

第8回会津大学ロボットシンポジウム

動力盤システム遠隔監視・操作用
IoRTシステム研究開発

アクアクルー株式会社



アクアクルー株式会社



研究開発の背景

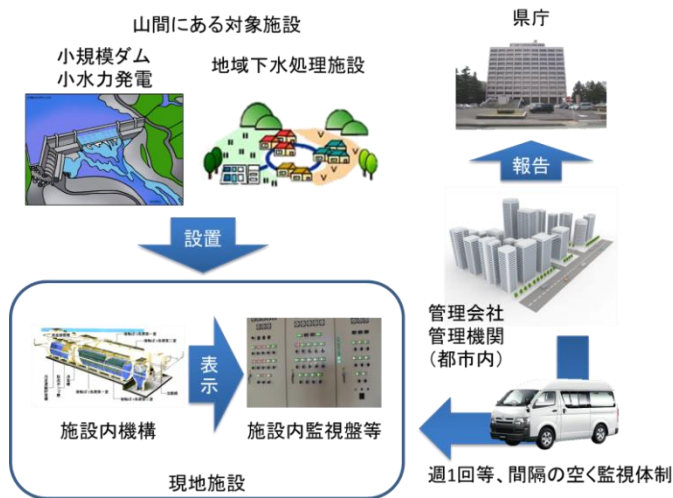


図1.現在の監視体制

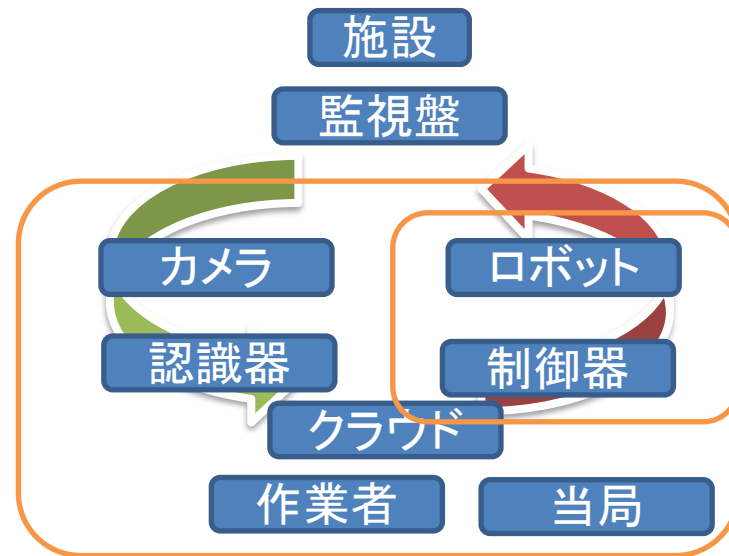


図2.提案する管理体制

現在は現地に行く必要があり、図1のような週1回の間隔の空く監視体制であり、又、山間部の施設にて異常があった場合、時間をかけてメンテナンスに行く必要がある。

・図2のようにロボットを導入する事により、リアルタイムに必要なに応じたメンテナンスを実現する

・山間部の通信の高遅延環境が想定される施設におけるロボットの**動作品質**や**利便性**を確保する

背景:技術点検員の不足



図3.技術点検員による制御盤の点検



点検作業

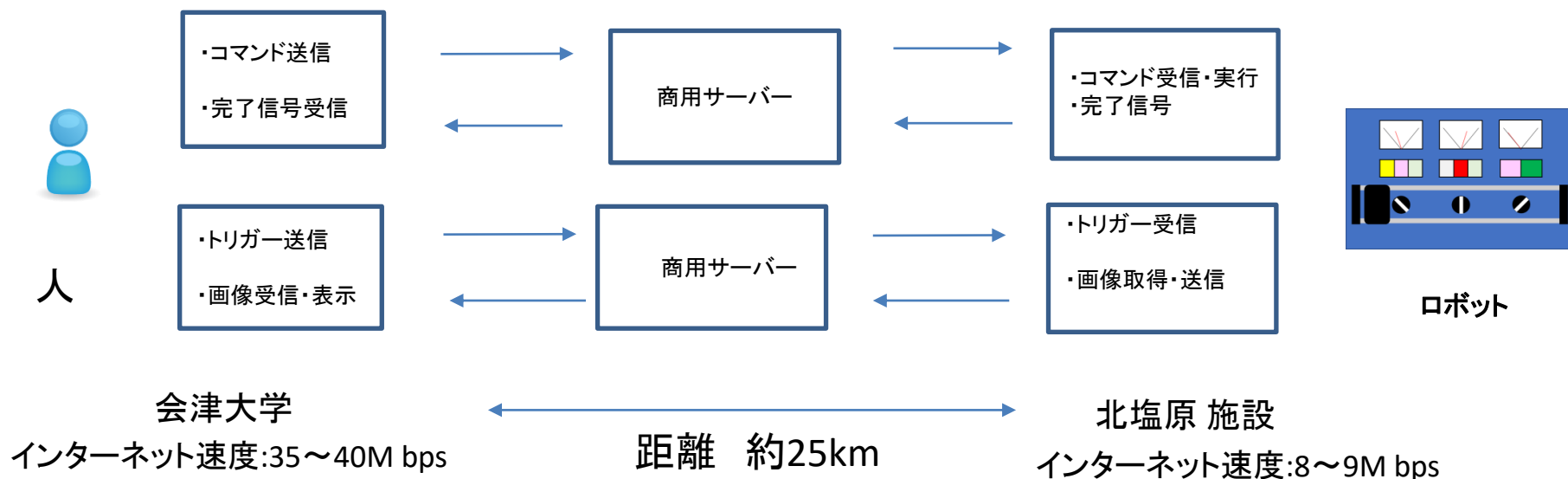


施設の点検において、技術点検員によりスイッチを回す等の作業が行われているが、近年では技術点検員の不足等の問題もある。

2021年度までの成果と2022年度の研究開発の目的

2021年度は、山間部にある施設の点検業務において、ロボットによる遠隔点検業務をおこなうために安全・安心にロボットを動作させる手段としての**遠隔IoRTシステムの開発**と、**原理検証**として研究室レベルのインターネット回線を利用してRTTの測定による研究を行った。

