

産学連携ロボット研究開発支援事業
第9回ロボットシンポジウム

2023年度動力盤システム遠隔監視・操作用 IoRTシステム研究開発業務

アクアクルー株式会社



アクアクルー株式会社



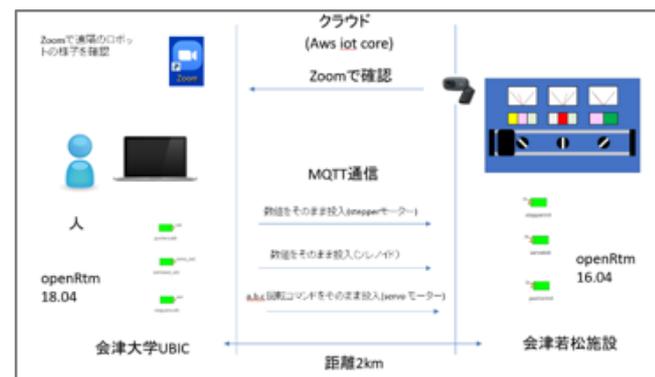
- **ステージIII(3年間)の研究開発**
 - 2021年度 研究開発
 - 2022年度 研究開発
 - **2023年度 研究開発**
- **ユースケース、成果、課題**

2021年度の研究開発

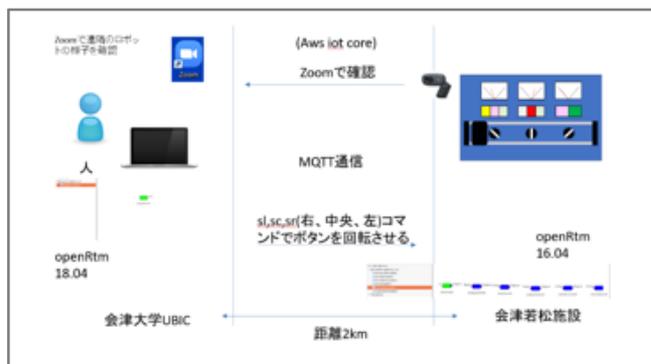
1.各モデルシステムの開発



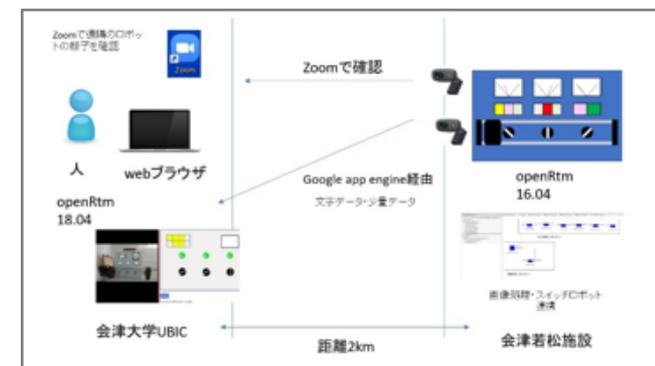
ラジコンシナリオ (数字で動作)



リモコンシナリオ (コマンド動作)



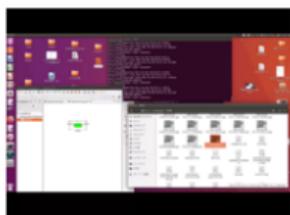
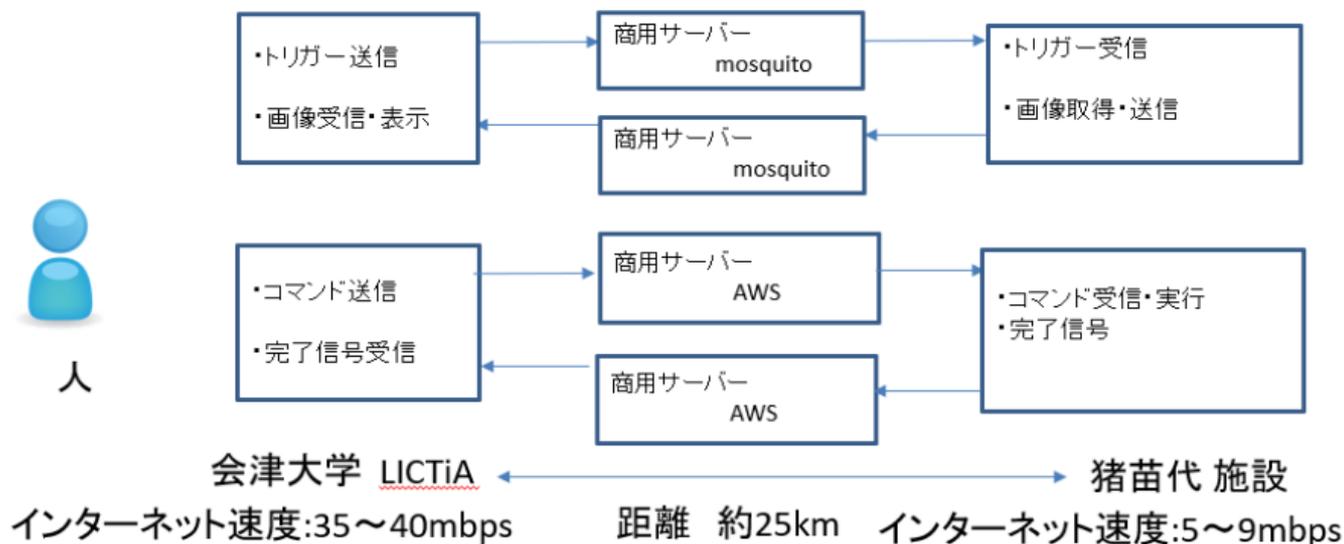
リモコンシナリオ② (コマンドで自動動作)



画像処理フィードバックシナリオ
(画像処理と自動動作の連携)

各モデルシステム(シナリオ)を構築し、山間部地域において遠隔操作するにあたり、どのシナリオが適切か検証を行った。

2. ラウンドトリップタイムの計測



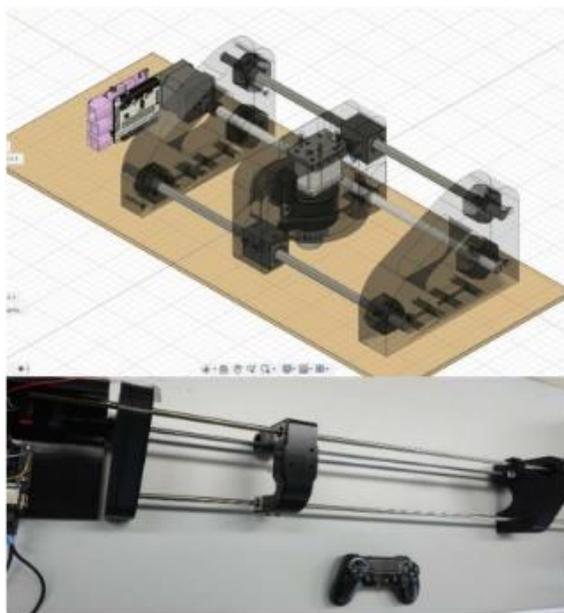
- ①遠隔から画像を取得するRTTの計測
- ②遠隔からロボットを動作させるRTTの計測
- ③①+②のシステムの場合のRTTの計測



