

宇宙探査  
オープンイノベーションフォーラム

インデクシング

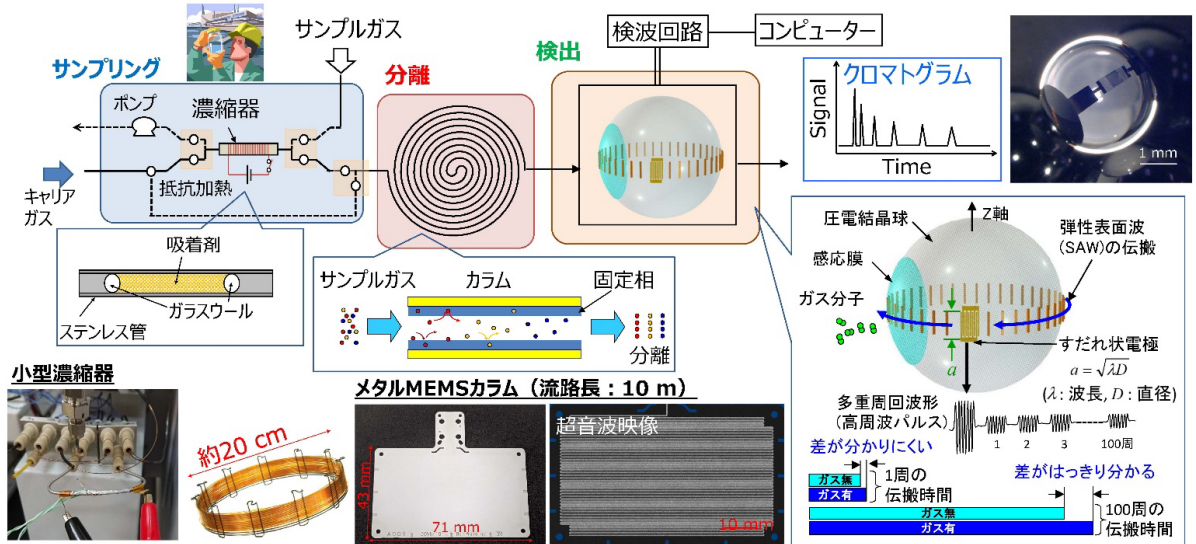


Together, to the Next Stage

# 多種類の揮発性物質に対する高感度・高精度な可搬型ガスクロマトグラフの研究開発について

## ボールウェーブ株式会社

有人宇宙環境における空気モニタリングや惑星探査における揮発性有機物のその場分析のため、多種類のガスを分子種ごとに分離して検出する超小型ガスクロマトグラフを開発する。地上においても、食品の香気成分や生体ガスおよび作業環境や居住環境の有害ガスの分析など、多領域への応用が期待される。



### 宇宙用試作機

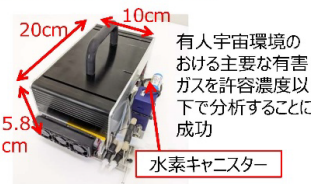
ISSや月面と圧ローバーなど有人宇宙環境における大気中の有害ガスモニタリングを想定した超小型ガスクロマトグラフを開発

試作1号機(2020年)



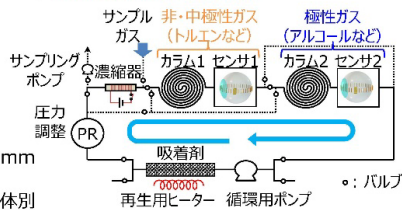
原理検証機として動作を確認

試作2号機(2021年)



試作3号機(2023年)

より具体的な宇宙利用を想定し、水素キャニスターではなく空気をキャリアガスとして利用



サイズ\*: 180×110×85 mm  
重量\*: 0.8 kg  
消費電力: 18.6 W \*筐体別

- ① 現在ISSで運用されているフライト品に比べて小型・軽量・省電力
- ② 2種類のカラムとセンサを搭載することで、1つのシステムで幅広いガスを分析可能
- ③ キャリアガスに空気をを用いるため安全
- ④ キャニスター交換が不要で、かつ吸着剤を再生できるためメンテナンスフリー

### 地上応用製品

手のひらサイズの高感度ガスクロマトグラフ: Sylph (2022年~)

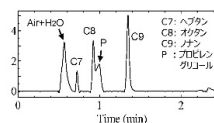


サイズ: 133×88×174 mm  
重量: 2.0 kg  
電源: 72 W  
1組のメタルソレノイドカラムとセンサを搭載  
想定する用途  
・環境中のVOC測定  
・食品・バイオ産業における品質管理など

### アプリケーション例

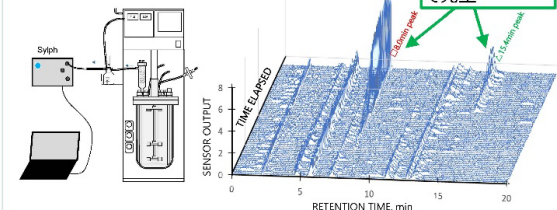
#### 環境測定

世界初!  
ドローンによる  
空中分析



#### バイオ

香気成分分析によるバイオリクター制御



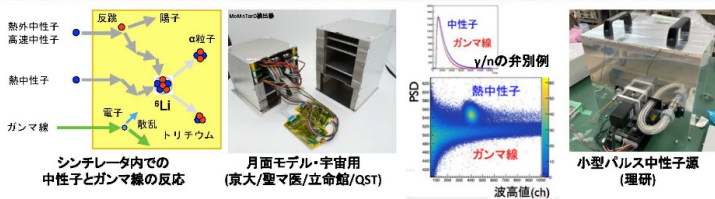
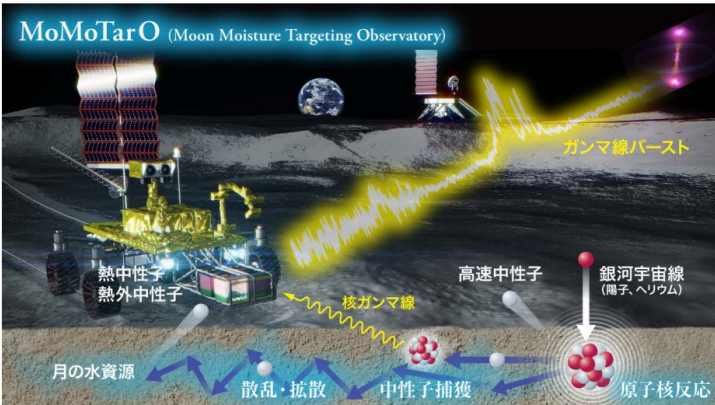


# 月面探査と土木建築でのデュアルユースを視野に入れた次世代型の中性子水モニタの開発

理化学研究所/聖マリアナ医科大学/立命館大学/ソイルアンドロックエンジニアリング社/量子科学技術研究開発機構

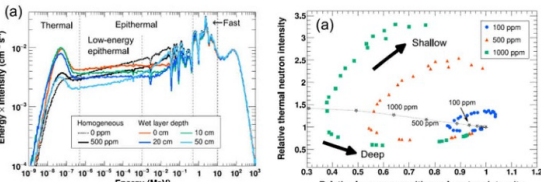
## 宇宙/地上へのインパクト

- ✓月面に衝突する銀河宇宙線で発生する中性子を月面ローバー搭載の放射線モニタで測定し、非接触に水資源を探査したい。
- ✓シンチレータと光検出器の宇宙用小型モニタは、宇宙探査や科学観測に加え、地上の土木建築で事業化するデュアルユース。
- ✓日本国内で中性子を用いた含水率モニタを研究する研究者、企業が一同に集まった学際コラボレーションが形成できた。



