

宇宙教育プログラムワークシート③ 年 月 日

____年 ____組 ____番 名前 _____

□他の班の発表を聞いて良い点をメモしよう

1. 見つけたものからどんなことを考えているか？
2. 発表資料や発表の仕方はどうか？

____ 班

1. _____

2. _____

考察や発表が一番良かった班は？ → _____ 班

考察や発表が一番面白かった班は？ → _____ 班

宇宙教育プログラムワークシート③ 年 月 日

□解説を聞いて気になることを書いておこう！

考えてみよう！
“気候変動に具体的な対策を”

自分の考え

みんなの考え

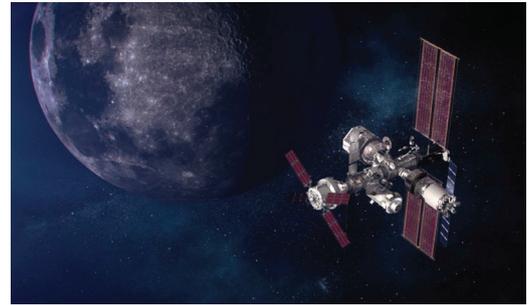
TUS SPACE COLUMN

— 東京理科大学 宇宙コラム —



1 2021年は「宇宙旅行元年」

2021年、宇宙に旅行した人の数が29人。一方、職業宇宙飛行士の数が19人と、宇宙旅行者の数が職業宇宙飛行士の数を上回ったことから「宇宙旅行元年」と呼ばれています。
ブルーオリジンやスペースXといった民間の宇宙企業が民間人を乗せて宇宙旅行を実現させるなど、現在の宇宙開発は国だけでなく民間の企業も参加して進められています。
また、近年の宇宙開発として注目を集めているのが、NASA(アメリカ航空宇宙局)が発表したアルテミス計画でしょう。



ゲートウェイ イメージ

出典:NASA, <https://www.nasa.gov/gateway/images>

～アルテミス計画とは～

NASAが提案している、月面探査プログラム全体を「アルテミス計画」と呼んでいます。2024年までに月面に人類を送り、その後、ゲートウェイ(月周回有人拠点)計画などを通じて、月に物資を運び、月面拠点を建設、月での人類の持続的な活動を目指しています。
さらに、将来の有人火星探査を見据えて、月での滞在において学んだことを役立てていく方針を示しています。日本はゲートウェイ居住棟への機器の提供、補給機、探査機による月面データの共有、与圧ローバーの開発を中心に月探査に参加します。

つい最近、JAXA(宇宙航空研究開発機構)が宇宙飛行士候補者を募集していました。
新しい宇宙飛行士のゲートウェイや月面での、活躍が期待されています。
日本人が月面に立つ日も近いかもしれません。

このように、年々私たち人類にとって宇宙という存在が身近なものになりつつあります。



有人与圧ローバー イメージ

出典:TOYOTA, <https://global.toyota.jp/newsroom/corporate/26986678.html>

2 人が宇宙で暮らすには？

月や火星への有人宇宙開発が進められていますが、人が宇宙や月・火星で暮らすためには解決しなければいけない問題がたくさんあります。
NASAは2015年に人類が宇宙へ進出していくうえで重要となる共通の課題として、次の5点をあげています。

1. 「重力場(Gravity fields)」

長期間低重力による身体への影響

2. 「孤立(Isolation)/ 幽閉(Confinement)」

長期間孤立状態が継続することによる肉体と精神への影響

3. 「不適合(Hostile)/閉鎖環境(Closed Environments)」

船内環境の維持と有害な細菌とウイルスの抑制

4. 「宇宙放射線(Space Radiation)」

長期間宇宙放射線に曝されることによる影響

5. 「地球との距離(Distance from Earth)」

地球との行き来が難しい環境で生活するための、食料や物資などの生産循環の実現



月面基地 イメージ

出典:ファン!ファン!JAXA!

<https://fanfun.jaxa.jp/jaxas/no079/03.html>

私たち人間が宇宙で暮らすためには、解決しなくてはならない問題がたくさんあります。
現在、これらの課題を解決するための方法が模索されています。

3 スペースシステム創造研究センター



人が宇宙で暮らすための5つの課題を乗り越えるために、東京理科大学では衣食住等の多様な生活関連技術を、宇宙住居を実現するうえで重要だと考えられる次の4つの柱を中心にスペースコロニーの研究を進めています。



宇宙での生活の質を上げる：スペースQOL・システムデザイン

QOLとは「quality of life」の頭文字をとったもので「生活の質」を意味します。ここでは低重力、真空という地球とは全く違った環境で、人類が長期的間滞在するための、安全の確保や医療面でのセーフティネットの研究をしています。

研究例

- ・膨張式のデモ居住モジュール
- ・宇宙ロボットのための民生技術を利用したソフトウェアや小型カメラ
- ・バイオ燃料電池を用いたウェアラブル・デバイス



拡張式デモモジュール

出典:東京理科大学, <https://www.tus.ac.jp/rcsc/wp-content/uploads/2021/03/2020RCSC.pdf>



宇宙での食料生産：スペースアグリ技術

スペースアグリとは「space：宇宙」と「agriculture：農業」を重ねた造語です。ここでは宇宙空間という限られたスペースと資源を用いて食料となる植物を栽培するために、肥料の供給や衛生的な自給自足システムの構築を行っています。

研究例

- ・袋型培養槽技術を用いたレタスの栽培
- ・水中プラズマ技術による防藻・防カビ



出典:JAXA 宇宙探査イノベーションハブ, https://www.ihub-tansa.jaxa.jp/topics/topics_Cultivation_experiment_using_bag-type_culture_technology.html



エネルギーの確保：創・蓄エネルギー技術

袋型培養槽技術で栽培されたレタス

宇宙空間で最も重要な基盤技術は、メンテナンスフリーで長期間使用できる電力供給システムを作ることだと言えます。

ここでは将来、スペースコロニーで使用する大量で安価な電気エネルギーの発電・蓄電方法に関する研究開発を行っています。

研究例

- ・放射線耐久性に優れた高効率な太陽電池
- ・室内外温度差を利用した熱電池システム
- ・太陽電池・熱電池に連携したフライホイール型蓄電池



自由に曲げられる宇宙用太陽電池

出典:東京理科大学, <https://www.tus.ac.jp/rcsc/member/mutsumi-sugiyama/>



閉鎖環境での循環システム：水・空気再生技術

人が生きるために欠かせないものの代表格が、水と空気です。

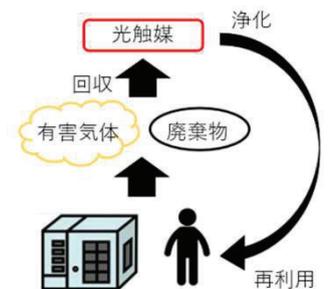
ここでは閉鎖環境内で使用される水や空気の浄化、循環完結を目指して、人体や機械装置が排出する廃棄物を、再生するシステムや、弁などの廃棄物から水分を抽出した後の残滓から、宇宙で使用できる材料を生産する方法について検討しています。

研究例

- ・光触媒による有毒ガスの分解
- ・光触媒反応による殺菌剤の合成

閉鎖環境内での健康維持や、限られた資源内での食料やエネルギーの確保、水や空気の循環は地上でも非常に役立ちます。

これらの技術は宇宙だけでなく、地上での様々な課題を解決することが期待されています。



光触媒を用いた循環システム

参考文献：

- ・「スペースコロニー 宇宙で暮らす方法」、向井千秋・東京理科大学スペースコロニー研究センター、2021年、講談社
- ・「JAXA有人宇宙技術部門 国際宇宙探査の取り組み」、<https://humans-in-space.jaxa.jp/future/>
- ・「東京理科大学スペースコロニー研究センター」、<https://www.tus.ac.jp/rcsc/>

学習指導案

指導者名 東京理科大学宇宙教育プログラム T2, T3

- 1 日時・制限 2022 年 2 月 3 日 (木) 4 時限
- 2 学年組・人数 1 年・44 名
- 3 本時の目標 今回の授業の趣旨を把握し、さらに生徒自身が班のメンバーと協力しながらローバー操作し、遠隔探査をすることができる。

4 本時の学習展開

過程	学習内容	生徒の活動	教師の活動と指導上の留意点
導入 (14分)	<p>T: 自己紹介する。(司会: 2人)</p> <p>T: 地球と月の環境を対比しながら説明する。</p> <p>T: クマムシ救出レースのストーリーを説明する。</p>	<p>S: 地球と月面の環境の違いを知り、今回の授業のテーマとなる月面環境を想像できるようになる。</p> <p>S: クマムシ救出レースのストーリーを理解する。</p>	<p>ZOOM のメインホストは全メンターに共同ホストの権限を付与する。</p> <p>ブレイクアウトルームを作成する。</p>
展開 (32分)	<p>メンターと生徒は各班のブレイクアウトルームに参加する。</p> <p>ローバーの遠隔操作を行う (12分)</p> <p>T: 生徒にリモートデスクトップソフト経由でローバー操作用パソコンに接続してもらう。(接続用の番号を ZOOM で伝える)</p> <p>T: 操作する生徒を 1 人決めてもらい、実際にローバーを操作してもらう。このとき操作説明をする。</p> <p>T: 操作を初めたら、iPad を使ってローバーの様子を撮影する。映像は ZOOM の参加者画面に表示される。</p> <p>T: 操作説明の際は班のローバーを個別で撮影し、その後俯瞰視点で他のローバーと一緒に撮影する。(他班のローバーとの衝突なども起こるため)</p> <p>T: 生徒のリクエストに応じて障害物や段差などをかんたんに用意する。</p> <p>今回のローバーの問題点とその解決策についてディスカッションを行う。(10分)</p> <p>T: クマムシ救出レースと遠隔操作体験を踏まえて、今回のローバーの問題点とその解決策を考えてもらう。</p> <p>ワークシートは Google Document を用いる。生徒に共同で編集してもらい、記録をしてもらう。生徒は書記を 1 人決める。</p>	<p>S: 生徒はローバー操作を通して、カスタマイズなしのローバーの特徴を調べて理解する。</p> <p>S: 操作する生徒以外は、大学生が撮影した iPad の映像を ZOOM 経由で観察して、ローバーの特徴を理解する。</p> <p>また操作している生徒に、試したいローバーの動きを伝える。</p> <p>S: ローバーの動きから、解決策を考える。</p> <p>S: ローバーの遠隔操作を踏まえて、今回のローバーの問題点とその解決策を班内で話し合う。</p> <p>S: 書記係は Google Document の画面共有を ZOOM で行う。</p>	<p>大学生メンターは iPad を使って ZOOM に接続する。</p>

ま と め (6 分)	<p>各班が考えた解決策を全体ルームに戻って発表してもらおう。 各班の考えた解決策を全体で共有することができる。</p> <p>T：各班の解決策を聞いて内容についてかんたんなフィードバックを返す。</p> <p>T：次回以降のスケジュールを伝えて授業を終了する。</p>	<p>S：生徒は自分の班で出した解決策を1つ発表する。また、他班の発表を聞いて自分の解決策と比較する。</p> <p>S：次回以降のスケジュールを把握する。</p>	
-------------------------	---	--	--

5 評価

- A：ローバーの操作方法を習得し、さらに自分自身で工夫しながら走行させることができる。改善点を見つけ出し、対策を考えられる。
- B：ローバーの操作方法を習得し、補助が無くても自分自身で走行させることができる。改善点を見つけられる。
- C：ローバーの操作方法を修得できていない。

宇宙教育プログラム

1. 自己紹介



★パラボリックフライトによる微小重力実験

★CANSAT (缶サット)の落下実験

★講義・実習



2

1

2

2. FIRST MISSION



2. 宇宙の環境



地球

- ・人間に適した大気組成 (O2 21%)
- ・-7.7℃~5.5℃の過ごしやすい温度
→大気による温室効果
- ・宇宙線、隕石の影響も受けにくい

月

- ・大気がほぼない
- ・-170℃~110℃の寒暖差
→熱を受け取らない「夜」が寒い
- ・宇宙線、隕石の影響も受ける

4

3

4

2. クマムシって知ってる？

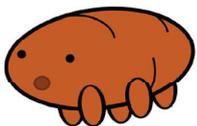


図1. クマムシのイメージ図

分類

緩歩動物門

体長

1 mm以下 (微生物)

生態

- ・5週間ほど食べ物を摂取しなくても平気
- ・水分が少ないところでは**仮死状態**に

仮死状態

- ・1000気圧の圧力に耐えることができる。(水深1万メートル相当)
- ・宇宙空間や-272℃~100℃の環境下でも生存可能。
- ・細菌が破壊されるような放射線でも耐えることができる。

5

5

2. クマムシの生態調査



クマムシ科学者

クマムシの**極限**状態への耐性は未解明なものが多い...

