

夢プロジェクト報告

旧呉鎮守府防空指揮所調査ロボットの開発と安全調査

指導教員：上寺 哲也

機械工学科4年：内海 直弥 橘高 大和 倉野 響

電気情報工学科4年：表 壮太郎 道幸 直 平田 温聖



活動目的

ロボットによる旧鎮守府防空指揮所の安全調査



防空指揮所とは

佐賀県の観光名所
佐世保鎮守府防空指揮所跡



佐世保鎮守府防空指揮所作戦室

太平洋戦争時

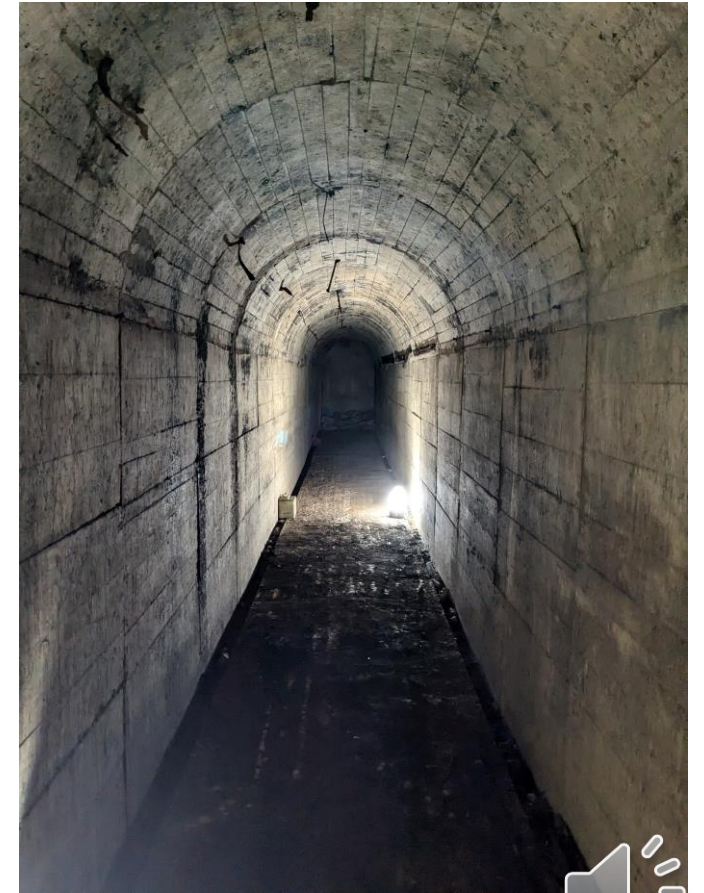
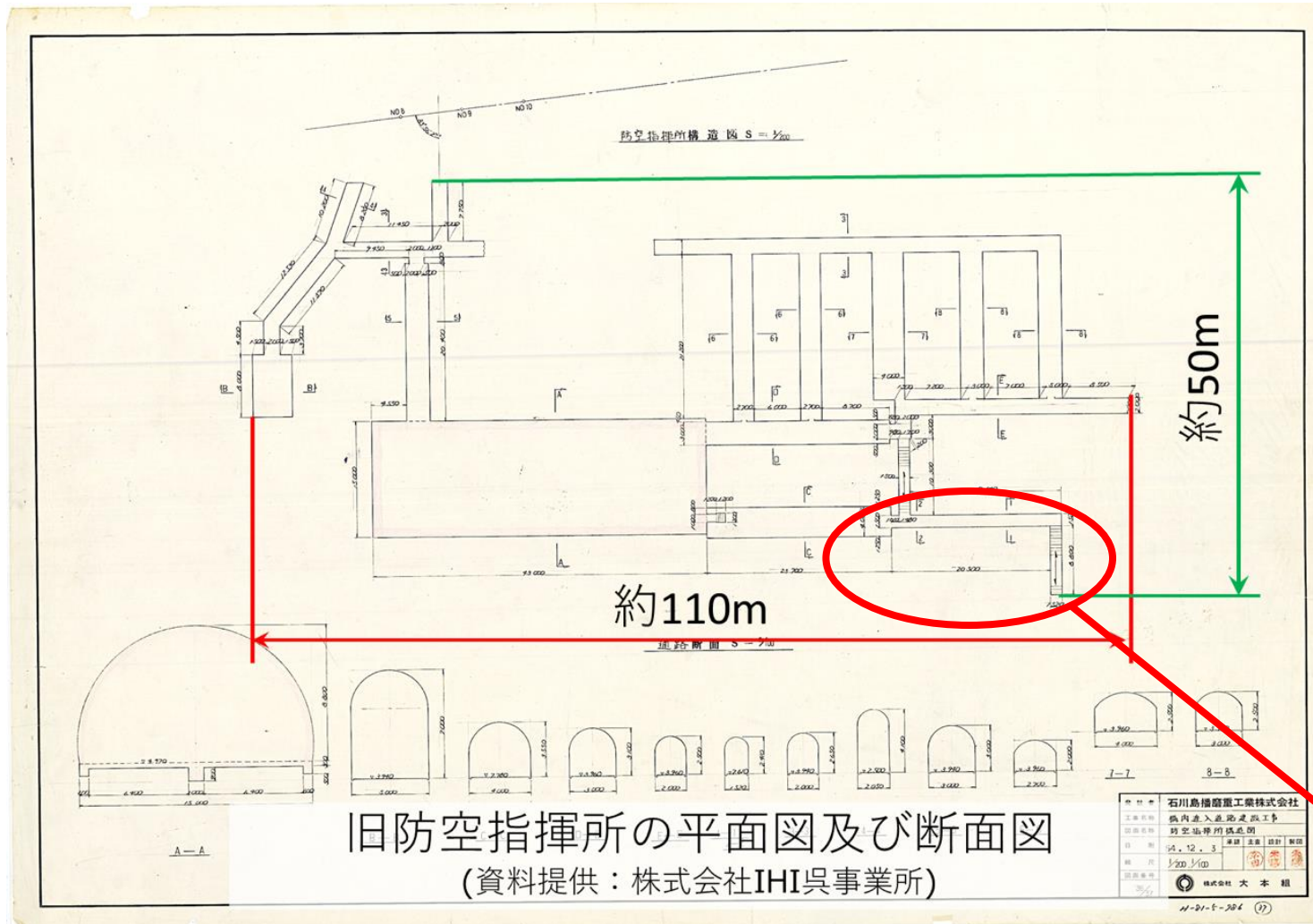
集められた情報をもとに、
高射砲の砲撃指示を行っていた。