2022年度は、昨年度に得られた基礎データを基に、3G・4G回線を利用した山間部や過疎地域の条件を考慮した、安定性や再現性の高いロボットの遠隔監視・操作システム実現のための**概念検証実験**を行う事を目的とする。



2022年度の研究開発項目

(1) 遠隔IoRTシステムの設計

- 高遅延に対応した可用性の高いシステムの設計

(2) 遠隔IoRTシステムのためのエッジデバイスの開発

- デバイスとして信頼性の高いスイッチロボットの開発

(3) 遠隔IoRTシステムのソフトウェアの開発

- 高遅延でのUI/UXを考慮した可視化・自律化の組み合わせ検証のためのソフトウェア・インターフェースの開発

(4) 概念検証におけるシステム評価

- 北塩原村役場の施設で検証を行う

2022年度の研究開発の成果

(2) 遠隔IoTシステムのためのエッジデバイスの開発

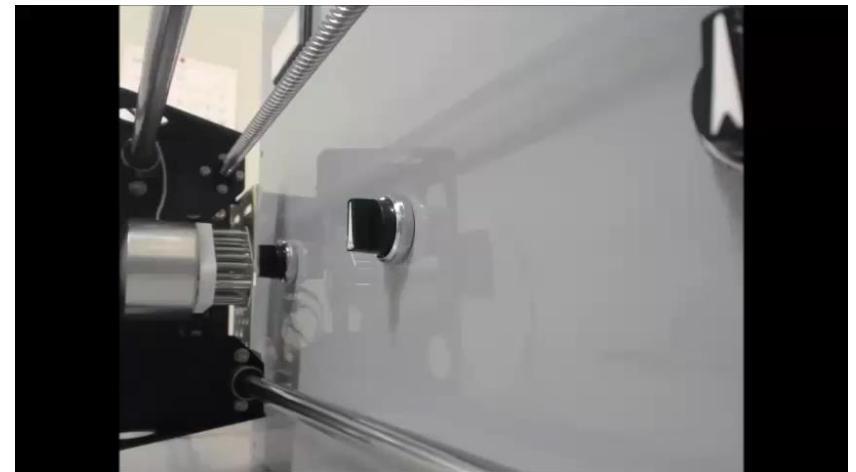
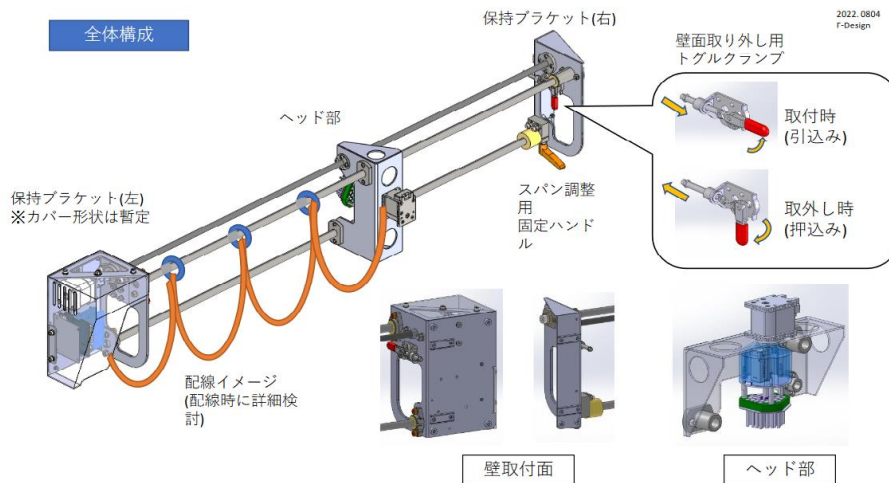


図4.作成していただいたスイッチロボットの設計図

スイッチロボットによるスイッチを回転

概念検証におけるシステム評価を可能にするためにスイッチロボットの機構を改良した。

改良したロボットを実験用の制御盤に設置し、長時間の実験が可能になった。

(4)北塩原村の施設(大塩浄化センター)



北塩原村の山間部では雪が酷く、除雪車が来ないと施設にアクセスできない。
そのため、今回の遠隔IoTシステムが有効である。
比較的天気の良い日にアクセスロボットの設置を行った。

