

Maritime RobotX Challenge2024に向けた 自律航行ハードウェアと ROS 2とのインテグレーション

OUXT POLARIS

藤岡 怜生, 二見 堅太, 糸園 朔 (九州工業大学)
松崎 史弥 (九州大学), 片岡 大哉 (OUXT Polaris), 小林 聖人 (大阪大学)

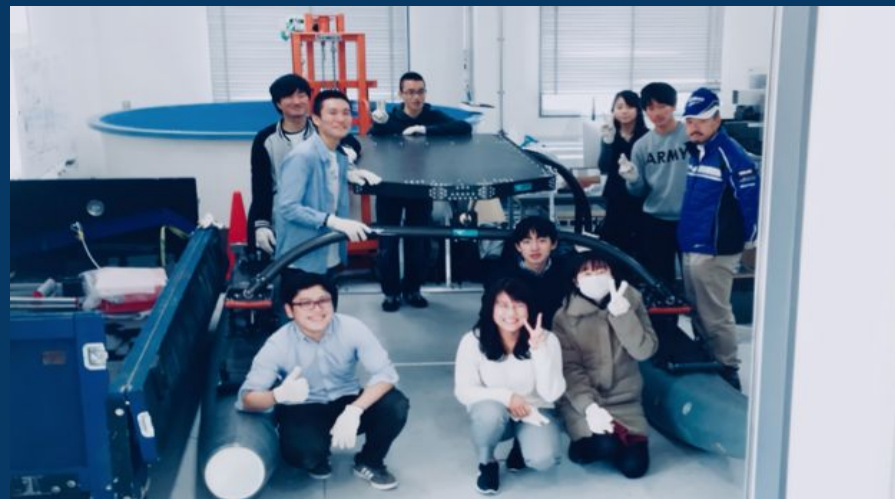
OUCT Polaris



Maritime RobotX Challengeの参加を目的とする学生と社会人OBの混成チーム
2014年度の初回大会から参加している日本で唯一のチームです。
現在の拠点は九州工業大学にあります。



Maritime RobotX Challenge 2014
@Singapore



Maritime RobotX Challenge 2018
@Hawaii

Maritime RobotX Challenge

自動航行船を対象とする国際ロボコン（偶数年開催）

主なタスク：移動・障害物回避・認識・投擲・精密移動

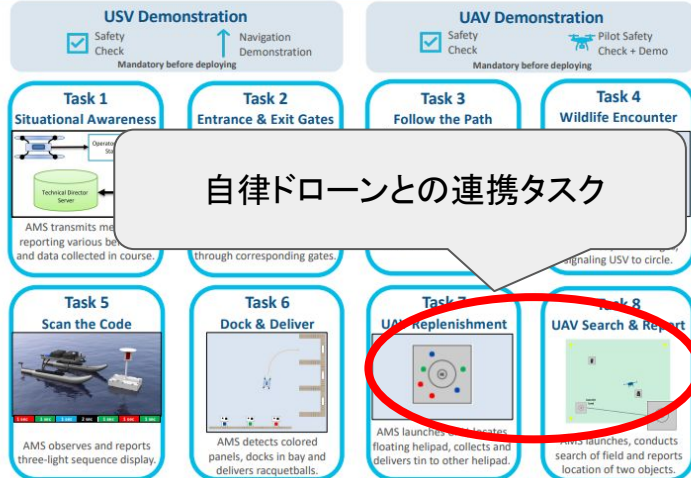
ベースになる船(WAM-V)は
公式から提供

搭載するセンサ、コンピュータ、推進
機などは独自



デカイロボットを
屋外で完全自律で
動かします

Task Overview



自律ドローンとの連携タスク

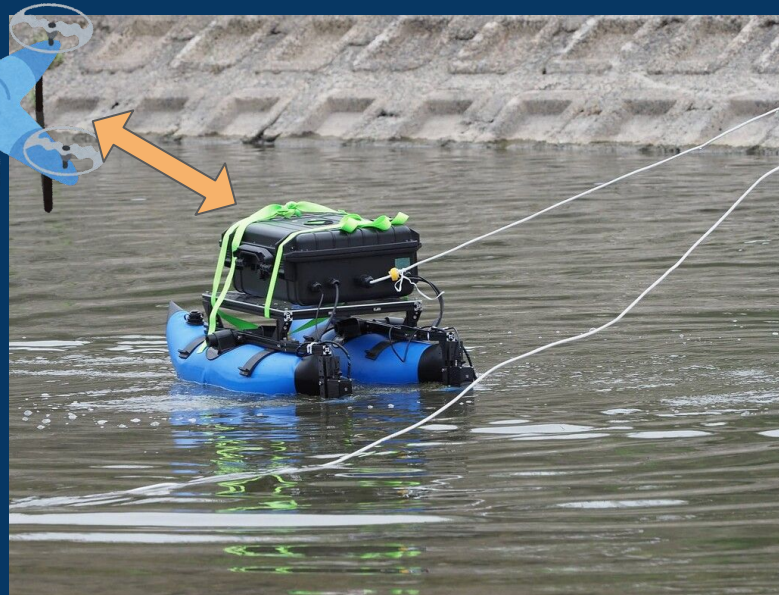
残念なお知らせ

OUXT PolarisはMaritime RobotX Challenge 2024参加を断念し、より小型な船で類似のタスクを行うRoboBoat 2025に参加を決定

💡 複数ハードウェアを簡単につなぐための開発戦略、ライブラリを本日発表



WAM-V



Mini-V

OUCTのマルチロボットシステム開発戦略

- 大学1回生程度の技術力でソフトウェアが書けること
 - 技術継承のため性能よりもわかりやすさを取る必要も、Simple is best.
 - まずは一回簡単でも良いので「**成功体験**」を積んでもらう
- マイコン・ロボット間通信の規約を明確化する
 - マイコン・ロボット間通信のルールを「**見える化**」する
 - ROS 2はシームレスにつながり過ぎ、ミスを誘発するのでOUCTはロボット間通信に使わない



基本的にはROS/ROS 2と同じ発想
スキーマ定義して通信することで解決可能

→ 副作用で異種ハードウェアも抽象化

ROS 2メッセージを解析しprotobuf定義とデータ変換ソースコードを自動生成
protobufが自動生成されるのでnanopbを経由してマイコン向けのメッセージを生成

- マイコン向けメッセージ生成までをcolcon buildコマンド一発で完了！
- 現在サポートできているのはUDPのみだが将来TCPやMQTTをサポート予定



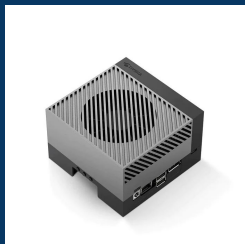
ROS 2メッセージを解析しprotobuf定義とデータ変換ソースコードを自動生成
データ変換ソースコードはtype adaptationに対応しており、無駄な型変換とコピーを最小限に

- rclcppで使えるブリッジも自動生成されるので、それを使う
- マイコンや他ロボットの packets を受信、protobufを使ってデコード

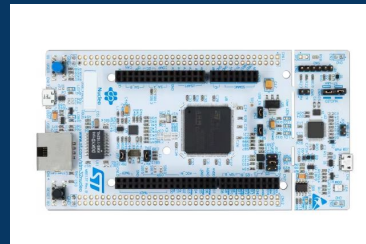
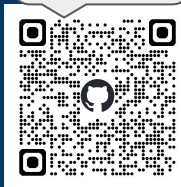
```
protolink::udp_protocol::Publisher left_thruster_publisher = protolink::udp_protocol::Publisher("192.168.0.201", 2000);  
  
const auto build_command = [](const double thrust) {  
    communication::Command command;  
    if (std::isnan(thrust)) {  
        command.set_thrust(0.0);  
        command.set_emergency_stop(true);  
    } else {  
        command.set_thrust(thrust);  
        command.set_emergency_stop(false);  
    }  
    return command;  
};  
  
left_thruster_publisher->send(build_command(left_thrust));
```



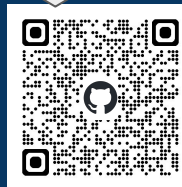
```
uint8_t *message_buffer = (uint8_t *)malloc((index + 1) * sizeof(uint8_t));  
memcpy(message_buffer, raw_message_buffer, (index + 1) * sizeof(uint8_t));  
pb_istream_t istream = pb_istream_from_buffer(message_buffer, (index + 1) * sizeof(uint8_t));  
if (pb_decode(&istream, communication_Command_fields, &message)) {  
    if (message.emergency_stop) {  
        motorSetSpeed(&motor, 0.0, 0.0);  
    }  
    else {  
        motorSetSpeed(&motor, message.thrust, 0.3);  
    }  
}
```



PC側
サンプル



マイコン側
サンプル



protolinkによるモーター操作



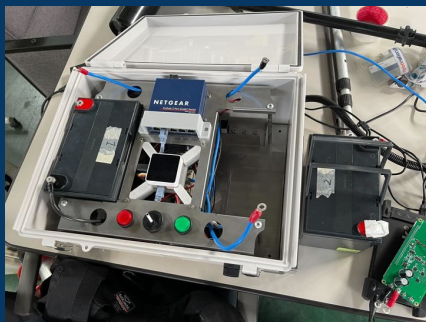
想定ユースケース

マイコン間通信

モータードライバBox内部にPWMを出すSTM32と緊急停止リレーを操作するM5Stackが存在

スイッチングハブで接続されているのでUDP/TCPでprotobufのデータを転送すればマイコン間通信を実現

そのままのデータをROS 2 PCでも受け取ることができるので自己診断情報吸い上げやセンサ開発も容易



ハードウェア抽象化

Mini-V / WAM-Vのようにハードウェアが異なっても通信プロトコルとprotobuf定義が決まれば制御PCのソフトウェアは共通化可能

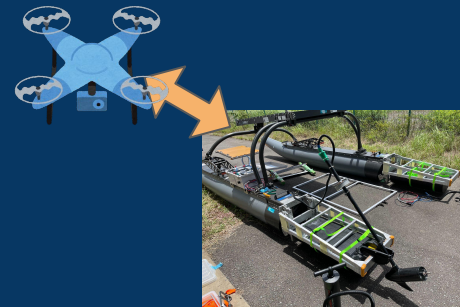
組み立てだけで一日仕事なWAM-VではなくMini-Vでテストを実行できる



ロボット間通信

ROS 2は同一LANにいれば通信可能だが、フィールドロボットは常に同一LANにいるとは限らない

ROS 2はロボット間通信が自動でできて便利だが、座標系の名称がかぶらないようケアしたりしないといけないのでロボット間通信はROS 2を介さないほうが楽なケースも

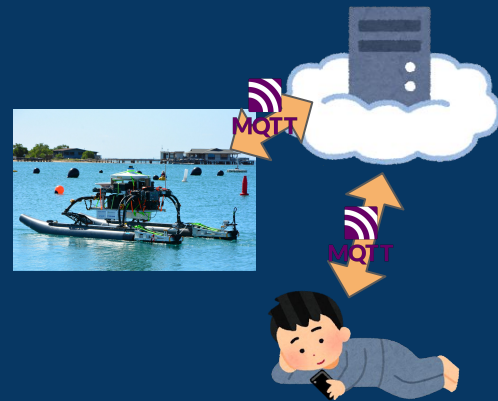


遠隔操作、テレメトリ

protobufのデータをmqttに流せばLTE回線を経由して遠隔操作が可能

mqtt/protobufがサポートされている言語でプログラミングできるデバイスであれば遠隔操作アプリを簡単に実装可能

マイコンから直接mqttを出力することで、ROS 2に依存しないテレメトリとロギングを実現



既存の組み込みROS 2やzenoh等との違い



Advantage

実装自由度の高さ：シリアライズ形式以外何も決めていないので作りたいアプリケーションに合わせて自分でプロトコルを選定できる
組み込み以外への応用：遠隔操作やクラウド連携にも利用可能、protobufをプロセス間通信で送れるのであればプロトコルは問わない
マイコンの選択肢が広い：nanopblはC言語が動けばOKで外部依存がない、様々なマイコンやRTOSに容易に対応可能
通信にROS 2依存が無い：ROS 2が起動していなくとも遠隔操作やテレメトリを実現できる
ROS 2と容易に連携可能：通信にROS 2依存は無いが、ROS 2メッセージからprotobufを自動生成して通信することでROS 2と連携可能
ロボット間連携に使うROS 2トピックを絞れる：連携に必要なROS 2トピックを最小限に絞ることでより開発者の脳に優しく！

Disadvantage

プラグアンドプレイではない：mROS 2などのようにRTPSに対応しているわけではないのでROS 2 nodeとブリッジで接続することに
実装の品質差が出やすい：マイコン側の通信処理は都度通信を実装する人が適切に記述しなければならないので、人によって品質に差が出る

Point

- どちらが優れている、というものでもない
- シームレスにつながるものにはそれはそれで良さがある
- OUXT Polarisでは非常停止系や遠隔操作をROS 2から独立した可能な限り薄いソフトウェアスタックの上に実装したいという需要があったことから結果的に通信ライブラリを自作し脱mROS 2をすることになった

Summary

通信ライブラリ「protolink」を実装、公開

- ROS 2メッセージをprotobufに変換してROS 2依存なく転送できるようにした
- ROS 2依存がないのでマイコン間通信やマルチロボット間通信にも使いやすい
- 非常停止、遠隔操作などROS 2を利用したくない、シンプルなファームウェアを使いたい場合にも有効
- テレメトリやロギングなどROS 2が動いていない状態でも動作してほしい機能とROS 2を簡単につなぐことが可能

WAM-Vのモーターを利用して動作試験を行った

- 試験は成功、モーターのROS 2トピックからの制御に成功した

Future Plan

mqtt対応：現在RoboBoat 2025に向けて鋭意遠隔操作/テレメトリシステムの開発中

TCP対応：一部のマイコン間通信がTCP/IPで実装されているためprotolinkで置き換える

Arduino対応：現在CubeIDE向けのファイル構成でしかnanopbのファイルが生成されないなのでその他の開発環境にも対応予定

マルチロボット制御試験：Maritime RobotX Challengeは毎回何らかのロボット間連携タスクがあるため

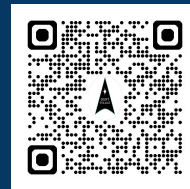
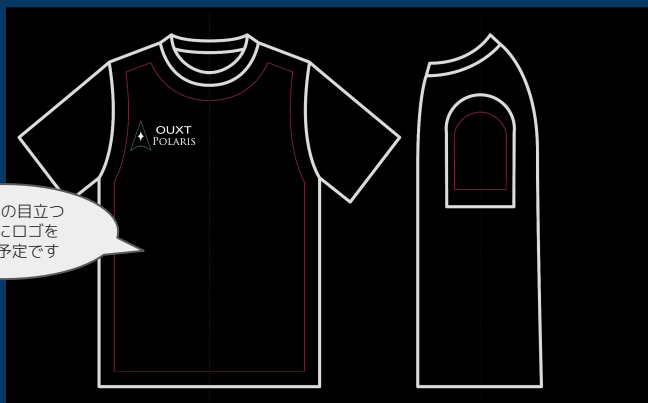
ご支援のお願い

予算不足等で2024年大会出場断念の反省とRoboBoat 2025参加費用を踏まえ、OUXT Polarisではスポンサー企業様を探しています

交通費、輸送費、開発費のご支援や物品提供、貸与でのご支援ともに大歓迎です

つい先日出場断念を決定したため、詳細条件は変更となる可能性が高いですが、船体やユニフォームへのスポンサー企業様のロゴ掲載とメンバーとの技術交流会などを返礼として予定しております

ご興味のある企業様がおられましたら会場にいるメンバーまでよろしくお願いたします





Task Overview

USV Demonstration



Safety
Check



Navigation
Demonstration

Mandatory before deploying

UAV Demonstration



Safety
Check

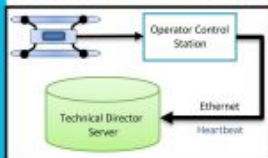


Pilot Safety
Check + Demo

Mandatory before deploying

Task 1

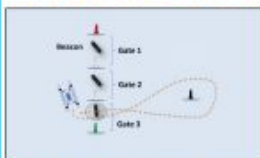
Situational Awareness



AMS transmits messages reporting various behaviors and data collected in course.