現在

歴史、建築の現存資料として活用
観光地として地元の活性化

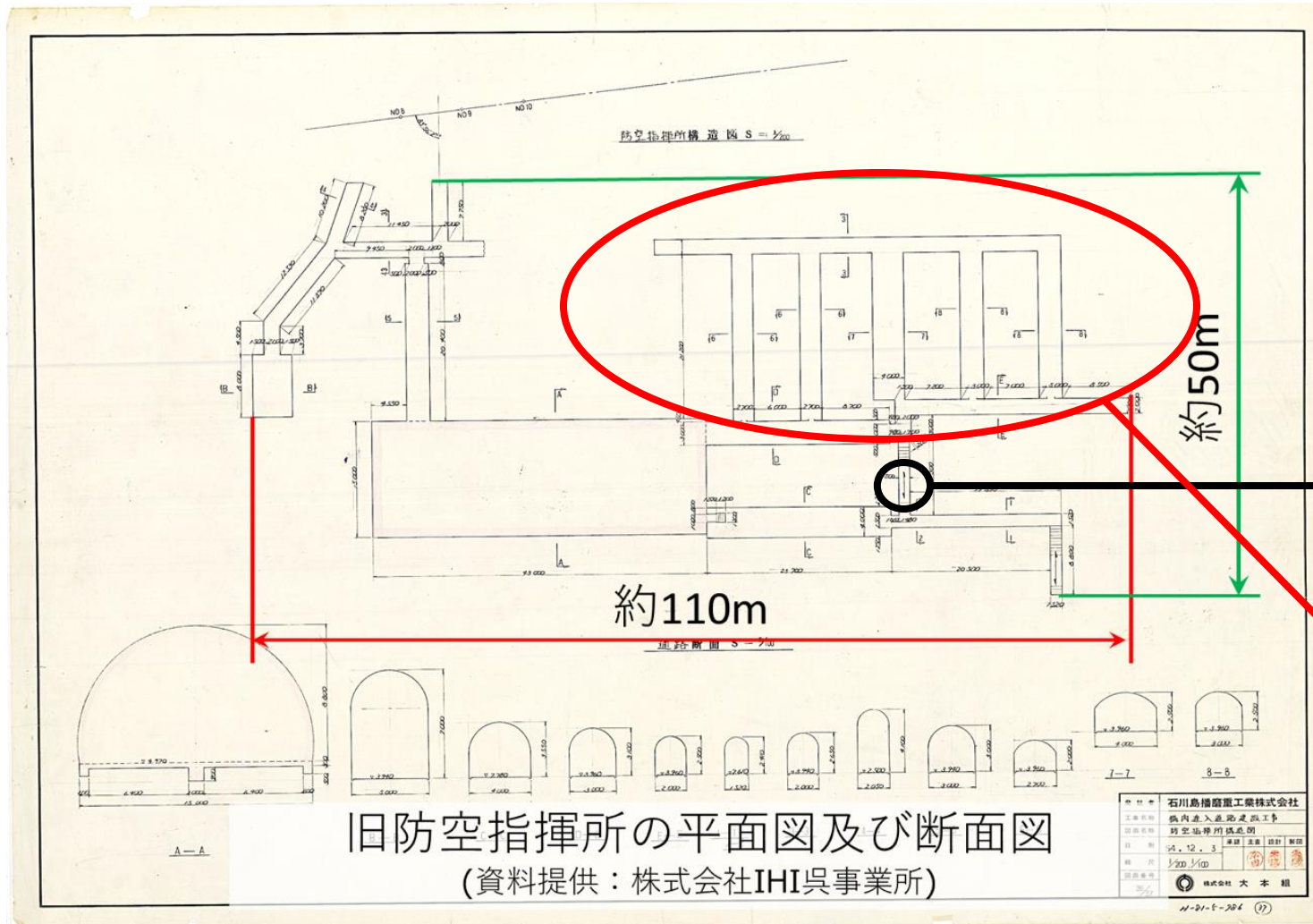


呉市の防空指揮所跡



立ち入ることのできる範囲

呉市の防空指揮所跡



ブロック塀の先に
多くの空間がある

呉市の防空指揮所跡



安全の確認のため、
穴をあけてロボットを投入。
無人での調査を目指す



探索により得られる成果



旧佐世保鎮守府防空指揮所跡
佐世保市役所ホームページより

呉市の新しい観光スポット

→地域の活性化

サンプルの回収

→当時の建築・土木技術の把握

無人ロボットによる地下壕の探索

→地下空間探索のノウハウを蓄積