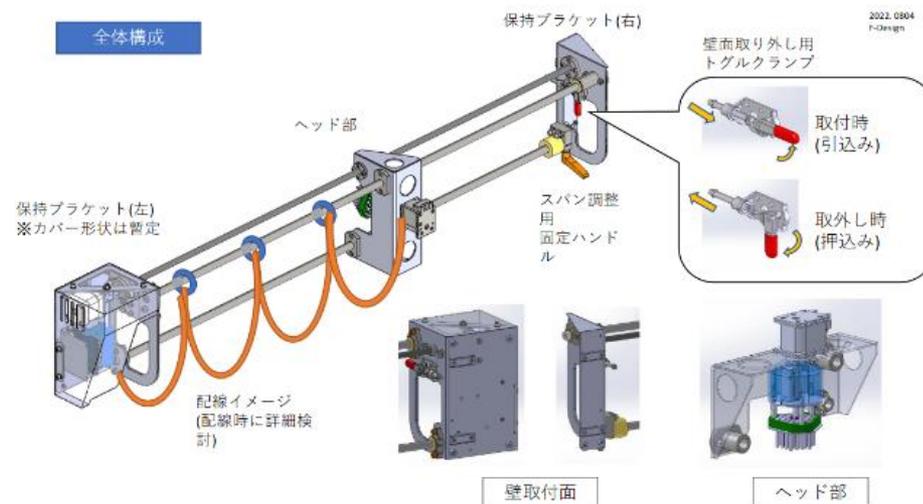
研究室レベルのインターネット回線でRTT(ラウンドトリップタイム)を計測したところ、①<②<③の順にRTTが遅くなる事が分かり、適切に計測する事ができた。

2022年度の研究開発

1.スイッチロボットの改良

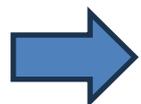


・3Dプリンタで開発したスイッチロボット



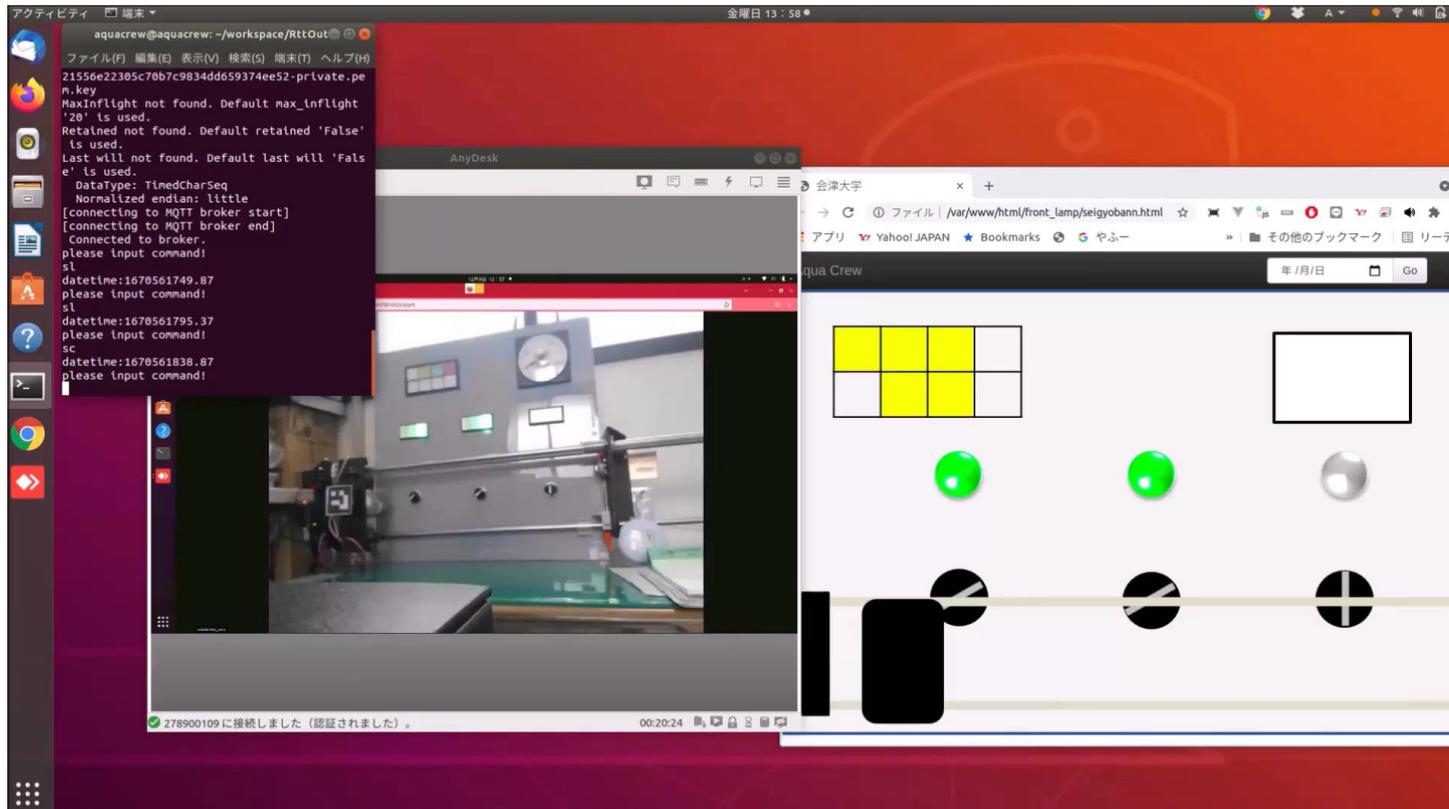
・実環境(温度の低い環境)でも耐えられるようにロボットの外側を改良

- ・ 2020年度に開発したスイッチロボットは、3Dプリンタで開発、数回程度動作させるとメンテナンスが必要なものであった。
- ・ 2022年度、実環境でロボットを動作させるために改良を行った。



100回程度動作させても、問題ない事が確認できた。

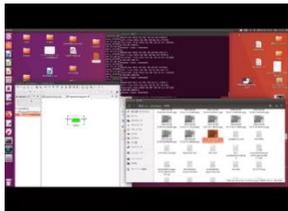
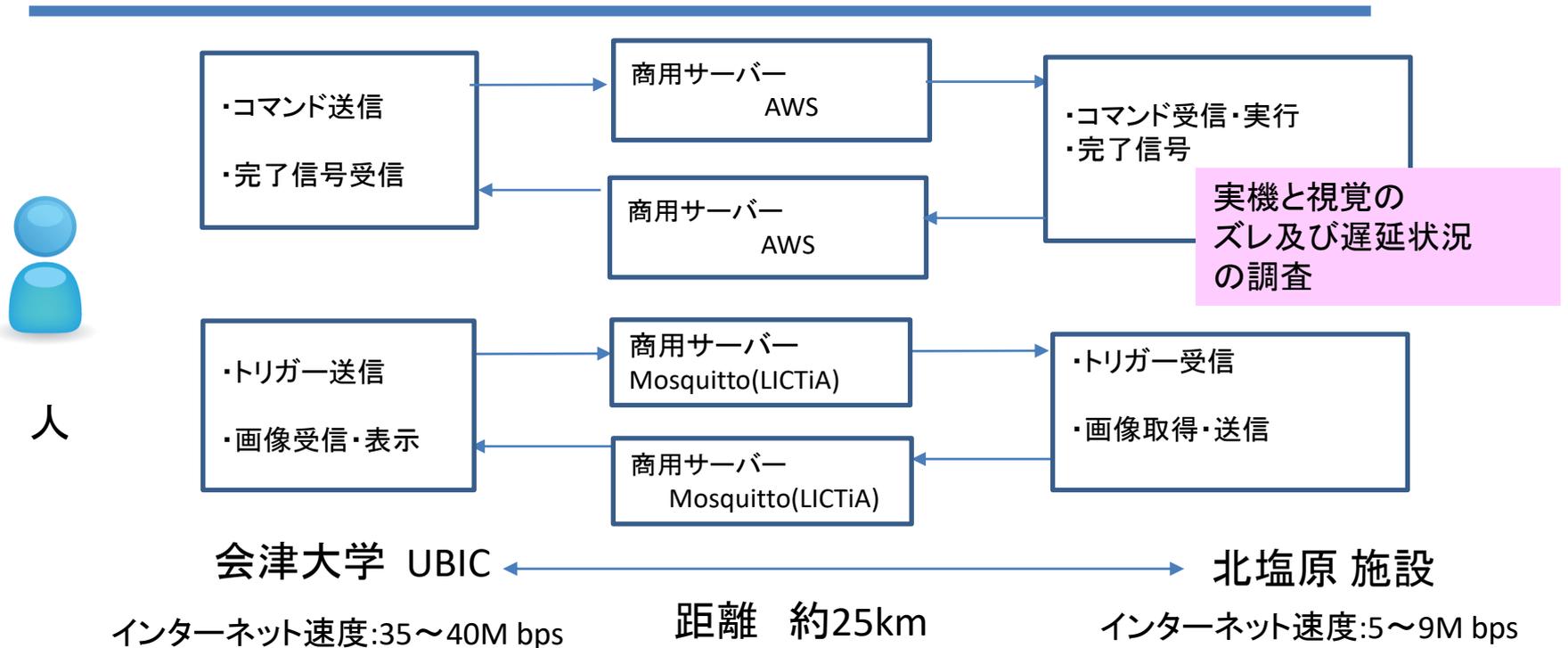
2.物理空間と仮想空間での動作検証