Task 2

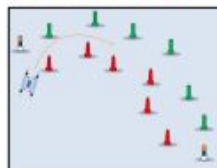
Entrance & Exit Gates



AMS detects active beacon and enters and exits course through corresponding gates.

Task 3

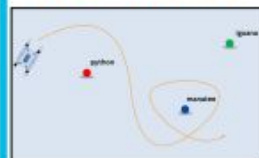
Follow the Path



AMS maneuvers pathway.

Task 4

Wildlife Encounter



AMS detects and scans signatures / RGB images, signaling USV to circle.

Task 5

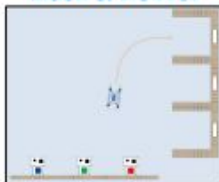
Scan the Code



AMS observes and reports three-light sequence display.

Task 6

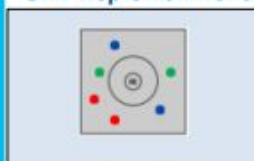
Dock & Deliver



AMS detects colored panels, docks in bay and delivers racquetballs.

Task 7

UAV Replenishment



AMS launches UAV, locates floating helipad, collects and delivers tin to other helipad.

Task 8

UAV Search & Report



AMS launches, conducts search of field and reports location of two objects.

メンバー構成（学生）

- **博士学生**

松崎史弥(九州大学 大学院マス・フォア・イノベーション関係学府 博士後期課程年)

- **修士学生**

大西凌平(九州工業大学 大学院生命体工学研究科 博士前期課程年)

西野光 (兵庫県立大学 大学院)

- **学部生**

糸園朔 (九州工業大学 工学部機械知能工学科 機械工学コース 4年)

二見堅太(九州工業大学 工学部2類 1年)

藤岡怜生(九州工業大学 工学部3類 1年)

メンバー構成（社会人）

永田暁久 株式会社ティアフォー

片岡大哉 株式会社ティアフォー

真田辰哉 TXP Medical株式会社

長尾悠世 株式会社デンソー

吉田圭佑 ヤマハ発動機

小林聖人 大阪大学

岡本健太 トヨタ自動車株式会社

田中俊哉 沖電気工業株式会社

小林聡太 インフィオンテクノロジーズジャパン株式会社

Maritime RobotX Challenge



Maritime RobotX Challenge

自動航行船を対象とする国際ロボコン（偶数年開催）

主なタスク：

移動・障害物回避・認識・投擲・精密移動

ベースになる船(WAM-V)は
公式から提供

搭載するセンサ、コンピュータ、推進
機などは独自

デカイロボットを
屋外で完全自律で
動かします

安心して下さい！！
教育体制は充実しています！！



Maritime RobotX Challenge

自動航行船を対象とする国際ロボコン（偶数年開催）

主なタスク：

移動・障害物回避・認識・投擲・精密移動

ベースになる船(WAM-V)は
公式から提供

搭載するセンサ、コンピュータ、推進
機などは独自

デカイロボットを
屋外で完全自律で
動かします

安心して下さい！！
教育体制は充実しています！！

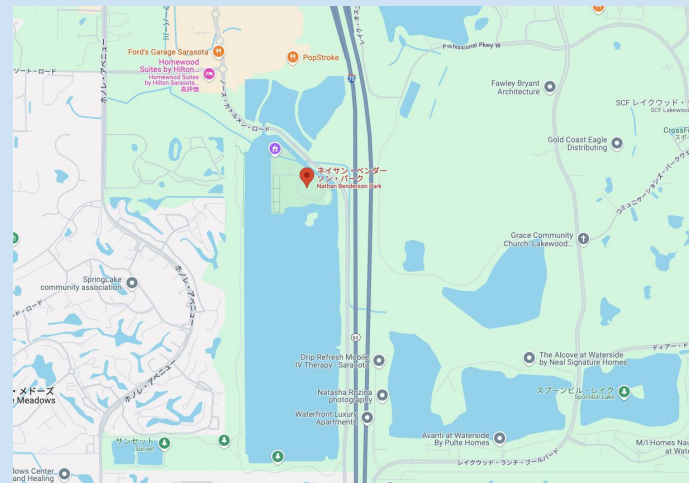
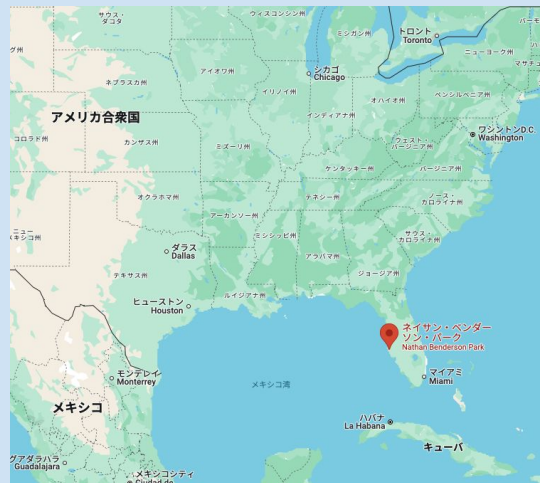


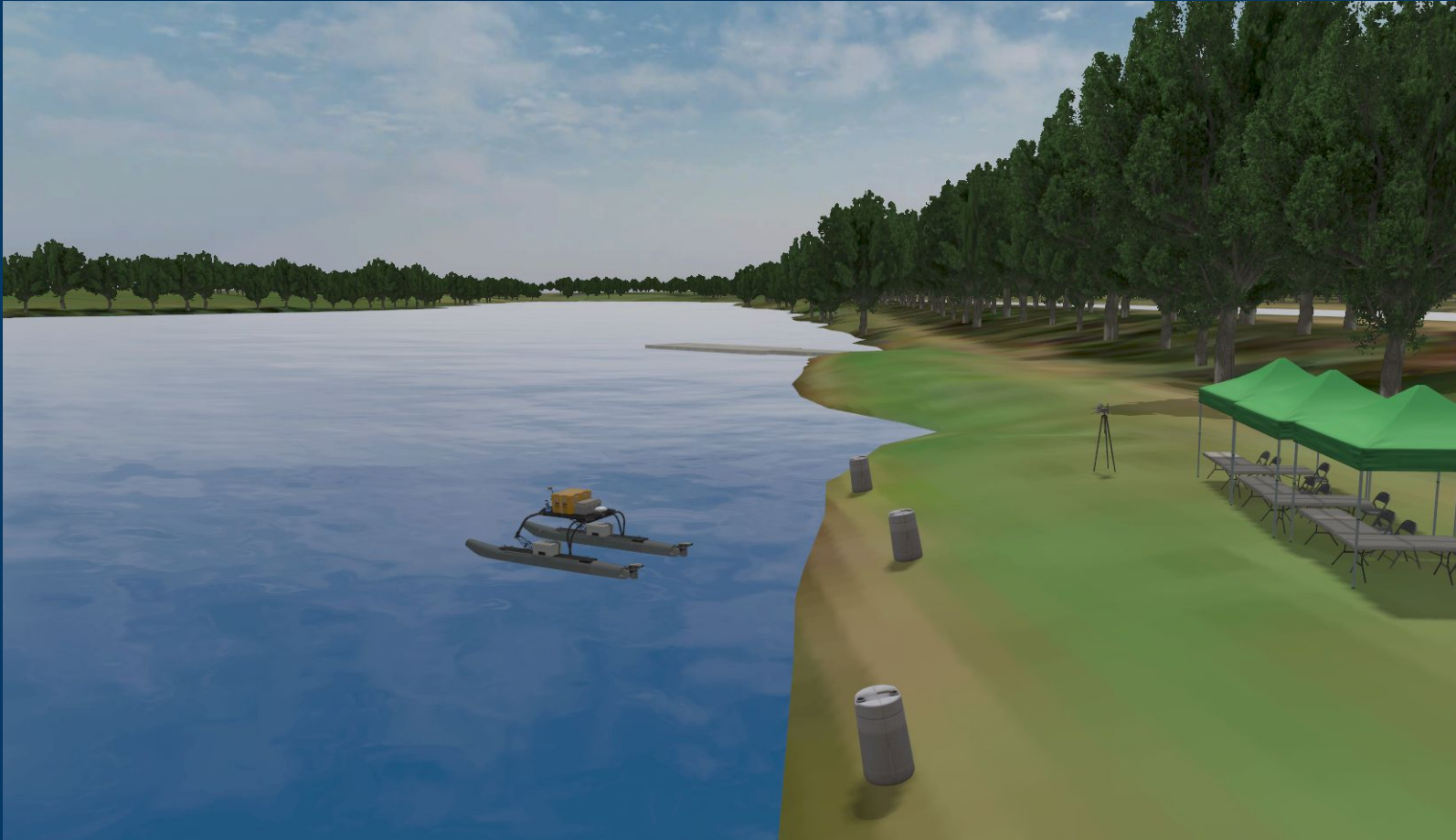
大会概要

RoboBoat 2025

開催地：アメリカ/フロリダ

開催日時：2025/03/03 - 03/09





Maritime RobotX Challengeの参加を目的とする学生と社会人OBの混成チーム
2014年度の初回大会から参加している日本で唯一のチームです。



Maritime RobotX Challenge 2014
@Singapore



Maritime RobotX Challenge 2018
@Hawaii

メンバー

- 学生 12人
- 社会人 7人



ロボット業界、自動運転の
会社で働く人もいます。
ロボット開発の実績多数な
メンバーが開発をサポート
してくれます。

まだまだいます

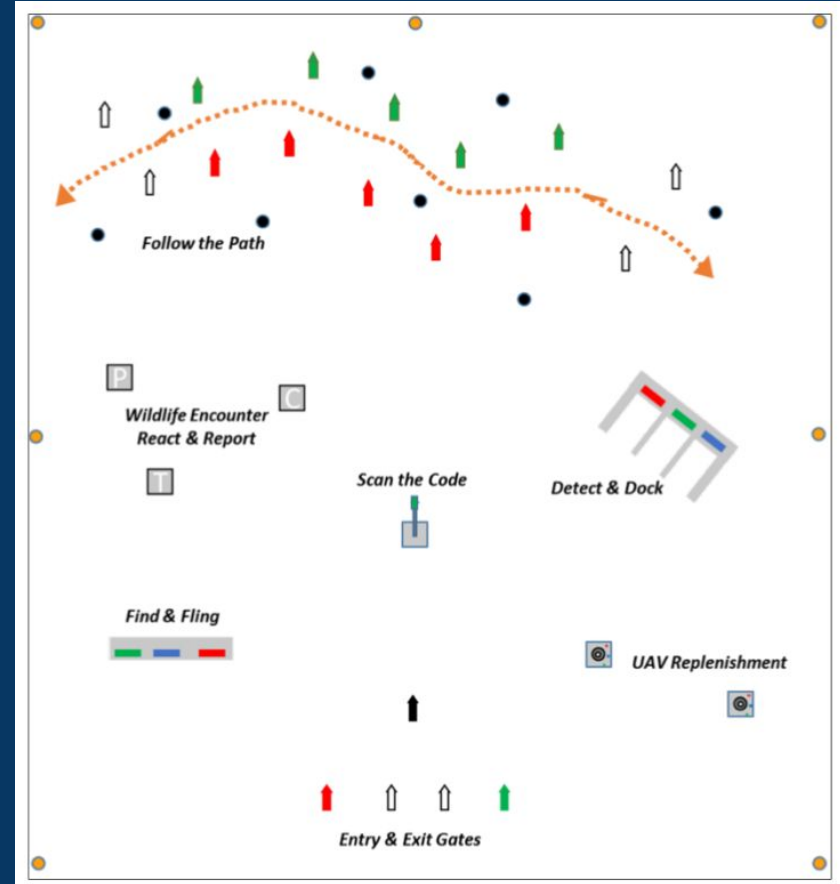
今年から大阪府立大学から九州工業大学へ拠点を移動
顧問：生命体工学研究科 人間知能システム工学先行
西田祐也 先生

Maritime RobotX Challenge 2022

2022年大会は輸送費や予算の都合で船を持つての出場はできませんでした。しかし、岡本が大会へ出場しプレゼンテーションを行い、海外チーム、スポンサーとの交流を行いました。



大会タスク



Task Overview

USV Demonstration



Safety
Check



Navigation
Demonstration

Mandatory before deploying

UAV Demonstration



Safety
Check

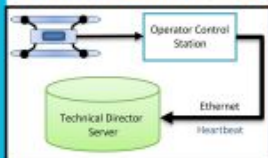


Pilot Safety
Check + Demo

Mandatory before deploying

Task 1

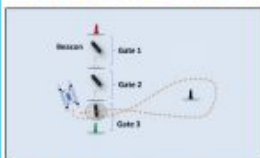
Situational Awareness



AMS transmits messages reporting various behaviors and data collected in course.

Task 2

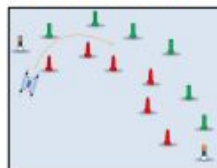
Entrance & Exit Gates



AMS detects active beacon and enters and exits course through corresponding gates.

Task 3

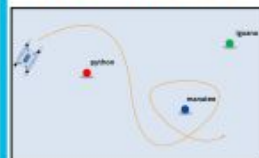
Follow the Path



AMS maneuvers pathway.

Task 4

Wildlife Encounter



AMS detects and scans signatures / RGB images, signaling USV to circle.

Task 5

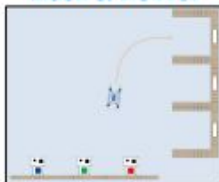
Scan the Code



AMS observes and reports three-light sequence display.

Task 6

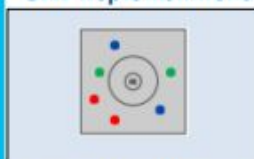
Dock & Deliver



AMS detects colored panels, docks in bay and delivers racquetballs.

Task 7

UAV Replenishment



AMS launches UAV, locates floating helipad, collects and delivers tin to other helipad.

Task 8

UAV Search & Report



AMS launches, conducts search of field and reports location of two objects.