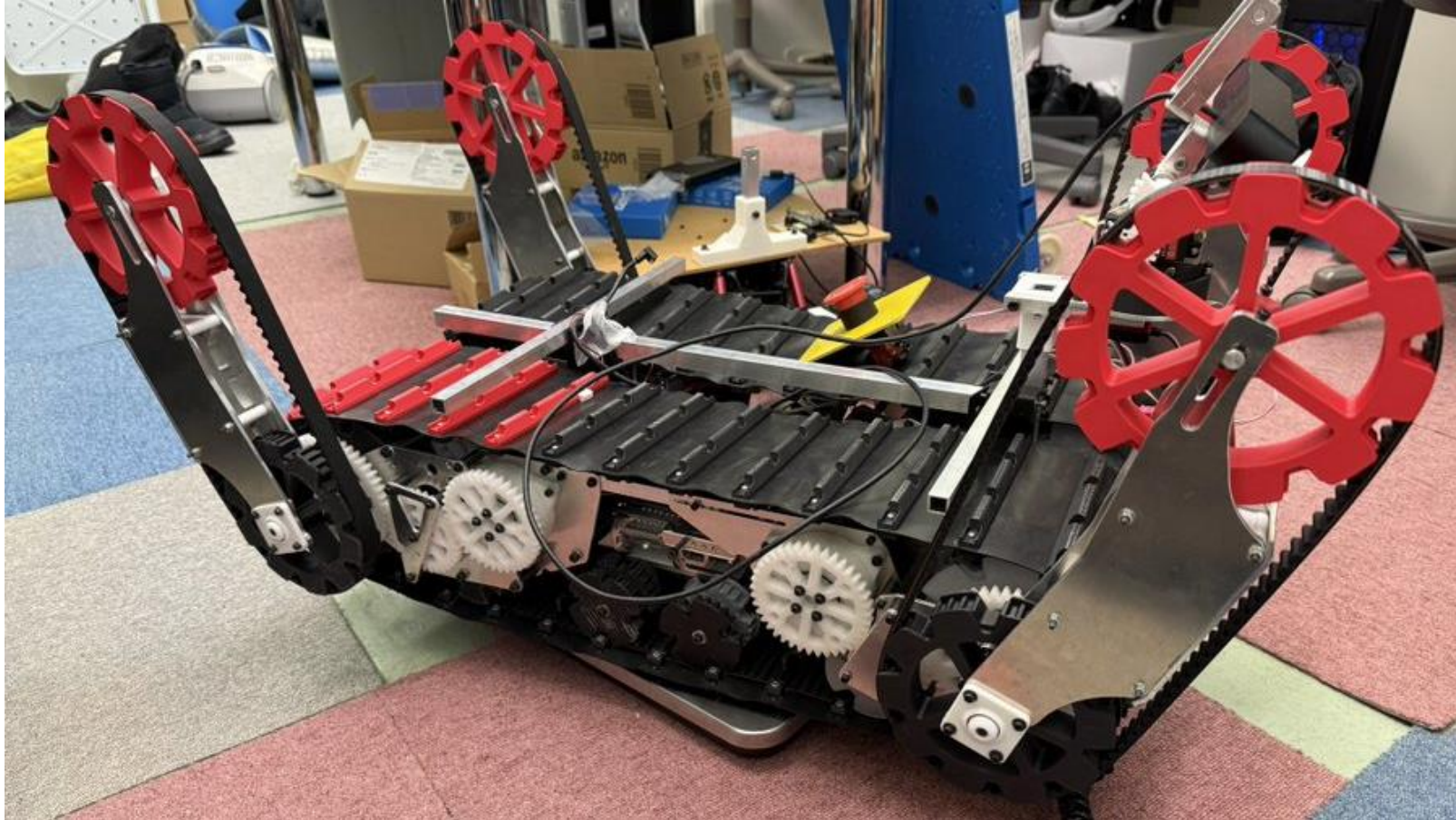
今年度の活動スケジュール

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月
機械	マシニング講習	トラバースカム	減速機改良	過去機体の耐久試験		方針変更	探査プローブ作成
電気	引継ぎ	引継ぎ	映像伝送	映像伝送		映像伝送暫定完成	ガスセンサ開発
その他			予算獲得				

11月	12月	1月
無限軌道作成	アーム延長	試作機製作
ガスセンサ開発	モータードライバ製作	試作機動作試験
地下壕探索1回目	プロジェクト定義	地下壕探索2回目