## 口研究成果のハイライト

- ✓宇宙空間での利用を想定した中性子モニタ Moon Moisture Targeting Observatory (MoMoTarO)を国産で設計・開発し、国際宇宙ステーション「きぼう」曝露部で2026年に半年間の宇宙実証を行うことが決まった。
- ✓宇宙環境での利用のため、陽子照射試験等の環境試験を実施した。今後、熱真空や振動などの環境も試験予定。
- ✓月面の極低含水率(~0.5-3重量%)を模擬したシミュラント土槽の作成法を確立し、中性子実験を複数回行って月面の含水率を測定できる見込みを得た。
- ✓月面環境での粒子飛跡シミュレーションを繰り返し、熱・熱外・高速中性子の強度比から、水の量と存在形態の情報を引き出せることを示した。
- ✓将来の月面探査において中性子のオンオフ照射により信号ノイズ比を向上させるため、回転シャッター式の小型パルス中性子源を開発した。
- ✓これらの技術を応用し、地上での事業化を目指す測定器モデルを開発した。
- ✓MoMoTarOの月面運用で、中性子の寿命パズルの解明やガンマ線バーストの重力波宇宙論へ活用などの宇宙科学もできると判明(探査と科学の連携)。



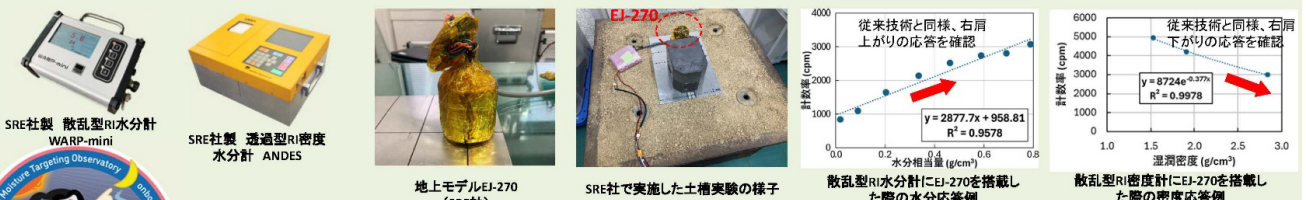
銀河宇宙線で発生する月面中性子の運動エネルギーゲースペクトル(シミュレーション) (Kusano et al., Planetary and Space Science, 2024)

## 口地上における事業化計画

- ✓地上においても、月開発と同様に、無人化や遠隔施工が注目されている。建設分野で使用されている土やコンクリートの水分を計測するためのRI計器にMoMoTarOの技術を適用できないか計画。
- ✓中性子シンチレータ EJ-270の地上モデルを開発し中性子に関する基本応答を確認した。
- ✓透過型RI密度水分計、散乱型RI水分計への搭載実験を行い所定の水分計測精度が得られることを土木学会にて発表した。
- ✓現在、EJ-270がガンマ線にも感度を持つ特性を利用して、密度計としての利用ができないか研究を継続中。密度計測技術が利用できれば、散乱型RI水分計の測定精度向上、適用範囲の拡大が可能となる見込み。

### ● RI計器とは？

熱中性子検出器(He-3比例計数管)と中性子線源(Cf-252)を用いて、中性子線源から放出された速中性子線が土中の水分と反応し熱中性子となる技術を用いた水分計。ガンマ線検出器とガンマ線を用いた密度計と組み合わせて利用されることもある。建設分野では50年以上用いられている品質管理には欠かせない測定器。





# 広温度領域作動イオン液体リチウムイオン電池の真空高温耐性の向上

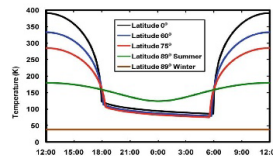
株式会社アイ・エレクトロライト、関西大学

## □ 研究目的

広い動作温度範囲を有しながら高いエネルギー密度を実現可能なイオン液体電池の宇宙探査への応用に向けて、課題である低圧下での電池の膨れ及び、高温サイクル下での劣化のメカニズムを明らかにし、真空高温耐性を向上させることを目的とする。

本研究は第7回RFPの共同研究で試作した2Ah級のイオン液体電池において、宇宙探査機に要求される80°C~-40°Cの幅広い温度範囲で作動することに成功し、さらなる高温下真空耐性の確保に向けてフォローアップ研究を実施中。

成果は過酷な環境で使用する産業用蓄電池、車載用蓄電池、宇宙探査への適用を目指す。



D.A. Paige et al., Space Sci Rev(2010) 150: 125-160

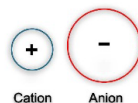
月面表面温度プロファイル

## □ イオン液体とイオン液体電池

### 【イオン液体】

カチオンとアニオンのみから構成される液体

非引火性、低蒸気圧のため様々な温度・圧力環境下で安定



火が近づいても発火しない

### 【イオン液体二次電池】

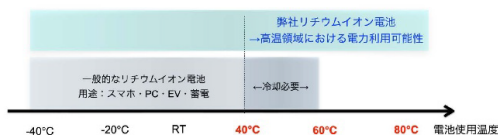
イオン液体を電解液に用いた二次電池

イオン液体の特徴を生かした電池（安全性、高温耐性、真空下での信頼性）

高性能なイオン液体リチウム二次電池誕生への

ブレイクスルーは

関西大学 教授石川正司らの研究成果から始まる。



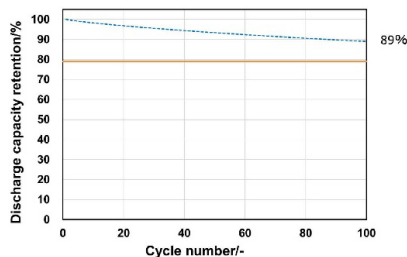
M. Ishikawa et al., J. Power Sources, 162, 658 (2006).

2024年(公財) 加藤化学振興会 加藤記念賞受賞 (関西大学 教授石川正司)

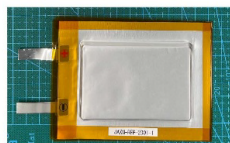
「テーマ 極限環境下用イオン液体蓄電池の開発」

## □ 研究目標

- ・エネルギー密度： $\geq 200$  Wh/kg、 $\geq 2$  Ah イオン液体リチウムイオン電池の開発
- ・放電特性：80°C 3C放電 5 min以上可能であること
- ・耐久性：80°C 100サイクル後 容量保持率  $\geq 80\%$ であること



80°Cサイクル特性  
(フォローアップ研究試作セル)



2.6Ahラミネートセル

### 第7回RFP成果

評価項目	結果
電池容量	>2.6 Ah
単セル エネルギー密度	160 Wh/kg
+80°C 3C放電容量	>2.3 Ah (大気圧&真空下で確認)
-40°C 0.0024C放電容量	>0.7Ah (>170 h)