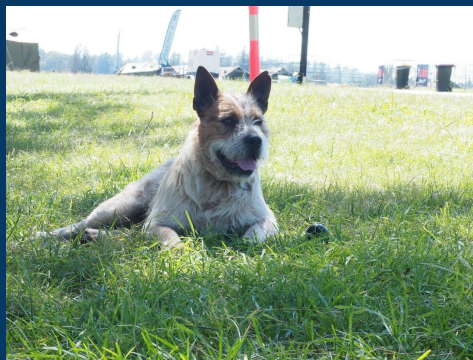
Maritime RobotX Challenge 2022



[動画 - Google フォト](#) ドッキング



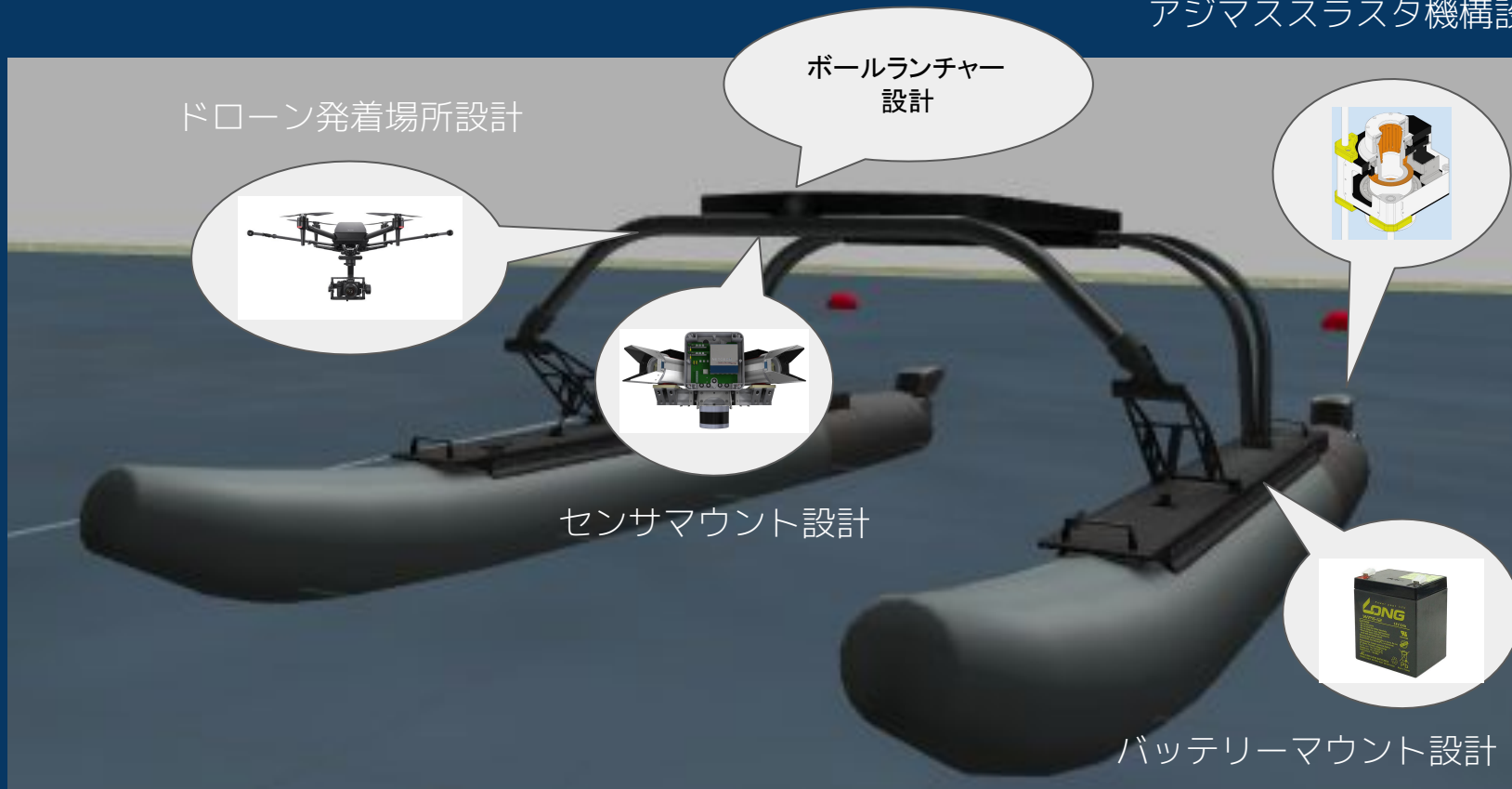
FearLess Award



Team Minion

活動内容（ハードウェア開発）

アジマススラスト機構設計



活動内容(回路開発)

センサ駆動回路設計

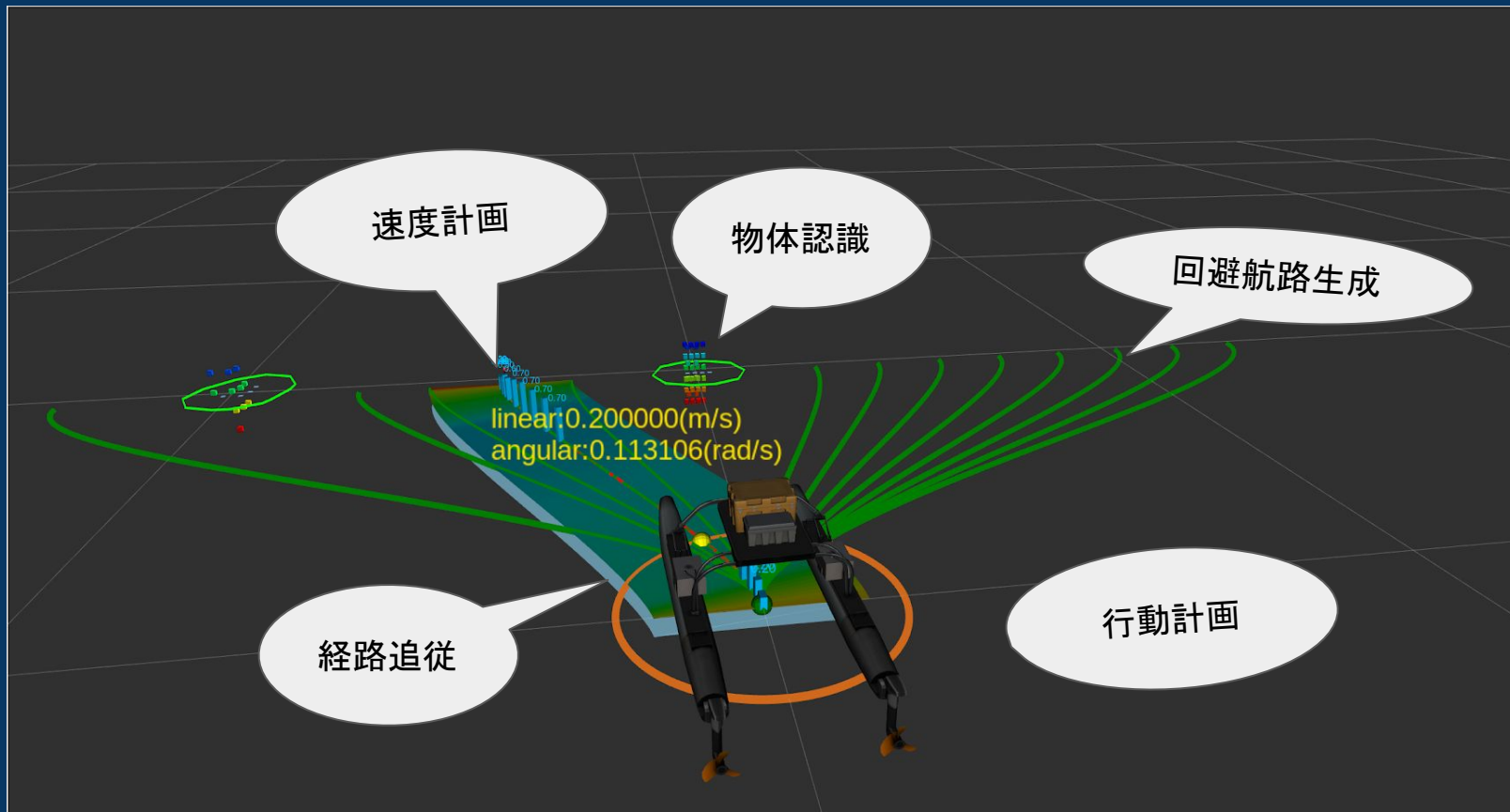


配電盤
設計

配線
設計



活動内容(ソフトウェア開発)



支出先

- ・ 旅費
- ・ 輸送費

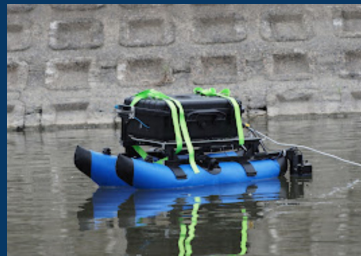
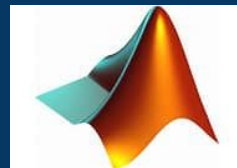
OUXT Polarisでは自律航行をやってみたい人を募集しています！

私達と一緒に『**世界一かしこい航行船**』をつくりませんか？

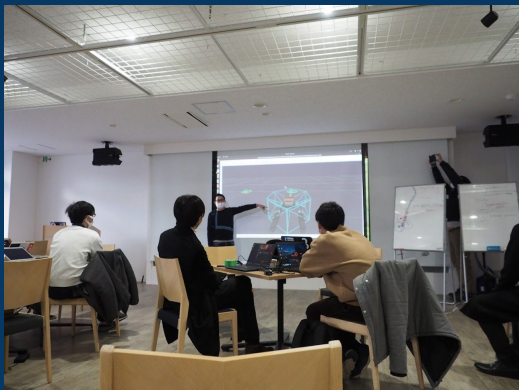
- ハードウェア設計
- 電子回路設計
- ファームウェア実装(HSIカメラ,音響系)
- 自己位置推定系の実装(発音体の位置推定)
- 物体認識系の実装
- 運営(スポンサーとのやりとりなど)



- ROS2やロボットの勉強会を実施予定@九工大
- MATLAB/Simulinkのスポンサーライセンス
- 学会などでの発表機会あり
- 実機試験、小型機試験
(九工大でやりたい)



その他



ROS2ロボット勉強会@大阪大学



定例会：毎週水曜日 21:00-

運営連絡

進捗報告

放課後（進捗報告を受けて発生する臨時の進捗会）

作業会：毎週土曜日 21:00-

ワーキンググループごとに作業したり

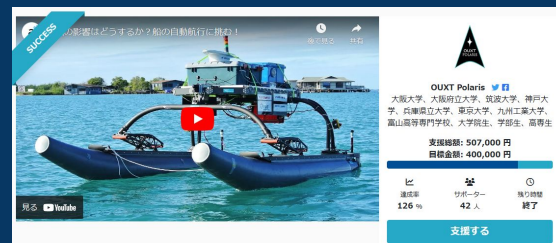
皆でわいわい作業したり

運営

資金

- 研究補助金(西田先生の研究室の資金)
- 学生プロジェクトの支援金(未定)
- クラウドファンディング
- スポンサーからの支援金

○ 過去大会のスポンサー



ROBOTIS



○ 交渉予定



こんな人にオススメ！！

- 自律移動ロボットに興味がある人
- ロボット開発やってみたい人

**本人の興味を重視します！
まだまだこれからって人も社会人メンバーが教育します！**

2023/3

九工大に拠点移動

2023/11

Virtual RobotX 2023

2024/11

Maritime RobotX Challenge 2024@???

Thank you for Listening.

Any Questions?

RobotX 2022

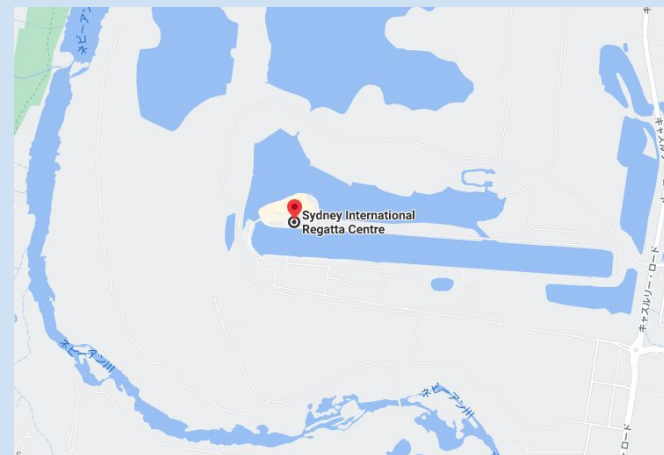
ルール概要

開催地：オーストラリア/シドニー

開催日時：2022/11/11~17

大会概要

Maritime RobotX
2022



大会タスク

紹介



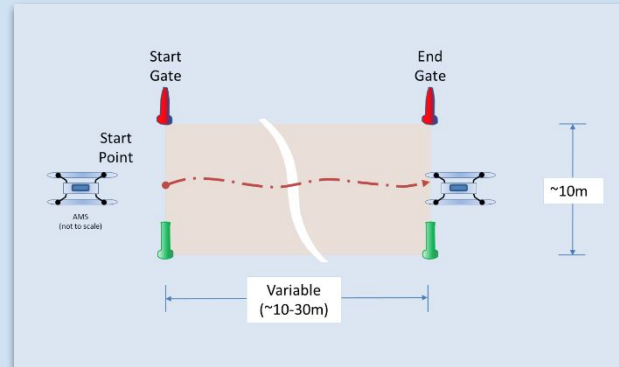
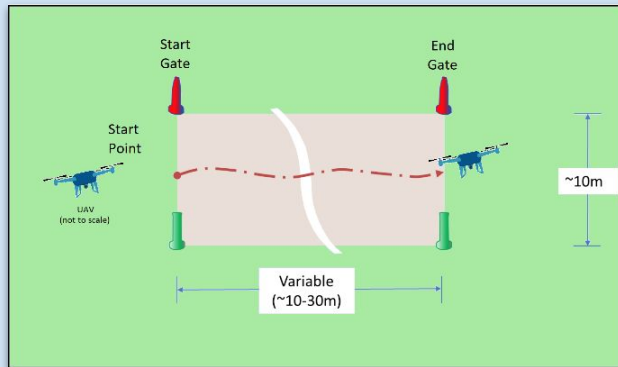
Course C