昨年度の調査

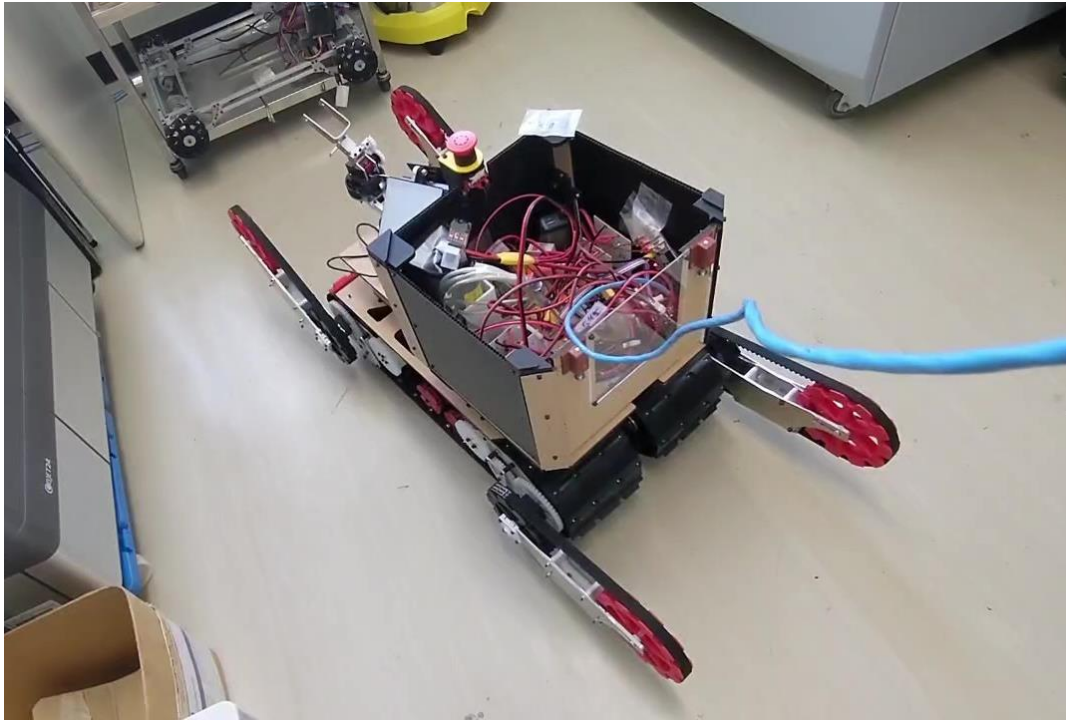


卒業研究：「階段・不整地に適した地下探査ロボットの開発」
駒井 貴光・中尾 海人・眞鍋 昂大



当初の方針(4月～8月)

昨年度開発された機体の改良に徹する。

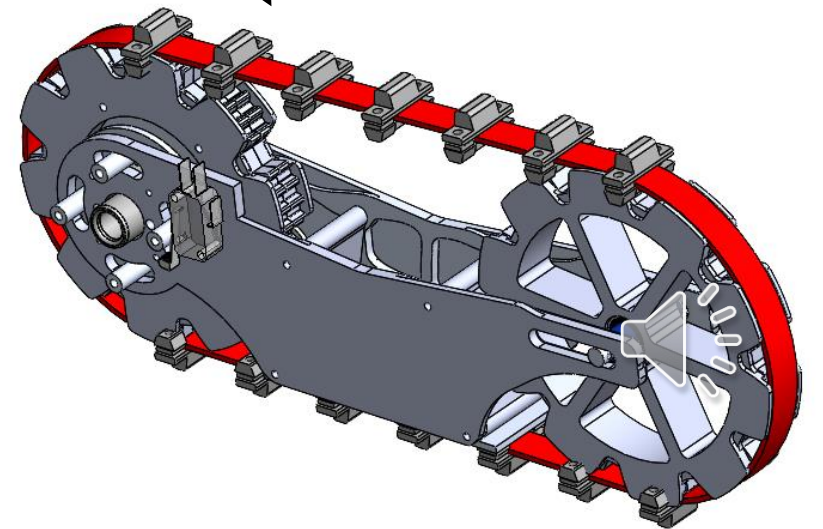
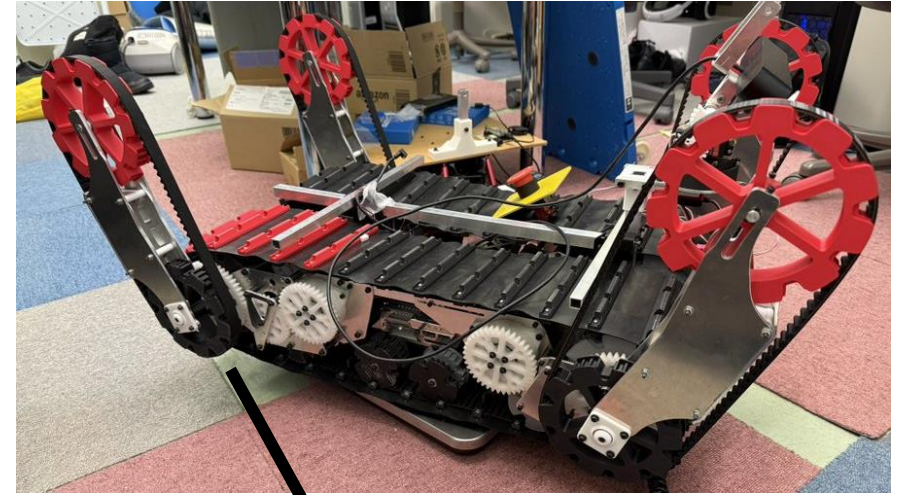


