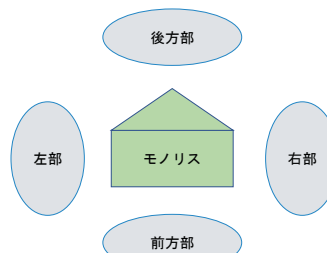
2章・実施内容

- ・結果-実験評価
- ・解析

3章・考察

- ・表面性状
- ・測量棒
- ・画像比較

実施内容



・1日目

- (1) 表面
- (2) 前方部
- (3) 左部

・2日目

- (1) 右部
- (2) 後方部
- (3) 測量棒の衝突

9

撮影地点とモノリスの関係

- ①～⑥: 1日目の撮影地点と撮影順
- ⑦～⑧: 2日目の撮影地点と撮影順
- ⑨: 撮影方向は全てモノリスの方向
- ④: 衝突1
- ⑧: 衝突2

実験結果



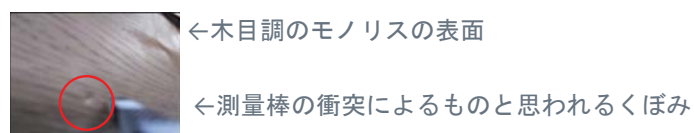
11

実験結果



12

解析①表面性状



モノリスは比較的やわらかい物質でできていて、木目調のシートなどのものでおおわれていると考えられる

13

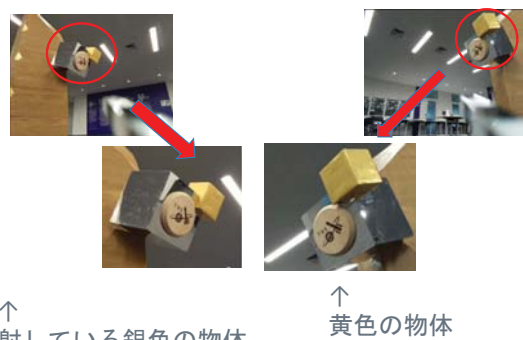
解析①表面性状



モノリスの表面部分には木目調の皮があるが、内側は別の物質でできていると考えられる

14

解析①表面性状



↑
光を反射している銀色の物体

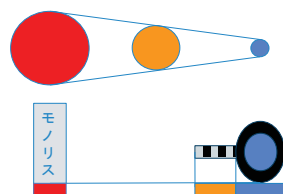
↑
黄色の物体

15

解析② モノリスの再現-測量棒-原理

- 原理は日食が起こる理由と同じ

	直径	地球からの距離
月	3.474×10^3	3.84×10^5
太陽	1.39×10^6	1.50×10^8



この時およそ $R_m/R_s = L_m/L_s$ が成り立つため、
地球上で日食が観察される

16

解析② モノリスの再現-測量棒-精度-



条件

- 距離 686 cm (センサ指示値)
- ポスターはA0 (縦 118.9 cm)

解析結果

- 計算平均値は 110.1 cm

→ 誤差 7%

17

解析② モノリスの再現-測量棒-結果



測量棒2, 3, 4 cmの部分を利用

平均 = 1.77 m

誤差7%を考慮すると

高さ

1.8 ± 0.1 m

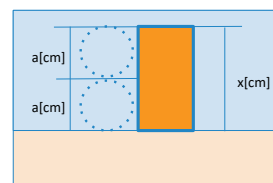
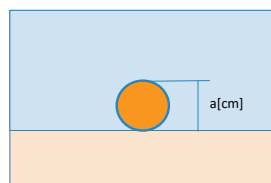
横幅

0.60 ± 0.04 m

18

解析③ モノリスの再現-画像比較-

- 事前に撮った写真と、実験で撮った写真撮を比べて
大きさを求める



19

解析③ モノリスの再現-画像比較-

○高さ

1.0mの距離から見て球の3.0倍以上 → **0.90m以上**

5.0mの距離から見て球の6.5倍 → **1.95m**

○横幅

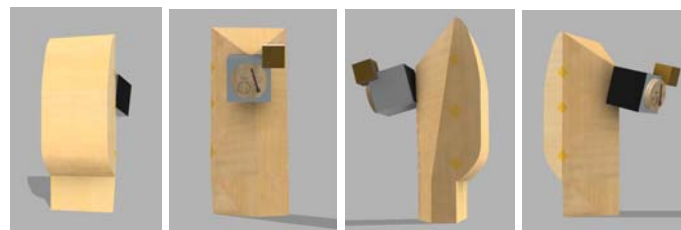
1.0mの距離から見て球の2.0倍 → **0.60m**

5.0mの距離から見て球の2.5倍 → **0.75m**

考えられる誤差：距離センサの値が不確実である／モノリスの方のデータが少なかった

20

解析④ モノリスの再現（解析結果）



前

後

左

右

本体 高さ 1.8 m・横 0.6 m 立方体(大) 1辺 0.31 m 立方体(小) 1辺 0.15 m

21

概要

3章・考察

- 目的-運搬の可能性
- 実験の妥当性
- 実験計画

・まとめ

2章・実施-今後の展望

- チーム運営(スケジュール)

- チーム運営(反省)

▶ 3章・考察

- ・まとめ

考察① 運搬方法の可能性

モノリスの特徴	運搬方法の提案
-個体	荷台がある通常のトラック
-表面が傷つきやすい	荷台がおおわれているバンタイプ、外気に触れないタイプ  https://biz.nissan.co.jp/CARLIFEUP/04.html
-全長およそ1.7m	荷台寸法が2m以上

23

考察② 実験の妥当性

2-1 解析方法の妥当性

- ・ 画像のみで材質を絞り込むのは困難だった
- ・ 測量棒の誤差は簡易的ながら十分
- ・ 画像比較では大きさの推定までは厳しい

2-2 実験方法の妥当性

- ・ 実験計画は不適切だった → 移動の精度を考慮すべき
- ・ 実験を簡易化し、精度を高めたり手法を増やすべき

24

まとめ① 今後の展望

撤去・運搬の為に

- ・ モノリスは地面から生えているのか、置かれているのか
- ・ モノリスの重量など、物性を知りたい

実験方法について

- ・ 測量棒の性質を定量的に評価
- ・ 再現性が高く、必要十分な実験計画の立案

25

まとめ ② チーム運営・スケジュール・役割

・ 開催ミーティングは計20回

9/1	ディスコードのサーバーを作成
9/22	追加装置や実験方針が確定
10/5	背景や目的、シーケンス、測量棒が完成
10/9	デモンストレーション
10/10, 11	実験1日目、2日目
10/28	発表資料完成

役割分担

デモ・実験
指示
操作
コマンド編集
タイムキーバ
画像とセンサ表示の確認

資料作成
実験手順確認・画像位置確認
表面性状解析
測量棒解析
画像比較解析
撤去・運搬についての考察
3Dモデルの作成

26

チーム運営反省

良かった点

- ・ Discordの利用による情報の仕分け
- ・ GoogleDriveを用いた資料の共有
- ・ オンラインにより多数回のミーティングを開催

反省点

- ・ 役割や仕事の分担がうまくできなかった
- ・ 期日や予定の共有が不十分。期限ギリギリに
- ・ ミーティングで意見が挙がりにくい



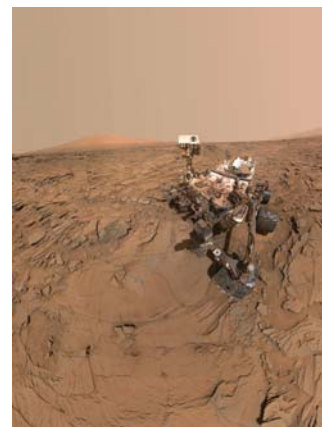
27

ご静聴ありがとうございました

28

モノリスの 利用可能性を探る

C5班 2万マイル



目次

1. 背景・目的
2. 実験・データ解析方法
3. 結果
4. 考察
5. チーム運営
6. まとめ
7. 参考文献



1. 背景

地球上に謎の物体モノリスが出現

⇒ モノリス=隕石?



- ・ モノリスのリソースとしての可能性
- ・ 人や機器の安全性に関する情報の不足



2007年 カランカス隕石の落下 (ペルー)

早急な安全性確認とモノリスの情報獲得が必要

2

3

1.目的

モノリス利用を見据えた、モノリスとその周囲環境の
安全性確認及び利用可能性の判断材料の獲得

ここにも注目 他団体・研究機関等への視覚的な情報の提供・共有

評価基準を基に安全性を確認し、モノリスの撮影を行って視覚的データを得る。

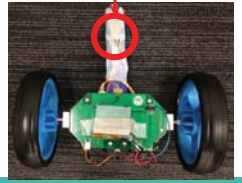
4

2.実験方法 使用機器・取得データ

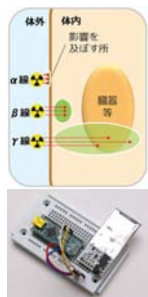
人に対する安全性の確保

- 9軸センサ内の温度センサ
地球外から飛来した場合、数千度程度の温度の可能性
計測範囲、冷暖房なしで過ごせる範囲
→ $-40^{\circ}\text{C} \sim +50^{\circ}\text{C}$ なら安全
- 9軸センサ内の地磁気センサ
鉄などを含む場合、磁気を帯びている可能性
8テスラ以上で健康に影響
→ 計測範囲内なら安全

9軸センサ(BMX055)



2.実験方法 追加搭載機器

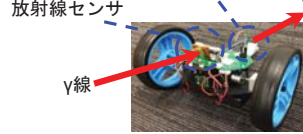


γ線は透過力が強い
→ 体の奥の重要な臓器に
も到達し損傷を与える

外部被曝の主な要因

ポケットガイガーType5
を搭載

無線モジュール 地上局



遮光したフォトダイオードでγ線を検出
指向性 → 進行方向に受光面を向ける

Raspberry Pi Zeroと接続
無線モジュールで地上局へ送信

0.23 $\mu\text{Sv/h}$ 以下なら安全

6

2.データ処理・解析方法 計測機器

バイナリコードを工学値に変換

544D0400 00000000
00050302 0200F1FC...

4(s), 773(cm), 23($^{\circ}\text{C}$)...

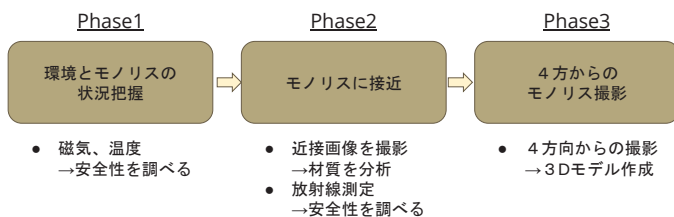
工学値変換

- 温度
温度センサの値を使用
- 磁気
地磁気センサの3方向の値の大きさをとる
- γ線量
近接し静止したときの放射線センサのデータを使用

センサのカウント数 CPM γ線量
1分あたりのカウント数 係数をかけて変換

7

2.実験方法 ミッションシーケンス



8

2.データ処理解析方法 画像解析

<形状>

- Phase1でモノリスの全体の形状を推測し、
Phase3の撮影する向きと回数を検討
- 四方向から撮影した画像 → モノリスの形状評価

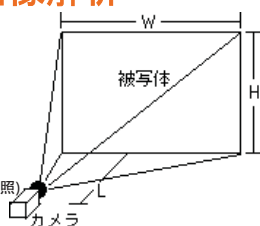


9

2.データ処理解析方法 画像解析

<大きさ>

- 距離センサによる距離(L) → 実際の長さ(W, H)に換算
 - 距離センサの測定誤差
 - $\pm 6\text{ cm}$ (0.30 ~ 6 m)
 - 1 % (6 ~ 12 m)
 - $W(\text{横})\text{m} = 3.6 \div 3.04 \text{ mm} \times L(\text{距離})\text{m}$
 - $H(\text{縦})\text{m} = 2.7 \div 3.04 \text{ mm} \times L(\text{距離})\text{m}$ (W, H, Lは右上図参照)
- 画像解析ソフト(Leafareacounter Plus)
 - 基準 (W, H) + モノリスの長さとの比 → モノリスの寸法算出