- ・デモ動画

会津大学からコマンドを投入し、コマンドを受信したロボットが北塩原村の施設内で無事に動作し、同様に仮想空間上でも動作した事が確認できた。

3.性能評価: RTT(ラウンドトリップタイム)の計測

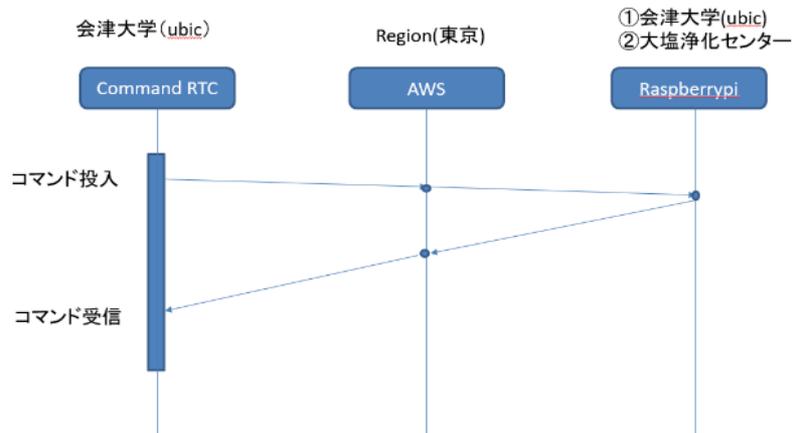


- ① 遠隔からロボットを動作させるRTTの計測
- ② 遠隔から画像を取得するRTTの計測
- ③ ①+②のシステムの場合のRTTの計測
- ④ 同一環境で、AWS、LICTiAサーバーでのRTTの計測

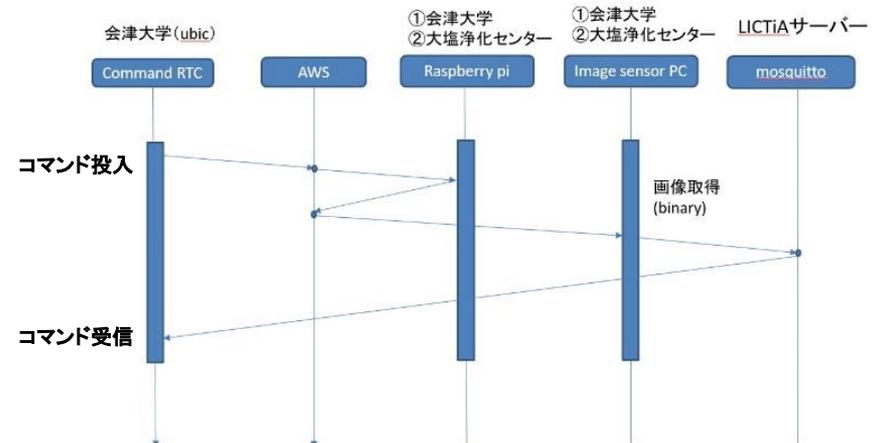


北塩原村の施設にて1週間以上連続で動作させた。

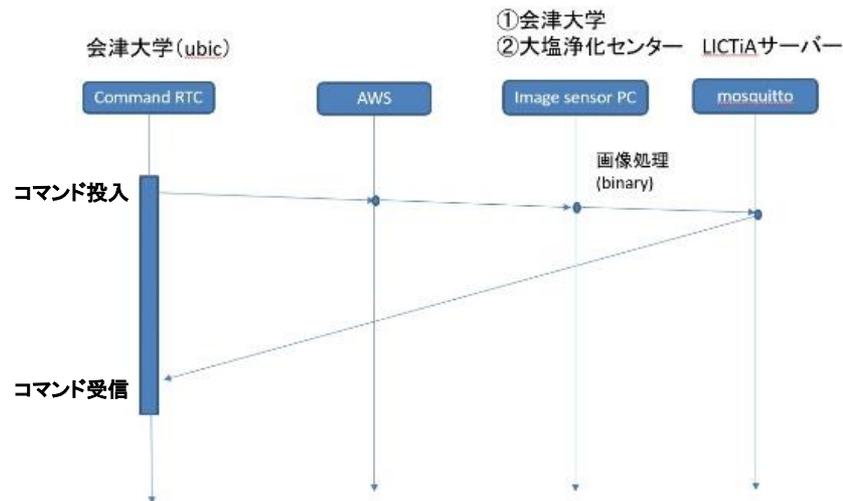
4. RTT(ラウンドトリップタイム)のシーケンス図



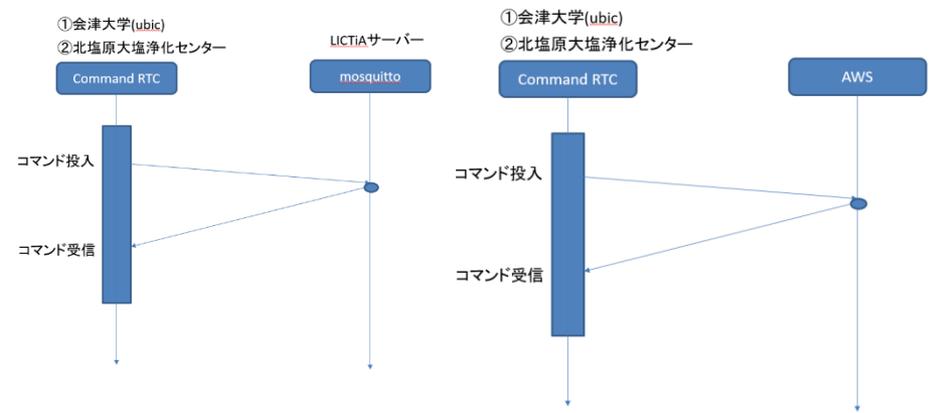
①遠隔からロボットを動作させるRTTの計測(センサー系)



③①+②を経由したRTTの計測(センサー系+画像取得系)



②遠隔から画像を取得するRTTの計測(画像取得系)

