

米澤拓郎 + 菅野創 + Kyopalab
チーム
企画書

メンバー紹介

米澤 拓郎

名古屋大学工学研究科情報・通信専攻准教授

現在の研究テーマは

「異なる現実をセキュアにつなぐ情報技術と、それが実現する新たな価値・社会像」

主なプロジェクト：

JST CREST 「多様な形態の現実を安心・安全に創り・繋ぐTrusted Inter-Reality基盤」(2022-2028)

JST RISTEX 「サービス・モビリティと多形態コミュニティの繋がりによる社会的孤立・孤独予防モデル」(2023-2027)



菅野 創

愛知県立芸術大学美術学部メディア映像専攻
特任教授

IAMAS(情報科学芸術大学院大学)修了

2013年よりベルリンを拠点に活動

多数のロボットを使ったインスタレーションを
多く制作する。

文化庁メディア芸術祭優秀賞2回、新人賞1回

Prix Ars Electronica Honorary Mention受賞2回



興野 悠太郎

慶應義塾大学政策・メディア研究科博士課程在学
Kyopalab合同会社代表

在学中、抗がん剤などに利用される分子標的薬を設計するバイオベンチャーを創業。

創薬の現場にて完全自動機械の重要性を痛感したためロボティクスを独学で学び、ゼロから何でも作れるラボを目指したKyopalab合同会社を設立。

TEDxHanedaにて登壇 ほか受賞多数

JST CREST「多様な形態の現実を安心・安全に創り・繋ぐTrusted Inter-Reality基盤」(2022-2028)

米澤先生のご紹介の下、本プロジェクトに参画



タイトル「Fragmentations of Unity」(仮)

群と個をテーマにしたインスタレーション

「断片化」「分裂」「分散」といった意味をもつFragmentationと

「統一」「結束」といった意味を持つUnityと組み合わせることによって

反義語がつながり、ねじれたような矛盾するようなバランスと
緊張感の発生を意図しています。

コンセプト

コンセプト

このプロジェクトは、群と個の間に存在するダイナミクスを探求し、鑑賞者に新たな視点を提供する群ロボットインスタレーションです。

ロボットたちは互いに影響を与え合い、鑑賞者からの影響も受けながら、振る舞います。共鳴する振る舞いは群行動へと広がりますが、必ずしも全体が共鳴するとは限りません。

自然界の多くのシステムがバランスを保ちながら変化するように、この作品では、集団としての調和と個々の振る舞いが交錯する様子が描かれます。鑑賞者は作品の体験を通じて、集団の中における個の役割や影響力を考察し、より広い視点を得ることができるでしょう。

ロボットの形状は筒型

向きを持つ最もミニマルな形状です。
この形状は、動きや方向性を表現するのに
必要最小限の形態であり、プリミティブな
存在を象徴しています。

生物進化の初期段階で「食べる」ための消
化管が形成され、そこから「入口」と「出
口」が生まれることで、自然と方向性が発
生しました。



筒ロボットの振る舞い

円筒形ロボットは回転し向きを変えることが可能で、空間トラッキングと組み合わせたインタラクションを通じて、直感的に生命性を感じられるように振る舞います。

円筒形ロボットは天井から吊られ空間に設置され、個々が独自の動きをしつつも、他のロボットや鑑賞者と絶えず相互作用を行い、群としての振る舞いと個別の振る舞いの間を行き来します。鑑賞者は、そのダイナミクスを目の当たりにし、群の中における個の存在、そして個の中における群の影響を体感します。

インタラクションの設計方針

動物や人間が持つノンバーバルなコミュニケーションの様式を、ミニマルなロボットたちが再現します。非言語的なコミュニケーションによって感情や意思が相互に感じ取られる。

それを通じて鑑賞者が自らの立場や役割を投影する場を提供します。

鑑賞者に固定的な見解を押し付けるものではなく、むしろ多様な解釈を可能なものにしたい。

ところで、アイデアの起こり

私達は自己紹介とブレストを経て、作品のアイデアの方向性を

菅野がインスタレーションのスタイルとして確立してきている
多数のロボットを使うシステムと

米澤先生の研究の「共有リアリティ」というキーワードを関連付けて考えていくことになりました

Fact



Reality Reality
Fact
Reality Reality



(Shared)
Reality

Objective
Universal truths that can be
verified through observation
and experimentation

Subjective
Understanding and interpretation
of the world shaped by individual
perception, experience, and social
consensus.

Intersubjective
A worldview or values shared
among people.