- 初期費用の軽減
- 改良による信頼性向上
- 耐久試験



既存機体の改良 ～概要～

- 既存機体のマルチクロウラーの改良
- 現在の位相を確認させるためセンサを増設
- 剛性を高めるためブッシュを追加



既存機体の改良 ～QDDモーター化～

- 従来のマルチクローラ
→DCモーターを使用するため位相を検知するのが技術的に難しい
- QDDモーターへ変更
→位相の検知を容易にすることを目的に設計を変更

出典：Xiaomiホームページ.<https://www.mi.com/cyber-gear>



既存機体の改良 ～中国からの輸出規制～

○規制対象レアアースを含有する製品（両用品目によくある質問の解答その4（希土類）³より）

サマリウムコバルト永久磁石材料、テルビウム含有ネオジウム鉄ボロン永久磁石材料、ジスプロシウム含有ネオジウム鉄ボロン永久磁石材料をさらに簡単に加工して製造した、薄片、タイル、リングおよび関連する磁気コンポーネント等の一次加工品は、管理（規制）範囲に含まれ、磁性鋼、磁性リング、磁石等多くの名称が関係すると見込まれる；さらに高度に加工して製造した電子部品（モータ等）または電子製品（スピーカー、イヤホン等）は規制対象外。

○規制対象レアアースを含有する製品（両用品目によくある質問の解答その5（希土類）⁴より）

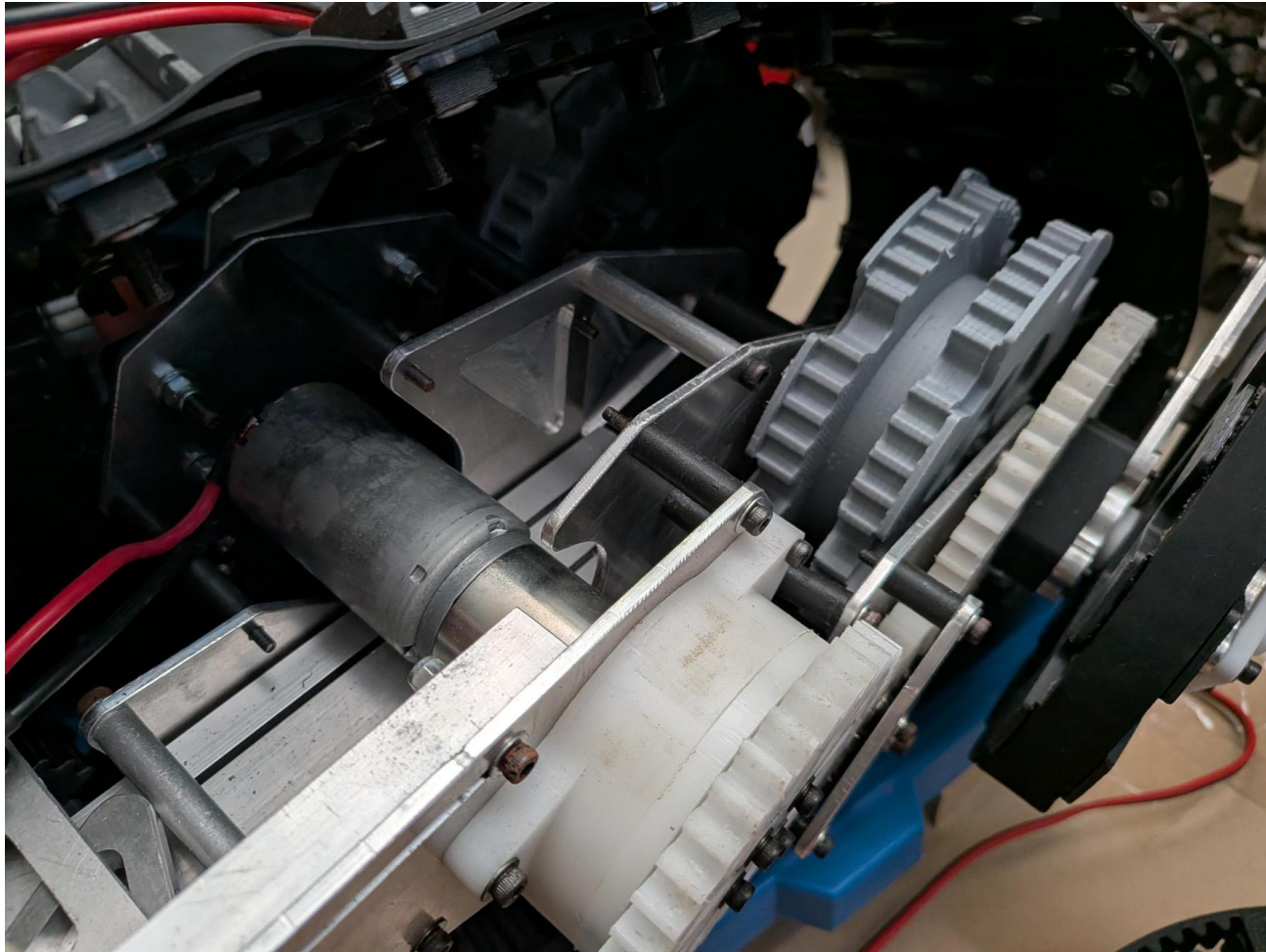
モーター用ローター（回転子）、ステーター（固定子）コンポーネント磁石を鉄芯／鋼板に埋め込み、内蔵もしくは表面貼付して固定組み立てしたコンポーネント、又はシャフト、ベアリング、外側スリーブ、ファン、ギア、動バランスプレート、エンコーダー等の部品を様々な程度に統合した部品等は、高度加工製品のカテゴリーに含まれ、規制対象外。