極限状態での実験によってクマムシが耐性を持つ理由を調査して解明しよう！

6

6



極限状態でのクマムシの生態調査を行いたい！

+

月面は過酷な環境である

||

月面でのクマムシの生態調査

7

7

カプセルが壊れてクマムシが**月面上**に放たれてしまった！



大切な私たちの研究が…クマムシが大繁殖してしまうかも

ローバーを用いてクマムシをなるべく早く**捕獲**せよ！



8

8

3. SECOND MISSION

9

3. ローバーって知ってる？

ローバー = 探査車

カメラ・センサ・通信機能を搭載し探査できる。

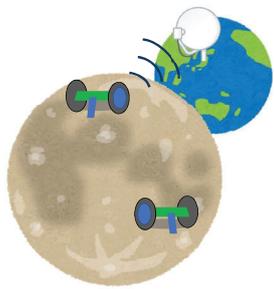


Ex.HAKUTO : 無人 ローバー
★民間開発の月面探査機 (~2018)
LRV : 有人 ローバー
★アポロ15~17号で利用 (1971)



10

10



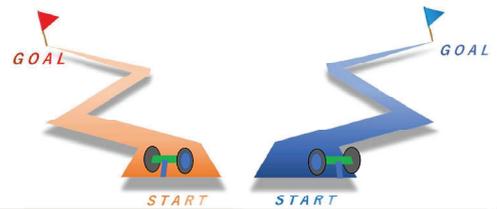
いろいろな国がローバーで月面を遠隔探査するときの問題とは？

ローバーの衝突による破損

ローバーが壊れると
・人がいけないので直せない
・莫大なお金がかかる

11

11



衝突せず無事に目的地まで進め！



12

12

それでは、みなさんにローバーを遠隔操作してもらいます！

健闘を祈る！

13

13

ミッションの成功は皆にかかっている！

本日 2月 3日(木) ZOOM授業

1st 2月17日(木) ローバーを用いてクマムシをなるべく早く捕獲せよ！
2月22日(火)

2nd 2月24日(木) 衝突せず無事に目的地まで進め！
3月 1日(火)



14

14



宇宙教育プログラムワークシート1

駒込高校のみなさんこんにちは！

このワークシートは、私たち東京理科大学宇宙教育プログラムが発信する、2/3~3/1に行う出前授業に関するものです。

2/3の4時間目に実施した「宇宙教育プログラム」の授業はどうだったでしょうか？
授業中に感じたことや考えたことについてまとめてみましょう！

1. 班と出席番号を教えてください。 *

例：1班62番

記述式テキスト（短文回答）

2. 授業中に実施したローバー操作について、実際に体験することができましたか？ *

出来た

出来ていない

3. 今回のミッション※を達成するには、ローバーのどんなところが問題点としてあげられるでしょうか？（複数回答可）

※今回の出前授業のミッションは大きく2つです。①「月面上に放たれたクマムシを早く回収せよ」②「ローバー同士で衝突せずに目的地まで進め！」これらのミッションを達成するにはどんなところが難しい点としてあげられるでしょうか？実際に操作したことや中継カメラのローバーの様子から考えてみよう。(例：月面上を走るにはタイヤがすべりそう、カメラが少し上を向いて距離感を掴むのが難しい、など。)

記述式テキスト（長文回答）

今回の授業に用いるローバー



4. 3 で考えた問題点について、ローバーにどんな改良を加えたらミッションがうまく達成できるでしょうか？

(例：タイヤがつるつるなので滑り止めを巻くといい) ★今回のローバーには対象との距離を測る距離センサ、周りの磁場を測る磁気センサ、カメラを搭載しています。

記述式テキスト（長文回答）

5. 今回の授業の内容はどのくらいわかりましたか？ *

	1	2	3	4	5	
全然わからなかった	<input type="radio"/>	よくわかった				

6. 今回の授業についての率直な感想をぜひ教えて下さい。 *

記述式テキスト（長文回答）

遠隔探査ローバー -ROVER-

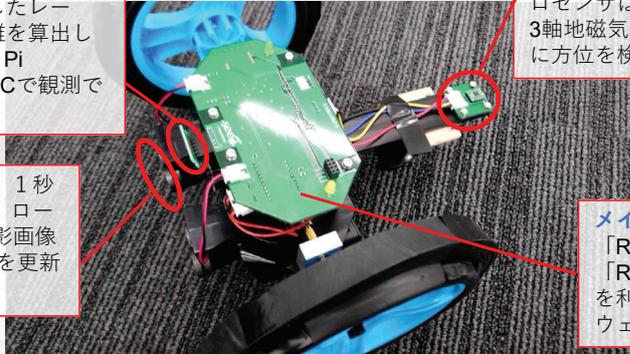
授業中に使用したローバーの謎① ～搭載機器編～

赤外線距離センサ：このローバーは「VL53L1X」という最大4mまで測定可能な赤外線距離センサを搭載しています。赤外線距離センサからレーザー光を射出し、反射したレーザーの角度より、測定対象物との距離を算出します。測定したデータは「Raspberry Pi Zero」に送信され、そこから操作用PCで観測できるようになっています。

カメラ：カメラモジュールで撮影し、1秒あたり1フレームで送信しています。ローバーイメージは、Webサーバーに撮影画像を埋め込んでおり、1秒ごとにHTMLを更新して画像を見ることができます。

9軸センサ：3軸加速度センサ、3軸ジャイロセンサ、3軸地磁気センサを搭載しているセンサのことで、今回は「MPU-9250」を使用しています。3軸加速度センサは、3つの軸における1秒間の速度の変化を測定するセンサです。3軸ジャイロセンサは、3つの軸の回転速度を検出するセンサであり、3軸地磁気センサは、地磁気を検出して傾いた状態でも正確に方位を検出するセンサです。

メインボード：メインボードは、「Raspberry Pi Zero」を使用している。「Raspberry Pi Zero」のWi-Fi通信機能を利用し、操作用PCから地上局ソフトウェアを使って遠隔操作できます。



授業中に使用したローバーの謎② ～通信編～

今回の授業では、教室や化学室にあるパソコンから、ラボにあるローバーに指示を送って、レースを行ったり、目的地へ移動したりしたと思います。

ここで少し考えて欲しいのが、「パソコンとローバーはどのように関係しているのか」ということです。

実験中はパソコンからローバーを動かすことができていましたが、よくよく考えると、全く独立したものであるはずのパソコンとローバーが、当たり前のように遠隔操作できていたことが不思議に思えてきませんか？（こちらの不手際でローバーが動かない事態は多々ありましたが...）

そこでここでは、どのようにしてパソコンからローバーを操作していたのか、解説したいと思います。



左の図は、パソコンとローバーはどのようにして接続されていたのかを示したものです。これらはそれぞれ共通のWi-Fiに接続されていました。おかげで、パソコン上で受け付けられた情報をWi-Fiを通すことでローバーに送ることができていたのです。

また、右の図は、例えば、キーボードの1キーを押して、「赤いLEDを点けろ」という指示を出したときに、パソコンで受け付けた情報はどのように処理されていたのか、時系列順に並べたものです。まずパソコン側でローバー側のコンピュータが読むことができる信号に変換されます。次に、「ledの赤を点けろ」という信号を受け取ったローバーはその指示に従い、ledを点灯させるプログラムを実行します。このような流れで、パソコンから入力された指示をローバーで実行していました。

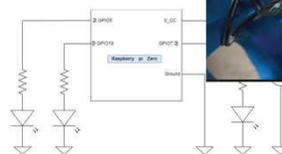
近年、社会は急速に情報化され、今回のような宇宙での無人探査だけでなく、病院に行けない人に対する遠隔医療など、遠く離れた場所同士を結ぶ情報技術が非常に重要視されています。今回の授業を通して情報通信技術に興味をもってくれた人は、ネットで調べてみたり、自分で手を動かして作ってみたりして、勉強していってくると嬉しいですよ！！

授業中に使用したローバーの謎 ～LED編～

最後の授業でつけたLEDアタッチメントは、我々で制作しました。
道具:抵抗付きLED,スズナマリ線,ユニバーサル基盤,ピンソケット,ピンヘッダ
作り方:①実際に組むための回路を考える

- ②組むための素子をいい感じに並べてはんだ付け
- ③回路を組むためにスズナマリ線をちょうどいい長さに切ってはんだ付けする

今回使用したラズベリーパイの上に乗っている拡張ボードは、図のようにGPIOピンを利用できるようになっています。これを利用してプログラムやアタッチメントをつくりました。



クマムシ-TARDIGRADES-

ちょこっと授業の振り返り ～エンジニアリング～

宇宙教育プログラム出前授業の前半では「クマムシの救出レース」をテーマにみなさんに遠隔探査を体験してもらいました。私たちは皆さんにこの体験を通して、月面環境における「制約条件の難しさ」とその中でミッション達成に適切な機体を設計する「エンジニアリング」について学んでもらいたいと思い授業を行ってきました。ここでは、これらについて少し深掘りしていききたいと思います。

まず、「制約条件」という単語に聞き覚えがないかと思います。「制約条件」とは最適な設計をする上で変えたいパラメータに対して課させる制限の事です。例えば、クマムシを早く救出するためには凹凸をものともしない大きな機体が最適だと考えたとしても、ロケットで運搬できる体積・重量の制約条件によって実現できないことがあります。他にも予算の上限による制約条件など、現実では制約条件によって最適な設計からの変更を余儀なくされることが多々あります。このような制約条件の中で適切な機体を設計することが、実際の機体の設計では非常に重要となります。

今回の授業で行ったカスタマイズでは、「コスト」と「ローバーに取り付けられる部品」という大きく分けて2つの制約条件がありました。今回「コスト」については、コストを総合評価の評価項目にし、皆さんに考えてもらいました。制約条件による息苦しさの様なものは体験してもらえたのではないのでしょうか。また、今回はカスタマイズ案を私たちが提案しましたが、自分たちで1000円の予算があったらどんなカスタマイズを提案するかを考えてみると制約条件の難しさがよりわかるかも知れません。

「エンジニアリング」は、様々な「モノづくり」に必要な考え方です。「エンジニアリング」ではその機械に求められる要求を洗い出し、それを満たす設計をする必要があります。例えば、今回の「クマムシの救出レース」に用いられる機械への要求は、周囲の状況確認ができることや、月面環境で止まることなく走行できることなどが挙げられます。

「エンジニアリング」では、このような要求を満たし、かつ前述した制約条件を満たした機械を設計することが重要となります。今回皆さんには、既製のカスタマイズ部品を組み合わせることで「エンジニアリング」の一端を経験してもらいました。

ここで重要なのは、そのカスタマイズがどのような結果をもたらしたかを振り返ることです。そのカスタマイズが必要なものだったか、あるいは他にどんなカスタマイズをすればミッションを達成できたかについて考える事で、より良い設計をする為に必要なエンジニアリングセンスが磨かれるでしょう。

地球最強の生物！？クマムシの謎

地球最強生物”として注目される、クマムシについてご存じですか？

クマムシは体長が0.1～1mm程度の4対の足を持つ小さな生き物です。緩歩動物門というカテゴリーを構成し、仲間は1000種類以上あり、種類によって住む環境や食べるものが異なります。歩く姿がクマのように見えることからクマムシと名づけられました。