「現実」をどう理解するか



都市空間のベクトル化、ユーザの多様性の導出



「現実」をどう繋ぐか



異なる現実を包摂的につなぐ
グループテレプレゼンスロボ

- 「体験者がいる」
 - 「筒口ボがある」
-
- 「体験者がいる」をどう各筒口ボが理解し振る舞うか
 - 「筒口ボがある」をどう各体験者が理解し振る舞うか

- 筒口ボ同士がその現実をどうすれば共有できるのか。
 - 体験者同士がその現実をどうすれば共有できるのか
- 「こころの内的状態を呼応させる」

クラゲ → 筒へ

クラゲとはコミュニケーションが取れる気がしない、共有できるリアリティがなさそう

では逆に最低限コミュニケーションを取れそうな気がするには、どんな条件が要るのだろうか

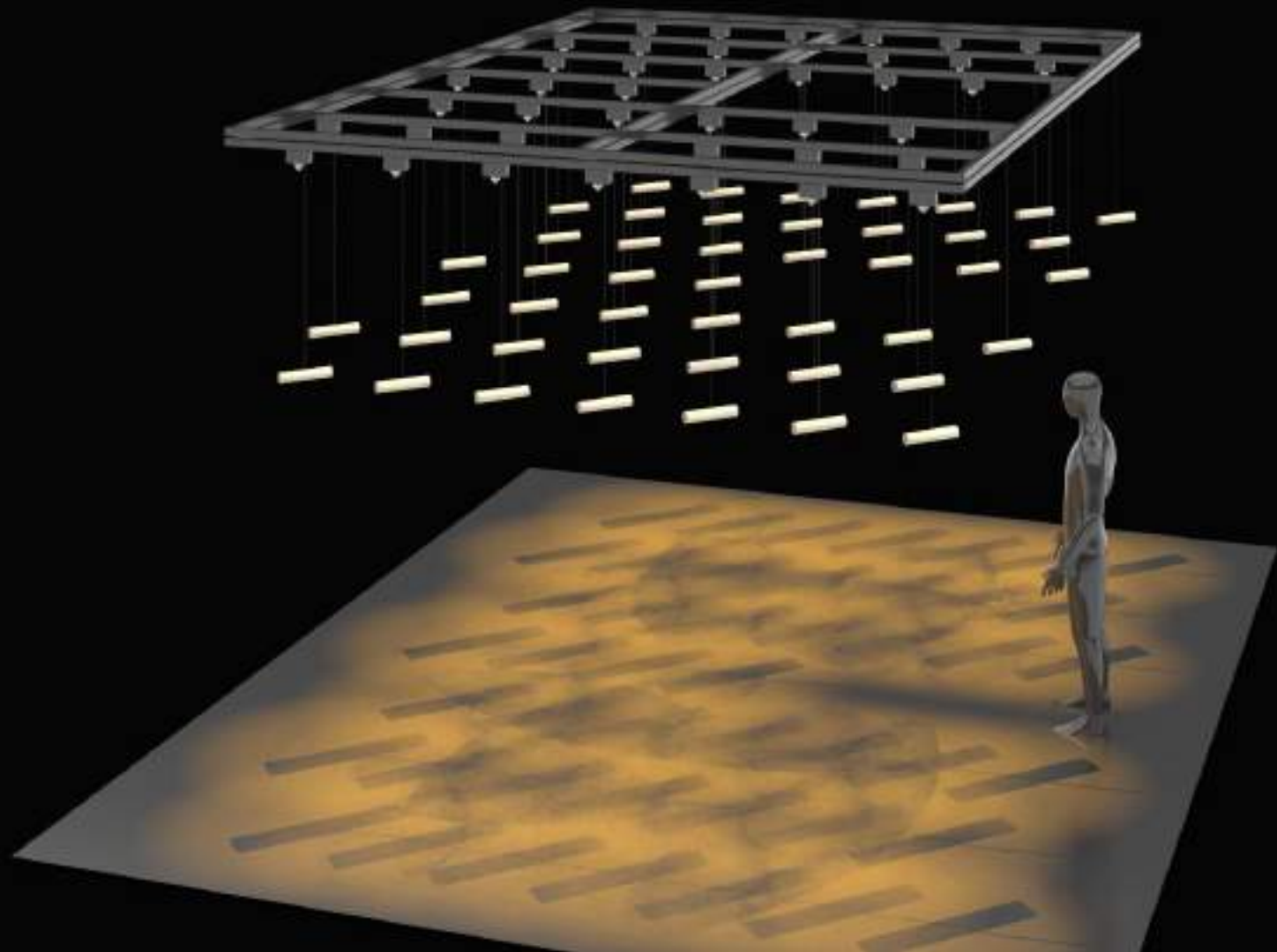
消化管を持つ動物は向きがある、向きがある連中とは向き合える気がする

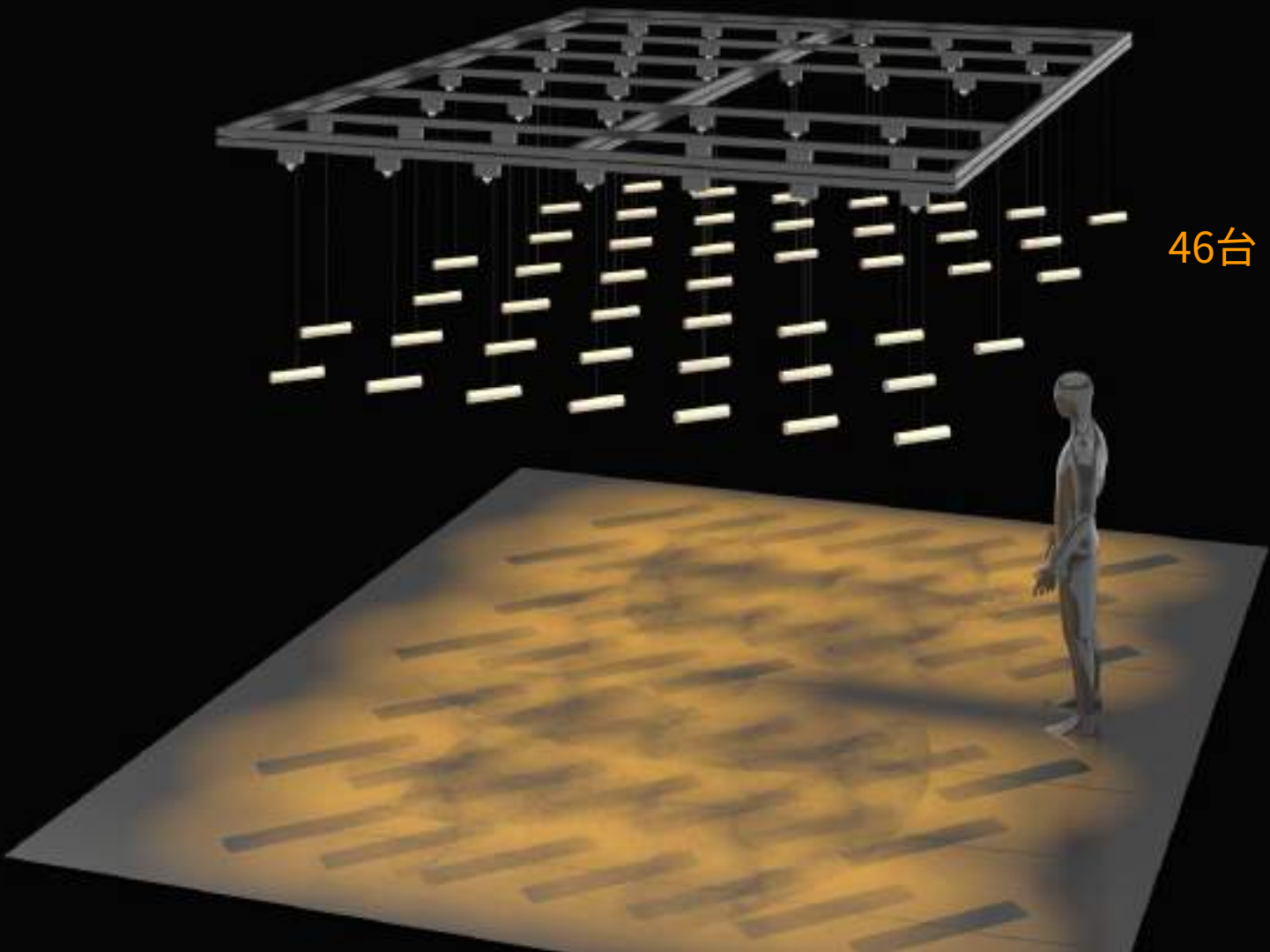
管のプリミティブ形状は筒だ！

このようにして、筒状の形のロボットを作ろうというアイデアが生まれました

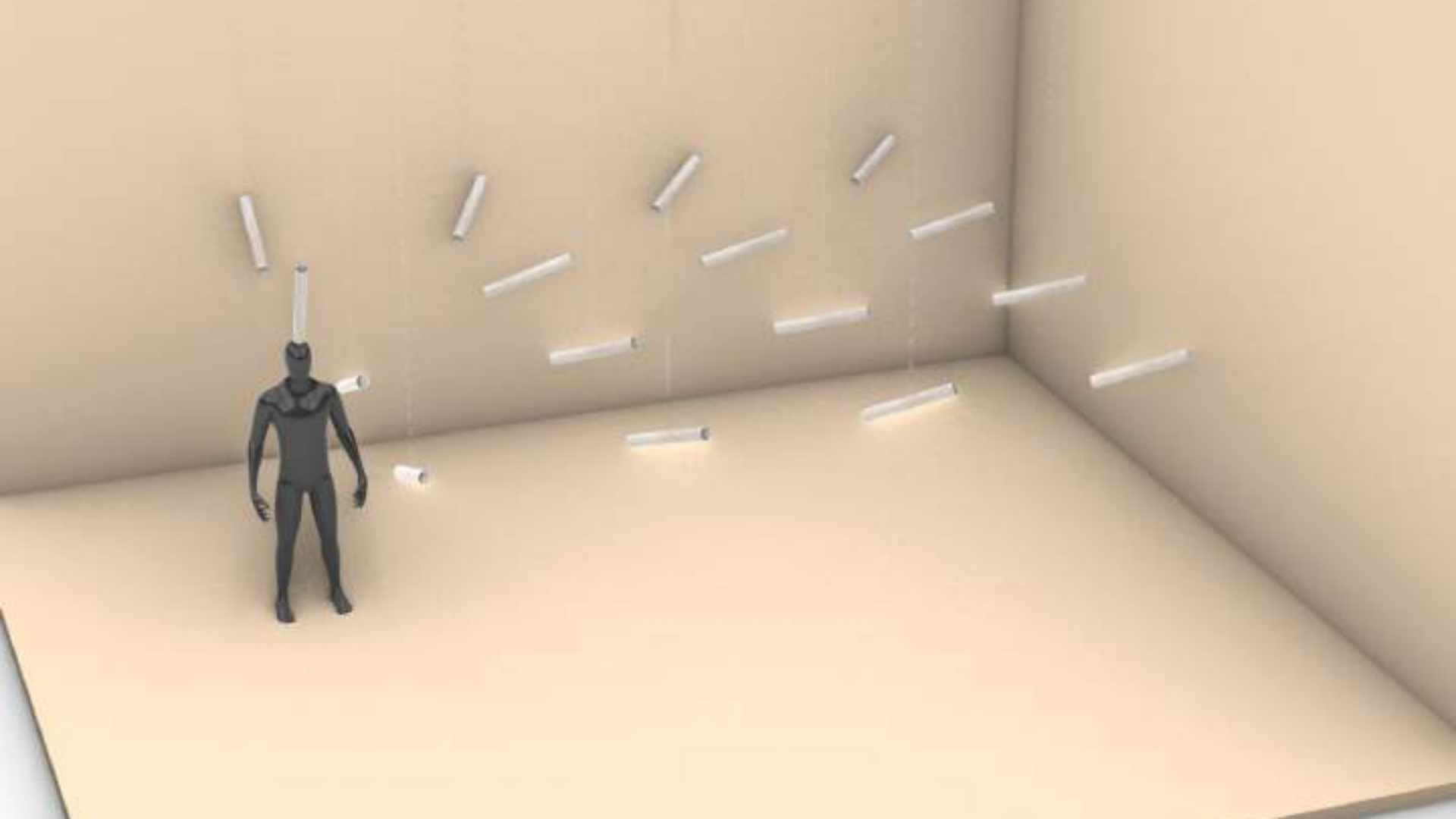


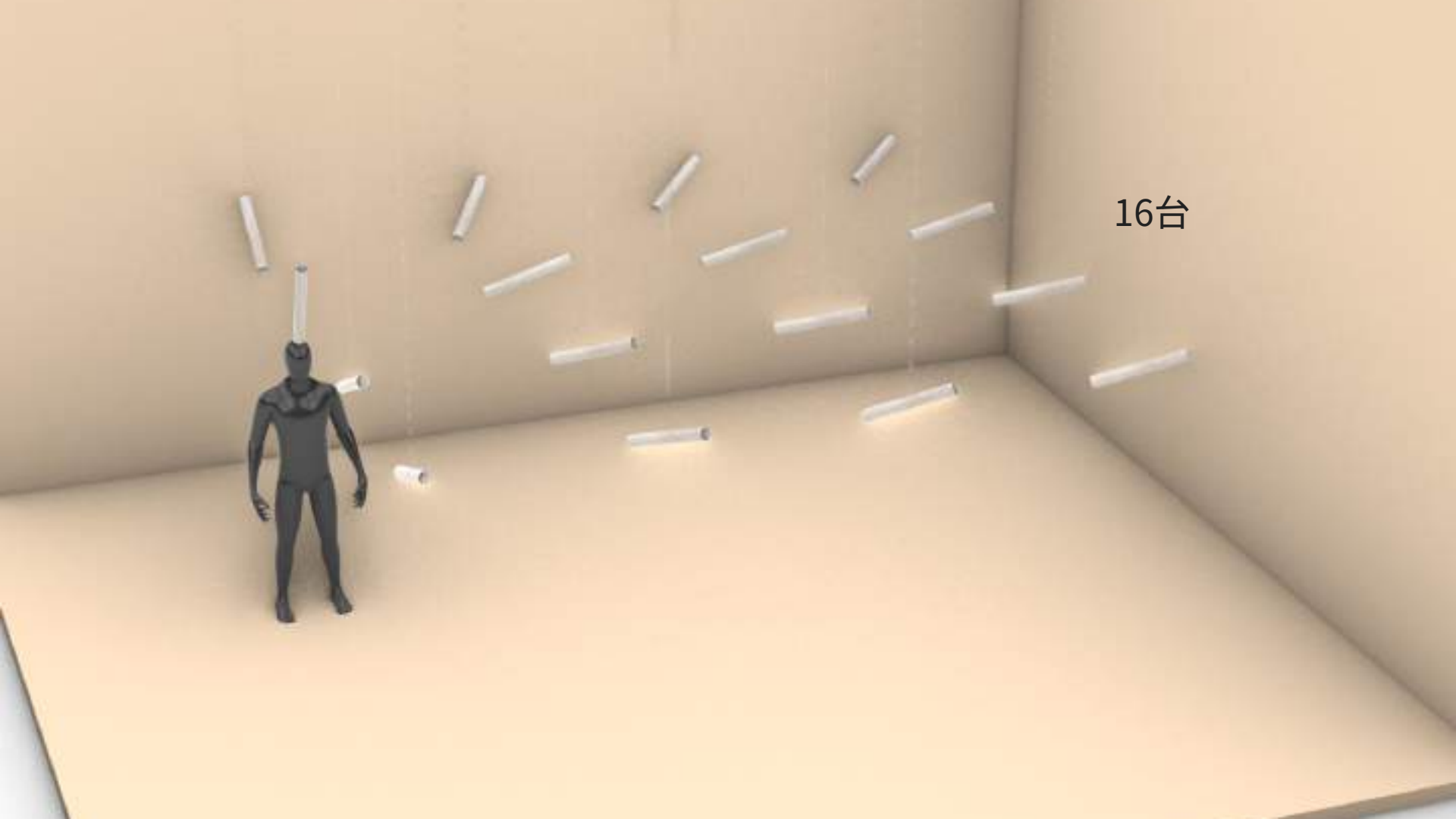
設計概要・主な仕様