ロボット設置状況

施設内にロボット、ルーター、カメラ、パソコンを設置し実験を行った。



現場の様子



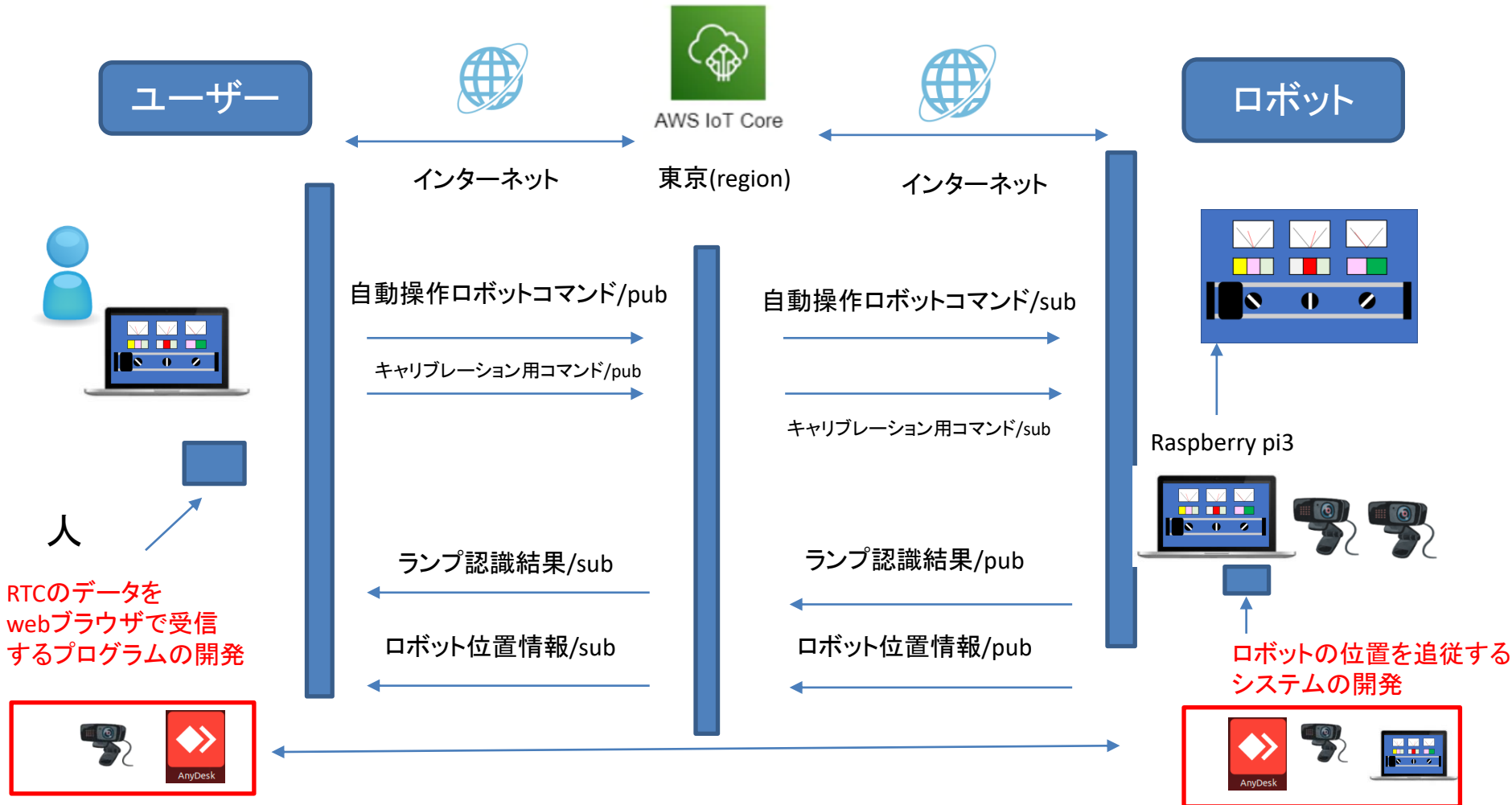
ルーターの設置

回線の選択

・SoftBank、Y!mobileの回線は入らない。3Gの回線が時々入るが不安定。

NTTドコモ、KDDIの回線であれば、回線は細いが、4G回線が入っている事が確認できたため、今回はNTTドコモ回線を利用。