10

2.方法 サクセスライテリア

ミニマムサクセス

安全性確認

フルサクセス

材質確認

エキストラサクセス
3Dデータ作成

評価方法: 測定値の獲得

- 温度センサ
- 放射線センサ
- 磁気センサ

評価方法: 近距離高画質画像
の獲得

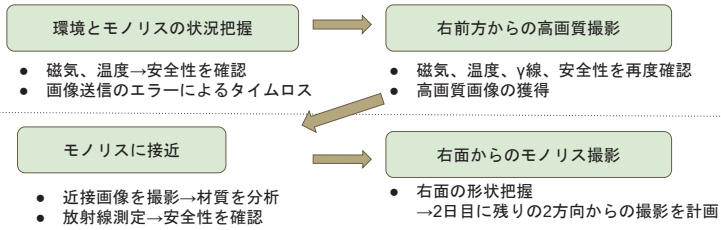
評価方法: 物性情報の獲得

- 大きさ
- 形状
- 色

11

3.結果 ミッションシーケンス

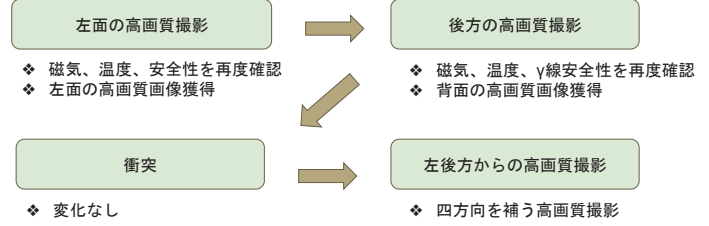
<1日目> ・機体の挙動確認のためマクロコマンドよりも、手動を優先



12

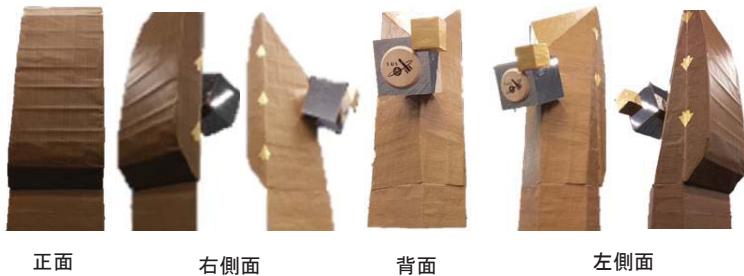
3.結果 ミッションシーケンス

<2日目> ・各マクロコマンドに写真送信のコマンドがあるため、手動と使い分け



14

3.結果 画像データ



16

3.結果 計測値データ

温度

- 23度から30度の範囲内
- 2日目：23度から30度に単調に増加
- 室温上昇？

磁気値

- 環境条件
- パソコンやスマホなどの磁気発生源あり

[単位: μT]

	BG	10/10	10/11
最大値	379.2	195.4	416.2

BG: バックグラウンドデータ

磁気センサの計測範囲内

→安全

※測定値の振幅は磁気の時間変動性によるものと考察

γ線量

- ①バックグラウンド(モノリスなし)
- ②10/10(モノリスから23 cm)
- ③10/11(モノリスから58 cm)

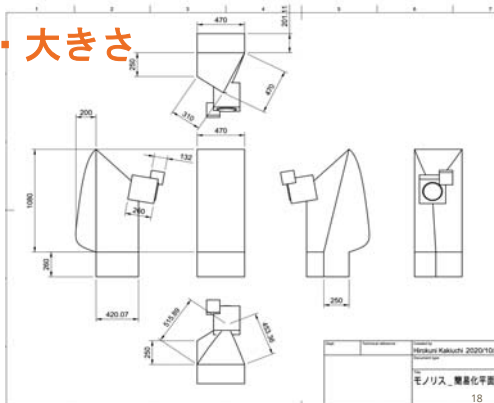
	①	②	③
測定時間	4分	5分29秒	4分59秒
データ数	233	289	256
カウント	5	6	5
CPM	1.288	1.246	1.172
線量($\mu Sv/h$)	0.0243	0.0235	0.0221

→ 0.23 $\mu Sv/h$ を下回り安全¹⁷

3.結果 形状・大きさ

モノリスの平面図→

モノリスの高さは、およそ129~137cm



18

3.結果 色・材質



21

3.結果 サクセスクライテリア評価

ミニマムサクセス	温度センサー	○
安全性確認	放射線センサー	○
	磁気センサー	○
フルサクセス	近距離高画質画像	○
材質確認	大きさ	△
	形状	○
	色	○
エキストラサクセス		
3Dデータ作成		

凡例 △：一部達成 ○：達成

22

4.考察 寸法

リハーサルの画像データ分析

実験時の画像データ分析

問題点

- 離れたところからの画像データからは、実際より大きい寸法が出やすい
- 撮影角度によりゆがみ発生
- 近距離からのデータの誤差が大きい

より精密な寸法把握には...

- 四方向からの撮影は面に対して垂直な方向からの撮影(ゆがみ防止)
- 画質を上げること
- より多くの方向、距離からの撮影

改善のためにしたこと

- 距離センサが被写体をとらえたと思われる画像データを活用
- 3Dモデルの作成にあたり妥当な値を調整
- 周囲の物体の大きさを考慮

25

4. 考察 3Dモデル

～作成にあたって～

画像・寸法データをもとに作成
データの誤差は3つのCAD比較によって補正
結果：3通りの解析結果の妥当性の確認

～問題点～

距離、画像共に誤差があると推測されるがその点は改善できていない
改善策：試行回数の追加、別機器での測定

～CADの提供～

誤差が少なく提供のできるレベル（次回の探査の目安として十分使用可能）
&
STLファイルだと不具合が確認されたためURL配布方式に

<https://a360.co/3oiYAdF>



26

5. チーム運営

スケジュール管理

- 週一回のミーティング（適宜緊急ミーティングも含む）
- ミーティングごとの議事録の作成

役割分担

- 課題ごとに必要な役割を考え、適宜分担

連絡手段

- Slack
項目ごとにチャンネルを作り、随時更新
- Googleドライブ
過去の議事録やデータの共有

良かった点

情報の共有がスムーズに行うことができ、チームの連携がうまく取れていた。

反省点

ガントチャートを有効活用できなかった。
→ 進行状況の明確化は取捨選択の場における一つの指標となるかも

27

6. まとめ

目的

モノリス利用を見据えた、モノリスとその周囲環境の安全性確認及び利用可能性の判断材料の獲得

達成

<課題>

- ・ より正確なデータの取得
- ・ モノリスの内部構造の解明
- ・ データの信頼度に対する適切な判断



28

7. 参考文献

- ・ 「原因不明の病気を引き起こしたペルーの隕石 | ナショナルジオグラフィック」
<https://natgeo.nikkeibp.co.jp/nng/article/news/14/50/>
- ・ 「CCTVカメラ入門講座 | 有限会社ユニエル電子」 <https://uniel-denshi.co.jp/REPORT/CCTV-ABC/CCTV-ABC.html>
- ・ 放射線基礎知識編 東京都健康安全研究センター
<http://monitoring.tokyo-eiken.go.jp/etc/ganda01.html>
- ・ 原子力規制委員会
https://radioactivity.nsr.go.jp/en/contents/15000/14469/24/192_20201010_20201013.pdf
- ・ 日本原子力研究開発機構
https://www.jaea.go.jp/04/anzen/archives_seikahoukoku/h29/pre4_Hirouchi.pdf
- ・ 環境省「放射線基礎知識」
<https://www.env.go.jp/chemi/rhm/h28kisoshiryo/h28kiso-01-03-10.html>
- ・ 日本建築学会「環境磁場の計測方法」
<http://news-sv.aij.or.jp/kankyo/s4/wg/jiba/jibakei.pdf>
- ・ 東陽テクニカ「磁気計測」
https://www.toyo.co.jp/files/user/img/products/material/pdf/7166_ext_06_0.pdf

29

μG 下における固体表面の濡れ挙動の観察

$\mu 1$ 班 オムグラビタス
2020宇宙教育プログラム 実験報告会3/7
@zoom meeting



1. 背景

▶ 従来の（地上での）塗膜形成として

塗膜防水法
屋根やベランダの防水加工

スピコート法
半導体製造など

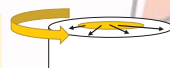


図1. スピコートの模式図

- ①速く均一な液体膜を作成したい！
- ②固体表面に凹凸があると等方的に均一膜が張れない

→微小重力環境ではどうか？

μG 実験 実験報告会3/7

2

2. 目的

▶ 微小重力下では 無重量・無対流

表面張力
濡れ性

が顕在化するため重力下に比べ
均一な膜を形成できる

微小重力下において固体表面における
液体の濡れ挙動を観察する
→膜の形成速度や均一性に関するデータを取得

μG 実験 実験報告会3/7

3

3. 実験機材概観

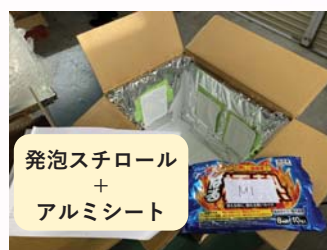


図2. 外箱と保温用カイロ

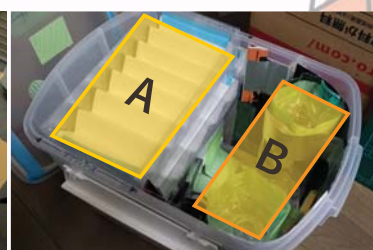


図3. 2つの実験装置

μG 実験 実験報告会3/7

4

4. 実験装置 方法 実験A



図4. 実験A 実験装置

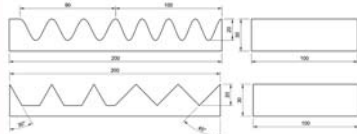


図5. 表面形状寸法

μG 実験 実験報告会3/7

5



図6. 長辺側から見た装置の配置

- 1回の落下で
- 正弦波 2種類
 - 三角波 2種類
- の計4種類について撮影

4. 解析方法 実験A

・固体表面での液体の進展スピード
ケースにつけた目盛りを元に水の移動速度 V を計測
理論値と比較

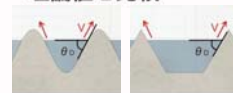


図7. 動的接触角

$$V = \frac{V^*}{6l} \theta_D^3$$
$$l \equiv \ln \frac{L}{a}$$

$V^* : 70 \text{ [m/s]}$ (水の場合)
 θ_D : 動的接触角
 L : 液滴の大きさ
 a : 水分子の大きさ

・液体の表面形状の変化
凹凸のある固体表面に液体がどう分布するのか

μG 実験 実験報告会3/7

6

5. 実験方法 実験B

紐をつけたアルミキューブ・アクリル球に、紐を伝うようにエタノールを垂らし、それぞれの表面での液体の振る舞いを観察した。

- なぜアルコールか
→地上実験でアルコールの方が水より
物体表面への広がりが均一だった

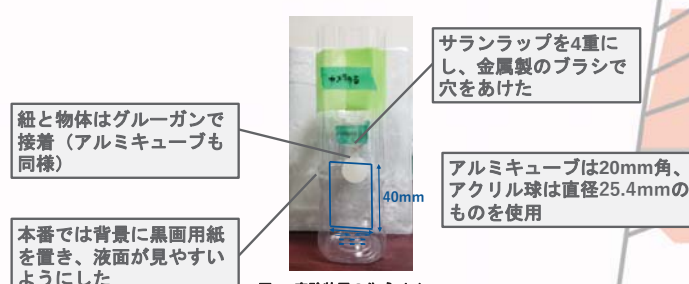


図8. 吊り下げたアルミキューブ

μG 実験 実験報告会3/7

7

5. 実験装置 実験B



紐と物体はグルーガンで
接着（アルミキューブも
同様）

本番では背景に黒画用紙を
置き、液面が見やすい
ようにした

図9. 実験装置の作成 (B)

μG 実験 実験報告会3/7

8

6. サクセスクライテリア

Minimum
液体の滴下が動作する。

Full
膜の形成速度/均一さについて画像から
データが得られる。

Extra
波型の面に対する液体の進展モデルを作成し
定量的な考察を試みる。

μ G実験 実験報告会3/7

9

7. 実験結果 加速度センサ

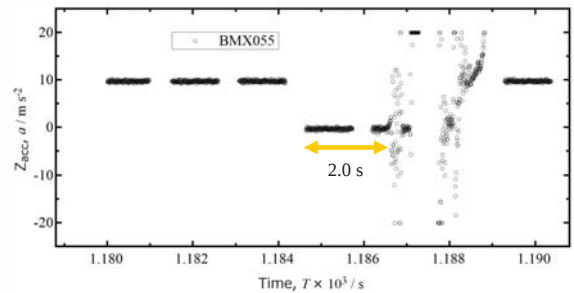


図10. 落下カプセルのZ軸加速度データ(2/18)

μ G実験 実験報告会3/7

10

8. 実験結果 実験A

◎微小重力状態の映像を一度も撮影できなかった
表. 各日の映像を撮影できなかった原因

	GoProの蓋への固定方法	撮影できなかった原因
1日目	数回貼って剥がした ベースマウント	粘着力が不十分でGoProが 落下
2日目	新品のベースマウント +養生テープで補強	養生テープが剥がれ GoProのレンズが 覆われてしまった
3日目	新品のベースマウント	装置の温度が上がり 熱膨張によって ベースマウントと上蓋に 隙間ができ粘着力が低下 →GoProが落下



図11.(上)上蓋にくっついた
GoPro
(下)落下したGoPro

◎改善策: 蓋とアタッチメントをビス等で固定する

μ G実験 実験報告会3/7

11

8. 実験結果 実験B

微小重力下では...