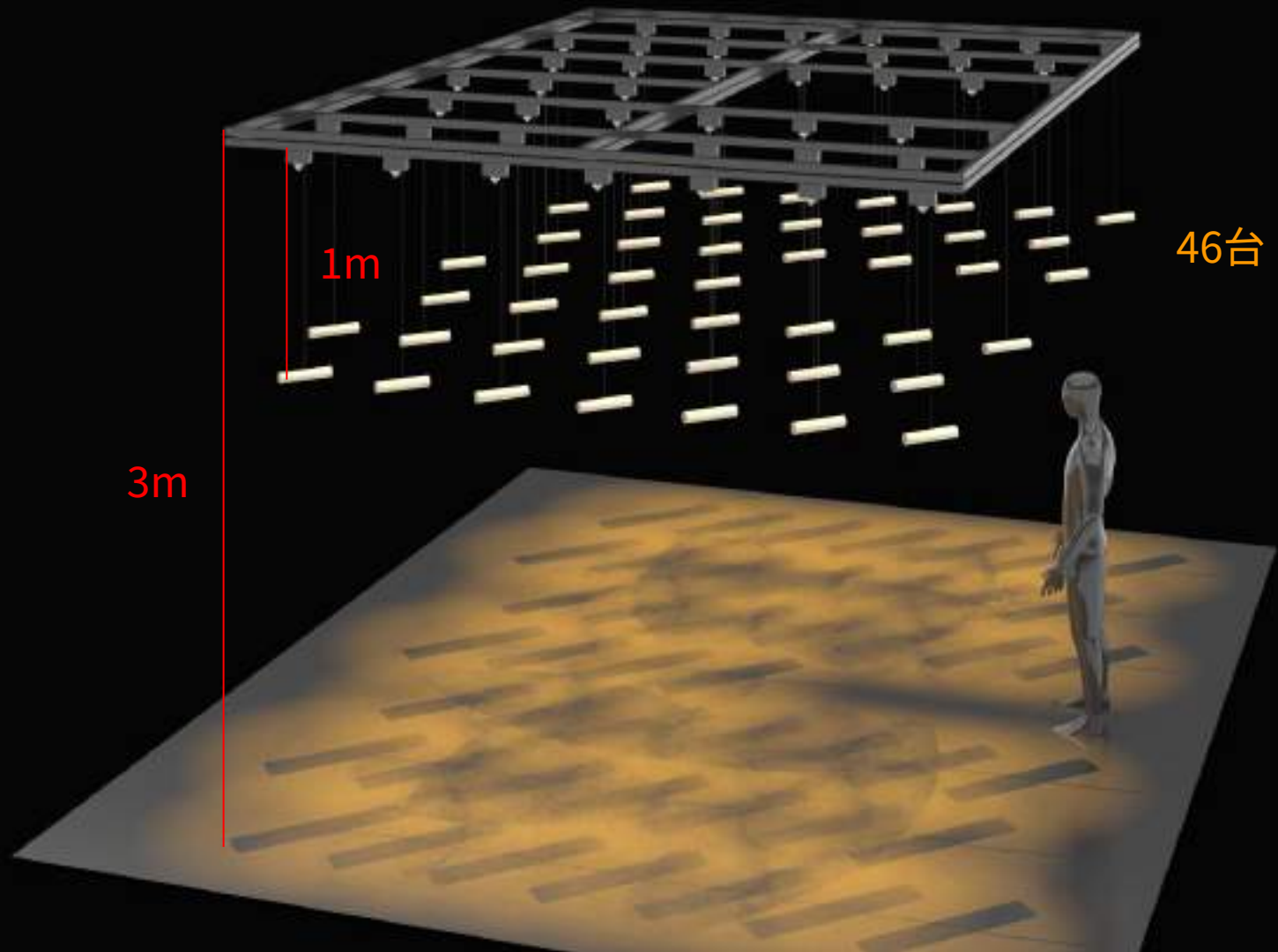


46台





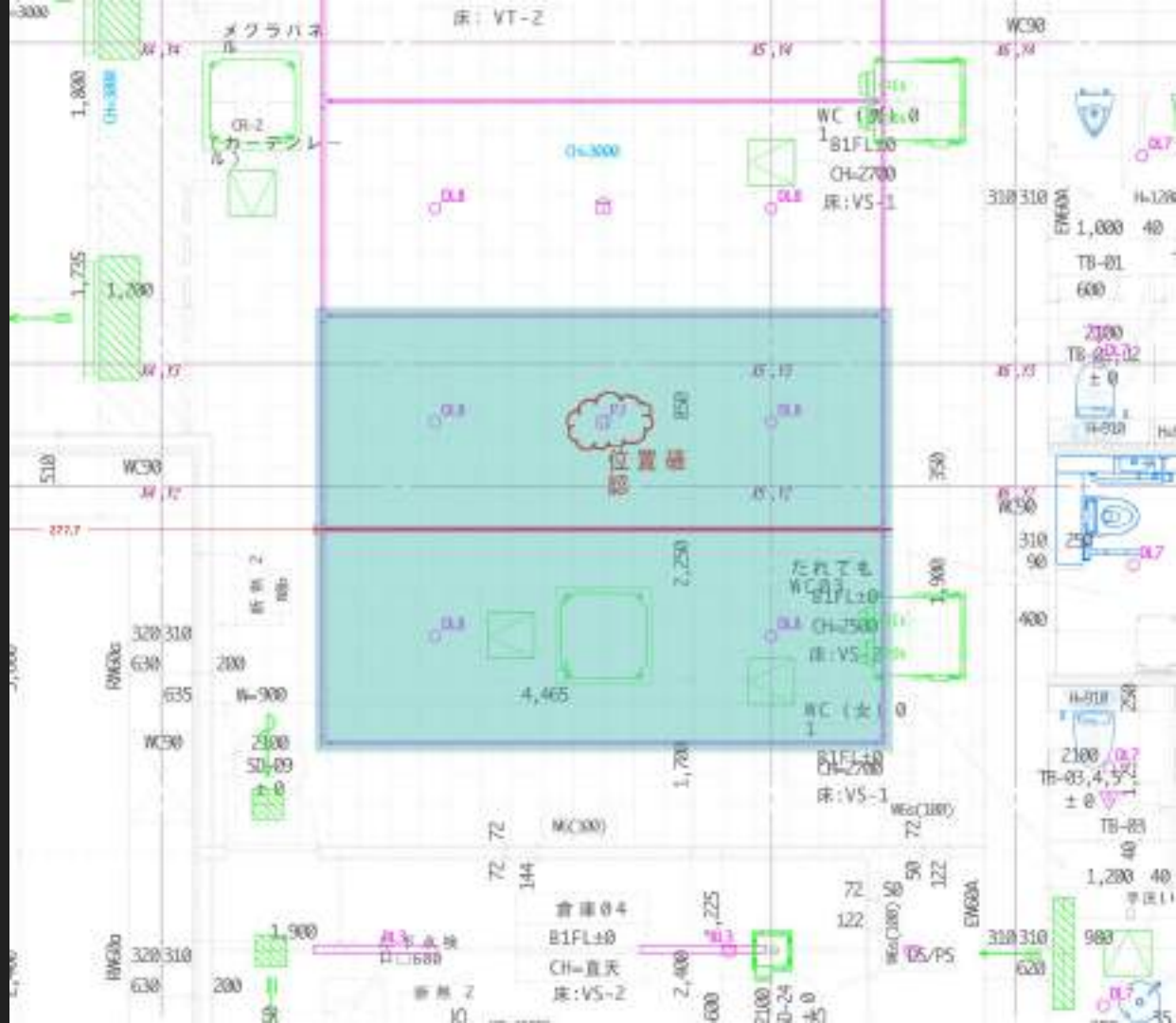
16台



レールのある位置に
展開する

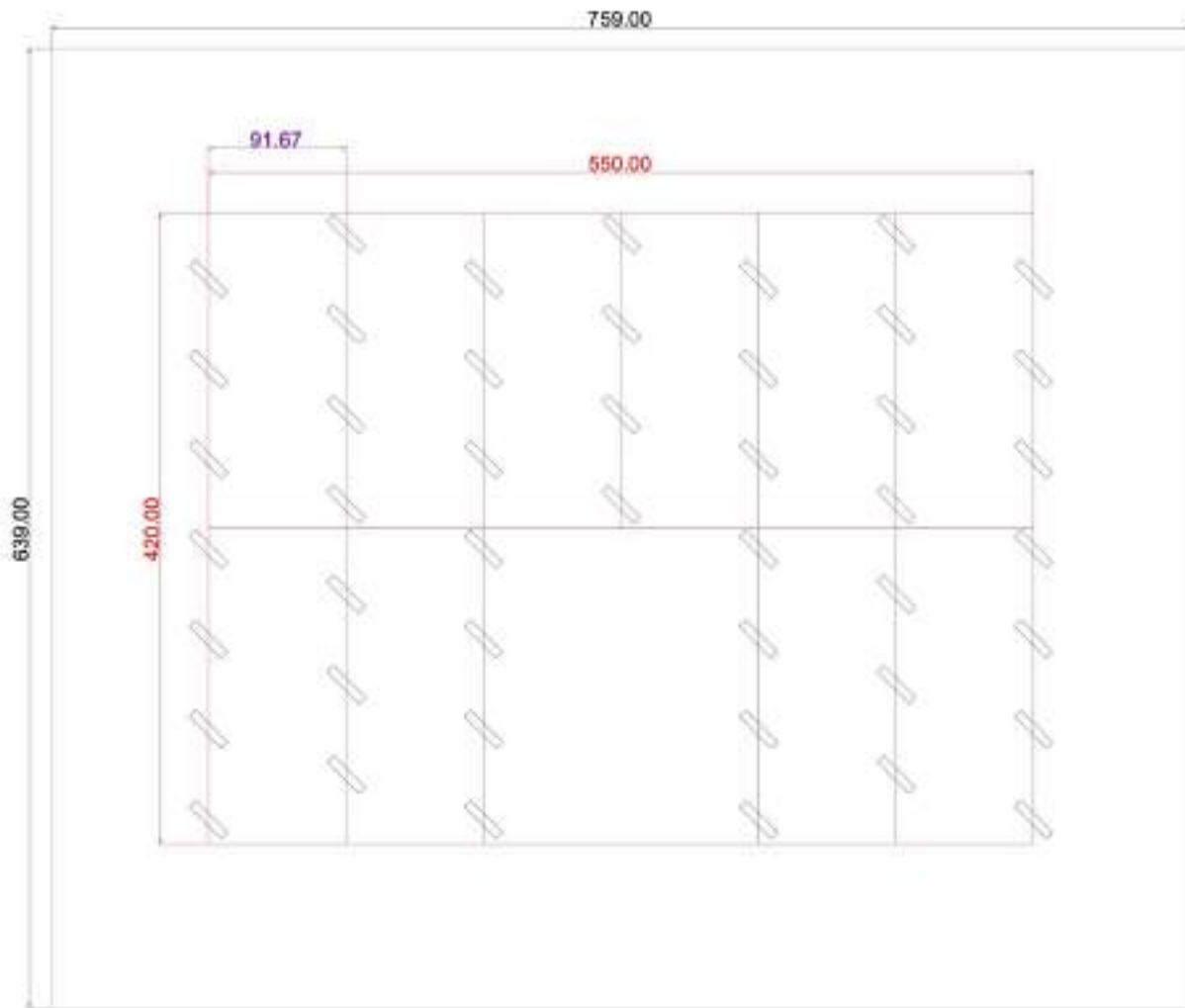
エアコンやダウンライトを避けて既存のライトレールに追加して密に配置

給電はレールから



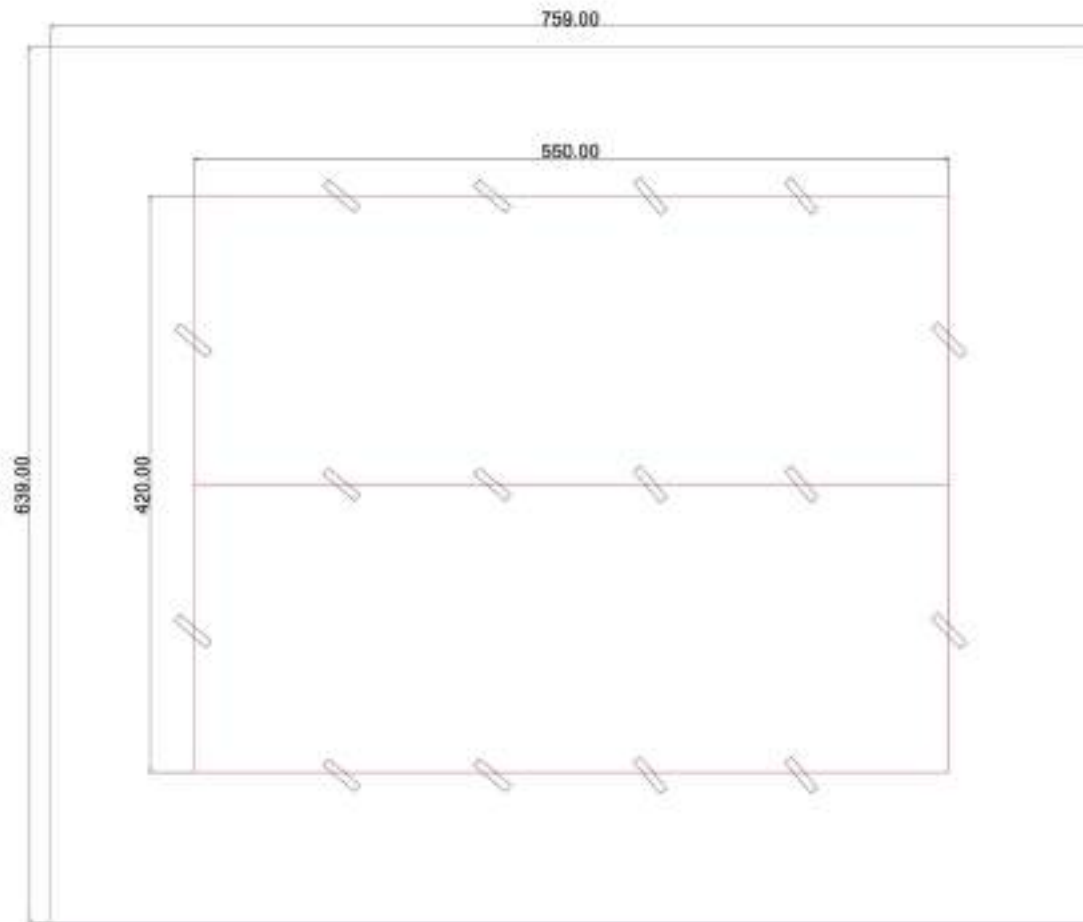
寸法

46台の場合



寸法

16台の場合



ロボット概要