# 超小型3次元蛍光顕微鏡デバイスの開発

## 株式会社IDDK

### 背景

#### 宇宙研究について

- ・有人宇宙探査や低軌道利用のビジネス拡大など  
有人宇宙活動の広がり
- ・微小重力環境を利用した再生医療の臓器製造
  - 重力影響の減弱により3次元培養に有利
  - 立体的な構造の臓器形成が必須
- ・宇宙でしかできない研究の可能性を探索
- 生命現象(発生・分化など)への影響の解明

#### 現状の蛍光3次元顕微鏡

##### 特徴

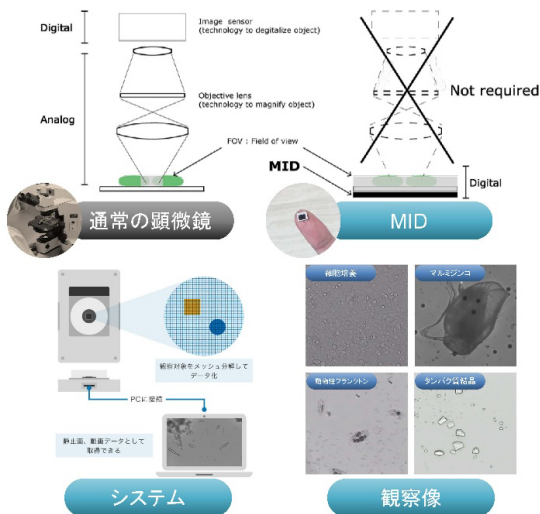
高い時間分解能、試料の詳細な情報を取得可能

##### デメリット

- ・装置の構造や機構が複雑で寸法・質量が重厚長大  
(商用品は、0.5~2.5m<sup>3</sup>、100~300kg程度)
- ・ISS等の宇宙ステーションへの搭載性が低い



### 開発概要



通常の顕微鏡は、左図(左)のように対物レンズや接眼レンズ、X-Yステージなどの複雑な機構が必要となるため大きくなりますが、当社が開発している顕微観察MID(Micro Image Device)は左図(右)のように複雑な機構が不要です。

MIDの特徴としてはMEMSプロセス等の半導体加工技術を用いて作製する、光学系を持たない小型のレンズフリーの顕微観察装置です。

現世代MIDは明視野・自発光観察であり、蛍光観察に対応していませんが、微細構造の形状検討を重ねることで、蛍光および3次元観察に対応することができる超小型な顕微観察装置(MID)として開発中です。

### 開発目標

## 光学系をもたない超小型3次元蛍光顕微鏡デバイスの開発

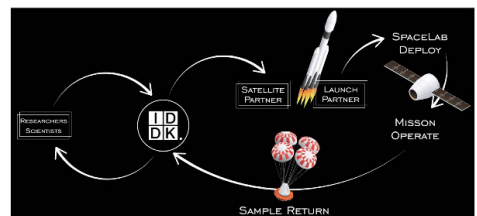


- ・ISS等に搭載が容易な超小型デバイス
- ・分解能: 1.2 μm
- ・Field Of View(実視野): 15 mm<sup>2</sup>
- ・多波長蛍光観察(可視光領域)
- ・3次元観察
- ・寸法: 90mmx130mm x 50mm以下

### IDDK 事業紹介

#### Micro Bio Space LABプラットフォーム

人工衛星ペイロードサービスを利用した民間主導宇宙バイオ実験サービスプラットフォームを構築中  
→2024年度 実証機の打ち上げ。2025年度 サービス開始。



# 2x2自由度羽ばたき飛行ロボットの トータルシミュレーション技術開発と妥当性検証

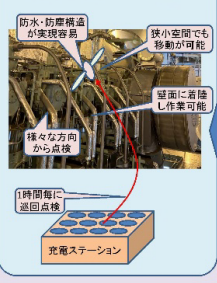
株式会社中北製作所、京都大学

## 研究の背景

枝や壁などの不整地でも離着陸可能な生体の羽ばたき飛行は、配管点検等の民間事業に加え、大気惑星探査とも親和性が高い

羽駆動の多自由度/冗長自由度が生体の多様な飛行実現の鍵、との仮説の下、過去研究より自由度が高く冗長性を持つ2自由度x2枚羽ロボット※を開発中

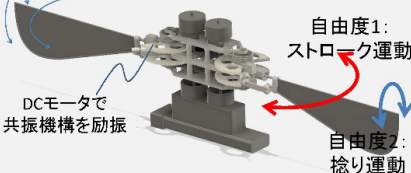
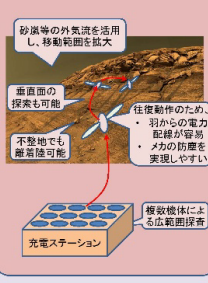
### 点検業務への適用



### 生体の羽ばたき飛行



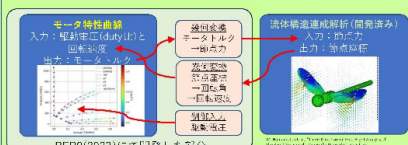
### 火星探査への適用



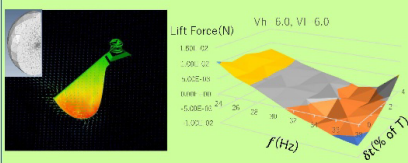
※ 2x2DoF-FMAV: 左右2枚の羽を、それぞれストロークと捻じりの2自由度(Degree of Freedom)で駆動する、トータル4自由度の羽ばたき飛行体

## 2023年度 RFP9(アイデア検証ステージ)での基礎技術構築

### ①三者連成シミュレーション構築

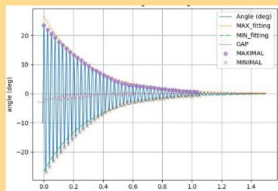


### 三者連成シミュレーション構築

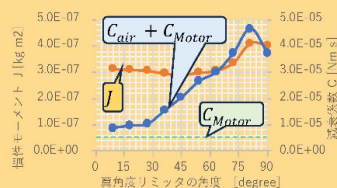


### パラメータスタディ結果(例)

### ②羽ばたき機構のモデル同定

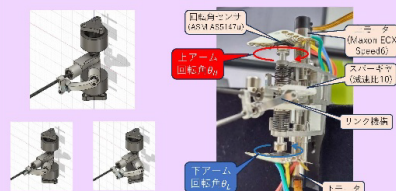


### 非対称性・非線形性を特定・排除

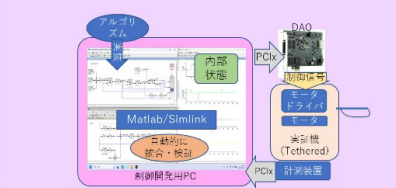


### 羽の空力減衰を定量計測

### ③制御検証システム構築



### 2DoF駆動テスト機構



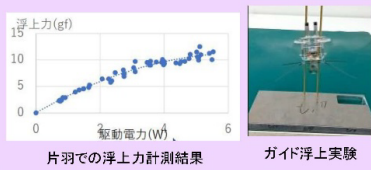
### リアルタイム検証システム構築

2024/9～ フォローアップ研究へ移行し、2x2DoF-MAVの自立浮上実現性の実証に取り組んでいる

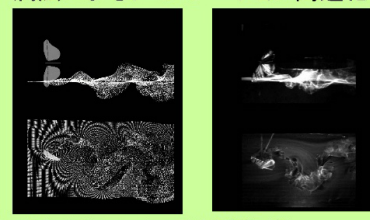
### 2自由度協調動作実現による浮上力生成実証

$$[T]^T [J_{\alpha\beta}] [T] \begin{pmatrix} \dot{\theta}_H \\ \dot{\theta}_L \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} C_{air}(\beta(\theta_H - \theta_L)) \\ \frac{1}{4R} \cos(\beta) C_{air}(\beta) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix} [T] + \begin{pmatrix} C_{motor} + \eta N_{gear} \\ 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \dot{\theta}_H \\ \dot{\theta}_L \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} K_H & 0 \\ 0 & K_L \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \theta_H \\ \theta_L \end{pmatrix} = \eta N_{gear} K_T / R_a \begin{pmatrix} V_H \\ V_L \end{pmatrix}$$