- 球・立方体に垂れ下がっていた液滴が上に持ち上がった。
- 球では、液体部分が球全体に広がった。



図12. 液滴の様子
(落下直前・球)



図13. 液滴の様子
(落下中・球)

μ G実験 実験報告会3/7

12

8. 実験結果 実験B

微小重力下では...

- 球・立方体に垂れ下がっていた液滴が上に持ち上がった。
- 球では、液体部分が球全体に広がった。



図12. 液滴の様子
(落下直前・球)



図13. 液滴の様子
(落下中・球)

μ G実験 実験報告会3/7

13

8. 実験結果 実験B

微小重力下では...

- 球・立方体に垂れ下がっていた液滴が上に持ち上がった。



図14. 液滴の様子
(落下直前・立方体)



図15. 液滴の様子
(落下中・立方体)

μ G実験 実験報告会3/7

14

8. 実験結果 実験B

微小重力下では...

- 球・立方体に垂れ下がっていた液滴が上に持ち上がった。



図14. 液滴の様子
(落下直前・立方体)

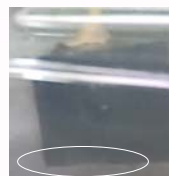


図15. 液滴の様子
(落下中・立方体)

μ G実験 実験報告会3/7

15

8. 実験結果 実験B

液面の変化

- 微小重力下では、
液体が容器の角を
上った。



図16. 液溜めの高さの変化(重力下)



図17. 液溜めの高さの変化(微小重力下)

μ G実験 実験報告会3/7

16

8. 実験結果 実験B

液面の変化

- 微小重力下では、液体が容器の角を上った。



図16. 液溜めの高さの変化(重力下)

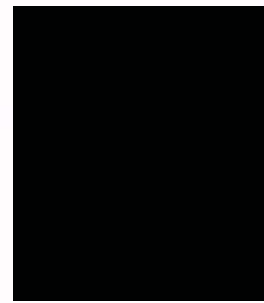


図17. 液溜めの高さの変化(微小重力下)

μG実験 実験報告会3/7

17

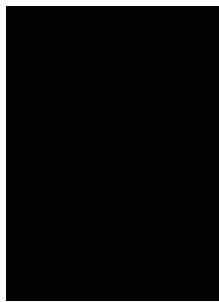
8. 実験結果 実験B(球)



μG実験 実験報告会3/7

18

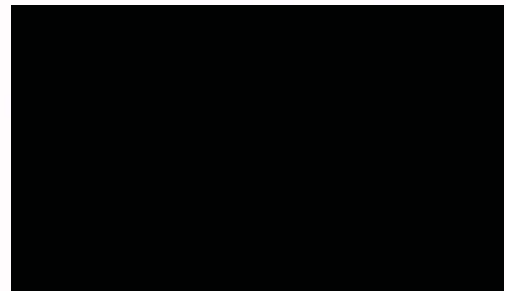
8. 実験結果 実験B(立方体)



μG実験 実験報告会3/7

19

8. 実験結果 実験B(液面)



μG実験 実験報告会3/7

20

9. 考察 実験B

実験で用いたアルコールの表面張力

- 使用した液体：質量パーセント濃度 50.18% のエタノール
- 温度：23°C

参考：

温度 20°C, 濃度 50% のエタノールの
表面張力は 28.2 mN/m

μG実験 実験報告会3/7

21

9. 考察 実験B

球の直径から画素数当たりの長さを求め、
液滴を円錐とみなして、落下直前の液滴の体積 V を求めた。
画素当たりの長さ 0.0994 mm/px
円錐の高さ $h = 18.25$ px
円錐の底面の半径 $r = 35.67$ px

$$V = \frac{1}{3} \pi r^2 h = 23.9 \text{ mm}^3$$

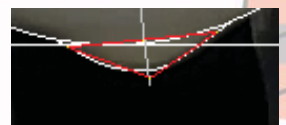


図18. 円錐近似した液滴の体積

μG実験 実験報告会3/7

22

9. 考察 実験B

液滴が球全体に広がったと考えると、 V を球の表面積で割ることで、最も薄く張れた場合の液体の厚さ

$$V / (4\pi \times (25.4 \text{ mm})^2) \sim 2.95 \text{ } \mu\text{m}$$

が求まる。

→ 微小重力環境によって、物体の下面に μm オーダーの膜を張ることができる。

μG実験 実験報告会3/7

23

9. 考察 実験B

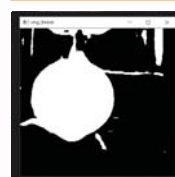


図19. 2値化画像

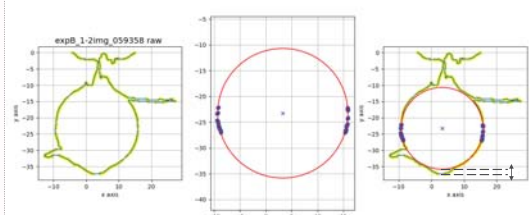


図20. OpenCVによる輪郭検出と球部分の同定

μG実験 実験報告会3/7

24

9. 考察 実験B



【COSMOTORRE】
実験日 : 2/18
落下高さ : 50 m
時間間隔 : 1 / 60 s
最大径 : 0.78 mm

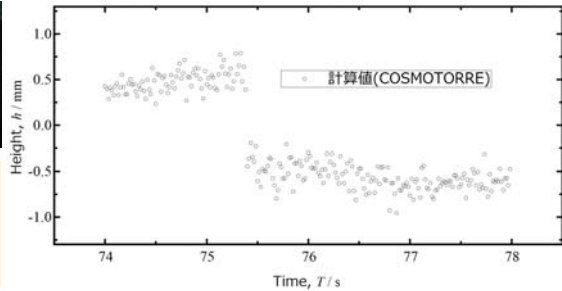


図21. 液滴の高さの時間変化(COSMOTORRE)
μG実験 実験報告会3/7

25

9. 考察 実験B

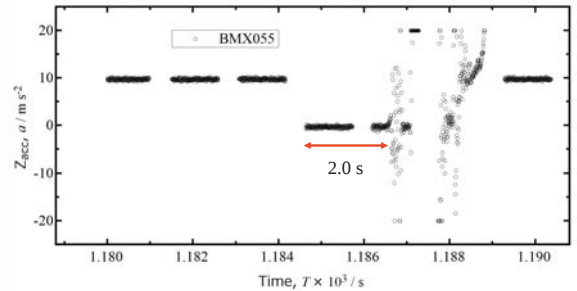


図22. (再掲) 落下カプセルの加速度データ(2/18)
μG実験 実験報告会3/7

26

9. 考察 実験B



【COSMOTORRE】
実験日 : 2/18
落下高さ : 50 m
時間間隔 : 1 / 60 s
最大径 : 0.78 mm

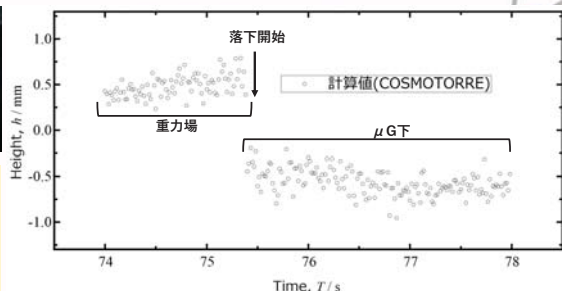


図21. 液滴の高さの時間変化(COSMOTORRE)
μG実験 実験報告会3/7

27

9. 考察 実験B



【模擬実験@野田】
実験日 : 1/24
落下高さ : 24 m
時間間隔 : 1 / 240 s
最大径 : 3.3 mm

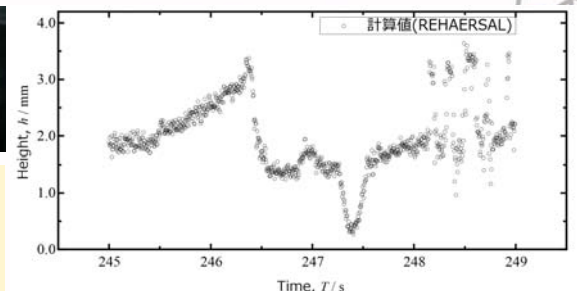


図22. 液滴の高さの時間変化(REHAERSAL)
μG実験 実験報告会3/7

28

9. 考察 実験B



【模擬実験@野田】
実験日 : 1/24
落下高さ : 24 m
時間間隔 : 1 / 240 s
最大径 : 3.3 mm

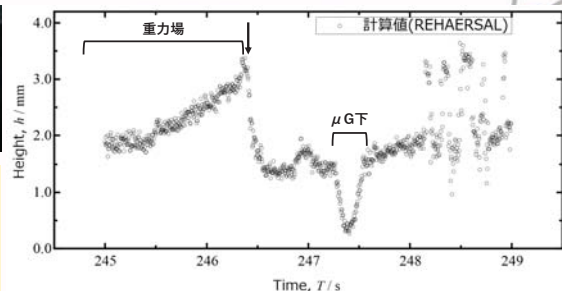


図22. 液滴の高さの時間変化(REHAERSAL)
μG実験 実験報告会3/7

29

9. 考察 実験B



【模擬実験@野田】
実験日 : 1/24
落下高さ : 24 m
時間間隔 : 1 / 240 s
最大径 : 3.3 mm

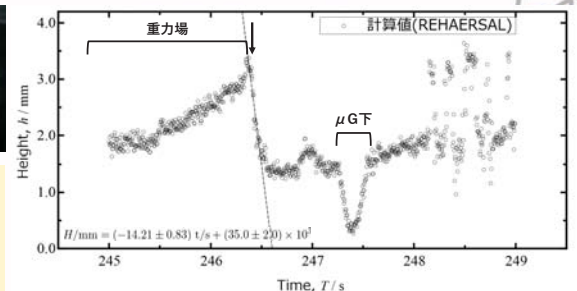


図22. 液滴の高さの時間変化(REHAERSAL)
μG実験 実験報告会3/7

30

9. 考察 実験B



【模擬実験@野田】
実験日 : 1/24
落下高さ : 24 m
時間間隔 : 1 / 240 s
最大径 : 3.3 mm

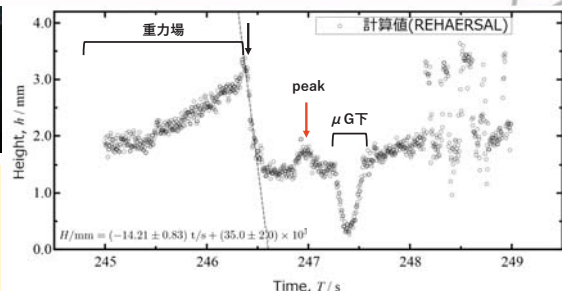


図22. 液滴の高さの時間変化(REHAERSAL)
μG実験 実験報告会3/7

31

9. 考察 実験B(今後の実験に向けて)