照明用ダクトレールに固定されたウインチユニットから通信給電ケーブルを介して筒ユニットが接続されており、最大3メートル昇降可能な構造を取っている

ウインチユニットによるスポットライト・昇降機能に加え、筒ユニットに内蔵された2軸のモーターとセンサーにより、回転・傾きの動作を実現している

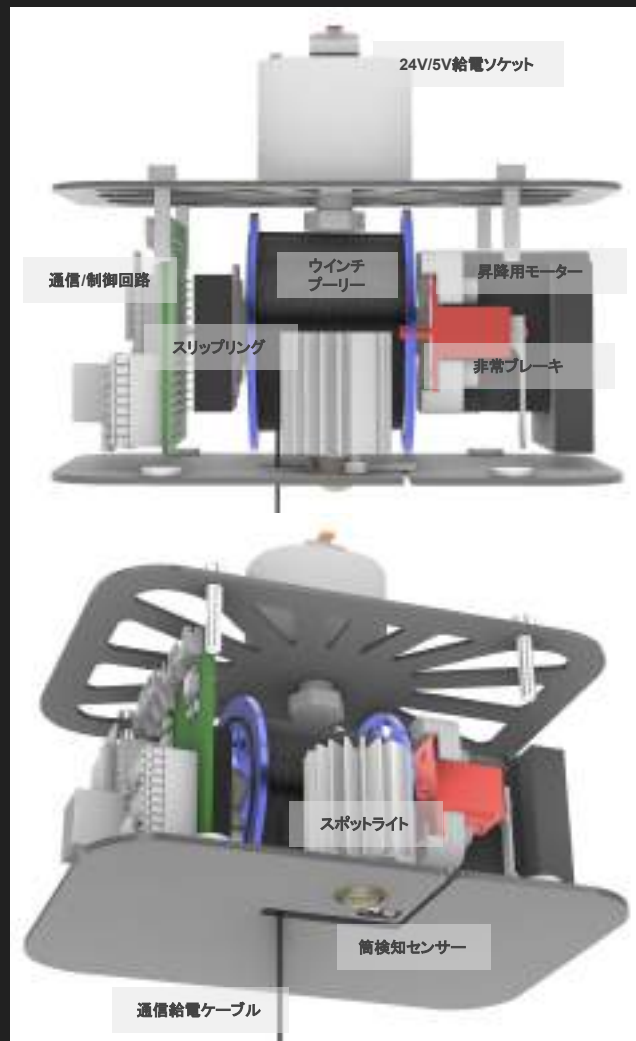
また、筒ユニットに取り付けられた計48灯の多色LEDにより、任意の発光パターンで点灯することが可能である

更に、筒ユニットには8x8の赤外線センサーが搭載されており、人物を検知し、その方向に向かせたり背けさせたりといったインタラクションを行うことも可能である



ロボット概要(ウインチユニット)