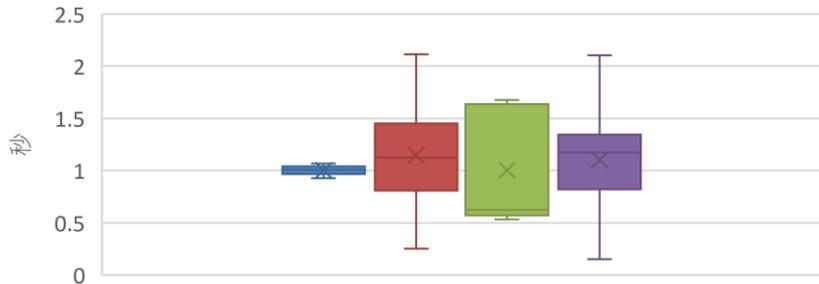


④同一環境でAWS, LICTiAサーバでの比較

5. RTT(ラウンドトリップタイム)の箱ひげ図①

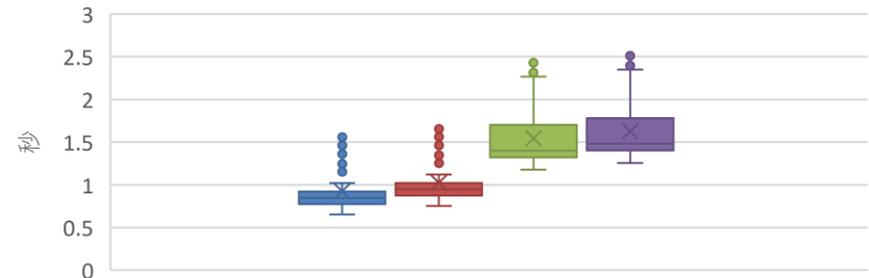
①センサー系

aws (コマンドa1個) 5秒間隔 aws (コマンドa 1個) 1分間隔
aws(コマンドa20個) 5秒間隔 aws (コマンドa20個) 1分間隔



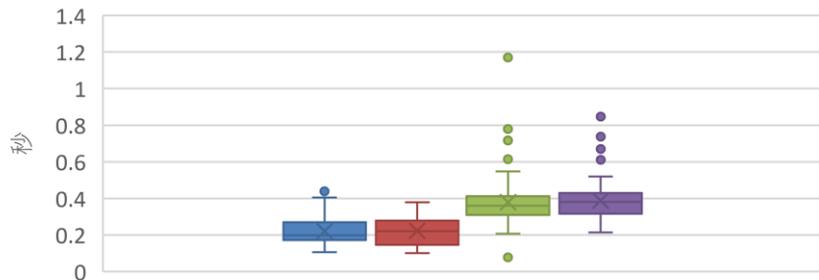
③センサー系 + 画像取得系

640*480 (a1個5秒間隔) 640*480 (a1個 1分間隔)
1280*720 (a1個5秒間隔) 1280*720(a1個 1分間隔)



②画像取得系

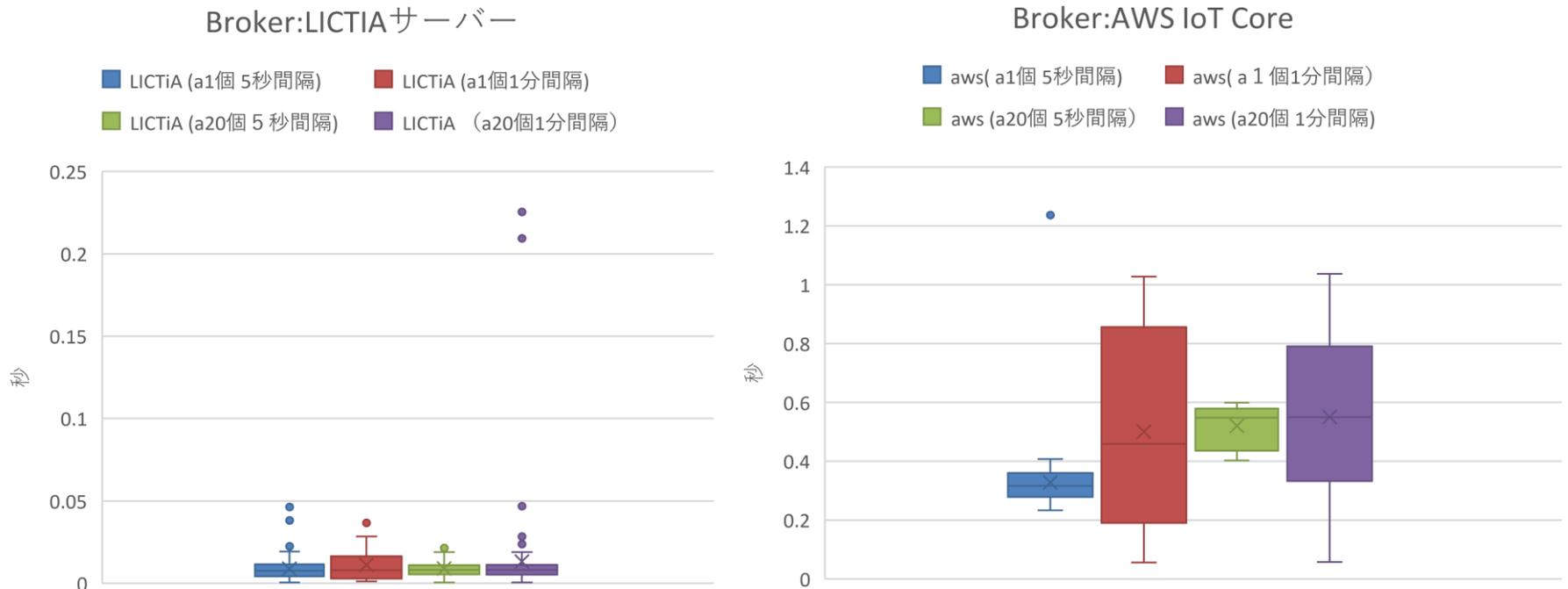
640×480 (5秒間隔) 640×480(1分間隔)
1280×720 (5秒間隔) 1280×720 (1分間隔)



1. 考察

・前ページのシーケンス図より、
①センサー系、③センサー系+画像取得系の通信経路を比較すると、通信経路が③センサー系+画像系の方が遠いのに関わらず、RTT値はあまり変わらない事がわかる。

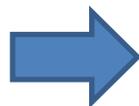
6. RTT(ラウンドトリップタイム)の箱ひげ図②



④同一環境でAWS, LICTiAサーバでの比較

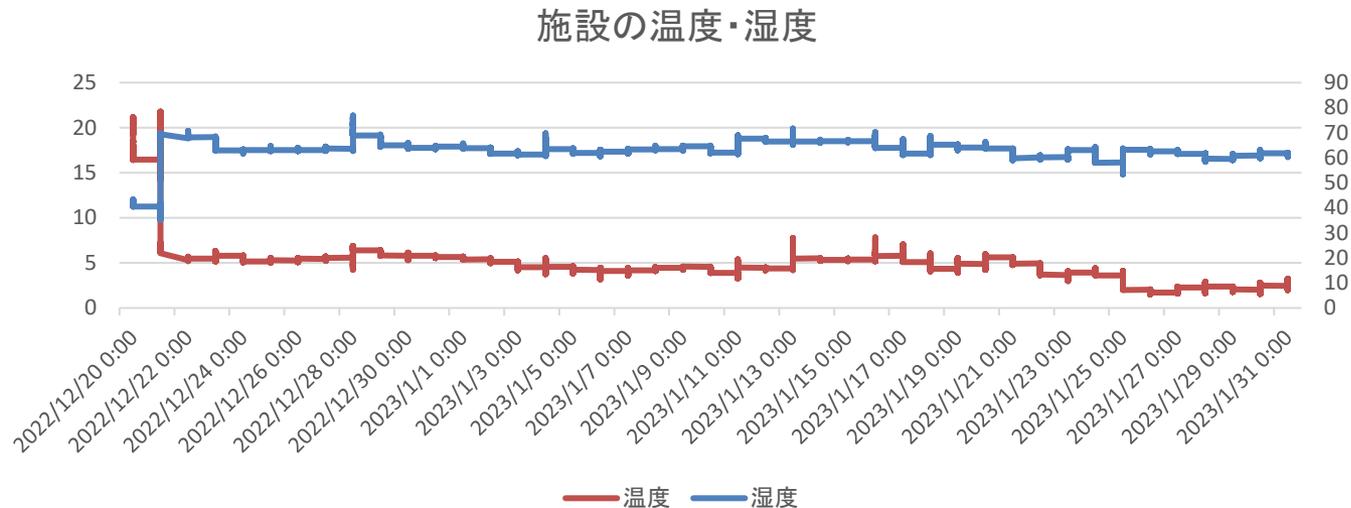
2.考察

- ・LICTiAサーバーの方が、AWS IoT Core よりも5~10倍程度早い事がわかる。この結果より、前ページの結果は、AWS IoT Coreの遅延が原因だと思われる。