- 理想的な瞬間の観察ができなかった。
→ 実験装置の数を増やす
- 液滴がどこまで広がったのかが分らなかった。
→ 撥水加工を活用, 膜の形状を制限
- より薄い膜の形成を行いたい。
→ 更に表面張力の小さな液体を用いる
- 今回は1種類の条件でしか観察ができなかった。
→ 種類, 温度などの条件を変える

μG実験 実験報告会3/7

32

6. サクセスクライテリア

Minimum
液体の落下が1作する。

Full
膜の形成速度/均一性について画像からデータが得られる。

Extra
波型の面に対する液体の進展モデルを作成し定量的な検証を試みる。

μG実験 実験報告会3/7

33

11. 班の運営について

ツール
LINE・ZOOM・Slack・Googleドライブ系

特徴
①1ヶ月まるごと実験デザインに費した
②2週間ごとに日程調整→MTG回数の増加
③班ごとの分担作業と進捗報告
④文献調査による理論的バックアップ
⑤予備実験を通じた改良

μG実験 実験報告会3/7

34

12. 結言・参考文献

結言

- ①微小重力におけるぶら下がった液滴の挙動が観察できた。
- ②見えないリスクに対するリスク管理の難しさとその重要性を実感した。

参考文献

- [1]ドゥジェンヌら、表面張力の物理学 - しずく、あわ、みずたま、さざなみの世界 -, 吉岡書店, 2008
- [2] Hans-Jurgen Butt et al., 界面の物理と化学, 丸善出版, 2015
- [3] L.D.Landau, E.M. Lifshitz, Fluid Mechanics, Pergamon Press, London, 1959
- [4]鈴木俊夫ら、微小重力下におけるシリコンオイルとガラス容器の濡れ挙動, 日本金属学会誌第 58 巻第 1 号 (1994) 115 - 118
- [5] Gary Bradski, 詳解OpenCV コンピュータビジョンライブラリを用いた画像処理・認識 Ohmsha, 2009
- [6] H.Buttら、フット・グラフ・カペル界面の物理と化学, 丸善出版, 2016

μG実験 実験報告会3/7

35

炎で宇宙を照らせ

～微小重力下での炎の利用と生活環境向上に向けて～

μ2班（重力？そんなものはムシだ！班）

0. 実験の概要

目的

微小重力下での地上の炎の再現

実験

送風装置①

送風装置②

磁石装置

点火失敗

事後実験
改善・再提案

2

0. 目次

- 1章. 背景・目的
- 2章. 実験計画
- 3章. 実験結果・考察
- 4章. 改善点・提案
- 5章. チーム運営
- 6章. 結言



Our Patch

3

1章. 背景・目的

- 1-1. 原理
- 1-2. 背景・目的

4

1-1. 原理

例えば...



ろうそくの燃焼の仕組み

https://iss.jaxa.jp/iss_faq/go_space/step_3_3.html

対流が起きない
⇒酸素の供給ができない



左：地上での炎の形
右：微小重力下での炎の形

https://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2013/18jun_strangeflames

5

1-2. 背景・目的

微小重力環境

自然対流が起きず、炎に酸素が供給されない
→長時間火は燃え続けられない

理想

微小重力環境での生活の質を高める

送風

酸素の常磁性

目的

ファンと磁石を用いて、地上の炎を再現する

料理がしたい
誕生日ケーキを食べたい！

00

7

2章. 実験計画

2-1. 実験計画

2-2. 実験装置説明

2-3. サクセスクライテリア

2-4. 実験方法（当日・解析）

2-5. 事前実験

8

2-1. 実験計画

火の再現

・実験（2/17~2/19）
→2. 5

展望

・解析→2. 5
・考察

制約条件

・遠隔
・コスモトーレ
・予算

事前準備

・実験装置→2. 2
・サクセスクライテリア→2. 3
・事前実験→2. 4
・気付きと修正

9

2-1. 実験計画

火の再現

・実験（2/17~2/19）
→2. 5

展望

・解析→2. 5
・考察

制約条件

・遠隔
・コスモトーレ
・予算

事前準備

・実験装置→2. 2
・サクセスクライテリア→2. 3
・事前実験→2. 4
・気付きと修正

10

2-2. 実験装置説明（点火装置部分）

装置外

装置内

0.26mmニクロム線をマッチのリンと燭燭の芯に巻く

計9V（単3電池×6本）

外枠はステンレス板と緩衝材で耐熱&耐衝撃

装置外観

11

2-2. 実験装置説明（内部）

上から

横から

ファンを用いて対流を起こす

①下の3つのファンで風を下から上へ
②①に加え、上に吸い込みファンをつけることで、炎を操作

上から

横から

磁性を利用して対流を起こす

燭燭を挟むように上下にネオジム磁石を設置
酸素の常磁性を利用

12

実験計画

火の再現

・実験（2/17~2/19）
→2. 5

展望

・解析→2. 5
・考察

制約条件

・遠隔
・コスモトーレ
・予算

事前準備

・実験装置→2. 2
・サクセスクライテリア→2. 3
・事前実験→2. 4
・気付きと修正

13

2-3. サクセスクライテリア

	評価方法	
	磁場	送風
ミニマムサクセス	燭燭の火が落下中で消えなく、且つ炎の形が変化することがカメラで確認できる。	
フルサクセス	磁場と送風の二通りによってそれぞれで地上の炎を再現することができる。	
エクストラサクセス	地上実験でのデータと比較できる。	炎の長さを意図通りに操作できる。

再現の成否は炎の形（長さ・比）で判断※上記は全て実験中での評価となる

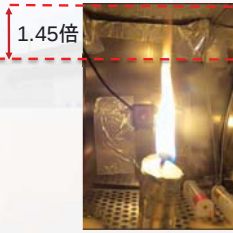
14

補足：送風

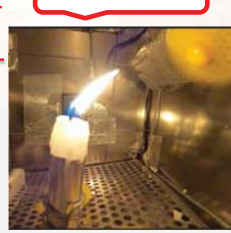
重力がある場合の送風の効果



送風なし



送風あり
ファンの位置：下部のみ



送風あり
ファンの位置：下部・上部

横に伸びた！

1.45倍

実験計画

火の再現

・実験 (2/17~2/19)

制約条件

- ・遠隔
- ・コスモトロン
- ・予算

事前準備

- ・実験装置→2. 2
- ・サクセスクライテリア→2. 3
- ・事前実験→2. 4
- ・気付きと修正

展望

- ・解析→2. 5
- ・考察

2-4. 事前実験

点火を中心とした事前実験

- ・赤リンの特性調べ
- ・ニクロム線
 - 巻き数と点火の関係の実験
 - 大きさや点火時間の関係の実験
- ・点火回路に用いる電池の性質調べ
- ・2種類のテープの点火実験の比較



↑磁石装置の事前実験



↑送風装置の事前実験

結果

- ・巻き数は1巻き
- ・マッチのリン1個
- ・ニクロム線0.26mm
- ・アルカリ乾電池6個
- ・テープ固定なし

実験計画

火の再現

・実験 (2/17~2/19)
→2. 5

制約条件

- ・遠隔
- ・コスモトロン
- ・予算

事前準備

- ・実験装置→2. 2
- ・サクセスクライテリア→2. 3
- ・事前実験→2. 4
- ・気付きと修正

展望

- ・解析→2. 5
- ・考察

2-5. 実験方法（当日、解析）

・手順

1. 装置セット（手順書を利用）
2. 落下装置吊り上げ
3. 遠隔による点火（監視カメラによるリアルタイム確認）
4. 落下
5. 装置の安全確認
6. GoProデータの取り出し



・計画段階での解析方法

	解析方法
画角解析	画角を調べ、実際の長さやカメラに写る長さ、被写体までの関係を調べる
磁石実験	事前に決めた画角から、実際の火の長さを求める
送風実験	風向きに応じた炎の形の比較を行う

3章. 実験結果・考察

3-1. 当日の結果・考察

3-2. サクセスクライテリア



3-1. 実験結果・考察

< 1日目>送風装置①

マッチの点火	×
蠟燭の着火	×
蠟燭の炎データ	×

失敗事項

- ・マッチの点火

原因

- ・振動によるニクロム線とマッチのリンのずれ

有効データ
なし

翌日への改善点

1. ニクロム線固定の強化
→養生テープの使用（事前実験より）
2. 手順書修正



3-1. 実験結果・考察

< 2日目>送風装置②

マッチの点火	○
蠟燭の着火	×
蠟燭の炎データ	×

失敗事項

- ・蠟燭への着火

原因

- ・養生テープによる燃焼の妨害
- ・着火性の脆弱さ



図 点火動作時の様子

翌日への改善点

1. 着火性の強化
→zippo oilの導入
2. 燃焼妨害要素の除去
→養生テープの撤去、及びニクロム線固定の確認強化
3. 手順書修正



3-1. 実験結果・考察

<3日目>磁石装置⇒送風装置②

マッチの点火	×
蠟燭の着火	×
蠟燭の炎データ	×

失敗事項

- ・マッチの点火
- ・蠟燭の転倒

原因

- ・ニクロム線の断線

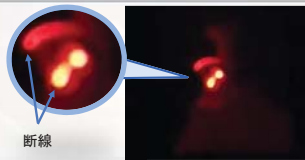


図 点火動作時の様子

次回以降への改善点

1. ニクロム線の断線対策
→太さ: 0.26mm→0.50mm
2. 蠟燭固定部の形状変更
→返し機能の追加

22

3-2. サクセスクライテリア

	評価方法	
	磁場	送風
ミニマムサクセス	✗ ろうそくの火が落下中で消えなく、且つ炎の形が変化することがカメラで確認できる。	
フルサクセス	✗ 磁場と対流の二通りによってそれぞれで地上の炎を再現することができる。	
エクストラサクセス	✗ 地上実験でのデータと比較できる。	✗ 炎の長さや意図通りに操作できる。

24

4章. 改善点・提案

- 4-1. 点火の改善点・提案
- 4-2. 事後実験
- 4-3. 装置の再提案 (まとめ)

4-1. 点火の改善点・再提案

実験での問題点と改善案

実験日	1日目	2日目	3日目
問題点	ニクロム線の固定 □ニクロム線がリンから外れる	テープの種類と付け方 □テープが酸素の供給を防ぐ	ニクロム線の太さ □点火前にニクロム線が切れる
再提案	テープを使用する	薄い養生テープを使用する	ニクロム線を太いものへ

25

26

4-2. 事後実験

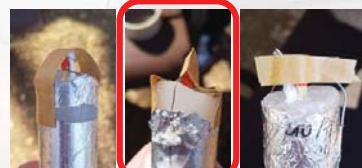
(1) 固定テープの種類の比較 (最適な固定方法)

テープ	マスキングテープ	セロハンテープ	養生テープ (合成樹脂系粘着剤)	養生テープ (ポリエチレンフラットヤーン)	ガムテープ (紙)	ガムテープ (布)
点火状況	○	△	○	×	○	×
固定	×	○	○	○	○	○
匂い	○	×	×	×	○	×
厚さ(mm)	0.083	0.04	0.10	0.13	0.11	0.16



4-2. 事後実験

(2) テープの付け方の比較 (最適な貼り方)



i 上部のみ ii 根元から上部 iii リン部分のみ

(3) ニクロム線の直径の比較 (切れやすさ)



28

4-3. 装置の再提案 (まとめ)



実験時

- ・ニクロム線の太さ **0.5mm**
- ・マッチのリン **2個**
- ・芯に **zippro oil** を滴下
- ・点火時間 **90s**
- ・紙ガムテープで固定