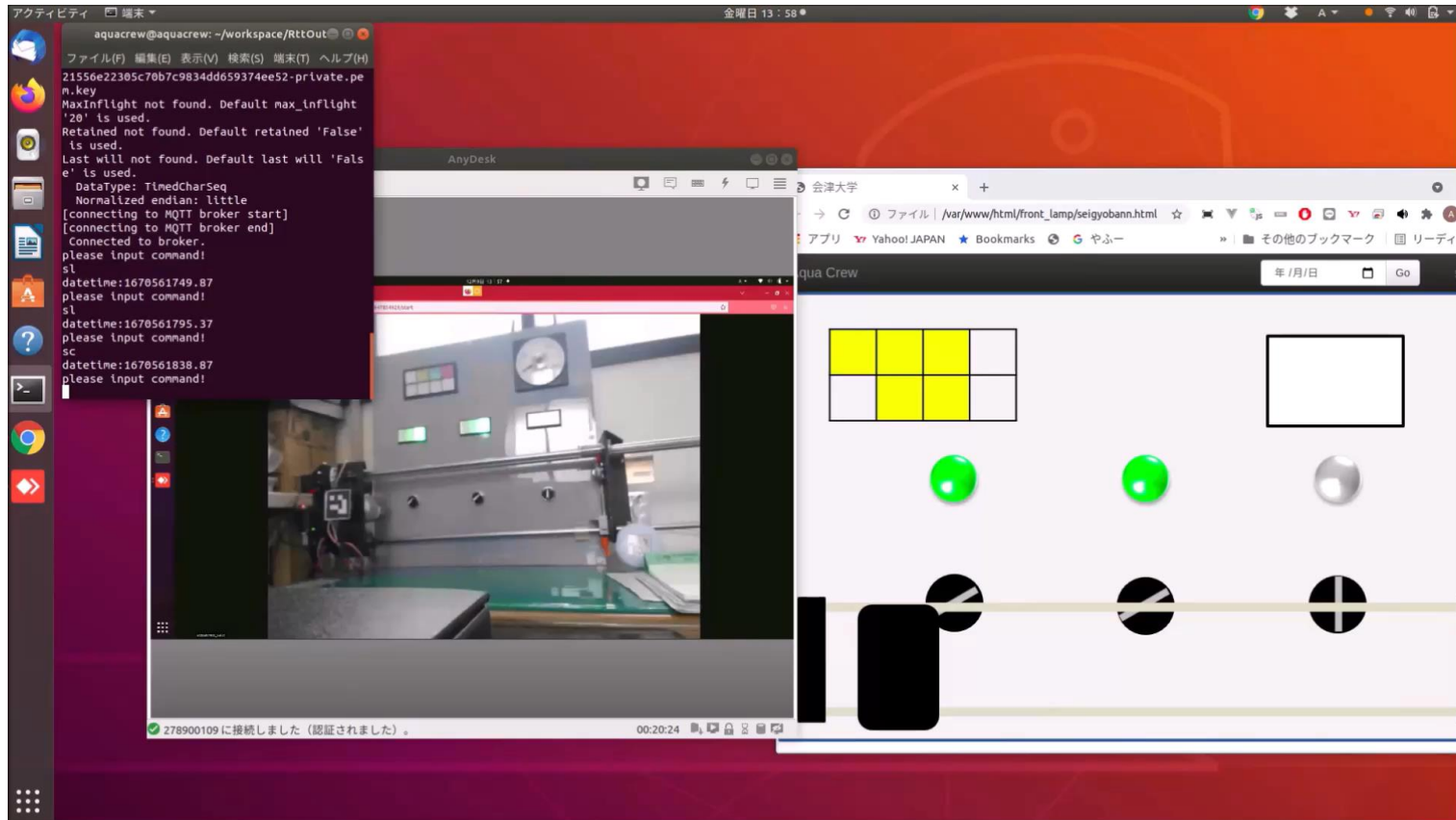
(1)、(3)会津大学、大塩浄化センター間で検証



会津(UBIC)から北塩原(大塩浄化センター)にコマンドを投入しロボットが自動で動作する実験を行った。

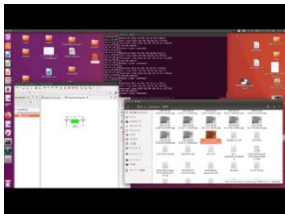
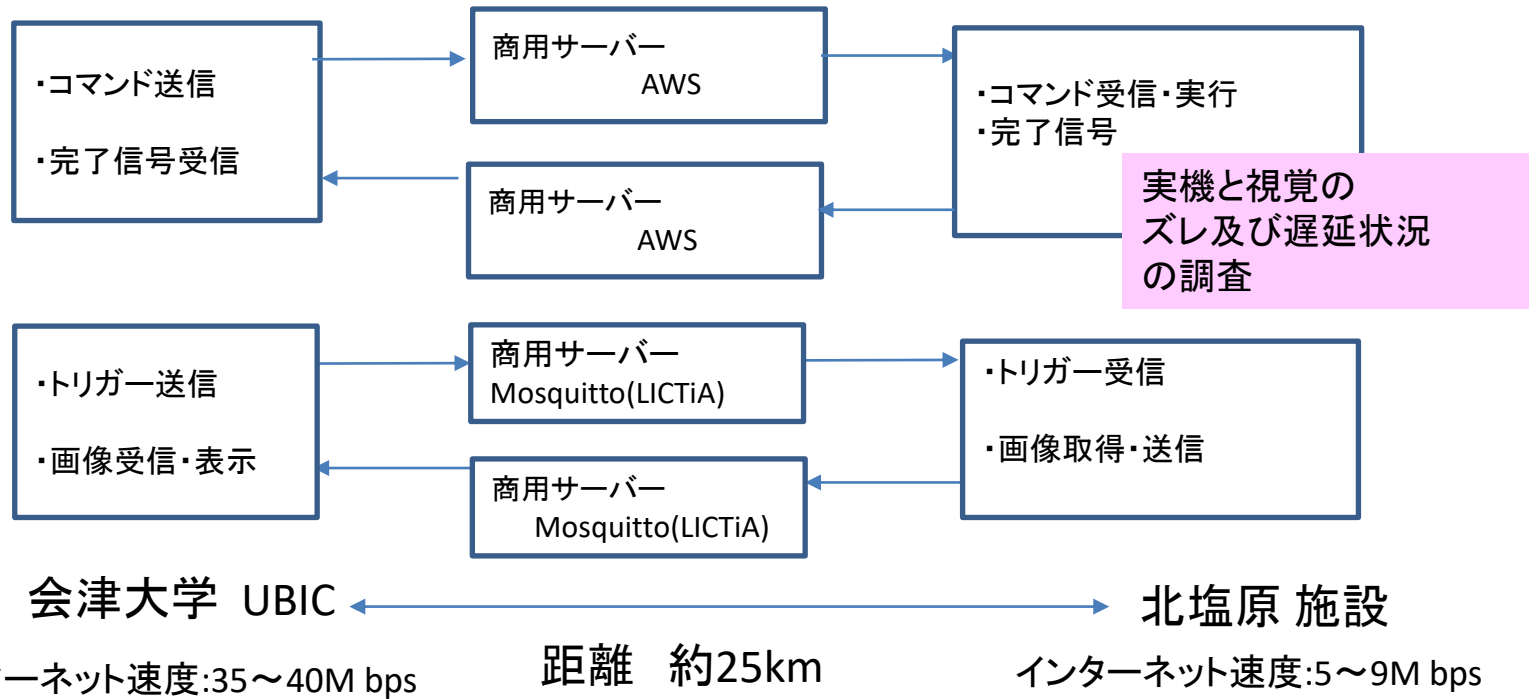
確認には、リモートデスクトップのようなanydesktopというアプリを利用。