全てのクマムシは活動の為に水を必要としますが、陸に住むクマムシは水がなくても生き延びることが出来ます。体内の水分を0～3%程まで減少させ仮死状態に入り、再び水が得られる機会を待つのです。これを乾眠と言います。乾眠しているとき彼らはどのような状態なのでしょう。主な特徴として知られているのは、その恐ろしいほどの耐久性です。彼らは-273℃の低温から+100℃の高温や、人の致死量のおよそ1000倍に相当する線量の放射線に耐えることが出来ます。また、アルコールなどの有機溶媒や水深1万メートルの75倍に相当する圧力など様々な種類の極限的ストレスに耐えることが出来ます。また、宇宙空間に10日間さらされた乾眠状態のクマムシの一部が地球に帰還後復活したことが2007年のヨーロッパの研究グループの実験により明らかになっています。残念ながらこの実験で使用されたほとんどのクマムシが多量の紫外線放射により死滅しましたが、それでも一部の個体が生き残ったという事実は、クマムシがほかの生物に比べて高い耐久性を備えていることを十分に示しています。ただ、乾眠状態中は再び水分を体内に取り込めるまで動けませんし、外部から踏みつぶすなどの物理的な衝撃などを加えられれば死にます。また、水分がある環境での通常状態のクマムシは乾眠状態中の驚異的な能力は持ち合わせておらず、先ほど述べたような過酷な環境下では死に至ります。しかし、上記からもわかる通り、彼らの生命力と耐久性は人類の宇宙進出や宇宙環境における生命を考察する上で重要な研究対象となります。彼らは宇宙生物学上のキーマン（キークマムシ？）となってくるのです！

月面にいるクマムシ

今回の授業では「月面に放たれたクマムシを救出する」というミッションが課されましたね。でも本当に月面にクマムシがいることなんてありえるのでしょうか。

2019年2月、イスラエルの民間宇宙団体「Space IL」はBeresheet landerと名付けた無人月面探査機を打ち上げました。この探査機はもともとGoogle主催の月面無人探査コンテストである「Google Lunar Prize」に向けて開発されました。もし月面に着陸することができれば、民間のプロジェクトとしては初の大きな快挙となるはずでした。しかしBeresheet landerは、月面周回軌道に乗ることは成功したものの、エンジントラブルによって月面に墜落してしまう結果となりました。実はこの探査機にクマムシが乗っていたのです。



画像引用：SpaceIL, <https://www.spaceil.com/home-page>

探査機Beresheet landerには「Luna Library」と呼ばれるミッションがありました。地球文明のデータや動植物を載せ、それを月面に飛ばすことで地球のバックアップを作ろうというミッションです。中にはWikipediaのデータや30万ページにも及ぶ人類史、DNAサンプルの他に数千ものクマムシが乗っていました。この沢山のクマムシを乗せた探査機が月面に墜落してしまったのです。先で解説したとおり、クマムシの生命力は非常に高いので、もしかしたら探査機からクマムシが飛び出してしまっているかも、、しれません。そのときは”ローバー”を使いこなしたみなさんが、クマムシたちを救出してくださいね。

宇宙法 –SPACE LAW–

●宇宙法とは

宇宙法は、宇宙空間や天体における様々な国の活動や宇宙の利用を規律する国際法や国内法を総称した言葉です。我々が生きる地球上にはすでに沢山の法律やルールが存在していることは皆さんもご存じだと思いますが、宇宙開発が精力的に始まった1950年代、宇宙には守るべきルールが存在しませんでした。

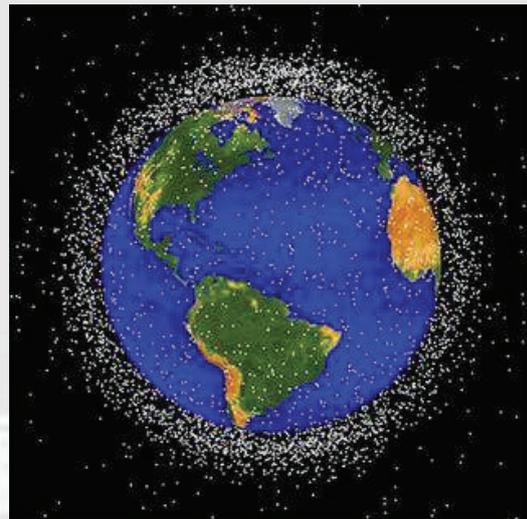
勿論、宇宙開発の進展に応じて、宇宙開発という特殊な活動に対して適用される宇宙固有の法が必要になりました。

そこで、1959年の国連総会議決議で「国際連合宇宙空間平和利用委員会」が設立され、加盟国が法のない宇宙における法づくりや、科学技術問題の検討を行うようになりました。

現在では委員会に67か国が加盟しており、各国独自の宇宙に関する法が作成されたり、国際的な宇宙の法律が作られたり、検討され続けています。

日本でも、2008年に「宇宙基本法」が制定され、内閣総理大臣が日本の宇宙開発のリーダーになり、国として宇宙開発を推進していこうとしています。

後半2回の授業を通して皆さんには宇宙という舞台上でルール作りを体験してもらいましたが、かなり難しかったと思います。実際の宇宙法にも法律自体に問題があったり、実際起きている問題に追いついていない法律になっており、専門家による宇宙法の研究が行われています。



画像引用 : Nasa, <https://www.nasa.gov/sites/default/files/4-8-nrc-evaluates-nasas-orbital-debris-programs.jpg>

●宇宙法に関するQ&A

Q1. 地球に、各国の「領土」や「領空」、「領海」があるように、宇宙にも各国が保有している場所はあるの？

A. ありません。「月その他の天体を含む宇宙空間の探査及び利用における国家活動を律する原則に関する条約（通称：宇宙条約）」の第2条に、「月その他の天体を含む宇宙空間は、主権の主張、使用若しくは占拠又はその他のいかなる手段によっても国家による取得の対象とはならない。」と書いてあります。

Q2. 月の土地を売っている、って聞いたことがあるんですけど、あれはいいんですか？

A. 販売しているルナエンバシー社は、「宇宙条約では、国家が所有することを禁止しているが、個人が所有してはならないということとは言及されていなかった」として、当時の代表の、デニス・ホープ氏が月の権利宣言書を作成し、国連、アメリカ合衆国政府、旧ソビエト連邦（現：ロシア連邦）に提出しましたが、異議申し立て等がなかったので、販売しているそうです。ただ、今後月の開発や法整備が進むと、変わるかもしれませんね。

Q3. 将来、宇宙で生まれた子供は何人になるの？

A. まだ決まっていません！これから法整備が進んでいくと思います。

Q4. 「スペースデブリ（宇宙ゴミ）」という言葉を知っています。例えば私の住んでいる地域だったら、月木が燃えるゴミの日で、要らなくなったテレビを山に捨てたら「不法投棄」と言われ罰則があるのですが、宇宙では罰則はないのですか？

A. 具体的な法律はありません。「宇宙条約」の第9条には、「条約の当事国は、月その他の天体を含む宇宙空間の有害な汚染及び地球外物質の導入から生ずる地球の環境の悪化を避けるように月その他の天体を含む宇宙空間の研究及び探査を実施し、かつ、必要な場合には、このための適当な措置を執るものとする。」と書いてありますが、罰則等があるわけではありません。また、今既にあるスペースデブリに対しても具体的な法律があるわけではないので、大きな課題ですね。

Q5. はやぶさやはやぶさ2が遠くの小惑星から砂を持ち帰ったって聞いたことがあるんだけど、これって泥棒じゃないの？

A. 泥棒ではないですよ！「宇宙条約」の第1条1項で「月その他の天体を含む宇宙空間は、すべての国がいかなる種類の差別もなく、平等の基礎に立ち、かつ、国際法に従って、自由に探査し及び利用できるものとし、また天体のすべての地域への立入は、自由である。」と書いてあります。

参考文献

◎ルール作り 法務省

https://www.moj.go.jp/shingij/kanbou_houkyo_kyougikai_qa01.html

◎宇宙法とは何か 著 青木節子,佐藤雅彦

https://www.jstage.jst.go.jp/article/kjsass/53/617/53_175/_pdf

◎平成二十年法律第四十三号 宇宙基本法

<https://elaws.e-gov.go.jp/document?lawid=420AC1000000043>

◎月その他の天体を含む宇宙空間の探査及び利用における国家活動を律する原則に関する条約

<https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/treaty/pdfs/B-S42-0651.pdf>

◎月の土地 | ルナエンバシージャパン

<https://www.lunarembassy.jp/>

◎宇宙で生まれた子どもは何人？宇宙人に連れ去られたら誘拐罪になる？～京大生YouTuberわっきゃい氏と考える「宇宙×法律」の疑問～

<https://logmi.jp/business/articles/326046>

◎スペース・デブリに関する宇宙法の現状および課題

https://www.j.u-tokyo.ac.jp/jjweb/research/MAR2003/hayashi_hiroki.pdf

◎はやぶさ2が持ち帰る小惑星の欠片は売れる？ 宇宙資源と国際ルールの動向

<https://sorabatake.jp/3706/>

◎宇宙条約

<https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/treaty/pdfs/B-S42-0651.pdf>

宇宙開発

2021年は「宇宙旅行元年」でした！ 昨年は、職業宇宙飛行士として宇宙に渡った人は19人、一方で旅行者として渡った人が29人と、プロの人数を一般人の数が上回ったのです！前澤友作社長もその旅行者の1人です。近年高まる“宇宙開発”。宇宙開発と、現在画策中の計画についてご紹介します！

●宇宙開発とは

宇宙開発とは、人類の宇宙への探求心を満たすため、また宇宙空間を人類の生活に役立てるために、宇宙に機器や人類を送って新たな知識を増やしたり、生活圏として人類が進出したりする活動全般を指します。宇宙開発の構想や研究は19世紀に始まり、人類が初めて地球外の星に足を踏み入れたのは、アポロ11号が月面着陸に成功した1969年7月20日のことです。

●アルテミス計画とは

2024年に有人月面着陸を目指し、2028年までに月面基地の建設を開始するというNASAとその国際的パートナーによるプロジェクトです。この計画は、月面での持続的な駐留を確立し、民間企業が月面経済を構築するための基盤を築くことを目的としています。最終的には人類を火星に送る（有人火星探査）という目標に向けたステップとしての重要な意義も持ちます。日本は、月を周回する宇宙ステーション「ゲートウェイ」の一部である国際移住棟の構築に参加しており、日本人初の月面着陸が実現されるのではないかと注目を集めています。

この計画の遂行には、超大型ロケット(SLS)や月面への宇宙飛行士輸送システム(HLS)、無人月面探査など多方面に渡る複数の技術開発が必要です。アルテミス計画の最初の月面着陸を2024年から延期されましたが、この計画は近い将来現実となるでしょう。



ブルー・オリジン社の月面着陸機

画像引用：Blue Origin,
<https://www.blueorigin.com/news/nasa-selects-blue-origin-national-team-to-return-humans-to-the-moon>

●月面探査ローバー

月面で運用予定のローバーはいくつかあります。月面は砂地で覆われ起伏に富んだ場所が多いため、月面ローバーは非常に過酷な環境下で動作させることとなります。そして走行するためのエネルギーも限られてくるので、月面ローバーには高い走破性や高い走行性能が求められます。

そのような条件のもとでは様々な企業が月面ローバーの開発に注力しています。例えば日産自動車ではJAXAと共同で、月面ローバーの駆動力制御について研究・開発を進めています。電気自動車の開発で培ってきたモータ制御技術や4輪駆動の技術を活用し、砂地などの過酷な路面条件でも安定した走行が可能となることが期待されます。

他にも株式会社ダイモンが開発した月面ローバー「YAOKI」は超小型化・超軽量化を実現し、構造上転んでも倒れても走行し続ける設計となっています。さらに2022年初頭には民間で世界初の月面探査を実現させるため、国内外から大きな注目を集めています！今後の月面ローバーの開発の動向からは目が離せません！