### 簡略モデル(2x1DoF)による飛行への要求仕様導出



### 渦法によるシミュレーション高速化





# 閉鎖循環式養殖における飼育水脱窒処理の省リソース化や完全自立化に資する、水素ガス利用微生物脱窒反応を用いた新規脱窒処理システムの開発

## 山梨大学 国際流域環境研究センター

### 1. 背景

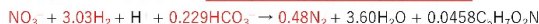
#### 閉鎖循環式陸上養殖の課題

- NO<sub>3</sub>-Nの蓄積による魚類成長への悪影響
- 生体親和性の高い脱窒処理技術の開発
- 養殖に要するエネルギー等の“外部依存”

閉鎖隔離環境（月面基地等を含む）でも持続的に稼働可能な脱窒処理技術の開発が必要

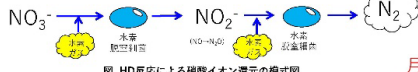
#### 水素ガス利用脱窒（HD）反応の利用

水素ガスを利用する微生物の硝酸性窒素除去反応



・NO<sub>3</sub><sup>-</sup>+H<sub>2</sub>+H<sup>+</sup>+H<sub>2</sub>O (脱窒還元反応) (揮発性窒素：一酸化二窒素を生成する反応を含む)

・2NO<sub>2</sub><sup>-</sup>+2H<sup>+</sup>+3H<sub>2</sub>→N<sub>2</sub>+4H<sub>2</sub>O (連脱窒還元反応)



HD反応による硝酸イオン還元の様式図  
H<sub>2</sub>ガスとCO<sub>2</sub>ガスで脱窒処理が可能

月面探査基地でも陸上養殖を実施可能に

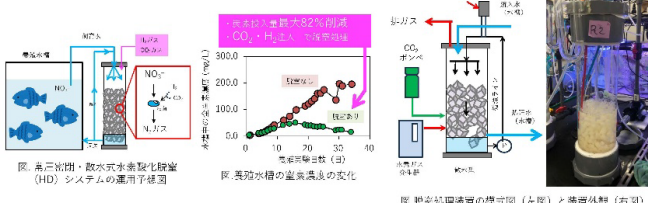
既存養殖飼育水脱窒処理に比べ優位性をもつ  
環境汚染リスク：低 生体親和性：高 処理装置の自立稼働性：高

### 2. 研究目的

- HDシステム開発と最適運転方法の数値化
- HDシステムを用いた養殖飼育水脱窒処理の実証試験
- HDシステム導入による省リソース効果の評価

### 3. 研究成果

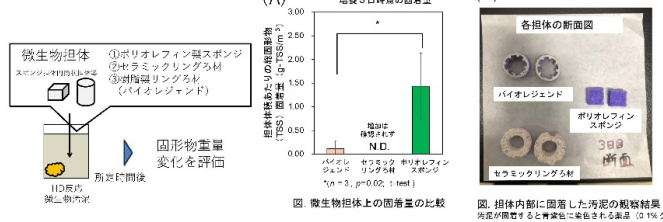
- ポリオレフィン製スポンジを用いる**常圧密閉・散水型脱窒システムを開発**（脱窒能力：**1.4 g-N/日**）特許出願済み
- 脱窒処理導入による**飼育体への悪影響なし（100日間の養殖実験中の死亡率0%）**
- 現行技術に対し脱窒処理に要する**炭素量を最大83%削減できることを実証**



## 研究結果の概要

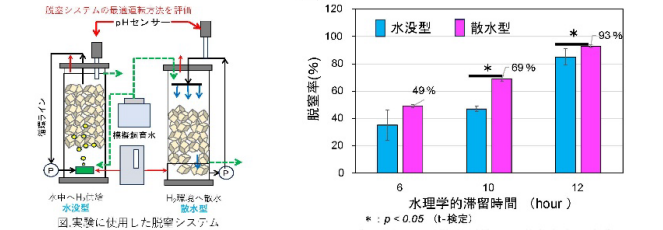
### 常圧密閉式脱窒システム開発

#### ②-1：微生物担体の選定



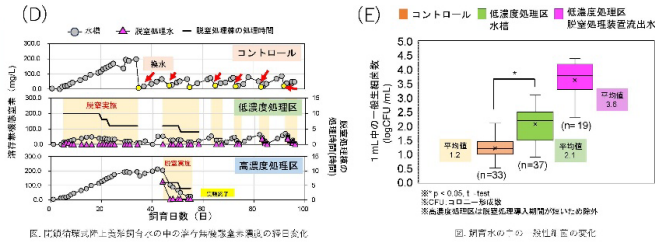
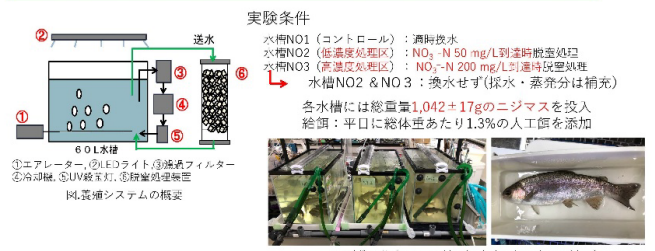
**結果**  
微生物保持担体を選定（図A&B）  
・ポリオレフィンスポンジ：汚泥固着量最大**1.43g/m<sup>3</sup>**（図A）  
・スポンジ内部への汚泥固着が汚泥保持性向上に貢献（図B）  
・宇宙輸送を考慮しても**スポンジは最適微生物担体**

#### ②-2：最適運転方法の選定



**結果**  
常圧密閉式・散水型脱窒システム開発（図C）  
・散水型装置：水没型に比べ最大**1.5倍**高い脱窒能力  
・散水型装置が駆動性能面からもより効率的な運転方法

### 閉鎖循環式養殖飼育水の脱窒処理実証試験



**結果**  
脱窒システムの性能評価（図D）  
低濃度処理区：脱窒時間0.5時間、最大**1.8 g/日**の脱窒速度  
高濃度処理区：処理時間4時間、最大**0.46 g/日**の脱窒速度  
システム導入による水質影響評価（図E）  
水中の細菌数増大（平均2.1 logCFU/ml：3温度処理区）  
飼育魚類への影響評価（図F）  
コントロール/低濃度処理区：約100日間の飼育体死亡率は**0%**  
脱窒処理に要する省リソース効果計算  
1日、1gの窒素除去に炭素ガス由来の炭素0.2gを要した。  
→既存技術利用脱窒反応に比べ炭素投入量最大**82%削減**\*