- ・ダクトレールから給電されたAC100V電源をDC 24V/5Vに変換しウインチ駆動と筒に電力供給を行う機能を有する
- ・Wi-Fi通信機能を有した通信/制御回路により、最大128台のウインチ/筒ユニットを動作させることが可能である
- ・筒本体との通信にはRS485による通信方式を採用し、ノイズ耐性を高めている
- ・ウインチプーリーにより、最大3メートルの通信給電ケーブルを巻き取ることで格納し、スリップリングを採用することで回転しながらも給電と通信を可能にしている
- ・モーターは低騒音ステッピングモーターを採用し、万が一の電源断で筒本体の落下を防ぐため、ソレノイドによる非常ブレーキを搭載している
- ・ウインチユニット底部に取り付けられた5Wスポットライトにより、筒本体やステージを照らすことに加え、赤外線式検知センサーにより筒の位置を検知を行うことで、筒の原点合わせが可能となっている



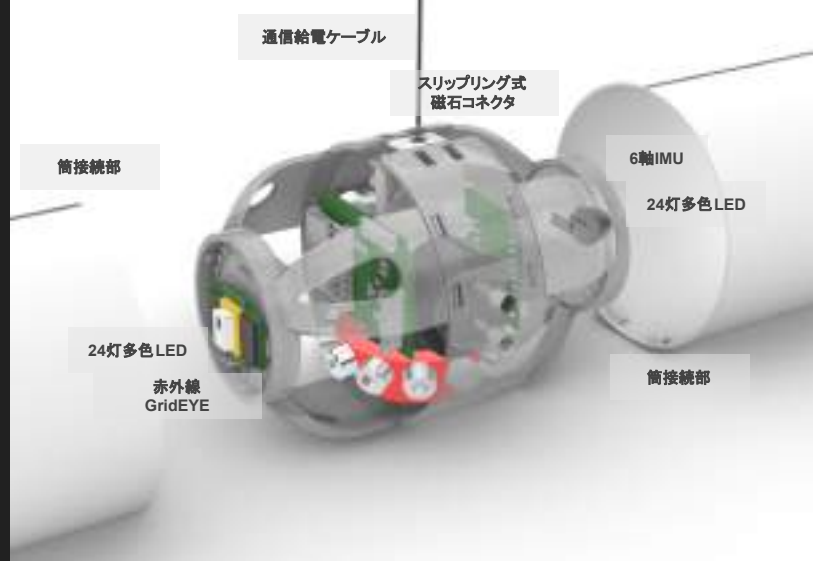
ロボット概要(筒ユニット)

・スリッピングを組み合わせたコネクタにより、筒ユニットの連続回転が可能となっている。また、磁石コネクタを採用することで、万が一の故障時に簡単に取り替えることが可能となっている

・筒の動作を実現するため、6軸のIMUから得られる3軸の地磁気と3軸の加速度センサデータを用いて、傾き制御モーターにより $\pm 60^\circ$ 回転する機能に加え、フライホイールを搭載した回転制御モーターにより任意の角度への回転が可能となっている

・筒前面に取り付けられた赤外線マトリクスセンサにより、8x8の解像度で人物や熱源を検知し、その重心を検知する機能を有する

・筒前面/背面に搭載された24灯多色LEDを個別制御することで、任意のパターンで発光させることが可能となっている



ロボット動作原理(垂直回転動作)

筒背面に取り付けられた3軸の加速度センサデータを取得することで、筒の姿勢状態を検知することが可能である

このデータと傾き制御モーターをPID制御することで、筒本体を垂直方向に $\pm 60^\circ$ 回転させることが可能となっている



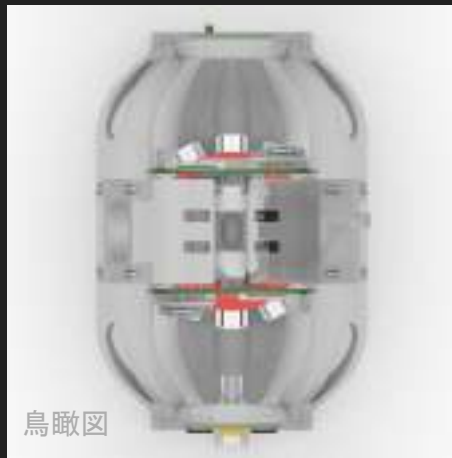
ロボット動作原理(水平回転動作)

筒背面に取り付けられた3軸の地磁気センサデータを取得することで、筒回転方向の絶対座標を検知することが可能である

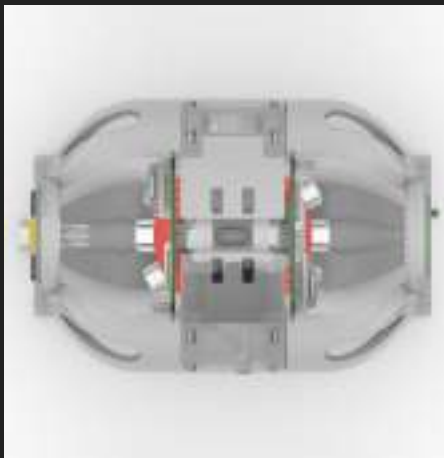
このデータとフライホイールを搭載した回転制御モーターをPID制御することで、筒本体を水平方向に $\pm 360^\circ$ 回転させることが可能となっている