RobotX 2022 タスク

- 安全検査
- 記録と報告
- ゲート通過
- コース追従
- 野生生物との遭遇
- コード読み取り
- 着栈
- 配達
- 補充
- 搜索

安全検査

1st task



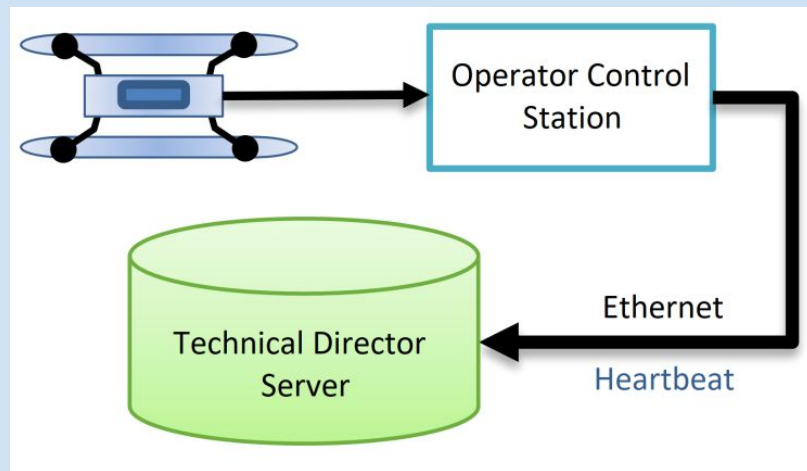
赤と緑のブイで構成されるゲートを通過

- ドローンと船の両方
- 2022からドローンは必須となる

ドローン

記録と報告

1st task

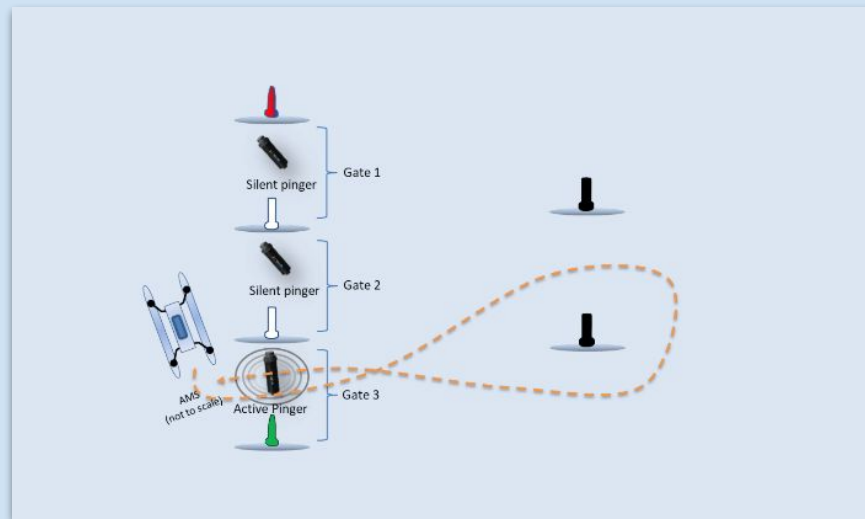


船のいる位置などをサーバー側に送信する

- 船の緯度、経度、タスクの達成度などを報告

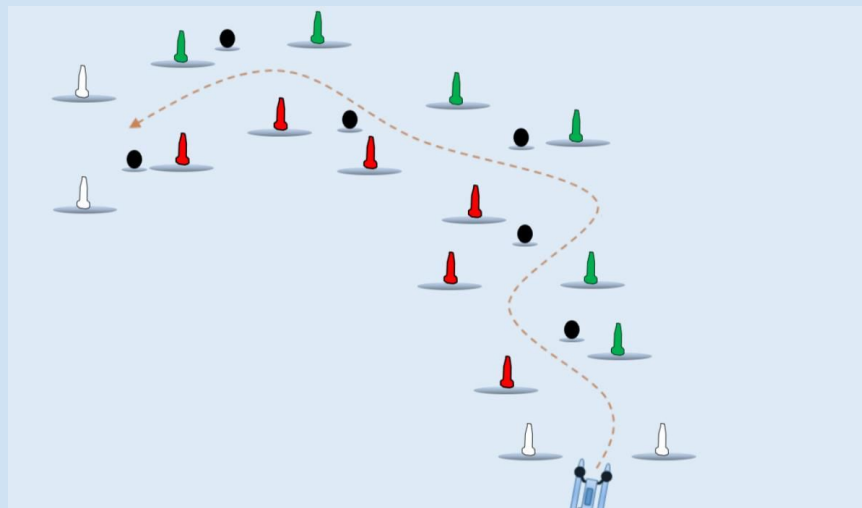
ゲート通過

2nd task



船はピンガーがあるゲートを通過する

- ハイドロフォンが必要
- 沖合のブイを周って帰還



コース通過

3rd task

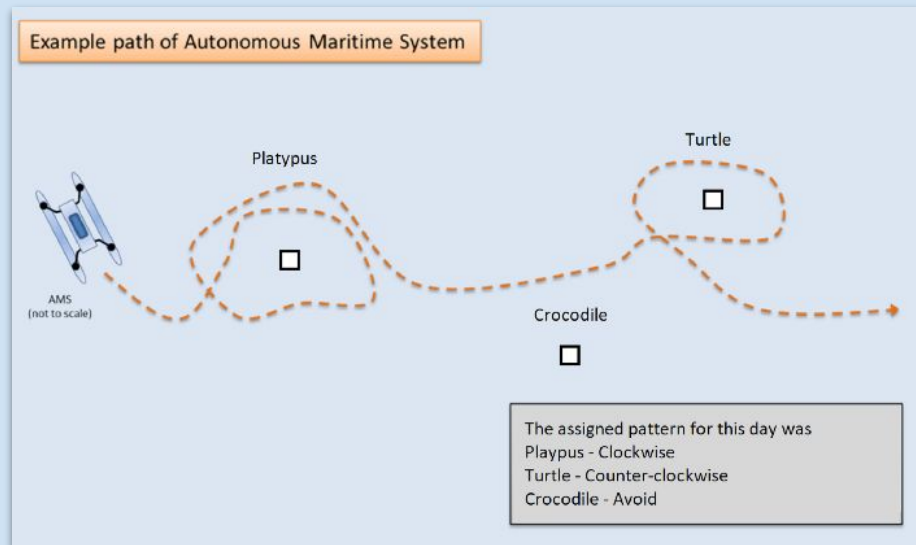
ドローンと船がブイの間をすり抜ける

1. ドローンが地図を作る
2. ドローンがブイの間をすり抜ける
3. 船はドローンについていく

ドローン

野生動物 との遭遇

4th task



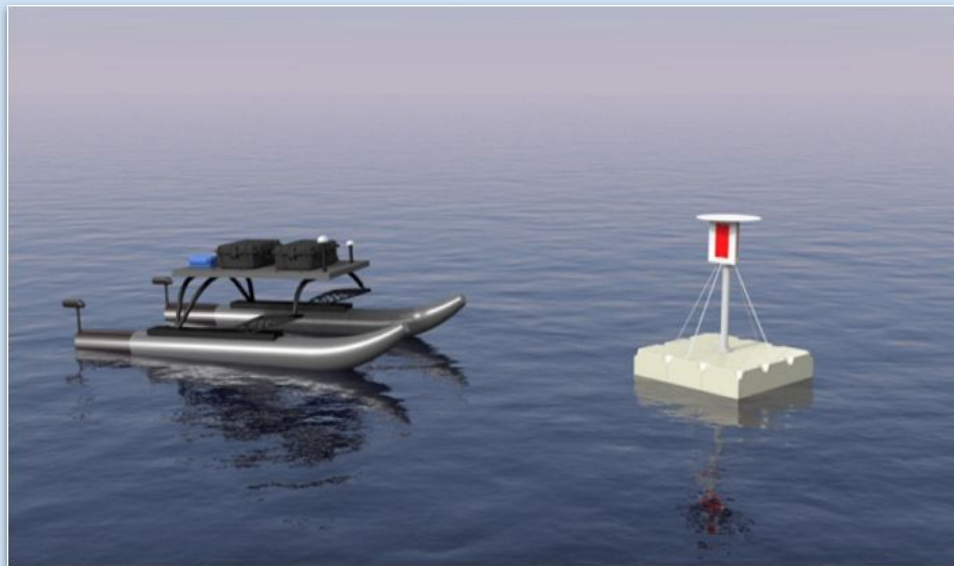
ブイを野生動物に見立て、それぞれ適切な行動をとる

ブイには識別と分類を可能にするために、固有の分光シグネチャーを持つコーティングがされています

- 分光カメラでブイを認識する必要性

コード 読み取り

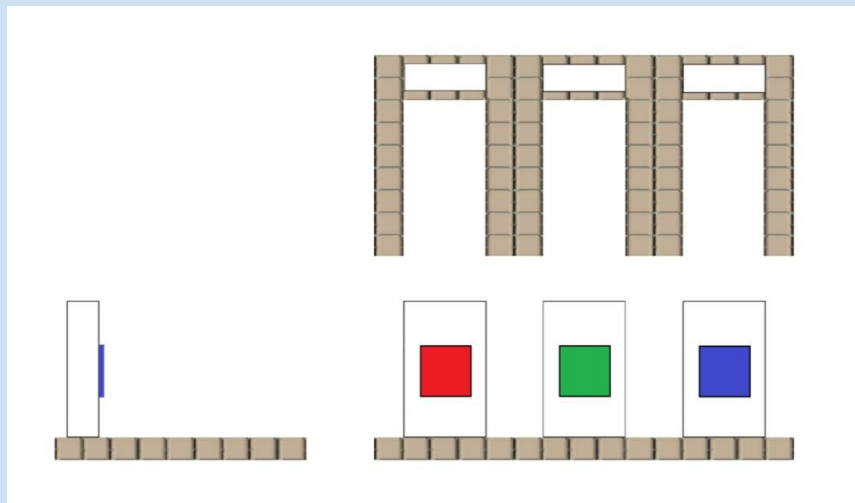
5th task



投光器が載ったブイから発せられる
パターンを読み取る.

着棧

6th task

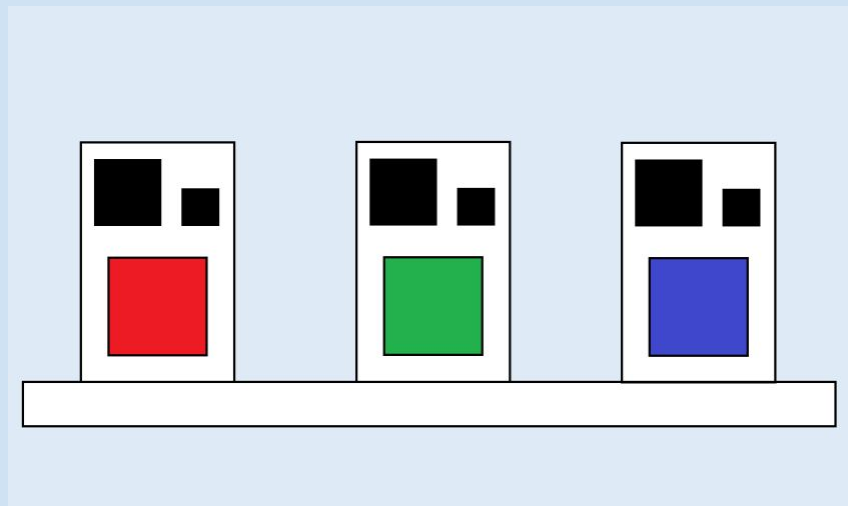


船を決まった場所に着棧させる

- ボールランチャーが必要
- 着棧する場所は発光パターンに基づいて決められる

配達

7th task

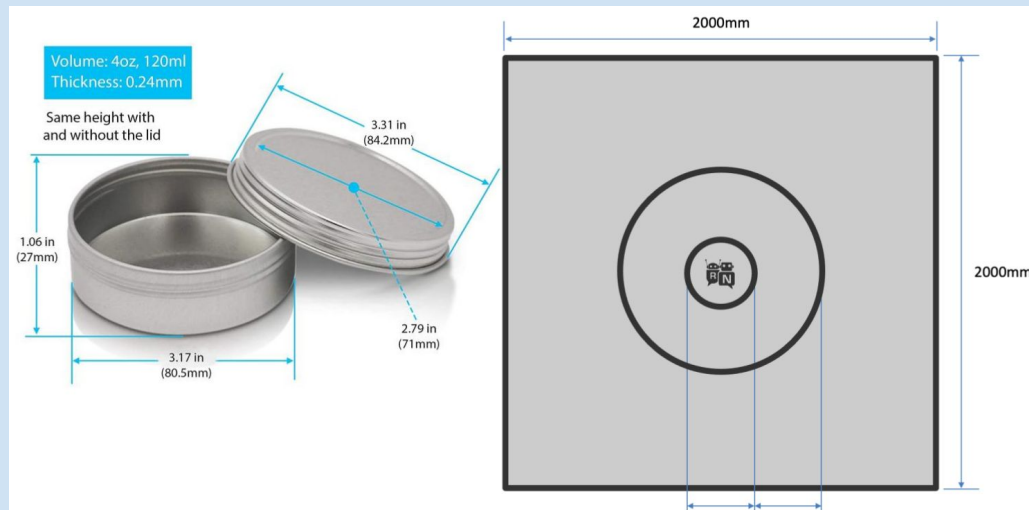


穴にボールを投げ入れる

- ボールランチャーが必要
- 投げる場所は発光パターンに基づいて決められる

補充

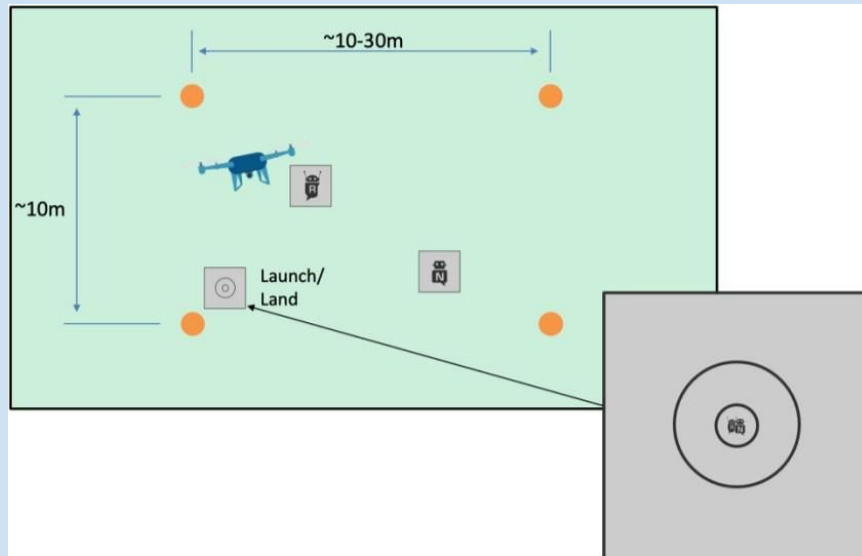
8th task



大きさ2m x 2mの着陸位置にある缶を補充してドローンで取りに行っても船に戻る

搜索

9th task



オレンジの領域内にあるパネルを認識して
対象物の位置を報告する

RobotX 2022 タスク

- 安全検査
- 情報の記録と報告
- ゲート通過
- コース追従
- 野生生物との遭遇
- コード読み取り
- 着棧
- 配達
- 補充

Toward the next goal

current progress & future works

目標達成に向けて

- ソフトウェア
 - ROS2への移行
 - Navigation Stack刷新
 - Perception Stack刷新
 - Simulation環境の整備
- ハードウェア
 - オブジェクト認識用センサの構成変更
 - アジマス推進器再設計
 - 電源システムの再設計