LICTiAのサーバーを利用する事でより高速なシステムの開発が実現できる可能性がある。

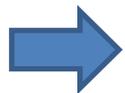
7.施設内の温度・湿度



12月21お昼頃～1月31日までお昼頃までの結果

温度→ 平均(4.76°C) max(21.81 °C),min(1.5 °C)

湿度→ 平均(63.70%) max(76.91%) min(35.031%)



1月24日～26日は寒波等があったが、室内では一番寒くて1.5°Cで寒さや湿度の影響でロボットが停止する事はなかった。

2023年度の研究開発

研究目的

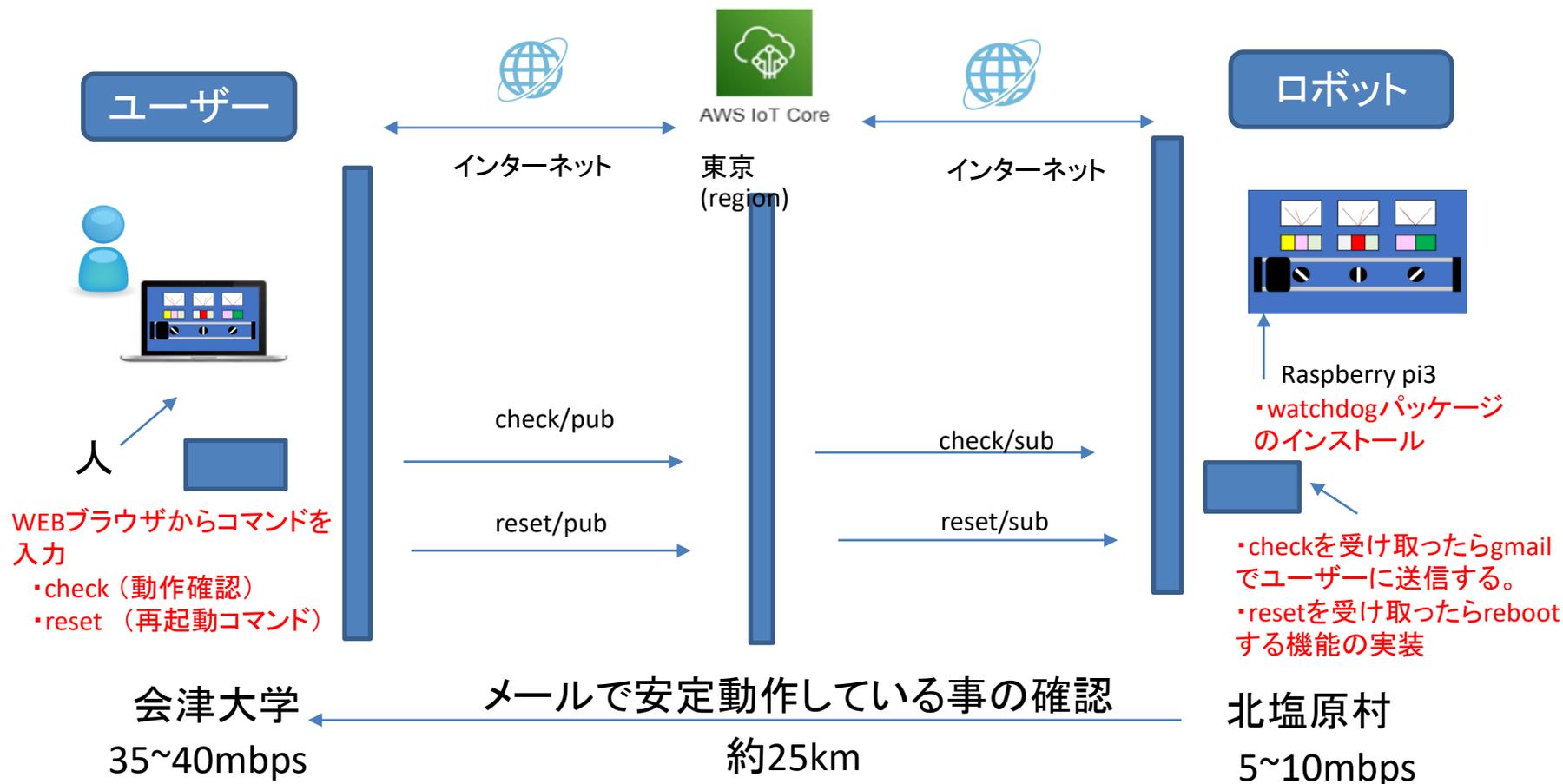
中・広帯域ネットワーク環境の確保が難しい
山間部や**過疎地域**等に設置された動力盤を、
IoTシステムを用いて、
高い安定性及び再現性をもって
遠隔から操作・監視可能とする事を
目的とした
ロボットの技術研究開発



研究開発項目

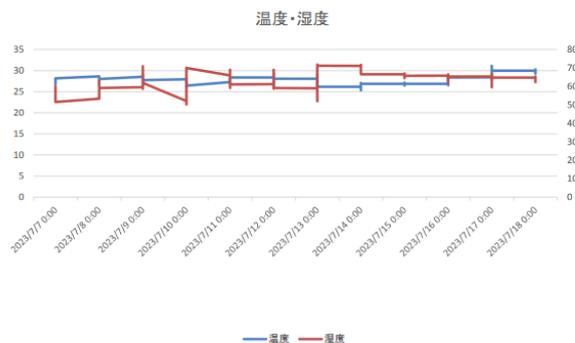
- 1 スイッチロボットソフトウェアの可用性の向上
- 2 光の条件を考慮したランプ認識システムの改良を行う
- 3 RDRを利用した実時間での動力表示盤リモート操作・監視
- 4 1~3について、北塩原村の施設を利用して実証実験を行う