コネクタに取り付けられたスリップリングにより、給電/通信ケーブルの捻れを考慮することなしに連続回転を実現している

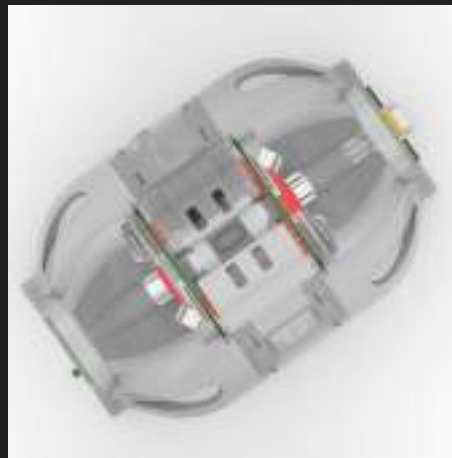
90°回転位置



定常位置



210°回転位置



6軸IMU

筒背面

装置外観

- ・ ウインチから筒までの長さ: 最大300cm
- ・ 筒の両端長さ: 30cm
- ・ 筒の直径: 76mm

ケーブル長: 300cm

両端長さ: 30cm

直径: 76mm



回路構成

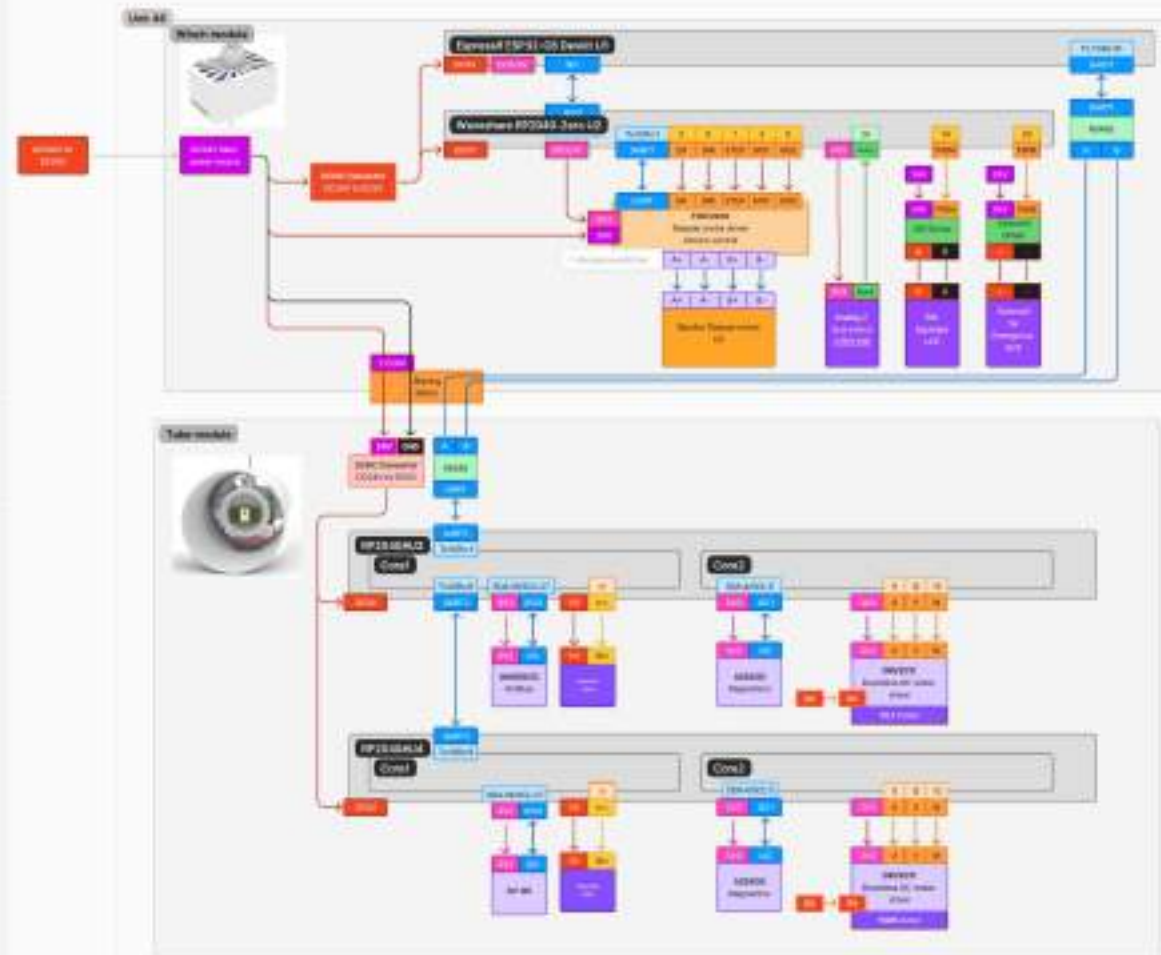
ウインチユニット

Wi-Fi通信/筒通信/モーター制御/スポットライト/センサ検知を行うため、2台のMCU(ESP32+RP2040)を用いて機能を実現している
特に、モーター制御に関してはTMC2209を用いることで静音化を実現している

筒ユニット

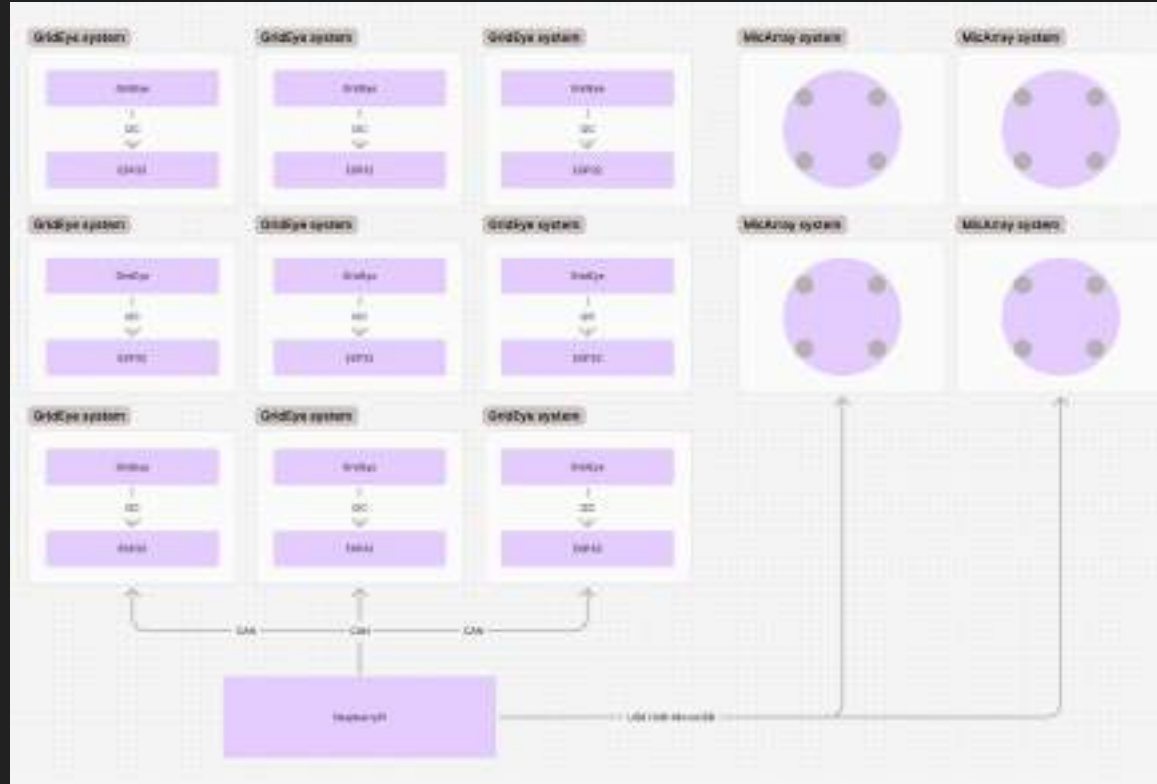
給電/通信/姿勢制御/LED/人物検知を並列処理で実現するため、2台のMCU(制御コントローラー)を搭載し、合計4コアの処理により動作を実現している

Fragmented Unity hardware structure



空間センシング

- グリッド状に熱源（人）をセンシングできるGrid-EYEシステムを天井の9箇所に設置、鑑賞者の平面座標を取得
- 空間内の音源座標を検出可能なマイクアレイシステムを天井4箇所に設置、物音などに反応して座標を取得
- センサ類はRaspberry Piに集約し、Wi-Fi経由メイン制御コンピュータに送信