# 長期間移動可能型ロボットへ向けた最適電力マネジメントシステムの研究

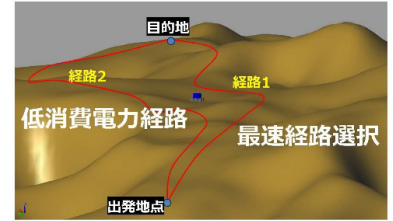
トヨタテクニカルディベロップメント株式会社 ・ 大阪大学

## 未知の路面状態をリアルタイムに学習し 最適な経路探索と電力マネジメントを行うシステム

### 背景・目的

未知の地帯では傾斜や摩擦など路面状態の不明点が多く、目的地までの電費予測が困難である。

本研究では未知の路面でも走行状態を**随時学習する**事で、目的地までの移動時間と消費電力を最小化する**最適電力マネジメントシステムの確立**を目的とする。



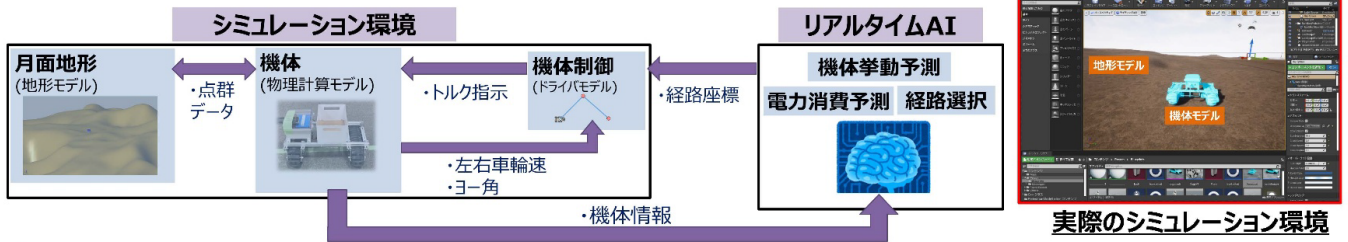
### 概要

- ①シミュレーション環境 機体/月面モデルを作成し、電力消費を評価可能なシステム
- ②リアルタイムAI 機体挙動、電力消費を予測し適切な経路を探索するアルゴリズム

### 研究内容

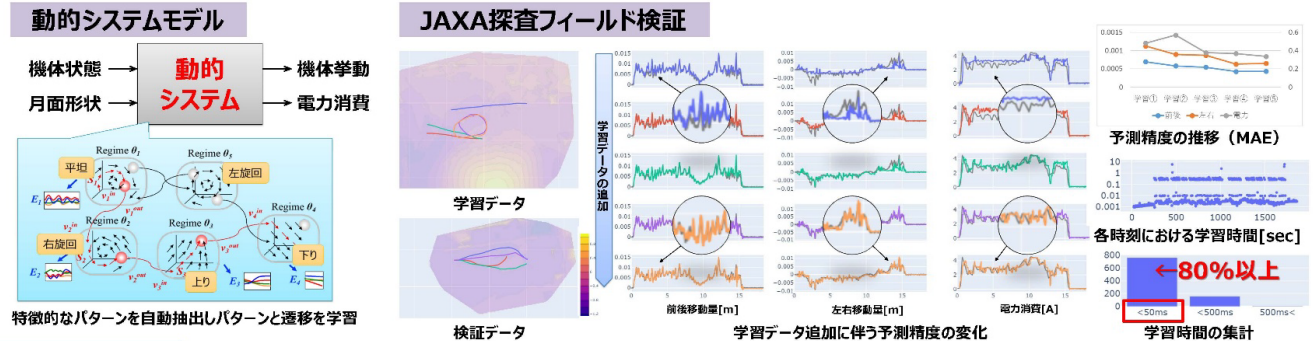
#### ①シミュレーション環境

●リアルタイムAIと連携し電力消費を計算するシミュレーション環境



#### ②リアルタイムAI

●動的システムモデリングによる機体挙動と電力消費の予測



### 今後の予定

学習を継続することで予測精度が向上

【シミュレーション】・小型化車から大型車へ。自律走行するための制御を踏まえた電力マネジメントシステムの検証

【応用展開】・EV車両のバッテリー電力消費予測やビニールハウス内の環境予測への応用





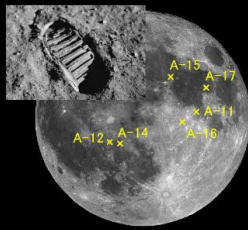
# 月面資源利用による自己増殖的な 太陽光発電システムの構築を目指した 熔融酸化物からのシリコン製造

その場資源利用 (ISRU)

同志社大学

in-situ Resource Utilization

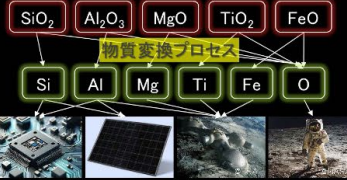
## アポロ計画から明らかになった月レゴリス組成



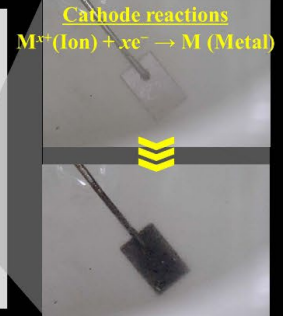
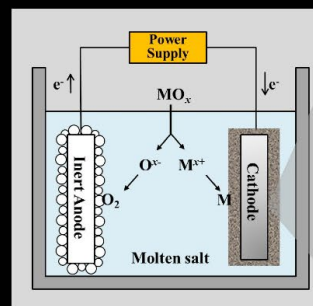
Element	A-11	A-12	A-14	A-15	A-16	A-17
SiO <sub>2</sub>	42.20	46.30	48.10	46.80	45.00	43.20
TiO <sub>2</sub>	7.80	3.00	1.70	1.40	0.54	4.20
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.60	12.90	17.40	14.60	27.30	17.10
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.30	0.64	0.23	0.36	0.33	0.33
FeO	15.30	15.10	10.40	14.30	5.10	12.20
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MnO	0.20	0.23	0.14	0.19	0.30	0.17
MgO	7.80	9.90	9.40	11.90	6.70	10.40
CaO	11.90	10.70	10.70	10.80	15.70	11.80
Na <sub>2</sub> O	0.47	0.54	0.70	0.39	0.45	0.40
K <sub>2</sub> O	0.16	0.31	0.55	0.21	0.17	0.13
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.05	0.40	0.51	0.18	0.11	0.12
S	0.12			0.06	0.07	0.09
H <sub>2</sub> O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	99.90	99.11	99.83	100.79	100.78	100.14

Houston, G. J et al., eds. (1971). Lunar Science Data, Cambridge University Press

Ilmenite FeTiO<sub>3</sub>  
Plagioclase NaAlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub> - CaAl<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>7</sub>  
(Ca, Mg, Fe)<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>7</sub>  
Pyroxene (Mg, Fe)SiO<sub>3</sub>  
Olivine Mg<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>/Fe<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>  
Chromite FeCr<sub>2</sub>O<sub>4</sub>  
Apatite Ca<sub>5</sub>(F<sub>4</sub>Cl)<sub>2</sub>  
Chloride M-Cl



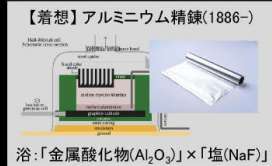
## 本研究提案の電気化学プロセス



## 独自の電解溶の研究

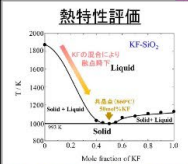


溶解レゴリス  
① 資源調達が容易  
② 単純さ  
③ 高い融点  
④ 粘性・電気抵抗

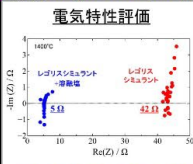


K.D. Grossman et al., ASCEND 2021.