出典：「中国商務部による鉱物資源等の両用品目に関するQAについて」

https://www.cistec.or.jp/service/keizai_anzenhosho/china/data/20250423.pdf



既存機体の改良 ～整備性不良～



- ・ 複雑な構造
- ・ 大量の部品点数

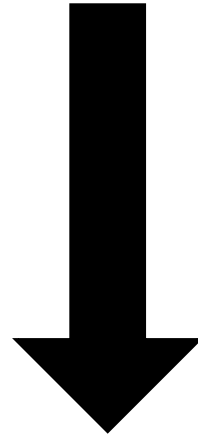
容易に改良できない
実験するたび壊れる
→信頼性確保難し🔊

方針変更(9月)

~~昨年度開発された機体の改良に徹する。~~

整備性不良
改良がうまく進まない

中国からの輸出規制
QDDモーター使用不可



整備性・拡張性に優れた新しい機体の開発 

地下探索1回目(11月)



自衛隊の方々の協力のもと
地下壕を探索

<目的>

- ・ 現地状況の確認
- ・ 目標定義



地下探索1回目(11月)

1回目の調査で判明したこと

- ①地下壕が行きどまりである可能性があること



土砂で埋められているように見える



地下探索1回目(11月)



1回目の調査で判明したこと

②ロボットにとって過酷な
環境であること

土嚢やゴミが散乱している
対策なしでは立ち往生する危険性



プロジェクト定義(12月)

プロジェクトの最終目標：呉地下壕の安全確認

①地下壕が行きどまりである可能性

→迅速に階段下の調査を行う機構の製作

②ロボットが過酷な環境に耐える必要がある

→耐環境性を高めた試作機の製作



成果物①探査プローブ(1月)

探査プローブ：迅速に階段下の調査を行う機構



5m先を撮影することが可能

先端にカメラ・ライト・ガスセンサ搭載



成果物②試作無限軌道 (1月)

過酷な環境に耐えられる移動機構を開発



現場を想定した実験・改良

← 安価なDCモーターを搭載

破損時のリスクを低減



地下探索2回目(1月)



成果物を携えて
地下壕を探索

<目的>

- ・行きどまりの調査
- ・試作無限軌道の試運転

地下探索2回目(1月)



2回目の調査で判明したこと

①地下壕の奥に空間がある

床面の反射が壁のように見えていた



地下探索2回目(1月)



2回目の調査で判明したこと

②想定したほど悪路ではないが
階段に対応する必要あり

試作無限軌道は問題なく動作
しかし、階段の踏破に課題があった



今年度開発した電装技術について

①DCモータードライバ

→移動機構のDCモーター駆動に使用

②イーサネットによる映像伝送

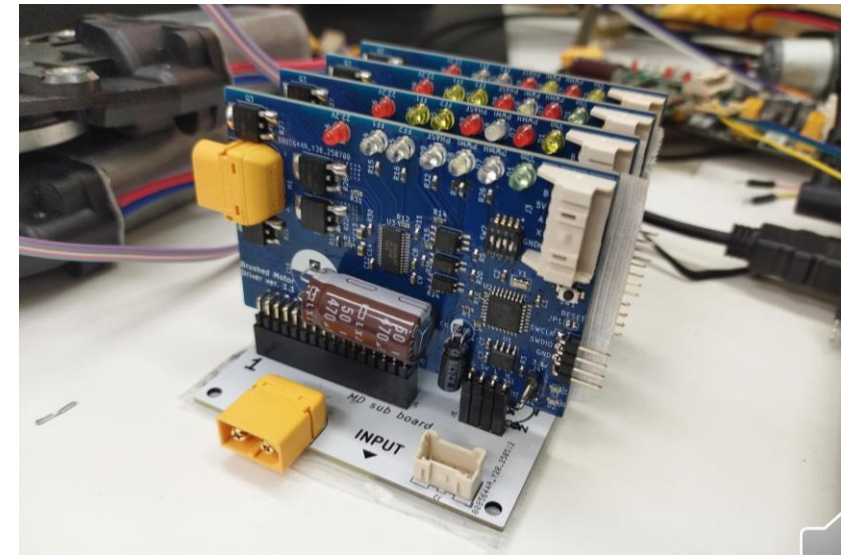
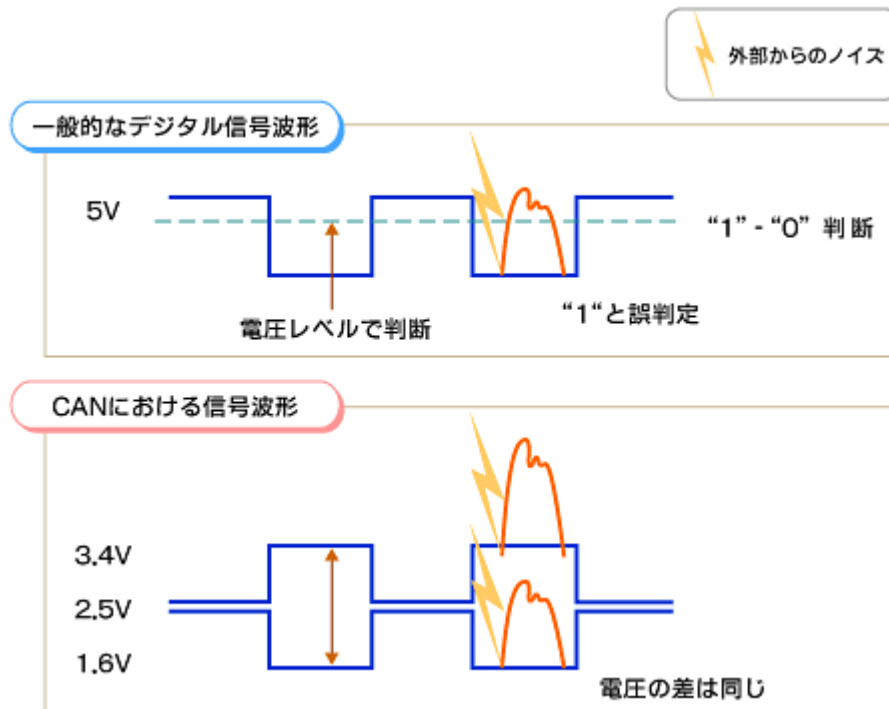
→カメラ映像を用いた一人称操縦に使用予定