1 スイッチロボットソフトウェアの可用性の向上

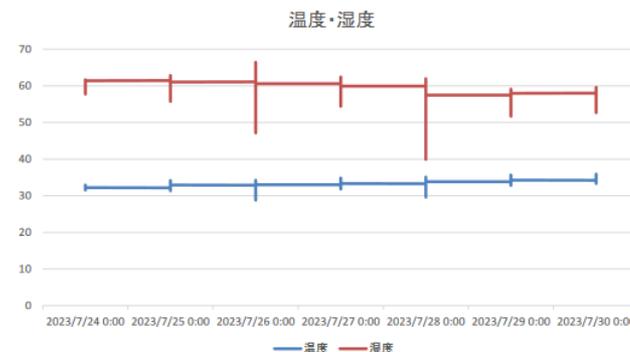


遠隔からコマンドを投入する事で、ロボットを再起動する機能の追加、動作しているか確認する死活監視機能を実装した。

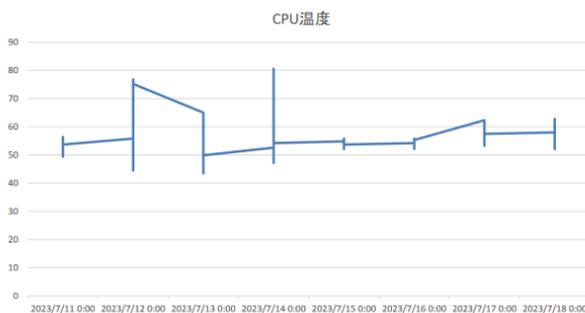
温度の高い環境下でのロボットが動作するかの試験



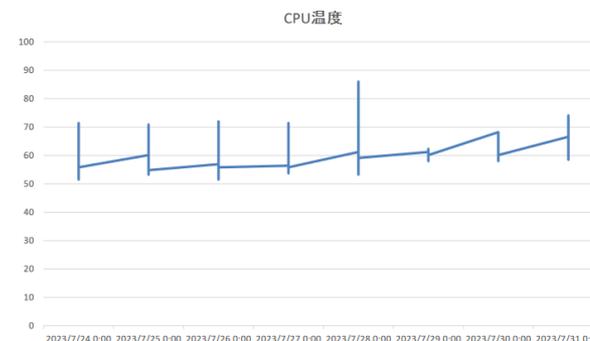
7月前半



7月後半



ラジコンモード



自動操作モード

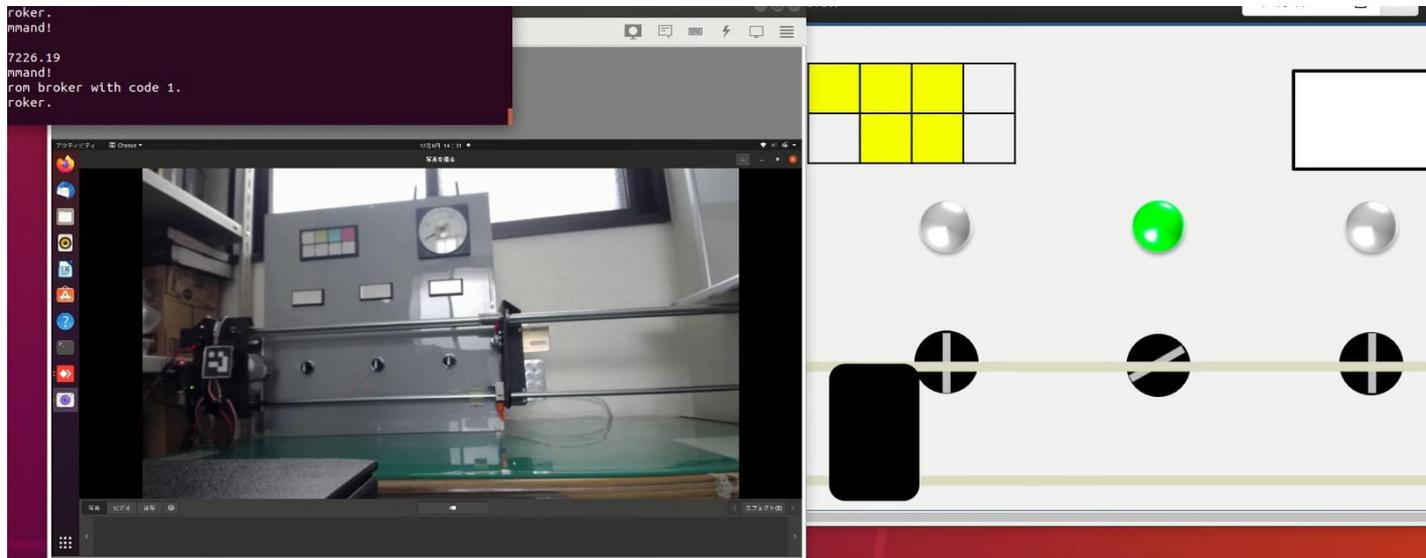
施設内の温度の影響による異常を想定していた。

- ・7月前半 → ラジコンモード:施設温度・湿度(26~31°C・65~75%) CPU温度(60~70°C)
- ・7月後半 → 自動操作モード:施設温度・湿度(31~36°C、40~68%) CPU温度(70~80°C)

温度が高い環境においても、1週間以上動作する事が確認できた。(昨年度は1.5°C程度でも動作確認済み)