表示画面例



実際の現場では日照条件によるランプの誤認識、帯域幅の影響があり、ユーザ側に、ロボットを研究室に設置した場合と比較すると、若干の遅延が発生したが、無事に動作を確認する事が出来た。

性能評価: RTT(ラウンドトリップタイム)の計測

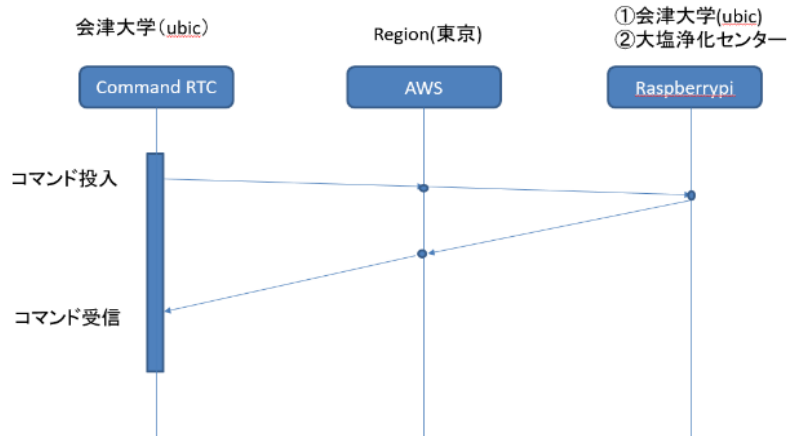


- ①遠隔からロボットを動作させるRTTの計測
- ②遠隔から画像を取得するRTTの計測
- ③①+②のシステムの場合のRTTの計測
- ④同一環境で、AWS、LICTiAサーバーでのRTTの計測

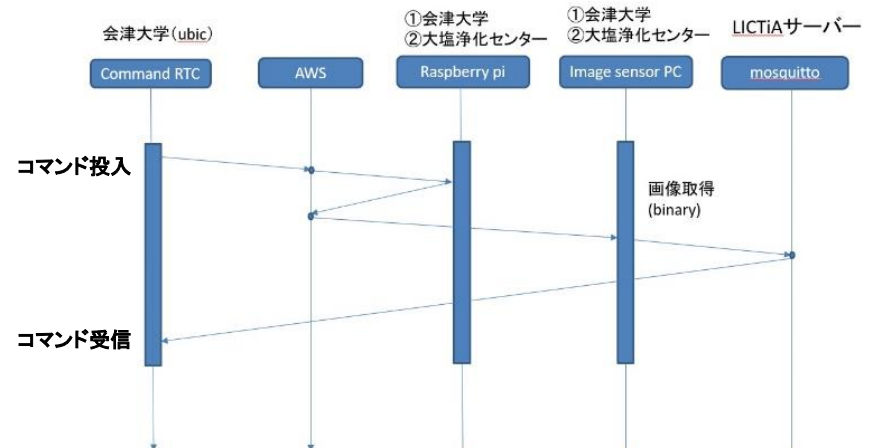


北塩原村の施設にて1週間以上連続で動作させた。

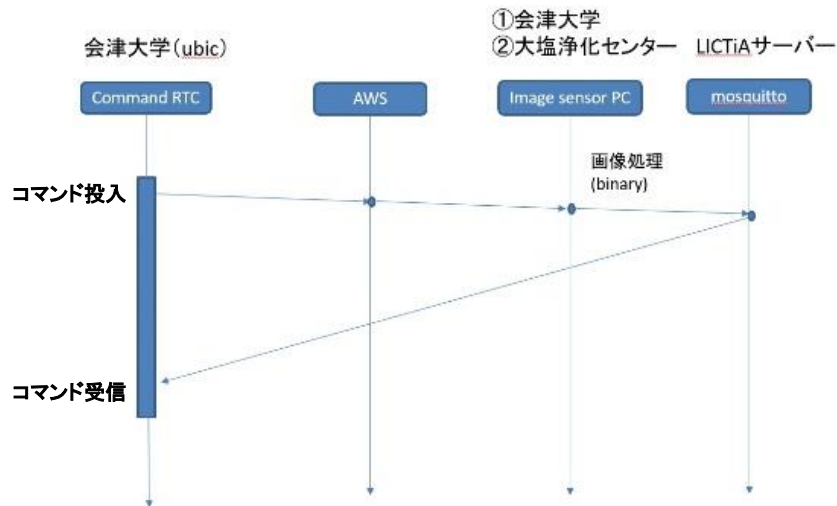
RTT(ラウンドトリップタイム)のシーケンス図



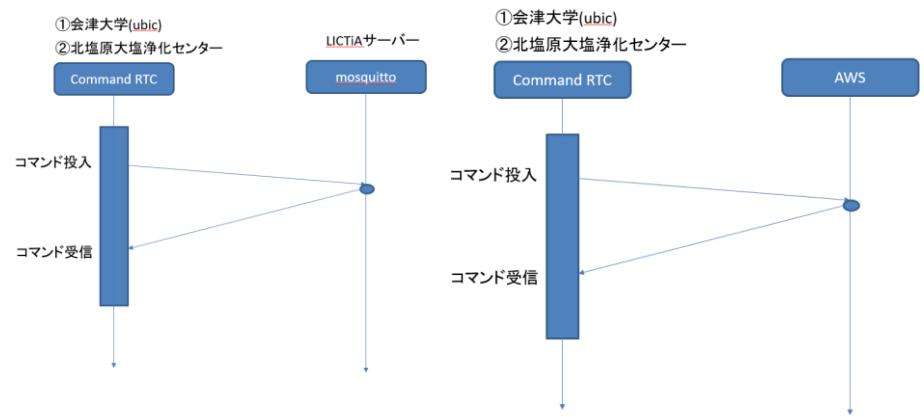
① 遠隔からロボットを動作させるRTTの計測(センサー系)