再提案

- ・蠟燭の固定はより細いワイヤーで巻き、端で返しを作り蠟燭下向きに刺す
- ・アルミバンディング板を用いて電池を下層に設置
- ・外枠をアルミ板



再提案

返し

29

4-3. 装置の再提案

ミニ微小重力実験



重力下と微小重力下での炎の挙動



<再提案>ニクロム線点火

30

5章. チーム運営

5-1. チーム運営

5-2. 予算管理

31

31

5 - 1. チーム運営 筑波大学 UNIVERSITY OF TSUKUBA	筑波大学 UNIVERSITY OF TSUKUBA
良かった点 - ミーティングを頻繁に開いた - 議論を多く重ねた - 妥協なく挑戦をした - 各々が自宅で集中的に作業した - slackを用いた意見交換 - 適材適所の役割分担	改善すべき点 - 一部の班員への負担を減らす - リスク管理 - 班内の期限を守る - 作業効率 - 共通認識 - 一時的人手不足

32

5－2. 予算管理

予算8万円＋自腹9280円→実際に装置に使用した総額**69559円**

オンラインによる難しさ

- ・無駄な出費
- ・物品購入のスケジュール

予算管理における改善

- ・実際に商品に触れる
- ・早期のスケジューリング
- ・装置設計

用途	費用(円)
1基目	21940
2基目	22014
3基目	24471
予備品	1134
事前実験段階	2713

33

まとめ

6章. 結言

6-1. 結言

34

6-1. 結言

挑戦

- ・火の取り扱い (本プログラム初)
- ・遠隔等、より本物の宇宙開発に近い環境
- ・問題の早期解決と次段階への改善

学び

- ・企画から解析までの一連の運営
- ・チーム単位での活動
- ・リスク管理の徹底
- ・本物の学び

今後

- ・微小重力環境での生活の質の向上
- ・圧倒的経験値
- ・自らの学び、チーム活動への応用
- ・インフルエンサーへの道

35

6-2. 最後に

ご清聴ありがとうございました。

36

36

チーム名:キャンパスライフを取り戻せ！

2

目次

1. 背景・目的
2. サクセスクライテリア
3. 実験概要
4. 実験方法
5. 結果（教育動画）
6. 解析方法、考察
7. まとめ
8. 運営方法

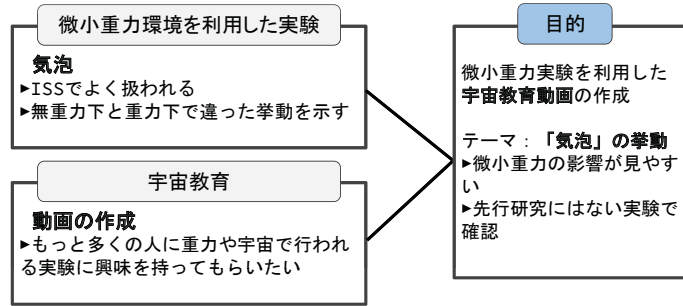
北海道の落下実験塔→
コスモトーレ

2

1. 背景・目的
2. サクセスライテリア
3. 実験概要
4. 実験方法
5. 結果（教育動画）
6. 解析方法、考察
7. まとめ
8. 運営方法

北海道の落下実験塔→
コスモトーレ

1. 背景・目的

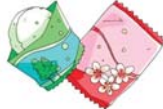


3. 概要説明

シリンジ : 気泡の成長 (シンプルなモデル化)

エアポンプ : 気泡の発生 (シンプルなモデル化)

入浴剤 : 気泡の成長・発生 (複雑な現象)



2. サクセスクライテリア

ミニマムサクセス	重力・微小重力による違いが説明できる素材の撮影 判断基準:地上実験と微小重力実験で異なる泡の挙動を撮影
フルサクセス	撮影した動画を用いた教育動画の作成 判断基準:教育動画を実際に作成
エクストラサクセス	微小重力実験で撮影した現象の物理的考察 判断基準:現象が起こった理由を説明する

4. 微小重力実験の流れ

1日目:入浴剤+シリンジ①

2日目:エアポンプ

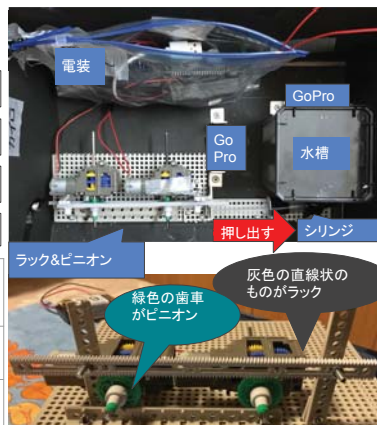
3日目:シリンジ②



シリンジ実験

投下直後、分離信号によりモータを動作
ラック & ピニオンを用いてシリンジを押し出す
シリンジ内の気体を水中に押し出す
GoProで気体の様子を観察する

	注入する 空気量	モーターの速さ (押し出す速さ)	模擬	本番
①	2.6 mL	0.7 cm/s (0.86 mL/s)	○	×
②	3.9 mL	1.0 cm/s (1.3 mL/s)		○

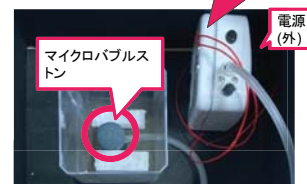
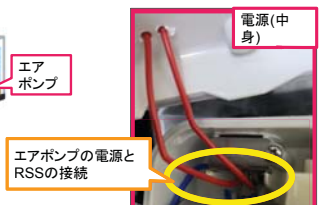


エアポンプ実験

リモートスイッチシステム (RSS) と
エアポンプの電源を直接接続

▶落下と同時にRSSがON

▶ONになると水槽底面の球状マイクロバブル
ストンから気泡が発生



入浴剤実験

模擬実験

紐とテープで蓋に入浴剤を固定
→微小重力時のみ入浴剤が水に触れる
→結果:入浴剤からの泡は見れず

本番実験

水を増やし、入浴剤は固定せずに投入
→結果:無重力になる前に溶け切った



模擬実験のときの装置↑

5.1 動画作成の方法

目的

宇宙や微小重力での実験に、より多くの人に (特に子供) 興味を持ってもらうため

対象

小学生以下

使ったソフト

Shotcut, Clipchamp



5.2 結果（教育動画）



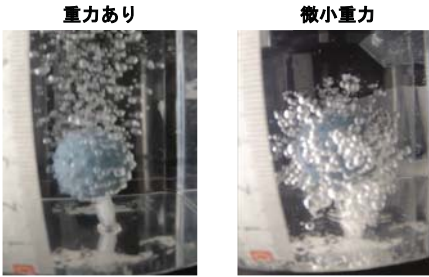
6. エクストラサクセス：考察

◎発生させた気泡の大きさ （シリンジ実験）

＜予想＞ 微小重力下では、**大きい泡**が作れる
← 浮力の消失のため

6. エクストラサクセス：考察

◎エアポンプ実験



8.実験のまとめ（今後の展望）

- 公開方法を工夫して、この宇宙教育プログラム内だけでなく、動画を広めていきたい
- 今回撮影した素材動画を活かしてほかにも動画を作りたい
- 他班と合意が取れれば他班のものも動画にしてみたい



5.3 動画を作成して

- ・ 対象年齢が小学生以下
→あまりにも理解が難しそうな部分は除外
→重要なところはできるだけ科学的正しさを失わないように説明
- ・ 文章が増える
→視聴者が読めるように動画の送りを遅らせる

6. エクストラサクセス：考察

◎発生させた気泡の大きさ （シリンジ実験）

＜予想＞ 微小重力下では、**大きい泡**が作れる
← 浮力の消失のため



＜結果＞

	地上でのサイズ	模擬実験でのサイズ	本番での泡サイズ
シリンジ①	5.5 mm	8.2 mm	—
シリンジ②	5.8 mm	—	14 mm

無重力時間が
長い
↓
泡サイズが
大きい

8.実験のまとめ

ミニマム サクセス	重力・微小重力による違いが説明できる素材の撮影 判断基準：地上実験と微小重力実験で異なる泡の挙動を撮影	シリンジ	△
		入浴剤	△
		ポンプ	○
フル サクセス	撮影した動画を用いた教育動画の作成 判断基準：教育動画を実際に作成	○	
エクストラ サクセス	微小重力実験で撮影した現象の物理的考察 判断基準：現象が起こった理由を説明する	○	

18 7. 班の運営に関するまとめ

役割	スケジュール管理
○メンバー全員が 担当の分野、知識の調査、勉強 をしながら、実験に取り組むことができた	○日程調整ツール（調整さん）を利用した 効率的な日程調整 ▲深夜までのミーティング ▲計画に 余裕が無かった
予算管理	装置関連
○予算を可能な限り抑えた ▲ 部品の発注が遅れたり 、必要のない物も発注してしまった ▲予算の中の 配送料 を十分に考慮できていなかった	▲ 電装関係の故障 （Raspberry Pi Zero） ▲装置に関する先生への相談が遅くなった
その他	
○実験初日の カメラ、スイッチのトラブル に対処できた	

参考文献

- 先行実験系のもの
 - ペットボトル的な容器にストローで息を吹き込む実験
<https://www.youtube.com/watch?v=1BuijngS96zQ>
 - 沸騰の話
<https://www.youtube.com/watch?v=3GG9ApFyBms&feature=youtu.be>
 - 泡の合体が見れる実験
<https://youtu.be/EzaphSgCbVg>
 - ISSでの水球の中の大きな泡
<https://www.pinterest.jp/pin/173740498095807382/>
- 画像・音声関係
 - ISSの画像
<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E5%AE%87%E5%AE%99%E3%82%B9%E3%83%86%E3%83%BC%E3%82%B7%E3%83%A7%E3%83%B3>
 - Crew-1の画像
<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E5%AE%87%E5%AE%99%E3%82%B9%E3%83%86%E3%83%BC%E3%82%B7%E3%83%A7%E3%83%B3>
 - 若田宇宙飛行士の画像
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:ISS-20_Koichi_Wakata_between_two-Russian-Orian_spacesuits_in_the_Pirs_Docking_Compartment.jpg
 - いろいろや
<https://www.irasutoya.com/>
 - 動画BGM
<https://www.bgm21.com/>

微小重力下における 飛沫粒子の動向の観察



μ4班 (ふわふわむい)

1

実験背景

嗜好品としての宇宙食の開発や
一般人の宇宙旅行の実現に向けた技術開発

宇宙環境の快適な活用を考える時代に

飛沫に注目

微小重力環境での粒子の動きを解析すれば...

- COVID-19のような感染症の宇宙環境での感染対策
- 宇宙農業における効果的な農業の散布方法 etc.

微小重力環境での飛沫の潜在的利用可能性・危険性について検討が可能

2

実験目的

- 有重力下と微小重力下における飛沫の動向を比較
- 比較に際しては、飛沫の拡散の様子を観察
- 拡散のデータが十分に取れた上で、液体粒子の粘度の変化と飛沫の動向の変化に関係性がないか観察

3

実験内容

- 可視化した液体を噴霧器で放出 → 粒子の動向を観察

- 得られたデータに画像解析を用いて、
粒子の「位置分布」と「飛距離」の時間変化を求めた



噴霧の様子

- 1.2回目の実験が...