現状は前ページの対応でも十分である事が分かった。

2 光の条件を考慮した ランプ認識システムの改良を行う



2022年度の物理空間と仮想空間

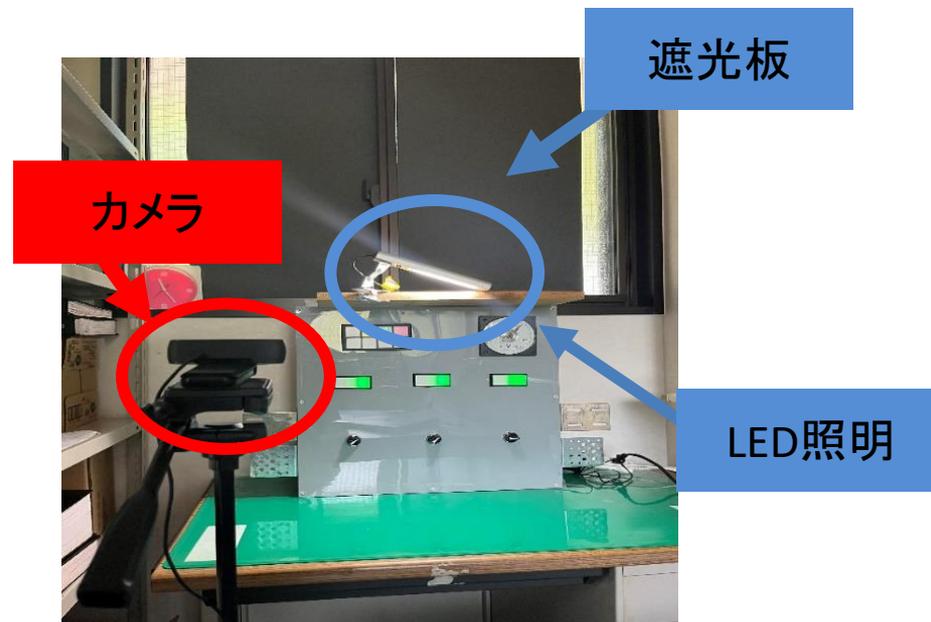


昨年度、実環境で画像処理した結果光の影響等で誤認識するといった問題があった。

遮光板・画像処理フィルタ技術により解決



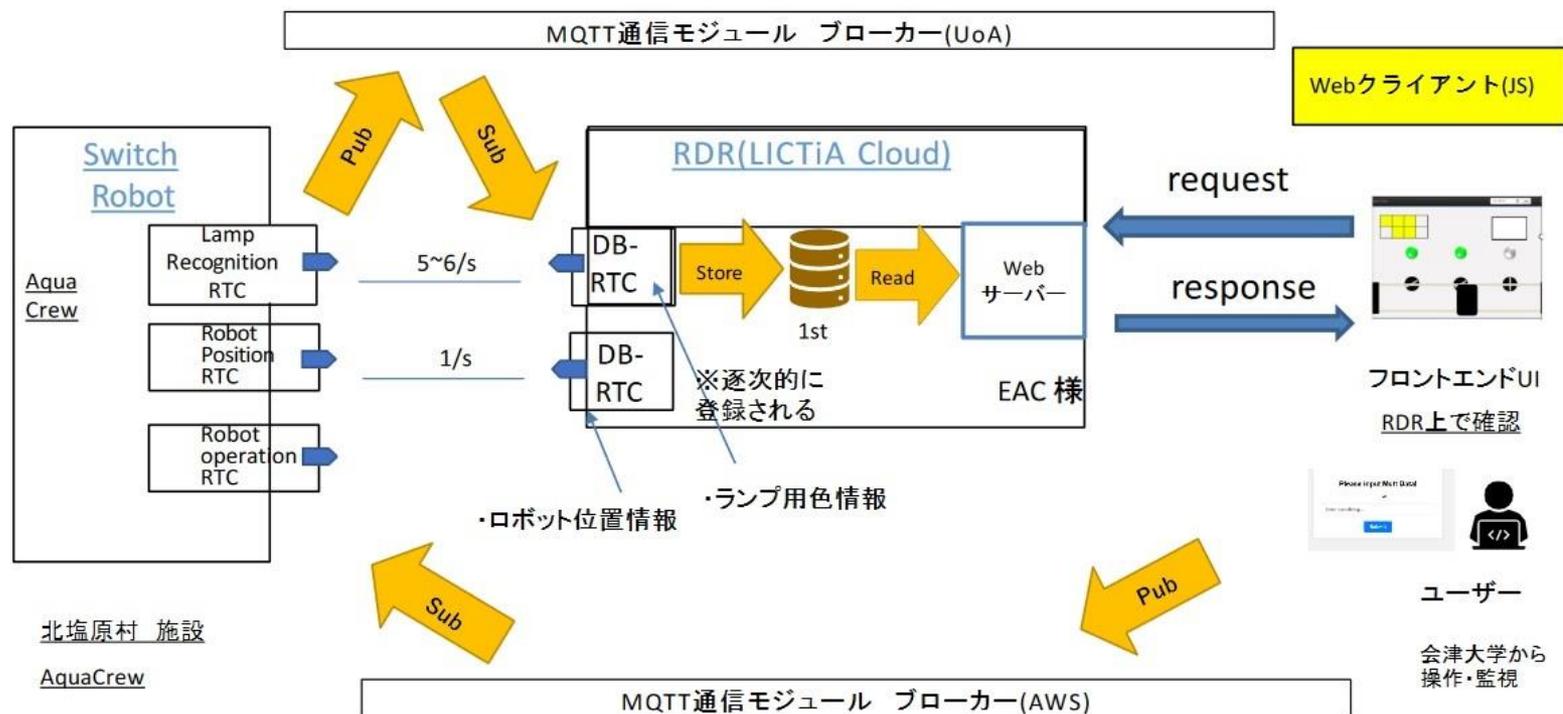
LED照明・遮光板の設置なし



LED照明・遮光板の設置あり

➡ 遮光板の設置・画像処理フィルタ等の技術で解決した。

3 RDRを利用した実時間での 動力表示盤リモート操作・監視



- ・遠隔でコマンドを投入し、施設で動作したロボットのログをPC内に保存
- ・画像認識した結果は、MQTT通信によりRDRに蓄積させ配信した。

4 1~3について、 北塩原村の施設を利用して実証実験を行う

ルーター(NTTドコモ回線)



(赤)ロボット

(青)ルーター
(NTTドコモ回線)

(緑)カメラ



ロボット待機状態

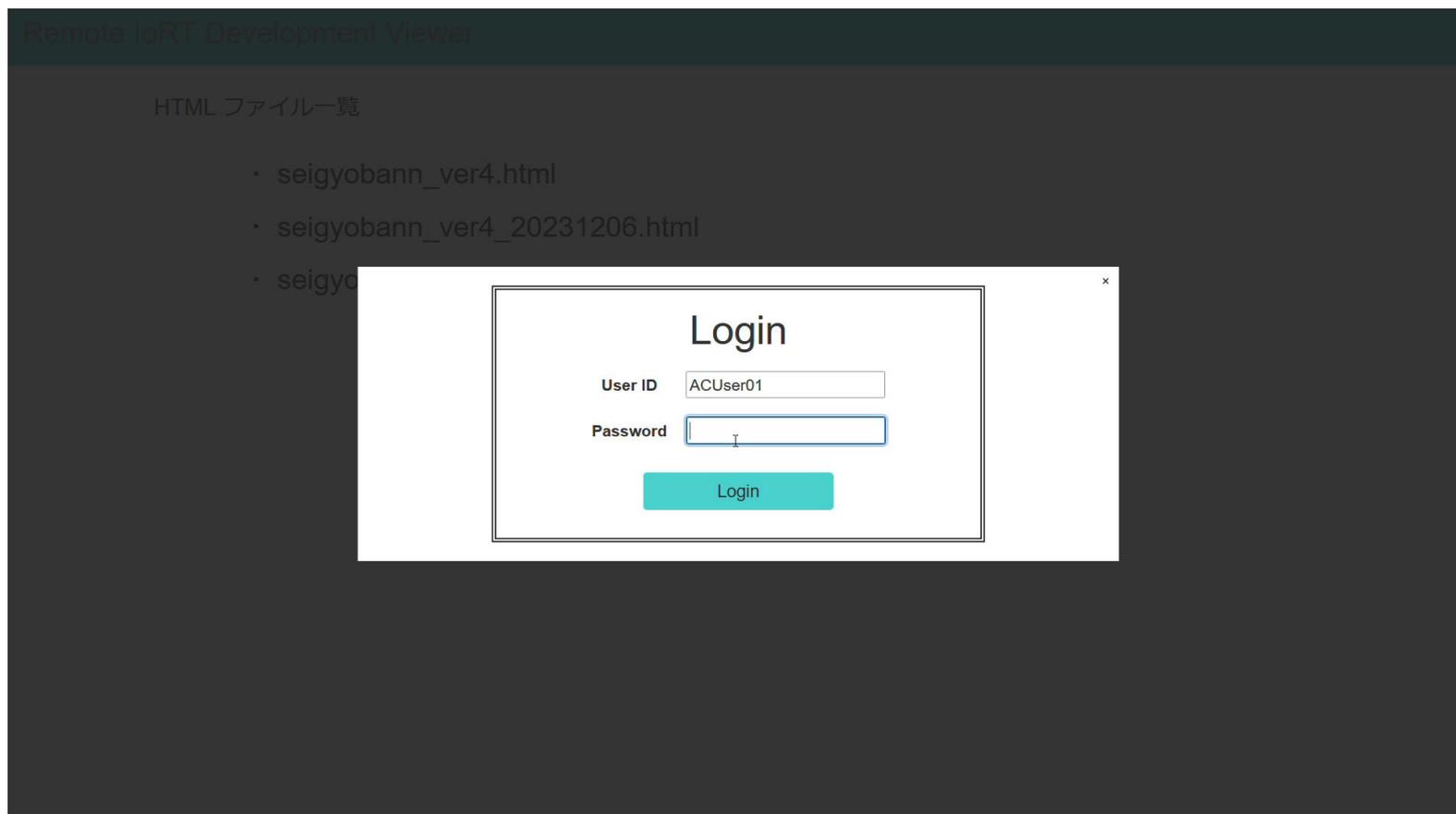


コマンドを受信して動作



初期状態に戻った

デモ動画



東日本計算センター様のご協力により、RDRに蓄積された情報で、異常発生時の時間帯、ロボットの動作状況などが理解可能となった。

成果、ユースケース、課題

将来的なユースケース

豪雪地帯や山間部地域（通信環境の良くない地域）に行かなくても、遠隔からコマンドを入力するだけで、**ロボットによる自動点検**を行い、クラウドで施設内のログ(動作記録)閲覧が可能なシステムを想定



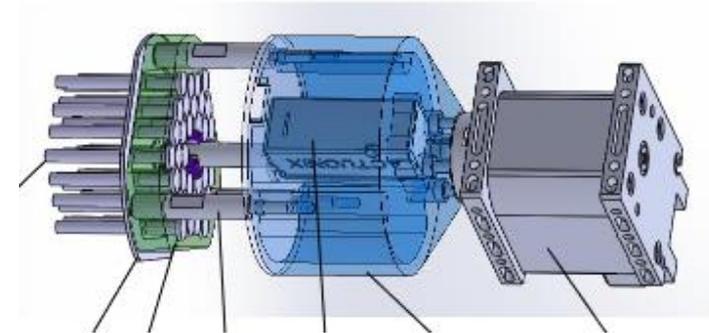
山間部の豪雪地帯における 下水道施設



施設内の制御盤の遠隔監視・操作

今後に向けての課題

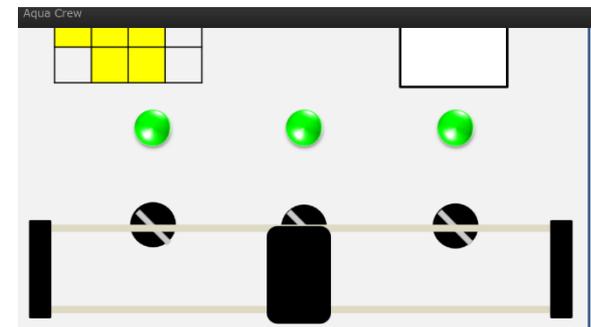
- ロボットを長時間動作させると、スイッチロボットのピンが曲がってしまいスイッチを回せなくなってしまう
- それにより、制御盤側のスイッチに傷をつけてしまう
- 2D表現なので、WEB上でロボットがスイッチを適切に掴んだかどうか分かりにくい