月面ローバー「YAOKI」

画像引用：YAOKI, <https://dymon.co.jp/yaoki/>

参考文献

◎“宇宙なう。宇宙旅行者の数がプロ飛行士を上回った「宇宙旅行元年」”、三菱電機DSPACE「読む宇宙旅行」（2021年12月23日）、https://www.mitsubishielectric.co.jp/me/dspace/column/c2112_2.html、（2022年3月6日閲覧）

◎“宇宙開発の現状と未来（第3回）”、COSMOTEC、宇宙こぼれ話、<https://www.cosmotec-hp.jp/column/future3.html>（2022年3月6日閲覧）

みんなのQ&Aコーナー

Q1. ロケットの打ち上げにかかる費用はどれくらいですか？

A. 宇宙に人や物資を運ぶためには1 kgあたり100万円が目安になっています。ロケット打ち上げ費用の平均は1回あたり数10億から100億円で、日本のロケット「HII-Aロケット」の打ち上げには65億~85億円かかります。費用の内訳は、材料費などの製造費と燃料費や発射場の経費などの運用費の大きく2つに分けられます。ちなみに、宇宙エレベーターが実現すれば、人や物資を宇宙に輸送する費用がロケットの1/100程度になると言われています。

Q2. 地球以外の星に住めるようになりますか？

A. 近年ではある星を地球と同じ環境に改変する（テラフォーミング）構想があり、火星などがその対象です。環境の変革は相当な時間を要し、実現はまだ先のことになるでしょうが、人類が将来的に活動領域を宇宙に広げ移住する可能性は十分にあります。

Q&Aコーナー つづき

Q3. スペースデブリの問題について知りたいです。

A. スペースデブリ（宇宙ゴミ）とは、宇宙空間を漂う、衛星が打ち上げられた時に切り離れたロケットの一部や運用期間を終えた衛星、破損によるそれらの断片です。最近では、民間のロケット打ち上げなどが急成長し、宇宙空間へ打ち上げられる機体数が急増していることにより、ますます深刻化しています。スペースデブリにより機器との衝突事故や損傷し、通信が途絶えるなどの障害が起きる可能性があります。

Q4. 宇宙ごみの回収はどうなっていますか？

A. 宇宙ゴミ（スペースデブリ）の回収や除去は円滑に進んでいないのが実情です。その問題を解決する方法として、宇宙ゴミに銚のようなものを突き刺し回収または大気圏に落下させる「ハーブーン」装置や、レーザーを照射し分解する装置が検討されている。日本のベンチャー企業「アストロスケール」は世界初の宇宙ゴミ回収実証衛星「ELSA-d」で捕獲成功しています。

Q5. ダークマターやブラックホールなどを研究したい。

A. ダークマター（DM）やブラックホール（BH）ってとてもロマンがありますよね。僕もとても好きです。ひとえにDMと言ってもその研究は多岐に渡ります。実際にDMを直接的に実験を通して観測するためには、例えば液体キセノン（18族・貴ガス）との相互作用を用います。DMは実験だけでなく、紙とペン（今はパソコンも使います）で行う理論物理学とも密接に関係していて、現在考えられてきた素粒子の模型を書き換える重要な転換点となっています。ブラックホールも同様に、実験ではEvent Horizon Telescope（世界中の電波望遠鏡を同時利用）による直接的な撮影や、BHの合体の際に生じる重力波の観測などがあります。理論物理学の側面ではアインシュタインが生み出した一般相対論をもとにBHや重力波についてコンピュータを使って計算を行っています。興味のある研究内容を探してみるとGoodです。

【キーワード】

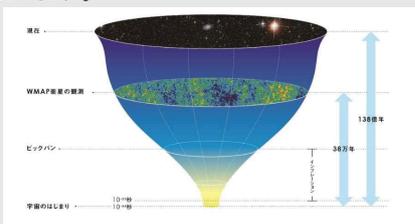
DM：XENON実験、XMASS実験、WIMP、アクシオン、標準模型、物質・反物質
BH：ローレンツ変換、ミンコフスキー時空、シュヴァルツシルト半径、事象の地平線

Q6. 宇宙ができる前は何かあったのか

A. まず私たちの宇宙は今から約138億年前に高温・高密度の火の玉のような状態であったとされ、そこからビッグバンによって急膨張したと考えられています。このビッグバンはそれはもうとてつもなく大きなエネルギーがビッグバンの膨張に使われたため、宇宙は3000 K（ケルビン）以上の超高温でした。

これほどの高温にもなると原子が原子のままできっついていくことはできず、宇宙初期に生成された水素原子はそのほとんどが電子を放出して電離状態にありました。すなわち宇宙初期には電離した電子が埋め尽くしていたわけですが、宇宙初期の光がこの電子たちとぶつかってしまっただけで跳ね返され、私たちの地球まで届くような長距離を進むことができません。すなわち光（電磁波）を直接観測して宇宙初期の姿を調べることは、138億年前の光が飛んでこないのでもとても難しくなります。すなわち宇宙が始まる前は何かあったのか、直接観測する方法は原理的にありません。

一方で、現在では宇宙マイクロ波背景放射と呼ばれる電磁波のゆらぎを観測することで、理論的にどのようなシナリオが考えられるか、研究されています。



画像引用：東京大学、
https://www.utokyo.ac.jp/focus/ja/features/f_00066.html

【キーワード】

インフレーション、宇宙の晴れ上がり、宇宙マイクロ波背景放射（CMB）、 Λ （ラムダ）-CDMモデル、重力波Bモード偏光、COBE（コピー）

初回のアンケートで聞いた
みんなの知りたいことについて
私たちがお答えします！



理科大公式キャラクター
坊ちゃん&マドンナちゃん

Q7. 地球外生命体が存在しているのかどうかについて知りたい

A. フェルミのパラドックスのように「知的生命の進化がありふれているのなら人類はすでに何かしらの手段によってその存在の証拠を持っていなければならない」という主張がある一方、進化の過程の中で地球外生命を発見できないような壁（グレートフィルター）があるのではないかという意見も散在します。科学的考察としては宇宙で生命を発見するために必要な要素を表す7つの項をまとめたドレイク方程式などがあります。未だに様々な議論が展開されていますが、地球外生命体の存在を信じるか否かはあなた次第かも。

Q8. 永久機関は作れるのか

A. 19世紀に確立された熱力学の第1法則と第2法則によって永久機関は原理的に不可能であることが明らかにされました。熱力学第1法則は孤立系の内部エネルギーが不変であることを示すものです。これは内部エネルギーの減らない断熱的な閉鎖系、つまり永久機関は成り立たないことを示しています。

Q9. 地球に似ている他の惑星は存在するのか

A. 存在します。「ケプラー1649c」という名の星であり、その直径は地球の約1.06倍で平衡温度が摂氏マイナス59～19度と算出されており、これは地球の平衡温度（摂氏マイナス18度）に近い値です。この星に大気があれば、温室効果によって適度な気温が保たれ、表面に液体の水が存在するような環境が整っていることも考えられます。

Q10. 月や火星に火山が存在する(またはしたと思われるような証拠がある)かどうか

A. 月と火星いずれも火山活動が行われた形跡があり、特に火星には太陽系最大の火山が存在します。月の海などはまさしく火成活動の痕跡の一例です。しかし、月と火星どちらも火山活動は十数億年前に停止しています。

Q11. 宇宙の構成要素は？

A. 宇宙は普通の物質（バリオン）とダークマター（暗黒物質）から構成され、ダークマターはバリオンの質量の5倍以上あると考えられています。バリオンは100種類の元素からなり、その構成比は水素が65-70%、ヘリウムが25-30%、残りの元素は全て合計しても1%程度となっています。

参考文献

Q1:お金のカタチ

<https://venture-finance.jp/archives/32827>

Q2:ファン! ファン! JAXA!

<https://fanfun.jaxa.jp/faq/detail/341.html>

Q3:宇宙航空研究開発機構

https://www.env.go.jp/earth/mat001gosat_spacedebris_2.pdf

Q8:TDK

<https://www.tdk.com/ja/tech-mag/ninja/059>

Q9:sorae

<https://sorae.info/astromy/20200417-1649c.html>

Q10:

国立科学博物館

<https://www.kahaku.go.jp/exhibitions/vm/resource/tenmon/space/mars/mars02.html>

月探査情報ステーション

<https://moonstation.jp/faq-items/f308>

Q11:TOMOE

<http://www.tomoeshokai.co.jp/gas/vol04.html>

学習指導案

指導者名 東京理科大学宇宙教育プログラム T3

- 1 日時・制限 2022年2月17日(木)4時限
 2 学年組・人数 1年・44名
 3 本時の目標 クマムシ救出レースの概要について理解してもらい、それに基づき各班でローバーに搭載するカスタマイズを決めてもらう。

4 本時の学習展開

過程	学習内容	生徒の活動	教師の活動と指導上の留意点
導入 (25分)	T: クマムシ救出レースについての再告知	S: クマムシ救出までのストーリーを理解する。	<p>カスタマイズカタログとカスタマイズの申請書をもとに話し合ってもらい呼び掛ける。(司会、メンター両方)</p> <p>教室の前でローバーの実演を行う。(カスタマイズを搭載することによってどれだけ走行特性が変化するかを見ってもらう)</p> <p>教室の実演でローバーがうまく動作しなかった場合は、予め撮影していたローバーの走行動画をスクリーンで見せる。</p>
	T: レースの概要について説明	S: レースの概要について(次回の授業時に実施されること・制限時間が15分・真ん中にあるクマムシを救出(クマムシの救出は1匹で、クマムシはぶつかったりしない限り動かない)出来れば成功であること)理解する。	
	T: カスタマイズを選んでください	S: カスタマイズにはコストがかかるということを把握する。さらにローバーの走行性能を上げるために3種類のカスタマイズをどのように活用するかをイメージする。	
	T: 評価方法についての説明	S: 4つの項目で評価されるということを把握する。またカスタマイズを増やせば走行性能は向上するが、反対にコストがかかってしまい、最終的に評価で不利になるということを考慮する。	
		※4つの項目 ①レース要素: レース時間(救出までの所要時間) ②ミッション要素: クマムシの救出有無 ③コスト ④お助け回数	
	T: ローバーのカスタマイズを搭載した際の実演、動画紹介を行う。	S: カスタマイズを用いた場合、どのような挙動を示すのかを把握する。	
	T: 2/22の授業でレースを行うことを告知する。	S: 次回の授業でレースがあることを踏まえ、今日中にカスタマイズを決めなければいけないことを把握する。	

<p>展開(6分)</p>	<p>生徒に自由に話し合ってもらい、基本的に生徒に任せて、質問が来たら答えるという形式にする。</p> <p>T: このカスタマイズを用いた時のメリットとデメリットは何かを考えてもらう。</p> <p>適宜ローバーの走行動画を見せる</p> <p>T: ローバーの挙動における改善点は何か。</p> <p>T: どのようなカスタマイズをすれば、動作が改善されるようになるか。</p> <p>T: どのようにチーム内での分担をすれば、探査が改善できるだろうか。</p> <p>T: カスタマイズが決まらない場合は標準装備になるということを生徒に伝える</p> <p>T: どのようなコースを辿れば安定した走行が実現できるか</p>	<p>S: 車輪のカバー、磁石、後輪のキャスタ、何をどれくらいカスタマイズすれば良いかを班のメンバーで話し合う。</p> <p>S: それぞれのカスタマイズにおけるメリットやデメリットを考えてみる。</p> <p>S: ただ性能を向上するためにカスタマイズを選べば良いというわけではなく、カスタマイズに要するコストとの兼ね合いから判断する。</p> <p>(例1) 車輪のカバーを付けると、坂を走破しやすくなるが、カメラの画角が上向きになってしまうという点</p> <p>(例2) 後輪のキャスタを搭載すると3輪走行になり安定するが、コストがかなりかかってしまうという点</p> <p>S: ローバーの動作を見て、挙動の改善点などを考える。</p> <p>S: 班内で操作する人を決め、レース当日の動きについて話し合う。</p> <p>S: 役割を決める。</p> <p>S: 走行コースを、マップを参照しながら決める。</p>	<p>カスタマイズカタログ、カスタマイズ申請書、コースマップを渡す。</p> <p>必要に応じてPCでローバーの走行動画を見せる。</p> <p>この間は司会がタイムキーパーをする。</p> <p>またカスタマイズの部品の実物を1セットずつ教室に置いておき、生徒がいつでも質感などを確認できるようにする。</p>
<p>まとめ(2分)</p>	<p>次回の授業でレースを行うことを再告知する。</p>	<p>S: カスタマイズ申請書を提出する。</p> <p>S: ローバーの操作に慣れたい場合は操作体験に参加する。</p> <p>全ての班が体験</p> <p>S: ローバーの動きとローバーがうつす様子と、また操作と照らし合わせて、レースのローバー操作のイメージを掴む。</p>	<p>時間があれば希望者にローバーの操作体験をしてもらう。</p>