①DCモータードライバ

[特徴]

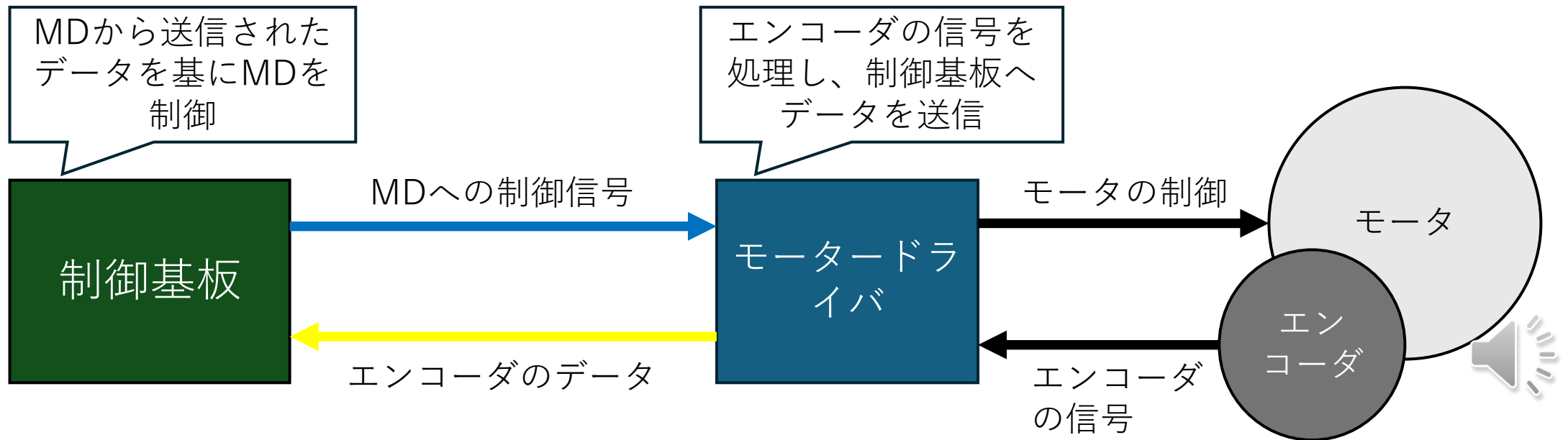
- DCモーターを車載用の通信規格CANで制御可能



製作したモータードライバ基板

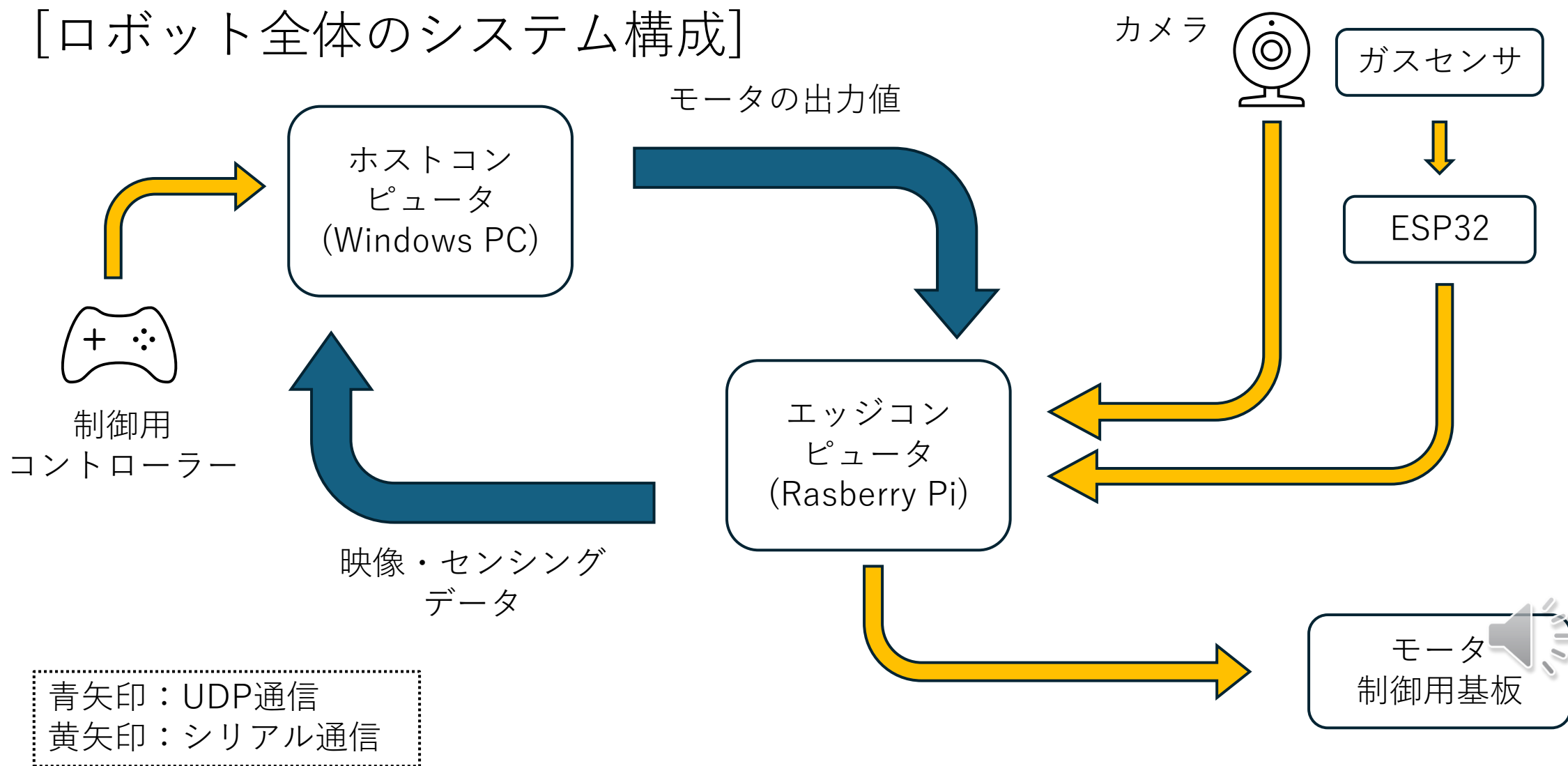
①DCモータードライバ

- ・現時点ではフィードバック制御は行っていない
- ・将来的には速度制御・角度制御ができるようにしていきたい



②イーサネットによる映像伝送

[ロボット全体のシステム構成]



②イーサネットによる映像伝送

[特徴]

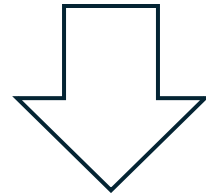
- ・ ロボットカメラの映像・操作信号をLANケーブルで伝送可能
→ ロボットとの通信線を1本にし、取り回しが向上

- ・ 有線LANを用いたUDP通信
→ ・ 地下壕でも安定して大容量のデータを通信可能
 - ・ データの欠落が起きづらい
 - ・ データの保障をしないことで通信速度を落とさない



②イーサネットによる映像伝送