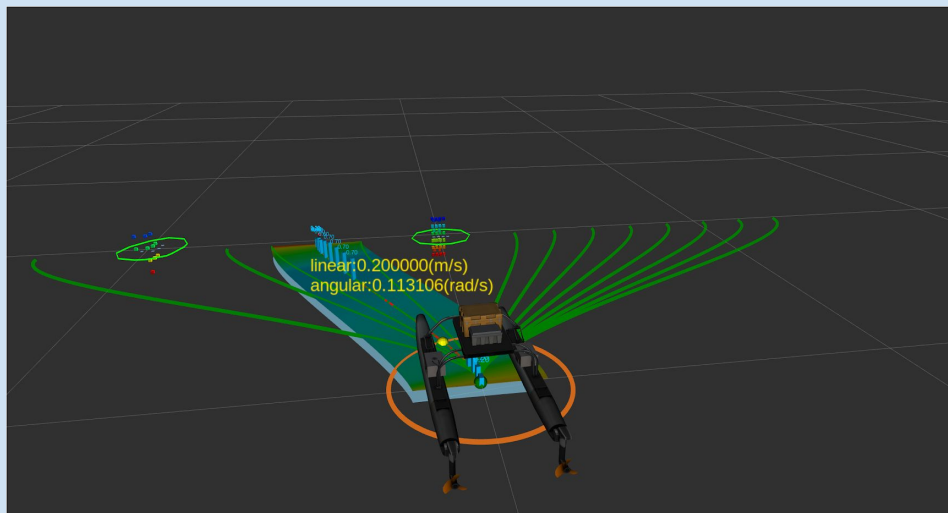
Software Development

ROS2移行

最新バージョンの
ロボットミドルウェア
に移行



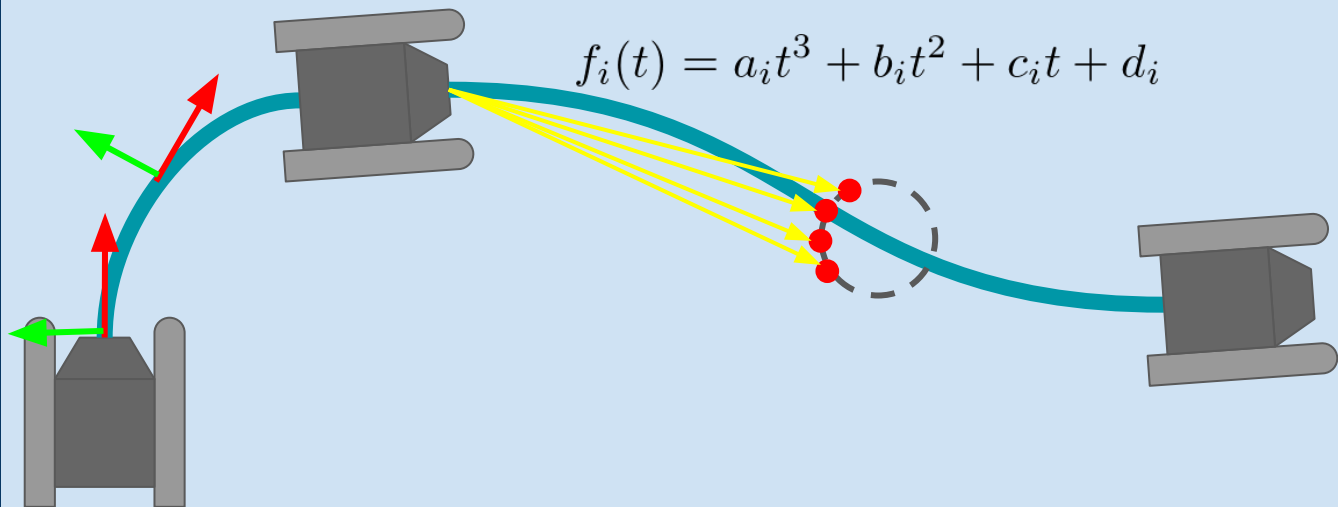
- 前回大会まではROS1を使用していたがPython2サポート終了を契機にROS2移行
- すでに移行作業は完了
- 開発成果物をOSSで公開するとともにROS2開発知見をROSの開発者コミュニティにFB



Navigation Stack刷新

曲線経路での
プランナーを採用
なめらかに旋回

- 経路曲線をエルミート曲線でモデリング

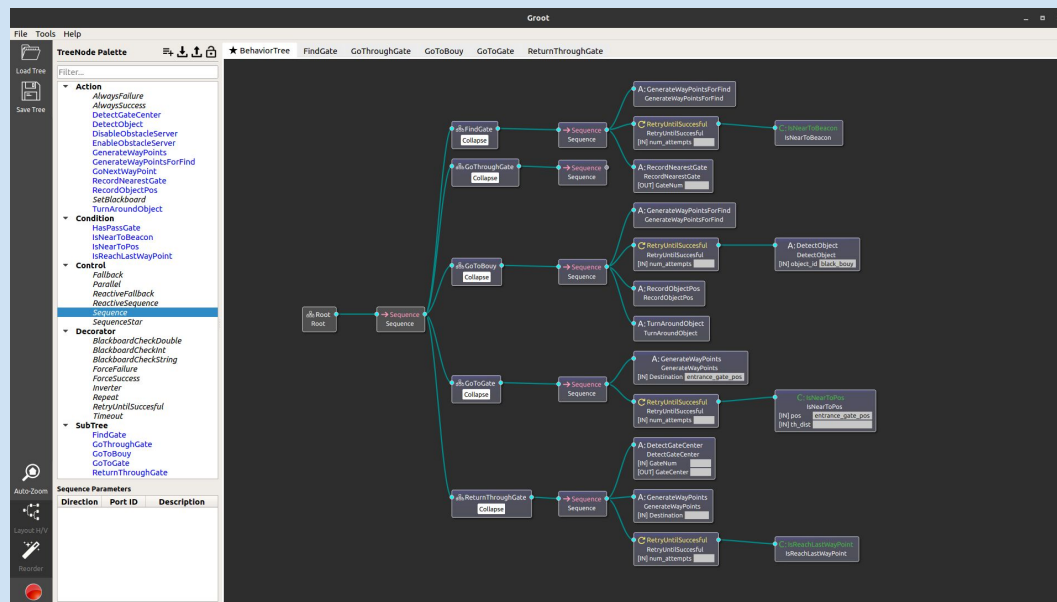


- 単純追跡コントローラーで経路曲線に沿って航行
- 経路曲線に沿った座標系で速度計画
- 障害物回避機能も実装

- 前回大会では状態機械を採用したが、状態機械では決勝戦のタスクの複雑さに耐えられないと判断
- ROS2のBehavior Tree Libraryを活用し、自前のBehavior Treeを構築

Navigation Stack刷新

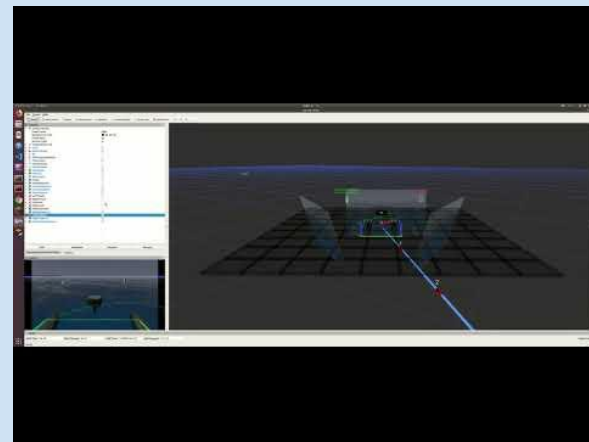
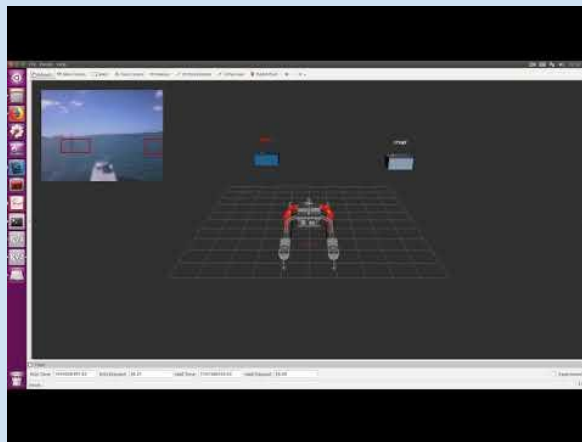
Behavior Treeの導入



Perception Stack刷新

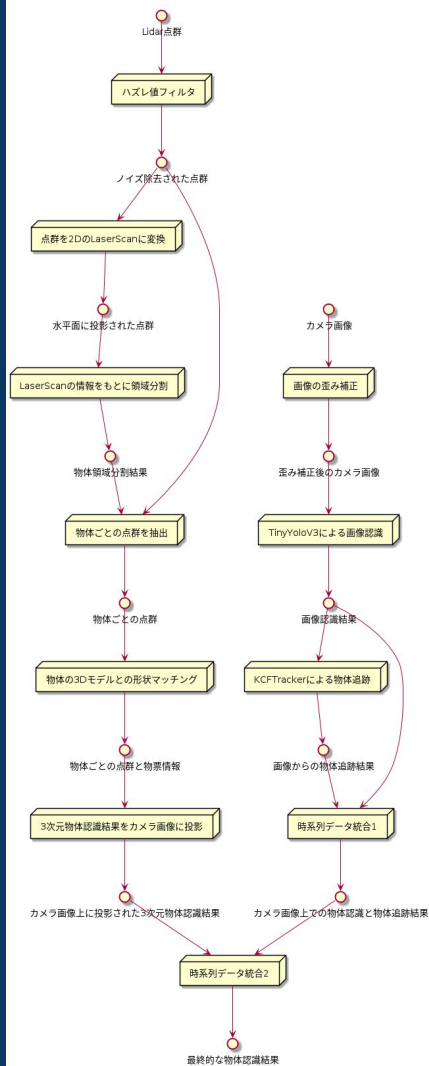
高度なSensor Fusionの導入

- (前回大会)非常にシンプルなLiDAR + Camera Fusionを実装したものの、識別失敗率が高かった
- (去年から)深層学習による画像認識と点群のクラスタリング結果をハンガリアン法を使ってマッチングするアルゴリズムを実装、より精度の高い認識を実現
- (今後)更に改良を加え、計算量を抑えながら精度向上を目指す



Perception Stack刷新

全体アーキテクチャ



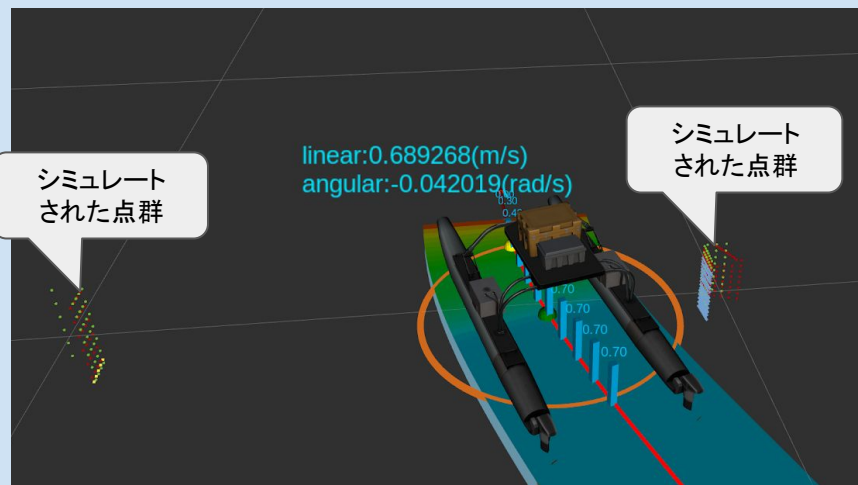
1. 画像上での認識と追跡
2. 点群上での認識
3. データ統合
4. 時系列処理

- センサの視界外に出た物体の追跡
- スコールによるオクルージョンの影響を低減

Simulation 環境の整備

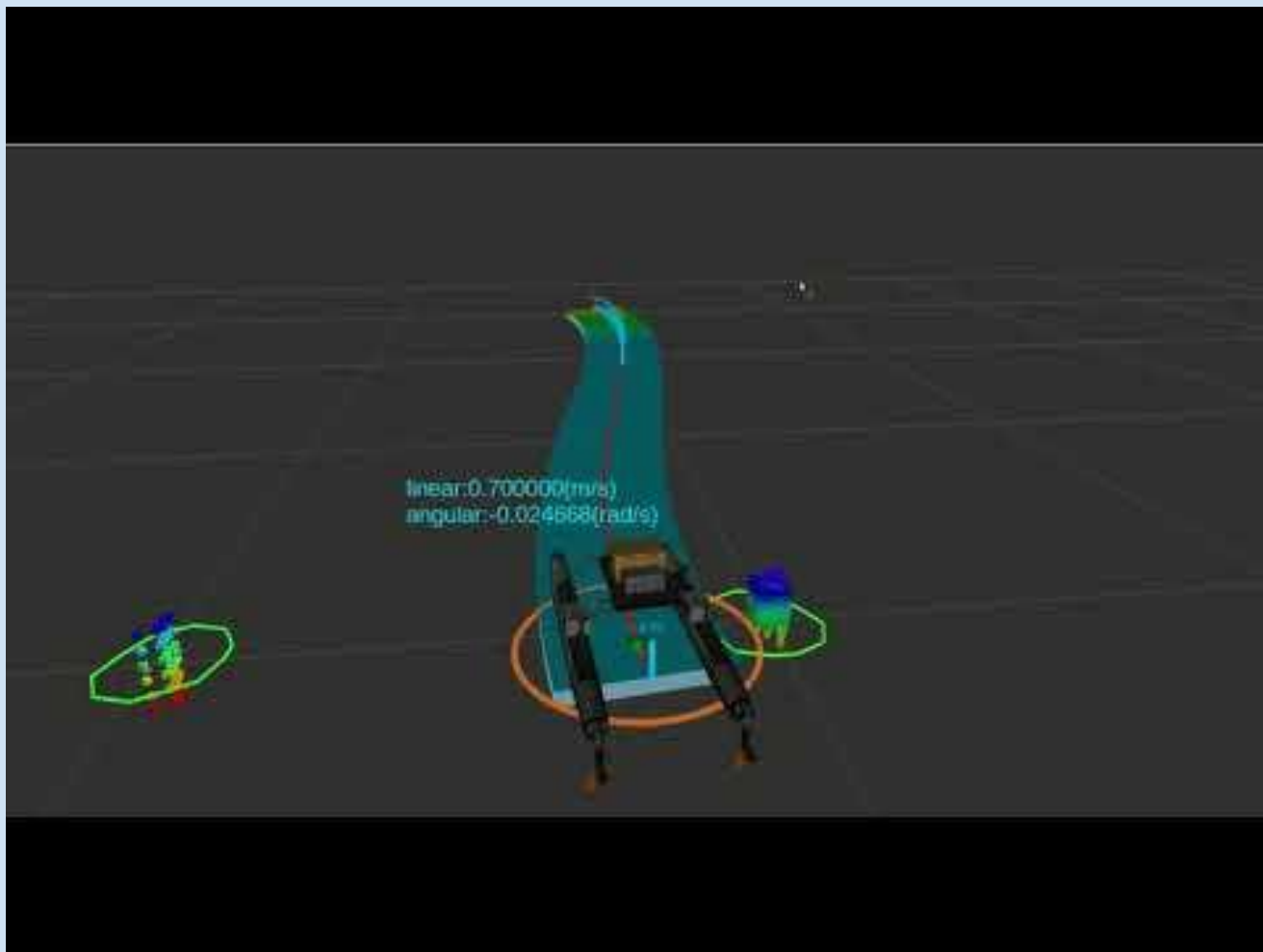
3D Lidar Simulation
の実装

- Virtual RobotXの環境はまだROS2には対応しておらず、コロナ下で開発を進めるためには自分たちでSimulation Toolを作っていく必要があった
- IntelのOSSを活用してray-tracingを行いLidar Simulationを実現