5 評価

- A: カスタマイズが無い状態でのローバーの動作を把握し、何が問題点かを見つけることが出来る。
- B: カスタマイズが無い状態でのローバーの動作を把握し、問題点を解決するためにどのようなカスタマイズが必要になってくるかを検討することが出来る。
- C: カスタマイズが無い状態でのローバーの動作を把握し、問題点を解決するためにどのようなカスタマイズが必要になり、また最終的な評価項目を踏まえて、コストとの兼ね合いを考えながら班のメンバーで話し合い搭載するカスタマイズを検討することが出来る。

宇宙教育プログラム

ローバーを使った月面探査レース

1. 前回の復習

1 **仮死状態**
過酷な宇宙空間でも生きていける
▲ クマムシ

2 **極限状態での実験**
↓
月面でのクマムシの生態調査
▲ クマムシ科学者

3 **トラブル発生**

4

2. ミッション

ローバーを用いてクマムシをなるべく早く救出せよ！

「クマムシ救出レース」

を開催します！

▲ クマムシ科学者

3. レースについて

「月面コース」+「山・クレーター」
→ 障害物をうまく回避して中央にいるクマムシを捕獲しよう！

ルール

実施日：2月22日5
制限時間：15分
◎コース中央にいるクマムシを捕獲したらゴール

★ 今回は「月」という過酷な環境でのクマムシ救出…

→ 人間が行くことはできず、実際にローバーを見るのが出来ない「遠隔」探査に挑戦します！

4. ローバーのカスタマイズ

ローバー (標準状態)

+

カスタマイズ

カスタマイズ項目

①車輪のカバー
②後輪
③磁石

カスタマイズをして月面をうまく走れるようなローバにしよう！

4. ローバーのカスタマイズ

①車輪のカバー 配布資料：“カスタマイズカタログ” 1ページ

	ゴムバンド	すべり止めシート付ゴムバンド	スポンジバンド
写真			
メリット	凹凸を走破しやすい	横滑りを防止する	衝突の影響を軽減する
コスト	15 cost	25 cost	35 cost

コスト：
性能の優れたパーツはレースにはもってこいでもそれだけコストが高い！！

5. 評価方法

レースは4つの項目の合計ポイントで競います (350点満点)

①コスト

②クマムシの救出

③お助け回数

④クリアタイム

5. 評価方法

レースは4つの項目の合計ポイントで競います (350点満点)

①コスト

100点

コストが小さいほど高得点

③お助け回数

100点

お助け回数が少ないほど高得点

②クマムシの救出

50点

クマムシを救出できたら50点

④クリアタイム

100点

タイムが短いほど高得点

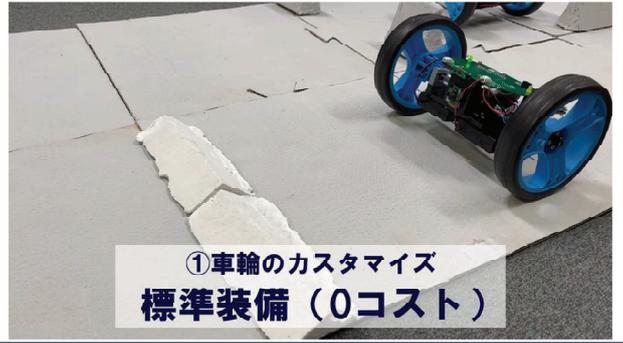
6. 実演



ここで教室に実際に用意した
模擬コースで、**実演**をしてみます！

オンラインの人は画面共有をするの
でお待ち下さい

7. カスタマイズ動画



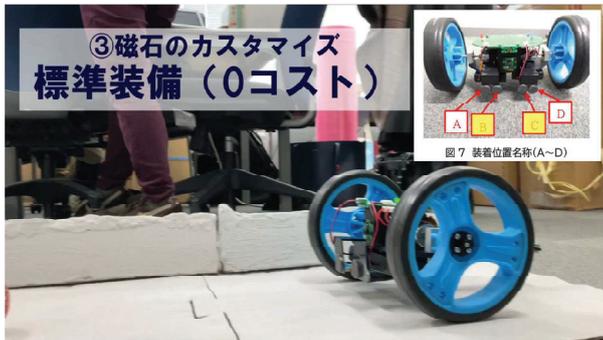
7. カスタマイズ動画



7. カスタマイズ動画



7. カスタマイズ動画



8. 今日目標



班のみんなでローバーのカスタマイズを
決めよう！



【カスタマイズの中継欄・2/2.2の操作者氏名記入欄】 班名:

カスタマイズの希望に応じて、それと対応をお願いします。カスタマイズコストの上乗せはありますが、自由な組み合わせでカスタマイズを決めてください。以下の表の希望項目の欄に○を記入して下さい(複数選択可)。各班で記入して、1枚提出してください。

①車輪のカバー

9. 表彰



前半レース (1班~4班)
15分

総合優勝 1班
レース賞 1班

後半レース (5班~8班)
15分

総合優勝 1班
レース賞 1班



宇宙教育プログラム ワークシート2

【カスタマイズの申請欄・2/22 の操作者氏名記入欄】

班名:

カスタマイズの希望について、それぞれ回答をお願いします。カスタマイズコストの上限はありません。自由な組み合わせでカスタマイズを決めてください。以下の表の希望可否の欄に○を記入して下さい(複数選択不可)。各班で記入して、1枚提出してください。

①車輪のカバー

選択肢	コスト	希望可否
車輪のカバーのカスタマイズを希望しない(標準装備)	0 cost	
ゴムバンドを搭載希望	15 cost	
すべり止めシート付ゴムバンドを搭載希望	25 cost	
スポンジバンドを搭載希望	35 cost	

(選んだ理由など)

②後輪

選択肢	コスト	希望可否
後輪の搭載を希望しない(標準装備)	0 cost	
後輪の搭載を希望	35 cost	

(選んだ理由など)

③磁石

選択肢	コスト	希望可否
標準装備のまま	0 cost	
パターン1を希望	10 cost	
パターン2を希望	20 cost	
パターン3を希望	30 cost	

(選んだ理由など)