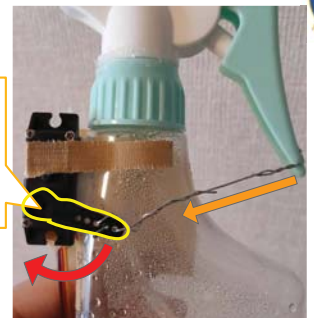
成功 → 3回目の実験は噴霧液体の「粘度」を変更して行う

失敗 → 3回目も同条件で実験を行う

4

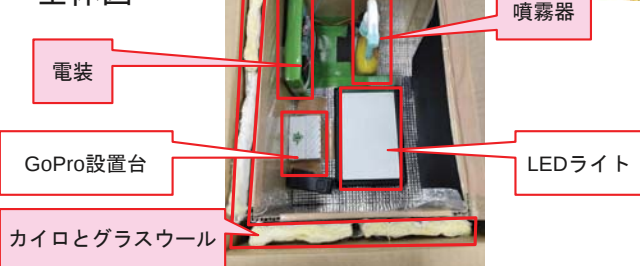
実験装置 ～噴霧器～

落下の瞬間モーターが作動
→
噴霧器の取っ手に繋がれた
針金が引っ張られて噴霧



5

実験装置 ～全体図～



6

実験方法



7

サクセスクライテリア

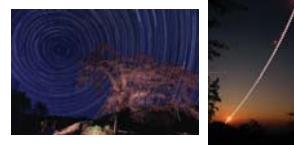
ミニマム	オートシーケンスを動作させる 判断基準：粒子を可視化したデータを得る
フル	微小重力下と有重力下での飛沫のデータを比較する 判断基準：有重力下実験と無重力下実験の両方で、 明瞭な画像データを得る
エクストラ	高い粘度と低い粘度の飛沫のデータを比較する 判断基準：3回目に液体の粘度を変えた実験を行い、 画像データを得る

8

解析方法

比較明合成

➤ 飛沫の運動の追跡の明確化



明るいほうのピクセルを採用した複数枚の画像を1枚の写真に合成する手法

参考：【カメラ用語辞典】比較明合成
<https://capa.getnavi.jp/special/27993/>

ImageJ

➤ 飛沫の位置分布の可視化



科学技術計算に向いている画像解析ソフト

参考: imageJ
<https://imagej.nih.gov/ij/>

9

結果 地上実験

目的

1. 予備実験
➤ 電装と噴霧器の動作確認
➤ 解析を行う際の問題点も洗い出し改善
2. 比較実験
➤ 微小重力下に対する比較データを獲得

- ・電装、噴霧器：問題なし
- ・GoProのレンズ：水滴や埃が付着
→ 解析時ソフトで飛沫を認識する妨げになる

対策 噴霧前にレンズをふき取る

有重力下での明瞭なデータの取得に成功、比較対象として使用



地上実験 データ

10

結果 微小重力実験

1回目

〈実験時のトラブル〉

- RSS回路の故障
- LEDの電池切れ
- GoProの録画失敗

→ データ取得失敗

〈実験後の問題〉

- 電装が固定から外れる
- 噴霧器の底面が破損

2回目

➤ 噴霧器をエクストラ用に変更
➤ GoProのフレームレートを下げる
➤ GoProと電装の固定を強化

→ データ取得成功



〈実験時に生じた問題〉

落下噴霧後に電装が繰り返し作動

3回目

➤ 粘度を高くした溶液を使用

➤ 電装の動作確認のため、実験前に予備実験

〈予備実験中のトラブル〉

- 溶液の粘度が寒さにより上がる
→ 溶液を希釈し粘度低下
- 電装の誤動作
→ 予備の電装との組合せを複数回試行したが、難航

No Go

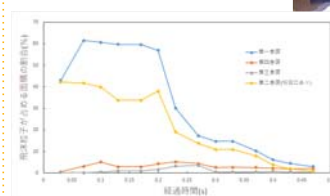
11

結果 サクセスクライテリア

○	ミニマム	オートシーケンスを動作させる 判断基準：粒子を可視化したデータを得る
○	フル	微小重力下と有重力下での飛沫のデータを比較する 判断基準：有重力下実験と無重力下実験の両方で、 明瞭な画像データを得る
×	エクストラ	高い粘度と低い粘度の飛沫のデータを比較する 判断基準：3回目に液体の粘度を変えた実験を行い、 画像データを得る

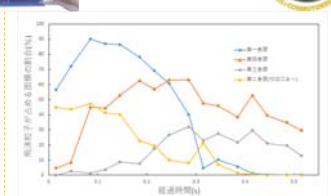
12

結果 面積分布



微小重力下

ほとんどの飛沫粒子が初速の方向へ飛んでいる



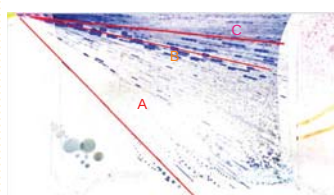
有重力下

噴射された飛沫粒子が鉛直下向きに落ちている

13

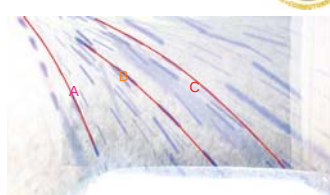
結果 比較明合成

赤の軌道上における粒子の動向を比較



微小重力下

直線

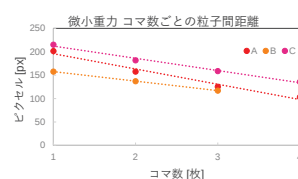


有重力下

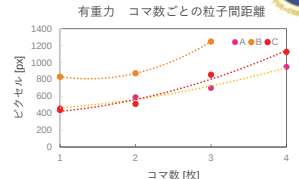
曲線

14

結果 比較明合成



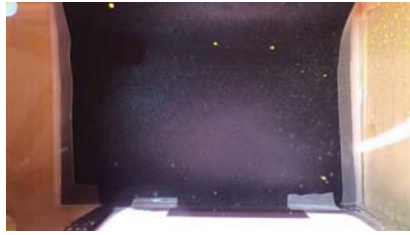
コマ数を重ねるごとに飛距離が減少
→ 速度が減少



コマ数を重ねるごとに飛距離が増加
→ 速度が増加

15

結果 動画データより



微小重力下における粒子の浮遊の様子

無重力下において勢いを持たない粒子は浮遊し続ける



16

考察 1

結果

面積分布：微小重力下では初速の向きに運動、有重力下では鉛直下向きへ落下
比較明合成：粒子の軌道が微小重力では直線、有重力下では曲線

- 微小重力は粒子が直線運動をする
- 有重力下は上に凸な曲線を描いて運動する



17

考察 2

結果

〈微小重力〉・粒子の速度減少、
・速度を持たない粒子が浮遊し続ける

〈有重力〉・粒子の速度増加

- 微小重力下では運動を妨げる方向に働く力による影響が大きい
⇒ 空間上で粒子がやがて運動量を失って浮遊すると思われる
- 有重力下では運動を促す方向に働く力による影響が大きい
⇒ 空間上で粒子が浮遊することは考えにくい



18

展望

○飛沫の拡散に関して(考察より)

有重力下→飛沫は拡散するがその後重力により粒子は落下

微小重力下→飛沫が拡散、粒子は落下せずに浮遊し続けるものもある



微小重力下で感染症が発生した場合、
飛沫感染のリスクは有重力下より高い？



19

展望

○微小重力下における飛沫感染のリスク管理

〈着目すべき点〉

- 微小重力下においては重力がほぼ働かないため、飛沫粒子の運動は空気の流れによって支配的に決まる
- 空気の流れを人工的に作り出し、浮遊粒子を回収したい
→効率的(素早く)かつ低感染リスク(人間に触れない空気の流れ)で



浮遊粒子を回収できるような新たな空気清浄機の開発？



20

班運営で工夫したこと

- MTGは全員参加できる日にZoomで実施(計27回)

- 役割分担を徹底した

→全員に役割、実験装置の部品ごとに役割分担

- 小まめに進捗を確認した

→各回MTG、作業ログ、ガントチャート



使用したガントチャート

- 各実験後に反省点と改善点を徹底的に整理した

→特に1日目の実験失敗後、トラブルに適切に対処し、2日目の実験を成功させた

〈その他〉SlackやLINEを用いて情報共有、MTG議事録は交代制、少数意見の尊重など



21

まとめ

実験内容

- 微小重力下での霧吹き噴霧の様子を撮影
- 得られたデータに画像解析を用いて定量化した

実験によって得られた成果

〈微小重力下〉

- 初速の方向に直線運動→粒子の飛距離が大きい
- 空気抵抗によって減速した粒子は浮遊し続ける

〈有重力下〉

- 上に凸な曲線を描いて運動→粒子は短時間で落下する

微小重力環境では感染症の感染リスクが高い可能性がある



22

微小重力実験

5班 ぜろぐらびてい

1 / 12

2021.03.07 SUN

背景・目的

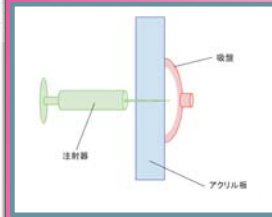
テーマ

エンターテインメントの観点から 宇宙の商業利用を促進すること

- 宇宙産業の規模拡大 ←盛り上がりは研究機関に限られる傾向
=民間には深く浸透していない
- エンターテインメントとしての宇宙開発・宇宙環境の利用を考える

2021.03.07 SUN

実験方法・解析方法



吸盤をはがす = 壁に接する面の真空状態をなくす

注射器で空気を送り込む

微小重力条件下での様子を確認

方眼紙と計算で吸盤をはがれる
速度を計算

2021.03.07 SUN

サクセスクライテリア

	判断基準
ミニマムサクセス	吸盤をはがすことができる
フルサクセス	反動の有無を確認できる
エクストラサクセス	実験を応用できる

2021.03.07 SUN

実験装置



2021.03.07 SUN

結果

1日目

- 吸盤が同梱されておらず、吸盤を用いての実験は行えなかった。
- 微小重力下でピストンは正常に作動した。

2日目

- 密閉構造の不備により吸盤がアクリル板に吸着しなかったため、吸盤を用いての実験は行えなかった。
- 微小重力下でピストンは正常に作動した。

3日目

- 吸盤がアクリル板に正常に吸着した。
- ギアの空転によりピストン装置が作動しなかった。

2021.03.07 SUN

結果



1日目の実験風景

2021.03.07 SUN

結果



3日目の実験風景

密閉対策後の実験装置

2021.03.07 SUN

考察

3日全て予定した実験を行えなかった
→サクセスクライテリアは3つとも達成ならず

しかし! 全く成果が無かったわけではない!!

ピストン装置・吸盤共に微小重力環境下でも正常に作動することが確認できた

微小重力下において、ピストンを用いて空気を注入することは可能である

ロボットの船外活動などに応用することを考えると、
空気を注入して吸盤をはがす機構は宇宙空間でも成立する
※確実に判断するには再実験が必要※

2021.03.07 SUN

班の運営状況

- 各高校ごとに中間・期末試験の日程にずれが生じており、ミーティングを行うタイミングを計ったり、全員でそろったりするのが非常に困難だった
→綿密なスケジュール調整/LINE上での情報共有 + 必要な議論への集中
- 住んでいる場所や地域が異なっており、実験装置を組み立てられる人が限られていた
→効率よく仕事分担できるよう努力した

2021.03.07 SUN

まとめと今後の展望

- 本来求めていた実験結果は入手できなかったが、実験案の検討から始まり、実験装置の設計、組み立てや調整に至るまでの一連の実験手順の各項目においていかなる知識や技術が必要とされているかを学んだ。
- 実験最終日の不具合は未だに原因不明だが、機会があればまた何度でも実験を繰り返し、実験を成功させて宇宙空間での利用への更なる一歩を踏み出したい。
- 今後、班員がそれぞれの研究や実験を進めるにあたり、今回の実験で得た学びを最大限に生かしていきたい。

2021.03.07 SUN

**御清聴
ありがとうございました**

2021.03.07 SUN

**微小重力下で
水を効率よく回収するシステムの構築
アポ**

1

目次

1. 背景・目的
2. サクセスクライテリア
3. 実験概要
4. 微小重力実験の結果
5. 地上実験との比較
6. 考察・達成度

2

背景

現在のISSにはシャワーがない



原因

- シャワールーム内の水滴をふき取る作業に一時間以上かかる
- 宇宙での水はコップ一杯数十万円するほど高価



- ・シャワーが使えないのは一般人が宇宙に行く上では公衆衛生、心理的な問題
- ・水の利用につなげたい

3

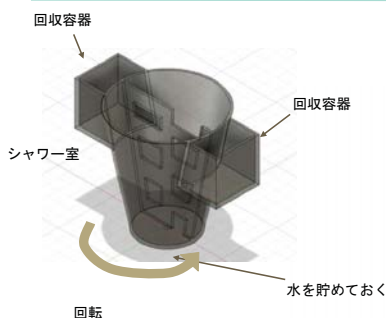
目的

無重力空間で
シャワーを浴びた後の残り水を
遠心力を利用して
効率よく回収し、
リサイクルするための
システムを構築する



4

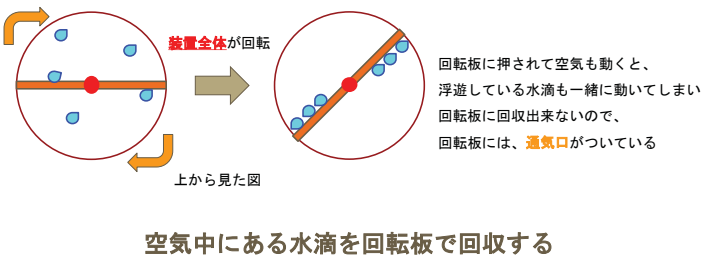
実験概要



シャワー室を模した円錐台の容器に水をため、
モーターを用いて模型を回転させ、
遠心力を使いながら
2箇所の回収容器に回収する。
落下開始の瞬間にモーターを起動する