Navigation Demo

認識系と組み合わせた
ナビゲーション

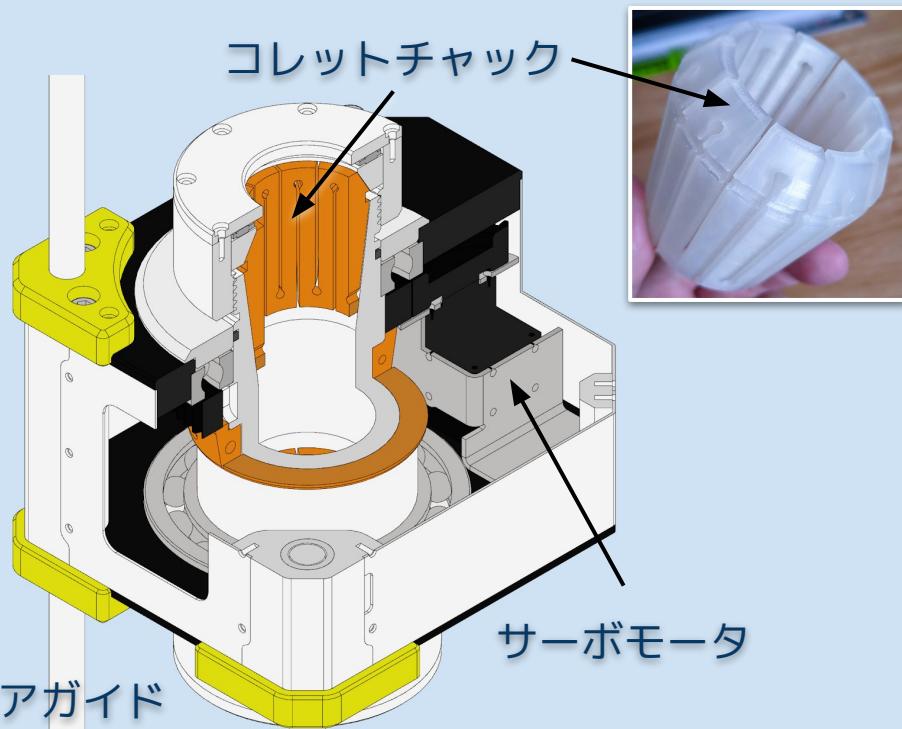
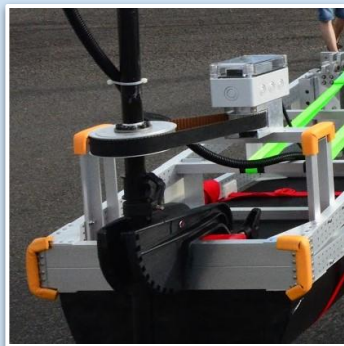


Hardware Development

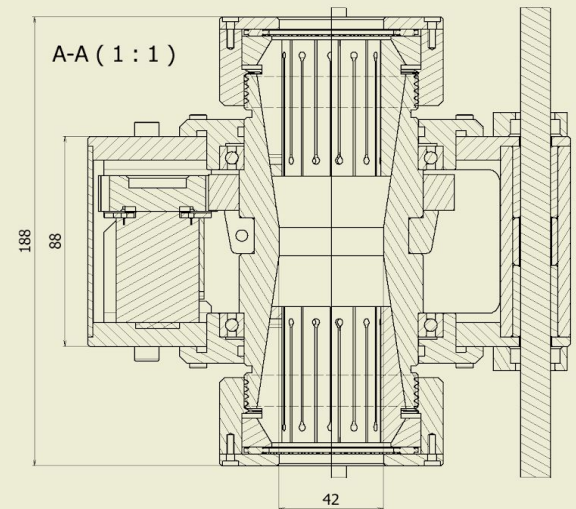
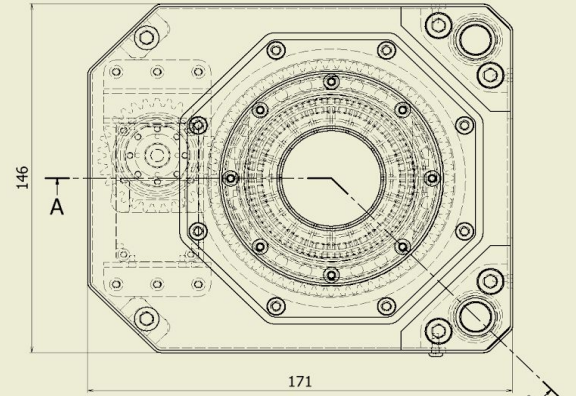
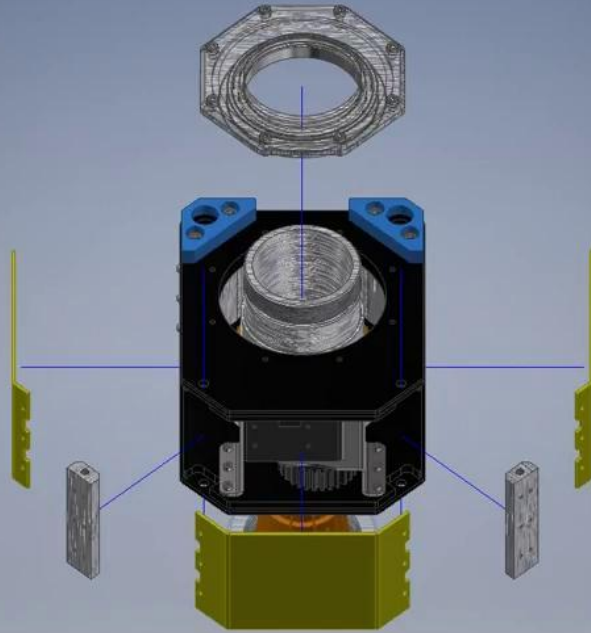
アジマス スラスト 再設計

3つの機能をコンパクトに！

- 全ての機能を1つに
 - 把持：3Dプリンタ製コレットチャック
 - 回転：中空シャフト & サーボモータ
 - 昇降：リニアガイド



Animation & Cross-section Diagram



電源

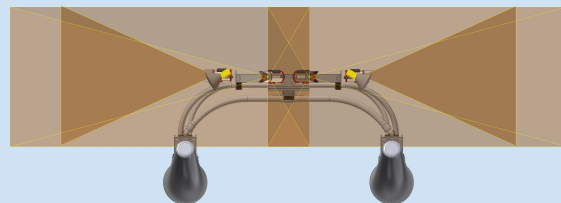
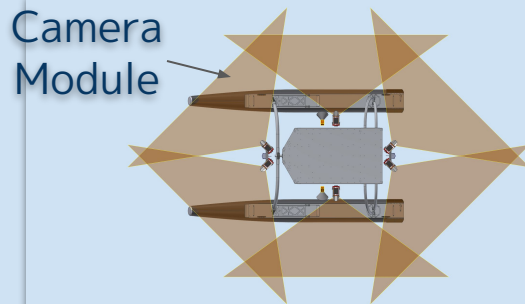
- 限られた予算で運用性の向上を図る
 - 一人でも安全に運搬できるサイズの鉛蓄電池を組み合わせた構成
 - 理想ダイオード回路による並列化とホットスワップ
 - 出船プランに合わせてバッテリー搭載数を変更可能
 - 制御用／推進用の電力量比率を柔軟に変更可能
 - 制御機器への電源分配プロトコルを設定
 - 単一電圧（24Vdc）での分配+POL
 - 専用コネクタを選定
 - 未結線・断線検知
 - 残量推定・自己診断の為の情報をROSにPub

センサー 配置

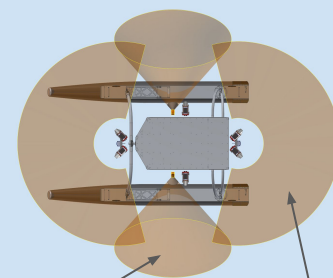
LiDARとカメラ

- 周囲360度をカバーする6台のカメラ
- 汎用と着積用とにそれぞれ2台のLiDAR

Camera

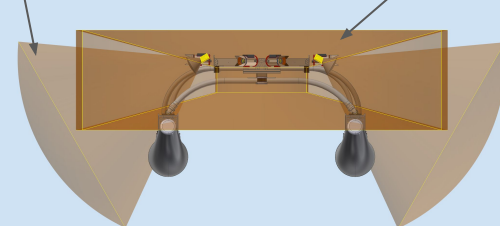


LiDAR



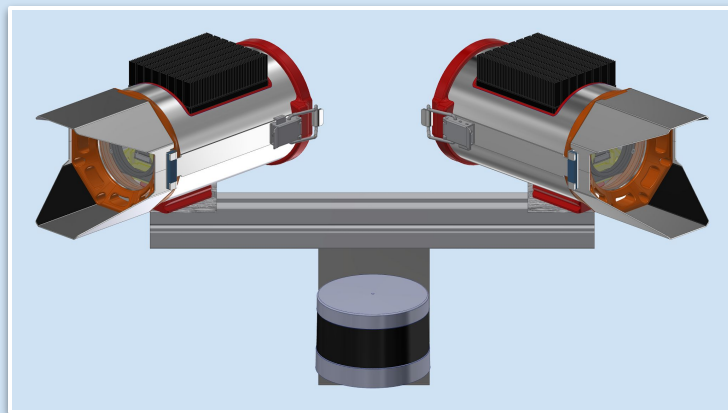
Livox

Velodyne



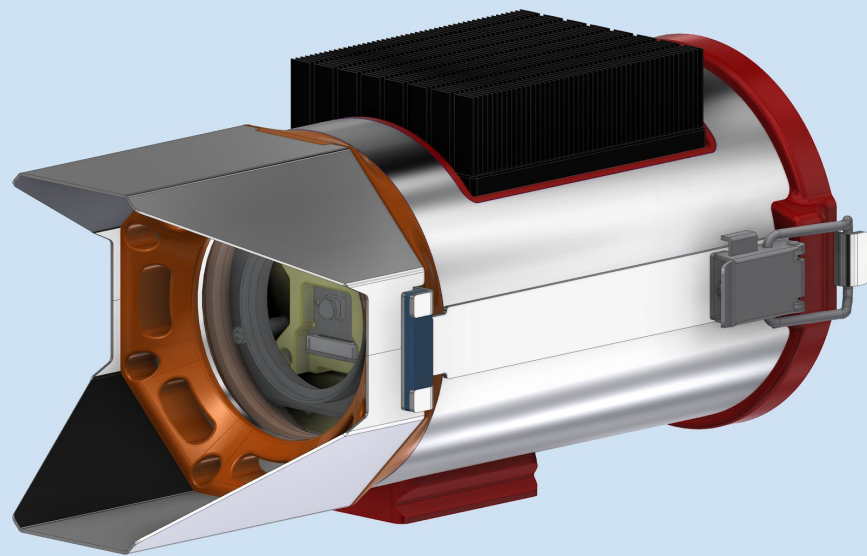
パーセプション アレイ

- 距離（LiDAR）と色（カメラ）の空間的な同期を保持したまま持ち運べるユニットが欲しい
- 水平視野角180°分のカメラとLiDARを機構的に統合
- 船から取り外し各自の自宅でもデバッグデータの取得が可能．コロナ禍における開発に有用．

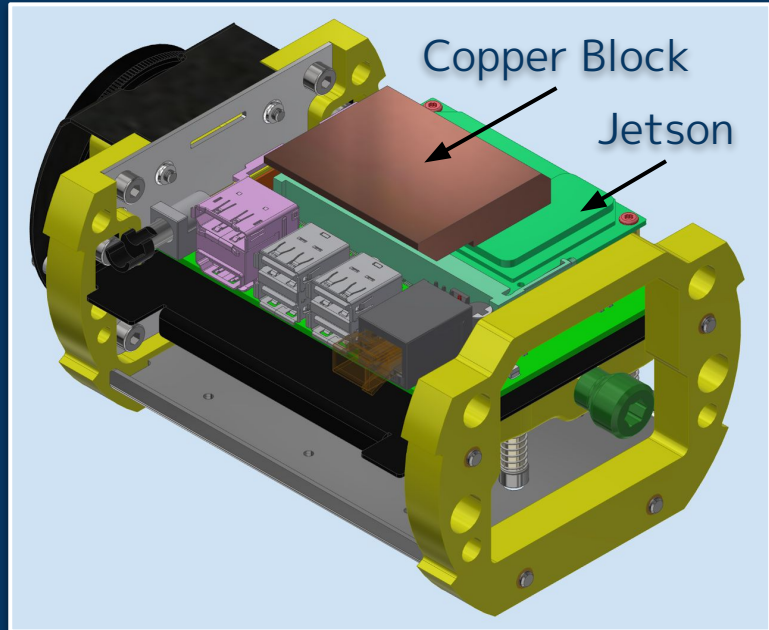
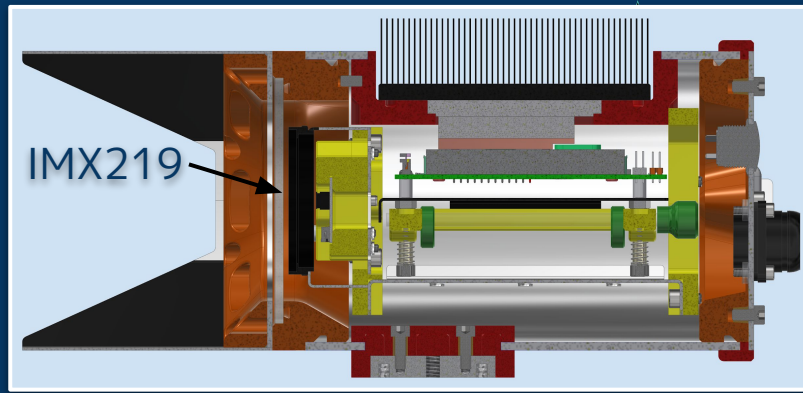
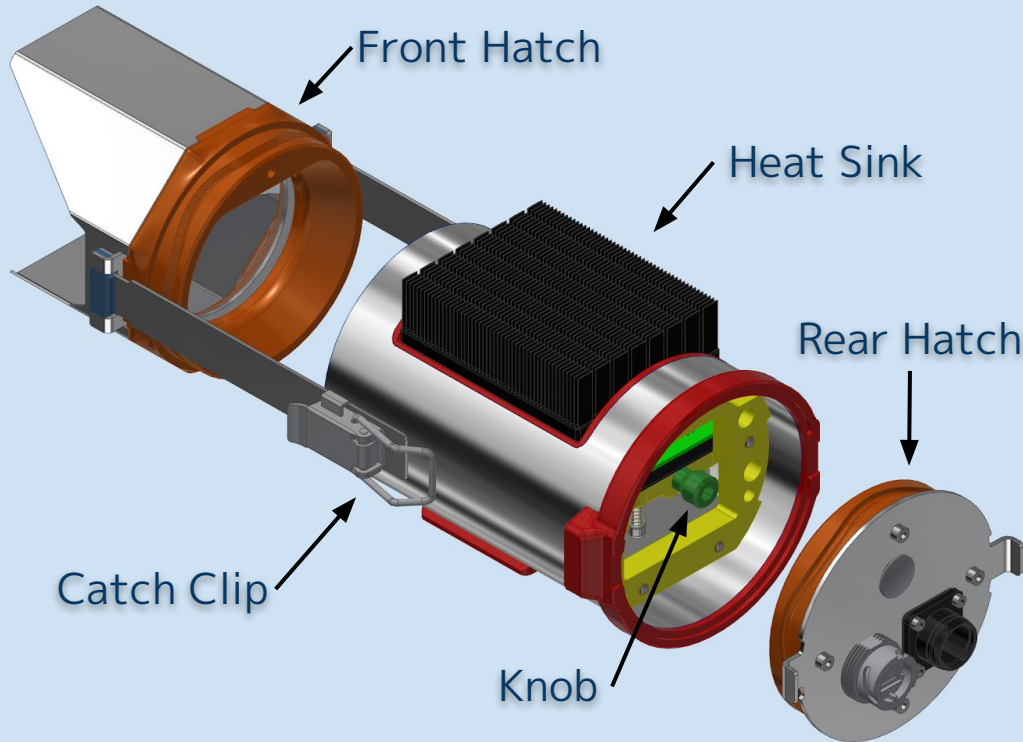