○2/22 のレース本番のローバー操作者

操作者氏名	
-------	--

※操作者は当日対面で参加できる人の中から選んでください。複数名での操作可。

レース及びコース説明

1. コースマップ

2/22 授業(次回授業)に行うクマムシ救出レースで用いるコースを紹介します。図1、図2へ3DCADで作成したコースの上面図と鳥瞰図をそれぞれ示します。

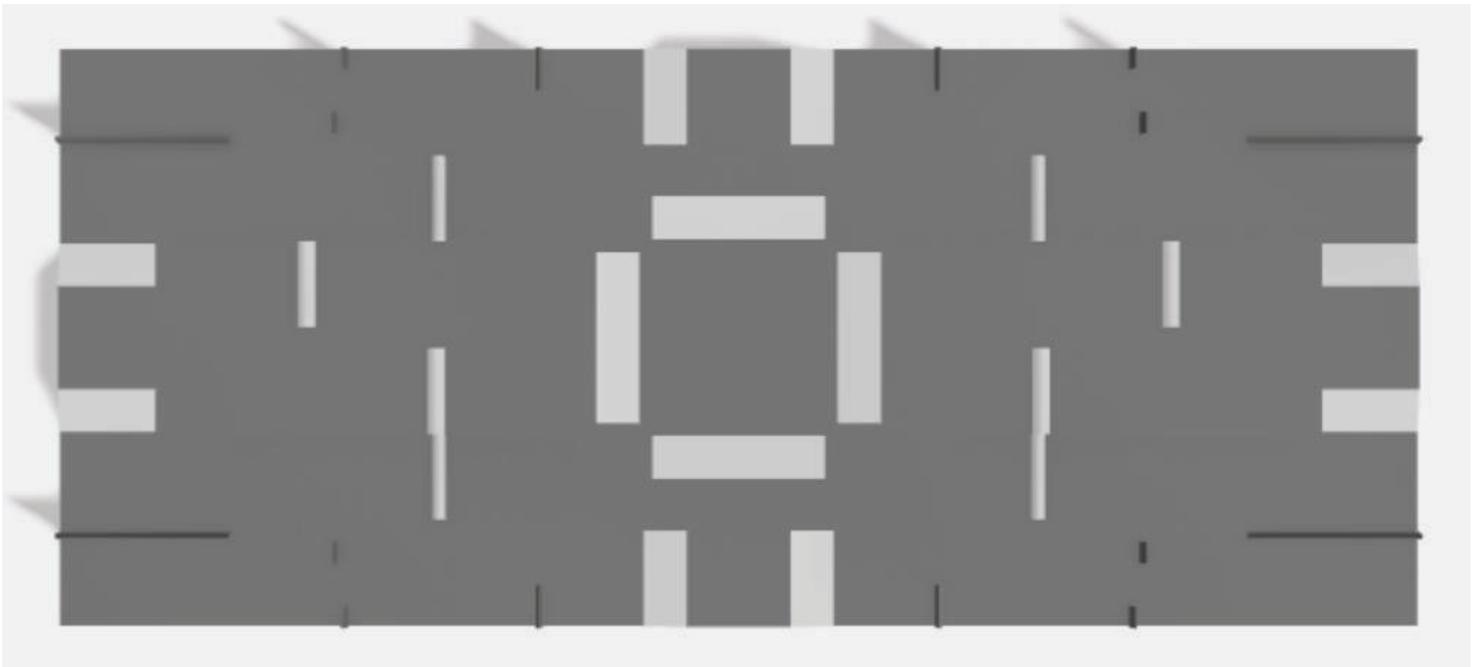


図1 コース 上面図

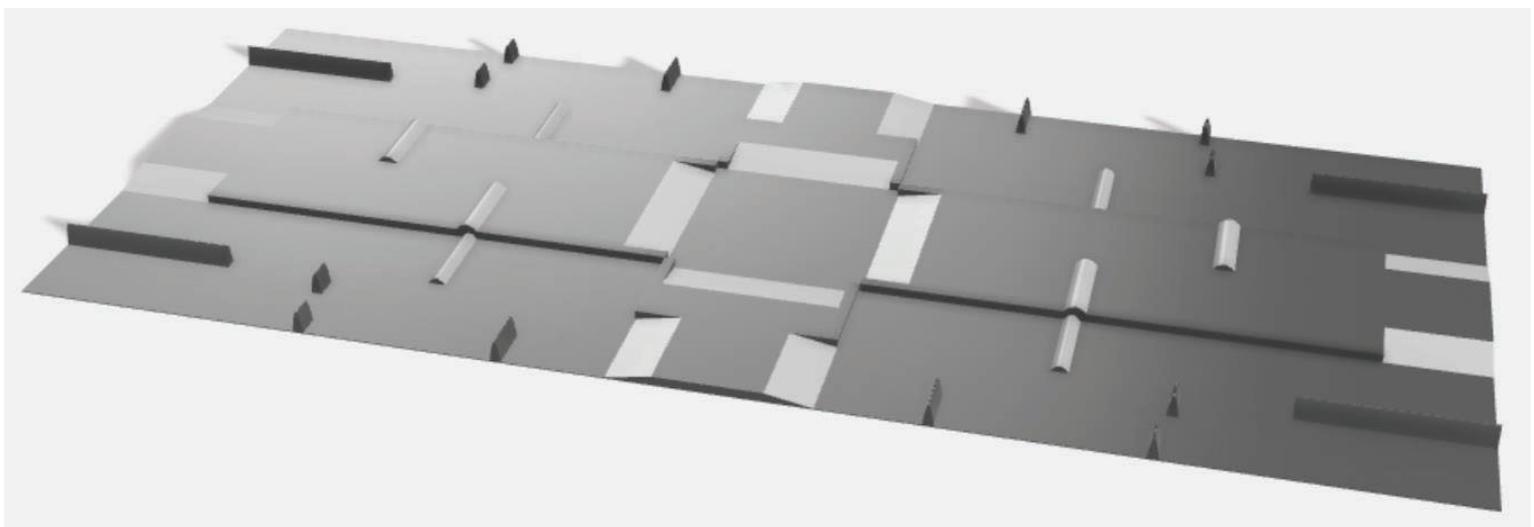


図2 コース 鳥瞰図

続いて実際のコースの写真を図3へ示します。また、方角やコースの地名も以下に示すので、話し合いの時などに活用してください！

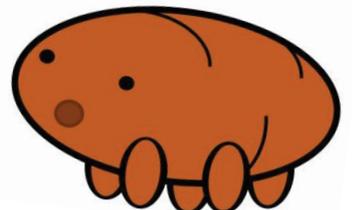


図3 実際のコース

- | | | |
|------------|-----------|-----------|
| ①: デンデン山脈 | ⑫: ムカイ山 | ⑲: カナマチ坂 |
| ②: リコーブ山 | ⑬: キソコー山脈 | ⑳: シタマチ坂 |
| ③: キューゴウの丘 | ⑭: ドサンコ山 | ㉑: トカイ坂 |
| ④: アキザワ山 | ⑮: ヒッコシの丘 | ㉒: トウキョウ坂 |
| ⑤: デンコウ山脈 | ⑯: オオタ山 | ㉓: ヒコウキ坂 |
| ⑥: キコウ山 | ⑰: ウンガの丘 | ㉔: オオユキ坂 |
| ⑦: オウブツの丘 | ⑱: カシワの丘 | ㉕: ヤクガクの坂 |
| ⑧: カンダ山 | ⑲: イイダの丘 | ⑳: リコウの坂 |
| ⑨: リブツ山脈 | ㉑: チトセの丘 | ㉑: リガクの坂 |
| ⑩: リカガク山 | ㉒: カナイ坂 | ㉒: コウガクの坂 |
| ⑪: ホンブの丘 | ㉓: ドデカイ坂 | |

これらの図を活用し、各チームはクマムシを出来るだけ早く救出するために、レースに臨んでください。次ページからコースについて詳しく説明します。

地形を理解して、ライバルたちに差を付けろ！



2. レース及びコースの説明

今回のレースで決まっているのはスタート地点とゴール地点だけです。スタート地点からゴール地点までの道筋は各チームの自由です！つまり、道中の凹凸を出来るだけ避けて安全に進むのも有り、凹凸を超えることに挑戦してショートカットするのも有りです。各チームで自由に計画してクマムシ救出を目指しましょう！図4へスタート地点(図中Sと表記)とゴール地点(図中Gと表記)を示します。

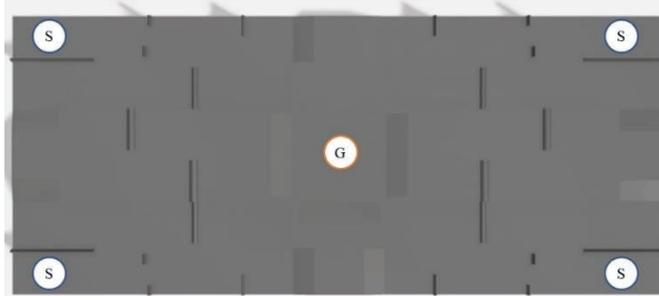
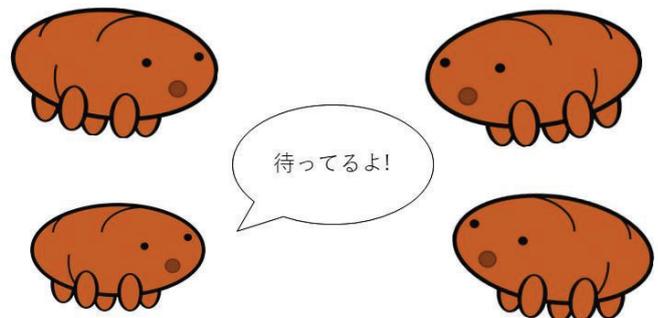


図4 スタート地点及びゴール地点

レースは4チーム同時に行います。図4へ示したように4つのスタート地点に各チームが分かれてスタートし、それぞれ1つのゴール地点を目指してもらいます(コースは対称に設計されているため、スタート位置による難易度の差はありません)。各チームのスタート位置は、以下の表に示します。ここで、勘の良い人なら気づいたかも知れませんが、ゴールにたどり着くまでの間に他のチームのローバーと合流してしまう可能性があります… もちろんそうならば大きなタイムロスに繋がるでしょうから、どのルートでゴールを目指すかが運命の別れ道となるかも知れません。

ゴール地点では4つのクマムシの入ったカプセルが救助を待っています。ゴール地点にて、各チーム1つのクマムシを確保した時点でゴールとなります(クマムシが確保できた時点で大学生から連絡がいきます)。つまりこのレースでは、スタート地点からゴール地点までいかに早く移動し、クマムシを確保できるかが重要となります。

		スタート位置
前半	1班	デンデン山脈南側
	2班	デンコウ山脈北側
	3班	リブツ山脈南側
	4班	キソコー山脈北側
後半	5班	デンデン山脈南側
	6班	デンコウ山脈北側
	7班	リブツ山脈南側
	8班	キソコー山脈北側



3. 障害物について

今回のコースでは、障害物が大きく分けて2つあります。この障害物をどのように突破するかが、クマムシ救出ミッションの鍵となります。その障害物について、以下へ箇条書きで説明します。また、2/17の授業で現物を見る機会を用意するので、そこで現物を確認してください。

・山

今回のコースでは多くの山がそびえ立ち、クマムシ救出の障害となります。大きさはそれぞれ異なり、中にはローバーで乗り越えられるものもあるかも知れません。図5へ山の例を示します。



図5 山

・坂

今回のコースでは、低い場所(クレーター)と高い場所を繋ぐ坂がいくつか存在します。坂を登ったり下ったりするためにはローバーの速度が重要となります。図6へ坂の例を示します。



図6 坂

4. クマムシの救出方法

クマムシを救出するためには、ローバーがゴール地点で完全にクマムシに接触していることが条件となります。クマムシはカプセルに入っているのですが、実はこのカプセルは磁性を持つため磁石にくっきます。そのためローバーの前方部分に磁石を搭載すると、クマムシのカプセルを簡単に救出することが可能となります。ただしローバーの横部分や後方部分には磁石は搭載できないので、ローバーのカメラから送られてくる画像をたよりに、ローバーの前方にある磁石にカプセルを速やかにくっつけられるようにローバーを操作しましょう! 2/17の授業でクマムシの救出の実演をするので、その様子も確認してください。

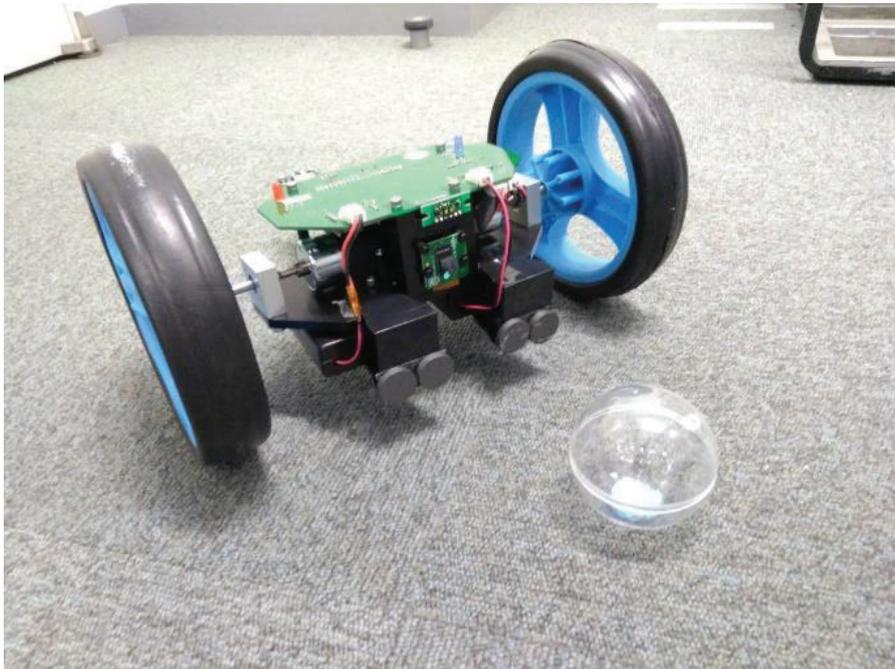
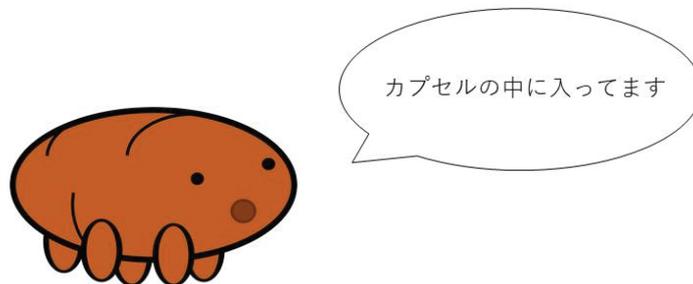


図7 ローバーとクマムシ入りカプセル



カスタマイズカタログ

今日のローバーの操作練習を踏まえて、走行性を向上させるためにはどのように改良すれば良いでしょうか？ そこで今回はローバーを円滑に走行させるために、計 3 種類のカスタマイズを用意しました。必要だと思うカスタマイズを次からいくつか選んでください！

もちろん、カスタマイズを全く行わないというのもあります。

逆に、コストに上限はないので、自由な組み合わせでカスタマイズを考えてください。

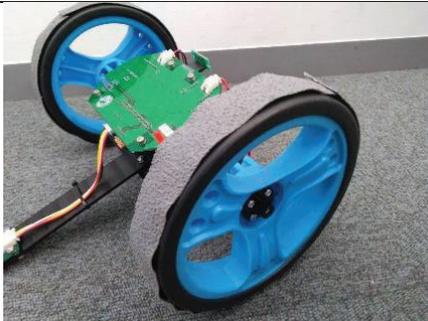
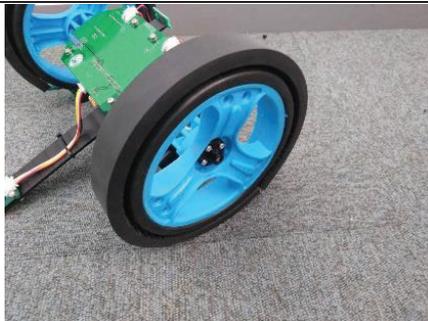
ただし、カスタマイズを増やすほどレースでは有利になりますが、コストがかかりすぎると最終的な評価で不利になってしまいます。その点を踏まえながら班内で話し合ってみてください。

評価項目については、事前配布資料レースマニュアルを参照してください。

①車輪のカバー

使う備品: スポンジ、すべり止めシート、ゴムバンド (カスタマイズを希望する場合、3 種類のうち 1 つを選択)