③ ①+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)

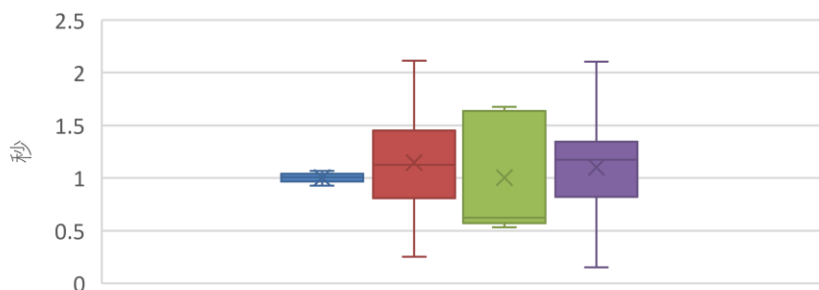


④ 同一環境でAWS, LICTiAサーバでの比較

RTT(ラウンドトリップタイム)の箱ひげ図①

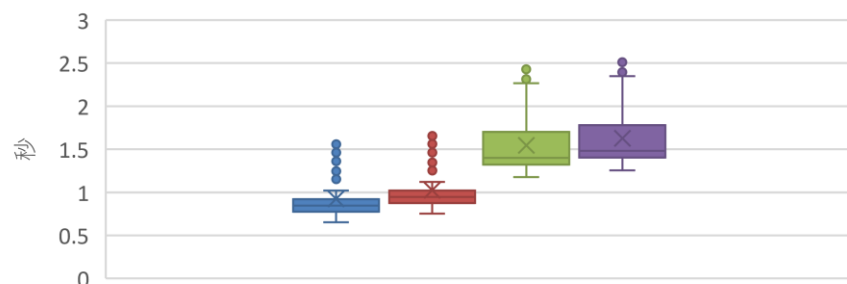
①センサー系

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



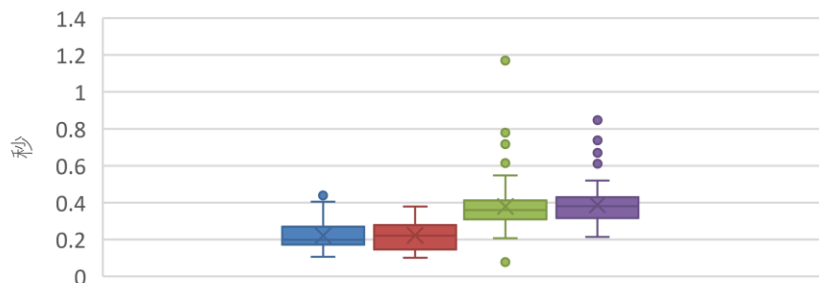
③センサー系 + 画像取得系

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

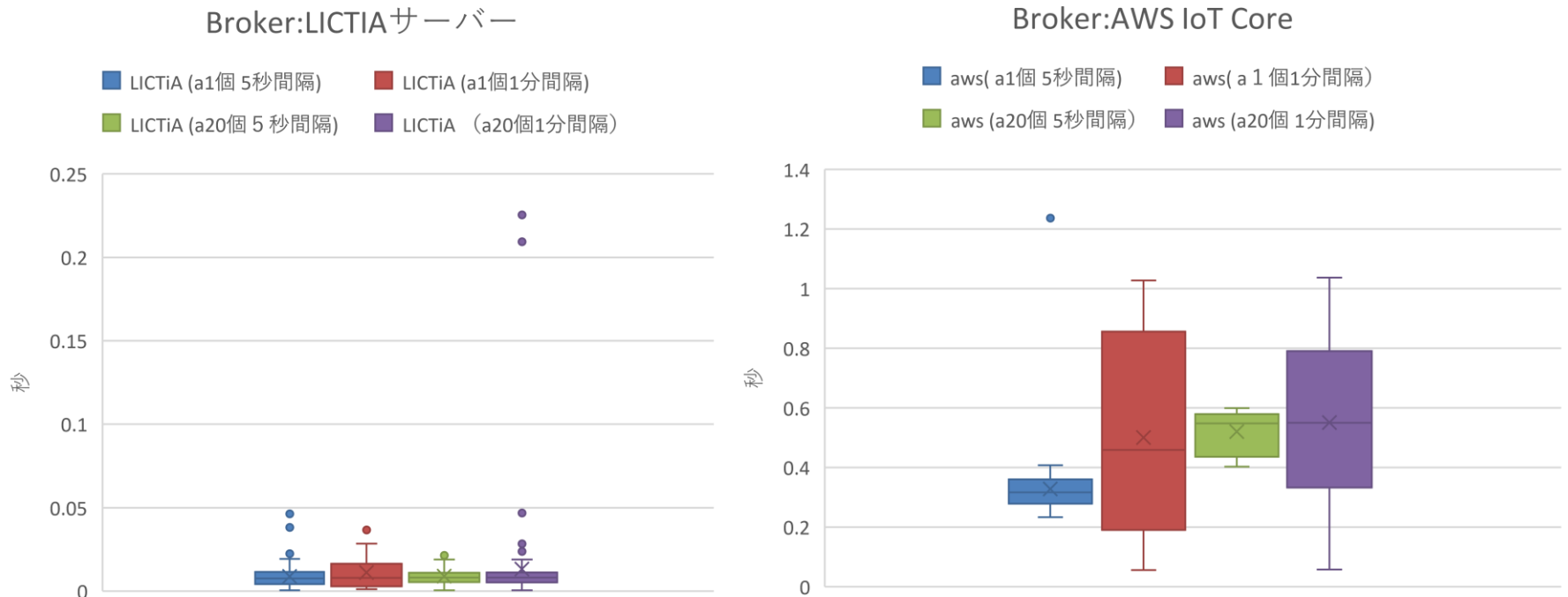
640*480 (5秒間隔) 640*480(1分間隔)
1280*720 (5秒間隔) 1280*720 (1分間隔)