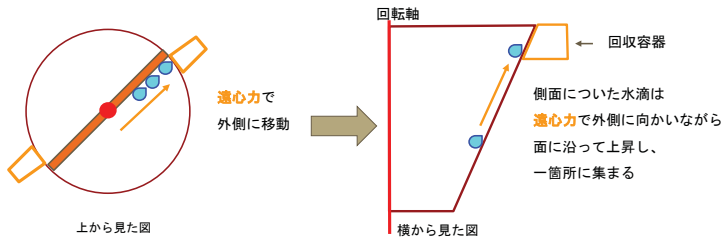
5

遠心力が作用する仕組み vol.1



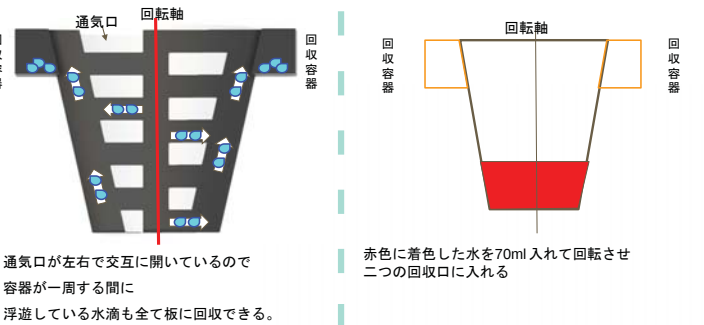
6

遠心力が作用する仕組み vol.2



7

遠心力が作用する仕組み vol.3



8

サクセスクライテリア

	基準	目的
ミニмум サクセス	水を回収口まで移動させる	水を集められるか調べる。
フルサクセス	地上でも実験を行い 水の動きを比較する	微小重力になることで、 どのような変化が起こるか調べる。
エクストラ サクセス	カメラで水の動きを捉え、 規則性を分析する	微小重力下での特徴的な動きを 発見する。

※カメラの映像を基にして達成度を評価する。

9

それぞれの実験の条件分布 1

	水の回収 容器	シャワー室の容器	角度 (度)
1日目	あり	コップ	97
2日目	あり	液量計	101
3日目 (1日目と2日目 の実験結果を 踏まえて決定)	なし	液量計	101

固定条件
● モーターの速度
(500回/分)

角度

10

それぞれの条件分布 2

	上面の 半径 (mm)	底面の 半径 (mm)	高さ (mm)
コップ	73	52	86
液量計	86	49	97

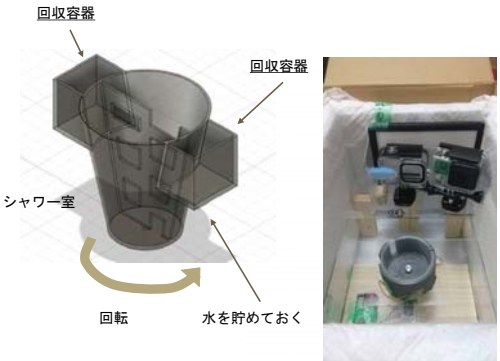
11

解析方法

- 1 動画の解析 (GoPro 2台)
- 2 水の回収量の計測
(はじめの色水) — (回収容器に入らなかった水の重さ)

12

1 日目



13

1日目 μg 約 0.1秒後

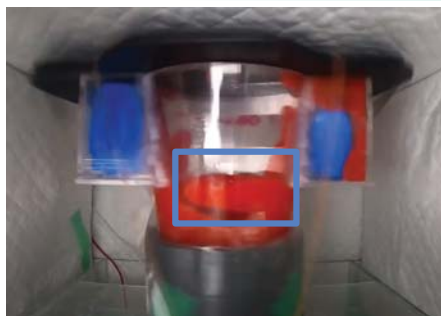


- 水が板に沿って上昇

容器の下部は回転機構で隠れている

14

1日目 μg 約 0.2秒後



- 右の回収容器に少し溜まっている
- 通気口から水が漏れている

15

1日目 μg 約 0.3秒後



- 右の回収容器に少し溜まっている
- 通気口から水が漏れている

16

1日目 μg 約 1秒後



- 回収容器に水が回収できている
- メインの容器内部には水が全く溜まっていない

17

1日目 落下終了直後



※回収容器に水が徐々に集まったことが分かる。

18



19

1日目 まとめ

- 回収自体は成功！！
- 実験後モータ止まらなかったため、回収量は計算できず。。
- 水が回収容器から漏れてしまった

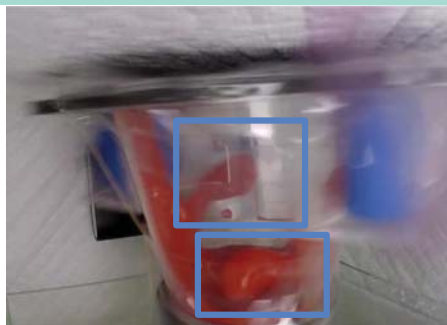
➡ 2日目は蓋と容器の間をテープで補強！

20

2日目

21

2日目 μg 約0.3秒後



- 水が側面を伝って回収口まで順調移動
- 穴から出た水が綺麗に観察できる

22

2日目 μg 約1.5秒後



- 右側の回収容器にほとんど水が入っていない

23

2日目 実験終了後



- 中心の容器内部に水が多く残っている

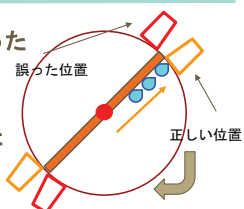
24



25

2日目 まとめ

- 回収容器の取り付け位置を間違えてしまった
→ 片方の回収容器のみで回収
- モーターは止まらず
- 水が蓋と実験装置の間から漏れてしまった
- 落下時の衝撃で回収容器から水が逆流した



➡ 3日目はより正確に回収量をはかるため、回収容器を使わないことで逆流を防ぐことに

26

3日目

28

3日目 μg 約0.5秒後

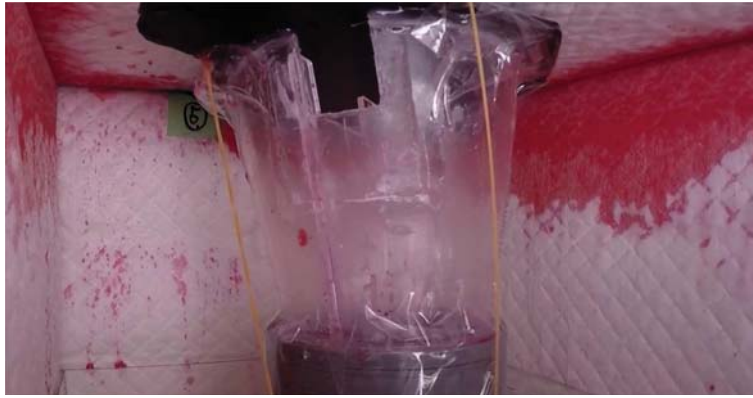


29

3日目 μg 約0.7秒後



30



31

3日目 まとめ

- 約0.7秒後には水を完全に回収できた
- 実験終了直後にモーターは停止
- 実験後に容器内に残っていた水は2g（装置と板の間に挟まってしまい、回収できなかったと考えられる）
- 回収率は 68g/70g で約97%

大成功！

32

地上との比較

1日目

2日目

3日目



0%



39%



7%

地上ではほとんど水は回収できなかった

33

考察

結果：

- 3日間とも全て、1秒以内に水は回収容器付近まで移動
- 3日目は約0.7秒後で水の除去に成功（回収率97%）
- 地上ではほとんど回収できなかった

考察：

地上では重力があるため回収できなかったが、

微小重力下では重力の影響を受けないため予測通りに水を回収できた。

34

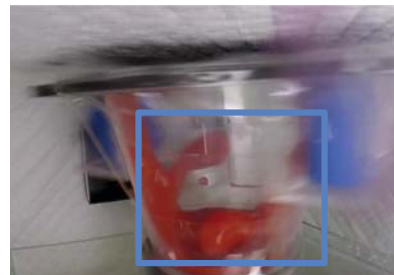
達成度

	基準	目的	
ミニマム サクセス	水を回収口まで移動させる	水を集められるか調べる。	○
フル サクセス	地上との比較実験	微小重力下で本実験がどのように役立つのか調べる。	○
エクストラ サクセス	カメラで水の動きを捉え、規則性を分析する	微小重力下での特徴的な動きを発見する。	△

※○は100%達成できたことを示す

35

エクストラサクセスの水の流れの特徴の分析



36

チーム運営

【良かった点】

- ・はじめはMTGに人が集まらないことも多かったが、参加できるメンバーでミーティングを開くようにした。
- ・役割分担をすることでそれぞれの作業が明確になり上手く進められるようになった。
- ・参加できなかったメンバーには**議事録**で内容を共有することで一体感を持って実験を進められた。
- ・ミーティング以外でもslackやLINEで意見交換をすることで、それぞれが実験に積極的に取り組むことができた。

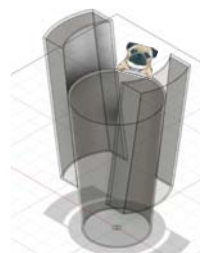
【反省点】

- ・計画通りに進まないことも多く、**時間に余裕を持って進められなかったこと**。
- 事前に意見共有をしてからミーティングに参加することで一部改善できた。

37

今後の展望

宇宙お風呂のイメージ



中央の板は取り外し可能

今後の実験

回収容器を大きくして、さらに上方に付ける

- 傾斜のない実験装置
- 大きな実験装置
- 回転数を変化させた装置

38

まとめ

- ・遠心力を応用することで
無重力下において、**簡単かつ高速**で
水を完全に回収することが可能！
- ・水は板の穴を通る際に
特徴的な動きをする。

39

参考文献

小山宙哉/講談社

iss.jaxa.jp

40



41



URL:<https://www.tus.ac.jp/uc/>

東京理科大学

宇宙教育 プログラム 通信

2020.12
第8号

TUS Space Educational Program (T-SEP)



宇宙教育プログラム
Team TUS for Space

CONTENTS

- 学生とともに学び、学生とともに作る学びの場
- 微小重力実験報告
- CANSAT実験報告
- 宇宙教育プログラムの概要



学生とともに学び、 学生とともに作る学びの場

理工学部 電気電子情報工学科 教授 木村 真一

2015年10月にスタートした宇宙教育プログラムも今年度で6年目を迎えました。これまで通算170名の受講生が、このプログラムに集い、工夫したり、悩んだりしながら、このプログラムを共に楽しんできました。修了生の多くは社会に巣立ち様々な分野で活躍しつつあり、現在メンターとして、このプログラムを推進しているメンバーもいます。高校生の時に参加してくれたメンバーの中には理科大に入学して、新たな立場で協力してくれているメンバーもいます。世代や専門を越えて、このような素晴らしい仲間を持つことが出来たのは、このプログラムの非常に大きな成果の一つだと考えています。

その一方で、6年間のプログラムを振り返ってみると、数多くの経験の蓄積がされてきましたが、1度として同じプログラムの繰り返しであったことはありませんでした。参加者の皆さんの、興味や考え方、工夫やチャレンジが様々なのはもちろんですが、パラボリックフライトが出来ないといった外的な要因があった年もあり、受講生やメンター・教員・事務の皆さんを含めた参加者のプログラムへの熱い思いで、その都度工夫

しながら進めてきました。特に今年度はコロナ禍で、受講生が集まって作業することが出来ないという、非常に難しい状況の中で、集まらないからこそ出来る遠隔での探査実験など、関係者で工夫しながら新たな実験課題を創発しながら進めてくることが出来ました。教育とは、「あるもの」ではなく、かくも「参加者が一体となって作り続けるもの」なのだと、言うことをつくづく感じるところです。