カメラ モジュール

- イメージセンサ : IMX219
- 計算機 : Jetson Nano
- 防水筐体
- 簡単に開け閉め可能(道具要らず)



カメラモジュール詳細



コロナ禍での取り組み

コロナ禍での 取り組み

コロナ禍でも技術伝承
を絶やさないために

- 勉強会
- コロナ禍に対応した開発方法

勉強会

- オンラインの勉強会を実施
 - 引き継ぎ
 - SW/HW相互理解
 - OBとの交流
- 実施形態
 - 内部勉強会(オブザーバあり) 8回
 - 外部勉強会 5回
- 内容例
 - 他チームのTDP解説
 - ソフトウェアアーキテクチャ
 - ハードウェアデザインレビュー

ROSJP UG(日本ROSユーザーグループ)

- ROSCONJP 2019
- 5/1 #36 オンラインROS勉強会
- 8/28 #38 オンラインROS勉強会
- 12/14 自作ロボット勉強会

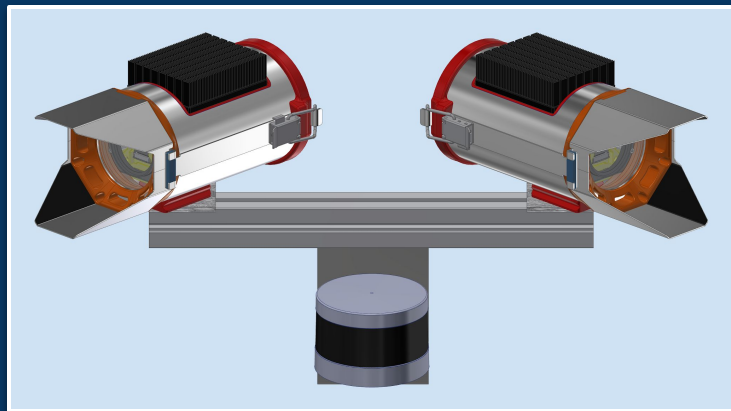
ロボティクス勉強会(robosemi)