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も関わらず、RTT値はあまり変わらない事がわかる。

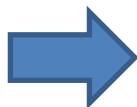
RTT(ラウンドトリップタイム)の箱ひげ図②



④同一環境でAWS, LICTiAサーバでの比較

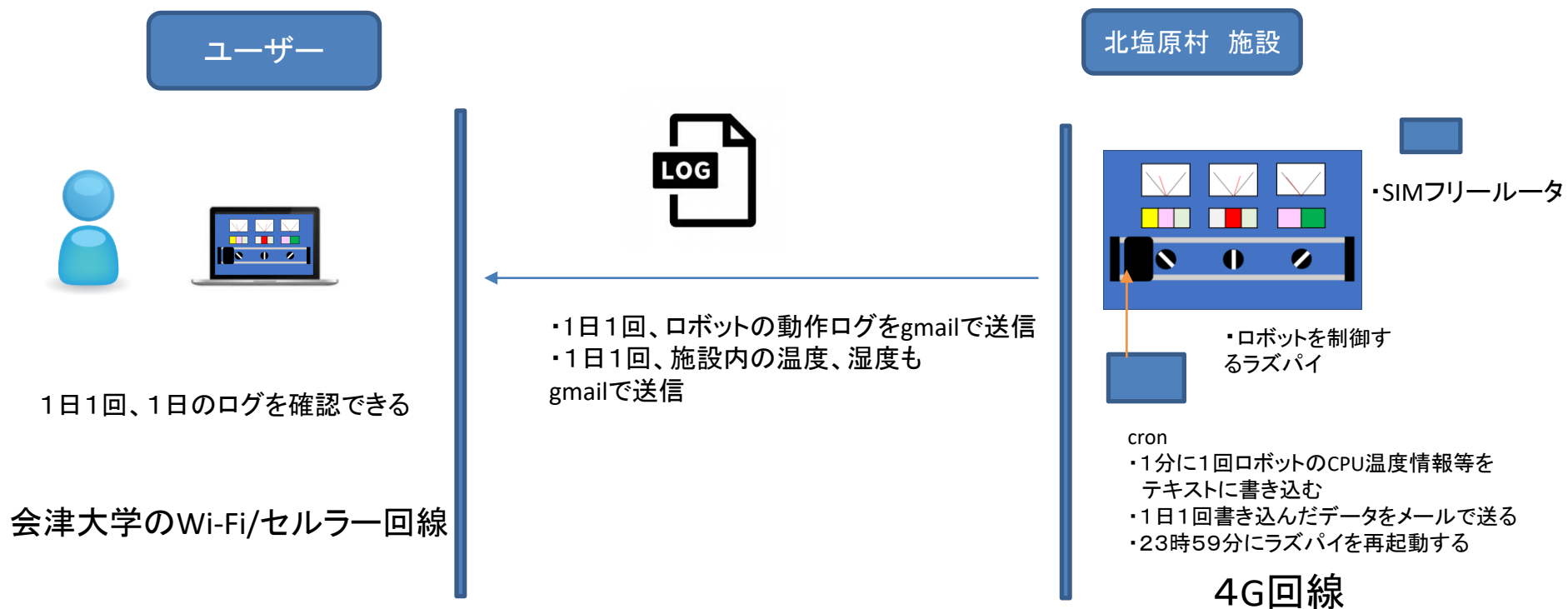
2.考察

・上の箱ひげ図より、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。



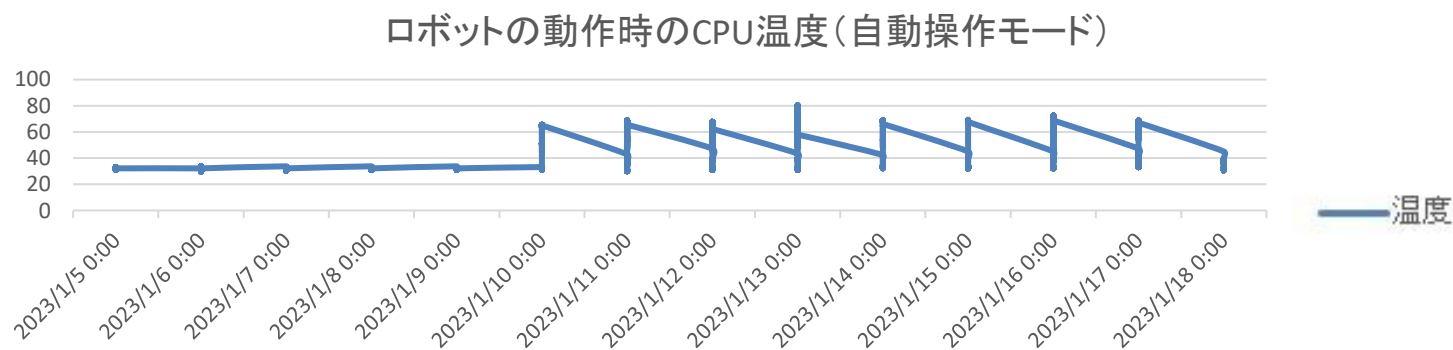
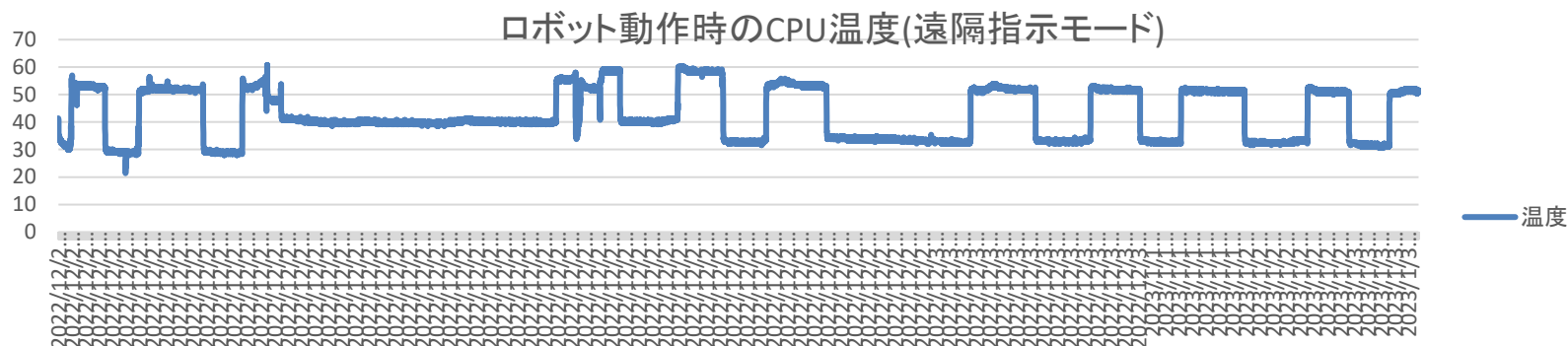
LICTiAのサーバーを利用する事でより高速なシステムの開発が実現できる可能性がある。