それぞれのカスタマイズ後の画像を図 1～図 3 に示します。

	ゴムバンド	すべり止めシート付ゴムバンド	スポンジバンド
写真	 図 1	 図 2	 図 3
メリット	凹凸を走破しやすい	横滑りを防止する	衝突の影響を軽減する
コスト	15 cost	25 cost	35 cost

備考: 車輪のカバーの厚さは全て 1 cm です。

標準装備(車輪のカバーを付けない)のままの場合コストは 0 です。

各カスタマイズ後の動く様子は、動画①“車輪のカスタマイズ”を参照(2/17 の班ごとのディスカッション中にいつでも確認できます)。

②後輪

使う備品:キャスト(図4、図5)

メリット:3輪走行となるため、安定した動作が可能となる。

コスト:35 cost

備考:後輪を2輪以上搭載することは不可。

後輪を付けた様子は、動画②“後輪のカスタマイズ”を参照(2/17の班ごとのディスカッション中にいつでも確認できます)。



図4 キャスタ



図5 パーツ搭載時

③磁石

磁石とは、クマムシを救出するための備品です。クマムシを救出する様子は、2/17に教室で実演するので、その様子を確認してください。

使う備品:丸型フェライト磁石

磁石を装着した様子やその取り付け位置の名称を図6、図7へ示します。



図6 ローバーとクマムシのカプセル

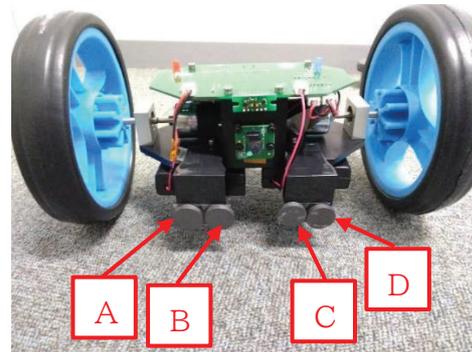


図7 装着位置名称(A~D)

メリット:クマムシを救出しやすくなる(クマムシのカプセルは磁石につく性質を持つ)。

コスト:標準装備(B、Cの位置に磁石1個ずつ、計2個搭載):0 cost

パターン1(B、Cの位置に磁石2個ずつ、計4個搭載):10 cost

パターン2(A、B、Cの位置に磁石2個ずつ、計6個搭載):20 cost

パターン3(A、B、C、Dの位置に磁石2個ずつ、計8個搭載):30 cost

備考:標準装備の場合でも磁石は2個搭載されている状態である。

各カスタマイズ後のクマムシのカプセルを回収の様子は、動画①“車輪のカスタマイズ”を参照(2/17の班ごとのディスカッション中にいつでも確認できます)。

レースマニュアル

1. レース概要

レースは1～4班からなる前半チームと、5～8班からなる後半チームに分かれ4つのチームごとに計2回行われます。クマムシの救出成功をゴールとし、各班決められた位置でのゲームスタートから彼らを救出するまでのタイムを競います。

2. タイムスケジュール

2/22に行われるレースのタイムスケジュールは以下の通りです。

時間	スケジュール
13:15	授業開始 接続準備
13:20	前半組レース開始 (15分+予備3分) 前半組レース終了
	後半組レース開始 (15分+予備3分)
13:56	後半組レース終了
14:00	表彰
14:05	授業終了

同じスタート地点の前半チームが
終わり次第、
後半チームがスタートするよ！
それぞれの開始時間で計測するから
安心してね！



レースには15分の制限時間と、操作ソフトの接続不良やローバーの機体不良が発生した場合に備えた3分の予備時間が設けられています(動作不良を起こした際に停止した時間分の延長が行われます)。これを超えてもクマムシを救出できていない場合は強制終了となります。

後半組のレースは前半組のレースが終わり次第開始されます。配布されたコースマップやローバーのカメラからの映像、センサーの値などを頼りにゴールを目指しましょう！

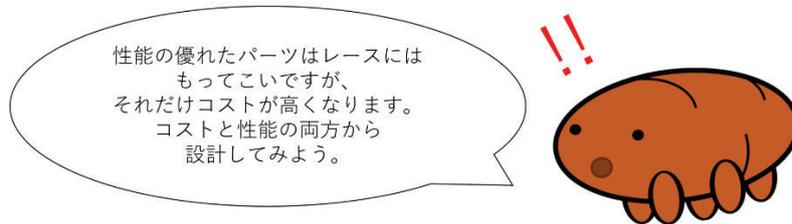
3.1. 表彰

本レースでは以下の4つの項目をそれぞれ定められた基準をもとにポイントをつけます。そして授業の最後に前半チームと後半チームごとの表彰を行います。4つの総合得点の表彰とレース要素として「クリア時間」のみでの表彰があります。全部1位を獲得の勢いで皆さん頑張ってください！！

	評価項目	点数配分
1	コスト	100
2	クマムシの救出	50
3	お助け回数	100
4	クリア時間	100

3.2. ローバーコスト

カスタマイズカタログからローバーに搭載する部品を選択し、それらの合計コストをいかに少なく抑えられたかにより評価を行います。コストの合計の上限はありませんが、コストを抑えられるほど高評価となります。カスタマイズの種類と部品ごとのコストの詳細は2/17に配布のカスタマイズカタログを参照してください。



3.3. クマムシ

レースの肝となるクマムシを救出が出来たか否かにより評価を行います。それによって得点が大きく変わりますが、ミッションの目的を達成できなければ、その評価は当然大きく下がってしまいます...なんとしてもクマムシを救出できるように頑張ってください！

3.4. お助け回数

ローバーがコースアウトした場合、もしくはコース内で動けなくなった場合に大学生がローバーをお助けし、その回数を記録します。お助け回数が少ないほど高評価となり、お助けが入る基準は以下のようになっています。

- ・コースアウト :コースを囲うスズランテープから出てしまった場合。
- ・コース内での機体停止:生徒がローバーを現時点から動かせないと判断し、大学生に自己申告した場合。あるいは、ローバーがある地点から30秒間動かないことを大学生が確認した場合。

遠隔操作をする際には、安全な運行が必要になります。これは遠隔探査時にローバーが動けなくなったり、壊れてしまったりした場合、人の手で救出したり修理することができないからです。ただし、今回はこちらで用意したローバー及びカスタマイズ部品を使っているため、操作ソフトの接続不良・ローバーの機体不良が発生した場合はお助け回数としてカウントは行わないので安心してください。

3.5. クリア時間

ルール説明で述べた通り、クマムシの救出成功をゴールとして「レーススタート」から「彼らを捕獲するまで」のタイムを測ります。この際、操作不良が発生してから再開するまでの時間を最終的なタイムから差し引きます。

クマムシが大量繁殖してしまうかもしれないので、速急な救出を試みましょう！



学習指導案

指導者名 東京理科大学宇宙教育プログラム T3

- 1 日時・時限 2022年2月22日(火)5時限
- 2 学年組・人数 1年・44名
- 3 本時の目標 前時で考えた改善案について、実際に改善したローバーを操作しレースをすることで体感し、改善案の可否について説明できる。また、ローバーの管制を体験し、遠隔操作における俯瞰映像を用いた管制の重要性を知る。

4 本時の学習展開

過程	学習内容	生徒の活動	教師の活動と指導上の留意点
導入 (5分)	<p>T:今日は、みんなが選択したカスタマイズ案を元に調整したローバーをつかって、レースをしよう！(クマムシを救出するために)</p> <p>T:前半組(1~4班)と後半組(5~8班)で、ローバーを操作する側とローバーを管制する側で分かれよう！管制する側はペアとなる班のレースを見て、ゴールまで導こう。</p>	<p>S:説明を聞き、レースに備える。</p>	<p>月面コースのマップと本時の活動についての資料を生徒に配布する。</p> <p>導入が終わり次第、レースを開始できるように、ローバーやコースの準備しておく。</p> <p>また、前半組と後半組とで話し合えるように環境を整えておく。</p>
展開 (35分)	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> 自分たちの班で改善したローバーでレースをして、何をどのように工夫したことが良かったのか、また工夫が足りなかったのか考えよう。 </div> <p>T:準備でき次第、1回目のレースをスタートする。(レース時間12分+予備時間3分)</p> <p>T:レース中は生徒の主体性に委ねて、ローバーの操作及び管制をしてもらう。</p> <p>T:各班のローバーに対し1人担当メンターが付き、レースのタイムを計り、またコースアウトした場合やローバーに不具合が生じた場合にローバーの復帰を行う。</p> <p>T:制限時間(12分)になった時、レースを終了してもらう。</p> <p>T:2回目レースの準備を行う。</p> <p>T:準備でき次第、2回目のレースをスタートする。(レース時間12分+予備時間3分)</p> <p>T:1回目のレースと同様。</p>	<p>S:ペアとなる班ごとにZoomのブレイクアウトルームに分かれる。</p> <p>S:1回目のレースでは、前半組はローバー操作、後半組はローバーを管制する役割で行う。</p> <p>S:ローバー操作側は、コースのマップとローバーから得られる映像、管制側からの指示から状況を判断し、操作してゴールを目指す。ローバーを管制する側は、担当メンターが撮った俯瞰映像を見て指示を出し、ゴールへ導く。</p> <p>S:ローバー操作側は、ローバー操作する人、タイムキーパー、コースのマップを見て指示を出す人等で役割分担を行う。</p> <p>S:コース上で、ローバーのカスタマイズがうまく機能していることを実感する。1日目の授業の際との違いを体験する。俯瞰映像を用いた管制の重要性を体感する。</p> <p>S:2回目のレースでは、後半組はローバー操作、前半組はローバーを管制する役割で行う。</p>	<p>レース中、ローバーの接続不良やZoomのトラブル、音声トラブルがあった際に対処できるようにする。</p> <p>ローバーの接続不良など、ローバー自体に不具合が生じた場合、その対処をした時間をレースタイムから除く。</p> <p>ローバー操作側の班にタイマーを配布し、時間管理をしてもらえるようにする。</p>

まとめ (10分)	<p>前半組、後半組で分かれて、レース賞（レースタイムで1番だった班）、総合優勝（レースタイム、カスタマイズのコスト、お助け回数、クマムシが救出できたか否かの4項目で評価して1番だった班）で表彰を行う。</p> <p>総括をする。</p> <p>総合優勝を決める際に用いた4項目で点数を付け、スコアレポートにまとめて配布する。</p> <p>今回の授業の内容についてコラム形式で紹介し、発展的な内容への興味関心を持ってもらう。</p>		<p>すぐに表彰を行えるようにExcelで総合優勝の班を出せるようにしておく。</p>
--------------	---	--	---

6 評価

- A：遠隔探査機を作る際に考慮すべき点，遠隔探査を行う際に考慮すべき点を自分の言葉で説明できる。
- B：遠隔探査機を作る際に考慮すべき点，遠隔探査を行う際に考慮すべき点を部分的に自分の言葉で説明できる。
- C：遠隔探査機を作る際に考慮すべき点，遠隔探査を行う際に考慮すべき点を自分の言葉で十分に説明できない。

宇宙教育プログラムワークシート3

このワークシートは、私たち東京理科大学宇宙教育プログラムが発信する、2/3~3/1に行う出前授業に関するものです。

2/22の5時間目を実施した「宇宙教育プログラム」の授業はどうだったでしょうか？授業中に感じたことや考えたことについてまとめてみましょう！（2月22日の授業後に回答してください。）締め切りは2月28日までになります。