- 5/15 第0回
- 6/19 第1回

コロナ禍での開発

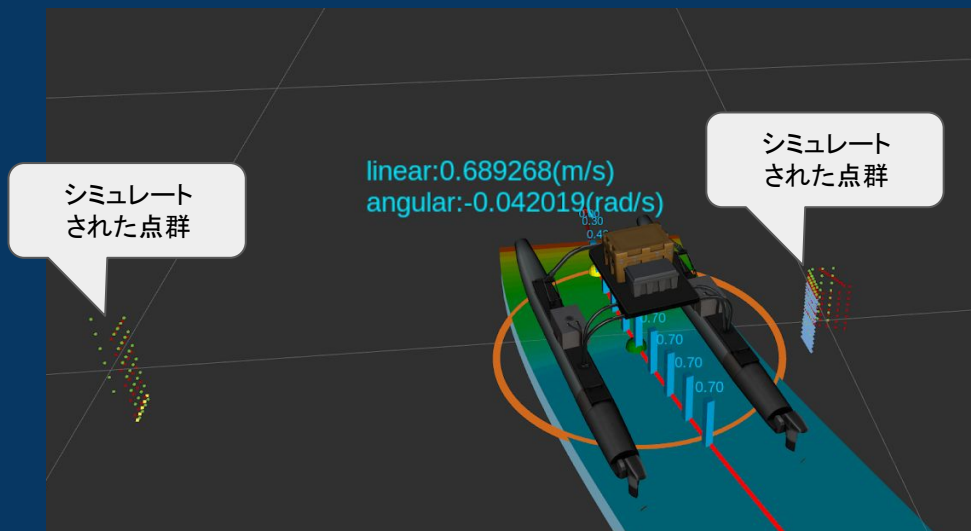
センサアレイ

- 1人でデータ収集可能に
- 陸上で簡単にデータ収集可能

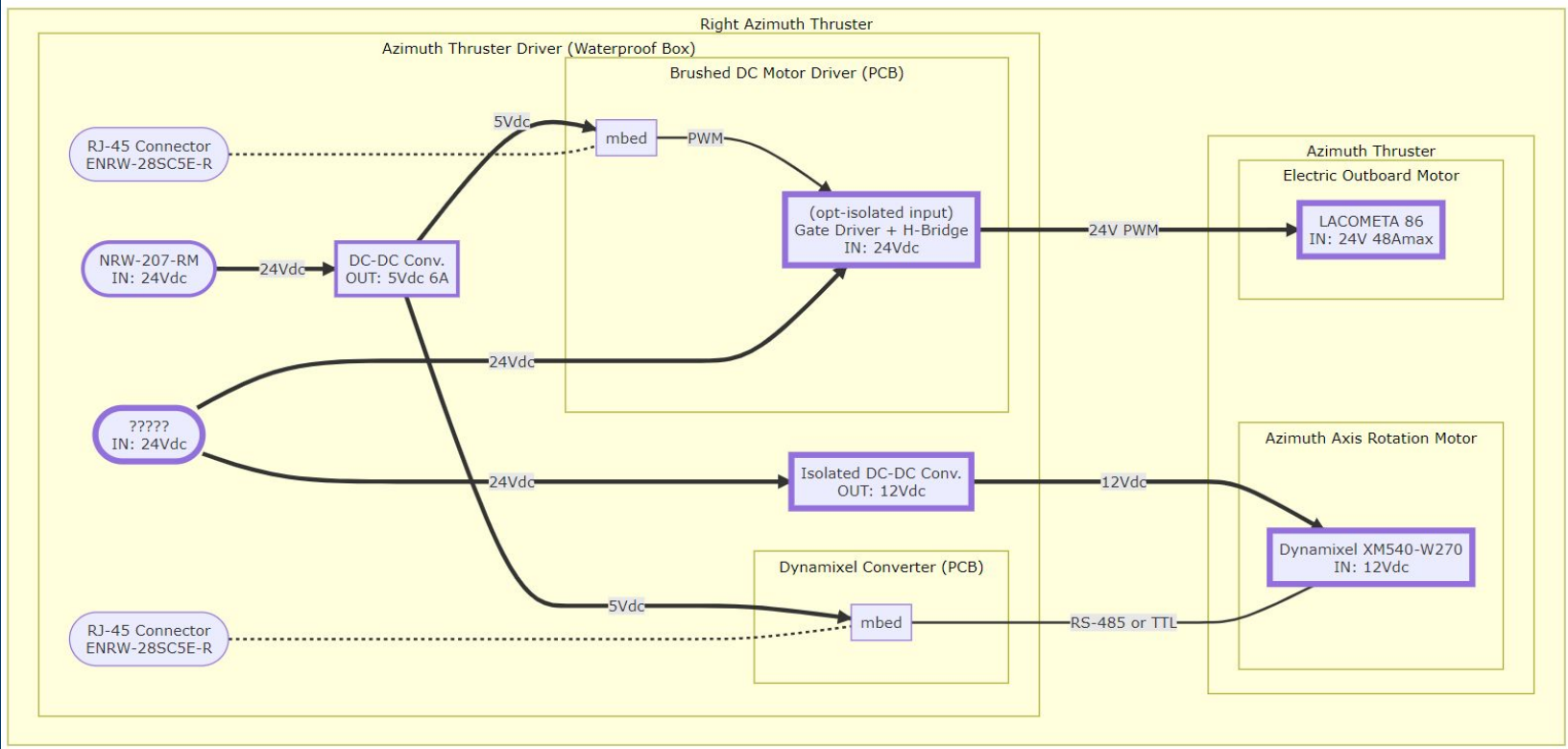


シミュレータ

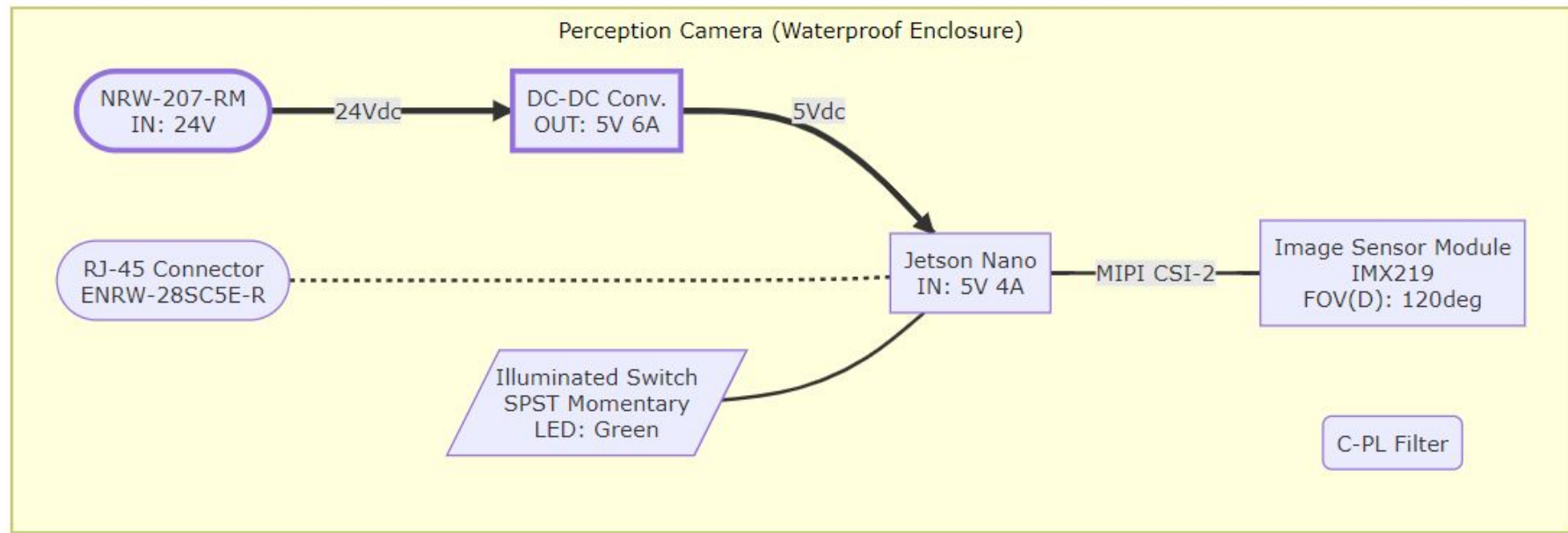
- 実験をしなくても動作確認が可能
- ソフトウェアの開発とデバッグに便利

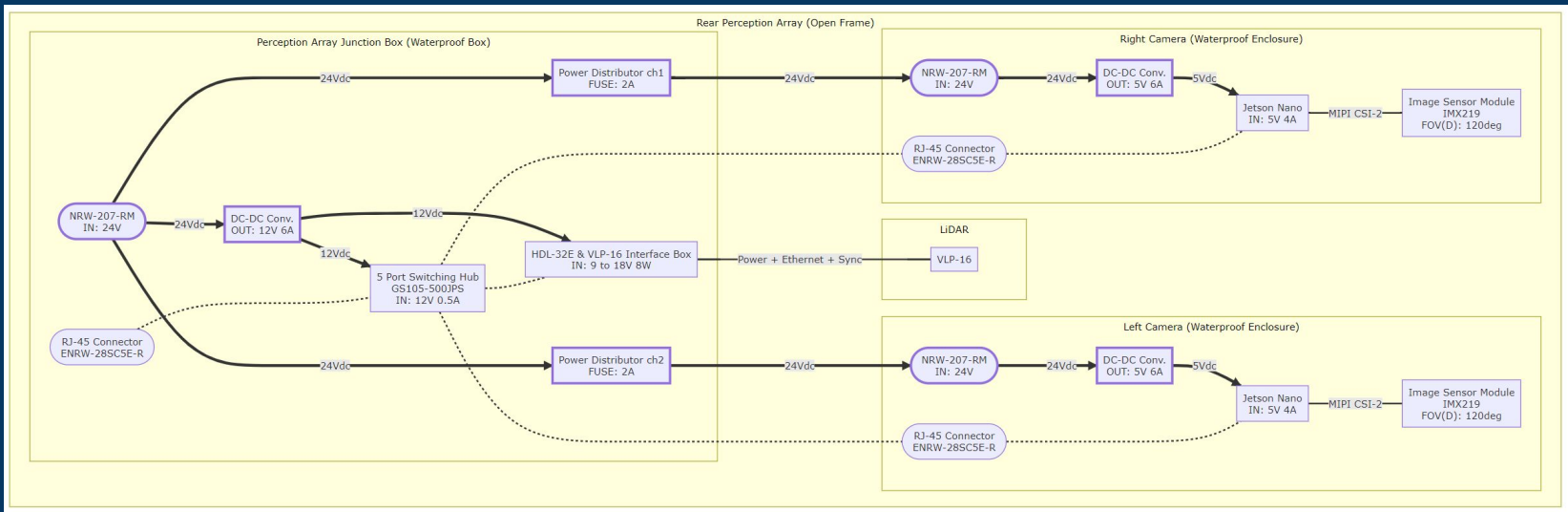


Appendix

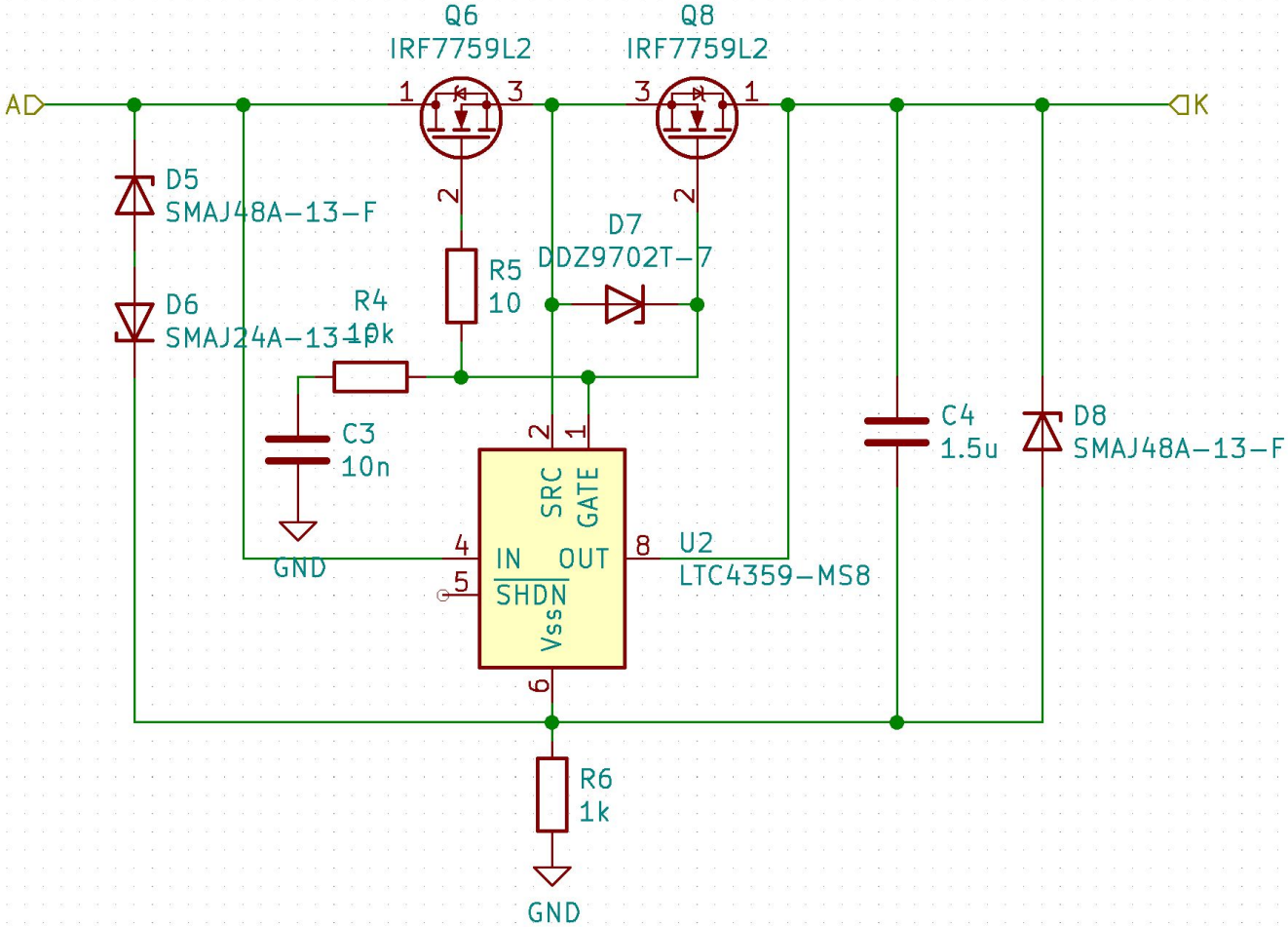


Perception Camera

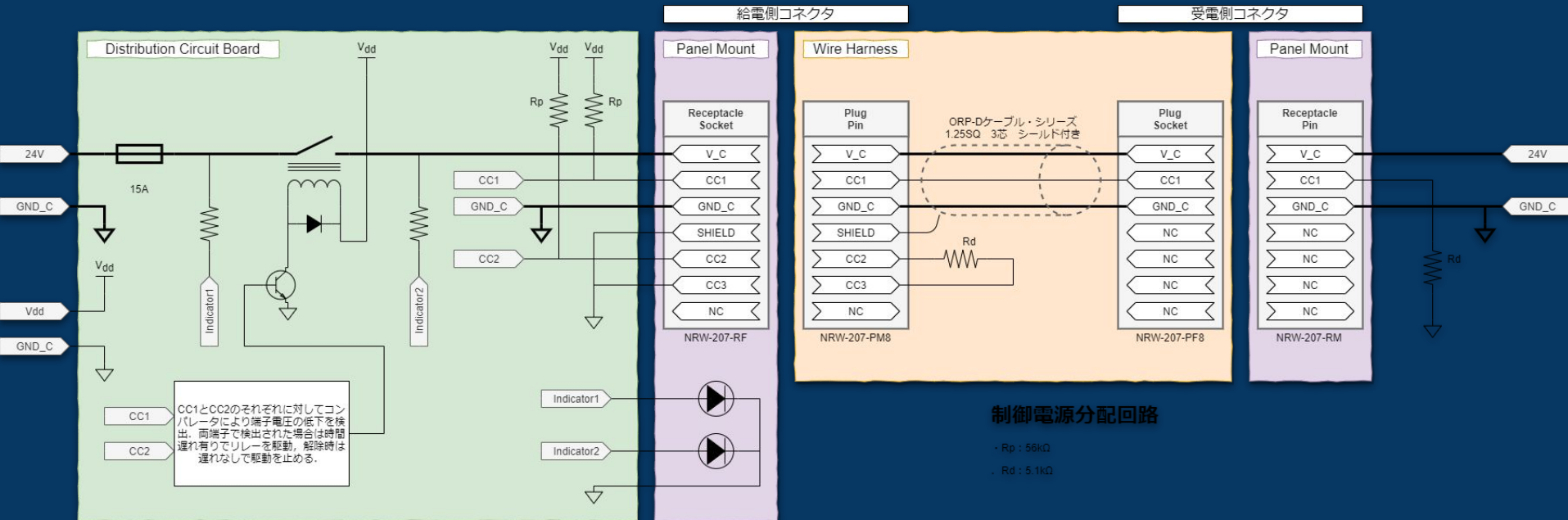




Ideal Diode Circuit



電源分配のHWプロトコル



お金の話

資金源

スポンサー

クラファン（必要に応じて）

使用方法

大学の基金経由

（要するに校費みたいなもの）

現状

基金の移動作業中

Maritime RobotX Challenge

RobotX 2022



インフラ

連絡：Slack



情報蓄積：esa.io

ソフトウェア管理：GitHub



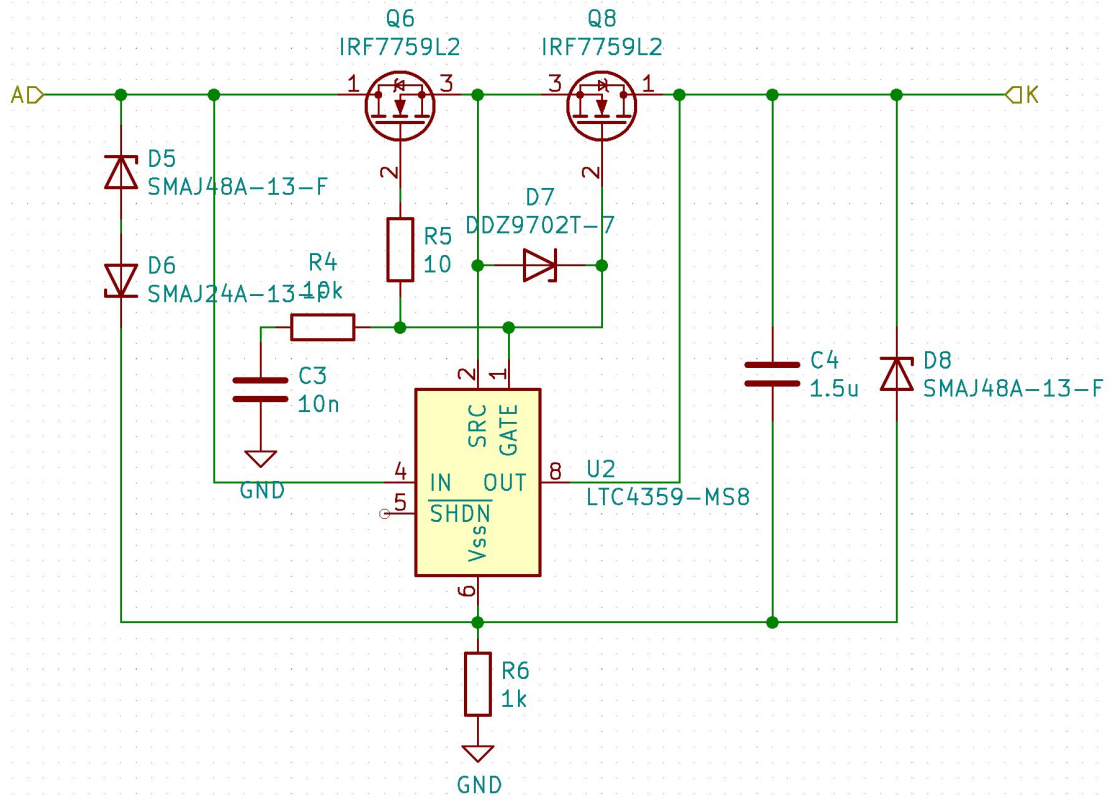
3DCAD：Autodesk Inventor

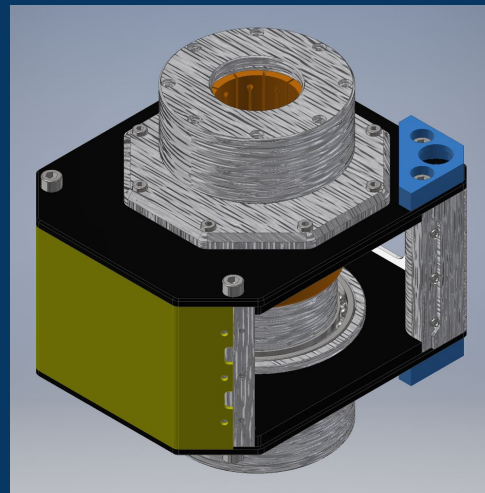
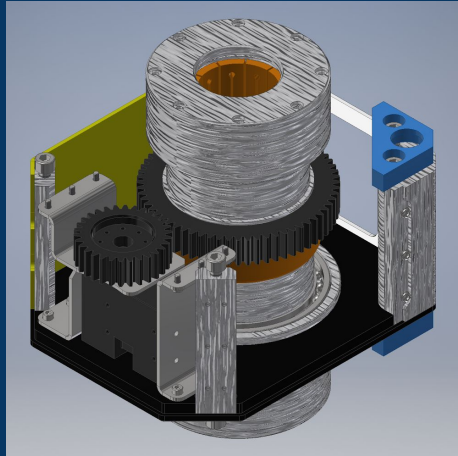
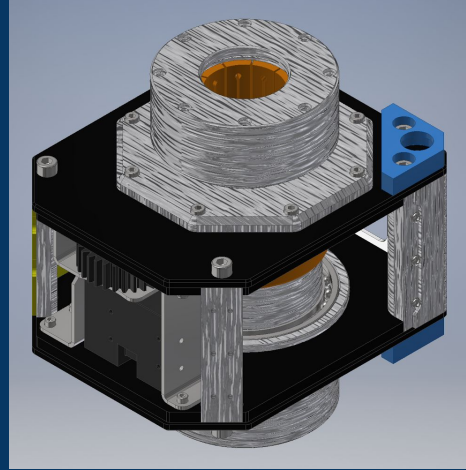
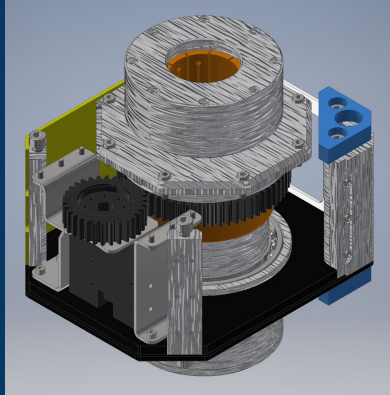


回路CAD：KiCAD

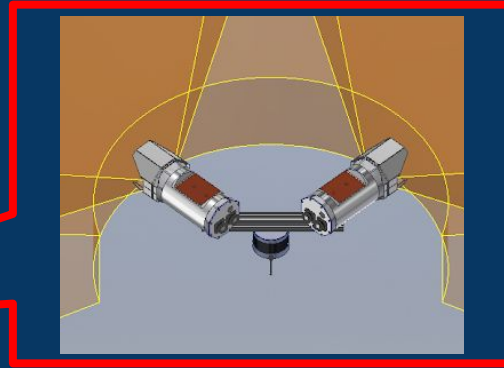
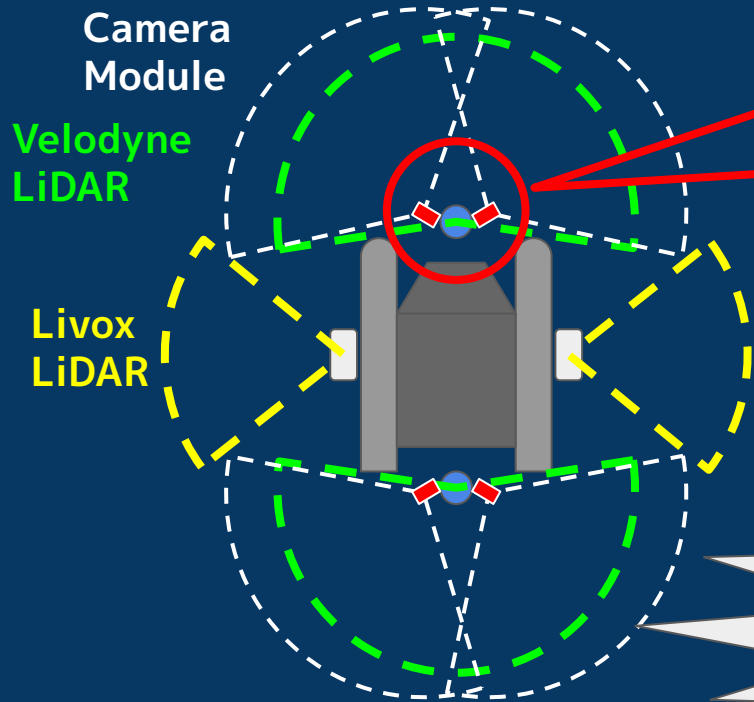


理想ダイ オード





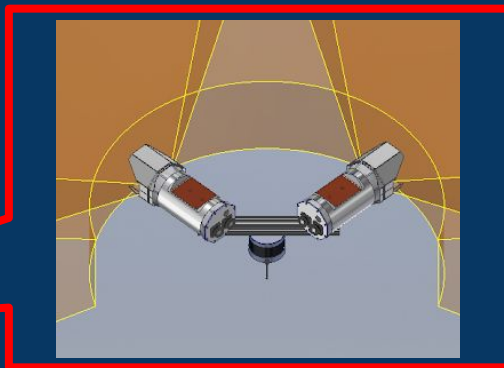
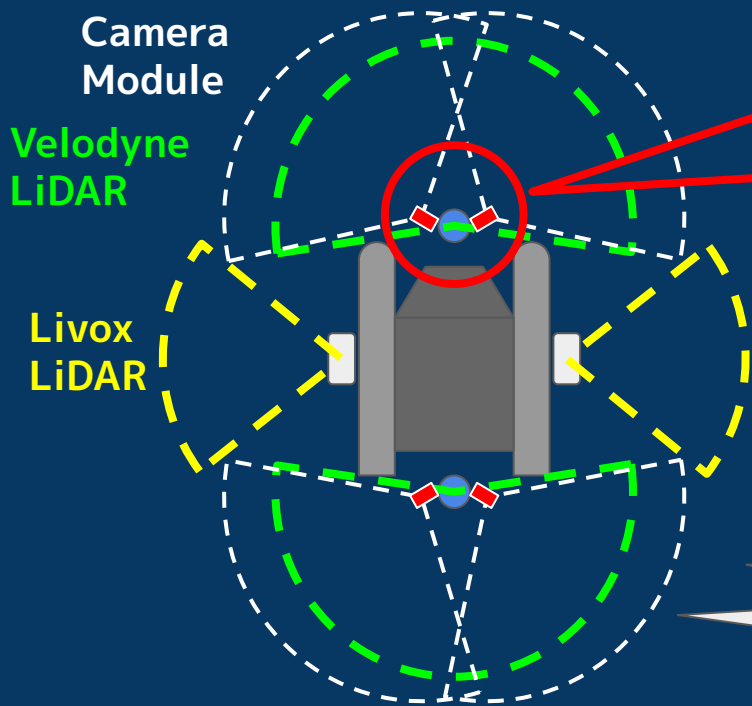
Perception Sensor Array



- We can put them in our house.
- We can carry them by one person
 - easy to take data.

We can develop sensor fusion algorithm under pandemic

パーセプションアレイ



- 個人宅でも邪魔にならない
- 一人で持ち運べる
 - データ取りが簡単

コロナ禍での開発に対応

tNPYL64niJGyUBBbMkAc