純粋な画像データ→1pxあたりに3byteの色情報 × 画像サイズ
⇒ ・データ量が多くリアルタイムでの映像確認できない
・通信のデータ制限(windows…10000 byte程度)



[工夫]

- ・画面サイズの縮小
- ・jpeg圧縮 →元データの1/3程度に
- ・画質低下
- ・通信データ分割 →若干の速度低下はあるが使用可能



②イーサネットによる映像伝送

- ・ センサ情報を用いた半自動制御
例) 階段の昇降動作をワンボタンで実現
- ・ 操作性の向上
例) コントローラのボタン配置
- ・ スマホの導入
⇒ ・ 携帯性の向上
・ 特殊な空間でもコンパクトに操作可能



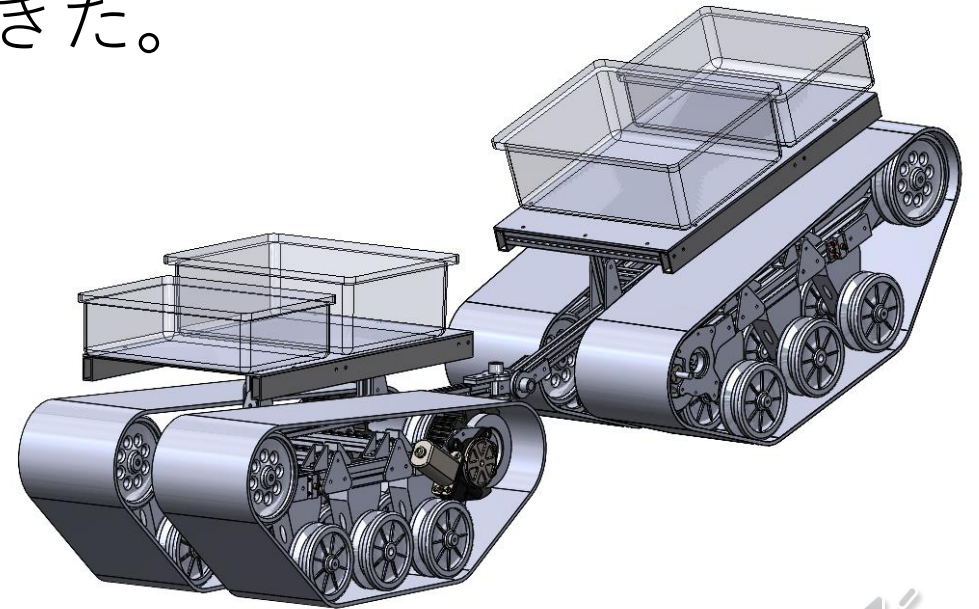
総括

①研究の続行

無事に地下壕に先があることを確認できた。

②今後の展望

- ・ 階段に適応した移動機構の制作
- ・ 1人称操縦への移行
- ・ 3回目の地下壕探索
→ロボットによる深部潜入を目指す





ご清聴ありがとうございました