ロボットの安定した連続稼働を検証するためのCPU・環境温度の測定

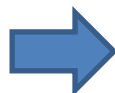


ロボットがより安定した動作を検証するために施設内の環境の温度・湿度、CPUの温度を測定するシステムの開発を行った。

測定結果・考察(ロボットの動作時のCPUの温度)

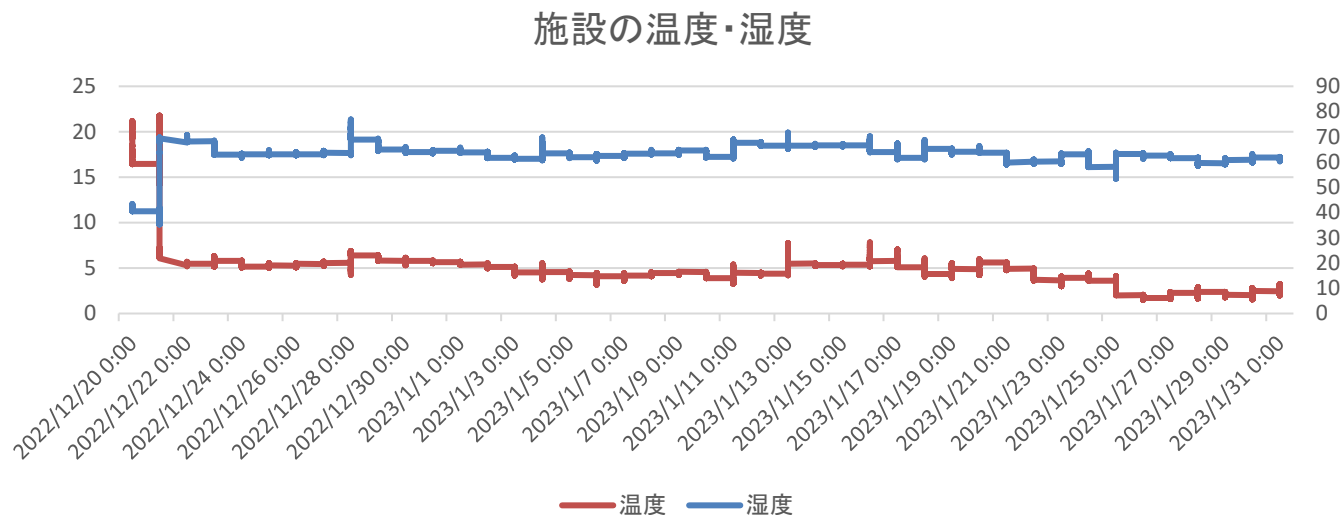


- ・遠隔指示モード → cpuの温度が60~70° まで温度上昇
- ・自動操作モード → cpuの温度が70~80° まで温度上昇



RTCの起動数が多い方が、CPUの温度が上昇すると考えられる。
又、2021年度は1日単位での動作確認を行ったが、2022年度は1週間単位で動作確認ができた。

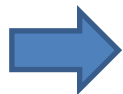
施設内の温度・湿度



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。

ロボットの安定した連続稼働を検証するための電源の交換

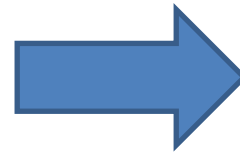


ラズパイ3B用電源

Input:100~240VAC

Output 5v 、 3A

交換



スイッチング電源 (RS-50-5)

Input:100~240VAC

Output : DC5v 、 10A

施設内に設置されたロボット(ラズパイ3B)が度々停止する問題があったが、電源を交換する事で解決できた。

まとめ・今後の活動について

- ・ロボットを導入する事による人作業の置き換えや、格安SIMを利用した異常通報装置の無線化を行う事で、人手不足の解消や、北塩原村様の月額ランニングコスト削減等を可能とする技術の研究開発及び検証を行いたい。
- ・LICTiAサーバー等を活用した、高速通信システムの開発・研究等を進めたい。

ご清聴ありがとうございました。