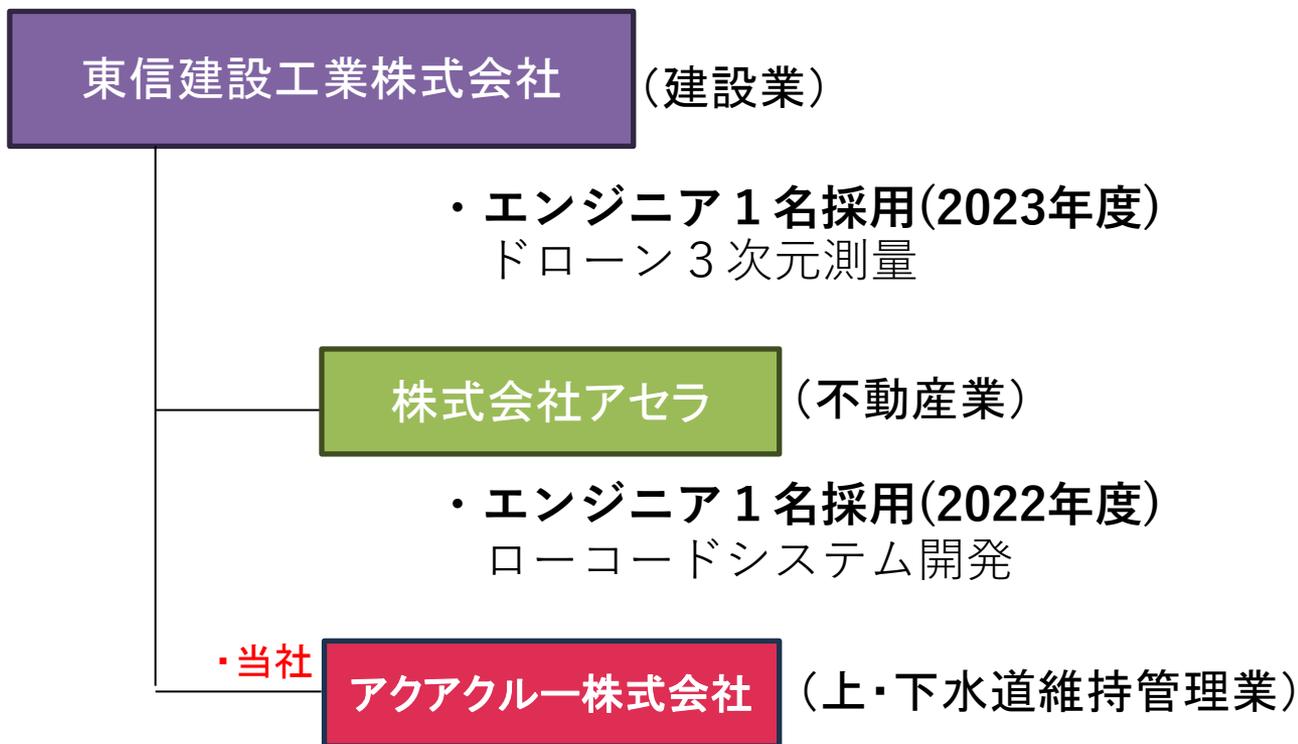
ロボットハンド



スイッチ



本事業の取り組みの成果



- 猪苗代町内のグループ企業では、弊社ロボット事業の取り組みの影響もあり、ITエンジニアの採用を進めている
- 会津大学のシーズの利用も検討している

イノベーション アーキテクチャー図

■市場 Market

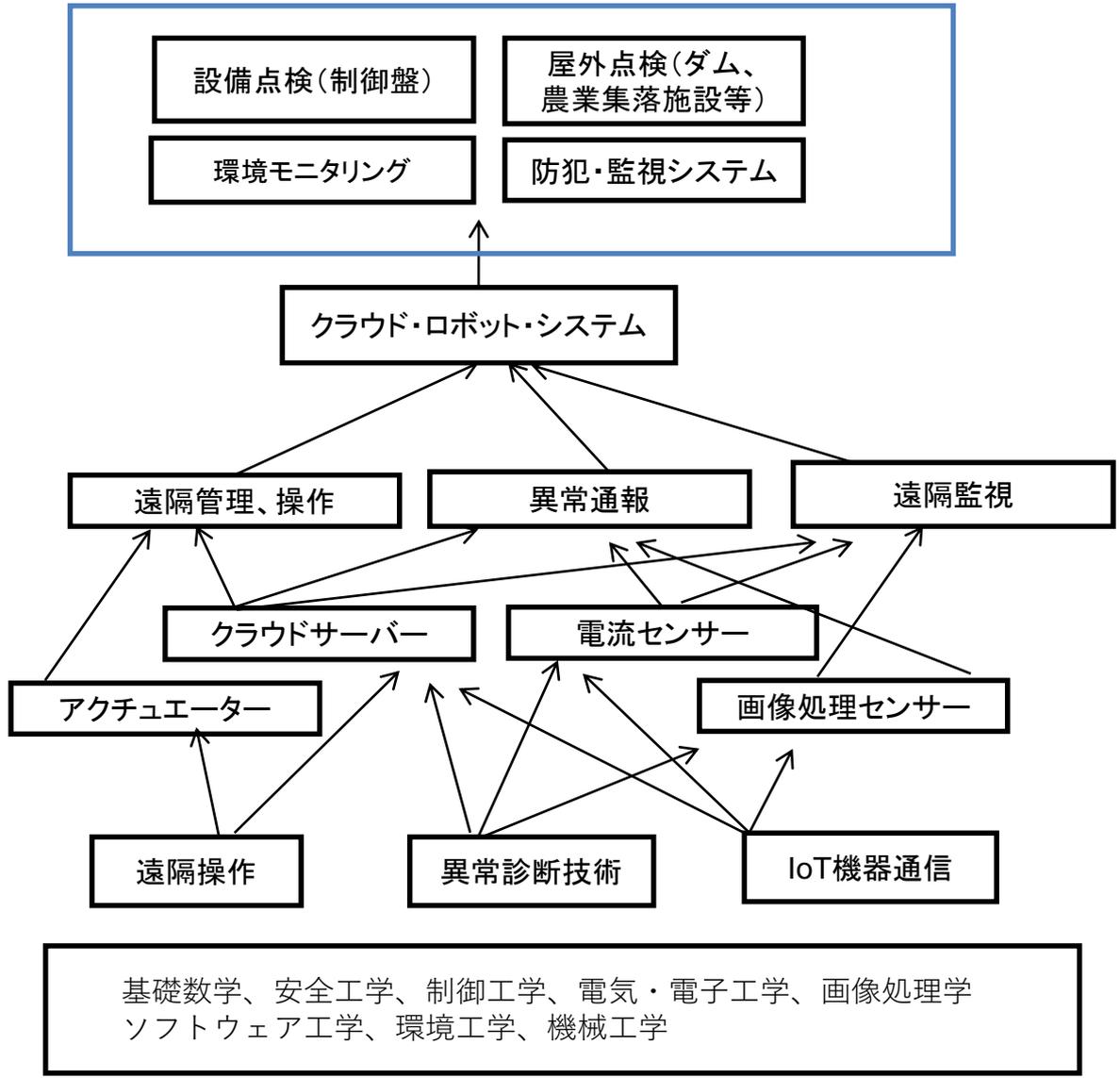
■イノベーション領域 Innovation Area

■アプリケーション Application

■技術要素 Technical Component

■研究要素 Research Component

■学術分野 Academic Area



ご清聴ありがとうございました



アクアクルー株式会社