制御システム

メイン制御コンピュータは各ロボットとワイヤレスネットワークで接続。

制御システム → ロボット

鑑賞者の座標、音源の座標など



ロボット → 制御システム

システム状態などのフィードバック情報



作品体験の流れ

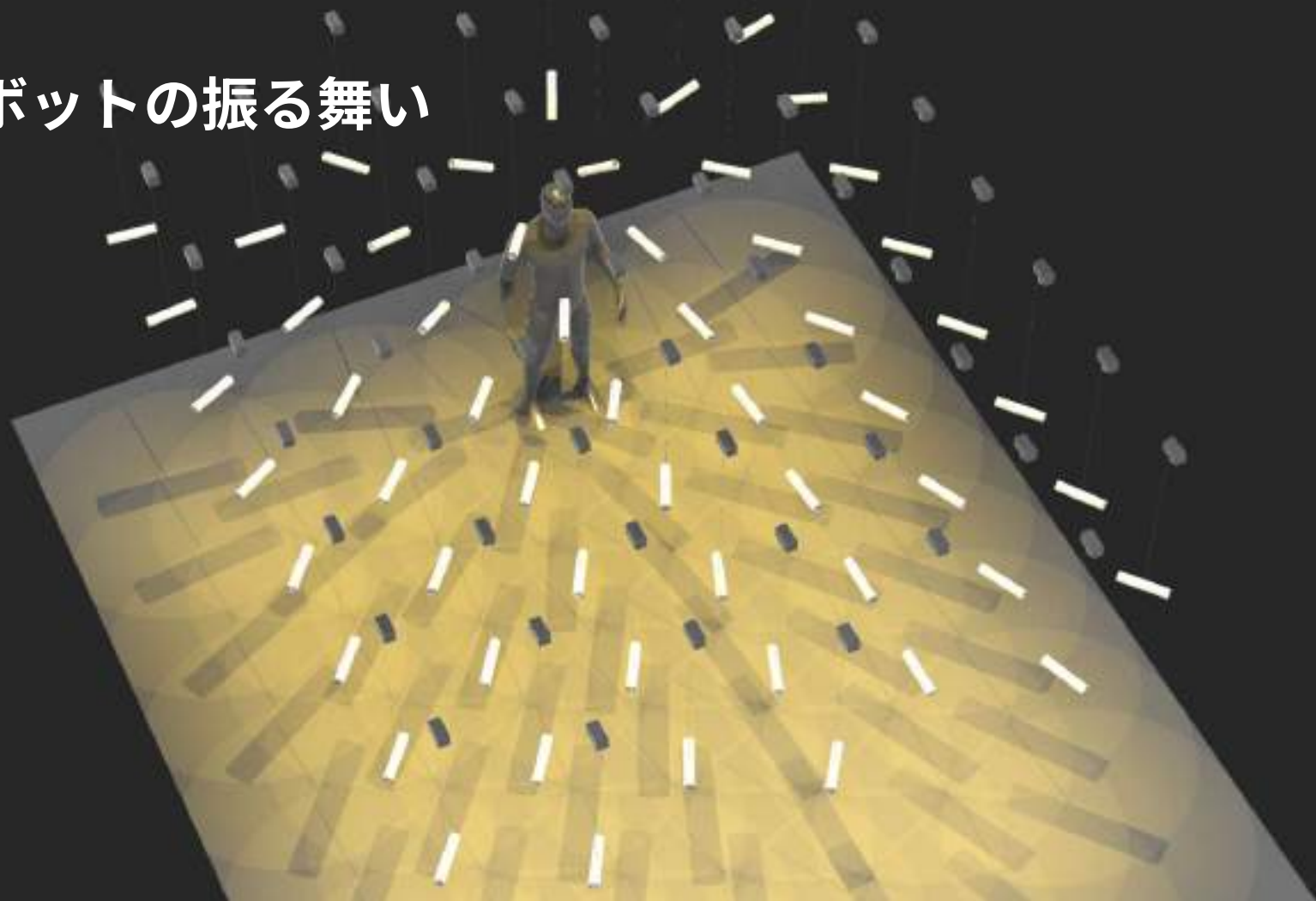
ロボットの振る舞い

この円筒形のロボットは、ミニマルな形状ながらも方向を自在に変えることで、鑑賞者の方を向いたりそっぽを向いたり、下がってきたりします。

異種間に立ち現れるノンバーバルなコミュニケーションの様式を巧妙になぞり、鑑賞者に共感や共同意識を芽生えさせたり、逆に敵対する関係性を作り出したりします。



ロボットの振る舞い



ロボットの振る舞い

新しく空間に入った鑑賞者は多くのロボットの興味を引くでしょう。

ロボットによっては近づきすぎると逆に避けられるかもしれません。

ロボットの群れは、まるで群衆のように時に一体となって共通の方向を向き、時に個別に異なる振る舞いを見せます。

シャイネスや気分のようなパラメータを個々のロボットに取り入れることで一様にならないロボットとのコミュニケーションがデザインされます。

ロボットの振る舞い

これらの動作は実社会で見られる群集心理や群行動を模しています。例えば、群衆がひとたび特定の方向に向かって動き出すと、その行動が加速し極端な動きへと発展することがあります。これが**ポジティブフィードバック**による効果の典型例です。

このインスタレーションでは、時間の流れとともにロボットたちはそれを避けるかのように、**ネガティブフィードバック**により群れ全体のバランスを保ち、極端な方向へ進むことを防ぎます。また、それらの振る舞いに鑑賞者は群の中における個の存在を発見することができるでしょう。

表情のパターン

向きの制御

- こっち向く
- あっち向く
- ぐるぐる回る
 - 速く回る
 - 遅く回る

光

- 単純に明るさ
- ホタル明滅系
- 点滅
- 色の違い
- 前後での色の違い

高さの制御

- 上に退避
- 下に降臨
- 上下に震える

振る舞いのパターン

- 誰かが展示室に入ってくるとみんながこっちを向く
- 至近距離に近づこうとすると逃げる
- 音に反応して音源の方を向く
- 危害を加えてこなそうだと割と近くまで降りてくる。
- 触られたりすると点滅して逃げる
- 人がいないと安心して降りてくる。
- 近くの筒とのコミュニケーション
 - 伝搬して喧騒へ発展することも

一度に体験できる人数

空間に人が入るだけ入ってもらって大丈夫ですが、
人が多すぎると筒たちはビビってあんまり降りてこないと思われます。

Fragmented Unity
管理システム

ログイン

Login name

Password

ログイン

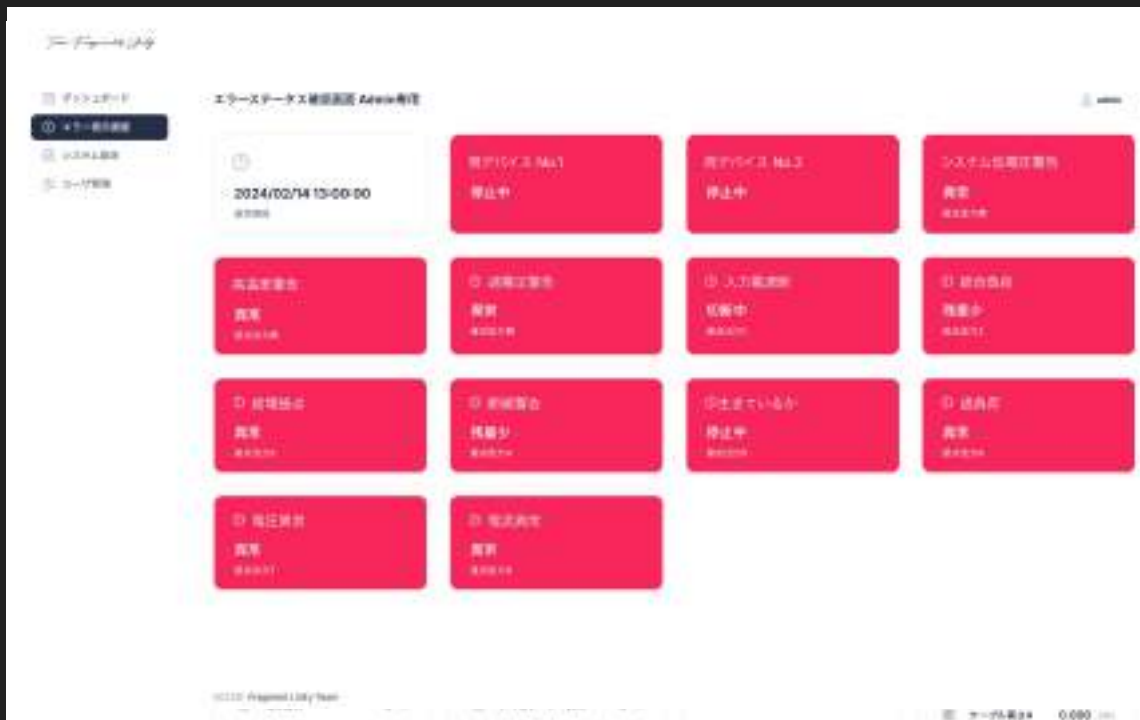
運用について

Team Fragmented Unity

System Version 0.1

デバイス管理システム

ひと目で全ロボットの健康状態を確認できるシステムを構築。現場のバックヤードからの確認、開発者らもリモートで確認できるようにする。



モジュール交換システム

故障発生から修理/交換プロセスを現場スタッフでも可能なように設計する。

故障パーツは配送サービスを利用して、コストの掛かる現場に出向いてのメンテナンスは最小限に留める。