また、こうした宇宙教育プログラムで培ってきた優れた仕組みを、さらに発展させることを目指して、メンターの一部のメンバーとともに、ベンチャー企業を立ち上げるべく準備を進めています。このような仕組みによって、このような素晴らしい人の輪が、さらに広がっていくことを期待しています。

良き人々によって、良き場が生まれ、人が集うことで、場も人も発展していく。このような、素晴らしい人の循環を実現する仕組みを、今後も発展させて行くことが出来ればと、6年目にあたって思いを新たにしています。

微小重力実験報告(2019年度実施)

微小重力落下実験

東京理科大学野田キャンパス講義棟の吹き抜け構造を利用し、高層階から実験装置を落下させることで、1～2秒間の微小重力環境を作り出して実験を行いました。

受講生30名を6チームに分けて、本学教員及びメンターの指導のもと、自分たち自身で実験提案、計画立案、装置開発、実践、データ解析、成果発表までの一連の流れを実践しました。

当初は野田キャンパス講義棟を利用した落下実験の後、北海道赤平市にある落下実験施設を利用した実験を2020年2月下旬に予定していましたが、新型コロナウイルス感染症の流行により中止となってしまいました。データが不足していたチームについては、3月上旬に野田キャンパス講義棟を利用した教員による代行実験を再度行うことで補い、成果をポスターにまとめました。



team P1 「Crystal」

実験テーマ

「過電流式ディスクブレーキを利用した空中姿勢制御」

国際宇宙ステーション等で人間が快適に過ごすために物体を静止するという技術は必要不可欠であると考えました。そこで、浮遊物体自体が制御機構を持つ必要がない渦電流ディスクブレーキを用いて、微小重力空間で物体を制止できるのか実証実験を行いました。



team P2 「ブラッドベッセル」

実験テーマ

「ムーンフェイスの原因解明」

有人宇宙旅行が近い未来、微小重力空間において人体で発生する現象の解明が重要になると考え、ムーンフェイスを実験テーマにしました。「重力変化により力学的に体液が体内上部へ移動するためにムーンフェイスが起こる」という仮説を簡易的なモデルにより再現し検証することを目的として実験を行いました。



team P3 「きゃびたろう」

実験テーマ

「微小重力下における毛細管現象の挙動」

世界各国で進められている長期有人探査を実現するにあたっては食糧確保が大きな課題であり、宇宙空間における食料栽培が計画されています。現在、葉物の栽培には成功しているものの根菜類等の栽培には至っていないため、宇宙空間における根菜類等の栽培の実現として土壌中の水分移動のメカニズムを知るため、微小重力下における毛細管現象の特徴を解明することを目的に実験を行いました。

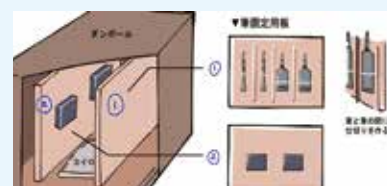


team P4 「宙絵(そらへ)」

実験テーマ

「宇宙空間で使える筆の開発」

近い将来、民間での宇宙旅行の振興が予測されることから余暇の需要が高まると考え、その1つとして芸術に注目しました。ものを「描く」媒体の先行研究としてスペースペンがありますが、「筆」はまだ研究されていないため、「液漏れをせず」「無重力空間でも地上同様に使用でき」「使用する際に十分な量の水が筆先にある」筆の開発を目指し、提案する筆が宇宙空間で使用できる条件を満たしているか検証するために実験を行いました。

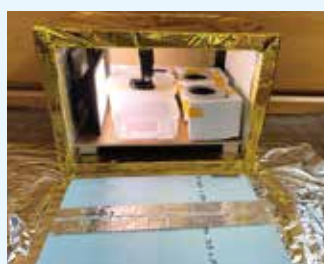


team P5 「POPSET」

実験テーマ

「微小重力下での液体と振動の関係」

液体には音の振動で飛び跳ねる現象があり、液体の粘度と飛び跳ね高さには相関関係があると考えられていますが、重力環境では重力による影響が大きく含まれているため、粘度と飛び跳ね高さの関係を観察することは困難です。そこで、簡易的に実験を行うためスピーカーコーンを使い、微小重力環境での粘度と飛び跳ね高さの関係性の観察を目的として実験を行いました。



team P6 「得多仁羽夢(えたにはむ)」

実験テーマ

「微小重力下での磁力を用いた物体の静止」

「人類が旅行感覚で宇宙に行ける」未来を目指すために新たな輸送手段として磁力を用いることを考えましたが、微小重力下で磁力を用いた先行研究は少なく、実用化までは程遠いとわかりました。そこで、輸送を実現する前段階として微小重力下での磁力の挙動を観察することを目的に実験を行い、宇宙空間で磁力を用いた物体の静止が可能かどうかを検討しました。



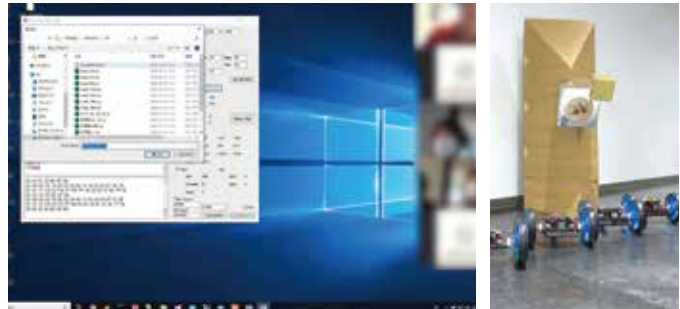
CANSAT実験報告(2020年度実施)

CANSAT実験

実験の課題は、「モノリスの探査」です。「2020年8月30日に『2001年宇宙の旅』の中でアーサー・C・クラークが予言したモノリスが東経139.909北緯35.919に出現した。モノリスの詳細(大きさ、形状、物性)などは一切不明であり、まず、その詳細情報について早急に調査する必要がある。モノリスにヒトが直接接近するのは危険なため、探査ローバーとしてCANSATが用意された。」という設定のもと、受講生は、この謎の物体についての情報をできる限り収集し、どのような物体であるかを明らかにすることをミッションとしてオンライン実験に取り組みました。

CANSAT本体についてはプログラム側で準備し、受講生30名を5チームに分けて、オンラインで移動機能・画像取得機能・通信機能の実装に取り組み、実験当日はZoomで話し合いつつ、45分という限られたミッション時間でチーム代表者が遠隔端末を操作し実験を行いました。その後、実験結果をスライドにまとめオンラインで報告会を行いました。

※CANSATとは
小型衛星模擬モデルを人の両手で持てるほどのサイズに縮小し、落下実験等により所定のミッションを行うものです。CANSATでは、宇宙関係のミッションで必要とされるミッションデザイン、システム設計、ハードウェア及びソフトウェア設計・実装、検証、実験に至る一連の流れを通じて、宇宙ミッションのエッセンスを実践的に修得することができます。



team C1 「KUBRIC」



私たちの班では「モノリスの正体を明らかにする」ために、将来の高度な調査

に向けた前段階として本実験を位置づけ、画像データによる構造の把握や、接近撮影、体当たり実験などを試みました。オンラインならではの意思疎通の難しさや、予定していた実験行程の遅れなど、苦労したことも多かったですが、結果の解析を柔軟に行えた点を評価していただけ、科学者としての在り方を垣間見ることができました。この得難い経験を、次の実験に活かすだけでなく、宇宙に関する職につくか否かに関わらず、将来にも役立てていきたいです。



team C2 「Allstars」



C2班は寸法や質量、見た目といった基本的情報からターゲットの物性に迫るアプローチをとりました。学年も専攻も異なるメンバーが集まっていたため、初期のミーティングから幅広いアイデアが飛び交っていたことを覚えています。時間的な制約も大きく、なかなか全員で集まることは難しかったのですが、お互いにカバーしあいながらやり切ることができました。残念ながら、本番では予定のデータを取りきれませんでした。"Allstars"として臨んだプロジェクトの中で多くの学びを得ました。ぜひ次の微小重力実験で生かしたいと考えています。



team C3 「アンチコロナ」

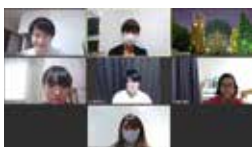


私たちの班は、「視覚情報に特化した」調査として、カメラ

をメインに実験を行った。本実験は完全な遠隔実施であり、機体の動きや得られるデータの様子が不明であったため予備実験を行ってデータを収集、解析しそれを本番に活かした。また各メンバーが、CAD作成やデータ解析、資料作り、企画発案など、自分の得意な部分を共有してミッションを果たすことができた。そしてなによりチーム発足から実際に会うことなくオンライン上でのみのやりとりで、1つの実験を行ったことは意思疎通や議論の進め方の点で大きな経験となった。



team C4 「Ωριων (Orion)」



Ωριων班は画像からモノリスの立体構造や素材を推定する方針で実験を行いました。見え方と実際の大きさとの関係を取る為にローバーに測量棒を搭載し、正九角形を描きモノリスを観察する計画でした。しかし

カメラに仰角があり、制御性能が低く、望んだ情報を得られませんでした。どちらも予期できた問題で、改めて実験前の準備や検討の大切さを学びました。とはいえ班員全員が役割を持ち、何度も話し合いながら進めた事は良い経験だったと思います。班は変わりますが今回の経験や反省を活かし、微小重力実験に精進します。



team C5 「2万マイル」



私たちの班では、モノリスの利用可能性をテーマに実験を行いました。モノリス利用の前提として安全性を確認すべく、放射線の計測機器を追加搭載したことで、実験にオリジナリティを出せたと思います。しかし、搭載機器の決定については議論の余地があり、プロジェクトにおける時間の制約を痛感しました。一方で、オンラインという環境下で、ツールをうまく利用して、議論を深めることができました。実験1日目はうまくいかないことも多くありましたが、2日目の実験を成功させることができたのは、議論によって育まれたチームワークのおかげだと思います。



宇宙教育プログラムの概要



国際的に活躍できる次世代宇宙科学技術者の人的基盤の裾野拡大と構築を目的として、

最先端の宇宙科学技術による本物体験を通じて宇宙科学技術を理解し、

教育現場にその魅力を広く発信して興味の醸成を促すことのできる理科教員と、

宇宙開発・宇宙産業の将来を担う研究者・技術者・起業家を輩出します。

宇宙科学技術
人材基盤の強化

広い範囲への 宇宙科学技術の普及

魅力の発信と興味の醸成を
促すことができる

中学高校理科教員の輩出

研究者・技術者・起業家の輩出

宇宙教育教材の開発

[将来構想]

東京理科大学
宇宙教育研究活動拠点



宇宙科学技術の
普及と裾野拡大

宇宙教育 プログラム

最先端で本物の知識と技術の修得

宇宙科学技術の正しい理解

魅力を発信し興味の醸成を促す力の向上

宇宙教育マテリアル開発技術の修得

国際感覚と世界的視野の醸成

講義・講演・実習・宇宙関連施設見学

CANSAT実験

微小重力実験

本物の
知識

本物の
体験

宇宙科学技術に
興味ある大学生・高校生・
高等専門学校生

理科教員志望

研究者

技術者志望

宇宙への興味

受講

輩出

形成

学外協力者

- ・現役理科教員
- ・研究者、技術者、起業家
- ・国内外の宇宙飛行士
- ・関連機関、企業・サイエンスコミュニケーター等

協力
評価

東京理科大学

- ・宇宙教育プログラム OB 学生
- ・宇宙関連研究実績
- ・教員養成ノウハウ
- ・OB 教員のネットワーク
- ・実力主義的教育実績

等の有機的な連携

実施

受講生以外の
大学生・高校生・
高等専門学校生

宇宙科学技術への魅力の
浸透と興味の向上

一般の方

宇宙科学技術への興味
が広く社会に浸透

一部を
聴講

将来



宇宙教育プログラム
お問い合わせ先

東京理科大学 宇宙教育プログラム事務局（学務部 学務課）

〒162-8601 東京都新宿区神楽坂1-3 TEL:03-5228-7329 FAX:03-5228-7330

MAIL:tus_uchu@admin.tus.ac.jp URL:https://www.tus.ac.jp/uc/