班、出席番号 *

例) 8班8番

回答を入力

① 今回の遠隔探査について率直な感想を教えてください。 *

回答を入力

② クマムシ救出レースの準備として「カスタマイズ」がありましたが、班の中でどのような利点を考えてカスタマイズを決めましたか？ *

回答を入力

③ クマムシ救出レースで遠隔探査を体験しましたが、事前のローバー操作体験を踏まえ、救出成功の為にどのようなところを意識しましたか？ *

回答を入力

④ 遠隔操作をうまく達成するにはどんな要素が必要だとわかりましたか？ *

回答を入力

⑤ 今回の授業ではどのようなことを新しく学べましたか？ *

回答を入力

⑥ 授業は楽しめましたか？ *

- おおいに楽しめた
- 楽しめた
- 少し楽しめた
- あまり楽しめなかった
- 楽しめなかった

操作用

ルール

制限時間：12分

ゴール：コース中央のクマムシカプセルを**1匹磁石で捕獲する。**

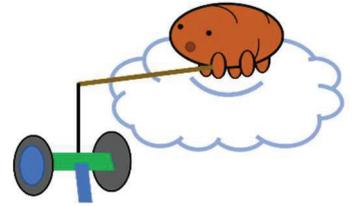
★各班にタイマーを配るので制限時間確認しながら取り組もう！

レースのポイント：お助け

★コースアウト

(コースを囲うテープから出てしまった場合)

★ローバーがその地点から**30秒**動かない場合
(大学生が自動でローバーの位置を直します。)



★止まったと判断して**自己申告**した場合

(生徒の皆さんからお助けしてほしいと、通信が入った場合もお助けします。)

★これらのお助けはすべて**音声通信**でやりとりをします。

音声での交信について

★レース中は、現在のローバーの様子を知るために「**ローバーの管制をする教室のみんな**」と交信をすることができます。しかし、宇宙では一度にやり取りできる情報は限られているため、音声のみでしか交信をすることができません。

★お互いに会話をすることはできるので、相手から伝えられた情報をもとに、**状況を把握してゴールを目指そう！**

管制用

ローバー管制について

★自分のチームがレースをしていないときは、月面コースからおくられてくる通信映像を見て仲間の班のレースをサポートしよう！

★お互いに応援しあう班を確認しよう！

1班－5班

2班－6班

3班－7班

4班－8班

★ローバーには対応した色の折り紙がついているので、仲間の班が操作しているローバーを追いかけて、情報を伝えよう！

情報の交信について

★レース中は、現在のローバーの様子を伝えるために「**レースをしている教室のみんな**」と交信をすることができます。

★宇宙では一度にやり取りできる情報は限られているため、音声のみでしか交信をすることができません。

★皆さんはレース映像を見ることができますが、レースをしている班にはこの映像はなく、ローバーから送られてくる情報しかわかりません。

★情報をうまく伝えてレースを助けよう！



学習指導案

指導者名 東京理科大学宇宙教育プログラム T2

- 1 日時・時限 2022年2月24日(木)4時限
- 2 学年組・人数 1年・44名
- 3 本時の位置づけ

第2回	複数台のローバーを同時に動かす実験を通して、車道や信号機のない月面においてローバーを衝突させずに目的地まで移動させるには、ルールを設ける必要があり、自分たちでそのルールを提案することができる。
第3回	班ごとに提案されたルールの中から、最善案を自分たちで決めことができ、そのルールに基づいて行ったローバー実験結果から、ルールの良しあしについて自分の言葉で説明できる。

- 4 本時の目標
「ローバーが衝突せずに目的地まで移動する」実験を通して、衝突しないためのルールを自分たちで決めることができる。

5 本時の学習展開

過程	学習内容	生徒の活動	教師の活動と指導上の留意点
導入 (4分)	<ul style="list-style-type: none"> ・挨拶 ・生徒たちにミッションを伝える。 ・ミッション通達：衝突せずにローバーを目的地まで移動する 	<ul style="list-style-type: none"> ・月面におけるクマムシの救出作戦は終わり、次にローバーの目的地への移動ミッションが始まることを知る。 ・前回の復習(クマムシの回収) ・ミッションを知る。 ・班内で記録係と実験係を分ける。記録係は一人のみ。 	<ul style="list-style-type: none"> ・前半の授業との切り替えを意識して、メリハリをつける。 ・前半組と後半組の説明、遠隔の生徒と対面の生徒の役割の説明をする。 ・班内で記録係と実験係を分ける。
展開 1 (23分)	<ul style="list-style-type: none"> ○実験開始 ・初期位置と目的地が描かれている地図をもとに、ローバーを目的地まで操作する。 ・記録係は自分のローバーが移動した軌跡俯瞰映像を通して記録する。 ○実験振り返り 	<ul style="list-style-type: none"> ・フィールドの地形、広さ、ローバーの寸法を確認する。 (地図：フィールドの地形、広さ、絵：ローバーの寸法) ・対面の生徒はソフトのカメラのみを見る。ただし、記録係のみ俯瞰映像を見て良い(1人)。 ・遠隔の生徒は俯瞰映像を見る。 ・8分で目的地を目指す。 ・メンターの開始の合図とともに実験開始。 ・まずは目的地に移動する。他のローバーや障害物に衝突しないように移動する。 ・実験結果をワークシートに記録する。 ・記録係が記録した内容を他の班員と共有する。 ・成功レベル表に、実験結果の達成度合を記録する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・フィールドの地形、広さ、ローバーの寸法はあらかじめ見せる(地図)。 ・制限時間は8分、2分が前半組、後半組の入れ替え時間となっている。 ・前半の授業から、ローバーのアタッチメントは変えないことを生徒に伝える。(ただし、後輪は全てのローバーに取り付けている。) ・ローバーとパソコンは授業が始まる前にあらかじめ化学室の各班の机に用意しておく。 ・ローバーの接続不良や操作に問題があれば、すぐに教師に伝える。 ・始めはルールを使わずに各班が各自の判断で、ローバーを目的地へ移動させる。→ローバー同士が衝突する想定

<p>展開 2 (30分)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○衝突させないためには何が必要か ○LEDの説明 ○ルールを案を個人で考える ○ルールを案を各班で考える 	<ul style="list-style-type: none"> ・「ルール」が必要だということを知る。 ・実験で撮影した俯瞰映像をもとに、ローバーが衝突している様子を確認する。 ・LEDが操作できるということを知る。 ・LEDの操作方法を確認する。 ・LEDが操作できる前提のもと、どんな「ルール」を考えればいいのか、各自考える。 ・ワークシートに自分で考えたルールを書く。 ・どんな「ルール」を考えればいいのか、各自の意見を踏まえ、班活動を通して1つの案を作る。 ・班で作った1つの案をワークシートに書く。 	<ul style="list-style-type: none"> ・「衝突させないためには何が必要か」生徒に発問する。 ・ルールが必要 →どんなルールが必要か考えさせる。 ・ここで意見が出なかったときに、事前ワークシートの結果を出す。生徒にルールを引き出すための発問をメンターが決めておく。 ・メンターも自分なりの「ルール」を用意しておく。 ・メンターも生徒と一緒に考える心持ちで。 ・8個案が出てくる。 ・1フィールド4班だから、4案×2。
<p>まとめ (3分)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ローバー同士が衝突しないためには、ルールが必要 	<ul style="list-style-type: none"> ・たくさんローバーがあることを想定した時に、効率よく探査するためには、個々の事象を毎度対応するのではなく、社会全体が機能して、衝突を未然に防ぐような秩序を保つルールが必要ということを知る。 ・交通ルールも同様。車もセンサーで止まる技術はあるけど、交通ルールはある。そうでないと効率が悪いから。 <p>宿題：</p> <ul style="list-style-type: none"> ①今日学んだこと、気づいたこと、ルールの大切さを書く。 ②今日の授業を振り返って、4案の良い点、改善点を自分なりに整理する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ルールがある理由を生徒に口頭で伝える。 例) スマートアシストの車自由に走って社会が機能するか→しない 交通ルールが必要 ・宿題を出す

6 評価

- A：ローバー同士を衝突させないためにルールが必要であることを自分の言葉で説明できる。
- B：ローバー同士を衝突させないためにルールが必要であることを自分の言葉で説明できる。
- C：ローバー同士を衝突させないためにルールが必要であることを十分に説明できていない。

宇宙教育プログラム

課題解決に向けたルール作成

1

1. 前回の復習



ローバーを用いてクマムシをなるべく早く救出せよ！



▲クマムシ科学者

「クマムシ救出レース」

を開催しました！

2

2

2. その後の話…



クマムシは無事に救出できたけど、今度は無事に送り届けなければならない…

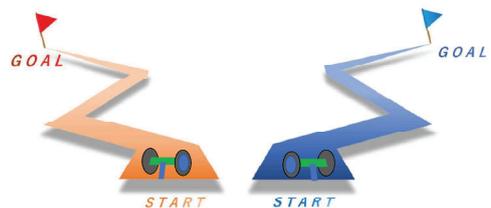


ローバー同士を衝突させずに目的地まで送り届けよう！

3

3

3. 実験開始！



衝突せず無事に目的地まで進め！



4

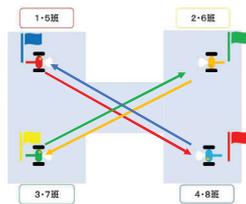
4

3. 実験開始！



初期位置と目的地が描かれた地図をもとに、ローバーを目的地まで操作しましょう！

◎実験の様子をワークシート5-1に記録しておきましょう



※ローバーと同じ色の線を目指そう！

5

5

3. 実験開始！



◎班で係を決めましょう

- 記録係(対面の生徒の中から1人) →ローバーの記録
- 操作係(対面の生徒で、途中で変わっても構いません) →ローバーの操作

6

6

3. 実験開始！



まずは1～4班(前半組)の実験から！
制限時間は8分です

後半組(5～8班)は観戦しましょう！

そこまで！

7

7

3. 実験開始！



次は5～8班(後半組)の実験！
制限時間は8分です

前半組(1～4班)は観戦しましょう！

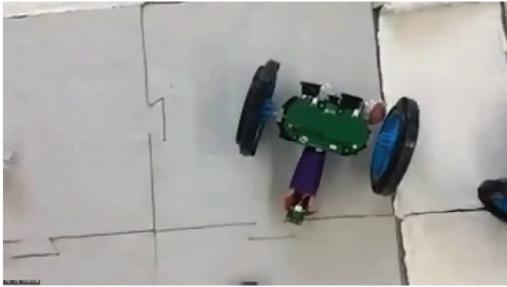
そこまで！

8

8

4. 実験の振り返り

◎ローバーの衝突(2/22の実験映像)



9

9

4. 実験の振り返り

◎ローバーが衝突しないためには？



意思疎通をとるための仕組みと
そのルールが必要

10

10

☆. LEDについて

◎実は…

このローバーに、LEDを装備することが出来るんです！



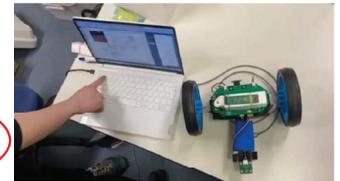
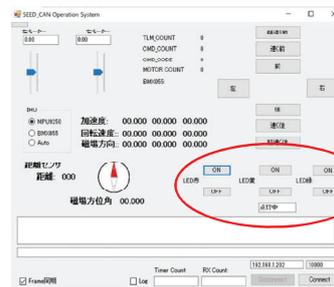
◀ 消灯時
点灯時 ▶



11

11

☆. LEDについて



12

12

5. ルールを考えてみよう

☆制限時間は3分です

どんなルールがあったら衝突しないか、
各自で考えてみましょう



ワークシート5-2にまとめましょう

これは今日の放課後までに提出してもらいます

13

13

6. ルール作成

☆制限時間は13分です

各班でルールを一つにまとめましょう

◎ワークシート5-3に記入しましょう
同時に班の中で一人発表者も決めてください



14

14

5. ルール作成

班番号	ルール
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	

◎ワークシート5-4に記入しましょう

15

15

7. 宿題

ワークシート6

締切 **2/28(月) 12:30**

1. 各班の良い点、改善点を自分の言葉で整理してください。
2. 他班の案について、気づいたこと・考えたことを書いてください。

16

16

ミッションの成功は皆にかかっている！

◎クマムシを運ぶローバー同士が、安全に目的地に行くためにはルールが必要！

“ルールを作って” 衝突せず無事に目的地まで進め！

2022/3/1 (火) 13:15~14:05