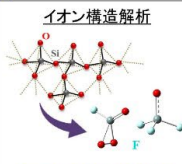
## 溶解レゴリス × ハロゲン化物塩



融点降下 1713°C ⇒ 860°C  
Y. Suzuki et al., J. Electrochem. Soc. 166 (2019)

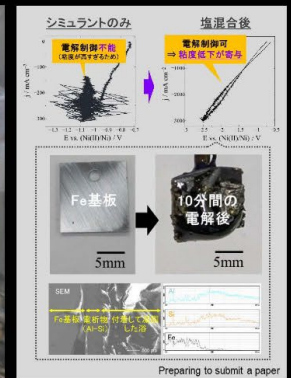


電気抵抗値: 42 Ω ⇒ 5 Ω  
Preparing to submit a paper.



F<sup>-</sup>の錯イオン形成効果  
Y. Suzuki et al., Inorg. Chem. 63 (2023) 203.

## レゴリスシミュラントの溶融・電解試験



Preparing to submit a paper

## 将来: 月面上での 資源・電力システム



## 技術的課題

- ca. 1500°C系でのデータ蓄積
- 月面(現地)用のデバイス設計

## 事業的課題

- 探査, 採掘など他プロセスも含めたプロセス構築
- 月面拠点の土地との親和性
- 地球上でのビジネス展開

コラボレーションのご提案  
お待ちしております!



# 低重力・無重力下における水分子の動態モニタ技術の開発

株式会社資生堂、神戸大学、大阪公立大学、島根大学

(研究期間: 2023.11 ~ 2025.3)

## □背景

生体中の水は、常に水分子が単独で存在しているわけではなく、多くはタンパク質や脂質と結合して存在している。地球外における微小重力環境下での水分子の結合状態は、水分子が介在するすべての身体機能(皮膚のバリア機能保持・体液保持・体温の維持・血液循環・触感等)に影響を及ぼすと考えられている。



## □目的

本研究は、微小重力環境下における水分子の結合状態の解明及び継続的なモニタ技術の開発を目的とする。本研究期間内では、水分子の動態の基礎データをクリノスタットを用いた地上実験で取得し、水分子の動態への重力の影響の基礎知見を取得する。

## □研究内容

### ・実験系の確立

疑似微小重力環境下における溶液中の水素結合ネットワーク計測実験系(Near-infrared spectroscopy: NIR)の確立

### ・ハンディデバイス

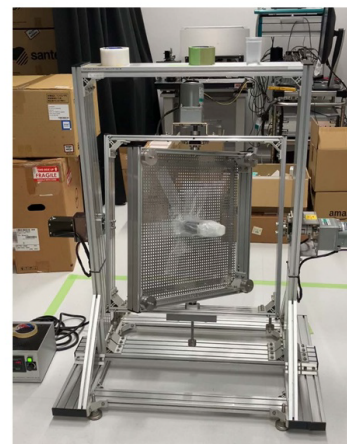
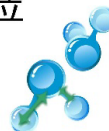
将来の宇宙実験設備に持ち込みを想定したハンディタイプの分光デバイスを活用したセンシング

### ・サンプル測定

疑似微小重力環境下での溶液あるいはナノサイズの細孔を有する多孔質材料中の水分子の水素結合ネットワーク解析

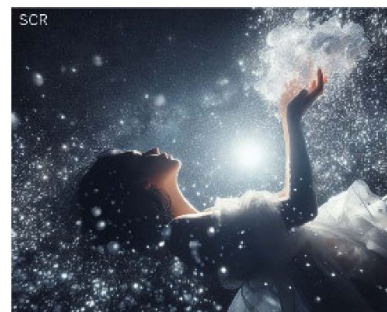
### ・重力以外の影響因子

水素結合ネットワークに影響する重力以外他因子の影響



## □将来の計画

最終的には、ハンディタイプの分光デバイスによる宇宙実験を想定している。本技術開発により、将来的には、微小重力環境下に滞在中の皮膚や身体の水分子の動態をモニタすることで、ヒトに優しい宇宙滞在環境の実現及び健康状態維持につながる事が期待される。



- Mechanism of photoinduced superhydrophilicity on the TiO<sub>2</sub> photocatalyst surface, J. Phys. Chem. B 2005, **109**(32), 15422–15428.
- Regional difference of water content in human skin studied by diffuse-reflectance near-infrared spectroscopy: consideration of measurement depth, Appl Spectrosc 2006, **60**(1), 24–28.
- Aquaphotomics — from innovative knowledge to integrative platform in science and technology, Molecules 2019, **24**(15), 2742.
- Assessment of embryonic bioactivity through changes in the water structure using near-infrared (NIR) spectroscopy and imaging, Anal Chem 2020, **92**(12), 8133–8141.





# フライアイレンズ系による光無線給電用 小型受光モジュールの研究開発について

東京科学大学

## □ 研究の背景

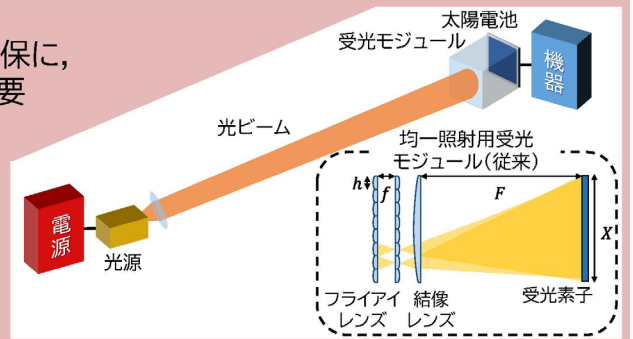
- 月面永久影領域等における探査機の電力確保に、光ビームによる無線給電『光無線給電』は重要

## □ 課題

- 高効率給電には受光用太陽電池パネルの光照射強度ムラへの対策が必要

## □ 方法

- 太陽電池パネル前面に光均一照射用受光モジュールを設置



## □ 研究内容

### ◆ 具体的課題とその解決手法

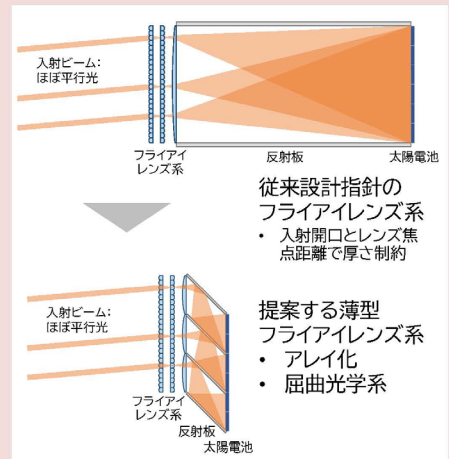
- 従来構築した光無線給電用フライアイレンズ均一照射系(特許取得済)をもとに新規構造を開発
- 従来フライアイレンズ系は『厚い構造』が課題。従来構成例: 受光面サイズ30cm角で厚さ60cm
- サブモジュールによるアレイ化と屈曲光学系で『薄型化』

### ◆ 研究達成目標

- 受光面サイズ: 30cm角, 厚さ: 10cm以下, 重量: 1kg以下, 光到達効率: 90%以上, 光照射強度ムラ: 平均値±10%以下
- 提案構成の効果検証と超100W-超1km級への適用性検討

## □ 展開計画

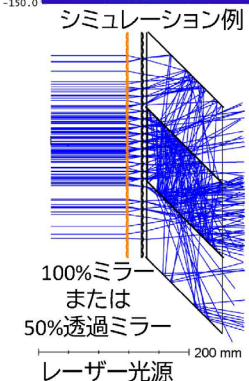
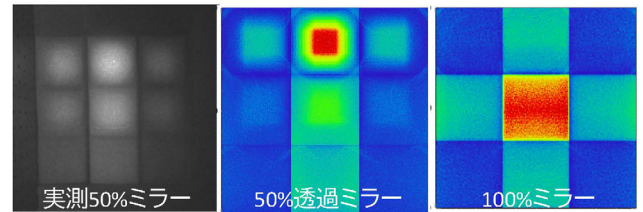
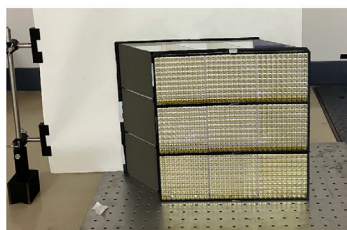
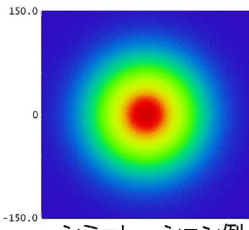
- 地上(屋内外), 空中, 水中における光無線給電や, 他の光学アプリ/ミッションでの活用も構想中



入射ビーム例: 20cmφ

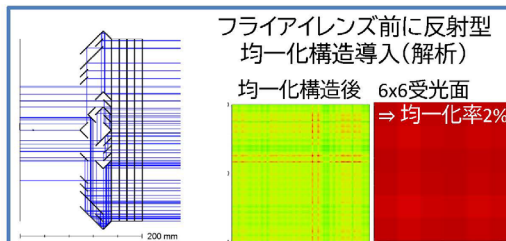
製作構造(3x3アレイ)

測定結果と解析の比較



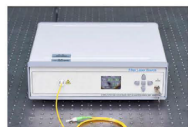
- フライアイレンズ: 1cm x 1cm, 10x10, 掘削型
- 結像レンズ: 10cm角アクリルフレネルレンズ
- 反射鏡: アルミミラー, (多層膜ミラー)
- モジュール: 3Dプリンタによる製作

- 20cmφビーム入射で解析同等の光分布
- 透過ミラーは2段階強度. 3x3への分配は多少良好
- 100%ミラーはアレイ内は均一. 3x3への分配が不十分
- 応用に応じた使い分け



## 研究目標の達成状況まとめ

- 受光面サイズ30cm角: **達成**
- 厚さ10cm以下: **12cm強**
- 重量1kg以下: **1.5kg**(⇒レンズ厚減で達成見込)
- 光到達効率90%以上: **100%ミラーで達成**, **透過ミラーで75%程度**(ビーム入射側への散乱)
- 光照射強度ムラ平均値±10%以下: **3x3の全体では未達**. 個々アレイ内で達成, 均一化構造提案.



- 波長: 1064 nm
- 出力: 10 W
- 横モード: シングル
- 出力: ファイバ結合



# 月面・軌道上における壁面自走型の電子ビーム溶接ロボットによる金属・レゴリス材料の革新的接合技術

## 株式会社 Space Quarters

✓事業目標 宇宙空間で、サイズ・構造・コストの制約を革新する建築技術を確立し、金属・レゴリス由来の建造物の建築を目指す

溶接・組立ロボットシステム × 構造強度

弊社開発  
電子ビーム  
溶接機



軌道上



月面



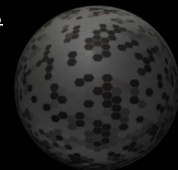
金属(輸送材料)

レゴリス(現地材料)



構造デザイン

軌道上

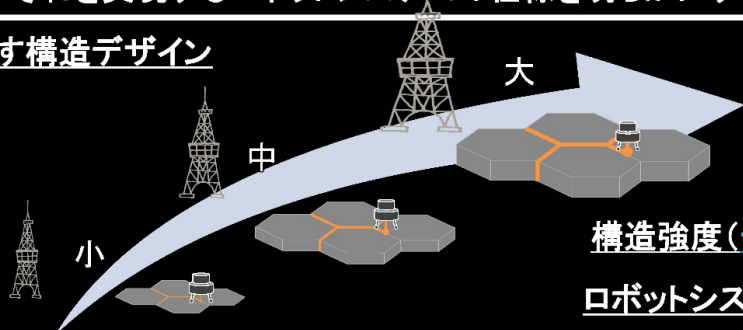


月面



✓本研究目標 仕様を満たす構造デザインを示すために、必要となる構造強度の獲得とそれを実現するロボットシステムの仕様を明らかにする

仕様を満たす構造デザイン



構造強度(母材強度・接合強度)

×

ロボットシステム(走査速度・出力)

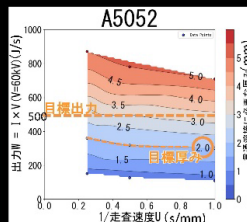
<成果①> (真空・省エネルギー金属接合技術の開発)

課題: 金属板厚の増加

板厚ごとに、貫通溶接が可能なビームの走査速度と出力マップの作製を実現

良好な溶接部

アルミ合金



<成果②> (レゴリス焼結体接合技術の開発)

課題: 母材・接合強度の担保

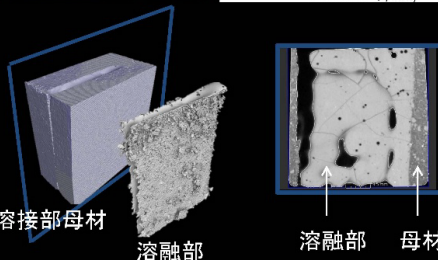
強度目標(接合体が母材応力の30%)に到達する接合パラメータを見出し、建材への成立性を確認

溶接部母材

溶融部

溶融部

母材



<今後の取組項目>

更なるエネルギー効率の最大化のために、金属は材質選定と強度試験、レゴリスは更なる強度向上と、走査速度・出力の強度マップの作製を実施し、完成建造物のデザインを示す。





# レジンコーテッドサンド技術を用いた レゴリス蓄熱デバイスに関する研究

株式会社レゾナック

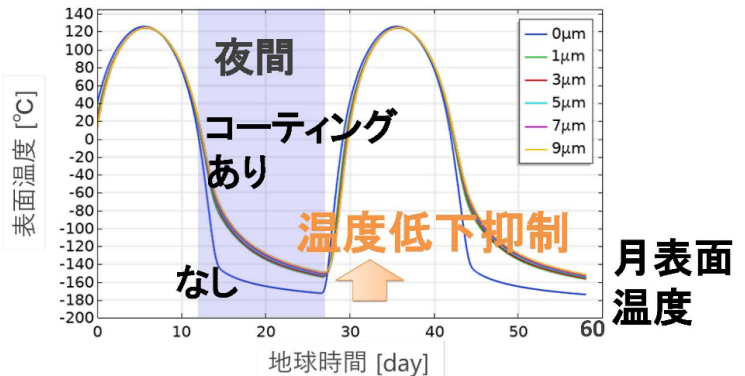
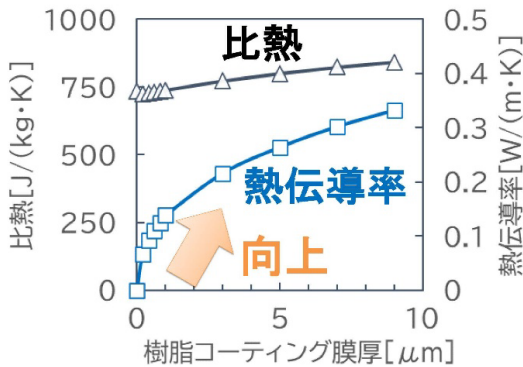
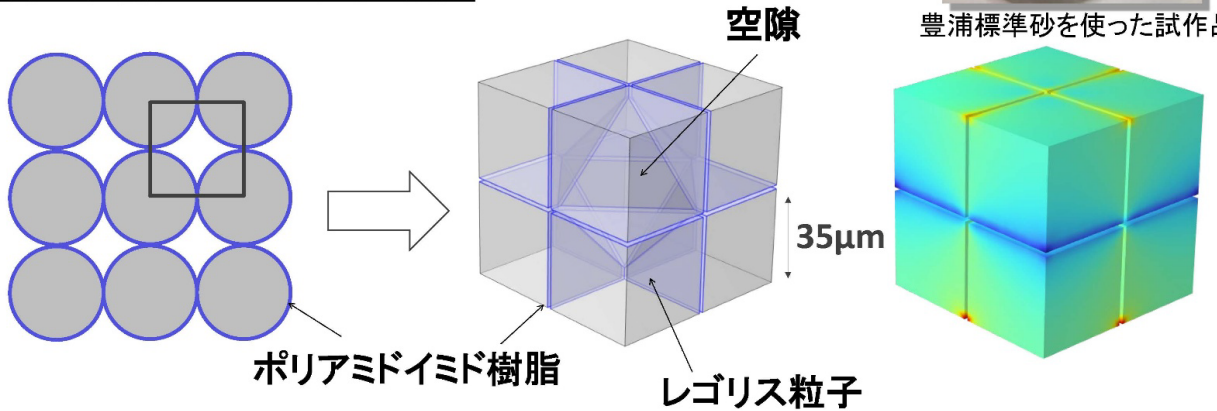
近い将来の月面活動に向けて、地球から輸送するのではなく、現地調達を基本としたISRU (In Situ Resource Utilization) 材による機能性材料の可能性を探求する。本研究では、月面レゴリスに樹脂をコーティングすることで熱伝導率を向上させ、蓄熱効果を付与する。

- レゴリスに樹脂をコーティングして熱伝導率を向上
- レゴリス同士を固着させることで熱伝導パスが形成
- 樹脂の添加量は3wt%程度でよく、ほとんどを現地調達可能



豊浦標準砂を使った試作品

## FEM真空伝熱シミュレーション結果



月面表面に配置した場合、熱伝導率向上により内部まで熱が浸透することで越夜時の温度低下が抑制され、結果として蓄熱効果をもつ材料となる

## 今後の技術開発

- 極域推薬プラントを想定し、補助熱源として利用可能な装置設計
- 構造部材としての活用性検討
- 樹脂配合の工夫により熱容量を増加させ、蓄熱効果を増やす検討



# 自動運転の大規模走行環境に向けた NeRFによる高品質センサシミュレーション技術

株式会社ティアフォー

## I. 研究背景

### 背景

- 自動運転システムの性能向上や安全性評価を目的とした走行環境のシミュレーションの重要性が向上

### 課題

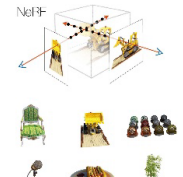
- 大規模な走行環境の再現 (Digital Twin) が高コスト
- センサシミュレーションにおける写実性の限界

### 研究の狙い

Neural Radiance Fields (NeRF) をベースとしたデータドリブな高品質センサシミュレーションの実現



"AWSIM" Open source simulator for self-driving cars



Mieschen (2021), et al. "Nerf: Representing scenes as neural radiance fields for view synthesis." Communications of the ACM 63(11):1029-1049, 2021

## II. 研究内容

### 研究目標

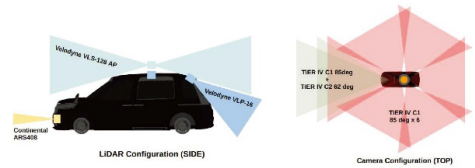
- 東京臨海副都心エリアにおける、数キロ四方の自動運転走行環境全体に対して高品質なセンサシミュレーション環境を構築

### 研究目標に対する課題と方策

- 高精度な Camera/LiDAR のセンサシミュレーションの実現
  - 収集した Camera/LiDAR のデータの統合 (センサフュージョン) による高精度化
- 都市レベルの大規模環境におけるセンサシミュレーションの実現
  - 環境全体を適切に分割/統合することによる大規模化

### データセット構築の方針

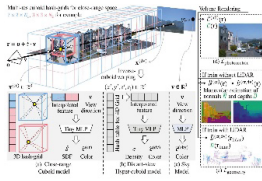
- ロボットタクシーによるデータセット構築
- 高精度に空間/時間同期されたセンサシステム技術を活用



Robotaxi sensor configuration



Camera/LiDAR sensor temporal alignment



Chen, Jiang, et al. "SplatNeRF: Scaling Multi-View neural Surface Reconstruction to Street Views."

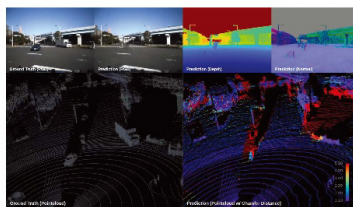


Tanaka, Masahiro, et al. "Block-NeRF: Scalable Large-scale neural radiance fields." Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2022.

## III. 研究現状

### 研究現状

- 東京臨海副都心エリアでのデータセット構築
- 小規模シーンにおける Camera/LiDAR のセンサシミュレーションの精度改善と検証
  - センサデータ単体での再構成精度評価
  - 物体認識タスクを通した精度評価
- 大規模シーン対応へのモデル設計と検証



Raw sensor data



Example reconstructed mesh output

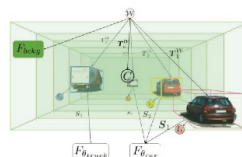
## IV. 今後の展望

### 研究発展性

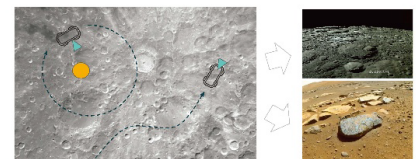
- Neural Scene Graph による動物体合成への対応
- 3D Gaussian Splatting による精度改善 / 計算高速化への対応

### 宇宙転用可能性例

- ローバー搭載の Camera/LiDAR センサデータ利用による観測ターゲットや走行環境における高精度シミュレーション



Choi, J. et al. "Neural scene graphs for dynamic scenes." Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2021.



Neural simulation on the Moon

